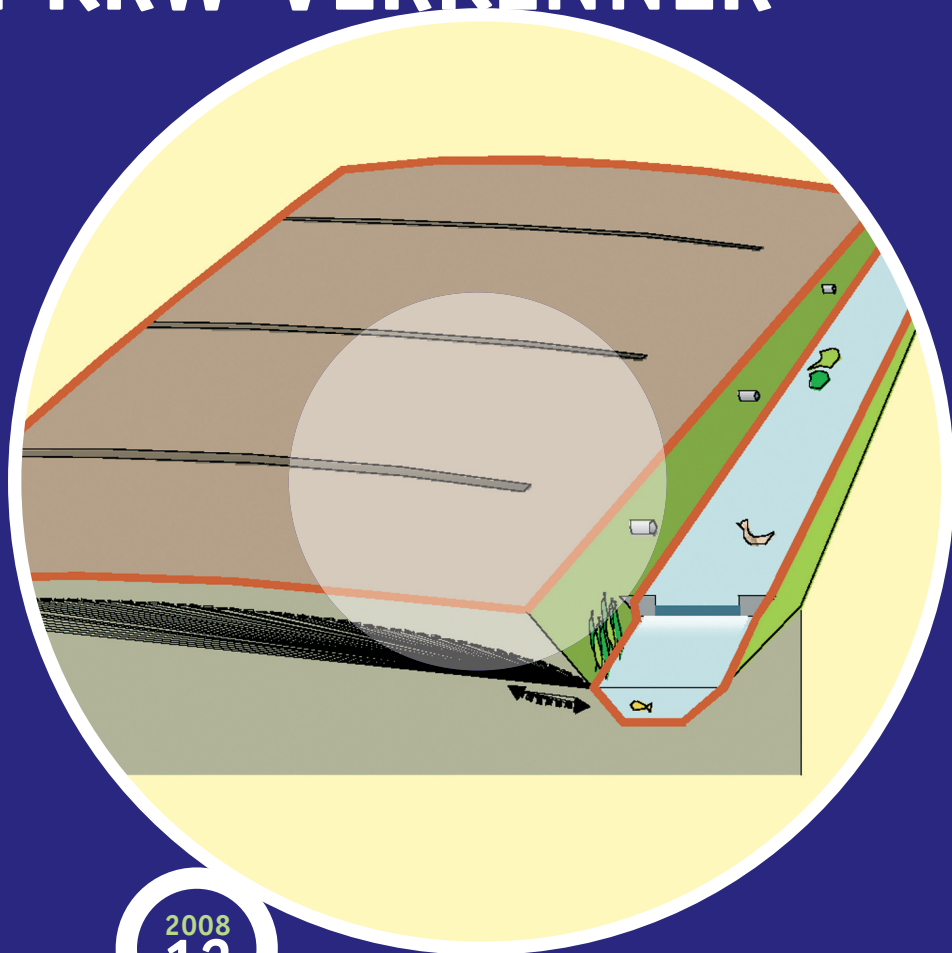


# VERKENNING SAMENWERKINGSVORMEN WATERNOOD EN KRW-VERKENNER



RAPPORT

2008

12

VERKENNING SAMENWERKINGSVORMEN WATERNOOD  
EN KRW-VERKENNER

**RAPPORT**

2008

**12**

ISBN 978.90.5773.407.6



# COLOFON

UITGAVE STOWA, Utrecht 2008

## AUTEURS

drs. J. Delsman (Deltares)  
drs. A. ten Harmsel (Arcadis)

Met medewerking van drs. D. van Driel, drs. M. Boss (beiden Arcadis), Drs. F. Baart  
en ir. J. Icke (beiden Deltares)

## EINDREDACTIE EN PROJECTLEIDING

ir. H.A.M. Hakvoort (Deltares)

## BEGELEIDING DOOR STOWA

ir. M.J.G. Talsma  
ir. J. Rengers

DRUK Kruyt Grafisch Adviesbureau

STOWA STOWA 2008-12  
ISBN 978.90.5773.407.6

*Dit rapport is alleen digitaal beschikbaar.*

# SAMENVATTING

Maatregelen die in het kader van de beleidsvelden Waterlood / GGOR en de Kaderrichtlijn Water worden genomen werken in op één en hetzelfde watersysteem. Beide beleidsvelden beïnvloeden elkaar dan ook, zodat het belangrijk is dat eventuele effecten op het andere beleidsveld inzichtelijk worden gemaakt. De instrumenten Waterlood en KRW-Verkenner zijn gescheiden van elkaar ontwikkeld. Samenwerking tussen de instrumenten zou kunnen helpen over het eigen beleidsveld heen te kijken. Dit rapport verkent de mogelijkheden daartoe.

Een inhoudelijke vergelijking van de instrumenten Waterlood en KRW-Verkenner laat zien dat de huidige instrumenten geen overlap kennen in functionaliteit, de systeemgrenzen overlappen niet. Met vorige versies van het Waterlood-instrumentarium lag dit anders. De modules waterkwaliteit en aquatische natuur vertonen overlap met de KRW-Verkenner.

Op basis van de inhoudelijke vergelijking zijn verschillende varianten gedefinieerd waarin de instrumenten KRW-Verkenner en Waterlood beter samen zouden kunnen werken. De varianten zijn inhoudelijk beschreven en vervolgens technisch kort uitgewerkt. De varianten lopen in meerwaarde, maar ook in complexiteit op van het uitwisselen van eindresultaten, tot een toekomstvisie op verkennende instrumenten (zoals Waterlood en de KRW-Verkenner) in relatie tot integrale detailmodellering.

Aanbevolen wordt de meerwaarde van samenwerking tussen de instrumenten zichtbaar te maken in een pilotstudie, waarin de beleidsvelden Waterlood / GGOR en de KRW integraal worden beschouwd. De varianten kunnen zo in een praktijksituatie worden vergeleken, voordat aanpassingen aan de instrumenten benodigd zijn.

# 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](mailto:stowa@stowa.nl).

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

# VERKENNING SAMENWERKINGSVORMEN WATERNOOD EN KRW-VERKENNER

## INHOUD

	SAMENVATTING	
	STOWA IN HET KORT	
<b>1</b>	<b>INLEIDING</b>	<b>1</b>
	1.1 Aanleiding	1
	1.2 Doel	1
	1.3 Leeswijzer	2
<b>2</b>	<b>OMSCHRIJVING INSTRUMENTEN WATERNOOD EN KRW-VERKENNER</b>	<b>3</b>
	2.1 Waternood Instrumentarium	3
	2.1.1 Waternood / GGOR	4
	2.1.2 Het Waternood instrumentarium	5
	2.1.3 Aandachtspunten vanuit de relatie met de KRW-verkenner	7
	2.2 KRW-Verkenner	9
	2.2.1 Europese Kaderrichtlijn Water	9
	2.2.2 De KRW-Verkenner	11

<b>3</b>	<b>SAMENHANG TUSSEN WATERNOOD INSTRUMENTARIUM EN DE KRW-VERKENNER</b>	<b>13</b>
<b>3.1</b>	Inleiding	13
<b>3.2</b>	Relatie tussen de beleidsvelden: maatregelen	14
3.2.1	KRW-Verkenner	15
3.2.2	Waternood instrumentarium	16
<b>3.3</b>	Inhoudelijke overlap in de instrumenten	16
3.3.1	Module Waterkwaliteit (niet beschikbaar in WI 2007)	16
3.3.2	Module aquatische natuur (niet beschikbaar in WI 2007)	17
3.2.3	Module relatie grond- oppervlaktewater (niet in WI 2007 beschikbaar)	17
<b>4</b>	<b>MOGELIJKE KOPPELINGSVARIANTEN</b>	<b>18</b>
<b>4.1</b>	Inleiding	18
<b>4.2</b>	Variant 0	18
<b>4.3</b>	Variant 0+: 'Gezamenlijke schil'	18
<b>4.4</b>	Variant 1: 'Uitwisselen Beoordelingskader'	18
<b>4.5</b>	Variant 2: 'Uitwisseling Beoordelingskader én Tussenresultaten'	19
<b>4.6</b>	Variant 3: 'Toolbox Integraal Waterbeheer'	21
<b>5</b>	<b>TECHNISCHE UITWERKING KOPPELINGSVARIANTEN</b>	<b>23</b>
<b>5.1</b>	Karakteristieken KRW Verkenner en Waternood 2007	23
<b>5.2</b>	Beschrijving architectuur	23
<b>5.3</b>	Technische uitwerking per variant	24
5.3.1	Variant 0+: 'Gezamenlijke schil'	24
5.3.2	Variant 1: 'Uitwisselen Beoordelingskader'	24
5.3.3	Variant 2: 'Uitwisseling Beoordelingskader én Tussenresultaten'	24
5.3.4	Variant 3: 'Toolbox Integraal Waterbeheer'	24
<b>6</b>	<b>KOSTENSCHATTING IMPLEMENTATIE KOPPELINGSVARIANTEN</b>	<b>26</b>
<b>7</b>	<b>CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN</b>	<b>27</b>
<b>7.1</b>	Conclusies	27
<b>7.2</b>	Aanbevelingen	28
<b>8</b>	<b>LITERATUUR</b>	<b>30</b>

# 1

## INLEIDING

### 1.1 AANLEIDING

De Waternoodsystematiek, het WATERsysteemgericht Normeren, Ontwerpen en Dimensioneren, heeft als doel door middel van het ontwerp en beheer van het oppervlaktewatersysteem het grondwaterregime zo optimaal mogelijk af te stemmen op de verschillende functies die het bedient (STOWA, 2002). In de Waternoodsystematiek wordt toegewerkt naar het GGOR, het Gewenste Grond- en Oppervlaktewater Regime. Het Waternood instrumentarium is ontwikkeld om te ondersteunen bij het volgen van de Waternoodsystematiek.

De Kaderrichtlijn Water is een Europese richtlijn, die voorschrijft dat de lidstaten moeten zorgen voor ecologisch gezonde watersystemen. In Nederland geldt over het algemeen dat de ecologische kwaliteit van oppervlaktewateren tot hun 'Maximaal Ecologisch Potentieel' moet worden gebracht. Dit MEP is een afweging tussen de idealiter mogelijke ecologische kwaliteit in een waterloop en de maatschappelijke kosten die hiermee gepaard gaan. De KRW-Verkenner ondersteunt bij het afwegen van maatregelen om de door de Kaderrichtlijn Water gestelde doelen te bereiken.

Het Waternoodinstrumentarium en de KRW-Verkenner zijn los van elkaar ontwikkeld en er is geen interactie (-mogelijkheid) tussen beide instrumenten. Doordat beide beleidsvelden hetzelfde fysieke systeem (willen) beïnvloeden bestaat er tussen de beleidsvelden onderling wel een relatie. Verschillende maatregelen die in het kader van Waternood worden genomen hebben invloed op de doelen van de KRW en omgekeerd. Denk bijvoorbeeld aan de relatie tussen het grondwaterregime, de daarvan afhankelijke uitspoeling van nutriënten en uiteindelijk de (ecologische) waterkwaliteit in het oppervlaktewater.

Het is van belang dat effecten van maatregelen op verschillende beleidsdoelen in samenhang worden afgewogen. Dit kan mogelijk worden gefaciliteerd door een betere samenwerking tussen de instrumenten Waternood en de KRW-Verkenner. Wellicht is er daarnaast sprake van inhoudelijke overlap en kunnen de instrumenten de betere elementen van elkaar overnemen.

### 1.2 DOEL

De STOWA heeft de ontwikkelaars van de instrumenten Waternood en KRW-Verkenner, respectievelijk Arcadis en Deltares (voorheen WL | Delft Hydraulics), gevraagd een vooronderzoek te doen naar mogelijke samenwerkingsvormen tussen de beide instrumenten. Dit rapport beschrijft de resultaten van dit vooronderzoek.

Het vooronderzoek is hoofdzakelijk uitgevoerd door drs. J. Delsman (Deltares) en drs. A. ten Harmsel (Arcadis), met medewerking van drs. D. van Driel, drs. M. Boss (beiden Arcadis), Drs. F. Baart en ir. J. Icke (beiden Deltares). Ir. H.A.M. Hakvoort (Deltares) verzorgde de projectleiding en eindredactie.



### 1.3 LEESWIJZER

In het onderzoek wordt eerst een beschrijving gegeven van de beide instrumenten en de beleidsdoelen waarvoor de instrumenten zijn ontwikkeld (Hoofdstuk 2). Vervolgens wordt in hoofdstuk 3 de vraag beantwoord of en hoe de instrumenten elkaar inhoudelijk kunnen versterken. Ook wordt gekeken of er sprake is van inhoudelijke overlap. Uit de inhoudelijke analyse worden enkele mogelijke ontwikkelrichtingen gedefinieerd (Hoofdstuk 4). Deze worden onderzocht op hun technische haalbaarheid (Hoofdstuk 5) en er wordt in hoofdstuk 6 een schatting gegeven van de kosten die de oplossingsrichtingen met zich meebrengen. Tenslotte bevat Hoofdstuk 7 de conclusies en aanbevelingen.

# 2

## OMSCHRIJVING INSTRUMENTEN WATERNOOD EN KRW-VERKENNER

### 2.1 WATERNOOD INSTRUMENTARIUM

De waterhuishouding van het landelijk gebied in Nederland is ontworpen en ingericht met behulp van normen die in het Cultuurtechnisch Vademecum opgenomen zijn. In de loop der jaren ontstond er behoefte aan een meer integrale, systeemgerichte benadering hiervan. In de jaren '90 van de vorige eeuw is door een werkgroep van de Dienst Landelijk Gebied en de Unie van Waterschappen de methode Waternood geïntroduceerd ("Grondwater als leidraad voor het oppervlaktewater", 1998). Waternood staat voor WATERsysteemgericht NORmeren, Ontwerpen en Dimensioneren. Het betreft een integrale, watersysteemgerichte benadering. Dit in tegenstelling tot de oude, meer sectorale insteek.

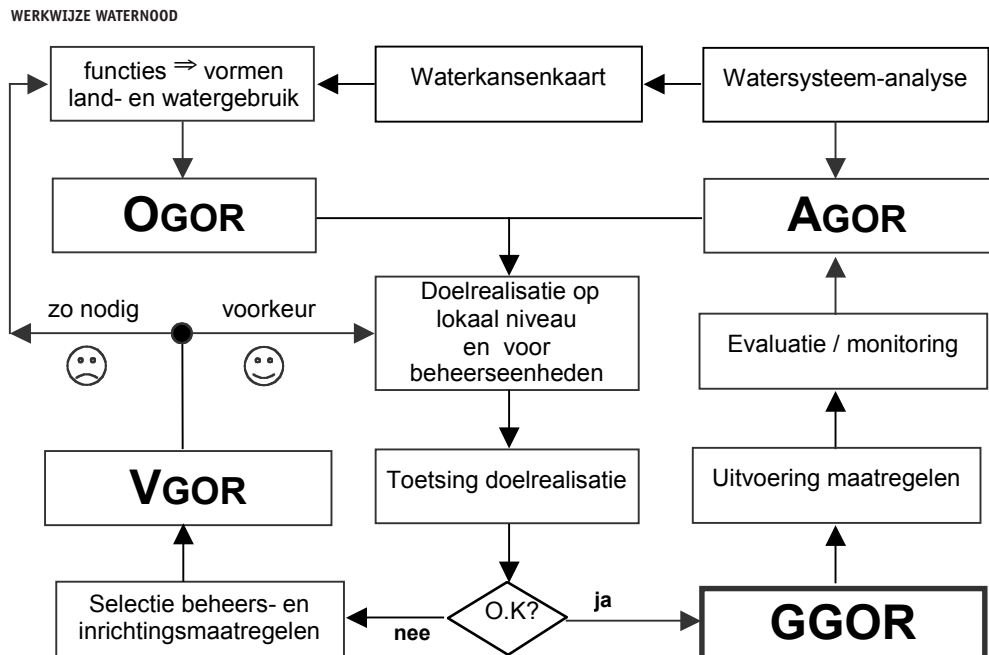
Om de toepassing van de Waternood systematiek te bevorderen, is STOWA in 1999 gestart met het Onderzoeksprogramma Waternood. Op grond van vragen in het veld zijn verschillende deelonderzoeken uitgevoerd. Daarnaast is het Waternood Instrumentarium (WI) ontwikkeld: een GIS-instrumentarium (Arcview) dat gebruikers door de Waternood Systematiek heen leidt en de kennis van de verschillende deelonderzoeken ontsluit. Versie 1.0 van het Waternood Instrumentarium is in 2002 verschenen. Het WI wordt gratis ter beschikking gesteld door STOWA. Na registratie hebben de gebruikers recht op gratis ondersteuning door de helpdesk.

Over het algemeen zijn het de specialisten en inhoudelijk deskundigen binnen organisaties die gebruik maken van het Waternood Instrumentarium. Enige kennis van zowel de inhoud als de techniek is nodig om het WI toe te kunnen passen. Er zijn per organisatie enkele (2 à 3) gebruikers die het WI met enige regelmaat toepassen. In veel gevallen zijn het de adviesbureaus die het WI toepassen en niet de waterschappen. Ongeveer 45% van de geregistreerde gebruikers zijn medewerkers van adviesbureaus. De overige 55% zijn gebruikers van waterschappen en provincies. De meldingen bij de helpdesk zijn voornamelijk (ca. 75%) afkomstig van de adviesbureaus. Uit een onderzoek dat is uitgevoerd in opdracht van de STOWA (STOWA, 2006) ter voorbereiding van de ontwikkeling van het huidige Waternood instrumentarium (Waternood 2007) is gebleken dat het WI voornamelijk wordt gebruikt voor het berekenen van doelrealisaties Landbouw, Terrestische Natuur en Stedelijk Gebied. Het huidige WI is functioneel beperkter van opzet dan versie 1.0.

### 2.1.1 WATERNOOD / GGOR

De werkwijze volgens Waternood is samengevat in onderstaand schema.

FIGUUR 1



Uitgangspunt is een watersysteemanalyse, die uitdrukkelijk betrekking heeft op waterkwantiteit én -kwaliteit. Op basis van de watersysteemanalyse wordt het actuele grond- en oppervlaktewaterregime (AGOR) vastgelegd. De functies bepalen wat overal het optimale, dat wil zeggen geheel op deze functies afgestemde, grond- en oppervlaktewaterregime is. Toepassing van de Waternoodmethodiek vereist dat de relatie bekend is tussen de mate waarin een functie tot zijn recht komt (= 'doelrealisatie') en de hydrologische omstandigheden. Toepassing van deze relatie bij het vergelijken van OGOR met AGOR maakt inzichtelijk hoe goed in de actuele situatie een functie 'presteert'.

Als aan één of meerdere criteria niet wordt voldaan zal in eerste instantie met het ontwikkelen van beheers- en inrichtingsmaatregelen worden geprobeerd de doelrealisaties alsnog aan de criteria te laten voldoen. De pakketten onderzochte maatregelen leveren steeds een verwacht grond- en oppervlaktewaterregime (VGOR) die wordt vertaald in een doelrealisatie. Bij het selecteren van maatregelen vormen de kosten en de kosteneffectiviteit ervan belangrijke randvoorwaarden en ook deze kennen een belangrijke bestuurlijke component. Lukt het niet om het proces tot tevredenheid af te ronden, dan is er sprake van te scherp geformuleerde criteria of van een discrepantie tussen ruimtelijke ordening en de eigenschappen van het hydrologisch systeem. Dit kan betekenen dat criteria en/of de ruimtelijke ordening moeten worden aangepast, waarna het proces opnieuw wordt doorlopen.

Uiteindelijk mondt een en ander uit in een set beheers- en inrichtingsmaatregelen die leidt tot een grond- en oppervlaktewaterregime waarmee aan alle criteria wordt voldaan. Dit regime is gedefinieerd als het gewenst grond- en oppervlaktewaterregime (GGOR). Als het GGOR is vastgesteld kunnen de maatregelen om deze te realiseren worden uitgevoerd. Hierna is het zaak om via een adequaat monitoringsprogramma in de gaten te houden of het systeem op orde is en blijft. Als dit niet zo is, start de cyclus opnieuw.



Tot en met 2006 zijn enkele updates verschenen. De updates betroffen verbetering van de werking, geactualiseerde kennis en gegevens en een nieuwe module OGOR.

#### Versie 2007

Naar aanleiding van het verschijnen van ArcGis (en het afbouwen van ArcView) is in 2006 een verkenning uitgevoerd van de toekomst van het Waterlood Instrumentarium. Onderdeel hiervan was ook een gebruikersevaluatie. In de praktijk is gebleken dat de gebruikers vooral de doelrealisatie modules toepasten. Op grond hiervan is Waterlood 2007 verschenen.

In Waterlood 2007 zijn een aantal belangrijke veranderingen aangebracht ten opzichte van de vorige versie. De duidelijkste veranderingen betreffen de architectuur en "look and feel" van de applicatie, maar in de wijze van berekenen zijn er ook een aantal belangrijke dingen veranderd die behoorlijk grote gevolgen kunnen hebben.

#### 1. Technische veranderingen:

- Waterlood 2007 draait als knoppenbalk onder ArcGIS 9.1 en 9.2.
- Waterlood 2007 is ontwikkeld in VB.Net.

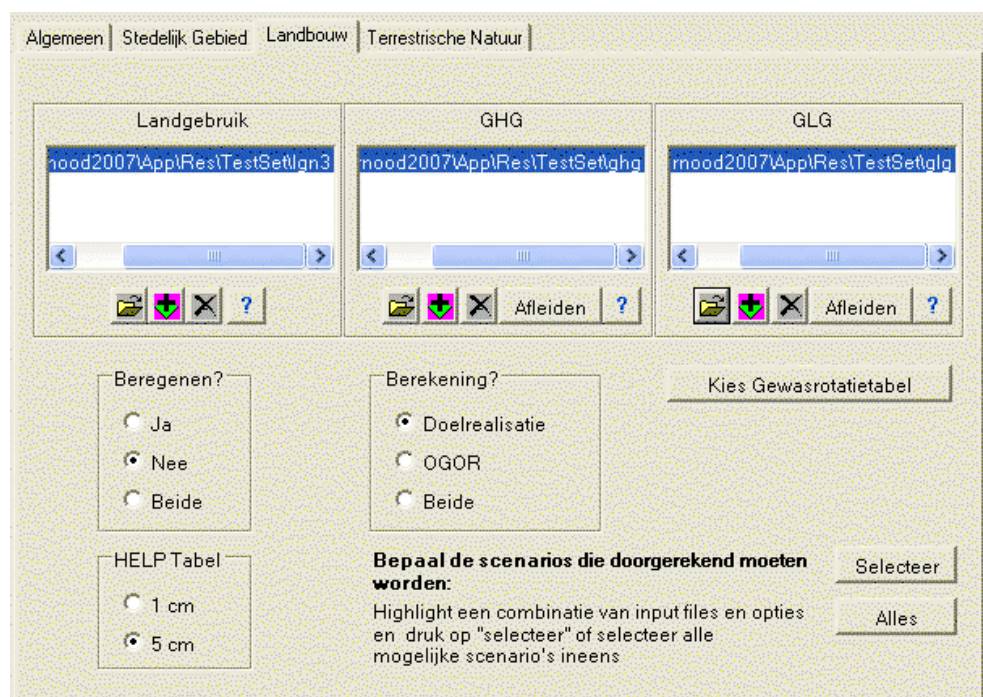
#### 2. Functionaliteit

De functionaliteit van Waterlood is grondig herzien. Er is functionaliteit verwijderd en andere functionaliteit is uitgediept. Omdat Waterlood 2007 vooral ingezet zal worden voor berekening van doelrealisatie zijn de volgende modules verdwenen:

- de knelpunten analyse module
- de waterkwaliteit module
- de functie afweging module
- de module "relatie grond en oppervlaktewater"
- de meetnet module

FIGUUR 3

SCHEM VAN WATERNOOD INSTRUMENTARIUM 2007



Toegevoegd is onder meer de ingangscntrole module die de invoerbestanden beoordeelt voordat ze gebruikt worden voor berekeningen. Berekeningen van doelrealisatie is in principe niet gewijzigd, met uitzondering van hieronder genoemde opmerkingen.

TABEL 1

## ASPECTEN VAN HET WATERNOOD- INSTRUMENTARIUM

Omgeving	Waterlood 2007 draait onder ArcGIS 9.1 en ArcGIS 9.2.
Structuur	Waterlood 2007 is opgebouwd uit projecten waaronder meerdere scenario's tegelijkertijd gedefinieerd en doorgerekend kunnen worden.
Invoer en Definitie	Waterlood 2007 bevat een invoer en definitie module waarin de scenario's op basis van een aantal invoerbestanden en andere parameters samengesteld kunnen worden.
Ingangscntrole	In Waterlood 2007 wordt voordat de berekeningen plaatsvinden gecontroleerd of de invoerbestanden voldoen aan technische en inhoudelijke criteria.
Schematiseren	In Waterlood 2007 is het mogelijk om de berekeningen na de schematiseer fase af te breken. Geschematiseerde invoerbestanden kunnen dan gebruikt worden bij het extern aanroepen van het rekenhart.
Rekenhart	Het rekenhart verwacht als invoerbestanden ASCII Grids en levert dit bestandstype ook als resultaat. Het rekenhart is ook aan te roepen zonder ArcGIS door gebruik te maken van de Command Line Interface.
Visualisatie	De invoerkaarten en de resultaten kunnen in ArcGIS getoond worden.
Help	De applicatie bevat een help omgeving zoals de gebruiker gewend is van een Microsoft Windows applicatie. De help omgeving omvat een inhoudsopgave, een zoekfunctie en een index.

Op dit moment wordt er in opdracht van de STOWA gewerkt aan nieuwe functionaliteit voor het berekenen van doelrealisaties en OGOR voor complexe natuurdoel typen. De verwachting is dat deze functionaliteit in eind 2008/begin 2009 beschikbaar is.

### 2.1.3 AANDACHTSPUNTEN VANUIT DE RELATIE MET DE KRW-VERKENNER

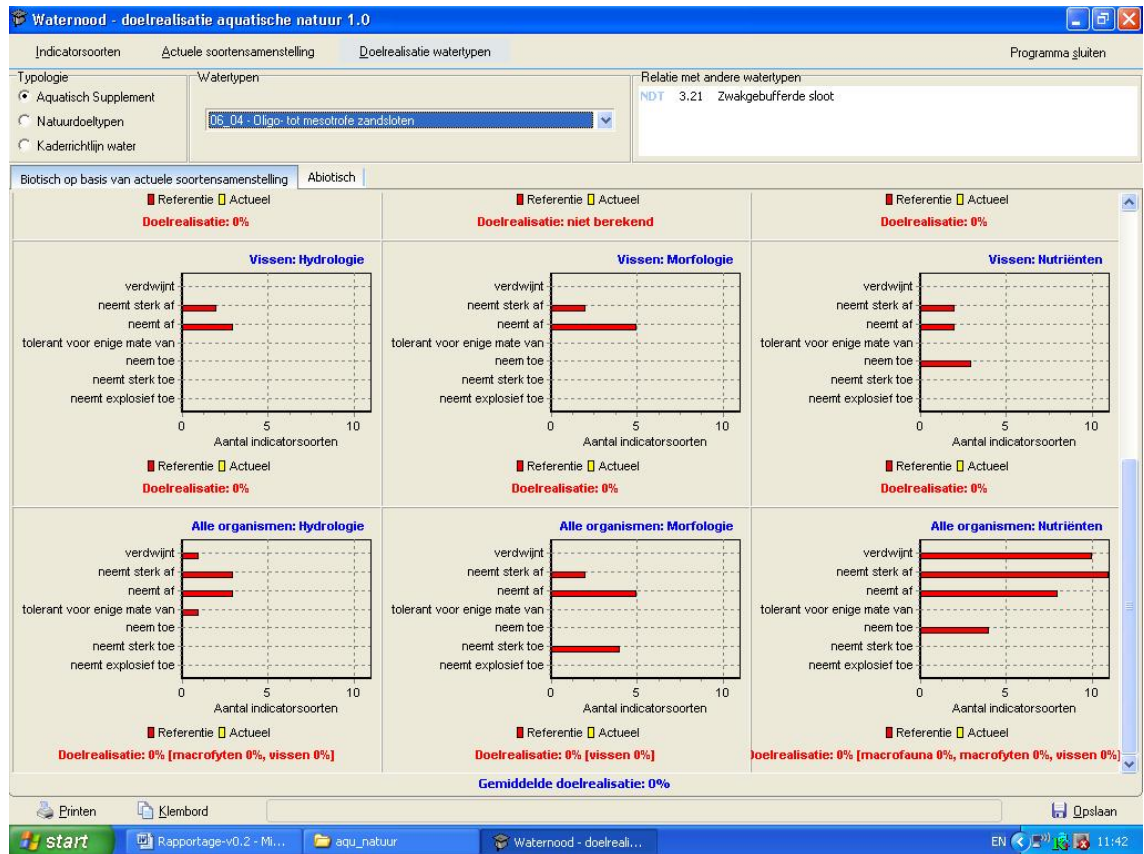
Uit het bovenstaande blijkt dat het toepassingsbereik van het Waterlood Instrumentarium geleidelijk aan is versmald. Het WI2007 is primair een doelrealisatietool, gericht op het grondwatersysteem. Daarnaast is vanaf het begin ervoor gekozen om het WI geen vervanging voor een hydrologisch / hydraulisch model te laten zijn. De insteek is altijd geweest om een instrument te hebben dat gevoed wordt door metingen of modeluitkomsten. Aanpassingen en maatregelen dienen buiten het WI om doorgerekend te worden. Het WI biedt wel inzicht in het soort maatregelen dat kan worden getroffen.

Het Waterlood instrumentarium is in 2007 opnieuw uitgebracht. In deze versie zijn een aantal modules vervallen, omdat deze weinig gebruikt werden. Het betrof met name modules die een relatie met de KRW Verkenner hebben en wellicht interessant zijn om opnieuw in het Waterloodinstrumentarium in te bouwen. Daarom willen we ze graag beschrijven. Het betreft:

- Module "Aquatische natuur"
  - o WI 1.0 bevat een module waarmee het effect van een vaste set maatregelen op de doelrealisatie voor beken en sloten bepaald kan worden. De actuele toestand kan worden ingevoerd en vervolgens krijgt de gebruiker een indicatie van kansrijke maatregelen. Het betreft een 0-d module, zonder koppeling met GIS, met handmatige invoer.
  - o WI 2.0 bevat een module met alle aquatische natuurdoeltypen (vergelijkbaar met de module voor terrestrische natuur). Op grond van het voorkomen van soorten en abiotische kenmerken kan een doelrealisatie worden bepaald. Het betreft een 0-d module, zonder koppeling met GIS, met handmatige invoer.



FIGUUR 4 TWEE SCHERMEN VAN DE MODULE "AQUATISCHE NATUUR"

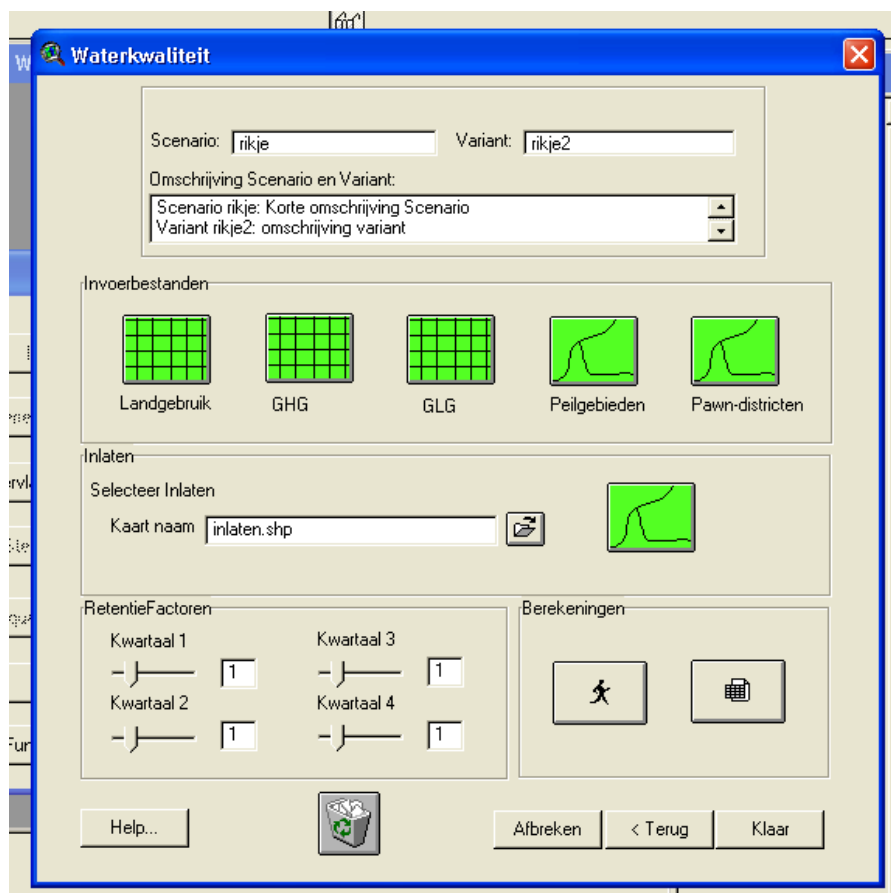


Waterlood - doelrealisatie aquatische natuur 1.0						
Indicatorsoorten    Actuele soortensamenstelling    Doelrealisatie watertypen						
Typologie		Watertypen		Relatie met andere watertypen		
<input checked="" type="radio"/> Aquatisch Supplement <input type="radio"/> Natuurdoeltypen <input type="radio"/> Kaderrichtlijn water		02_01 - Droogvallende bovenloopjes		NDT 3.1 Droogvallende bron en beek KRW R3 Droogvallende langzaam stromende bover		
Biotisch op basis van actuele soortensamenstelling    Abiotisch						
Factorcomplex	Stuurfactoren	Waarde	Actueel	Referentie	Actueel/Referentie	Doelrealisatie factorcomplex [% gebruikte stuurfactoren]
Hydrologie	debiet (m3/s)	min/max				0% [50%]
	stroomsnelheid (cm/s)	min/max	5	min 10 - max 30	voldoet niet	
	droogval			> 6 weken droogval in zomer		
Morfologie	breedte (m)	min/max	1	max 1.5	voldoet	75% [100%]
	diepte (m)	min/max	0.1	max 0.25	voldoet	
	variatie lengteprofiel		meanderend	meanderend	voldoet	
	variatie dwarsprofiel		intermediair	onregelmatig	voldoet niet	
Nutriënten	totaal fosfaat (mg P/l)	min/max	3	max 0.04	voldoet niet	50% [100%]
	ammonium (mg N/l)	min/max	0.1	max 0.4	voldoet	
	totaal stikstof (mg N/l)	min/max				
	orthofosfaat (mg P/l)	min/max				
Gemiddeld						41% [83]

- Module “Relatie grond- en oppervlaktewater”  
WI 1.0 en 2.0 bevat een module waarmee gebiedsdrainageweerstanden kunnen worden bepaald: via meetreeksen (spreadsheet) of via gebiedskenmerken (in GIS) en een module Simland, een simulatie van het neerslagafvoer proces waarmee het effect van beheersvarianten kan worden doorgerekend.
- Module “Waterkwaliteit”  
WI 1.0 en 2.0 bevat een module waterkwaliteit. Gebruik makend van basiskaarten uit STONE 2.0 en Nutricalc (een metamodel van STONE 2.0) berekent de module per kwartaal de N- en P-belasting van het oppervlaktewater. Andere benodigde invoer is het % open water, neerslag, verdamping en andere bronnen van nutriënten. Door de invoer van GHG, GLG of landgebruik te variëren, ontstaat inzicht in het effect daarvan op de nutriëntenbelasting van het oppervlaktewater.

FIGUUR 5

SCHEM VAN MODULE “WATERKWALITEIT”



## 2.2 KRW-VERKENNER

### 2.2.1 EUROPESE KADERRICHTLIJN WATER

De Europese Kaderrichtlijn Water (KRW) is in 2000 van kracht geworden. De KRW schrijft voor dat het watersysteem van de lidstaten in 2015 in een ‘Goede Ecologische Toestand’ (GET) en een ‘Goede Chemische Toestand’ (GCT) is gebracht. Er worden hierbij naast normen voor concentraties van stoffen in het water, waar al langer sprake van is, nu ook normen afgegeven voor de ecologische waterkwaliteit. Zo wordt een watersysteem nu afgerekend op het

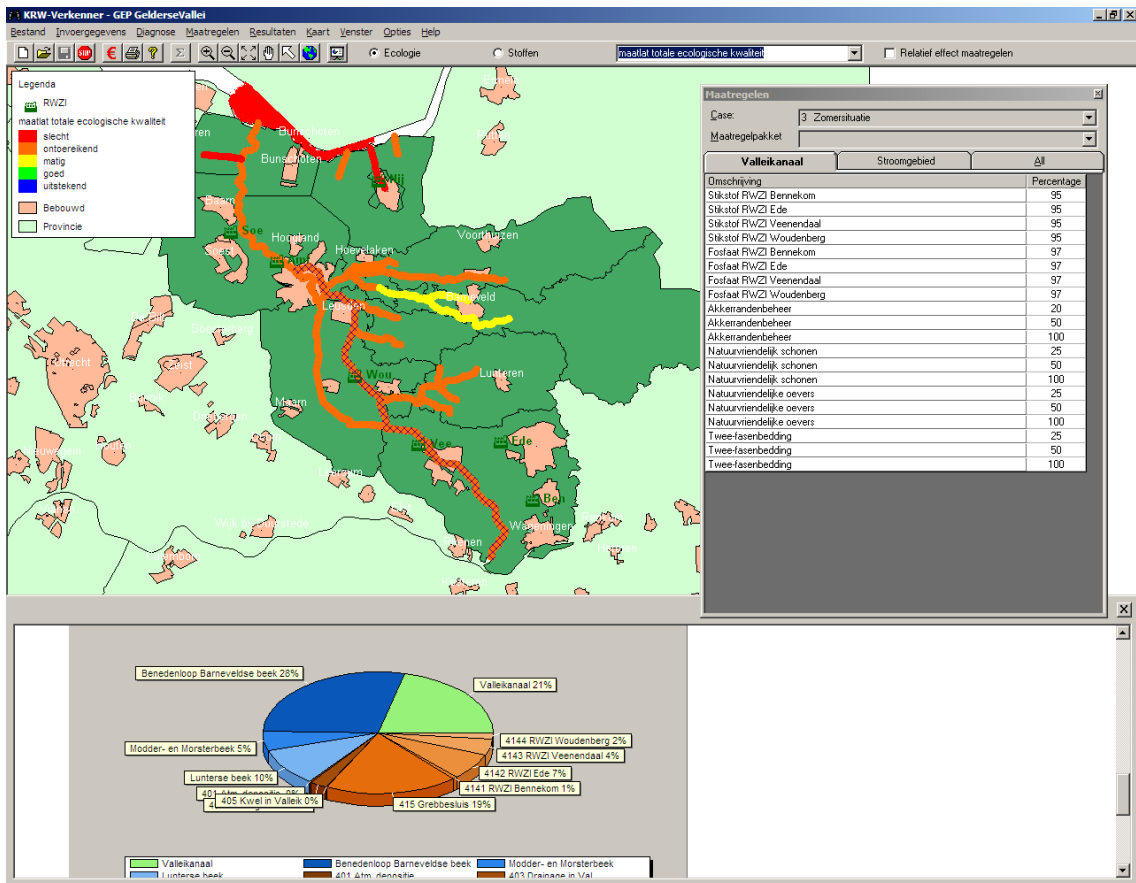


voorkomen en de soortensamenstelling van vissen, waterplanten, algen en waterdierpjes, de zogenaamde 'kwaliteitselementen'. Voor verschillende typen watersystemen is een natuurlijke referentiesituatie bepaald, die de basis vormt voor de GET.

De GET is van toepassing op alle natuurlijke wateren. In Nederland is echter over het algemeen sprake van een 'sterk veranderd', of zelfs 'kunstmatig' water. Omdat voor deze wateren geen referentiebeelden beschikbaar zijn, worden de normen per waterlichaam afgeleid op basis van de meest gelijkende natuurlijke referentie. Hierbij wordt rekening gehouden met de in de loop van de geschiedenis plaatsgevonden onomkeerbare veranderingen aan het watersysteem. De norm voor sterk veranderde en kunstmatige wateren wordt het 'Goed Ecologisch Potentieel' genoemd.

In de KRW staan stroomgebieden centraal, problemen moeten stroomgebiedsbreed worden opgepakt. Dit brengt met zich mee dat waterproblemen niet langer mogen worden afgewenteld op een benedenstrooms watersysteem. Dit brengt met zich mee dat waterbeheerders binnen een stroomgebied problemen in gezamenlijkheid moeten oplossen, en dus onderling goed moeten afstemmen. Daarnaast is ook communicatie met belanghebbenden in het stroomgebied erg belangrijk voor het benodigde draagvlak voor te nemen maatregelen.

FIGUUR 6 DE KRW-VERKENNER



### 2.2.2 DE KRW-VERKENNER

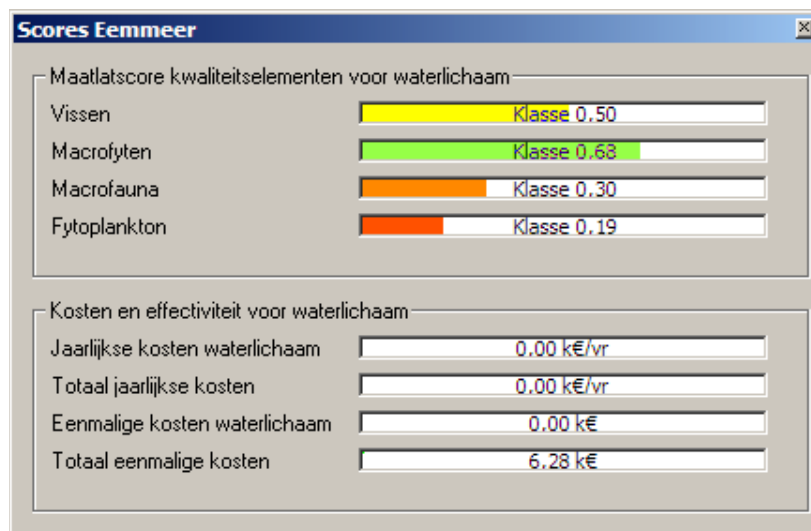
De KRW-Verkenner is ontwikkeld om waterbeheerders te ondersteunen bij het opstellen van stroomgebiedsbeheersplannen ten behoeve van de Kaderrichtlijn Water. Met name de communicatie en discussie rond het opstellen van de stroomgebiedsbeheersplannen wordt met de KRW-Verkenner ondersteund (Projectteam KRW-Verkenner, 2006). Het beoogde schaalniveau voor gebruik van de KRW-Verkenner is stroomgebiedniveau (bijvoorbeeld de Gelderse Vallei). Door de nadruk op het gebruik in communicatie en discussie is de beoogde rekentijd kort.

Het is geen eenvoudige zaak om de effectiviteit van maatregelen op de ecologische waterkwaliteit af te wegen. Beschikbare ecologische kennis moet hiervoor worden ontsloten en beschikbaar worden gemaakt. Aan de hand van deze kennis moeten waterbeheerders met andere waterbeheerders, bestuurders en belanghebbenden kunnen discussiëren over de effecten en kosten van mogelijk te nemen maatregelen.

De KRW-Verkenner is bedoeld om op stroomgebiedsschaal een optimaal maatregelenpakket te ontwikkelen. Het instrument is niet bedoeld voor gedetailleerde analyses naar optimalisatie van maatregelen, bijvoorbeeld binnen een waterlichaam. De methode die binnen de KRW-Verkenner wordt toegepast draait om de zogenaamde ‘stuurvariabelen’. Stuurvariabelen zijn abiotische factoren die de ecologie in een waterloop beïnvloeden. De ecologische kwaliteit wordt met behulp van kennisregels berekend op basis van waarden van deze stuurvariabelen.

FIGUUR 7

HET BEOORDELINGSKADER IN DE KRW-VERKENNER

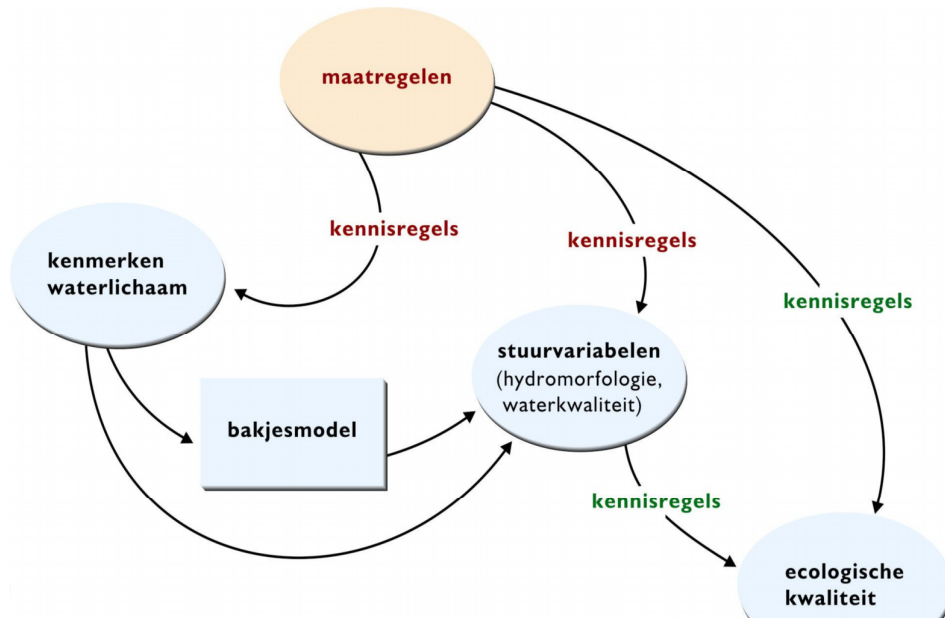


In de KRW-Verkenner wordt de stroming van water en stoffen door het watersysteem in samenhang beschouwd, met een bakjesmodel. In het bakjesmodel zijn de waterlichamen in een stroomgebied opgenomen, samen met de op deze waterlichamen afwaterende gebieden (afwateringsgebieden). De hoeveelheid water die naar deze bakjes stroomt vanuit het grondwater is een invoerparameter voor de KRW-Verkenner. Deze moet vooraf worden berekend met een hydrologisch model. Met behulp van het bakjesmodel worden enkele stuurvariabelen (stroomsnelheid, diepteverdeling) berekend en wordt afwenteling naar benedenstroomse waterlichamen inzichtelijk gemaakt. Waterkwaliteitsprocessen worden in de KRW-Verkenner met een retentieterm benaderd. Deze retentieterm kan zowel in de waterlichamen, als in de haarvaten van het systeem worden opgegeven.

Zeer belangrijk in de KRW-Verkenner zijn de maatregelen. De KRW-Verkenner kent zo'n 40 voorgedefinieerde maatregelen, die zoveel mogelijk via de abiotische stuurvariabelen ingrijpen op de berekende ecologische kwaliteit. De systeemgrens van de KRW-Verkenner ligt op de rand van het waterlichaam. Effecten van maatregelen buiten het waterlichaam worden niet kwantitatief beschouwd.

FIGUUR 8

DE BEREKENINGSMETHODE VAN DE KRW-VERKENNER (PROJECTTEAM KRW-VERKENNER, 2006)



De KRW-Verkenner wordt inmiddels breed in Nederland toegepast. Verschillende KRW-deelstroomgebieden hebben gezamenlijk een KRW-Verkenner opgezet, daarnaast zijn diverse waterschappen er zelfstandig mee aan de slag gegaan. Rijkswaterstaat gebruikt de KRW-Verkenner voor landelijke stofstromenanalyses en analyse van de ecologie in het natte hart. De KRW-Verkenner zal ook in de toekomst een belangrijke rol blijven spelen in het ontsluiten van ecologische kennis voor het KRW-proces.

De KRW-Verkenner wordt de komende tijd doorontwikkeld door Deltares. Hier is ook het beheer en onderhoud en de helpdesk ondergebracht. Rond de KRW-Verkenner zijn een Begeleidingsgroep en een Stuurgroep geformeerd. De Begeleidingsgroep fungeert als een overleg tussen gebruikers, hier worden wensen voor ontwikkeling aangedragen. De Stuurgroep besluit welke ontwikkelingen daadwerkelijk worden uitgevoerd.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> De KRW-Verkenner kent wel kwalitatieve omschrijvingen van het effect van een maatregel op andere beleidsvelden: werkt een maatregel positief of negatief door op GGOR bijvoorbeeld.

# 3

## SAMENHANG TUSSEN WATERNOOD INSTRUMENTARIUM EN DE KRW-VERKENNER

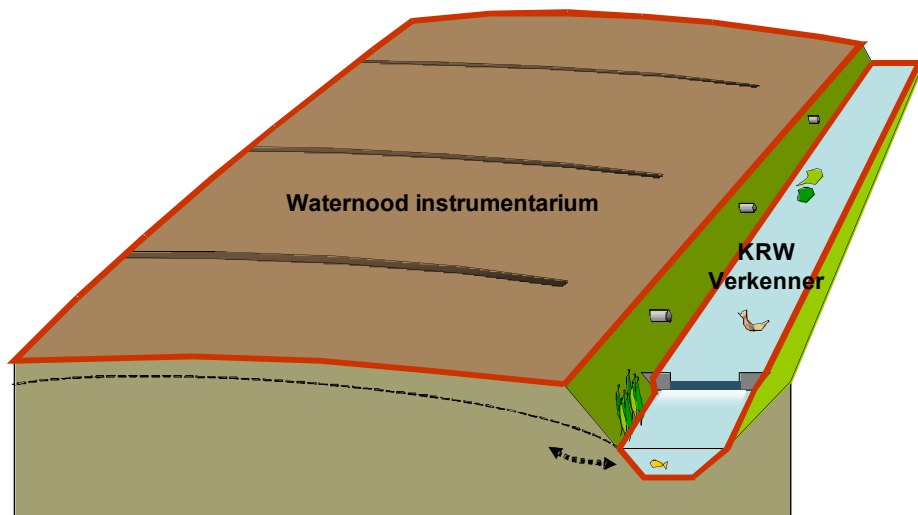
### 3.1 INLEIDING

In een watersysteem is er geen harde scheiding tussen het grondwater en het oppervlaktewater. Er is ook geen scheiding tussen waterkwantiteit, chemische en ecologische waterkwaliteit. In een watersysteem functioneren hydrologie, morfologie, waterkwaliteit en ecologie in samenhang. Een voor de hand liggend voorbeeld is de uitspoeling van nutriënten, die via het grondwater uitspoelen naar het oppervlaktewater, waar de ecologie door de nutriënten wordt beïnvloed.

Zowel de Waternoodsystematiek als de Kaderrichtlijn Water beogen, weliswaar met een verschillend doel, met maatregelen in te grijpen in dit samenhangende watersysteem. Het Waternood instrumentarium en de KRW-Verkenner wegen de effecten van deze maatregelen af. Alleen dan wel alleen op respectievelijk de terrestrische doelrealisaties en de waterkwaliteit in het oppervlaktewater. De systeemgrenzen van het Waternood instrumentarium en de KRW-Verkenner overlappen niet (Figuur 9).

FIGUUR 9

SYSTEEMGRENZEN WATERNOOD INSTRUMENTARIUM EN KRW-VERKENNER



Integraal waterbeheer is al jaren gemeengoed. De instrumenten en tools die de waterbeheerder daarbij kan gebruiken, hebben echter vaak alleen betrekking op een onderdeel van het watersysteem. De onderstaande tabel toont een veel gebruikte indeling binnen het watersysteem: kwantiteit vs. kwaliteit en grondwater vs. oppervlaktewater. Ook het Waternood Instrumentarium en de KRW-verkenner hebben een duidelijke positie in dit schema. De gebruikers zijn overigens ook vaak verschillende groepen binnen de organisaties die het water beheren.

TABEL 2

HET PRIMAIRE DOMEIN VAN BEIDE INSTRUMENTEN

	Kwantiteit	Kwaliteit / ecologie
Grondwater	Waterlood Instrument	
Oppervlaktewater		KRW – Verkenner

Integraal waterbeheer kan worden gestimuleerd door tools en instrumenten aan te bieden die een breed toepassingsbereik hebben. Als voorbeeld: de benadering via doelrealisaties heeft bijgedragen aan een gemeenschappelijke taal voor landbouw en natuursector. Beide sectoren hanteren dezelfde basisgegevens, en drukken de resultaten uit in grootheden die voor de ander ook begrijpbaar zijn. Een breed bereik gaat echter meestal samen met een beperkte diepgang. Voor onderdelen van het watersysteem zullen altijd meer diepgaande tools beschikbaar zijn. Uitwisselingsmogelijkheden en inzichtelijke user interfaces zijn dan alsnog goede opties.

Het watersysteem is een fysiek systeem met samenhangende onderdelen, ingrepen in het ene deel kunnen doorwerken in het andere deel. Op grond hiervan ligt het voor de hand om integratie en afstemming van tools aan te laten sluiten op deze fysieke relaties.

### 3.2 RELATIE TUSSEN DE BELEIDSVELDEN: MAATREGELLEN

De beleidsvelden Waterlood / GGOR en de Kaderrichtlijn Water raken elkaar, wanneer er in het kader van één beleidsdoel maatregelen worden gedefinieerd, die ook een effect hebben op het beoordelingskader van het andere beleidsdoel. Maatregelen zijn daarmee de verbindende schakel tussen de beide beleidsvelden. De centrale vraag is hoe maatregelen die in het kader van het ene beleidsveld worden getroffen doorwerken op de doelen van het andere.

Voor dit onderzoek relevante maatregelen zijn daarmee maatregelen die genomen worden in het kader van het ene beleidsveld, maar daarnaast kunnen doorwerken op het andere. De maatregelen zijn hiervoor opgedeeld in drie categorieën:

- Maatregelen op het land / in de haarvaten die met name invloed hebben op de waterkwantiteit in een hoofdwaterloop. Voorbeeld: vasthouden van water waardoor de basisafvoer toeneemt en droogval afneemt.
- Maatregelen op het land / in de haarvaten die met name invloed hebben op de waterkwaliteit in een hoofdwaterloop. Voorbeeld: overschakeling van landbouw naar natuur waardoor de belasting met nutriënten verandert.
- Maatregelen in de hoofdwaterlopen die met name invloed hebben op de waterkwantiteit op het land / in de haarvaten. Voorbeeld: hermeandering die de drainageweerstand verhoogt waardoor grondwaterstanden stijgen.

In de volgende (niet uitputtende) lijst zijn maatregelen opgenomen die invloed hebben buiten de systeemgrenzen van de instrumenten. Voor de KRW-Verkenner is een standaard set maatregelen beschikbaar, hieruit zijn de relevante maatregelen geselecteerd. In het Waterlood instrumentarium vindt de berekening van de effecten van maatregelen plaats buiten het instrumentarium, er is daarom geen standaard lijst beschikbaar. In plaats daarvan zijn maatregelen opgenomen die in de praktijk in het kader van GGOR worden toegepast.

TABEL 3

## MAATREGELEN MET SYTEEMGRENNS-OVERSCHRIJDEND EFFECT

Haarvaten kwantiteit	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Dempen van sloten</li> <li>- Verondiepen sloten</li> <li>- Stuwen verwijderen</li> </ul>
Haarvaten kwaliteit	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Gewasverandering</li> <li>- Mestbeleid</li> <li>- Bufferstroken, spuitvrije zones, akkerrandenbeheer</li> <li>- Extensivering landbouw</li> <li>- Functieverandering landbouw à natuur</li> <li>- Uitmijnen</li> </ul>
Hoofdwaterloop kwantiteit	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tweefasen bedding aanleggen</li> <li>- Natuurvriendelijke oevers</li> <li>- Hermeandering</li> <li>- Stuwen verwijderen</li> <li>- Flexibel peilbeheer</li> <li>- Beperken gebiedsvreemd water</li> <li>- WB21 maatregelenpakket (andere hydrologische invoer)</li> <li>- GGOR maatregelenpakket (andere hydrologische invoer)</li> </ul>

Het effect van te nemen maatregelen wordt in de beide instrumenten verschillend bepaald. En ook binnen de instrumenten worden verschillende maatregelen op een verschillende wijze behandeld.

### 3.2.1 KRW-VERKENNER

De relevante maatregelen worden in de KRW-Verkenner in hoofdlijn op drie verschillende manieren verwerkt.

#### 1. Ander nutriëntenscenario

Hieronder vallen de maatregelen Mestbeleid, Bufferstroken, Extensivering landbouw, Functieverandering en Uitmijnen. Hiervoor worden in de KRW-Verkenner STONE scenario's toegepast. STONE is een landsdekkend model dat uit- en afspoeling van nutriënten uit landbouw- en natuurgebieden berekent. Per maatregel worden de uitkomsten van een ander buiten de KRW-Verkenner berekend scenario geladen, wat leidt tot een veranderde waterkwaliteit in het waterlichaam.

#### 2. Ander doorstroomprofiel in het waterlichaam

Hier vallen de maatregelen Tweefasen bedding, Natuurvriendelijke oevers, Hermeandering en Stuwen verwijderen onder. In de KRW-Verkenner wordt de afvoer van een waterloop door een ander profiel geleid, wat een andere stroomsnelheid en diepteverdeling tot gevolg heeft. Hydrologische effecten buiten de waterloop worden niet beschouwd.

#### 3. Andere hydrologische situatie

De KRW-Verkenner wordt voor de berekende hydrologie 'gevoed' door instromende hoeveelheden water van buiten de beschouwde waterlichamen. Bijvoorbeeld de hoeveelheid drainagewater moet in de schematisatie opgegeven worden. Deze grootte is veelal vooraf bepaald met een hydrologisch model van het gebied. De maatregelen Flexibel peilbeheer, Beperken gebiedsvreemd water, WB21- en GGOR maatregelenpakket betreffen alle het vervangen van deze hydrologische schematisatie door een schematisatie waarin de effecten van de maatregel zijn verwerkt. Deze schematisatie moet buiten de KRW-Verkenner worden aangemaakt. Dit betekent concreet dat de maatregelen doorgerekend moeten worden met een hydrologisch model, waarna de uitkomsten als hydrologische schematisatie in de KRW-Verkenner worden toegevoegd.

### 3.2.2 WATERNOOD INSTRUMENTARIUM

Voor het Waternood Instrumentarium maken we waar nodig onderscheid in de versies 1.0/2.0 en 2007.

- (alle versies) De invoer in het WI bestaat onder andere uit GxG- en kwelkaarten. Een standaard toepassing is om de huidige situatie door te rekenen en te beoordelen, gevolgd door de beoordeling van een of meer scenario's. De beoordeling met het WI geeft richting in de aan te passen parameters en plaatsen waar dat nodig is. Net als bij de KRW-Verkenner zijn de aangepaste invoerdata extern, normaliter afkomstig van een hydrologisch model.
- (versie 1.0/2.0) Met de module waterkwaliteit (Nutricalc, dus niet in de versie WI 2007 beschikbaar) kan het effect van een andere hydrologische situatie en/of ander landgebruik op de uitspoeling naar het oppervlaktewater worden berekend.
- (versie 2.0) Met de module aquatische natuur (niet in de versie WI 2007 beschikbaar) kan het effect bepaald worden van andere abiotische omstandigheden in de waterlopen op de doelrealisatie (naast een toestandsbeoordeling).
- (versie 1.0) Met de module aquatische natuur (niet in de versie WI 2007 beschikbaar) kan het effect van een standaardset maatregelen op beken en sloten worden bepaald.

### 3.3 INHOUDELIJKE OVERLAP IN DE INSTRUMENTEN

Vanaf versie 2007 van het Waternood instrumentarium is er niet langer sprake van directe overlap met de KRW-Verkenner. De systeemgrenzen van beide instrumenten overlappen niet, geen van beide instrumenten beschouwen effecten van maatregelen buiten de eigen systeemgrens. In de vorige versies van het Waternood instrumentarium waren enkele deelapplicaties opgenomen, waarin wel sprake is van een inhoudelijke overlap met de KRW-Verkenner.

#### 3.3.1 MODULE WATERKWALITEIT (NIET BESCHIKBAAR IN WI 2007)

In de module 'Waterkwaliteit' van het Waternood instrumentarium worden uit- en afspoeling van nutriënten en chloride bepaald, uitgaande van ondermeer het grondwaterregime, bodemtype en landgebruik. Hiervoor wordt gebruik gemaakt van het model 'Nutricalc', een meta-model van het landsdekkende uitspoelingsmodel voor nutriënten STONE. De KRW-Verkenner gebruikt integrale (opgeschaalde) modelresultaten van het STONE model als directe input voor nutriëntenuitspoeling naar de waterlichamen.

Een voordeel van het gebruik van Nutricalc is dat er een directe relatie is tussen de systeemkenmerken (zoals het grondwaterregime) en de berekende uitspoeling van nutriënten. Hierdoor kan van een maatregel die ingrijpt op een van deze systeemkenmerken direct de veranderde uitspoeling worden bepaald. Wanneer directe STONE resultaten worden toegepast (zoals bij de KRW-verkenner), is een nieuwe modelberekening van het STONE model nodig. Voor deze berekeningen is men afhankelijk van derden.

Het voordeel van het direct gebruiken van STONE resultaten is dat verbeterde berekeningen, mits beschikbaar, direct kunnen worden toegepast. Wanneer gebruik wordt gemaakt van een metamodel (zoals Nutricalc) moet eerst het metamodel worden aangepast aan de verbeterde STONE resultaten. Daarnaast kunnen ook landelijk beschikbare scenarioberekeningen direct worden toegepast. Denk hierbij aan verschillende mestbeleidsvarianten. Met een metamodel moeten de hieruit voortvloeiende veranderingen in de systeemkenmerken zelf worden ingevoerd.

STONE is een model dat ontwikkeld is voor gebruik op landelijk niveau. Afhankelijk van de schaal kan gebruikt worden gemaakt van STONE of is een ander instrument nodig. In het komend jaar wordt onder STOWA vlag gekeken voor welke toepassingen Nutricalc bij de waterbeheerders ingezet is. Hieruit vloeien aanbevelingen voor een nieuwe versie van Nutricalc of andere afgeleide informatie uit STONE.

### **3.3.2 MODULE AQUATISCHE NATUUR (NIET BESCHIKBAAR IN WI 2007)**

Het Waterlood Instrumentarium versie 2.0 bevat een module met alle aquatische natuurdoeltypen (vergelijkbaar met de module voor terrestrische natuur). Op grond van het voorkomen van soorten en abiotische kenmerken kan een doelrealisatie worden bepaald. Het betreft een 0-d module, zonder koppeling met GIS, met handmatige invoer. De module is uitgebreid beschreven in Didderen en Verdonschot (2007).

De methode die in de module aquatische natuur wordt toegepast is vergelijkbaar met de methode die in de KRW-Verkenner wordt toegepast om ecologische scores te berekenen. Zeker het onderdeel abiotische doelrealisatie heeft duidelijke overeenkomsten met de methode in de KRW-Verkenner: van abiotische stuurvariabelen naar maatlatscores. De module aquatische natuur is niet, zoals in de KRW-Verkenner, gekoppeld aan veranderingen in stuurvariabelen, deze moeten handmatig worden ingevuld.

In de module aquatische natuur zijn net als in de KRW-Verkenner kennisregels opgenomen over de respons van de ecologie op abiotische factoren. In de totstandkoming van de kennisregels van de KRW-Verkenner is de ecologische kennis die is vervat in de module aquatische natuur niet meegenomen. In 2008 worden in een lopend traject de kennisregels van de KRW-Verkenner doorgelicht en verder uitgebreid. De kennisregels in de module aquatische natuur zouden in dit traject moeten worden meegenomen als mogelijke alternatieven voor de huidige kennisregels in de KRW-Verkenner.

### **3.3.3 MODULE RELATIE GROND- OPPERVLAKTEWATER (NIET IN WI 2007 BESCHIKBAAR)**

Deze module werkt met drainagerelaties en een eenvoudig neerslag-afvoermodel. De module kan effecten van maatregelen op grondwaterstand en afvoer inzichtelijk maken. In de KRW-Verkenner moet bij dergelijke maatregelen een nieuw hydrologisch scenario worden ingevoerd, dat eerder met een detailmodel is uitgerekend.

In het huidige gebruik van het Waterlood instrumentarium blijkt dat hydrologische maatregelen niet met de module worden doorgerekend, maar dat een nieuwe berekening wordt gemaakt met een hydrologisch model. Dit sluit aan bij de methode van de KRW-Verkenner. Het biedt dan ook geen meerwaarde deze module eventueel weer op te nemen in het Waterlood Instrumentarium.



# 4

## MOGELIJKE KOPPELINGSVARIANTEN

### 4.1 INLEIDING

In dit hoofdstuk wordt een aantal mogelijke integraties van het Waternood Instrumentarium en de KRW-Verkenner beschreven en beoordeeld. Dit is niet alleen gebaseerd op technisch-inhoudelijke gronden maar ook op een inschatting van de vragen die er leven bij mogelijke gebruikers.

De varianten zijn:

- Variant 0: Niets doen
- Variant 0+: Gezamenlijke schil
- Variant 1: Uitwisselen Beoordelingskader
- Variant 2: Uitwisselen Beoordelingskader en Tussenresultaten
- Variant 3: Toolbox Integraal Waterbeheer

### 4.2 VARIANT 0

De nulvariant is het voortzetten van de huidige gescheiden sporen. Deze variant vergt geen nieuwe inspanningen.

### 4.3 VARIANT 0+: 'GEZAMENLIJKE SCHIL'

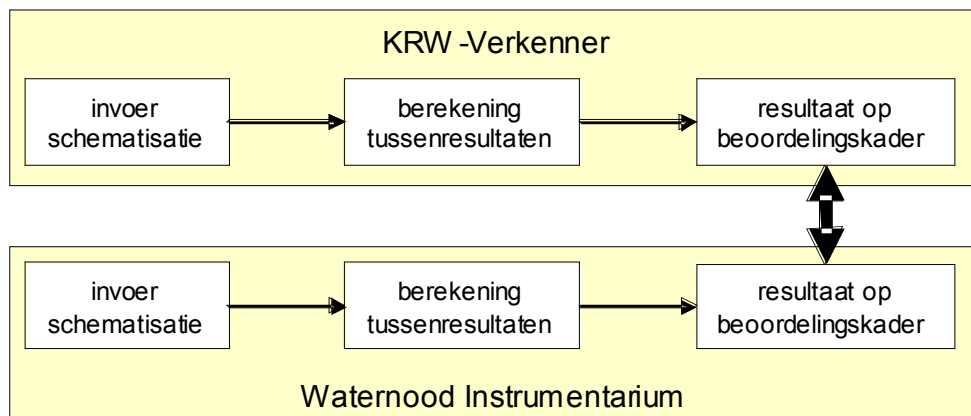
Deze variant is geen echte zelfstandige variant, maar goed om te noemen. Met relatief weinig inspanning kan al samenwerking worden bereikt tussen beide instrumenten, namelijk door beide instrumenten te presenteren achter een gezamenlijke façade. Denk hierbij niet aan een integratie van beide gebruikersschillen, maar aan een voorportaal waarin voor de KRW-Verkenner of voor Waternood kan worden gekozen. En een gezamenlijke ingang in het Windows startmenu. Gebruikers worden zo gestimuleerd niet alleen aan of de KRW of Waternood te denken, maar beide instrumenten naast elkaar te gebruiken. Deze variant is bovenop alle varianten mogelijk.

### 4.4 VARIANT 1: 'UITWISSELEN BEOORDELINGSKADER'

Het Waternood-instrumentarium en de KRW-Verkenner blijven twee gescheiden programma's. Apart van elkaar berekenen de instrumenten de effecten van een maatregelpakket op het betreffende beoordelingskader. In het Waternood-instrumentarium wordt bijvoorbeeld berekend wat het effect van het verondiepen van watergangen is op de doelrealisatie landbouw en terrestische natuur. In de KRW-Verkenner wordt apart berekend wat het effect is op de maatlatten van de Kaderrichtlijn.

FIGUUR 10

STROOMSCHEMA VARIANT 'UITWISSELEN BEOORDELINGSKADER'



Via een eenvoudige mogelijkheid zijn de uiteindelijke resultaten van het ene instrument in het andere in te laden. Wanneer in de KRW-Verkenner de maatregel 'verdiepen watergangen' wordt gekozen, wordt – naast de eigen berekende maatlatscores – de door Waterlood berekende doelrealisaties getoond. Andersom worden bij een scenario in het Waterlood instrumentarium ook de maatlatscores uit de KRW-Verkenner getoond. De gebruiker van het instrument krijgt op deze manier een integraal beeld van het effect van een bepaald maatregelpakket.

In deze variant wordt alleen het eindresultaat tussen de beide instrumenten uitgewisseld. Elk instrument blijft dus verantwoordelijk voor het gehele berekeningsverloop, van het verwerken van de maatregel tot modelinvoer, via alle rekenstappen tot het eindresultaat. Er wordt in deze variant geen gebruik gemaakt van onderdelen van de berekeningswijze waar het ene instrument wellicht betere resultaten geeft dan het andere.

In deze variant wordt aan beide instrumenten functionaliteit toegevoegd om eindresultaten van het andere instrument in te lezen en te koppelen aan een bepaald maatregelpakket / scenario. Daarnaast wordt er functionaliteit ingebouwd om de resultaten te tonen wanneer het betreffende maatregelpakket / scenario wordt geselecteerd.

Voordeel van deze variant is dat deze eenvoudig is te implementeren, ze vergt weinig aanpassingen aan de bestaande software. Nadeel is dat de gebruiker verantwoordelijk is voor de consistentie tussen de beide modellen (de in beide instrumenten berekende maatregel moet natuurlijk wel dezelfde zijn, op dezelfde ruimte schaal). Een ander nadeel is dat de gebruiker niet erg wordt aangemoedigd om het andere instrument te gebruiken, er is geen functioniteitsverlies als er niet wordt uitgewisseld.

#### 4.5 VARIANT 2: 'UITWISSELING BEOORDELINGSKADER ÉN TUSSENRESULTATEN'

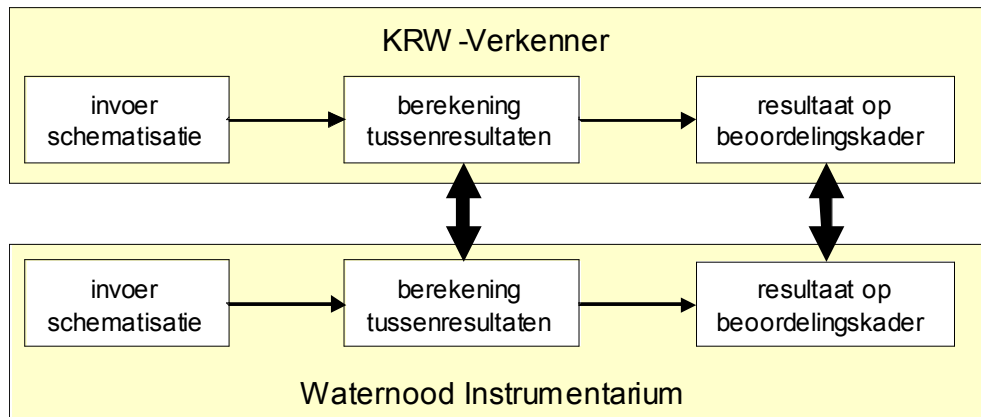
In de variant 'Uitwisseling beoordelingskader' worden alleen de eindresultaten uitgewisseld tussen beide instrumenten. De KRW-Verkenner toont bij een geselecteerd maatregelpakket het effect op de doelrealisatie landbouw, dat eerder in Waterlood is uitgerekend. In deze variant volgt elk instrument zijn geheel eigen berekeningswijze.

Nu zijn er onderdelen gesignaleerd waarbij een (tussen)resultaat van het ene instrument een rol kan spelen tijdens de berekening van het andere. Denk bijvoorbeeld aan uitspoeling van nutriënten. Wanneer in Waterlood (pre-2007) voor een scenario met behulp van Nutricalc is

berekend hoeveel nutriënten uitspoelen, kan dit tussenresultaat in de KRW-Verkenner worden gebruikt om de (ecologische) waterkwaliteit te berekenen. Uitwisseling vindt dan niet langer uitsluitend plaats op het niveau van het eindresultaat, het beoordelingskader, maar op het niveau van tussenresultaten. Het eindresultaat wordt uiteraard ook uitgewisseld.

FIGUUR 11

STROOMSCHEMA VARIANT 'UITWISSELEN BEOORDELINGSKADER EN TUSSENRESULTATEN'



In de huidige versies van de instrumenten zijn niet direct onderdelen aan te wijzen die gebruikt zouden kunnen worden voor het uitwisselen van tussenresultaten. Dit omdat geen van beide instrumenten 'over de eigen systeemgrens heen kijkt'. In eerdere versies van Waterlood was dit wel het geval. Of beter gezegd, de systeemgrens lag toen verder weg. Met name het onderdeel waterkwaliteit uit Waterlood is in dit kader interessant.

Rond de KRW-Verkenner is de afgelopen tijd veel interesse geuit in het bepalen van het effect van landbouwmaatregelen. Resultaten uit Nutricalc (uit- en afspoeling van nutriënten) kunnen in de KRW-Verkenner worden gebruikt om de waterkwaliteit en uiteindelijk de ecologische kwaliteit te berekenen. De KRW-Verkenner heeft nooit onderdelen gekend die effecten berekenen buiten het waterlichaam.

Voor deze variant dienen onderdelen te worden toegevoegd die 'over de systeemgrens heen kijken'. Voor Waterlood ligt Nutricalc min of meer klaar. Dit zou een logische toevoeging kunnen zijn. Voor de KRW-Verkenner is te denken aan kennisregels over het effect van maatregelen in het watersysteem op de regionale hydrologie. Daarnaast dient er – naast de functionaliteit uit variant 1 – functionaliteit te worden toegevoegd om de tussenresultaten uit het andere instrument in te laden en te gebruiken binnen de eigen berekening.

Voordeel van deze variant is dat de instrumenten meer gebruik kunnen maken van elkaars sterke punten. Gebruik kunnen maken van Nutricalc zal voor veel gebruikers van de KRW-Verkenner een welkome toevoeging zijn, omdat landbouwmaatregelen nu eenmaal duidelijk in beeld zijn. Daarnaast worden gebruikers meer gestimuleerd tot samenwerking, omdat gebruik maken van het andere instrument ook voor de berekening van het 'eigen' beoordelingskader meerwaarde biedt. Nadeel is de moeilijker implementatie van deze variant.

#### 4.6 VARIANT 3: 'TOOLBOX INTEGRAAL WATERBEHEER'

Deze variant is meer een visie op de toekomst van modellen in het waterbeheer en de rol van instrumenten als Waternood en de KRW-Verkenner daarin.

Beide instrumenten, zowel het Waternood instrumentarium als de KRW-Verkenner maken gebruik van modelresultaten van gedetailleerde procesmodellen. Voor het Waternood-instrumentarium moeten de effecten van ingrepen in het watersysteem op het grondwaterregime buiten het instrumentarium worden berekend met een hydrologisch model. De KRW-Verkenner is voor hydrologische maatregelen en maatregelen rond de uit- en afspoeling van nutriënten ook afhankelijk van gedetailleerde procesmodellen.

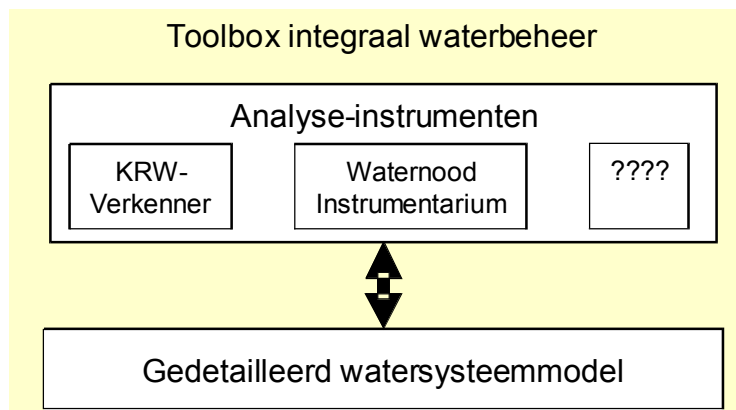
Integrale watersysteemmodellen komen steeds meer beschikbaar in de waterschapswereld. Het MIPWA instrumentarium van de noordelijke waterschappen, IBRAHYM in Limburg, modelontwikkeling bij Waterschap Rivierenland. Daarnaast wordt in het kader van het Nationaal Hydrologisch Instrumentarium gestreefd naar de realisatie van een landsdekkend hydrologisch model en aansluiting tussen landelijke en regionale modellering. Een ontwikkeling richting een Nationaal Instrumentarium Waterkwaliteit is inmiddels opgestart.

Ondanks de opkomst van dergelijke gedetailleerde modellen, blijft er een duidelijke rol voor instrumenten als de KRW-Verkenner en Waternood. Enerzijds kunnen de instrumenten fungeren als nabewerking / visualisatie instrument bovenop de detailmodellen. De instrumenten vertalen de uitkomsten naar beleids- of uitvoeringsrelevante informatie, zodat de resultaten uit de detailmodellen hun plaats krijgen in het beleidsproces. Anderzijds hebben de instrumenten ook een duidelijke functie zonder dat gebruik wordt gemaakt van de detailmodellen. De vereenvoudigde procesbeschrijvingen (meta-relaties) die in de instrumenten aanwezig zijn maken het mogelijk op een snelle manier inzicht te krijgen in het watersysteem, en het verwachte effect van maatregelen.

In deze variant zijn de instrumenten een laag bovenop een detailmodel, zoals getoond in onderstaande figuur. Invoer en schematisatie zijn afgeleid van en daarmee consistent met het detailmodel. Maatregelen kunnen zelfstandig in de instrumenten worden berekend met kennisregels voor een eerste indruk, of worden berekend in het detailmodel. De berekeningsresultaten worden in het instrument vertaald naar een effect op het gewenste beoordelingskader.

FIGUUR 12

STROOMSCHEMA VARIANT 'TOOLBOX INTEGRAAL WATERBEHEER'



Deze variant betekent dat er een gestructureerde uitwisseling plaats moet vinden tussen integrale watersysteemmodellen en de instrumenten Waterlood en KRW-Verkenner. Niet alleen moeten de instrumenten eenvoudig informatie uit het integrale model kunnen toepassen, ook moeten maatregelen uit de instrumenten worden vertaald naar het integrale model. De bouwstenen zijn al aanwezig, omdat beide instrumenten ook nu al informatie uit detailmodellen toepassen. Bij de ontwikkeling van zowel de instrumenten als de detailmodellen moet rekening worden gehouden met de beoogde samenwerking.

Deze variant biedt vele voordelen. De waterbeheerder kan met deze variant beschikken over een consistente toolbox met instrumenten, op elk gewenst schaalniveau. De toolbox voorziet in snelle analyse-instrumenten, die snel aangeven waar in het watersysteem een probleem zit en waar dat door veroorzaakt wordt. Vervolgens kunnen detailanalyses worden uitgevoerd met gedetailleerde procesmodellen en vertaald naar beleidsrelevante informatie. Een dergelijke toolbox faciliteert een goede communicatie tussen specialisten en beleidsmakers binnen een waterbeheersorganisatie, door consistentie tussen de instrumenten.

Natuurlijk is dit geen traject van de korte termijn. Een dergelijke visie kan alleen werkelijkheid worden wanneer deze breed gedragen wordt, en er de komende jaren stukje bij beetje aan wordt gewerkt. Zij moet daarvoor ingepast worden in bestaande beheer- en onderhouds- en onderzoeksprogramma's.

# 5

## TECHNISCHE UITWERKING KOPPELINGSVARIANTEN

### 5.1 KARAKTERISTIEKEN KRW VERKENNER EN WATERNOOD 2007

Tabel 4 geeft een aantal (softwarematige) aspecten van beide instrumenten weer.

TABEL 4 (SOFTWAREMATIGE) ASPECTEN

	KRW	Waterlood2007
Programmeertaal	VB6	VB.NET / C++
Mapping	Vector gebaseerd	Grid gebaseerd
Componenten	Demis map	ArcGIS, Microsoft dotnet framework 1.1
Data Opslag	MS Access database, gebruiker en systeem	ESRI en ASCII grids
Model Engine	Bakjesmodel, Kennisregels	Opzoek tabellen
Rapportage	HTML	-

### 5.2 BESCHRIJVING ARCHITECTUUR

#### WATERNOOD 2007

Waterlood 2007 is ontwikkeld als extensie op ESRI ArcGIS. Binnen de programmatuur wordt gebruik gemaakt van ESRI's ArcObjects objecten model om controle, schematisering en conversie van in en uitvoer producten te faciliteren. Er is een aparte library ontwikkeld in C++ waarmee de berekeningen uitgevoerd worden.

De resultaten van waterlood 2007 zijn kaartproducten zoals doelrealisatie en OGOR kaarten in ESRI GRID formaat. Deze kaartproducten zijn te gebruiken in ArcGIS. Het is aan de gebruiker om nog nadere analyse van de resultaten in ArcGIS uit te voeren.

Het rekenhart (C++) is ook buiten de ArcGIS omgeving om te gebruiken (Command Line Interface) maar stelt in dat geval erg hoge eisen aan de kwaliteit en het formaat van de invoer gegevens.

#### KRW VERKENNER

De KRW-Verkenner is gebaseerd op een aantal componenten. Er zijn twee databases, een kennisdatabase met kennisregels en een database met gebiedsinformatie. De kennisdatabase is gesloten voor de gebruiker. Beide databases zijn opgezet in MS Access. De kennisregels worden in een Visual Basic 6 programma verwerkt en toegepast op de door de gebruiker gedefinieerde gebiedsinformatie. Met een in Visual Basic opgezet bakjesmodel worden water- en stofstromen gesimuleerd. Om gegevens weer te geven worden html-rapporten gemaakt en gebruik gemaakt van een Demis kaart component.

## 5.3 TECHNISCHE UITWERKING PER VARIANT

### 5.3.1 VARIANT 0+: 'GEZAMENLIJKE SCHIL'

Het is goed mogelijk om de plaats vanuit waar beide applicaties opgestart worden samen te voegen. Men kan dan denken aan een extra knop op de Waternood 2007 toolbar in ArcGIS van waaruit de huidige KRW Verkenner gestart wordt. Een andere mogelijkheid is om in het windows start menu beide applicaties in één groep bij elkaar te zetten. In dat geval zal bij het starten van Waternood 2007 ArcGIS opstarten, Waternood 2007 zou dan vanaf de toolbar in ArcGIS gestart moeten worden. Aan beide applicaties verandert in beide gevallen niets.

### 5.3.2 VARIANT 1: 'UITWISSELEN BEOORDELINGSKADER'

Het uitwisselen van de eindresultaten van beide producten zou mogelijk zijn door aan beide applicaties een import / export module toe te voegen. In Waternood 2007 zou het dan mogelijk worden om de resultaatkaarten te exporteren naar een formaat dat door de KRW verkenner gelezen kan worden. De kaarten zouden dan in de kaartcontrol van de KRW verkenner getoond worden. Het voordeel hiervan is dat de resultaten van Waternood 2007 ook beschikbaar gesteld worden aan gebruikers die niet over de ArcGIS software beschikken.

Men zou er ook voor kunnen kiezen om een generieke export module te bouwen die alle typen ArcGIS kaarten kan vertalen naar het formaat dat door de KRW verkenner in te lezen is. Dit maakt het mogelijk om uitgebreide analyses door een specialist in ArcGIS te doen en de resultaten daarvan beschikbaar te maken voor de KRW gebruiker.

Andersom zou het mogelijk kunnen zijn om de resultaatkaarten van de KRW verkenner te exporteren naar een formaat dat door ArcGIS ondersteund wordt. Hiermee kan men de resultaten van de KRW verkenner opnemen in de analyse van de Waternood 2007 resultaten om zo een compleet beeld van het studiegebied en maatregelen te kunnen verschaffen.

### 5.3.3 VARIANT 2: 'UITWISSELING BEOORDELINGSKADER ÉN TUSSENRESULTATEN'

De functionaliteit van Waternood 2007 maakt het momenteel niet mogelijk om systeemkenmerken uit te wisselen. De Nutricalc module die in Waternood 2.0 zat is niet aanwezig in Waternood 2007. Deze Nutricalc module zou kansen bieden om gegevens uit te wisselen met de KRW verkenner omdat in die module kwaliteitsaspecten van water belangrijk zijn, net zoals in de KRW-Verkenner. Men zou kunnen overwegen om de Nutricalc module terug te brengen in Waternood 2007 en dan te kijken naar het de mogelijkheden tot uitwisselen van de systeem kenmerken.

### 5.3.4 VARIANT 3: 'TOOLBOX INTEGRAAL WATERBEHEER'

Een totaal geïntegreerde oplossing waarbij de data centraal beschikbaar is en de reken engines met elkaar kunnen communiceren zou geavanceerdere koppelingen en scenario's mogelijk maken. Dit vereist een andere benadering van de invoer gegevens dan nu binnen de KRW verkenner gebruikt wordt. Het geospatiële karakter (GIS) van de gegevens zal meer centraal komen te staan omdat dat de basis zal zijn van uitwisseling van informatie. De functionaliteit van KRW kan met name wat betreft de ruimtelijke aspecten van de invoerkant (maatregelen) uitgebreid en verfijnd worden.

Een voorbeeld van de functionaliteit van een geïntegreerde oplossing:

Binnen de KRW module van de nieuwe applicatie wordt door middel van een GIS (hoeft niet per se ArcGIS te zijn) bewerking een stuw in een waterloop geplaatst en een aantal sloten gedempt. De effecten op de natuur worden met de KRW kennisregels kwalitatief bepaald en in GIS in beeld gebracht. De effecten van deze oppervlaktewater ingrepen worden middels het onderliggende model vertaald in nieuwe GHG en GVG kaarten. De Waterlood module gaat met deze nieuwe kaarten aan de slag om doelrealisatie en OGOR berekeningen uit te voeren. De gebruiker beschikt zo over “voor” en “na” kaarten die met standaard GIS bewerkingen vergeleken en geanalyseerd kunnen worden. Alle typen resultaten zijn beschikbaar in deze GIS applicatie waardoor alle mogelijke rapportages en kaarten samengesteld kunnen worden.



# 6

## KOSTENSCHATTING IMPLEMENTATIE KOPPELINGSVARIANTEN

In de onderstaande tabel is een raming in dagen opgenomen voor de verschillende varianten. De ramingen zijn gebaseerd op een aantal activiteiten die worden uitgevoerd om de varianten te realiseren:

- analyse en ontwerp;
- bouw / programmeren;
- testen en aanpassen;
- documenteren.

De kostenramingen hebben een globaal karakter: er kunnen geen rechten aan ontleend worden.

TABEL 5 GLOBALE KOSTENRAMING (IN DAGEN)

VARIANT	Waternood	KRW Verkenner	Totaal
<b>Variant 0+:</b> 'Gezamenlijke schil'			
De schil maken die beide programma's aanroept		5 - 10	5 - 10
Verbinding maken	1 - 2	1 - 2	2 - 4
Totaal variant 0+			7 - 14
<b>Variant 1:</b> "Uitwisselen Beoordelingskader"			
Algemene export WI -> KRW Verkenner	6 - 9	5 - 10	11 - 19
Algemene export KRW Verkenner -> WI	2 - 4	5 - 10	7 - 14
Totaal Variant 1:			18 - 35
<b>Variant 2:</b> "Uitwisseling Beoordelingskader en Tussenresultaten"			
Variant 1	8 - 13	10 - 20	18 - 33
Nutricalc in WI	4		4
Uitwisselen nutricalc met KRW	4		4
Inlezen tussenresultaten Nutricalc, koppelen aan maatregelen + maken geografische vertaling		20	20
Totaal Variant 2:			46 - 61
<b>Variant 3:</b> "Toolbox Integraal Waterbeheer"			
	*	*	*

\* Nader onderzoek noodzakelijk om een goede raming te maken.

# 7

## CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

### 7.1 CONCLUSIES

In dit vooronderzoek is vast komen te staan dat het meerwaarde biedt om over de beleidsvelden GGOR/Waternood en de Kaderrichtlijn Water heen te kijken. De implementatie van de beleidsdoelen vergt het nemen van maatregelen waarvan het effect zich niet beperkt tot één beleidsdoel. In het vooronderzoek zijn een flink aantal maatregelen onderscheiden, waarvoor geldt dat de effecten niet tot het betreffende beleidsdoel beperkt blijven.

De huidige instrumenten Waternood en KRW-Verkenner kennen geen overlap in functionaliteit, omdat de systeemgrenzen niet overlappen. Met vorige versies van het Waternood-instrumentarium lag dit anders. De modules waterkwaliteit en aquatische natuur vertonen overlap met de KRW-Verkenner.

Er zijn verschillende varianten gedefinieerd waarin de instrumenten KRW-Verkenner en Waternood beter samen zouden kunnen werken. De varianten zijn inhoudelijk beschreven en vervolgens technisch kort uitgewerkt. De volgende varianten zijn onderscheiden:

- Variant 0: niets doen  
Deze variant is voor de volledigheid opgenomen.
- Variant 0+: ‘Gezamenlijke schil’  
Deze variant behelst een kleine actie om beide programma’s vanuit een gezamenlijke schil op te kunnen starten, of knopjes in beide programma’s om het andere instrument op te starten. De variant is bovenop alle andere varianten toe te passen.
- Variant 1: ‘Uitwisselen Beoordelingskader’  
Deze variant maakt het mogelijk de eindresultaten (het effect op het beoordelingskader) eenvoudig tussen de instrumenten uit te wisselen. Een instrument kan vervolgens bij een maatregelpakket / scenario ook de resultaten op het andere beleidsdoel tonen. Het mogelijk maken tot uitwisselen van de resultaten is technisch gezien een relatief eenvoudige aanpassing.
- Variant 2: ‘Uitwisselen Beoordelingskader en Tussenresultaten’
- In deze variant worden naast de eindresultaten ook tussenresultaten uitgewisseld. Met name resultaten van (opnieuw aan Waternood toe te voegen) Nutricalc komen hiervoor in aanmerking. Dit maakt het voor de KRW-Verkenner mogelijk de effecten van landbouwmaatregelen op uit- en afspoeling van nutriënten af te wegen. Deze variant biedt technisch eenvoudige en goedkope mogelijkheden om te zorgen dat de sterke punten van de beide instrumenten voor elkaar beschikbaar komen.
- Variant 3: ‘Toolbox Integraal Waterbeheer’
- Deze variant is meer een visie op de toekomst. Detailmodellen en instrumenten als de KRW-Verkenner en Waternood komen samen in een Toolbox Integraal Waterbeheer. Detailmodellen worden gebruikt voor de detailanalyses en de schematisatie van een gebied. De instrumenten tappen af van de detailmodellen en worden gebruikt voor snelle analyses en inzicht verkrijgen in het gebied, en voor visualisatie en nabewerking van de uitkomsten van de detailmodellen.

De varianten lopen van 0 naar 3 op in meerwaarde, maar ook in hun complexiteit. Dit wordt dan ook weerspiegeld in de eerste globale kostenschattting. Die bedraagt 7 - 14 dagen voor variant 0+, 18 - 35 dagen voor variant 1 en 46 - 61 dagen voor variant 2. Voor variant 3 "Toolbox Integraal Waterbeheer" is nader onderzoek noodzakelijk om een goede raming te kunnen maken.

## 7.2 AANBEVELINGEN

Deze verkenning heeft geresulteerd in een aantal varianten voor verdere integratie tussen de instrumenten Waternood en KRW-Verkenner. Als auteurs bevelen we de volgende variant aan:

Op de korte termijn: Variant 2: 'Uitwisselen beoordelingskader en tussenresultaten'. Deze variant maakt het mogelijk eindresultaten in beide instrumenten te gebruiken, en opent daarnaast mogelijkheden om sterke kanten van het ene instrument te benutten in het andere. Bij deze variant wordt sterk aanbevolen om Nutricalc wederom op te nemen in Waternood, en de KRW-Verkenner de tussenresultaten van Nutricalc te laten gebruiken.

Kleine aanpassingen aan de KRW-Verkenner kunnen worden voorgesteld aan de stuurgroep KRW-Verkenner en vervolgens worden ingepast in het reguliere beheer- en onderhoud. Voor grote(re) aanpassingen is aanvullend budget nodig, nog steeds beslist dan de stuurgroep over implementatie.

Op de langere termijn zien we grote voordelen in een samenhangende 'Toolbox voor Integraal Waterbeheer', variant 3. Veel waterbeheerders zijn momenteel hard bezig een integraal detail-instrumentarium in te richten van hun beheersgebied. Daarnaast spelen er nationaal ontwikkelingen als het Nationaal Hydrologisch Instrumentarium en Nationaal modelinstrumentarium Waterkwaliteit. In het zicht van deze ontwikkelingen ligt de toekomst van instrumenten als de KRW-Verkenner en Waternood naar onze mening in twee belangrijke functies: 1) snelle analyse en begrip van het watersysteem en mogelijke maatregelen middels kennisregels en metamodellen, en 2) visualisatie en nabewerking van detailresultaten. Bij deze laatste functie hoort nadrukkelijk ook de vertaling naar het beleidsproces.

Uiteindelijk gaat het er natuurlijk niet om wat wij als auteurs aanbevelen, maar wat door de gebruikers in de praktijk als wenselijk wordt gezien. Het verdient dan ook aanbeveling de meerwaarde van samenwerking in de praktijk zichtbaar te maken. Een pilotstudie waarin Waternood / GGOR en de KRW met behulp van de instrumenten Waternood en KRW-Verkenner integraal worden beschouwd lijkt hiervoor een goede methode. Er kan in een dergelijke pilotstudie ervaring worden opgedaan met het gezamenlijk gebruik van de beide instrumenten. De verschillende aangedragen alternatieven kunnen op hun daadwerkelijke meerwaarde worden beoordeeld, voordat de instrumenten daadwerkelijk worden aangepast.

Daarnaast worden de volgende aanbevelingen gedaan:

- Zorg dat de KRW-Verkenner eenvoudiger aansluit op berekeningen met een gedetailleerd hydrologisch model. Maatregelscenario's voor Waternood die met een dergelijk model worden berekend kunnen dan ook worden toegepast in de KRW-Verkenner.
- Vergelijk de kennisregels in de Waternood-module aquatische natuur met die in de KRW-Verkenner, probeer beide ontwikkelingen gezamenlijker op te laten lopen;
- Dit kan voor de KRW-Verkenner worden opgenomen in het lopende ecologie spoor in 2008;

- Onder gebruikers dient verder te worden geïnventariseerd waar zij kansen zien voor samenwerking van beide instrumenten, ook om draagvlak te creëren voor de te nemen aanpassingen;
- Dit kan door bijvoorbeeld door bij een aantal waterschappers ‘in huis’ te kijken hoe zij met modellen omgaan, of door deze vraag voor te leggen aan de Programma Commissie Waterbeheer van de STOWA.
- De ontwikkelingen rond de KRW-Verkenner gaan volgens de route Begeleidingsgroep à Stuurgroep. Breng gewenste vernieuwingen tijdig in, want de ontwikkelingen rond de KRW-Verkenner gaan nog altijd door.

# 8

## LITERATUUR

Didderen en Verdonschot, 2007. Waterlood-DAN: Applicatie Doelrealisatie Aquatische Natuur voor regionale wateren. Alterra rapport 1468, Wageningen

Projectteam KRW-Verkenner, 2006. Gebruikershandleiding KRW-Verkenner. WL | Delft Hydraulics, Delft

Projectgroep Waterlood, 1998. Grondwater als leidraad voor het oppervlaktewater. DLG Rapport, Den Haag

STOWA, 2002. Naar grondwatergestuurde oppervlaktewatersystemen – Samenvatting van het STOWA-programma Waterlood. STOWA Rapport 2002-36, Utrecht