

**stowa**

# STANDAARD WERKWIJZE VOOR DE TOETSING VAN WATERSYSTEMEN AAN DE NORMEN VOOR REGIONALE WATEROVERLAST



RAPPORT

2011  
**31**

STANDAARD WERKWIJZE VOOR DE TOETSING VAN WATERSYSTEMEN  
AAN DE NORMEN VOOR REGIONALE WATEROVERLAST

RAPPORT

2011

31

ISBN 978.90.5773.534.9



Publicaties van de STOWA kunt u bestellen op [www.stowa.nl](http://www.stowa.nl)

# COLOFON

UITGAVE Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer  
Postbus 2180  
3800 CD Amersfoort

AUTEURS  
ir. R.G.J. Velner (Royal Haskoning)  
drs. M.J. Spijker (HydroLogic)

BEGELEIDINGSCOMMISSIE  
Erik Oomen (Waterschap Aa en Maas, voorzitter)  
Wim Rosbergen (Hoogheemraadschap Delfland)  
Michiel Nieuwenhuis (Waterschap Vallei en Eem)  
Bert Hendriks (Waterschap Reest en Wieden)  
Reinier Romijn (Unie van Waterschappen)  
Durk Klopstra (STOWA)  
Michelle Talsma (STOWA)

FOTO OMSLAG Wouter ter Wee

DRUK Kruyt Grafisch Adviesbureau

STOWA STOWA 2011-31

ISBN 978.90.5773.534.9

**COPYRIGHT** De informatie uit dit rapport mag worden overgenomen, mits met bronvermelding. De in het rapport ontwikkelde, dan wel verzamelde kennis is om niet verkrijgbaar. De eventuele kosten die STOWA voor publicaties in rekening brengt, zijn uitsluitend kosten voor het vormgeven, vermenigvuldigen en verzenden.

**DISCLAIMER** Dit rapport is gebaseerd op de meest recente inzichten in het vakgebied. Desalniettemin moeten bij toepassing ervan de resultaten te allen tijde kritisch worden beschouwd. De auteurs en STOWA kunnen niet aansprakelijk worden gesteld voor eventuele schade die ontstaat door toepassing van het gedachtegoed uit dit rapport.

# TEN GELEIDE

In het Nationaal Bestuursakkoord Water (NBW) zijn afspraken gemaakt over 'het op orde brengen en het op orde houden' van het watersysteem. Ten aanzien van wateroverlast zijn normen afgesproken, die in provinciale verordeningen zijn vastgelegd. De toetsing aan deze normen is een terugkerende activiteit van de waterschappen. Uit een Audit WB21 van het Planbureau voor de Leefomgeving, bleek dat er onderling verschillen in gehanteerde aannames en gemaakte keuzes zijn gemaakt en het totaalbeeld van de opgave daarmee niet eenduidig was.

Voor de (her)toetsing is het gewenst om deze eenduidig uit te voeren, met inachtneming van gebiedsspecifieke eigenschappen. De STOWA en de Unie van Waterschappen hebben het voortouw genomen om een standaard werkwijze te ontwikkelen, zodat zo veel mogelijk dezelfde methoden en technieken binnen de waterschappen worden toegepast.

De voorliggende standaard werkwijze is in nauwe samenwerking met de waterschappen tot stand gekomen. Het resultaat is geaccordeerd door de themagroep NBW en de Commissie Watersystemen van de Unie van Waterschappen, waarin alle waterschappen vertegenwoordigd zijn.

De standaard werkwijze wordt gezien als belangrijk uitgangspunt om tot een eenduidiger aanpak van de toetsing te komen en een stap op weg naar uniformering. De waterschappen zijn aan zet om bij de toetsing ook daadwerkelijk gebruik te gaan maken van deze standaard werkwijze. Daarbij zal er ruimte zijn om met elkaar ervaringen uit te wisselen om de werkwijze verder te verbeteren.

Ir J.M.J. Leenen  
Directeur STOWA

ir. ing. A.J. Vermuë  
Directeur Unie van Waterschappen

# SAMENVATTING

## DOEL

De waterschappen hebben zich tot doel gesteld de watersysteemtoetsing waar mogelijk op uniforme wijze uit te voeren. Het gaat hierbij primair om de toetsing van het watersysteem aan de provinciaal vastgelegde normen, resulterend in knelpunten (niet het vinden van passende oplossingen). De voordelen van uniformering zijn helder: gezamenlijke kwaliteitsverbetering, meer overlap over de provinciegrenzen, eenduidige, krachtige presentatie van de wateropgave; en verhogen van de doelmatigheid.

## RESULTATEN

Het resultaat is een standaard werkwijze waarmee de kwaliteit van de toetsingsmethodiek wordt verbeterd en de output onderling beter vergelijkbaar wordt. De standaard werkwijze is geen keurslijf. Een waterschap kan met goede redenen andere keuzes maken.

## AANPAK

Om het doel te bereiken is een standaard proces ontwikkeld waarin een aantal beleidsmatige en technische keuzen zijn gemaakt:

### BELEIDSMATIGE KEUZEN

- Provinciale verordening is het vertrekpunt van elke toetsing.
- Keuze wat onder bebouwd gebied valt (norm T=100) volgt uit de verordening.
- Stedelijke (T100-)norm geldt voor huizen, gebouwen en bedrijven, eventueel vluchtwegen, maar niet gehele stedelijke kern (regelen in verordening).
- Toetsing wordt uitgevoerd op basis van het huidige klimaat voor het zichtjaar 2015: huidige systeem met in 2015 gerealiseerde autonome ontwikkelingen.
- Maatregelen voor huidige knelpunten worden indien mogelijk klimaatrobust opgelost: zichtjaar 2050, KNMI klimaatscenario's 2013.
- Toetsing heeft betrekking op inundatie vanuit al het oppervlaktewater.

### TECHNISCHE KEUZEN

- Beheerdersoordeel wordt na elke stap uitgevoerd.
- Toetsing wordt uitgevoerd met hydrologisch / hydrodynamisch model. Rekenmethoden die niet voldoen: 100% GIS, stationair of expert judgement.
- Model bootst de werkelijkheid voldoende nauwkeurig na op basis van meetbare criteria voor waterstanden, debieten en inundaties.
- Voor de statistische rekenmethodiek wordt de stochasten- of tijdreeksmethode gehanteerd, geen ontwerpbuimethode.
- Er worden maximale waterstanden berekend /doorvertaald naar alle watergangen.
- Inundatieanalyse gebeurt in GIS op basis van een ruimtelijk beeld van maximale waterstanden en met een hydrologisch consistent algoritme.
- Toetsing vindt plaats op pixelniveau. Opschaling resultaten gebeurt in eindfase en is noodzakelijk voor toepassing maaiveldcriterium en heldere communicatie.
- Wateropgave is de totale omvang van het probleem (knelpunten) en wordt uitgedrukt in hectares.

- Toepassing maaiveldcriterium gebeurt op het niveau van afwateringseenheden.
- Veel aandacht nodig voor kwaliteitsborging: representativiteit model voor hoogwater; implementatie statistische rekenmethodiek; GIS inundatieanalyse.

# 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. Dat zijn alle waterschappen, hoogheemraadschappen en zuiveringsschappen en de provincies.

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 inventarisaties van de behoefte 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 6,5 miljoen euro.

U kunt de STOWA bereiken op telefoonnummer: 033 - 460 32 00.

Ons adres luidt: STOWA, Postbus 2180, 3800 CD Amersfoort.

Email: [stowa@stowa.nl](mailto:stowa@stowa.nl).

Website: [www.stowa.nl](http://www.stowa.nl)

# STANDAARD WERKWIJZE VOOR DE TOETSING VAN WATERSYSTEMEN AAN DE NORMEN VOOR REGIONALE WATEROVERLAST

## INHOUD

	TEN GELEIDE	
	SAMENVATTING	
	STOWA IN HET KORT	
<b>1</b>	<b>INLEIDING</b>	<b>1</b>
	1.1 Aanleiding en doel van dit rapport	1
	1.2 Leeswijzer	3
	1.3 Definities	3
	1.4 Taken en verantwoordelijkheden	7
<b>2</b>	<b>STANDAARD PROCES WATERSYSTEEMTOETSING</b>	<b>8</b>
<b>3</b>	<b>WATERSYSTEEMANALYSE</b>	<b>11</b>
	3.1 Factsheet 1: Vaststellen uitgangspunten watersysteemanalyse	11
	3.2 Factsheet 2: Gegevensverzameling en -beheer	12
	3.3 Factsheet 3: Actualisatie, calibratie en verificatie modellering	13
	3.4 Factsheet 4: waterstandstatistiek	15
	3.5 Factsheet 4.1: stochasten en tijdreeksmethode	16
	3.6 Factsheet 5: inundatie analyse	17



4	KNELPUNTENANALYSE	18
4.1	Factsheet 6: vervaardigen normeringskaart	18
4.2	Factsheet 7: knelpunten en wateropgave	19
4.3	Korte doorkijk naar oplossingenanalyse	20
5	AANBEVELINGEN	22
6	LITERATUUR	24
	BIJLAGEN	
1	IN DE PRAKTIJK GEBRUIKTE WERKWIJZEN 2003-2011	27
2	SAMENVATTING RAPPORTAGE 'INVENTARISATIE NORMERING WATEROVERLAST IN PROVINCIALE VERORDENINGEN'	31
3	VASTSTELLEN UITGANGSPUNTEN WATERSYSTEEMANALYSE (BIJLAGE BIJ FACTSHEET 1)	33
4	GEGEVENSBEHEER EN LINK MET MODELLERING (BIJLAGE BIJ FACTSHEET 2)	37
5	ACTUALISATIE, CALIBRATIE EN VERIFICATIE MODELLERING (BIJLAGE BIJ FACTSHEET 3)	45
6	WATERSTANDSTATISTIEK (BIJLAGE BIJ FACTSHEET 4)	59
7	STOCHASTEN EN TIJDREEKSMETHODE (BIJLAGE BIJ FACTSHEET 4.1)	63
8	INUNDATIEANALYSE (BIJLAGE BIJ FACTSHEET 5)	73
9	VERVAARDIGEN NORMERINGSKAART (BIJLAGE BIJ FACTSHEET 6)	79
10	BEPALEN KNELPUNTEN EN WATEROPGAVE (BIJLAGE BIJ FACTSHEET 7)	83

# 1

## INLEIDING

### 1.1 AANLEIDING EN DOEL VAN DIT RAPPORT

Eind jaren negentig werd Nederland geconfronteerd met aanzienlijke wateroverlast. Daarom adviseerde de Commissie Waterbeheer 21ste eeuw in 2000 het uitwerken van een landelijk normeringstelsel voor de regionale watersystemen. Dit leidde tot het opnemen van werknormen in het Nationaal Bestuursakkoord Water (NBW) in 2003. De normen geven aan welke kans op inundatie uit oppervlaktewater aanvaardbaar wordt geacht, rekening houdend met landgebruik en de daaraan gekoppelde schadeverwachting.

#### WAAROM NORMEN EN WAAROM TOETSEN?

Artikel 21 van de Grondwet bepaalt dat de overheid zorg draagt voor de bewoonbaarheid van Nederland. Het waterbeheer is onderdeel van de hier bedoelde overheidszorg. In wetten is vastgelegd welke rollen, taken, bevoegdheden en verantwoordelijkheden de verschillende overheden daarbij hebben. Die overheden moeten hun handelen specificeren in plannen met concrete uitvoeringsmaatregelen, waarin zij zichzelf binden aan te behalen resultaten. Voor het kwantitatieve beheer van oppervlaktewater in het regionale systeem is dat het waterbeheerplan met als onderdeel daarvan het programma van maatregelen van het waterschap. Het normeringstelsel uit het NBW wordt hierbij gebruikt om te beoordelen óf er maatregelen nodig zijn en welk pakket aan maatregelen bestuurlijk gewenst is.

#### TOEPASSING VAN HET NORMERINGSTELSEL IN DE PRAKTIJK

In de periode 2003-2005 hebben de waterschappen met deze werknormen de regionale watersystemen getoetst. Er is in kaart gebracht welke inspanningen nodig zijn om het watersysteem in 2015 te laten voldoen aan de werknormen. De resultaten zijn in 2005 gerapporteerd. Na 2005 zijn evaluaties uitgevoerd van deze eerste ronde van toetsing van de regionale watersystemen. Nu anno 2011 is duidelijk geworden dat het wenselijk is om de toetsing van regionale watersystemen een iteratief karakter te geven. Niet alleen vanwege veranderende klimaatinzichten maar evengoed vanwege de voortschrijdende kennis, ervaringen, gegevens en beschikbare instrumenten voor het beschrijven van watersysteemgedrag kan de wateropgave nauwkeuriger worden bepaald. Daarnaast om de effectiviteit van genomen maatregelen te beoordelen en mogelijk op basis hiervan bijstellingen van het maatregelenpakket te doen. De waterschappen zijn voornemens om in 2012/2013 opnieuw een toetsing van het watersysteem uit te voeren om te beoordelen in welke mate de doelstellingen voor 2015 al gehaald zijn. Overigens zijn er ook waterschappen die de toetsing als een doorlopend proces beschouwen.

#### BEHOEFTE AAN STANDAARD WERKWIJZE

Er is geconstateerd dat er op een aantal onderdelen ongewenste divergentie is van de aanpak van de toetsing. Uit de Audit WB21 (MNP, 2006) is gebleken dat door 'de onderling grote verschillen in gehanteerde aannames en gemaakte keuzes, het totaalbeeld van de opgave en de kosten niet eenduidig is'. Voor de toetsing in 2012/2013 is het daarom vanuit beleidsmatig oogpunt gewenst om deze waar mogelijk te uniformeren. Daarom is er behoefte aan een

standaard werkwijze . Het gaat hierbij primair om de toetsing van het watersysteem aan de provinciaal vastgelegde normen, resulterend in knelpunten (niet het vinden van passende oplossingen).

De standaard werkwijze wordt beschouwd als start van een proces tot uniformering van de werkwijze: waar mogelijk divergentie beperken, meer eenheid verkrijgen dan de vorige keer. Niet alles zal in komende toetsingsronde uniform worden. Zo leiden verschillen tussen provinciale verordeningen, waarin de normen zijn vastgelegd, per definitie tot divergentie. Wel is het streven om de komende rondes in te blijven zetten op verdergaande uniformering. Aanbevolen wordt om in de eindfase van de komende toetsingsronde te evalueren in hoeverre er convergentie bij de toetsing heeft opgetreden en tevens door te kijken naar aanvullende uniformeringsmogelijkheden voor de volgende ronde (aanbeveling 5).

### **WENSELIJKHEID EN MEERWAARDE VAN UNIFORMERING**

Voor de individuele waterschappen is uniformering vooral wenselijk vanwege gezamenlijke kwaliteitsverbetering, schaalvoordelen en het verhogen van de doelmatigheid. Zo is kwaliteitsverbetering ook een bruikbaar middel om het risico op desinvesteringen te minimaliseren. Vanuit de Unie van Waterschappen (Unie) is er behoefte aan een eenduidige, uniforme presentatie van de wateropgave en daarnaast goed zicht te hebben op de voortgang in het oplossen van de regionale wateropgave. Dit met het oog op de algemene communicatie over waterschappen en de beleidsdiscussie van de Unie met de Haagse partners (Rijk, IPO en VNG).

De noodzaak tot verbetering van de kwaliteit van de watersysteemtoetsing wordt breed onderkend. Een uniforme werkwijze biedt hiertoe interessante kansen: focus op gezamenlijke kennisleemtes; leren van elkaar; en het delen van kennis, ervaringen en instrumenten. Hoewel met dit document een belangrijke aanzet tot deze kwaliteitsverbetering wordt gegeven (zie daarvoor de genoemde “essentials” in de factsheets), is er meer nodig dan dit document alleen. Aanbevolen wordt om in 2012 in het voor- en najaar een watersysteemtoetsingsdag te organiseren waarin kennis en ervaringen kunnen worden gedeeld en bediscussieerd (aanbeveling 4).

### **KADER**

Het voorliggende rapport is het resultaat van een gezamenlijke studie van STOWA en Unie van Waterschappen. Naast deze Standaardwerkwijze worden parallel door STOWA en Unie andere studies uitgevoerd gericht op het verbeteren en uniformeren van de watersysteemtoetsing. Zo wordt binnenkort nieuwe geregionaliseerde neerslagstatistiek gepubliceerd (HKV en Siebe Bosch, 2011), direct toepasbaar voor tijdreeks en stochastenmethode. Eveneens worden de schadefuncties vernieuwd, die zullen worden gebruikt bij kosten-baten analyses van maatregelen. Ook wordt binnenkort een tool beschikbaar gesteld, waarmee de onzekerheden van de wateropgave kunnen worden gekwantificeerd (HKV, 2011). Deze tool stelt de waterschappen beter in staat de wateropgave met onzekerheidsbandbreedte te communiceren.

Van waterschappen wordt verwacht dat de standaard werkwijze wordt gevolgd, en hierbij ook gebruik wordt gemaakt van de nieuwe neerslagstatistiek en schadefuncties. Eventuele afwijkingen dienen goed onderbouwd te worden beargumenteerd.

## 1.2 LEESWIJZER

De standaardwerkwijze omvat:

- een standaard processchema watersysteemtoetsing (hoofdstuk 2);
- een overzicht van beleidsmatige en technische keuzen/uitgangspunten (samenvatting en factsheets hoofdstuk 3 en 4);
- per toetsingsactiviteit een factsheet, inclusief gemaakte keuzen en inhoudelijke ‘essentials’ (hoofdstuk 3 en 4);
- een overzicht van kennis en aandachtspunten in de bijlagen, waarbij vooral wordt aangegeven wat allemaal van belang is om te komen tot een kwalitatief hoogwaardige toetsing (zodat op basis van deze kennis waterschappen het zelf op verantwoorde wijze technisch kunnen uitwerken; het is vooral van belang dat er voldoende kennis wordt gedeeld om bekende valkuilen te vermijden);
- technische uitwerkingen van een aantal specifieke aspecten (grondgebruik beleidsmatig en technisch in factsheet 6, open water beleidsmatig in factsheet 5 en technisch in bijlage 5, vaststellen hoogtebestand in bijlage 8, wijze van toetsing beleidsmatig en technisch in factsheets 6 en 7, hydrologische en hydraulische modellering in factsheets 2 en 3 en bijlagen, statistiek van waterstanden in factsheet 4 en bijlagen).

Aansluitend op de inleiding, definities en kaders in hoofdstuk 1, toont hoofdstuk 2 het standaard processchema watersysteemtoetsing. Elke stap uit dit processchema wordt in een factsheet beknopt beschreven in hoofdstuk 3 (watersysteemanalyse) en hoofdstuk 4 (knelpuntenanalyse). Deze factsheets geven naast doel, aanpak en resultaat vooral de gemaakte keuzen en inhoudelijk essentiële zaken weer (essentieel in de zin dat dit aspect bepalend is voor de omvang, nauwkeurigheid en betrouwbaarheid van de te berekenen wateropgave). Aansluitend op de factsheets wordt een doorkijk naar de oplossingen gegeven en aanbevelingen gedaan. De inhoudelijke kennis en voorbeelden zijn uitgewerkt in de bijlagen, waarbij elke factsheet een bijhorende bijlage heeft.

## 1.3 DEFINITIES

In deze standaard werkwijze worden door de werkgroep de volgende kernbegrippen gebruikt met bijhorende definitie (tabel 1.1). De definities zijn grotendeels overgenomen uit STOWA-rapport 2010-42, “Werkgroep Watersysteemtoets 2012 advies”.

TABEL 1.1 GEBRUIKTE DEFINITIES

<i>Watersysteemtoets</i>	De gehele analyse van het regionale watersysteem die leidt tot inzicht in het optreden van inundatie vanuit het oppervlaktewater en knelpunten conform de normen in de provinciale verordeningen en een analyse van mogelijke oorzaken.
<i>Inundatie</i>	Het vanuit het oppervlaktewater onder water lopen van land.
<i>NBW-Knelpunt</i>	Oppervlakte of locatie waar, gezien de provinciale verordeningen, te frequent inundatie vanuit het oppervlaktewater plaatsvindt.
<i>Regionale wateropgave</i>	Resultaat van de watersysteemtoetsing wat betreft het totale oppervlak (hectares) van NBW-knelpunten.
<i>Stedelijke wateropgave</i>	De definitie van Stedelijke wateropgave wordt hier niet genoemd, dit rapport is daarvoor niet de aangewezen plek. Wel wordt de relatie van de Regionale wateropgave met de stedelijke wateropgave aangestipt in onderstaand kopje "Regionale versus stedelijke wateropgave" (zie verderop in paragraaf 1.3).
<i>Maatregelenpakket wateroverlast</i>	Het pakket aan maatregelen dat is vastgesteld om het risico op wateroverlast tot een aanvaardbaar risico terug te dringen.
<i>Waterberging</i>	<p>Onderscheid in:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Gestuurde berging: een waterhuishoudkundige inrichting om water bij piekafvoeren actief op te vangen.</li> <li>2. Versterkte natuurlijke berging: een waterhuishoudkundige inrichting om natuurlijke berging te vergroten.</li> <li>3. Natuurlijke berging: inundatie op plaatsen die van nature onder water lopen.</li> </ol>
<i>Vasthouden</i>	Opslag van neerslagoverschot aan de bron (bovenstrooms gelegen regio) van een watersysteem waar de neerslag valt en het waterschap geen beheerstaak heeft.
<i>Bergen</i>	Water tijdelijk vasthouden in oppervlaktewater en op maaiveld in extreem natte situaties ter beperking van wateroverlast in benedenstrooms gelegen gebied.
<i>Afvoeren</i>	Maatregel nemen door versneld water af te voeren vanuit het regionale watersysteem naar benedenstroomse watersystemen.
<i>Beheerdersoordeel</i>	Een door de watersysteembeheerder uitgevoerde beoordeling van modelresultaten, tussenresultaten en de inundatie- en knelpuntenkaart. Daarbij worden niet-plausibele resultaten en knelpunten geïdentificeerd.
<i>Maaiveldcriterium</i>	Criterium in procenten waarmee aangegeven wordt welk deel van een gebied mag inunderen zonder dat er sprake is van een knelpunt. Het maaiveldcriterium is bedoeld om beginnende inundatie toe te staan en pas te spreken van een knelpunt wanneer dit criterium overschreden wordt.
<i>Watersysteemanalyse</i>	Het verkrijgen van ruimtelijk inzicht in bij bepaalde herhalingstijden optredende inundaties. (het begrip watersysteemanalyse wordt op vele andere wijze toegepast).
<i>Knelpuntenanalyse</i>	Het verkrijgen van ruimtelijk inzicht in locaties waar, gezien de normen in de provinciale verordeningen, te frequent inundaties vanuit het oppervlaktewater optreden.
<i>Normeringskaart</i>	Kaartbeeld met de aan het grondgebruik gekoppelde normen uit de provinciale verordeningen die aangeven welke inundaties vanuit het oppervlaktewater maximaal toelaatbaar zijn.
<i>A-B-C-watergangen</i>	<p>A watergangen: hoofdwatergangen in beheer van waterschap of gemeente.</p> <p>B watergangen: zijwatergangen in beheer van waterschap of gemeente.</p> <p>C watergangen: zijwatergangen buiten beheer van waterschap of gemeente.</p>

Hieronder geven we voor een aantal onderwerpen aanvullende beschrijvingen om zo duidelijk mogelijk uitleg te geven bij definities die gebruikt zijn.

#### **WATEROPGAVE: PROBLEEM VERSUS OPLOSSING**

Wederom is tijdens dit project geconstateerd dat er verschillende definities bestaan voor de term “wateropgave”. De verschillen tussen de gebruikte definities zijn terug te voeren op het verschil tussen het gebruik van de term voor:

- A. De omvang van het totaal aan knelpunten (**het probleem**); of
- B. De omvang van de oplossingen die nodig zijn om (een deel van) de knelpunten op te lossen (**de oplossing**).

Binnen dit verschil tussen probleem en oplossing circuleren verschillende varianten, zoals: de wateropgave wordt beschreven als...

- het gebied waar de inundatiefrequentie niet aan de norm voldoet in hectaren (A).
- het volume water in het gebied waar de inundatiefrequentie niet aan de norm voldoet in m<sup>3</sup> (A).
- het maatregelenpakket om het watersysteem op orde te krijgen (B).
- het oppervlak aan maatregelen dat nodig is om watersysteem op orde te krijgen (B).
- de hoeveelheid water (kuubs) aan te realiseren oplossingen (B).
- de benodigde investering in euro's voor het gedefinieerde maatregelenpakket (B).

Deze verschillende percepties van het begrip wateropgave leiden soms tot de onterechte gelijkstelling van de omvang van de oplossingen aan de omvang van de knelpunten. Deze vergelijking mag niet op deze manier worden gemaakt. De omvang van het knelpunt is geen directe maat voor de omvang van de oplossingen. Er zijn bij een bepaald knelpunt verschillende mogelijke oplossingen denkbaar die op verschillende manieren kwantitatief kunnen worden gemaakt.

Voorbeelden van oplossingen zijn bijvoorbeeld:

1. Verlaging van het streefpeil met 20 cm waardoor inundaties verminderen.
2. Bovenstroomse waterberging binnen een gebied van 3 hectaren waarmee benedenstrooms een probleem van 10 hectaren wordt opgelost.
3. Vergroten van de capaciteit van 2 gemalen met 3 m<sup>3</sup>/s aangevuld met oplossingen in de boezem (met een oppervlak van 1 hectare) om afwentelen te voorkomen om een knelpunt van 10 hectaren op te lossen.

Uit een eerdere enquête kwam het inzicht dat er een 50/50 verdeling bestaat tussen waterbeheerders die wateropgave definiëren aan de hand van de omvang van het knelpunt, of juist de oplossing. Er waren 11 waterschappen die aangaven de omvang van de oplossingen te gebruiken en er waren 10 waterschappen die de wateropgave zien als de omvang van het probleem. Daarnaast hanteren een beperkt aantal waterschappen een andere definitie.

De wateropgave alleen betrekken op het totale maatregelenpakket is onwenselijk, want:

1. In het vorige STOWA project (STOWA rapport 42) is bewust een andere keuze gemaakt.
2. De uniformering richt op het zo eenduidig mogelijk identificeren van knelpunten en niet het vinden van maatregelen. De werkwijze en het resultaat van de oplossingenanalyse zal tussen waterschappen flink verschillen en de wateropgave als maatregelenpakket beschouwen heeft dan automatisch tot consequentie dat de wateropgave opnieuw moeilijk vergelijkbaar is.
3. In het NBW-actueel wordt gesproken over de omvang van de regionale wateropgave in hectares.

Dit alles overwegende wordt de huidige definitie van de wateropgave gehandhaafd. Van belang is om het eenduidig gebruik en perceptie van deze definitie te bevorderen, zodat de 'spraakverwarring' afneemt (aanbeveling 3).

### **REGIONALE VERSUS STEDELIJKE WATEROPGAVE**

De regionale toetsing vindt plaats voor watergangen in het beheer bij zowel waterschappen als gemeenten. Dit betekent dat ook in stedelijk gebied gerekend wordt aan inundatiekansen. Dat betekent vervolgens dat het goed beschrijven van stedelijke afstroming om waterstandstatistiek in de watergangen te beschrijven, nodig is. Het zal bijvoorbeeld nodig zijn om riooloverstorten mee te nemen om de inundatiekansen vanuit het oppervlaktewater in beeld te krijgen. Anderzijds is voor de toetsing aan de normen voor regionale wateroverlast, het beschrijven van water op straat als gevolg van krappe rioolssystemen niet nodig, evenals wateroverlast als gevolg van grondwaterstroming.

### **DE STEDELIJKE WATEROPGAVE OMVAT MEER**

De stedelijke wateropgave bestaat uit meer onderwerpen dan de stedelijke informatie die de regionale wateropgave levert. Want deze levert enkel de locaties waar de kans op wateroverlast vanuit het oppervlaktewater in de stad groter dan eens per honderd jaren. Aspecten die in de stedelijke wateropgave ook belangrijk zijn, zijn bijvoorbeeld grondwateroverlast of water op straat vanuit riolering. Dit valt buiten de scope van de watersysteemtoetsing.

### **ER IS WEL DUIDELIJKE ONDERLINGE RELATIE**

Advies luidt wel om de uitwerking van regionale en stedelijke wateropgave integraal uit te werken omdat er in veel situaties relevante interactie plaatsvindt (qua systeem en faalkansen) en omdat in de oplossingen regionale en stedelijke wateropgave raakvlak hebben. Ook dient

zowel bij het bepalen van probleem als oplossing een consistente werkwijze te worden gevolgd met vergelijkbare uitgangspunten. De volgende keuzen zijn bijvoorbeeld vaak niet toepasbaar: het veronderstellen dat er altijd vrije lozing is bij overstorten of de algemene aanname dat riooloverstorten niet meetellen bij de regionale wateropgave.

#### **BEHEERDERSOORDEEL HEEFT ALLEEN BETREKKING OP....**

De term “beheerdersoordeel” kent in de praktijk verschillende definities en percepties. Voor de standaardwerkwijze watersysteemtoetsing heeft het beheerdersoordeel betrekking op een door de watersysteembeheerder uitgevoerde beoordeling van modelresultaten, tussenresultaten en de inundatie- en knelpuntenkaart. Daarbij worden niet-plausibele resultaten en knelpunten geïdentificeerd. Vervolgens wordt achterhaald welke onvolkomenheden in gegevens, model en methode de oorzaak zijn van de niet-plausibele resultaten. Daar worden oplossingen voor gezocht. Het beheerdersoordeel wordt in de praktijk ook nog wel eens gebruikt voor het vanuit kosten-baten afwegingen accepteren van knelpunten. Dit valt onder de noemer bestuurlijk-maatschappelijke afweging.

#### **RELATIE ROR**

De Richtlijn Overstromingsrisico's (ROR) richt zich primair op overstromingen vanuit bedijkte wateren (primaire en regionale keringen) en niet-bedijkte grotere wateren. Dit betekent dat een groot deel van de regionale wateroverlast buiten beschouwing van de ROR kan worden gelaten. Wel wordt aanbevolen om zeker in het geval van een significant overstromingsrisico (bijvoorbeeld substantiële inundaties vanuit een beek systeem naar bebouwd gebied) afstemming te organiseren met het ROR-spoor.

De Nederlandse implementatie (ministerie van V&W) van de Richtlijn verplicht tot afstemming tussen waterveiligheidsmaatregelen en maatregelen voor waterkwaliteit (KRW) en biedt ruimte voor afstemming met maatregelen op het gebied van wateroverlast.

### **1.4 TAKEN EN VERANTWOORDELIJKHEDEN**

De taken, bevoegdheden en verantwoordelijkheden van betrokken overheden zijn als volgt. Het Rijk draagt zorg voor verankering van de landelijke basisnormen. De provincie is verantwoordelijk voor het vastleggen van de normen in de provinciale verordening. Het waterschap voert de watersysteemtoetsing uit, resulterend in knelpunten en een wateropgave. Vervolgens stelt het waterschap, binnen de door de provincie gestelde kaders, een maatregelenpakket vast dat nodig is om het watersysteem op orde te krijgen. Het waterschap kan hierbij aan de provincie het voorstel doen om de norm in bepaalde gebieden aan te passen, na consultatie met het gebied.

In bepaalde stedelijke gebieden is ervoor gekozen het gebiedproces om te komen tot maatregelen te laten trekken door de gemeente. Dit zal veelal het geval zijn bij grotere gemeenten, waarbij tevens grondwateroverlast en water-op-sstraat (twee aspecten van de stedelijke wateropgave) naast inundatie vanuit het oppervlaktewater onderdeel zijn van de wateroverlast in het stedelijk gebied.

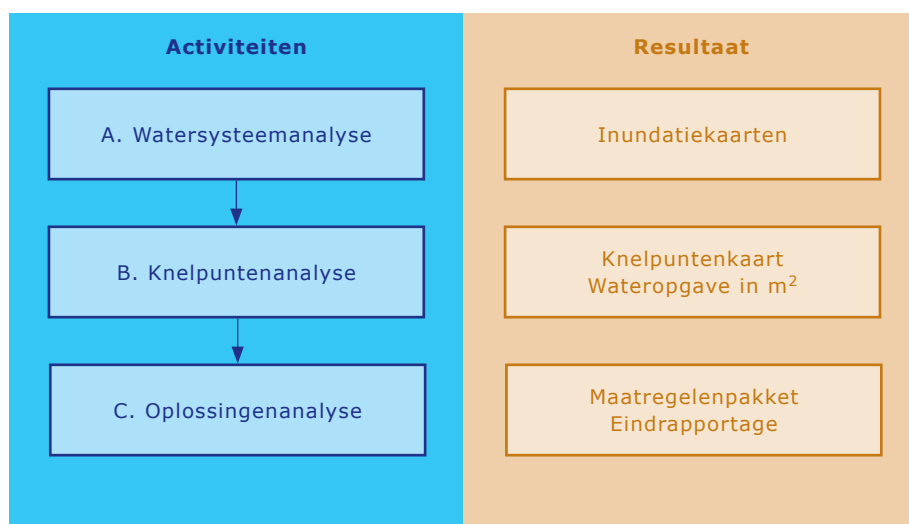


# 2

## STANDAARD PROCES WATERSYSTEEMTOETSING

Dit hoofdstuk beschrijft het standaard proces voor de uitvoering van een watersysteemtoetsing. Dit wordt beschreven via een aantal stroomschema's en bijbehorende beschrijving. Dit rapport beschrijft standaarden voor de volgende activiteiten (zie figuur 2.1).

FIGUUR 2.1 OVERZICHT VAN ACTIVITEITEN BINNEN HET TOETSINGSPROCES



### ACTIVITEIT A: WATERSYSTEEMANALYSE

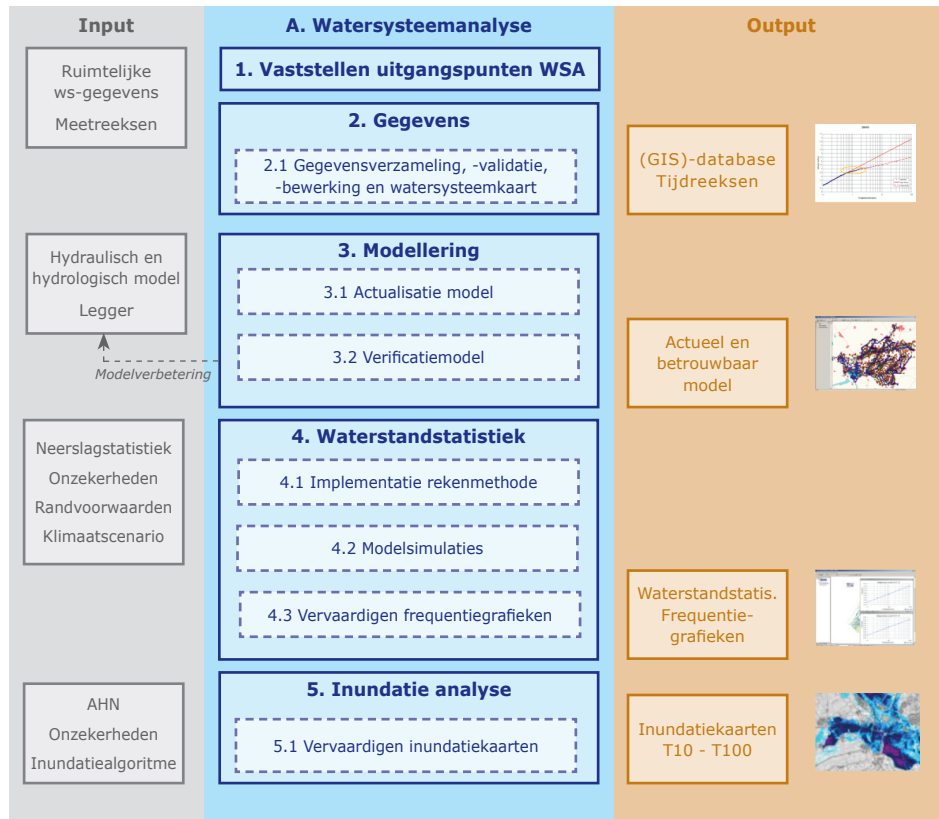
Figuur 2.2 toont de hoofdonderdelen van de activiteit Watersysteemanalyse. De watersysteemanalyse is er op gericht om het gedrag van het huidige watersysteem te kennen. Dat dient op een wijze te gebeuren waarbij er basisresultaten beschikbaar komen waarmee het functioneren van het watersysteem kan worden getoetst aan de normen voor regionale wateroverlast. Dit gebeurt in de stap Knelpuntenanalyse.

In de Watersysteemanalyse komen aspecten aan de orde als, het:

- actualiseren van modellen of het gebruik van bestaande, geschikte modellen;
- verifiëren of de kwaliteit van het model volstaat voor watersysteemtoetsing;
- verantwoord implementeren van een rekenmethode om aan hydrologische extremen te rekenen;
- uitvoeren van statistische bewerkingen om waterstanden bij verschillende herhalings-tijden te verkrijgen;
- vervaardigen van inundatiekaarten.

FIGUUR 2.2

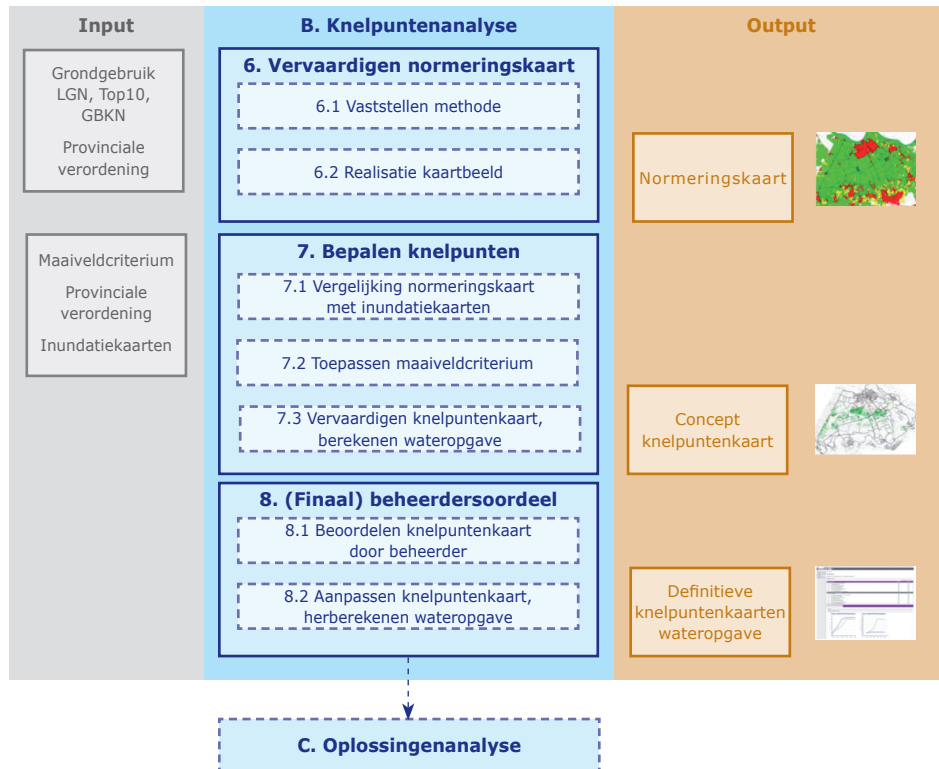
ONDERDELEN VAN WATERSYSTEEMANALYSE



In de volgende hoofdstukken met factsheets wordt per onderdeel van de watersysteemanalyse genoemd wat doel, resultaten, keuzen en inhoudelijke essentials zijn binnen de standaard werkwijze.

FIGUUR 2.3

ONDERDELEN VAN KNELPUNTENANALYSE



**ACTIVITEIT B: KNELPUNTENANALYSE**

Figuur 2.3 toont de hoofdonderdelen van de activiteit Knelpuntenanalyse. De Knelpuntenanalyse is erop gericht om de informatie over het gedrag van het huidige watersysteem (resultaat van Watersysteemanalyse) te gebruiken voor de toetsing. In deze toetsing wordt beoordeeld voor welke delen van een beheersgebied de kans op inundatie (overstroming vanuit het oppervlaktewatersysteem) niet voldoet aan de normen die zijn opgenomen in de provinciale verordeningen.

In de Knelpuntenanalyse komen aspecten aan de orde als, het:

- gebruiken van de bepalingen in de provinciale verordeningen;
- vervaardigen van de Normeringskaart;
- bepalen van knelpunten: daar waar inundatie vaker voorkomt dan vanuit de norm is toegestaan;
- toepassen van een maaiveldcriterium conform verordening;
- vervaardigen van de knelpuntenkaart en berekenen van de wateropgave;
- beoordelen van de knelpuntenkaart;
- definitief maken van de knelpuntenkaart en wateropgave na toepassen van het finale beheerdersoordeel.

**ACTIVITEIT C: OPLOSSINGEN**

De analyse van oplossingen voor geconstateerde knelpunten blijft grotendeels buiten beschouwing in deze standaard werkwijze. Daar waar er een relatie bestaat met keuzen voor watersysteemanalyse en knelpuntenanalyse wordt deze aangestipt.

# 3

## WATERSYSTEEMANALYSE

De stroomschema's in hoofdstuk 2 tonen de activiteiten binnen de Watersysteemtoetsing. De factsheets in dit hoofdstuk beschrijven per activiteit het doel, de resultaten, de aanpak, de gemaakte keuzen in de standaard werkwijze, de essentiële aandachtspunten voor kwaliteit en geeft technische uitwerkingen en voorbeelden of verwijst daarvoor door naar de bijlagen.

### 3.1 FACTSHEET 1: VASTSTELLEN UITGANGSPUNTEN WATERSYSTEEMANALYSE

#### DOEL

Het bereiken van overeenstemming over de manier waarop de watersysteemanalyse wordt uitgevoerd en wat de uitgangspunten en resultaten zullen zijn.

#### RESULTATEN

Overzicht van gezamenlijk vastgestelde uitgangspunten en te vervaardigen resultaten. Deze wordt opgesteld en als bijlage bij de rapportage van de Watersysteemtoetsing gevoegd.

#### AANPAK/METHODE

Deze werkstap wordt voorafgaand aan het starten van de Watersysteemanalyse uitgevoerd. De uitgangspunten worden met een groep kenners en alle belanghebbenden vastgesteld. Dit voorkomt verschillende verwachtingen die te laat worden gesignaleerd.

#### KEUZEN

1. Uitgangspunten worden vooraf vastgesteld en vastgelegd in een bijlage.
2. In de uitgangspunten wordt ook vastgelegd of er nog modelontwikkeling nodig is, of dat er een modelinstrumentarium beschikbaar is dat zonder grote aanpassingen geschikt is voor het toepassen in de analyse.
3. Beheerdersoordeel wordt na elke stap uitgevoerd (zie flowcharts in hoofdstuk 2).

#### ESSENTIALS VOOR KWALITEIT

Er wordt voldoende tijd genomen voor het vaststellen van de uitgangspunten. Bij voorkeur in een aantal werksessies. Het behalen van de benodigde kwaliteit door het bespreken van de uitgangspunten in een startoverleg van een studie is niet haalbaar vanwege de beperkte tijd.

#### VOORBEELDEN VAN UITGANGSPUNTEN

In de bijlage 3 zijn voorbeelden te vinden van uitgangspunten voor een watersysteemanalyse. Uitgangspunten kunnen bijvoorbeeld zijn:

- er worden geen aanvullingen op de normen uit de provinciale verordeningen gebruikt;
- de toetsing start met een grondige controle van geodata en meetreeksen;
- er wordt een hydrologisch/hydrodynamisch model ontwikkeld;
- bij het ontwikkelen van het model wordt de modelprestatie beoordeeld aan de hand van kwantitatieve beoordelingscriteria.

### 3.2 FACTSHEET 2: GEGEVENSVERZAMELING EN -BEHEER

#### DOEL

Het verzamelen, vastleggen en zodanig gebruiken van gegevens dat deze nazoekbaar zijn en op een goede manier worden toegepast in de watersysteemanalyse.

#### RESULTATEN

Een overzichtelijke en gecontroleerde gegevensset als basis voor de toetsing.

#### AANPAK/METHODE

Om gegevens op een goede manier te beheren zijn verschillende oplossingen denkbaar, deze zijn opgenomen in de bijlage 4. Andere oplossingen dan in de bijlage beschreven, worden niet uitgesloten. Voor het beheer van de gegevens is de wijze waarop minder belangrijk, vooral belangrijk is dát het gebeurt.

#### KEUZEN

1. Gegevensset krijgt een intuïtief te begrijpen structuur.
2. Nazoekbaarheid wordt verkregen door met duidelijke naamgeving van bestanden en mappen te werken en uitleg op te nemen in een logboek.
3. Gegevens (o.a. meetreeksen en geodata) worden gecontroleerd en beschreven voorafgaand aan gebruik in analyses.

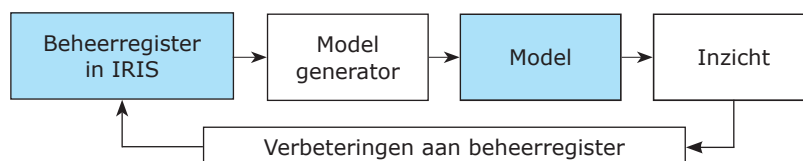
#### ESSENTIALS VOOR KWALITEIT

Belangrijke essentials voor kwaliteit zijn de volgende:

- het **vastleggen van voortschrijdend inzicht**. Dit wordt gedaan door verbeteringen van basisgegevens en tijdelijke aannamen duidelijk te onderscheiden van de actuele basisgegevens.
- geconstateerde verbeteringen **terug te koppelen met de bronhouder**. Zo wordt voorkomen dat bij een volgende toetsingsronde wederom dezelfde verbeteringen moeten worden doorgevoerd in de basisgegevens.
- het realiseren van de mogelijkheid om **delen van informatie snel te kunnen vervangen of verbeteren** in een analyse of modellering. Dit zal voor veel waterbeheerders nuttig zijn omdat het watersysteem in werkelijkheid continue wijzigt, bijvoorbeeld door gerealiseerde maatregelen om wateroverlast tegen te gaan. Hiervoor is het gebruik van modelgeneratoren een uitkomst.
- Maak en analyseer een **watersysteemkaart**, valideer meetreeksen en maak **waterbalansen** voorafgaand aan modellering en doe **extreme waarden analyses** op meetreeksen om later te vergelijken met modelresultaten.

#### TECHNISCHE UITWERKING OF VOORBEELDEN

Zie de bijlage 4 voor voorbeelden van gegevensverzameling en -beheer. Hieronder is een conceptueel voorbeeld getoond van terugkoppelen van voortschrijdend inzicht.



### 3.3 FACTSHEET 3: ACTUALISATIE, CALIBRATIE EN VERIFICATIE MODELLERING

#### DOEL: ACTUALISATIE EN CALIBRATIE

Het verkrijgen van een model van het huidige watersysteem dat waterstanden en inundaties onder extreme situaties conform de werkelijkheid beschrijft. Het hierbij zo goed mogelijk verwerken van actuele gegevens.

#### RESULTATEN

Betrouwbaar en voldoende gedetailleerd model als basis voor de modelverificatie.

#### AANPAK/METHODE

Er zijn hierbij verschillende aanpakken voor actualisatie denkbaar. Indien er al een model beschikbaar is dat aantoonbaar actueel en gecalibreerd voor hoogwatersituaties is, dan kan dit model gebruikt worden voor de analyses. Indien dit model niet beschikbaar is, dan zal het ontwikkeld of geactualiseerd moeten worden. Een gedetailleerde calibratie van het model is hierbij essentieel.

#### KEUZEN

1. Toetsing wordt uitgevoerd met hydrologisch / hydrodynamisch model.
2. Model bootst de werkelijkheid voldoende nauwkeurig na op basis van expliciete criteria voor waterstanden, debieten en inundaties (zie bijlage 5).

#### ESSENTIALS VOOR KWALITEIT

De essentiële punten waar de actualisatie van het model aan moet voldoen zijn:

- Waterstandbepalende processen als omloop van kunstwerken bij extreme afvoeren, maaiveldstroming en opstuwning door vernauwingen of krooshekken moeten worden meegenomen.
- Kies de calibratieperiode zo dat er een aantal hoogwaterevents in voorkomen, waarin ook inundatie optreedt om zo wateroverlastbepalende faalmechanismen te kunnen meenemen in de modelbeoordeling.
- De acceptabele afwijkingen in de berekende waterstanden worden gerelateerd aan de verschillen in inundatieareaal (voorbeeld: stel 10 cm afwijking maakt 50% inundatieareaal uit, dan is hogere nauwkeurigheid wenselijk).
- Modelbouw en modelverbeteringen moeten zoveel mogelijk beredeneerd en opgebouwd worden vanuit de fysica van het watersysteem.
- Voorafgaand aan calibratie worden zoveel mogelijk parameterwaarden onderbouwd en vastgezet. Voor onzekere parameters wordt een waarschijnlijke bandbreedte bepaald. Bij voorkeur wordt met automatische algoritmes een calibratie uitgevoerd. Indien calibratie vervolgens nog onvoldoende resultaat levert, wordt gestart met verbeteren van het model door na te gaan of er een onderdeel van de schematisatie verbeterd kan worden. Pas in tweede instantie mag gedacht worden aan het verruimen van de bandbreedte voor onzekere parameterwaarden of het variëren van meer parameters. Reden: vaak zitten de meest urgente verbeteringen in de schematisatie en moet zo lang mogelijk aan het onderbouwen van parameterwaarden op basis van gebiedseigenschappen worden vastgehouden. Als dit niet gebeurt worden onterecht fouten in de schematisatie “weggedraaid” door calibratie van onzekere parameters.

**TECHNISCHE UITWERKING OF VOORBEELD**

Technische uitleg bij actualisatie en calibratie is opgenomen in bijlage 5.

**DOEL: VERIFICATIE**

Het controleren of het model de waterstanden en inundaties onder extreme situaties voldoende nauwkeurig beschrijft. Pas na accordering van het model wordt de watersysteemanalyse vervolgd.

**RESULTATEN**

Bevestiging van de betrouwbaarheid van het model en het besluit dat het model voldoet voor de toepassing in de watersysteemanalyse.

**AANPAK/METHODE**

Er zijn verschillende aanpakken voor verificatie denkbaar. Indien er al een model beschikbaar is dat aantoonbaar geverifieerd is voor de toetsing, dan kan dit model gebruikt worden voor de analyses. Indien dit model niet beschikbaar is, dan zal het ontwikkeld moeten worden. In de verificatiestap zal worden gecontroleerd of het model voldoet door wederom de berekeningsresultaten op verschillende manieren te analyseren (zie bijlage 5).

**KEUZEN**

1. Het model wordt geverifieerd door het voor een periode door te rekenen die niet is gebruikt bij calibratie van het model.
2. Model bootst de werkelijkheid bij verificatie voldoende nauwkeurig na op basis van expliciete criteria voor waterstanden, debieten en inundaties (bijlage 5).

**ESSENTIALS VOOR KWALITEIT**

De essentiële punten waar de verificatie van het model aan moet voldoen zijn:

- Indien randvoorwaarden in de verificatieperiode afwijken van de calibratieperiode moeten deze voorafgaand aan het doorrekenen worden aangepast (bijvoorbeeld reeksen met andere buitenwaterstanden, veranderingen in het watersysteem of hoeveelheden inlaatwater).
- Overige randvoorwaarden en parameterinstellingen worden overgenomen uit het gecalibreerde model en tijdens verificatie niet gevarieerd.
- De verificatieperiode is uitdrukkelijk niet bedoeld als calibratieperiode. Wanneer op basis van de verificatieperiode wordt geconcludeerd dat het model nog niet voldoet, dan wordt beredeneerd wat de oorzaak zou kunnen zijn. Vervolgens wordt dit verbeterd in het calibratiemodel en wordt opnieuw gecalibreerd. Zodat daarna wederom onafhankelijk kan worden geverifieerd met de verificatieperiode of het model voldoet.
- Bij de keuze van de verificatieperiode is het ook van belang om een periode te kiezen waarin (extreme) inundaties voorkomen om zo te kunnen beoordelen of het model inundatie op een goede manier berekend.

**TECHNISCHE UITWERKING OF VOORBEELD**

Nadere technische uitleg over verificatie is opgenomen in de bijlage 5.

### 3.4 FACTSHEET 4: WATERSTANDSTATISTIEK

#### DOEL

Het doel van deze activiteit is om voor al het oppervlaktewater te komen tot een betrouwbare bepaling van de extreme waterstanden voor de in de provinciale verordening gegeven herhalingstijden.

#### RESULTATEN

- Frequentiegrafieken van de waterstand per watergang en herhalingstijd.
- Kaartbeeld per herhalingstijd met voor elke watergang de maximale waterstand.

#### AANPAK/METHODE

Om te komen tot waterstandstatistiek worden de volgende activiteiten uitgevoerd:

1. Keuze rekenmethode.
2. Implementatie rekenmethode.
3. Uitvoeren modelsimulaties conform rekenmethode.
4. Statistische nabewerking tot extreme waterstanden.
5. Verificatie resultaten door beheerder.
6. Vervaardigen frequentiegrafieken en kaartbeelden.

#### KEUZEN

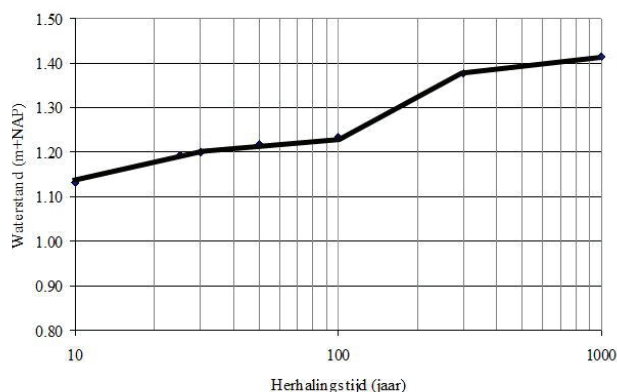
1. Waterstandstatistiek bepalen op basis van hydrologisch / hydrodynamisch model.
2. Rekenmethoden die niet voldoen: 100% GIS-matig, stationair, expert judgement.
3. Acceptabele statistische rekenmethodiek: stochasten en tijdreeks, geen ontwerpbiui.
4. Keuze stochasten- of tijdreeksmethode hangt samen met kenmerken watersysteem en beschikbare gegevens.

#### ESSENTIALS VOOR KWALITEIT

- Implementatie tijdreeks en stochasten vergt (deels) maatwerk. Verantwoorde aansluiting bij (hydrologische) gebiedseigenschappen en voor het gebied wateroverlastbepalende aspecten is cruciaal (zie factsheet 4).
- Bij keuze en implementatie methode rekening houden met niet-lineariteiten in watersysteem.
- Verifiëren waterstandstatistiek door beheerder, mede op basis van meetreeksen.

#### TECHNISCHE UITWERKING OF VOORBEELD

In de bijlage 6 wordt de aanpak gedetailleerd uitgewerkt. De keuze voor een geschikte statistische methodiek en verantwoorde implementatie wordt in factsheet 4.1 en bijhorende bijlage 7 beschreven.





### 3.5 FACTSHEET 4.1: STOCHASTEN EN TIJDREEKSMETHODE

#### DOEL

- Het kiezen van de meest geschikte statistische methode voor het beheersgebied.
- Het zodanig implementeren van de gekozen methode dat de berekende waterstandstatistiek een goede representatie van de werkelijkheid is.

#### RESULTATEN

Het resultaat van deze stap is een gedetailleerde uitwerking van de methode voor het beheersgebied waarin rekening is gehouden met de wateroverlastbepalende aspecten.

#### KEUZE GESCHIKTE METHODE

Bij de keuze voor de meest geschikte methode dient rekening te worden gehouden met in hoeverre onderstaande aspecten (tabel 3.1) in het beheersgebied een rol spelen, in samenhang met de beschikbare statistiek van de wateroverlastbepalende factoren.

TABEL 3.1 VERSCHILLEN IN TOEPASBAARHEID VAN STOCHASTEN- EN TIJDREEKSMETHODE O.B.V. AANTAL ASPECTEN

Aspecten	Stochasten	Tijdreeks
Omgang met niet-lineariteiten (inundatie, maalstop, afwatering buitenwater)	<b>Goed</b>	<b>Matig</b> , wel afhankelijk van lengte tijdreeks of knikpunten worden geïdentificeerd
Meenemen van andere faalmechanismen dan neerslag-afvoer	<b>Goed</b>	<b>Redelijk</b> , afhankelijk of mechanismen zich in reken-periode hebben voorgedaan
Onderlinge afhankelijkheden tussen wateroverlastbepalende aspecten	<b>Redelijk</b> , afhankelijkheden kunnen worden meegenomen, mits voldoende gegevens	<b>Goed</b>
Extrapolatie statistiek	<b>Redelijk</b> , vooraf	<b>Matig</b> , achteraf: bij niet-lineariteiten grote afwijkingen
Begingrondwaterstand als wateroverlastbepalende factor	<b>Goed</b> , wel opletten bij geaggregeerde modellen	<b>Goed</b> , mits modellen jaarrond rekenen
Communiceerbaarheid	<b>Redelijk</b>	<b>Goed</b>
Consistentie met aanverwante dossiers	<b>Goed</b> , idem als waterkering	<b>Redelijk</b>
Bewerkelijkheid	<b>Redelijk</b>	<b>Goed</b>

#### ESSENTIALS BIJ IMPLEMENTATIE

- Het identificeren en meenemen van alle bepalende factoren die bijdragen aan wateroverlast. Naast neerslag en initiële berging in watersysteem mogelijk ook aspecten als afwatering naar buitenwater, interactie stedelijk gebied, intensieve kwel, wind, groeiseizoen en/of faalkans van kunstwerken meenemen.
- Het analyseren in hoeverre niet lineariteiten (inundatie, maalstop, afwatering naar buitenwater) een rol spelen en dit op correcte wijze in de methode verankeren.
- Het analyseren en expliciet vastleggen van de beperkingen van de beschikbare gegevens om stochasten dan wel tijdreeksvariabelen (en onderlinge afhankelijkheden) nauwkeurig te bepalen.

### 3.6 FACTSHEET 5: INUNDATIE ANALYSE

#### DOEL

Het doel van deze activiteit is om ruimtelijk en gebiedsdekkend inzicht te krijgen in locaties die onder normgevende omstandigheden inunderen vanuit het oppervlaktewater.

#### Resultaten

Het resultaat van deze stap is een inundatiekaartbeeld voor elk in de provinciale verordening gevraagde herhalingsstijd.

#### AANPAK/METHODE

Om van maximale waterstanden per watergang (1D) naar een ruimtelijk inundatiebeeld (2D) te komen, wordt een GIS-algoritme toegepast. Er zijn verschillende GIS-algoritmen voor handen waarbij het belangrijk is te beseffen dat elke techniek 'bijwerkingen' heeft. De uitdaging is om de GIS-techniek af te stemmen op de aard van het watersysteem en de wijze waarop dit is gemodelleerd.

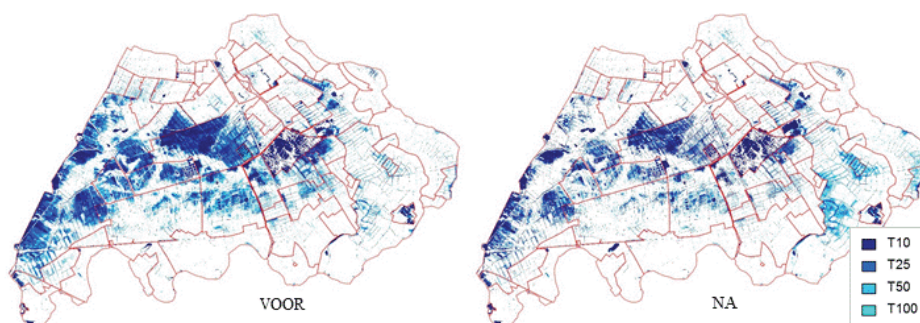
#### KEUZEN

1. Beleidsmatige keuze: bepalen op basis van een kaart met maximale waterstanden voor alle watergangen (deels met modellen, deels doorvertalen).
2. Inundatieanalyse in GIS met hydrologisch consistent algoritme.
3. Inundatieanalyse gebeurt op pixelniveau, op detailniveau dat nodig is voor correcte inundatieberekening (5 x 5, 25 x 25 m).
4. Basis is meest actuele hoogteinformatie (AHN2), zo nodig gecorrigeerd voor bebouwing.

#### ESSENTIALS VOOR KWALITEIT

- Correct meenemen van maaiveldverloop in model is cruciaal (zie voorbeeld).
- Verificatie hydrologische consistentie door inundatievolume te vergelijken met wateroverschot in model.
- GIS-algoritme rekening houden met waterkeringen en ingesloten laagtes.
- Beheerdersoordeel: herkenning inundaties én niet-inundaties.

#### TECHNISCHE UITWERKING OF VOORBEELD



Bovenstaande voorbeeld toont twee berekende inundatiekaarten. Een kaart gemaakt met een model dat nog niet op een goede manier overstromingen berekent (VOOR). In dat geval worden inundaties en dus de knelpunten overschat. Na verbeteringen aan het model worden inundaties realistischer berekend (NA).

# 4

## KNELPUNTENANALYSE

### 4.1 FACTSHEET 6: VERVAARDIGEN NORMERINGSKAART

#### DOEL

Het doel van deze stap is om op basis van het grondgebruik in de provinciale verordening gestelde wateroverlastnormen ruimtelijk te vertalen, zodat deze kunnen worden vergeleken met de inundatiekaarten.

#### RESULTATEN

Het resultaat van deze stap is een gebiedsdekkende normeringskaart.

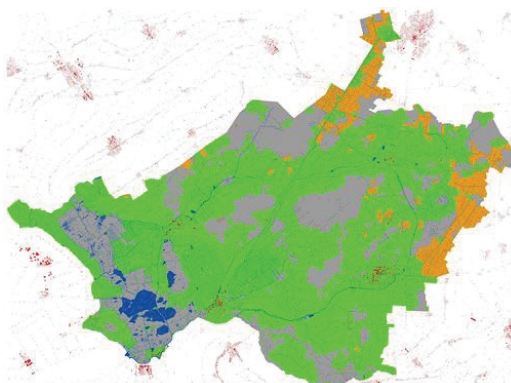
#### AANPAK/METHODE

Om tot deze normeringskaart te komen, worden zowel beleidsmatige als technische keuzen gemaakt. Beleidsmatige keuzen betreffen bijvoorbeeld de omgang met bebouwing, waarbij vervolgens deze keuze technisch wordt vertaald naar welke basisinformatie hiervoor wordt gebruikt. In GIS wordt vanuit het geheel aan keuzen een normeringskaart vervaardigd, een relatief beperkte inspanning.

#### KEUZEN

1. Provinciale verordening is vertrekpunt voor toetsing.
2. Expliciet onderscheid tussen landelijk en stedelijk/bebouwd gebied.
3. Keuze wat onder bebouwd gebied valt (norm  $t=100$ ) volgt uit verordening.
4. Stedelijk gebied niet meenemen conform LGN, maar op basis van huizen, gebouwen, bedrijven, vluchtwegen conform verordening. Tuinen, parken, parkeerplaatsen krijgen andere norm.
5. Stedelijke norm is een vertaling van de meest actuele informatie over de locatie van huizen, gebouwen en bedrijven. Bijvoorbeeld gebaseerd op Top10Huizen / Top10vlakken, GBKN, BGT of aardobservatieproducten (luchtfoto, satelliet).
6. Voor de toetsing van huizen wordt geen rekening gehouden met een veiligheidsmarge maar wordt getoetst op de huidige hoogte van de woning.

#### TECHNISCHE UITWERKING OF VOORBEELD



Voorbeeld van een normeringskaart waarin rekening is gehouden met bebouwing in stedelijk gebied ( $T=100$  norm) en landelijk gebied in stedelijk gebied ( $T=10$  norm).

## 4.2 FACTSHEET 7: KNELPUNTEN EN WATEROPGAVE

### DOEL

Het doel van deze stap is om de watersysteemknelpunten te bepalen en de regionale wateropgave te berekenen.

### RESULTATEN

Het resultaat van deze stap is een knelpuntenkaart inclusief onzekerheidsmarge. Daarnaast wordt een tabel vervaardigd met de wateropgave in hectare voor het totale beheersgebied en per watersysteemeenheid. Eveneens vindt er rapportage van de knelpuntenanalyse plaats met een gedegen analyse en verklaring van de knelpunten. Dit dient als basis voor het vinden van kosteneffectieve maatregelen voor het oplossen van de knelpunten. Tevens zal een belangrijk onderdeel van de rapportage bestaan uit de vergelijking met de vorige toetsing en vooral het duiden van de verschillen.

### AANPAK/METHODE

Deze activiteit wordt in GIS als volgt uitgevoerd:

- vergelijking normeringskaart met inundatiekaarten;
- toepassing maaiveldcriterium;
- berekenen wateropgave in hectare.

Aanbevolen wordt om de knelpuntenkaart opgeschaald te presenteren en niet te laten verleiden tot het communiceren van kuubs achter de komma.

### KEUZEN

1. Knelpunt geldt voor zichtjaar 2015: huidig klimaat, huidig watersysteem inclusief in 2015 gerealiseerde autonome ontwikkelingen.
2. Oplossen knelpunt klimaatrobuust op basis van klimaat 2050 en KNMI klimaatscenario's 2013.
3. Toetsing voor al het oppervlaktewater.
4. Toetsing op pixelniveau, voor communicatie opschalen / aggregeren naar afwateringseenheid. Filosofie: proces zo gedetailleerd mogelijk uitvoeren, minimaal verlies aan informatie en nauwkeurigheid gedurende toetsing.
5. Wateropgave is de totale omvang van het probleem (knelpunten) en wordt uitgedrukt in hectares.
6. Toepassing maaiveldcriterium op het niveau van afwateringseenheden.

### ESSENTIALS VOOR KWALITEIT

- Filtering oppervlaktewater van belang voor realistische wateropgave.
- Finaal beheerdersoordeel voor vaststellen knelpunten.
- Rekening houden met interactie regionale en stedelijk wateropgave.
- Aandacht voor verantwoorde en weldoordachte communicatie van de wateropgave: niet te gedetailleerd; met onzekerheidsbandbreedte; heldere verklaring verschillen met vorige toetsing.

### TECHNISCHE UITWERKING OF VOORBEELD

Zie bijlage.

### 4.3 KORTE DOORKIJK NAAR OPLOSSINGENANALYSE

Het eindresultaat van de watersysteemtoetsing is een knelpuntenkaart en wateropgave in hectares. Veel waterschappen zullen vervolgens (een deel van) de wateropgave willen oplossen door het treffen van maatregelen. Het totaal aan maatregelen om de regionale wateroverlast naar een aanvaardbaar niveau terug te brengen heet niet de wateropgave maar het maatregelenpakket (zie definitie in paragraaf 1.1). Dit maatregelenpakket kan bestaan uit een breed scala aan maatregelen en hoeft qua ruimtebeslag en kuubs geen directe relatie met de wateropgave (het probleem) te hebben (zie paragraaf 1.3).

Een zorgvuldige analyse van knelpunten en de hieraan ten grondslag liggende faalmechanismen dient de basis voor de oplossingenanalyse te zijn. Bijvoorbeeld of het knelpunt veroorzaakt wordt door een beperkte afwatering naar het buitenwater, of een hydraulisch knelpunt is, of het gevolg is van structureel hoge grondwaterstanden. Deze probleemanalyse is nodig om te komen tot een zo kosteneffectief mogelijk maatregelenpakket.

De wijze waarop waterschappen omgaan met maatregelen loopt sterk uiteen en uniformering op dit vlak is niet mogelijk noch wenselijk. Zo zijn er veel waterschappen die het vinden van oplossingen voor de wateropgave meenemen in gebiedsprocessen waarbij tevens andere thema's zoals KRW, GGOR en Zoetwater worden meegenomen. Bij het meekoppelen aan gebiedsprocessen speelt fasering ook een rol, waarbij niet alle maatregelen in 2015 worden uitgevoerd. Andere waterschappen werken aansluitend op de watersysteemtoetsing een globaal maatregelenpakket uit, wat vervolgens in inrichtingsplannen nader wordt verfijnd.

Naast de uiteenlopende werkwijzen bij het zoeken naar oplossingen, is dit proces ook sterk bestuurlijk gekleurd. Of knelpunten problemen zijn die oplossingen behoeven, is een bestuurlijk vraagstuk. Dit blijkt ook uit de verschillende wijzen hoe waterschappen hun systeem op orde willen krijgen. Zeker niet alle knelpunten worden zonder meer opgelost en tevens worden gebiedsnormen opgesteld. Waterschappen prioriteren knelpunten en besteden veelvuldig aandacht aan kosten-baten analyses om te onderzoeken of de baten opwegen tegen de te maken investeringen. Verschillende waterschappen maken de keuze om knelpunten niet (volledig) op te lossen wanneer de investeringen ruimschoots hoger zijn dan de baten. Via een update van de schadefuncties biedt STOWA handvatten om dergelijke analyses aansluitend op de watersysteemtoetsing te kunnen doen (deze rapportage is in voorbereiding).

De wijze waarop kosten-baten analyses worden meegenomen bij het al dan niet oplossen van knelpunten verschilt sterk per waterschap, al neemt het merendeel van de waterschappen dit in enige mate mee. Verwezen wordt naar de systematiek zoals beschreven in "MKBA in de regio", zie daarvoor de website [www.mkbainderegio.nl](http://www.mkbainderegio.nl).

In het uiterste geval kan het wenselijk zijn om de keuzen voor het treffen van maatregelen puur vast te stellen op basis van een gebiedsgerichte economische risico-analyse. Technisch fraai, maar mogelijk bestuurlijk en maatschappelijk moeilijk communiceerbaar.

De waterschappen hebben er dan ook voor gekozen om de in de provinciale verordening vastgelegde normen voor wateroverlast als vertrekpunt te nemen, waarbij uitkomsten van kosten-baten analyses er wel degelijk toe kunnen leiden dat niet aan een bepaalde norm wordt voldaan. Dit is een bestuurlijke afweging.

Door de Unie-commissie wordt geadviseerd om de maatregelen voor het oplossen van knelpunten (op basis van de toetsing van het huidige watersysteem, conform het huidige klimaat) robuust uit te voeren met het oog op het klimaat(scenario) in 2050. Dit lijkt verstandig zodat voor 2050 het gebied niet opnieuw op de schop moet. Het is doelmatig om in één keer een toekomstbestendige maatregel uit te voeren en bovendien 'val je de streek dan maar een keer lastig'. Echter, het staat elk waterschap vrij om hierin eigen keuzes te maken.

# 5

## AANBEVELINGEN

In deze paragraaf zijn de aanbevelingen samengevat:

1. Streven naar (op uniforme wijze vaststellen van) gebiedsnormen.
2. Bediscussieer de noodzaak tot actualisatie van het maaiveldcriterium.
3. Waarborg een eenduidig gebruik van de term “Wateropgave”.
4. Creëer een proces waarin waterschappen kennis en praktijkervaringen uitwisselen wat betreft de watersysteemtoetsing, gericht op uniformering en doelmatigheid.
5. Evalueer de effecten van deze werkwijze en stel op basis hiervan een strategie op voor verdere kwaliteitsverbetering en uniformering in de toekomst.

Deze aanbevelingen worden hieronder beknopt toegelicht:

### 1) STREVEN NAAR GEBIEDSNORMEN (BIJLAGE 9)

Op basis van diverse provinciale verordeningen wordt de norm bij elke toetsing vernieuwd op basis van het actuele grondgebruik. Dit betekent dat het watersysteem aan scherpere eisen moet voldoen wanneer in een gebied meer akkerbouw op de plek van grasland is gekomen. Het steeds meebewegen van het watersysteem met het actuele grondgebruik is een onwenselijke situatie. Daarom wordt aanbevolen om op termijn in de provinciale verordening gebiedsnormen vast stellen:

- waarin onderscheid wordt gemaakt naar landelijk en stedelijk gebied;
- de stedelijke norm betrekking heeft op huizen, gebouwen, bedrijven en belangrijke infrastructuur binnen de bebouwde kom en is gebaseerd op de meest actuele informatie;
- de landelijke norm wordt bepaald op basis van de ‘bestemming’ van de grond die voor grotere eenheden wordt vastgesteld (‘overwegend’ landgebruik). Bijvoorbeeld het gehele veenweide gebied krijgt de norm T10 (grasland) ook het ene perceel met suikerbuiten. Dit voorkomt de ongewenste situatie dat een heel klein aandeel van het landgebruik in een gebied maatgevend wordt voor de eisen aan het watersysteem.
- deze gebiedsnormen kunnen afwijken van de basisnormen. Bijvoorbeeld aan natte beekdalen of veenweide gebieden kan een alternatieve norm worden toegekend.

### 2) BEDISCUSSIEER NOODZAAK ACTUALISATIE MAAIVELDCRITERIUM (BIJLAGE 10)

Het maaiveldcriterium is ingevoerd om beginnende inundatie nog niet als een knelpunt te benoemen, daarnaast was het ook een oplossing voor de onnauwkeurigheid van hoogtebestanden in het verleden. Deze onnauwkeurigheid zorgde voor de onwenselijke situatie dat bij het bepalen van knelpunten, lage delen in het terrein te snel als knelpunt werden bestempeld. De manier waarop het maaiveldcriterium moet worden toegepast is niet eenduidig genoeg in provinciale verordeningen opgenomen. Zo bestaat er de willekeur, geïntroduceerd door de grootte van het gebied bij het toepassen van het maaiveldcriterium. In de themagroep NBW op 21 september 2011 is geconcludeerd dat het toepassen van het maaiveldcriterium maatwerk is en daarom geen invulling krijgt in deze werkwijze.

Gezien het feit dat de digitale hoogtebestanden steeds nauwkeuriger worden en de wens om de willekeur en methodiek om het maaiveld criterium wel uniform te willen definiëren, is door de themagroep NBW de noodzaak geconstateerd om het maaiveldcriterium tegen het licht te houden.

In deze discussie moet centraal staan of het maaiveldcriterium moet worden gehandhaafd ('wat is de meerwaarde') en of de wijze waarop bijstelling behoort zonder de huidige willekeur en noodzaak tot maatwerk.

### **3) WAARBORG EENDUIDIG GEBRUIK VAN DE TERM "WATEROPGAVE"**

#### **(PARAGRAAF 1.3)**

Er is in deze studie een eenduidige definitie voor de term wateropgave vastgesteld. Dat er in de loop der jaren verschillende definities in gebruik zijn geraakt, maakt het nodig om het gebruik deze eenduidige definitie te bevorderen. Daarmee worden de nadelen van enige verwarring die in de praktijk optrad voorkomen. Zo wordt voorkomen dat er alsnog in landelijke stukken begrippen verschillend uitgelegd worden. Het is nodig om aandacht te besteden aan het correct gebruiken van de verschillende termen bij technici, bestuurders en burgers. Aanbevolen wordt om een duidelijke samenvatting of leaflet te maken van de termen die bij het vaststellen van de wateropgave worden gebruikt en deze breed onder de aandacht te brengen. Bij deze beschrijving dient ook een duidelijke relatie gelegd te worden met de manier waarop toetsingsresultaten gecommuniceerd kunnen worden met besturen en burgers. Waarbij uitleg wordt gegeven hoe in de loop van de tijd om wordt gegaan met voortschrijdend inzicht en het periodiek vernieuwen van toetsingsresultaten.

### **4) AANVULLEND TRAJECT VOOR UITWISSELING VAN KENNIS EN PRAKTIJKERVARING**

#### **(PARAGRAAF 1.1)**

Dit document bevat de werkwijze voor de watersysteemtoetsing. Waterschappen zullen de beschreven keuzen volgen, tenzij er met goede argumenten van wordt afgeweken. Omdat naast de keuzen op hoofdlijnen er nog veel aanvullende keuzen worden gemaakt bij de toetsing, heeft het leren van elkaar meerwaarde. Dit is duidelijk geconcludeerd tijdens gesprekken met vertegenwoordigers van waterschappen in het kader van dit project. Daarom wordt aanbevolen om rond het thema watersysteemtoetsing oplossingen te bedenken voor kennisoverdracht. Wij bevelen aan om in het voorjaar en najaar van 2012 een watersysteemtoetsingsdag te organiseren, gericht op het delen van ervaringen, kennis en tools. Daarnaast kan "Community-of-Practise" op het internet zinvol zijn. Op deze manier kan de uniformiteit tussen waterschappen en de kwaliteit van de toetsing worden bevorderd.

### **5) DOELEN EN EEN STRATEGIE VOOR TOEKOMSTIGE UNIFORMERING**

#### **(PARAGRAAF 1.1)**

Dit document is opgezet om belangrijke eerste stappen te zetten om kwaliteitsverbetering en uniformering van de watersysteemtoets te behalen. De waterschappen zullen de komende jaren hierin samenwerken. Dan zal ook duidelijk worden, welke gezamenlijke keuzen er wenselijk zijn om in de loop van de tijd aanvullende kwaliteitsverbetering, uitwisseling van kennis en instrumenten en uniformering te behalen. Aanbevolen wordt om op een geschikt moment (bijvoorbeeld in de loop van 2013) een evaluatie van het effect van deze rapportage op de watersysteemtoetsing uit te voeren. Aanbevolen wordt om aansluitend, op basis van de conclusies, doelen en een strategie voor verdere kwaliteitsverbetering en uniformering op te stellen. Als er in de toekomst behoefte blijkt te ontstaan aan meer detail in de standaardwerkwijze dan kan dit later op verzoek van de waterschappen worden uitgewerkt.



# 6

## LITERATUUR

**Adviesgroep Normering Wateroverlast** (2006) Advies Normering Regionale Wateroverlast. Concept behandeling regiegroep water. 9 februari 2006.

**Bierkens, M.F.P.** (2001) PHLO-cursus "Water- en stoffenbalans". Fouten in meetgegevens en modeluitkomsten. Wageningen UR. Alterra. Wageningen.

**Boiten, W., R. Velner, R. Dijkma en J. Kole** (2002) Waterbalansen voor de polders Atsjetille, Edens, Rodenburg en Grouster Laagland. Opdrachtgever: Wetterskip Marne-Mittelsee. Rapport 111. Wageningen Universiteit.

**Bosch, S, H. Hakvoort en F. Diermanse** (2006) Verantwoord omgaan met de nieuwe neerslagstatistiek. Stromingen jaargang 12, nr. 1.

**Bosch, S. en J. Gooijer** (2011) Uitbreidingen op de nieuwe neerslagstatistiek. In: H2O. Nr. 10.

**Dahm R., N. Goorden en E. Verschelling** (2011) Onzekerheden in modelschematisaties: Berging door inundatie. Deltares. In opdracht van waterschappen Veluwe en Brabantse Delta.

**De Graaff, B. en R. Versteeg** (2000) Wateroverlast, zo goed als zeker. H2O nr. 21, pag. 28-30.

**Gooijer, J., G. Zantingh, S. Bosch en H. Hakvoort** (2009) Versie 2.0, Handboek Modelleren en NBW-toetsing. Waterschap Noorderzijlvest. December 2009. Status: Definitief.

**Hoogheemraadschap Schieland en de Krimpenerwaard en Nelen&Schuurmans** (2009) Watersysteemanalyse Rotterdam-Noord. Modelstudie. Eindrapport. Dossier: J0146.

**Heijkers, W.J.M., Veldhuizen, A.A., Borren, W. en Nijsten, G.J.** (2010) Het gebruik van gekarteerde GxG-schattingen voor de kalibratie van een hydrologisch model; In: Stromingen: vakblad voor hydrologen Deel(Jaar)Nummer 16(2010)1

**HKV** (2011, in voorbereiding). BOWA: Bereken Onzekerheid Wateropgave. Opdrachtgever STOWA.

**HKV en Siebe Bosch Hydroconsult** (2011, in voorbereiding). Actuele neerslagstatistiek en verdampingsreeksen (titel onder voorbehoud) . Opdrachtgever STOWA.

**Klopstra, D., M. Talsma en F. van Kruiningen** (2010) Praktische gevolgen voor het waterbeheer van regionale verschillen in extreme neerslag. H2O nr. 1 pag. 32-34.

**Kok, M. en D. Klopstra** (2010) Samenhang tussen normen voor overstroming en wateroverlast.

**MNP** (2006) Audit WB21: Eerste analyse opgave wateroverlast regionaal watersysteem t.b.v. LBOW overleg 11 september 2006

**Spijker, M.** (2010) Werkgroep Watersysteemtoets 2012. Advies. Eindrapport. STOWA-rapport 2010-42. Opdrachtnemer: HydroLogic.

**Sterk Consulting** (2011) Inventarisatie normering wateroverlast in provinciale verordeningen. In opdracht van Unie van Waterschappen. 17 maart 2011.

**STOWA** (2004) Statistiek van extreme neerslag in Nederland. Rapport 2004-26.

**Unie van Waterschappen** (2003) Normering regionale wateroverlast NBW artikel 13 en technische onderbouwing van de Kerngroep Normering regionale wateroverlast. 30014.

**Unie van Waterschappen** (2005) Rapportage Toetsing Werknormen. Oktober 2005.

**Valstar, J., J. Heijkers en W. Borren** (2010) Bepaling modelonzekerheid voor het grondwatermodel van het Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden. Stromingen 16 (2010) nummer 2 & 3

**van der Gaast, J., H.R.J. Vroon en H. Massop** (2010) Grondwaterregime op basis van karteerbare kenmerken. STOWA rapport 41 ([www.STOWA.nl](http://www.STOWA.nl)).

**Velner, R., T. Kleinendorst, B. van der Wal en F. Verhagen** (2010) Een oproep aan hydrologisch Nederland: voor een moderne werkwijze bij databeheer en modelleren. In: Stromingen jaarg. 16. Nr. 1.

**Versteeg, R. en B. de Graaff** (2009) Validatieplan waterkwantiteitsmetingen. STOWA-rapport 2009-20. Opdrachtnemer: HKV Lijn in Water.

**Versteeg, R., H. Hakvoort en M. Visser** (2011) Toepassing van op radar gebaseerde gebiedsreductiefactoren bij de NBW-toetsing. Stromingen jaargang 17,

**Wendt, T. en J. Heijkers** (2005) Stedelijk-hydrologische modellering. Beleidsmatige problematiek, aanpak en eerste resultaten. Stromingen Nummer 1.

**Willems, P.** (2009) Methodologie voor modellering van hydrologische extremen. Stromingen jaargang 5, nr. 4.



BIJLAGE 1

IN DE PRAKTIJK GEBRUIKTE WERKWIJZEN  
2003-2011

In het kader van deze studie is door de STOWA verzocht aan waterschappen om informatie toe te sturen over de manier waarop al uitgevoerde toetsingen zijn uitgevoerd. Daar is door veel waterschappen op gereageerd, zodat een goed landsdekkend beeld ontstond over de diversiteit in de manier waarop de toetsing in het verleden is uitgevoerd. Met deze informatie is in deze bijlage een overzicht gemaakt hoe de toetsingen zijn uitgevoerd. Er is de onderverdeling aangehouden zoals opgenomen in figuren 2.1 t/m 2.3 in hoofdstuk 2. Het biedt een overzicht van verschillende keuzen, maar ook een aantal aspecten die problemen opleverden bij het uitvoeren van het toetsingsproject.

## A WATERSYSTEEMANALYSE

### Vaststellen uitgangspunten

- Voorafgaand aan schematiseren en modelleren wordt samen met veldkenners een beeld gevormd wat er uit de modellering zal komen.
- Er moet zichtbaar gemaakt worden waar er correcties op basisgegevens zijn gemaakt en wat daarvoor de argumenten zijn.
- Stedelijke wateropgave wordt losgekoppeld van regionale wateropgave.

### Gegevens

- Gegevens waren niet altijd direct beschikbaar, verzamelen kost meer tijd dan eerst gedacht.
- Legger gegevens gebruikt.
- Grondwatertrappenkaart gemaakt door Alterra.
- Omdat gegevens in het proces van toetsen in een aantal slagen worden verbeterd en aangevuld bestaat de wens om hiermee flexibel om te gaan.
- Borging kwaliteit van de basisgegevens via handboek “good modelling practise” uit 1999.

### Modellering

- Alle leggerwatergangen opgenomen in hydraulisch model.
- Theoretisch dwarsprofiel opgenomen, niet een gemeten dwarsprofiel.
- Geconstateerd: kleine kunstwerken in de haarvaten leveren rekentechnische problemen, dit komt bijvoorbeeld door onjuiste gegevens over hoogteligging.
- Er is stationair gerekend met DIWA, hydrodynamisch met DufLOW of Sobek, hydrologisch met Sobek-RR, Simgro, RAM.
- Er wordt nagedacht over de manier waarop in berekeningen het regionale systeem (grotere rivieren) moet worden gekoppeld met modellering van het lokale watersysteem van een waterbeheerder.
- In vlakke gebieden wordt het open water als een bakje gemodelleerd (met andere woorden: niet hydraulisch).
- Er werd geconcludeerd dat waterberging op maaiveld niet goed werd meegenomen in berekeningen.
- Stedelijk gebied wordt versimpeld meegenomen, rekenresultaten zijn bruikbaar voor regionale wateropgave, maar niet voor bepalen stedelijke wateropgave.

#### Waterstandstatistiek

- Bepaald op stationaire manier met behulp van maatgevende afvoer.
- Bepaald met stochastenmethode.
- Bepaald met tijdreeksmethode.
- Er is met normbuien gerekend waarbij neerslaggebeurtenissen representatief worden verondersteld voor herhalingstijden van extreme waterstanden.
- Neerslag invoer wordt gecorrigeerd voor zomer en winter perioden.

#### Inundatieanalyse

- Berekenende extreme waterstanden worden eerst over de waterlopen geïnterpoleerd om vervolgens te worden geprojecteerd op een hoogtekaart om een inundatiebeeld te krijgen.
- Berekenende volume aan inundaties dient globaal overeen te komen met het volume water van de afvoergolf (boven maaiveldniveau).
- Er wordt indirect rekening gehouden met aanwezigheid van kaden.
- Inundaties worden mogelijk overschat door ontbrekende informatie over kaden.
- GIS-matig berekenende inundatie in ingesloten laagten die niet in verbinding staan met het oppervlaktewater, zijn zoveel mogelijk verwijderd. Dit is handwerk dat onvolkomenheden van GIS-tools moet verhelpen.

### **B KNELPUNTENANALYSE**

#### Vervaardigen normeringskaart

- Er is een kaart met landgebruik op pixelniveau gemaakt.
- Er is een kaart met landgebruik gemaakt waarin voor grotere eenheden het overwegende landgebruik is vastgelegd.
- Er zijn aanvullende keuzen gemaakt ten opzichte van de werknormen in het NBW.
- Er is in beekdalen gerekend met andere normen voor inundatiefrequentie.
- Er moet maatwerk geleverd worden bij bijvoorbeeld kampeerterreinen of terreinen waar vanuit de historische situatie andere normen gelden (bijvoorbeeld Flevoland).
- In stedelijk gebied wordt de link gelegd met drempelhoogten.
- Er wordt gewerkt aan het benoemen van normen voor inundatie van natuurgebieden, omdat deze ook gevoelig kunnen zijn voor inundatie.
- Voor de indeling van het beheersgebied in grondgebruiktypen voor toetsing wordt uitgegaan van vigerende plannen en ontwikkelingen.

#### Bepalen knelpunten

- Er is met verschillende klimaatscenario's gerekend.
- Maaiveldcriteria op verschillende wijze toegepast.
- Toetsing vond plaats op het niveau van afwateringseenheden.

#### Beheerdersoordeel

- Met beheerdersoordeel wordt de modellering beoordeeld en verbeterd.
- Inundatiekaarten en toetsresultaten worden beoordeeld op logica.
- Beheerdersoordeel wordt ook gebruikt voor het maken van bestuurlijke, politieke afwegingen.



BIJLAGE 2

SAMENVATTING RAPPORTAGE  
'INVENTARISATIE NORMERING  
WATEROVERLAST IN PROVINCIALE  
VERORDENINGEN'



Sterk Consulting heeft onderzoek gedaan naar de vraag “in hoeverre verschillen bij de toetsingsresultaten van watersystemen worden veroorzaakt door provinciale verordeningen”. Daarvoor is een inventarisatie van alle provinciale waterverordeningen en bijbehorende toelichtingen uitgevoerd.

De rapportage begint met het schetsen van het Juridische kader, te weten:

- Nationaal Bestuursakkoord Water (NBW);
- Nationaal Bestuursakkoord Water Actueel (NBW-actueel);
- Waterwet.

In tabellen in de rapportage en bijlagen bevatten de belangrijkste bevindingen over de wijze waarop normen zijn vastgelegd.

De analyse van Sterk Consulting wijst uit dat:

1. Slechts bij enkele verordeningen normeringskaarten zijn opgenomen.
2. Er grote variatie is in de manier waarop gebruiksfuncties en daarbij behorende normen en maaiveldcriterium zijn opgenomen.
3. In alle verordeningen een bepaling is opgenomen dat gedeputeerde staten nadere voorschriften of regels kan stellen.
4. De wijze waarop landgebruik wordt bepaald in de verordeningen is op zeer gevarieerde wijze gebeurd.
5. Veel verordeningen bevatten de bepaling dat, indien de beoordeling daartoe aanleiding geeft, de verslagen van de toetsing een omschrijving van de voorzieningen die nodig worden geacht en de termijn waarbinnen deze voorzieningen getroffen worden dienen te bevatten.
6. Er verschillen zijn geconstateerd in de planning die in de verschillende verordeningen zijn opgenomen.
7. Er een tweedeling aanwezig is wat betreft het tijdstip wanneer de regionale wateren moeten voldoen aan de normen. Enerzijds wordt 2015 genoemd in artikelen. Anderzijds wordt het IPO model waterverordening gevolgd en geven verordeningen aan dat het tijdstip, na overleg, wordt vastgesteld. In de meeste toelichtingen is gewezen op het NBW waarin 2015 is genoemd en de uitzonderingsmogelijkheden tot 2027.

Sterk Consulting doet de volgende aanbevelingen voor uniformeren van de watersysteemtoets:

1. Gesprekken tussen Unie van waterschappen, waterschappen, IPO en provincies om te bespreken of verdergaande harmonisatie en uniformering mogelijk is. Als er voor uniformering gekozen wordt, zouden volgende aanbevelingen aandacht moeten krijgen.
2. Delen en bespreken van rapportage “Inventarisatie normering wateroverlast in provinciale verordeningen”.
3. Samenwerken aan eenduidige uitgangspunten.
4. Gezamenlijk ontwikkelen van een nieuwe IPO-modelwaterverordening.
5. Gezamenlijk nagaan voor welke provinciale verordeningen een verdergaande harmonisatie gevolgen zou hebben.
6. Waar nodig, het aanpassen van provinciale verordeningen.

BIJLAGE 3

VASTSTELLEN UITGANGSPUNTEN  
WATERSYSTEEMANALYSE  
(BIJLAGE BIJ FACTSHEET 1)

Om tot meer uniform samengestelde toetsingsresultaten te komen zijn de eisen aan het formuleren van de uitgangspunten:

- Benoem de uitgangspunten in een eerste stap in de watersysteemanalyse. Dit is een belangrijke stap omdat de keuzen in het vervolg van de toetsing ervan afhankelijk zijn.
- Streef er naar om zo concreet mogelijk de uitgangspunten te benoemen.
- Streef er ook naar om de uitgangspunten met een groep kenners en belanghebbenden vast te stellen. Door dit aan de voorkant te doen, kan de toetsing doelgericht worden uitgevoerd en zijn vooraf de doelstellingen en de producten bekend.

#### **VOORBEELDEN VAN UITGANGSPUNTEN VOOR DE WATERSYSTEEMANALYSE**

1. We willen inundatiefrequentiekaarten maken voor herhalingstijden x, y en z met een resolutie van (bijvoorbeeld) 25 bij 25 meter (producten: kaarten op A0 in pdf formaat).
2. Met deze kaarten willen we het beheersgebied van waterschap X toetsen aan de normen voor regionale wateroverlast uit de provinciale verordeningen (product: kaarten op A0 in pdf formaat).
3. De inundatiefrequentiekaarten willen we vaststellen met een hydrologisch model.
4. Dit model willen we calibreren en valideren voor meerdere jaren en toetsen op plausibiliteit bij een extreme gebeurtenis door middel van het doorrekenen van een realistische, extreme gebeurtenis (combinatie van extreme voorgeschiedenis, neerslagpatroon en hydraulische randvoorwaarden).
5. We starten met gegevensverzameling en grondige controle op kwaliteit, om zo veel mogelijk te voorkomen dat inspanningen later opnieuw moeten omdat te laat blijkt dat de kwaliteit van de basisgegevens onvoldoende is. Dit betekent dat voorafgaand aan modelbouw gegevens worden gecontroleerd, verbeterd en aangevuld. De verbeteringen en aanvullingen worden bijgehouden zodat op basis van deze bevindingen de basisgegevens bij het waterschap kunnen worden verbeterd voor toekomstige toepassingen (vaak door missende gegevens in het veld in te meten en in het beheerssysteem te brengen).
6. We willen de gegevensverzameling vanaf de start van het project ordenen en bijhouden in een overzichtelijke structuur, die ook opgezet is om versiebeheer van basisgegevens bij te houden en overzichtelijk te blijven gedurende het gehele toetsingsproces. Zo kan achteraf altijd terug worden gevonden welke basisgegevens zijn gebruikt en welke keuzen zijn gemaakt.
7. Daarna maken we een systeembeschrijving voorafgaand aan het modelleren op basis van geografische informatie en meetreeksen. Dit is nuttig om vooraf de inzichten over het watersysteem te bundelen en beschrijven, om daar bij het modelleren gebruik van te kunnen maken. Zo voorkomen we tunnelvisie gedurende het modelleerproces. Een belangrijk onderdeel van deze systeembeschrijving is een analyse van de meetreeksen van afvoeren en waterstanden. We doen dit onder andere door het maken van langjarige waterbalansen op basis van metingen en relatief eenvoudige balansberekeningen. Door bijvoorbeeld meetreeksen van afvoeren op achtereenvolgende locaties in een stroomgebied met elkaar te vergelijken kunnen uitspraken worden gedaan over consistentie en betrouwbaarheid. Dit voorkomt het op een verkeerde manier gebruiken van meetreeksen die achteraf minder betrouwbaar bleken. Zo wordt zoveel mogelijk voorkomen dat er onterecht teveel calibratie inspanningen worden verricht om het model te laten overeenkomen met inconsistente meetreeksen. Dit doet geen afbreuk aan het algemene nut en gebruik van meetreeksen, meetreeksen zijn over het algemeen vaak heel bruikbaar. Echter, wanneer een deel van de meetreeksen minder betrouwbaar is, dan is het belangrijk dit bij het begin van het proces te weten zodat keuzen daar op afgestemd kunnen worden.
8. Het model dient extreme waterstanden realistisch uit te rekenen, we streven er naar om alle processen die daarbij een rol spelen in het model te brengen zodat zo veel mogelijk voorkomen

wordt dat resultaten niet representatief zijn voor de werking van het watersysteem. Als dit niet voldoende wordt gedaan zullen bij het gebruik van het model vooral voor de extreme gebeurtenissen onrealistische resultaten worden verkregen.

9. Het model zal worden gecalibreerd waarbij gestreefd wordt naar resultaten met de volgende kenmerken: er zijn geen structurele over- of onderschattingen van gemeten piekafvoeren en waterstanden. De gemiddelde, absolute afwijkingen tussen gemeten en berekende piekafvoeren (T=1 of minder frequent) zijn niet groter dan 5%. De gemiddelde, absolute afwijkingen tussen gemeten en berekende piekwaterstanden (T=1 of minder frequent) zijn niet groter dan 10 cm. Het cumulatieve verloop van de afvoer over de calibratiejaren is vergelijkbaar tussen metingen en berekeningen (beoordeling door visuele inspectie van grafieken). Waar deze kwaliteit niet haalbaar blijkt, zal naar (mogelijke) verklaringen worden gezocht en worden deze gerapporteerd.
10. Voor de validatieberekeningen worden dezelfde beoordelingscriteria als bij calibratie genomen om het model te beoordelen. Daarnaast wordt een plausibiliteitstoets uitgevoerd, door het model voor een extreme gebeurtenis door te rekenen. Resultaten van calibratie, validatie en plausibiliteitstoets worden besproken met gebiedskenners om het beheerdersoordeel mee te nemen in de beoordeling van het model.
11. Van gegevensverzameling en -beheer, modelkeuzen en modelberekeningen worden logboeken bijgehouden om keuzen en aanpak in terug te zoeken. Welke gegevens worden gebruikt worden ook hierin vastgelegd.
12. We streven er naar om alle verbeteringen aan model en methodiek die naar voren komen bij het beoordelen van tussenresultaten, door te voeren in basisgegevens, het model en de methodiek. We streven er naar om geen suboptimale oplossingen in te brengen zoals het 'wegpoetsen' van resultaten in uitvoer en inundatiekaarten of het aanwezig laten van aantoonbaar verkeerde resultaten, zonder naar de oorzaak te zoeken. Praktijkervaring leert dat deze oplossingen later weer problemen geven bij vergelijkbaarheid, reproduceerbaarheid, uitlegbaarheid en vervolgebruik van toetsingsresultaten.

Uit de voorbeelden hierboven blijkt dat er al behoorlijk wat detail zit in de doelstellingen. Zo wordt duidelijk wat de wenselijke doelen zijn, zodat zo min mogelijk onbewuste, willekeurige keuzen tijdens het proces van de toetsing worden gemaakt.

Nadeel hiervan is namelijk dat deze keuzen vaak ingegeven worden door pragmatisme of planning. Het is op zich niet erg om deze argumenten tijdens het toetsingsproces mee te laten wegen en gedurende het proces keuzen te maken, maar het is wel belangrijk om consequenties van vooraf gewenste doelstellingen bij de afweging mee te nemen. Zo kan worden voorkomen dat er keuzes worden gemaakt die een te grote afwijking van de doelstellingen introduceren, zonder dat daarvoor bewust wordt gekozen.

Tijdens deze fase wordt ook vastgelegd of er nog modelontwikkeling nodig is. In sommige gevallen zal met een bestaand model gewerkt worden dat recent ontwikkeld is en geschikt voor de toepassing van de toetsing. Terwijl in andere gevallen een nieuw model ontwikkeld zal worden of een bestaand model verbeterd.



BIJLAGE 4

GEGEVENSBEHEER EN LINK  
MET MODELLERING  
(BIJLAGE BIJ FACTSHEET 2)

Om tot meer uniform samengestelde toetsingsresultaten te komen zijn de eisen aan het verzamelen en beheren van gegevens als volgt:

Voor het uitvoeren van de toetsing van het regionale watersysteem zijn veel verschillende gegevens nodig. Zonder basisgegevens over het watersysteem en analyses die informatie over inundatiefrequenties opleveren is een toetsing niet mogelijk.

Het toetsen van watersystemen vraagt namelijk om informatie die niet eenvoudig uit een basiskaart is af te leiden of het resultaat is van een simpele analyse. Er moet op voldoende hoog detailniveau, verschillende informatie met elkaar gebruikt worden om de juiste informatie over het gedrag van het watersysteem vast te leggen en daar conclusies aan te verbinden. Vandaar dat het verzamelen en beheren van al deze informatie een belangrijke plek inneemt in het toetsingsproces.

### **BRONNEN**

Daarom begint het toetsingsproces met het vergaren van de benodigde informatie over het watersysteem, de volgende informatie is in ieder geval nodig:

1. Ligging waterlopen en eigenschappen.
2. Recent ingemeten afmetingen van dwarsprofielen (voor calibratie en validatie).
3. Ligging kunstwerken en eigenschappen.
4. Maaiveldhoogtekaarten.
5. Landgebruikkaarten.
6. Bodemkaart.
7. Informatie over de geohydrologische kenmerken van de ondergrond.
8. Optioneel: juridisch vastgelegde leggerprofielen voor de toetsing (in plaats van huidige dwarsprofielen).

### **GEGEVENSCONTROLES**

Het controleren van gegevens, voorafgaand aan het gebruik in modelleringen, is erg belangrijk. Manieren om dit te doen zijn (tips en tricks):

- Maak een watersysteemkaart door alle onderdelen van het watersysteem te plotten op A0 en zoveel mogelijk eigenschappen erbij te plotten. Beoordeel de informatie over het watersysteem op consistentie met behulp van ervaren beheerders en watersysteemanalisten (hydrologen, modellers).
- Sorteert alle getalsmatige informatie (bijvoorbeeld kruinhoogten van stuwen) van hoog naar laag en laag naar hoog in een Gis-tabel. Zo kunnen uitschieters of missers in de informatie worden gesignaleerd.
- Vaak is de kwaliteit van digitale kaartlagen met watergangen niet optimaal zoals het niet goed verbonden zijn van watergangen. Dit aspect kan met GIS-routines worden gecontroleerd die losse einden in beeld brengen. Met kennis van de beheerder kunnen de gegevens vervolgens worden verbeterd. Het controleren van “nul-waarden”. Het gebeurt vaak dat er nullen in datasets zijn opgenomen op plekken waar eigenlijk de data onbekend is. Dit speelt zowel bij meetreeksen als geodata (bijvoorbeeld kruinhoogten van stuwen). Het controleren van of duikers aan de juiste watergang zijn gekoppeld is eveneens een belangrijk aandachtspunt. In kaartlagen kunnen duikers in zijsloten aanwezig zijn. Die zijsloten zitten vervolgens vaak niet in het basisbestand met waterlopen. Als bij een modellering klakkeloos alle duikers worden “gesnapt” naar de watergangen, dan worden (veel) teveel (en vaak stremmende) duikers opgenomen. Daarom is een strenge selectie op de ligging van duikers nodig. Dit kan met GIS of een modelgenerator worden uitgevoerd.

Bovenstaande voorbeelden geven het belang van ruime aandacht voor gegevenscontrole en –verbetering aan, voorafgaand aan de toepassing van gegevens in analyses en modelleringen. Er zijn meerdere onvolkomenheden in gegevens denkbaar. Daarom adviseren we waterschappen om vooraf met een groep ervaringsdeskundigen te inventariseren welke controles nodig zijn, om deze vervolgens uit te voeren.

#### **GEGEVENSBEHEER EN LINK MET MODELLERING**

Het toetsingsproces is op meerdere tijdschalen een cyclisch proces. Zo is er de cyclus binnen één toetsingsronde waarin gebruik van basisgegevens vaak de wens om gegevens te verbeteren en aan te vullen oproept. Op een andere tijdschaal speelt de cyclus zich af waarin periodiek watersystemen worden getoetst. Bijvoorbeeld, het watersysteem is in 2005 getoetst, wordt in 2013 getoetst en zal daarna ook periodiek getoetst worden.

Tijdens het cyclische proces van de toetsing is er de wens om:

1. De gebruikte gegevensset overzichtelijk te houden en een intuïtief te begrijpen structuur te geven die voor zoveel mogelijk personen logisch is.
2. Nazoekbaar te houden welke gegevens op welk moment als basisgegeven zijn gebruikt.
3. Nieuwe informatie of verbeteringen eenvoudig te kunnen doorvoeren in basisgegevens en modelleringen.
4. Tussenversies van modellen en resultaten (inundatiekaarten en knelpuntenkaarten) te behouden voor eventuele analyse op een willekeurig moment.

Om aan deze wensen te voldoen zijn de volgende oplossingen denkbaar. Andere oplossingen worden niet uitgesloten. Voor het beheer van de gegevens is het ook niet primair belangrijk op welke manier het gebeurt, maar dat het gebeurt zodat overzicht behouden blijft.



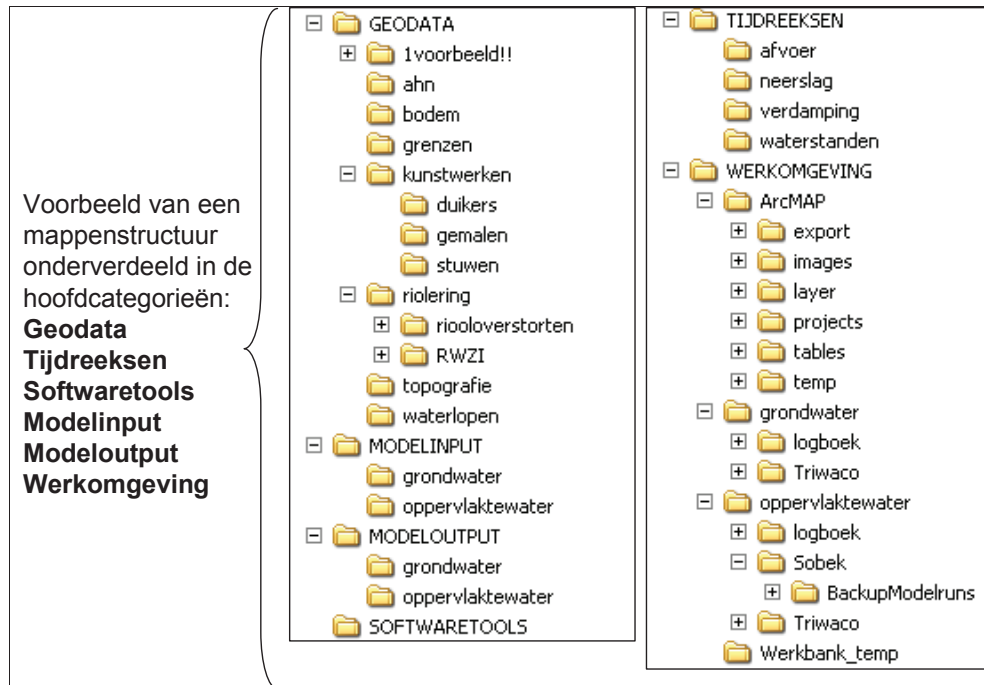
Oplossingen kunnen zijn (nummering correspondeert met bovenstaande wensen):

1. Overzicht van de gegevensset wordt behouden door het aanbrenge van structuur in mappen op een server (zie figuur B4.1) en deze te laten beheeren door enkele personen of het gebruiken van de IRIS omgeving als standaard voor het opslaan van alle relevante informatie.
2. Nazoekbaarheid wordt gehaald wanneer een methodiek wordt gebruikt om bij te houden hoe de basisgegevens veranderen gedurende de tijd, dat kan met een methodiek waarbij periodiek kopieën worden gemaakt met een datum, een andere optie is een instrument als Difman (waterschap de Dommel) of het implementeren van het bijhouden van historie in het systeem IRIS (nog niet beschikbaar, ontwikkeling door IRIS organisatie wordt aanbevolen).
3. De wens bestaat om nieuwe informatie en verbeteringen door te kunnen voeren in zowel de basisgegevens als de modellen. Het primair doorvoeren in de basisgegevens heeft als groot voordeel dat informatie veel inzichtelijker is en dat er veel efficiënter mee kan worden verder gewerkt. Als verbeteringen alleen in modellen worden doorgevoerd is op een bepaald moment het overzicht verloren. Ook is het combineren van in verschillende modellen opgenomen informatie veel bewerkelijker omdat modellen vaak hele specifieke bestandsformaten kennen. Daarom wordt geadviseerd om basisgegevens en de aanvullende modelgegevens in standaard formaten centraal te stellen. Door dat te doen worden aanvullingen en verbeteringen primair in de basisgegevens of het IRIS systeem doorgevoerd. Door gebruik te maken van modelgeneratoren kunnen op een geautomatiseerde manier de basisgegevens omgezet worden naar een rekenmodel. Voordelen van deze werkwijze is de nazoekbaarheid van gegevensverbeteringen en modelkeuzen en de flexibiliteit om gedurende het toetsingsproces verbeterde modelkeuzen te maken, om zo een optimaal resultaat te halen. Voorbeeld daarvan is het (gedurende het project) uitbreiden van de waterlopen in het hydraulische model om de benedenrand goed mee te nemen in berekeningen. Praktijkervaring met modellering leert dat er vaak de noodzaak ontstaat om bepaalde keuzen te herzien of om van grof naar fijn te werken. Voorbeelden hiervan zijn: het samenvoegen van deelstroomgebieden waarvan eerst aangenomen was dat deze onafhankelijk van elkaar functioneren of het stapsgewijs bepalen van de beste resolutie van een ruimtelijk verdeeld neerslagafvoer model door van grove resolutie toe te werken naar de gewenste resolutie. Het voordeel van deze werkwijze is dat er geleerd kan worden op basis van voortschrijdend inzicht en er wordt sneller voortgang geboekt door rekestijden van modellen die in eerste instantie kort zijn. In deze eerste fase worden voornamelijk de gegevensverbeteringen en aannamen doorgevoerd. Wanneer gegevens voldoende zijn, en er voldoende zicht is op de gewenste keuzen wat betreft detail, dan kan er overgeschakeld worden op het samenstellen van het model op het gewenste detailniveau op basis van alle gecontroleerde basisgegevens.
4. Het behouden van tussenversies kan het beste worden gedaan door vooraf te benoemen welke kaarten gemaakt worden en waar deze opgeslagen worden. Door met een systeem te werken waarbij bijvoorbeeld datum en versienummer in de kaartnaam worden opgenomen, kunnen alle kaarten op dezelfde plek worden opgeslagen en kan door sorteren op naam altijd het versienummer en de datum van de kaart overzichtelijk worden gemaakt. Zie voor een voorbeeld het figuur B4.2 hieronder. Een ander concreet voorbeeld van het versiebeheer van Sobek modellen is de volgende aanpak. Vaak ontstaan er in een Sobek project vele versies van in principe dezelfde berekening. Voorbeelden zijn *berekening\_calibratie\_dd20100225*, *berekening\_calibratie\_aanpassing1\_Piet*, *berekening\_calibratie\_verbetering\_Klaas*. Vaak worden meerdere versies alleen maar bewaard om eventueel, mocht dat nodig zijn nog terug te kunnen grijpen. De huidige werkomgeving van Sobek plaatst de laatst opgeslagen berekening onderaan in een lijst met alle berekeningen in een project. Hierdoor is niet altijd duidelijk wat de volgorde van aanmaken van de berekeningen is geweest. Dit geeft het grote nadeel dat er per abuis wel eens verder gewerkt wordt met de verkeerde versie. Daarom adviseren we een andere werkwijze.

Deze werkwijze met cases is uitgewerkt in figuur B4.3. De werkwijze bestaat er uit dat er aan het begin van het project vaste namen worden gegeven aan de door te rekenen cases in Sobek. Deze worden afzonderlijk steeds verder verbeterd. Backups worden gemaakt in een zipfile op de juiste momenten. Om zo het Sobek-project overzichtelijk te houden.

FIGUUR B4.1

VOORBEELD VAN OVERZICHT DOOR STRUCTUUR IN DE DATABANK



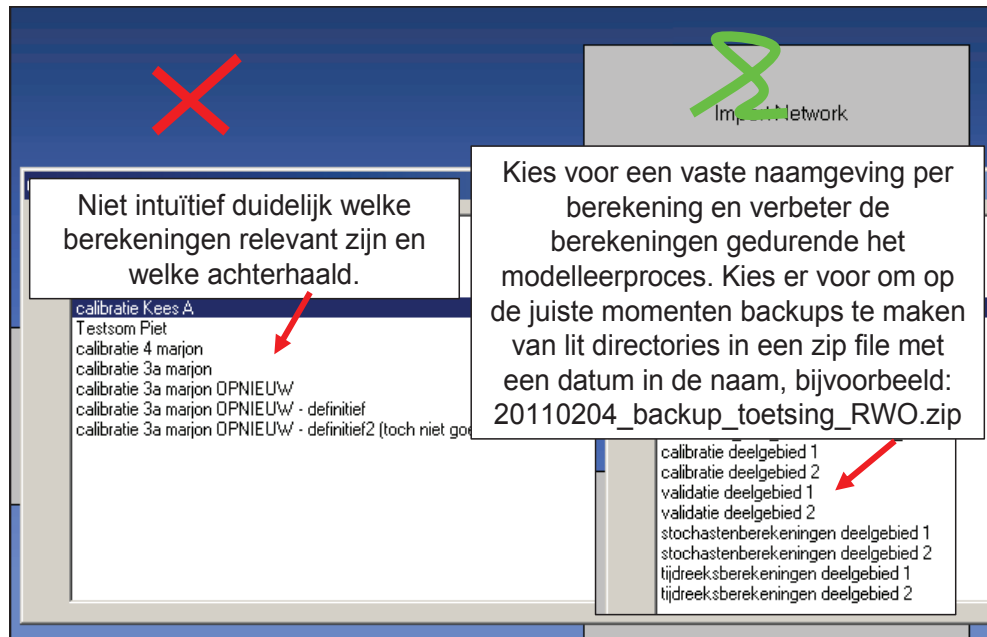
FIGUUR B4.2

VOORBEELD VAN VERSIEBEHEER OP RESULTATEN VAN DE TOETSING (KAARTEN)



FIGUUR B4.3

## VOORBEELD VAN VERSIEBEHEER OP SOBEK MODELLEN

**BESCHRIJVING**

Het is nuttig om gedurende het project al een deel van de beschrijving en rapportage op te zetten. Enerzijds is het nodig om logboeken bij te houden van gegevensverzameling en beheer, modellering en de uitgevoerde berekeningen. In dit document wordt het hoe niet nader gedetailleerd. Anderzijds wordt aanbevolen om bij het begin van het project voor de toetsing van het regionale watersysteem een inhoudsopgave op te zetten voor de rapportage van de studie. Hierin kunnen dan gedurende het project met steekwoorden keuzen en te rapporteren inhoud worden geplaatst. Het is beter om dat zo lang mogelijk op hoofdlijnen te houden, maar wel volledig. Ervaring leert dat keuzen gedurende het project worden bijgesteld.

Door dat op hoofdlijnen bij te houden, kan er na het vastleggen van de resultaten op een efficiënte manier een definitieve rapportage van worden gemaakt. Tip is om keuzen die gedurende het project veranderd worden, niet te verwijderen uit het rapport maar met een doorgetrokken streep door de woorden te markeren in de tekst. Zo wordt bijgehouden welke afwegingen zijn gemaakt en wat waarom is gekozen en afgevallen. Zo wordt een gevolgd aanpak uiteindelijk beter uitlegbaar.

Een belangrijke plaats in de beschrijving neemt het maken en analyseren van een watersysteemkaart in. Geadviseerd wordt om voorafgaand aan het toetsingsproces een watersysteemkaart te maken. Dit heeft de volgende doelen:

1. Controle van de dekking van de geografische informatie die beschikbaar is (kruinhoogten, duikerdiameters, gemaalcapaciteiten, etc.). Door deze op kaart te plotten en te bespreken wordt duidelijk of er voldoende informatie beschikbaar is voor de toetsing.
2. Daarnaast wordt de watersysteemkaart gebruikt om inzicht te krijgen in het watersysteem om de juiste keuzes te kunnen gaan maken in de modellering. Keuzen over te gebruiken rekenprogramma's, te kiezen schematisatie en resolutie, etc.

## MEETREEKSEN

Meetreeksen zijn heel belangrijk als bron van informatie over het watersysteem. Meetreeksen worden gebruikt om modellen mee te vergelijken en te beoordelen of het model acceptabel functioneert. Voordat meetreeksen gebruikt kunnen worden dienen de meetreeksen gevalideerd te zijn. In STOWA rapport 20 uit 2009 worden veel voorbeelden gegeven waarom dit nuttig is en hoe meetreeksen gevalideerd kunnen worden. Het wordt aanbevolen om met gevalideerde meetreeksen waterbalansen te maken en om voorafgaand aan modellering afgeleide gegevens uit meetreeksen te verkrijgen. Het maken van waterbalansen geeft veel nuttige informatie over de kwaliteit van de metingen en de manier waarop deze gebruikt kunnen worden om modellen mee te vergelijken. Als bijvoorbeeld blijkt dat het erg moeilijk is om een betrouwbare waterbalans op te stellen, dan dient dit inzicht meegenomen te worden bij het gebruik van metingen ter controle van modellen. Een methodiek voor foutenanalyse kan worden gevonden in Bierkens, 2001. Een toepassing van deze methodiek kan worden gevonden in het rapport van Boiten et. al. (2002). Als er een betrouwbare balans opgesteld kan worden, dan betekent dat ook dat modellen beter gecontroleerd kunnen worden met metingen. Het maken van waterbalansen heeft een belangrijke meerwaarde voor het modelleren van het systeem. Hoewel dit breed wordt onderkend, is het zeker geen onderdeel van de standaardwerkwijze. Voorgesteld wordt om het opstellen van waterbalansen standaard op te nemen in het modelleringproces. Er zal blijken dat modellen dan veel gericht kunnen worden gecalibreerd.

Tweede aanbeveling is het doen van extreme waarden analyses op meetreeksen. Hiermee kunnen modelresultaten uiteindelijk vergeleken worden. Zonder deze aanvullende informatie is er eigenlijk geen informatie waarmee inschattingen met modellen van hydrologische extremen (afvoer en waterstanden) kunnen worden vergeleken. Deze analyses van metingen kunnen vergeleken worden met berekeningen en bij elkaar een beeld geven van de plausibiliteit van berekeningen en metingen.

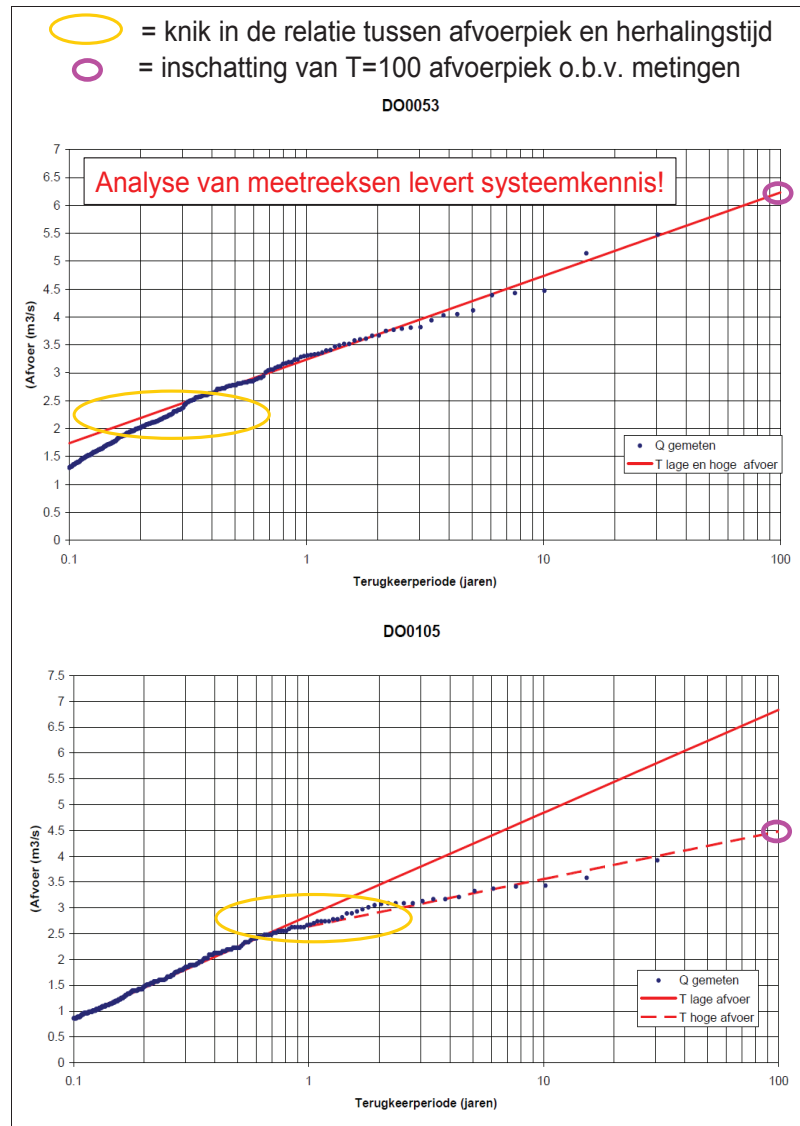
Er moet niet vanuit gegaan worden dat ze altijd goed (exact) overeen zullen komen, daarvoor zijn verschillende redenen aan te wijzen, twee voorbeelden:

1. Een model kan bijvoorbeeld beter rekening houden met afvlakking van afvoer en waterstanden bij echte extremen die nog niet in de meetreeks en extrapolatie naar voren komen.
2. Metingen kunnen bijvoorbeeld een beter beeld geven omdat een model altijd een schematisatie is van de werkelijkheid en nooit de perfecte match kan produceren met de complexe werkelijkheid.

Een voorbeeld van een extreme waarden analyse op meetreeksen is hieronder opgenomen in figuur B4.4. Voor meetreeksen van afvoer is een analyse met de methodiek Waterloopmodellering uitgevoerd (Willems, 2009). Deze analyses van de metingen zijn gebruikt om inschattingen van extreme afvoerpieken en herhalingstijden met modellen mee te vergelijken.

FIGUUR B4.4

VOORBEELD VAN ANALYSE VAN AFVOER MEETREEKSEN (MET METHODIEK UIT WILLEMS, 2009)



Daarnaast is het gebruik van zoveel mogelijk metingen gewenst. Gebruik daarom alle beschikbare meetreeksen om modellen mee te vergelijken. Want soms zie je fouten in de ene reeks door gebruik van een andere. Als de selectie van gebruikte meetreeksen te beperkt is, is de kans groot dat er nuttige informatie niet beschikbaar komt.

Naast meetreeksen van afvoeren en waterstanden zijn de volgende meetgegevens ook heel bruikbaar bij het controleren van modellen tijdens calibratie en validatie:

1. Luchtfoto's van inundaties op een bepaald moment.
2. Afgeleide informatie uit satellietbeelden (zoals actuele verdamping).
3. Karterbare Kenmerken Kaarten als beschreven door Van der Gaast e.a. in STOWA-rapport 41.

### AD 3)

Indien er geen afvoergegevens, grondwaterstandsgegevens etc. beschikbaar zijn voor modelcalibratie kunnen de Karterbare Kenmerken Kaarten als beschreven door Van der Gaast e.a. in STOWA-rapport 41 worden gebruikt. Zowel rapport als de kaarten zijn te vinden op de STOWA site. Ook als er wel andere calibratiedata zijn, vormen deze kaarten een complementaire aanvulling, zoals in de volgende artikelen is laten zien: Heijkers e. a. 2010 en Valstar e.a. 2010.

BIJLAGE 5

ACTUALISATIE, CALIBRATIE EN  
VERIFICATIE MODELLERING  
(BIJLAGE BIJ FACTSHEET 3)

Om tot goede betrouwbare toetsingsresultaten te komen zijn de eisen aan de modellering:

- goede waterstanden berekenen (onder extreme omstandigheden);
- goede berekening van inundatie (met medeneming van maaiveld);
- waterstanden berekenen in alle watergangen waarvoor getoetst wordt, ook al worden deze niet hydraulisch berekend (zie Bijlage 8: inundatie analyse waarin voorstel wordt gedaan voor te toetsen watergangen).

Voor het verantwoord berekenen van hydrologische extremen gelden extra strenge eisen, omdat fouten door extrapolatie naar extreme omstandigheden relatief groot kunnen zijn. Dat kan zorgen voor het verspillen van geld door maatregelen te realiseren in gebieden waar in werkelijkheid geen knelpunten zijn (de methodiek levert knelpunten die er in werkelijkheid niet zijn) of het ondervinden van teveel schade in gebieden die in werkelijkheid vaak overlast hebben, terwijl er geen maatregelen worden genomen (de methodiek levert de knelpunten niet, die er in werkelijkheid wel zijn).

Daarom is het nodig om voorafgaand aan de modellering te beoordelen welke rekenmethoden nodig zijn voor het op een goede manier in beeld brengen van de waterstandstatistiek. In het kader van deze standaard werkwijze wordt geen specifieke methode en rekenprogramma strikt voorgeschreven. Wel wordt aangegeven welke methoden niet geschikt zijn voor een verantwoorde toetsing. Bij deze methoden wegen de nadelen te zwaar op ten opzichte van de voordelen (zie Bijlage 5).

Er zijn verschillende methoden denkbaar om te rekenen aan extreme waterstanden in het kader van de toetsing aan de normen. Technieken waaruit gekozen kan worden bij de toetsing zijn:

- Bakjesmodellen voor zowel neerslagafstroming als oppervlaktewatersysteem (tijdsafhankelijk toegepast).
- Hydraulische modellen voor het oppervlaktewatersysteem in combinatie met relatief eenvoudige hydrologische modellen om de neerslagafstroming te berekenen (tijdsafhankelijk toegepast).
- Geavanceerde hydrologische modellen in combinatie met relatief eenvoudige modellen voor het oppervlaktewatersysteem (tijdsafhankelijk toegepast).
- Geavanceerde hydrologische modellen in combinatie met hydraulische modellen voor het oppervlaktewatersysteem (tijdsafhankelijk toegepast).

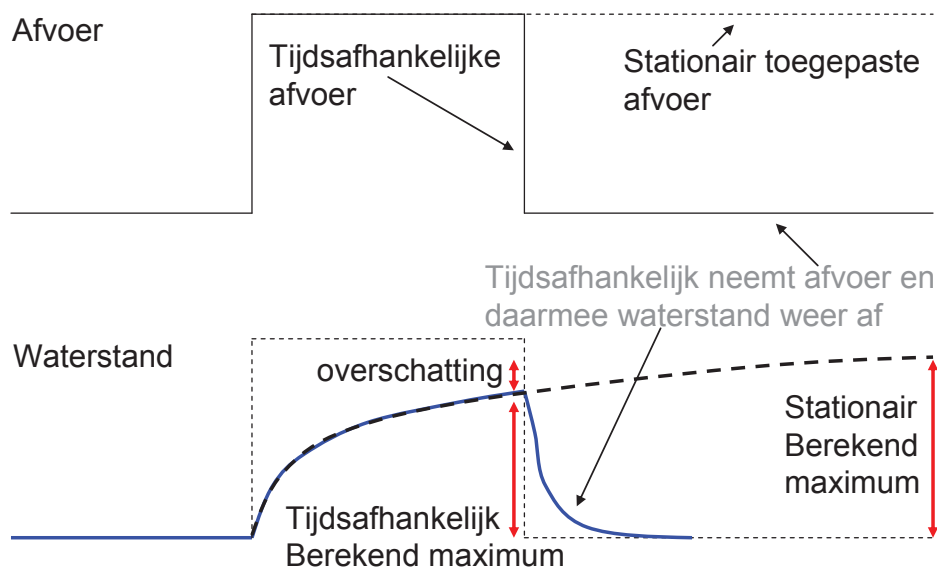
Technieken die worden uitgesloten zijn (de nadelen wegen te zwaar ten opzichte van de voordelen):

- GIS-bewerkingen waarmee op basis van eigenschappen van het watersysteem en simpele relaties extreme waterstanden worden berekend (waarbij het watersysteem onder stationaire omstandigheden wordt geanalyseerd).
- Hydraulische modellen voor het oppervlaktewatersysteem (stationair toegepast).

Er wordt een duidelijke keuze gemaakt om de inundatiefrequenties met tijdsafhankelijke methodieken in beeld te brengen. Stationaire aanpakken zijn niet geschikt omdat deze bijvoorbeeld problemen geven bij:

1. Het goed schatten van volumens water die het maaiveld op stromen (in alle typen gebieden).
2. Het rekenen in polders waarbij gemaalcapaciteiten in werkelijkheid tijdsafhankelijk (tijdelijk) worden overbelast met piekafvoeren (en niet stationair overbelast). Een stationaire overbelasting levert continu stijgende waterstanden in berekeningen.
3. Het goed schatten van extreme waterstanden, deze zijn vaak afhankelijk van de mate waarin afvoergolven toe- en afnemen en de duur van de golf. Een stationaire aanpak overschat vaak de maximale waterstand. Dit principe is in onderstaande figuur B5.1 weergegeven.

FIGUUR B5.1 SCHEMATISCHE WEERGAVE VAN VERSCHIL TUSSEN STATIONAIR EN TIJDSAFHANKELIJK REKENEN



Voorbeelden van rekenprogramma's om bovenbeschreven methoden mee uit te voeren zijn opgenomen in de tabel B5.1. Het onderscheid dat gemaakt wordt is niet strikt. Er zijn ook hybride vormen mogelijk. Bijvoorbeeld een methode waarbij met geavanceerde hydrologische modellen voor het onverharde gebied gerekend wordt in combinatie met een hydraulisch model, waarbij overstorten en effluent van RWZI's wordt berekend met relatief eenvoudige hydrologische modellen.



TABEL B5.1 TE GEBRUIKEN REKENPROGRAMMA'S BIJ DE VERSCHILLENDE METHODEN

Methode	Rekenprogramma's
1. Bakjesmodellen (tijdsafhankelijk toegepast)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hydraulica: Sobek-RR (RR-stuwen en RR-open water).</li> <li>• Hydrologie: zie hydrologie bij 4.</li> </ul>
2. Hydraulische modellen met relatief eenvoudige hydrologische modellen (tijdsafhankelijk toegepast)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hydraulica: Sobek-CF, Sobek-2D.</li> <li>• Hydrologie: Sobek-RR-unpaved, Sobek-RR-paved, Sobek-RR-greenhouse, Wageningenmodel, HBV, Sacramento, Duflow-RAM, RWZI-effluent-model.</li> </ul>
3. Geavanceerde hydrologische modellen in combinatie met relatief eenvoudige modellen voor het oppervlaktewatersysteem (tijdsafhankelijk toegepast)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hydraulica: Qh-relaties in Simgro of diffusion wave approach in MODHMS.</li> <li>• Hydrologie: Simgro/Modflow of MODHMS.</li> </ul>
4. Geavanceerde hydrologische modellen met hydraulische modellen (tijdsafhankelijk toegepast)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hydraulica: Sobek-CF, Sobek-2D en Infoworks voor de gesloten leidingen van rioolsystemen.</li> <li>• Hydrologie: Simgro/Modflow of MODHMS.</li> </ul>

### TIPS EN TRICKS BIJ HET REKENEN MET VERSCHILLENDE REKENPROGRAMMA'S

Hieronder volgen bij verschillende, meest gebruikte rekenprogramma's tips en tricks bij het gebruik.

In het kader van de STOWA/UvW/RWS discussie "doelmatig waterbeheer" en de STOWA adviesgroep "Watersystemen" wordt over rekenprogramma's gediscussieerd. Daar zullen naar verwachting adviezen uit voortkomen, die ingaan op het maken van keuzen uit de tot nu toe brede groep aan gebruikte hydrologische rekenprogramma's. In toekomstige rapportages over kwaliteitsverbetering van de toetsing kan hier op ingegaan worden.

### MODELLERING VAN HYDRAULICA

Tips en tricks voor rekenen met Sobek-RR (RR-stuwen en RR-open water):

- Neem alle peilscheidende kunstwerken op.
- Wees je er van bewust dat peilstijgingen instantaan in een bakje van toepassing zijn. Het toepassen deze methodiek op grote peilvakken in vrij afwaterend gebied waarbij verhang en afmetingen van waterlopen een grote rol spelen, wordt afgeraden.
- De toename in bergend volume bij een peilstijging blijkt in praktijk een belangrijke parameter. Breng daarom gedetailleerd in beeld hoe dit proces werkt. Bij een groot meer met kades die nooit overstromen werkt het systeem totaal anders dan bijvoorbeeld een groot aantal poldersloten die boven een bepaald niveau het omliggende maaiveld onder water zetten. Daar zit een sterke knik in de relatie tussen peilstijging en volume water in het watersysteem, ten opzichte van het grote meer.

#### Tips en tricks voor rekenen met Sobek-CF:

- Gebruik een rekennetwerk met voldoende rekenpunten en onderbouw de gemaakte keuze. Zorg er voor dat stroomsnelheden daardoor nauwkeurig worden berekend en zorg er voor dat op voldoende locaties er contact wordt gemaakt met het 2D maaiveldhoogtegrid (indien er in combinatie met 2D gerekend wordt).
- Gebruik bij voorkeur fixed calculation nodes (ten opzichte van de normale calculation nodes). Want deze nodes behouden hun locatie en naam bij veranderingen aan het netwerk. Zo kunnen resultaten van twee verschillende berekeningen beter met elkaar vergeleken worden.
- Gebruik bij voorkeur per modelknoop een eigen definitie van bijvoorbeeld diameter van een duiker of een dwarsprofiel. Er is ook de mogelijkheid om definities tegelijkertijd op meerdere knopen van toepassing te verklaren. Daar zit het grote nadeel aan dat er onbewust veranderingen doorgevoerd kunnen worden op (veel) meer knopen dan gewenst.
- Als met een 1D netwerk wordt gerekend kunnen stuwen, duikers of andere kunstwerken onrealistisch veel opstuwing berekenen bij de echte extreme afvoeren. Dit gebeurt wanneer in werkelijkheid bij extreme hoge afvoer water over maaiveld omloopt rond duikers of andere kunstwerken. Dit kan grote gevolgen hebben voor de resultaten van de toetsing, knelpunten kunnen worden overschat. Daarom dient aandacht besteed te worden aan het goed beschrijven van deze omloop van water.
- Raadpleeg de website van Sobek frequent voor het laatste nieuws over bugs (bijvoorbeeld de bug bij toepassen van de wrijvingsmethodiek Bos en Bijkerk in combinatie met yz-profielen). Gebruik bij het toepassen van Sobek de meest recente versie van Sobek. Dat is de versie waarin de meest bugs zijn opgelost.
- In het rapport Dahm, 2011 “Onzekerheden in modelschematisaties: Berging door inundatie” bevat nuttige informatie over verschillende manieren waarop berging in modellen kan worden geschematiseerd.

#### Tips en tricks voor rekenen met Sobek-2D:

- Bij het toepassen van een gecombineerd 1D-2D berekening: let op de situaties waarbij de hoogte van het 2D grid lager is dan het in Sobek-CF toegepaste 1D dwarsprofiel. In die gevallen kunnen onrealistische berekeningsresultaten ontstaan. Vaak is in een dergelijk geval één van beide niet realistisch met de werkelijkheid, het 1D profiel of het 2D profiel.
- Denk erover na of het nodig is om ruimtelijk onderscheid te maken in weerstandswaarden voor het 2D grid.
- In het rapport Dahm, 2011 “Onzekerheden in modelschematisaties: Berging door inundatie” bevat nuttige informatie over verschillende manieren waarop berging in modellen kan worden geschematiseerd.

#### Tips en tricks voor rekenen met Qh-relaties (Simgro) en diffusion wave approach (MODHMS):

- Omdat waterstanden instantaan in het bakje met Qh relatie wordt toegepast is een Qh relatie minder geschikt om voor grote peilvakken of lange beektrajecten de hydraulica van het oppervlaktewatersysteem te modelleren met enkel Qh relaties op locaties van stuwen. De volgende oplossingen kunnen worden overwogen: weerstand inbrengen door extra Qh relaties om verhang en weerstand van beek in te brengen of het gebruik van een hydraulisch rekenprogramma in combinatie met Simgro.
- Met de diffusion wave approach van MODHMS is het niet mogelijk om back-water-effects uit te rekenen. Dit betekent dat in de berekening opstuwing als gevolg van hogere benedenstroomse waterstanden niet volledig wordt berekend.

Tips en tricks voor rekenen met Infoworks voor rekenen aan leidingen van rioolsysteem:

- Het toepassen van een hydraulisch model van het rioolsysteem in Infoworks om overstorten te berekenen kan een nuttig en noodzakelijk alternatief zijn voor een simpeler aanpak. Met een hydraulisch model van het rioolsysteem kan bijvoorbeeld nuttig inzicht ontstaan van ongewenste terugstroming van oppervlaktewater in het rioolstelsel (rioolvreemd water) of een betere schatting geven het deel van het rioolstelsel dat een aandeel heeft in het overstortvolume. Dit aandeel is vaak dynamisch in de tijd of afhankelijk van de ruimtelijke variatie van de input op het rioolstelsel.
- Het verdient aanbeveling om voorafgaand aan het toepassen van een nauwkeurig en gedetailleerd model in Infoworks te bepalen in hoeverre overstorten een doorslaggevende rol spelen in de extreme oppervlaktewaterstanden waarnaar in de toetsing wordt gezocht. In sommige gebieden spelen riooloverstorten een grote rol. In andere een minder grote rol. Het is verantwoord om in het eerste geval te kiezen voor een gedetailleerde beschrijving met Infoworks, terwijl in het tweede geval een simpeler aanpak volstaat.

### MODELLERING VAN HYDROLOGIE

Tips en tricks voor rekenen met Sobek-RR-unpaved:

- Sobek-RR Ernst en Hellinga-de Zeeuw zijn rekenconcepten gebaseerd op fysica (drainagewaterstanden en drainageniveaus). Bij gebruik van deze concepten, modelleer dan met voldoende ruimtelijke variatie (dus: een voldoende aantal rekenknopen) om de fysica van het stroomgebied goed te verwerken in het model.
- Sobek-RR kent ook een aantal conceptuele concepten, te weten: Kraaijenhoff van de Leur (reservoir met reservoircoëfficiënt), Sacramento en HBV. Bij het modelleren met deze concepten moet de conceptuele aard in ogenschouw worden genomen en centraal staan bij te maken keuzen (zie ook verderop).
- Wanneer Capsim wordt gebruikt wordt door Deltares afgeraden om met Hellinga-de Zeeuw te rekenen, gebruik dan Ernst als rekenmethode.
- Reken indien nodig Sobek-RR simultaan door in combinatie met Sobek-CF. Dit is bijvoorbeeld nodig in gebieden waarin er terugkoppeling is tussen oppervlaktewaterstanden en het neerslagafstromingsdebiet naar watergangen toe. Voorbeeld: wanneer waterstanden in het oppervlaktewatersysteem van een polder hoog worden, belemmert dit de afstroming van water naar het oppervlaktewatersysteem. Het is belangrijk dit principe mee te nemen in de berekening. In vrij afwaterende gebieden kan de afstroming van water in veel mindere mate afhankelijk zijn van peilstijgingen in het oppervlaktewater. Dan is het niet strikt noodzakelijk om simultaan te rekenen.

Tips en tricks voor rekenen met Sobek-RR-paved:

- Voor het beschrijven van overstortvolumes wordt vaak het rekenprogramma Sobek-RR-paved gebruikt. Dit rekenprogramma beschrijft op basis van kenmerken van het stedelijk gebied de overstort in de tijd.

Belangrijk aandachtspunt daarbij is dat deze manier van rekenen vrij statisch is en dat er geen rekening wordt gehouden met eventuele terugstuwing bij hoge waterstanden in het ontvangende systeem. Met het rekenconcept van Sobek-RR-paved wordt per overstort aangegeven hoeveel oppervlak verharding op deze overstort is aangesloten. In werkelijkheid is het gedrag van het rioolsysteem dynamischer. Het deel van het rioolsysteem dat bijdraagt aan overstorten op een bepaalde locatie kan variëren per gebeurtenis. Dat betekent dat in bepaalde gevallen er meer water in werkelijkheid overstort dan in Sobek-RR-paved wordt gemodelleerd. In gevallen waarbij stedelijke overstorten een klein aandeel hebben in de regionale piekafvoer zal dit aspect geen grote gevolgen hebben. Geadviseerd

wordt om in de gevallen waarvan bekend is dat stedelijke overstorten een groot deel van piekafvoeren vormen, goed te beoordelen hoe stedelijke overstorten het beste gemodelleerd kunnen worden.

Tips en tricks voor rekenen met Sobek-RR-greenhouse:

- In gebieden met veel kassen kan het afvoergedrag in werkelijkheid daardoor sterk beïnvloed worden. In die gevallen wordt dit onderdeel van rekenprogramma Sobek-RR relevant.

Tips en tricks voor rekenen met Wageningenmodel, HBV, DufLOW-RAM, Sacramento:

- Deze modellen zijn allemaal rekenprogramma's waarbij kenmerken van het stroomgebied in meer of mindere mate als een geheel wordt beschouwd en doorgerekend (dit wordt met de Engelse term Lumped aangeduid). Daarbij worden deels relaties tussen neerslag en afvoer met op fysica gebaseerde formules beschreven en deels worden conceptuele beschrijvingen gebruikt. Dit betekent dat deze rekenprogramma's minder geschikt zijn voor het doorrekenen van ingreep-effect relaties voor het afstromingsproces.
- Door met deze rekenprogramma's stroomgebieden onder te verdelen in een aantal model-elementen kan ruimtelijk worden gevarieerd in de toepassing van parameterwaarden. Zo kan ruimtelijk onderscheid worden gemaakt.
- Stroomgebieden kennen in werkelijkheid delen van het stroomgebied die geen aandeel hebben in de snelle afvoercomponenten. Voorbeeld zijn grote heidegebieden waar alle neerslagoverschot via de ondergrond en het grondwater tot afstroming komt. Dit ruimtelijk onderscheid kan worden ingebracht in dit type rekenprogramma's door het kiezen van parameterinstellingen waarbij de snelle afvoercomponenten worden uitgeschakeld in dit deel van deze delen van het stroomgebied.
- In het rekenprogramma DufLOW-RAM wordt een vaste verdeling gebruikt van neerslagoverschot over een snelle en langzame afvoerroute. Hydrologische systemen werken vaak op een andere manier. Vaak is het zo dat hoe natter het gebied, hoe meer drainagemiddelen worden aangesproken. Dit betekent dat de verhouding tussen relatief snelle afvoer uit een gebied en langzame afvoer, niet constant is in de tijd. Daarom wordt aanbevolen te beoordelen of DufLOW-RAM wat dit aspect betreft geschikt is voor de beoogde toepassing.
- Het is gebruikelijk en passend om dit type modellen deels te ijken door automatische parameteroptimalisatie. Voorafgaand krijgen parameters waaraan op basis van kennis vooraf een waarde kan worden geschat, een waarde toegekend. Vervolgens worden onzekere parameters geoptimaliseerd.

Tips en tricks voor rekenen met RWZI-effluent-model:

- De huidige versie van de Sobek programmatuur is nog niet voldoende geschikt om de effluentstromen van RWZI's te modelleren. Dit komt omdat de fluxen die vanuit stedelijk gebied naar de RWZI stromen, in de huidige versie instantaan worden toegepast op het lozingspunt van de RWZI. Daarbij wordt dus geen rekening gehouden met looptijden van deze fluxen. Dit leidt tot te grote verschillen met het werkelijke systeemgedrag. Daarom worden in de praktijk andere, geschikte rekenconcepten gebruikt. Bijvoorbeeld een rekenmodel in Excel: het RWZI-Effluent-model. Dit model beschrijft welk deel van de gebiedsneerslag tot afstroming komt via de RWZI's. Het is gebaseerd op het voorspellen van de effluent stromen op basis van meervoudige lineaire regressie met de verklarende variabelen de neerslag hoeveelheden van de 3 á 4 dagen voorafgaand aan de effluentlozing.

Tips en tricks voor rekenen met Simgro/Modflow en MODHMS:

- Modellen als Simgro/Modflow en MODHMS zijn gebaseerd op kennis over de fysica van hydrologische processen. Daarom worden modellen gecalibreerd en verbeterd door steeds betere informatie over de geometrie en gebiedseigenschappen in een model te brengen. Automatische parameter optimalisatie wordt vaak ingezet om te variëren met modelparameters, nadat een ruimtelijke verdeling op basis van gebiedskenmerken is ingebracht. Informatie over het gebied inbrengen, voorafgaand aan het calibreren is dus gewenst (deze informatie wordt ook wel *prior information* genoemd). Het zonder prior information optimaliseren van parameterwaarden, is ongebruikelijk en minder passend.
- gebruik dit type rekenprogramma's wanneer het modelleren en voorspellen van effecten van ingrepen in het hydrologische systeem erg belangrijk zijn. Dit zijn typisch rekenprogramma's om bijvoorbeeld het effect van het dempen van greppels en kleine watergangen op het neerslagafvoergedrag van een stroomgebied te voorspellen.

Voor het goed berekenen van extreme waterstanden in een stroomgebied is het goed beschrijven van verschillende deelgebieden in een stroomgebied belangrijk. In stroomgebieden waarin stedelijk gebied en kassen een wezenlijk aandeel hebben, leidt het negeren van deze gebieden in de modellering er toe dat een deel van de extremen niet goed wordt berekend bij calibratie, validatie en ook de toepassing om extreme waterstanden in beeld te brengen.

Overzicht van voor- en nadelen van verschillende rekenmethoden

TABEL B5.2 DE VOORDELEN EN NADELEN VAN DE VERSCHILLENDE REKENMETHODEN

Methode	Voordelen	Nadelen
Bakjesmodellen (tijdsafhankelijk toegepast)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Korte rekentijd.</li> <li>• Modelbouw relatief eenvoudig.</li> <li>• Minder gegevens behoefte.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hydraulische knelpunten (duikers en dwarsprofielen) kunnen niet nauwkeurig inzichtelijk worden gemaakt, dit is vaak wel belangrijk voor het goed beschrijven van het gedrag van het watersysteem (dus mogelijk onderschatting van wateropgave).</li> <li>• De relatie tussen peilstijging en volume aan inundatie is moeilijk te kwantificeren in dit soort modellen (dus grotere onzekerheid: over/ onderschatting van de wateropgave).</li> </ul>
GIS-bewerkingen (waarbij het watersysteem onder stationaire omstandigheden wordt geanalyseerd)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Eenvoudige methodiek.</li> <li>• Inspanning voor gegevensanalyse minder groot dan bij uitgebreide modelbouw en berekeningen.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Er moeten veel aannamen worden gedaan dus risico op methodiek die sterk afwijkt van werkelijk systeemgedrag is groot (gevolg grote onzekerheid in wateropgave).</li> <li>• Ingrep-effect relaties kunnen vaak niet op een stationaire manier worden vastgesteld.</li> </ul>
Hydraulische modellen (stationair toegepast)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Eenvoudige methodiek: inspanning is gericht op het zo goed mogelijk schematiseren van het hydraulische systeem. Minder inspanning op het zo goed mogelijk beschrijven van het afstromingsproces.</li> <li>• Hydraulische knelpunten kunnen nauwkeuriger inzichtelijk worden gemaakt.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Met stationaire berekeningen kan in veel gevallen niet goed in beeld worden gebracht wat extreme waterstanden zijn, omdat het stationair rekenen een overschatting geeft ten opzichte van de werkelijkheid waarin de extreme waterstand het gevolg is van een afvoergolf. Dit is bijvoorbeeld heel duidelijk bij het stationair belasten van een gemaal, terwijl in werkelijkheid een gemaal met een tijdelijke belasting wordt belast.</li> <li>• Er moeten veel aannamen worden gedaan. Bijvoorbeeld het schatten van te gebruiken afvoeren bij huidig klimaat en toekomstig klimaat.</li> <li>• Ingrep-effect relaties kunnen vaak niet op een stationaire manier worden vastgesteld.</li> </ul>

Methode	Voordelen	Nadelen
Hydraulische modellen met relatief eenvoudige hydrologische modellen (tijdsafhankelijk toegepast)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Modellen kunnen aan tijdsafhankelijke meetreeksen van afvoeren worden getoetst en toegepast worden om extremen te berekenen (voordeel t.o.v. veel aannamen doen, bijvoorbeeld wat betreft extreme afvoeren).</li> <li>• Hydraulische knelpunten kunnen nauwkeuriger inzichtelijk worden gemaakt.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Langere rekentijden.</li> <li>• Grotere inspanningen voor modelbouw, calibratie, validatie en berekeningen nodig.</li> <li>• Grotere gegevensbehoefte.</li> </ul>
Geavanceerde hydrologische modellen in combinatie met relatief eenvoudige modellen voor het oppervlaktewatersysteem (tijdsafhankelijk toegepast)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Het afstromingsproces wordt voor onverhard gebied nauwkeuriger beschreven.</li> <li>• Hydrologische terugkoppelingseffecten kunnen worden berekend, bijvoorbeeld het effect van klimaatverandering op actuele verdamping en kwel en wegzijging en daarmee op hydrologische voorgeschiedenis en hydrologische extremen.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hydraulische knelpunten kunnen minder nauwkeurig in beeld worden gebracht, dit is vaak wel belangrijk voor het goed beschrijven van het gedrag van het watersysteem (grotere onzekerheid in wateropgave).</li> <li>• Langere rekentijden.</li> <li>• Grotere inspanningen voor modelbouw, calibratie, validatie en berekeningen nodig.</li> <li>• Grotere gegevensbehoefte.</li> <li>• Geavanceerde hydrologische modellen beschrijven vaak niet alle afstromingstypen, bijvoorbeeld het effluent van RWZI's wordt niet altijd beschreven.</li> </ul>
Geavanceerde hydrologische modellen met hydraulische modellen voor het oppervlaktewatersysteem (tijdsafhankelijk toegepast)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alle aspecten van het watersysteem worden zo compleet en nauwkeurig mogelijk doorgerekend.</li> <li>• Hydrologische terugkoppelingseffecten kunnen worden berekend, bijvoorbeeld het effect van klimaatverandering op actuele verdamping of kwel en wegzijging en daarmee op hydrologische voorgeschiedenis en hydrologische extremen.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lange rekentijden.</li> <li>• Meer inspanning en kwaliteitscontrole nodig om berekeningen verantwoord uit te voeren (doorlooptijd en budget).</li> <li>• Voor het goed toepassen van de geavanceerde rekenprogramma's is ruime kennis en ervaring nodig.</li> <li>• Grotere gegevensbehoefte.</li> <li>• Geavanceerde hydrologische modellen beschrijven vaak niet alle afstromingstypen, bijvoorbeeld het effluent van RWZI's.</li> </ul>

### AANPAK VOOR HET BEPALEN VAN HET OPPERVLAK OPEN WATER

De bepaling van het oppervlak open water bestaat uit een aantal stappen. In een modellering wordt eerst bepaald welke watergangen en grote waterpartijen in het hydraulische model-onderdeel worden opgenomen.

Door van deze onderdelen het dwarsprofiel op te nemen en ook op een goede manier de potentiële overstromingsvlakte in te brengen wordt het oppervlakte aan open water hier goed meegenomen.

Voor de overige open waterlopen en grote waterpartijen moet op een andere manier worden geschat wat het oppervlak aan open water is. Daarvoor wordt eerst beoordeeld of dit nodig is voor de toetsing. Als het overige open water naar verwachting geen effect heeft op de berekening van extreme waterstanden, dan kan het inbrengen van het overige open water als bergend volume achterwege blijven in de modellering. Dit kan in vrij afwaterende gebieden een goede keuze zijn.

In poldergebieden is het in de berekening meenemen van het open water erg belangrijk. Daar heeft het open water dat niet is opgenomen in het hydraulische model wel effect op de berekening van extreme waterstanden. Dit open water moet dus in het rekenconcept worden gebracht. Hierbij kan het ook nodig zijn om een relatie tussen peilstijgingen en het volume geborgen water te hanteren.

Manieren om voor overige watergangen en grote waterpartijen het oppervlak open water te schatten zijn:

1. Het gebruik van lijnstukkenkaarten met een breedte van het overige water.
2. Het gebruik van vlakkenkaarten met grondgebruik waarin ook oppervlakken zijn opgenomen voor open water (zoals GBKN, LGN, Bodemkaart, top-10 vlakken, Basisregistratie Grootchalige Topografie (BGT) etc.).
3. Het gebruik van het AHN2 om in combinatie met een lijnstukkenkaart met alle waterlopen en een waterniveau uit te rekenen welke delen onder water staan.
4. Het combineren van bovenstaande methoden waarbij een zo compleet mogelijk compositief beeld ontstaat.

#### **METHODIEKEN VOOR CALIBRATIE**

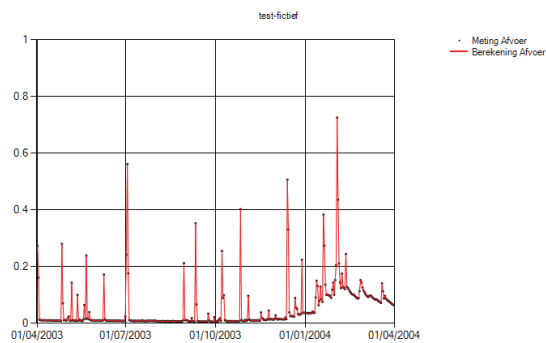
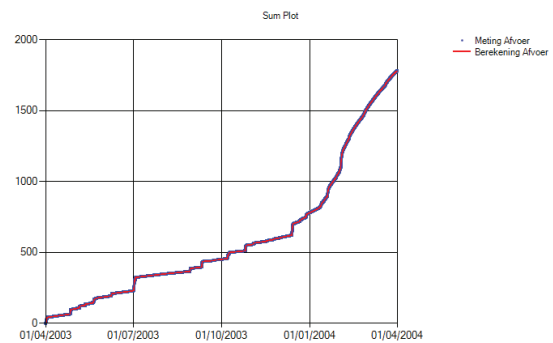
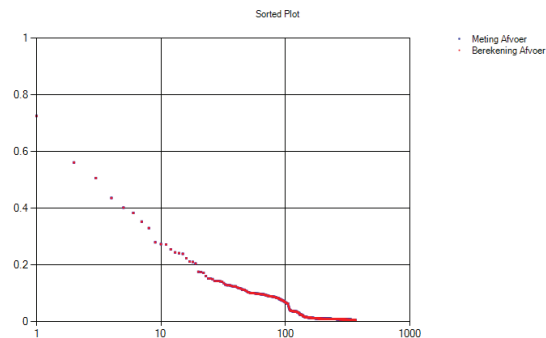
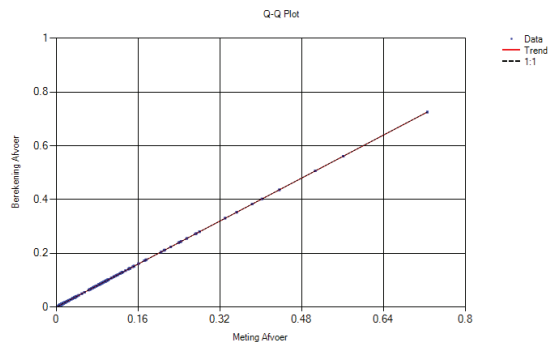
Bij modelontwikkeling is calibratie een cruciale stap. Voorafgaand aan het toepassen van een model voor de toetsing moet worden aangetoond dat het model met voldoende kwaliteit het watersysteemgedrag beschrijft. Daarvoor wordt het model eerst gecalibreerd en daarna met een onafhankelijke periode geverifieerd. Bij calibratie moet het model voldoen aan de volgende criteria:

- er is geen structurele over- of onderschatting van afvoeren en afvoerpieken;
- er is geen structurele over- of onderschatting van (piek)waterstanden;
- het toe- en afnemen van de afvoeren en waterstanden in de tijd van het model is vergelijkbaar met de metingen (zodat ook het volume in pieken niet structureel wordt overschat of onderschat);
- de cumulatieve afvoeren over de calibratieperiode zijn vergelijkbaar tussen berekening en metingen.

Om dit te kunnen beoordelen worden van de calibratieberekeningen de volgende figuren gemaakt (zie ook figuur B5.2):

1. Grafieken afvoeren en waterstanden, Q en h plots (gemeten versus berekend, jaar).
2. Berekende Nash-Sutcliffe coëfficiënt voor de afvoeren in de Q plots.
3. Grafiek met cumulatieve afvoeren (gemeten versus berekend, hele jaar).
4. Grafiek met doorlijnen afvoeren en waterstanden (gemeten versus berekend).
5. Scatterplot van afvoeren en waterstanden (gemeten versus berekend, hele jaar).

FIGUUR B5.2 MANIEREN WAAROP BEREKENDE AFVOER EN WATERSTAND WORDEN VERGELIJKEN MET METINGEN

**Q en h plots (meting/berekening)****Cumulatieve Q plots (meting/berekening)****Duurlijnen Q en h plots (meting/berekening)****Scatterplots Q en h (meting/berekening)**

Deze grafieken hebben alle hun eigen functie bij het kalibreren van het model. Met de grafiek waarin afvoeren en waterstanden voor het hele jaar worden vergeleken, kan worden beoordeeld of het stijgen en dalen van afvoerpieken goed wordt gesimuleerd door het model.

Daarnaast wordt de kwaliteit van de met het model berekende afvoeren gekwantificeerd met de Nash-Sutcliffe coëfficiënt. De grafiek met cumulatieve afvoeren laat zien of het verloop van de waterbalans over het jaar goed klopt. De durlijnen laten zien of de verdeling van extreme afvoeren en waterstanden over het hele jaar overeenkomt tussen berekening en meting. Dit laat zien of het modelgedrag overeenkomt met het gedrag van de stroomgebieden. Met de scatterplot kan worden beoordeeld of er structurele afwijkingen bestaan tussen gemeten en berekende afvoeren en waterstanden. Vooral de durlijnen en scatterplots zijn belangrijk bij het beoordelen van de berekende waterstanden.

Belangrijk om te beseffen is dat de randvoorwaarden voor modelberekeningen onzeker zijn. Een voorbeeld is bijvoorbeeld het volgende: de neerslag die in het model wordt gebruikt wijkt altijd af van de neerslag die in werkelijkheid gevallen is. Het is onmogelijk om perfect te achterhalen (in ruimte en tijd) welke hoeveelheid neerslag er op een stroomgebied is gevallen. Gelukkig zijn de huidige technieken wél sterk verbeterd. Er kan op basis van radarregistraties een ruimtelijk beeld van neerslagverdeling worden gemaakt. Deze informatie is (mits goed gevalideerd en aangevuld) een goede bron om ruimtelijk en in de tijd de gevallen neerslag te schatten.



Neerslag kan op de volgende manieren worden geschat:

- 1 Grondstations van dagneerslagen (optie: herverdelen naar uurintensiteiten).
- 2 Grondstations van urneerslagen.
- 3 Neerslagintensiteiten afgeleid uit radarbeelden (gekalibreerd met grondstations).

Optie 3 is de best beschikbare optie om zo goed mogelijk de gebiedsneerslag voor modellen te schatten. De recente ontwikkelingen in het zo goed mogelijk schatten van ruimtelijk verdeelde neerslag uit radar door geavanceerde calibratiealgoritmes met grondstations, hebben de onzekerheid in modelinput wat betreft gebiedsneerslag sterk verkleind. Voor calibratie van modellen die gebruikt worden voor het toetsen aan de normen voor regionale wateroverlast is urneerslag essentieel, evenals zo veel mogelijk ruimtelijke spreiding. Vanaf 98 zijn hiervan op radar gebaseerde gegevens beschikbaar.

Ook andere randvoorwaarden en modelconcepten zijn onzeker. Voorbeelden zijn bijvoorbeeld: de berekening van actuele verdamping, onbekend zijn van kruinhoogte verloop van automatische stuwen en handbediende stuwen, tijdsafhankelijkheid van ruwheid van waterlopen etc. Als deze aspecten dient de modelleur zo goed mogelijk in te schatten. En door het doen van calibratieberekeningen beoordeelt de modelleur of het model voldoende goed is ingesteld om het systeemgedrag te beschrijven. Vanwege de onzekerheden die spelen, geldt het volgende:

Vanwege onzekerheden in modelinvoer en modelconcepten geldt dat niet op basis van één hoogwaterperiode een model kan worden beoordeeld. En er kan ook niet op basis van absolute afwijkingen van gemeten en berekende afvoeren of waterstanden voor slechts enkele pieken worden beoordeeld of het model voldoet. Het beste kan een calibratieperiode bestaan uit 1 of meerdere jaren waarvoor het gehele jaar wordt doorgerekend. Een goed model kent geen structurele afwijkingen zoals hierboven aangegeven.

#### **ESSENTIALS VOOR KWALITEIT VAN MODEL CALIBRATIE**

De essentiële punten waar de actualisatie van het model aan moet voldoen zijn:

- Waterstandbepalende processen als omloop van kunstwerken bij extreme afvoeren, maaiveldstroming en opstuwing door vernauwingen of krooshekken moeten worden meegenomen.
- Kies de calibratieperiode zo dat er een aantal hoogwaterevents in voorkomen, waarin ook inundatie optreedt om zo wateroverlastbepalende faalmechanismen te kunnen meenemen in de modelbeoordeling.
- De acceptabele afwijkingen in de berekende waterstanden worden gerelateerd aan de verschillen in inundatieareaal (voorbeeld: stel 10 cm afwijking maakt 50% inundatieareaal uit, dan is hogere nauwkeurigheid wenselijk).
- Modelbouw en modelverbeteringen moeten zoveel mogelijk beredeneerd en opgebouwd worden vanuit de fysica van het watersysteem.
- Voorafgaand aan calibratie worden zoveel mogelijk parameterwaarden onderbouwd en vastgezet. Voor onzekere parameters wordt een waarschijnlijke bandbreedte bepaald. Bij voorkeur wordt met automatische algoritmes een calibratie uitgevoerd.

Indien calibratie vervolgens nog onvoldoende resultaat levert, wordt gestart met verbeteren van het model door na te gaan of er een onderdeel van de schematisatie verbeterd kan worden. Pas in tweede instantie mag gedacht worden aan het verruimen van de bandbreedte voor onzekere parameterwaarden of het variëren van meer parameters. Reden: vaak zitten de meest urgente verbeteringen in de schematisatie en moet zo lang mogelijk aan het onderbouwen van parameterwaarden op basis van gebiedseigenschappen worden vastgehouden. Als dit niet gebeurt worden onterecht fouten in de schematisatie “weggedraaid” door calibratie van onzekere parameters.

### VERIFICATIE VAN DE MODELLERING

Na calibratie en voorafgaand aan het toepassen van een model voor de toetsing moet worden aangetoond dat het model met voldoende kwaliteit het watersysteemgedrag beschrijft. Dit wordt aangetoond door het model voor een andere periode (dan de calibratieperiode) door te rekenen. Zo kan worden getest of het model op een goede manier het watersysteem beschrijft. Er wordt daarmee zoveel mogelijk voorkomen dat het model énkél voor de calibratieperiode goede resultaten toont, terwijl de toepassing voor andere perioden sterk afwijkende kwaliteit laat zien.

Bij verificatie moet het model (net als bij calibratie) voldoen aan de volgende criteria:

- er is geen structurele over- of onderschatting van afvoeren en afvoerpieken;
- er is geen structurele over- of onderschatting van (piek)waterstanden;
- het toe- en afnemen van de afvoeren en waterstanden in te tijd van het model is vergelijkbaar met de metingen (zodat ook het volume in pieken niet structureel wordt overschat of onderschat);
- de cumulatieve afvoeren over de verificatieperiode zijn vergelijkbaar tussen berekening en metingen.

Om dit te kunnen beoordelen worden van de verificatieberekeningen dezelfde figuren gemaakt als van de calibratie (zie ook figuur B5.2):

1. Grafieken afvoeren en waterstanden, Q en h plots (gemeten versus berekend, jaar).
2. Berekende Nash-Sutcliffe coëfficiënt voor de afvoeren in de Q plots.
3. Grafiek met cumulatieve afvoeren (gemeten versus berekend, hele jaar).
4. Grafiek met duurlijnen afvoeren en waterstanden (gemeten versus berekend).
5. Scatterplot van afvoeren en waterstanden (gemeten versus berekend, hele jaar).

### ESSENTIALS VOOR KWALITEIT VAN MODELVERIFICATIE

De essentiële punten waar de verificatie van het model aan moet voldoen zijn:

- Indien randvoorwaarden in de verificatieperiode afwijken van de calibratieperiode moeten deze voorafgaand aan het doorrekenen worden aangepast (bijvoorbeeld reeksen met andere buitenwaterstanden, veranderingen in het watersysteem of hoeveelheden inlaatwater).
- Overige randvoorwaarden en parameterinstellingen worden overgenomen uit het gecalibreerde model en tijdens verificatie niet gevarieerd.
- De verificatieperiode is uitdrukkelijk niet bedoeld als calibratieperiode. Wanneer op basis van de verificatieperiode wordt geconcludeerd dat het model nog niet voldoet, dan wordt beredeneerd wat de oorzaak zou kunnen zijn.

Vervolgens wordt dit verbeterd in het calibratiemodel en wordt opnieuw gecalibreerd. Zodat daarna wederom onafhankelijk kan worden geverifieerd of het model voldoet.

- Bij de keuze van de verificatieperiode is het ook van belang om een periode te kiezen waarin (extreme) inundaties voorkomen om zo te kunnen beoordelen of het model inundatie op een goede manier berekend.

BIJLAGE 6

# WATERSTANDSTATISTIEK (BIJLAGE BIJ FACTSHEET 4)

Het **doel** van deze activiteit is om voor al het oppervlaktewater te komen tot een betrouwbare bepaling van de extreme waterstanden in het domein van de norm (T10-T100).

De concrete **resultaten** van deze stap zijn:

- Frequentiegrafieken van de oppervlaktewaterstand voor elke watergang (of meerdere rekenpunten per watergang).
- Kaartbeelden met voor elke watergang de maximale waterstand, per relevante herhalingsstijd (T10, T25, T50, T100).

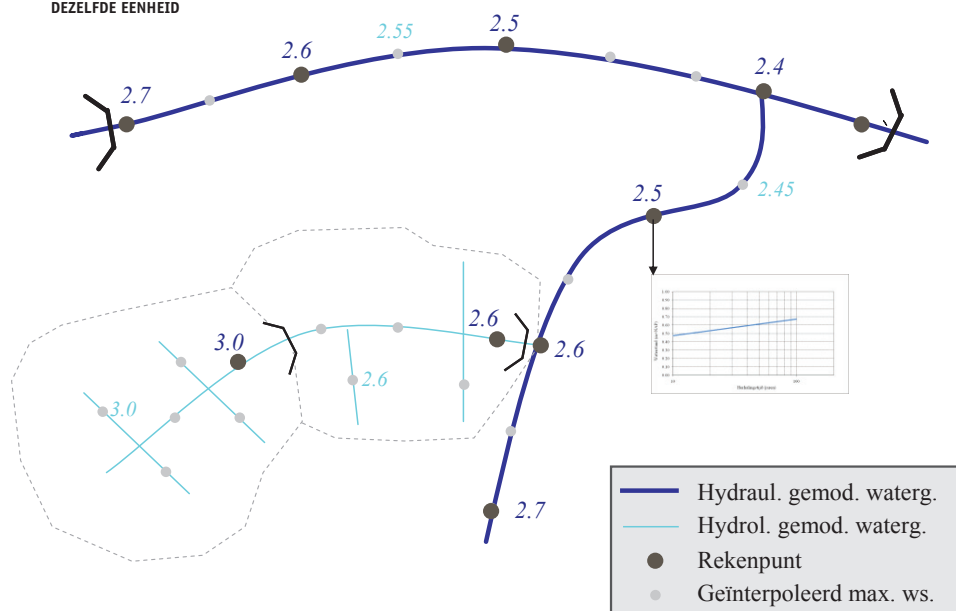
Voor elke watergang wordt minimaal één frequentiegrafiek vervaardigd. Voor hydraulisch gemodelleerde watergangen kan er per rekenpunt een frequentiegrafiek worden gegenereerd, zodat bij de inundatieanalyse rekening kan worden gehouden met het verhang in de watergang.

De kaartbeelden gelden als basis voor de inundatie analyse (activiteit 1C, par. 3.4), die als vervolgstap op de waterstandstatistiek wordt uitgevoerd. Deze kaartlagen zijn feitelijk een ruimtelijke vastlegging van de frequentiegrafieken voor de relevante herhalingsstijden. Bij voorkeur wordt de maximale waterstand ruimtelijk zo gedetailleerd mogelijk uitgedrukt, bijvoorbeeld door om de 25 m op een watergang een waarde te plotten, zodat de inundatie op het maaiveld in de vervolgstap gedetailleerd wordt berekend. Dit is echter alleen zinvol wanneer de te hanteren techniek, inundatieberekening vanuit individuele punten op de watergang mogelijk maakt. Ook is hierbij het onderscheid tussen hydraulisch gemodelleerde watergangen (met frequentiegrafieken per rekenpunt) en hydrologisch gemodelleerde watergangen (met frequentiegrafieken per oppervlaktewateereenheid) van belang. In Figuur B6.1 is conceptueel uitgewerkt hoe een dergelijk kaartbeeld met maximale waterstanden tot stand komt. Naast het direct toekennen van waterstanden op basis van hydraulische of hydrologische rekenpunten vindt er ook 'downscaling' van de gemodelleerde waterstanden plaats om een verfijnder ruimtelijke representatie van de waterstanden te verkrijgen.

FIGUUR B6.1

## CONCEPTUEEL KAARTBEELD VAN T10 SITUATIE WATERSYSTEEM

VOOR ELK HYDRAULISCH EN HYDROLOGISCH REKENPUNT IS EEN FREQUENTIEGRAFIEK BESCHIKBAAR VAN WAARUIT DE T10 WATERSTAND IN HET KAARTBEELD IS VASTGELEGD. OM GEDETAILLEERDE INPUT (MAXIMALE WATERSTAND OM DE 25 M OP DE WATERGANG) TE VERKRIJGEN, ZIJN DEZE REKENPUNTEN GEÏNTERPOLEERD. VOOR DE HYDROLOGISCH GEMODELLEERDE WATERGANGEN GELDEN IDENTIEKE WATERSTANDEN BINNEN DEZELFDE EENHEID



De **aanpak** van activiteit 1B (waterstandstatistiek) is als volgt:

1. Keuze rekenmethode.
2. Implementatie rekenmethode.
3. Uitvoeren modelsimulaties conform rekenmethode.
4. Statistische nabewerking tot extreme waterstanden.
5. Verificatie rekenmethode (en eventuele bijstelling).
6. Vervaardigen producten (frequentiegrafieken en kaartbeelden).

Er zijn verschillende methoden beschikbaar om de gewenste frequentiegrafieken te realiseren. Zo zouden deze grafieken op basis van meetgegevens kunnen worden bepaald, ware het niet dat in de praktijk de meetreeksen veel te kort zijn en daarnaast het watersysteem in de loop der tijd veelal (ingrijpend) is veranderd. Daarom zijn modellen nodig voor het inschatten van extreme waterstanden voor het actuele watersysteem. Wel wordt aanbevolen om meetgegevens te gebruiken ter verificatie van de rekenmethode, om bijvoorbeeld foute modelinstellingen, randvoorwaarden, stochasten of initiële condities te achterhalen.

De gangbare methode om tot frequentiegrafieken te komen, is het doorrekenen van een hydrodynamisch/hydrologisch model (zie vorige stap) conform een rekenmethode met bepaalde (statistische) hydrometeorologische input. Hoewel bij de vorige toetsingsronde nog niet alle waterschappen de toetsing met hydrologische modellen hebben uitgevoerd, zijn de waterschappen voornemens om dit bij deze ronde wel te doen.

Welke rekenmethode en bijhorende statistische hydrometeorologische input wordt gehanteerd, varieert per waterschap. Hierbij gelden de volgende opties:

1. Stochastenmethode.
2. Tijdreeksmethode.

Het uitvoeren van de modelsimulaties gebeurt conform de vastgestelde aanpak. Hoewel er in beide methoden veel dagen moeten worden doorgerekend, leidt dit met de huidige soft- en hardware veelal niet tot een onoverkomelijke rekentijd. Wel leiden deze geavanceerde berekeningen tot veel output die zorgvuldig moeten worden gemanaged en (steekproefsgewijs) gecontroleerd. Naast het controleren of de berekeningen correct zijn uitgevoerd (stabiliteit, plotselinge daling initiële waarden), een logisch verloop hebben (bijvoorbeeld GHG events leiden tot hogere waterstanden dan GLG events) en plausibel zijn, wordt eveneens aanbevolen om een verificatie van de frequentiegrafieken op basis van meetgegevens uit te voeren. Hierbij wordt het eerste deel van de frequentiegrafiek vergeleken met statistisch geplote T1, T5, T10 waarden op basis van metingen (zie voorbeeld figuur B4.4). Hierbij gaat het er niet om dat de lijnen identiek zijn, maar grote verschillen (de meetlijn ligt 0.4 m lager dan de gemodelleerde lijnen) zouden opmerkelijk zijn en mogelijk het gevolg van een onjuiste implementatie van de rekenmethode. Bijvoorbeeld een onjuiste vertaling van betrouwbare grondwaterinformatie naar initiële grondwaterstanden in geaggregeerde hydrologische modellen. Het bijvoorbeeld (modelmatig) systematisch te hoog schatten van de berging kan met deze verificatieslag worden getackeld.

Het vervaardigen van de frequentiegrafieken varieert per methode. Aangezien bij de stochastenmethode vooraf statistiek op de invoer is toegepast, is een statistische nabewerking niet meer nodig. Wel moet er een nabewerking worden uitgevoerd om per rekenpunt op basis van de maximale waterstand per combinatie van stochasten een frequentiegrafiek te construeren. Hierbij vindt er geen fit dan wel extrapolatie plaats.

De tijdreeksmethode vereist wel statistiek achteraf. Hierbij dient er te worden gekozen voor een extreme waarden verdeling (bijvoorbeeld Gumbel, Weibull) op basis waarvan een frequentiegrafiek wordt vervaardigd. Meer nog dan de gekozen verdeling, speelt de wijze waarop de fit plaatsvindt een grote rol. Bijvoorbeeld in welke mate de laagfrequente events worden meegenomen en de omgang met eventuele knikpunten. Voor niet-lineaire watersystemen zou een handmatige fit misschien wel het meest wenselijk zijn. Daarnaast wordt aanbevolen om de onzekerheid van de statistische fit mee te nemen in de onzekerheidsanalyse.

Als de methode logische, plausibele en vertrouwenswekkende resultaten laat zien, kunnen de eindproducten worden gerealiseerd:

- frequentiegrafieken per rekenpunt;
- gebiedsdekkende vertaling naar kaartbeelden per frequentie van de maximale waterstand voor alle watergangen.

BIJLAGE 7

# STOCHASTEN EN TIJDREEKSMETHODE (BIJLAGE BIJ FACTSHEET 4.1)



**DOEL**

- Het kiezen van de meest geschikte statistische methode voor het beheersgebied.
- Het zodanig implementeren van de gekozen methode dat de berekende waterstandstatistiek een goede representatie van de werkelijkheid is.

**RESULTATEN**

Het resultaat van deze stap is een gedetailleerde uitwerking van de methode voor het beheersgebied waarin rekening is gehouden met de wateroverlastbepalende aspecten.

**REKENMETHODEN**

Bij de vorige toetsingsronde zijn door waterschappen de ontwerpbeurt, stochasten en tijdreeksmethode toegepast. Deze methoden kunnen als volgt worden gekenschetst:

- **Ontwerpbeurtmethode:** het watersysteem wordt doorgerekend met één specifieke ontwerpbeurt per herhalingsperiode, die maatgevend wordt geacht voor de bij de betreffende herhalingsperiode optredende waterstanden. Voor de overige aspecten die bijdragen aan het al dan niet optreden van wateroverlast worden aannamen gedaan (initiële grondwaterstand, benedenstroomse randvoorwaarden). Herhalingsperiode van de neerslag (ontwerpbeurt) wordt gelijk verondersteld aan de herhalingsperiode van de waterstand.
- **Tijdreeksmethode:** het watersysteem wordt doorgerekend met een voldoende lange (hydrometeorologische) tijdreeks waarin zich extreme en minder extreme neerslaggebeurtenissen voordoen. ‘Achteraf’ wordt statistiek gebruikt om de T10-T100 waterstanden te bepalen, deels op basis van extrapolatie. Wateroverlastbepalende factoren zoals grondwaterstand en afwatering naar het buitenwater kunnen of door het model worden bepaald of tijdsafhankelijk met het model worden gekoppeld. In tegenstelling tot bij de ontwerpbeurt hoeft hierin geen generieke aanname te worden gedaan.
- **Stochastenmethode:** bij deze methode wordt de statistiek niet toegepast op de uitkomsten van het model maar op de invoer. Zo wordt het watersysteem doorgerekend met een veelheid aan (combinaties van) factoren die tot hoge waterstanden kunnen leiden. Het verschil met de ontwerpbeurtmethode is dat niet vooraf wordt bepaald welke unieke combinatie van factoren leidt tot een T10-waterstand, maar dat dit door het model wordt uitgerekend op basis van de gegeven stochastische input. Zodoende kunnen er ook verschillende combinaties van stochasten zijn die leiden tot een T10-waterstand. Bij deze methode worden eerst ‘vooraf’ de stochasten geïdentificeerd, die bepalend zijn voor het optreden van hoogwater (neerslag, grondwaterstand, afwatering naar buitenwater). Vervolgens wordt elke stochast in een kansdichtheidsfunctie uitgedrukt, zijnde een zo goed mogelijke representatie van de werkelijkheid. Omdat de stochasten veelal als onderling onafhankelijk worden beschouwd, worden deze in iedere denkbare combinatie doorgerekend.

Aansluitend bij STOWA's uniformeringsrapport (Spijker, 2010) wordt de ontwerpbeurtmethode niet meer geschikt bevonden voor de watersysteemtoetsing. Vooral vanwege het vooraf definiëren van één specifieke ontwerpbeurtsituatie die leidt tot de maatgevende T10-waterstand en het daarbij veelal veronderstellen van “herhalingsperiode neerslag = herhalingsperiode waterstand”. Nog los van het feit dat er in werkelijkheid meer situaties kunnen zijn die tot een T10 waterstand leiden, is het vrijwel onmogelijk om vooraf dé maatgevende situatie te definiëren die (voor het hele gebied) overeenkomt met een T10-situatie. Ook kan de maatgevende situatie per type watersysteem sterk verschillen. Daarom wordt een rekenmethode aanbevolen waarin een breed scala aan hydrometeorologische omstandigheden worden doorgerekend om zodoende gebiedspecifiek de maatgevende situaties hieruit te destilleren.

Naast het uitsluiten van de ontwerpbuimethode als geschikte rekenmethode voor de watersysteemtoetsing, is in het STOWA rapport (Spijker, 2010) benadrukt dat –meer dan de methodekeuze– vooral de wijze waarop de stochasten- of tijdreeksmethode wordt geïmplementeerd, essentieel is voor een betrouwbaar inzicht in de wateroverlast. Onderstaand worden puntsgewijs voor-, en nadelen, praktische bezwaren en aandachtspunten voor beide methoden gegeven.

#### **TIJDREEKSMETHODE:**

Bij de tijdreeksmethode wordt er in principe een zo lang mogelijke reeks doorgerekend (bijvoorbeeld 100 jaar) waarin zich verschillende situaties bevinden in het extreme T10-T100 wateroverlastdomein. In de praktijk worden er verschillende varianten van de tijdreeksmethode toegepast, waarbij soms zodanig wordt versimpeld dat de kracht van tijdreeksmethode verloren gaat. De redenen voor het aanpassen van een volledige tijdreeksmethode zijn vooral een acceptabele rekentijd en het anticiperen op beperkingen van het model. Zo zijn sommige modellen minder geschikt om langdurig stabiel jaarrond te rekenen. De volgende varianten van de tijdreeksmethode komen voor:

1. Simuleren volledige tijdreeks met geïntegreerd hydraulisch-hydrologisch model. Er wordt statistiek bedreven op de verkregen waterstandreeks. Zo worden waterstanden bij verschillende herhalingsstijden vastgelegd. Aandachtspunten bij het doorrekenen zijn dat het model geschikt moet zijn voor langjarige berekeningen. Aandachtspunt bij toepassen van statistiek is het intra- en extrapoleren.
2. Simuleren delen van de totale reeks (extremere events) met geïntegreerd hydraulisch-hydrologisch model. Aandachtspunt bij deze variant is welke initiële grondwaterstand wordt gehanteerd bij de start van het event. Soms wordt voor het bepalen van de grondwaterstand een volledige tijdreeks doorgerekend met alleen de hydrologische component van het model. In andere gevallen wordt elk event met een identieke grondwatersituatie gestart. Dit zal veelal sterk afwijken met de werkelijkheid (event in april versus event in oktober) en is daarom niet correct. Deze laatste subvariant is dan ook niet geschikt voor het uitvoeren van een watersysteemtoets, strookt ook niet met de aard van de tijdreeksmethode.
3. Simuleren volledige tijdreeks met hydrologisch (neerslag-afvoer) model zodat op basis hiervan representatieve inloopgolven zijn te verkrijgen, die kunnen worden opgelegd aan de hydraulische modelcomponent waarin de T10-T100 waterstanden worden berekend (een voorbeeld is de methodiek “Waterloopmodellering” die in België standaard is, zie Willems, 2009). Een subvariant van deze methode is dat in plaats van het verkrijgen van representatieve inloopgolven voor CF ook de extremere perioden kunnen worden geselecteerd en opgelegd aan CF. Deze subvariant lijkt op bovengenoemde variant 2, maar verschilt wat betreft de online/offline koppeling tussen het hydrologische en hydraulische model.

Bij het vaststellen van een geschikte tijdreeksvariant geldt dat versimpelingen of opschalings het beste kunnen worden vermeden. Elke opschaling is verlies van informatie/nauwkeurigheid en kan onwenselijke effecten tot gevolg hebben. Geadviseerd wordt om altijd de volledige continue 100-jarige reeks door te rekenen, en te waarborgen dat het jaarrond rekenen met modellen naar behoren functioneert.

Het bovenstaande verdient echter wel enige nuancering. Niet altijd is een aanpassing van de tijdreeksmethode een ‘verslechtering’. Bijvoorbeeld het opdelen van de reeks in events is ook bedoeld om de nadelige effecten van niet goed jaarrond rekenende modellen (uitzakende grondwaterstanden, verdroging, kwel/wegzijing) te beperken. In dat geval wordt de rekenmethode afgestemd op een sub-optimaal model. Dit constaterende, is het van belang

om de keuze/implementatie van de statistische rekenmethode af te stemmen op het model en vooral ook de gehele toetsingsmethode en beschikbare tools en middelen in samenhang te beschouwen.

Een belangrijk nadeel van de tijdreeksmethode is dat de door te rekenen tijdreeks (veelal 40-60 jaar) relatief kort is voor het betrouwbaar kunnen bepalen van T50-T100 waterstanden (kortere tijdreeksen worden soms ook gebruikt vanwege de limiterende lengte van de meetreeks van het buitenwater). Bij een beschikbare tijdreeks van 50 jaar wordt de meest extreme periode in die reeks beschouwd als een T50 event terwijl bijvoorbeeld 1998 in bepaalde regio's in werkelijkheid een herhalingstijd had van 200 jaar. Dit kan leiden tot overschatting van de wateropgave en geldt ook bij reeksen van 100 jaar. Een alternatieve aanpak is dat een aantal berekende hoogste extremen niet mee wordt genomen in de statistische nabewerking en dat er wordt geëxtrapoleerd op basis van de overige extremen.

In het verlengde van het voorgaande is de wijze waarop extrapolatie plaatsvindt (conform een gekozen statistische extreme waarde verdeling) bepalend voor de wateropgave. Enerzijds zijn er verschillende wijzen (statistische verdeling (vb. Gumbel), fitalgoritme) mogelijk waarop de lijn kan worden gefit met mogelijk grote verschillen als gevolg van de verhouding waarin de meer en minder extreme events worden meegenomen. Anderzijds is voor de watersysteemtoetsing het niet altijd verantwoord mee kunnen nemen van niet-lineariteiten in het watersysteem een belangrijk aandachtspunt. (Bijna) inonderende watersystemen (in de berekende reeks met 50 jaren) kunnen sterk niet lineair reageren bij een T=100 event. Dit is soms niet zichtbaar in een tijdreeksberekening en komt dan dus ook niet terug in de extrapolatie. Bijvoorbeeld afvlakking van de waterstandstijging als gevolg van maaiveldinundatie of een knikpunt in de frequentiegrafiek bij maalstops of andere afvoerbeperkingen.

Wanneer deze situaties zich in de tijdreeks niet hebben voorgedaan, maar in werkelijkheid onder nog extremere omstandigheden wel een rol spelen, dan is er een grote kans op verkeerde extrapolatie. Ook dit kan leiden tot overschatting van de wateropgave.

Een derde nadeel van de tijdreeksmethode is het niet kunnen meenemen van de voor de watersysteemtoetsing relevante faalmechanismen wanneer deze zich in tijdreeks niet hebben voorgedaan (bijvoorbeeld het falen van gemalen).

Ter illustratie wordt hieronder een vergelijking gegeven van verschillende toegepaste methoden in een recente pilot voor Waterschap Rivierenland.

#### **STOCHASTENMETHODE:**

Een correcte implementatie van de stochastenmethode wordt bepaald door:

1. Het identificeren van de juiste factoren die (in combinatie) kunnen leiden tot extreme waterstanden (buivolume, buivorm, initiële grondwaterstand, benedenstroomse randvoorwaarden, rivierkwel, ruwheid van waterlopen).
2. Het aan elke stochast toekennen van een kansenspectrum (kansdichtheidsfunctie) op basis van betrouwbare input (informatie) en op verantwoorde wijze discretiseren (opknippen) van dit kansenspectrum (bijvoorbeeld neerslagintensiteit in klassen 0-50 mm, 50-60 mm, 70-80 mm, etc.).
3. Verantwoorde omgang met eventuele afhankelijkheden tussen stochasten.

Bij het eerste punt dient te worden nagegaan welke factoren kunnen bijdragen aan het optreden van wateroverlast. Dit kan per watersysteem verschillen al zal in elk geval de stochasten buivolume, buivorm en initiële grondwaterstand moeten worden meegenomen. Voor de eerste twee stochasten biedt STOWA geregionaliseerde statistieken. Deze worden in het najaar 2011 via de website ter beschikking gesteld. Vooralsnog wordt bij deze methode gebruik gemaakt van KNMI statistiek gebaseerd op De Bilt, eventueel gebruikmakend van een regionale en/of gebiedsgrootte correctie. De gebiedsgrootte correctie is bedoeld om punt naar gebied vertalen van neerslagstatistiek voor grote gebieden te corrigeren. Zeker in grote gebieden is het minder waarschijnlijk dat de T100 De Bilt neerslag gelijktijdig en in gelijke mate optreedt.

Qua neerslagstatistiek kan worden gekozen voor builengtes variërend van 1-9 dagen. Voor landelijke watersystemen zijn langere builengtes van 4 á 9 dagen veelal maatgevend, terwijl voor snel reagerende stedelijke watersystemen de 1 daagse buien maatgevend zijn voor wateroverlast. De keuze voor de builengte hangt daarom samen met de karakteristieken van het watersysteem. Overigens is het ook mogelijk om verschillende builengtes te gebruiken, bijvoorbeeld voor watersystemen waarin beide processen belangrijk zijn.

Naast de neerslag en grondwaterstochasten kunnen ook andere stochasten bepalend zijn voor het optreden van hoogwater. Bijvoorbeeld de afvoer naar buitenwater kan onder extreme omstandigheden stremmend zijn.

Als dit het geval is (of mogelijk het geval kan zijn) dan is de ‘benedenstroomse afwatering’ een belangrijke stochast om mee te nemen.

Een aandachtspunt bij de ‘benedenstroomse’ afwatering is dat deze soms moeilijk stochastisch te kwantificeren is met de beschikbare informatie. Voorkomen moet worden dat in dergelijke gevallen wordt gekozen voor één vaste randvoorwaarde, die onvoldoende recht doet aan de werkelijkheid. Het stochastisch meenemen van de benedenstroomse randvoorwaarde verdient dan de voorkeur, bijvoorbeeld door deze –op basis van meetgegevens– in drie klassen te discretiseren: niet stremmend, matig stremmend, stremmend.

Tevens kan het groeiseizoen stochastisch worden meegenomen, door bijvoorbeeld de initiële oppervlaktewaterstand en weerstand in de waterloop (of zelfs de landbouwkundige bewerking) afhankelijk te maken van de periode in het jaar. Deze stochastische variabelen zijn echter niet onafhankelijk van de initiële grondwaterstand, en de correlatie hiermee dient dan ook te worden verdisconteerd.

Ook het falen van kunstwerken of beheer kan stochastisch worden meegenomen. Bij de afweging ‘Hoe ver gaan we hierin’ gaat het vooral om het identificeren van de bepalende mechanismen. De verwachting is, dat waterschappen met hun gedegen systeemkennis hiertoe goed in staat zijn.

Bij het tweede punt dient elke stochast op basis van betrouwbare informatie in kansen te worden uitgedrukt waarmee de werkelijkheid zo goed mogelijk wordt gerepresenteerd. Voor de neerslagstochasten is dit kant-en-klaar beschikbaar. Wel moeten er nog keuzen worden gemaakt welke builengtes worden meegenomen. Een mogelijkheid is om alleen de 9-daagse events mee te nemen, die veelal maatgevend zijn voor regionale systemen. Echter voor sommige systemen waarin stedelijke gebieden dominant zijn of de interactie met stedelijke watersystemen, zou het eveneens meenemen van kortdurende events te verkiezen zijn.

Voor de initiële grondwaterstanden wordt veelal gewerkt met het onderscheiden van GLG-GG-GHG situaties, aangezien dit breed beschikbare informatie is en tevens een bepaalde kans vertegenwoordigd. De wijze waarop de grondwaterinformatie beschikbaar is verschilt. Idealiter zou deze direct gebaseerd zijn om langjarige meetreeksen, echter veelal is het freatische grondwatermeetnet hiervoor beperkend. Alhoewel er waterschappen zijn die een geïnterpoleerd vlak van grondwaterstandsmetingen gebruiken als input voor de stochastenmethode. Andere opties zijn het gebruiken van de GHG-GLG uit de bodemkaart of het afleiden van deze karakteristieken met een (regionaal) grondwatermodel.

In sommige watersystemen zou het wenselijk zijn om de grondwaterdynamiek (in het natte domein) gedetailleerder te discretiseren dan de drie klassen GLG-GG-GHG. Bijvoorbeeld de 50% laagste grondwaterstanden als 1 klasse, en vervolgens 5 klassen 50-60% grondwaterstand, 60-70, etc. Veelal is hierbij de beschikbare informatie betrouwbaar of is er onvoldoende vertrouwen in het grondwatermodel.

Het vertalen van de grondwaterinformatie naar het model is een kritisch punt. Zo is het van belang dat de grondwaterdynamiek in het model in absolute zin vergelijkbaar is met de in te brengen informatie. Als bijvoorbeeld de GHG in een gebied 0.4 m onder maaiveld ligt dan zou het model in een gemiddeld jaar ook circa 10-12% van de tijd dergelijke grondwaterstanden moeten berekenen.

Ook speelt het rekenen met een geaggregeerd of ruimtelijke gedistribueerd model een grote rol. Bij geaggregeerde eenheden moet zorgvuldig worden nagedacht hoe de grondwaterinformatie dient te worden opgeschaald.

Het waarborgen van de consistentie tussen de dynamiek en het bergingsvermogen van de bodem in het model en de werkelijkheid. Hydrologische inconsistenties kunnen leiden tot over- dan wel onderschatting van het bergende vermogen van de bodem. Dit is geen futiliteit, er zijn praktijkvoorbeelden waarbij onrealistische T=100 events ontstaan met afvoeren en waterstanden die echt niet plausibel zijn. Bij de verificatie van de methode (zie verderop) kan deze consistentie worden geverifieerd door het vergelijken van (het begin) van de frequentiegrafiek met de metingen.

Het derde belangrijke aandachtspunt zijn de eventuele afhankelijkheden tussen bepaalde stochasten. Het zoveel mogelijk uitgaan en rekenen met onafhankelijke stochasten verdient de voorkeur maar zal niet altijd mogelijk zijn. Een bekend voorbeeld is de mate van samenvallen van extreme regionale afvoeren en hoge buitenwaterstanden in het primaire systeem. Vooral wanneer wateroverlast in het regionale systeem een combinatie van beperkte afvoer naar het buitenwater en hoge 'eigen' afvoer kan zijn. Het meenemen van afhankelijkheden in de stochastenmethode is op zich geen probleem. Veeleer is het kwantificeren van deze afhankelijkheid een knelpunt, vanwege te beperkte informatie. Deze zouden het liefst moeten worden gebaseerd op werkelijk opgetreden extreme gebeurtenissen in het verleden, en de meethistorie is hiervoor veelal te kort (evengoed een aandachtspunt bij tijdreeksmethode). Daarbij is vaak ook nog 1 of beide watersystemen in die periode substantieel veranderd. Het bepalen van de relatie via modellen is een optie, echter mogelijk tijdrovend omdat zowel modellen van het primaire watersysteem (Rijkswaterstaat) als van het regionale watersysteem in samenhang moeten worden doorgerekend.

Verder worden er momenteel discussies gevoerd of de door het KNMI onderscheiden buivormen onafhankelijk zijn van het seizoen. Voor buivolume is reeds een grof onderscheid gemaakt tussen binnen (8 maanden maart-oktober) en buiten groeiseizoen, voor de buivormen zou dit mogelijk ook wenselijk zijn. Geopperd wordt dat buivormen met een sterk geconcentreerde piek meer voorkomen in de zomer dan in de winter en leiden dan minder snel tot problemen dan vanwege de lagere grondwaterstanden. Rekening houden met deze afhankelijkheid leidt tot een lagere wateropgave. Een vraag die hieraan voorafgaat is of het (statistisch) aantoonbaar is dat deze vorm zich vaker of vrijwel alleen maar in de zomer voordoet. Aanbevolen wordt dit te onderzoeken.

Een aandachtspunt is de bewerkelijkheid van de stochastenmethode. Vanwege het veelal uitvoeren van grote aantallen berekeningen (combinaties van stochasten), is deze groter dan bij de tijdreeksmethode. Echter de voortgang van de ICT ondervangt dit nadeel voor een belangrijk deel, door de mogelijkheid de berekeningen over verschillende computernodes te distribueren en de voortschrijdende ontwikkeling van de rekensnelheid (processor). In de praktijk leidt dit tot een acceptabele rekensnelheid voor de stochasten methode waarbij nauwelijks versimpelingen nodig zijn, vanuit het oogpunt van de rekensnelheid.

#### VERGELIJKING STOCHASTEN EN TIJDREEKSMETHODE:

In onderstaande tabel B7.1 worden de verschillen tussen de tijdreeks- en stochasten methode gekarakteriseerd. Mede op basis hiervan kan de juiste keuze worden gemaakt voor de meest geschikte methode voor een bepaald beheersgebied.

TABEL B7.1 VERSCHILLEN TUSSEN TIJDREEKS- EN STOCHASTENMETHODE

Aspecten	Stochasten	Tijdreeks
Omgang met niet-lineariteiten (inundatie, maalstop, afwatering buitenwater)	<b>Goed</b>	<b>Matig</b> , wel afhankelijk van lengte tijdreeks of knikpunten worden geïdentificeerd
Meenemen van andere faalmechanismen dan neerslag-afvoer	<b>Goed</b>	<b>Redelijk</b> , afhankelijk of mechanismen zich in reken-periode hebben voorgedaan
Onderlinge afhankelijkheden tussen wateroverlastbepalende aspecten	<b>Redelijk</b> , afhankelijkheden kunnen worden meegenomen, mits voldoende gegevens	<b>Goed</b>
Extrapolatie statistiek	<b>Redelijk</b> , vooraf	<b>Matig</b> , achteraf: bij niet-lineariteiten grote afwijkingen
Begingrondwaterstand als wateroverlastbepalende factor	<b>Goed</b> , wel opletten bij geaggregeerde modellen	<b>Goed</b> , mits modellen jaarrond rekenen
Communiceerbaarheid	<b>Redelijk</b>	<b>Goed</b>
Consistentie met aanverwante dossiers	<b>Goed</b> , idem als waterkering	<b>Redelijk</b>
Bewerkelijkheid	<b>Redelijk</b>	<b>Goed</b>

#### PILOT WATERSCHAP RIVIERENLAND, VOORBEELD VERGELIJKING REKENMETHODIEK:

Waterschap Rivierenland heeft HydroLogic gevraagd een aanpak te formuleren voor de watersysteemtoetsingen die uiterlijk 2013 worden uitgevoerd. Hierbij is onder andere onderzoek gedaan naar de gewenste rekenmethode. Om tot een goed onderbouwde keuze voor de rekenmethodiek te komen, zijn drie methodes beproefd: de ontwerp-bui-, tijdreeks- en stochastenmethode. Van al deze methodes zijn met een Sobek CF/RR model de waterstanden voor de maatgevende situaties (T10, T25, T50 en T100) bepaald, waarna de resultaten zijn geanalyseerd.

*Alvast de conclusie op hoofdlijnen*

Er bleek dat het rekenmodel niet goed in staat is om jaarrond te rekenen. Dit betekende vervolgens dat het berekenen van waterstandstatistiek op basis van de tijdreeksmethode hierdoor te veel werd beïnvloed. Dit is een duidelijk voorbeeld van de samenhang van de keuze tussen de statistische methode en de mogelijkheden van het rekenmodel. Mede daarom is in de pilot voor de stochastenmethode verkozen. Evengoed speelde hierbij andere aspecten een rol zoals de beperkte lengte van de tijdreeks en de 'willekeur' van de tijdreeksfit in het extreme domein.

**ONTWERPBUI METHODE**

De ontwerpbuimethode is de meest eenvoudige van de onderzochte methodes. Voor de ontwerpbuimethode zijn ontwerpbuien doorgerekend die representatief worden geacht voor maatgevende situaties, waarbij voor alle situaties wordt uitgegaan van dezelfde initiële situatie.

De vorm van de buien is voor alle situaties gelijk, maar het volume neemt toe naarmate de kans op een maatgevende situatie afneemt. De resultaten van de ontwerpbuimethode bleken onvoldoende betrouwbaar, mede omdat geen rekening wordt gehouden met de verschillende factoren die van grote invloed zijn op de waterstandstatistiek (variatie in de initiële grondwaterstand, buivorm etc.).

**TIJDREEKSMETHODE**

Voor de tijdreeksmethode is een periode van 60 jaar doorgerekend, waarna op basis van een statistische nabewerking (Gumbel plot) de waterstanden voor de maatgevende situaties zijn berekend. Het model bleek (met name in de zomersituaties) het grondwaterstandverloop niet goed te simuleren (grondwaterstand zakke uit), waardoor bij bepalende neerslaggebeurtenissen de bergingsmogelijkheden in de bodem onvoldoende betrouwbaar zijn berekend. Een belangrijk nadeel van de tijdreeksmethode is de lineaire interpolatie voor extreme situaties (kans  $< \sim 1/60$ ), terwijl het onderzochte watersysteem in extreme situaties niet lineair reageert.

**STOCHASTENMETHODE**

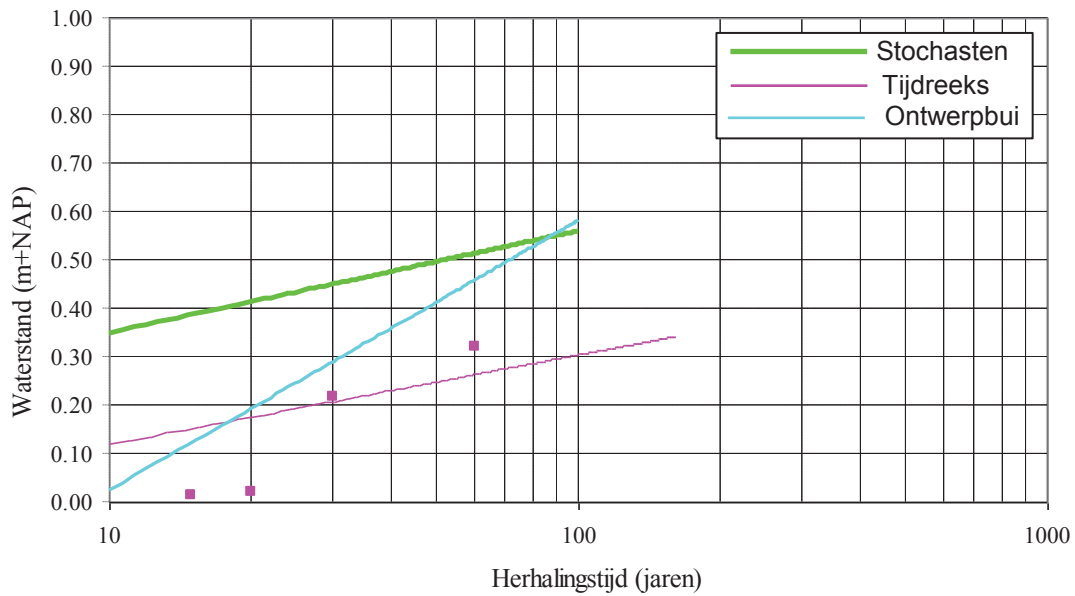
Voor de stochastenmethode zijn diverse variabelen (stochasten) gedefinieerd die kunnen bijdragen aan hoogwater. Deze stochasten zijn in alle mogelijke combinaties doorgerekend, zodat de werking van het watersysteem onder diverse hydrometeorologische omstandigheden is gesimuleerd. Hiermee is inzicht verkregen in de mate waarin verschillende factoren invloed hebben op de waterstandstatistiek. Bovendien is het systeemgedrag voor zeer extreme situaties gesimuleerd en is inzicht verkregen in het niet-lineaire gedrag in extreme situaties. Hoewel een verificatie van de waterstandstatistiek zeer lastig is, is in de pilot gebleken dat de resultaten van de stochastenmethode van alle methodes voor de T10 situatie het beste aansluit bij de praktijkervaringen.

**KEUZE METHODIEK**

In figuur B7.1 zijn de resultaten gegeven van de verschillende methodes. De tijdreeks blijkt tot lagere waterstanden te leiden dan de stochasten en de ontwerpbuimethode, met name doordat het model in de zomerperiode niet goed berekende (het systeem droogde te veel uit). Verder is in de figuur de tamelijke willekeur van de tijdreeksfit zichtbaar. De paarse punten zijn de vier meest extreme events in de tijdreeks en op basis hiervan kunnen verschillende lijnen worden getrokken.

De stijging van de T10 naar de T100 situatie is bij de stochastenmethode en de tijdreeksmethode vergelijkbaar, terwijl de ontwerpbuimethode een afwijkend patroon laat zien (veel sterkere stijging). Deze grote stijging wordt veroorzaakt doordat bij de ontwerpbui alleen het neerslagvolume differentiërend is, terwijl bij de andere methodes ook rekening wordt gehouden met verschillende factoren (initiële grondwaterstand, buivorm etc.), waardoor nivellering van de waterstand optreedt. De waterstandstijging tussen de T10 en T100 van de tijdreeks- en stochastenmethode lijkt dan ook realistischer.

FIGUUR B7.1 RESULTATEN STOCHASTEN-, TIJDREEKS EN ONTWERPBUI METHODE



Gezien de beperkingen van de tijdreeks- en tijdreeksmethode en het feit dat de resultaten van de stochastenmethode het beste lijkt aan te sluiten bij praktijkervaringen, is binnen de pilot gekozen voor de stochastenmethode.





BIJLAGE 8

# INUNDATIEANALYSE

## (BIJLAGE BIJ FACTSHEET 5)

Het **doel** van deze activiteit is om ruimtelijk en gebiedsdekkend inzicht te krijgen in locaties die onder bepaalde omstandigheden (de in verordening vastgelegde herhalingstijden) inunderen vanuit oppervlaktewater.

Het **resultaat** van deze stap is een inundatiekaartbeeld per relevante herhalingstijd (T10-T100).

Deze kaartbeelden worden vervaardigd op basis van de in de vorige stap geproduceerde maximale waterstandskarten. De **aanpak** om te komen van een waterstandspunt naar een 2D-inundatiebeeld gebeurt in GIS. Hoewel de hierbij te hanteren GIS-techniek kan verschillen, gelden er wel een aantal algemene principes. Belangrijk om te beseffen is dat de perfecte GIS-techniek niet bestaat en het verstandig is deze af te stemmen op de aard van het watersysteem en de wateroverlastproblematiek.

De enige manier om een GIS-aanpak te omzeilen zou een volledige 1D2D modellering van het watersysteem kunnen zijn, zodanig gedetailleerd (25x25 m á 5x5 m) dat relevante maaiveldverschillen voor wateroverlast worden meegenomen. Een dergelijke aanpak is ver verwijderd van de huidige waterschapspraktijk (hooguit 1D2D modelleringen van beekdalen of dijkdoorbraken), leiden tot onaanvaardbare rekentijden en eveneens een enorme inspanning vergen om te realiseren. Bijvoorbeeld de uitwisseling tussen de 1D component en het 2D maaiveld zou voor elk pixel correct moeten zijn en dit vraagt een goede afstemming van de waterloopprofielen en het maaiveld. Dit is in Nederland voor alle watergangen nog lang niet op orde.

Hieronder wordt beschreven welke technische instructies van belang zijn voor een juiste vertaling van maximale waterstanden naar inundaties met GIS.

### GIS AANPAK

Een belangrijke basis voor een goede inundatieanalyse is een kaart als in B5.1 waarin voor elke watergang een maximale waterstand beschikbaar is. Wat wel eens mis gaat met bepaalde GIS technieken is dat er inundatie op locaties optreedt die niet in verbinding staan met een watergang (ingesloten laagtes, tussenliggende hoge objecten, waterkeringen).

Vanuit watergangen (of locaties op de watergang) dient vervolgens te worden geanalyseerd welk deel van het (nabije) maaiveld inundeert: dit zijn die delen van het maaiveld die lager zijn dan de maximale waterstand én in verbinding staan met de watergang. Hiervoor is het van belang om te controleren of waterkeringen en andere verhoogde lijnelementen correct in het hoogtemodel zitten. Voor AHN2 zal dit veelal standaard beter zijn dan AHN1. Even goed is een controle van belang en zo nodig eventuele correctie (zie kader).

#### BEWERKING HOOGTEBESTAND:

1. Als basis wordt uitgegaan van het AHN2 of anders AHN1.
2. Bij missende gegevens wordt een geostatistische interpolatie uitgevoerd.
3. Het stedelijk gebied dient in het AHN te worden gecorrigeerd door de bebouwing eruit te filteren (bij AHN2 meestal vrij goed). Bebouwing krijgt de waarde mee van de omliggende straten.
4. ingesloten laagtes die niet aan watergangen grenzen en waar het water niet kan komen dienen eventueel uit het AHN te worden gefilterd (optie: fill) om te voorkomen dat deze ten onrechte inunderen. Dit is alleen nodig wanneer het GIS algoritme voor inundatie hier geen rekening mee houdt.

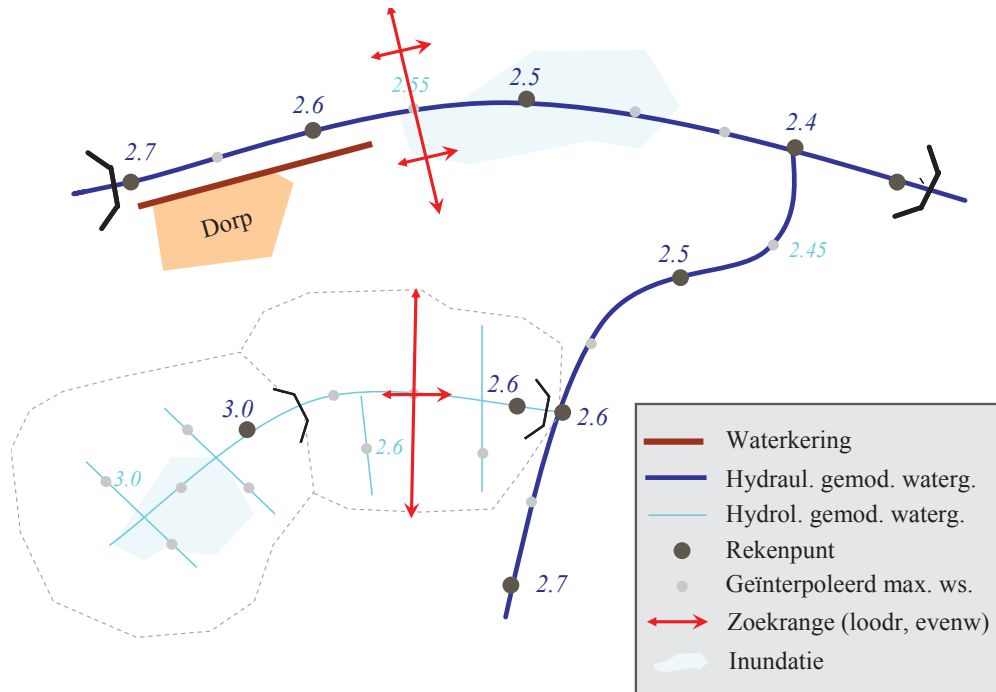
Een vervolgvraag is tot hoever de inundatie mag reiken. Een gangbare werkwijze is dat inundaties in tot aan de grens van de watersysteemeenheid (bijvoorbeeld peilgebied, afwaterings-eenheid, polder) kunnen reiken. Voor een polder systeem zal dit veelal een correcte werkwijze zijn, echter in beekdalen kan er sprake zijn van vrij smalle watersysteemeenheden, waarbij er inundatie vanuit de beek tot over de grens van de eenheid kan plaatsvinden. In dergelijke gevallen is een alternatieve GIS techniek wenselijk waarbij tot over de grenzen van het peilgebied kan worden geïnundeerd.

Een andere belangrijke voorwaarde is dat de vertaling van 1D naar 2D in GIS hydrologisch consistent dient te worden uitgevoerd. Of terwijl de hoeveelheid water die in GIS inundeert moet ordegruotte vergelijkbaar zijn met de hoeveelheid wat die in het hydrologische/hydrodynamische model op het maaiveld staat. Dit lukt vrijwel alleen goed als de overgang tussen waterloop en maaiveld op correcte wijze in het model is opgenomen (zie voor voorbeeld pilot Rivierenland verderop). Wanneer het maaiveldknippunt in het model te hoog ligt zal dit leiden tot een te hoge waterstand en in een vlak gebied veel inundatie. Het kan zelfs zo zijn dat er vier keer zoveel kuub water op het maaiveld staat in GIS dan in het model. Deze regelmatig voorkomende hydrologische inconsistentie dient te worden voorkomen.

In onderstaande figuur B8.1 wordt conceptueel toegelicht welke factoren bij een inundatieberekening voor wateroverlast een rol spelen. In de bijna ideale situatie geldt (zoals gezegd ideaal is niet mogelijk)

- Gedetailleerde vertaling van maximale waterstanden per watergang.
- Inundatieberekening vanuit elk punt op de watergang (en later samengesteld beeld vervaardigen).
- Inundaties kunnen alleen optreden op locaties die in verbinding staan met de watergang (geen ingesloten laagtes).
- Verhoogde elementen zoals waterkeringen dienen te worden meegenomen in de inundatie analyse.
- Gebruik zo actueel en gedetailleerd mogelijk AHN (AHN2). Zeker voor AHN1 dient het stedelijk gebied te worden gecorrigeerd voor huizenblokken. Hiervoor zijn technieken beschikbaar.
- Inundatie niet standaard laten begrenzen door (soms arbitraire) watersysteemeenheid grenzen, maar zoekrange (zowel in loodrechte als evenwijdige richting) variabel instellen.
- Hydrologisch consistent doordat maaiveld op correcte wijze in model is verwerkt. Bij ruimtelijk gedistribueerde modellen is dit automatisch het geval. Voor hydrodynamische modellen zoals Sobek CF zal dit in de profielen moeten worden ingebracht. Voor reservoir modellen zoals Sobek RR zal dit in de bakjes moeten worden opgenomen. Het verdient aanbeveling om de hydrologische consistentie te checken door het 2D-inundatievolume in GIS te vergelijken met het inundatievolume in het hydrologische model.
- Speciale aandacht voor locaties waar omloop om bijvoorbeeld een stuw optreedt. Door de evenwijdige zoekrange ruim in te stellen kunnen deze locaties worden geïdentificeerd. Vervolgens kan worden besloten hoe met deze locaties GIS-matig wordt omgegaan. Alleen met een geïntegreerd, gedetailleerd 1D2D model zijn deze processen correct na te bootsen. Inzet van expert judgement wordt hierbij aanbevolen.

FIGUUR B8.1 KAART MET VOOR ALLE WATERGANGEN EEN SCHATTING VAN EXTREME WATERSTANDEN



De vervaardigde inundatiekaarten worden voorgelegd aan de beheerder. Eventuele onjuistheden worden beoordeeld verklaard en leiden mogelijk tot aanpassingen van het model of de parameters van de inundatieanalyse. Bij de beoordeling spelen alleen technische /objectieve zaken een rol. Kosten-baten overwegingen over het al dan niet oplossen van inundaties op grasland zijn onderdeel van Fase 3, de oplossingen.

Naast de meest waarschijnlijke inundatiekaarten wordt aanbevolen om ook de onzekerheid te kwantificeren. Hiervoor kan een in opdracht van STOWA ontwikkelde tool worden toegepast (HKV, 2011). Los daarvan moet de onzekerheid van de maximale waterstand door de beheerder zelf worden geschat. De resultaten van de calibratie en validatie van het model (onder extreem natte omstandigheden) bieden bouwstenen hiertoe.

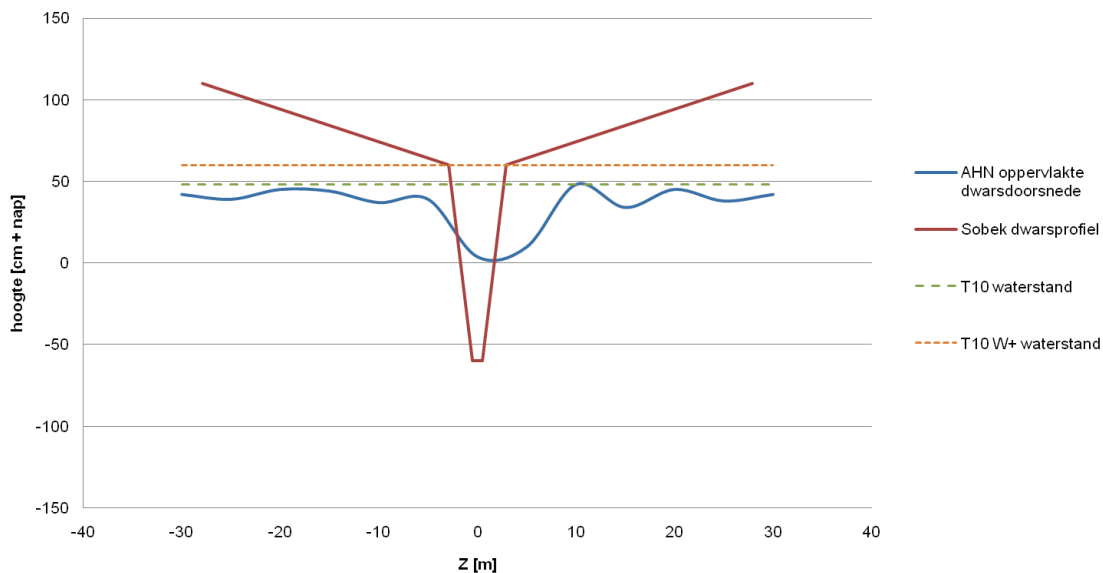
### PILOT WATERSCHAP RIVIERENLAND, INUNDATIEMETHODIEK (CONSISTENTE MODEL EN GIS ANALYSE):

Voor modellen die worden gebruikt voor NBW toetsingen is de wijze waarop de profielen worden gemodelleerd zeer bepalend voor de betrouwbaarheid van de hoge waterstanden en daarmee de wateropgave. Dit aspect is ook uitgebreid door Deltares onderzocht voor Waterschap Veluwe en Brabantse Delta (Dahm ea, 2011).

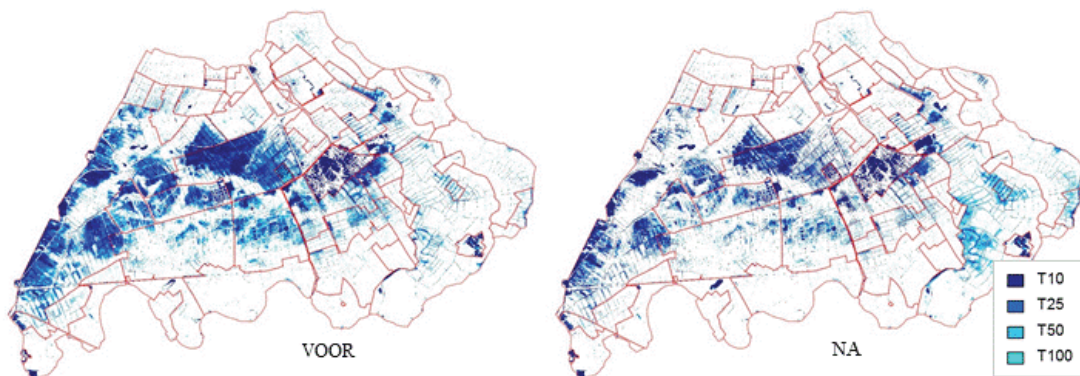
Om betrouwbare (hoog)waterstanden te kunnen berekenen, is het van belang dat rekening wordt gehouden met het overstromen van het maaiveld. Dit kan worden gerealiseerd door het modelleren van overstromingsvlaktes. Een belangrijke voorwaarde hierbij is dat het niveau van de overstromingsvlakte overeenkomt met het werkelijke maaiveldniveau; dit niveau is immers zeer bepalend voor de uiteindelijke waterstand.

In vlakke poldersystemen, waar het water vrij over het maaiveld kan stromen, zal de waterstand in werkelijkheid niet ver boven het maaiveld stijgen. In figuur B8.2 is hiervan een voorbeeld gegeven. Het gemodelleerde profiel is met de rode lijn weergegeven, terwijl in het blauw het daadwerkelijke maaiveldverloop is gegeven. Het werkelijke maaiveldniveau ligt veel lager dan het gemodelleerde knikpunt (punt waarop het profiel overgaat in de overstromingsvlakte). Wanneer met dit profiel extreme situaties worden doorgerekend, wordt de waterstand overschat (rode lijn). In werkelijkheid zal de waterstand niet veel verder stijgen dan circa 0.5 m+NAP, terwijl de berekende waterstand tot 0.65 m+NAP doorstijgt. Hierdoor wordt ook de wateropgave overschat. Onderzoek in opdracht van Waterschap Rivierenland heeft voor dit specifieke gebied uitgewezen dat de wateropgave door deze wijze van modelleren met 50% wordt overschat (zie figuur B8.3 verderop met verschil in berekende inundatie).

FIGUUR B8.2 DWARSDOORSNEDE VAN EEN WATERGANG IN SOBEK (RODE LIJN), DE BIJBEHORENDE HOOGTE VOLGENS HET AHN (BLAUWE LIJN) EN DE MAXIMALE WATERSTAND DIE VOOR EEN T10 SITUATIE (HUIDIG EN TOEKOMSTIG KLIMAAT, GROEN EN ROOD GEARCEERDE LIJNEN) IS BEREKEND



**FIGUUR B8.3** DEZE FIGUUR TOONT TWEE BEREKENDE INUNDATIEKAARTEN. EEN KAART GEMAAKT MET EEN MODEL DAT NOG NIET OP EEN GOEDE MANIER OVERSTROMINGEN BEREKENT (VOOR). IN DAT GEVAL WORDEN INUNDATIES EN DUS DE KNELPUNTEN OVERSCHAT. NA VERBETERINGEN AAN HET MODEL WORDEN INUNDATIES REALISTISCHER BEREKEND (NA)



BIJLAGE 9

# VERVAARDIGEN NORMERINGSKAART (BIJLAGE BIJ FACTSHEET 6)



Het **doel** van deze stap is om de in de provinciale verordening vastgestelde normen ruimtelijk te vertalen zodat in de vervolgstap hieraan kan worden getoetst. Deze normen geven de eisen aan voor het watersysteem.

Het **resultaat** van deze stap is een gebiedsdekkende normeringskaart.

De **aanpak** om tot deze normeringskaart te komen, betreft het maken van beleidsmatige en technische keuzen. Vervolgens is de vertaling van deze keuzen naar een GIS-kaartbeeld een relatief beperkte inspanning.

De basis voor de normeringskaart is de provinciale verordening. Zoals in Bijlage 2 verder is uitgewerkt, verschillen deze verordeningen per provincie. Het is belangrijk te beseffen dat dit alleen al leidt tot verschillen in de te berekenen wateropgaves. Het uitgangspunt is dat de provinciale verordeningen duidelijk en concreet genoeg zijn om tot een normeringskaart te komen, al zijn er in de technische uitwerking of te gebruiken gegevens keuzen te maken. In de volgende paragraaf wordt –als stip op de horizon- geschetst hoe een uniforme normeringskaart eruit zou kunnen zien. Aanbevolen wordt te onderzoeken in hoeverre stroomlijning van de verordeningen mogelijk is.

Vooralsnog geldt voor de normeringskaart het volgende:

- Provinciale verordening is vertrekpunt voor toetsing.
- Expliciet onderscheid tussen landelijk en stedelijk/bebouwd gebied.
- Keuze wat onder bebouwd gebied valt (norm  $t=100$ ) volgt uit verordening.
- Stedelijk gebied niet meenemen conform LGN (zie verderop), maar bij voorkeur op basis van actuele informatie over de ligging van huizen, gebouwen, bedrijven, vluchtwegen tenzij de verordening anders aangeeft. Overigens wordt in de praktijk de verspreide bebouwing door veel waterbeheerders wel op T100 getoetst, ook al wordt dit vanuit de verordening niet gevraagd.
- Stedelijke norm is een vertaling van de meest actuele informatie over de locatie van huizen, gebouwen en bedrijven. Bijvoorbeeld gebaseerd op Top10Huizen / Top10vlakken, GBKN, BGT of aardobservatieproducten (luchtfoto, satelliet).
- Voor de toetsing van huizen wordt geen rekening gehouden met een veiligheidsmarge maar wordt getoetst op de huidige hoogte van de woning.

Kaartbeeld wordt uitgedrukt in pixels, zo gedetailleerd mogelijk (5x5 m). Aansluitend bij de filosofie om opschaling zo lang mogelijk vooruit te schuiven, mits uitvoerbaar. Alleen een toetshoogte per eenheid is te beperkt vanwege het ontbreken van een ruimtelijke component.

Het meenemen van het stedelijk oppervlak op basis van LGN kan leiden tot een forse overschatting van de wateropgave (Wendt en Heijkers, 2005) vanwege de grove resolutie van LGN voor het stedelijk gebied. Mede daarom wordt geadviseerd om gedetailleerde informatie van het stedelijk gebied te gebruiken zoals hierboven beschreven ( tenzij anders is voorgeschreven door de verordening).

**BEWERKINGSSTAPPEN NORMERINGSKAART:**

1. De basis voor de normeringskaart is de provinciale verordening; deze dient in overeenstemming te zijn met de gegevens die in de provinciale ordening zijn vastgelegd.
2. Vervolgens dienen de normen ruimtelijk te worden vertaald door de uitgangspunten van de verordening te koppelen met ruimtelijke informatie. Dit kan een kaartbeeld zijn, een tabel maar ook een beschrijving van welke bestanden op welke wijze dienen te worden gebruikt. Soms wordt hierbij gebruik gemaakt van het recente landgebruik op basis van LGN. Voor andere provincies zijn normen voor grotere gebieden toegekend (bijvoorbeeld veenweide is T10, ongeacht een eventuele verdwaalde akker).
3. Overige / missende gebieden kunnen worden ingevuld op basis van het meest recente LGN.
4. Het stedelijk gebied dient op basis van de Top10huizen of GBKN te worden ingebracht, afhankelijk wat de verordening voorschrijft (bij voorkeur geen LGN). De verordening geeft aan wat onder stedelijk gebied wordt verstaan (huizen, gebouwen, infrastructuur, tuinen, parken) en of dit alleen binnen de bebouwde kom geldt.
5. De normeringskaart dient tot slot te worden gecorrigeerd voor open water op basis van een gedetailleerde watervlakkenkaart (wateroppervlaktes), de in de Legger vastgelegde watergangen en het overig water conform Top10lijnen.

Een belangrijke keuze die voorligt voor provincie en waterschap is of de norm eenmalig wordt vastgesteld of bij elke toetsing wordt vernieuwd op basis van het actuele grondgebruik. Dit laatste lijkt een minder wenselijke situatie aangezien het watersysteem dan steeds weer passend moet worden gemaakt op de dan geldende situatie. Daarom wordt aanbevolen in de toekomst op uniforme wijze gebiedsnormen vast te stellen (zie voor voorstel aanbeveling 1).



BIJLAGE 10

# BEPALEN KNELPUNTEN EN WATEROPGAVE (BIJLAGE BIJ FACTSHEET 7)

Het **doel** van deze stap is om op de watersysteemknelpunten te bepalen en de regionale wateropgave te berekenen.

Het **resultaat** van deze stap zijn kaartbeelden met:

- totale knelpunten;
- knelpunten per normklasse;
- onzekerheidsmarge per knelpunt.

Een tweede resultaat is een tabel met de wateropgave in ha voor het totale beheersgebied en per watersysteemeenheid (deelstroomgebied, polder, peilgebied).

Een derde resultaat is een rapportage met een analyse / verklaring van de knelpunten. Dit dient als basis voor het in de volgende fase vinden van effectieve maatregelen voor het oplossen van de knelpunten. Een belangrijk onderdeel zal ook de vergelijking met de vorige toetsing zijn en vooral het verklaren van de verschillen.

De volgende keuzen zijn gemaakt voor deze stap:

- Knelpunt geldt voor watersysteem 2015 (huidige watersysteem inclusief in 2015 gerealiseerde autonome ontwikkelingen) op basis van huidig klimaat (2015).
- Toetsing geldt voor al het oppervlaktewater.
- Toetsing op pixelniveau, voor communicatie opschalen / aggregeren naar afwateringseenheid. Filosofie: proces zo gedetailleerd mogelijk uitvoeren, minimaal verlies aan informatie en nauwkeurigheid gedurende toetsing.
- Wateropgave is de totale omvang van het probleem (knelpunten) en wordt uitgedrukt in hectares.
- Toepassing maaiveldcriterium op het niveau van afwateringseenheden.

Toetsing vindt in eerste instantie plaats op pixelniveau, aansluitend bij het detailniveau van de inundatiekaarten (5 x 5 m of 25 x 25 m). Aansluitend bij de filosofie om de gehele analyse maximaal gedetailleerd te doen, en pas aan het einde op te schalen. Hoewel hiermee misschien een schijnnaauwkeurigheid wordt gesuggereerd, is deze aanpak toch te verkiezen boven het eerder opschalen van de informatie. Dit leidt namelijk tot het verlies van informatie en andere bijwerkingen. Een smal lijnelement dat voorkomt dat een polder inundeert wordt bijvoorbeeld bij een opschaling genivelleerd zodat later de wateropgave in deze polder wordt overschat.

Opschalen van de informatie aan het einde is nodig om:

- Maaiveldcriterium te verdisconteren.
- Wateropgave op heldere wijze te communiceren.

De **aanpak** voor deze activiteit bestaat uit een aantal GIS-routines:

- Vergelijking normeringskaart met inundatiekaarten: waar treedt er frequenter inundatie op dan vanuit de norm wordt toegestaan
- Toepassing maaiveldcriterium, waarbij een deel van de te frequente inundatie wordt geaccepteerd.
- Berekenen wateropgave. Een GIS-sommatie van de hectares per eenheid.

Aanbevolen wordt om de knelpuntenkaart opgeschaald te presenteren en niet direct te laten verleiden tot het communiceren in hectares achter de komma.

Een verantwoorde en weldoordachte communicatie van de verschillen in de wateropgave verdient veel aandacht. Om zo onduidelijkheid en stagnatie van proces te voorkomen.

Aandachtspunten bij het bepalen van de wateropgave

Hieronder wordt een aantal (technische) aandachtspunten benoemd bij het bepalen van de wateropgave:

- Het correct filteren van het oppervlaktewater uit de normeringskaart (zodat dit niet als onderdeel van de wateropgave wordt beschouwd). Dit dient te gebeuren door de watergangen en ander open water als 'geen norm' in de normeringskaart op te nemen. Dit stelt wel eisen aan het detailniveau van normeringskaart (aangezien veel watergangen minder breed zijn dan bijvoorbeeld een 5 m pixel). Dit is op te lossen door de kaart eerst te downscalen naar bijvoorbeeld 1 x 1 m, te toetsen en vervolgens weer op te schalen. Het filteren van het oppervlaktewater dient in ieder geval ruimtelijk te gebeuren.
- Het toepassen van het maaiveldcriterium heeft een enigszins willekeurig karakter. Het hangt namelijk samen met het schaalniveau waarop het wordt toegepast. Een gebruikelijke aanpak is om het te verdisconteren per afwateringseenheid. Dit kan ertoe leiden dat inundatie van een akkerbouwperceel in een relatief grote eenheid 'geaccepteerd' wordt maar een vergelijkbaar perceel in een klein gebied niet. Dit sluit ook niet aan bij de gedachte achter het criterium maar kan wel een gevolg zijn van toepassing ervan (zie aanbeveling 2).
- Belangrijke voorwaarde voor een 'rechtvaardige' toepassing van het criterium is dat de grootte van het gebied niet teveel invloed heeft. Bij sommige waterschappen zal dit automatisch al het geval zijn, voor andere waterschappen dient hieraan extra aandacht te worden besteed. Ook voor hellende gebieden dient gebruik te worden gemaakt van afwateringseenheden met vergelijkbare grootte.

Hieruit volgen twee aanbevelingen:

- Bewustzijn van de beperkingen, bijwerkingen van het maaiveldcriterium en zo nodig corrigerend handelen.
- Het maaiveldcriterium tegen het licht te houden, mede gezien het hogere detailniveau van de basisinformatie voor de toetsing (aanbeveling 2).

Een laatste aandachtspunt met betrekking tot het maaiveldcriterium is dat deze moet worden berekend t.o.v. het betreffende grondgebruik in de eenheid. Stel een peilgebied bestaat voor 80% uit grasland (20% stedelijk gebied), dan mag volgens het maaiveldcriterium 5% van de 80% vaker dan eens per tien jaar inunderen.

- De toetsing vindt plaats per pixel, zo gedetailleerd mogelijk. Een eerste aggregatie vindt plaats bij de toepassing van het maaiveldcriterium aangezien dit per watersysteemeenheid gebeurt. Vervolgens is voor elke eenheid bekend wat de hectares knelpunt zijn, of het vooral T10, T25 of T100 knelpunten, wat het effect is van de toepassing van het maaiveldcriterium op de wateropgave.
- Het concept eindresultaat (knelpuntenkaart en bijhorende wateropgave) wordt voorgelegd aan de beheerder. De beheerder beoordeelt en heeft de mogelijkheid om bijstellingen te doen (beheerdersoordeel), wanneer bepaalde knelpunten niet worden herkend of vice versa. Zoals eerder is beschreven is het proces erop gericht om dergelijke afwijkingen eerder in het proces te ondervangen en op de juiste plek op te lossen (door verbeteren gegevens, model, methode). Desondanks is het niet uit te sluiten dat correcties in dit stadium van de toetsing nog nodig zijn. Al zal de mate waarin, bij een zorgvuldig verlopen toetsingsproces beperkt zijn. Wijzingen in de kaart zijn toegestaan wanneer deze kunnen worden verklaard en onderbouwd.

Zoals voor het gehele toetsingsproces geldt dat nauwkeurige vastlegging van het gehele proces en eventuele afwijkingen van cruciaal belang. Zowel voor de reproduceerbaarheid, uitlegbaarheid als ook de juridische verankering. Ook zullen de resultaten in diverse vervolgstudies worden gebruikt en zo nodig moeten worden verfijnd/geactualiseerd, zodat exacte informatie nodig is over hoe, wat en waarmee. Het verdient aanbeveling om in de eindfase van het traject hieraan extra aandacht te besteden als het project nog 'vers' is. Door de vraag te stellen of met de beschikbare informatie het proces exact kan worden gereconstrueerd. Als die vraag negatief wordt beantwoord is er inspanning nodig om extra inspanning te plegen op archivering en documentatie.