

Meteobase: online neerslag- en referentiegewasverdampingsdatabase voor het Nederlandse waterbeheer

ERWIN WOLTERS¹, HANS HAKVOORT¹, SIEBE BOSCH², RUDOLF VERSTEEG¹, MAARTEN BAKKER¹, JOOST HEIJKERS³,
MICHELLE TALSMAN⁴ EN KEES PEERDEMAN⁵

(1: HKV LIJN IN WATER, 2: SIEBE BOSCH HYDROCONSULT, 3: HOOGHEEMRAADSCHAP DE STICHTSE RIJNLANDEN, 4: STOWA, 5: WATERSCHAP BRABANTSE DELTA)

De wateroverlastgebeurtenissen van september en oktober 1998 hebben duidelijk gemaakt dat regionale watersystemen kwetsbaar zijn voor overvloedige regenval. Naar aanleiding hiervan is een discussie op gang gekomen over het vaststellen van de mate van gevoeligheid van de waterhuishouding voor wateroverlast. Dit heeft geresulteerd in de afspraak in het Nationaal Bestuursakkoord Water om de regionale waterhuishouding te toetsen op wateroverlast. Om de waterhuishouding te kunnen toetsen is het voor waterbeheerders wenselijk te kunnen beschikken over actuele extreme neerslagstatistiek voor neerslagduren van 1 uur tot 10 dagen. Gegevens van (de statistiek van) neerslag en verdamping zijn tevens nodig voor kalibratie van hydrologische modellen, het Gewenst Grond- en Oppervlaktewaterregimevraagstuk en toepassingen voor zoetwatervoorzieningsvraagstukken met bijvoorbeeld het Nationaal Hydrologisch Instrumentarium. STOWA heeft HKV LIJN IN WATER en Siebe Bosch Hydroconsult de opdracht gegeven om de (statistiek van) neerslag- en verdampingsgegevens te actualiseren. Dit heeft geresulteerd in www.meteobase.nl. Het KNMI is bij dit project betrokken geweest in een wetenschappelijk adviserende rol. In dit artikel zetten we uiteen welke gegevens via Meteobase beschikbaar worden gesteld en hoe ze tot stand zijn gekomen. Ook geven we aan wat het toepassingsbereik van de gegevens is.

Meteobase

Meteobase is in mei 2012 gelanceerd en bevat een online archief voor waterbeheerders dat alle historische neerslag- en referentiegewasverdampingsgegevens van Nederland ontsluit.

Binnen Meteobase wordt onderscheid gemaakt tussen drie soorten gegevens:

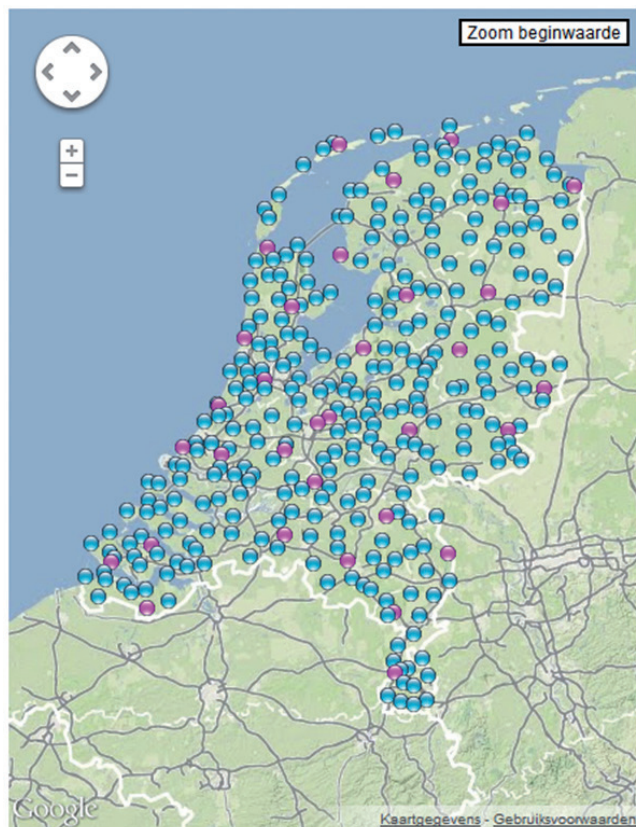
- Basisgegevens: historische puntmeting-

en van neerslag en verdamping uit het KNMI-meetnetwerk.

- Rasterdata: landsdekkende rasters met neerslag- en verdampingshoeveelheden.
- Toetsingsdata: langjarige neerslag- en verdampingsreeksen plus statistische kentallen en kansverdelingen ten behoeve van extreme-waarden-analyses zoals hoogwatertoetsingen.

Basisgegevens

De basisgegevens neerslag bestaan uit de gemeten hoeveelheden van alle KNMI-uur- en etmaalstations tussen 1906 en 2010. Het aantal uurstations is in de periode 1906-2010 toegenomen van 1 naar 32, terwijl het aantal meetstations waarop eens per dag gemeten wordt in deze periode is toegenomen van 13 naar 325.



Aanmelden	Basisgegevens	Rasterdata	Toetsingsdata
Naam Organisatie Email Telefoon Aanmelden			
Introductie Welkom bij Meteobase.nl: een online service van STOWA. Vanaf deze website kunt u historische neerslag- en verdampingsgegevens voor heel Nederland downloaden. Het achtergrondrapport vindt u hier. Deze online dienst is in het leven geroepen om medewerkers van waterschappen en adviesbureaus in de watersector te ondersteunen bij het uitvoeren van modelstudies waarvoor meteorologische gegevens nodig zijn. Nadat u zich heeft aangemeld, kunt u bestellingen plaatsen op de volgende tabbladen: - Basisgegevens (neerslag en verdamping van KNMI-meetstations) - Rasterdata (geijkte neerslagradargegevens) - Toetsingsdata (langjarige homogene tijdreeksen en statistiek). Let op: deze website maakt gebruik van cookies. Klik hier voor meer informatie.   			
Aanmelden Basisgegevens Rasterdata Toetsingsdata Colofon			

Figuur 1. Welkomsscherm van Meteobase met de drie tabbladen voor basisgegevens, rasterdata en toetsingsdata.

De basisgegevens voor de referentiege-
wasverdamping bestaan uit de berekende
Makkinkreeksen en zijn beschikbaar
vanaf 1957. Tot en met 1986 werden
deze gegevens op slechts een zestal sta-
tions berekend, daarna was er een sterke
stijging naar 33 verdampingsstations in
2010. De Makkink-gewasverdamping
wordt berekend op basis van gemeten
meteorologische variabelen (zie o.a.
Droogers, 2009).

Rasterdata

Neerslag

De rasterdata zijn berekend over twee
verschillende perioden: 1990 t/m 1999
en 2000 t/m 2010, met als onderscheid
dat in de eerste periode niet voldoende
radardata voor de rastertoepassing
beschikbaar waren. De rastergegevens
vanaf 2000 zijn afgeleid door de beelden
van de twee Nederlandse neerslagadar-
stations (De Bilt en Den Helder) met
elkaar te combineren en te corrigeren en
kalibreren aan grondwaarnemingen van
neerslag, conform de aanpak beschreven
in Heijkers et al. (2011). Hierdoor is
de nauwkeurigheid van grondmetingen
gecombineerd met de ruimtelijke dek-
king van radarbeelden. Het resultaat is
beschikbaar in rasters met een resolutie
van 1 km². Ieder bestand bevat een
etmaal aan uurlijkse neerslagsommen
en daarmee 24 banden met neerslaghoe-
veelheden.

Verrastering neerslagdata 1990-1999

De berekening van de rasterdata tot en
met 1999 is gebaseerd op een combinatie
van uurlijkse metingen van 35 automa-
tische weerstations en 24-uurshoeveel-
heden gemeten door een netwerk van
vrijwillige waarnemers (325 stations, zie
figuur 2, links). Hiervoor is gekozen
omdat, gegeven de heterogeniteit van
neerslag, een ruimtelijke interpolatie van
alleen de uurmetingen tot onnauwkeu-
rige resultaten zou leiden.

De verrastering op basis van de grond-
metingen geschiedt in drie stappen. Eerst
worden de uurwaarden van de KNMI-
stations op een raster gezet door middel
van Inverse Distance Weighting (IDW)
interpolatie. Hierbij wordt het gewicht
voor de ruimtelijke interpolatie bepaald
door de onderlinge afstand en de macht,
welke voor deze toepassing op 2 is gezet.
Het gewicht neemt dus af met het kwa-
draat van de afstand:

$$w = \frac{1}{D^2}$$

Waarin w de wegingscoëfficiënt is en D



Figuur 2. Verdeling van neerslagstations in Nederland met metingen op dag- (links) en uurbasis (rechts).

de afstand.

De tweede stap is het omrekenen van
dagwaarden naar uurlijkse waarden.
Hiervoor wordt de uurlijkse neerslag-
verdeling op basis van de automatische
weerstations gebruikt. Als laatste worden
de uurgegevens van alle neerslagstations
naar een 1×1 km² grid geïnterpoleerd
door middel van ordinary kriging.

Verrastering neerslagdata vanaf 2000

Voor de periode vanaf 2000 zijn voldoende
radardata van De Bilt en Den Hel-
der beschikbaar, waardoor deze gebruikt
kunnen worden in de rasters. Voor de
berekening van de uurlijkse rasterdata
wordt derhalve gebruik gemaakt van de
volgende neerslagdata:

- Uurwaarden van de automatische weer-
stations.
- Composietwaarden van de neerslagra-
dars van De Bilt en Den Helder.
- Dagwaarden van de neerslagstations.

De neerslaggegevens van de radar wor-
den eens per uur verstrekt en bevatten
de gecumuleerde neerslag over de voor-
gaande drie uur. Deze drie-uurlijkse ge-
gevens worden daarom eerst naar uurlijkse
waarden geconverteerd (zie Versteeg et
al. 2012), waarna de nieuwe uurlijkse
radar-neerslagwaarden worden gebruikt
om de neerslaghoeveelheden afkomstig
van de dagstations te converteren naar
uurwaarden. Na deze stap hebben de drie
datasets een uurlijkse resolutie en kun-
nen de data geïnterpoleerd worden met
behulp van kriging with external drift
(zie o.a. Cressie 1991).

Rasterdata verdamping

De referentieverdamping voor Nederland
wordt door het KNMI geleverd en is
bepaald met de Makkinkformule. Inter-
nationaal wordt echter vaak de Penman-
Monteith formule gebruikt.

In eerdere onderzoeken is door water-

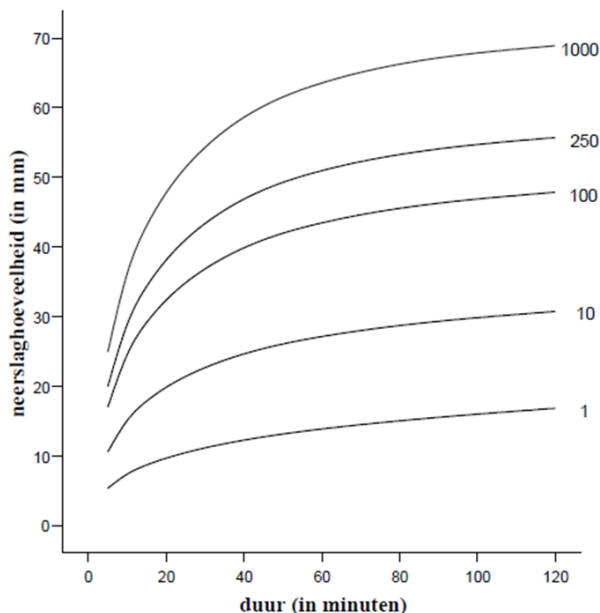
beheerders onderzocht of het wenselijk
is in plaats van Makkink de benadering
volgens Penman-Monteith te gebruiken
en of de daarvoor benodigde data voor
operationele toepassingen beschikbaar
zijn (zie Droogers, 2009 en Schuur-
mans en Droogers, 2010). Meteobase
stelt daarom zowel verdampingsras-
ters op basis van de Makkink- als de
Penman-Monteith-methode beschikbaar.
De verdampingsrasters gebaseerd op de
Makkink-methode zijn beschikbaar voor
de periode 1990 t/m 2010.

Verdampingsrasters gebaseerd op de
Penman-Monteith-methode zijn bere-
kend uit verdampingsinvoergegevens per
KNMI-station. Op basis van wind-, tem-
peratuur-, vocht- en stralingsgegevens
is dagelijks de verdamping bepaald. Het
aantal stations waarvoor deze bepalingen
zijn uitgevoerd steeg van 15 in 1990
naar 32 in 2010. Voor de ruimtelijke
interpolatie is ordinary kriging toegepast.
De verdampingsrasters gebaseerd op de
Penman-Monteith-methode zijn beschik-
baar voor de periode 1990 t/m 2010.

Toetsingsdata neerslag

Een belangrijke praktische toepassing
van historische neerslag- en verdam-
pingsgegevens in het waterbeheer is het
uitvoeren van extreme-waarden-analy-
ses. Dit type analyse wordt onder andere
uitgevoerd om uitspraken te kunnen doen
over de kans op wateroverlast. De twee
meest gebruikte technieken hiervoor
staan bekend als de tijdreeksmethode en
de stochastenmethode en beiden worden
in Meteobase aangeboden.

Bij de tijdreeksmethode wordt gebruik
gemaakt van een zo lang mogelijke reeks
met gemeten neerslag- en verdampings-
volumes. De betreffende reeks wordt
opgelegd aan een model dat het gedrag



Figuur 3. Terugkeerniveaus behorende bij overschrijdingsfrequenties van eens per 1, 10, 100, 250 en 1000 jaar voor duren variërend van 5 tot 120 minuten (uit Buishand en Wijngaard, 2007).

van het watersysteem simuleert en aan de resulterende waterstanden worden één of meerdere kansverdelingen gefit.

Bij de stochastenmethode vindt de statistische bewerking in een eerder stadium plaats: op basis van de meerjarige neerslagstatistiek wordt een groot aantal kunstmatige neerslaggebeurtenissen gegenereerd waarvan de kans op optreden vooraf bekend is. Ook wordt vooraf de kansverdeling bepaald van andere factoren die bepalend zijn voor hoogwater. Het simulatiemodel wordt vervolgens gevoed met deze gebeurtenissen, waarna uit de maximum waterstanden de herhalingstijden worden afgeleid.

Neerslagstatistiek voor regionale wateroverlast

Voor gebruikers van de stochastenmethode zijn regenduurlijnen (figuur 3) en kansverdelingen afgeleid voor vier neerslagregimes (L, G, H en H+) zoals gedefinieerd door Buishand et al. (2009). Voor veertien herhalingstijden maal negen neerslagduren is onderzocht wat de bijbehorende neerslaghoeveelheden zijn. Daarnaast is onderzocht hoe die betreffende neerslag is verdeeld over de zeven neerslagpatronen die gepubliceerd zijn in Smits et al. (2004). Met deze kansverdelingen kunnen hydrologen $14 \times 9 \times 7 = 882$ unieke neerslaggebeurtenissen genereren waarvan de kans op voorkomen bekend is. Met behulp van deze gebeurtenissen kan vervolgens een watersysteem worden getoetst.

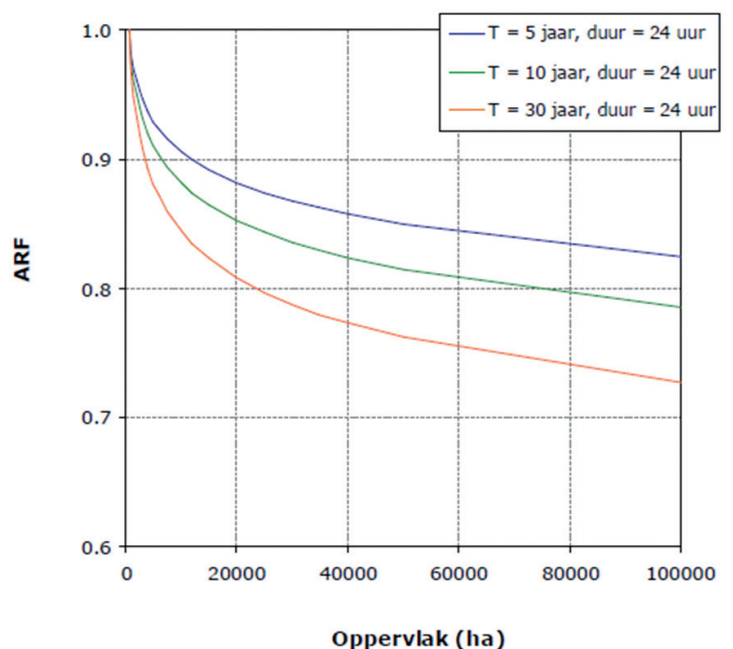
Klimaatsscenario's

Behalve het huidige klimaat is het ook de gewoonte om watersystemen te toetsen aan het verwachte toekomstige klimaat. Om de Nederlandse watersector deze mogelijkheid te bieden, zijn de toetsingsreeksen voor de vier klimaatscenario's die het KNMI onderscheidt voor het zichtjaar 2050: G, G+, W en W+ (van den Hurk et al., 2006) gecorrigeerd. Uit deze gecorrigeerde reeksen zijn ook weer de statistische kentallen gehaald ten behoeve van de stochastenmethode.

Voor de transformatie van de neerslagreeksen naar klimaatscenario's is gebruik gemaakt van het programma dat ook wordt gebruikt in de Climate Explorer

van het KNMI, met 2050 als gebruikt zichtjaar. Aangezien het transformatieprogramma enkel kan rekenen met dagwaarden zijn de uurreeksen van de regio's L, G, H en H+ omgezet naar dagwaarden door sommatie van de uurgegevens van 08:00 tot 08:00 UTC. De dagreeksen zijn getransformeerd met behulp van het transformatieprogramma.

De uurwaarden van de vier reeksen vóór klimaatverandering (L, G, H en H+) zijn

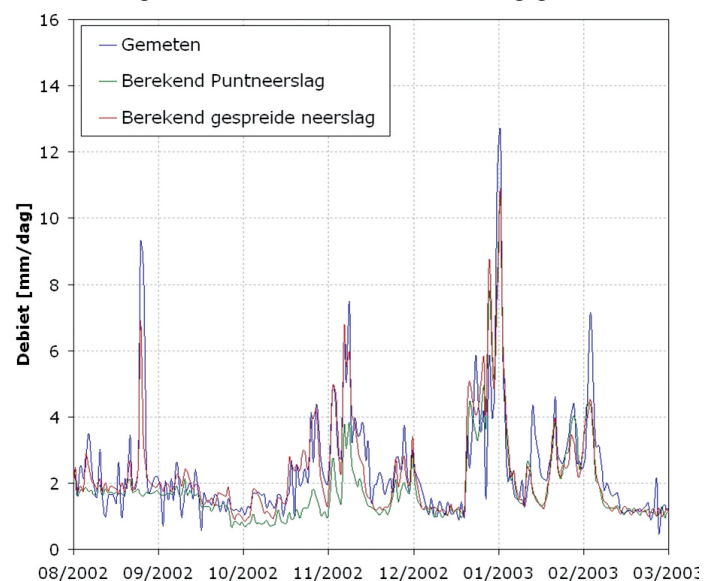


Figuur 4. Gebiedsreductiefactor neerslag (uit: Versteeg et al. 2012).

vervolgens voor elk klimaat-scenario (G, G+, W en W+) gecorrigeerd, zodat de gesommeerde uurgegevens (van 08:00 tot 08:00 UTC) na klimaatverandering overeen komen met de dagwaarden van de betreffende dag na klimaatverandering.

Het resultaat is per neerslagregime (L, G, H en H+) vier reeksen met uurwaarden na klimaatverandering (G, G+, W en W+).

Er wordt met bovenstaande methode van uit gegaan dat de uurwaarden van de neerslag op dezelfde manier wijzigen ten gevolge van klimaatverandering als de dagwaarden. De gevolgen van klimaatverandering op uurlijkse neerslagextremen worden binnenkort gepubliceerd in



Figuur 5. Neerslagafvoer van augustus 2002 t/m maart 2003 voor de Noordoostpolder. Weergegeven zijn de opgetreden afvoer (blauw) en de door SOBEK berekende afvoer op basis van puntmetingen (groen) en rasterdata bestaande uit gecombineerde regenmeter en regenradargegevens (rood).

de nieuwe KNMI klimaatscenario's en de resultaten hiervan worden op termijn in Meteobase doorgevoerd.

Gebiedsreductiefactor neerslag

Een extra faciliteit binnen Meteobase is de gebiedsreductiefactor voor neerslag. Met behulp van een macro kan de gebruiker de hevige piekvolumes uit tijdreeksen corrigeren voor het gebiedsoppervlak waaraan de reeks wordt opgelegd.

Wanneer puntmetingen van neerslag moeten worden toegepast over een groter gebied, dan moeten de grote hoeveelheden van dat punt gereduceerd worden. De gemeten neerslagintensiteit zal namelijk nooit op hetzelfde moment in een groter gebied optreden. De mate waarin de gebiedsneerslag moet worden aangepast ten opzichte van de puntmeting is een functie van drie parameters:

- De herhalingstijd van de opgetreden neerslag
- De neerslagduur
- De gebiedsgrootte

In Overeem et al. (2010) zijn voor neerslagduren van 15 min – 24 uur en gebiedsgroottes van 6 – 1700 km² wiskundige relaties afgeleid. De relatie tussen neerslag P en kans $F(P)$ is een kansdichtheidsfunctie en kan worden beschreven met een Generalized Extreme Value (GEV) verdeling. Hierin komen een locatie- (μ), schaal- (γ) en vormparameter (κ) voor, welke als volgt geformuleerd zijn:

$$\begin{aligned}\mu &= a_1 D^{a_2} + b_1 A^c + b_2 A^c \ln D \\ \gamma &= a_1 + a_2 \ln D + b_1 \ln A + b_2 D \ln A \\ \kappa &= a_1 + b_1 \ln A + b_2 \ln D \ln A\end{aligned}$$

waarin D de neerslagduur (in uren) en A de gebiedsgrootte (in km²).

Een voorbeeld van het verloop van de gebiedsreductiefactor als functie van het gebiedsoppervlak en herhalingstijd van de neerslag wordt getoond in figuur 4. De regressiecoëfficiënten a_1 , a_2 , b_1 , b_2 en c zijn in Overeem et al. (2010) als volgt bepaald (zie tabel 1).

Toepassing van Meteobase: kalibratie van neerslagafvoermodel

Meteobasedata is recentelijk toegepast in de kalibratie van een gekoppeld hydrologisch en hydraulisch model (SOBEK) voor de Noordoostpolder. De totale afvoer van dit gebied is berekend op basis van zowel de neerslag gemeten met

regenmeters als op basis van de gecombineerde gegevens uit regenmeters en –radar (1x1 km²). De resultaten hiervan staan weergegeven in figuur 5. Twee typerende afwijkingen zijn zichtbaar in de berekende afvoerreeks met puntneerslag ten opzichte van de berekende afvoerreeks met gespreide neerslag en de gemeten afvoerreeks:

- Eind augustus 2002 valt in een deel van de Noordoostpolder een fikse bui. Deze bui is niet geregistreerd door de regenmeters, waardoor deze ook niet wordt weergegeven in de berekende afvoer uit het gebied. Bijna een jaar later (juni 2003, niet opgenomen in het figuur) vindt precies het tegenovergestelde plaats, als gevolg van een lokale bui die wel geregistreerd is door een regenmeter en vervolgens over vrijwel het hele gebied geëxtrapoleerd is.
- Behalve verschillen als gevolg van lokale, intensieve neerslaggebeurtenissen is ook zichtbaar dat de afvoer berekend op basis van de puntneerslag een structurele (negatieve) afwijking vertoont in de periode oktober tot december 2002. De waterbalans voor deze periode is niet sluitend. In de berekening met gespreide neerslag wordt het natter worden van de bodem en een toename in afvoer beter gesimuleerd. Afvoerpieken als gevolg van neerslaggebeurtenissen in deze periode worden daarmee ook veel beter gesimuleerd. Deze afwijking is niet een systematische over- of onderschatting, maar afhankelijk van de locatie van de neerslagstations en ruimtelijke spreiding van de neerslag.

Mogelijkheden voor verdere ontwikkeling

De datasets in Meteobase worden regelmatig ververs. Verder wordt op vele plekken in Nederland door diverse consortia gewerkt aan het verzamelen van data en informatie over meteorologie en hydrologie. Hierbij valt onder andere te denken aan:

- I. Het archiveren van data die binnen SAT-WATER (een consortium van 9

waterschappen die gezamenlijk satellietdata inkopen en zo profijt trekken van schaalvoordelen en kennisbundeling) worden verzameld over b.v. de actuele verdamping en het verdampingstekort;

II. De data die verzameld worden in het kader van de Nationale Regenradar. Tevens staat ook de methode-ontwikkeling niet stil en komen ook meer data over bijvoorbeeld neerslag gemeten vanuit de ruimte beschikbaar. De kwaliteit van neerslaginformatie kan worden verbeterd met bijvoorbeeld geostationaire Meteosatmetingen, welke iedere 15 minuten beschikbaar zijn. Omdat Meteosat in een keer heel Europa overziet wordt een completer beeld van de optredende (extreme) neerslag verkregen. Het inbrengen van deze satellietmetingen in Meteobase zal mogelijk tot nieuwe inzichten in neerslagstatistiek en –extremen voor Nederland leiden. In die zin kan Meteobase uitgroeien tot een hydrometeorologisch onderzoeksplatform.

Literatuur

- Buishand, TA, R Jilderda en JB Wijngaard, 2009: Regionale verschillen in extreme neerslag; KNMI Wetenschappelijk Rapport WR 2009-1, 19 p.
- Buishand, TA en JB Wijngaard, 2007: Statistiek van extreme neerslag voor korte neerslagduren; KNMI Technisch Rapport TR-295, 24 p.
- Cressie, N, 1991: Statistics for spatial data, John Wiley & Sons, New York, 900 p.
- Droogers P, 2009: Definitiestudie: Verbetering bepaling actuele verdamping voor het strategisch waterbeheer; STOWA-rapport 11-2009.
- Heijkers, J, M-J Kallen en R de Crook, 2011: Bouw van de Neerslagdatabank Midden-Nederland; In: H2O / 02 – 2011.
- Hurk, B van den, A Klein Tank, G Lenderink, A van Ulden, GJ van Oldenborgh, C Katsman, H van den Brink, F Keller, J Bessembinder, G Burgers, W Hazeleger en S Drijfhout, 2006: KNMI Climate Change Scenarios 2006 for the Netherlands; KNMI Wetenschappelijk Rapport WR 2006-1, 82 p.
- Overeem, A, TA Buishand, I Holleman en R Uijlenhoet, 2010: Extreme value modeling of rainfall from weather radar; *Water Resources Res.*, vol 46, doi: 10.1029/2009WR008517.
- Schuermans JM en P Droogers, 2010: Penman-Monteith referentieverdamping: inventarisatie beschikbaarheid en mogelijkheden tot regionalisatie; STOWA Rapport 2010-37, Amersfoort, 50 p.
- Sluijter, R (eindred.), 2011: De Bosatlas van het klimaat, Noordhoff uitgevers.
- Smits, A, R Versteeg, J Wijngaard en M Kok, 2004: Statistiek van extreme neerslag in Nederland; STOWA Rapport 2004-26, 115 p.
- Versteeg, R, H Hakvoort, S Bosch en M-J Kallen, 2012: www.meteobase.nl, online-archief van neerslag- en verdampingsgegevens voor het waterbeheer; HKV-rapport PR2197, 38 p.

Tabel 1. Regressiecoëfficiënten a_1 , a_2 , b_1 , b_2 en c zoals bepaald door Overeem et al. (2010).

Parameter	a_1	a_2	b_1	b_2	c
μ	17.92	0.225	-3.57	0.427	0.128
γ	0.337	-0.018	-0.014	0	
κ	-0.206		0.018	0	