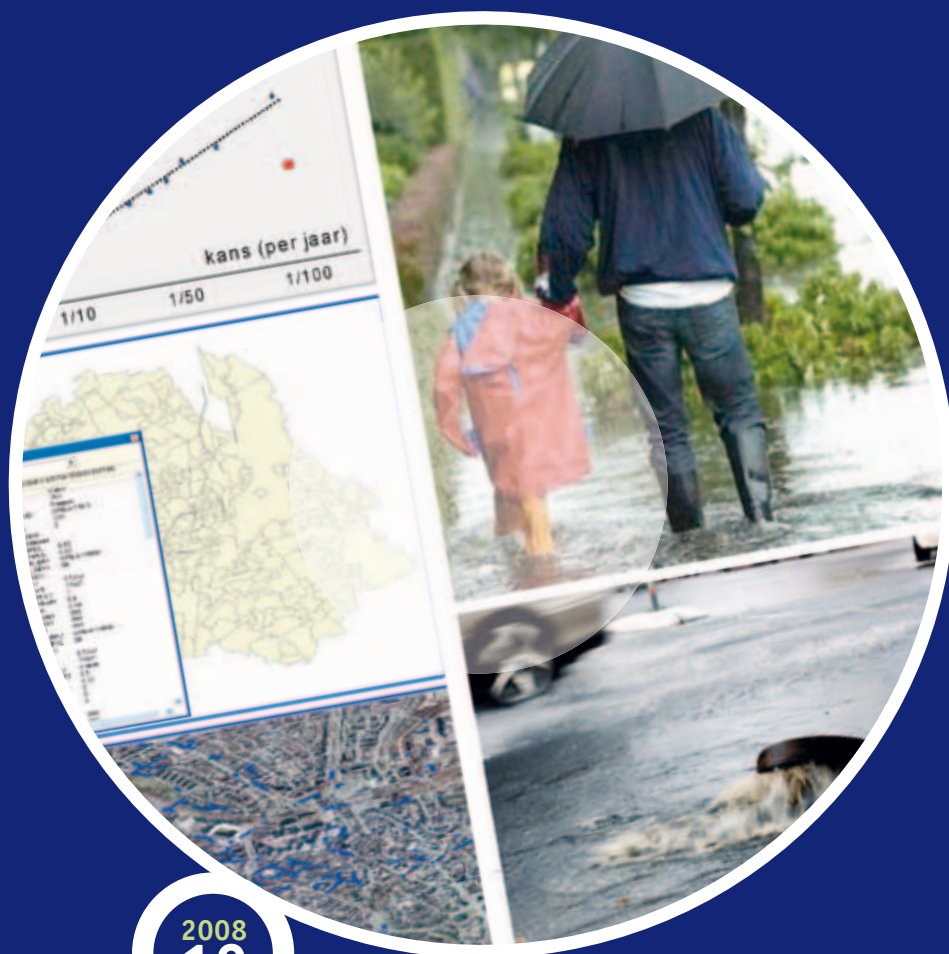


DE WATEROPGAVE IN DE STAD



RAPPORT

2008
19

DE WATEROPGAVE IN DE STAD

VERKENNING VAN ANALYSE- EN BEOORDELINGSMETHODEN
EN EEN HANDREIKING VOOR EEN GESTRUCTUREERDE,
RISICOGERICHTE WERKWIJZE

RAPPORT

2008

19

ISBN 978.90.5773.419.9



Publicaties van de STOWA kunt u bestellen op www.stowa.nl

COLOFON

UITGAVE STOWA, Utrecht 2008

PROJECTUITVOERING

dr. ir. F. Nelen Nelen & Schuurmans

DRUK Kruyt Grafisch Adviesbureau

STOWA rapportnummer 2008-19
ISBN 978.90.5773.419.9

TEN GELEIDE

De afgelopen jaren heeft een groot aantal gemeenten en waterschappen gezamenlijk gewerkt aan het in kaart brengen van mogelijke problemen ten aanzien van wateroverlast in het bebouwde gebied, daarbij rekening houdend met klimatologische en ruimtelijke ontwikkelingen. Met deze onderzoeken wordt invulling gegeven aan de afspraken uit het Nationaal Bestuursakkoord Water (NBW) om gezamenlijk de zogenaamde stedelijke wateropgave te bepalen.

De inspanningen van gemeenten en waterschappen hebben veel inzichten geleverd. In betreffende onderzoeken wordt gebruik gemaakt van diverse rekentechnieken om het hydrologische systeem te beschrijven en de risico's van wateroverlast te kwantificeren.

In de voorliggende verkenning is de toepassing van rekentechnieken voor riolering en hydrologie in de stedelijke omgeving in beeld gebracht. Op basis hiervan worden enkele handreikingen gegeven voor de praktijk voor de mogelijke invulling van onderzoek naar "stedelijke wateropgaven". Zoals afgesproken in het NBW vormt de risicobenadering daarbij een belangrijk uitgangspunt.

Deze verkenning - en de hierin opgenomen aanbevelingen - is geen beleid en wil ook niet in de plaats staan van beleid van waterschappen, gemeenten en overig betrokken partijen. De handreikingen die worden gegeven op basis van de geïnventariseerde praktijkvoorbeelden zijn bedoeld als hulpmiddel, waarmee waterschappen en gemeenten gezamenlijk vraagstukken in het stedelijk watersysteem kunnen oplossen. Het gepresenteerde stappenplan kan helpen bij het definiëren van onderzoeken en projecten, het uitwerken van projectplannen en het uitvoeren van onderzoek naar de risico's van wateroverlast zelf.

Ik wens u veel leesplezier en een vruchtbaar gebruik van deze nuttige handreiking.

Utrecht, januari 2009

De directeur van de STOWA
Ir. J.M.J. Leenen

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 zes miljoen euro.

U kunt de STOWA bereiken op telefoonnummer: 030 -2321199.

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

Email: stowa@stowa.nl.

Website: www.stowa.nl

DE WATEROPGAVE IN DE STAD

INHOUD

	TEN GELEIDE	
	STOWA IN HET KORT	
1	INLEIDING	1
1.1	Aanleiding voor deze verkenning	1
1.2	Afbakening: focus op inhoud	2
1.3	Begeleidingscommissie	3
1.4	Leeswijzer	3
2	BEPALING VAN DE RISICO'S VAN WATEROVERLAST	4
2.1	Definitie stedelijke wateropgave	4
2.2	Drie stappen van de onderzoeksvraag	5
2.3	Stap 1: een goede probleemstelling	7
	2.3.1 Belang	7
	2.3.2 Resultaat	8
2.4	Stap 2: Systeemanalyse	9
	2.4.1 Doel	9
	2.4.2 Toetsingscriteria	10
	2.4.3 Werking van het systeem	11
	2.4.4 Modellerings	12
	2.4.5 Effecten van mogelijke maatregelen	14
	2.4.6 Toetsing	14
	2.4.7 Resultaat	15
2.5	Stap 3: keuze maatregelenpakket	16

3	PRAKTIJKVOORBEELDEN	18
3.1	Case studies	18
3.2	Probleemstelling	19
3.3	Systeemanalyse	20
	3.3.1 Toetsingscriteria	20
	3.3.2 Analysemethoden en modellen	21
	3.3.3 Toetsing	23
3.4	Afweging: keuze maatregelenpakket	24
4	CONCLUSIES & AANBEVELINGEN	26
4.1	Conclusies	26
	4.1.1 Omgang met het vraagstuk	26
	4.1.2 Uitwerking van de onderzoeksvraag	27
	4.1.3 Kennen we de risico's van wateroverlast?	28
4.2	Aanbevelingen	29
	BIJLAGEN FACTSHEETS CASESTUDIES	
	FACTSHEET ARNHEM-NOORD	32
	FACTSHEET WATERPLAN ASSEN	33
	FACTSHEET BERGEN OP ZOOM	35
	FACTSHEET BERKEL ENSCHOT	36
	FACTSHEET BEST	37
	FACTSHEET BOXTEL	38
	FACTSHEET DORDRECHT	39
	FACTSHEET GRP+ EINDHOVEN	40
	FACTSHEET GORINCHEM	41
	FACTSHEET WATERPLAN GROESBEEK	42
	FACTSHEET PROJECT HET ZUIDERPARK (ROTTERDAM)	43
	FACTSHEET HOEK VAN HOLLAND	44
	FACTSHEET PROJECT KERN NIJNSEL (SINT OEDENRODE)	45
	FACTSHEET PROJECT RENGERSWETERING (BUNSCHOTEN)	46
	FACTSHEET SANDELINGEN AMBACHT (HENDRIK IDO AMBACHT)	48
	FACTSHEET TILBURG	49
	FACTSHEET WATERPLAN WERKENDAM	51

1

INLEIDING

1.1 AANLEIDING VOOR DEZE VERKENNING

In het Nationaal Bestuursakkoord Water – Actueel zijn het Rijk, provincies, waterschappen en gemeenten overeen gekomen om gezamenlijk de problemen op het gebied van wateroverlast aan te pakken en om beter te anticiperen op de verwachte klimaatwijzigingen.

Één van de gemaakte afspraken is dat gemeenten en waterschappen voor het einde van 2008 gezamenlijk de zogenoemde ‘stedelijke wateropgave’ in kaart brengen.

In de verschillende voortgangsrapportages ‘stedelijke wateropgave’ van de VNG (zie www.vng.nl) wordt geconstateerd dat de aanpak van wateroverlast in bebouwd gebied vordert. In het kader van ruimtelijke plannen (watertoets), stedelijke waterplannen, rioleringsplannen en andere gebiedsgerichte plannen worden door gemeenten en waterschappen maatregelen getroffen om de risico’s van wateroverlast te verminderen.

In artikel 4-4 van het NBW-Actueel is over de gewenste aanpak het volgende opgenomen:

Bij het zoeken naar maatregelen ter voorkoming van wateroverlast, maken gemeenten een afweging tussen enerzijds maatregelen aan het riool en anderzijds maatregelen via de inrichting van het stedelijk gebied en de openbare ruimte. Hierbij staat een risicobenadering centraal waarbij risico's verminderd kunnen worden door óf de kans op overlast óf door het effect van overlast te verminderen. Kosteneffectiviteit en duurzaamheid zijn hierbij het uitgangspunt.

Het vertrekpunt is dus dat maatregelen op basis van een risicobenadering bepaald dienen te worden, waarbij het risico is gedefinieerd als “kans x effect”. Maar ...

kennen we de risico’s van wateroverlast?

Ofwel, hoe gaan we om met de bepaling van de kans en het effect? In de huidige praktijk worden in iedere regio, bij elk waterschap en soms zelfs binnen één gemeente zowel de kans op wateroverlast als het effect hiervan (ofwel, de risico’s) op een andere wijze bepaald en beoordeeld. Hoe groot de verschillen zijn en of deze diversiteit in methoden ook leidt tot minder kosteneffectieve maatregelen is met de nu beschikbare kennis niet aan te geven.

Vanwege deze constatering dat gemeenten en waterschappen momenteel verschillende benaderingen gebruiken, heeft de Stowa met een aantal waterschappen het initiatief genomen tot deze verkenning. Hierbij is op basis van literatuuronderzoek en interviews met medewerkers van gemeenten en waterschappen een overzicht gemaakt van de nu gangbare analysemethoden om de werking van het stedelijk watersysteem te analyseren (ter bepaling van de kans) en de effecten van wateroverlast te beoordelen.

Deze verkenning is er niet op gericht om te komen tot één bepaalde methode of model, maar om – op basis van praktijkervaringen – aanbevelingen te doen voor een (transparante) beoordeling van het waterhuishoudkundig systeem in bebouwd gebied (bestaande uit het rioleringsysteem, het oppervlaktewatersysteem én het grondwatersysteem).

1.2 AFBAKENING: FOCUS OP INHOUD

Deze verkenning is gericht op de wijze waarop maatregelen worden bepaald, die nodig zijn voor het reduceren van de risico's van wateroverlast door hevige neerslag. Andere 'opgaven' vallen dus buiten de scope van dit project.

Bij het bepalen van de 'wateropgave' kan onderscheid worden gemaakt naar drie aspecten, die onlosmakelijk met elkaar verbonden zijn:

1 Het technisch inhoudelijke vraagstuk

Er is inzicht nodig in de aard, de ernst en de omvang van mogelijke wateroverlast. Het gewenste inzicht stelt voorwaarden aan de wijze waarop de werking van het stedelijk watersysteem wordt geanalyseerd en de oorzaken en gevolgen van eventuele wateroverlast in kaart worden gebracht.

2 Het samenwerkingsproces

Naast hydrologisch inzicht, is een goede samenwerking tussen de gemeente, het waterschap en andere betrokken partijen een belangrijke voorwaarde. Iedere partij hanteert – vanuit de eigen verantwoordelijkheid - eigen voorwaarden en criteria bij de beoordeling van het watersysteem. Hierover dient consensus te bestaan tussen betrokkenen, om het eens te kunnen worden over de opgave(n).

3 De bestuurlijke afweging

Het is een bestuurlijke vraag in hoeverre een bepaalde kans op wateroverlast maatschappelijk aanvaardbaar is en welk beschermingsniveau voor de lokale situatie acceptabel of wenselijk is. Het vaststellen van de wateropgave - met bijbehorend risico (= kans x effect) - is uiteindelijk een afweging van het lokale bestuur.

Dit project richt zich alleen op de technische inhoudelijke aspecten. Aspecten die betrekking hebben op het samenwerkingsproces of de bestuurlijke afweging worden – waar relevant – wel genoemd, maar vormen niet het primaire aandachtsgebied van deze verkenning. Het hoofddoel is een beeld te krijgen van de methoden die gebruikt worden.



BRON: HENK BARON/STICHTING RIONED

1.3 BEGELEIDINGSCOMMISSIE

Het project is uitgevoerd door Nelen & Schuurmans. De (tussen)resultaten en concepten die vooraf gingen aan deze rapportage zijn teruggekoppeld met een begeleidingscommissie, bestaande uit:

Harry van Luijtelaar	(stichting RIONED)
Kees Peerdeman	(waterschap Brabantse Delta)
Teije Dalstra	(waterschap Hollandse Delta)
Gijs Bloemberg	(hoogheemraadschap van Delfland)
Erik de Pooter	(waterschap Rivierenland)
Ron van der Veen	(waterschap Zeeuwse Eilanden)
Joost Rengers	(Stowa)

Met als agendaleden:

Stefan Weijers	(waterschap De Dommel)
Jos Moorman	(waterschap Aa en Maas)
Marc den Ouden	(hoogheemraadschap Schieland en de Krimpenerwaard)

Voor deze studie zijn 18 praktijkvoorbeelden bekeken (zie bijlagen). Verder is gebruik gemaakt van de ervaringen van bovengenoemde BC leden.

1.4 LEESWIJZER

Dit rapport is als volgt opgebouwd:

Hoofdstuk 2 beschrijft aan de hand van een generiek stappenplan (probleemdefinitie – systeemanalyse – conclusie) de aspecten die aan de orde komen bij het vraagstuk van wateroverlast in stedelijk gebied.

Aan de hand van dit ‘stappenplan’ kunnen de praktijkvoorbeelden in hoofdstuk 3 worden gespiegeld en kan op gestructureerde wijze in kaart worden gebracht welke keuzes in de praktijk worden gemaakt bij het opzetten van een onderzoek naar de stedelijke wateropgave.

In hoofdstuk 3 is een beschouwing opgenomen van een aantal praktijk cases. Aan de hand van het in hoofdstuk 2 beschreven stappenplan, wordt bekeken hoe in de praktijk invulling wordt gegeven aan de verschillende stappen in het toetsingsproces en welke methoden hiervoor worden gebruikt. De aandacht gaat daarbij uit naar de gehanteerde probleemdefinitie, de aspecten die in de analyse worden meegenomen, en de normen en eventuele andere criteria die worden toegepast. Ook wordt ingegaan op de wijze waarop de toetsing van het stedelijk watersysteem in de verschillende gemeenten is uitgevoerd, en hoe uiteindelijk een afweging is gemaakt ten aanzien van het meest geschikte maatregelenpakket.

Hoofdstuk 4 beschrijft de conclusies en aanbevelingen van deze verkenning.

In de bijlagen zijn factsheets van 18 praktijkvoorbeelden opgenomen.

2

BEPALING VAN DE RISICO'S VAN WATEROVERLAST

2.1 DEFINITIE STEDELIJKE WATEROPGAVE

In de praktijk worden verschillende definities voor het begrip 'wateropgave' gehanteerd.

In sommige situaties wordt de opgave beschouwd als een (theoretisch) benodigde hoeveelheid waterberging (in m³ of ha), die nodig is om aan de zogenaamde NBW werknormen te voldoen. Hierbij is 'de opgave' een indicatie voor de omvang van het probleem.

In andere gevallen wordt niet alleen naar benodigde waterberging gekeken, maar worden ook andere mogelijke maatregelen in de opgave meegenomen. Het begrip 'opgave' is hierbij dus geen indicatie voor het probleem, maar beschrijft de oplossing. Het omvat het totale pakket aan de benodigde ruimtelijke én technische maatregelen.

Soms worden verschillende opgaven onderscheiden met betrekking tot hemelwater, grondwater en afvalwater. Er zijn ook gemeenten en waterschappen die het begrip ruimer interpreteren en bij het vaststellen van 'de wateropgave(n)' alle facetten beschouwen die nodig zijn om de waterhuishouding – in kwantitatieve en kwalitatieve zin – op orde te brengen.

In deze verkenning wordt het begrip als volgt gedefinieerd:

De wateropgave is het pakket maatregelen dat nodig is om het watersysteem op orde te brengen en te houden.

Deze definitie impliceert het volgende:

- 1 De opgave wordt gezien als een pakket *maatregelen*. Het gaat hierbij niet alleen om een bepaalde waterberging (in m³ of ha), maar om *alle* technische en ruimtelijke maatregelen die nodig zijn om het gewenste functioneren van het watersysteem te bewerkstelligen.
- 2 De opgave is gericht op *het totale watersysteem*. Het onderscheid dat soms gemaakt wordt tussen riolering, afwatering en ontwatering kan uit bestuurlijk-organisatorisch oogpunt zinvol zijn (wanneer het gaat over formele taken en verantwoordelijkheden en financiering), maar bij het analyseren en toetsen van het watersysteem is het beter om naar het geheel te kijken, en bewust te zijn van de interacties tussen genoemde deelsystemen. De stedelijke wateropgave kan dus maatregelen omvatten in het afvalwater-, het grondwater- en het oppervlaktewaterstelsel, als ook in de ruimtelijke inrichting van het betreffende plangebied.

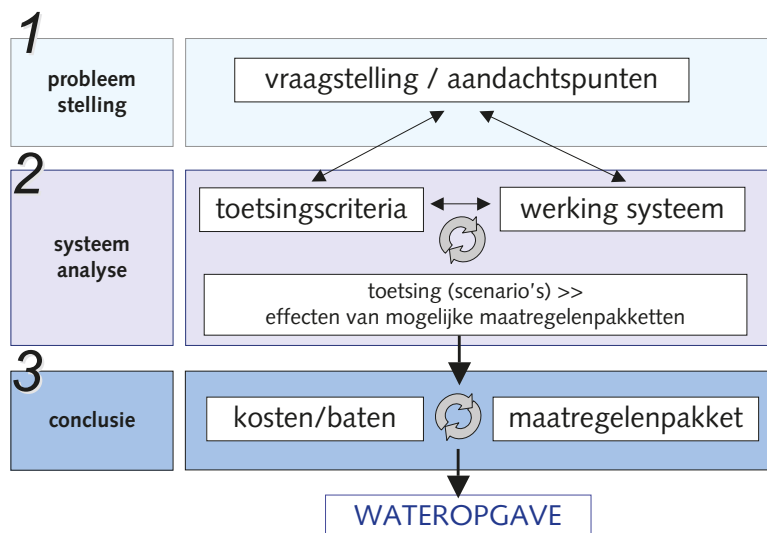
- 3 Het doel is het systeem op orde te brengen én te houden. Dit betekent dat er twee situaties zijn die apart beschouwd dienen te worden:
- de huidige situatie (*wat moeten we doen om het systeem op orde te brengen?*), en
 - de toekomstige situatie (*wat moeten we doen om het systeem ook in de toekomst op orde te houden, rekening houdend met ruimtelijke ontwikkelingen en de effecten van klimaatwijzigingen?*)
- 4 Tenslotte speelt de vraag: wat is 'op orde'? Hiervoor zijn expliciete criteria noodzakelijk. Het gaat hierbij niet alleen om het voldoen aan normen. Uiteindelijk is de opgave afhankelijk van de verhouding tussen de kosten en de baten. De kwalificatie 'op orde' is dus een bestuurlijke afweging. De uitkomst van een kosten-baten afweging kan bijvoorbeeld zijn dat bewust gekozen wordt voor een maatregelenpakket, waarbij het systeem niet voldoet aan een bepaalde "norm", maar waarbij het risico van wateroverlast wel tot een acceptabel niveau wordt teruggebracht.

2.2 DRIE STAPPEN VAN DE ONDERZOEKSVRAAG

Om aan te geven welke maatregelen nodig zijn om het stedelijke watersysteem op orde te brengen moet een toetsingsproces worden doorlopen. Hierbij kan onderscheid worden gemaakt naar:

- 1 De probleemstelling:
Wat is de vraag; welk inzicht is gewenst?
- 2 De systeemanalyse:
Wat is de aard, ernst en omvang van het probleem?
Wat zijn mogelijke maatregelen en wat is het te verwachten effect hiervan?
- 3 De conclusie
Welke maatregelen zijn het meest kosteneffectief?

FIGUUR 2.1 DRIE STAPPEN VAN DE ONDERZOEKSVRAAG DIE LEIDT TOT DE STEDELIJKE WATEROPGAVE



Deze driedeling kan vertaald worden in 3 'stappen' die doorlopen moeten worden voor de bepaling van de wateropgave.

- 1 De eerste belangrijke stap is het formuleren van de probleemstelling en het definiëren van de aandachtspunten die men nader wil onderzoeken. Centrale vraag daarbij is: wat wil men weten over de werking van het watersysteem? Welke 'faalmechanismen' spelen een rol?
- 2 De systeemanalyse omvat de volgende elementen:
 - a. een beschrijving van het hydrologisch systeem
 - b. het formuleren van criteria waaraan het systeem moet voldoen
 - c. het toetsen van het stedelijke watersysteem aan de gestelde criteria (= normen en aanvullende toetsingscriteria)
 - d. het bepalen van mogelijke oplossingen (maatregelenpakketten) waarmee aan de gestelde criteria kan worden voldaan.

Het algemene doel van deze 2e stap is het verkrijgen van inzicht in de werking van het watersysteem, het kwantificeren van de mate waarin aan de gestelde criteria wordt voldaan en het bepalen van het effect van mogelijke oplossingen.
- 3 De laatste stap is de keuze van het meest efficiënte en effectieve maatregelenpakket waarmee tegen de laagste maatschappelijke kosten de gesignaleerde knelpunten kunnen worden opgelost.

Voor genoemde drie 'stappen' staan niet los van elkaar en beïnvloeden elkaar over en weer. Met andere woorden, de keuzes die gemaakt worden ten aanzien van de invulling van de ene stap, zijn van invloed op de wijze waarop de andere stappen kunnen worden ingevuld. Voor een gestructureerde aanpak van een onderzoek naar de stedelijke wateropgave zal men dus - voorafgaand aan het onderzoek - een totaalbeeld moeten hebben van de wijze waarop de analyse en beoordeling van het systeem worden ingevuld.

Deze afhankelijkheid tussen drie genoemde stappen kan als volgt worden geïllustreerd:

- Stel, een gemeente en een waterschap willen de wateropgave op basis van een risicobepaling vaststellen. Om een dergelijke afweging (in stap 3) te kunnen maken, moet men vooraf nadenken over de hiervoor benodigde informatie, ofwel de gewenste resultaten van stap 2. Om de kans op wateroverlast te kunnen vaststellen, is inzicht nodig in de werking van het systeem en mogelijke mechanismen die tot falen van het systeem kunnen leiden (stap 1).
- Wanneer men inzicht wil hebben in de kans op wateroverlast, dan zijn in stap 2 criteria nodig die geformuleerd zijn in de vorm van een toelaatbare kans en - bijvoorbeeld - niet in termen van een berging die aanwezig moet zijn. Verder dient de systeemanalyse te leiden tot inzicht in de overschrijdingskans van het gestelde beoordelingscriterium.

De beschreven stappen komen misschien wat academisch over. De stappen zijn echter zeer concreet. Het komt er feitelijk op neer dat op voorhand moeten nagedacht worden over de volgende vragen:

- 1 Wat wil ik weten over de werking van het stedelijk watersysteem?
- 2 Hoe breng ik het functioneren van het stedelijk watersysteem en het effect van mogelijke verbeteringsmaatregelen in beeld?
- 3 Hoe maak ik een afweging tussen de mogelijke maatregelen?



2.3 STAP 1: EEN GOEDE PROBLEEMSTELLING

2.3.1 BELANG

Bij elke onderzoeksvraag - dus ook bij de bepaling van de stedelijke wateropgave - is een heldere formulering van het probleem dat men wil onderzoeken van groot belang. Zonder probleemstelling heeft een systeemanalyse geen zin, omdat niet is gedefinieerd wat men wil weten van de werking van het systeem.

Dit betekent dat vooraf goed moet worden nagedacht over de aspecten die relevant zijn voor de wateropgave voor het beschouwde gebied, welke (potentiële) problemen spelen en welke 'faalmechanismen' in dit verband een rol spelen.

De probleemstelling is dus iets anders dan de vraag of het systeem al dan niet voldoet aan een bepaalde norm.

Voor een heldere probleemstelling is inzicht nodig in de lokale situatie (en de visie van betrokken partijen). Daarbij spelen vragen als:

- wat wordt voor de lokale situatie verstaan onder "wateropgave"?
- in welk verband en voor wie wordt de opgave bepaald (bijv. voor een strategische visie, of een operationeel plan voor een specifiek vraagstuk)?
- voor welk gebied wordt de wateropgave in beeld gebracht (schaalniveau)?
- voor welke situatie wordt de wateropgave in beeld gebracht (huidige situatie, klimaat-scenario's, inclusief ruimtelijke ontwikkelingen, gewenste situatie)?
- op welk onderdeel van het watersysteem heeft de wateropgave betrekking (riolering, oppervlaktewater, grondwater) en zijn de interacties tussen de onderdelen van dien aard, dat een integrale analyse van betreffende deelsystemen wenselijk is?

Met de beantwoording van deze vragen wordt niet alleen de probleemstelling, maar ook het proces om de wateropgave te bepalen afgebakend en vastgelegd. Als de 'scope' duidelijk is, kunnen onderbouwde keuze's worden gemaakt ten aanzien van de gewenste diepgang en opzet van de systeemanalyse, als ook de resultaten die de analyse moet opleveren. In dit verband kan men bijvoorbeeld denken aan de kans op:

- maaiveldinundatie
- water op straat
- te hoge waterstanden in het open watersysteem
- verdronken overstorten
- te hoge grondwaterstanden
- te grote piekafvoeren vanuit het stedelijk gebied op het ommeland (afwentelen)
- te grote stroomsnelheden

Daarbij gaat het niet alleen om de kans dat een of meerdere van genoemde situaties zich voordoen, maar ook waar het probleem zich mogelijk voordoet en hoe lang een bepaalde ongewenste situatie duurt. Laatstgenoemde aspecten zijn van belang om een inschatting te kunnen maken van de mogelijke gevolgschade.

De keuze van de analysemethode (type model) en de toetsingscriteria zijn afhankelijk van de te verwachten (oorzaken van) falen. Een rioleringsmodel is zinvol wanneer verwacht wordt dat water op straat optreedt als gevolg van het niet goed functioneren van de riolering. Het oppervlaktewatersysteem dient gemodelleerd te worden wanneer waterpeilen te snel stijgen als gevolg van een te geringe berging in het oppervlaktewater.

2.3.2 RESULTAAT

Het resultaat van deze eerste stap is een plan van aanpak waarin duidelijk is aangeven:

- welk inzicht is gewenst met betrekking tot de werking van het watersysteem,
- welke aspecten in kaart worden gebracht en
- op welke wijze dit gaat gebeuren (schaal, detailniveau, modelkeuze etc).

Zoals gezegd is het belangrijk dat hierbij een doorkijk wordt gemaakt naar de uit te voeren systeemanalyse (stap 2) en de wijze waarop een in een later stadium een afweging moet worden gemaakt (stap 3). Zo zullen – bijvoorbeeld - voor een quick-scan ten behoeve van een budgetraming, een systeemanalyse ten behoeve van een probleemanalyse of detailberekeningen ten behoeve van een ontwerp andere keuze's gemaakt worden met betrekking tot het detailniveau van de modellering.



We beperken ons in deze verkenning tot de technisch inhoudelijke aandachtspunten. Desalniettemin willen we in dit verband de volgende kanttekening plaatsen:

- Voorkomen moet worden dat de probleemstelling zodanig wordt geformuleerd dat onvoldoende tijd, kennis, gegevens en/of budget beschikbaar is om tot een goed onderbouwd antwoord te kunnen komen. De informatiebehoefte (wat wil ik weten?) dient in balans te zijn met de beschikbare gegevens (welke analyse is mogelijk?).
- Anderzijds moet het probleem niet te globaal worden gesteld, zodanig dat geen richting wordt gegeven aan, of afbakening wordt gemaakt van de uit te voeren systeemanalyse. Bijvoorbeeld, de probleemstelling “Voldoet het stedelijk watersysteem aan de NBW werknormen m.b.t. wateroverlast” is te globaal en geeft te weinig houvast voor de systeem-analyse.

2.4 STAP 2: SYSTEEMANALYSE

2.4.1 DOEL

Het algemene doel van de analyse is inzicht te krijgen in de werking van het systeem. Het gaat in dit geval om:

- functioneren van het watersysteem bij hevige neerslag (kansverdeling van optredende peilen en debieten)
- bepaling van de aard en omvang van (potentiële) knelpunten
- de oorzaken van deze knelpunten
- mogelijke oplossingen en hun effect

Door middel van de systeemanalyse wordt inzicht gekregen in de werking van het systeem, de mate waarin aan gestelde criteria wordt voldaan en de oorzaken van eventuele knelpunten.

De watersysteemanalyse is niet alleen gericht op het vaststellen van mogelijke knelpunten en de mogelijke oorzaken. Er zal ook gekeken moeten worden naar de gevolgen van het “falen” (= overschrijden van criteria). Op basis hiervan kan worden vastgesteld wat de ernst is van het probleem en welke bijdrage mogelijke verbeteringsmaatregelen hebben bij het reduceren van het probleem (= baten).

2.4.2 TOETSINGSCRITEIA

Voor een systeemanalyse zijn toetsingscriteria noodzakelijk. Zonder criteria is geen uitspraak te doen of het systeem al dan niet naar wens functioneert. De toetsingscriteria zijn afhankelijk van de probleemstelling.

Er kan grofweg onderscheid worden gemaakt naar criteria die betrekking hebben op de *systeemcapaciteit* (hoeveelheid berging, afvoercriterium) en toetsingscriteria die betrekking hebben op het functioneren van het systeem (toelaatbare waterstanden, debieten met een bepaalde herhalingsstijd).

Toetsingscriteria die geformuleerd worden in de vorm van een bepaalde systeemcapaciteit die minimaal nodig moet zijn, leiden in de regel tot inefficiënte oplossingen. Het gebruik van dit type criteria is niet gericht op inzicht in de werking van het systeem.

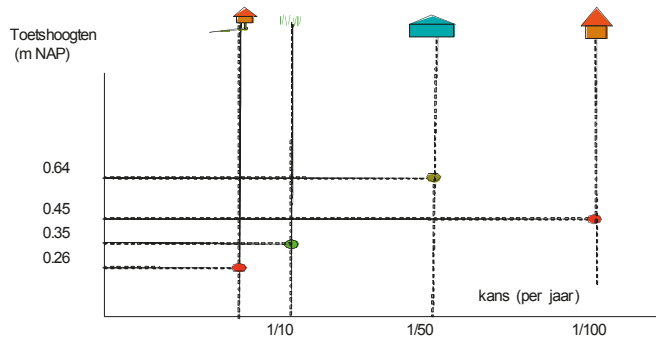
Een toetsingscriterium waarmee de werking van het systeem kan worden getoetst, is (per definitie) uitgedrukt in de vorm van een grenswaarde voor de kans dat een bepaalde situatie optreedt. Soms worden – aanvullend hierop – ook criteria gehanteerd ten aanzien van de locatie waar een mogelijk probleem zich (kan) voordoen (de kans wordt gedifferentieerd in de ruimte) en/of de tijdsduur dat een bepaalde waarde wordt overschreden (de kans wordt gedifferentieerd in de tijd).

Indien men – bijvoorbeeld – geïnteresseerd is in de kans op water op straat, dan zal een maximale overschrijdingskans voor een bepaalde toetshoogte moeten worden benoemd. Het criterium van de overschrijdingskans geeft aan of een situatie al dan niet toelaatbaar wordt geacht. De toetshoogte geeft aan bij welk peil sprake is van water op straat.

Toetsingscriteria kunnen betrekking hebben op de totale waterhuishouding of op de werking van onderdelen daarvan (oppervlaktewater, grondwater, riolering). Het gaat om toelaatbare frequenties van voorkomende waterstanden, grenzen die gesteld worden aan een bepaalde afvoer of stroomsnelheid, of andere variabelen van het watersysteem.

De bekendste en meest gebruikte toetsingscriteria zijn de werknormen uit het Nationaal Bestuursakkoord Water (NBW). In het NBW zijn werknormen opgenomen voor het toetsen van watersystemen met betrekking tot de kans op wateroverlast. Als (werk)norm voor bebouwd gebied is in het NBW gesteld dat het optreden van maaiveldinundatie vanuit het oppervlaktewatersysteem niet vaker mag optreden dan 1:100 jaar (=kans).

FIGUUR 2.2 VOORBEELD VAN VERSCHILLENDE TOETSINGSCRITERIA VOOR ÉÉN GEBIED. ER ZIJN CRITERIA AFGEBEELD VOOR HET LANDELIJKE GEBIED, HET STEDELIJKE GEBIED EN HET KASSENGBIED, IN DE FORM VAN EEN BEPAALDE TOETSHOOGTE (= MAXIMALE PEILSTIJGING) MET BIJBEHORENDE TOELAATBARE FREQUENTIE



Naast de NBW werknormen hanteren veel waterschappen en gemeenten aanvullende criteria om de stedelijke watersystemen te toetsen. Voorbeelden zijn:

Situatie	kans
Waterstandstijging in het oppervlaktewatersysteem overschrijdt de drempel van riooloverstorten	1:10 jaar
Optreden water op straat vanuit de riolering	1:2 jaar
Overschrijding van de maximale grondwaterstanden	1:10 jaar

2.4.3 WERKING VAN HET SYSTEEM

Het is van belang om de systeemanalyse uit te voeren voor die delen van het watersysteem die relevant zijn voor de gestelde onderzoeksvraag.

De gewenste mate van detail van de systeemanalyse is ook afhankelijk van het type plan (zie probleemstelling). Bijvoorbeeld, in een grootschalige structuurvisie worden geen gedetailleerde oplossingen (direct uit te voeren maatregelen) vastgesteld; in dit soort plannen is de analyse gericht op een eerste verkenning van het vraagstuk en dienen oplossingen zodanig te worden uitgewerkt dat een globale budgetraming mogelijk is. Voor het vaststellen van de uiteindelijke maatregelen is veelal een meer gedetailleerde analyse op lokale schaal noodzakelijk.

De analysemethode is ook afhankelijk van het gestelde toetsingscriterium. Immers voor het toetsen van het criterium “voldoende berging aanwezig” is een andere analyse nodig dan het criterium “kans dat een maximaal oppervlaktewaterpeil wordt overschreden”. In het eerste geval is een inschatting van de beschikbare berging nodig, terwijl het tweede criterium een watersysteemanalyse vraagt die leidt tot inzicht in optredende peilstijgingen.

Andersom geldt ook dat de beschikbare analysemethode het criterium bepaalt. Wanneer bijvoorbeeld de huidige systeemkenmerken onvoldoende bekend zijn om een goede hydraulische analyse uit te voeren, dan is het criterium “maximale opstuwing bij een kunstwerk” niet te toetsen.

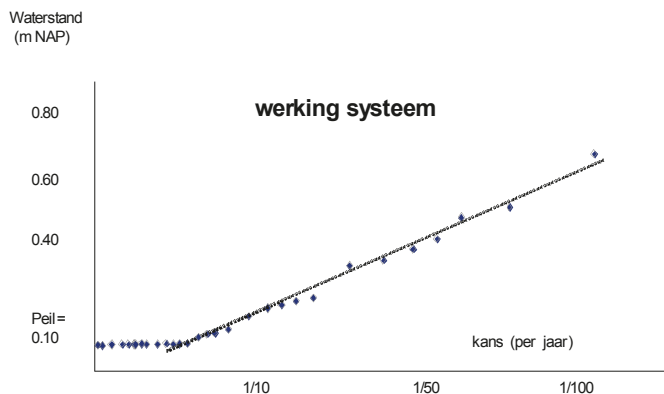
Een systeemanalyse is een iteratief proces. Tijdens dit proces worden invoergegevens ((model) parameters en toetsingscriteria) steeds verder aangescherpt, zodanig dat een model ontstaat dat de werkelijkheid voldoende benadert.

Opgemerkt wordt dat in sommige gevallen geen gebruik wordt gemaakt van modellen. Het functioneren van het watersysteem wordt hierbij beschouwd op basis van gebiedskennis, klachtenregistratie en/of praktijkervaring van beheerders. In dit geval worden ook geen expliciete toetsingscriteria geformuleerd, maar wordt op basis van “common sense”, een afweging gemaakt tussen wat redelijk, billijk en (maatschappelijk) aanvaardbaar is qua risico.

2.4.4 MODELLERING

In veruit de meeste gevallen wordt voor een analyse van het functioneren van het watersysteem gebruik gemaakt van modellen. De modelkeuze hangt af van zowel de criteria waaraan getoetst wordt, als de werking van het watersysteem. Er kan gekozen worden om alle elementen van het watersysteem (gekoppeld) integraal te modelleren of slechts n (oppervlaktewater, riolering, grondwater).

FIGUUR 2.3 VOORBEELD VAN EEN RESULTAAT WAARBIJ DE WERKING VAN HET SYSTEEM IS WEERGEVEN ALS DE KANS OP EEN BEPAALDE WATERSTANDSTIJGING



De keuze voor een bepaald modelinstrument hangt af van diverse factoren, zoals:

- de keuze van de systeemgrenzen, de interactie tussen de deelsystemen en de mate van detail waarmee het (deel)systemen worden beschreven;
- de systeemkenmerken en beschikbare gegevens van elk deelsysteem, zoals afvoerende oppervlakken, de ligging van het rioelstelsel, de kunstwerken (overstorten, gemalen), de watergangen en bodemopbouw;
- de beschikbaarheid van meetdata om het model te kalibreren en/of te voorzien van randvoorwaarden;
- de benodigde / beschikbare inputdata (neerslag) voor het bepalen van het systeemgedrag voor een bepaalde periode of in maatgevende omstandigheden;
- een geschikt modelleerprogramma.

In onderstaande tabel is een voorbeeld weergegeven van hoe per vraagstuk een geschikt modelconcept kan worden bepaald, afhankelijk van de vraagstelling en de beschikbare gegevens.

Alvorens de modelresultaten af te zetten tegen de criteria, is een controle nodig, ten aanzien van zowel het model als de gehanteerde toetsingscriteria. Indien het resultaat teveel afwijkt van de praktijkervaringen en/of beschikbare meetgegevens zal het modelleringproces mogelijk opnieuw moeten worden doorlopen, met aangepaste modelparameters en/of criteria. Het is niet ongebruikelijk dat een aantal iteratieslagen nodig zijn, alvorens de modelresultaten voldoende overeenkomen met het oordeel van gebiedsdeskundigen.

TABEL 2.1 BEPALING MODELCONCEPT EN BENODIGDE GEGEVENS, AFHANKELIJK VAN DE VRAAGSTELLING

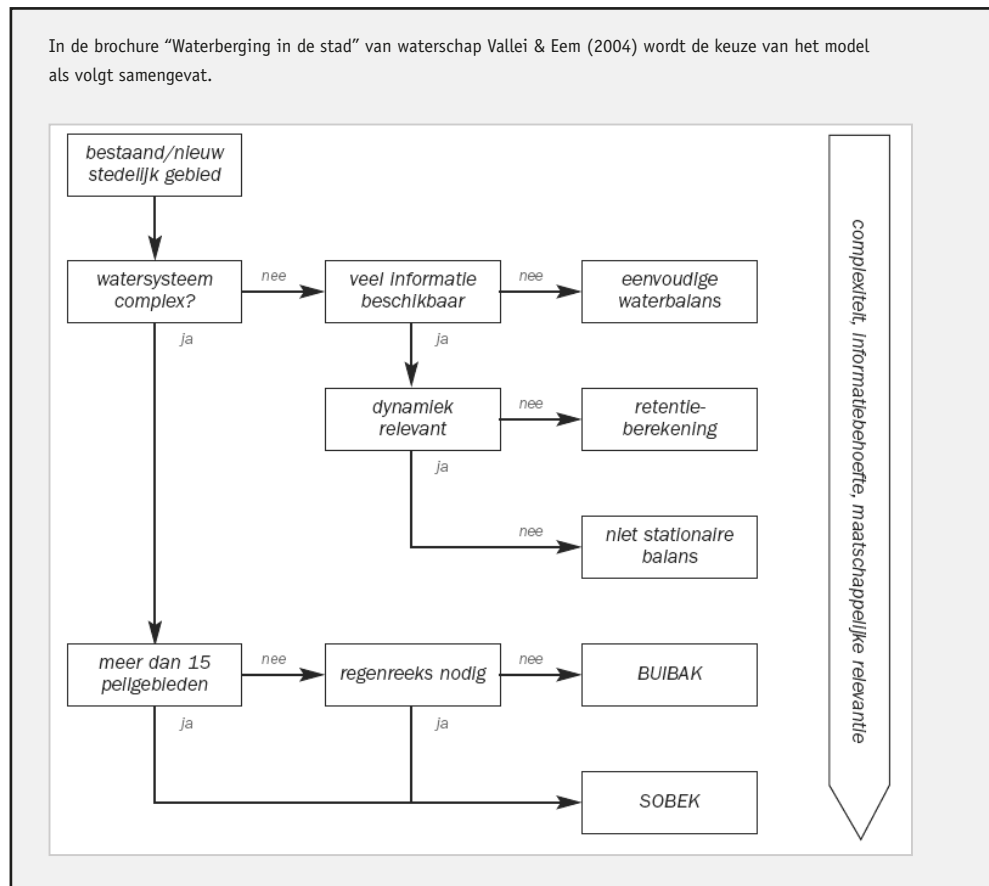
Vereiste beschikbaarheid gegevens en inspanning per schaalniveau en toepasbaarheid** modellen				
Aspect	Schaal (indicatie)			
	1:50.000	1:25.000	1:10.000	1:2.500
Vraagstuk*	Quickscan			
	Waterplan / uitvoeringsprog.			
	Wijkplan; inrichting watersysteem			
	Lokaal/ ontwerp maatregel			
modellering	rioleringsmodel	bakjesmodel	strengenmodel	strengenmodel
	oppervlaktewatermodel	bakjesmodel	hydraulisch model	hydraulisch model
	grondwatermodel	100x100, lagen gemiddeld	25x25, lagen gemiddeld	10x10, lagen fijn
	ontwerpberekeningen	kengetallen	inschatting	ontwerpformules
	Inspanning	gering		ontwerpprogramma groot
Gegevens	topografie	TOP25	TOP25	TOP10vector/GBKN
	grondgebruik	LGN	LGN/GBKN	GBKN
	bodemkaart	Bodemkaart van NI		veldwerk/ plannen
	maaielhooft	AHN25x25	AHN25x25 + putdeksels	AHN5x5 + p.d. + meten
	ondergrond	DINO-boringen	DINO-boringen	veldwerk
	riolering	rioleringsgebieden	strengen	strengen
	afwatering	hoofdsysteem	leggerwaterlopen	perceelstoten
	ontwatering	vuistregels	inschatting	inmeten
	dwarsprofielen	beheerregister	beheerregister	inmeten
	kunstwerken	beheerregister	beheerregister	inmeten
	gebiedsindeling	deelstroomgebied	deelstroomgebied	afwateringseenheid
				perceel

*in kleur de toepasbaarheid van modellen op basis van beschikbare gegevens, modelconcept en inspanning
**De schaal van de modellering en de gegevens bepaalt de toepasbaarheid van de resultaten.

Uiteraard spelen (de kwaliteit van) de beschikbare gegevens en het beschikbare budget in de praktijk ook een rol bij de keuze van het detailniveau van de modellering (en daarmee het schaalniveau waarop de resultaten toegepast kunnen worden).

FIGUUR 2.4

VOORBEELD VAN EEN 'BESLISBOOM' VOOR EEN GESCHIKTE MODELKEUZE (VALLEI & EEM, 2004)



2.4.5 EFFECTEN VAN MOGELIJKE MAATREGELLEN

Maatregelen zijn nodig om de vastgestelde knelpunten in het watersysteem op te lossen. Mogelijke maatregelen worden geïnventariseerd (op basis van de eerder uitgevoerde modelberekeningen tbv de toetsing) en doorgerekend op hun effectiviteit. Op deze wijze ontstaat een overzicht van de mogelijke technische en ruimtelijke maatregelen, waarmee het systeem voldoet aan de gestelde criteria. Het opstellen van een maatregelenpakket is dus een iteratief proces, waarbij meerdere varianten kunnen worden beschouwd

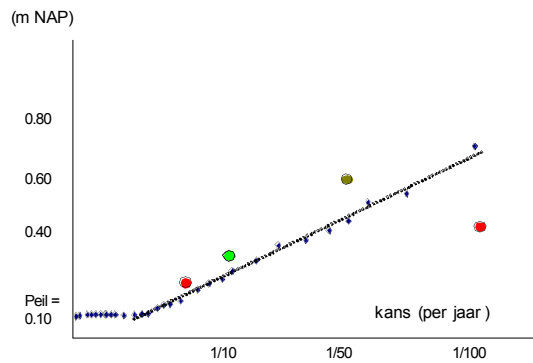
Opgemerkt wordt dat hiermee is nog niet gezegd dat al deze maatregelen nodig of wenselijk zijn. Deze afweging volgt later in het proces.

2.4.6 TOETSING

Bij de toetsing wordt het functioneren van het watersysteem getoetst aan de toetsingscriteria.

Voor de wateropgave wordt niet alleen de huidige situatie geanalyseerd en getoetst, maar wordt ook gekeken naar de effecten van toekomstige ontwikkelingen, zoals klimaatwijzigingen en ruimtelijke ontwikkelingen.

FIGUUR 2.5 VOORBEELD VAN EEN TOETSINGSRESULTAAT VOOR ÉÉN DEELGEBIED. DE TOETSINGSCRITEERIA ZIJN MET BOLLETJES WEERGEGEVEN. HET WATERSYSTEEM "FAALT" (= VOLDOET NIET AAN HET CRITERIUM) WAAR DE BLAUWE LIJN BOVEN EEN CRITERIUM LIGT



Het resultaat van de toetsing is een overzicht van de locaties waar niet voldaan wordt aan de gestelde criteria. Het resultaat kan worden afgebeeld op een kaart waarop is aangegeven welke delen wel en niet aan de criteria voldoen. Ook kan per deelgebied het resultaat van de toetsing in een grafiek worden afgebeeld.

In deze stap is het belangrijk dat men zich realiseert dat een toetsingscriterium alleen maar een hulpmiddel is om mogelijke knelpunten te signaleren. Een systeem of locatie waar een criterium wordt overschreden faalt niet per definitie. Het mogelijke knelpunt moet beoordeeld worden om vast te stellen of het daadwerkelijk om een knelpunt gaat. Na de toetsing volgt dus een beoordeling. Als het oordeel is dat er sprake is van een knelpunt dan kunnen maatregelen worden bedacht en doorgerekend.

2.4.7 RESULTAAT

De systeemanalyse resulteert in:

- overzichtskaarten en tabellen, die de werking van het systeem beschrijven;
- een overzicht van de knelpunten in het watersysteem bij verschillende scenario's, zoals bij de probleemstelling gedefinieerd (huidige situatie, klimaatscenario, etc.), met aandacht voor aard en omvang van de problematiek;
- een overzicht van mogelijke oplossingsrichtingen en kansrijke maatregelen;
- inzicht in het verwachte effect van de mogelijke oplossingen.

Dit vormt de basis voor de beoordeling van het systeem en de keuze van het meest geschikte maatregelenpakket.



2.5 STAP 3: KEUZE MAATREGELENPAKKET

Op basis van de analyse resultaten kunnen de inspanningen (= technische en ruimtelijke maatregelen, inclusief kostenindicatie) worden bepaald, die nodig zijn om het stedelijke watersysteem op orde te brengen en te houden. De uiteindelijke keuze voor een bepaald maatregelenpakket is een bestuurlijke afweging.

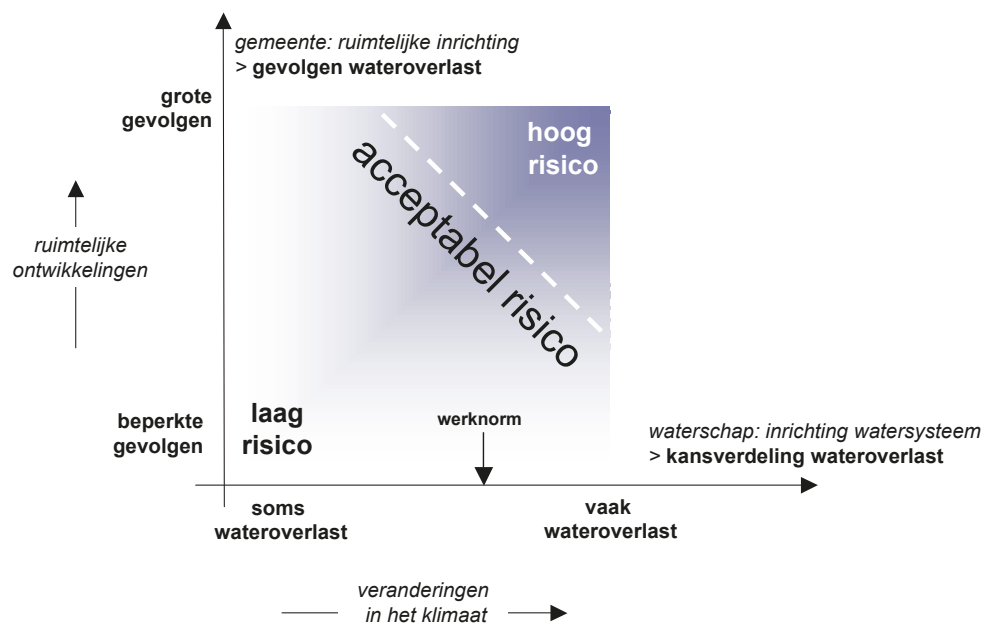
De wijze waarop de bestuurlijke afweging plaatsvindt, valt buiten de scope van deze verkenning, maar wordt hier toch als apart aandachtspunt vermeld, omdat het vaak ook van invloed is op de systeemanalyse en de wijze van toetsen.

Voor een goede onderbouwing van benodigde maatregelen is meer nodig dan de constatering dat hiermee aan een set normen en criteria wordt voldaan. Hoewel subjectieve keuzen hierbij onvermijdelijk zijn, wordt de afweging tussen mogelijke maatregelen inzichtelijk gemaakt en meer objectief door het uitvoeren van een risicoanalyse. Het risico is hierbij gedefinieerd als: kans x effect.

Zoals in de inleiding vermeld, is in het Nationaal Bestuursakkoord Water – Actueel afgesproken (art. 4-4) dat een afweging wordt gemaakt op basis van risico's, waarbij maatregelen erop zijn gericht om óf de kans op overlast óf het effect hiervan te verminderen. De combinatie van kans en effect bepaalt het (al dan niet) acceptabele risico.

FIGUUR 2.6

PRINCIPE VAN EEN RISICOBENADERING



Of een risico acceptabel is, is een bestuurlijke keuze, waarbij de kosten van de voorgestelde maatregelen, in verhouding moeten staan tot de baten.(= afname van het risico door de te nemen maatregelen).

Het is dus van belang dat bij de systeemanalyse al nagedacht wordt over de wijze waarop later de afweging tussen mogelijke maatregelen wordt gemaakt. Een inschatting van de kosten van de maatregelen is in de regel (op basis van kengetallen) wel te maken. Het kwantificeren van de baten (= afname van het risico) wordt veelal als lastiger ervaren. Belangrijk in dit verband is dat wordt onderkend dat voor een inschatting van de baten, inzicht vereist is in het totale spectrum van alle voorkomende situaties. Ofwel, we hebben de kansverdeling van voorkomende peilen nodig om een uitspraak te kunnen doen over de 'schade' (en daarmee

de baten van maatregelen). Immers, de jaarlijkse totale (economische) 'schade' als gevolg van wateroverlast is een optelsom van alle voorkomende gebeurtenissen (en niet alleen de schade die ontstaat bij één bepaalde maatgevende belasting of ontwerpbeurt).

Indien bij de systeemanalyse alleen is vastgesteld of aan een bepaalde norm wordt voldaan, ontbreekt informatie om een goede kosten-baten afweging te maken.

Een kosten-batenafweging is overigens niet per definitie objectief, want ook het kwantificeren van kosten en baten gebeurt op subjectieve gronden. Het is wel een pragmatische manier om tot een beslissing te komen, en belangrijk om de besluitvorming transparant te maken.

Met een goed inzicht in de kosten en de baten van mogelijke maatregelen, kunnen betrokken besturen van gemeente en waterschap onderbouwen waarom en hoe gesignaleerde knelpunten het beste kunnen worden opgelost.

Tenslotte wordt opgemerkt dat het risico van wateroverlast slechts één van de aspecten is die een belangrijke rol spelen bij de inrichting en het beheer van het stedelijke water. Het is derhalve noodzakelijk om de maatregelen af te stemmen op de ruimtelijke plannen en overige aspecten (denk aan waterkwaliteit, ecologie, recreatie, beleving etc.). Ook deze aspecten spelen uiteraard een belangrijke rol bij de bestuurlijke afweging.

3

PRAKTIJKVOORBEELDEN

3.1 CASE STUDIES

In het vorige hoofdstuk is het theoretisch stappenplan geschetst, aan de hand waarvan de stedelijke wateropgave bepaald kan worden. Hoewel er in de praktijk een grote diversiteit bestaat in de gevolgde werkwijzen, kan iedere casus worden opgesplitst naar de drie genoemde deelvragen. Zodoende ontstaat inzicht in de keuzes die in de praktijk worden gemaakt ten aanzien van (1) de probleemstelling; (2) de systeemanalyse; en (3) de wijze waarop een afweging wordt gemaakt ten aanzien van een (kosteneffectief) maatregelenpakket.

Om een overzicht te krijgen van interessante praktijkvoorbeelden zijn alle adviesbureaus die actief zijn op het gebied van het stedelijk waterbeheer benaderd, met het verzoek één of enkele casussen aan te leveren. In totaal zijn door de adviesbureaus 19 praktijkvoorbeelden aangeleverd. Uit eigen ervaring binnen de begeleidingsgroep zijn nog ca. 20-30 andere voorbeelden bekend, waarbij expliciet aan de wateropgave is gerekend.

Voor de volgende praktijkvoorbeelden is een 'factsheet' opgesteld (zie bijlage), op basis van gesprekken met betrokken ambtenaren van gemeente en waterschap(pen) en het adviesbureau dat de systeemanalyses heeft uitgevoerd:

- Arnhem-Noord
- Waterplan Assen
- Bergen op Zoom
- Berkel Enschot
- Boxtel
- Dordrecht
- GRP+ Eindhoven
- Gorinchem
- Groesbeek
- Het Zuiderpark (Rotterdam)
- Hoek van Holland
- Kern Nijnsel (Sint Oedenrode)
- Rengerswetering (Bunschoten)
- Sandelingen Ambacht (Hendrik Ido Ambacht)
- Tilburg
- Werkendam

Andere praktijkvoorbeelden, die in onderstaande beschouwing worden genoemd (maar die niet zijn uitgewerkt in een factsheet, zijn een nieuwbouwwijk in Best, 's-Hertogenbosch, Breda, Etten-Leur, Zwolle en Zeewolde.

3.2 PROBLEEMSTELLING

Bij veel cases blijkt de eerste stap feitelijk te worden overgeslagen. De tijd die genomen wordt om na te denken over mogelijke faalmechanismen en het formuleren van onderzoeksvragen (wat wil ik weten over de werking van het systeem?) blijkt zeer beperkt. In geen van de beschouwde cases is de probleemstelling vooraf expliciet gemaakt. In een aantal gevallen is gedurende het onderzoek, de probleemstelling nader aangescherpt (zie onderstaande tekst-kaders).

De directe aanleiding om de stedelijke wateropgave in beeld te brengen is bij de meeste gemeenten terug te voeren op de afspraken uit het Nationaal Bestuursakkoord Water. Enigszins gechargeerd kan worden gesteld dat de analyse en toetsing in eerste instantie niet worden uitgevoerd vanuit een behoefte om een zo goed mogelijk inzicht te krijgen in de werking van het watersysteem (en daarmee de eventuele knelpunten). De toets is in veel gevallen primair gericht op de vraag of het systeem al dan niet voldoet aan de NBW norm.

WATERPLAN WERKENDAM: PROBLEEMSTELLING AANGEPAST NA ONREALISTISCH GROTE WATEROPGAVE

In de gemeente Werkendam zijn de relevante faalmechanismen niet aan het begin maar in een later stadium van het proces in beeld gebracht. Allereerst is met algemene uitgangspunten de wateropgave bepaald. Dit leidde tot een onrealistisch hoge wateropgave (veel ha open water). Daarom is geanalyseerd waarom niet voldaan werd aan de gestelde criteria, of te wel de faalmechanismen werden onderzocht.

De hoge wateropgave kwam grotendeels omdat getoetst werd aan een theoretisch afvoercriterium vanuit het stedelijke gebied (1,5 l/s/ha). In de huidige situatie wordt een grotere afvoer toegestaan, dit geeft geen problemen in het ontvangende landelijke gebied. De vraagstelling is daarom gedurende het project veranderd.

Er was behoefte om de invloed van het strenge afvoercriterium op de omvang van de wateropgave in beeld te hebben.

WATERPLAN ASSEN: PROBLEEMSTELLING (STAP 1) EN ANALYSE (STAP 2) GECOMBINEERD

De werkwijze om de stedelijke wateropgave in Assen te bepalen is gedurende het project ontwikkeld, afhankelijk van ervaringen met en de (tussen)resultaten van de modelanalyses.

BERGEN OP ZOOM: MAATREGELEN BOVENSTROOMS VS EXTRA OPEN WATER GRAVEN

De wateropgave in Bergen op Zoom wordt opgelost door maatregelen in het bovenstrooms gelegen gebied. Door deze maatregelen daalt de waterstand in de rivier de Zoom. De rivier kan als gevolg hiervan meer afvoer vanuit het stedelijk gebied aan.

Extra open water graven in het bestaand stedelijk gebied wordt hierdoor overbodig.

De wateropgave is gedefinieerd als het pakket maatregelen dat nodig is om het watersysteem op orde te krijgen en op orde te houden. De cases laten zien dat de wateropgave vaak wordt uitgedrukt in "ha open water". Een aantal cases (Bergen op Zoom, Werkendam, Groesbeek) maken duidelijk dat ook met een ander pakket aan maatregelen mogelijk is om te voldoen aan de wateropgave (bijv. inzet van slimme stuwen, afvoercapaciteit vergroten, infiltratie van regenwater etc.).

De bepaling van de stedelijke wateropgave voor nieuw gebied is verschillend van de hier beschreven aanpak voor bestaand gebied. Voor nieuw gebied kan worden volstaan met ontwerpnormen. Bestaand stedelijk gebied moet worden getoetst aan toetsingscriteria. In de praktijk wordt dit onderscheid niet altijd gemaakt.

NIEUWBOUWWIJK BEST: TOETSINGSCRITEIA BEPALEN ONTWERP RIOLERINGSSYSTEEM

Om te bepalen of de toekomstige woonwijk in Best zal voldoen aan de stedelijke wateropgave, is het ontwerp van het rioleringsysteem met een model geschematiseerd. Getoetst is of bij het huidige ontwerp inundatie en/of wateroverlast optreedt.

Omdat bij het huidige ontwerp knelpunten optreden, zijn concrete aanbevelingen voor het ontwerp van het rioleringsysteem gedaan.

WATERSYSTEEMANALYSE 'S HERTOGENBOSCH

In 's Hertogenbosch is voorafgaand aan de (uitgebreide) watersysteemanalyse, een uitgebreid onderzoek gedaan naar beschikbare gegevens en de beste rekenmethode. Daarbij is expliciet aandacht besteed aan mogelijke faalmechanismen en is een bewuste aanpak gekozen voor de gewenste analyse en toe te passen criteria.

3.3 SYSTEEMANALYSE

3.3.1 TOETSINGSCRITEIA

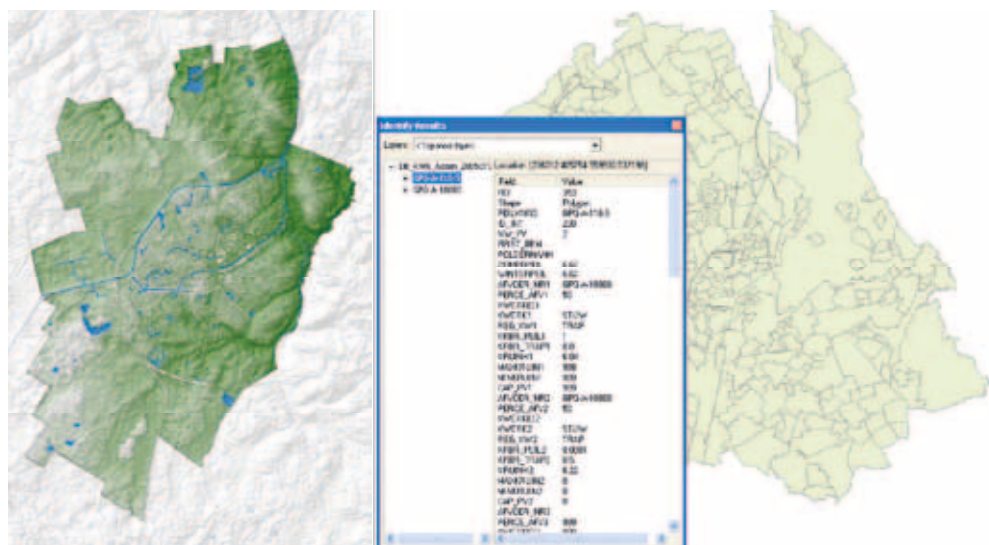
In alle cases is de NBW-norm (geen inundatie bij herhalingstijd van 1:100 jaar) toegepast, al dan niet aangevuld met aanvullende criteria.

De uitwerking van de NBW-norm is verschillend. Zo wordt "geen inundatie" geïnterpreteerd als "0% maaiveld op basis van de Algemene Hoogtekaart Nederland (AHN)" of als "laagste putdeksel hoogte". In sommige gevallen worden de inundatiehoogten gecorrigeerd met behulp van gebiedskennis (zie tekstkader).

WATERPLAN ASSEN: CORRECTIE VAN TOETSHOOGTEN

Gemeente Assen heeft de werknormen van het Nationaal Bestuursakkoord Water gebruikt om de toetswaarden af te leiden. Voor stedelijk gebied is het 0%-maaiveldcriterium afgeleid uit de AHN (Algemene Hoogtekaart Nederland).

De praktijk liet echter zien dat het 0% laagste maaiveld soms erg lage toetswaarden opleverden en de toetswaarden soms zelfs onder het streefpeil van het peilvak lag (door bijvoorbeeld lokale depressies of meefouten). De gemeente Assen heeft de toetshoogtes daarom gecorrigeerd op basis van gebiedskennis.



De normen voor inundatie en overlast worden vaak voor een hele kern constant verondersteld. Ruimtelijke differentiatie van de inundatienorm wordt binnen het stedelijke gebied nog nauwelijks toegepast. Dit houdt – bijvoorbeeld - in dat inundatie van een speeltuin of trapveld even vaak mag voorkomen als het overstromen van huizen.

Het komt ook een aantal keer voor dat bij eenzelfde herhalingsstijd getoetst wordt op zowel een afvoercriterium als een maximale peilstijging. Daarmee ligt de hoeveelheid te realiseren water feitelijk vast. Door tegelijk op beide criteria te toetsen, is er geen enkele ruimte om op een andere manier aan de eisen te voldoen, dan het realiseren van bijbehorende hoeveelheid water.

Er worden verschillende statistische methoden gebruikt om te bepalen bij welke kans (herhalingsstijd) een criterium wordt overschreden. Door deze veelheid aan methoden is er - vooral bij de deskundigen bij het waterschap - veel discussie over welke statistische analyse moet worden uitgevoerd. De volgende buien of reeksen van buien zijn in de voorbeeldcases toegepast:

- 100 jarige neerslagreeks (Sandelingen Ambacht, Assen, Het Zuiderpark)
- Selectie van 40 gebeurtenissen uit de 100 jarige neerslagreeks (Bergen op Zoom, Hoek van Holland, Dordrecht)
- Regenduurlijn (Werkendam, Groesbeek, Gorinchem, Arnhem-Noord)
- Bui 06 in de riolering en oppervlaktewater T=100 situatie (Kern Nijnsel)
- Bui 08 in de riolering (Eindhoven)
- Stochastenmethode van waterschap Brabantse Delta (Berkel Enschtot, Tilburg, Waalwijk)

STEDELIJKE WATEROPGAVE NIJNSEL: CONSTATE ERFGRENS EN DREMPELHOOGTE

Voor de hele kern Nijnsel zijn de wateroverlastcriteria constant verondersteld. Er is gewerkt met de erfgrens en drempelhoogte, die respectievelijk gedefinieerd zijn als 10 cm en 20 cm boven straatpeil bij een herhalingsstijd van 1x per 100 jaar.

SANDELINGEN AMBACHT (HENRIK IDO AMBACHT) & HET ZUIDERPARK (ROTTERDAM): CRITERIUM VOOR PEILSTIJGING ÉN AFVOER LEIDT TOT EXTRA WATERBERGING

De (aanvullende) criteria voor het gebied Sandelingen Ambacht en Het Zuiderpark waren in beide gevallen zowel een maximale peilstijging als een maximale afvoer bij een herhalingsstijd van 1x per 10 jaar.

In beide projecten is alleen de maatregel “extra open water” onderzocht.

3.3.2 ANALYSEMETHODEN EN MODELLEN

In alle voorbeeldcases is een model opgesteld om te analyseren of het watersysteem voldoet aan de gestelde criteria. Het detailniveau waarop de analyse wordt uitgevoerd is verschillend. In 4 cases is een gedetailleerd gekoppeld (strengen)model opgesteld. De keuze voor een bepaald type model wordt in grote mate bepaald door de betrokken adviseur. De adviseur kiest binnen de richtlijnen die het waterschap stelt voor een bepaalde modellering.

Tabel 3.1 geeft een overzicht van de gebruikte analysemethoden in de voorbeeldcases. Naast deze analysemethoden is bekend dat ook de volgende drie methoden in de praktijk worden toegepast:

- Luchtfoto extreme situatie (bv. Etten-Leur)
Bij deze methode wordt een rekenmodel van de riolering opgesteld. Luchtfoto's worden gemaakt van een wateroverlast situatie in de praktijk (T=100 situatie). Deze luchtfoto's worden gecombineerd met de rekenresultaten van het rioleringsmodel.
- Quick scan (bv. Zwolle/Westerwolde)
Bij de quick scan wordt een sterk geschematiseerd rekenmodel van de riolering en het oppervlaktewater opgesteld. Met een GIS-analyse worden de berekende waterpeilen bij een T=100 situatie vergeleken met het maaiveldverloop. Deze vergelijking leidt tot een schatting van de stedelijke wateropgave in m³.
- Benadering vanuit de Ruimtelijke Ordening (bv. Breda)
Bij de benadering vanuit de Ruimtelijke Ordening wordt binnen geplande ruimtelijke ontwikkelingen gekeken welke mogelijkheden er zijn voor de aanleg van extra open water. De totale stedelijke wateropgave is de som van de stedelijke waterbergingsopgave (bestaand gebied) en de compenserende waterberging (bij nieuwbouwprojecten of herontwikkeling).

TABEL 3.1 OVERZICHT GEBRUIK VAN MODEL VOOR BEPALING WATEROPGAVE IN BESTAAND GEBIED

	Gekoppeld model (strengenmodel)	Gekoppeld model (riolering bakjes, opp. strengen)	Rioleringsmodel (strengenmodel)	Oppwatermodel (strengenmodel)	Oppwatermodel (bakjesmodel)
Dordrecht	X				
Hoek van Holland	X				
Eindhoven	X				
Bergen op Zoom	X				
Rotterdam		X			
Gorinchem		X			
Assen		X			
Werkendam		X			
Groesbeek		X			
Berkel Enschoot			X	X	
Kern Nijnsel			X		
Tilburg			X	X	
Arnhem-Noord				X	
Sandelingen Ambacht					X

Voordat het model kan worden opgesteld moeten voldoende gegevens beschikbaar zijn. In een aantal cases hebben problemen met de gegevens de doorlooptijd verlengd. Het gaat met name om: het verharde oppervlak, dwarsprofielen van het oppervlaktewater en kenmerken van kunstwerken. In een aantal cases zijn aanvullende metingen verricht.

ARNHEM-NOORD: COMPLEXE DUIKERS VERGDEN VEEL TIJD

In Arnhem-Noord is een strengenmodel van het oppervlaktewater opgesteld. In het watersysteem liggen een aantal complexe duikers; waarvan de werking bij aanvang van het project niet bekend was. De gemeente Arnhem heeft daarom aanvullende (veld)metingen uitgevoerd om de benodigde informatie te verzamelen.

De interactie tussen oppervlaktewaterpeilen en het functioneren van de riolering is bij een aantal cases punt van discussie (o.a. Tilburg). Vooral de randvoorwaarden die vanuit het oppervlaktewatersysteem aan de riolering opgelegd worden, zijn niet eenduidig. De riolering is een snel reactief systeem, terwijl het oppervlaktewatersysteem in de meeste gevallen langzamer reageert. De meeste wateroverlast wordt dus verwacht bij een combinatie van een langzame bui (oppervlaktewater) en een snelle bui in de riolering. De kans op voorkomen van zowel een langzame als een snelle bui is echter niet vastgelegd. Tevens is onbekend in welke mate verhoogde oppervlaktewaterpeilen de water op straat situatie verergerd. Doordat bij hevige neerslag de druk in de riolering toeneemt, is het de vraag of water de riolering in kan stromen en extra water op straat veroorzaakt.

De cases laten zien dat waar mogelijk een kalibratie van het model met meetgegevens wordt uitgevoerd. Vaak zijn echter slechts weinig (betrouwbare) meetgegevens beschikbaar. Wanneer een kalibratie wordt uitgevoerd, wordt er gekalibreerd op afvoerdebiet of waterpeilen van het oppervlaktewater. In slechts één case (Dordrecht) zijn de modelresultaten vergeleken met (enkele) metingen in de riolering.

3.3.3 TOETSING

De toetsingsresultaten worden in alle gevallen binnen de projectorganisatie van het waterschap en de gemeente besproken. Wanneer bij de projectgroepleden vooraf knelpunten bekend waren, worden deze herkend in de toetsingsresultaten. In een enkel geval wordt het beheerdersoordeel van de toetsingsresultaten breder getrokken; met beheerders in het veld of met een klachtenregistratie (Kern Nijnsel).

HOEK VAN HOLLAND: BEHEERDERSOORDEEL VAN HET TOETSINGSRESULTAAT

In Hoek van Holland is het toetsingsresultaat aan een beheerdersoordeel onderworpen. Dit is gedaan in een comité van maalmachinisten en beheerders van gemeente en waterschap.

Zoals hierboven is toegelicht, kan het toetsingsresultaten tot drie situaties leiden:

- 1 waterschap en gemeente zijn het eens met de toetsingsresultaten en spreken af hoe de wateropgave wordt bepaald;
- 2 waterschap en/of gemeente zijn het niet eens met de toetsingsresultaten. De criteria (toetshoogten) worden te streng bevonden en aangepast;
- 3 waterschap en/of gemeente zijn het niet eens met de toetsingsresultaten. De resultaten van de systeemanalyse komen niet overeen met de verwachting, het model en/of de input gegevens worden aangepast.

In de meeste voorbeeldcases is situatie 1 van toepassing. In enkele cases worden model of input gegevens aangepast (situatie 3). Situatie 2 komt slechts in een enkel geval voor. De vooraf bepaalde criteria en toetshoogten worden in bijna alle gevallen geaccepteerd.

3.4 AFWEGING: KEUZE MAATREGELENPAKKET

In alle voorbeeldcases zijn maatregelen bepaald, waarmee kan worden voldaan aan de gestelde criteria. De maatregelen zijn met het model doorgerekend. Vaak is gekeken naar mogelijkheden om extra berging in de riolering of het oppervlaktewater te realiseren of naar mogelijkheden om de afvoercapaciteit te vergroten.

De globale maatregelen worden vaak in een waterplan of (verbreed) GRP omgezet in concrete uitvoeringsprogramma's.

Voor twee cases zijn de kosten en de baten van de maatregelen expliciet gemaakt. (Waterplan Assen en Waterplan Werkendam). Tijdens het GRP+ van Eindhoven zijn alleen de kosteneffectieve maatregelen met het model doorgerekend.

In de cases waar geen kosten/baten analyse is uitgevoerd, worden alle maatregelen uitgevoerd.

In een aantal voorbeeld cases moeten nog maatregelen worden opgesteld. Het is nog niet duidelijk of hierbij een kosten/baten analyse zal worden uitgevoerd.

De planperiode waarin de maatregelen uitgevoerd worden, verschilt sterk en is afhankelijk of gecombineerd kan worden met andere projecten of ruimtelijke ontwikkelingen.

WERKENDAM: VERGELIJKING VAN 4 MAATREGELENPAKKETEN

Tijdens het waterplan Werkendam zijn vier mogelijke maatregelen pakketten opgesteld. Eén van deze vier maatregelen pakketten was het zogenaamde "meest goedkope alternatief". Hierbij is uitgegaan van het goedkoopste maatregelenpakket om de m3 wateropgave te realiseren.

Het goedkoopste maatregelenpakket was een combinatie van extra oppervlakte open water, plaatsing van een slimme stuw en het verhogen van een overstortdrempel in het centrum van Werkendam.

GORINCHEM: MAATREGELEN OVERGENOMEN IN HET WATERPLAN

De gemeente Gorinchem heeft alle maatregelen die nodig zijn om te voldoen aan de wateropgave opgenomen in het waterplan.

Veel gemeenten gebruiken het waterplan om de maatregelen die nodig zijn om te voldoen aan de stedelijke wateropgave uit te voeren.

WATERPLAN ASSEN

In het kader van het waterplan Assen is een maatregelenpakket opgesteld, waarmee voldaan werd aan de gestelde criteria. Het maatregelenpakket bestond uit een combinatie van het plaatsen van slimme stuwen, aanleg van extra open water en stuwverbreeding.

De vraag die de gemeente Assen zich vervolgens heeft gesteld, is of de kostbare maatregelen effectief zijn. Om dit in beeld te brengen, heeft de gemeente gezamenlijk met de waterschappen (Hunze en Aa's, Noorderzijlvest en Reest en Wieden) een kosten-baten-analyse uitgevoerd.

In de kosten-baten analyse zijn de kosten uitgedrukt als de kosten van de maatregelen. De baten zijn gelijk gesteld aan de afname (door de maatregelen) van de schade als gevolg van wateroverlast.

Aangenomen is dat de schade vooral afhankelijk is van:

- 1 Het grondgebruik: de schade in stedelijk gebied is groter dan in landelijk gebied;
- 2 Het geïnundeerde oppervlak: hoe groter het geïnundeerd oppervlak hoe groter de schade;
- 3 Het oppervlak met ondiepe grondwaterstanden: naast de schade in volledig geïnundeerde gebieden treedt in sommige gevallen al eerder schade op door ondiepe grondwaterstanden.

De kostenbaten analyse heeft voor de gemeente Assen uitgewezen dat het maatregelenpakket, waarmee voldaan werd aan de gestelde criteria, kosteneffectief is.

WATERPLAN ASSEN

GRP+ Eindhoven: kosteneffectieve maatregelen

De gemeente Eindhoven heeft voor alle knelpunten die ook in de praktijk bekend waren, maatregelen opgesteld. Voor de overige knelpunten is een meetplan opgezet om te onderzoeken of de berekend knelpunten in de praktijk ook voorkomen.

De maatregelen die zijn opgesteld voor de in de praktijk bekende knelpunten zijn geselecteerd op basis van expert judgement. Alleen de kosteneffectieve maatregelen zijn met het model doorgerekend. .

KERN NIJNSEL: "WERK MET WERK"

De gemeente Sint Oedenrode maakt een afweging wanneer de maatregelen worden uitgevoerd. De huidige situatie geeft geen aanleiding om direct te investeren. De gemeente gaat de voorgestelde maatregelen uitvoeren als het te combineren is met andere werkzaamheden ("werk met werk").

4

CONCLUSIES & AANBEVELINGEN

4.1 CONCLUSIES

4.1.1 ONGANG MET HET VRAAGSTUK

Er bestaan grote verschillen in de wijze waarop de werking van het stedelijk watersysteem wordt geanalyseerd (gemodelleerd). Dientengevolge is ook de manier waarop de ernst en omvang van (potentiële) problemen worden vastgesteld voor iedere locatie anders.

De beoordelingsmethoden die in de huidige praktijk worden gehanteerd, verschillen per regio (per waterschap) en zelfs per gemeente. Deze verschillen zijn van dien aard dat de opgave in de ene gemeente, niet te vergelijken is met de opgave in een andere gemeente.

Alle waterschappen hebben voor de bepaling van de wateropgave een toetsingsmethode uitgewerkt, die zij op alle gemeenten in hun beheersgebied van toepassing verklaren. Door veel waterschappen worden - onafhankelijk van de lokale situatie en locatie specifieke onderzoeksvragen - voorwaarden gesteld aan, bijvoorbeeld:

- de toe te passen ontwerpbui(en);
- het modelconcept;
- de maximale peilstijging (bijv. NBW norm voor stedelijk gebied);
- de maximale afvoer uit stedelijk gebied naar het ommeland (bijv. 1,5 l/s.ha);
- de hoeveelheid open waterberging die aanwezig moet zijn (bijv. 10%, 300 m³/ha);
- de wijze waarop de kansberekening dient plaats te vinden.

Het is uiteraard van belang dat waterschappen op een eenduidige en consistente wijze het functioneren van watersystemen in bebouwde gebieden toetsen. Echter, indien de hiervoor ontwikkelde toetsingscriteria en beoordelingsmethoden te rigide worden gehanteerd, zonder rekening te houden met de specifieke lokale situatie, bestaat de kans dat dingen worden uitgerekend die niets met de werkelijkheid te maken hebben. Het toetsen aan de norm wordt dan belangrijker dan het verkrijgen van inzicht.

Om een afweging te kunnen maken tussen mogelijke (technische en ruimtelijke) maatregelen is goed gereedschap nodig om nut, noodzaak en effecten te kunnen onderbouwen. Dit geldt vooral voor grote (ruimtelijke) beslissingen. In algemene zin kan worden geconcludeerd dat dit gereedschap nog nauwelijks eenduidig voorhanden is en dat je vraagtekens kan stellen bij het gebruik daarvan.

4.1.2 UITWERKING VAN DE ONDERZOEKSVRAAG

Op basis van ruim 20 praktijkvoorbeelden van gemeenten waar een specifieke systeemanalyse heeft plaatsgevonden voor de bepaling van de wateropgave, kan het volgende worden geconcludeerd:

- Er wordt relatief weinig aandacht besteed aan het (vooraf) expliciet maken van de probleemstelling (het definiëren van de onderzoeksvraag). De voorbeelden waarbij voorafgaan aan de modelanalyses wordt gespecificeerd welke aspecten men wil onderzoeken en welke inzichten men wil verkrijgen ten aanzien van de werking van het watersysteem (los van normen en modellen), zijn schaars. Impliciet wordt hier natuurlijk wel over nagedacht en gaandeweg het toetsingsproces ontstaan er nieuwe vragen en inzichten, die in de analyse opgepakt worden. Voor een gestructureerde aanpak van het vraagstuk is het meer nadrukkelijk benoemen van de onderzoeksvraag wenselijk, om de onderlinge communicatie tussen gemeente en waterschap te verbeteren en om richting te geven aan de hydrologen die betrokken zijn bij de systeemanalyse.
- De belangrijkste reden dat gemeenten en waterschappen de stedelijke wateropgave in beeld brengen, is gelegen in het Nationaal Bestuursakkoord Water (NBW). Deze bestuurlijke afspraken vormen in veruit de meeste gevallen de directe aanleiding voor de uitgevoerde analyse en toetsing van het stedelijk watersysteem. Eventuele lokale problemen met wateroverlast worden in dit verband minder vaak als aanleiding voor een nader onderzoek genoemd.
- De criteria voor de toetsing van de watersystemen vertonen grote diversiteit:
 - Toetsingscriteria die zijn geformuleerd in de vorm van toelaatbare waterstanden, met een bepaalde kans van optreden en gedifferentieerd naar plaats, liggen – voor het vraagstuk van wateroverlast – het meest voor de hand. De gehanteerde toetsingscriteria worden echter niet vaak op deze wijze uitgedrukt.
 - Alle gemeenten en waterschappen geven aan dat in ieder geval de NBW werknorm voor maaiveld inundatie van stedelijk gebied ($T = 1/100$ jaar) wordt gebruikt.
 - Deze werknorm is in veel gevallen ‘doorvertaald’ in andere grootheden. Niet zelden worden ‘capaciteitsnormen’ gehanteerd, uitgedrukt in een percentage water, een hoeveelheid waterberging in m^3/ha , soms gecombineerd met een afvoercriterium voor het stedelijk gebied. De reden voor dit soort normen is gelegen in de eenvoud ervan, zodat iedereen op dezelfde wijze wordt behandeld en lastige discussies over modellen en systeemanalyses worden voorkomen. Het grote nadeel van dit soort capaciteitsnormen is dat niet meer gekeken wordt naar de werking van het watersysteem, maar dat een bepaalde oplossing (= een hoeveelheid berging) feitelijk wordt “opgelegd”, zonder dat inzicht bestaat in de aard en omvang van de risico’s van wateroverlast.
 - Naast de werknorm worden in veel gevallen aanvullende criteria benoemd, die gerelateerd zijn aan de overstorthoogten.
- Ook de wijze waarop de werking van het stedelijk watersysteem in kaart wordt gebracht is per gemeente verschillend. Hierdoor wordt de kans op wateroverlast in iedere gemeente op een andere wijze bepaald (waardoor de ‘norm’ $1/100$ in iedere situatie iets anders betekent). Zo worden andere keuzen gemaakt ten aanzien:
 - De belasting van het systeem. Er worden analyses gemaakt met:
 - Theoretische ontwerpbuien (afgeleid uit regenduurlijnen)
 - Gemeten (maatgevende) buien
 - Samengestelde buienreeksen
 - Tijdreeksen van gemeten buien

- Het gebruikte model (Sobek, Dufrow, diverse soorten rioleringsmodellen, etc)
- De (statistische) verwerking van de modelresultaten (ontwerpbuizen, tijdreeksanalyses, stochastenmethoden)

Er is de laatste jaren veel energie gestoken in het verder optimaliseren van modelsystemen en gestructureerd databeheer. Steeds vaker wordt gekozen voor een meer gedetailleerde modellering, waarin verschillende elementen van het stedelijk watersysteem (riolering en oppervlaktewater) als één geheel worden gemodelleerd.

Het is in principe goed mogelijk om met de huidige beschikbare software een integraal en gedetailleerd model te maken van het rioleringsstelsel en het oppervlaktewatersysteem, waarmee het gehele neerslag-afvoer proces wordt beschreven. Of dit nodig is, hangt af van de gestelde onderzoeksvraag (ofwel het gewenste inzicht) en de interacties tussen de riolering en het oppervlaktewatersysteem.

In de praktijk is een integraal gedetailleerd model lang niet altijd nodig. Wel moet rekening worden gehouden met het feit dat in veel gevallen, de grenzen van de rioleringsdistricten niet overeenkomen met de grenzen van peilvakken (in polders) of afwateringsgebieden. Het is dus te simpel (en in veel gevallen onjuist) om aan te nemen dat de neerslag-afvoerprocessen in de riolering kunnen worden beschreven door een eenvoudige neerslag-afvoer relatie (hoeveelheid verhard oppervlak + berging) op te nemen in het hydrologisch oppervlaktewatermodel.

Ook een koppeling met een grondwatermodel is technisch mogelijk, waarbij opgemerkt wordt dat deze vorm van modellering zich nog in de ontwikkelfase bevindt. Een dergelijke koppeling voegt voor het vraagstuk van de wateropgave (als gevolg van hevige neerslag) overigens niet veel toe, omdat de reactietijd van een rioolstelsel of oppervlaktewaterstelsel vele malen sneller is dan het grondwatersysteem, waardoor de interactie tussen de onderscheiden afvoerprocessen gering is.

4.1.3 KENNEN WE DE RISICO'S VAN WATEROVERLAST?

In algemene zin kan worden gesteld dat gemeenten en waterschappen de afgelopen jaren veel energie hebben gestoken in de toetsing van stedelijke watersystemen met betrekking tot de kans op wateroverlast.

In het NBW is afgesproken dat de wateropgave wordt bepaald op basis van een risicobenadering. Dit vereist inzicht in de kans en de mogelijke effecten.

Wat betreft de kans op wateroverlast kan het volgende worden geconcludeerd:

Of de, in het NBW vastgelegde werknorm voor maaiveldinundatie van 1/100 jr wordt overschreden is voor de meeste gemeenten bepaald: er is vastgesteld of het systeem al dan niet voldoet aan de norm (en wat moet gebeuren indien dit niet het geval is).

De kansverdeling van voorkomende waterstanden is in de meeste gevallen echter niet bekend.

Wat betreft het effect van mogelijke wateroverlast kan worden geconcludeerd dat deze vooral wordt ingeschat op basis van 'expert judgement' en praktijkervaring. Een meer rationele inschatting van de effecten, op basis van een kansverdeling van voorkomende waterstanden en kosten kengetallen (schadefuncties), wordt in het stedelijk gebied nog nauwelijks toege-

past. Dientengevolge worden ook de baten van maatregelen (= de afname van effecten) niet expliciet gemaakt, maar bepaald op basis van een beheerdersoordeel.

Kortom, we weten of we al dan niet voldoen aan de normen voor wateroverlast, maar de risico's van wateroverlast zijn feitelijk onbekend (of niet expliciet gemaakt).

4.2 AANBEVELINGEN

Er is een omslag nodig van de “normatieve benadering” naar een meer “systeemgerichte benadering”. De doelen van een dergelijke benadering zijn:

- Het verkrijgen van inzicht in de werking van het systeem
- Het informeren van betrokkenen over het functioneren van het watersysteem
- Het kwantificeren van eventuele knelpunten en het signaleren van kansen voor water
- Het verkrijgen van inzicht in effecten van mogelijke oplossingen, en het creëren van een afwegingskader

Een eventuele landelijke normering voor wateroverlast in stedelijke gebieden zou daarbij meer gericht moeten zijn op de beoordelingsmethode en de informatie die hierbij expliciet gemaakt moet worden (transparantie), dan op het vastleggen van een bepaalde norm die door iedereen anders ingevuld wordt.

Voor de ontwikkeling van een systeemgerichte aanpak zijn de volgende aspecten van belang:

- Bij het formuleren van de probleemstelling bewust stilstaan bij het gewenste inzicht in de werking van het stedelijk watersysteem en mogelijke oorzaken van wateroverlast (expliciete aandacht voor faalmechanismen)
- Het versterken van samenwerking tussen de waterschappen bij het ontwikkelen van een generieke aanpak. Standaardisatie van de beoordelingsmethode (en mogelijk ook van de gebruikte analysemethoden / modellen), is wenselijk uit oogpunt van kennisontwikkeling en om resultaten met elkaar te kunnen vergelijken.
- Gemeenten en waterschappen moeten vooraf uitgebreider stilstaan bij toetsingsresultaat (en eventueel toetsingscriteria en of analysemethode daarop aanpassen)
- De kwaliteit van beschikbare basisgegevens is in het algemeen niet groot; veel gegevens ontbreken en veel datasets bevatten fouten. Om systeemanalyses goed uit te kunnen voeren, verdient het databeheer meer aandacht.
- Naast de basisgegevens is monitoring van het werkelijke systeemgedrag van essentieel belang.
- Door een meer genuanceerde formulering van het vraagstuk (duidelijke probleemdefinitie) ontstaat meer ruimte voor maatwerk.

Tenslotte wordt in dit verband opgemerkt dat het samenwerkingsproces tussen gemeente en waterschap een belangrijk aandachtspunt blijft. Het beoogde samenspel komt – ook bij de keuze van de analysemethode voor het stedelijk watersysteem - nog onvoldoende uit de verf. Een goede discussie over de wateropgave komt van twee kanten:

De gemeente zou zich meer assertief moeten opstellen: durf te vragen naar een onderbouwing van de voorgestelde maatregelen, gebaseerd op risico's (= welke kans is er op bepaalde vormen van wateroverlast en welke nadelige effecten worden verwacht?)

Het waterschap zou zich minder als 'toetsers' en meer als 'water adviseur' moeten opstellen, waarbij het informeren over de werking van het watersysteem belangrijker wordt geacht dan het voldoen aan een bepaalde norm.

BIJLAGE I

FACTSHEET BESCHOUWDE CASUSSEN

FACTSHEET ARNHEM-NOORD	31
FACTSHEET WATERPLAN ASSEN	32
FACTSHEET BERGEN OP ZOOM	34
FACTSHEET BERKEL ENSCHOT	35
FACTSHEET BOXTEL	37
FACTSHEET DORDRECHT	38
FACTSHEET GRP+ EINDHOVEN	39
FACTSHEET GORINCHEM	40
FACTSHEET WATERPLAN GROESBEEK	41
FACTSHEET PROJECT HET ZUIDERPARK (ROTTERDAM)	42
FACTSHEET HOEK VAN HOLLAND	43
FACTSHEET PROJECT KERN NIJNSEL (SINT OEDENRODE)	44
FACTSHEET PROJECT RENGERSWETERING (BUNSCHOTEN)	45
FACTSHEET SANDELINGEN AMBACHT (HENDRIK IDO AMBACHT)	47
FACTSHEET TILBURG	48
FACTSHEET WATERPLAN WERKENDAM	50

FACTSHEET ARNHEM-NOORD

Vraagstelling/aanleiding:	Het waterschap wilde de wateropgave in het hele beheersgebied in beeld brengen. Omdat er in Arnhem-Noord wateroverlast problemen bekend waren, is het waterschap met deze gemeente gestart.
Bestaand/nieuw gebied:	Bestaand gebied
Criteria:	<i>NBW-norm</i> : geen inundatie bij herhalingstijd van 1: 100 jaar
Analyse:	Oppervlaktewatermodel (strengenmodel), later deels gekoppeld met een rioleringsmodel (bakjesmodel) Er is gerekend met een regenduurlijn van de bui bij T=100 en bij T=10.
Schaalniveau:	Stedelijk gebied van Arnhem-Noord
Adviesbureau:	Witteveen & Bos
Klimaatverandering:	Midden scenario
Kalibratie model:	Er is gevalideerd op beschikbare meetgegevens van de waterstand. Een uitgebreide kalibratie was niet mogelijk vanwege het beperkte aantal meetgegevens.
Controle toetsing uitgevoerd:	Ja, modelresultaten zijn getoetst aan een beheerdersoordeel, hierbij zijn de overlast situaties die vooraf bekend waren herkend.
Maatregelen:	Maatregelen zijn doorgerekend.
Kosten/baten analyse:	Nee, alle maatregelen worden uitgevoerd.

Opmerkingen:

Tijdens het project is onderzocht wat de invloed van hoge rivierstanden op de modelresultaten is (als gevolg van toename van kwel).

De gegevensverzameling heeft relatief lang geduurd. In Arnhem-Noord ligt een aantal complexe duikers, het vergde veel tijd voordat bekend was hoe deze functioneren. Uiteindelijk is dit met extra veldonderzoek in beeld gebracht.

FACTSHEET WATERPLAN ASSEN

Vraagstelling/Aanleiding:	De gemeente Assen wilde weten wat de wateropgave voor het stedelijk gebied is, zodat inundatie en wateroverlast wordt voorkomen. Tevens is het de vraag hoe ervoor wordt gezorgd dat het stedelijk watersysteem ook bij klimaatverandering het boezemstelsel niet te sterk belast.
Bestaand/nieuw gebied:	Bestaand gebied
Criteria:	<p><i>NBW-norm</i>: geen inundatie bij herhalingsstijd van 1:100 jaar</p> <p><i>Aanvullend criterium</i>: geen wateroverlast bij herhalingsstijd van 1:2 jaar</p> <p><i>Afvoercriterium</i>: geen toename van de maximale 10-daagse afvoer naar de boezem bij klimaatverandering</p>
Analyse:	<p>Twee modellen: Neerslag-afvoermodel (RR), waarbij de rio-lering ook als bakje is geschematiseerd en een hydraulische model SF/CF.</p> <p>Neerslagafvoermodel is met een 100 jarige neerslagreeks doorgerekend, waarmee per peilvak de waterstand-kansgrafiek is bepaald. De waterstand behorende bij een herhalingsstijd van 1:100 jaar is getoetst aan de inundatiehoogte. De inundatiehoogte is afgeleid uit de hoogtekaart (AHN) incl. correctie o.b.v. gebiedskennis. De waterstand behorende bij een herhalingsstijd van 1:2 jaar is getoetst aan toetshoogten voor wateroverlast. Deze toetshoogten zijn in overleg met de waterbeheerder bepaald.</p> <p>Voor toetsing aan het afvoercriterium is de bui van oktober 1960 gebruikt.</p>
Schaalniveau:	Stedelijk water binnen de gemeente Assen
Adviesbureau:	Nelen & Schuurmans (Arcadis)
Klimaatverandering:	Middenscenario
Kalibratie model:	Neerslag-afvoermodel is geverifieerd met meetgegevens. Het hydraulisch model is niet gekalibreerd/geverifieerd omdat hiervoor te weinig gegevens beschikbaar waren.
Controle toetsing uitgevoerd:	Ja, modelresultaten zijn getoetst aan een beheerdersoordeel.
Maatregelen:	Voor alle knelpunten die uit de modelanalyses naar voren zijn gekomen, zijn maatregelen opgesteld. De maatregelen zijn doorgerekend met de 12 meest maatgevende neerslaggebeurtenissen voor het stedelijk gebied.
Kosten/baten analyse:	Ja, met een risicoanalyse

Opmerkingen:

De werkwijze om de stedelijke wateropgave te bepalen is gedurende het project ontwikkeld. Tijdens het waterplan Assen is de wateropgave bij hoge herhalingstijd bepaald, hierdoor is inzicht gekregen in de mechanismen van maaiveldinundatie door te hoge waterstanden in het oppervlaktewatersysteem. In een vervolgstudie (BRP) wordt de wateropgave bij lage herhalingstijd bepaald, hierbij spelen 'faalmechanismen' als gehinderde drainage of een gehinderde afvoer vanuit de riolering een rol als mogelijke oorzaak voor wateroverlast.

FACTSHEET BERGEN OP ZOOM

Vraagstelling/aanleiding:	De gemeente Bergen op Zoom wil weten welke wateropgave er in de kern Bergen op Zoom ligt zodat voldaan wordt aan de NBW norm. Concrete aanleiding om direct inzicht te willen hebben in de wateropgave was een geconstateerde wateroverlast situatie in Bergen op Zoom.
Bestaand/nieuw gebied:	Bestaand gebied
Criteria:	<i>NBW-norm:</i> geen inundatie bij herhalingstijd van 1:100 <i>Aanvullend criterium:</i> is afgeleid tijdens het project
Analyse:	Gekoppeld riolerings- en oppervlaktewatermodel (Sobek SF & CF) Er is gerekend met een selectie van 40 gebeurtenissen uit de 100 jarige neerslagreeks. Maximale waterstand na doorrekening van de 40 gebeurtenissen is representatief gehouden voor herhalingstijd van 1:100 jaar.
Schaalniveau:	Deel van het stedelijk gebied van Bergen op Zoom dat afwaart op de rivier de Zoom.
Adviesbureau:	Tauw
Klimaatverandering:	Ja, middenscenario
Kalibratie model:	Ja, het model is gekalibreerd op de afvoer van de rivier de Zoom
Controle toetsing uitgevoerd:	Nee, de resultaten zijn wel in de projectgroep met gemeente en waterschap besproken maar er zijn verder geen gebiedsdeskundigen geraadpleegd.
Maatregelen:	Er bestaan plannen voor maatregelen in het bovenstrooms gebied, waardoor een peilverlaging in de rivier de Zoom mogelijk is. Met het model is geanalyseerd hoeveel peilverlaging in de Zoom nodig is om te voldoen aan de stedelijke wateropgave. Hierin zijn de afkoppelplannen in Bergen op Zoom meegenomen.
Kosten/baten analyse:	Nee
Opmerkingen:	Voorafgaand aan het project was reeds een rioleringsmodel van het stedelijk gebied opgesteld. Het oppervlaktewatersysteem van Bergen op Zoom is vrij eenvoudig (één rivier de Zoom). De gegevensverzameling verliep hierdoor relatief eenvoudig.

FACTSHEET BERKEL ENSCHOT

Vraagstelling/aanleiding:	Het waterschap en de gemeente willen de stedelijke wateropgave voor heel Tilburg in beeld brengen, Berkel Enschoot is als pilot project uitgevoerd. Er is een discussiegroep van waterschap de Dommel en waterschap Brabantse Delta ingericht om te bepalen welke analysemethode het beste gebruik kan worden om de stedelijke wateropgave te bepalen.
Bestaand/nieuw gebied:	Bestaand gebied
Criteria:	<i>NBW-norm</i> : geen inundatie bij herhalingsdijktijd 1:100 jaar
Analyse:	Er is veel discussie over de analysemethode geweest. Uiteindelijk is gekozen voor de stochastenmethode van waterschap Brabantse Delta. Momenteel zijn de 1e testberekeningen gedaan. Er is getoetst op maaiveldhoogte (inundatie), erfgrans en drempelniveau (overlast). De discussie over de toetsingscriteria zal in een vervolgstadium worden gevoerd.
Schaalniveau:	kern Berkel Enschoot
Adviesbureau:	Van Kleef
Klimaatverandering:	Evt. in vervolgtraject
Kalibratie model:	Evt. in vervolgtraject
Controle toetsing uitgevoerd:	Evt. in vervolgtraject
Maatregelen:	Evt. in vervolgtraject
Kosten/baten analyse:	Evt. in vervolgtraject

FACTSHEET BEST

Vraagstelling/aanleiding:	In Best is een nieuwbouwwijk ontwikkeld. De vraag is hoe het rioleringsstelsel ontworpen dient te worden zodat deze ook onder extreme omstandigheden niet zorgt voor peilverhoging van het buitenwater.
Bestaand/nieuw gebied:	Nieuw gebied
Criteria:	<i>NBW-norm</i> : geen inundatie bij herhalingstijd van 1:100 jaar Water op straat: beperken wateroverlast op straat bij herhalingstijd van 1:100 jaar
Analyse:	Rioleringsmodel (strengenmodel infroworks), randvoorwaarden oppervlaktewater uit oppervlaktewatermodel van het waterschap. Het rioleringsmodel is met bui 06 (T=1) doorgerekend met als buitenwaterstand T=100 situatie. Dit is representatief gehouden voor een herhalingstijd van T=100. Inundatiehoogte: 0% maaiveld (op basis van AHN). Water op straat: erfgrens (10 cm boven straatpeil) en drempelhoogte (20 cm boven straatpeil), er is rekening gehouden met verschillende straatbreedtes.
Schaalniveau:	Nieuwbouwwijk Best
Adviesbureau:	Van Kleef
Klimaatverandering:	Voor de randvoorwaarden uit het oppervlaktewater: midden-scenario
Kalibratie model:	-
Controle toetsing uitgevoerd:	-
Maatregelen:	Concrete aanbevelingen voor het ontwerp van het rioleringsstelsel
Kosten/baten analyse:	-
Opmerkingen:	-

FACTSHEET BOXTEL

Vraagstelling/aanleiding:	De gemeente Boxtel heeft voor de kern Boxtel inbreidingsplannen. Hierbij is de eis dat bij een T=100 situatie geen wateroverlast in het inbreidingsgebied mag optreden. Tevens mag niet worden afgewenteld op het ontvangend gebied.
Bestaand/nieuw gebied:	Nieuw gebied
Criteria:	Voldoende berging bij herhalingstijd van T=100
Analyse:	<p>De analyse is uitgevoerd met een GIS applicatie. Met de applicatie zijn de maaiveldhoogtes van de bestaande situatie bepaald, evenals het oppervlakte open water (o.a. bergingsvijvers).</p> <p>De T=100 situatie is met een regenduurlijn doorgerekend evenals bui 06. Hieruit zijn de maximale volumes berging bepaald. De bijbehorende maximale waterstand is met de GIS applicatie berekend. De consequenties voor het gebied zijn afgeleid.</p>
Schaalniveau:	Inbreidingsgebied van kern Boxtel
Adviesbureau:	Van Kleef
Klimaatverandering:	Niet meegenomen. Bij het waterschap is wel discussie hoe dit zou moeten.
Kalibratie model:	-
Controle toetsing uitgevoerd:	De resultaten zijn met waterschap en gemeenten kortgesloten. De resultaten komen overeen met de verwachting.
Maatregelen:	Er zijn maatregelen opgesteld, vooral in relatie tot de water-toets (minimale oppervlak open water voor compensatie).
Kosten/baten analyse:	-

FACTSHEET DORDRECHT

Vraagstelling/aanleiding:	De gemeente Dordrecht wilde weten welke wateropgave er in de kern Dordrecht ligt zodat voldaan wordt aan de NBW norm.
Bestaand/nieuw gebied:	Bestaand gebied
Criteria:	<i>NBW-norm</i> : geen inundatie bij herhalingstijd van 1:100 <i>Aanvullend criterium</i> : afgeleid tijdens project
Analyse:	Gekoppeld riolerings- en opp.water model (Sobek SF & CF) Het model is doorgerekend met een selectie van 40 gebeurtenissen uit de 100 jarige neerslagreeks. De maximale waterstand na doorrekening van de 40 gebeurtenissen is representatief gehouden voor herhalingstijd van 1:100 jaar.
Schaalniveau:	Bebouwd gebied van Dordrecht
Adviesbureau:	Tauw
Klimaatverandering:	Ja, middenscenario
Kalibratie model:	Ja, op basis van metingen in het oppervlaktewater en enkele metingen in het rioleringsmodel
Controle toetsing uitgevoerd:	Nee, vooraf waren weinig wateroverlast situaties bekend
Maatregelen:	Er is een maatregelenpakket opgesteld dat met het model is doorgerekend.
Kosten/baten analyse:	Nee, de doelstelling was om te voldoen aan de normen. De maatregelen zijn opgenomen in het waterplan Dordrecht. De meeste maatregelen zijn uitgevoerd door te combineren met andere projecten. Er ligt nog een kleine opgave, deze wordt ingericht met innovatieve oplossingen zoals waterdaken en groene daken.

Opmerkingen:

Het heeft veel tijd en inspanning gekost om de gegevens voor het model compleet te krijgen. Extra metingen waren nodig om het oppervlak verharding in te schatten.

Met het model is de huidige situatie doorgerekend, bij nieuwe ontwikkelingen wordt de wertoets ingezet.

De gemeente heeft in de huidige situatie weinig problemen met wateroverlast. De gemeente voert de maatregelen uit met als doel om ook in de toekomst problemen te voorkomen.

FACTSHEET GRP+ EINDHOVEN

Vraagstelling/Aanleiding:	De gemeente en het waterschap wilden weten hoe kon worden voorkomen dat hinder van water op straat optreedt. En hoe tevens voldaan kan worden aan de NBW norm.
Bestaand/nieuw gebied:	Bestaand gebied
Criteria:	<i>NBW-norm</i> : geen inundatie bij herhalingstijd van 1:100 Water op straat: <15 cm water op straat gedurende max. 35 minuten (bij herhalingstijd van 1:2 jaar)
Analyse:	Gekoppeld riolerings- en oppervlaktewatermodel (SF & CF) Bui 8 is representatief gehouden voor een herhalingstijd van 1:2 jaar. Stochastenmethode is doorgerekend, waarna op basis van de modelresultaten de maatgevende bui is geselecteerd voor een herhalingstijd van 1:100 jaar. Er zijn twee maatgevende buien geselecteerd: één voor de huidige en één voor de toekomstige situatie.
Adviesbureau:	Nelen & Schuurmans
Klimaatverandering:	Middenscenario 2050
Kalibratie model:	-
Controle toetsing uitgevoerd:	Ja, modelresultaten zijn getoetst aan een beheerdersoordeel. Enkele berekende knelpunten waren niet in de praktijk bekend. Voor deze knelpunten is monitoring opgezet om te onderzoeken of de berekende knelpunten in de praktijk ook voorkomen.
Maatregelen:	Voor alle knelpunten, die ook in de praktijk bekend zijn, zijn maatregelen opgesteld. De maatregelen zijn doorgerekend met het model en het resultaat is getoetst aan criteria.
Kosten/baten analyse:	Bij het opstellen van maatregelen is rekening gehouden met de kosten van de maatregelen. Alleen kosteneffectieve maatregelen zijn met het model doorgerekend.

Opmerkingen:

Voorafgaand aan het project waren knelpunten uit de praktijk bekend, evenals hun mogelijke mechanismen van falen. Dit heeft de keuze voor de analysemethode (gekoppeld riolerings- en oppervlaktewatermodel) bepaald. Er is, voorafgaand aan de modelanalyses, een bewuste keuze gemaakt over de criteria waaraan getoetst is.

Er waren voldoende gegevens beschikbaar om de analyses uit te voeren. Wel is tijdens de studie zeer veel aandacht besteed aan het opsporen van fouten en onvolkomenheden in de basisgegevensbestanden. Het model is in een vervolgetraject verder gevalideerd met meetgegevens. Bij het bepalen van de stedelijke wateropgave in Eindhoven is ook de waterkwaliteit meegenomen (piek en jaaremissie, KAM score en Teworscore).

FACTSHEET GORINCHEM

Vraagstelling/aanleiding:	De stedelijke wateropgave is bepaald in het kader van het waterplan, vooraf bestond de indruk dat het watersysteem van Gorinchem niet op orde was.
Bestaand/nieuw gebied:	Bestaand gebied
Criteria:	<i>NBW-norm</i> : geen inundatie bij herhalingsstijd van 1:100 jaar <i>Afvoercriterium</i> : Maximale afvoercapaciteit bij herhalingsstijd van 1:10 jaar
Analyse:	Bakjesmodel van de riolering en strengenmodel van het oppervlaktewater. Er is gerekend met de regenduurlijn van de bui bij T=100 en bij T=10.
Schaalniveau:	Stedelijk gebied van Gorinchem
Adviesbureau:	Witteveen & Bos
Klimaatverandering:	Midden scenario
Kalibratie model:	-
Controle toetsing uitgevoerd:	Ja, modelresultaten zijn getoetst aan een beheerdersoordeel (binnen subprojectgroep waterplan).
Maatregelen:	Er zijn maatregelen opgesteld (vooral bergingsvergroting). Deze maatregelen zijn met het model doorgerekend.
Kosten/baten analyse:	Nee, alle maatregelen zijn in het waterplan opgenomen
Opmerkingen:	De gegevens waren goed op orde en compleet, alleen waren enkele profielen nog niet ingemeten.

FACTSHEET WATERPLAN GROESBEEK

Vraagstelling/Aanleiding:	De gemeente en het waterschap wilden weten hoe de knelpunten binnen de gemeente Groesbeek, die vanuit de praktijk bekend zijn, opgelost kunnen worden.
Bestaand/nieuw gebied:	Bestaand gebied
Criteria:	<p>Hydraulische knelpunten: maximale opstuwingshoogte, maximale stroomsnelheid en maximale waterstandstijging bij maatgevende afvoer, bij een regenduurlijn met herhalingsduur 1:10 en 1:100 jaar.</p> <p><i>Afvoercriterium:</i> maximale afvoercapaciteit bij regenduurlijn met herhalingsduur 1:50 jaar (voor bepaling NBW wateropgave)</p>
Analyse:	<p>Oppervlaktewatermodel RR/CF</p> <p>Als maatgevende afvoer is 13 mm/dag gebruikt.</p> <p>De volgende regenduurlijnen worden representatief geacht voor respectievelijk herhalingsduur 1:10, 1:100 en 1:50 jaar: zomer T=10+10% bui, zomer T=100+10% bui en de T=100+10% Linge-bui, en T=50+10%,</p> <p>Toetswaarden zijn: <5 mm opstuwingshoogte, < 0,5 m/s stroomsnelheid, geen inundatie (putdekselhoogte of drooglegging <70 cm), < 2,5 m³/s afvoer</p>
Schaalniveau:	Gemeente Groesbeek
Adviesbureau:	Nelen & Schuurmans
Klimaatverandering:	Nee
Kalibratie model:	Ja, op het debiet bij afvoerstuw
Controle toetsing uitgevoerd:	Ja, modelresultaten zijn getoetst aan een beheerdersoordeel
Maatregelen:	Voor alle knelpunten die uit de modelanalyses naar voren zijn gekomen, zijn maatregelen opgesteld. De maatregelen zijn doorgerekend met het model. Het modelresultaat is getoetst aan de criteria.
Kosten/baten analyse:	Niet meegenomen
Opmerkingen:	Vooraf is nagedacht over mogelijke oorzaken van de bekende knelpunten. Dit heeft de modelkeuze bepaald. Niet alleen een RR model, maar ook een waterlopenmodel (CF) is opgesteld om hydraulische knelpunten te kunnen berekenen.
	Bij het bepalen van de stedelijke wateropgave in Groesbeek is ook de waterkwaliteit meegenomen (analyse monitoringgegevens, bronnenanalyse).

FACTSHEET PROJECT HET ZUIDERPARK (ROTTERDAM)

Vraagstelling:	In het kader van het Waterkwaliteitspoor is het watersysteem van Rotterdam-Zuid ook kwantitatief doorgerekend. Hieruit bleek dat het watersysteem in Rotterdam niet voldeed aan de wateropgave. Daarbij speelt dat het waterschap het beheer van de watergangen over wil nemen van de gemeente. Door lage overstortdrempels stroomt bij hoge waterstanden het water de riolering in en functioneert de riolering als berging voor het oppervlaktewater. Het waterschap wil van deze berging af.
Bestaand/nieuw gebied:	Bestaand gebied
Criteria:	<i>NBW-norm</i> : geen inundatie bij herhalingstijd van 1:100 jaar <i>Aanvullend criterium</i> : maximale peilstijging bij herhalingstijd van 1:10 jaar <i>Afvoercriterium</i> : maximale afvoer bij een herhalingstijd van 1:10 jaar
Analyse:	Gekoppeld oppervlaktewatermodel (strengenmodel) en rioleeringsmodel (bakjesmodel), de instroom vanuit het landelijke gebied is als een theoretische aanvoer in het model opgenomen. Het model is met een 100-jarige neerslagreeks doorgerekend, waarna een waterstand-kansengrafiek is opgezet. Inundatiehoogte is bepaald met de AHN (0% maaiveld)
Schaalniveau:	Al het oppervlaktewater in Rotterdam-Zuid
Adviesbureau:	DHV
Klimaatverandering:	Middenscenario
Kalibratie model:	Ja, het model is gekalibreerd en gevalideerd op afvoermetingen en waterstanden.
Controle toetsing uitgevoerd:	Ja, het model is door de waterbeheerder goedgekeurd.
Maatregelen:	Het project heeft geleid tot een concrete maatregel (extra open water). Deze maatregel is met het model doorgerekend.
Kosten/baten analyse:	-

Opmerkingen:

In het Zuiderpark is waterkwaliteit en recreatie een extra aandachtspunt geweest. In het waterplan zijn de “groene wiggen” in het Zuiderpark als speerpunt aangewezen, hier ligt de hoogste ambitie met waterkwaliteit. Door deze hoge ambitie van het water in de “groene wiggen” is toestroom van water uit de naastgelegen vuile singels ongewenst. Bij extreme neerslag kan het water vanuit de vuile singels in de “groene wiggen” stromen. Voldoende waterberging is nodig, zodat de toestroom van vuil water uit de singels naar de “groene wiggen” beperkt blijft tot maximaal 1x per 2 jaar.

FACTSHEET HOEK VAN HOLLAND

Vraagstelling/aanleiding:	In het kader van het stedelijk waterplan wilde de gemeente en het waterschap de stedelijke wateropgave in beeld brengen.
Bestaand/nieuw gebied:	Bestaand gebied
Criteria:	<i>NBW-norm</i> : geen inundatie bij herhalingstijd van 1:100 jaar <i>Aanvullend criterium</i> : geen peilstijging boven laagste overstort-hoogte
Analyse:	Gekoppeld oppervlaktewater/rioleringsmodel (strengenmodel) Reeks van buien (selectie van buien uit de 100 jarige neerslagreeks van het KNMI) met statistische nabewerkingen (waterstand/kansgrafiek).
Schaalniveau:	Stedelijk en landelijk gebied van de gemeente Hoek van Holland
Adviesbureau:	Witteveen & Bos
Klimaatverandering:	Midden scenario, inclusief geplande ruimtelijke ontwikkelingen (uitbreiding verhard gebied) zij meegenomen (2 scenario's)
Kalibratie model:	Ja, er is gekalibreerd op meetgegevens (beperkt mogelijk)
Controle toetsing uitgevoerd:	Beheerdersoordeel uitgevoerd, in comité met maalmachinisten, beheerders etc.
Maatregelen:	Wordt mogelijk in een later stadium uitgevoerd (project loopt nog)
Kosten/baten analyse:	Wordt mogelijk in een later stadium uitgevoerd (project loopt nog)
Opmerkingen:	Het project is gebaseerd op bestaande modellen, hierdoor waren de gegevens voor de modellering vooraf goed op orde.

FACTSHEET PROJECT KERN NIJNSEL (SINT OEDENRODE)

Vraagstelling/aanleiding:	De gemeente wilde nieuwe uitbreidingsplannen gebruiken om te voldoen aan de stedelijke wateropgave.
Bestaand/nieuw gebied:	Nieuw gebied
Criteria:	<i>NBW-norm</i> : geen inundatie bij herhalingstijd van 1:100 jaar Water op straat: beperken wateroverlast op straat bij herhalingstijd van 1:100 jaar
Analyse:	Rioleringsmodel (strengenmodel infroworks), randvoorwaarden oppervlaktewater uit oppervlaktewatermodel van het waterschap Het rioleringsmodel is met bui 06 (T=1) doorgerekend met als buitenwaterstand T=100 situatie. Dit is representatief gehouden voor een herhalingstijd van T=100. Inundatiehoogte is afgeleid uit de AHN (0% maaiveld) Water op straat: erfgrans (10 cm boven straatpeil) en drempelhoogte (20 cm boven straatpeil), er is rekening gehouden met verschillende straatbreedtes.
Schaalniveau:	Kern Nijnsel (bestaand en nieuw stedelijk gebied)
Adviesbureau:	Van Kleef
Klimaatverandering:	Voor de randvoorwaarden uit het oppervlaktewater: midden-scenario
Kalibratie model:	Nee
Controle toetsing uitgevoerd:	Ja, de berekende knelpunten zijn met een klachtenregistratie gecontroleerd (op wijkniveau)
Maatregelen:	Voor de knelpunten zijn maatregelen opgesteld en met het model doorgerekend.
Kosten/baten analyse:	Afweging van de maatregelen wordt door de gemeente gemaakt. De huidige klachten geven geen aanleiding om direct te investeren. De gemeente zal de maatregelen uitvoeren als het te combineren is met andere werkzaamheden ("werk met werk").

Opmerkingen:

Er waren voldoende gegevens voor het rioleringsmodel beschikbaar, voor het oppervlaktewatermodel van het waterschap waren extra aannamen nodig.

Tussen het adviesbureau en het waterschap is in het kader van een ander project discussie gevoerd over de definitie van wateroverlast (wat is aanvaardbaar). Wateroverlast is gedefinieerd als "wanneer water de huizen binnen stroomt". Met de gemeente is deze definitie kortgesloten.

FACTSHEET PROJECT RENGERSWETERING (BUNSCHOTEN)

Vraagstelling:	Het is de ambitie van de gemeente om een nieuwe waterrijke woonwijk Rengerswetering aan te leggen. Deze wijk moet voldoen aan de stedelijke wateropgave. Tevens is gekeken of en hoe de nieuwe wijk kan bijdragen aan de stedelijke wateropgave van het bestaand stedelijke gebied.
Bestaand/nieuw gebied:	Nieuw gebied
Criteria:	<p><i>NBW-norm</i>: geen inundatie bij herhalingstijd van 1:100 jaar</p> <p><i>Aanvullend criterium</i>: geen wateroverlast bij herhalingstijd van 1:10 jaar</p> <p><i>Afvoercriterium</i>: maximale afvoer bij herhalingstijd van 1:10 jaar</p>
Analyse:	<p>Oppervlaktewatermodel (strengenmodel), randvoorwaarden uit de riolering is afkomstig uit een andere studie.</p> <p>Er is gerekend met een bui die is afgeleid voor Vathorst, deze is opgehoogd naar buien met herhalingstijd van T=10 en T=100</p> <p>Toetshoogtes: nvt omdat het nieuw stedelijk gebied betreft.</p>
Schaalniveau:	Nieuwe wijk Rengerswetering (bestaand stedelijk gebied is als randvoorwaarden in het model opgenomen).
Adviesbureau:	DHV
Klimaatverandering:	Middenscenario
Kalibratie model:	-
Controle toetsing uitgevoerd:	Het model is met de beheerders vastgesteld.
Maatregelen:	De maatregel is uitgedrukt in een hoeveelheid extra waterberging.
Kosten/baten analyse:	Nee, dit was niet nodig omdat in de plannen een recreatieplas was opgenomen, waarin ruim voldoende waterberging werd gerealiseerd.
Opmerkingen:	<p>De waterkwaliteit is in dit project ook meegenomen, berekend is wat de invloed van inlaatwater op de kwaliteit van het water in de recreatieplas is.</p> <p>De gegevens waren voor modellering waren vrij goed beschikbaar (het betrof een nieuwe wijk, dus er is veel gewerkt met kentallen uit het ontwerp van de nieuwe wijk).</p>

Tijdens het project is er veel discussie geweest over de scheiding van het water uit het landelijke en stedelijke gebied. De gemeente had als wens om de Rengerswetering bevaarbaar te maken en dus een open verbinding met het buitengebied te realiseren. I.v.m. de waterkwaliteit (vermenging tussen het landelijke water van mindere kwaliteit met het water in het nieuwe stedelijke gebied met hoge waterkwaliteit ambities), maximale afvoer uit het stedelijke gebied en verschil in peil (in de winter), is ervoor gekozen om slechts een klein gedeelte van de Rengerswetering open te maken.

FACTSHEET SANDELINGEN AMBACHT (HENDRIK IDO AMBACHT)

Vraagstelling:	Het waterschap en de gemeente wilden in beeld hebben wat de wateropgave voor Hendrik Ido Ambacht is.
Bestaand/nieuw gebied:	Bestaand gebied
Criteria:	<p><i>NBW-norm</i>: geen inundatie bij een herhalingstijd 1/100 jr.</p> <p><i>Aanvullend criterium</i>: maximale peilstijging bij een herhalings-tijd van 1:10 jaar</p> <p><i>Afvoercriterium</i>: max afvoer bij herhalingstijd van 1:10 jaar</p>
Analyse:	<p>Oppervlaktewatermodel (bakjesmodel), waarbij de afvoer vanuit het stedelijk gebied op basis van het verhard oppervlak is geschat.</p> <p>In een vervolgstap is het oppervlaktewatermodel uitgebreid met een strengenmodel, omdat het bakjesmodel niet exact genoeg was om de locatie voor waterberging aan te wijzen (te grote peilvakken).</p> <p>In een laatste stap is het model verder verfijnd, om te analyseren hoe de beoogde bergingslocatie het beste kan worden ingezet (de bergingslocatie lag geïsoleerd, dit moest opgeheven worden om gebruik te kunnen maken van de bergingslocatie).</p> <p>Zowel het bakjesmodel als het strengenmodel is met een 100-jarige neerslagreeks doorgerekend, waarna een waterstand-kansengrafiek is uitgezet.</p> <p>De inundatiehoogte is afgeleid uit de AHN (0% maaiveld).</p>
Schaalniveau:	Totale bemalingsgebied waarbinnen Hendrik Ido Ambacht valt.
Adviesbureau:	DHV
Klimaatverandering:	Middenscenario, op basis hiervan zijn maatregelen opgesteld. Het maximale klimaatscenario is ook doorgerekend.
Kalibratie model:	Ja, het model is gekalibreerd en gevalideerd op waterstanden en afvoermetingen.
Controle toetsing uitgevoerd:	Het waterschap heeft het model en de resultaten goedgekeurd.
Maatregelen:	Maatregelen zijn opgesteld en met het model doorgerekend.
Kosten/baten analyse:	Nee
Opmerkingen:	De waterbergingsvoorziening wordt gecombineerd met de aanleg van een recreatieplas. In dit kader is ook de waterkwaliteit meegenomen.

FACTSHEET TILBURG

Vraagstelling/aanleiding:	De gemeente Tilburg wil de stedelijke wateropgave in beeld brengen (conform de NBW afspraak).
Bestaand/nieuw gebied:	Bestaand gebied
Criteria:	NBW norm: geen inundatie bij herhalingstijd van 1:100 jaar Water op straat: geen water op straat bij bui 08 in de rioleringsring. Hydraulische knelpunten: geen opstuwning in het watersysteem
Analyse:	Gestart is met een rioleringsmodel (uitgebreid strengenmodel) en een los regionaal oppervlaktewatermodel. Later zijn deze modellen deels gekoppeld. De toetshoogte voor inundatie is uitgedrukt als waterstand boven de erfgrens (aantal cm boven maaiveldhoogte uit het rioleringsmodel). Tijdens het project is er veel discussie geweest over de te gebruiken methode. Gebruik is gemaakt van de stochastische methode. Dit had twee redenen: 1. vanwege de lange rekentijd kon een langjarige neerslagreeks niet worden doorgerekend 2. het waterschap had in eerdere projecten al voor de stochastische methode gekozen
Schaalniveau:	Pilot Vossenbergh, Pilot Berkel Enschoot, in de toekomst Tilburg (aparte modellen en aparte adviseurs)
Adviesbureau:	Arcadis
Klimaatverandering:	Regionale model: wel meegenomen, middenscenario 2050 Rioleringsmodel: nog niet meegenomen, wordt in de toekomst mogelijk gedaan, de manier waarop is nog onbekend.
Kalibratie model:	Oppervlaktewatermodel is wel gekalibreerd. Rioleringsmodel is niet/nauwelijks gekalibreerd vanwege het gebrek aan gegevens.
Controle toetsing uitgevoerd:	De berekende randen voor de riolering zijn aan een beheerdersoordeel onderworpen. Hieruit kwam naar voren dat de berekende waterpeilen aan de rand van het model niet overeen komen met de werkelijkheid. Het model is daarom aangepast. De water op straat locaties zijn kortgesloten met de beheerder die kennis heeft van de riolering.

Maatregelen: De studie had tot doel om de omvang van de wateropgave in beeld te brengen. Dit is uitgedrukt in hoeveelheid water op straat.

Kosten/baten analyse: -

Opmerkingen:

Het was lastig om het modelinstrumentarium compleet te krijgen. Dit kwam o.a. doordat het gebied binnen het beheersgebied van twee waterbeheerders valt (waterschap Brabantse Delta en waterschap de Dommel). Het functioneren van het regionale watersysteem en het rioleringsstelsel is in Tilburg (relatief) goed bekend. De interactie tussen beide deelsystemen is echter nog niet goed in beeld.

FACTSHEET WATERPLAN WERKENDAM

Vraagstelling:	De gemeente wilde weten hoe de kans op wateroverlast tot aanvaardbare proporties kan worden terug gebracht. En hoe met maatschappelijk verantwoorde investeringen voldaan kan worden aan de normen van Waterschap Rivierenland.
Bestaand/nieuw gebied:	Bestaand gebied
Criteria:	<p><i>NBW-norm</i>: geen inundatie bij herhalingstijd van 1:100 jaar</p> <p><i>Aanvullend criterium</i>: geen wateroverlast bij herhalingstijd van 1:10 jaar</p> <p><i>Afvoercriterium</i>: geen toename van de maximale 10-daagse afvoer naar de boezem bij klimaatverandering</p> <p>Hydraulische knelpunten: maximale opstuwning bij maatgevende afvoer.</p>
Analyse:	<p>RR/CF model, waarbij de riolering als bakje is gemodelleerd</p> <p>De volgende regenduurlijnen worden representatief geacht voor respectievelijk herhalingstijd 1:10, 1:100 jaar: zomer T=10+10%, zomer T=100+10%</p> <p>Als maatgevende afvoer is 13 mm/dag gebruikt.</p> <p>Toetswaarden zijn: putdeksel hoogten (inundatie) en overstortdrempels (wateroverlast).</p>
Schaalniveau:	Al het stedelijk water binnen de kernen van de gemeente Werkendam
Adviesbureau:	Nelen & Schuurmans
Klimaatverandering:	Middenscenario
Kalibratie model:	Ja, er is een verificatie uitgevoerd inclusief betrouwbaarheidsanalyse.
Controle toetsing uitgevoerd:	Ja, de modelresultaten zijn getoetst aan een beheerdersoordeel
Maatregelen:	Voor alle knelpunten die uit de modelanalyses naar voren zijn gekomen, zijn maatregelen opgesteld. De maatregelen zijn doorgerekend met de 12 meest maatgevende neerslaggebeurtenissen voor het stedelijk gebied.
Kosten/baten analyse:	Ja, een risicoanalyse is uitgevoerd van alle beschouwde scenario;s.
Opmerkingen:	Bij het bepalen van de stedelijke wateropgave in Werkendam is ook het grondwater/drainage (praktijkervaring) en de waterkwaliteit (bronnenanalyse, Tewor-toets en veldinventarisatie riooloverstorten) meegenomen.