

Nutriënten in stromende wateren

Het project is uitgevoerd in opdracht van het ministerie van VROM.

# **Nutriënten in stromende wateren**

**Een verkenning van ecologisch relevante hydrologische en hydraulische modelkenmerken**

**P.F.M. Verdonschot**

**Alterra-rapport 516a**

**Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte, Wageningen, 2002**

## REFERAAT

Verdonschot P.F.M., 2002. *Nutriënten in stromende wateren. Een verkenning van ecologisch relevante hydrologische en hydraulische modelkenmerken*. Wageningen, Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte. Alterra-rapport 516a. 80 blz; 2 fig.; 8 tab.; 43 ref.; 8 bijlagen.

Het doel van deze studie was het zoeken naar ecologisch relevante modelkenmerken in een beperkt aantal beschikbare en goed beschreven hydrologische en hydraulische modellen die gebruikt kunnen worden als bouwstenen van een nieuw te ontwikkelen nutriëntenmodel voor stromende wateren. De algemene conclusie is dat alle onderzochte modellen en rekenpakketten min of meer een eigen keuze van relevante processen bevatten. Dit kan ingegeven zijn door de voorkeur van de bouwer, het doel van het model of de beschikbare informatie. Voor een advies over relevante processen in een nieuw te bouwen model geeft dit onderzoek weinig houvast. De bestaande modellen zijn niet gebouwd voor ecologische doelen en voldoen niet aan de eisen die nodig zijn bij toepassing voor een ecologische normering. Een raamwerk voor een nieuw te ontwikkelen laaglandbekenmodel wordt voorgesteld.

Trefwoorden: modelkenmerken, beken, beekprocessen, hydraulisch model, hydrologisch model, enquête, ecologische modelbouw

ISSN 1566-7197

Dit rapport kunt u bestellen door €18,- over te maken op banknummer 36 70 54 612 ten name van Alterra, Wageningen, onder vermelding van Alterra-rapport 516a. Dit bedrag is inclusief BTW en verzendkosten.

© 2002 Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte,  
Postbus 47, NL-6700 AA Wageningen.  
Tel.: (0317) 474700; fax: (0317) 419000; e-mail: [postkamer@alterra.wag-ur.nl](mailto:postkamer@alterra.wag-ur.nl)

Niets uit deze uitgave mag worden veelevoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Alterra.

Alterra aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

## Inhoud

Woord vooraf.....	7
Samenvatting.....	9
1 Inleiding	11
1.1 Aanleiding.....	11
1.2 Doel.....	12
1.3 Hoofdindeling van hydrologische en hydraulische modellen.....	13
1.4 Opzet van de modelbeschrijvingen .....	14
2 Werkwijze	17
3 Resultaten	19
3.1 Inleiding.....	19
3.2 Regen-afvoermodellen .....	20
3.3 Continue-afvoer-simulatiemodellen.....	20
3.4 Algemeen hydraulische modellen.....	20
3.5 Hydraulische stromingsmodellen .....	20
3.6 Hydraulisch-morfologische modellen.....	21
3.7 Habitatmodellen .....	21
3.8 Telefonische enquête waterschappen .....	21
4 Discussie en conclusies	23
5 Aanbevelingen	27
6 Referenties	33
6.1 Literatuurreferenties.....	33
6.2 Internetadressen.....	36
Bijlagen	
1. Continue afvoer simulatie-modellen (deel I).	39
Continue afvoer simulatie modellen (deel II).	42
Continue afvoer simulatie modellen (deel III).	44
Continue afvoer simulatie modellen (deel IV).	46
2 Hydraulische flow modellen (deel I).	49
Hydraulische flow modellen (deel II).	51
Hydraulische flow modellen (deel III).	53
Hydraulische flow modellen (deel III)	55
Hydraulische flow modellen (deel IV).	56
Hydraulische flow modellen (deel V).	58
Hydraulische flow modellen (deel VI).	59

3	Hydraulisch-morfologische modellen (deel I).	61
	Hydraulisch-morfologische modellen (deel II).	63
	Hydraulisch-morfologische modellen (deel III).	64
	Hydraulisch-morfologische modellen (deel IV).	65
	Hydraulisch-morfologische modellen (deel V).	67
4	Hydraulische modellen (deel I).	68
5	Habitat modellen (deel I).	71
6	Regen afvoer modellen (deel I).	73
	Regen afvoer modellen (deel II).	74
7	Verklarende woordenlijst (naar CHO-TNO, 1986)	75
8	Telefonische enquête waterschappen: Welke hydrologische oppervlaktewater modellen worden er gebruikt binnen het waterschap en welke modellen zullen in de toekomst gebruikt gaan worden?	79

## Woord vooraf

Het in dit rapport beschreven onderzoek is een onderdeel van het programma "Typegerichte normstelling en stroomgebiedbenadering". Doelen van het project zijn:

- Het afleiden van effectgerichte milieukwaliteitsnormen voor een aantal (belangrijke) typen oppervlaktewater (als eerste voor sloten, meren & plassen, stromende wateren, vennen en grote wateren (zowel zoet als zout)).
- Het onderbouwen van de relatie tussen landgebruik en de resulterende belasting van het oppervlaktewater en de effecten erin via uit- en afspoeling.
- Middels proefprojecten volgens een gebiedsgerichte aanpak en op grond van de watersysteembenadering nagaan op welke wijze de voorgestelde waterkwaliteitsdoelstellingen voor de verschillende typen oppervlaktewater in een gebied samenhangen en randvoorwaarden stellen aan het gebruik van dit gebied.
- Het ontwikkelen van een modelinstrumentarium waarmee effecten van de totale belasting met nutriënten vanuit een regio op een rijkswateren (zowel zoet als zout) kunnen worden beoordeeld.
- Het meewerken met CIW V aan het vaststellen van een 'handvat toetsingskader nutriënten in regionale oppervlaktewateren', waarmee provincies en waterbeheerders op een zinvolle wijze kunnen komen tot beoordeling en normstelling van nutriënten in regionale oppervlaktewateren.

Het project ressorteert onder het koepelproject "Gedifferentieerde normstelling voor nutriënten in oppervlaktewater. Een voorstel voor onderzoek en modellering". Het gelijknamige projectplan werd in 1998 geaccepteerd door de stuurgroep "Nutriënten in Oppervlaktewater", waarin de participerende instituten RIVM, RIZA, STOWA en Alterra, samen met de opdrachtgever het Ministerie voor VROM/DGM/BWL vertegenwoordigd waren. Het project is nauw gelieerd aan de CIW 5 subgroep "Gedifferentieerde normstelling in oppervlaktewater", die zich met name richt op praktijkrelaties in gebieden.

Het in dit rapport beschreven onderzoek vormt een deel van het normstellingsonderzoek in beken. Het normstellingsonderzoek in beken betreft drie delen:

- Het beschrijven van ecologische processen
- Het afleiden van nutriëntennormen
- Het verkennen van beschikbare modellen

Het onderzoek werd gefinancierd door het Ministerie voor VROM/DGM/BWL. Leden van de stuurgroep: Douwe Jonkers (DGM/BWL, opdrachtgever), Jieles van Baalen (LNV/DWK), Ton Bresser (RIVM, voorzitter), Frans Claessen (RIZA), Miep van Gijsen (Alterra), Bert Higler (Alterra), Lowie van Liere (RIVM, projectsecretaris), Oene Oenema (Alterra, agendalid), Bas van der Wal (STOWA)

Verder namen deel aan de vergaderingen van de stuurgroep de projectleiders van de verschillende onderdelen: Francisco Leus (RIZA, projectleider RISTORI), Carla Bisseling (EC-LNV, projectleider Aquatische Natuurdoeltypen), Lowie van Liere (projectleider Typegerichte normstelling en stroomgebiedbenadering). Dick Belgers wordt bedankt voor het bijeen brengen van de bestudeerde modellen.





## Samenvatting

Een duurzame ontwikkeling van beeksystemen vraagt om kennis van de vereiste randvoorwaarden. Het is van belang enerzijds deze randvoorwaarden vast te stellen en anderzijds deze randvoorwaarden op te nemen in modellen. Het in dit rapport beschreven onderzoek vormt een onderdeel van het normstellingsonderzoek in beken en beschrijft het verkennen van beschikbare modellen. Het doel van dit rapport is:

1. Het samenstellen van een exemplarische dwarsdoorsnede van beschikbare en goed beschreven hydrologische en hydraulische modellen. Welk type modellen zijn er en welke ecologisch relevante kenmerken worden daarin gebruikt?
2. Het uit dit overzicht destilleren van wederkerende kenmerken die noodzakelijk zijn voor een nieuw te bouwen nutriëntenmodel voor beken. Met andere woorden welke ecologisch relevante kenmerken komen in de meeste modellen steeds weer terug?

Voorbeelden van de volgende modellen zijn in de studie meegenomen:

- regen-afvoermodellen,
- continue-afvoer-simulatiemodellen,
- hydraulische modellen;
  - ❖ hydraulische stromingsmodellen,
  - ❖ hydraulisch-morfologische modellen,
  - ❖ algemeen hydraulische modellen,
- habitatmodellen.

Voor de modelinventarisatie zijn literatuurdatabases doorzocht, is internet geraadpleegd en door middel van een enquête is informatie bij waterschappen verzameld.

Er zijn 59 modellen nader onderzocht. Per onderzocht model is daarna in een kort overzicht gegeven: naam model, bron, functie, toepassingsgebied, processen, berekeningsmethode, doelstelling, gebruik, opbouw (bouwstenen), eventueel structuren die gespecificeerd kunnen worden, input-parameters, output-parameters, presentatie, extra modules, beschikbaarheid, relevante literatuur en internet adres.

Het blijkt dat alle gevonden kenmerken zeer globaal zijn. De meeste modellen beogen te berekenen en veelal te voorspellen. De geïnventariseerde modellen zijn meestal ontwikkeld voor riviersystemen en soms voor waterlopenstelsels en stroomgebieden. De kleinere schaal van beektrajecten of beeklocaties komt weinig aan bod. De modellen gebruiken veelal een gridsysteem met knopen en takken. In sommige modellen is dit systeem gecombineerd met bakjes. Dwarsprofielen komen nog weinig in de modellen voor. In een beperkt aantal modellen is ook een koppeling met een waterkwaliteitsmodule aanwezig. Welke processen in een model of rekenpakket opgenomen zijn, blijkt sterk afhankelijk van het doel waarvoor het is gebouwd. Natuurlijk speelt afvoer veruit de belangrijkste rol. Opvallend is dat alle andere processen minder dan 20% scoren, behalve verdamping, stroomsnelheid, sedimentatie en sedimenttransport. Blijkbaar worden deze processen het meest belangrijk gevonden.

De algemene conclusie is dat alle modellen en rekenpakketten min of meer een eigen keuze van relevante processen bevatten. Dit kan ingegeven zijn door de voorkeur van de bouwer, het doel van het model of de beschikbare informatie. Voor een advies over relevante processen in een nieuw te bouwen model geeft dit onderzoek weinig houvast. Voor dit laatste dient een onderzoek te worden uitgevoerd naar de hydrologisch en morfologisch relevante processen in het functioneren van het beekstelsel. Een analyse en synthese gebaseerd op literatuuronderzoek, conform dat uitgevoerd voor stoffen (Nijboer 2001), maar dan voor stroming (hydrologie) en structuren is noodzakelijk voordat begonnen wordt met het bouwen van een model. De bestaande modellen zijn niet gebouwd voor ecologische doelen en voldoen niet aan de eisen die nodig zijn bij toepassing voor een ecologische normering. Naar aanleiding van de tegenvallende resultaten is besloten een raamwerk voor een nieuw te ontwikkelen laaglandbekkenmodel te formuleren. Onderdelen van de gepresenteerde modules kunnen mogelijk uit bestaande modellen worden onttrokken.

# 1 Inleiding

## 1.1 Aanleiding

Veel Nederlandse beeksystemen staan onder invloed van een hoge nutriëntentoevoer als gevolg van intensieve landbouw in het stroomgebied. Overvloedige bemesting zorgt voor oppervlakkige afspoeling van nutriënten naar het water en voor een verhoging van nutriëntenconcentraties in oppervlakkig en uiteindelijk diep grondwater. Daarnaast verandert de aard van de nutriënten in een beek door verandering van vegetatie in het stroomgebied (landbouwgewassen in plaats van de natuurlijke vegetatie, meestal bos).

De toename van toevoer van nutriënten naar beken heeft effect op processen in de beek en op de levensgemeenschap. Het is van belang vast te stellen aan welke voorwaarden voldaan moet worden voor een duurzame ontwikkeling van het systeem. Hiervoor is kennis noodzakelijk omtrent processen met betrekking tot nutriënten in beken. Deze processen zijn sterk afhankelijk van de ligging van de beek, het beektraject en de lokale geomorfologische en hydrologische kenmerken van het gebied. Om gebiedsgericht normen te kunnen stellen is het nodig om te weten welke processen van belang zijn en hoe deze processen kunnen verschillen afhankelijk van het beektype.

### ***Kernvraag:***

*Hoe hoog kunnen de concentraties van nutriënten in beken zijn zonder dat processen in de beek dusdanig veranderen dat een negatief effect op het beekstelsel optreedt?*

### ***Nutriënten in stromende wateren: een drieluik***

In het eerste rapport 'Nutriënten in stromende wateren: Effecten van verrijking op de fysische, chemische en ecologische processen' (Nijboer 2001) zijn de resultaten beschreven van een uitgebreid **literatuuronderzoek naar processen** met betrekking tot nutriënten in beken. Op basis van literatuur is een overzicht gegeven van de ecologische processen en de nutriëntenhuishouding in beken. De studie richtte zich op de processen en de effecten in het beekstelsel alsmede de relaties naar het stroomgebied. Tevens zijn uit de literatuur methodieken voor modellering geëxtraheerd.

Een beek kan niet als losstaand element worden beschouwd. Het is een onderdeel van het stroomgebied. Dit impliceert dat duurzame ontwikkeling van een beek vraagt om een stroomgebiedbenadering. Kennis van de rol die nutriënten spelen in het beekstelsel zelf, maar ook kennis van de processen van input, transport (tijdelijke opslag) en output van nutriënten, is daarvoor vereist. Voor het bepalen van de input van nutriënten in een beek vanuit het stroomgebied zijn verschillende **hydrologische en hydraulische oppervlaktewatermodellen** beschikbaar. Een overzicht van deze modellen is opgenomen in dit rapport.

Ten slotte zijn in een derde rapport: 'Nutriënten in stromende wateren: Overzicht van normen' voorlopige **nutriëntennormen** voor stromende wateren afgeleid op basis van literatuur, een beektypologie en referenties. In het kader van het DLO-programma 324 (Aquatische Ecosystemen & Visserij) zijn de beken van Nederland op basis van gegevens van waterbeheerders getypeerd in termen van structuren en processen. Dit onderzoek heeft geresulteerd in een beektypologie waarin beekorganismen en milieuv variabelen gekwantificeerd zijn opgenomen. Ten behoeve van de normstelling worden uit de beektypologie de huidige nutriëntengehalten afgeleid. Tevens is binnen het programma 324 onderzoek uitgevoerd naar referentie-laaglandbeken in Polen en is samengewerkt met de Universiteit van Essen voor een vergelijkbaar grootschalig typologisch onderzoek in het westelijk en oostelijk deel van Duitsland (eveneens laaglandbeken). Dit leverde een gekwantificeerd beeld van nutriëntengehalten in referentiebekken. Daarnaast zijn de natuurlijke achtergrondgehalten van stoffen in de Nederlandse zandgebieden bestudeerd.

Een duurzame ontwikkeling van beeksystemen vraagt om kennis van de vereiste randvoorwaarden. Het is van belang enerzijds deze randvoorwaarden vast te stellen en anderzijds deze randvoorwaarden op te nemen in modellen. De beek is een onlosmakelijk onderdeel van het stroomgebied. Een duurzame ontwikkeling vraagt daarom om een stroomgebiedbenadering. De totale hoeveelheid water uit het stroomgebied is bepalend voor de waterhuishouding van een beek. Het is van belang te weten waar het water op iedere plaats in een beekdal vandaan komt, omdat dit een verklaring geeft voor de kwantiteit en kwaliteit van het water dat in de beekdalbodem opkwelt en dat uiteindelijk door de beek stroomt (Higler *et al.* 1995). Hiermee is het belang van de koppeling tussen waterkwantiteit en waterkwaliteit al aangegeven. Kennis van de kwaliteit en vooral van de rol die nutriënten spelen in het beekstelsel is nodig. Maar ook kennis van input-, transport- (tijdelijke opslag) en output-processen, met andere woorden van de weg die wordt afgelegd en de processen die onderweg plaats vinden, is vereist. Voor de stromende wateren zijn twee benaderingen verkend:

- beekstelselbenadering: het samenstellen van een beschrijving van structuren, zoals 'aquatische levensgemeenschappen', en processen, zoals 'nutrient spiralling concept' in (kleine) stromende wateren voor de huidige toestand en de natuurlijke of referentietoestand (Nijboer 2001);
- stroomgebiedbenadering: het beschrijven van (transport)modellen voor stroomgebieden op de pleistocene zandgronden (gebiedsgericht).

Dit rapport richt zich op de tweede benadering.

## 1.2 Doel

Er is een veelheid van geautomatiseerde modellen (of rekenpakketten) voor stromende wateren beschikbaar, die zich richten op stroomgebieden of onderdelen daarvan. De behoefte om gegevens tussen deze verschillende modellen uit te wisselen is sterk groeiende. In het kader van deze studie is een inventariserende dwarsdoorsnede gemaakt van beschikbare modellen die zich richten op beeksystemen.

Het is zeker niet de bedoeling om een zo compleet mogelijke lijst van beschikbare hydrologische en hydraulische modellen samen te stellen noch om een beeld te verkrijgen van welke modellen er binnen Nederland in gebruik zijn. Het is ook niet mogelijk alle modellen te beschrijven daar er teveel modellen bestaan en omdat veel modellen niet beschreven zijn in de literatuur of niet te vinden zijn op het internet. Toch is het de wens om binnen dit project een goede hydrologische modelbeschrijving te definiëren die de basis levert voor voorspellingen van ecologische beekprocessen, met name voor nutriëntenstromen. De ecologische processen zijn, in het kader van dit project, beschreven door Nijboer (2001) en worden hier niet herhaald.

Het doel van dit rapport is:

1. Het verzamelen van een selectief aantal beschikbare en goed beschreven hydrologische en hydraulische modellen. Het groeperen van deze modellen en het hierin opsporen van ecologisch relevante kenmerken. Met andere woorden welke ecologisch relevante modelkenmerken zijn reeds in bestaande modellen beschreven?
2. Het uit dit overzicht destilleren van wederkerende kenmerken die noodzakelijk zijn voor een nieuw te bouwen nutriëntenmodel voor beken. Met andere woorden welke ecologisch relevante kenmerken komen in de meeste modellen steeds weer terug en welke zijn voor laaglandbeken noodzakelijk?

### **1.3 Hoofddeling van hydrologische en hydraulische modellen**

Uit verschillende ecologische en typologische onderzoeken aan beken in Nederland komt een aantal factoren naar voren dat bepalend is voor beeklevensgemeenschappen. Deze factoren zijn door Verdonschot *et al.* (1995) en Verdonschot *et al.* (1998) geschematiseerd in het 5-S-model. Samenvattend beschrijft dit model de opbouw van een bekecosysteem. Vijf factorcomplexen zijn hierin onderscheiden: systeemvoorwaarden, stroming (lees hydrologie), structuren, stoffen en soorten. Voor een uitgebreide beschrijving van het model wordt naar genoemde literatuur verwezen.

Voor het modelleren van beeksystemen zijn drie van de vijf hoofdfactoren onontbeerlijk, namelijk stroming (of hydrologie), stoffen en structuren. De modellen die de component stoffen (met name de nutriënten) betreffen, zijn beschreven door Nijboer (2001). Dit rapport beperkt zich tot de componenten stroming (hydrologie) en structuren. Hydrologische en hydraulische modellen voor stromende wateren zijn bedoeld om de component stroming te modelleren. De belangrijkste factoren voor het selecteren van relevante hydrologische en hydraulische modellen zijn de hoofdwaterstromen (oppervlakkige, ondiepe en diepe afstroming) en de hydraulische processen in de beek zelf. De belangrijkste factoren gerelateerd aan de component structuren zijn de geomorfologie van het stroomgebied (beekdal) en de morfologie van het beeksysteem zelf, aangestuurd door de vormingsprocessen die het beekprofiel en de beekloop bepalen (erosie en depositie).

De Vries *et al.* (1993) verdelen hydrologische en hydraulische modellen in vier groepen, namelijk regen-afvoermodellen, continue-afvoer-simulatiemodellen,

hydraulische modellen en waterkwaliteitsmodellen. Deze groepering is voor dit doel enigszins aangepast:

- Regen-afvoermodellen hebben betrekking op het berekenen en/of voorspellen van afvoerverlooptijden in een stroomgebied na een regenbui.
- Continue-afvoer-simulatiemodellen voorspellen voornamelijk afstroming (runoff) uit een stroomgebied. Hierbij gaat het hoofdzakelijk over afstroming via de oppervlakte, het grondwater (verzadigd of onverzadigd) en/of de waterlopen.
- Hydraulische modellen zijn onderverdeeld in:
  - ❖ Hydraulische stromingsmodellen hebben betrekking op rivieren of rivierstelsels (netwerk van open waterlopen) en voorspellen/berekenen hoofdzakelijk waterstand, debiet en stroomsnelheid.
  - ❖ Hydraulisch-morfologische modellen voorspellen/berekenen de sedimentatie, het sedimenttransport en de oevererosie van rivieren of riviersystemen
  - ❖ Algemeen hydraulische modellen vormen een combinatie van een hydraulisch stromingsmodel met een hydraulisch-morfologisch model.
- Habitatmodellen simuleren de relaties tussen stroming en habitat voor verschillende (levensstadia van) organismen.

De waterkwaliteitsmodellen komen in dit rapport niet aan de orde, maar worden daar waar ze als extra module binnen het desbetreffende hydrologische of hydraulisch model zijn benoemd, wel genoemd.

#### **1.4 Opzet van de modelbeschrijvingen**

Voor de beschrijving van de geïnventariseerde modellen zijn verschillende aspecten belicht. Per model is een kort overzicht gegeven van: naam model, bron, functie, toepassingsgebied, processen, berekeningsmethode, doelstelling, gebruik, opbouw (bouwstenen), eventueel structuren die gespecificeerd kunnen worden, input-parameters, output-parameters, presentatie, extra modules, beschikbaarheid, relevante literatuur en internet adres. In tabel 1.1 zijn deze aspecten globaal omschreven en in bijlage 7 nader uitgelegd.

Tabel 1.1 Omschrijving van belangrijke aspecten van de geïnventariseerde modellen.

<b>naam</b>	Naam van het model. Hiermee wordt over het algemeen de naam bedoeld die het model heeft gekregen van de bouwers van het model (meestal een afkorting of acronym). Heeft een model geen naam, dan is de naam van de ontwikkelaar/bouwer gegeven.
<b>bron</b>	Indicatie van waar of door wie het model is ontwikkeld.
<b>functie</b>	Functionaliteit van het model. Een belangrijk aspect hierbij is de dimensionaliteit van een model: één-, twee- of drie-dimensionaal. Waarbij één-dimensionale modellen alleen uitgaan van laminaire stroming en drie dimensionale modellen voornamelijk uitgaan van turbulente stroming.
<b>toepassingsgebied</b>	Ruimtelijke toepassingsgebied. Dit betreft een heel stroomgebied (catchment), een riviersysteem (rivieren met overstromingsvlakte en eventueel met havens en/of estuaria), alleen een (berg)rivier met of zonder zijarmen (netwerk van open waterlopen) of alleen een gedeelte van een rivier/beek (bijvoorbeeld, een meander of alleen een recht traject). Tabel 1.2 geeft een overzicht van de ruimtelijke toepassingsgebieden met als uitgangspunt het stroomgebied.
<b>doelstelling</b>	Doel van het model (bijvoorbeeld voorspellen, analyseren, simuleren of berekenen).
<b>componenten</b>	Bouwstenen of modules in het model.
<b>processen</b>	Processen die onderdeel vormen van het model (bijvoorbeeld waterafvoer, sedimentatie, stroming (één-, twee-, of drie-dimensionaal) wrijving, erosie).
<b>berekeningsmethode</b>	Methoden voor de berekening van de verschillende processen. Hierbij wordt de naam gegeven van de methode en niet de formule.
<b>gebruik</b>	Voorbeelden waarvoor het model is gebruikt of waarvoor het is te gebruiken.
<b>opbouw</b>	Schematisatie van het model (bijvoorbeeld schematisatie waterlopen met behulp van bassins, grids, structuren of knopen en takken).
<b>input</b>	(Noodzakelijke) invoerparameters.
<b>morfologische structuren</b>	Opgenomen structuren (vooral in hydraulische modellen), zoals stuwen, pompen, duikers etc.
<b>output</b>	Uitvoer van de resultaten.
<b>presentatie</b>	Weergave van de uitvoer van gegevens in de vorm van een grafiek, tabel of tekst.
<b>extra modules</b>	Opsomming van beschikbare extra modules, hierbij gaat het vooral om waterkwaliteitsmodules.
<b>beschikbaarheid</b>	Beschikbaarheid van het model. Modellen die via het internet gevonden zijn zijn in het algemeen ook via internet te bestellen of binnen te halen. Modellen die via de literatuur zijn gevonden, zijn vaak minder eenvoudig te verkrijgen. Het gaat vaak om een éénmalige studie van een modelsysteem.
<b>referenties</b>	Auteur(s) en internet adres(sen).

Tabel 1.2 Ruimtelijke schaling van de beschreven modellen.

<b>schaal</b>	<b>groot</b>	<b>middel</b>	<b>klein</b>
<i>eenheid</i>	stroomgebied		
<i>stelsel</i>	riviersysteem	netwerk van waterlopen	traject
<i>type</i>	rivieren (al dan niet gekanaliseerd), bergriviersystemen, Heuvelland rivieren en beken, natuurlijke rivier (meanderend), rivieren met grindbedding	netwerk van open waterlopen en rioolstelsel, laaglandbeken	rechte waterloop, bocht in een rivier, niet stromende riviertraject, overstromingsvlakte





## 2 Werkwijze

Voor de modelinventarisatie zijn verschillende bronnen geraadpleegd. Er zijn drie methoden gevolgd:

### 1. Zoeken in literatuurdatabases

Er is gezocht binnen de literatuurdatabases Agralin, Land Soil and Water, CCOD, ASFA, Biological Abstracts en de Hydrotheek.

Door gebruik te maken van diverse zoektermen en de hierna beschreven zoekstrategie is literatuur geselecteerd.

#### Zoekprofiel:

((stream\* or river\* or running water or brook or water stream or lotic) in TI, KW) and ((model\* or simulat\*) in KW, TI) and ((hydrol\* or hydrau\* or water velocity or turbulence or flow or current or discharge or runoff or shear stress or geomorphology or morphology or bank or erosion or substrate or sediment\*) in KW, TI)

Het \* teken geeft aan dat er allerlei letters achter het woord kunnen volgen. TI en KW geven aan dat er gezocht moet worden in de titel (TI) en als trefwoord (KW).

### 2. Zoeken op het internet

Daarnaast is op internet gezocht naar modellen. Hierbij zijn dezelfde trefwoorden gebruikt. Modellen die via internet zijn gevonden, zijn meestal ook via internet beschikbaar. Voor meerdere modellen is het mogelijk om zogenaamde demo's te "downloaden".

### 3. Enquête

In maart 2000 zijn 16 waterschappen (alle gesitueerd op de pleistocene gronden) telefonisch benaderd met de vraag: "Welke hydrologische oppervlaktewater modellen worden er gebruikt binnen het waterschap en welke modellen zullen er in de toekomst gebruikt gaan worden?".



## 3 Resultaten

### 3.1 Inleiding

In totaal zijn er 66 modellen opgenomen. In tabel 3.1 zijn deze modellen ingedeeld naar toepassingsgebied. Tevens zijn tussen haakjes achter ieder model gegeven; het modeltype, het aantal dimensies (één, twee of drie; indien bekend), de rekenwijze van het model (stationair of niet-stationair; indien bekend) en de beschikbaarheid van het model. Het volledig overzicht van de modellen is te vinden in bijlage 1 tot en met 6.

Tabel 3.1 De modellen gerangschikt naar ruimtelijk toepassingsgebied.

ruimtelijke eenheid	model												
stroomgebied	ANSWERS (R), DRM3 (R,B), HEC-1 (R,B), HSPF (C, B), ILLUDAS (R,B), LISFLOOD (C,B), MIKE SHE (C,1 en 2,N,B), MOZART (C,1 SN,B), MOGROW (C), PRMS (C), HBV (C,B), SWAT (C,B), SWRRB (C,B)												
riversysteem	MIKE 11 (A,1,B), Nicholas et al (M), RBFVM-2D (F,2,SN,), SMS (A,2,B), SOIL (C,B), ISIS(A,1,SN,B), SOBEK (A,1,SN,B)												
bergriversysteem	DAFLOW (F,1,N,B), PHABSIM (H,B), RHYHABSIM (H,B), RIVER3 (C,1)												
heuvellandrivieren en beken	DYNMOD (F,1,N,B), PHABSIM (H,B), RHYHABSIM (H,B)												
rivieren (al dan niet gekanaliseerd)	AquaDyn (F,2,,SN,B), HEC-2 (F,1,S,B), HEC-6 (M,1,B), MIKE 21 Curv.(M,2,N,B), Milhous (M,1), MODEIN (M,B), Mosselman (M,2), PHABSIM (H,B), RHYHABSIM (H,B), RIFLOW (M,N,B), SEDDISCH (M,B), SEDIBO (M,2), SEDIFLOW (M,2,3), WSPRO (F,1,S,B)												
natuurlijke rivieren (meanderend)	Gross et al (M,3), Meakin et al (M), PHABSIM (H,B), RHYHABSIM (H,B), Round et al (F), Sinha et al (F,3)												
overstromingsvlakten	DHM (F,2,N,B), Gross et al (M), Nicholas et al (M)												
laaglandbeken	PHABSIM (H,B), RHYHABSIM (H,B), STREAMFLOW (C)												
grindrivieren	PHABSIM (H,B), RHYHABSIM (H,B), Tribe et al (M,2)												
rivierbochten	FLUENT (F,3)												
niet stromende riviertrajecten	DZPD (M)												
netwerk van open waterlopen	AquaDyn (F,2,SN,B), BRANCH (F,SN,B), DIWA (F,S,B), DUFLOW (F,1,N,B), FLDWAV (F,N,B), FOURpt(F,1,B), HEC-2 (F,1,B), LYMPHA (F, SN), MIKE 11 (A), PHABSIM (H,B), RHYHABSIM (H,B), RIBASI (F,1,SN,B), RUBICON (F,1,SN,B), SMS (A), SOBEK (A,1,SN), WSPRO (F,1,S,B)												
netwerk van open waterlopen en rioolstelsels	HYDRA (F,1,SN,B), TAUWSIM (F,1,B)												
rechte waterlopen	Darby (I) et al (F), Darby (II) et al (M,2), PHABSIM (H,B), RHYHABSIM (H,B)												
Legenda code tussen haakjes:	<table style="display: inline-table; vertical-align: top;"> <tr> <td><i>C</i>= continue-afvoer-simulatiemodel</td> <td><i>1</i>= ééndimensionaal model</td> </tr> <tr> <td><i>F</i>= hydraulisch stromingsmodel</td> <td><i>2</i>= tweedimensionaal model</td> </tr> <tr> <td><i>M</i>= hydraulisch-morfologisch model</td> <td><i>3</i>= (quasi-)driedimensionaal model</td> </tr> <tr> <td><i>A</i>= algemeen hydraulisch model</td> <td><i>S</i>= stationair</td> </tr> <tr> <td><i>H</i>= habitatmodel</td> <td><i>N</i>= niet stationair</td> </tr> <tr> <td><i>R</i>= regen-afvoermodel</td> <td><i>B</i>= beschikbaar</td> </tr> </table>	<i>C</i> = continue-afvoer-simulatiemodel	<i>1</i> = ééndimensionaal model	<i>F</i> = hydraulisch stromingsmodel	<i>2</i> = tweedimensionaal model	<i>M</i> = hydraulisch-morfologisch model	<i>3</i> = (quasi-)driedimensionaal model	<i>A</i> = algemeen hydraulisch model	<i>S</i> = stationair	<i>H</i> = habitatmodel	<i>N</i> = niet stationair	<i>R</i> = regen-afvoermodel	<i>B</i> = beschikbaar
<i>C</i> = continue-afvoer-simulatiemodel	<i>1</i> = ééndimensionaal model												
<i>F</i> = hydraulisch stromingsmodel	<i>2</i> = tweedimensionaal model												
<i>M</i> = hydraulisch-morfologisch model	<i>3</i> = (quasi-)driedimensionaal model												
<i>A</i> = algemeen hydraulisch model	<i>S</i> = stationair												
<i>H</i> = habitatmodel	<i>N</i> = niet stationair												
<i>R</i> = regen-afvoermodel	<i>B</i> = beschikbaar												

### **3.2 Regen-afvoermodellen**

Er zijn vier regen-afvoermodellen, alle van Amerikaanse herkomst, gevonden. Ze regenereren hoofdzakelijk afvoergegevens uit een stroomgebied na een enkele regenbui. Er is geen duidelijk verschil tussen de vier modellen wat betreft de uiteindelijke input en output.

### **3.3 Continue-afvoer-simulatiemodellen**

De belangrijke processen bij continue afvoer simulatiemodellen zijn:

- (a) interceptie van de neerslag door de vegetatie en andere structuren,
- (b) evapotranspiratie van het begroeide oppervlak,
- (c) grondwaterafvoer (onverzadigd en verzadigd),
- (d) afvoer via het oppervlak en
- (e) afvoer via waterlopen.

Van de dertien gevonden modellen zijn er zes (HBV, HSPF, MIKE SHE, SWAT, PRMS en STREAMFLOW) die al deze processen hebben opgenomen in de berekening van de afvoer (runoff). De overige gebruiken een gedeelte van de processen om tot een voorspelling van de afvoer te komen.

### **3.4 Algemeen hydraulische modellen**

Vier modellen komen in aanmerking als het gaat om een algemeen hydraulisch model voor rivieren of waterlopen. MIKE 11, SOBEK, SMS en ISIS simuleren niet alleen waterbewegingen (stroomsnelheid en afvoergegevens) maar ook sedimentatie en sedimenttransport en bodem-oevererosie. Het zijn grote modellen met verschillende modules die om veel input vragen.

### **3.5 Hydraulische stromingsmodellen**

Hydraulische stromingsmodellen kunnen verdeeld worden in één-, twee- of drie-dimensionale modellen. Tien van de 21 modellen worden aangeduid als één-dimensionaal en houden alleen rekening met de laminaire stroming van een waterloop. Twee- en drie-dimensionale modellen komen minder voor, zij houden meer rekening met de turbulentie van de watermassa in waterlopen. Hydraulische stromingsmodellen regenereren voornamelijk de waterstand, stroomsnelheid en het debiet. Belangrijk voor een hydraulisch stromingsmodel is de aard van de stroming, namelijk stationair of niet-stationair (de stroming waarbij gedurende de beschouwde periode de plaatselijke snelheid niet respectievelijk wel verandert). De meeste modellen berekenen de niet-stationaire stroming van een waterloop. Zeven van de 21 modellen berekenen zowel de stationaire als de niet-stationaire stroming. Een essentieel punt binnen de hydraulische stromingsmodellen vormen structuren. In een netwerk van open waterlopen komen vaak kunstwerken voor zoals stuwen, duikers,

bruggen, en hevels. De meeste modellen voorzien in de mogelijkheid deze structuren op te nemen en te specificeren.

### **3.6 Hydraulisch-morfologische modellen**

Hydraulisch-morfologische modellen genereren hoofdzakelijk stroombeddimensies, sedimenttransport en sedimentdepositie. Er zijn 15 hydraulisch-morfologische modellen gevonden. De verscheidenheid is groot, vooral in het toepassingsgebied van de modellen. Er zijn modellen die alleen gebruikt kunnen worden in een nagenoeg recht stuk rivier (Darby(II) *et al.* 1996), alleen in meanderende rivieren (Meakin *et al.* 1996) of andere weer in het niet stromende gedeelte van de rivier (DZPD; Tipping *et al.* 1993). De meerderheid van de modellen is echter gewoon te gebruiken in rivieren of beken. Evenals bij de hydraulische stromingsmodellen wordt gesproken van één-, twee-, en drie-dimensionale modellen. In tegenstelling tot de hydraulische stromingsmodellen zijn de hydraulisch-morfologische modellen vaak twee- of drie-dimensionaal. Dit is ook wel te verklaren omdat turbulentie een grote rol speelt bij sedimentatie en/of oever- en stroombederosie.

### **3.7 Habitatmodellen**

De twee gevonden habitatmodellen simuleren relaties tussen waterstroming en habitat voor verschillende organismen. Ze worden voornamelijk gebruikt voor de voorspelling van de habitatoppervlakte bij een willekeurige waterafvoer. Het grootste verschil tussen de twee modellen is het aantal componenten (hydraulisch en habitat), waarbij PHABSIM (Gordon *et al.* 1992) vijf keuzemogelijkheden heeft en RHYHABSIM (Gordon *et al.* 1992) maar één.

### **3.8 Telefonische enquête waterschappen**

Alle waterschappen gaven aan dat ze regelmatig gebruik maken van hydrologische modellen (tabel 3.2 en bijlage 8). De meest genoemde modellen zijn DUFLO, SOBEK, HYDRA en DIWA. Het algemeen gebruikte hydraulische model SOBEK heeft bij de meeste waterschappen de voorkeur. De modules die binnen SOBEK het meest gebruikt (gaan) worden, zijn waterbeweging (CHANNELFLOW) en regenafvoer (RAINFALLRUNOFF). Morfologische modellen of modules worden zeer zelden gebruikt bij de waterschappen. De module voor morfologie (RIVER) binnen het model SOBEK werd tijdens de enquête eenmaal genoemd.

Het lijkt erop dat de meeste waterschappen (van de pleistocene gronden) in de toekomst SOBEK zullen gaan gebruiken. In Brabant heeft men zelfs collectief besloten om over te gaan op SOBEK.

*Tabel 3.2 Gebruik van hydrologische oppervlaktewater modellen bij 16 waterschappen van de pleistocene gronden.*

<b>model</b>	aantal waterschappen dat betreffend model:	
	<b>nu gebruikt of heeft gebruikt</b>	<b>wil gaan gebruiken</b>
DUFLO	12	3
HYDRA	4	
DIWA	8	
MIKE she		1
MIKE 11		1
SOBEK	4	14

## 4 Discussie en conclusies

Het doel van deze modelleninventarisatie was het onderzoeken of bepaalde kenmerken in de onderzochte modellen of rekenpakketten bij herhaling terugkomen en daarmee van belang (kunnen) zijn in een nieuw te bouwen model.

Omdat de inventarisatie lang niet alle modellen en rekenpakketten omvat, dienen alle conclusies betrokken te worden op de aanwezige inventarisatielijst. Toch lijkt deze voldoende breedte en variatie in modellen en rekenpakketten te bevatten om generaliserende conclusies toe te laten.

In dit hoofdstuk worden de belangrijkste aspecten uit tabel 1.1 besproken. Ieder aspect begint met een tabel met een cijfermatig overzicht van de voor dat aspect relevante kenmerken.

In totaal is van 61 modellen het ruimtelijk toepassingsgebied opgegeven. De ruimtelijke toepassingsgebieden zijn samengevat in zes categorieën. De geïnventariseerde modellen zijn veelal ontwikkeld voor riviersystemen en in mindere mate waterlopenstelsels en stroomgebieden. De kleinere schaal van trajecten of locaties komt weinig aan bod. Voor nationale en regionale doelen zijn voldoende voorbeelden voorhanden, echter bij toepassing op kleine schaal of lokale projecten (bijvoorbeeld beekherstel) is nog weinig beschikbaar.

*Tabel 4.1 Het aantal en percentage modellen per ruimtelijk toepassingsgebied.*

<b>toepassingsgebied</b>	<b>aantal</b>	<b>%</b>
stroomgebieden	13	22
watersystemen	4	7
riviersystemen	21	35
waterlopenstelsels	16	27
beeksystemen	4	7
overigen	3	5

Voor 65 modellen zijn de doelstellingen benoemd (tabel 4.2). Het is duidelijk dat de meeste modellen bedoeld zijn om te voorspellen (op basis van berekeningen) en ruim een kwart is ontwikkeld ten behoeve van het berekenen alleen. Ook het in dit project beoogde model is bedoeld om te voorspellen.

*Tabel 4.2 Het aantal en percentage modellen per doelstelling.*

<b>doelstelling</b>	<b>aantal</b>	<b>%</b>
voorspellen	33	55
evalueren	1	2
berekenen/schatten	18	30
beschrijven	3	5
simuleren	10	17

In totaal zijn 124 keer hydrologische deelprocessen in de bestudeerde modellen als module opgenomen, 46 keer morfologische deelprocessen en slechts 9 keer waterkwaliteitsdeelprocessen (tabel 4.3). Welke deelprocessen in een model of rekenpakket opgenomen zijn, is sterk afhankelijk van het doel waarvoor het is

gebouwd. Natuurlijk speelt afvoer veruit de belangrijkste rol. Opvallend is dat alle andere deelprocessen minder dan 20% scoren, behalve verdamping, stroomsnelheid, sedimentatie en sedimenttransport. Blijkbaar worden deze deelprocessen het meest belangrijk gevonden. Toch vertonen alle modellen en rekenpakketten min of meer een eigen keuze van relevante deelprocessen. Dit kan ingegeven zijn door de voorkeur van de bouwer, het doel van het model of de beschikbare informatie. Voor een advies over relevante deelprocessen in een te bouwen model geeft dit onderdeel weinig houvast.

Tabel 4.3 Het aantal en percentage modellen per hydrologisch, morfologisch en stofdeelproces.

<b>processen</b>	<b>aantal</b>	<b>%</b>	<b>processen</b>	<b>aantal</b>	<b>%</b>
<i>hydrologie</i>			<i>morfologie</i>		
neerslag	4	7	(bodem)erosie	4	7
sneeuwsmelt	5	8	sedimentatie	17	28
verdamping/interceptie	12	20	sedimenttransport	14	23
oppervlakte afvoer	8	13	stromingsweerstand	6	10
onverzadigde grondwaterafvoer	7	12	morfologie/meandering	5	8
infiltratie	8	13	<i>stoffen</i>		
grondwaterstroming	6	10	nutriënttransport	2	3
kwel	1	2	pesticiden	2	3
afvoer	36	60	zouttransport	3	5
drainage	3	5	zuurstof	1	2
hysterese	2	3	kwaliteit	1	2
berging	1	2			
inundatie	8	13			
droogval	1	2			
bodemvochtigheid	2	3			
stroomsnelheid	15	25			
turbulentie/hydraulica	5	8			

Van de helft van de modellen is de opbouw niet bekend (tabel 4.4). Van de overigen bevatten de meeste echter een gridsysteem met knopen (verbindingen tussen beektrajecten) en takken (beektrajecten). In sommige is dit systeem gecombineerd met bakjes. Dwarsprofielen komen nog weinig in de modellen voor.

Tabel 4.4 Het aantal en percentage modellen per wijze van opbouw.

<b>opbouw</b>	<b>aantal</b>	<b>%</b>
netwerk/knopen/grid	18	30
bakjes/bassin	7	12
dwarsprofiel/structuren	4	7

De invoerparameters geven in het algemeen een beeld van de essentie van een model of rekenpakket (tabel 4.5). Voor de invoer van gegevens zijn breedte, diepte en afvoer in meer dan de helft van de modellen en rekenpakketten essentieel. In circa een kwart van de gevallen zijn de neerslag, korrelgrootte en ruwheid aan de orde. Voor het overige geven de parameters een idee van de grote variatie tussen alle geïnventariseerde technieken en de mogelijkheden om dergelijke informatie te gebruiken. Ook hier zijn de verschillen eigenlijk het meest in het oog springend.



Tabel 4.5 Het aantal en percentage modellen per type invoergegevens.

<b>invoer</b>	<b>aantal</b>	<b>%</b>	<b>invoer</b>	<b>aantal</b>	<b>%</b>
<i>weersgegevens</i>			<i>(bodem)morfologie</i>		
temperatuur	5	8	korrelgrootte/porositeit	17	28
neerslag	16	27	sedimenttransport	7	12
verdamping/interceptie	9	15	verval/verhang terrein	8	13
instraling	2	3	bedding/waterverhang	2	3
wind	4	7	Manning's n/ruwheid	20	33
<i>hydrologie</i>			structuren in waterloop	1	2
afvoer/waterhoogte	36	60	kritische erosie	2	3
breedte	32	53	<i>algemeen</i>		
diepte	35	58	stroomgebiedsinfo	12	20
stroomsnelheid/hydraulica	10	17	beekdalbodeminfo	1	2
runoff	2	3	geologie/bodeminfo	2	3
grondwaterinfo	2	3	<i>biologie</i>		
infiltratie	1	2	biologische info	2	3
irrigatie	1	2	gewas/hoogte vegetatie	3	5

In een beperkt aantal modellen is ook een koppeling met een waterkwaliteitsmodule aanwezig (tabel 4.6). Blijkbaar zijn dergelijke koppelingen nog sterk in ontwikkeling.

Tabel 4.6 Het aantal en percentage modellen per extra module.

<b>extra module</b>	<b>aantal</b>	<b>%</b>
waterkwaliteit	8	13
stoffentransport	2	3
golfpatronen	1	2
eutrofiëring	1	2

De algemene conclusie is dat alle modellen en rekenpakketten min of meer een eigen keuze van relevante processen bevatten en dat alle gevonden kenmerken zeer globaal beschreven zijn. Dit kan ingegeven zijn door de voorkeur van de bouwer, het doel van het model of de beschikbare informatie. Voor een advies over relevante processen in een nieuw te bouwen model geeft dit onderzoek weinig houvast. Voor dit laatste dient een onderzoek te worden uitgevoerd naar de hydrologisch en morfologisch relevante processen in het functioneren van het beekstelsysteem. Een analyse en synthese gebaseerd op literatuuronderzoek, conform dat uitgevoerd voor stoffen (Nijboer 2001), maar dan voor stroming (hydrologie) en structuren is noodzakelijk voordat begonnen wordt met een model. De bestaande modellen zijn niet gebouwd voor ecologische doelen en voldoen niet aan de eisen die nodig zijn bij toepassing voor een ecologische normering.



## 5 Aanbevelingen

Uit de modelleninventarisatie is geen duidelijk beeld naar voren gekomen van één of enkele modellen die volledig geschikt zijn om als ecologisch laaglandbekenmodel te dienen. Het lijkt een weinig zinvolle zaak om bestaande modellen of onderdelen daarvan bijeen te brengen en op punten aan te passen.

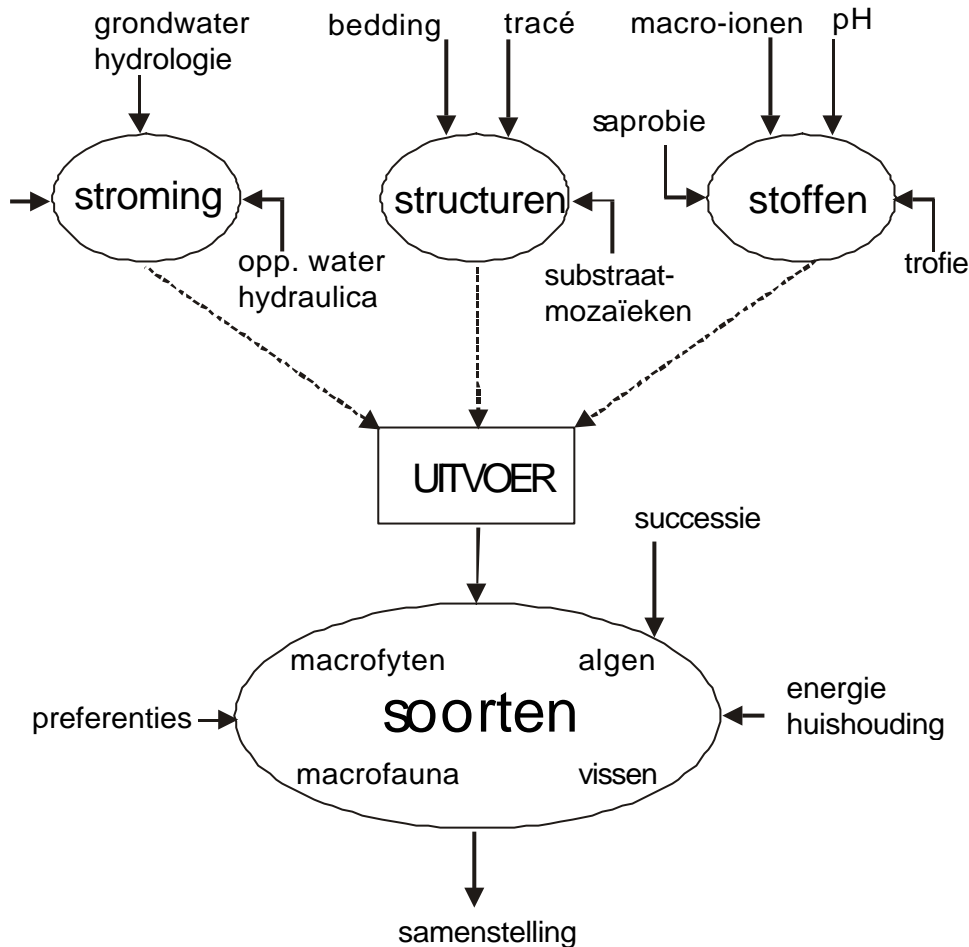
Daarom lijkt het zinvol om een nieuw raamwerk te formuleren voor de Nederlandse laagland- en heuvellandbeken. De opzet van dit raamwerk beoogt op beek- en stroomgebiedsniveau de relatie tussen de ecologie en de waterkwaliteit, de waterkwantiteit, de morfologie en het gebruik (in brede zin van landbouwkundig gebruik tot effecten van inundatie) te kunnen inschatten. Binnen dit instrumentarium worden deelmodellen en waar nodig expertsystemen aan elkaar gekoppeld en op elkaar aangepast. Op hoofdlijnen zijn vijf modelonderdelen met aanhangende modules nodig (zie ook 5-S-model), waarbij een aantal systeemvoorwaarden zoals verval en bodemtype als vaststaande gegevens worden gedefinieerd (figuur 5.1):

- Voor de component stroming; een grondwater hydrologische, een oppervlaktewater hydrologische en een hydraulische module.
- Voor de component stoffen; een saprobische, trofische, macro-ionen- en zuurgraadmodule.
- Voor de component structuren; een longitudinale, transversale en substratenmodule.
- Voor de component soorten; aquatisch-ecologische modules voor algen, macrofyten, macrofauna en vis en een (semi-)terrestrische (mogelijk ecohydrologische) module.

De beïnvloeding van het beekecosysteem verloopt via diverse procesketens, van klimaat naar standplaats of habitat. In het te ontwikkelen model is het van belang een koppeling te leggen tussen de modellering van de abiotiek op zichzelf en de modellering van effecten op de biota. De koppeling tussen modelleringsresultaten en biotische effecten kan verlopen via toestandsvariabelen, een gevolg van werkende processen, op het niveau van habitat, beektraject en stroomgebied. Ten aanzien van de beekgemeenschappen zijn dat die toestandsvariabelen die belangrijk zijn voor het al dan niet voorkomen van beekorganismen in hun habitat.

Het habitat van beekorganismen wordt bepaald door het samenspel van alle relevante factoren werkzaam in het beekecosysteem. De omstandigheden op een enkel habitat hebben op zichzelf nog geen ecologische betekenis. Daarom geschiedt de uiteindelijke ecologische modellering op het niveau van het beektraject. Een beektraject is een samenhangend geheel van habitats over een lengte van circa 100 m. Voor een meer globale ecologische evaluatie worden gehele beekzones gebruikt. Het gaat daarbij om beekzones in ruimtelijke eenheden (deelstroomgebieden) in de orde van 100-200 ha.

Om de procesketens tussen klimaat en habitat in een groter verband te kunnen overzien is het verhelderend ze uit te beelden in een denkmodel. Voor deze op de ecologie gerichte systeembeschrijving wordt hier het 5-S-model (Verdonschot *et al.*)



Figuur 5.1 Gewenste ecologische modelstructuur voor laaglandbeken.

1995) gebruikt. In het 5-S-model zijn de sleutelfactoren geordend naar niveau waarop ze werkzaam zijn. Dit betekent dat:

- (1) de op hoger niveau genoemde factoren op lagere niveaus doorwerken,
- (2) er sprake is van terugkoppeling en interactie.

Tezamen beschrijven de sleutelfactoren beeksystemen en bepalen het al dan niet voorkomen van soorten. De volgende vijf categorieën van sleutelfactoren worden onderscheiden, in volgorde van hoog naar laag niveau: Systeemvoorwaarden, Strooming, Structuren, Stoffen en Soorten (figuur 5.2). In de volgende paragraaf is het 5-S-model in algemene termen uitgewerkt.

### **Systeemvoorwaarden**

Klimaat, geologie en geomorfologie worden benoemd als 'systeemvoorwaarden'. Ze zijn werkzaam op een hoog ruimtelijk, temporeel en procesmatig niveau (grote hydro-ecologische eenheden van circa 150000 ha en over tijdsperioden van >100 jaar). De systeemvoorwaarden worden gezien als de "externe conditionerende ruimte" waarbinnen modellering plaatsvindt. De systeemvoorwaarden worden als randvoorwaardenstellende ecologische sleutelfactoren gezien en zijn in principe

onveranderlijk. Ze worden beschreven in algemene, voor het gehele stroomgebied eenduidige termen.

### ***Stroming***

Tussen de systeemvoorwaarden en de soorten speelt de hydrologie van een stroomgebied, in het 5-S-model stroming genoemd, een sleutelrol. De condities in een bepaald beektraject worden beïnvloed door het hele bovenstrooms gelegen deel van het stroomgebied, zo ook de daar gelegen landbouwgronden of andere menselijke activiteiten. De hydrologie is de meest bepalende sleutelfactor(-complex) voor het beekstelsel. Op hoger niveau speelt de regionale grond- en oppervlaktewaterhydrologie, zoals afstroming en grondwaterstroming, infiltratie en kwel. Voor de beek is de hoeveelheid en het patroon van de afvoer van belang. Op het lokale niveau (habitat) is naast de doorwerking van genoemde hydrologische processen ook de hydraulica van belang, vooral waterbeweging en stroomsnelheid.

Voor de modellering verzorgt de grondwatermodule de interactie tussen het stroomgebied en de beekdalbodem met de beek. Het grondwater is tevens de drager van de stoffen die bij infiltratie meegenomen worden of tijdens het transport zich wijzigen (minimaal benodigde uitvoerparameters: wateraanvoer naar de beek). De hydrologische module beschrijft het uiteindelijke waterhoogte- en afvoerpatroon (minimaal benodigde uitvoerparameters: afvoer en waterhoogte (inclusief droogval)). De hydraulische module resulteert in voor de aquatische ecologie essentiële stromingspatronen nabij de beekbodem en in het dwarsprofiel (minimaal benodigde uitvoerparameters: stroomsnelheden in het dwarsprofiel).

### ***Structuren***

De fysische eigenschappen van bodem en geomorfologie hangen in beken direct samen met de ontwikkeling van het lengte- (het tracé) en dwarsprofiel (de bedding). De beek en het dal kunnen op grond van bodemkundige en geomorfologische kenmerken worden opgedeeld in verschillende trajecten: boven-, midden- en benedenloop. In beken bepalen lokale (grond-)waterstromen voor een belangrijk deel het ontstaan en verdwijnen van substraatmozaïeken (habitats) zoals bladdammen, zand- en grindbanken en detrituszones. Het dwarsprofiel hangt sterk samen met de beekzone en bepaalt het type gemeenschap (bijvoorbeeld van boven-, midden- of benedenloop). De belangrijkste parameters zijn breedte en diepte. De substraatmozaïeken zijn in sterke mate bepalend voor de woonplek van de aanwezige macrofauna.

Voor de modellering bepaalt de structurenmodule de longitudinale ontwikkeling van de beek op lange termijn (minimaal benodigde uitvoerparameter: meanderpatroon), de transversale ontwikkeling middels erosie- en depositie-processen (minimaal benodigde uitvoerparameters: breedte, diepte en profielvorm). Tenslotte bepaalt een substratenmodule de verdeling van de substraten (minimaal benodigde uitvoerparameter: substraattypen bedekkingen). De structurenmodule is complex en afhankelijk van hydrologie en hydraulica maar ook van oeverbegroeiing (denk aan toevoer van blad, omvallen van bomen, invallen van takken). Voor de ecologie zijn deze organische substraten van evengroot belang als de minerale (uit te drukken in korrelgrootte klassen, inclusief sliblaagbouw).

### ***Stoffen***

In beken volgen de stofstromen (de fysisch-chemische aspecten) de eerder genoemde (grond-)waterstromen. De stoffen "liften" als het ware mee met het water en vormen gradiënten afhankelijk van de bodemlagen of andere waterstromen die ze op hun weg tegenkomen (bijvoorbeeld kalkrijke bodemlagen). Op regionale schaal spelen vooral nutriënten en macro-ionen een belangrijke rol (afhankelijk van de herkomst van het water). Als indicator voor kwel- en infiltratiestromen in relatie tot de ondergrond wordt calcium als voor de macrofauna belangrijke factor gebruikt. Mogelijk kan hiermee ook de invloed van grond- ten opzichte van regenwater mee worden beoordeeld. Op lokale schaal zijn, naast eerder genoemde stoffen, ook het zuurstofgehalte en de organische stoffen van belang.

In de modellering rekent de trofiëringsmodule de nutriëntenspiralen in de beek door, inclusief de aanvoer vanaf het omringende land (minimaal benodigde uitvoerparameter: totaal fosfaat). De saprobiëringsmodule rekent de organische stoffenhuishouding en de zuurstofverlopen in het water uit (minimaal benodigde uitvoerparameters: ammonium, nitraat, zuurstof). De theorie achter de beide voedingsstoffen gerelateerde modules zijn beschreven door Nijboer (2001). De macro-ionenmodule is minder van belang maar kan in relatie staan tot langere termijn balansen op stroomgebiedniveau (minimaal benodigde uitvoerparameters: chloride en calcium). Een zuurgraadmodule kan voor (zwak) zure beken nuttig zijn (minimaal benodigde uitvoerparameter: pH).

### ***Soorten***

De bovengenoemde werkzame sleutelfactoren van systeemvoorwaarden (klimaat), stroming (hydrologie), structuren (fysische eigenschappen van (beek-)bodem en geomorfologie) en stoffen (chemische eigenschappen van bodem- en oppervlaktewater) leiden tot patronen in levensomstandigheden in het gehele beekstelsel. De organismen en hun samenhang die de levensgemeenschappen vormen worden aangeduid met de term soorten. Levensgemeenschappen reageren op de abiotische processen en patronen in het beekstelsel.

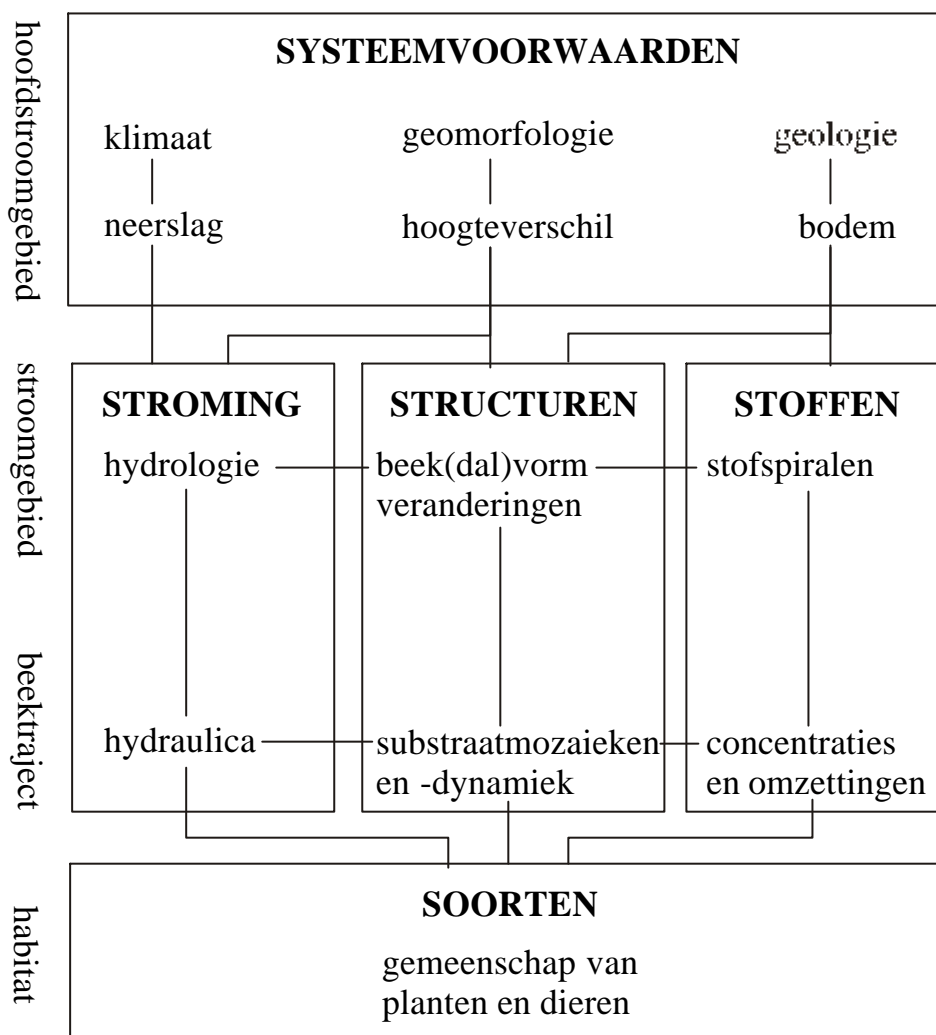
Resultaten uit bovengenoemde modules worden weggeschreven en door een nabewerkingsprogramma geaggregeerd tot waarden die nodig zijn voor de ecologische modules. Om bijvoorbeeld, voor een bepaald jaar de samenstelling van waterplanten in te schatten, waarvoor de gemiddelde concentratie aan ammonium en fosfaat voor het zomer- en winterhalfjaar nodig zijn, dan kunnen deze uit de concentraties per dag worden gegenereerd.

De ecologische modules beslaan de ontwikkelings-, de energetische en de structuurbepalende processen in de beek zelf als in de beekbegeleidende systemen.

### ***Interacties tussen de 5 S'en***

Het zal duidelijk zijn dat randvoorwaardenstellende, sturende en volgende sleutelfactoren niet enkel en alleen gekoppeld zijn aan de respectievelijk genoemde 5 S'en. De sleutelfactoren zijn alle onderling afhankelijk. Zo zijn bijvoorbeeld in beken 'structuren' zoals bladdammen een gevolg van de 'stroming' in de vorm van afvoer maar kunnen op hun beurt afvoerpieken verminderen. Of zijn bijvoorbeeld 'soorten' zoals waterplanten afhankelijk van 'stoffen' maar beïnvloeden via verdamping en hydrologische weerstand de 'stroming'. De interactie tussen factoren is steeds

aanwezig maar verschilt in aard en intensiteit. Wisselwerkingen vinden op twee belangrijke manieren plaats. De verticale verbanden en dwarsverbanden in figuur 5.2 geven interacties of processen tussen sleutelfactoren weer.



Figuur 5.2 Het 5-S-model.

### **Schaal**

Voor de ecologie zijn juist fijne schalen van groot belang. Het gaat om het habitat of de standplaats van individuen. De verbanden tussen enerzijds het abiotisch milieu in termen van hydrologie, structuren en stoffen en anderzijds aquatische planten en dieren in watersystemen verlopen via verschillende niveaus. Op habitatniveau wordt de relatie tussen de planten en macrofauna en de habitatvormende processen (stroomsnelheid, waterbeweging, aard en samenstelling van het substraat, waterchemie en voedsel) in onderlinge interactie bepaald. Deze interacties zijn tot op heden vooral in kwalitatieve termen beschreven. Op meer regionale schaal spelen factoren zoals watertype, zuurgraad, gemiddelde stroomsnelheid en bodem/substraat. Deze kennis dient echter te worden geïntegreerd en gegeneraliseerd om de koppeling abiotiek-aquatische biotiek te leggen. De rode draad van deze schaalproblematiek zit besloten in

het hierboven beschreven 5-S-model (Verdonschot et al. 1995). Het herkennen van schaalverschillen, het identificeren van relevante parameters op ieder niveau en het koppelen van niveaus is nodig om globalere modellen en lokale effecten op habitatniveau te verbinden. In deze koppeling zit ook een generalisatie van specifieke habitatinformatie naar het niveau van het stroomgebied. Naast deze ruimtelijke schaal dient ook een temporele schaling plaats te vinden.

Als voor een stroomgebied moet worden gerekend zal het niet mogelijk zijn om iedere beekloop afzonderlijk door te rekenen. Daarom is het nodig om de allerkleinste lopen samen te voegen en als één geheel door te rekenen. Clustering van kleine lopen zal moeten gebeuren op basis van bodemtype, bodemgebruik (mestgift), peil en van karakteristieken van de lopen (breedte, diepte, droogvallen). Wijze van schematiseren zal moeten worden afgestemd tussen hydraulica, chemische- en ecologische waterkwaliteit. Van groot belang is om een goede methodiek voor schaalafhankelijkheid in te bouwen. Gezien de fijne schaal van de ecologie dient in eerste instantie te worden gewerkt aan een opschalingsmethodiek van lokale processen naar regionaal niveau. Vanuit de ecologie is het de uitdaging te trachten zowel *intrinsiek* van organisme-factor naar gemeenschap-regionale parameter, *ruimtelijk* van lokaal naar regionaal en *temporeel* van moment naar periode op te schalen. De moeilijkheidsgraad mag niet worden onderschat.



## 6 Referenties

### 6.1 Literatuurreferenties

- Aalderink, R.H., Klaver, N.J. & Noorman, R., 1995. DUFLOW V 2.0 micro-computer package for the simulation of 1-dimensional flow and water quality in a network of open water courses. Water quality modeling: proceedings, ASAE, 416-425.
- Abrahamsson, O. & Hakanson, L., 1998. Modelling seasonal flow variability of European rivers. *Ecol. Model.* 114: 49-58.
- Baalen, S.J.A. van, Stoppelenburg, F.J., Garritsen, A.C., Aldenberg, T., Bulens, J.D. & Pastoors, M.J.H., 1997. Kennisoverzicht instrumentarium verdrogingbestrijding : een verkenning van de toepassing van en behoefte aan modellen en informatiesystemen voor de planvorming voor gebiedsgerichte verdrogingsbestrijding. NOV rapport; 13-1, RIZA rapport; 97.019, RIZA Lelystad, 103 pp.
- CHO-TNO, 1986. Verklarende hydrologische woordenlijst. Rapport no. 16, CHO-TNO, Den Haag.
- Darby, S.E. & Thorne, C.R., 1996. Predicting stage-discharge curves in channels with bank vegetation. *J. Hydr. Engrg.*, 122(10), 583-586.
- Darby, S.E. & Thorne, C.R., 1996a. Modelling the sensitivity of channel adjustments in destabilized sand-bed rivers. *Earth Surface Processes and Landforms.*, 21, 1109-1125.
- De Roo, A.P.J., Wesseling, C.G. & Deursen, W.P.A. van, 1998. Physically-based river basin modelling within a GIS: The LISFLOOD model. Proceedings of the 3rd International Conference on GeoComputation, University of Bristol, United Kingdom, 17 - 19 September 1998.
- De Vries, J.J., Hromadka, T.V. & Maidment, D.R., 1993. Computer models for surface water. *Handbook of hydrology*, New York, 21 pp.
- Engelenburg, M.A.L. van., 1989. Application of the PULSE model to the Hupselse beek catchment (Holland). Wageningen, Research report, Agricultural University, Department of hydraulics and catchment hydrology, no. 90, 64 pp.
- Engelhardt, C., Prochnow, D. & Bungartz, H., 1995. Modeling and simulation of sedimentation processes in a lowland river. *Mathematics and Computers in Simulation*, 39: 627-633.
- Enggrob, H.G. & Olesen, K.W., 1996. A hybrid sediment transport modeling system for rivers and estuaries. *Advanc. Limnol.* 47: 491-495.
- Ghanem, A., Steffler, P., Hichs, F. & Katopodis, C., 1996. Two-dimensional hydraulic simulation of physical habitat conditions in flowing streams. *Regulated Rivers: Research & management*, 12: 185-200.
- Gordon, N.D., McMahon, T.A. & Finlayson, B.L., 1992. *Stream Hydrology: an introduction for ecologists*, Centre for Environmental Applied Hydrology, University of Melbourne. pp 526.

- Gore, J.A. & Hamilton, S.W., 1996. Comparison of flow-related habitat evaluations downstream of low-head weirs on small and large fluvial ecosystems. *Regulated Rivers & Management*, 12: 459-469.
- Gross, J.L. & Small, J.M., 1998. River and floodplain process simulation for subsurface characterization. *Water resources research*, 34(9): 2365-2376.
- Hazelhoff, L., Roo, A.P.J. de., Heuvelink, G.B.M., Harts, J., Ottens, H.F.L. & Scholten, H.J., 1990. The uses of Monte Carlo simulations to estimate the effect of spatial variability of infiltration on the output of a distributed runoff and erosion model. *EGIS '90*, 442-542.
- Higler, L.W.G., Beije, H.M. & Hoek, W. van der, 1995. *Stromen in het landschap; ecosysteemvisie beken en beekdalen*. IBN-rapport 153, Wageningen, 132 pp.
- Hodkinson, A. & Ferguson, R.I., 1998. Numerical modelling of separated flow in river bends: Model testing and experimental investigation of geometric controls on the extent of flow separation at the concave bank. *Hydrol. Process.* 12: 1323-1338.
- Nicholas, A.P. & Walling, D.E., 1998. Numerical modelling of floodplain hydraulics and suspended sediment transport and deposition. *Hydrol. Process.* 12: 1339-1355.
- Nijboer, R.C., 2001. *Nutriëntennormering voor stromende wateren: Gevolgen van verrijking op de fysische, chemische en ecologische processen*. Alterra, Wageningen.
- Meakin, P., Sun, T., Jossang, T. & Schwarz, K., 1996. A simulation model for meandering rivers and their associated sedimentary environments, *Physica A* 233., 606-618.
- Milhous, R.T., 1998. Modelling of instream flow needs: The link between sediment and aquatic habitat. *Regul. Rivers: Res. Mgmt.* 14: 79-94.
- Mosselman, E., 1998. Morphological modelling of rivers with erodible banks. *Hydrol. Process.* 12: 1357-1370.
- Olde Venterink, H., Pieterse., N.M., Wassen, M.J. & Verkroost, A.W.M., 1998. *Ecostream, A Response Model for Aquatic Ecosystems in Lowland Streams*. Demonstration project for the development of integrated management plans for catchment areas of small trans-border lowland rivers: The river Dommel. 6. Faculty of Geographical Sciences, Utrecht University. pp 52.
- Pieterse, N.M., Olde Venterink, H., Schot, P.P. & Verkroost, A.W.M., 1999. *Streamflow, a GIS based Environmental Assessment Tool for Lowland Rivers*. Demonstration project for the development of integrated management plans for catchment areas of small trans-border lowland rivers: The river Dommel. 2. The Netherlands Centre for Geo-ecological Research (ICG) Functioning of Landscape ecosystems research Group. Department of Environmental Science, Utrecht University, 61 pp.
- Promes, P.M., 1990. *De koppeling van het grondwatermodel GELDYM-MUST en het openwatermodel LYMPHA*. Model TRIGON. Vakgroep Hydrologie, Bodemnatuurkunde en Hydraulica, Landbouwwuniversiteit Wageningen, rapport 9, 72 pp.
- Querner, E.P., 1994. The combined surface and groundwater flow model MOGROW applied to the Hupselse Beek drainage basin. *FRIEND: flow Regimes from international Experimental and netwerk data: proceedings of a*

- international conference, held at the Technical University of Braunschweig, Germany, 381-389.
- Querner, E.P., 1996. Description and application of the combined surface and groundwater flow model MOGROW. *J. Hydrol.* 192: 158-188.
- Refsgaard, J.C., 1996. Parameterisation, calibration and validation of distributed hydrological models. *Journal of Hydrology* 198: 69-97.
- Round, C.E., Young, A.R. & Fox, K., 1998. A regionally applicable model for estimating flow velocity at ungauged river sites in the UK. *Journal of the chartered institution of water and environmental management*, 12(6): 402-405.
- Schuurmans, W., 1988. Study of existing hydrodynamic flow models. A study of the applicability of unsteady flow models in irrigation system design and management. TU Delft, faculty of civil engineering, 118 pp.
- Sinha, S.K., Sotiropoulos, F. & Odgaard, A.J., 1998. Three-dimensional numerical model for flow through natural rivers. *J. Hydr. Engrg.*, 124(1): 13-24.
- Sprengers, C.J., Brink, J.W. van den, Tusveld, M.C.L. & Oberweis, D.A., 1995. Haalbaarheidsstudie standaard uitwisselings-formaat eendimensionale oppervlaktewater-modellen. Rapport, STOWA, versie 0.3. 80 pp.
- Struikma, N., 1985. Prediction of 2-D bed topography in rivers. *J. Hydr. Engrg.*, 111(8): 1169-1182.
- Sun, T., Meakin, P., Jossang, T. & Schwarz, K., 1996. A simulation model for meandering rivers. *Water Resources Research*, 32(9): 2937-2954.
- Syvitsky, J.P.M. & Alcott, J.M., 1994. RIVERS3: simulation of river discharge and sediment transport. *Computers & Geosciences* 21(1): 89-151.
- Taminiau, N. & Velden van der, M., 1999. Spatial variability of N, P and  $\text{SiO}_2$  in the Svarta River Basin, A study of a catchment in the south-east of Sweden. Thesis at Wageningen Agricultural University, department of Water Resources, in co-operation with Linköping university, department of water and environmental studies (TEMA-institute). 91 pp.
- Tipping, E., Woof, C. & Clarke, K., 1993. Deposition and resuspension of fine particles in a riverine 'dead zone'. *Hydrological Processes* 7: 263-277.
- Tribe, S. & Church, S.T., 1999. Simulations of cobble structure on gravel streambed. *Water resources research* 35 (1), 311-318.
- Verdonschot, P.F.M. (red.), 1995. Beken stromen, Leidraad voor ecologisch beekherstel. Handleiding opgesteld door WEW in opdracht van de STOWA. STOWA-rapport 95-03, WEW-06. 236 pp.
- Verdonschot P.F.M., Driessen J.M.C., Mosterdijk H.G. & Schot J.A. (1998): The 5-S-Model, an integrated approach for stream rehabilitation. In: H.O. Hansen & B.L. Madsen, *River Restoration '96, Session lectures proceedings*. International Conference arranged by the European Centre for River Restoration: 36-44. National Environmental Research Institute, Denmark.
- Verwey, A., & van Haperen, M.J.M., 1988. HD-System RUBICON – a user-friendly package for the simulation of unsteady flow in open channel networks. *Hydrosoft*. 1(1): 3-12.
- Zhao, D.H., Shen, H.W., Tabios, G.Q., Lai, J.S. & Tan, W.Y., 1994. Finite-Volume Two-Dimensional Unsteady Flow Model for River Basins. *J. Hydr. Engrg.* 120(7): 863-885.

## 6.2 Internetadressen

- 1: <http://www.fluent.com/software/software.htm> (FLUENT)
- 2: [http://divcom.otago.ac.nz/sirc/geoc98/06/gc\\_06.htm](http://divcom.otago.ac.nz/sirc/geoc98/06/gc_06.htm) (LISFLOOD)
- 3: <http://pasture.ecn.purdue.edu/~abe591w/Projects/group.6/finalreport.html> (SWAT)
- 4: [http://www.scisoftware.com/products/sms\\_overview/sms\\_overview.html](http://www.scisoftware.com/products/sms_overview/sms_overview.html) (SMS)
- 5: [http://www.bossintl.com/html/sms\\_overview.html](http://www.bossintl.com/html/sms_overview.html) (SMS)
- 6: [http://www.scisoftware.com/products/sms\\_details/sms\\_details.html](http://www.scisoftware.com/products/sms_details/sms_details.html) (SMS)
- 7: <http://www.technum.com/PAGES/EN/PRODUCT/AQUADYN/aquady.htm> (AQUADIN)
- 8: [http://h2o.usgs.gov/cgi-bin/man\\_wrdapp?branch](http://h2o.usgs.gov/cgi-bin/man_wrdapp?branch) (BRANCH)
- 9: <http://www.wmo.ch/web/homs/k35313.html> (BRANCH)
- 10: <http://www.wmo.ch/web/homs/k35314.html> (DAFLOW)
- 11: <http://www.geogr.uni-jena.de/software/dafLOW.html> (DAFLOW)
- 12: <http://www.wmo.ch/web/homs/k35301.html> (DYNMOD)
- 13: <http://www.wmo.ch/web/homs/k22108.html> (SOIL)
- 14: <http://www.geogr.uni-jena.de/software/FourPt.html> (FOURpt)
- 15: [http://www.hec.usace.army.mil/software/software\\_distrib/hec-2/hec2program.html](http://www.hec.usace.army.mil/software/software_distrib/hec-2/hec2program.html) (HEC-2)
- 16: <http://www.wmo.ch/web/homs/k35312.html> (RIFLOW)
- 17: [http://www.mesc.usgs.gov/rsm/more\\_phabsim.html](http://www.mesc.usgs.gov/rsm/more_phabsim.html) (PHABSIM)
- 18: [http://www.scisoftware.com/products/aquady\\_details/aquady\\_details.html](http://www.scisoftware.com/products/aquady_details/aquady_details.html) (AQUADIN)
- 19: [http://water.usgs.gov/cgi-bin/man\\_wrdapp?seddisch](http://water.usgs.gov/cgi-bin/man_wrdapp?seddisch) (SEDDISCH)
- 20: [http://water.usgs.gov/cgi-bin/man\\_wrdapp?modein](http://water.usgs.gov/cgi-bin/man_wrdapp?modein) (MODEIN)
- 21: <http://hsp.nws.noaa.gov/oh/hrl/rvrmech/flD.htm> (FLDWAV)
- 22: <http://www.aquaterra.com/hspf.html> (HSPF)
- 23: [http://www.scisoftware.com/products/hspf\\_model\\_details/hspf\\_model\\_details.html](http://www.scisoftware.com/products/hspf_model_details/hspf_model_details.html) (HSPF)
- 24: <http://www.dhi.dk/general/dhisoft.htm> (SHE/Mike11)
- 25: <http://www.dhi.dk/software/mike21c/M21Curve.htm> (MIKE21 Curvilinear)
- 26: <http://www.cee.odu.edu/cee/model/swrrbwq.html> (SWRRB)
- 27: <http://www.cares.missouri.edu/cares/misc/p391.html> (SWAT)
- 28: [http://www.db.pz-oekosys.uni-kiel.de/elbe/owa/datblattinfo?idat\\_id=197](http://www.db.pz-oekosys.uni-kiel.de/elbe/owa/datblattinfo?idat_id=197) (SEDIFLOW)
- 29: [http://www.hec.usace.army.mil/software/software\\_distrib/](http://www.hec.usace.army.mil/software/software_distrib/) (HEC1, HEC2, HEC6)
- 30: [http://water.usgs.gov/cgi-bin/man\\_wrdapp?dr3m](http://water.usgs.gov/cgi-bin/man_wrdapp?dr3m) (DRM3)
- 31: <http://www.hec.usace.army.mil/> (HEC1, HEC2, HEC6)
- 32: <http://www.cee.odu.edu/cee/model/model.html> (HSPF)
- 33: <http://www.geogr.uni-jena.de/software/wspro.html> (WSPRO)
- 34: <http://mk.frw.ruu.nl/products/environm.htm> #Hydrological models created at the Department of Environmental Studies (STREAMFLOW)

- 35: [http://water.usgs.gov/software/surface\\_water.html](http://water.usgs.gov/software/surface_water.html)
- 36: <http://www.mtnswest.com/ores/geology/hydro/data.htm>
- 37: <http://www.wmo.ch/web/homs/annexb.html>
- 38: <http://www.sni.net/wrp/cmwh.html>
- 39: <http://www.geocities.com/CapeCanaveral/Launchpad/9631/hydro.html>
- 40: <http://www.hrwallingford.co.uk/index.html> (ISIS)
- 41: <http://www.wmo.ch/web/homs/j04202.html> (HBV)
- 42: <http://www.smhi.se/egmain/index.htm> (HBV)



## Bijlage 1 Continue afvoer simulatie-modellen (deel I).

naam	PULSE	HSPF Hydrological Simulation program fortran	MIKE SHE
bron	Swedisch meteorological and hydrological institute		Danisch Hydraulic Instituut
functie	Simuleren van runoff	simulatie van hydrologie en waterkwaliteit	deterministisch, distribuerend en fysisch model voor de simulatie van hydrologische processen in de land fase van de hydrologische cyclus
toepassingsgebied	stroomgebied	stroomgebied	stroomgebied
doelstelling	voorspellen	voorspellen	voorspellen
componenten			
processen	interceptie Evapotranspiratie Het smelten van sneeuw Grondwaterafvoer afvoer via waterlopen	evapotranspiratie oppervlakkige afvoer (interflow) oppervlakte afvoer afvoer door waterlopen verzadigde grondwater afvoer sedimentatie infiltratie interceptie	gewas interceptie evapotranspiratie sneeuwsmelten oppervlakte afvoer afvoer door waterlopen onverzadigde grondwater afvoer verzadigde grondwater afvoer
berekeningsmethode		tijdschaal management systeem opererend naar "direct access principles"	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ numerieke oplossing van de partiële differentiaal vergelijkingen</li> <li>➤ twee-dimensionaal diffuse golf benadering van de St. Venant vergelijkingen</li> <li>➤ één-dimensionale vorm van de St. Venant vergelijking</li> <li>➤ één-dimensionale Richard's vergelijking</li> </ul>
gebruik	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ grondwaterbesmetting</li> <li>➤ afvoergegevens</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ simuleren van afvoergegevens</li> <li>➤ het simuleren van kwantitatieve en kwalitatieve afvloeiing van een agrarisch of stedelijk stroomgebied</li> <li>➤ berekenen / voorspellen van sedimentatie</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ irrigatie</li> <li>➤ landgebruik</li> <li>➤ water ontwikkelingen</li> <li>➤ grondwaterbesmetting</li> <li>➤ erosie en sedimenttransport</li> <li>➤ overstromingsvoorspellingen</li> <li>➤ interceptie verlies</li> </ul>
opbouw			<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ grid</li> <li>➤ horizontale "planes" van verschillende diepte</li> </ul>
input	tijdsinterval Afvoer Temperatuur neerslag sub-bassins bodemparemeters vegetatiegegevens oppervlakte maximale bodemvochtigheid	verdamping neerslag bodemparemeters landgebruik interceptie verlies instraling	meteorologische gegevens stroomgebiedkarakteristieken

<b>output</b>	evapotranspiratie waterafvoer interceptie gegevens bodemvochtigheid	waterafvoer sediment hoeveelheid onafgebroken afvoerlijnen van afvoergegevens uit het systeem	waterafvoer interceptie gegevens evapotranspiratie bodemvochtigheid verdeling infiltratie gegevens
<b>afvoer</b>	via waterlopen via grondwater	via oppervlakte via waterlopen via grondwater	via oppervlakte via waterlopen via grondwater oppervlakkige afvoer (interflow)
<b>extra modules</b>	hydrochemisch	waterkwaliteit / sedimentatie	
<b>presentatie</b>	tabellen	tabellen plot file	tabellen grafieken plots
<b>beschikbaarheid</b>		beschikbaar via internet (32)	beschikbaar voor mainframe computers , internet (24)
<b>literatuur</b>	Engelenburg, 1989	De Vries et al., 1993; internet (22,23,32)	De Vries et al., 1993; Refsgaards, 1996; internet (24)
<b>waterkwaliteit</b>	waterkwaliteit	waterkwaliteit	
<b>berekeningsmethode</b>			
<b>gebruik</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ invloed van zure regen op een hydrologisch systeem</li> <li>➤ simulatie van nitraat en chloride</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ simulatie van afvloeiing van land en bodem besmettingen in samenhang met hydraulische en sediment-chemische interacties</li> <li>➤ interacties van chemische stoffen tussen sediment en waterkolom</li> <li>➤ puntlozing analyse</li> <li>➤ toekomst, transport, belasting en controle van nutriënten, pesticiden en andere giftige stoffen</li> </ul>	
<b>processen</b>		hydrolyse oxidatie vervluchtigen afbreken absorptie resuspensie afzetting	
<b>input extra module</b>		concentraties afvallozingen	



<b>output extra module</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ pH</li> <li>➤ alkaliniteit</li> <li>➤ chloride</li> <li>➤ nitraat</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ sediment hoeveelheid (zand, klei en silt)</li> <li>➤ nutriënten- en pesticide-concentraties</li> <li>➤ tijdsschaal van waterkwaliteit en -kwantiteit van specifieke punten in het stroomgebied</li> <li>➤ concentratie chemische stof/ transformatie product</li> <li>➤ watertemperatuur</li> <li>➤ DO en BOD gegevens</li> <li>➤ plankton populaties</li> <li>➤ pH, CO<sub>2</sub>, alkaliniteit en totaal anorganisch koolstof</li> <li>➤ tabellen</li> </ul>	
<b>presentatie</b>		plotfile	

## Bijlage 1 Continue afvoer simulatie modellen (deel II).

<b>naam</b>	<b>MOGROW MO</b> delling <b>GR</b> Oundwater flow and the flow in surface <b>W</b> ater systems	<b>SWRRB S</b> imulation for <b>W</b> ater <b>R</b> esources in <b>R</b> ural <b>B</b> assins	<b>RIVER3</b>
<b>bron</b>	Staringcentrum DLO	U.S. Department of Agriculture	Geological Survey of Canada
<b>functie</b>	simulatie van grondwaterafvoer in de verzadigde en onverzadigde zone en van oppervlaktewater	simulatie van hydrologie en gerelateerde processen	simulatie van rivierafvoer en sedimenttransport
<b>toepassings- gebied</b>	stroomgebied	landelijke (agrarische) stroomgebieden	berggriviervsystemen
<b>doelstelling</b>	beschrijven, voorspellen	voorspellen	voorspellen
<b>componen- ten</b>		weer hydrologie sedimentatie nutriënten pesticiden	
<b>processen</b>	afvloeiing hysterese preferente afvoer evapotranspiratie oppervlakkige afvoer (interflow)	evapotranspiratie reservoirverdamping sedimentatie afvloeiing van pesticiden percolatie top afvoer	sedimenttransport waterafvoer neerslag verdamping ijs / sneeuw smelten
<b>berekenings- methode</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ verzadigd gedeelte; quasi drie-dimensionaal finite element</li> <li>➤ onverzadigd gedeelte; één-dimensionaal "per type of land use"</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ runoff; Soil Conservation Service curve number approach</li> <li>➤ hydrology; water balance equation</li> <li>➤ topafvoer; modification of the rational formula</li> <li>➤ percolatie; storage routing technique gecombineerd met een "crack-flow model"</li> <li>➤ sediment hoeveelheid; "modified universal soil loss equation"</li> </ul>	één-dimensionaal deterministisch of stochastisch, lineair model
<b>gebruik</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ het kwantificeren van wateronttrekkingen</li> <li>➤ inschatten van maatregelen om geschikte hydrologische condities</li> <li>➤ te creëren voor agrarische- of natuurgebieden</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ sedimentproductie in een stroomgebied</li> <li>➤ voorspellen van effecten van landgebruik op de waterkwantiteit</li> <li>➤ vervuiling van het stroomgebied</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ voorspellen van sediment hoeveelheden en transport in riviersystemen</li> <li>➤ voorspellen van de totale afvoer in een rivier</li> <li>➤ voorspellen van hydrologische scenario's gerelateerd aan het opwarmen van de aarde</li> </ul>
<b>opbouw</b>	reservoirs netwerk sectie knoop	bassins sub-bassins	
<b>input</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ potentiële verdamping / transpiratie</li> <li>➤ structuren zoals; stuwen, gemalen, hevels etc</li> <li>➤ bodemparameters</li> <li>➤ landgebruik</li> <li>➤ neerslaggegevens</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ algemene stroomgebiedgegevens</li> <li>➤ algemene weersgegevens</li> <li>➤ maandelijkse neerslag, temperatuur en instraling</li> <li>➤ grond / bodemparameters</li> <li>➤ irrigatie gegevens</li> <li>➤ gewasgegevens</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ jaarlijkse neerslag in de vorm van regen en sneeuw</li> <li>➤ seizoensverdamping</li> <li>➤ erosie-coëfficiënt</li> <li>➤ dagen per maand waarbij de temperatuur boven de 5, 10 en 20°C komt</li> <li>➤ topografie</li> <li>➤ sedimenttransport</li> <li>➤ vorstgrenshoogte</li> </ul>

<b>output</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ grondwaterstanden</li> <li>➤ afvoergegevens (grondwater en oppervlakte water)</li> <li>➤ bodemvochtigheid</li> <li>➤ evapotranspiratie</li> </ul>	sediment hoeveelheid	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ bijdrage van regenhoeveelheid aan het systeem</li> <li>➤ bijdrage van grondwater aan het systeem</li> <li>➤ bijdrage van ijssmelten aan het systeem</li> <li>➤ waterloop omvang</li> <li>➤ transport snelheid van sediment (vijf fracties, van grind tot klei)</li> </ul>
<b>afvoer</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ via oppervlakte</li> <li>➤ via waterlopen</li> <li>➤ topafvoer</li> <li>➤ oppervlakkige afvoer (interflow)</li> <li>➤ basisafvoer</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ via oppervlakte</li> <li>➤ "return flow"</li> <li>➤ topafvoer</li> </ul>	
<b>extra modules</b>			
<b>presentatie</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ hydrograph</li> <li>➤ tabellen</li> <li>➤ grafieken</li> </ul>		tabellen
<b>beschikbaarheid</b>		beschikbaar via internet (32)	
<b>literatuur</b>	Querner, 1994, 1996	De Vries et al.,1993; internet (26)	Syvitsky et al., 1994
<b>waterkwaliteit</b>			
<b>berekeningsmethode</b>			
<b>gebruik</b>			
<b>processen</b>			
<b>input</b>			
<b>output</b>			
<b>presentatie</b>			

## Bijlage 1 Continue afvoer simulatie modellen (deel III).

<b>naam</b>	<b>LISFLOOD</b> (GIS systeem)	<b>SWAT</b> (GIS systeem) Soil and Water Assessment Tool	<b>PRMS</b> Precipitation-Runoff Modeling System
<b>bron</b>	PCRaster Environmental Software, Utrecht Nederland		U.S. Geological Survey
<b>functie</b>	"Physically-based" model voor de simulatie van rivierafvoer	"A continuous time, bassin scale hydrologic model"	een deterministisch, "distributed-parameter" model
<b>toepassingsgebied</b>	grote stroomgebieden	stroomgebied, rivier / waterloop	stroomgebied
<b>doelstelling</b>	voorspellen		evalueren
<b>componenten</b>		hydrologie weer sedimentatie bodentemperatuur nutriënten pesticiden agrarisch beheer	
<b>processen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ neerslag</li> <li>➢ interceptie</li> <li>➢ sneeuwsmelten</li> <li>➢ evapotranspiratie</li> <li>➢ percolatie</li> <li>➢ grondwaterstroming</li> <li>➢ zijdelingse afvoer</li> <li>➢ oppervlakte afvoer</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ oppervlakte afvoer</li> <li>➢ percolatie</li> <li>➢ sneeuw smelten</li> <li>➢ evapotranspiratie</li> <li>➢ sedimentatie</li> <li>➢ grondwaterstroming</li> <li>➢ water, sediment, nutriënten en pesticide afvoer via oppervlakte en grondwater</li> <li>➢ irrigatie</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ afvoer</li> <li>➢ verdamping</li> <li>➢ evapotranspiratie</li> <li>➢ sedimentatie</li> <li>➢ interceptie</li> </ul>
<b>berekeningsmethode</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ voor oppervlakte afvoer en afvoer via waterlopen</li> <li>➢ "Kinematic wave approximation" en "Manning equation"</li> <li>➢ infiltratie: "two layer Green-Ampt equation"</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ sediment: "modified universal soil loss equation"</li> <li>➢ hydrologisch model is gebaseerd op waterbalans vergelijking</li> </ul>	
<b>gebruik</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ simulatie van afvoer hoeveelheden in riviersystemen</li> <li>➢ analyse van overstromingen in riviersystemen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ het voorspellen van de invloed van management op water, sediment en chemische stoffen in grote agrarische stroomgebieden</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ stroomgebied respons na extreme regenval, en sneeuw smelten</li> <li>➢ evaluatie van waterbalans relatie, "flow regimes" en grondwater aanvulling</li> </ul>
<b>opbouw</b>	gridsysteem (rechthoekig)	bassin /sub-bassin gridcellen	bassins units
<b>input</b>	neerslag temperatuur Manning's n bodembedekking "leaf area index"	stroomgebiedgegevens water kwaliteitsgegevens pesticide gegevens bodembedekking grondwater gegevens meteorologische gegevens	neerslaggegevens(dagelijkse en interval) afvoergegevens totale verdamping ruwheidsgegevens hydraulische gegevens oppervlakte gegevens sedimentgegevens topografie bodembedekking vegetatie gegevens

<b>output</b>	afvoergegevens in de tijd totale neerslag totale interceptie totale infiltratie waterdiepte	afvoergegevens verdampinggegevens	gemiddelde dagelijkse afvoer maandelijkse en jaarlijkse neerslag interceptie potentiële en actuele evapotranspiratie "inflow" en "outflow" van grondwater
<b>afvoer</b>		zijdelingse afvoer oppervlakte afvoer grondwater afvoer	
<b>extra modules</b>			
<b>presentatie</b>	grafieken (hydrograph) GIS kaarten	kaarten grafieken tabellen	
<b>beschikbaarheid</b>	informatie bij C.G Wesseling & W.P.A. van Deursen, PCRaster Environmental Software, P.O. Box 427, 3500 AK Utrecht	informatie op internet (27)	
<b>literatuur</b>	internet (2)	internet (27)	De Vries et al.,1993
<b>waterkwaliteit</b>			
<b>berekeningsmethode</b>			
<b>gebruik</b>		"a loading function" voorspellen van hoeveelheden stikstof, fosfor en pesticiden in de voorspelde afvoer.	
<b>processen</b>			
<b>input</b>		pesticide-gegevens waterkwaliteitgegevens	
<b>output presentatie</b>		concentraties grafieken tabellen kaarten	

## Bijlage 1 Continue afvoer simulatie modellen (deel IV).

naam	SOIL	STREAMFLOW (GIS PCRASTER)
<b>bron</b>	HOMS, World Meteorological organization	Pieterse et al ., 1999
<b>functie</b>	een model voor het synthetisch genereren van afvoer voor riviersystemen zonder gegevens	een "conceptual spatially distributed water balance model"
<b>toepassings gebied</b>	kleine riviersystemen	laaglandbeken
<b>doelstelling</b>	genereren	inschatten simuleren
<b>componen-ten</b>		
<b>processen</b>	interceptie infiltratie depressie bodemvochtigheid	interceptie evapotranspiratie stroomsnelheid debiet
<b>berekenings methode</b>	"method of the U.S. Soil Conservation Service"	stroomsnelheid: Manning's vergelijking
<b>gebruik</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ genereren van maandelijkse waterafvoer series gebaseerd op de dagelijkse neerslag</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ het berekenen van debiet, stroomsnelheid, droogvalling en Kjeldahl-N concentraties</li> <li>➢ het inschatten van de invloed van menselijk handelen (waterbeheer, verstedelijking, drainage en landbouw) op aquatische ecosystemen van laaglandbeken</li> </ul>
<b>opbouw</b>		
<b>input</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ dagelijkse neerslag gegevens over een minimale tijd van twee jaar</li> <li>➢ bodem complex aantal (maximaal 5)</li> <li>➢ oppervlakte percentage van ieder afzonderlijk bodemcomplex</li> </ul>	landgebruik bodem karakteristieken rivier breedte neerslag vegetatie-type grondwater infiltratie en "seepage" drainage dichtheid hoogte
<b>output</b>	totale maandelijkse neerslag gegenereerde afvoer	gemiddelde afvoer droogvalling stroomsnelheid Kjeldahl-N concentratie
<b>afvoer</b>		
<b>extra modules</b>		
<b>presentatie</b>	grafieken plots	kaarten
<b>beschikbaarheid</b>	beschikbaar via HOMS internet (13)	inlichtingen via internet (34)
<b>literatuur</b>	internet (13)	Pieterse et al ., 1999; Olde Venterink et al, 1999
<b>waterkwali-teit</b>		
<b>berekenings-methode</b>		
<b>gebruik</b>		

<b>processen</b>		
<b>input</b>		
<b>output</b>		
<b>presentatie</b>		





## Bijlage 2 Hydraulische flow modellen (deel I).

naam	DUFLOW	HYDRA	RIBASI
bron	STOWA	HEIDEMIJ	DHV water bv
functie	één-dimensionaal model voor de berekening van waterbeweging en waterkwaliteit in een netwerk van open waterlopen	één-dimensionaal model voor het doorrekenen van hydraulische netwerken	één-dimensionaal model voor de berekening van waterbeweging en waterkwaliteit
toepassingsgebied	een netwerk van open waterlopen	netwerk van open leidingen en rioolstelsels	netwerk van open waterlopen
doelstelling	voorspellen	doorrekenen	berekenen
componenten			
processen	één-dimensionale afvoer	hydraulische krachten stroomsnelheden zandtransport afvoer	stromen van water over een dijk "hydrologic load" drainage stroomsnelheden totale toevoer naar systeem totale uitstroom vanuit het systeem afvoer
berekeningsmethode	niet-stationaire stromingsberekening	stationaire / niet-stationaire stromingsberekening	stationaire / niet-stationaire stromingsberekening volgens de St-Venant vergelijking
gebruik	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ waterhoogte voorspelling</li> <li>➤ niet-stationaire stromingsberekening</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ berekenen van waterbergingshoeveelheid</li> <li>➤ schietend water</li> <li>➤ watersprong</li> <li>➤ stroomsnelheden</li> <li>➤ stationaire stromingsberekening</li> <li>➤ niet-stationaire stromingsberekening</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ berekenen van tijdsafhankelijke processen</li> <li>➤ simulatie van moerassen, vloedvlakten, krekens en reservoirs</li> <li>➤ stationaire stromingsberekening</li> <li>➤ niet-stationaire stromingsberekening</li> </ul>
opbouw	knopen takken structuren dwarsprofielen	knopen takken structuren lozingspunten	knopen takken randknopen
input	randvoorwaarden tijdstep informatie weerstandstermen dwarsdoorsneden snelheden waterstand windsnelheid oppervlakte runoff factor neerslag debiet geometrie	randvoorwaarden debiet waterstand windsnelheid tijdstep informatie neerslag oppervlakte geometrie	randvoorwaarden debiet waterstand tijdstep informatie neerslag maaiveld hoogte oppervlakte runoff factor breedte stroomgebied geometrie

<b>structuren</b>	stuw verdrongen opening pompen duikers hevels overlaat gemaal	stuw verdrongen opening stuwduiker duikers hevels bocht gemaal brugpijler krooshek	stuw duiker gemaal
<b>output</b>	waterstand debiet snelheid peil	debiet snelheid peil	waterstand debiet snelheid maximale waterstand maximaal debiet "spilled volumes" waterbalans informatie
<b>presentatie</b>	tabellen grafieken	tabellen grafieken	tabellen grafieken
<b>(extra) modules</b>	waterkwaliteit	waterkwaliteit	
<b>beschikbaarheid</b>	beschikbaar via STOWA, Arthur van Schendelstraat 816, postbus 8090, 3503 RB Utrecht	beschikbaar via HEIDEMIJ ADVIES bv, Lovinklaan 1, Postbus 264, 6800 AG Arnhem	beschikbaar via DHV Water bv, Laan 1914, nr. 35, Postbus 484, 3800 AL Amersfoort
<b>literatuur</b>	Aalderink et al., 1995; Sprengers et al., 1995	Sprengers et al., 1995	Sprengers et al., 1995

## Bijlage 2 Hydraulische flow modellen (deel II).

naam	RUBICON	SOBEK	TAUWSIM
bron	HASKONING	Rijkswaterstaat RIZA	TAUW Infra Consult BV
functie	één-dimensionaal model voor de berekening van stationaire en niet-stationaire waterbewegingen	één-dimensionaal model voor de berekening van stationaire en niet-stationaire waterbewegingen	één-dimensionaal model voor het dynamisch doorrekenen van waterhuishoudkundige systemen
toepassingsgebied	netwerk van open waterlopen	netwerk van open waterlopen	oppervlaktewater, landelijk gebied, stedelijk gebied en grondwatersystemen
doelstelling	doorrekenen	doorrekenen	dynamisch doorrekenen
componenten			oppervlaktewater grondwater stedelijk gebied landelijk gebied
processen	afvoer	sedimentatie morfologie dynamische en quasi-stationaire waterbewegingen zout indringing bodem- en wandwrijving	afvoer capillaire opstijging grondwater
berekeningsmethode	stationaire / niet-stationaire stromingsberekening volgens de St-Venant vergelijkingen	stationaire / niet-stationaire stromingsberekening volgens de St-Venant vergelijkingen	bakmodellen methode
gebruik	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ irrigatiesystemen</li> <li>➤ niet-stationaire stromingsberekening</li> <li>➤ stationaire stromingsberekening</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ sedimenttransport</li> <li>➤ simuleren van waterbewegingen</li> <li>➤ morfologie van rivier- en estuariumsystemen</li> <li>➤ weerstandsberekeningen voor stroming</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ simuleren neerslag-afvoerloop</li> <li>➤ bepalen grondwaterstanden</li> <li>➤ berekenen waterstanden</li> </ul>
opbouw	knopen takken structuren dwarsprofielen rekenpunten	takken knopen randen segment dwarsprofiel	
input	randvoorwaarden debiet waterstand tijdstep informatie breedte stroom diepte maximaal bodem breedte talud helling	randvoorwaarden debiet waterstand diepte tijdstep informatie windsnelheid en richting diepte maximaal bodem breedte bodem niveau talud helling	randvoorwaarde waterstand diepte neerslag verdamping gegevens landelijk gebied gegevens stedelijk gebied bodemopbouw gegevens grondwater bergingscoëfficiënt
structuren	stuw verdrongen opening duiker gemaal verdeler	stuw gemaal	stuw duiker gemaal weerstandselementen

<b>output</b>	waterstanden debiet	waterstand stroomsnelheid stroombreedte debiet breedte oppervlak diepte Chézy-coëfficiënt	run-off inundatie inhoud waterstand verdamping debiet neerslag grondwaterstand waterbalans gegevens
<b>presentatie</b>	tabellen grafieken	tabellen grafieken	
<b>(extra) modules</b>		waterkwaliteit zout indringend, inclusief dichtheidsstromen sedimenttransport	
<b>beschikbaar heid</b>	beschikbaar via HASKONING bv, Barbarossastraat 35, Postbus 151, 6500 AD Nijmegen	beschikbaar via Rijkswaterstaat RIZA, Maerland 16, Postbus 17, 8200 AA Lelystad	beschikbaar via TAUW Infra Consult bv, Postbus 479, 7400 AL Deventer
<b>literatuur</b>	Schuurmans, 1988; Sprengers et al., 1995; Verwey et al., 1988	Sprengers et al., 1995	Sprengers et al., 1995

## Bijlage 2 Hydraulische flow modellen (deel III).

naam	HEC-2	WSPRO	FOURpt
	Hydrologic Engineering Center	Water Surface Profile Computations	
bron	Hydrologic Engineering Center of the U.S. Army Corps of Engineers	U.S. Geological Survey	USGS, Water Resources Division
functie	één-dimensionaal model voor het simuleren van stationaire wateroppervlakhogten profielen	één-dimensionaal model voor het simuleren van stationaire wateroppervlakhogten profielen	één-dimensionaal model voor de simulatie van één-dimensionale waterbeweging
toepassingsgebied	natuurlijke en geconstrueerde waterlopen	open waterlopen (rivieren en beken) waar de geometrie van sectie tot sectie verschilt	netwerk van open waterlopen (honderden waterlopen)
doelstelling	simuleren	berekenen	simuleren
componenten	doorsnede binnenstromen wateroppervlakhogte energie verlies		
processen	afvoer overstromen instromen	afvoerstromen overstromen	waterafvoer
berekeningsmethode	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ interactive methode "standard step method"</li> <li>➤ één-dimensionale afvoer methodiek</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ conventionele "step-backwater analyses"</li> <li>➤ één-dimensionale afvoer methodiek</li> </ul>	"four-point-implicit solution scheme"
gebruik	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ verlies van water uit een systeem (overstromen, of / en dmv structuren)</li> <li>➤ afvoerstromen langs structuren (bruggen, duikers en stuwen) instromen van overstromingsvlakten</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ waterbeweging langs / door / over bruggen en duikers en dijken</li> <li>➤ overstromingsvlakte kartering</li> <li>➤ algemene waterstroom profiel berekeningen</li> </ul>	simuleren van instabiele, één-dimensionale waterbewegingen in o.a. complexe onderling verbonden waterloop netwerken, meanderende waterlopen en simulatie van "density-driven flow"
opbouw			
input	doorsnede waterhoogte maximale diepte weerstandstermen verlies termen afvoer geometrie Manning's waarden	afvoer wateroppervlak hoogte op tijdstip 0 doorsnede gegevens geometrie weerstandscoefficiënt afvoerlengte	waterloopgegevens netwerk schematisatie beginwaarden grenswaarden
structuren	bruggen duiker stuw	bruggen duiker stuw veelvoudige openingen	
output	waterhoogte energie verlies afvoer en toevoer van duikers	profielgegevens afvoer	waterhoogte waterafvoer per aangegeven locatie
presentatie	tabellen grafieken doorsneden (grafisch)	tabellen grafieken doorsneden (grafisch)	
(extra) modules			

<b>beschikbaarheid</b>	direct beschikbaar via internet (29)	beschikbaar via U.S. Geological Survey 508 National Center, Reston, VA 20192, USA; internet (33)	beschikbaar via U.S. Geological Survey 508 National Center, Reston, VA 20192, USA; internet (14)
<b>literatuur</b>	De Vries et al., 1993; internet (15,29,31)	De Vries et al., 1993; internet (33)	internet (14)

## Bijlage 2 Hydraulische flow modellen (deel III)

naam	DAFLOW	DYNMOD	DHM Diffusion Hydrodynamic Model
bron	USGS, Water Resources Division	HOMS, World Meteorological organization	
functie	één-dimensionaal model voor het simuleren van waterstromingen in één-dimensionale waterloop-systemen	één-dimensionaal model voor het simuleren van de afvoer relatie inclusief het hysteresis effect	twee-dimensionaal gekoppeld topografisch en waterbewegingsmodel
toepassings-gebied	berggriviersystemen	gematigde glooiende rivieren (helling <0.0001)	overstromingsvlakte
doelstelling	voorspellen	simuleren	
componen-ten			
processen	"flood routing" niet-stationaire waterbeweging "unidirectional flow"	niet-stationaire waterbeweging waterafvoer hysteresis	twee-dimensionale niet-stationaire waterbeweging
berekeningsmethode	vereenvoudigde vorm van de "dynamic wave equation"	één-dimensionale niet-stationaire waterbewegings vergelijking	twee-dimensionale stromingsberekening volgens de "noninertial" vorm van de St-Venant vergelijkingen
gebruik	het voorspellen van waterbewegingen in een netwerk van één-dimensionale waterlopen in heuvel -bergachtig gebied	het simuleren van afvoerverlooppijnen via hydrologische "routing techniques" rivierpeiling	waterbewegingsanalyse waterbewegingen gekoppeld aan topografie niet-stationaire waterbewegingen in openwaterlopen modelleren van wateropslag
opbouw	takken grids		grid elementen coördinaat systeem
input	algemene informatie tak informatie "subreach" informatie tijd series van afvoer	afvoerverlooppijnen doorsnede geometrie Mannings n-coëfficiënt	gebieds hoogte Manning' s n waarde stromingsdiepte tijdstappen
structuren			
output	afvoergegevens topbreedte doorsnede gebied	afvoer relatie afvoerverlooppijnen	afvoergegevens in de tijd stromingsdiepte in de tijd
presentatie	tabel grafiek	tabel	
(extra) modules			
beschikbaarheid	beschikbaar via U.S. Geological Survey 508 National Center, Reston, VA 20192, USA; internet (10)	beschikbaar via HOMS, internet (12)	beschikbaar via Computational Hydrology Institute, 1510 Red hill Ave., Tustin, CA 92680, USA
literatuur	Internet (10,11)	internet (12)	De Vries et al., 1993

## Bijlage 2 Hydraulische flow modellen (deel IV).

naam	RBFVM-2D	AquaDyN	Sinha et al
<b>bron</b>		Numerical Technologies Division Montreal, Quebec, Canada	American Society of Civil Engineers
<b>functie</b>	twee-dimensionaal niet-stationaire stromingsmodel	twee-dimensionaal hydrodynamisch simulatie model	een drie -dimensionaal numeriek model voor de simulatie van turbulente waterbeweging
<b>toepassingsgebied</b>	riversystemen	openwaterlopen, rivieren , meren en estuaria	natuurlijke rivieren
<b>doelstelling</b>	voorspellen	voorspellen	voorspellen
<b>componenten</b>			
<b>processen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ inundatie ("wetting") en opdroging("drying") van overstromingsvlakten</li> <li>➤ stromend en schietend water</li> <li>➤ stationaire en niet-stationaire stroming</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ stationaire en niet-stationaire waterbewegingen</li> <li>➤ stromend en schietend water</li> </ul>	turbulentie
<b>berekeningsmethode</b>	"finite-volume method" (FVM) met een "Osher scheme by solving a Riemann problem"	twee-dimensionaal ondiep water vergelijkijng finite-element methode	drie dimensionale Reynolds-averaged Navier-Stokes RANS vergelijking "multiblock" methode
<b>gebruik</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ wetland studies</li> <li>➤ voorspellen van stromend en schietend water</li> <li>➤ simulatie van stationaire en niet-stationaire stroming</li> <li>➤ dambreuk scenario's</li> <li>➤ simulatie van de "wetting" of "drying" van een overstromingsvlakte</li> <li>➤ analyse van hoofdstroom - overstromingsvlakte interactie</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ voorspellen van de consequenties van activiteiten van bv baggeren, bedijking, en bruggenbouw, het bestuderen van de effecten van stuwen en vloedgolven</li> <li>➤ risico analyse</li> </ul>	voorspellen van turbulente waterbeweging in rivieren met complexe bathymetrie
<b>opbouw</b>	niet structureel grid systeem van driehoekige of "quadrilateral" elementen		blokken / sub-blokken eilanden grid
<b>input</b>	grenscondities (3 typen nml "land boundary, open boundary en interior boundary") tijd stap	stroombed hoogte waterweerstand op stroombed wind stress zwaartekracht geometrie van waterloop turbulentie Manning's n	wateroppervlak hoogte grenscondities doorsnede ruwheids waarden Reynolds waarden inflow
<b>structuren die gespecificeerd kunnen worden</b>	bruggen stuwen duikers dijken gemalen inlaten hevels	stuwen	eilanden steenformaties
<b>output</b>	afvoer stroomsnelheid	stroomsnelheid waterstanden	stroomsnelheidsprofielen "local flow angle"
<b>presentatie</b>	tabellen	grafieken tabellen tekeningen	tabellen



<b>(extra) modules</b>			
<b>beschikbaarheid</b>		demo beschikbaar via internet (7,18)	
<b>literatuur</b>	Zhao et al., 1994	internet (7,18)	Sinha et al., 1998

## Bijlage 2 Hydraulische flow modellen (deel V).

naam	FLUENT	Darby et al(1)	BRANCH
bron	Fluent Inc.		
functie	drie-dimensionaal "fixed lid computational fluid dynamics program" voor de simulatie van "time average flow"	het voorspellen van de afvoerkromme in een stroombed met oever en/of overstromingsvlakte-vegetatie	"Branch-Network Dynamic Flow model" voor de simulatie van stationaire en niet-stationaire waterbeweging
toepassingsgebied	scherpe bochten in rivieren	nagenoeg rechte waterlopen	waterlopen en systemen van aftakkingen verbonden volgens een lus of vertakt patroon
doelstelling	berekenen / voorspellen	voorspellen	voorspellen
componenten			
processen	stroomsnelheid	wrijvingsweerstand stroomsnelheid afvoer	stroomsnelheid afvoer / debiet stationaire en niet-stationaire waterbeweging
berekeningsmethode	drie-dimensionale "Navier-Stokes flow equations"		niet-stationaire waterbewegingen; "weighted four-point, implicit, finite-difference approximation"
gebruik	voorspellen van "flow patterns" in natuurlijke rivier bochten met "flow seperation" onderzoek van "geometric controls on flow seperation"	voorspellen van de afvoerkromme in waterlopen met niet uniforme dwarsdoorsnede, grindbeddingen, en grazige vegetatie op de oever en/of op de overstromingsvlakte	voorspellen van waterbewegingen in complexe geometrische waterloop systemen voorspellen van waterbewegingen in brakwatersystemen die afhankelijk zijn van zoetwater inlaat, eb en vloed en meteorologische condities
opbouw	grid systeem cellen		
input	geometrisch gegevens grens condities ruwheid van de bodem	ruwheids elementen (grind) dwarsdoorsnede geometrie hoogte vegetatie maximale stromingsdiepte waterhoogten grenskarakteristieken	waterloop geometrie grens condities "initial flow conditions" waterstand waterafvoer
structuren			
output	flow field stroomsnelheidsvectors stroomsnelheid "near surface" stroomsnelheidspatronen	afvoerkromme	tijd series van waterafvoer (dagelijks, wekelijks of maandelijks) afvoerverlooptlijnen
(extra) modules			
beschikbaarheid			beschikbaar via U.S. Geological Survey 508 National Center, Reston, VA 20192, USA; internet (30)
literatuur	Hodskinson et al., 1998	Darby et al., 1996	internet (8,9)

## Bijlage 2 Hydraulische flow modellen (deel VI).

naam	LYMPHA	FLDWAV	Round et all
<b>bron</b>		U.S. National Weather Service	ECETOC, European Center for Ecotoxicology and Toxicology of Chemicals
<b>functie</b>	model voor de berekening van stationaire en niet-stationaire waterbeweging	algemeen niet-stationaire water-bewegingsmodel	schatten van stroomsnelheid
<b>toepassings-gebied</b>	vertakte open waterloopstelsels	open waterlopen	niet gepeilde natuurlijke rivieren
<b>doelstelling</b>	berekenen	voorspellen berekenen	schatten voorspellen
<b>componen-ten</b>			
<b>processen</b>	stationaire en niet-stationaire waterbeweging	niet-stationaire waterbeweging overstromingen irrigatie overstromen uitstroming instroming	stroomsnelheid
<b>berekenings-methode</b>	St. Venant vergelijkingen	niet-stationaire stromingsberekening volgens de St-Venant vergelijkingen	correlatie analyse multivariate regressie analyse
<b>gebruik</b>	berekenen van waterdiepten en afvoeren	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ voorspellen van overstromingen</li> <li>➤ analyse van damdoorbraken</li> <li>➤ ontwikkeling van waterweg constructies</li> <li>➤ kartering van overstromingsvlakten</li> <li>➤ dijk-overstroming berekeningen</li> <li>➤ kalibreren van Manning's n waarde</li> <li>➤ interactie van waterbewegingen tussen de hoofdstroom en de overstromingsvlakte</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ het schatten / voorspellen van de route van watermassa's in een rivier</li> <li>➤ het schatten van de dispersie van verontreinigingen</li> <li>➤ sedimenttransport voorspellingen</li> <li>➤ habitat management</li> </ul>
<b>opbouw</b>	knopen kanaalvakken reservoirs		
<b>input</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ waterdiepte t.o.v. de bodem</li> <li>➤ doorsnede</li> <li>➤ zijdelingse toevoer</li> <li>➤ bodem verhang</li> <li>➤ tijd</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ afvoer</li> <li>➤ wateroppervlak hoogte op tijdstip 0</li> <li>➤ afvoerverlooppijnen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ gemiddelde stroomsnelheid</li> <li>➤ 10- en 95-percentiel overschrijdingen</li> <li>➤ waterstroombreedte</li> <li>➤ hydraulische radius</li> <li>➤ diepte</li> <li>➤ stroomgebied-oppervlakte</li> <li>➤ helling</li> </ul>
<b>structuren</b>			
<b>output</b>	waterhoogte afvoer	stroomsnelheden opslagcapaciteit dwarsdoorsnede hydrograph externe grenscondities afvoergegevens	stroomsnelheid
<b>presentatie</b>		tabellen grafieken doorsneden (grafisch)	

<b>(extra) modules</b>			
<b>beschikbaarheid</b>		direct beschikbaar via internet (21)	niet beschikbaar
<b>literatuur</b>	Promes, 1990	Sprengers et al., 1995; internet (21)	Round et al., 1998

### Bijlage 3 Hydraulisch-morfologische modellen (deel I).

naam	Milhous, R.T.	HEC-6	MIKE 21 Curvilineair
bron		Hydrologic Engineering Center	Danisch Hydraulic Institute
functie	één-dimensionaal model voor het simuleren van waterafvoer om (ongewenste) ophopingen van sediment te verwijderen	een één-dimensionaal model voor het modelleren van verandering van rivier profielen als gevolg van erosie en depositie over niet te lange tijd periodes	twee-dimensionale model voor de simulaties van niet-stationaire stroming, sedimenttransport en morfologie
toepassingsgebied	rivieren	rivieren	rivieren en kanalen
doelstelling	berekenen	simuleren voorspellen	
componenten	biologisch hydraulisch selectie	wateroppervlakhogte erosie en depositie	
processen	sedimentatie wrijvingsweerstand "flushing flow" "instream flow"	erosie depositie stroomsnelheid sedimenttransport	sedimentatie oevererosie meandering depositie bocht erosie
berekeningsmethode		wateroppervlakhogte: één-dimensionale energie-vergelijking sedimenttransport keuze uit: Toffaleti, Madden, Yang, Duboys, Ackers-White, Colby, Toffaleti en Schoklitsch combinatie en Meyer-Peter en Muller	
gebruik	berekenen van de hoeveelheid waterafvoer om hoeveelheden sediment te verwijderen en te transporteren, dit om de morfologie van een rivier te waarborgen t.a.v. het voorkomen en voortplanten van (zeldzame)soorten	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ voorspellen van sedimentgedrag in rivieren en ondiepe reservoirs</li> <li>➤ het simuleren van de capaciteit van een rivier om sediment te transporteren</li> <li>➤ het evalueren van sediment-deposities in reservoirs</li> <li>➤ het voorspellen van de maximale erosie na een overstroming</li> <li>➤ het voorspellen van de invloed van baggeren op de mate van sedimentdepositie</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ voorspellen van oevererosie en erosie van bochten</li> <li>➤ voorspellen van algemene erosie en depositie</li> <li>➤ rivierbodemdaling of verhoging</li> </ul>
opbouw			
input	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ sedimentafmeting (van lutum tot grind)</li> <li>➤ hydraulische radius</li> <li>➤ mode ("wash, suspended of bed load")</li> </ul>	geometrie Manning's n stroom oppervlak sedimentgegevens sediment aanvoer hydrologische gegevens afvoergegevens aantal segmenten	

<b>output</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ afvoergegevens</li> <li>➤ tijdsperioden</li> <li>➤ frequentie</li> <li>➤ sedimenttransport capaciteit index</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ hydrologische berekeningen</li> <li>➤ sedimenttransport berekeningen</li> <li>➤ geaccumuleerde sediment volumen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ wateroppervlak hoogte</li> <li>➤ waterdiepte</li> <li>➤ afvoer en stroomsnelheid</li> <li>➤ sedimenttransport verdeeld in bodemtransport en in suspensie van cohesief, niet cohesief en gesorteerd sediment</li> <li>➤ geaccumuleerde erosie en depositie</li> <li>➤ oevererosie snelheid</li> </ul>
<b>presentatie</b>	tabel		
<b>beschikbaarheid</b>		beschikbaar via internet (29)	beschikbaar via internet (25)
<b>literatuur</b>	Milhous, 1998	internet (29,31)	internet (25)

## Bijlage 3 Hydraulisch-morfologische modellen (deel II).

naam	Mosselman, E.	Tribe et al	SEDIBO
<b>bron</b>	Delft hydraulics	Department of Geography, University of British Columbia, Vancouver, Canada	Delft hydraulics Laboratory
<b>functie</b>	twee-dimensionaal morfologisch model met een oevererosie mechanisme en sedimenttransport mogelijkheden	een twee-dimensionaal, tijdsafhankelijk, kinematisch model "of a gravel streambed using discrete, circular disks that collide with each other as they move downstream".	een twee-dimensionaal topografisch model voor rivierbeddingen
<b>toepassings-gebied</b>	rivieren	rivieren met grindbeddingen	alluviale rivieren
<b>doelstelling</b>	voorspellen	voorspellen	voorspellen
<b>componenten</b>			waterstroming sedimentbeweging
<b>processen</b>	stroming oevererosie sedimenttransport	deflectie depositie rotatie collisions aggregatie	"shear stress" stroomsnelheid sedimentatie sedimenttransport
<b>berekenings-methode</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ oevererosie; "shear stress mechanisme" en "excess bank height mechanisme"</li> <li>➤ sedimenttransport; Meyer-Peter en Müller formule</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ "entrainment probability rule"</li> <li>➤ "travel distance rule"</li> <li>➤ "grain rotation rule"</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ stroming; "two-dimensional, depth-average momentum and continuity equations"</li> <li>➤ sediment beweging; "continuity equation for the sediment"</li> <li>➤ sedimenttransport; "Meyer-Peter and Müller type formula"</li> </ul>
<b>gebruik</b>	voorspellen van oevererosie en de input van sediment als gevolg daarvan	voorspellen van grind (stenen) structuren op grindbedden in rivieren	voorspellen van rivierbedding topografie en longitudinale profielen
<b>opbouw</b>	grid systeem		cylindrisch coördinaat systeem gridsysteem
<b>input</b>	tijdstap bodemgegevens waterafvoer stroomsnelheid oeverhoogte stroombed topografie korrelgrootte	afstand die men wil simuleren aantal stenen doorsnede stenen	gemiddelde waterdiepte rivierbreedte korrelgrootte Chézy coëfficiënt gemiddelde lengte en helling van de rivierbedding
<b>output</b>	"planform evolutions" waterdiepte doorsneden	grindstructuren	beddingprofielen stroomsnelheden beddinghoogte
<b>presentatie beschikbaarheid</b>		grafieken	grafieken
<b>literatuur</b>	Mosselman, 1998	Tribe et al., 1999	Struiksmā, 1985

### Bijlage 3 Hydraulisch-morfologische modellen (deel III).

naam	Darby et al2	SEDIFLOW	RIFLOW
<b>bron</b>		Institut fuer Gewaesseroekologie und Binnenfischerei, Berlin	HOMS, World Meteorological organization
<b>functie</b>	een quasi twee-dimensionaal model voor het simuleren van stroombed verbreding en vormverandering van een stroombed	een twee of drie-dimensionaal model voor de simulatie van gesuspendeerd sediment	een model voor de berekening van stationaire stuwingskrommen en niet-stationaire waterbewegingen en het voorspellen van sedimenttransport en riviermorfologie
<b>toepassingsgebied</b>	nagenoeg rechte zandige waterlopen met cohesief oevermateriaal	rivieren	rivieren
<b>doelstelling</b>	voorspellen	voorspellen	berekenen voorspellen
<b>componenten</b>	afvoer en sedimentatie module oevererosie en massa slijtage module		stuwingskrommen niet stationaire waterbeweging sedimenttransport en rivier morfologie
<b>processen</b>	sedimenttransport (alleen zand) stroomsnelheid afvoer shear stress	sedimentatie turbulentie	sedimenttransport stationaire en niet-stationaire waterbeweging morfologische verandering
<b>berekeningsmethode</b>		"turbulent momentum equations" ("Reynolds equations")	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ stuwingskromme; 'energy (Bernoulli) equation by a fixed point iteration method"</li> <li>➢ instationaire waterbeweging; "a finite difference solution of the St-Venant equations"</li> <li>➢ sedimenttransport; " Engelund-Fredsoe bed and suspended load formulas"</li> </ul>
<b>gebruik</b>	het voorspellen van de gevoeligheid van een stroombed ingevolge de verandering met controlerende variabelen (bv. stroomsnelheid, breedte, diepte en gradiënt)	het voorspellen van hoeveelheden gesuspendeerd sediment in rivieren (keuze uit twee- of drie-dimensionaal)	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ simulatie van snelle veranderende waterbewegingen en morfologie</li> <li>➢ simulatie van morfologische veranderingen op langer termijn</li> <li>➢ het berekenen van stuwings krommen</li> </ul>
<b>opbouw</b>			
<b>input</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ dwarsdoorsnede gegevens</li> <li>➢ rivierbedding materiaal gegevens</li> <li>➢ afvoergegevens</li> <li>➢ sedimentgegevens</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ afvoer</li> <li>➢ Eddy viscositeit</li> <li>➢ "inflow" concentratie gesuspendeerd materiaal</li> <li>➢ "inflow" breedte</li> <li>➢ stroomsnelheid</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ geometrie en topografie van het riviersysteem</li> <li>➢ ruwheid van de rivierbedding</li> <li>➢ effectieve diameter van het sediment</li> <li>➢ tijdserie van waterhoogte en afvoer</li> </ul>
<b>output</b>	stroombed breedte stroombed diepte	sedimentconcentraties	afvoer waterhoogten longitudinale profielen
<b>presentatie</b>	grafiek	figuren	grafiek ASCII
<b>beschikbaarheid</b>			beschikbaar via HOMS internet (16)
<b>literatuur</b>	Darby et al., 1996	Engelhardt et al., 1995; internet (28)	internet (16)



### Bijlage 3 Hydraulisch-morfologische modellen (deel IV).

naam	Meakin et al	Gross et al	Nicholas et al
<b>bron</b>	Department of Physics University of Oslo, Norway	Department of Civil and Environmental Engineering, Pittsburg, Pennsylvania, USA	Department of geography, University of Exeter UK.
<b>functie</b>	een model voor de interactie tussen de rivierdynamiek en de distributie van sediment verdeeld over verschillende klassen (korrelgrootte)	een drie-dimensionaal geologisch procesmodel voor de simulatie van de ontwikkeling van vier "facies" : stroombed opvulling, dijken, overstromingsvlakte en deposities van zand ("splays")	model voor het voorspellen van overstromingsvlakte inundatie, waterdiepte, en patronen van gesuspendeerde sediment dispersie en depositie
<b>toepassings- gebied</b>	meanderende rivieren	meanderende rivieren	riviersystemen
<b>doelstelling</b>	simuleren voorspellen	simuleren	voorspellen
<b>componen- ten</b>		jaarlijkse overstroming stroomsnelheid en diepte berekening sedimenttransport stroombed migratie en afsnijding dijk/oever breuken dispersie en "settling" op overstromingsvlakte	
<b>processen</b>	"Point-bar" depositie depositie in strangen sedimentatie stroomsnelheid meandering	meandering cut-off overstroming "crevasse-splay"	sedimentatie inundatie stroomsnelheid
<b>berekenings methode</b>	"bend-erosie theory " van Ikeda		"continuity of momentum" (equivalent to the diffusion wave form of the St-Venant momentum equation) "Continuity of mass"
<b>gebruik</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ studies over rivier migratie</li> <li>➤ beschrijven van de geologisch heterogeniteit en de evolutie van deze heterogeniteiten onder invloed van de rivier zelf.</li> <li>➤ het verkrijgen van inzicht over het gedrag van rivieren.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ simuleren van geologische processen (rivier en overstromingsvlakte)</li> <li>➤ simuleren van horizontale patronen van deposities en "facies" distributie</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ voorspellen van sediment deposities in overstromingsvlakten</li> <li>➤ voorspellen van waterdiepte en stroomsnelheden in overstromingsvlakten</li> </ul>
<b>opbouw</b>	punten grid-elementen		gridsysteem
<b>input</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ stroomsnelheden</li> <li>➤ gemiddelde diepte</li> <li>➤ breedte rivier</li> <li>➤ sedimentgegevens</li> <li>➤ totale afvoer</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ stroombed diepte en breedte</li> <li>➤ overstromingsvlakte breedte en lengte</li> <li>➤ stroombed helling</li> <li>➤ wrijvingscoëfficiënt</li> <li>➤ korrelgrootte gegevens</li> <li>➤ geologische gegevens</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ oppervlakte</li> <li>➤ topografische gegevens</li> <li>➤ sediment concentraties</li> <li>➤ watertoevoer</li> </ul>
<b>output</b>	rivier, meander patronen	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ stroombed dimensies</li> <li>➤ dijk/oever dimensies</li> <li>➤ overstromingsvlakte dimensies</li> <li>➤ "splay" dimensies</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ waterdiepte</li> <li>➤ stroomsnelheid</li> <li>➤ depositie van sediment (6 fracties)</li> <li>➤ patroon van gesuspendeerde sediment concentraties</li> </ul>
<b>presentatie</b>	figuren	grafieken	

		illustraties	
<b>beschikbaarheid</b>			
<b>literatuur</b>	Meakin et al., 1996; Sun et al., 1996	Gross et al., 1998	Nicholas et al., 1998

### Bijlage 3 Hydraulisch-morfologische modellen (deel V).

naam	MODEIN	SEDDISCH	DZPD Dead Zone Particle Dynamics
bron	USGS, Water Resources Division	USGS, Water Resources Division	Institute of Freshwater Ecology, Windermere, UK
functie	model voor de berekening van de totale sedimentafvoer (via de Einstein procedure)	model voor de berekening van riviersedimentafvoer	een model om deeltjes grootte te relateren aan deeltjes gedrag
toepassingsgebied	rivieren	rivieren	niet-stromende gedeelte (dead zone) van een rivier
doelstelling	berekenen	berekenen	simulatie voorspellen
componenten			
processen	sedimentafvoer	sedimentafvoer	aggregatie sedimentatie resuspensie diffusie "shear velocity"
berekeningsmethode	volgens een gemodificeerde Einstein procedure	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ bodemtransport keuze uit: schoklitsch, Kalinske, Meyer-Peter en Muller</li> <li>➤ bodem-material formules, keuze uit: Laursen, Englund en Hansen, Colby, ackers en White, Yang sand formule, Yang grind formule, Einstein, en Toffaleti.</li> </ul>	
gebruik	het extrapoleren van de gemeten gesuspendeerde sedimentafvoer ( korrelgrootte < 16 mm)	berekenen van sedimentafvoer waarbij de gebruiker kan kiezen tussen verschillende methodes (formules)	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ het simuleren van deeltjes depositie en resuspensie in de "dead zone" van een rivier</li> <li>➤ het onderzoeken van de invloed van deeltjes dichtheid, korrelgrootte distributie en de aggregatiesnelheid op de accumulatie van deeltjes</li> <li>➤ het voorspellen van concentraties gesuspendeerde vaste deeltjes</li> </ul>
opbouw			
input	waterafvoer gemiddelde diepte breedte van rivier water temperatuur korrelgrootte gesuspendeerde sediment concentratie	gegevens locatie gemiddeldediepte gemiddelde stroomsnelheid water temperatuur korrelgrootte wateroppervlakte helling	korrelgrootte gegevens diepte afvoergegevens tijd stap
output	totale sedimentafvoer	sedimentafvoer	sedimentmassa deeltjes distributie concentraties
presentatie	tabel	tabel	
beschikbaarheid	beschikbaar via U.S. Geological Survey 508 National Center, Reston, VA 20192, USA; internet (30)	beschikbaar via U.S. Geological Survey 508 National Center, Reston, VA 20192, USA; internet (30)	
literatuur	internet (20)	internet (19)	Tipping et al., 1993



## Bijlage 4. Hydraulische modellen (deel I).

<b>naam</b>	<b>MIKE11</b>	<b>SMS Surfacewater Modelling System</b>
<b>bron</b>	Danisch Hydraulic Institute	
<b>functie</b>	simulatie van waterbeweging, transport van sediment en van opgeloste gesuspenderde stoffen	(most advanced) twee-dimensionaal oppervlaktewater model
<b>toepassingsgebied</b>	riversystemen, waterlopen	rivieren, wetlands, overstromingsvlakten, havens, estuaria en waterlopen
<b>doelstelling</b>	voorspellen	voorspellen
<b>componenten</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ runoff</li> <li>➤ hydrodynamica</li> <li>➤ advectie en dispersie van cohesieve sedimenten</li> <li>➤ water kwaliteit</li> <li>➤ niet cohesief sedimenttransport</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ sedimenttransport en depositie (SED-2D)</li> <li>➤ afvoer en waterstromingen (RMA4 en HIVEL2D))</li> <li>➤ waterafvoer en waterstromingen langs structuren (FESWMS)</li> <li>➤ stationaire waterhoogte profielen (WSPRO)</li> </ul>
<b>processen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ sedimentatie</li> <li>➤ oppervlakte afvoer</li> <li>➤ oppervlakkige afvoer (interflow)</li> <li>➤ basisafvoer</li> <li>➤ zijdelingse afvoer</li> <li>➤ het vollopen en opdrogen van overstromingsvlakte</li> <li>➤ twee-dimensionale stroming van water op de overstromingsvlakte</li> <li>➤ stromend en schietend water</li> <li>➤ cohesief sedimenttransport</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ waterstroomsnelheid</li> <li>➤ sedimenttransport en depositie</li> <li>➤ transport en dispersie van verontreinigingen</li> <li>➤ twee dimensionale horizontale stroming</li> <li>➤ stromend en schietend water</li> <li>➤ bodemerosie</li> <li>➤ neer ("eddy currents")</li> <li>➤ stroombed weerstand</li> </ul>
<b>gebruik</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ overstromingsbeheersing</li> <li>➤ ontwikkelen van rivier structuren irrigatie systemen gedetailleerde ontwikkeling van waterloop systemen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ simuleren van waterhoogte berekeningen</li> <li>➤ simulatie van het transport en dispersie van verontreinigingen simulatie van sedimenttransport en depositie voor complexe twee-dimensionale horizontale stromingen</li> </ul>
<b>input</b>	breedte topografie hydrologische parameters waterhoogte en afvoer tijdsinterval neerslag	
<b>structuren</b>	duikers stuwen	bruggen stuwen duikers inlaten dammen dijken
<b>output</b>	waterafvoer sedimentafzetting stroombed dimensies weerstandscoëfficiënt	afvoer gegevens stroomsnelheid gegevens geometrie rivier dwarsdoorsneden
<b>presentatie</b>	tabellen grafieken plots	grafieken plots plots kaarten
<b>(extra) modules</b>	sedimenttransport transport en dispersie van gesuspenderd of opgelost materiaal	

	waterkwaliteit	
<b>beschikbaarheid</b>	beschikbaar ,demo via internet (24)	beschikbaar via internet (5)
<b>literatuur</b>	Enggrob et al., 1996; internet (24)	internet (4,5,6)

## Bijlage 5 Habitat modellen (deel I).

naam	PHABSIM	RHYHABSIM
	"Physical Habitat Simulation System"	"River Hydraulics and Habitat Simulation Program"
<b>bron</b>	Aquatic Systems Research, Fort Collins U.S.A.	Freshwater Fisheries Center, Riccarton, Nieuw Zeeland
<b>functie</b>	simuleren van relaties tussen waterstroming en habitat voor verschillende levens stadia van organismen (vis)	modelleren van veranderingen in "in-stream" habitat bij verandering van waterstroming
<b>toepassings gebied</b>	stromende wateren	stromende wateren
<b>componen-ten</b>	hydraulisch (5 keuzemogelijkheden) habitat (5 keuzemogelijkheden)	hydraulisch (1 keuzemogelijkheid) habitat (1 keuzemogelijkheid)
<b>processen</b>	waterstroming	waterstroming
	stroomsnelheid	stroomsnelheid
<b>berekenings methode</b>	"in-stream flow incremental method" (IFIM)	"in-stream flow incremental method" (IFIM)
<b>doelstelling</b>	voorspellen	voorspellen
<b>gebruik</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ voorspellen van verandering in stroomsnelheid, diepte en waterloop weerstand voor een geselecteerd habitat element</li> <li>➤ voorspellen van de habitat oppervlak of volume voor iedere willekeurige afvoer</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ voorspellen van verandering in stroomsnelheid, diepte en waterloop weerstand voor een geselecteerd habitat element</li> <li>➤ voorspellen van de habitat oppervlakte of volume voor iedere willekeurige afvoer</li> </ul>
<b>input</b>	stroombed profielen waterhoogten stroomsnelheden substraat gegevens soort voorkeur gegevens afvoergegevens	stroombed profielen waterhoogten stroomsnelheden substraat gegevens soort voorkeur gegevens afvoergegevens
<b>output</b>	oppervlakten tijdseries "weighted usable area" (WAU)	oppervlakten tijdseries
<b>presentatie</b>	Grafieken	
<b>beschikbaarheid</b>	Beschikbaar via internet (17)	beschikbaar via Freshwater Fisheries Centre, P.O. Box 8324, Riccarton, New Zealand
<b>literatuur</b>	De Vries et al., 1993; Ghanem et al., 1996; Gordon et al, 1992; Gore et al., 1996; internet (17)	De Vries et al., 1993; Gordon et al, 1992





## Bijlage 6 Regen afvoer modellen (deel I).

naam	HEC-1	ILLUDAS	DRM3
<b>bron</b>	U.S. Army Corps of Engineers	Illinois State Water Survey	U.S. Geological Survey
<b>functie</b>	model voor "rainfall-runoff" analyse	simulatie van (storm-)waterafvoer in stedelijke gebieden en de hydrologische analyse van stroomgebieden	een "Distributed Routing Rainfall-Runoff model"
<b>toepassingsgebied</b>	stroomgebied	stroomgebied	stroomgebied
<b>processen</b>	neerslag basisafvoer runoff transformatie "routing"	runoff	runoff
<b>berekeningsmethode</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ routing: Muskingum-Cunge</li> <li>➤ kinematic wave</li> <li>➤ "Muskingum, modified puls of normal depth" methode mogelijk</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ "overland flow en channel routing"</li> <li>➤ kinematic wave procedure</li> <li>➤ infiltratie: Green-Ampt vergelijking</li> </ul>
<b>doelstelling</b>	analyse	voorspellen	voorspellen
<b>gebruik</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ produceren van afvoer-verlooptlijnen voor historische of hypothetische gebeurtenissen</li> <li>➤ "multiplan/multiflood" analyse</li> <li>➤ overstromingsschade analyse</li> <li>➤ modelleren van een hypothetische storm</li> <li>➤ veiligheid van dammen</li> </ul>	simulatie van waterafvoer gerelateerd aan verharde ondergrond en grazige en andere doordringbare oppervlakten.	simulatie van runoff na een regenbui (storm)
<b>opbouw</b>	bassin / sub-bassin reservoir	bassin / sub-bassin	bassin sub-area
<b>input</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ waterloop gegevens o.a. doorsnede</li> <li>➤ helling</li> <li>➤ neerslaggegevens</li> <li>➤ Manning's n,</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ identificatie informatie</li> <li>➤ stroomgebiedparameters</li> <li>➤ neerslaggegevens</li> <li>➤ sub-bassin gegevens</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ neerslaggegevens</li> <li>➤ afvoergegevens</li> <li>➤ verdampingsgegevens</li> <li>➤ ruwheids gegevens</li> <li>➤ hydraulische gegevens</li> </ul>
<b>output</b>	afvoerverlooptlijnen	afvoergegevens	afvoergegevens (piekafvoer) neerslag
<b>presentatie</b>	afvoerverlooptlijnen	afvoerverlooptlijnen	
<b>beschikbaarheid</b>	direct beschikbaar via internet (29)	beschikbaar via Illinois State Water Survey, 2204 Griffith, Dr., Champaign, IL 61820 USA.	beschikbaar via U.S. Geological Survey, 508 National Center, Reston, VA 20192, USA; internet (30)
<b>literatuur</b>	De Vries et al., 1993; internet (29,31)	De Vries et al., 1993	De Vries et al., 1993; internet (30)

## Bijlage 6 Regen afvoer modellen (deel II).

<b>naam</b>	<b>ANSWERS</b>
<b>bron</b>	Beasley(1980)
<b>functie</b>	een "distributed parameter model"
<b>toepassings gebied</b>	stroomgebied (agrarisch)
<b>processen</b>	runoff
<b>berekenings methode</b>	"continuity equation"
<b>doelstelling</b>	voorspellen
<b>gebruik</b>	het plannen en evalueren van strategieën voor het controleren van vervuilingen in de intensieve land- en tuinbouw
<b>opbouw</b>	rechthoekige elementen
<b>input</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ hoogte</li> <li>➤ helling</li> <li>➤ neerslaggegevens</li> <li>➤ veldmetingen o.a. bodem vochtigheid, interceptie, bedekking gewas, porositeit, infiltratie en Manning's n</li> </ul>
<b>output</b>	afvoergegevens
<b>presentatie</b>	
<b>beschikbaarheid</b>	
<b>literatuur</b>	Hazelhoff et al., 1990

## Bijlage 7 Verklarende woordenlijst (naar CHO-TNO, 1986)

nederlands	engels	omschrijving
<b>advectie</b>	<i>advection</i>	Het proces waarbij een atmosferische grootheid wordt getransporteerd door de horizontale beweging in de atmosfeer. Ook de verandering per tijdseenheid in de waarde van een zekere grootheid X op een zeker punt.
<b>afstroming</b>	<i>runoff</i>	Het transport van water uit een bepaald stroomgebied.
<b>afvoer</b>	<i>discharge</i>	Debiet uit een gebied.
<b>afvoerverlooplijn</b>	<i>hydrograph</i>	Grafische weergave van het verloop van de afvoer in de tijd.
<b>aggregatie</b>	<i>aggregation</i>	Het proces van samenvoegen van deeltjes tot een geheel.
<b>basisafvoer</b>	<i>base flow</i>	Trage afvoer, dat is dat deel van de afvoer dat als gevolg van langdurige berging eerst na geruime tijd tot stand komt. De berging kan plaatsvinden in de bodem, in meren (waaronder stuwmeren), in de vorm van sneeuw enz.
<b>berging</b>	<i>storage</i>	Het volume water dat geborgen kan worden tussen het streefpeil en het aanvaardbaar hoogste peil.
<b>bergings-coëfficiënt</b>	<i>storage coefficient</i>	Het quotiënt van de verandering in specifieke berging en de bijbehorende verandering van de stijghoogte c.q. grondwaterstand.
<b>bodem transport</b>	<i>bed load</i>	In de onmiddellijke nabijheid van de bodem optredend proces waarbij deeltjes zich schuivend, rollend en/of sprongsgewijs verplaatsen.
<b>capillaire opstijging</b>	<i>upward capillary migration, capillary rise</i>	Opwaartse stroming van water boven de grondwaterspiegel.
<b>cohesief sediment</b>	<i>cohesive sediment</i>	Sediment wat bestaat uit samenhangende deeltjes (klei).
<b>debiet</b>	<i>flow rate</i>	Het vloeistofvolume dat per tijdseenheid door de doorsnede stroomt.
<b>deflectie</b>	<i>deflection</i>	Het ombuigen, in een andere richting leiden.
<b>dispersie</b>	<i>dispersion (hydrodynamic)</i>	Proces waarbij een overgangszone ontstaat tussen twee grondwatertypen welke verschillen in chemische en/of fysische eigenschappen. Dit proces wordt bepaald door de van plaats tot plaats in grootte en richting variërende snelheid van de waterdeeltjes in het poriënnetwerk (mechanische dispersie) en door moleculaire diffusie.
<b>duiker</b>	<i>culvert</i>	Kokervormige constructie (met meestal een vrije waterspiegel), die twee waterlopen of trajecten met elkaar verbindt.
<b>erosie</b>	<i>erosion, scouring</i>	Het proces waarbij grond, gesteente en dergelijke verplaatst wordt door c.q. wegspoelt onder invloed van wind, stromend water of gletsjers.
<b>estuarium</b>	<i>estuary</i>	Een zich zeewaarts verbredende riviermond waarin het getij zijn invloed doet gelden.
<b>evapotranspiratie (werkelijke)</b>	<i>evapotranspiration (actual)</i>	De totale verdampingsflux van een begroeid oppervlak.
<b>evapotranspiratie (potentiële)</b>	<i>evapotranspiration (potential)</i>	De som van de potentiële bodmevaporatie en de potentiële verdamping.
<b>freatisch water</b>		Water onder de grondwaterspiegel in een relatief goed doorlatende laag en boven een eerste slecht doorlatende of ondoorlatende laag (van Baalen et al, 1997).
<b>hydraulische radius</b>	<i>hydraulic radius</i>	Verhouding tussen natte oppervlakte en natte omtrek van een leiding.

<b>hydrologie</b>	<i>hydrology</i>	De leer van het voorkomen, het gedrag en de chemische en fysische eigenschappen van water in al zijn verschijningsvormen op en beneden het aardoppervlak, uitgezonderd het water in de zeeën en oceanen. Ook de invloed van menselijk handelen wordt hier dikwijls onder begrepen.
<b>hysteresis (bodemwater)</b>	<i>hysteresis (soil water)</i>	Het verschijnsel waarbij de bodemwaterkarakteristiek verschillend is al naar gelang of er bevochtiging of uitdroging optreedt.
<b>infiltratie</b>	<i>infiltration</i>	Het verschijnsel dat water aan het grondoppervlak de grond binnentreedt.
<b>interceptie</b>	<i>interception</i>	Deel van bruto neerslag dat door de vegetatie of andere structuren wordt onderschept en dat vervolgens verdampt.
<b>inundatie</b>	<i>inundation</i>	Het onderwater lopen van lage gronden, overstromingsvlakten of uiterwaarden.
<b>irrigatie</b>	<i>irrigation</i>	De aanvoer en verdeling van water en toediening hiervan aan land, in het algemeen ter bevordering van de gewasgroei
<b>knoop</b>	<i>nod</i>	Een knoop is een verbinding tussen twee of meer takken in een afwateringsstelsel.
<b>laminaire stroming, één-dimensionale stroming</b>	<i>laminar flow, one-dimensional flow</i>	Stromingstype dat overheersend door de viscositeit wordt bepaald. Bij laminaire stroming bewegen de waterdeeltjes zich (in hoofdzaak) evenwijdig aan elkaar.
<b>neer</b>	<i>eddy current</i>	Rondgaande waterbeweging, waarbij de snelheid der waterdeeltjes nabij de rand groter is dan in het midden.
<b>neerslag</b>	<i>precipitation</i>	De massa waterdeeltjes, zowel vloeibaar als vast, die vanuit de atmosfeer het aardoppervlak bereikt.
<b>niet cohesief sediment</b>	<i>non cohesive sediment</i>	Sediment wat bestaat uit niet samenhangende deeltjes (grind en grof zand).
<b>niet-stationaire stroming</b>	<i>unsteady flow</i>	De stroming waarbij de plaatselijke snelheid verandert in de tijd.
<b>onverzadigde zone</b>	<i>unsaturated zone</i>	Deel van de grond boven de grondwaterspiegel, waarin de poriën zowel water als lucht bevatten.
<b>oppervlakkige afvoer</b>	<i>interflow</i>	Horizontaal transport van grondwater in een ondiepe verzadigde laag (afvoer door de onverzadigde zone). Het begrip wordt bij voorkeur gebruikt indien dit verschijnsel van tijdelijke aard is; meestal gaat dit verschijnsel gepaard met een schijnspiegel.
<b>oppervlakte-afvoer</b>	<i>surface runoff</i>	Afstroming van neerslag die optreedt over het grondoppervlak (met inbegrip van verharde oppervlakken, zoals wegen, daken, vliegvelden enz).
<b>overlaat</b>	<i>spillway</i>	Een verlaagd stuk in een bandijk, waterkering of andere constructie dienende tot waterafvoer en ter voorkoming of beperking van waterbezwaar elders.
<b>overstromings-vlakte</b>	<i>floodplain</i>	Het deel van het beekdalbodemeventueel door kaden en door bandijk of hoger gelegen land begrensd.
<b>percolatie</b>	<i>percolation</i>	Neerwaartse beweging van water in de onverzadigde zone.
<b>porositeit</b>	<i>porosity</i>	Het volume van de poriën gedeeld door het totale volume van de grond (bodemdeeltjes en poriën).
<b>preferente afvoer</b>	<i>preferential flow</i>	Afvoer van water via de "weg van de minste weerstand" bijvoorbeeld via scheuren in de bodem.
<b>rivier</b>	<i>river</i>	Brede natuurlijke waterloop die de afwatering van een stroomgebied verzorgt.
<b>rivierbed</b>	<i>river bed</i>	Het lage deel van een rivierdal waardoor meestal de gehele afvoer plaatsvindt.
<b>rivertak</b>	<i>branch of a river</i>	Een aftakking van de rivier die permanent of periodiek deelneemt aan de rivierafvoer.
<b>schietend water</b>	<i>supercritical flow</i>	Stromingstoestand waarbij de watersnelheid groter is dan de voortplantingssnelheid van lange golven; hierdoor kunnen

		storingen zich niet in bovenstroomse richting voortplanten.
<b>sedimentatie</b>	<i>sedimentation</i>	Het proces van bezinking van deeltjes in het water door de zwaartekracht.
<b>stationaire stroming</b>	<i>steady flow</i>	De stroming waarbij gedurende de beschouwde periode de plaatselijke snelheid niet verandert.
<b>strang</b>	<i>oxbow lake</i>	Oude rivierarm in het winterbed.
<b>stromend water</b>	<i>subcritical flow</i>	Stromingstoestand waarbij de watersnelheid kleiner is dan de voortplantingssnelheid van lange golven. Hierdoor planten storingen zich ook in bovenstroomse richting voort.
<b>stroomscheiding</b>	<i>flow separation</i>	Langs elkaar bewegende waterstromen.
<b>stroomgebied</b>	<i>river basin, catchment, catchment area</i>	Een gebied waaruit het water al dan niet kunstmatig wordt afgevoerd.
<b>stuw</b>	<i>weir, barrage</i>	Vaste of beweegbare constructie die dient om de waterstand bovenstrooms van de constructie te verhogen c.q te regelen.
<b>stuwkromme</b>	<i>back water curve</i>	De waterspiegel in een waterloop waar de diepte groter is dan de evenwichtsdiepte als gevolg van opstuwing benedenstrooms.
<b>tak</b>	<i>branch/section</i>	Gedeelte van open waterlopen tussen knopen en/of kunstwerken.
<b>topafvoer</b>	<i>peak discharge</i>	De grootste afvoer die gedurende een hoogwaterperiode voorkomt.
<b>transpiratie</b>	<i>transpiration</i>	De verdampingsflux (massa water die per eenheid van bodem- of wateroppervlak per tijdseenheid verdampt) via de huidmondjes en cuticula van een droog bladoppervlak van planten.
<b>topsysteem</b>		De bovenrand van een geohydrologisch systeem, bestaande uit de combinatie van gewas/atmosfeer, oppervlaktewater, onverzadigde zone en een deel van het freatisch water. De onderkant van het systeem bevindt zich daar waar lokale verschillen aan het maaiveld niet meer afzonderlijk herkenbaar zijn (van Baalen et al, 1997).
<b>turbulente stroming, drie-dimensionale stroming</b>	<i>turbulent flow, three-dimensional flow</i>	Stromingstype dat niet of nauwelijks wordt bepaald door de viscositeit. De waterdeeltjes verplaatsen zich wervelend in de richting van de stroom.
<b>uiterwaard</b>	<i>foreland subject to flooding</i>	Een deel van het winterbed door kaden en door bandijk of hoger gelegen land begrensd.
<b>verdamping</b>	<i>evaporation</i>	De overgang van water in vloeibare of vaste vorm naar waterdamp.
<b>verhang</b>	<i>hydraulic gradient</i>	Het quotiënt van het verval tussen twee punten en hun afstand.
<b>verzadigde zone</b>	<i>zone of saturation</i>	Water beneden het grondoppervlak, meestal beperkt tot water beneden de grondwaterspiegel.
<b>waterbalans</b>	<i>water balance</i>	De vergelijking van de hoeveelheden water betrokken bij toevoer, afvoer, onttrekking en verandering in berging over een bepaalde periode en binnen een gegeven gebied.
<b>waterbeheer</b>	<i>water management</i>	Het geheel van onderzoeken, plannen, technische werken en bestuurlijke maatregelen, dat dient om te komen tot een zo doelmatig mogelijk integraal beheer van het aanwezige grond- en oppervlaktewater.
<b>waterdiepte</b>	<i>water depth</i>	Verticale afstand tussen waterspiegel en bodem van een waterloop.
<b>waterloop</b>	<i>water course</i>	Een langgerekte verlaging in het terrein van natuurlijke of kunstmatige oorsprong die permanent of periodiek stromend water bevat.
<b>watersprong</b>	<i>hydraulic jump, stationary wave</i>	Staande golf optredend bij de overgang van schietend naar stromend water.

<b>weerstandscoefficiënt</b>	<i>roughness coefficient</i>	Een factor in de snelheidsformules van Darcy-Weisbach, Manning en anderen voor het berekenen van de gemiddelde snelheid van water in een waterloop. Deze factor geeft energieverlies ten gevolge van de ruwheid aan.
<b>wrijvingsweerstand</b>	<i>shear stress</i>	Weerstand tengevolge van bodemwrijving.
<b>zoutindringing</b>	<i>sea water intrusion</i>	Het binnendringen van zeewater in een waterloop of in de grond.
<b>zwevend transport</b>	<i>suspended load</i>	Materiaaltransport, waarbij de deeltjes zich zwevend verplaatsen.

## Bijlage 8 Telefonische enquête waterschappen: Welke hydrologische oppervlaktewater modellen worden er gebruikt binnen het waterschap en welke modellen zullen in de toekomst gebruikt gaan worden?

waterschap	gebruikt nu	gaan gebruiken	opmerking
Waterschap De Dommel	DIWA HYDRA	SOBEK	SOBEK met de module RAINFALLRUNOFF als regen afvoer module.
Waterschap de Aa	DUFLOW HYDRA	SOBEK	Gebruiken nu DUFLOW voor Windows. Zeer tevreden maar vanwege het feit dat de STOWA naar eerste instantie geen geld meer in DUFLOW wilde steken gaat men nu over op SOBEK met de modules RAINFALLRUNOFF en CHANNELFLOW.
Waterschap de Maaskant	HYDRA	SOBEK	SOBEK aangeschaft, nog niet gebruikt. Modules RAINFALLRUNOFF en CHANNELFLOW Gebruiksvriendelijk, samen met andere Brabantse waterschappen besloten SOBEK te gaan gebruiken
Hoogheem- raadschap Stichtse Rijnlanden	DUFLOW	SOBEK	Stappen geheel over op SOBEK, al in bezit. Versies van SOBEK zijn LOWLAND en RUREL, gebruik hoofdzakelijk voor doorrekenen van aquatische netwerken.
Waterschap Vallei en Eem	DUFLOW SOBEK HYDRA DIWA	SOBEK?	Gebruiken DUFLOW met RAM (regen afvoer module) module, vooral voor stedelijke gebieden. Hebben een studie laten doen met SOBEK. Gaan misschien over op SOBEK met de modules RAINFALLRUNOFF en CHANNELFLOW.
Waterschap Rijn en IJssel	SOBEK DUFLOW DIWA	SOBEK	Gebruiken SOBEK met onder andere RIVER module, een module die rekening houdt met vormen van sedimentatie.
Waterschap Regge en Dinkel	DIWA	SOBEK	
Waterschap Groot Salland	DUFLOW	DUFLOW	DUFLOW in bezit maar wordt erg weinig gebruikt. Veel wordt gedaan met macro's in spreadsheets. Men wil in de toekomst wel meer DUFLOW gaan gebruiken. Vanwege de kosten gaat men niet over op SOBEK
Waterschap Hunze en Aa	SOBEK	SOBEK DUFLOW?	Gebruiken SOBEK al 5 jaar, RUREL en LOWLANDS versie. Modules die gebruikt worden zijn CHANNELFLOW en een Zout-indring module. Willen in de toekomst ook RAINFALLRUNOFF aanschaffen. Vanwege de aanwezige kennis van DUFLOW is het niet uitgesloten dat men in de toekomst ook gebruik gaat maken van DUFLOW.
Waterschap Peel en Maasvallei	DUFLOW	SOBEK (?) MIKE 11(?)	Gebruiken nu zelf DUFLOW. Bij uitbesteding SOBEK. Wellicht in de toekomst over op SOBEK of MIKE 11
Waterschap Mark en Weerijjs	DUFLOW DIWA	SOBEK?	Gaan misschien (als enige in Brabant) geen SOBEK gebruiken.
Waterschap Roer en Overmaas	DUFLOW WENDY	SOBEK (lowland) MIKE she	Hebben MIKE she gekocht, gaan dit geïntegreerd pakket gebruiken. Beraden zich nog over SOBEK, nog niet aangekocht

Waterschap Reest en Wieden	DIWA DUFLOW SOBEK	SOBEK?	Gebruiken zelf niet veel modellen. Bij hoogwater problemen in Drenthe in 1998 SOBEK gebruikt. Gebruikte versie RUREL met CHANNELFLOW. Gebruiken nu ook nog DIWA , DUFLOW met RAM module (regen afvoer module).
Waterschap Veld en Vecht	DUFLOW	DUFLOW	Werken met DUFLOW, gebruiksvriendelijk. SOBEK duur. Als het aangeschaft wordt dan alleen met de modules RAINFALLRUNOFF en CHANNELFLOW.
Waterschap De Dongestroom	DUFLOW DIWA	SOBEK	Gaan SOBEK gebruiken
Waterschap Veluwe	DIWA DUFLOW	SOBEK?	Beraden zich over de aanschaf van SOBEK. Bij projecten die uitbesteed worden wil men SOBEK gaan gebruiken