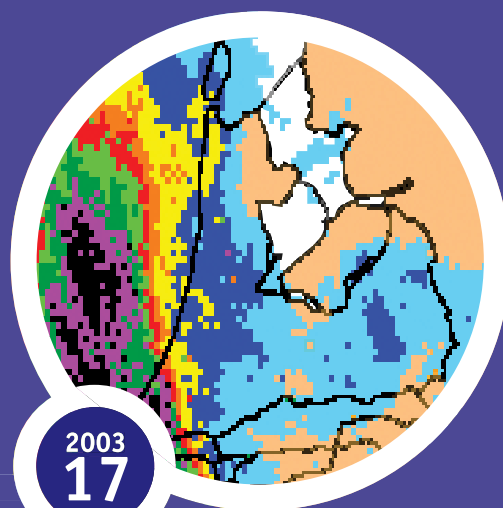


stowa

NEERSLAGINFORMATIE VOOR HET WATERBEHEER



RAPPORT

2003
17

Neerslaginformatie voor het waterbeheer

RAPPORT

2003

17

ISBN 90.5773.225.4



stowa@stowa.nl www.stowa.nl
TEL 030 232 11 99 FAX 030 232 17 66
Arthur van Schendelstraat 816
POSTBUS 8090 3503 RB UTRECHT

Publicaties en het publicatie overzicht van de STOWA kunt u uitsluitend bestellen bij:
Hageman Fulfilment POSTBUS 1110, 3300 CC Zwijndrecht,
TEL 078 629 33 32 FAX 078 610 610 42 87 EMAIL info@hageman.nl
onder vermelding van ISBN of STOWA rapportnummer en een duidelijk afleveradres.

COLOFON

Utrecht, 2003

UITGAVE STOWA, Utrecht

BEGELEIDINGSCOMMISSIE

Z.C. Vonk	Hoogheemraadschap Alblasserwaard en de Vijfheerenlanden (voorzitter)
G.J. Versluis	Hoogheemraadschap Alblasserwaard en de Vijfheerenlanden
H. Post	Waterschap Reest en Wieden
J. Schadenberg	Waterschap Reest en Wieden
C.L. Thorbecke	Waterschap Noorderzijlvest
M.J.G. Talsma	STOWA
G. Nijhof	Waterschap Hunze en Aa's
J. Peerboom	Waterschap Peel en Maasvallei
H.D. Groot	Hoogheemraadschap Stichtse Rijnlanden
H.R.A. Wessels	KNMI
I. Holleman	KNMI
A. Bartelds	Waterschap Hunze en Aa's
G.J.E. Hartman	Waterschap Vallei en Eem

TEKST A.H. Lobbrecht (HydroLogic)
G. Hiemstra (WeerOnline)
M.J. Spijker (HydroLogic)

DRUK Kruyt Grafisch Advies Bureau

STOWA rapportnummer 2003-17

ISBN 90.5773.225.4

TEN GELEIDE

Het voorliggende rapport is de verslaglegging van een onderzoek naar de kansen die de moderne meteorologische informatieverstrekking biedt voor het operationele en strategische waterbeheer.

Het idee voor het onderzoek is ontstaan naar aanleiding van de regionale wateroverlast van de afgelopen jaren, en de bewustwording dat de weerkundige gegevens die ons via de media bereiken onvoldoende zijn om het dagelijkse waterbeheer op te baseren. Vooral bij extreme situaties van droogte en natheid is het optimaal gebruik maken van de beschikbare informatie zeer waardevol.

De ambitie van het onderzoek was om de gehele informatieketen te realiseren, van gegevensinzameling tot en met de verwerking in beslissingsondersteunende systemen. Alleen al het vergaren van de benodigde meteorologische gegevens (grondneerslag, verdamping, regenradar, korte en lange termijn neerslagverwachtingen) in de juiste formaten en het opslaan ervan in gestandaardiseerde databases, was een zeer omvangrijke activiteit.

Tijdens het project is besloten om een zwaartepunt te leggen bij de ontwikkeling van een real-time database, het ontsluiten van deze database en de visuele weergave van de resultaten. Deze focus heeft geleid tot een veelbelovend resultaat waarbij meteorologische gegevens voor heel Nederland in de database zijn opgeslagen en visueel toegankelijk gemaakt kunnen worden.

In het onderzoeksproject zijn diverse softwareprototypen ontwikkeld, waarmee verschillende analyses kunnen worden gemaakt: variërend van de bepaling van neerslag per peilgebied op basis van de regenradar tot de berekening van een vlakdekkende kansverwachting van neerslag op basis van drie weerkundige modellen. De mogelijkheden van hetgeen is ontwikkeld zijn zichtbaar via de websites: www.stowa.nl/neerslag of via www.hydronet.nl.

Parallel aan het hoofdproject zijn praktijkonderzoeken bij twee waterschappen gestart: Waterschap Reest en Wieden en Hoogheemraadschap van de Alblasserwaard en de Vijfheerenlanden. Deze waterschappen leveren eigen gegevens aan de database, van onder meer waterstanden. In de loop van het jaar 2003 zal voor deze waterschappen een beslissingsondersteunend systeem worden voltooid. Met dit systeem moet het mogelijk worden om enige tijd vooruit de toestand in het watersysteem te voorspellen. Deze praktijkonderzoeken worden eind 2003 afgerond met twee publicaties.

Bijgaand treft u het hoofdrapport "neerslaginformatie voor het waterbeheer" dat de mogelijkheden beschrijft die de moderne meteorologische informatie biedt om het strategische en operationele waterbeheer te verbeteren. In het hoofdrapport worden de uitgewerkte prototypen toegelicht welke op de website worden getoond. Tevens treft u in dit rapport de verslaglegging van het deelonderzoek "multimodel neerslagverwachting", waarin specifiek wordt ingegaan op een methode van neerslagverwachting aan de hand van drie regionale weermodellen.

Het doel van het rapport is om inzicht te geven in de meerwaarde van het gebruik van geavanceerde technieken en vlakdekkende informatie op het grensvlak van waterbeheer en meteorologie. De meerwaarde ligt voor een belangrijk deel in het beter in kunnen spelen op de steeds vaker optredende extreme situaties in het waterbeheer.

De resultaten van het onderzoek zijn veelbelovend en bieden de waterschappen een handvat voor verdere ontwikkeling. Door het nader uitwerken, verfijnen en beproeven van de vervaardigde prototypen kan het waterbeheer een belangrijke stap vooruit zetten in het streven naar het optimaal inrichten en beheren van watersystemen.

Ir J.M.J. Leenen
Directeur STOWA
September 2003

SAMENVATTING

In dit project is onderzocht welke mogelijkheden moderne meteorologische informatie biedt om het strategische en operationele waterbeheer te verbeteren. Er zijn drie onderwerpen uitgewerkt:

1. Opslag en visualisatie van neerslag- en hydrologische informatie.
2. Korte termijn neerslagverwachtingen en neerslagscenario's.
3. Online verwerking van de gegevens met een afvoerspellingsmodel.

Als onderdeel van het onderzoek is een methode ontwikkeld en beproefd waarmee actuele neerslaggegevens uit verschillende bronnen kunnen worden verwerkt tot vlakdekkende digitale informatie voor gebruik in het Nederlandse waterbeheer. Daarbij wordt gebruik gemaakt van diverse KNMI-waarnemingen, radarmetingen, en korte en lange termijn neerslagverwachtingen.

Deze actuele neerslaggegevens worden opgeslagen in een relationele database, samen met actuele hydrologische gegevens, zoals gemeten waterstanden.

Waterbeheerders hebben toegang tot deze database met bewerkings- en presentatiesoftware die is toegespitst op het waterbeheer. Op basis van de gegevens in de database kunnen waterbeheerders hun handelen afstemmen op historische, actuele en toekomstige weersomstandigheden.

Er is een speciale methode ontwikkeld om uit drie meteorologische korte termijn modellen een neerslagverwachting te bepalen die ook inzicht geeft in de nauwkeurigheid van de verwachting. Er is gebruik gemaakt van het Nederlandse, het Duitse en het Engelse regionale verwachtingsmodel. De ontwikkelde methode heet multimodel neerslagverwachting (MNV). De MNV volgt de gangbare meteorologische praktijk. De methode geeft een schatting van de kans van de te verwachten neerslaghoeveelheid per drie uur. Het resultaat zijn drie neerslagscenario's voor de komende 48 uur: "best case", "normal case" en "worst case".

De vlakdekkende neerslaginformatie kan worden vertaald naar operationele waterstandsverwachtingen door het gebruik van een online simulatiemodel. Dat model kan worden ingezet voor beslissingsondersteuning onder reguliere en extreme omstandigheden, ook wel aangeduid met BOS (beslissingsondersteunend systeem).

Om dat te bereiken is het nodig om een consistente tijdreeks van neerslaggegevens samen te stellen, op basis van gegevens van verschillende bronnen, die beschikbaar zijn met verschillende interval, op verschillende momenten in de tijd en met verschillende ruimtelijke dichtheid. De reeks loopt van het verleden, via de actuele situatie door tot maximaal 10 dagen vooruit.

Er is nu een techniek beschikbaar om deze tijdreeks te genereren. Toepassing vindt plaats in twee praktijkonderzoeken.

Het gecombineerde gebruik van de meteorologische en hydrologische gegevens biedt zeer veel kansen voor het operationele waterbeheer en het strategisch onderzoek. De meest interessante toepassingen richten zich op hoogwaterkansverwachting. Het is van groot belang om het ontwikkelde systeem verder uit te werken zodat de waterbeheerder in de toekomst optimaal gebruik kan maken van hydrometeorologische gegevens.

LEESWIJZER

De rapportage van het onderzoek NEERSLAGINFORMATIE VOOR HET WATERBEHEER, bestaat uit een hoofdrapport ("neerslaginformatie voor het waterbeheer") en een deelrapport ("multimodel neerslagverwachting"). Beide rapporten zijn samengevoegd in het voorliggende document. Het geheel wordt voorafgegaan door een samenvatting van het totale onderzoek.

DE STOWA IN HET KORT

De Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer, kortweg STOWA, is het onderzoeksplatform van Nederlandse waterbeheerders. Deelnemers zijn alle beheerders van grondwater en oppervlaktewater in landelijk en stedelijk gebied, beheerders van installaties voor de zuivering van huishoudelijk afvalwater en beheerders van waterkeringen. In 2002 waren dat alle waterschappen, hoogheemraadschappen en zuiveringsschappen, de provincies en het Rijk (i.c. het Rijksinstituut voor Zoetwaterbeheer en de Dienst Weg- en Waterbouw).

De waterbeheerders gebruiken de STOWA voor het realiseren van toegepast technisch, natuurwetenschappelijk, bestuurlijk juridisch en sociaal-wetenschappelijk onderzoek dat voor hen van gemeenschappelijk belang is. Onderzoeksprogramma's komen tot stand op basis van behoefteinventarisaties bij de deelnemers. Onderzoekssuggesties van derden, zoals kennisinstituten en adviesbureaus, zijn van harte welkom. Deze suggesties toetst de STOWA aan de behoeften van de deelnemers.

De STOWA verricht zelf geen onderzoek, maar laat dit uitvoeren door gespecialiseerde instanties. De onderzoeken worden begeleid door begeleidingscommissies. Deze zijn samengesteld uit medewerkers van de deelnemers, zonodig aangevuld met andere deskundigen.

Het geld voor onderzoek, ontwikkeling, informatie en diensten brengen de deelnemers samen bijeen. Momenteel bedraagt het jaarlijkse budget zo'n vijf miljoen euro.

U kunt de STOWA bereiken op telefoonnummer: +31 (0)30-2321199.

Ons adres luidt: STOWA, Postbus 8090, 3503 RB Utrecht.

Email: stowa@stowa.nl.

Website: www.stowa.nl.

NEERSLAGINFORMATE VOOR HET WATERBEHEER

INHOUD

	Colofon	
	Ten geleide	
	Samenvatting	
	Leeswijzer	
	Stowa in het kort	
1	INLEIDING	1
1.1	Aanleiding	1
1.2	Doel	2
1.3	Werkwijze	3
1.4	Leeswijzer	3

2	AANPAK	5
2.1	Inleiding	5
2.2	Multimodel neerslagverwachting (MNV)	6
2.3	Bewerking naar hydrologische eenheden	7
2.4	Database voor opslag van gegevens	8
2.5	Het koppelen van meteo informatie aan een model (tijdreeks)	8
3	ICT: ALTERNATIEVEN EN KEUZEN	11
3.1	Inleiding	11
3.2	Gegevens	11
3.3	Adventus Database	13
3.4	Tussenlaag	13
3.5	Software & Presentatie	14
3.6	Leerpunten	15
4	RESULTATEN	17
4.1	Inleiding	17
4.2	Database	18
4.3	Website	19
4.3.1	Radarvisualisatie applicatie	21
4.3.2	Schema applicatie	21
4.3.3	Grafiek applicatie	22
4.3.4	Neerslagverwachting	23
4.4	Praktijkonderzoeken	25
5	CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN	27
5.1	Conclusies	27
5.2	Aanbevelingen	28
5.3	Interessante toepassingsmogelijkheden	29

1

INLEIDING

1.1 AANLEIDING

De laatste jaren zijn verschillende ontwikkelingen in het waterbeheer te onderkennen die alle bijdragen tot een evenwichtiger beheer van watersystemen:

- Praktisch alle beheerders zijn in de loop der tijd overgegaan tot het automatisch inwinnen van gegevens over het gevoerde operationele beheer (waterstanden, draaiuren, etc.).
- Door verbeterd inzicht in het functioneren van watersystemen en het leerproces rondom keuzen uit het verleden, wordt tegenwoordig meer rekening gehouden met ook andere functies dan landbouw. Dit vereist, met name in vrij-afwaterende systemen, een andere vorm van waterbeheer dan in het verleden gebruikelijk was. Grondwatergestuurd beheer en flexibel peilbeheer zijn hierbij de gebruikte kernbegrippen.
- Door de toegenomen mogelijkheden van ICT gaan steeds meer waterbeheerders er toe over om zich voor het operationele beheer te laten ondersteunen door meetnetten en beslissingsondersteunende systemen (BOS). Deze systemen verwerken de meetgegevens tot begrijpelijke informatie, waarmee vervolgens kennis kan worden opgedaan over het functioneren van het watersysteem. Geavanceerde BOS-systemen kunnen worden gebruikt voor het simuleren van diverse situaties, zoals bijvoorbeeld situaties die zich slechts zelden voordoen.

De genoemde ontwikkelingen staan niet op zichzelf, maar worden gestuurd door gebeurtenissen van de laatste jaren, waaronder:

- wettelijke bepalingen voor het registreren van operationele gegevens;
- de bewustwording van verdrogingsproblemen;
- de wateroverlast van de afgelopen jaren.

Met name de wateroverlast problematiek van 1998, 1999 en 2002 heeft nog eens duidelijk laten zien dat er meer behoefte is aan passende informatie waarmee de waterbeheerder, bij voorkeur al voorafgaand aan de feitelijke gebeurtenis, inzicht krijgt in de gevolgen van extreme neerslag in het watersysteem. Hieruit volgt een behoefte aan betrouwbare, gedetailleerde, real-time neerslag informatie, die is toegespitst op het waterbeheer.

Overigens is het van groot belang dat de ruimtelijke verdeling in de neerslag wordt meege-nomen. De ruimtelijke variatie in neerslaghoeveelheden kan op korte afstand namelijk groot zijn (Fig. 1).

Ondanks de voordelen die het gebruik van meteorologische gegevens het waterbeheer lijken te bieden, bestaat er nog geen systeem waarmee de waterbeheerder de beschikking heeft over gegevens met de bovenstaande kenmerken.

Een belangrijke reden hiervoor is dat de vakgebieden van de meteorologie en het waterbeheer relatief ver uit elkaar liggen. Onder waterbeheerders is weinig bekend van de meteorologische producten, mogelijkheden en kansen. Omgekeerd is onder meteorologen weinig kennis van de wensen en eisen die vanuit het waterbeheer aan meteorologische informatie wordt gesteld. Veel van de beschikbare meteorologische informatie wordt niet gele-

verd in een voor de waterbeheerder handzaam formaat en ook niet met het gewenste ruimtelijke en temporele detailniveau.

Derhalve is het tijd om de werelden van de meteorologen en de hydrologen samen te brengen en te onderzoeken welke kansen de moderne meteorologie voor het waterbeheer biedt.

1.2 DOEL

Het project is toegespitst op de waterbeheerder, en meer specifiek op de peilbeheerder en de hydroloog. Voor deze waterbeheerders is vooral de neerslaginformatie interessant vanwege de sterke relatie tussen de neerslag en de reactie van het watersysteem.

In verband met het steeds vaker optreden van extreme neerslaggebeurtenissen, en de daaraan gerelateerde wateroverlast, is het ook van belang dat precies bekend is hoeveel neerslag er is gevallen en hoeveel neerslag er wordt verwacht (op korte en middenlange termijn). De aandacht gaat daarbij uit naar zowel extreme als meer reguliere omstandigheden in watersystemen voor hellende en vlakke gebieden.

Het doel van dit project is:

“Het ontwikkelen en beproeven van een methodiek om neerslaggegevens (waarnemingen, radarmetingen en verwachtingen) te verwerken tot vlakdekkende digitale informatie (Fig. 1), op grond waarvan waterbeheerders hun handelen kunnen afstemmen op historische, actuele en toekomstige meteorologische omstandigheden.”

Hieruit volgen enkele concrete (sub)doelen:

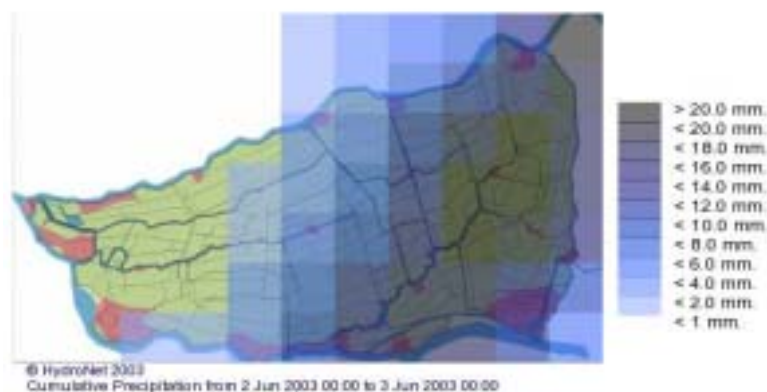
- Het vervaardigen van een database waarin neerslagmetingen, radarneerslag, neerslagverwachtingen en telemetriegegevens gestructureerd worden opgeslagen.
- Het uit de database kunnen onttrekken van een tijdreeks met daarin per eenheid de gevallen neerslag, de actuele neerslag en de verwachte neerslag. Deze tijdreeks kan gezamenlijk met waterstand gegevens- als input voor een model worden gebruikt, zodat het meest waarschijnlijke waterstandverloop kan worden berekend.
- Het visualiseren van de in de database opgeslagen hydrologische, meteorologische en bewerkte gegevens op een website.
- Het beproeven van de gehele systematiek in twee praktijkonderzoeken.

Naast het inzicht krijgen in en inzichtelijk maken van de mogelijkheden die de moderne meteorologie het waterbeheer biedt, is het vervaardigen van een systeem waarin de geschikte concepten worden geconcretiseerd van belang. Vanwege het experimentele karakter van het project is meer ingezet op het maken van losse, werkende prototypen dan op het maken van een installatiegereed systeem waarin alle softwarecomponenten zijn geïntegreerd.

Het project is vooral onderzoeksgericht in de zin dat vele paden zijn verkend om te kunnen bepalen welke methoden, technieken en gegevens het meest geschikt zijn om de gestelde doelen te bereiken.

FIG. 1

GESOMMEERDE RADARNEERSLAG ALBLASSERWAARD (2 JUNI 2003): STERKE RUIMTELIJKE VARIATIE.



1.3 WERKWIJZE

Het raamwerk voor dit project is breed opgezet, met als doel een divers scala aan mogelijkheden te onderzoeken voor het realiseren van een systeem op het grensvlak van meteorologie en hydrologie, waarin gegevens kunnen worden verwerkt tot informatie, kunnen worden opgeslagen en waaruit gegevens eenvoudig kunnen worden onttrokken.

De eerste fase bestaat uit een uitgebreide verkenning van de kansen, waarin de meest kansrijke en haalbare mogelijkheden verder worden geconcretiseerd. Binnen de gemaakte keuzen, gestelde eisen en voorziene beperkingen is een systeem ontworpen, dat gegevens vanuit diverse meteorologische bronnen en telemetriesystemen op een gestructureerde wijze verwerkt en opslaat, zodanig dat de uitvoer op een heldere manier kan worden aangeboden aan de gebruiker.

Het systeem wordt beproefd voor twee praktijkgebieden bij het Waterschap Reest & Wieden en het Hoogheemraadschap Alblasserwaard en de Vijfheerenlanden. Hierin wordt tevens een koppeling met een neerslag-afvoer model gemaakt, zodat kan worden gerekend met historische en verwachte neerslaghoeveelheden.

Het project is opgedeeld in vier activiteiten, waarin aan de gestelde doelen is gewerkt:

- Onderzoek naar de samenvoeging van de resultaten van verschillende verwachtingsmodellen tot één verwachting, conform de meteorologische praktijk.
- Ontwikkelen van software voor bewerking van meteorologische gegevens naar hydrologische eenheden.
- Database applicatie voor Adventus conforme opslag van real-time meteo informatie en metingen uit het veld.
- Het koppelen van het neerslag-afvoer model AQUARIUS van de STOWA aan de database.

1.4 LEESWIJZER

In het volgende hoofdstuk wordt de opzet en de aanpak van het project toegelicht. Hierop volgt in hoofdstuk 3 de technische kant van de ontwikkelingen en worden de verschillende gemaakte keuzen onderbouwd. Hoofdstuk 4 geeft een overzicht van de behaalde resultaten. Tevens wordt in dit hoofdstuk aangegeven welke mogelijkheden deze resultaten bieden voor het waterbeheer. Het rapport wordt afgesloten met de conclusies en aanbevelingen.

2

AANPAK

2.1 INLEIDING

In dit project is in eerste instantie onderzocht welke mogelijkheden de moderne meteorologie aan het waterbeheer biedt. In dit onderzoek zijn verschillende wegen gevolgd en mogelijkheden onderzocht. Een deel van de gevolgde wegen, onderzochte mogelijkheden en gemaakte keuzen worden in dit rapport besproken om de lezer inzicht te geven in de gevolgde route en achtergronden van bepaalde keuzen.

In het project is een systeem ontwikkeld waarin gegevens vanuit verschillende bronnen en in diverse formaten en tijdframes op een gestructureerde manier worden opgeslagen en beheerd, zodat deze eenvoudig vanuit verschillende invalshoeken toegankelijk zijn.

Het project kan worden onderverdeeld in vier activiteiten:

- Multimodel neerslagverwachting (MNV).
- Bewerking naar hydrologische eenheden.
- Database voor opslag van gegevens.
- Het koppelen van meteo-informatie aan een model (tijdreeks).

Binnen die activiteiten zijn door middel van stapsgewijs experimenteren vele mogelijkheden onderzocht. Daarbij zijn mogelijkheden geselecteerd op basis van haalbaarheid, wenselijkheid en communicateerbaarheid. Deze zijn verder uitgewerkt en opgenomen in een hydrometeorologisch systeem. Dit systeem bestaat uit een database, waarin alle gegevens gestructureerd worden opgeslagen, en diverse applicaties die deze gegevens uit de database ophalen, visualiseren en die daarmee tijdreeksen construeren.

In het project is gebruik gemaakt van de volgende gegevensbronnen:

- KNMI continu registrerende neerslagmetingen*.
- KNMI neerslagradars in De Bilt en Den Helder*.
- KNMI verdampingsmetingen.
- KNMI Hirlam; regionaal verwachtingsmodel; 48 uur vooruit (MNV).
- DWD regionaal verwachtingsmodel (MNV).
- MetOffice regionaal verwachtingsmodel (MNV).
- ECMWF EPS: neerslag en temperatuur kansverwachting van 10 dagen vooruit*.
- Waterschappen: waterstanden, stuwstanden, pompstatussen en debieten*.

*Deze gegevens worden gebruikt voor de vervaardiging van de tijdreeks ten behoeve van online modellering (zie verder par. 2.5 en Fig.4).

De bovenstaande gegevensbronnen hebben voor een deel een ruimtelijke component in de vorm van grids. Deze grids hebben per gegevensbron een ander assenstelsel en zijn ook niet-gelijkvormig. De tijdschalen waarop de gegevens worden geleverd verschillen (onbepaald, 1 uur, 3 uur, 6 uur, 24 uur) en de gegevens komen ook op verschillende tijdstippen beschikbaar. Een deel van de gegevens, met name de meteorologische, zijn equidistant (gelijk tijdsinterval), een ander deel, met name die van de waterschappen, niet.

2.2 MULTIMODEL NEERSLAGVERWACHTING (MNV)

Het berekenen van een gecombineerde vlakdekkende neerslagverwachting uit meer neerslagmodellen is uitgewerkt in het deelrapport “Multimodel neerslagverwachting” en wordt hier alleen in samenvattende zin beschreven.

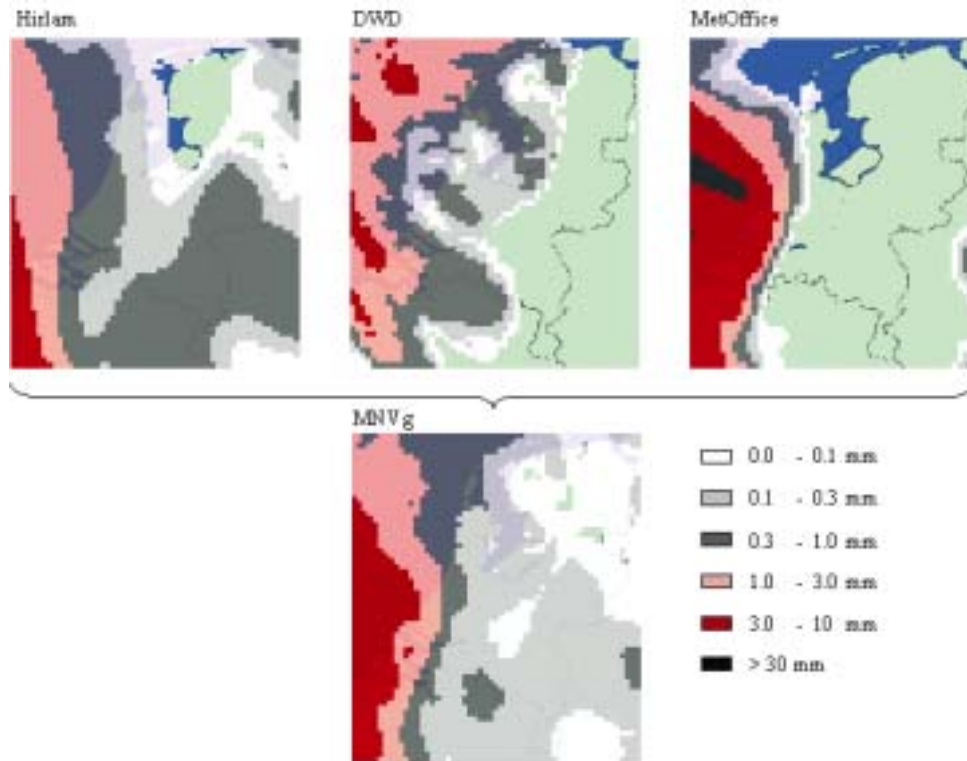
De Multimodel Neerslagverwachting (MNV) geeft een kansverdeling van de te verwachten neerslaghoeveelheid per tijdvak van 3 uur voor 48 uur vooruit. De MNV werkt op basis van drie korte termijn regionale verwachtingsmodellen: Hirlam, DWD en MetOffice. Het systeem werkt met een geografische resolutie van circa 5 x 5 km.

De schatting van de kansverdeling wordt uitgedrukt in 3 getallen: het 10%-punt, het rekenkundig gemiddelde en het 90%-punt. Deze kunnen worden gebruikt om 3 neerslagscenario's op te stellen in de vorm van tijdreeksen: “best case”, “normal case” en “worst case”. Deze tijdreeksen kunnen worden gebruikt om verschillende scenario's door te rekenen met een hydrologisch model. Daarmee ontstaat een anticiperend systeem dat een onder- en bovengrens van de verwachting geeft.

Een voorbeeld van een gemiddelde verwachting op basis van de normal case is weergegeven in Fig. 2. Voor verdere informatie over de methode en de voordelen en beperkingen, wordt verwezen naar het genoemde deelrapport.

Gezien de grote datastroom die daarmee gepaard zou gaan, is besloten om de gegevens van de drie weermodellen binnen het kader van dit project niet in de database op te slaan. Derhalve wordt de MNV niet meegenomen in de vervaardiging van de tijdreeks met betrekking tot de neerslagverwachting (zie par. 2.5). Hiervoor wordt het ECMWF model gebruikt (EPS).

FIG. 2 NEERSLAGVERWACHTINGEN VAN AFZONDERLIJKE MODELLEN EN DE MNV VOOR HET TIJDVAK 6:00-9:00 UUR NA HET INITIALISATIE-TIJDSTIP VAN 8-6-2003 0:00 UUR.



2.3 BEWERKING NAAR HYDROLOGISCHE EENHEDEN

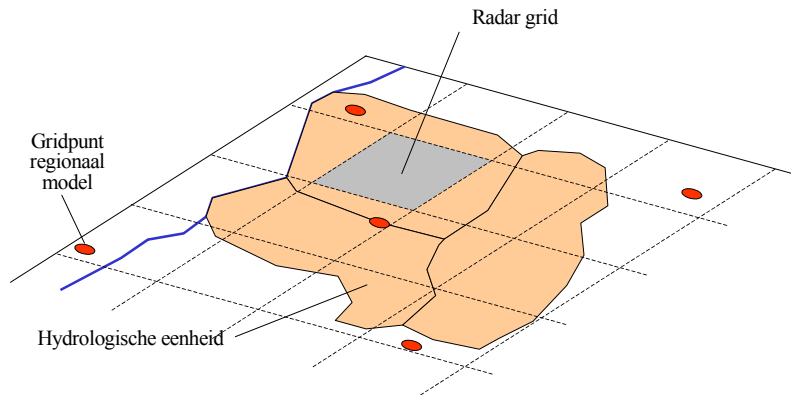
Neerslag is een belangrijke invoervariabele voor een hydrologisch model, waarmee de respons van het watersysteem kan worden berekend in termen van waterstanden, berging en afvoer. De ervaring leert dat het ontbreken van precieze, ruimtelijk gedifferentieerde neerslaggegevens er toe leidt dat met modellen niet de werkelijke situatie kan worden gesimuleerd, modellen verkeerd worden gekalibreerd en/of verkeerde uitkomsten worden gegenereerd.

In deze activiteit is een methode ontwikkeld waarmee de neerslag per hydrologische eenheid kan worden gespecificeerd (Fig. 3). Deze methode maakt gebruik van de radarinformatie die voor heel Nederland door het KNMI met een grid van ongeveer 2.5 x 2.5 km wordt gemeten. Op basis van deze gridcellen wordt de gesommeerde neerslag per hydrologische eenheid uitgerekend. Hiermee kan direct worden gewerkt in het waterbeheer.

In de praktijkonderzoeken wordt een koppeling tussen de neerslag per hydrologische eenheid en een neerslag-afvoer model gemaakt. In de berekeningen die met dit model worden gemaakt, wordt zodoende de ruimtelijke differentiatie in neerslag meegenomen. De gebruiker kan de ruimtelijke schematisatie in hydrologische eenheden bepalen. Dit hangt vaak samen met het detailniveau waarop wordt gemodelleerd.

FIG. 3

GEOGRAFISCHE LIGGING VAN HYDROLOGISCHE EENHEDEN EN GRIDS MET NEERSLAG INFORMATIE.



2.4 DATABASE VOOR OPSLAG VAN GEGEVENS

Voor het beheren van de hydrologische en meteorologische gegevens is een database opgezet, waarin zowel gemeten als berekende gegevens in een equidistant formaat worden opgeslagen. Een belangrijke punt in het onderzoek was dat de database grote hoeveelheden gegevens moet aankunnen en dat er veel gebruikers in korte tijd gegevens aan de database moeten kunnen onttrekken.

Tijdens deze activiteit is uitgebreid onderzocht aan welke eisen moest worden voldaan, waarvan de belangrijkste zijn:

- opslag van grote hoeveelheden gegevens (100 miljoen records en meer)
- snel toegankelijk (het ophalen van een enkel gegeven binnen enkele seconden)
- toegankelijk voor verschillende applicaties en gebruikers tegelijkertijd
- backup en compressie mogelijkheden moeten aanwezig zijn.

Verschillende concepten zijn beschouwd, waarbij uiteindelijk is gekozen voor een zwaar industrieel systeem, gebaseerd op de Microsoft producten. Hierop zal nader worden ingegaan in par. 3.3.

Het benaderen van de database gebeurt via een tussenlaag, die als een soort schil om de database zit. Deze laag werkt op generieke manier en maakt interactie tussen de database en de daarop werkende applicaties mogelijk. Door die aanpak kunnen applicaties worden ontwikkeld zonder kennis van de structuur en werking van de database.

Als onderdeel van deze activiteit is ook een communicatiesysteem opgezet, dat er voor zorgt dat de gegevens die in het kader van de praktijkonderzoeken worden toegestuurd, op de juiste plaats worden opgeslagen en automatisch worden verwerkt.

2.5 HET KOPPELEN VAN METEO INFORMATIE AAN EEN MODEL (TIJDREEKS)

Een belangrijk onderdeel van het onderzoek is het vervaardigen van een tijdreeks –bestaande uit de gevallen, actuele en verwachte neerslag- die kan worden gebruikt als input voor een hydrologisch model. Deze tijdreeks kan voor elke specifieke periode uit de database worden gegenereerd en vervolgens in de modellering worden gebruikt. In Fig. 4 is de tijdreeks conceptueel gegeven. Tevens staat aangegeven welke gegevens voor welk deel van de tijdreeks worden gebruikt.

In eerste instantie is in het project gekozen voor het maken van een online koppeling van de database en het neerslag-afvoer model AQUARIUS. Het idee was dat zodra er nieuwe gegevens binnenkomen, AQUARIUS automatisch een berekening uitvoert en de resultaten presenteert. Dit bleek een veelomvattende aanpak te vergen en daarom is in het kader van dit onderzoek gekozen voor een offline koppeling. Deze offline koppeling wordt in de praktijkonderzoeken gerealiseerd. Dit zal resulteren in een tool, die voor de geselecteerde periode de juiste gegevens uit de database onttrekt en per eenheid een consistente tijdreeks genereert. Alle benodigde gegevens voor de tijdreeks zijn op het moment in de database aanwezig:

- Voor het historische / actuele deel van de tijdreeks worden de radargegevens en de grondmeetstations gebruikt Fig. 4.
- De verwachte neerslag wordt bepaald aan de hand van de 10-daagse verwachting van het ECMWF model (gemiddelde van 50 EPS runs).

Zoals ook eerder gesteld, wordt voor de neerslagverwachting geen gebruik gemaakt van de MNV methodiek. Overigens is niet uitgesloten dat dit in de toekomst wel het geval zal zijn.

Per hydrologische eenheid wordt een tijdreeks samengesteld, die offline aan AQUARIUS wordt gekoppeld. De begintoestand van het watersysteem (grond- en oppervlaktewaterstanden uit telemetriesystemen) wordt ook offline vanuit de database in het model opgenomen.

Vervolgens kan het model vanuit de gemeten actuele situatie en voorgeschiedenis worden doorgerekend met de meest waarschijnlijke neerslagverwachting. Afhankelijk van de modeluitkomsten kan het beheer worden aangepast. Op deze manier kan op extreme situaties worden geanticipeerd.

Het gebruik van een dergelijke tijdreeks voor de modellering heeft enkele belangrijke voordelen voor de waterbeheerder:

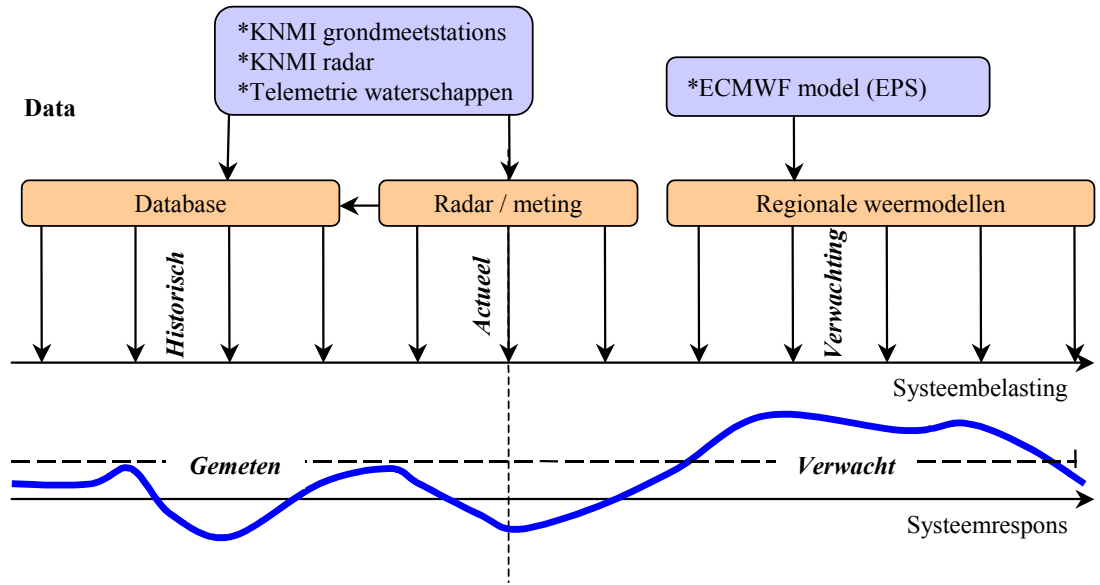
- Ruimtelijke verschillen in neerslag worden meegenomen.
- De meest waarschijnlijke toekomstige toestand van het watersysteem wordt bepaald waarbij ook een betrouwbaarheid van de verwachting wordt gegeven.
- Op elk moment is de actuele en verwachte toestand van het watersysteem bekend.
- Het systeem biedt de mogelijkheid tot het anticiperen op bepaalde situaties van waterbezwaar.

Vooral het laatste punt is belangrijk voor de waterbeheerder. Zijn taak is om wateroverlast te voorkomen of ten minste te minimaliseren en heeft hiermee een instrument in handen om dat te optimaliseren. Het model voorspelt op basis van gedetailleerde (ruimtelijk en temporeel) neerslag informatie wat de meest waarschijnlijke waterstanden en debieten zullen zijn, inclusief een bepaalde mate van betrouwbaarheid. Hiermee kan de waterbeheerder beslissingen nemen met als doel een optimaal waterbeheer (i.c. pomp aan of stuwen optrekken).

In de praktijkonderzoeken wordt de beschreven methodiek toegepast en beproefd. De te publiceren artikelen over de praktijkonderzoeken zullen worden toegespitst op de tijdreeks en de toepassing daarvan in de praktijk.

FIG. 4

TIJDREKES VAN GEMETEN EN VERWACHTE NEERSLAG MET DE BIJHORENDE SYSTEEMRESPONS



3

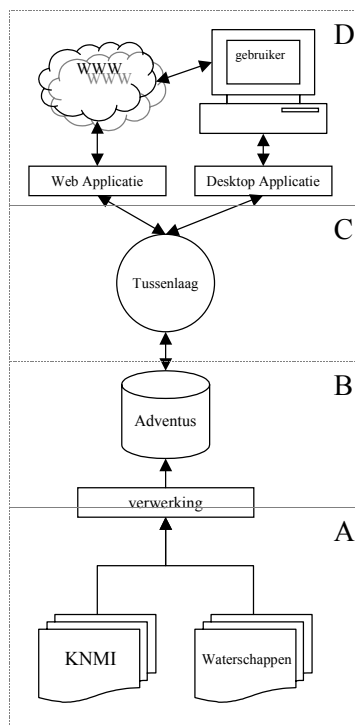
ICT: ALTERNATIEVEN EN KEUZEN

3.1 INLEIDING

In dit hoofdstuk wordt ingegaan op de werking van het hardware en softwarematige systeem en worden de relevante keuzen onderbouwd. De inhoud van dit hoofdstuk beschrijft de technische en communicatieve werking tussen de afzonderlijke onderdelen van het systeem.

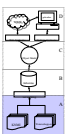
Het systeem is gegeven in Fig. 5 en bestaat uit een database, een generieke tussenlaag en diverse applicaties. De database en applicaties communiceren via de tussenlaag. De aanvraag van gegevens gebeurt altijd vanuit de applicaties.

FIG. 5 HET ONTWIKKELDE SYSTEEM VAN DATALEVERING TOT GEBRUIK.



Dit hoofdstuk is conform Fig. 5 opgedeeld in de onderdelen: gegevens (A), Adventus database (B), tussenlaag (C), software en presentatie (D). Het hoofdstuk eindigt met een overzicht van de leerpunten uit dit project met betrekking tot de ICT-kant van het project.

3.2 GEGEVENS



In het project zijn verschillende gegevensbronnen beschikbaar. In essentie zijn dat gegevens van het KNMI en de deelnemende waterschappen. Al deze gegevens worden real-time geleverd, dat wil zeggen dat er steeds toegang is tot de meest recente gegevens. De gegevens van de buitenlandse weermodellen worden ook via het KNMI verstrekt.

In de levering van gegevens is het van belang te onderkennen dat de totale stroom via vele computers en netwerken verloopt, alle met verschillende betrouwbaarheid. Daardoor verschilt de leveringszekerheid van de gegevens sterk. De ervaringen met de gegevens die routinematig door het KNMI worden verstrekt, zijn goed.

De datastroom van de regionale weermodellen is erg groot (de totale stroom van alleen het Duitse model bedraagt al 30 MB per dag). Daarom hebben wij deze omvangrijke gegevens in het kader van dit project niet in de Adventus database verwerkt.

De beschikbare gegevens, vanuit zowel meteorologische als hydrologische bronnen zijn opgenomen in Tabel 1.

TABEL 1 GELEVERDE GEGEVENS DIE BESCHIKBAAR ZIJN VIA DE ADVENTUS DATABASE.

DataType	Bron	Een- heid	Ruimtelijke schaal	Temporele schaal	Aangeleverde Formats per tijdstap
Radar	KNMI	mm	2.5 x 2.5 km grid	3 uur (sommatie)	Hdf5 file.
EPS (neerslag)	KNMI	mm	6 meetstations in NL	6 uur	EPS datafile per station.
Neerslag & Verdamping	KNMI	mm	33 grond-meetstations	1 uur	EcoMet datafile voor alle stations
Hirlam (neerslag)	KNMI	mm	11 x 11 km grid	3 uur	GRIB file.
Waterstanden	Telemetrie	m + NAP	watersysteem afhankelijk	1 uur	HydroNet datafile per station
Debieten	Telemetrie	m ³ /s	watersysteem afhankelijk	1 uur (gemiddeld)	HydroNet datafile per station
Pomp aan/uit	Telemetrie	0/1	watersysteem afhankelijk	Nvt	HydroNet datafile per station

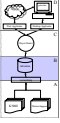
De diverse gegevens komen uit verschillende bronnen met verschillende protocollen beschikbaar. Zo komen de meteorologische gegevens via ftp sites en de telemetriegegevens via webapplicaties (http). Oorspronkelijk was gekozen voor het werken met niet-equidistante tijdreeksen. Echter, de toegang tot deze gegevens in de database bleek dermate langzaam dat uiteindelijk is gekozen voor het werken met equidistante reeksen.

De waterschapsgegevens worden als eerste in een tijdelijke database opgeslagen, waarna ze automatisch equidistant worden gemaakt in de Adventus database. Hiervoor worden lineaire interpolatietechnieken gebruikt.

Het interpolatie proces bestaat uit het berekenen van missende gegevens in de tijdreeks op basis van omringende gegevens. Zodoende wordt niet alleen geïnterpoleerd, maar worden ook ontbrekende gegevens aangevuld.

De interpolatiealgoritmes verschillen per gegevenstype. Indien er voor geïnterpoleerde waarden naderhand toch gemeten gegevens worden geleverd, worden de geïnterpoleerde, berekende gegevens automatisch vervangen door de gemeten waarden.

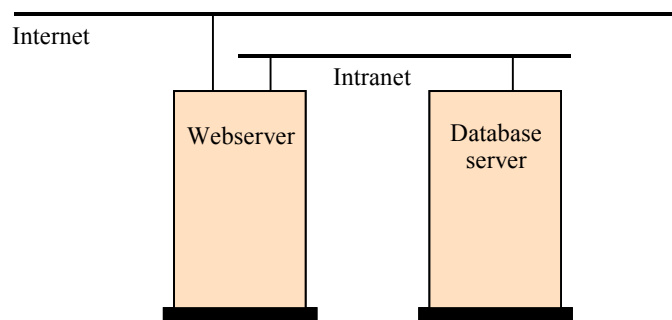
3.3 ADVENTUS DATABASE



De Adventus database heeft een centrale rol binnen dit project, in de zin dat alle gegevens hierin worden opgeslagen en dat deze de basis vormt voor de diverse applicaties. Een voorwaarde voor de database is dat deze grote hoeveelheden data tegelijkertijd kan verwerken zonder dat het functioneren negatief wordt beïnvloedt. Dit heeft er toe geleid dat diverse optimalisaties in de database zijn doorgevoerd.

De eisen die aan de database worden gesteld, hebben ons ertoe gebracht om deze op een separate server te laten functioneren, met een eigen krachtige database engine. De functies die te maken hebben met de communicatie (ftp, http) en met de weergave (website) functioneren op een separate webserver (Fig. 6).

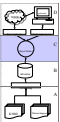
FIG. 6 HARDWARE CONFIGURATIE.



In dit project is gekozen om gebruik te maken van MS SQL server 2000. De redenen hiervoor zijn de kracht en tal van mogelijkheden die MS SQL server 2000 biedt op het gebied van het verwerken van binnenkomende gegevens (waaronder concurrent access, waarmee gegevens massaal tegelijkertijd geschreven en gelezen kunnen worden). Daarnaast is bij deze keuze ook gedacht aan de toekomstige situatie waarbij de server geïnstalleerd moet kunnen worden op een desktop bij de waterbeheerder, zodat daarop een kopie of selectie van de database kan worden geplaatst.

Het aansluiten op Adventus is op het moment een logische keuze binnen de waterwereld. Deze standaard wordt breed ondersteund. Door het gebruik van Adventus zijn eventuele toekomstige koppelingen met andere systemen relatief eenvoudig.

3.4 TUSSENLAAG



Om de toegang tot de data in de Adventus database te stroomlijnen, is een tussenlaag ontwikkeld, die bij aanroep automatisch een afdruk van de interne databasestructuur genereert. Hierdoor kan een applicatie of gebruiker toegang tot de interne structuur krijgen (bijv. welke gegevens in de database zitten), zonder kennis van of informatie over de database zelf.

Aangezien deze tussenlaag op objectgeoriënteerde wijze is opgezet wordt deze ook wel aangegeven met de term DataObjecten.

Dit heeft ook een onderhoudsmatig voordeel, namelijk dat in het geval van een wijziging in de database, dit geen consequenties heeft voor de applicatiesoftware, die met de database werkt.

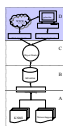
Het model biedt daarnaast de mogelijkheid om zowel de structuur van de database als een uitsnede van de gegevens tijdelijk op te slaan. Hierbij is gebruik gemaakt van het ISO gecertificeerde XML formaat. Dat heeft als voordeel dat met relatief kleine en snelle gegevenssystemen kan worden gewerkt.

De DataObjecten werken met XML zowel voor de tijdelijke opslag als voor het interpreteren van opgeslagen gegevens.

Voor de applicaties die op de webserver draaien is ervoor gekozen om met een vast tijdsinterval XML gegevens blokken op de webserver te plaatsen. Het voordeel hiervan is dat de database wordt ontlast van veel kleine data verzoeken die op den duur bepaalde database en/of webserver processen kunnen vertragen. De XML files kunnen in een vervolg ook worden aangewend voor firewall-vriendelijke datacommunicatie.

Naast deze toepassingen is de tussenlaag ontwikkeld om door diverse applicaties te worden gebruikt om gegevens te onttrekken aan de database en hiermee de gegevens te visualiseren. Op deze manier staat de software zelf geheel los van de database, en communiceert deze via de tussenlaag of via XML met de database.

3.5 SOFTWARE & PRESENTATIE



Het doel van de software is om de gegevens uit de database op interactieve wijze te visualiseren, afhankelijk van het type gegeven. Hierbij is als leidraad gehanteerd dat de gebruiker in één oogopslag de resultaten moet kunnen interpreteren.

In eerste instantie was ervoor gekozen om alle samengestelde gegevens, gebruiksklaar op een desktop bij de waterbeheerders van de praktijkonderzoeken te krijgen. Dit stuitte op problemen met de datacommunicatie. Hierbij speelden met name de benodigde bandbreedte die nodig is voor de gegevens stroom, maar vooral ook het behouden van de consistentie in de opgeslagen gegevens die op verschillende locaties zijn opgeslagen een rol.

Bij het implementeren van de desktop applicaties bleken ook andere complicaties op te treden, zoals bijvoorbeeld installaties op verschillende Windows versies en de beperkte toegang van diverse locaties naar het internet (veelal via Gemnet met firewall's en proxy's die het gewenste dataverkeer niet toelaten).

Er is vervolgens voor gekozen om alle presentaties van informatie via het web te laten verlopen. Om dit te kunnen doen, diende een website te worden ingericht. Gezien de omvang van een dergelijke activiteit is aangesloten bij een al bestaande website: www.hydronet.nl. Overigens kan deze site ook worden bereikt via www.stowa.nl/neerslag.

Het gebruik van een website heeft ook een aantal niet-technische voordelen zoals het feit dat de gegevens op eenvoudige wijze aan een breder publiek kunnen worden getoond. Het web zou in een voortgaand gebruik van het systeem ook informatie kunnen geven over de grenzen van de waterschappen heen.

Een ander voordeel van een webapplicatie is dat updates relatief eenvoudig door te voeren zijn omdat er maar één versie van de software is geïnstalleerd op de webserver. Dat komt ook het beheer en onderhoud ten goede.

De keuze voor een webapplicatie is niet definitief. Alle software is zo ontwikkeld dat de webapplicatie eenvoudig in een desktop applicatie kan worden omgezet. In Fig. 7 wordt de interface getoond van een webapplicatie.

FIG. 7 WEBAPPLICATIE RADARINFORMATIE.



In de website structuur is ervoor gekozen om de gegevens per waterschap hiërarchisch te ordenen en in een aantal categorieën in te delen, zoals: overzichtskaart, neerslag, verwachting en waterstanden. Deze worden weer onderverdeeld in sub categorieën, die elk een eigen webpagina hebben.

Op deze pagina's zijn de keuzen voor weergave bewust eenvoudig gehouden tot het instellen van een periode waarover bepaalde gegevens door de gebruiker kunnen worden opgevraagd. Afhankelijk van de gekozen periode worden de opgevraagde gegevens per beschikbare tijdstap in de DataObjecten gelezen, waarna er bewerkingen mee kunnen plaatsvinden. Een voorbeeld van een dergelijke bewerking is het optellen van radargegevens, zodat een gesommeerd beeld ontstaat. Hierdoor kan een gebruiker zelf de neerslagsom bepalen van een bui.

Vanwege de generieke eigenschappen van de software is er voor gekozen om de visualisatie in een standaard formaat te genereren. De software heeft de optie om de weergegeven afbeeldingen op te slaan in een standaard formaat, zoals JPEG, GIF of BMP.

In hoofdstuk 4 wordt nader ingegaan op de verschillende vormen waarin de gegevens worden gepresenteerd.

3.6 LEERPUNTEN

Tijdens het project hebben zich diverse obstakels voorgedaan, waar veel kennis en ervaring uit is opgedaan. Deze onderwerpen kunnen voor het vervolg als leerpunten worden beschouwd en als volgt worden samengevat:

- Het op gang krijgen van de operationele datalevering vanuit het KNMI duurde erg lang. Dit had te maken met het feit dat een speciaal pakket aan gegevens beschikbaar gemaakt diende te worden; gericht op het waterbeheer (onder meer de drie-uur radarsom in het

juiste formaat). Overigens was deze activiteit wel de trigger voor andere parallelle activiteiten rondom het beschikbaar krijgen van neerslaginformatie voor het waterbeheer.

- Het op gang krijgen van de datalevering vanuit de twee waterschappen is geen standaard procedure. Als eerste diende koppelingen te worden gemaakt met de databases van de diverse telemetriesystemen. Ten tweede diende deze onttrokken gegevens gereed gemaakt te worden voor transport naar de webserver; hiervoor is speciale software ontwikkeld. Ten derde diende de levering te worden gerealiseerd via internet, wat problemen gaf met beveiliging. Overigens is via speciale oplossingen de datalevering gerealiseerd.
- Het implementeren van het Adventus gegevensmodel in de situatie van grote hoeveelheden gegevens, bracht de beperkingen van dat model aan het licht. Er moesten verschillende optimalisaties worden doorgevoerd om toch op gegeneraliseerde wijze te kunnen werken.
- De automatische verwerking van ruwe gegevens naar geordende gegevens, met verschillende tijdschalen en leveringstijdstippen bleek complex te zijn. Met name het bijhouden van de consistentie in de opgeslagen gegevens was een obstakel. Deze problemen zijn opgelost.
- De meteorologische gegevensstroom is dermate groot dat het binnen de mogelijkheden van het project niet haalbaar bleek om te komen tot een operationele levering van de verwerkte gegevens aan de waterschappen. Hiervoor is veel bandbreedte nodig en ook de organisatorische consequenties van een dergelijke levering zijn groot, gezien het feit dat buiten de reguliere internetverbindingen van de waterschappen dient te worden gecommuniceerd.

4

RESULTATEN

4.1 INLEIDING

Het vervaardigde systeem bestaat uit een database, een tussenlaag en diverse applicaties. De data wordt via een generieke tussenlaag (zie hoofdstuk 3) door verschillende applicaties uit de database gehaald en op verschillende wijzen en met verschillende doelen via een website getoond.

De volgende resultaten worden in dit hoofdstuk in drie paragrafen behandeld:

1. de Adventus database;
2. de ontwikkelde software- en webapplicaties die de informatie uit de Adventus database via een website communiceren:
 - Radarvisualisatie applicatie (ruimtelijk visualiseren van radarneerslag):
 - gesommeerde radar grids,
 - neerslag per peilgebied.
 - Schema applicatie (ruimtelijk visualiseren van telemetrie gegevens en neerslag van KNMI grondmeetstations).
 - Grafiek applicatie (temporeel visualiseren van radarneerslag, neerslag van KNMI grondmeetstations en telemetriegegevens).
 - EPS applicatie (neerslagverwachting volgens het ECMWF model):
 - 6 uurlijkse neerslagverwachting voor 10 dagen vooruit,
 - dagelijkse neerslagverwachting voor 10 dagen vooruit,
 - verwacht waterbezwaar voor 10 dagen vooruit.
3. de praktijkonderzoeken waarin de vervaardigde producten worden beproefd en een koppeling met een modelsysteem wordt gemaakt.

De tijdreeksen -zoals besproken in par. 2.5- worden niet in dit hoofdstuk behandeld, maar in de artikelen die over de praktijkonderzoeken worden gepubliceerd.

Het eerste deel van dit project heeft betrekking gehad op het zoeken naar de mogelijkheden op het grensvlak van de meteorologie en het waterbeheer ter verbetering van laatstgenoemde. In dit deel is een methodiek ontworpen waarmee aan de hand van de beschikbare meteorologische gegevens en technieken invulling aan dit doel is gegeven.

In het tweede deel zijn de uitgedachte concepten praktisch geïmplementeerd met als doel een werkend systeem te maken waarmee de kracht van een dergelijk systeem (database en applicaties) kan worden getoond.

De opzet van de praktijkonderzoeken is om het systeem te beproeven en te toetsen aan de gestelde eisen. Hierbij is de belangrijkste vraag of het systeem werkelijk bijdraagt aan de verbetering van het waterbeheer.

In dit hoofdstuk zijn de ontwikkelde concepten verwerkt in de beschrijving van de praktische toepassing van het systeem.

De praktijkonderzoeken lopen nog door na afronding van het hoofdproject, tot eind 2003 en daarom zijn nog niet alle resultaten voor handen (waaronder de tijdreeksen). In dit rapport worden alleen de op dit moment bekende resultaten behandeld. De resultaten van de praktijkonderzoeken worden opgenomen in separate artikelen.

4.2 DATABASE

Centraal in de praktische implementatie van de systematiek staat de database. Deze database heeft als belangrijkste taak de stromen van real-time data gestructureerd op te slaan en te bewerken.

De database is een enorme collectie van gegevens die op gestructureerde wijze in tabellen zijn opgeslagen. De relaties tussen deze tabellen dragen zorg voor de interne consistentie. In de database zijn in een periode van driekwart jaar meer dan 30 miljoen records opgeslagen, wat resulteert in een database met een grootte van ongeveer 2.5 GB geheugenruimte (gecomprimeerd). Het is de bedoeling dat de gegevens van het Hirlam model ook in de database worden opgeslagen. Naar verwachting wordt daarmee de database nog eens zo groot: 6 GB per jaar.

In Tabel 2 zijn de opgeslagen typen gegevens opnieuw genoteerd. De database bevat de meeste van deze gegevens vanaf augustus 2001 tot eind 2003.

TABEL 2 GEGEVENS AANWEZIG IN ADVENTUS DATABASE.

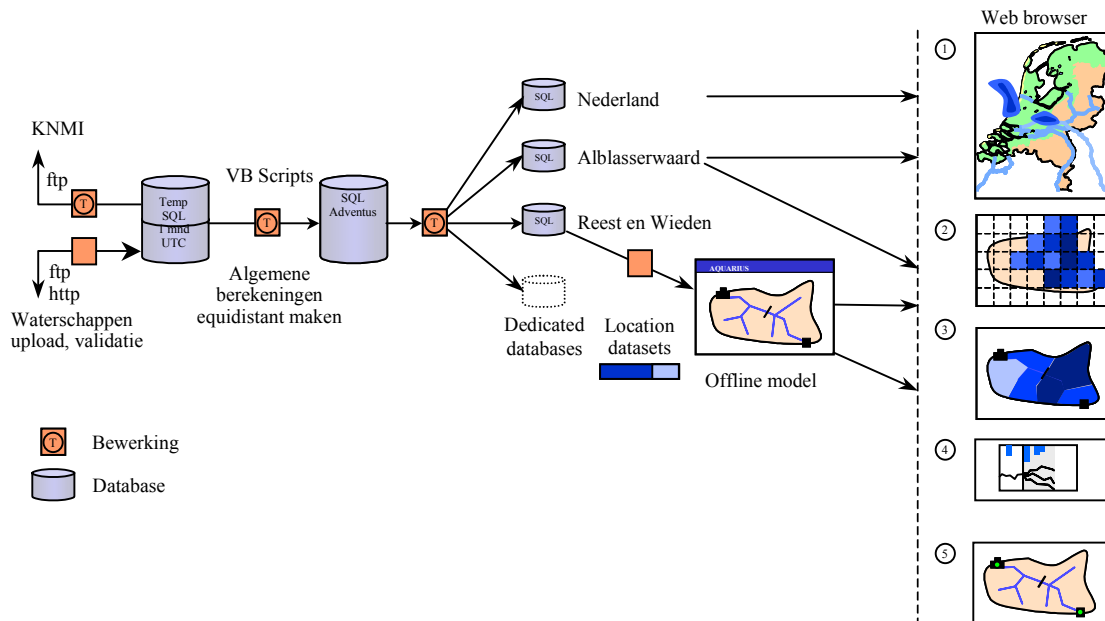
DataType	Hydro / meteo	Bron	Waarnemingssoort	Een- heid	Ruimtelijke schaal	Temporele schaal
Radar	meteo	KNMI	Meting	mm	2.5*2.5 km grid	3 uur (sommatie)
Radar per peilgebied	meteo	Berekening	Meting	mm	watersysteem afhankelijk	3 uur (sommatie)
EPS (neerslag)	meteo	KNMI	Voorspelling	mm	6 punten in NL	6 uur
Neerslag	meteo	KNMI	Meting	mm	33 grondmeetstations	1 uur
Hirlam (neerslag)	meteo	KNMI	Voorspelling	mm	11*11 km grid	3 uur
Waterstanden	hydro	Telemetry	Meting	m + NAP	watersysteem afhankelijk	1 uur
Debieten	hydro	Telemetry	Meting	m ³ /s	watersysteem afhankelijk	1 uur (gemiddeld)
Pomp aan/uit	hydro	Telemetry	Meting	0/1	watersysteem afhankelijk	Nvt

De database is op zichzelf een waardevol product:

- Gestandaardiseerde opslag van gegevens.
- Altijd up-to-date data beschikbaar.
- Eenvoudige toegang via generieke interface.
- Centraal beheer en onderhoud van de data.

De database wordt gevuld vanuit de bronnen zoals aangegeven in Tabel 2 en Fig. 8. Deze gegevens worden in de database equidistant gemaakt en opgeslagen conform Adventus. De gebruiker kan via een aanvraag op de website bepaalde gegevens uit de database halen en deze op de webpagina bekijken. Hetzelfde principe geldt voor desktop applicaties.

FIG. 8 DATASTROMEN, DATABASE EN VISUALISATIE.



De database biedt de waterbeheerder vele mogelijkheden, waarvan er in dit project enkele zijn beproefd die in de komende paragrafen verder worden besproken. Een voor de hand liggende functie van de database is om de opgeslagen tijdreeksen (neerslag, debieten, waterstanden) in diverse projecten te gebruiken.

De database is uniek in de zin dat er geen vergelijkbaar product is waarmee dergelijke datatypen in samenhang worden opgeslagen. De meerwaarde van de database komt naar voren in de mogelijkheden die ontstaan bij het combineren van hydrologische en meteorologische informatie.

In de volgende paragraaf worden de applicaties besproken, die worden gepresenteerd op de website. Verder wordt een doorkijk gegeven naar de mogelijkheden die de database kan bieden voor het operationele en strategische waterbeheer.

4.3 WEBSITE

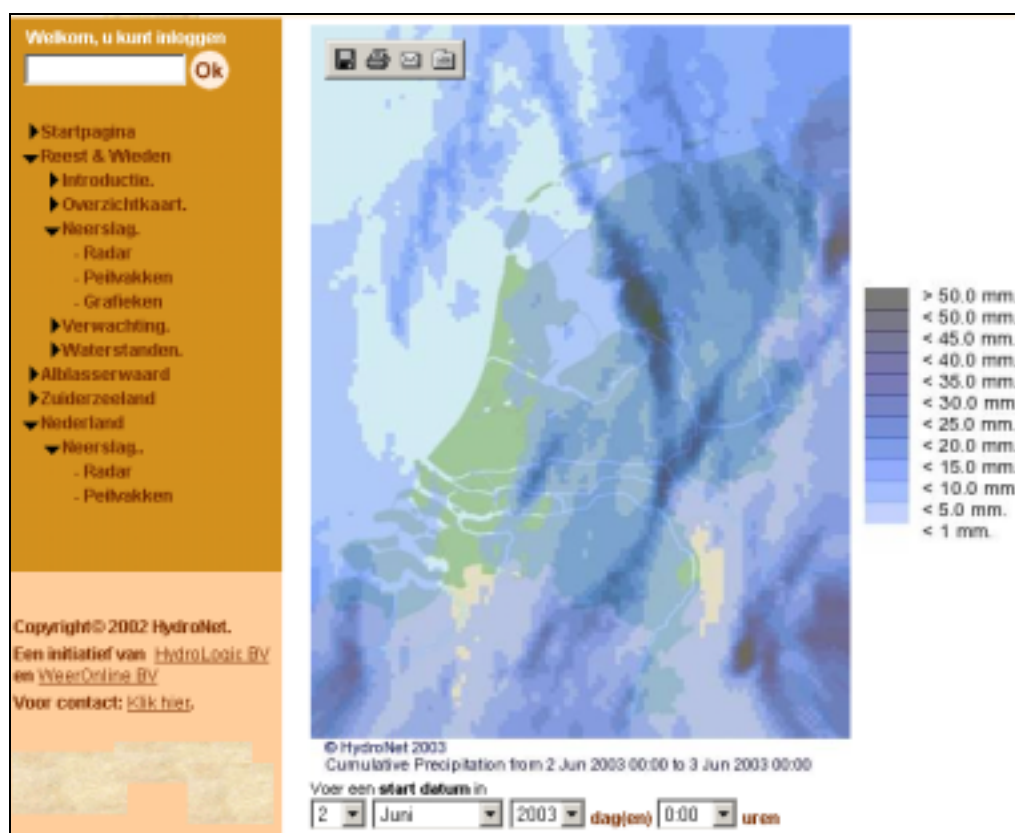
Een ander product van dit onderzoek zijn de verschillende prototype applicaties die op de website worden getoond (Fig. 9). Deze applicaties hebben als voornaamste doel het presenteren van de gegevens uit de database in een aantrekkelijk en voor de waterbeheerder begrijpelijk en hanteerbaar formaat.

In de ontwikkeling van de applicaties is vooral ingezet op de communicatieve kant, en minder op analyse en signaleringsfunctionaliteit. Op dit laatste gebied zien we vele mogelijkheden en een grote meerwaarde voor het waterbeheer.

Opgemerkt dient te worden dat wij op het moment alle informatie openbaar hebben gemaakt. Het is mogelijk om een deel van de informatie te verbergen. Daarbij kan ervoor worden gekozen bepaalde informatie alleen toegankelijk te maken voor personen met een eigen inlogcode.

FIG. 9

GESOMMEERDE RADAR BOVEN NEDERLAND OP 2 JUNI 2003 (WEBSITE).



De ontwikkelde presentatietools zijn vanaf elke locatie met internetaansluiting te bekijken. Er is een generieke interface die de data uitwisseling tussen de database en de verschillende visualisatie componenten optimaliseert.

Door de generieke opzet van deze interface kan in de toekomst op eenvoudige wijze applicaties worden aangepast of worden toegevoegd. Verder biedt deze generieke interface de mogelijkheid om de database uit te breiden, zonder dat alle afzonderlijke componenten moeten worden aangepast.

Op de webpagina is via een menu (Fig. 9) per waterschap snel de beschikbare informatie te vinden. Bij elk waterschap staan de keuzemogelijkheden, zoals neerslag, verwachting, waterstanden en overzichtskaart, en waar nodig hebben deze weer een interne onderverdeling afhankelijk van de visualisatiekeuze.

Bij "neerslag" bijvoorbeeld is dat per peilgebied, grafiek of radarbeelden. Na een keuze te hebben gemaakt in het menu, verschijnt er een pagina waar de gevraagde informatie te vinden is, en al naar gelang de rechten van de gebruiker de visualisatie interactief aanpasbaar is.

De drie applicaties die zijn gebouwd worden hier nader omschreven:

- Radarvisualisatie applicatie
- Schema applicatie
- Grafiek applicatie

4.3.1 RADARVISUALISATIE APPLICATIE

De radar applicatie is specifiek ontwikkeld om radardata op een visueel aantrekkelijke wijze te tonen (Fig. 9). Deze applicatie kan de data als grid of per peilgebied visualiseren. Dit laatse sluit aan bij de waterbeheerspraktijk in de zin dat dan per peilgebied de neerslaghoeveelheid bekend is. Dit geeft de mogelijkheid om deze informatie direct toe te passen in real-time control en modellering, zonder dat verdere bewerkingen uitgevoerd hoeven te worden. In de praktijkonderzoeken (zie verder par. 4.4) wordt een koppeling gemaakt tussen de peilgebiedgegevens uit de database en een AQUARIUS model. De berekende neerslag per peilgebied wordt als invoer voor het model gebruikt. Op deze manier wordt de ruimtelijke variatie in neerslag in de modellering meegenomen, zodat het model beter overeenkomt met de werkelijkheid.

De gebruiker kan in de radar applicatie voor een specifieke periode de neerslag per peilgebied of per gridcel sommeren. Zo kan worden geanalyseerd welke hoeveelheid neerslag in een meerdaagse bui in een bepaald peilgebied is gevallen. Aangezien alle data wordt opgeslagen kan dit ook in evaluaties van het waterbeheer tijdens extreme gebeurtenissen worden gebruikt.

Deze mogelijkheid tot evaluatie is een sterk punt van het systeem want zowel de neerslag als waterstands- en debietgegevens worden opgeslagen, zodat het gedrag van het watersysteem tijdens een meerdaagse gebeurtenis precies kan worden geanalyseerd. Tevens kan worden gekeken of het peilbeheer in de betreffende periode optimaal is uitgevoerd in samenhang met de op dat moment bekende verwachting.

4.3.2 SCHEMA APPLICATIE

In een schema (zie Fig. 10 voor een voorbeeld) worden verschillende typen informatie naast elkaar getoond waarbij vooral de ruimtelijke component belangrijk is. Voor een specifiek tijdstip kan de gebruiker in één oogopslag de toestand van het watersysteem inschatten. Ook de relaties tussen neerslag, debiet en waterstand kunnen in een schema worden bekeken. De gebruiker kan de informatie voor elk moment opvragen zodat de historische en actuele situatie kan worden geanalyseerd. Met een schema wordt de data uit de database "tot leven gebracht" en op een manier gevisualiseerd die de gebruiker direct inzicht geeft in de toestand van het watersysteem. Het schema is real-time zodat een peilbeheerder op elk moment op internet kan kijken hoe de stand van zaken in zijn gebied is.

Een interessante aanvulling hierop kan een signaleringsfunctie zijn. Deze kan bijvoorbeeld aangeven wanneer een waterstand kritiek wordt, mogelijk inundatie kan gaan optreden en wat mogelijke nuttige maatregelen kunnen zijn.

FIG. 10 SCHEMA VAN OUDE VAART (REEST EN WIEDEN) MET INFORMATIE OVER WATERSTANDEN, DEBIETEN EN NEERSLAG.

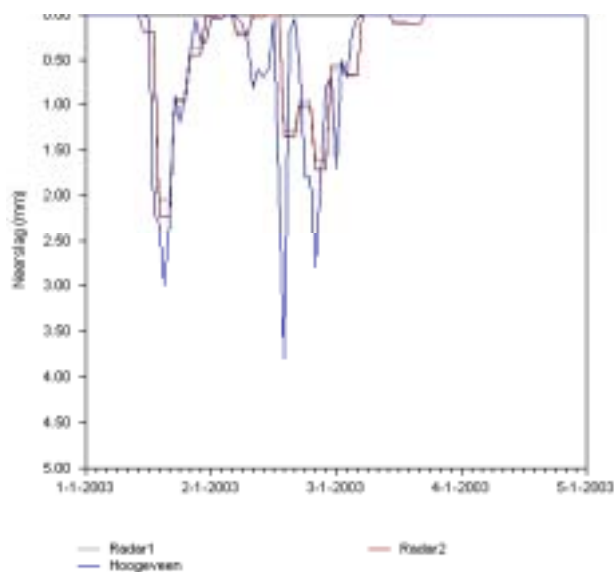


4.3.3 GRAFIEK APPLICATIE

Een derde applicatie is de grafiek applicatie (Fig. 11). In deze applicatie staat de temporele schaal centraal. Van bepaalde geselecteerde variabelen worden de waarden voor een op te geven periode getoond. In een grafiek kan het gedrag van een variabele in de tijd worden bekeken, de relatie tussen bepaalde variabelen worden geanalyseerd en kunnen bepaalde variabelen met elkaar worden vergeleken.

Via de website kan door de tijd worden 'gewandeld' om alle gegevens binnen een zelf in te stellen interval (dag, week, maand, etc.) te tonen.

FIG. 11 VERGELIJKING VAN DE NEERSLAG GEMETEN OP KNMI STATION HOOGVEEEN MET RADARMETINGEN IN TWEE OMLIGGENDE CELLEN VOOR EEN PERIODE VAN VIER DAGEN.



In Fig. 11 wordt bijvoorbeeld de radar met de grondmetingen van een KNMI meetstation vergeleken. De overeenkomst is treffend. De hogere pieken van de grondmetingen worden verklaard door de verschillen in tijdschaal waarop de data is opgeslagen. De grondneerslag is per uur in de database opgeslagen, terwijl de radar per drie uur wordt gesommeerd. Zodoende wordt de neerslaghoeveelheid volgens de gesommeerde radar over drie uur uitgesmeerd.

Een sterk punt van de visualisatie in grafieken is dat de perioden met waterbezwaar in een jaar snel kunnen worden opgezocht. Vervolgens kunnen de perioden nader worden bestudeerd met de schema's, radarsommen en andere gegevens.

Op de website wordt per watersysteem de volgende data via de beschreven applicaties getoond:

- Gesommeerde radar grids, radarvisualisatie applicatie (menu: neerslag>radar).
- Neerslag per peilgebied op basis van radargrids, radarvisualisatie applicatie (menu: neerslag>peilgebied) (Fig. 12: zie sterke ruimtelijke variatie).
- Telemetrie gegevens als waterstanden, debieten; neerslaggegevens van KNMI grondmeetstations, schema applicatie (menu: overzichtskaart).
- Telemetrie gegevens als waterstanden, debieten en pompen op een hoog detail niveau, schema applicatie (menu: waterstanden>overzicht).
- Telemetriegegevens als waterstanden en debieten in de tijd, grafiek applicatie (menu: waterstanden>grafieken).
- Vergelijking radargegevens en grondmetingen van de neerslag, grafiek applicatie (menu: neerslag>grafieken).
- Neerslagverwachting (EPS) (menu: verwachting).

FIG. 12

RADAR PER PEILGEBIED IN DE ALBLASSERWAARD (2 JUNI 2003).



4.3.4 NEERSLAGVERWACHTING

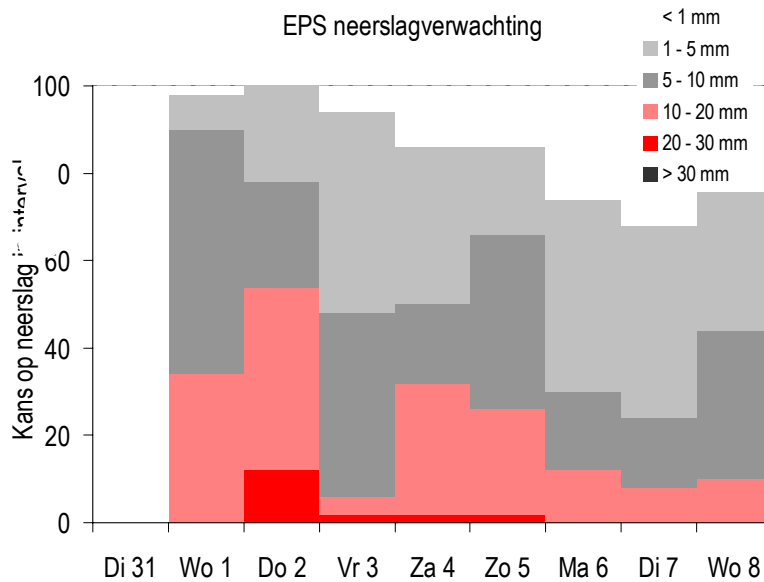
Op het gebied van de verwachting van de neerslaghoeveelheid zijn twee applicaties ontwikkeld:

1. Methode voor een geautomatiseerde real-time neerslagverwachting uit meer neerslagmodellen (MNV). Hiervoor wordt verwezen naar het betreffende deelrapport.
2. EPS voor waterbeheer. Dit product wordt ook op de website getoond.

EPS zegt iets over de kansverwachting van de neerslag. Deze wordt bepaald door het 50 keer door rekenen van het ECWMF model, waarbij steeds kleine aanpassingen in de invoergegevens worden gedaan (Monte Carlo methodiek). In de database worden deze 50 runs met neerslagvoorspellingen per 6 uurlijkse periode, 10 dagen vooruit opgeslagen. In dit project is een applicatie ontwikkeld die grafieken produceert waarop deze informatie wordt geaggregeerd in een concrete neerslagkans voor een bepaalde periode met een bepaalde betrouwbaarheid (Fig. 13). Bijvoorbeeld: de kans op een neerslag tussen 10 en 20 mm op woensdag 1 januari 2003 is zo'n 35%. Hiermee kan de waterbeheer bepaalde conclusies trekken.

FIG. 13

EPS VOOR HET WATERBEHEER.



Het verschil met de KNMI EPS is dat er is gekozen voor een andere klassenindeling en een andere temporele schaal, die beter aansluit bij de praktijk van het waterbeheer. Aangezien de EPS runs in de database aanwezig zijn, is elke gewenste klassenindeling mogelijk. Een plaatje als in Fig. 13 kan de waterbeheerder meenemen in de beslissing omtrent het te voeren peilbeheer. Zo kan uit bijvoorbeeld uit Fig. 13 gehaald worden dat donderdag de kans op 20 - 30 mm neerslag ongeveer 15% is.

Een op het waterbeheer toegespitste neerslagverwachting is op zichzelf nuttig voor het operationele waterbeheer. Door continu deze gegevens mee te nemen in beslissingen (door bijvoorbeeld de EPS grafieken dagelijks te bekijken) kan een belangrijke stap voorwaarts worden gezet in het operationele waterbeheer. Een stap verder is de combinatie van historische neerslaggegevens, de actuele toestand van het watersysteem (telemetrie), de verwachte neerslag in combinatie met beslisregels om te komen tot een optimalisatie van het waterbeheer. Dit wordt in de praktijkonderzoeken verder uitgewerkt.

4.4 PRAKTIJKONDERZOEKEN

Het doel van de praktijkonderzoeken is driedelig:

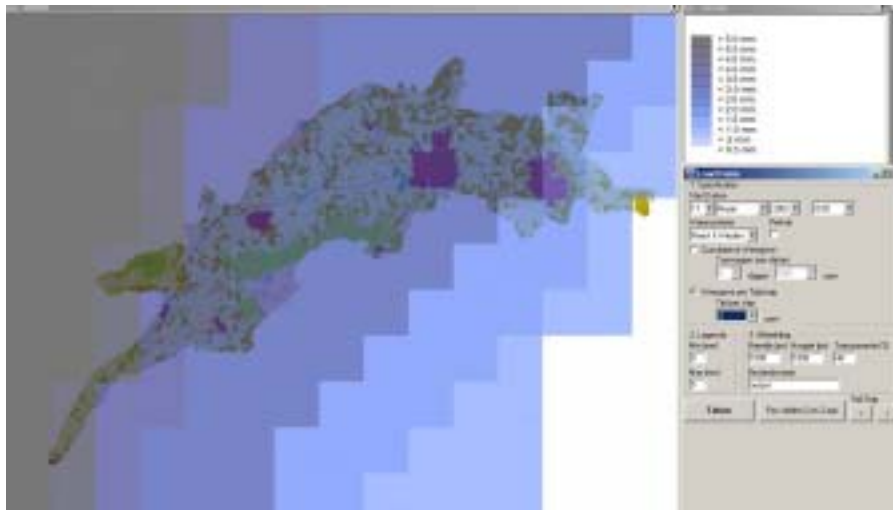
- Neerslaginformatie specifiek voor de deelnemende waterschappen gereed en toegankelijk maken.
- Te onderzoeken en beproeven wat de kansen en beperkingen zijn van de in dit hoofdstuk beschreven applicaties voor het operationele waterbeheer.
- Offline koppelen van modellen (AQUARIUS) met automatisch gegenereerde tijdreeksen uit de database ten behoeve van beslissingsondersteuning.

Hierdoor ontstaan verschillende extra mogelijkheden voor het waterbeheer:

- Voor het operationeel waterbeheer beschikbaar hebben van:
 - de gevallen neerslag,
 - de actuele situatie watersysteem (telemetry),
 - de kansverwachting van de neerslag (EPS).
- De waterbeheerder kan deze informatie dagelijks gebruiken om de eigen beslissingen te ondersteunen. Er zijn mogelijkheden om op basis van de bovenstaande gegevens en beslisseregels de waterbeheerder een onafhankelijk advies te geven voor het te voeren peilbeheer (BOS).
- Evaluatie: nog steeds worden veel onderzoeken uitgevoerd aan de hand van historische gebeurtenissen (denk aan de '98 extreme neerslaggebeurtenissen). Wanneer een dergelijke gebeurtenis zich nu voordoet worden alle gegevens gestructureerd in de database opgeslagen (Fig. 14). Op elk moment in de toekomst kunnen deze gegevens worden gebruikt om de situatie te evalueren (modelmatig of in beschrijvende zin), inclusief de op dat moment beschikbare verwachtingen.
- Modelstudies: de opgeslagen gegevens zijn direct toepasbaar in modelanalyses van verschillende aard (strategisch, operationeel, kalibratie, inundatiemodellering). In de praktijkonderzoeken wordt dit aspect nader uitgewerkt.

FIG. 14

PRAKTIJKONDERZOEK OUDE VAART (REEST EN WIEDEN); RADARSOM BOVEN HET GEBIED (11 MAART 2003).



In de praktijkonderzoeken wordt bekeken wat de meerwaarde is van het real-time beschikbaar hebben van gedetailleerde meteorologische en hydrologische informatie. Voor de twee gebieden wordt een AQUARIUS model gemaakt dat met verschillende neerslaginvoeren kan rekenen:

- uurgegevens van het dichtstbijzijnde KNMI meetstation;
- radarsommen gespecificeerd per peilgebied, berekend door de database.

De eerste methode is op het moment gangbaar in het waterbeheer. Het is de verwachting dat de ruimtelijke differentiatie in neerslag dermate is, dat een model op basis van gedifferentieerde radarinvoer per peilgebied betere resultaten geeft dan de eerstgenoemde methode.

Op basis van de voorlopige resultaten kan in ieder geval worden geconcludeerd dat het gebruik van enkele regenmeters in een modelgebied aanmerkelijk minder goede resultaten geeft dan het gebruik van radarinformatie.

Daarnaast worden de modellen offline met uit de database gegenereerde tijdreeksen - inclusief neerslagverwachting- doorgerekend. Hierbij wordt onderzocht in hoeverre dit kan bijdragen aan anticiperend waterbeheer.

5

CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

5.1 CONCLUSIES

1. Moderne meteorologische verwachtingsmethoden geven informatie over de kans van optreden van neerslaghoeveelheden. De onderliggende berekeningen kunnen worden uitgevoerd volgens de Europese EPS-methode (Ensemble Prediction System) en ook met neerslagverwachtingen volgens de in dit onderzoek ontwikkelde MNV-methode (multimodel neerslagverwachting).

Met de kansverdeling van de verwachte neerslaghoeveelheden krijgen waterbeheerders kwantitatieve informatie over de betrouwbaarheid van de verwachting. Daarmee kunnen zij verschillende scenario's doorrekenen of met een stochastische benadering neerslaggebeurtenissen analyseren.

2. De toepassing van de MNV-methode, die werkt met meer verwachtingsmodellen, is te prefereren boven het gebruik van één model, omdat deze methode een duidelijker beeld geeft van de ruimtelijke spreiding van de verwachte neerslag.

Met de MNV kunnen waterbeheerders met een ruimtelijke resolutie van 5 x 5 km een beter beeld krijgen van de kans op extreme neerslagsituaties. Voor het algemene probleem dat atmosferische neerslagmodellen extreme neerslagsituaties onderschatten, biedt de MNV geen oplossing.

3. Met neerslaggegevens op basis van drie-uurlijkse radarsommen kan een goed beeld worden verkregen van de ruimtelijke verdeling van de actuele neerslag met een resolutie van 2,5 x 2,5 km. Dit heeft voor waterbeheerders een grote meerwaarde ten opzichte van het geschatte ruimtelijke neerslagpatroon op basis van regenmeters.

4. In het onderzoek is een systeem ontwikkeld dat bestaat uit een database en computerprogramma's. Hiermee kunnen meteorologische en hydrologische gegevens uit meetnetten worden gecombineerd en in samenhang worden geanalyseerd.

Het systeem is ontwikkeld rondom twee waterhuishoudkundige invalshoeken: (1) actuele waterbalans per peilgebied op basis van vlakdekkende neerslagsom en oppervlaktewaterstand en (2) neerslagkansverwachting per gebied. Het systeem heeft de volgende kenmerken:

- de informatie is toegespitst op het waterbeheer;
- het systeem is altijd actueel en overal toegankelijk via internet;
- de gegevens en datastromen worden centraal beheerd;
- het systeem is uitbreidbaar naar een gedistribueerde omgeving.

5. Op basis van de ervaringen die in dit project zijn opgedaan, kan het ontwikkelde systeem in de volgende gebieden worden toegepast:

- Evaluatie van wateroverlast aan de hand van historische neerslag, gemeten waterstanden en historische neerslagverwachtingen.

- Beleidsanalytisch scenario-onderzoek naar intensivering van hevige neerslag in buien, op basis van bewerkte radarmetingen.
 - Ondersteuning van het operationele waterbeheer op basis van vlakdekkende historische, actuele en verwachte neerslaginformatie.
 - Automatische toevoer van neerslaggegevens aan online draaiende modellen, waardoor operationele beslissingsondersteunende systemen (BOS) ontstaan.
 - Geautomatiseerde verwerking van gegevens voor besturing van gemalen, stuwen en sluisen: real-time control (RTC).
6. De praktijkonderzoeken zijn nog niet afgerond. Evenwel kan nu al het volgende worden geconcludeerd:
- Het is mogelijk om de gegevensstromen van hydrologische metingen uit telemetrienetwerken real-time te combineren met meteorologische gegevens. Een ongestoorde en continue levering van telemetriegegevens is hierbij van belang.
 - In neerslagsituaties met een grote ruimtelijke spreiding (zoals bij extreme buien) is de schatting van het neerslagvolume op basis van een enkele regenmeter onnauwkeurig. De berekening op basis van de regenradar is veel nauwkeuriger.
 - Het kalibreren van modellen met de nieuwe radarneerslag per peilgebied wordt eenvoudiger en kan aanmerkelijk consistentere worden uitgevoerd dan voorheen mogelijk was.

5.2 AANBEVELINGEN

1. Vanuit het waterbeheer is er een sterke behoefte aan meteorologische informatie op maat. Het is belangrijk dat deze wensen en eisen van waterbeheerders worden geïnventariseerd met als doel concrete, op het waterbeheer toegespitste producten te realiseren. Hierbij is het van groot belang dat de resultaten bekend worden gemaakt in de meteorologische wereld, zodat meer rekening kan worden gehouden met de specifieke wensen van de waterbeheerder.
2. De ontwikkelde MNV-methode en de verschillende varianten daarvan dienen te worden geverifieerd met waarnemingen. Op basis daarvan kan worden bepaald welke variant de beste resultaten geeft voor het gebruik in het operationele waterbeheer. De ideale variant kan per gebruiksdoel variëren. De bouwstenen voor de genoemde verificatie zijn voor handen. Het is interessant om te onderzoeken in hoeverre de MNV berekeningen kunnen worden gecombineerd met neerslagverwachtingen volgens het EPS of met neerslagverwachtingen voor de middenlange termijn van 2 tot 6 dagen vooruit.
3. Met gesommeerde drie-uurlijkse radargegevens kunnen waterbeheerders een veel beter beeld krijgen van het ruimtelijke neerslagpatroon dan met regenmeters. Het is van belang om deze toegevoegde waarde nader te onderzoeken en te kwantificeren. Daarbij dienen tevens de mogelijkheden van kalibratie van deze gegevens met grondmeetstations te worden onderzocht.
4. Met de ontwikkelde database en bewerkingssoftware hebben waterbeheerders toegang tot gedetailleerdere neerslaggegevens, zowel historisch, actueel als prognostisch. Met dit systeem kan de verwachte belasting van het watersysteem worden berekend. Het huidige systeem biedt bij de verdere ontwikkeling het volgende perspectief:
 - De ontwikkelde presentatiesoftware verfijnen en gereed maken voor installatie bij de waterbeheerders zelf (dit project kent alleen presentatie via internet).
 - De gegevens beschikbaar maken voor transport naar waterbeheerders en gereed maken voor gedecentraliseerde opslag (dit project kent alleen centrale opslag);

- Het toevoegen van ook andere gegevens die relevant zijn voor het waterbeheer, zoals: verdamping, verdampingsverwachting (EPS), temperatuur en wind.
- Het regelen van het beheer en onderhoud van de levering van meteorologische en hydrologische gegevens en van de ontwikkelde software.

5.3 INTERESSANTE TOEPASSINGSMOGELIJKHEDEN

Hieronder staan enkele toepassingen waarin de meteorologische en hydrologische gegevens worden gecombineerd met als doel de operationele praktijk en het strategisch onderzoek optimaal te ondersteunen:

1. In het waterbeheer wordt veel met GIS systemen gewerkt. Dit zijn voor hen vertrouwde omgevingen om met gegevens om te gaan. Derhalve zou het beschikbaar krijgen van de meteorologische gegevens in GIS formaat een waardevolle uitbreiding zijn.
2. Een logische vervolgstap op de database en de beschikbare tools is om de verschillende typen data te combineren om applicaties voor de waterbeheerder op maat te maken. Hierbij kan worden gedacht aan:
 - a. Een evaluatie en rapportage tool: een tool die een specifieke (extreme) gebeurtenis evalueert aan de hand van de gegevens uit de database. Hiermee kan het beheer tijdens extreme gebeurtenissen worden geëvalueerd en eventueel worden aangepast.
 - b. Een alarmerings- en signalerings tool: een tool die de neerslagverwachting combineert met de huidige toestand van het watersysteem om te komen tot een af te geven signaal (0 = stabiele situatie t/m 5 = alarm situatie) en de eventueel gewenste acties. Hiermee kan tijdig inzicht worden verkregen in mogelijk kritieke situaties.

MULTIMODEL NEERSLAGVERWACHTING

DEELRAPPORT

INHOUD

1	INLEIDING	33
1.1	Aanleiding	33
1.2	Probleemomschrijving	33
1.3	Doel en afbakening	35
2	AANPAK	37
2.1	Praktische oplossing	37
2.2	Multimodel neerslagverwachting (MNV)	37
3	NEERSLAGMODELLEN	39
3.1	Inleiding	39
3.2	HIRLAM	39

3.3	Lokal-Modell DWD	41
3.4	Mesoscale Model UK Met. Office	42
4	GEGEVENSVERWERKING	43
4.1	Inleiding	43
4.2	Ruwe gegevens	43
4.3	Database	43
4.4	Basisgrid	44
4.5	Berekening MNV	45
5	MULTIMODEL NEERSLAG VERWACHTING (MNV)	47
5.1	Inleiding	47
5.2	Neerslag en statistiek	47
5.3	Aanpak MNV	50
5.4	Methode 1: Gemiddelde	51
5.5	Methode 2: Historisch gemiddelde	52
5.6	Methode 3: Omgevingsgemiddelde	53
5.7	Methode 4: Historisch omgevingsgemiddelde	55
6	RESULTATEN	57
6.1	Inleiding	57
6.2	Praktijkvoorbeeld	58
6.3	Tijdreeksen	59
6.4	Kaarten	60
6.5	Varianten MNV	64
7	CONCLUSIES	67
8	AANBEVELINGEN	69
9	REFERENTIES	71
	BIJLAGE EPS	73

1

INLEIDING

1.1 AANLEIDING

Het deelproject waarvan in dit verslag de resultaten zijn beschreven, is een onderdeel van het STOWA-project "Neerslaginformatie voor waterbeheer". Doel van dit hoofdproject is het ontwikkelen en beproeven van een methodiek om neerslaggegevens uit verschillende bronnen te verwerken tot vlakdekkende digitale neerslaginformatie voor toepassing bij het operationele waterbeheer. Op grond van deze neerslaginformatie kunnen waterbeheerders hun operationele waterbeheer voortdurend afstemmen op historische, actuele en toekomstige situaties in het watersysteem.

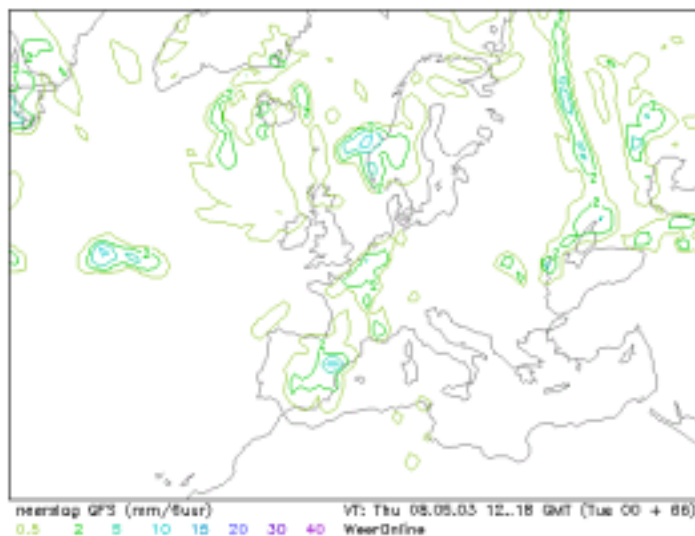
Omdat de neerslagverwachting een belangrijke rol speelt bij het operationele waterbeheer, is binnen dit hoofdproject voorzien in een deelproject om een methode te ontwikkelen waarmee het mogelijk is op operationele basis een neerslagverwachting samen te stellen die ook inzicht geeft in de actuele nauwkeurigheid van de neerslagverwachting.

Dit rapport geeft verslag van de aanpak die daarbij gehanteerd is en de ervaringen die daarmee zijn opgedaan. Verder wordt de ontwikkelde methodiek toegelicht.

1.2 PROBLEEMOMSCHRIJVING

In nagenoeg alle operationele meteorologische diensten worden neerslagverwachtingen gemaakt. De basis voor deze verwachtingen wordt gevormd door output van atmosferische modellen. In veel gevallen is deze output beschikbaar in de vorm van kaarten. Op deze kaarten staat voor een bepaald gebied per tijdvak aangegeven hoeveel neerslag er verwacht wordt (zie figuur 1).

FIGUUR 1 VOORBEELD VAN EEN KAART MET EEN NEERSLAGVERWACHTING VAN HET GFS-MODEL. IN DE KAART STAAT DE VERWACHTE HOEVEELHEID NEERSLAG (MM) AANGEVEN VAN 12:00-18:00 UT (GMT).



In de traditionele meteorologische praktijk is het gebruikelijk dat een meteoroloog zijn of haar neerslagverwachting baseert op de output van één model. Dit is een kwalitatief proces: de meteoroloog bestudeert de weerkaarten, houdt rekening met vorige “model-runs”, houdt rekening met de klimatologie, etc. en stelt vervolgens de neerslagverwachting op.

De laatste jaren komt er steeds meer output beschikbaar van verschillende atmosferische modellen. Vaak komen er verschillen voor tussen deze modellen. Tegenwoordig worden deze verschillen door de meteoroloog meegewogen bij het opstellen van de neerslagverwachting. In de regel worden er in dit proces 2 tot 4 verschillende neerslagmodellen gebruikt, waarbij meestal één model als “hoofdmodel” wordt gehanteerd en de andere modellen gebruikt worden om dit hoofdmodel te toetsen en eventuele afwijkingen van het hoofd-model te onderbouwen.

Het bovenstaande proces heeft twee aspecten die voor het operationele waterbeheer van belang zijn:

In het bovenstaande proces krijgt de meteoroloog een idee van de onzekerheid in de neerslagverwachting. Soms zijn de onderlinge verschillen in de neerslagmodellen klein. De neerslagverwachting is dan “vrij zeker”. Het komt ook regelmatig voor dat de verschillen tussen de neerslagmodellen groot zijn. Die verschillen kunnen betrekking hebben op de neerslaghoeveelheid, op de timing van de neerslaggebeurtenis(sen), op de duur en op de geografische situering van de neerslaggebeurtenis(sen). In dat soort gevallen is de neerslagverwachting “onzeker”. In de praktijk wordt echter nauwelijks iets met deze informatie gedaan. Als dat wel het geval is, gebeurt dat vaak in de vorm van een neerslag-range (bijvoorbeeld 2-10 mm).

Het boven beschreven proces is een kwalitatief proces. Het is nagenoeg onmogelijk om op deze wijze een vlakdekkende neerslagverwachting te produceren voor toepassing in geautomatiseerde systemen. Bij het operationele waterbeheer wil men niet weten wat de totale verwachte neerslaghoeveelheid voor een groot gebied is, maar is men juist geïnteresseerd in de verschillen binnen het beheersgebied.

Bij het operationele waterbeheer is een neerslagverwachting cruciaal om te kunnen bepalen wat de toekomstige belasting is van het watersysteem. Bij een “handbediend” peilbeheersysteem kunnen de peilbeheerders zelf rekening houden met eventuele onzekerheden en inconsistenties in de neerslagverwachting. Het gaat hierbij om een kwalitatieve afweging. In de situatie waarbij de neerslagverwachting deel uit maakt van een geautomatiseerd beslissing ondersteunend systeem (BOS) kan zo’n kwalitatieve afweging niet gemaakt worden. Bij gebruik van een BOS moet er daarom een kwantitatieve “afweging” gemaakt worden. Om dat te kunnen doen moet daarom een “geautomatiseerde” oplossing gevonden worden om een vlakdekkende neerslagverwachting te produceren en ook om de onzekerheid in de neerslagverwachting vast te stellen.

De ontwikkeling van zo’n geautomatiseerde methodiek is het onderwerp van dit deelproject.

Naast de ontwikkeling van de hierboven beschreven methodiek moet deze ook worden ingepast in een operationele omgeving. Om dat te doen moet een groot aantal praktische hindernissen genomen worden. Zo hebben bijvoorbeeld de databestanden van de neerslagmodellen geen gelijke datastructuur. Ook de frequentie waarmee de neerslagmodellen

rekenen is verschillend. Vanuit het waterbeheer is het verder een belangrijke eis om data op te slaan om achteraf analyses te kunnen maken. Dat betekent dat alle verwachtingen moeten worden opgeslagen. Verder moeten de data snel toegankelijk zijn en tevens moeten er voorzieningen worden getroffen voor situaties waarbij er haperingen zijn in de datastroom.

Het implementeren van de ontwikkelde methodiek in een operationele omgeving binnen het geautomatiseerd waterbeheer is eveneens onderwerp van dit deelproject.

1.3 DOEL EN AFBAKENING

De doelstelling van dit deelproject is het ontwikkelen van een methode om uit drie neerslagmodellen een gecombineerde neerslagverwachting te berekenen en deze te implementeren in een operationele omgeving. De te ontwikkelen methodiek is in principe onafhankelijk van de gebruikte neerslagmodellen, maar in de praktische uitwerking is er wel sprake van enige modelafhankelijkheid.

In het kader van dit project is geen verificatie uitgevoerd in hoeverre de neerslagverwachting volgens de in dit project ontwikkelde methode overeenkomt met de waargenomen neerslaghoeveelheden. Zo'n verificatie zou wel een beter inzicht geven in de toegevoegde waarde van de ontwikkelde methode, maar binnen de randvoorwaarden van dit project was het niet mogelijk zo'n analyse uit te voeren.

2

AANPAK

2.1 PRAKTISCHE OPLOSSING

Bij de aanpak van het project is gestreefd naar het vinden van een praktische oplossing voor het berekenen van de vlakdekkende neerslagverwachting. Daarbij is de huidige kwalitatieve werkmethode in de meteorologische praktijk als uitgangspunt genomen bij de ontwikkeling van een kwantitatieve methode. Het project valt uiteen in twee onderdelen:

1. Dataverwerking en opslag
 - a) Ophalen ruwe databestanden
 - b) Opslag ruwe databestanden
 - c) Inlezen databestanden in Adventus database
 - d) Omrekenen ruwe data naar een basisgrid
 - e) Berekening van de gecombineerde neerslagverwachting

2. Neerslagverwachting uit meerdere neerslagmodellen
 - a) Desk research
 - b) Ontwikkeling methodiek
 - c) Implementatie
 - d) Analyse

De aanpak bij het eerste onderdeel bestond uit het maken van applicaties voor het uitvoeren van de verschillende onderdelen. Daarbij is voortgebouwd op de in het hoofdproject ontwikkelde databases en applicaties. De voor dit deelproject specifiek ontwikkelde programmatuur wordt aan het eind van het project als bijlage bij dit deelrapport meegeleverd. Bij het tweede onderdeel is in eerste instantie gezocht naar resultaten van vergelijkbare projecten en onderzoeken. Vervolgens is de methodiek ontwikkeld en geïmplementeerd in de vorm van een databaseapplicatie.

2.2 MULTIMODEL NEERSLAGVERWACHTING (MNV)

Het berekenen van een gecombineerde vlakdekkende neerslagverwachting uit meerdere neerslagmodellen zal in dit rapport verder worden aangeduid met de term “Multimodel Neerslag Verwachting” en hiervoor zal de afkorting MNV worden gebruikt.

De MNV bestaat uit een vlakdekkende neerslagverwachting voor 3-uurlijkse tijdsintervallen voor een periode van 48 uur vooruit. Deze verwachtingperiode is beperkt tot 48 uur omdat de neerslagmodellen waarop de MNV gebaseerd is, dezelfde verwachtingperiode hebben. De MNV wordt gepresenteerd in drie operationele varianten: lage verwachting, centrale verwachting en hoge verwachting. Deze kunnen in het waterbeheer worden gebruikt voor het doorrekenen van “normal case”, “best case” en “worst case”-scenario's.

3

NEERSLAGMODELLEN

3.1 INLEIDING

Voor het samenstellen van een geautomatiseerde real-time neerslagverwachting wordt output van 3 verschillende neerslagmodellen gecombineerd. Hierbij wordt gebruik gemaakt van output van drie korte-termijn-modellen. Onder korte termijn wordt verstaan een verwachtingstermijn van 2 dagen vooruit (48 uur). Bij deze verwachtingstermijnen wordt uitgegaan van het initialisatie-tijdstip van het model. In de praktijk zal daarom het eerste deel van de verwachtingstermijn al overschreden zijn als de output van het model beschikbaar is voor gebruik.

Bij het toepassen van output van atmosferische neerslagmodellen in een geautomatiseerde omgeving is de onnauwkeurigheid van de neerslagverwachting een lastig punt. Elke neerslagmodel heeft een bepaalde gemiddelde onnauwkeurigheid. Deze is vrij eenvoudig te bepalen door de verwachtingen over een lange periode (bijvoorbeeld 2 jaar) te vergelijken met de waargenomen neerslaghoeveelheden.

In de praktijk wordt echter niet of nauwelijks rekening gehouden met deze gemiddelde onnauwkeurigheid. De verwachte (door het neerslagmodel berekende) neerslaghoeveelheden worden in de regel als “waar” aangenomen.

Bij dit onderzoek zijn de volgende neerslagmodellen gebruikt:

HIRLAM (KNMI)

Lokal Modell (Deutscher Wetter Dienst)

Regional model (UK Met. Office)

In de volgende paragrafen wordt een korte omschrijving van de verschillende modellen gegeven. Daarbij zijn enkele kerngegevens van de modellen in een tabel aangegeven.

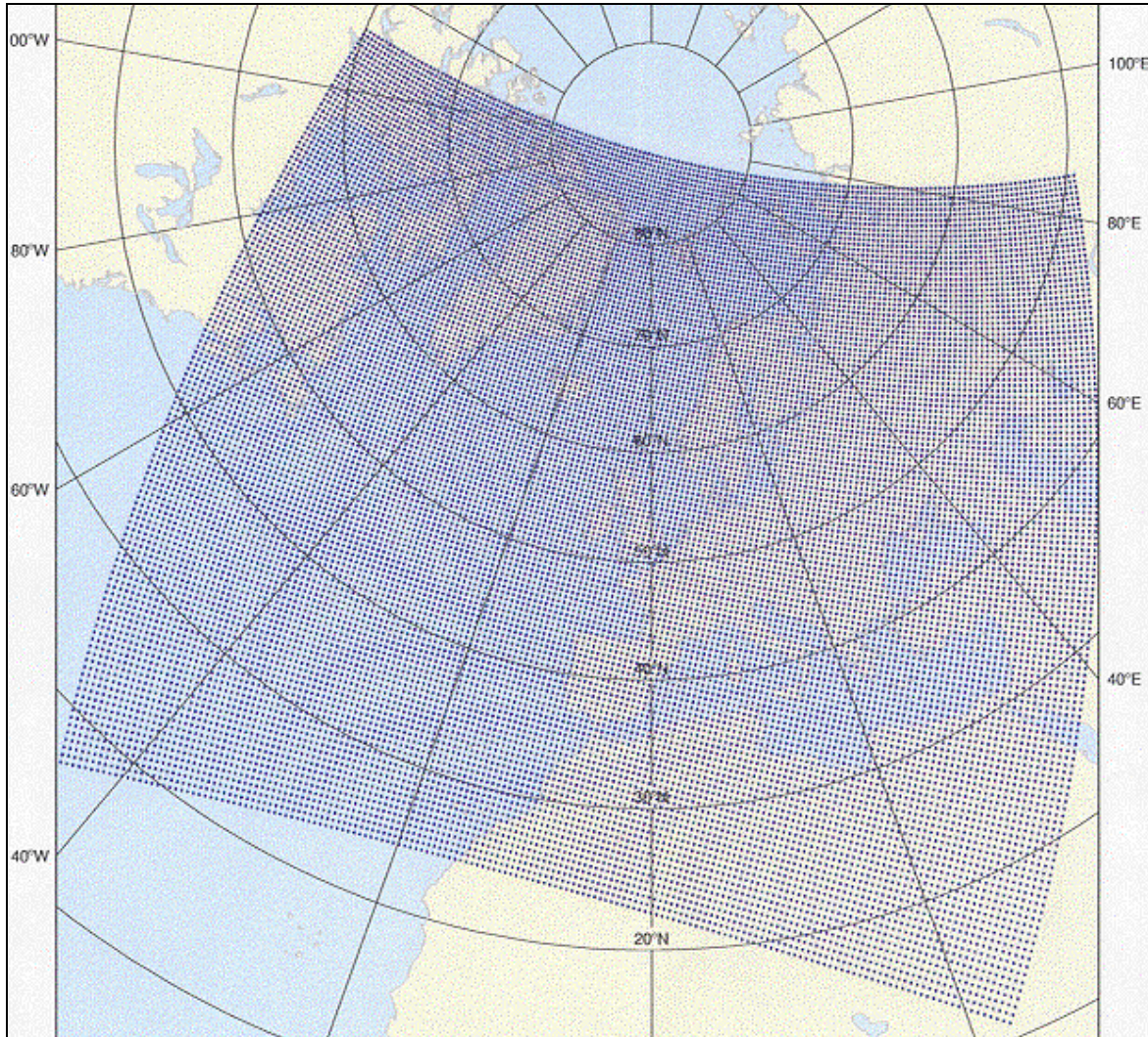
3.2 HIRLAM

Het acroniem HIRLAM staat voor High Resolution Limited Area Model. Het HIRLAM model is het atmosfeermodel dat op het KNMI wordt gebruikt voor het maken van operationele weersverwachtingen tot 48 uur vooruit. Het HIRLAM model is en wordt ontwikkeld in samenwerking met een aantal Europese landen. Daarbij wordt voor de uitwisseling van gegevens gebruik gemaakt van standaarden zoals die door de Wereld Meteorologische Organisatie (WMO) zijn opgesteld.

Het HIRLAM model berekent de toekomstige toestand van de atmosfeer niet voor de hele wereld, maar voor een deel daarvan. Het rekggebied beslaat grofweg Europa en de Noord-Atlantische Oceaan. Dit verklaart ook de term "Limited Area Model" in het acroniem HIRLAM.

Door het beperkte rekengebied is het mogelijk om de berekeningen uit te voeren met een hoge mate van ruimtelijke detaillering, waardoor het andere deel van de naam "High Resolution" wordt verklaard. Het operationele HIRLAM model heeft sinds 2002 een roosterpuntsafstand van ca. 22km. Daarbinnen "genest" is een fijnschaliger versie van het model, met een roosterpuntsafstand van 11km, waarmee verwachtingen tot 24h vooruit voor West-Europa worden gemaakt. Resultaten van het HIRLAM model worden onder meer gebruikt in de weerdienst van het KNMI. In figuur 2 is aangegeven wat het rekengebied van het HIRLAM model is.

FIGUUR 2 REKENGEBIED EN ROOSTERPUNTEN VAN HIRLAM.



Kerngegevens HIRLAM model		
Gebied	Noordelijke begrenzing	55° NB
	Zuidelijke begrenzing	50° NB
	Oostelijke begrenzing	8° OL
	Westelijke begrenzing	2° OL
Resolutie voor dit project:	Resolutie O/W:	0,2°
	Resolutie N/Z:	0,2°
	Aantal gridpunten O/W:	26
	Aantal gridpunten N/Z:	31
	Totaal aantal gridpunten:	806
Frequentie:	Model runs:	00, 06, 12, 18 UT
	Tijdstap:	1 uur
	Verwachtingstermijn:	48 uur

3.3 LOKAL-MODELL DWD

Het Lokal-Modell (LM) van de Deutscher Wetter Dienst (DWD) is net als het HIRLAM model een zogenoemd Limited Area Model. Dit houdt in dat het verwachtingen berekent voor een beperkt deel van de wereldbol. Het LM bedekt heel Midden-Europa en heeft een rekengrid van 7 kilometer. Het oppervlak van één gridbox is 49 km². De verticale afstand is 22 kilometer. Ontwikkeling van het LM vindt plaats in een samenwerkingsverband tussen de nationale weerdiensten van Duitsland, Zwitserland, Italië, Griekenland en Polen.

De randvoorwaarden voor de berekeningen van het LM worden geleverd door het Global-Modell van de DWD. Dit is een atmosferisch computermodel dat verwachtingen berekent voor de hele wereldbol. De gemiddelde horizontale resolutie van het Global-Modell is 60 km en de oppervlakte van één gridbox is 3100 km². Een bijzonder kenmerk van het Global-Modell is dat het basisrekengrid is opgebouwd uit driehoeken. Hierdoor is de gemiddelde oppervlakte van een gridbox bij de evenaar nagenoeg gelijk aan een gridbox nabij de polen.

Kerngegevens Lokal-Modell DWD		
Gebied	Noordelijke begrenzing	-
	Zuidelijke begrenzing	-
	Oostelijke begrenzing	-
	Westelijke begrenzing	-
Resolutie voor dit project:	Resolutie O/W:	7 km
	Resolutie N/Z:	7 km
	Aantal gridpunten O/W:	-
	Aantal gridpunten N/Z:	-
	Totaal aantal gridpunten:	-
Frequentie:	Model runs:	00, 12, 18 UT
	Tijdstap:	1 uur
	Verwachtingstermijn:	48 uur

3.4 MESOSCALE MODEL UK MET. OFFICE

The Meteorological Office (het Britse KNMI) beschikt over een numeriek atmosferisch model: het Unified Model. Dit wordt in twee versies gebruikt: het Global Model en het Mesoscale Model. Het Global Model berekent de toestand van de atmosfeer over de hele wereld voor de lange termijn. De horizontale resolutie van het Global Model is circa 60 km en de verticale resolutie is 38 lagen. Het Mesoscale Model heeft een beperkter rekengebied met een hogere horizontale resolutie van circa 11 kilometer en een verticale resolutie van 38 lagen.

Het Mesoscale Model wordt 4 keer per etmaal “gerund”. De hoofdruns zijn van de tijdstippen 00, 06, 12 en 18 uur UT (dit zijn de “datatijden”), maar de berekening start steeds twee uur later dan deze tijdstippen. Het Mesoscale Model rekt 48 uur vooruit. Waarnemingen van 90 minuten voor en na de datatijd worden meegenomen en tussendoor worden zogenoemde “intermediate runs” gedraaid voor datatijden van 03, 09, 15 en 21 uur UT. Deze gaan 4 uur vooruit.

Kerngegevens Mesoscale Model UK Met. Office		
Gebied	Noordelijke begrenzing	-
	Zuidelijke begrenzing	-
	Oostelijke begrenzing	-
	Westelijke begrenzing	-
Resolutie voor dit project:	Resolutie O/W:	0,11°
	Resolutie N/Z:	0,11°
	Aantal gridpunten O/W:	146
	Aantal gridpunten N/Z:	182
	Totaal aantal gridpunten:	26.572
Frequentie:	Model runs:	00, 12 UT
	Tijdstap:	3 uur
	Verwachtingstermijn:	36 uur

4

GEGEVENSVERWERKING

4.1 INLEIDING

De doelstelling van dit deelproject is het ontwikkelen van een methode om uit 3 neerslagmodellen een gecombineerde neerslagverwachting te berekenen. Om dit te kunnen doen moeten we beschikken over data. Aan deze data wordt een aantal eisen gesteld:

- De data moet actueel zijn;
- De data moet consistent zijn;
- De data moet snel beschikbaar zijn;
- De data moet gearhiveerd worden voor eventuele analyses.

Deze eisen zijn voorwaarden om überhaupt met de data te kunnen rekenen en om ze te kunnen gebruiken in de praktijk. In dit deelproject is de omvang van de ICT-gerichte werkzaamheden aanzienlijk groter dan de meteorologische werkzaamheden. In dit hoofdstuk wordt een overzicht gegeven van de werkzaamheden binnen het project op het gebied van automatisering en database-management.

4.1 RUWE GEGEVENS

De gegevens van de verschillende modellen komen uit verschillende bronnen (KNMI, DWD, Met. Office). In het algemeen worden de gegevensbestanden beschikbaar gesteld op een ftp-server, waarvandaan ze kunnen worden opgehaald. In de praktijk gebeurt dit met een automatisch proces. In onderstaande tabel staat een schematische weergave van de karakteristieken van de basisgegevens.

Model	Beschikbaar na initialisatietijdstip	Range beschikbaarheidstijdstip	Format
HIRLAM	4 uur	1 uur	GRIB
LM (DWD)	3 uur	2 uur	GRIB
MM (Met. Office)	2 uur	1-3 uur	GRIB

Na het ophalen van de ruwe gegevens worden ze opgeslagen op een server voor verdere verwerking.

4.3 DATABASE

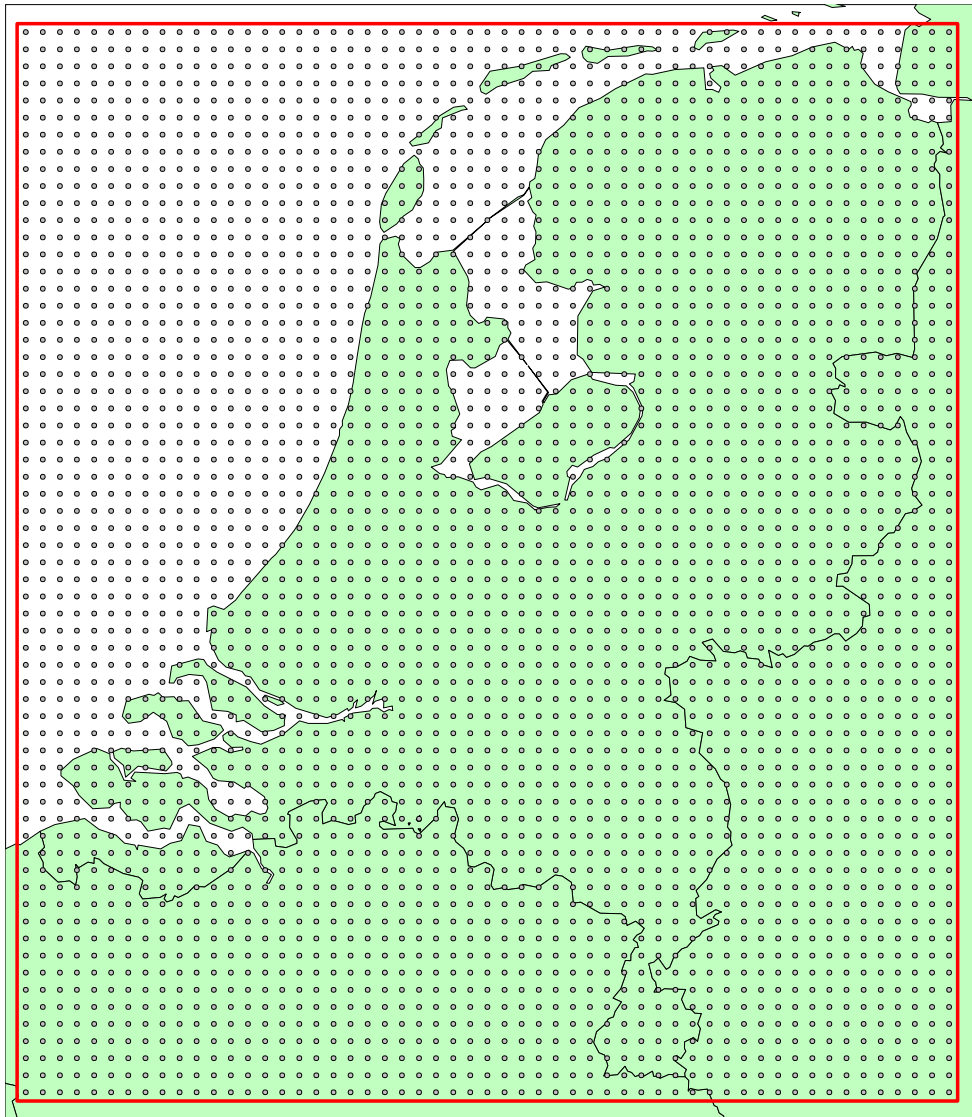
De volgende stap is om de bestanden met ruwe modeldata uit te lezen en op te slaan in een database. De data worden aangeleverd in GRIB-format. Dit is een standaard dataformat dat in de meteorologische wereld veel wordt gebruikt voor het verspreiden van meteorologische data. Voor dit dataformat zijn verschillende decodeer-applicaties beschikbaar.

Na het decoderen worden de databestanden opgeslagen in een database. In dit deelproject is daarvoor dezelfde database gebruikt die in het kader van het hoofdproject ontwikkeld is. Ook alle andere meteorologische data zijn in deze database opgeslagen. Voor elk neerslagmodel is een programma geschreven om de data in de database te laden.

4.4 BASISGRID

Om de neerslagverwachtingen te kunnen combineren, moet alle output van de verschillende neerslagmodellen omgewerkt worden naar een éénvormig grid. Dit wordt het “basisgrid” genoemd. Dit geldt zowel voor het geografische grid als voor het tijdgrid. Zo heeft het Mesoscale Model bijv. een tijdstap van 3 uur en de andere modellen een tijdstap van 1 uur. In de loop van het project is besloten voor het geografische basisgrid een grid te nemen met een resolutie van 5 km. Dit grid bedekt heel Nederland en is gebaseerd op het RD-coördinatenstelsel. Dit basisgrid sluit aan bij het radargrid. Dat is ook gebaseerd op het RD-coördinatenstelsel. In figuur 3 staat een grafische weergave van het basisgrid.

FIGUUR 3 HET BASISGRID ZOALS TOEGEPAST BINNEN DIT PROJECT (RESOLUTIE 5 KM; RECHTSBOVEN: X=280000M, Y=615000M; LINKSONDER: X=5000M, Y=30000M; RD-COÖRDINATENSTELSEL). HET BASISGRID BESTAAT UIT 63 PIXELS IN DE NOORD-ZUID-RICHTING EN 55 PIXELS IN DE OOST-WEST-RICHTING.



Voor het “tijd-grid” is gekozen voor een tijdstap van 3 uur. Hiermee wordt alle modeloutput aangepast op de tijdstappen van het Mesoscale Model. Bovendien beperkt dat het rekenwerk met een factor 3. Voor toepassing in het operationele waterbeheer is deze tijdstap voldoende kort.

4.5 BEREKENING MNV

Als de data van de drie neerslagmodellen zijn omgerekend naar het basisgrid kan vervolgens ook de MNV berekend worden. Hiervoor zijn 4 verschillende methoden ontwikkeld. Deze worden verder behandeld in hoofdstuk 5.

5

MULTIMODEL NEERSLAG VERWACHTING (MNV)

5.1 INLEIDING

In dit hoofdstuk wordt de MNV-techniek beschreven. Hierbij worden 4 verschillende methoden beschreven in toenemende mate van complexiteit. De bedoeling van de MNV is om naast de neerslaghoeveelheid ook een indruk te krijgen van de “onzekerheid” in de neerslagverwachting. Daarbij gaat het vooral om de kansverdeling van de verwachte neerslaghoeveelheid. Daarom wordt in de eerste paragraaf van dit hoofdstuk enige aandacht besteedt aan neerslagstatistiek.

5.2 NEERSLAG EN STATISTIEK

Gewoonlijk wordt de verwachte hoeveelheid neerslag voor een gebied weergegeven met twee getallen:

1. de te verwachten neerslaghoeveelheid per tijdvak
2. de kans op neerslag in dat tijdvak (gaat het regenen, ja of nee).

Voor toepassing van een neerslagverwachting in geautomatiseerde systemen in het waterbeheer is dit een onhandige vorm. De kans op neerslag (zonder daarin de hoeveelheid te betrekken) heeft voor het waterbeheer nauwelijks waarde. Het gaat er juist om hoeveel neerslag er wordt verwacht en wat de kans is op extreme waarden rond de verwachte waarde. Impliciet is men in het waterbeheer geïnteresseerd in de kansverdeling van de verwachte hoeveelheid neerslag.

DE KANSVERDELING VAN EEN NEERSLAGGEBEURTENIS

De hoeveelheid regen in een bepaald tijdvak kan in principe alle waarden aannemen tussen nul en oneindig. In statistische termen betekent dit dat de hoeveelheid regen een continue verdeling kent (alle waarden tussen nul en oneindig zijn mogelijk) en dat er sprake is van een scheve verdeling (negatieve waarden zijn immers niet mogelijk). Om de kansverdeling van de neerslaghoeveelheid in een tijdvak te beschrijven wordt meestal een Weibull-verdeling toegepast. Dit is een variant van een exponentiële verdeling.

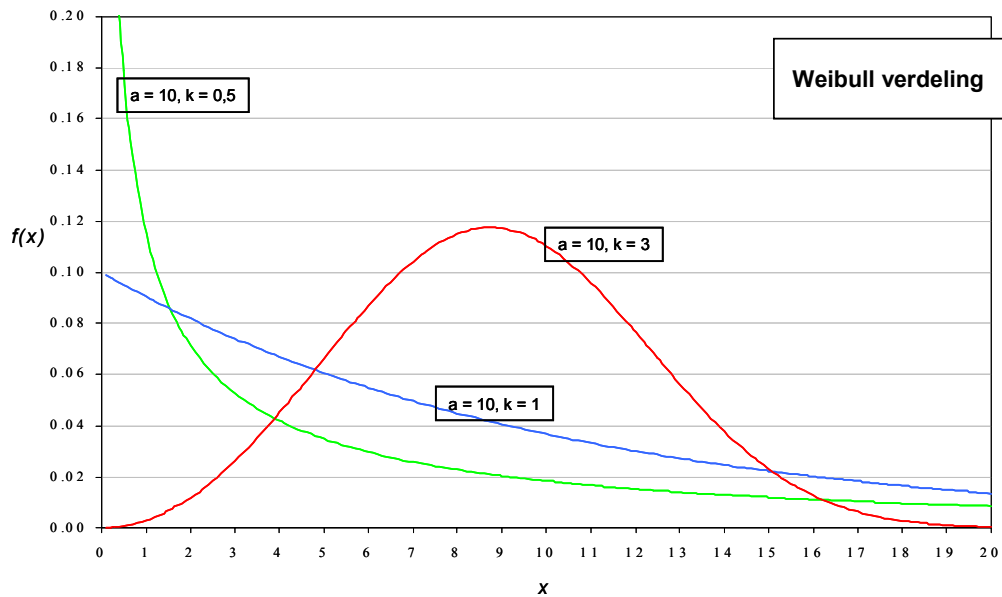
De Weibull-verdeling wordt beschreven met onderstaande formule:

$$f_X(x) = \frac{kx^{k-1}}{a^k} \exp\left[-\left(\frac{x}{a}\right)^k\right]$$

$$0 \leq x \leq \infty, a, k > 0$$

In deze formule is x de variabele die wordt beschreven. De vorm van de kansverdeling wordt bepaald door de factoren a en k . In figuur 4 staan drie verschillende vormen van een Weibull-verdeling.

FIGUUR 4 GRAFISCHE WEERGAVE VAN DRIE VARIANTEN VAN EEN WEIBULL-VERDELING. DE FORM WORDT BEPAALD DOOR DE WAARDE VAN DE FACTOREN a EN k .



Het probleem bij het maken van een neerslagverwachting is, dat vooraf niet bekend is hoe de vorm van de kansverdeling er uitziet. Om iets te zeggen over de kans op neerslag, zullen we moeten proberen de kansverdeling te schatten.

Dit probleem is te vergelijken met een dobbelsteen. De kansverdeling van een zuivere dobbelsteen is bekend: bij een keer gooien is de kans op het gooien van een 1, 2, 3, 4, 5 of 6 gelijk aan 16,67% ($1/6$).

Nu hebben we een dobbelsteen waarvan we niet weten of deze zuiver is. De kansverdeling daarvan is dus onbekend. Hoe komen we deze kansverdeling te weten? Deze kansverdeling kunnen we schatten door een aantal keer met de dobbelsteen te gooien. Hoe vaker we gooien, hoe beter we de kansverdeling kunnen schatten.

De berekening van 1 run van een neerslagmodel is te vergelijken met 1 keer gooien met een dobbelsteen met een onbekende (Weibull-)kansverdeling. Om de kansverdeling beter te kunnen schatten moeten we vaker "gooien", dus meer modellen, of meer runs gebruiken.

SCHATTEN VAN EEN NEERSLAGGEBEURTENIS

In de praktijk is regen geen sprake van puur toeval. Zowel het voorkomen van regen (ongeacht de hoeveelheid) als een bepaalde hoeveelheid regen is gekoppeld aan de toestand van de atmosfeer. Als je weet wat de toestand van het weer is, heb je extra informatie over de kans op het voorkomen van bepaalde neerslaghoeveelheden.

Met behulp van atmosferische modellen kunnen we proberen de neerslaghoeveelheid te verwachten. De verwachte hoeveelheid neerslag is daarmee een voorspeller of een schatter van de werkelijke hoeveelheid neerslag in het tijdvak.

De verwachte hoeveelheid neerslag heeft een bepaalde onnauwkeurigheid. Deze onnauwkeurigheid is echter niet constant. Soms is de weersituatie stabiel en is de onnauwkeurigheid van een neerslagverwachting klein. Soms is de weersverwachting onstabiel en is de onnauwkeurigheid groot.

Het zou prettig zijn als we zouden kunnen schatten wat de onnauwkeurigheid is van elke verwachte neerslaghoeveelheid. Waar het eigenlijk om gaat is het schatten van de kansverdeling van de verwachte neerslaghoeveelheid in het tijdvak.

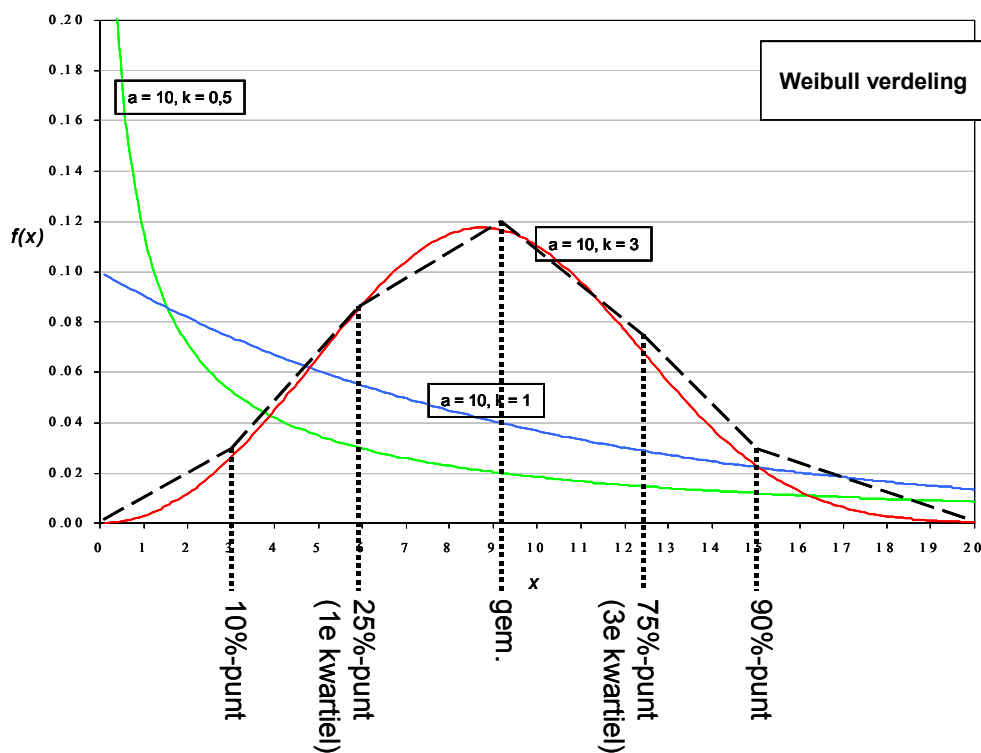
De kansverdeling van de verwachte neerslaghoeveelheid kan op meerdere manieren worden gekenmerkt. Dat kan bijvoorbeeld met:

- het rekenkundig gemiddelde
- de mediaan (de “middelste waarde”)
- de variantie (de kwadratische afwijking van het gemiddelde)
- de standaardafwijking (de wortel van de variantie)
- kwartielen (0,25-punt en 0,75-punt)
- 0,1-punt en 0,9-punt (10 procent van de gevallen liggen beneden het 0,1 punt en 90 procent er boven; bij het 0,9-punt is het net andersom). Deze punten worden ook wel het 10%-punt en het 90%-punt genoemd.

Om de kansverdeling van de verwachte neerslaghoeveelheid te benaderen moeten één of meerdere van deze parameters geschat worden.

FIGUUR 5

WEERGAVE VAN ENKELE KENMERKENDE PUNTEN OP DE KANSVERDELING.



In figuur 5 zijn enkele kenmerkende punten op de kansverdelingscurve aangegeven. Als de vorm van de kansverdeling onbekend is, maar als enkele kenmerkende punten wel bekend zijn, kan de kansverdeling geschat worden. Op dit principe is de MNV gebaseerd.

MNV: SCHATTEN VAN DE KANSVERDELING

Het probleem bij het gebruik van één neerslagmodel (zoals bijvoorbeeld HIRLAM) is dat er per gridpunt per tijdvak maar één getal beschikbaar is. Het is onmogelijk te bepalen waar dat getal op de kansverdelingscurve ligt. Ligt het punt in de midden? Is het een extreme

verwachting (te laag of te hoog?). Daarom zijn meer getallen nodig om de vorm van de kansverdeling te kunnen schatten. Hoe meer getallen er beschikbaar zijn, hoe beter de vorm van de kansverdelingscurve geschat kan worden.

Dit principe vormt de basis voor de MNV. Elk neerslagmodel levert een schatting voor de verwachte hoeveelheid neerslag per tijdvak. Elk getal ligt ergens op de kansverdelingscurve. Hoe meer getallen, hoe beter de kansverdelingscurve benaderd wordt.

Dit is ook de reden waarom het gebruiken van 3 neerslagmodellen voordeel oplevert ten opzichte van het gebruiken van 1 neerslagmodel. Als de berekeningen van de 3 modellen dicht bij elkaar liggen is de “zekerheid” van de verwachting groter dan in het geval dat de berekeningen sterk uiteenlopen. Het grote voordeel van het gebruik van 3 modellen boven 1 is dat je daarmee beter weet wat de zekerheid van de neerslagverwachting is, ofwel dat de boven- en ondergrens van de neerslaggebeurtenis bepaald kunnen worden.

Het Ensemble Prediction System (EPS) is een voorbeeld van een methode om meer getallen te verkrijgen voor één neerslaggebeurtenis. Dit wordt gedaan door een vereenvoudigd atmosferisch model 50 keer te “runnen” waarbij in de begintoestand kunstmatige verstoringen worden aangebracht (zie Bijlage 1 voor meer informatie). Met het EPS worden 50 getallen geproduceerd voor één neerslaggebeurtenis. Met de MNV wordt beoogd hetzelfde te bereiken: meerdere getallen voor één neerslaggebeurtenis.

5.3 AANPAK MNV

Voor de berekening van de MNV wordt gebruik gemaakt van semi-real-time output van 3 verschillende neerslagmodellen. Deze zijn behandeld in hoofdstuk 3. De aanpak bestaat in grote lijnen uit de volgende stappen:

1. Pre-processing modeldata
2. Berekenen MNV
3. Presenteren van de MNV-data

AD 1. PRE-PROCESSING MODELDATA

Nadat de ruwe modeldata zijn opgehaald en opgeslagen moeten ze geschikt worden gemaakt voor bewerking. Dit is een belangrijke stap omdat de modeldatabestanden niet eenvormig zijn. Ze verschillen in tijdstappen, in gridgrootte en ook de vorm van de verschillende grids is niet gelijk.

De ruwe output van elk model wordt omgerekend naar het basisgrid (zie ook hoofdstuk 4). In de tijd worden alle verwachtingen teruggerekend naar 3-uurlijkse perioden. Een kaart van dit basisgrid is weergegeven in figuur 3.

Na deze bewerking is voor elk punt van het basisgrid voor elke tijdstap een set getallen beschikbaar. Omdat de “oude” verwachtingen bewaard worden, zijn er voor elk punt (plaats én tijd) meerdere verwachte neerslaghoeveelheden beschikbaar.

AD 2. BEREKENEN MNV

De bedoeling van het berekenen van de MNV is om de informatie die in de output van de drie verschillende neerslagmodellen besloten zit, te combineren tot een waarde die in het waterbeheer is toe te passen. Om die reden is ervoor gekozen om te werken met voor elk roosterpunt 3 tijdreeksen ofwel scenario's: lage verwachting, normale verwachting, hoge verwachting. Per roosterpunt worden dus drie waarden berekend. In statistische termen

kunnen deze beschouwd worden als het 10%-punt, het rekenkundig gemiddelde en het 90%-punt van de kansverdeling van de verwachte neerslag.

De bedoeling is dat deze drie waarden de te verwachten neerslaghoeveelheden en de onzekerheid daarin zo goed mogelijk weergeven. Bij deze punten wordt in het vervolg van dit project de volgende naamgeving gehanteerd:

- MNVm = Multimodel Neerslag Verwachting “mean” = normale verwachting
- MNVI = Multimodel Neerslag Verwachting “low” = lage verwachting
- MNVh = Multimodel Neerslag Verwachting “high” = hoge verwachting

De vraag is nu wat de beste methode is om deze drie waarden te berekenen. De eerste benadering is: “Neem de drie laatste operationele verwachtingen en bereken het gemiddelde voor elk roosterpunt.” Echter, het is aannemelijk dat in de voorgaande modelruns ook informatie zit over de te realiseren neerslaghoeveelheid. Mogelijk kunnen de drie waarden daarmee nauwkeuriger berekend worden. Zo zijn er nog enkele factoren te noemen die de waarde en daarmee ook de representativiteit van de drie waarden bepalen.

Om na te gaan hoe de drie waarden het beste berekend worden, zijn de volgende vier berekeningsmethoden ontwikkeld:

- Methode 1: Gemiddelde (ook wel “poor man’s ensemble” genoemd)
- Methode 2: Historisch gemiddelde
- Methode 3: Omgevingsgemiddelde
- Methode 4: Historisch omgevingsgemiddelde (combinatie van 3 en 4).

In de volgende paragrafen van dit hoofdstuk worden deze methoden verder toegelicht.

AD 3. PRESENTEREN VAN DE MNV-DATA

In principe zijn alle berekende MNV-data beschikbaar in de Adventus-database die in het kader van het hoofdproject ontwikkeld is. Om er iets mee te kunnen doen is het handig deze data ook te kunnen presenteren. Voor het presenteren van de data wordt gebruik gemaakt van de presentatietools die in het kader van het hoofdproject zijn ontwikkeld.

5.4 METHODE 1: GEMIDDELDE

De eerste MNV-berekeningsmethode is gebaseerd op het zo goed mogelijk benaderen van de dagelijkse meteorologische praktijk. In de praktijk beoordeelt de meteoroloog 3 verschillende modellen en vertaalt deze naar een min of meer gemiddelde waarde. Naarmate de modellen meer overeenkomen, is de meteoroloog “zekerder” over de neerslagverwachting dan in het geval de modellen grote verschillen vertonen.

De methode werkt als volgt:

MNVm:	bereken per roosterpunt de gemiddelde neerslaghoeveelheid uit de laatst beschikbare modelruns
MNVI:	de laagste waarde van de drie modellen
MNVh:	de hoogste waarde van de drie modellen

Formules:

$$MNV_m = GEM(HL_0 + MM_0 + LM_0)$$

MNVl = laagste waarde van HL_0 , MM_0 , LM_0

MNVh = hoogste waarde van HL_0 , MM_0 , LM_0

Hierin is:

- HL_0 = de laatste run van HIRLAM
- MM_0 = de laatste run van Mesoscale Model
- LM_0 = de laatste run van Lokal Modell

Bijzonderheden:

- Als een modelrun ontbreekt, neem dan de vorige modelrun.
- Voor de ontbrekende punten, neem dan de overgebleven twee modellen
- Ontbreken er twee modelruns, neem dan de overgebleven modelrun en pas de standaardafwijking van dit model toe om MNVl en MNVh te bepalen.

5.5 METHODE 2: HISTORISCH GEMIDDELDE

Vorige (“oude”) modelruns kunnen ook een bijdrage leveren aan de neerslagverwachting. Elk numeriek atmosferisch model heeft het verschijnsel “spin-up”. Dit houdt in dat de dynamica van de atmosferische processen in eerste instantie door het model worden onderschat. Dit komt omdat het model vanuit een min of meer statische positie begint te rekenen. Een van de waarnemingen waarmee het model begint te rekenen is de luchttemperatuur. Een waarneming daarvan is een momentopname. Het feit dat het op het moment van waarneming bijvoorbeeld sterk afkoelde zit niet in de meetwaarde van de waarneming, maar maakt wel deel uit van het weer ter plekke. In korte-termijn-modellen, zoals de Limited Area Modellen waar wij in dit project mee werken, is de “spin-up” tijd 6-12 uur. In lange-termijn-modellen zoals het EPS (ECMWF) is dit 2-3 etmalen.

Naast spin-up kunnen neerslagvormende processen in de tijd ook activeren of uitdoven.

Vorige modelruns geven informatie over deze vorm van onzekerheid in neerslagverwachtingen.

Beide processen kunnen in de berekening van de drie MNV-waarden worden meegenomen door de vorige modelruns mee te nemen in de berekening. Dit kan maar tot op zeker hoogte in verband met het “achterlopen” van de vorige runs in de tijd. De methode om vorige runs mee te nemen in het bepalen van de neerslagverwachting wordt ook wel de “lagged method” genoemd.

De methode werkt als volgt:

MNV _m :	bereken per roosterpunt de gemiddelde neerslaghoeveelheid uit de laatste 3 beschikbare modelruns. Per roosterpunt zijn er in totaal 9, 6 of 3 waarden beschikbaar.
MNV _l :	bij 6 of meer beschikbare waarden, neem de op één na laagste waarde, bij minder dan 6 beschikbare waarden, neem de laagste waarde.
MNV _h :	bij 6 of meer beschikbare waarden, neem de op één na hoogste waarde, bij minder dan 6 beschikbare waarden, neem de hoogste waarde.

Formules:

$$MNV_m = GEM(HL_0 + MM_0 + LM_0 + HL_1 + MM_1 + LM_1 + HL_2 + MM_2 + LM_2)$$

MNVl = op één na laagste waarde van $HL_0, MM_0, LM_0, HL_1, MM_1, LM_1, HL_2, MM_2, LM_2$ als aantal waarden > 6 , anders de laagste waarde

MNVh = op één na hoogste waarde van $HL_0, MM_0, LM_0, HL_1, MM_1, LM_1, HL_2, MM_2, LM_2$ als aantal waarden > 6 , anders de hoogste waarde

Hierin is:

- HL_0 = de HIRLAM-run, het subscript geeft het volgnummer aan: 0 = de laatste run, -1 is de op één na laatste run, -2 is de op twee na laatste run, enz.
- MM_0 = de Mesoscale Model-run, idem
- LM_0 = de Lokal Modell-run, idem

Bijzonderheden:

- Niet meer dan de twee voorgaande modelruns meenemen.

5.6 METHODE 3: OMGEVINGSGEMIDDELDE

Een van de problemen bij hoge-resolutie-atmosfeermodellen is dat er een goed beeld wordt gegeven van de geografische variatie in het neerslagpatroon, maar dat de onzekerheid in de precieze locatie van de neerslaggebeurtenis groter wordt ten opzichte van modellen met een lagere resolutie. Dit verschijnsel neemt toe naarmate de horizontale resolutie hoger wordt en dan vooral in buiige situaties (convectieve weersituaties). Onder dat soort condities zijn de lokale omstandigheden overheersend bij het neerslagvormende proces. M.a.w.: in weersituaties met (onweers)buien geven hoge-resolutie-neerslagmodellen een goed beeld van de *mogelijke* neerslaghoeveelheden, maar *waar* het valt is erg onzeker.

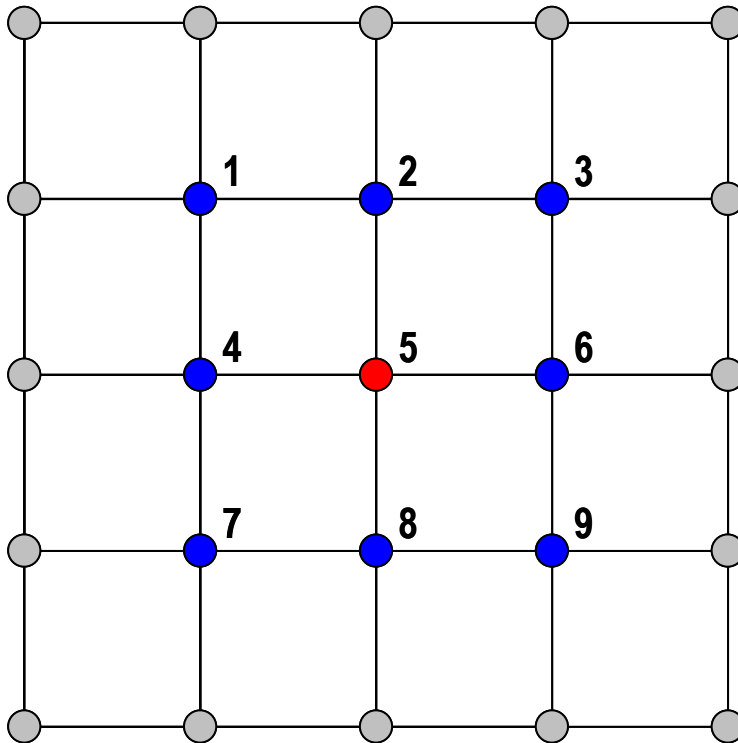
Juist voor toepassing in een BOS bij het waterbeheer is dit verschijnsel nadelig omdat het gevaar bestaat van contra-effect: door het nemen van anticiperende maatregelen worden nadelige effecten versterkt als de buien in het aangrenzende beheersgebied vallen.

Om deze onzekerheid in de te berekenen waarden mee te nemen kan de verwachte neerslaghoeveelheid in de omgeving van het betreffende roosterpunt worden meegenomen in de berekening.

Statistisch gezien is het ook te verdedigen dat de verwachte waarde van de naastliggende punten voorspellende waarde hebben voor het voorkomen van neerslag in het centrale punt: wordt in alle omringende punten neerslag berekend, dan is er een grote zekerheid dat het ook in het centrale punt regent. Als er in het centrale punt neerslag wordt berekend, en er om heen niet, dan is de onzekerheid over het optreden van neerslag in het centrale punt groot. Van dit verschijnsel wordt gebruik gemaakt bij methode 3. Hierbij worden de 8 omringende punten meegenomen in de berekening (zie figuur 6).

FIGUUR 6

SCHEMATISCHE WEERGAVE CENTRALE ROOSTERPUNT EN DE OMRINGENDE PUNTEN VAN EEN NEERSLAGMODEL.



De methode werkt als volgt:

MNVm:	bereken per punt de gemiddelde neerslaghoeveelheid uit de laatste modelruns waarbij de 8 omliggende punten worden meegenomen. Per roosterpunt zijn er in totaal 27 waarden beschikbaar.
MNVl:	Neem de op twee na laagste waarde van de 27 waarden (rangnummer 3)
MNVh:	Neem de op twee na hoogste waarde van de 27 waarden (rangnummer 25).

Formules:

$$\text{MNVm} = \text{GEM}(\text{HL}_0^{1-9} + \text{MM}_0^{1-9} + \text{LM}_0^{1-9})$$

MNVl = op twee na laagste waarde van de 27 waarden (rangnummer 3)

MNVh = op twee na hoogste waarde van de 27 waarden (rangnummer 25)

Hierin is:

- HL_0^{1-9} = de HIRLAM-run, het superscript de range van de omliggende punten aan; 1-9 betekent de punten 1 t/m 9 (zie ook figuur 6).
- MM_0^{1-9} = de Mesoscale Model-run, idem
- LM_0^{1-9} = de Lokal Modell-run, idem

Bijzonderheden:

- Als een modelrun ontbreekt, neem dan de vorige modelrun.
- Ontbreekt de vorige modelrun ook, neem dan de twee wel beschikbare en neem voor MNVl en MNVh de op één na laagste, respectievelijk op één na hoogste.

5.7 METHODE 4: HISTORISCH OMGEVINGSGEMIDDELDE

De vierde methode bestaat uit een combinatie van methode 2 en 3. Hierbij wordt zowel de vorige modelrun meegenomen als de omringende 8 punten van elk punt. Door beide methoden te combineren kan worden nagegaan of dit een verbetering oplevert ten opzichte van het de afzonderlijke twee methoden.

De methode werkt als volgt:

MNVm:	Bereken per punt de neerslaghoeveelheid uit de laatste twee modelruns waarbij steeds de 8 omringende punten worden meegenomen. Per roosterpunt zijn er in totaal 54 waarden beschikbaar.
MNVl:	neem de op vijf na laagste waarde van de 54 waarden (rangnummer 6).
MNVh:	neem de op vijf na hoogste waarde van de 54 waarden (rangnummer 49).

Formule:

$$\text{MNVm} = \text{GEM}(\text{HL}_0^{1-9} + \text{MM}_0^{1-9} + \text{LM}_0^{1-9} + \text{HL}_1^{1-9} + \text{MM}_1^{1-9} + \text{LM}_1^{1-9})$$

MNVl = op vijf na laagste waarde van de 54 waarden (rangnummer 6)

MNVh = op vijf na hoogste waarde van de 54 waarden (rangnummer 49)

Bijzonderheden:

- Niet meer dan 1 voorgaande modelrun meenemen.
- Als een modelrun ontbreekt de waarden voor het berekenen van MNVl en MNVh naar rato aanpassen.

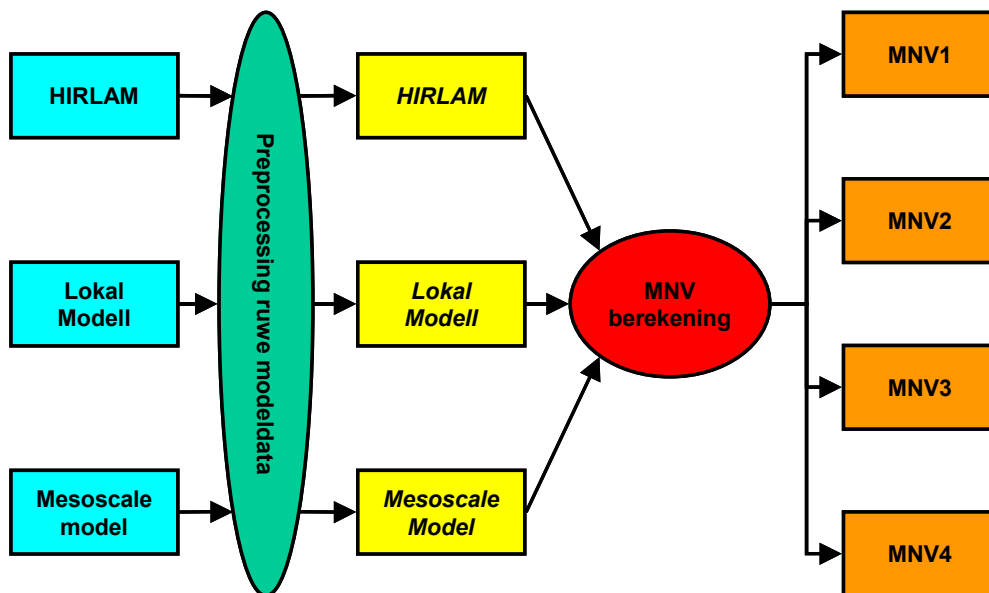
6

RESULTATEN

6.1 INLEIDING

De resultaten van dit project bestaan uit de ontwikkelde MNV-methoden en daarnaast uit de software die gemaakt is om de MNV te berekenen. De software bestaat uit een aantal databaseapplicaties waarmee de ruwe modeldatabestanden kunnen worden verwerkt tot de verschillende MNV-varianten. De MNV zelf bestaat ook weer uit data die beschikbaar zijn in een database. Het productieproces bestaat uit een aantal stappen die schematisch zijn weergegeven in figuur 7.

FIGUUR 7 SCHEMATISCHE WEERGAVE PRODUCTIEPROCES MNV



In eerste instantie wordt de ruwe data ingelezen en omgewerkt naar een standaard-grid. In het schema in figuur 7 is dit aangeduid met "preprocessing ruwe modeldata". Vervolgens wordt op basis van deze data de MNV-berekening uitgevoerd. De software voor de productie van de MNV is aan de opdrachtgever geleverd in de vorm van broncode op een CD-ROM.

Hierna wordt in dit hoofdstuk een praktijkvoorbeeld uitgewerkt van een MNV-verwachting.

6.2 PRAKTIJKVOORBEELD

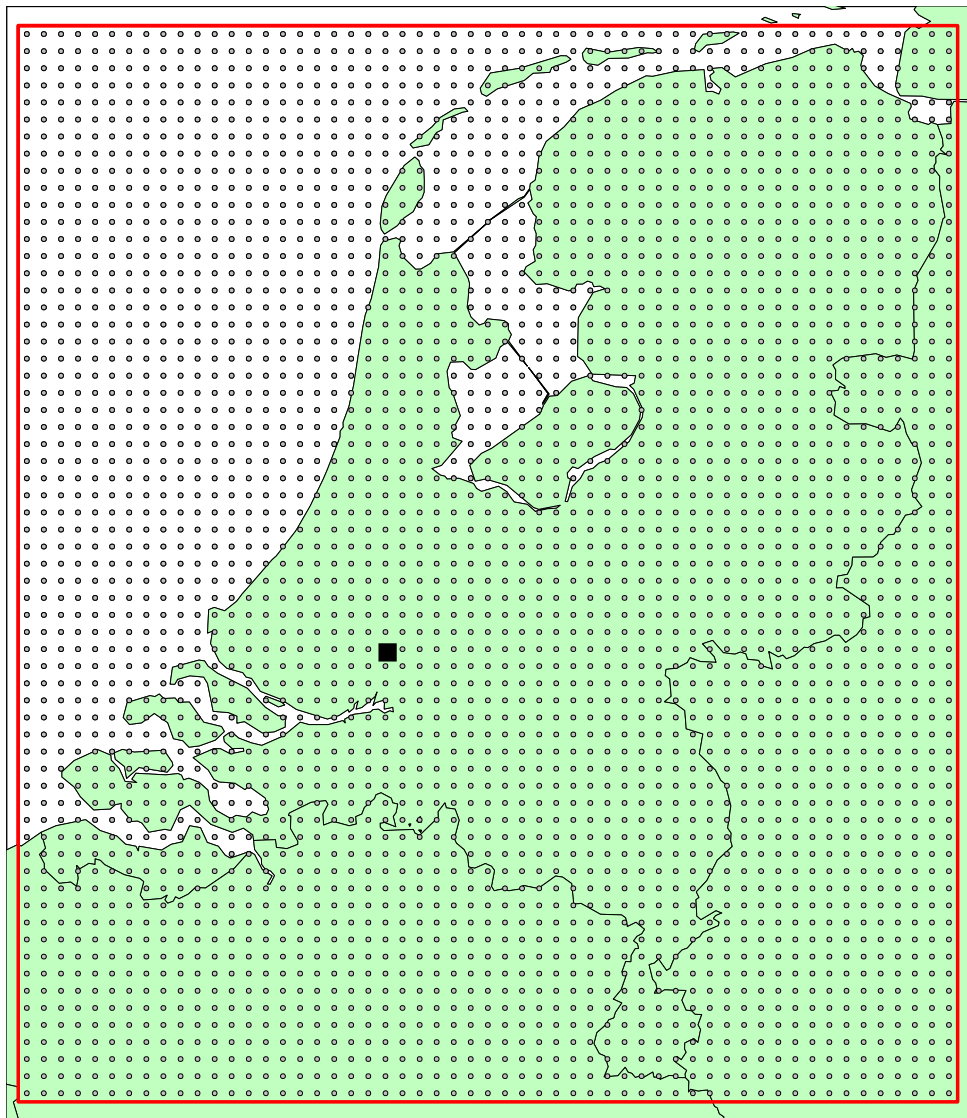
De Multimodel Neerslagverwachting (MNV) geeft een vlakdekkende neerslagverwachting die is opgebouwd uit drie korte-termijn-neerslagmodellen. In dit hoofdstuk wordt een overzicht gegeven van de resultaten in de vorm van een praktijkvoorbeeld. Dit praktijkvoorbeeld heeft betrekking op:

- één neerslagverwachting voor 8 juni 2003 (Pinksterzondag)
- één MNV-variant ("gemiddelde")
- één pixel ($x = 22, y = 37$; dit ligt in de Alblasserwaard)

In onderstaande kaart staat het betreffende pixel aangegeven.

FIGUUR 8

LIGGING VAN HET PIXEL WAARVAN EEN VOORBEELD IS UITGEWERKT.

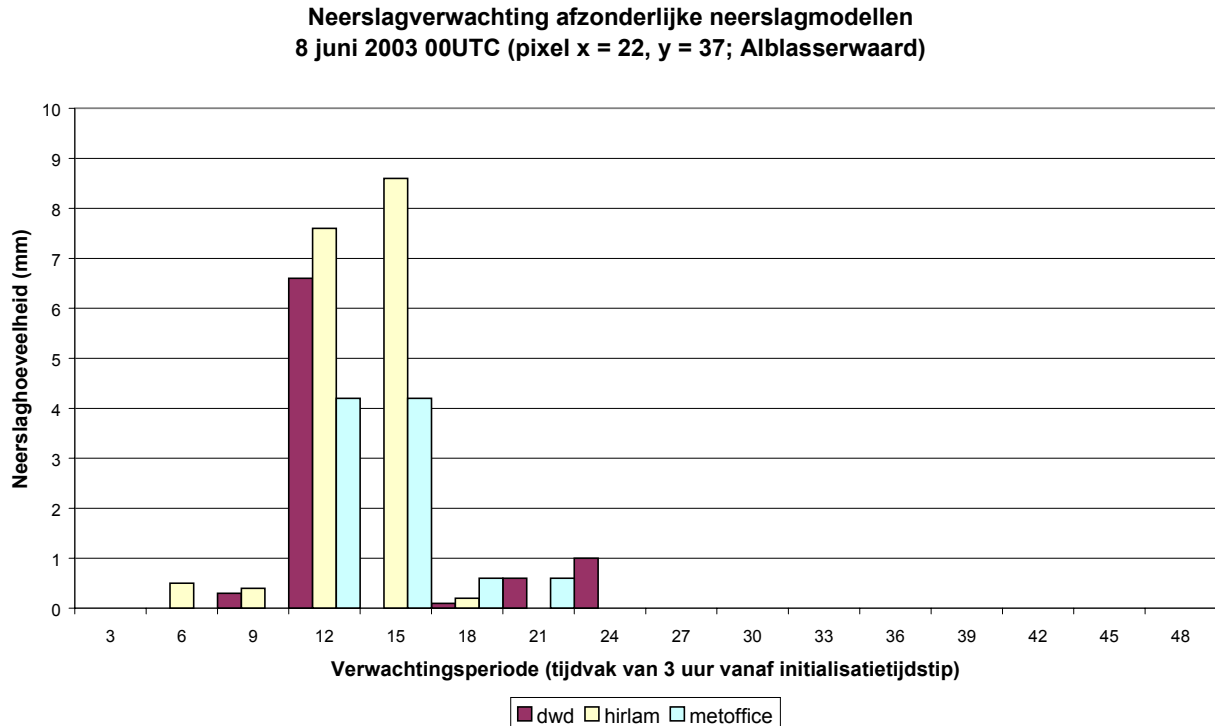


In het kader van dit project is geen kwantitatieve analyse uitgevoerd. Daarom kunnen ook geen resultaten in die zin worden gepresenteerd. Met een praktijkvoorbeeld kan duidelijk gemaakt worden wat de toegevoegde waarde is van de MNV. In eerste instantie wordt het verschil gepresenteerd tussen de afzonderlijke neerslagverwachtingen en de MNV in de vorm van enkele tijdreeksen. Vervolgens wordt een voorbeeld gegeven in de vorm enkele kaarten.

6.3 TIJDREEKSEN

In figuur 8 staat van ieder afzonderlijk neerslagmodel de tijdreeks weergegeven van de betreffende neerslagverwachting.

FIGUUR 9 TIJDREEKSEN VAN DE AFZONDERLIJKE NEERSLAGMODELLEN.



In figuur 9 valt op dat er in deze situatie grote verschillen voorkomen in zowel de verwachte neerslaghoeveelheden als in de periode dat ze verwacht worden. In bijvoorbeeld de tijdvakken 0900-1200 en 1200-1500 berekent HIRLAM 7,6 respectievelijk 8,6 mm neerslag. Het MM (MetOffice) berekent in die tijdvakken 4,2 en 4,2 mm en DWD 6,6 en 0 mm. Gesommeerd over beide tijdvakken is dit een verschil tussen 6,6 en 16,2 mm. Zou de waterbeheerder slechts één model beschikbaar hebben, dan zou hij of zij geen enkel idee hebben van deze verschillen.

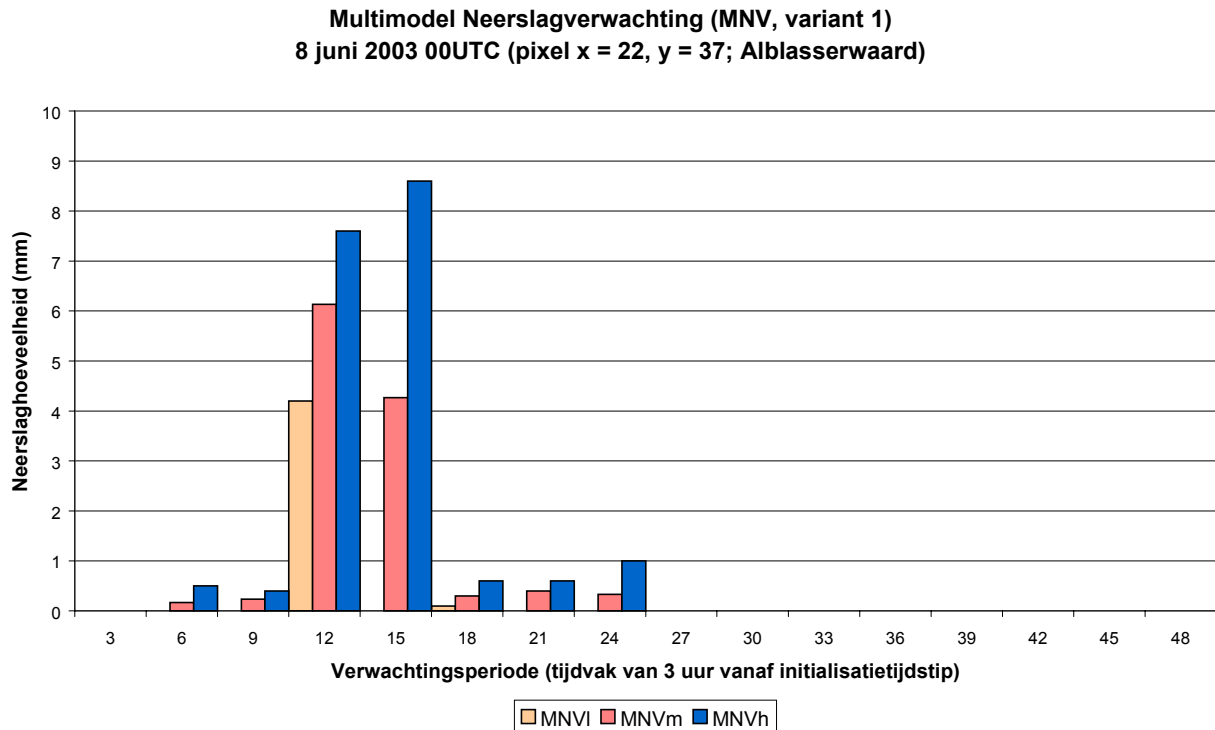
Een ander opvallend verschil is dat het volgens HIRLAM in dit pixel in het tijdvak 0300-0600 als zou beginnen met regenen, terwijl volgens het MM (MetOffice) de eerste regen in het tijdvak 0900-1200 verwacht wordt. Aan het eind van de neerslaggebeurtenis zijn vergelijkbare effecten te zien.

Het is belangrijk hierbij op te merken dat in de praktijk vaak één model gebruikt wordt. Hierdoor *kan* de waterbeheerder op het verkeerde been worden gezet.

Op basis van de drie neerslagmodellen is een MNV-berekening uitgevoerd. De resultaten van de eerste MNV-variant ("gemiddelde") voor dit voorbeeld zijn weergegeven in figuur 10.

FIGUUR 10

TIJDREEKSEN VAN DE MULTIMODEL NEERSLAGVERWACHTING (MNV).



In figuur 10 staat de tijdreeks weergegeven van de Multimodel Neerslagverwachting (MNV) voor dezelfde situatie als in figuur 9. Op basis van de drie modellen zijn de waarden berekend voor MNVI, MNVm en MNVh. Opvallend is het verschil tussen de tijdvakken 0900-1200 en 1200-1500. In het eerste tijdvak berekenen alle drie modellen een flinke hoeveelheid neerslag (zie ook figuur 9). Het verschil tussen MNVI en MNVh is vrij klein. Op basis van de achtergrond van de MNV is dit als volgt te verwoorden:

“Gemiddeld wordt het voor het tijdvak 0900-1200 een hoeveelheid neerslag verwacht van 6,1 mm. Met een nauwkeurigheid van circa 80% ligt de verwachte neerslaghoeveelheid tussen 4,2 en 7,6 mm.”

In het tijdvak 1200-1500 zijn de verschillen veel groter. Dit is als volgt te verwoorden:

“Gemiddeld wordt het voor het tijdvak 1200-1500 een hoeveelheid neerslag verwacht van 4,3 mm. Met een nauwkeurigheid van circa 80% ligt de verwachte neerslaghoeveelheid tussen 0 en 8,6 mm.”

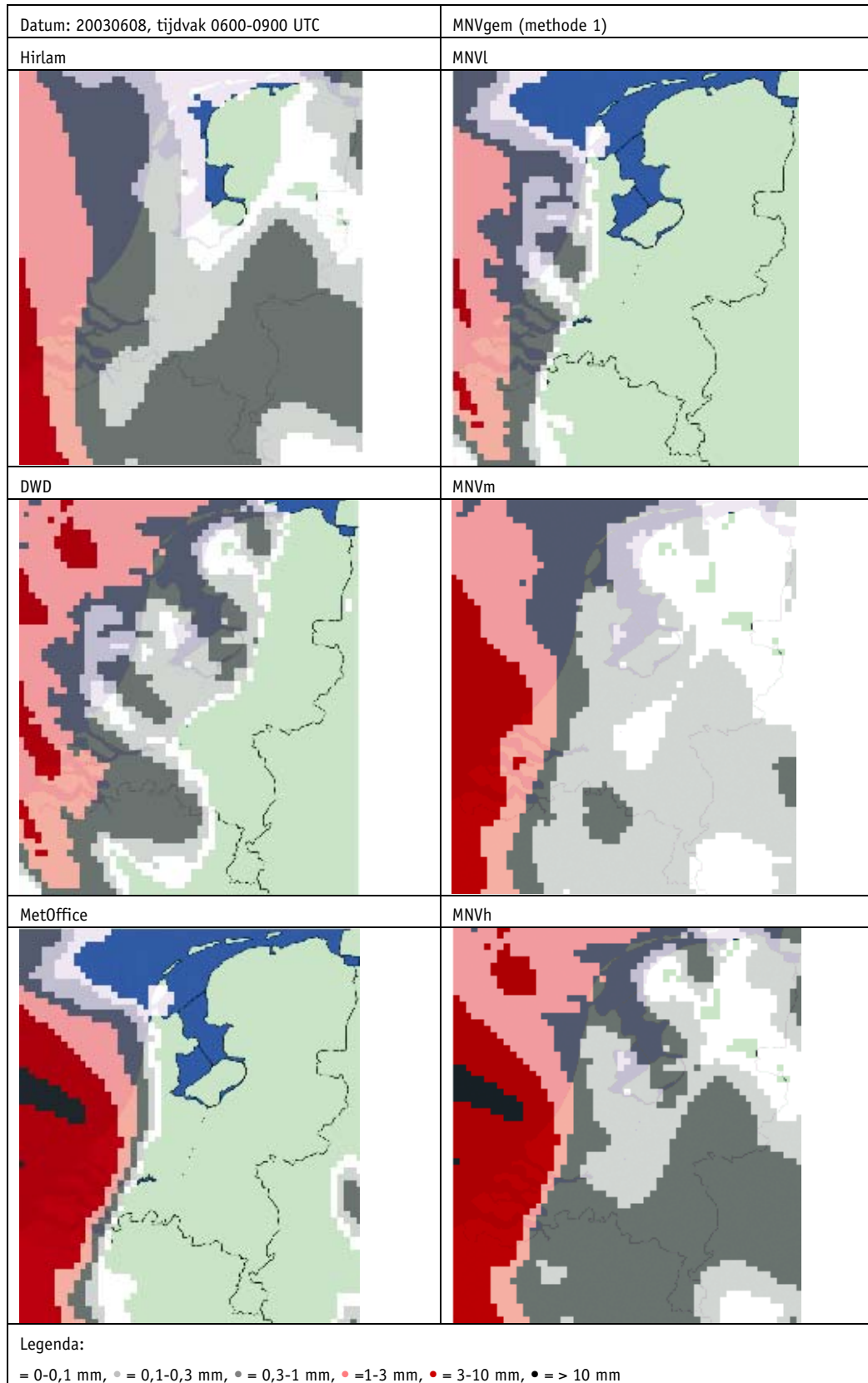
Bij gebruik van één afzonderlijk neerslagmodel is het niet mogelijk vergelijkbare informatie in handen te krijgen en toe te passen bij beheersmatige beslissingen in het waterbeheer.

6.4 KAARTEN

Op de volgende pagina's worden enkele voorbeelden gegeven van de verschillen tussen de afzonderlijke neerslagmodellen en de Multimodel Neerslagverwachting (MNV; variant 1).

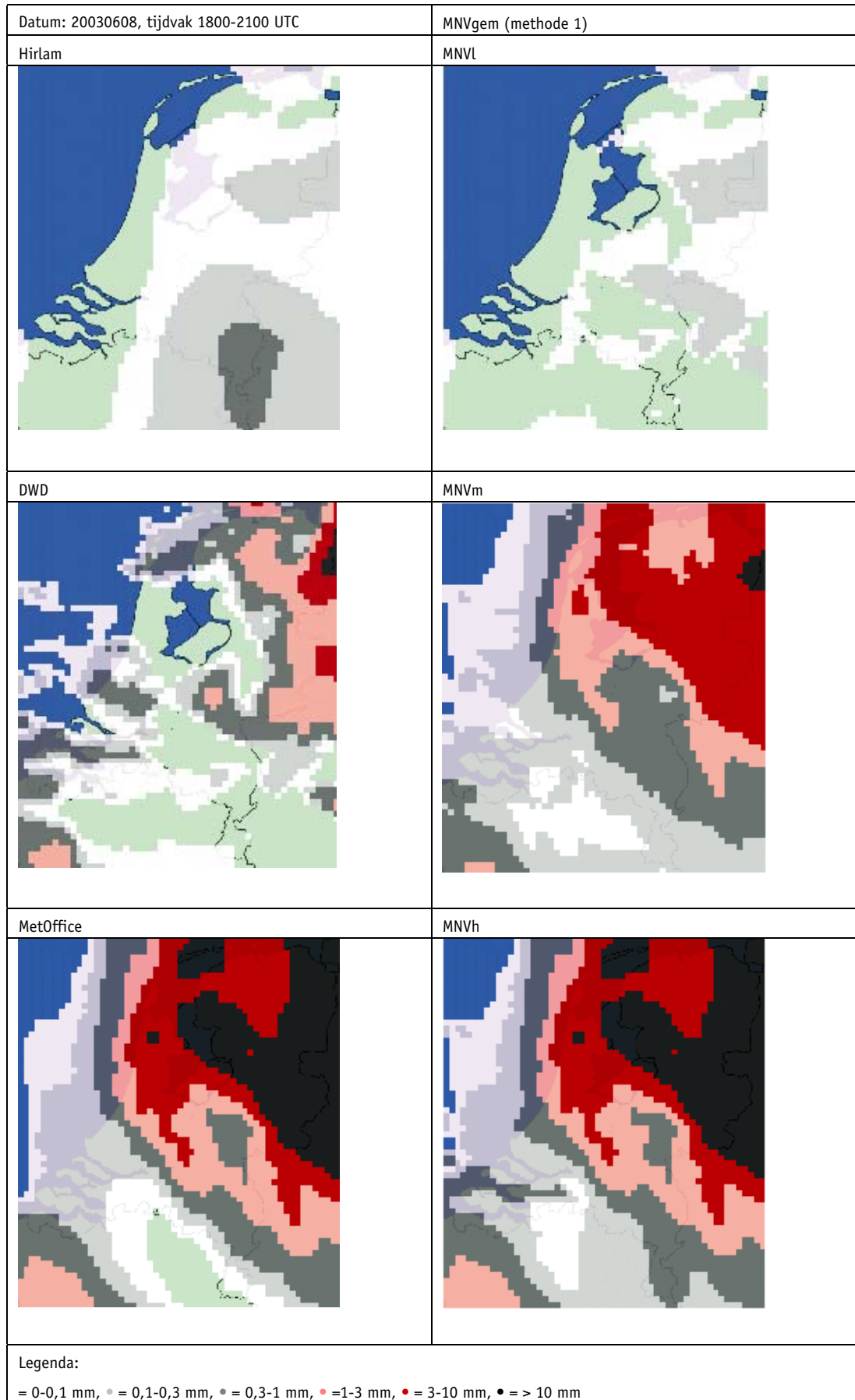
FIGUUR 11

VERGELIJKING TUSSEN NEERSLAGVERWACHTINGEN VAN AFZONDERLIJKE MODELLEN EN DE MNV VOOR HET TIJDVAK 0600-0900 NA HET INITIALISATIE-TIJDSTIP 2003060800.



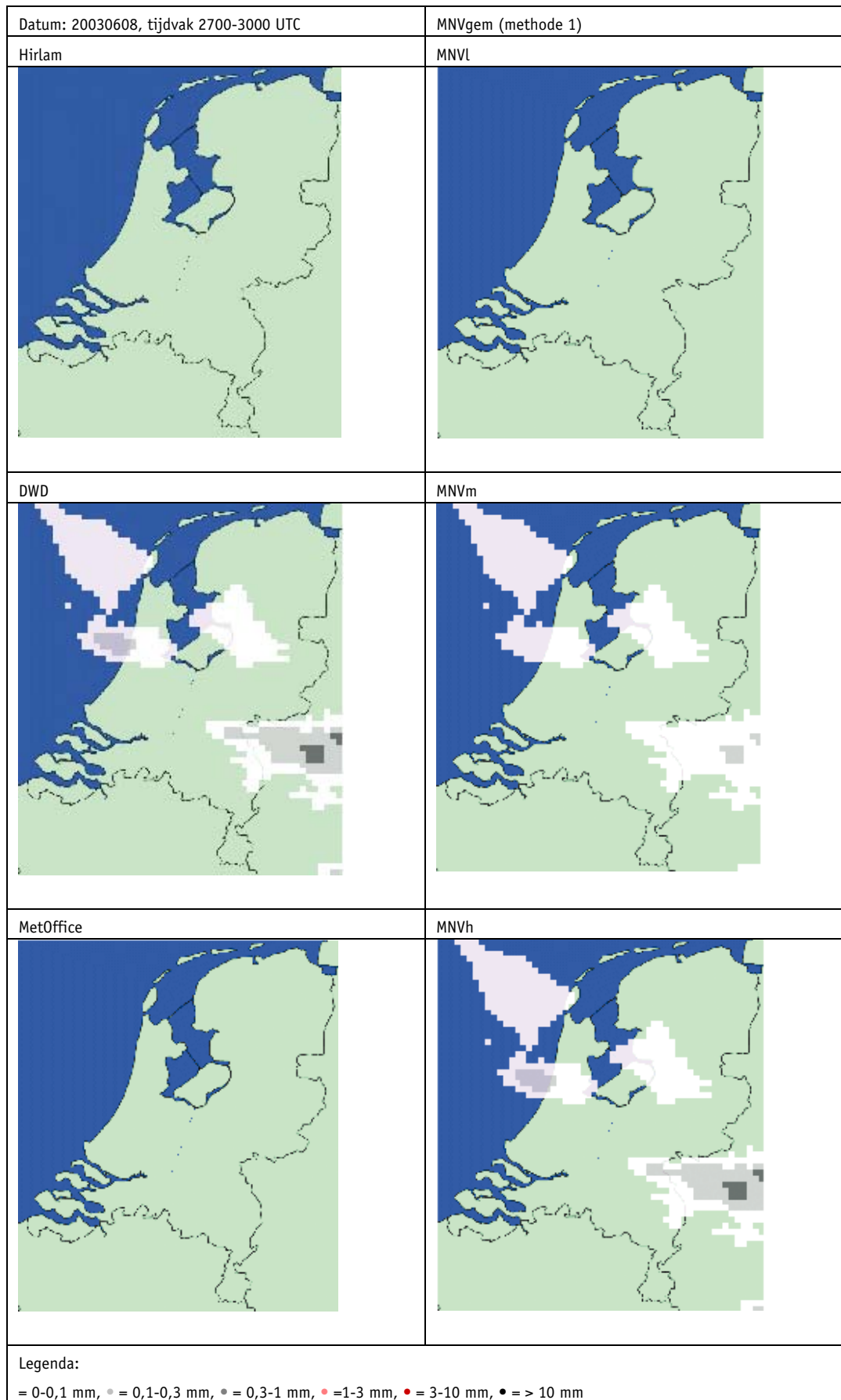
FIGUUR 12

VERGELIJKING TUSSEN NEERSLAGVERWACHTINGEN VAN AFZONDERLIJKE MODELLEN EN DE MNV VOOR HET TIJDVAK 1800-2100 NA HET INITIALISATIE-TIJDSTIP 2003060800.



FIGUUR 13

VERGELIJKING TUSSEN NEERSLAGVERWACHTINGEN VAN AFZONDERLIJKE MODELLEN EN DE MNV VOOR HET TIJDVAK 2700-3000 NA HET INITIALISATIE-TIJDSTIP 2003060800.



Het meest opvallende uit de voorgaande voorbeelden is de grote verschillen tussen de afzonderlijke modellen in het tijdvak 1800-2100. Zowel de ruimtelijke verdeling van de neerslag als de hoeveelheden vertonen grote verschillen.

6.5 VARIANTEN MNV

In het kader van dit project zijn 4 verschillende varianten van de MNV ontwikkeld. Omdat er geen kwantitatieve analyse is uitgevoerd is het niet mogelijk om op basis van zo'n analyse een uitspraak te doen over welke variant de voorkeur verdient.

Om de MNV-methode toch in de praktijk toe te passen kunnen enkele opmerkingen gemaakt worden over de toepasbaarheid van de verschillende varianten. Voor elke variant worden hierna enkele opmerkingen gemaakt over de toepasbaarheid.

METHODE 1: GEMIDDELDE

Deze methode sluit het beste aan bij de praktijk en is daardoor ook het beste te "begrijpen" voor de mensen die er mee moeten werken.

Het nadeel van deze methode is dat er relatief weinig (drie) getallen worden gebruikt om de schatters voor de kansverdeling te berekenen. Daardoor is het aannemelijk dat de marges tussen de MNVI en MNVh in het algemeen vrij groot zullen zijn in vergelijking met de andere methodes.

Een ander gevolg van het bovenstaande is dat de kans dat de werkelijke hoeveelheid neerslag buiten de MNVI-MNVh-marge komt te liggen waarschijnlijk groter is dan bij de andere methoden.

Verder is deze methode ook kwetsbaar in de gevallen dat er modelruns ontbreken. Als je maar drie getallen hebt en er valt één weg, dan blijft er weinig over.

METHODE 2: HISTORISCH GEMIDDELDE

Door gebruik te maken van vorige modelruns werkt deze MNV-methode waarschijnlijk wat robuuster dan methode 1. Dat geldt zeker voor de eerste 6 tot 12 uur waarbij de afzonderlijke modellen mogelijk last kunnen hebben van het "spin-up"-verschijnsel.

Het nadeel van het meenemen van vorige modelruns is dat het aantal tijdvakken waarin neerslag berekend wordt, waarschijnlijk toeneemt. Er is immers altijd wel één modelrun die wat neerslag berekent. Het is nog onbekend hoe dit in de praktijk zal uitpakken.

Vooraf bij lagere neerslaghoeveelheden zijn bij deze methode vaker neerslaggebeurtenissen te verwachten. Dat hoeft voor toepassing bij het peilbeheer geen belemmering te zijn, omdat lage neerslaghoeveelheden daarin weinig effect hebben.

Door meerdere modelruns mee te nemen is de kwetsbaarheid voor ontbrekende modelruns duidelijk kleiner dan bij methode 1.

METHODE 3: OMGEVINGSGEMIDDELDE

Naar verwachting zal deze methode sterke regionale variaties in het verwachte neerslagpatroon in meer of mindere mate uitmiddelen. Dat is ook het sterke punt van deze methode.

Waarschijnlijk zal dit in meteorologische zin wat minder goede resultaten opleveren, omdat vooral de MNVm als het ware over het gebied wordt "uitgesmeerd". Voor toepassing in het praktische waterbeheer kan dit wel eens een voordeel blijken te zijn om het contra-effect te voorkomen (met het contra-effect wordt bedoeld het verschijnsel dat als de neerslag wel valt, maar juist in een ander gebied dan werd verwacht, de effecten groter zijn dan in het geval men niets had gedaan).

Het inzicht in de echt extreme situaties zal wat afnemen, omdat de MNVh de extreme waarden “aftopt”. Dat zou tot gevolg kunnen hebben dat de extreme situatie in de praktijk wat onderschat kunnen worden.

Waarschijnlijk zal deze methode weinig toegevoegde waarde opleveren ten opzichte van methode 1 in frontale neerslagsituaties (met kleine regionale variaties). Het enige is dat er wat meer getallen gebruikt kunnen worden om de MNVl, MNVm en MNVh te berekenen, maar effectief zal dat waarschijnlijk geen grote verschillen opleveren.

In sterk convectieve situaties met forse buien is wel een toegevoegde waarde te verwachten ten opzichte van methode 1. Dit hangt wel af van de resolutie van de gebruikte neerslagmodellen. Waarschijnlijk is het effect groter naarmate de resolutie van de gebruikte modellen hoger is.

METHODE 4: HISTORISCH OMGEVINGSGEMIDDELDE

Deze methode verenigt zowel de sterke kanten als de zwakke kanten van de vorige methoden. Het is lastig een uitspraak te doen hoe deze methode zich in de praktijk zal gedragen. Het risico van deze methode is dat de sterke en de zwakke kanten elkaar opheffen. Met andere woorden: er wordt altijd wel wat neerslag verwacht, maar de extreme situaties worden onderschat. In de praktijk zal moeten blijken hoe deze methode zich gedraagt. Ook een kwantitatieve analyse zou hier uitsluitsel over kunnen geven.

Gezien de bovenstaande overwegingen lijkt methode 2 (Historisch gemiddelde) de meest aangewezen methode om toe te passen in de praktijk, direct gevolgd door methode 1. In convectieve situaties zou methode 3 mogelijk beter kunnen presteren, maar dat moet de praktijk uitwijzen.

De geringere kwetsbaarheid voor uitval van modelruns, de mogelijk kleinere gevoeligheid voor “spin-up” en de directe relatie met de meteorologische praktijk levert een voorkeur op voor methode 2 om toe te passen in de praktijk.

7

CONCLUSIES

1. De in dit project ontwikkelde Multimodel Neerslag Verwachting (MNV) volgt de gangbare meteorologische methode. De MNV kan gebruikt worden om 3 neerslagsscenario's op te stellen in de vorm van tijdreeksen: "best case", "normal case" en "worst case". Deze tijdreeksen kunnen worden gebruikt in een BOS om verschillende scenario's door te rekenen.
2. Het combineren van meerdere verwachtingen geeft in de praktijk een duidelijker beeld van de geografische spreiding van de te verwachten neerslag bij de gebruiker dan het gebruiken van één afzonderlijk neerslagmodel. Gebruik van de MNV is daarom altijd te prefereren boven één neerslagmodel.
3. De MNV-variant waarbij zowel gebruik wordt gemaakt van de laatste modelruns als de voorgaande twee modelruns (methode 2: historisch gemiddelde) lijkt de meest geschikte variant om toe te passen het dagelijkse peilbeheer. Een nadere kwantitatieve analyse van de 4 varianten zal op dit punt meer duidelijkheid moeten verschaffen. Bij deze analyse moet ook rekening worden gehouden met de toepassing van de MNV.
4. Met de MNV-methode treedt er waarschijnlijk enige over-forecasting op bij neerslagsituaties met relatief kleine neerslaghoeveelheden. Dit verschijnsel doet zich niet bij alle varianten in even sterke mate voor.
5. Met de MNV kunnen waterbeheerders een beter beeld krijgen van de kans op extreme neerslagsituaties. Niet alle varianten zullen dat in even sterke mate doen. Voor het algemene probleem dat atmosferische neerslagmodellen extreme neerslagsituaties onderschatten biedt de MNV geen oplossing.
De inzet van de MNV in de dagelijkse praktijk is sterk afhankelijk van voldoende faciliteiten op het gebied van automatisering. Dit heeft vooral betrekking op het continueren en stroomlijnen van omvangrijke operationele datastromen.

8

AANBEVELINGEN

1. Het is sterk aan te bevelen de in het onderzoek ontwikkelde MNV-varianten te verifiëren met waarnemingen en na te gaan welke variant de beste resultaten geeft voor gebruik bij het operationele waterbeheer.
Alle bouwstenen voor zo'n verificatie zijn binnen het hoofdproject voorhanden. Er is een archief opgebouwd van zowel neerslagwaarnemingen (KNMI-metingen en gesommeerde radarbeelden) als van alle modelruns van alle afzonderlijke neerslagverwachtingen.
2. Waarschijnlijk zijn er goede mogelijkheden de MNV te combineren met neerslagverwachtingen volgens het EPS of neerslagverwachtingen voor de middellange termijn van 2 tot 6 dagen vooruit. Het is aan te bevelen deze mogelijkheden nader te onderzoeken.

9

REFERENTIES

1. Hoffman, R.N. and E. Kalnay, 1983: Lagged-average forecasting, an alternative to Monte Carlo Forecasting. *Tellus*, 35, 100-118
2. Theis, S., A. Hense, U Damrath, V. Renner, 2000, Ensemble prediction and statistical postprocessing of weather parameter for the LM. DWD Arbeitsergebnis Nr. 66., DWD, Offenbach, Deutschland.
3. -, <http://www.knmi.nl/hirlam>, KNMI, De Bilt, Nederland
4. -, <http://www.metogovt.uk/research/nwp/numerical/operational/index.html>, Royal Meteorological Office, Bracknell, UK.

BIJLAGE

EPS

De afkorting EPS staat voor Ensemble Prediction System. Bij het EPS wordt gebruik gemaakt van output van het operationele atmosferische computermodel van het Europees Centrum voor Weersverwachtingen op Middellange Termijn (ECMWF) te Reading, Groot-Brittannië. Dit computermodel wordt ook wel aangeduid als het “ECMWF-model”.

Het ECMWF-model is een globaal atmosferisch computermodel. Het heeft een roosterpuntsafstand van circa 40 kilometer.

Met het ECMWF-model wordt de toestand van de atmosfeer over de hele wereld uitgerekend voor een periode van 10 dagen vooruit. De onzekerheid in de verwachting neemt toe met de termijn van de verwachting. Een kleine verstoring in de uitgangstoestand van de berekeningen kan leiden tot sterke afwijkingen in de berekeningen voor de lange termijn. Dit is een belangrijke oorzaak van onnauwkeurigheden in de weersverwachtingen.

Het EPS is een speciale rekenmethode waarbij een inschatting kan worden gemaakt van de mate van onzekerheid in de weersverwachting. Deze methode is ontwikkeld door het ECMWF in samenwerking met het KNMI.

In de EPS-methode wordt de operationele ECMWF-verwachting (roosterpuntsafstand ~ 40 km) herhaald met 50 verwachtingen (“runs”) met een versie van het model met een lagere resolutie (roosterpuntsafstand ~ 80 km). Bij elk van die 50 verwachtingen worden in de begintoestand kunstmatig verstoringen aangebracht, om het effect van onzekerheden in de begintoestand te simuleren. Iedere individuele modelberekening geeft een eigen verwachting voor temperatuur, luchtdruk, neerslag, etc.

De 50 verschillende uitkomsten kunnen als representatief worden beschouwd voor het spectrum waarbinnen het weer zich naar verwachting zich zal afspelen. Uit een analyse van deze 50 parallelle runs kan daarom een kansverdeling worden samengesteld voor de verschillende weerselementen. Een voorbeeld van deze 50 verschillende uitkomsten is te vinden in figuur 14.

De 50 parallelle runs kunnen beschouwd worden als 50 trekkingen van een stochastische variabele. Met behulp van deze 50 berekeningen kan de kansverdeling van de neerslag geschat worden. Hiermee kunnen de statistische kenmerken van de neerslaggebeurtenis benaderd worden, zoals bijvoorbeeld het gemiddelde, 0,25-punt, 0,75-punt, 0,10-punt en 0,90 punt. Op deze manier kunnen de bandbreedte en de onnauwkeurigheidsmarge van de neerslagverwachting bepaald worden (zie ook hoofdstuk 5.2 van dit rapport)

FIGUUR 14 VOORBEELD VAN EEN TEMPERatuurVERWACHTING VOLGENS HET EPS. DE DIKKE RODE DOORGETROKKEN LIJN ("OPER") GEEFT DE VERWACHTING VOLGENS HET OPERATIONELE MODEL MET HOGE RESOLUTIE AAN. DE BLAUWE STIPPELLIJN ("CONTROL") IS DE VERWACHTING VOLGENS DE CONTROLE-RUN, HET LAGE-RESOLUTIE-MODEL ZONDER KUNSTMATIGE VERSTORINGEN.

