

Minimale afvoer van de Grensmaas

RHASIM achtergronddocument

augustus 2006



Minimale afvoer van de Grensmaas

RHASIM achtergronddocument

augustus 2006

W. M. Liefveld
P. Jesse

RIZA werkdocument 2006.035X

Inhoudsopgave

1.	Inleiding	7
Bijlage 1	Habitatrichtlijn soorten in de Grensmaas	9
Bijlage 2	Berekening bodemsnelheden adulten	11
Bijlage 3	Methode berekening substraat in RHASIM	13
Bijlage 4	Methode berekening zuurstofgehalte in RHASIM	15
Bijlage 5	Gegevens waterkwaliteit Eijsden	19
Bijlage 6	Modelinstellingen RHASIM	41
Bijlage 7	Gebruikte Habitat Geschiktheids Indices Barbeel	43
7.1	Oorspronkelijke Habitat geschiktheids indices Barbeel	43
7.2	Aangepaste Habitat geschiktheids indices Barbeel	46
Bijlage 8	Uitkomsten andere soorten	49
Bijlage 9	Berekening schoon substraat voor voortplanting	51
Bijlage 10	Resultaten berekening RHASIM 3.01	53
Bijlage 11	Paailocaties in de Grensmaas	59
Bijlage 12	Veldgegevens adulte Barbeel in de Grensmaas	61
Bijlage 13	Simulatie laagwater Gemeenschappelijke Maas periode april 2003	63
Bijlage 14	De Montana methode	81
Bijlage 15	Invloed onttrekkingen op de Belgische en Zuid-Nederlandsche kanalen op de minimumafvoer te Borgharen over de periode 1911 - 2000	85
Bijlage 16	Gevoeligheidsanalyse	95
	Verantwoording	97

1. Inleiding

Dit document bevat de bijlagen behorende bij het rapport "Minimale Afvoer van de Grensmaas. Inschatting van de ecologische effecten met RHASIM; RWS RIZA rapport 2006.015". Het gaat hierbij om een bundeling van achtergrondgegevens die al eerder in memo's en rapporten zijn gepubliceerd.

Bijlage 1 Habitatrictlijn soorten in de Grensmaas

In onderstaande opsomming is per habitatrictlijn soort van de Grensmaas een link gegeven naar een nadere beschrijving van de soort

- Zeeprík:
<http://www.synbiosys.alterra.nl/natura2000/hoofdpagina.aspx?subj=soorten&groep=3&id=1095>
- Rivierprík:
<http://www.synbiosys.alterra.nl/natura2000/hoofdpagina.aspx?subj=soorten&groep=3&id=1099>
- Zalm:
<http://www.synbiosys.alterra.nl/natura2000/hoofdpagina.aspx?subj=soorten&groep=3&id=1106>
- Bittervoorn:
<http://www.synbiosys.alterra.nl/natura2000/hoofdpagina.aspx?subj=soorten&groep=3&id=1134>
- Kleine modderkruiper
<http://www.synbiosys.alterra.nl/natura2000/hoofdpagina.aspx?subj=soorten&groep=3&id=1149>
- Rivierdonderpad:
<http://www.synbiosys.alterra.nl/natura2000/hoofdpagina.aspx?subj=soorten&groep=3&id=1163>

Bijlage 2 Berekening bodemsnelheden adulten

(uit Niggebrugge, 2005)

Inleiding

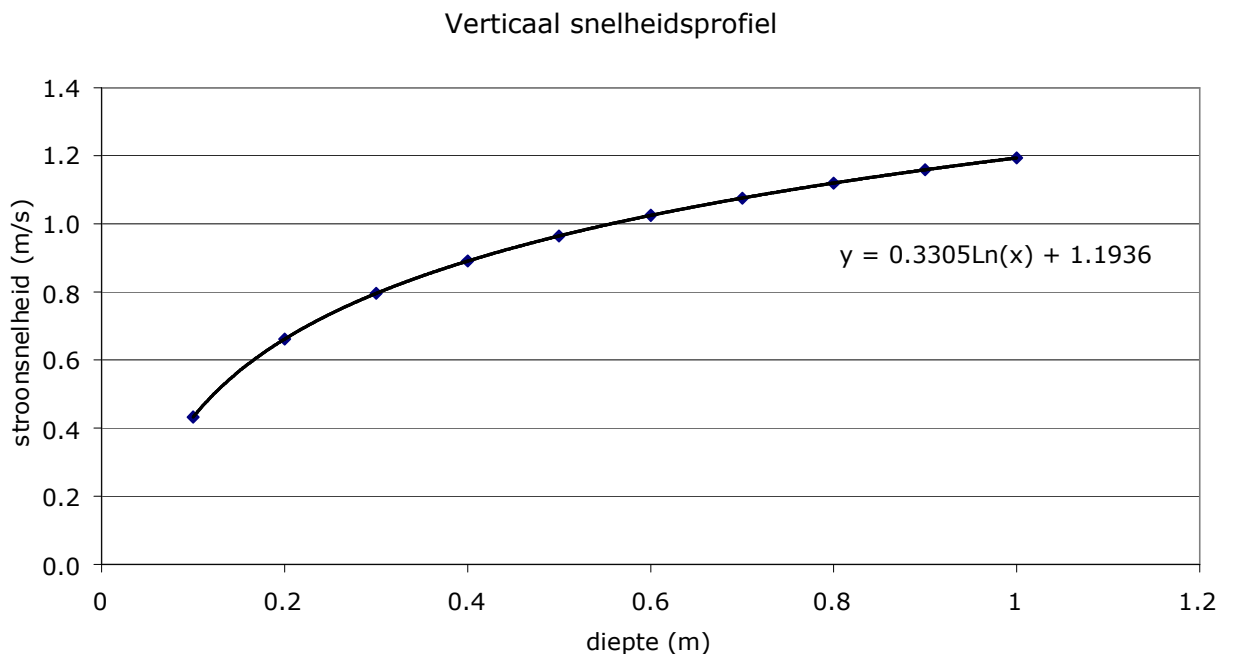
Adulte Barbelen zijn bodemvissen. Bij het beoordelen van de habitatgeschiktheid in RHASIM is het dan ook wenselijk om uit te gaan van de stroomsnelheid bij de bodem. In deze bijlage wordt hierop ingegaan.

Verticale snelheidsverdeling

De verticale snelheidsverdeling is vaak logaritmisch opgebouwd. Dit betekent dat de bodemsnelheden relatief laag zijn en logaritmisch toenemen met de hoogte vanaf de bodem tot aan het wateroppervlak. WAQUA berekent echter een representatieve stroomsnelheid per cel. Deze snelheden gaan meer afwijken van de bodemsnelheden naar mate de afvoer toeneemt. Daardoor lijkt het dat bij een hogere afvoer de stroomsnelheid in de cel te hoog wordt voor de adulte Barbeel terwijl deze zich op de bodem nog prima kan handhaven.

Figuur 2.1

Voorbeeld van een verticaal snelheidsprofiel. Dit profiel is bepaald uit de representatieve snelheid en diepte per cel die door WAQUA worden uitgevoerd. In dit geval was de representatieve snelheid 1,07 m/s en de diepte 1,85 meter. De snelheid op 10 cm van de bodem is hier echter 0,43 m/s.



Om hiervoor te corrigeren is er een spreadsheet ontwikkeld door C. Van den Brink van de afdeling WRR van het RIZA. Hiermee kunnen de snelheden die door WAQUA zijn berekend worden omgerekend naar snelheden op 10 cm boven de bodem. Hierbij wordt aangenomen dat het verticale snelheidsprofiel logaritmisch is opgebouwd (figuur 2.1). Beneden totale waterdieptes van 10 cm worden de oorspronkelijke WAQUA snelheden gebruikt omdat er anders hogere snelheden worden berekend. Voor de berekeningen heeft dit weinig effect omdat plekken die ondieper zijn dan 10 cm toch al ongeschikt zijn voor de adulte Barbeel.

Met deze aangepaste snelheden is RHASIM 3.01 doorgerekend voor afvoeren van 10, 40, 100 en 300 m³/s bij Borgharen met de aangepaste HGI's voor de adulte Barbeel.

(uit Witteveen + Bos 2003)

Er wordt in RHASIM 3.0 uitgegaan van een stabiele eindsituatie. Hierdoor zal op de plaatsen, waar resuspensie zou kunnen optreden, geen slib meer op de bodem aanwezig zijn. Resuspensie kan derhalve buiten beschouwing worden gelaten.

Er is volgens het model van Partheniades Krone ook een gebied, waar noch resuspensie, noch sedimentatie optreedt. Op deze plaats zou het aanwezige slib kunnen blijven liggen. In het model wordt er echter vanuit gegaan dat alleen op de plaatsen, waar daadwerkelijk sedimentatie is, slib op de bodem ligt. En op de overige plaatsen dus niet.

Per cel i wordt een eenvoudige massabalans opgesteld, te weten

$$Q_{ij} \cdot c_i^{in} = Q_{ij} \cdot c_{ij}^{uit} + sed_{ij}$$

Hierbij is i het vaknummer in de lengterichting van de rivier, en j de teller voor het vaknummer in de dwarsrichting van raai i . De concentratie slib van het instromende water is constant over het dwarsprofiel.

Als de sedimentatie bekend is kan uit de massabalans de concentratie van het uitstromende water per vak worden bepaald:

$$c_{ij}^{uit} = \max\left(0, c_i^{in} - \frac{sed_{ij}}{Q_{ij}}\right)$$

Bovenstaande berekening wordt voor $j = 1 \dots n_i$ (waarbij n_i het aantal vakken van lengteraai i is) uitgevoerd.

Vervolgens wordt de gemiddelde concentratie slib, dat over de lengteraai uitstroomt, berekend:

$$c_{i+1}^{in} = \frac{1}{Q} \sum Q_{ij} c_{ij}^{uit}$$

Uitvoer van deze berekening is de concentratie van zwevende stof in de Grensmaas (per vak). En de indicatie of er op de bodem van de cel grind of slib aanwezig is.

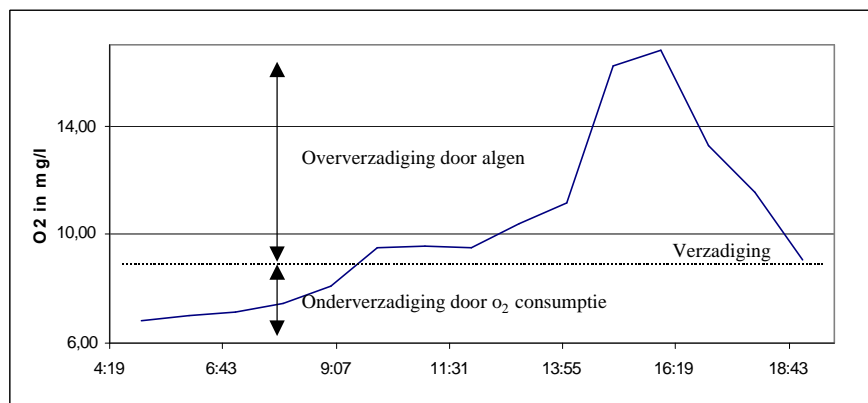
Bijlage 4 Methode berekening zuurstofgehalte in RHASIM

Uit: Witteveen + Bos, 2000 en Witteveen + Bos, 2003

Achtergrond

De resultaten van de analyse van de zuurstofhuishouding in de Grensmaas zijn gerapporteerd in Schulze & Greijdanus –Klaas (2000). Hieruit blijkt dat de gemiddelde en minimum zuurstofwaarden te laag zijn voor de zuurstofgevoelige vissen en macroinvertebraten. Voor de matig gevoelige soorten zijn de waarden het merendeel nog wel acceptabel, maar worden wel regelmatig gedurende enkele uren in de nacht en ochtend onderschreden. Een groter probleem voor de soorten vormen de dagfluctuaties in zuurstof van 20-30 mg O₂/l per dag, die in het voorjaar en zomer optreden in de stagnante en langzaamstromende stukken en veroorzaakt worden door de primaire productie van algen. Het leefgebied voor het merendeel van de macroinvertebraten en het paai en opgroeigebied voor veel vissen is juist in de langzaamstromende en ondiepe gedeelten in de buurt van de oever. De zuurstofgevoelige soorten kunnen een zuurstoftekort van enkel uren waarschijnlijk wel overleven. De mate van fluctuatie van de zuurstofgehalten en de regelmaat (gedurende maanden bijna dagelijks) waarin de onderschrijding van de minimumwaarde voorkomt, zal zeker negatief uitwerken op de typische riviersoorten, die gewend zijn aan een hoog en constant zuurstofgehalte. In figuur 4.1 wordt het kenmerkende dagverloop in zuurstofgehalten weergegeven.

Figuur 4.1
Kenmerkend dagverloop van de zuurstofconcentratie in september 1998



Er blijkt een toename van de zuurstofconcentratie gedurende de dag. De toename van zuurstof is dermate sterk dat dit niet alleen verklaard kan worden door de aanwezigheid van algen in water. Deze grafiek versterkt dus het vermoeden dat er meer zuurstofproductie onder invloed van daglicht moet zijn. Bij grote hoeveelheden algen in water zal gedurende de nacht zuurstofverbruik plaatsvinden. Deze figuur laat zien dat er gedurende de vroege morgen gedaald is tot 6 mg/l zuurstof in het water. Gedurende de nacht consumeren algen en waterplanten

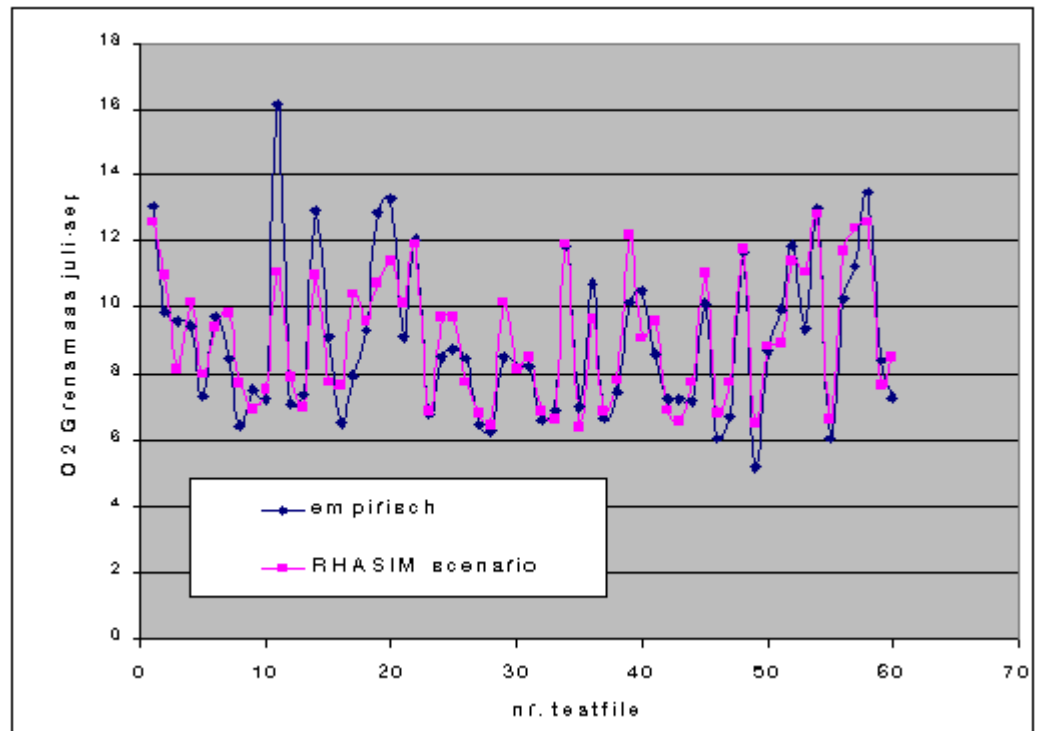
zuurstof. Bij grote hoeveelheden algen en waterplanten kan de zuurstofconcentratie zeer sterk afnemen. De zuurstofconcentratie kan redelijk op peil blijven door de aanwezigheid van turbulente stroming. Onder invloed van turbulente stroming kan extra zuurstofinslag plaatsvinden.

Berekening van de zuurstofconcentratie

Uit de analyse van de zuurstofgehalten bleken deze niet afvoerafhankelijk te zijn (Witteveen + Bos 2000). Uit de analyse blijkt verder dat de zuurstofconcentratie redelijk tot goed kan worden voorspeld met behulp van een meervoudig niet lineair regressiemodel. Dit model is gecalibreerd op enkele jaren aan zuurstofgegevens afkomstig van de Grensmaas. Afbeelding 4.2 geeft het voorspelresultaat weer van de zuurstofmodule onder RHASIM. Hierbij zijn de voorspelde waarden samen met de gemeten waarden afgebeeld.

.....
Figuur 4.2

Weergave empirische waarden zuurstofgehalte testset en modelwaarden.



Op basis van het tijdstip (maand en tijdstip op de dag), de zuurstofconcentratie en temperatuur bij Eijsden wordt in RHASIM met behulp van het statisch model de zuurstofconcentratie in de Grensmaas bepaald. Voor de ecologische onderbouwing van de minimale afvoernorm is 5 uur in de ochtend als tijdstip genomen om de zuurstofconcentratie in de Grensmaas te berekenen omdat dan de laagste zuurstofgehalten voorkomen. Bijvoorbeeld: bij een scenario van 8.66 mg/l zuurstof, 21.7 °C te Eijsden en om 5 uur in de ochtend wordt een zuurstofconcentratie in de Grensmaas berekend van ongeveer 7.21 mg/l.

Literatuur

Schulze, F.M. , & M. Greijdanus-Klaas, 2002. De zuurstofhuishouding in de Grensmaas, analyse van veldmetingen in de zomerperiode en relaties met macro-evertebraten. EHM-rapport nr. 33.200.

Bijlage 5 Gegevens waterkwaliteit Eijsden

Bron: Semmekrot, S. 1996,

Om de relatie tussen de afvoer en de waterkwaliteit goed in RHASIM te kunnen verwerken is een analyse gedaan van waterkwaliteitsgegevens in relatie tot het debiet bij Borgharen. Er zijn gegevens gebruikt van verschillende locaties die met verschillende frequenties gemeten zijn (tabel 5.1).

In de grafieken op pagina 21 t/m 40 worden voor 4 seizoenen de gevonden relaties gepresenteerd.

Tabel 5.1: Locaties, periodes en meetfrequenties van de voor RHASIM geanalyseerde waterkwaliteitsgegevens.

Locatie	Periode	Frequentie
Eijsden	1985-1995	dagelijks
Maaseik	1985-1992	twee wekelijks
Maasbracht	1985-1992	maandelijks
Stevensweert	1985-1992	maandelijks
Linne	1985-1992	maandelijks

Bijlage 6 Modelinstellingen RHASIM

Bron Niggebrugge 2005.

Voor elke berekening kunnen de instellingen van RHASIM 3.1 worden aangepast. Er is hier gebruik gemaakt van de standaardinstellingen van RHASIM behalve voor de substraatmodule en het zuurstofmodel. Hier wordt gebruik gemaakt van de instellingen van De Ruijter (2004). Voor de argumentatie hierbij wordt verwezen naar dit rapport.

Substraatmodule

Hier moet voor elke berekening het debiet en de Chézy-waarde ingevoerd worden.

Als debiet wordt hier de afvoer ingevuld waarvoor de berekening wordt uitgevoerd waarbij 5 m³/s wordt opgeteld. Dit is om te corrigeren voor de zijdelingse toestroom.

Voor de Chézy-waarde wordt bij elke berekening 40 m^{1/2}/s ingevuld.

Zuurstofmodel

In onderstaande tabel zijn de bij elke afvoer gebruikte instellingen voor het zuurstofmodel weergegeven.

Tabel 6.1
Instellingen voor het zuurstofmodel

Parameter	Waarde
Maand	Augustus
Temperatuur te Eijsden (°C)	22,28
Zuurstofgehalte te Eijsden (mg/l)	5,76
Tijdstip (uren)	6

Literatuur

Ruiter, J. de, 2004. Ecologische kwaliteitstoets RHASIM 3.0. Modelstudie aan de hand van veldgegevens van de Barbeel in de Grensmaas. Stageopdracht Hogeschool Zeeland. RIZA werkdocument 2004.095X.

Bijlage 7 Gebruikte Habitat Geschiktheids Indices Barbeel

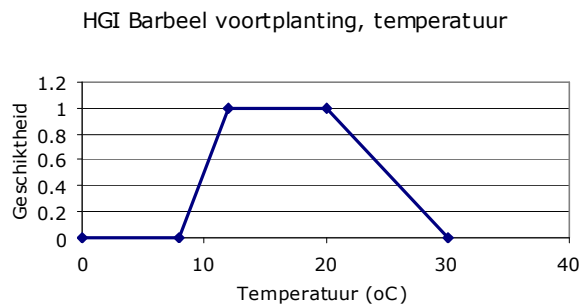
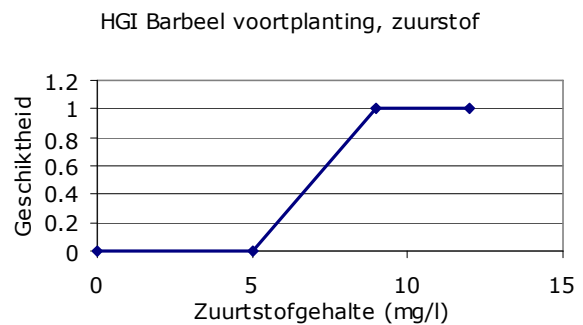
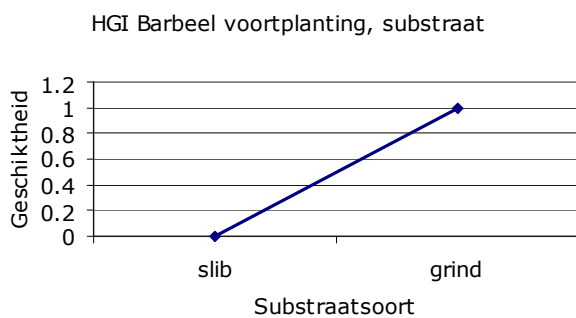
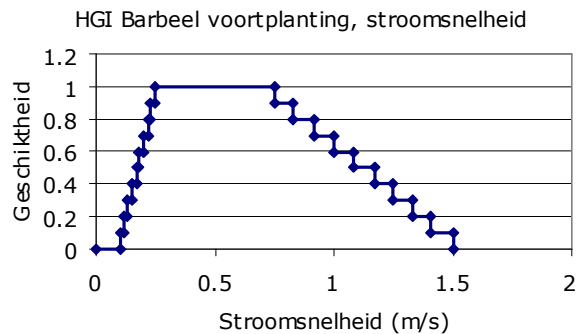
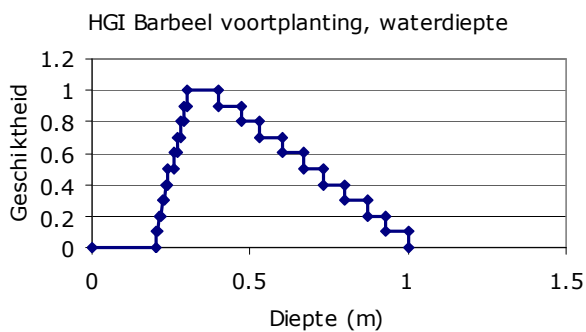
Bron: Niggebrugge 2005.

In paragraaf 7.1 worden de habitat Geschiktheids Indices (HGI's) weergegeven die oorspronkelijk in RHASIM waren opgenomen. Deze indices zijn gebaseerd op internationale literatuur

Op basis van veldmetingen in de Grensmaas is (uitgevoerd door A. de Vocht; Centrum voor Milieukunde Universiteit Hasselt) is besloten om de HGI's in RHASIM aan te passen. Hierdoor sluiten zij beter aan op de situatie in de Grensmaas. De nieuwe HGI's worden gepresenteerd in paragraaf 7.2.

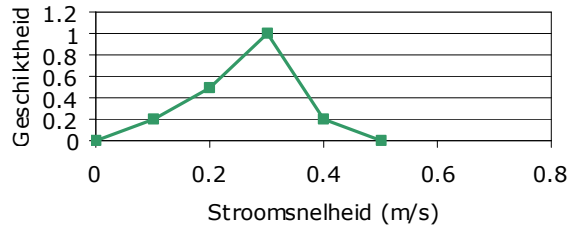
7.1 Oorspronkelijke Habitat geschiktheids indices Barbeel

Voortplanting

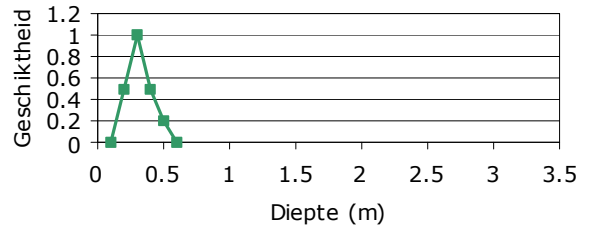


Juveniel

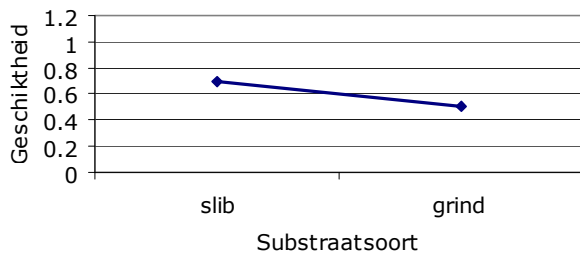
Veldgebaseerde HGI juveniele Barbeel
Stroomsnelheid



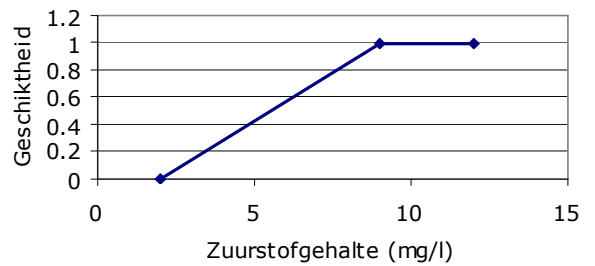
Veldgebaseerde HGI juveniele Barbeel
Diepte



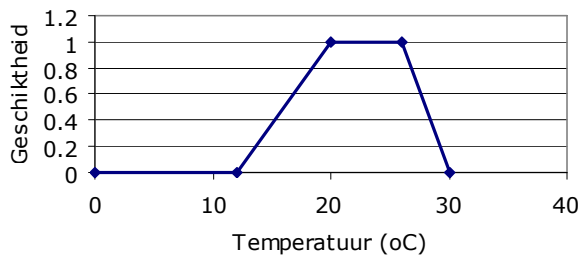
HGI Barbeel juveniel, substraat



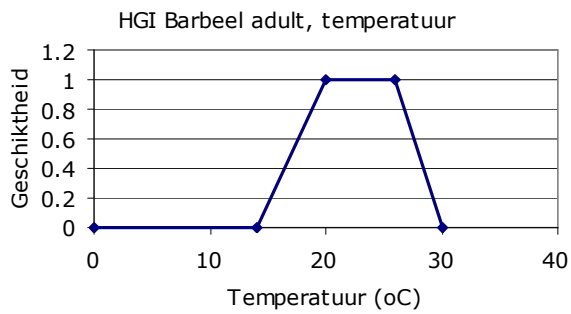
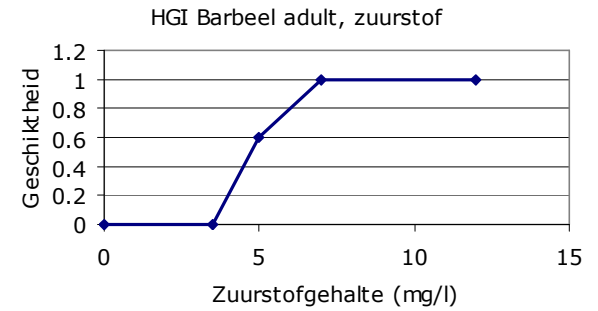
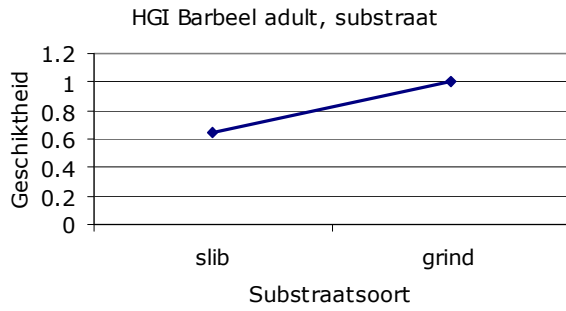
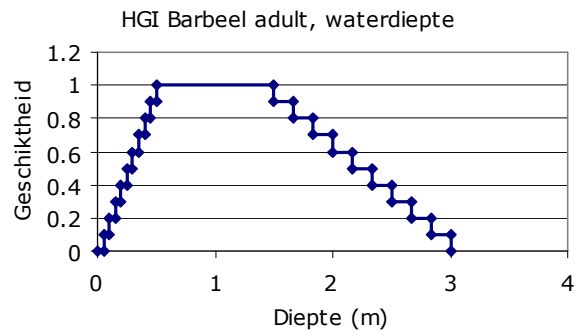
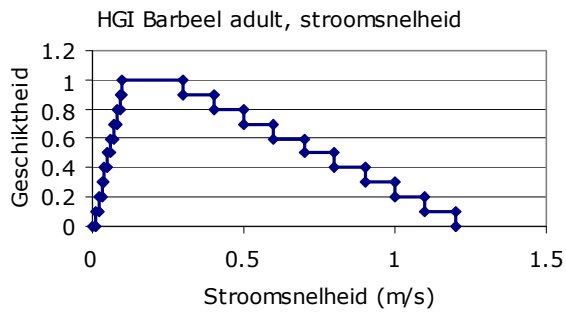
HGI Barbeel juveniel, zuurstof



HGI Barbeel juveniel, temperatuur



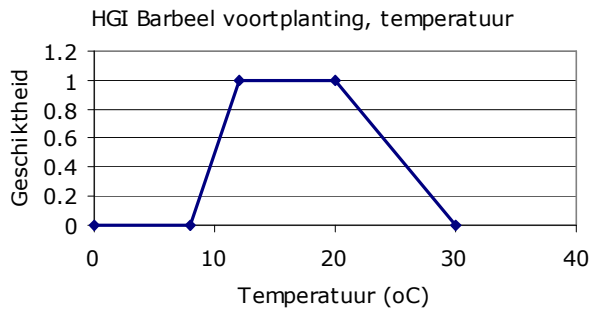
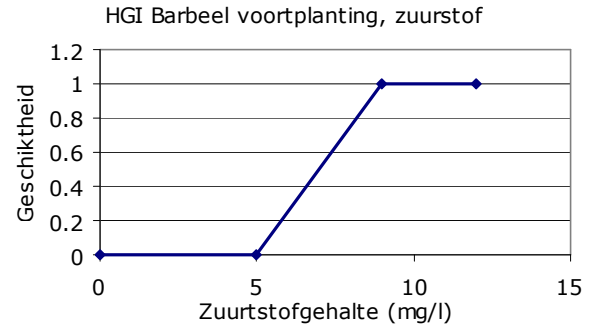
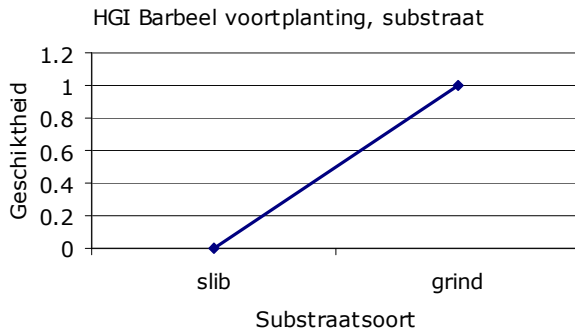
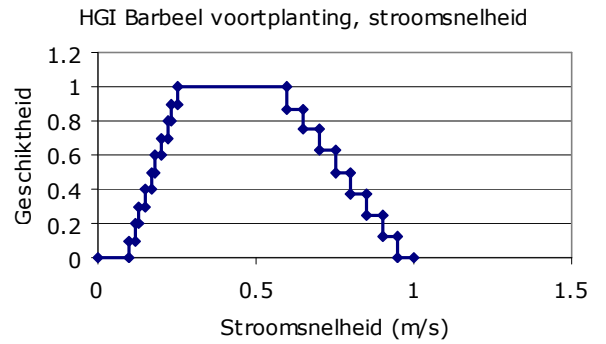
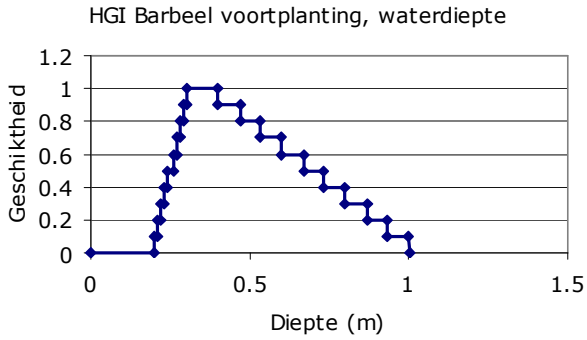
Adult



7.2 Aangepaste Habitat geschiktheids indices Barbeel

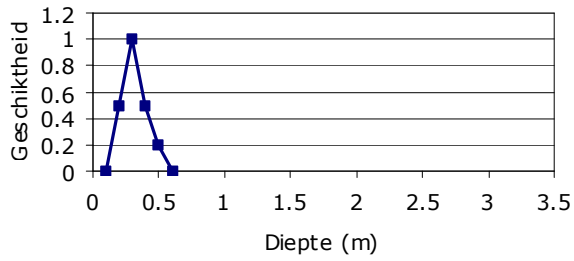
N.B.: Niet alle HGI's per levensstadium zijn aangepast. Hier zijn zowel de aangepaste als niet aangepaste HGI's zijn weergegeven.

Voortplanting

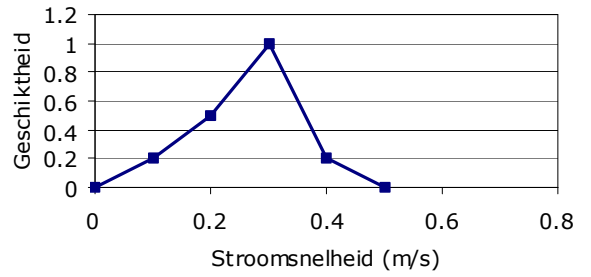


Juveniel

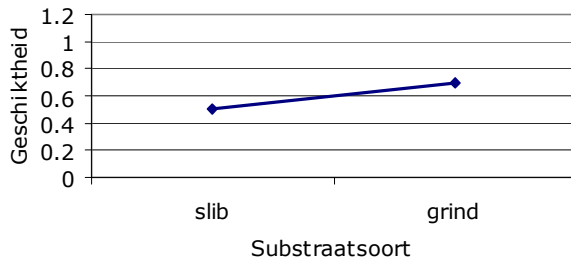
Veldgebaseerde HGI juveniele Barbeel
Diepte



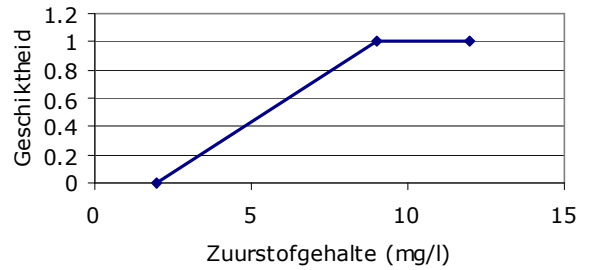
Veldgebaseerde HGI juveniele Barbeel
Stroomsnelheid



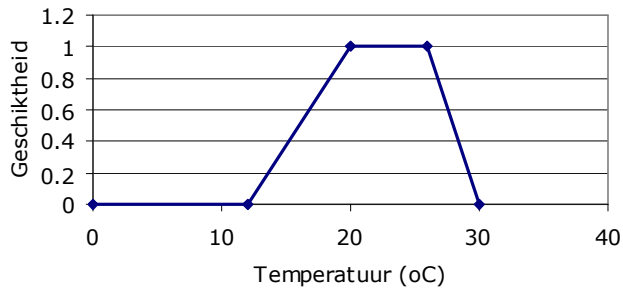
HGI Barbeel juveniel, substraat



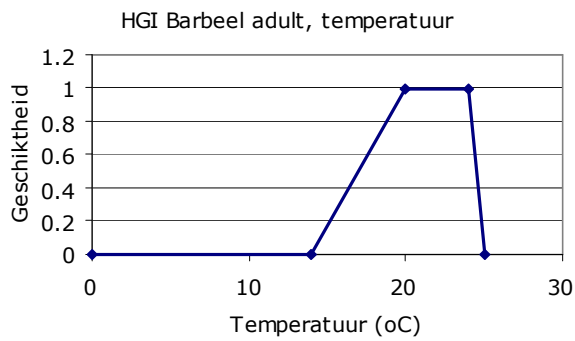
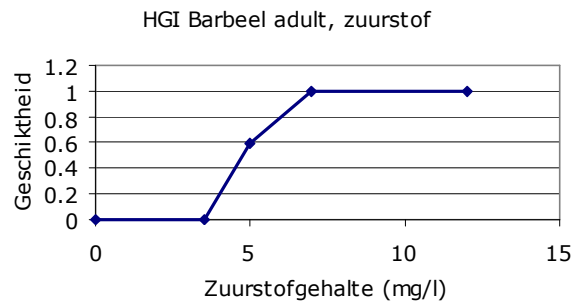
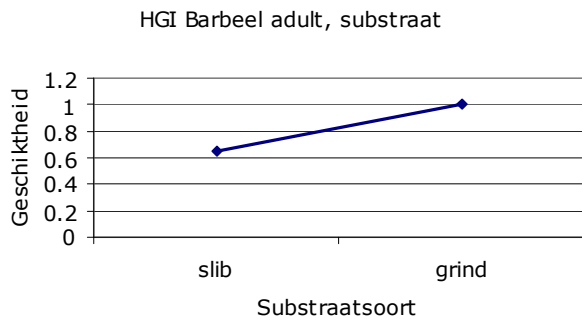
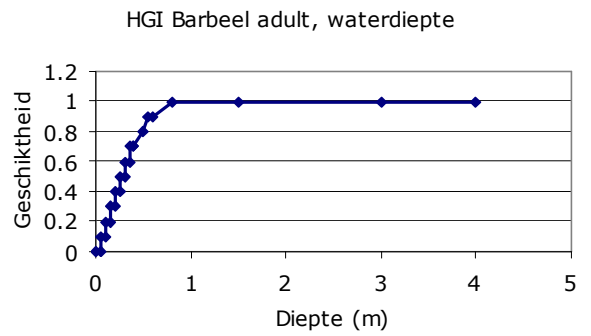
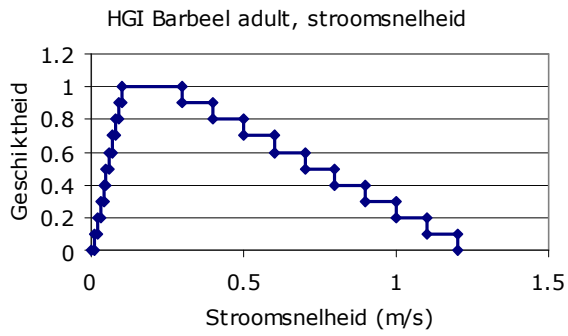
HGI Barbeel juveniel, zuurstof



HGI Barbeel juveniel, temperatuur



Adult



Bijlage 8 Uitkomsten andere soorten RHASIM 2.0

Bron: Ongepubliceerde analyses. Uitgevoerd in het kader van de studie naar een minimale afvoer op de Grensmaas.

Met RHASIM 2.0 zijn oppervlaktes geschikt leefgebied bepaald voor andere soorten dan Barbeel (tabel 8.1). Belangrijkste verschil met RHASIM 3.0 is dat RHASIM 2.0 geen gebruik maakt van waterkwantiteitsgegevens gebaseerd op WAQUA-berekeningen. De uitkomsten kunnen kwalitatief vergeleken worden.

Tabel 8.1

Uitkomsten RHASIM 2.0 voor Kopvoorn, Vlottende Waterranonkel, Rivierfonteinkruid, Kokerjuffer en Oeveraas

Oppervlaktes geschikt habitat (ha)

Soort/levensstadium	5 m ³ /s	10 m ³ /s	20 m ³ /s	30 m ³ /s	40 m ³ /s	60 m ³ /s	80 m ³ /s
Vlottende waterranonkel	45	43	40	40	40	40	33
Rivierfonteinkruid	29	40	57	68	73	77	70
Kokerjuffer	22	27	26	26	27	28	28
Oeveraas	20	24	25	26	27	28	28
Kopvoorn voortplanting	46	50	52	52	51	49	40
Kopvoorn larvaal	79	81	66	53	46	39	34
Kopvoorn juveniel	84	92	81	67	60	50	42
Kopvoorn adult	75	113	138	141	143	136	107

Kopvoorn

Voor Kopvoorn ligt het optimum voor de paai bij een afvoer van 20/30 m³/s. Voor de juvenielen is er een optimum bij 10 ha. Voor zowel het voortplantingsstadium (2.5 ha) als het juveniele levensstadium (6 ha) is bij elke afvoer voldoende geschikt habitat aanwezig voor een duurzame populatie. Voor adulte Kopvoorn ligt het optimum bij een afvoer van 40 m³/s. Bij een afvoer van 5 m³/s is voor adulte Kopvoorn 75 ha geschikt habitat aanwezig. Dit is onvoldoende voor een duurzame populatie (100 ha).

Waterplanten

Met RHASIM 2.0 wordt voor alle afvoerscenario's berekend dat minstens 33 hectare geschikt habitat beschikbaar is voor vlottende waterranonkel. Het optimum voor deze soort ligt echter duidelijk bij de lagere afvoeren waarbij een maximum oppervlakte van 44 hectare gevonden wordt bij 5 m³/s. Voor de andere waterplant in het model, rivierfonteinkruid, wordt juist een tegengesteld beeld gevonden. Hier ligt de optimale habitat geschiktheid bij 60 m³/s. Voor deze soort wordt altijd minimaal 28 ha aan geschikt habitat aangetroffen. Beide soorten zijn kenmerkend voor de Grensmaas.

Macro-evertebraten

Voor de kokerjuffer zijn de verschillen tussen de afvoerscenario's beperkt tot enkele hectares. Een maximale geschikt oppervlak wordt gevonden bij een afvoer van 10 m³/s en bedraagt 30 hectare. Voor het oeveraas zijn de verschillen tussen de afvoerscenario's aanzienlijk en wordt een maximum oppervlakte van 85 ha gevonden bij een afvoer van 80 m³/s. Ook in de meest ongunstige situatie, bij 5 m³/s, wordt altijd nog 19 hectare geschikt habitat aangetroffen. Oeveraas is een algemene soort en is niet kenmerkend voor de Grensmaas.

Vergelijking met uitkomsten Barbeel RHASIM 3.01

Om een beeld te krijgen hoe de uitkomsten voor de andere soorten zich verhouden tot de uitkomsten van RHASIM 3.0 voor Barbeel, zijn in tabel 8.2 de uitkomsten van RHASIM 2.0 voor Barbeel vergeleken met de uitkomsten van RHASIM 3.0. Voor Barbeel zijn in RAHSIM 2.0 de oorspronkelijke HGI's gebruikt en zijn geen correcties doorgevoerd voor b.v. substraatkwaliteit. Voor paai en het juveniele levensstadium zijn de berekende oppervlaktes veel groter met RHASIM 2.0. Voor de Adulten zijn de met RHASIM 2.0 berekende oppervlaktes juist kleiner. Vooral bij hoge afvoeren is het verschil groot door de aanpassingen in de HGI's (zie hoofdrapport). Kwalitatief is het verloop van de berekende oppervlaktes echter vergelijkbaar. Voor paai ligt bij beide versies het optimum rond 40 m³/s, voor juvenielen ligt het optimum rond 10 m³/s en voor de adulten neemt in beide versies van RHASIM het oppervlak geschikt leefgebied sterk af onder 30 m³/s. Dit pleit ervoor de uitkomsten van RASHIM 2.0 ook voor de andere soorten alleen relatief te vergelijken niet naar de absolute uitkomsten te kijken.

.....
Tabel 8.2
Uitkomsten RHASIM 2.0 en 3.0 voor
Barbeel

Levensstadium	5 m ³ /s	10 m ³ /s	15 m ³ /s	20 m ³ /s	30 m ³ /s	40 m ³ /s	60 m ³ /s	80 m ³ /s
Paai RHASIM 2.0	40	48		53	58	59	56	56
Paai RHASIM 3.0	0,4	0,5	0,6			0,6		0,4
Juveniel RHASIM 2.0	104	113		90	68	56	42	36
Juveniel RHASIM 3.0	6,1	5,6	5,3			4,2		3,1
Adult RHASIM 2.0	102	133		145	146	146	140	115
Adult RHASIM 3.0	138,1	170,8	195,8			261,5		298,6

Bijlage 9 Berekening schoon substraat voor voortplanting

Bron: De Ruiter 2004.

De voortplanting van de Barbeel vereist een fijne en schone grindfractie. Het substraat in de Grensmaas bestaat echter overwegend uit een grove pleisterlaag. Dat betekent dat er een laag van grind en keien boven op het fijnere grind ligt waardoor dit fijnere substraat niet beschikbaar is.

Tijdens winterafvoeren kan deze openbreken waardoor het onderliggende fijnere grind beschikbaar komt. Het is in RHASIM niet mogelijk om de differentiatie in korrelgrootte mee te nemen. Aan de hand van berekeningen van de stroomsnelheid kan wel worden benaderd waar qua substraat geschikte paaiplekken zouden kunnen liggen. Hiermee kunnen de berekeningen van RHASIM gecorrigeerd worden. Alleen cellen die zowel in RHASIM als in de substraatberekening geschikt worden bevonden tellen dan mee.

In deze analyse zijn de plekken bepaald die hoogdynamisch zijn. Dat zijn de plekken waar het substraat gedurende de winter in beweging komt en daardoor wordt verondersteld schoner en fijner te zijn. Het al dan niet in beweging komen wordt berekend met de Shields vergelijking (Vergelijking 9.1) (Van Rijn, 1993).

$$\theta = \frac{v^2}{C^2 \Delta D_{50}} > \theta_{cr}$$

waarin :

$$\Delta = \frac{\rho_s - \rho_w}{\rho_w} = 1.65$$

$$\theta_{cr} = 0.055$$

Vergelijking 9.1. Shields parameter

Hierin is:

θ =Shields parameter [-]

θ_{cr} =Kritische shieldswaarde [-]. Het begin van stabiliteitsverlies.

V =Stroomsnelheid [$m \cdot s^{-1}$], deze volgt uit WAQUA.

C =Ruwheidcoëfficiënt van Chézy [$m^{1/2} \cdot s^{-1}$]. Deze volgt uit de WAQUA

Δ =Specifieke dichtheid bodemmateriaal [-]. Hierin is ρ_s de dichtheid van het sediment ($2650 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$) en ρ_w de dichtheid van water ($1000 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$)

D_{50} =Karakteristieke diameter van het bodemmateriaal die door 50 (volume)procent van het substraat wordt onderschreden [m].

Als de Shieldsparameter voor een cel boven de kritische shieldswaarde komt van 0.055 is aangenomen dat het substraat in beweging komt. Er is voor een winterafvoer van 1500 m³/s berekend welk deel van de bodem in beweging komt bij die afvoer. Dit is een gemiddelde maximale afvoer die eens in de twee jaar voorkomt. De beweging is berekend door voor die afvoeren de stroomsnelheden en de zogenaamde Chézy waarde per cel door WAQUA te laten berekenen. De karakteristieke korrelgrootte in de Grensmaas is 36 mm, bepaald op basis van zeefkrommen.

Literatuur

Van Rijn L.C. (1993) Principles of sediment transport in rivers, estuaries and coastal seas. Aqua publications, Amsterdam.

Bijlage 10 Resultaten berekening RHASIM 3.01

In deze bijlage worden de ruwe gegevens gepresenteerd van de RHASIM berekeningen. Ten opzichte van Niggebrugge 2005 zijn een aantal modelresultaten toegevoegd. De berekening voor adult is opnieuw uitgevoerd. Conform het hoofddocument er vanuit is gegaan dat substraat voor dit levensstadium niet beperkend is.

Tabel 10.1: Expert judgement HGI; Levenstadium Barbeel - Paai

	Debiet m3/s					
	10	40	80	100	300	375
Oppervlak per klasse						
ongewogen						
Ongeschikt	339,42	358,79	374,83	383,43	428,32	438,45
Slecht geschikt	3,22	3,64	2,52	2,21	0,86	0,63
Matig geschikt	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Goed geschikt	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Optimaal	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Totaal</i>	<i>342,65</i>	<i>362,43</i>	<i>377,35</i>	<i>385,64</i>	<i>429,18</i>	<i>439,08</i>
gewogen						
Ongeschikt	0,20	0,56	0,28	0,27	0,13	0,08
Slecht geschikt	1,15	1,27	0,87	0,78	0,30	0,22
Matig geschikt	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Goed geschikt	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Optimaal	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Totaal</i>	<i>1,35</i>	<i>1,83</i>	<i>1,15</i>	<i>1,05</i>	<i>0,43</i>	<i>0,30</i>
Beperkende HGI						
Substraat	7062	5768	4211	3653	1523	1207
Diepte	198	1916	4016	5011	5369	3894
Stroming	926	1640	1337	1098	524	418
Overig	71	51	32	49	11	10
Substraat en Diepte	11966	21126	19833	18154	6316	4572
Diepte en Stroming	582	1764	5741	8208	27285	31899
Substraat en Stroming	2799	1772	1515	1480	1303	1343
Allemaal	10618	2199	1071	947	702	691
Geen	0	0	0	0	0	0
Droge Cel	29786	27772	26252	25408	20975	19974
<i>Totaal</i>	<i>64008</i>	<i>64008</i>	<i>64008</i>	<i>64008</i>	<i>64008</i>	<i>64008</i>
<i>Substraat in totaal</i>	<i>32445</i>	<i>30865</i>	<i>26630</i>	<i>24234</i>	<i>9844</i>	<i>7813</i>
<i>Diepte in totaal</i>	<i>23364</i>	<i>27005</i>	<i>30661</i>	<i>32320</i>	<i>39672</i>	<i>41056</i>
<i>Stroming in totaal</i>	<i>14925</i>	<i>7375</i>	<i>9664</i>	<i>11733</i>	<i>29814</i>	<i>34351</i>

Tabel 10.2: Expert judgement HGI; Levenstadium Barbeel - Juveniel

	Debiet m3/s					
	5	10	40	80	100	300
Oppervlak per klasse						
ongewogen						
Ongeschikt	321,21	328,69	352,10	369,54	379,31	427,07
Slecht geschikt	9,16	8,87	6,45	4,53	3,82	1,32
Matig geschikt	6,40	5,09	3,89	3,28	2,50	0,79
Goed geschikt	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Optimaal	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Totaal</i>	<i>336,77</i>	<i>342,65</i>	<i>362,43</i>	<i>377,35</i>	<i>385,64</i>	<i>429,18</i>
gewogen						
Ongeschikt	3,61	3,25	1,99	1,28	1,07	0,36
Slecht geschikt	3,13	3,05	2,19	1,58	1,33	0,46
Matig geschikt	3,20	2,54	1,94	1,64	1,25	0,39
Goed geschikt	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Optimaal	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Totaal</i>	<i>9,94</i>	<i>8,84</i>	<i>6,13</i>	<i>4,50</i>	<i>3,66</i>	<i>1,21</i>
Beperkende HGI						
Substraat	462	393	278	247	200	61
Diepte	26596	26521	21635	15000	12907	3628
Stroming	5284	5012	3537	2764	2521	1590
Overig	0	0	0	0	0	0
Substraat en Diepte	1	9	1	0	0	0
Diepte en Stroming	1289	2287	10785	19745	22971	37754
Substraat en Stroming	1	0	0	0	1	0
Allemaal	0	0	0	0	0	0
Geen	0	0	0	0	0	0
Droge Cel	30375	29786	27772	26252	25408	20975
Totaal	64008	64008	64008	64008	64008	64008
<i>Substraat in totaal</i>	<i>464</i>	<i>402</i>	<i>279</i>	<i>247</i>	<i>201</i>	<i>61</i>
<i>Diepte in totaal</i>	<i>27886</i>	<i>28817</i>	<i>32421</i>	<i>34745</i>	<i>35878</i>	<i>41382</i>
<i>Stroming in totaal</i>	<i>6574</i>	<i>7299</i>	<i>14322</i>	<i>22509</i>	<i>25493</i>	<i>39344</i>

Tabel 10.3: Expert judgement HGI; Levenstadium Barbeel - Adult

	Debiet m3/s			
	10	40	100	300
Oppervlak per klasse				
ongewogen				
Ongeschikt	56,65	53,46	98,75	277,34
Slecht geschikt	28,11	28,66	55,70	64,00
Matig geschikt	61,25	49,56	75,64	43,53
Goed geschikt	196,64	230,75	155,55	44,30
Optimaal	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Totaal</i>	<i>342,65</i>	<i>362,43</i>	<i>385,64</i>	<i>429,18</i>
gewogen				
Ongeschikt	2,12	2,41	6,28	9,37
Slecht geschikt	10,16	10,32	19,79	22,17
Matig geschikt	33,31	27,52	41,70	23,74
Goed geschikt	137,65	161,52	108,89	31,01
Optimaal	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Totaal</i>	<i>183,24</i>	<i>201,77</i>	<i>176,66</i>	<i>86,30</i>
Beperkende HGI				
Substraat	19581	23070	15614	4455
Diepte	1902	1255	694	206
Stroming	10218	10833	22056	38251
Overig	0	0	0	0
Substraat en Diepte	0	0	0	0
Diepte en Stroming	2521	1078	236	121
Substraat en Stroming	0	0	0	0
Allemaal	0	0	0	0
Geen	0	0	0	0
Droge Cel	29786	27772	25408	20975
Totaal	64008	64008	64008	64008
<i>Substraat in totaal</i>	<i>19581</i>	<i>23070</i>	<i>15614</i>	<i>4455</i>
<i>Diepte in totaal</i>	<i>4423</i>	<i>2333</i>	<i>930</i>	<i>327</i>
<i>Stroming in totaal</i>	<i>12739</i>	<i>11911</i>	<i>22292</i>	<i>38372</i>

Tabel 10.4 Expert judgement HGI & Bodemsnelheden;
Levenstadium Barbeel Adult

	Debiet m3/s					
	5	10	15	40	100	300
Oppervlak per klasse						
ongewogen						
ongeschikt	141,68	115,32	99,0122	38,77	25,23	23,78
slecht geschikt	57,74	47,78	41,3134	43,36	9,57	10,64
matig geschikt	41,03	47,40	46,0986	40,22	24,04	53,21
goed geschikt	39,19	45,97	50,5499	54,33	81,67	159,13
optimaal	57,12	86,17	110,928	185,75	245,13	182,43
<i>totaal</i>	336,77	342,65	347,902	362,43	385,64	429,18
gewogen						
ongeschikt	11,93	10,49	10,4762	1,57	0,77	0,55
slecht geschikt	20,15	16,70	14,451	16,16	3,49	3,90
matig geschikt	22,53	25,91	25,4332	21,81	13,47	30,15
goed geschikt	29,12	34,39	37,8231	41,07	62,35	120,15
optimaal	54,98	83,32	107,573	180,84	237,10	173,41
<i>totaal</i>	138,72	170,82	195,756	261,46	317,19	328,16
Beperkende HGI						
Substraat	0	0	0	0	0	0
Diepte	5423	5173	4843	3647	2236	826
Stroming	22207	21272	20463	18329	19919	32994
Overig						
Substraat en Diepte		0		0	0	0
Diepte en Stroming	3030	2689	2400	1171	290	145
Substraat en Stroming		0		0	0	0
Allemaal	0	0	0	0	0	0
Geen	6003	5088	9448	13089	16155	9068
Droge Cel	30375	29786	29254	27772	25408	20975
Totaal	64008	64008	64008	64008	64008	64008
<i>Substraat in totaal</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Diepte in totaal</i>	8453	7862	7243	4818	2526	971
<i>Stroming in totaal</i>	25237	23961	22863	19500	20209	33139

10.1 GIS analyse

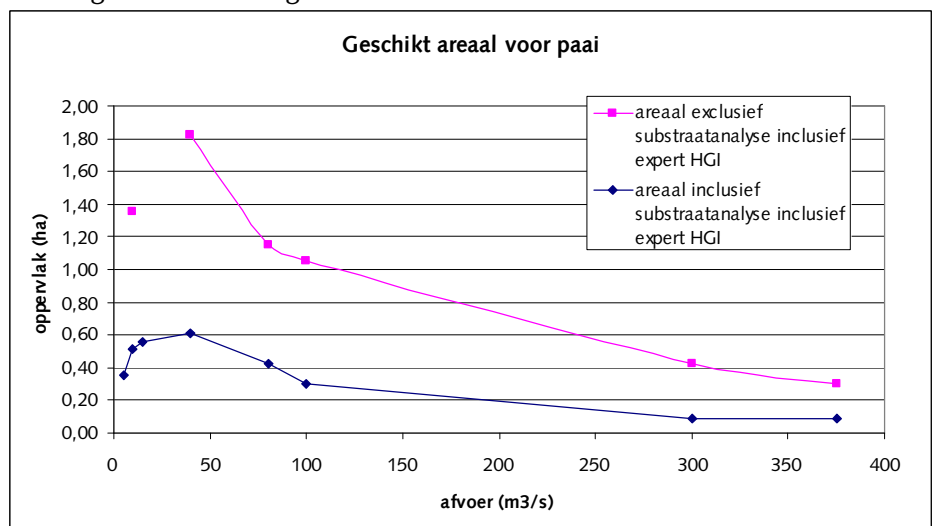
10.1.1 Geschikt areaal voor paai rekening houdend met geschikt substraat

In tabel 10.1 is alleen het RHASIM - modelresultaat gepresenteerd. Hierbij is nog geen rekening gehouden met eis dat paai alleen plaats vindt op schoon substraat. Met behulp van een GIS analyse zijn die locaties geselecteerd waar het substaat bij een hoge winterafvoer in beweging wordt gebracht. Aangenomen wordt deze locaties (mits ook geschikt qua waterkwaliteit, diepte en stroomsnelheid (zie modelresultaat) geschikt zijn als paailocatie voor Barbeel. Het resultaat van deze analyse is opgenomen in tabel 10.5 en figuur 10.1.

Tabel 10.5: Geschikt areaal voor paai in de grensmaas al dan niet rekening houdend met geschikt substraat

afvoer	areaal inclusief substraatanalyse inclusief expert HGI	areaal exclusief substraatanalyse inclusief expert HGI
5	0,35	
10	0,51	1,35
15	0,56	
40	0,61	1,83
80	0,43	1,15
100	0,30	1,05
300	0,09	0,43
375	0,09	0,30

Figuur 10.1 Geschikt areaal voor paai in de grensmaas al dan niet rekening houdend met geschikt substraat



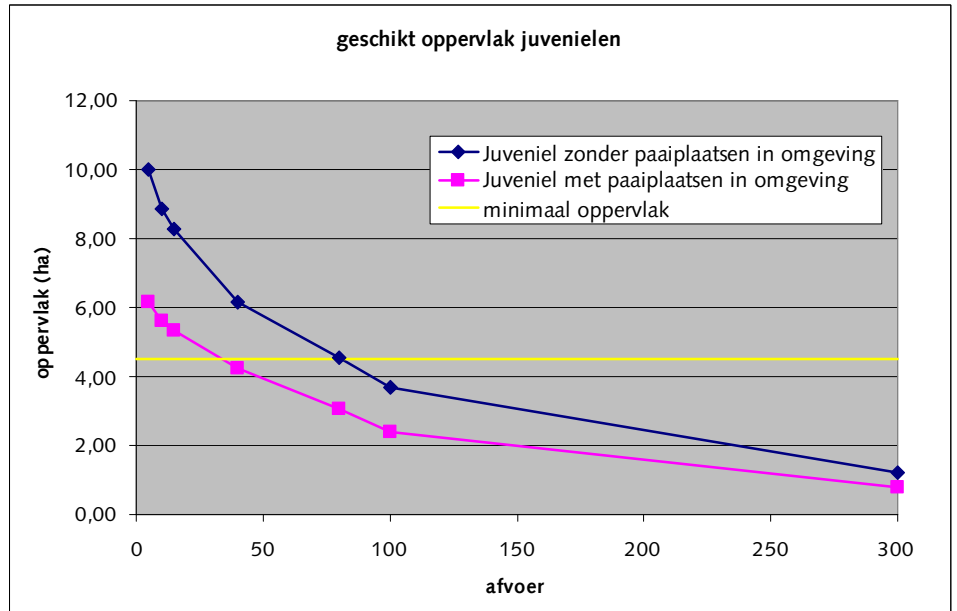
10.1.2 *Geslacht areaal voor juvenielen rekening houdend met de ligging van paaiplaatsen in de omgeving.*

In tabel 10.2 is alleen het modelresultaat voor juvenielen gepresenteerd. Hierbij is nog geen rekening gehouden met de aanvullende eis dat de geschikte plaatsen voor juvenielen ook bereikbaar moeten zijn vanaf de paaiplaatsen. Hiervoor is een aparte GIS analyse uitgevoerd. Aangenomen wordt dat juvenielen alleen kunnen voorkomen op geschikte locaties die zijn gelegen op een maximale afstand van 2500m vanaf een bekende paailocatie. Het resultaat van deze analyse is opgenomen in tabel 10.6 en figuur 10.2

Tabel 10.6: Geschikt areaal voor juvenielen in de Grensmaas al dan niet rekening houdend met de aanwezigheid van geschikte paaiplaatsen in de omgeving (max 2500m afstand)

Afvoer	Juveniel zonder paaiplaatsen in omgeving	Juveniel met paaiplaatsen in omgeving
5	9,99	6,16
10	8,85	5,60
15	8,29	5,34
40	6,16	4,23
80	4,53	3,07
100	3,68	2,41
300	1,22	0,78

Figuur 10.2: Geschikt areaal voor juvenielen in de Grensmaas al dan niet rekening houdend met de aanwezigheid van geschikte paaiplaatsen in de omgeving (max 2500m afstand)



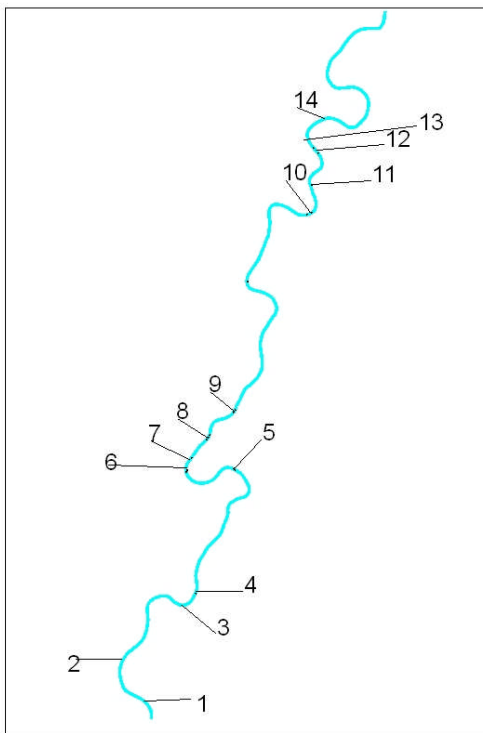
Bijlage 11 Paailocaties in de Grensmaas

Bron: De Ruiter, 2004

De locaties waar RHASIM (slecht)geschikt voortplantingsgebied voorspelt (met aangepaste HGI's en correctie voor substraat) bij een afvoer van $80 \text{ m}^3/\text{s}$, zijn vergeleken met de voortplantingsgebieden die in het veld zijn aangetroffen door De Vocht (afvoer $60 - 320 \text{ m}^3/\text{s}$).

Figuur 11.1

Een overzicht van de paaiplaatsen zoals deze door RHASIM 3.1 met de aangepaste HGI's en substraatcorrectie zijn berekend voor een afvoer van $80 \text{ m}^3/\text{s}$. Tevens zijn de paaiplaatsen aangegeven die in het veld zijn waargenomen. In de tabel staat aangegeven of de bepaling met RHASIM overeenkwam met de veldwaarneming. De rij is dan groen gekleurd.



Nummer in kaart	Veldwaarneming	RHASIM 3.1
1	X	
2	X	
3	X	
4		X
5		X
6	X	X
7	X	X
8		X
9		X
10		X
11	X	X
12		X
13		X
14	X	X

Het blijkt dat de analyse met RHASIM 3.1 ongeveer de helft van de paailocaties die in het veld worden waargenomen goed bepaald heeft. Vooral de paaihabitats in het zuidelijk deel van de Grensmaas komen met RHASIM 3.1 niet naar voren. Ook worden er door RHASIM paaiplaatsen aangeduid waar in werkelijkheid helemaal geen paaiactiviteiten plaatsvinden.

De locaties uit figuur 11.1 worden hier kort omschreven.

1. Stroomafwaarts van de stuw bij Borgharen liggen volgens veldwaarnemingen een aantal geschikte paaiplaatsen. Hier ligt geschikt substraat en ook de stroomsnelheid en diepte voldoen

-
- aan de eisen. De berekeningen met RHASIM 3.1 duiden deze plaats niet aan als voortplantingslocatie
2. De grindbank tegenover Itteren is volgens veldwaarnemingen een geschikt paaihabitat. De berekeningen met RHASIM 3.1 wijzen deze plek echter niet aan als paaihabitat.
 3. De monding van de Geul is geschikt volgens de veldwaarnemingen maar deze valt buiten het rooster van RHASIM 3.1.
 4. Volgens de berekeningen met RHASIM 3.1 ligt er een geschikt paaihabitat bij Hebrecht. In 2004 is hier in het veld echter geen paaiplaats aangetroffen.
 5. Ook bij het viaduct bij Stein zou een geschikte plaats moeten liggen. Er is in het veld geen paaihabitat aangetroffen en er ligt geen grindbank.
 6. De bocht bij Meers is volgens veldwaarnemingen en RHASIM 3.1 geschikt voor paaiactiviteit. Het gaat hierbij vooral om stroompjes naar het grindgat bij Meers die bij lage afvoeren niet meer geschikt zijn omdat ze dan droog vallen.
 7. Het eiland bij Meers wordt ook door zowel RHASIM 3.1 als de veldwaarnemingen aangeduid als geschikt paaihabitat. Dit bleek ook uit voorgaande berekeningen met RHASIM 3.1.
 8. De Grensmaas bij Maasband komt in de RHASIM-berekeningen als paaihabitat naar voren. In het veld zijn geen paaiplaatsen aangetroffen. Er is geen grindbank aanwezig. Het eiland bij Maasband is echter een zeer goede paaiplaats (De Vocht *et al.*, 2003). Dit eiland valt buiten het rooster van RHASIM 3.1.
 9. Net voorbij rivierkilometer 35 wijst RHASIM 3.1 ook een paaiplaats aan. In het veld is hier geen paaihabitat waargenomen.
 10. In de bocht bij Elerweert ligt volgens RHASIM 3.1 geschikt paaihabitat. Dit kwam ook uit de voorgaande berekeningen met RHASIM 3.1 naar voren. Het blijkt echter om een plek te gaan waar de juvenielen zich wel graag ophouden maar geen paai plaatsvindt. De grindbank heeft hier niet de juiste vorm voor.
 11. De Grensmaas bij Vissersweert is volgens veldwaarnemingen geschikt paaihabitat. RHASIM 3.1 berekent hier echter slechts een heel klein paaihabitat.
 12. De bocht voor Maaseik is volgens RHASIM 3.1 geschikt als paaiplaats, in zowel dit onderzoek als voorgaande berekeningen. Er wordt inderdaad een grindbank aangetroffen tijdens het veldbezoek in 2004, maar hier ligt alleen broedsel van de Kopvoorn en niet van de Barbeel.
 13. Een klein stukje verder stroomafwaarts wijst RHASIM 3.1 opnieuw een paaiplaats aan. Hier is tijdens de veldwaarnemingen geen paaihabitat aangetroffen.
 14. Achter de peiler van de brug bij Maaseik ligt in werkelijkheid wel geschikt paaihabitat zoals RHASIM 3.1 tijdens beide onderzoeken heeft voorspeld. Er liggen hier twee grindbanken achter elkaar in de stroming.

(naar: Niggebrugge 2005)

Groote leefgebieden

In het onderzoek van De Vocht *et al.* (2003) is gekeken naar de grootte van de home range van de adulte Barbeel. De grootte hiervan zegt onder andere iets over de geschiktheid van het habitat door het jaar heen: Een grote home-range duidt erop dat de vissen gedurende het jaar verder uit elkaar gelegen plekken met geschikt habitat moeten opzoeken. De grootte van de home range ter hoogte van de bocht bij Meers is vergelijkbaar met die van Barbelen in de Ourthe. Deze varieerde tussen de 76 en de 2600 meter. Dit duidt erop dat de locatie Meers gevarieerd genoeg is om bij verschillende omstandigheden geschikt leefgebied te bieden. Voor Barbelen die gebruik maken van de Geul en de Geulmonding is het leefgebied beduidend groter (6 a 7 km). De benedenloop van de Geul blijkt namelijk niet jaarrond een geschikt habitat te vormen. Bij een laag debiet migreren de Barbelen uit de benedenloop van de Geul naar de Grensmaas. Blijkbaar is bij dit lage debiet ook het aanbod aan diepe schuilplaatsen stroomafwaarts van de Geulmonding beperkt waardoor deze Barbelen een veel groter leefgebied nodig hebben. Ook is het niet uit te sluiten dat het leefgebied van de Barbelen die zich in de winter en het voorjaar ter hoogte van Borgharen-Smeermaas ophouden vrij groot is. In de zomer zijn bij lage afvoeren grote delen van de Grensmaas in dit gebied ondiep. Mogelijk migreren adulten daarom naar stroomafwaarts gelegen diepere delen. Het is momenteel onbekend of deze grote migraties een negatieve impact hebben op de overleving en groei van de Barbeel en of de populatie hierdoor sterker onder druk komt te staan (de Vocht *et al.*, 2003).

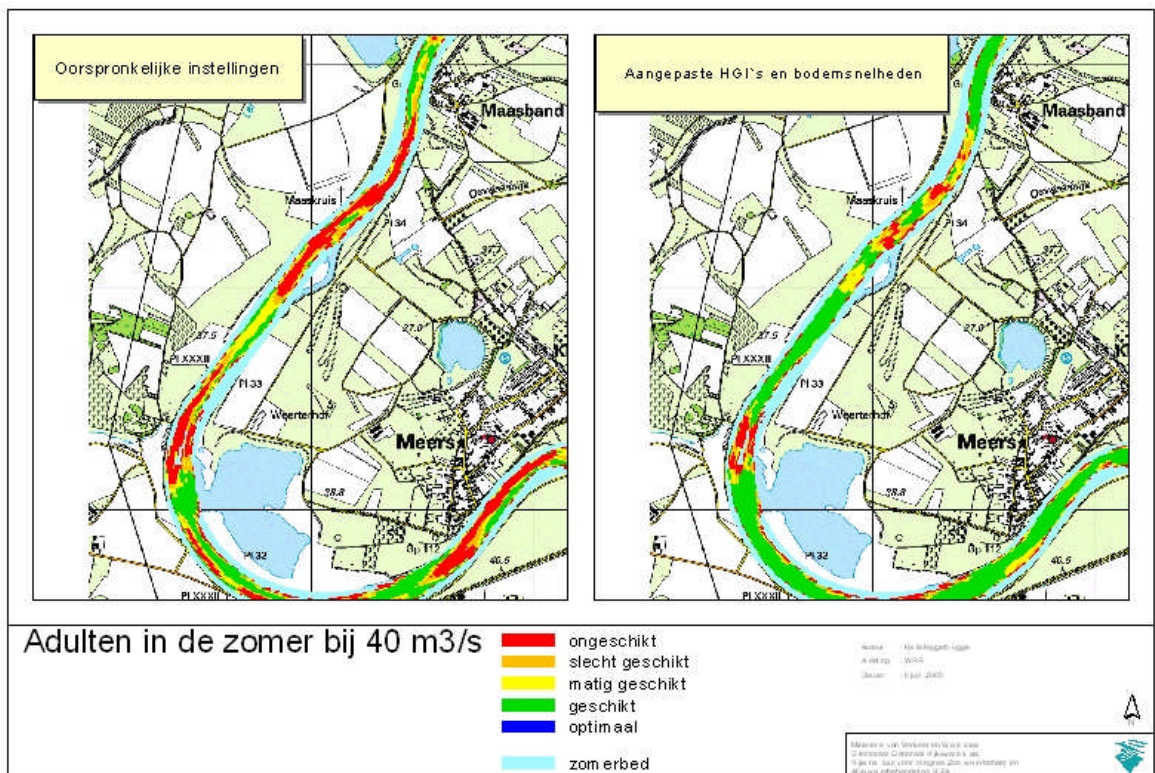
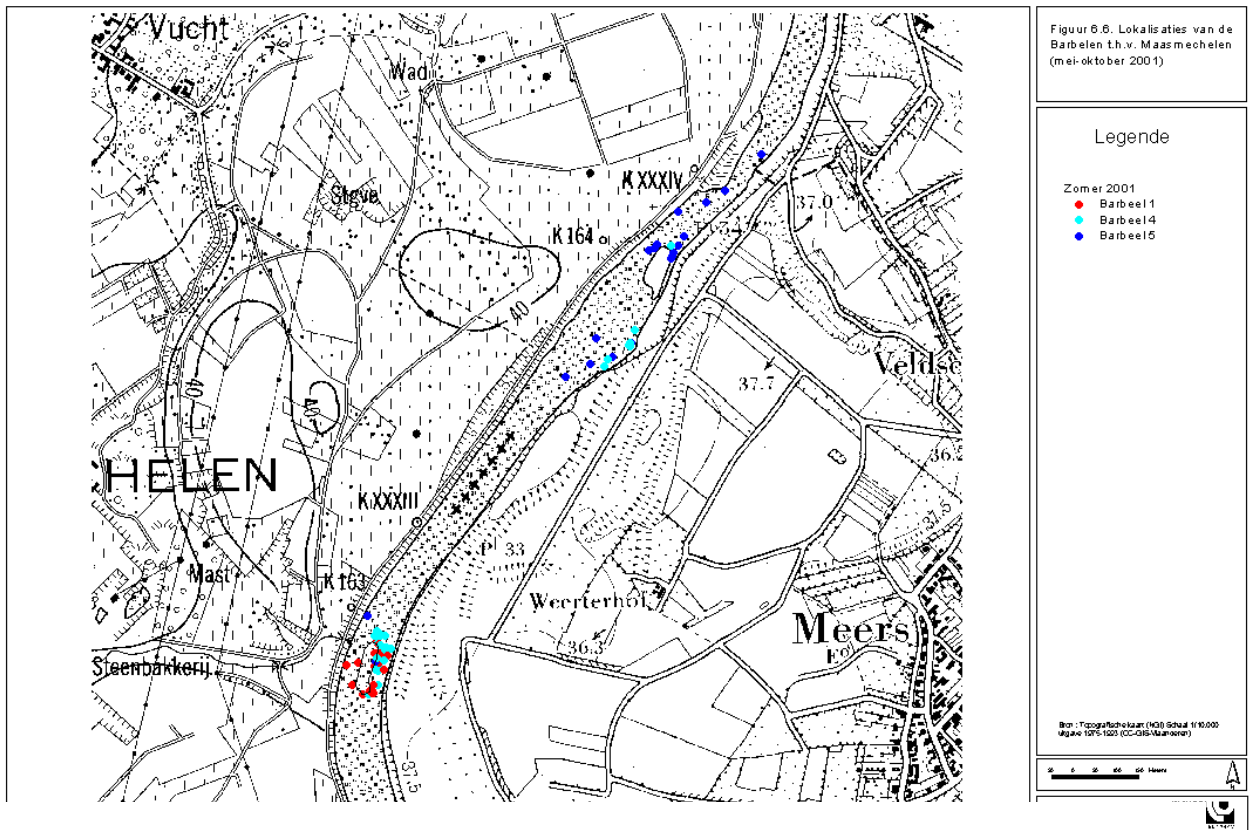
Locatie leefgebieden

Bij lage afvoeren in de zomer houden adulte barbelen zich vooral op in de diepere, koele delen van het zomerbed. Dit komt in RHASIM niet tot uitdrukking. Bij een lage afvoer (10 m³/s) lijken de gebieden bij Itteren, Herbricht, en benedenstreams van Maaseik ongeschikt voor adulte Barbeel door de lage stroomsnelheid. Hier bevinden zich in de praktijk nu juist de typische schuilgebieden.

Bij iets hogere afvoeren houden volwassen Barbelen zich veel op in de stroomversnellingen waar ze fourageren. Ook dit komt niet goed tot uitdrukking in RAHSIM omdat daar de stroomsnelheden te hoog zijn. In de praktijk verschuilen ze zich in de luwte van b.v. een steen zodat ze niet wegspoelen.

De uitkomsten van RHASIM zijn nog te grofmazig om een goede vergelijking met de verblijfplaatsen van adulte Barbeel te kunnen maken. De veldwaarnemingen uit het veld komen slechts ten dele overeen met plekken die RHASIM als geschikt aangeeft (figuur 12.1).

Figuur 12.1: Vergelijking tussen de veldwaarnemingen van adulte Barbelen in de zomer van mei-oktober 2001 benedenstrooms van Meers (De Vocht *et al.*, 2003) (boven) en de verschillende analyses met RHASIM bij 40 m³/s. Links is gebruik gemaakt van de oorspronkelijke instellingen, rechts is gebruik gemaakt van de aangepaste HGI's en bodemsnelheden.



Bijlage 13 Simulatie laagwater Gemeenschappelijke Maas periode april 2003

Bron: Van den Brink, 2004

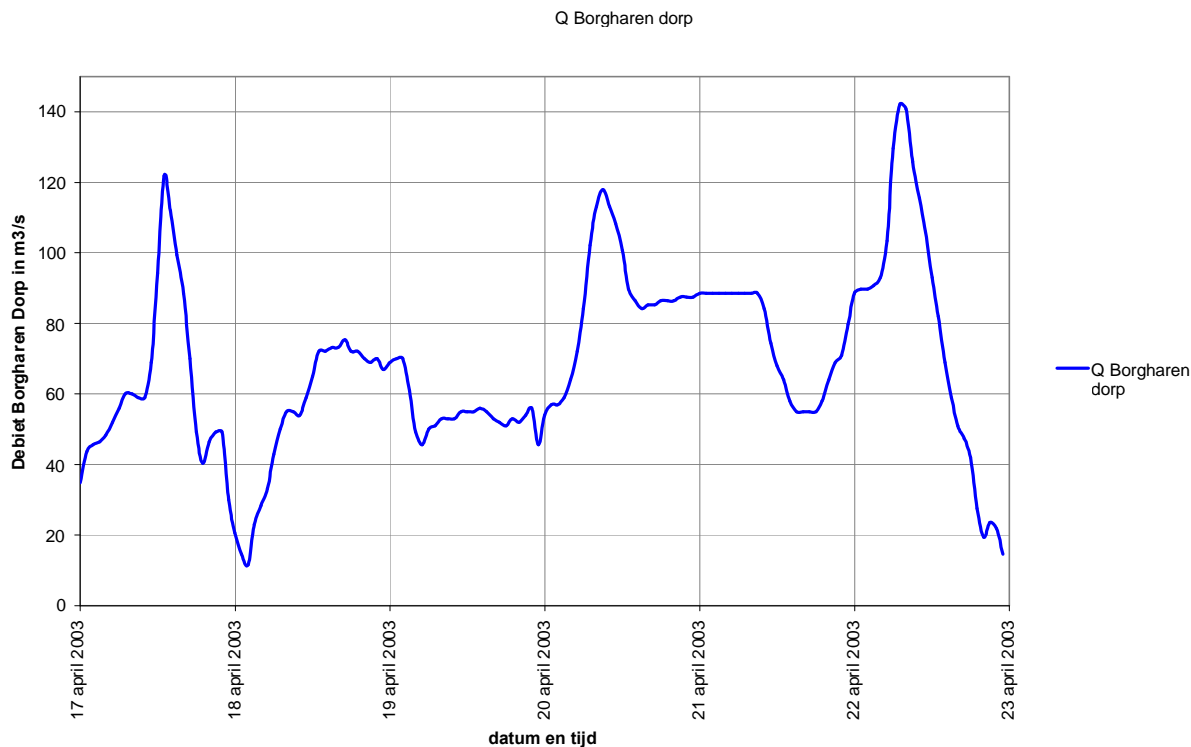
Inleiding

Op verzoek van de Directie Limburg is voor hydraulische laagwaterstudies van de Gemeenschappelijke Maas (Grensmaas) een apart WAQUA rekenmodel gemaakt. Dit model is bedoeld om simulaties te verrichten van laagwatersituaties op de Grensmaas. Het model heeft een maaswijdte van 5x25 meter gemiddeld en is gevuld met bodemhoogtes van het peiljaar 2001. Het model is geijkt met meetgegevens van de periode 17 april 2003 tot 23 april 2003. Hier volgt een nadere beschrijving van de resultaten voor die periode

Uitgangspunten

- Bodemhoogtes uit peiling van 2001,
- Ruwheden ecotopen default,
- Bovenrand automatische debietverdeling thv Borgharen Dorp op kilometterraai 16 (bijlage 13.1),
- Debiet overlaat Bosscherveld volgens geldende Qh relatie voor de overlaat (bijlage 13.2),
- Benedenrand de eerste 9 sommen een vaste waterstand van 20.80 op kilometer 63, de laatste som de gemeten waterstanden Stevensweert (10 minuten waarden)
- Laterale toestroming Geul tijdreeks Meerssen met een geschatte looptijd van 5 uur (bijlage 13.3),
- Laterale toestroming (incl. grondwater) volgens tabel in bijlage 13.4, (Baetens J.).
- Initiële conditie waterstanden en stroomsnelheden uit ongecalibreerde stationaire berekening 74 m³/s.
- Waterstandstations Borgharen Dorp, Lanaken, Elsloo, Dilsen, Grevenbicht, Maaseik, en Stevensweert.

Figuur 13.1
Overzicht debietrandvoorwaarde Borgharen



De figuur 13.1 laat zien dat in de simulatieperiode het debiet fluctueert tussen 15 en 140 m³/s. Hierbij komen nog de debieten van overlaat Bosscherveld, de Geul, en het grondwater.

Resultaten

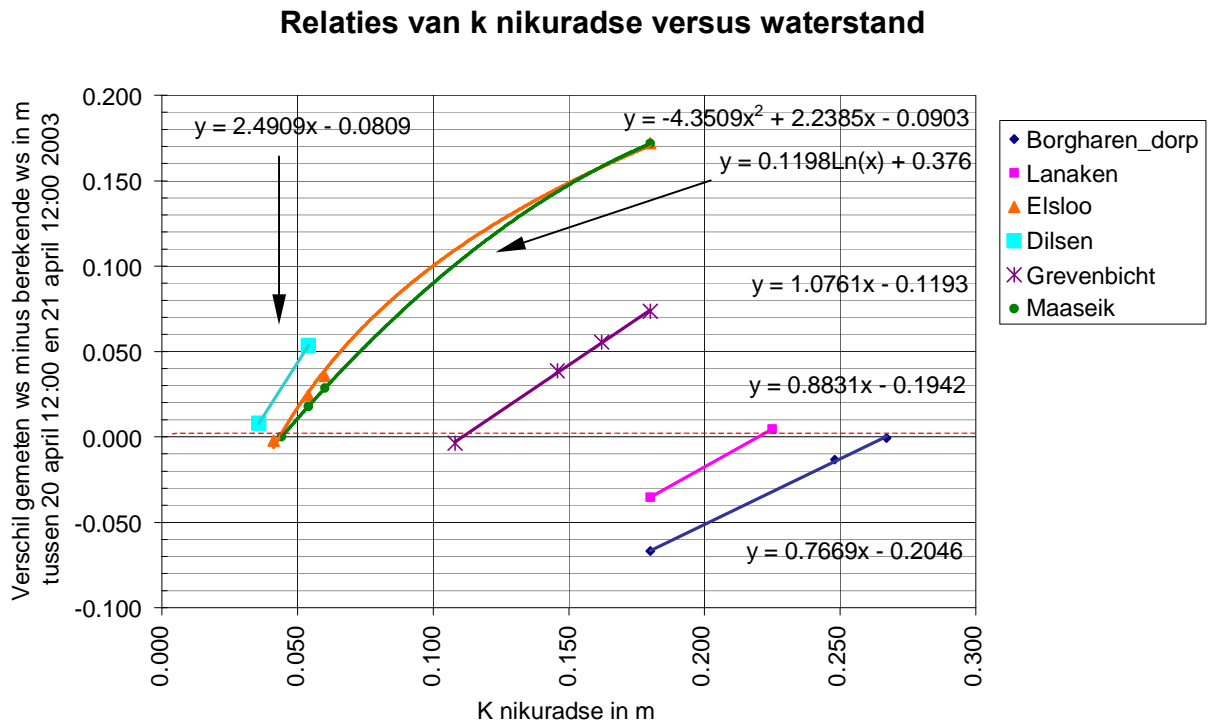
Er zijn berekeningen uitgevoerd met vaste k waarden. De volgende trajecten worden onderscheiden.

tabel 13.1
Onderscheiden trajecten

Traject	1	2	3	4	5	6
Station boven	Borgharen Dorp	Lanaken	Elsloo	Dilsen-Rotem	Grevenbicht	Maaseik
Station beneden	Lanaken	Elsloo	Dilsen-Rotem	Grevenbicht	Maaseik	Stevensweert

De d90 van de Grensmaas ligt rond 0.060 en 0.075 meter. Op grond daarvan worden k waarden verwacht tussen 0.06 meter en 0.225. De volgende figuur laat zien welke relaties er zijn tussen de k waarden per traject en de afwijkingen tussen gemeten en berekende waterstanden. Voor de ijking is een venster gehanteerd van 20 april 12:00 t/m 21 april 12:00u). Dit venster bevat een periode met een relatief stabiele afvoer. Het venster is zo gekozen om te voorkomen dat de ijking wordt beïnvloed door onnauwkeurigheden die ontstaan bij de beschrijving van sterk dynamische situaties.

Figuur 13.2
 Relaties k waarde met afwijking van de
 waterstand



De beste resultaten behaald bij de laatste som (naam: lw_dyn5) zijn samengevat in de volgende tabel 13.2. In de tabel zijn cijfers opgenomen voor het ijkvenster van 20 en 21 april en voor de hele periode na 19 april 0:00 uur.

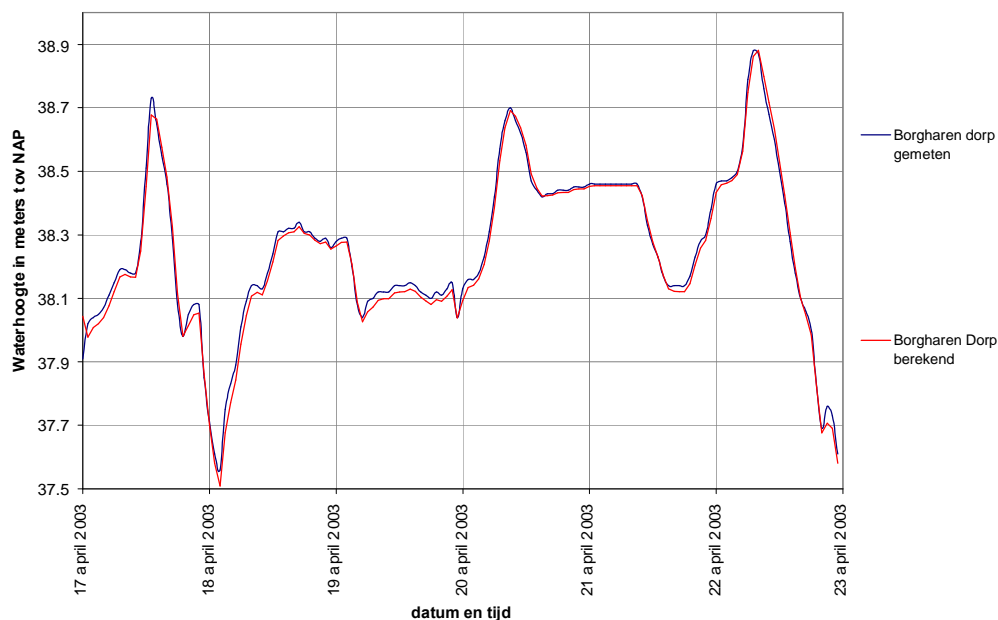
Tabel 13.2 laat zien dat met k-waardes tussen 0.04 m. en 0.248 m. voor alle stations de waterstanden voor de periode tussen 20 april 2003 12:00 uur en 21 april 2003 12:00 op tenminste 0,8 centimeter nauwkeurig kunnen worden berekend. Voor de periode na 19 april 0:00 is de gemiddelde afwijking ten hoogste 0.039 m. De grootste incidentele afwijking na 19 april 0:00 uur is -0,239 m bij Lanaken. De periode voor 19 april 0:00 uur wordt buiten beschouwing gelaten omdat de resultaten in deze periode nog worden beïnvloed door de beginconditie.

Tabel 13.2
Overzicht berekende afwijkingen

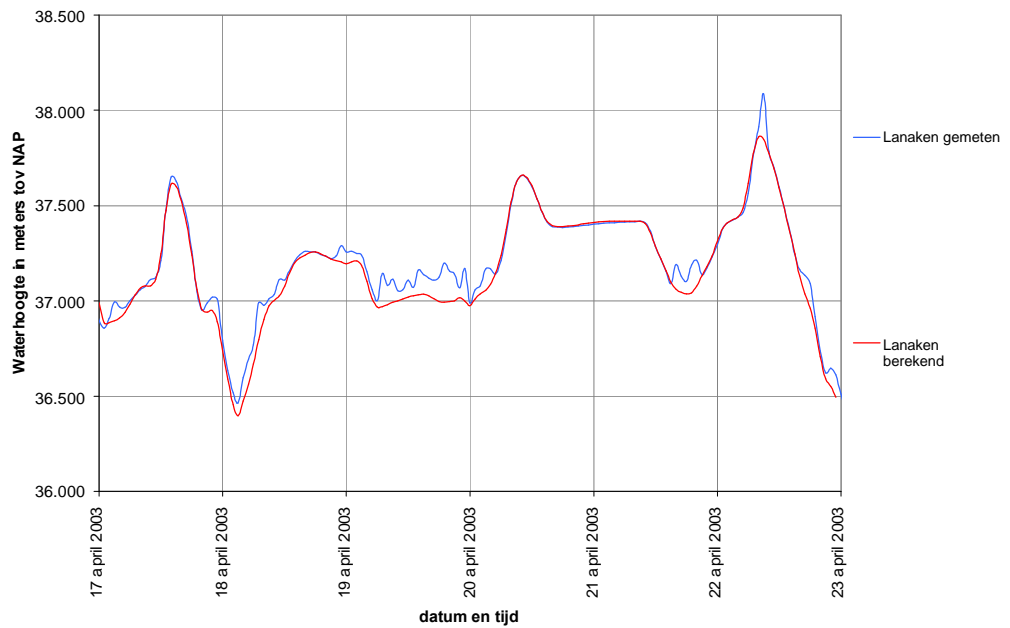
	Borgharen Dorp	Lanaken	Elsloo	Dilsen Rotem	Greven- bicht	Maaseik
K waarde	0.248	0.225	0.0411	0.0357	0.10881	0.044
Gemiddelde afwijking in m tussen 20 april 12:00 en 21 april 12:00.	-0.001	0.004	-0.002	0.008	-0.004	0.000
Maximum afwijking in m tussen 20 april 12:00 en 21 april 12:00.	0.023	0.011	0.022	0.036	0.045	0.019
Gemiddelde afwijking in m voor hele periode na 19 april 0:00 uur	-0.010	-0.039	0.027	-0.009	-0.019	0.001
Maximale afwijking in m voor hele periode na 19 april 0:00 uur	-0.053	-0.239	0.127	-0.040	-0.055	-0.044
Standaardafwijking in m voor hele periode na 19 april 0:00 uur	0.018	0.060	0.041	0.017	0.021	0.012

De volgende figuren geven een grafisch overzicht van de berekende waterstanden (Iw-dyn-5). Door de Afdeling Waterbouwkundig Laboratorium en Hydrologisch Onderzoek te Borgerhout zijn de waterstanden van de stations Lanaken en Dilsen aangeleverd in TAW en omgerekend naar NAP door vermindering van TAW met 2.32 m.

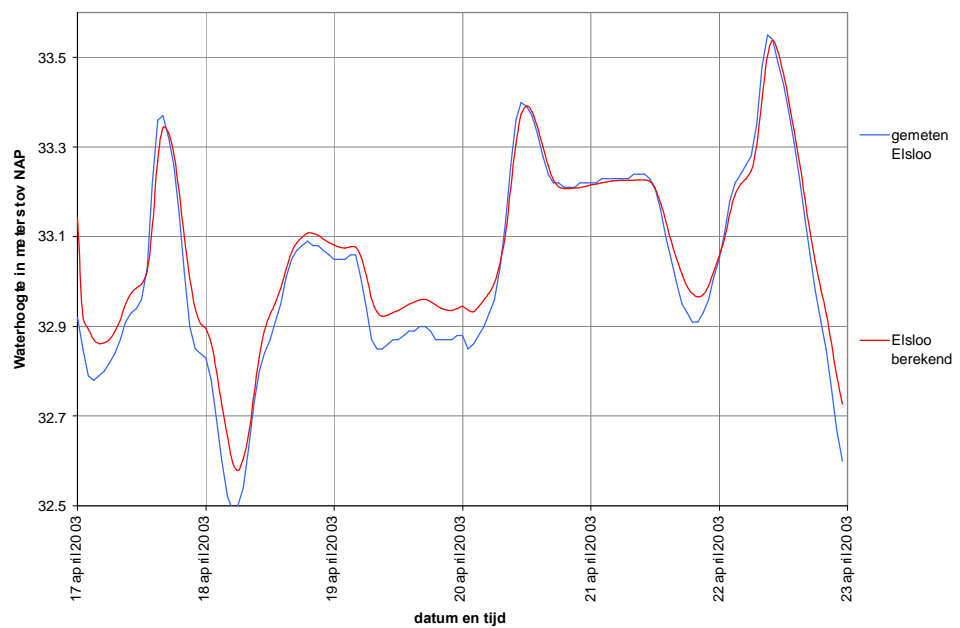
Figuur 13.3
Overzicht gemeten en berekende waterstanden Borgharen dorp



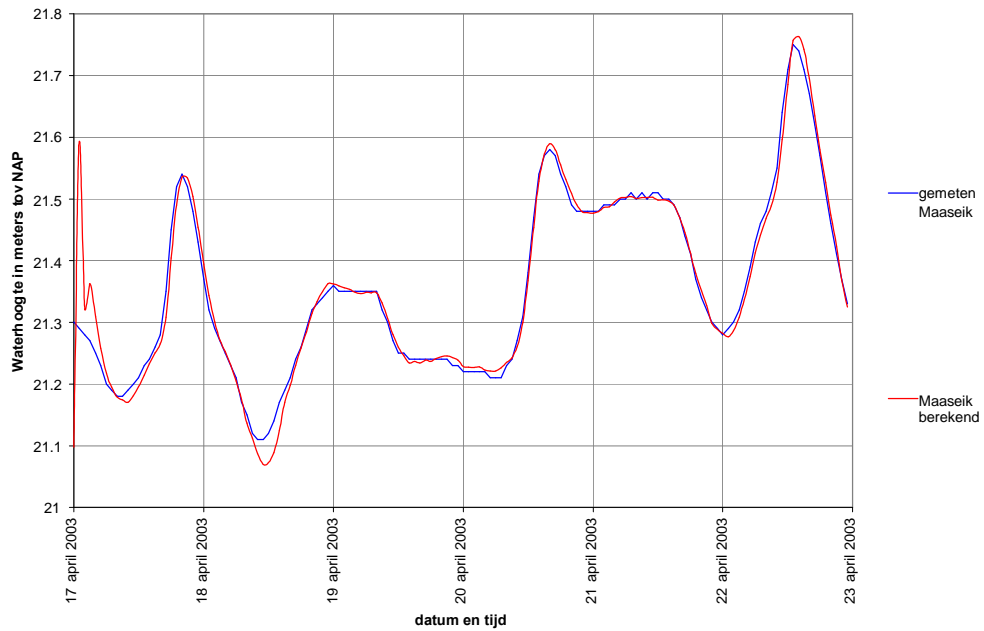
Figuur 13.4
Overzicht gemeten en berekende
waterstanden Lanaken



Figuur 13.5
Overzicht gemeten en berekende
waterstanden Elsloo

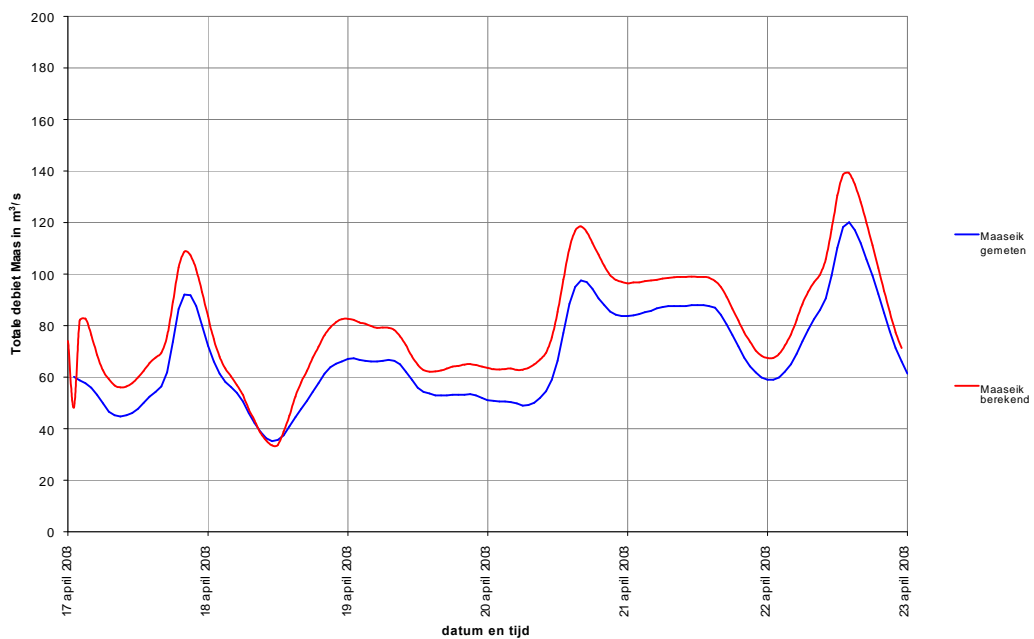


Figuur 13.8
 Overzicht gemeten en berekende
 waterstanden Maaseik



De figuren 13.3 t/m 13.8 laten zien dat de dynamica van het systeem redelijk wordt gevolgd. Zeker de laatste drie dagen is dit het geval. Overigens zijn meetgegevens van station Dilsen van na 23 april 12:00 uur buiten beschouwing gelaten omdat ze waarschijnlijk onjuist zijn. In figuur 13.9 worden de berekende debieten van Maaseik vergeleken met de door Borgerhout gemeten debieten volgens de geldende Qh relaties.

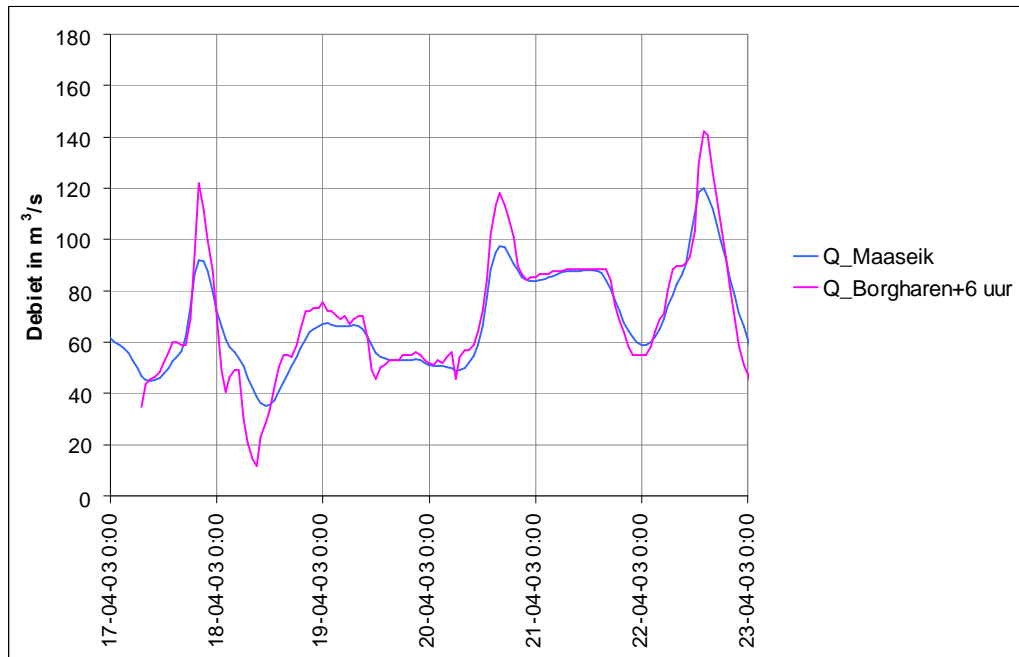
Figuur 13.9
 Debiet bij Maaseik



Bij Maaseik zijn de afwijkingen fors. Gemiddeld is het berekende debiet 12 m³/s groter dan het debiet volgens de Q-h relatie.

In figuur 13.10 is het debiet van de Q-h relatie bij Borgharen 6 uur vooruitgeschoven in de tijd en afgebeeld met het debiet van Maaseik volgens de Q-h relatie en berekend volgens het model ernaast.

Figuur 13.10
Waterbalans tussen Borgharen en
Maaseik volgens Q-h relaties



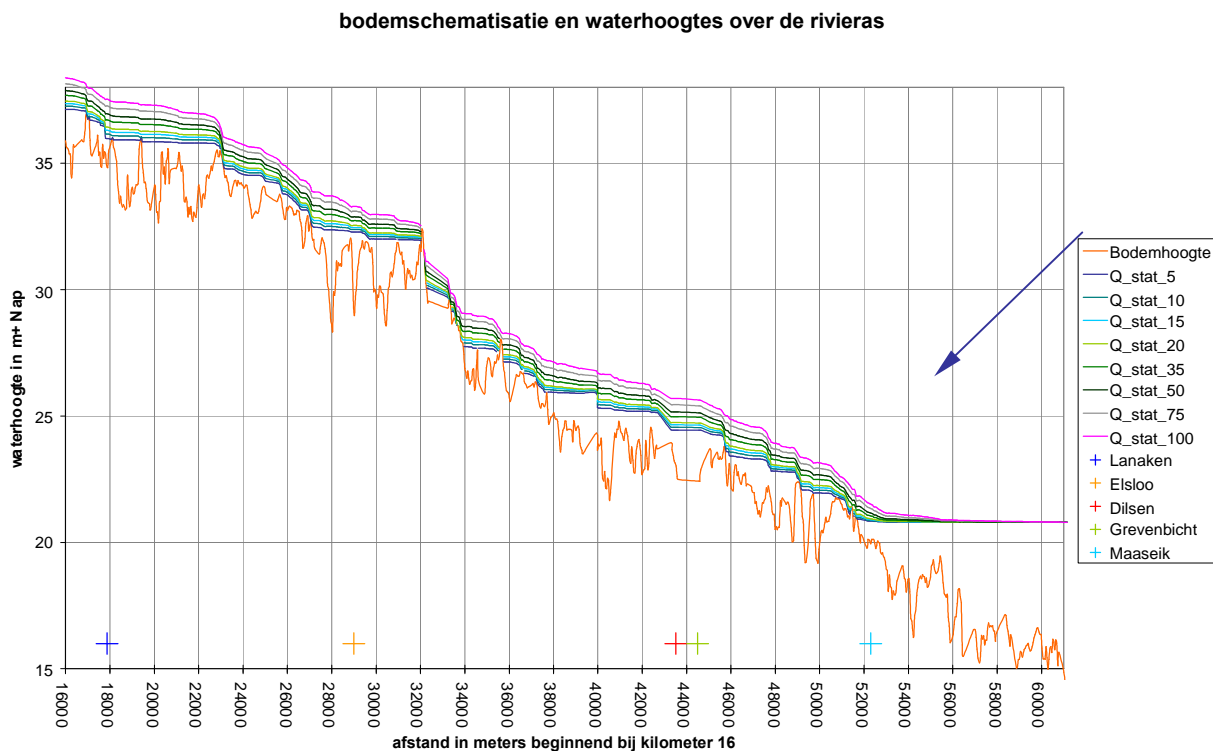
Grafiek 13.10 laat zien dat volgens deze gegevens het uitgaande debiet volgens de QH-relatie frequent lager is dan het inkomende debiet. En gemiddeld genomen zelfs lager is. Dit zou impliceren dat er netto water uit de Maas wordt onttrokken.

In de berekening komt er van de Geul tussen 2 en 5 m³/s bij en via de overige zijriviertjes en het grondwater nog eens 9 m³/s zodat het gemeten debiet in Maaseik minimaal 11 m³/s hoger zou moeten zijn dan het debiet Borgharen.

Met de modelschematisatie zoals hiervoor besproken en de ruwheden zoals vermeld in in tabel zijn stationaire berekeningen gedaan voor afvoeren van 5, 10, 15, 20, 35, 50, 75 en 100 m³/s bij Borgharen. Voor overlaat Bosscherveld is een debiet van 0.5 m³/s aangenomen, voor de geul is voor Maasafvoeren tot en met 50 m³/s een debiet van 1.5 aangehouden, voor een maasafvoer van 75 m³/s 2 m³/s en voor aan maasafvoer van 100 m³/s 2.5 m³/s. De laterale toestromingen (incl. grondwater) zijn conform bijlage 13.4. Van de berekeningsresultaten worden in de volgende figuur de waterstanden op de rivieras afgebeeld de overige gegevens zijn digitaal beschikbaar.

Figuur 13.11

Verhanglijn over de as (alle rekenpunten binnen 5 meter van de aslijn). De locaties van de MSW stations ten opzichte van de lengte over de as staan als gekleurde kruizen aangemerkt¹. Een vergroting van de bovenstaande figuur is opgenomen als bijlage 13.5.



De verhanglijn laat bij de afvoeren van 5 tot 50 m³/s een trapsgewijs verloop zien. Op veel locaties is de bodemhoogte² als duidelijke oorzaak van het trapsgewijze verloop van het verhang aanwijsbaar. Op één locatie (aangeduid met een pijl) is deze relatie niet duidelijk. Mogelijk is op dit stuk de rivier wel diep genoeg maar niet breed genoeg. Een andere mogelijkheid is dat er wel een ondiepte is maar dat deze niet is gedetecteerd door de wijze waarop de verhanglijn is bepaald

Bij km 32 en 35,5 is bodem hoogte hoger dan de waterstand waarschijnlijk is hier de as van de rivier niet het diepste punt.

Discussie

Het blijkt mogelijk om met k-Nikuradse waarden de laagwaterschematisatie van de Maas af te regelen tot op 0.8 centimeter nauwkeurig voor een venster van 1 dag. Hiervoor zijn k waarden tussen 0,248 meter en 0,036. De variaties zijn groot wat waarschijnlijk is terug

¹ De op de horizontale as bepaalde afstand is handmatig apart bepaald. Deze afstand komt in grote lijnen overeen met de rivierkilometrerings maar is niet exact dezelfde.

² Voor de grafiek is de bodemhoogte in zeta gebruikt wat een vrij arbitraire keuze is. De bodemhoogte in zeta is een gemiddelde waarde van de vierhoekpunten van één roostercel. Deze bodemhoogte is gehanteerd omdat deze samenvalt met het waterhoogtepunt wat het vergelijk met waterstanden en de interpretatie makkelijker maakt.

te voeren op de nauwkeurigheid van de bodemschematisatie. Vier factoren zijn daarbij van belang:

- a. de nauwkeurigheid waarmee de bodem is opgenomen,
- b. de maaswijdte van het rooster waarmee gerekend wordt,
- c. de wijze waarop de bodemhoogte van het rekenrooster wordt bepaald.
- d. werkelijke variaties in de ruwheid van de bodem

Naast de voorgaande drie punten speelt ook nog de datum van de bodemopname een rol. De opname is van 2001 de berekeningsperiode is 2003.

De figuren 3 tot en met 8 laten zien dat de gemeten waterstanden door het model goed worden gevolgd. In het overgrote deel van de gevallen ligt het overgrote deel van de waterstanden binnen enkele centimeters van de gemeten waterstanden. Aan de hand van de standaardafwijkingen vermeld in tabel 13.2 kan dit per station nog nader worden gespecificeerd. Al met al betekent dit dat het model de dynamica van het systeem redelijk volgt voor een afvoerbereik van 15 tot 150 m³/s bij Borgharen. Aangenomen mag worden dat de gevonden ruwheden van toepassing zijn op dat bereik.

Aanbevelingen

Indien het gewenst is om tot een nauwkeuriger beschrijving van de hydraulica van het systeem te komen, dan ligt een verbetering van de bodemschematisatie het meest voor de hand. Dit kan bereikt worden door een of meerdere van de volgende vier punten:

1. een meer nauwkeurige bodemhoogte bijvoorbeeld een multibeam opname,
2. een meer actuele bodemhoogte 2003 ipv 2001
3. een fijner rekengrid,
4. een andere wijze van het bepalen van de bodemhoogte voor het rooster (b.v. door middeling)

De indruk is dat de bodemopname en de interpolatie vrij goed zijn. Het is mogelijk dat een fijner model gemakkelijker en met meer uniforme k waarden kan worden afgeregeld. Omdat het aanmaken van een fijnere schematisatie slechts een geringe inspanning vergt (in totaal ca 1 dag) verdient deze optie aanbeveling. Een dergelijk onderzoek kan ook inzicht verschaffen in de gevoeligheid van de modelresultaten voor roostermaaswijdte.

In 2001 zijn ook periodes geweest met lage afvoeren. Simulaties voor die periode kunnen meer inzicht verschaffen in de betrouwbaarheid en nauwkeurigheid van het model. Het zou ook verklaringen kunnen geven voor de resultaten van het model voor 2003. Met name zou het inzicht kunnen geven in bodemveranderingen tussen 2001 en 2003. Daarnaast is tijdens het laagwater van 2003 een intensieve meetcampagne op de Gemeenschappelijke Maas uitgevoerd om meer inzicht te krijgen van het debietverloop tussen Borgharen en Maaseik; de gegevens uit deze meetperiode zouden geconfronteerd kunnen worden met modelresultaten.

Behalve aan de bodem kunnen ook nog verbeteringen worden aangebracht in de laterale toestromingen. Op dit moment worden stationaire lateralen gebruikt. Het is waarschijnlijk dat de laterale toestroming fluctueert in de tijd.

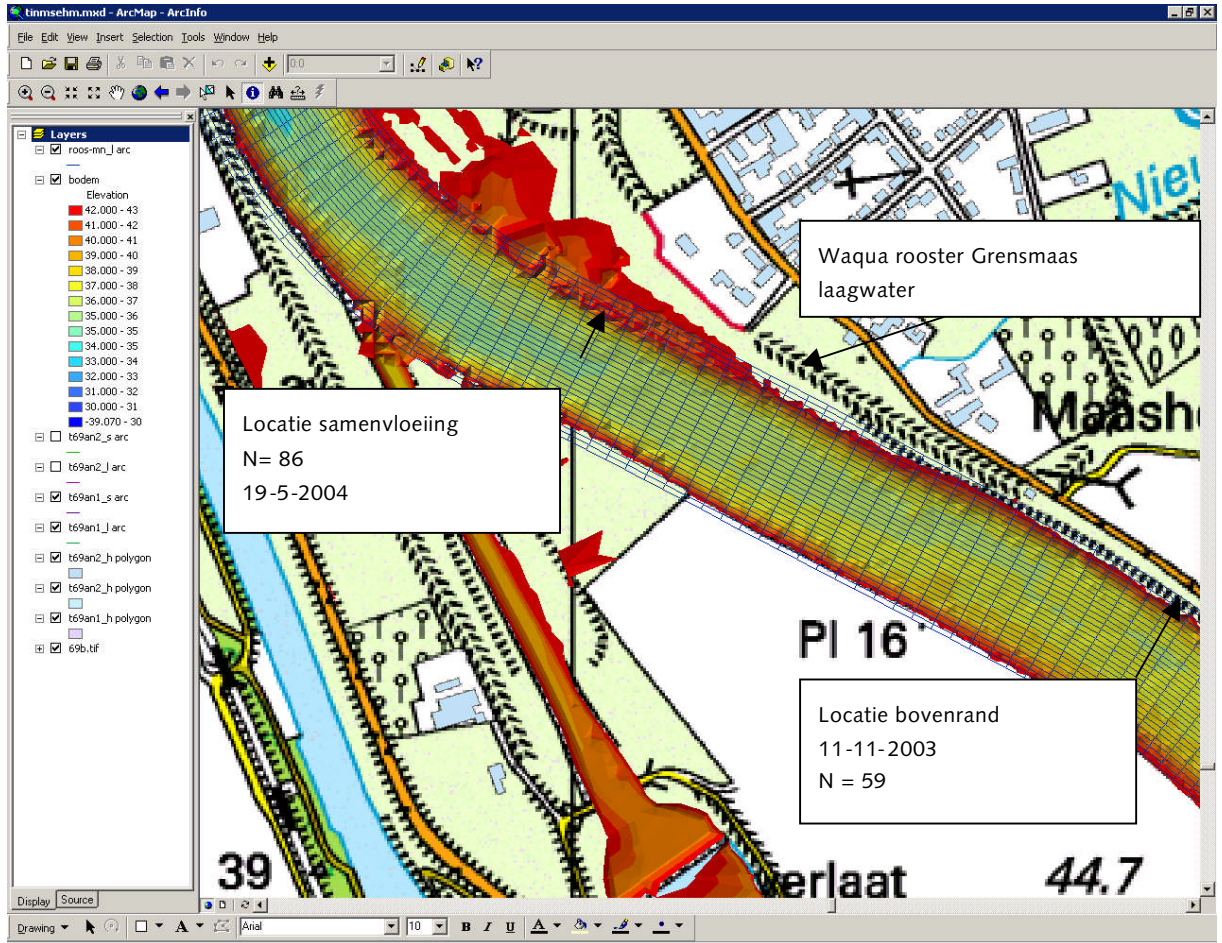
Er is geconstateerd dat het bij Borgharen inkomende volume groter is dan het gemeten volume, bepaald met de QH-relatie, dat bij Maaseik langs komt. Aangezien het zeer onwaarschijnlijk is dat een dergelijk groot debiet op het tussenliggende traject verdwijnt moet aan de betrouwbaarheid van de meetgegevens betreffende afvoer worden getwijfeld. Nader onderzoek naar de betrouwbaarheid van de QH-relaties van Borgharen en Maaseik is gewenst.

Tot slot moet worden opgemerkt dat de wijze waarop de bodem in grafiek 13.11 is bepaald verbeterd kan worden. In plaats van het afbeelden van bodemhoogtes op de rivieras aan de hand van de xy coördinaten van de rivieras verdient het aanbeveling een andere methode te kiezen waarbij de bodem grafisch beter in beeld wordt gebracht. Een van de mogelijkheden is het uitvoeren van bodemhoogtes over roosterlijnen.

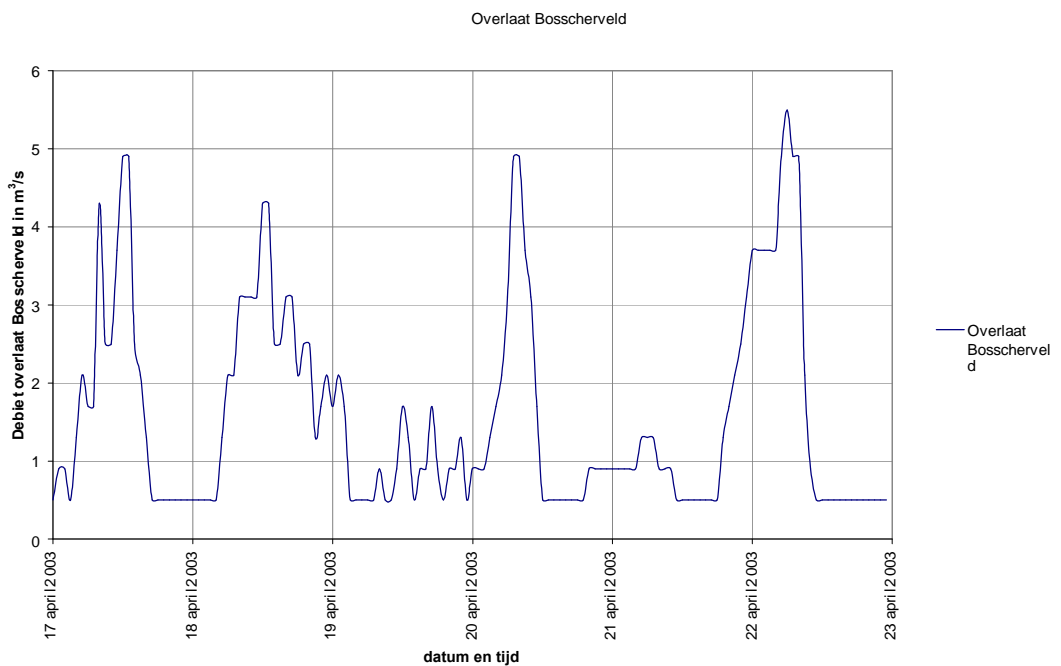
Literatuur

Johan Baetens . 'Gemeenschappelijke Maas, laagwatermetingen zomer 2003' juni 2004 Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap,
Departement Leefmilieu en Infrastructuur, Administratie Waterwegen en Zeewezen Afdeling Waterbouwkundig Laboratorium en Hydrologisch Onderzoek

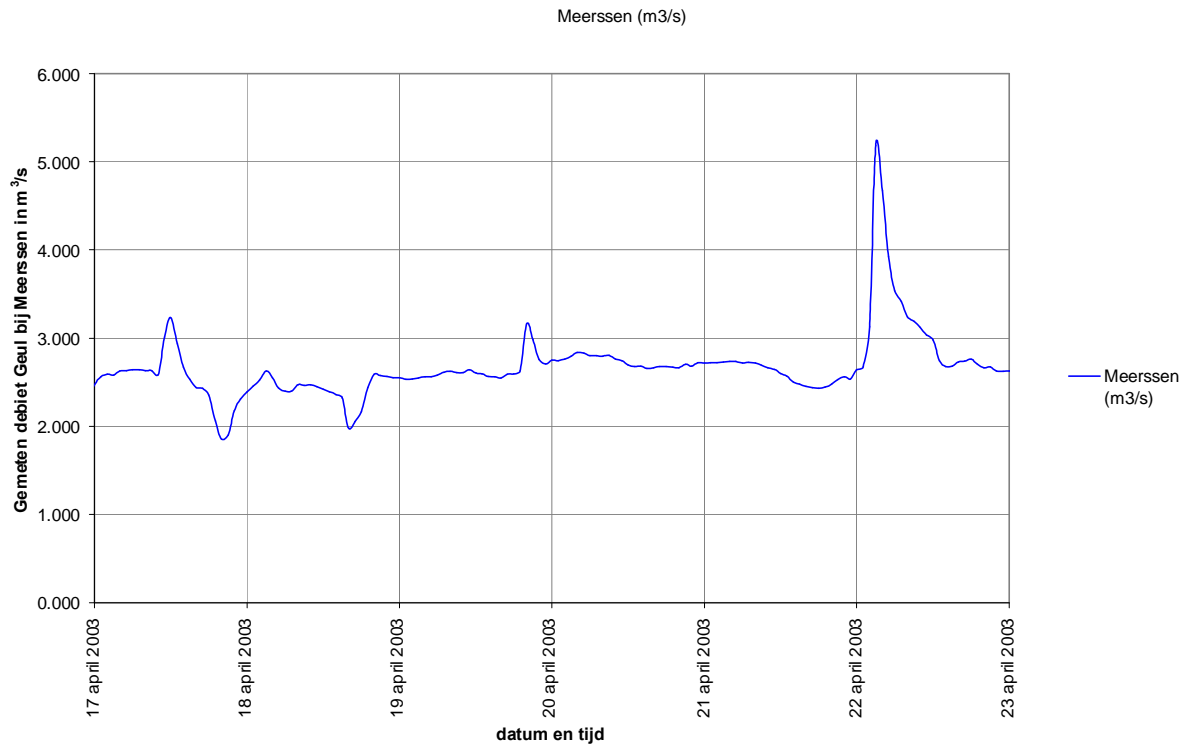
Bijlage 13.1. Locatie en bodemhoogteverloop bovenrand.



Bijlage 13.2. Debiet over overlaat Bosscherveld.



Bijlage 13.3. Debiet van de Geul



Bijlage 14.4: waterbalans 2003

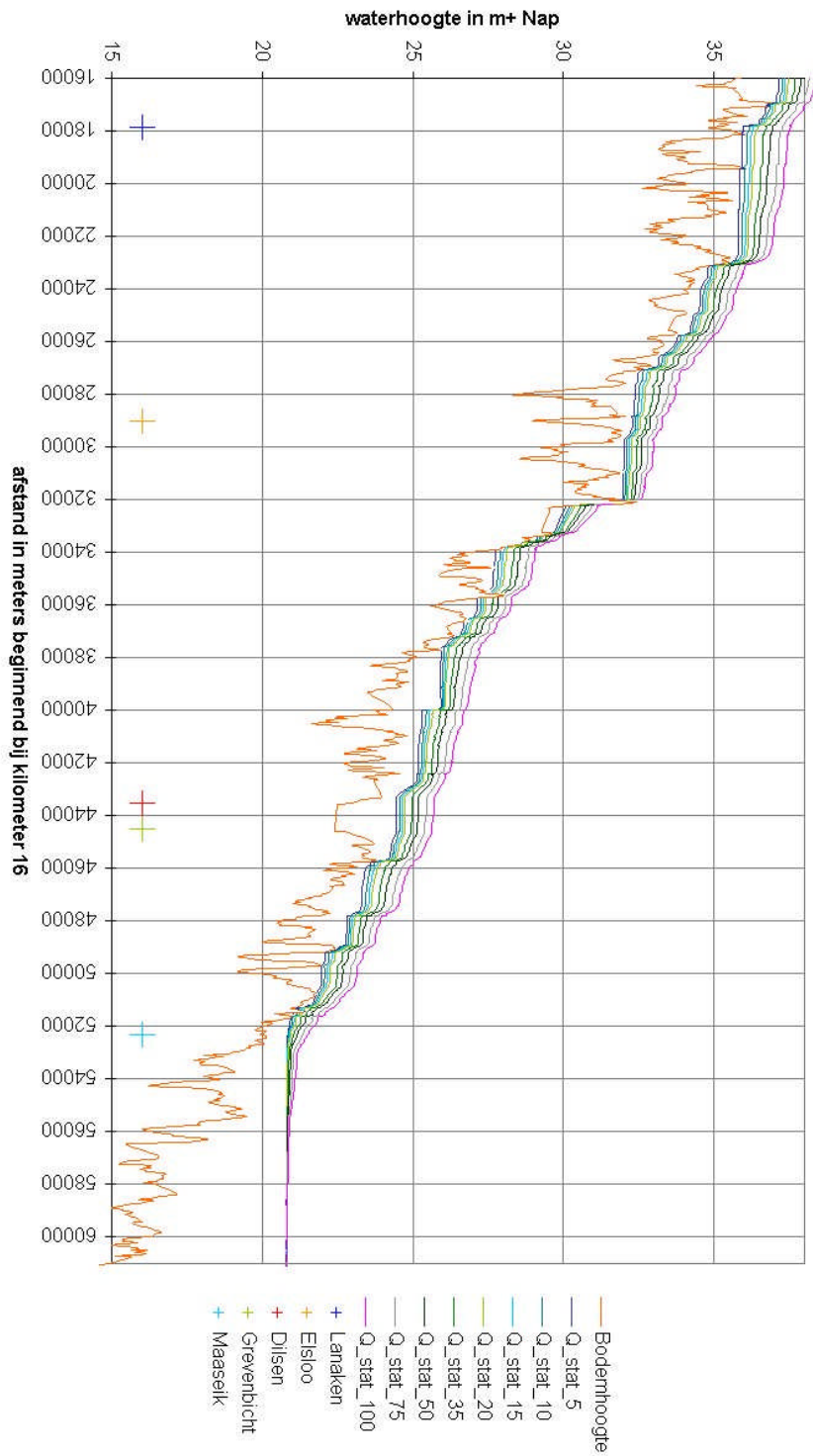
Met daaraan toegevoegd de debietverdeling voor het Laagwatermodel

Maas	Zijrivier	Km	Afvoer Maas		Afvoer	Grondwater	voorstel wat	Q totaal zij + grond	Q hoofdstroom incl. tijdreksen	voorstel waar km	beschrijving
			Gemeten	Correctie 3							
Borgharen 1		16,00	8,27	8,27				0,00	8,27	16,00	tijdreks Q Borgharen dorp
							1,3500	1,35	9,62	16,00	grondwater opgelegd in de as
	Overlaat	16,60			0,50		0,5000	1,85	10,12	16,60	tijdreks Q overlaat boscherveld tpv samenvloeiing ad linkeroever, km 16.6 of 16.7
Borgharen 2		16,80	11,12	10,12		1,80	0,00	1,85	10,12	16,80	controle
							0,1500	2,00	10,27	17,00	grondwater opgelegd in de as
							0,1500	2,15	10,42	18,00	grondwater opgelegd in de as
							0,1500	2,30	10,57	19,00	grondwater opgelegd in de as
Itteren		19,50	11,17	10,57			0,00	2,30	10,57	19,50	controle
							0,1200	2,42	10,69	20,00	grondwater opgelegd in de as
							0,1300	2,55	10,82	21,00	grondwater opgelegd in de as
							0,1300	2,68	10,95	22,00	grondwater opgelegd in de as
	Geul	22,55			1,49		1,4900	4,17	12,44	22,55	tijdreks Q geul gemeten tpv .. + looptijd van 5 uur tpv samenvloeiing ad rechteroever
Herbricht		22,80	14,44	12,44			0,00	4,17	12,44	22,80	controle
							0,0000	4,17	12,44	23,00	grondwater opgelegd in de as
							0,0100	4,18	12,45	24,00	grondwater opgelegd in de as
							0,0100	4,19	12,46	25,00	grondwater opgelegd in de as
	Molenbeek	25,45			0,02	0,41	0,0300	4,22	12,49	26,00	Grondwater + Molenbeek
Geulle		26,60	14,49	12,49			0,00	4,22	12,49	26,60	controle
							0,1300	4,35	12,62	27,00	grondwater opgelegd in de as
	Hemelbeek	28,33			0,03		0,1600	4,51	12,78	28,00	Grondwater +Hemelbeek
Elsloo		28,80	14,00	12,78			0,00	4,51	12,78	28,80	controle
							0,1900	4,70	12,97	29,00	grondwater opgelegd in de as
							0,1900	4,89	13,16	30,00	grondwater opgelegd in de as
							0,2200	5,11	13,38	31,00	Grondwater + Ziepbeek

Maas	Zijrivier	Km	Afvoer Maas		Afvoer	Grondwater	voorstel wat	Q totaal zij + grond	Q hoofdstroom incl. tijdreeksen	voorstel waar km	beschrijving
			Gemeten	Correctie 3							
	Ziepbeek	31,30			0,04	0,82	0,00	5,11	13,38		Grondwater met 0,01 opgehoogd
Maasmechelen 1		31,60	14,56	13,38			0,00	5,11	13,38	31,60	controle
							0,0300	5,14	13,41	32,00	grondwater opgelegd in de as
	Kikbeek	32,70			0,15	0,06	0,1800	5,32	13,59	33,00	Grondwater + Kikbeek
Maasmechelen 2		33,00	14,76	13,59			0,00	5,32	13,59	33,00	controle
							-0,0300	5,29	13,56	34,00	grondwater opgelegd in de as
	Langbroekbeek	35,00			0,00		-0,0300	5,26	13,53	35,00	Grondwater + Langbroekbeek
	Lozing DSM	35,50			1,00	-0,08	0,00	5,26	13,53		
							0,9800	6,24	14,51	36,00	Grondwater + Lozing DSM
Umond 1		36,20	15,64	14,51			0,00	6,24	14,51	36,20	controle
							0,3200	6,56	14,83	37,00	Grondwater + Ur
	Ur	37,21			0,08	0,24	0,00	6,56	14,83		
Umond2		37,40	15,95	14,83		tezamen 0,16	0,00	6,56	14,83	37,40	controle
							-0,1500	6,41	14,68	38,00	grondwater opgelegd in de as
							-0,1400	6,27	14,54	39,00	grondwater opgelegd in de as
Berg aan de Maas		39,70	14,54	14,54	0,00	-0,29	0,00	6,27	14,54	39,70	controle
							0,2600	6,53	14,80	40,00	grondwater opgelegd in de as
							0,2600	6,79	15,06	41,00	grondwater opgelegd in de as
							0,2600	7,05	15,32	42,00	grondwater opgelegd in de as
	Rachelsbeek/	43,20			0,00		0,2600	7,31	15,58	43,00	Grondwater + rachelsbeek
	Vrietselbeek	44,00			0,00		0,2700	7,58	15,85	44,00	Grondwater + Vrietselbeek
							0,2600	7,84	16,11	45,00	grondwater opgelegd in de as
	Kogbeek	46,18			0,03	1,83	0,2900	8,13	16,40	46,00	Grondwater + Kogbeek
Elen		46,70	16,4	16,4			0,00	8,13	16,40	46,70	controle, 16,40 is goed, kolom na correctie was anders leeg
						0,2100	8,34	16,61	47,00	grondwater opgelegd in de as	
						0,2100	8,55	16,82	48,00	grondwater opgelegd in de as	
	kingbeek	48,50			0,01		0,00	8,55	16,82		
Illikhoven		48,70	17,54				0,00	8,55	16,82		
							0,2200	8,77	17,04	49,00	Grondwater + Kingbeek

Maas	Zijrivier	Km	Afvoer Maas		Afvoer	Grondwater	voorstel wat	Q totaal zij + grond	Q hoofdstroom incl. tijdreeksen	voorstel waar km	beschrijving
			Gemeten	Correctie 3							
							0,2100	8,98	17,25	50,00	grondwater opgelegd in de as
							0,2200	9,20	17,47	51,00	grondwater opgelegd in de as
	Zanderbeek	51,90			0,03	1,27	0,2400	9,44	17,71	52,00	Grondwater + Zanderbeek
Maaseik 1		52,15	17,71	17,71			0,00	9,44	17,71	52,15	controle, 17,71 is goed, kolom na correctie was anders leeg
							-0,2600	9,18	17,45	53,00	grondwater opgelegd in de as
Maaseik 2		54,00	17,19	17,19		-0,52	-0,2600	8,92	17,19	54,00	grondwater opgelegd in de as, controle op totaal
							0,1500	9,07	17,34	55,00	grondwater opgelegd in de as
			Balans	8,92	3,38	5,54	0,1500	9,22	17,49	56,00	grondwater opgelegd in de as
							0,2500	9,47	17,74	57,00	Grondwater + Bosbeek
	Bosbeek	57,40			0,10		0,00	9,47	17,74	57,40	
							0,1500	9,62	17,89	58,00	grondwater opgelegd in de as
							0,3200	9,94	18,21	59,00	Grondwater + Abeek
	Abeek	59,53			0,17		0,00	9,94	18,21	59,53	
							0,1500	10,09	18,36	60,00	grondwater opgelegd in de as
							0,1500	10,24	18,51	61,00	grondwater opgelegd in de as
							0,1500	10,39	18,66	62,00	grondwater opgelegd in de as
							0,1500	10,54	18,81	63,00	grondwater opgelegd in de as
						0,15 per km	0,1500	10,69	18,96	64,00	grondwater opgelegd in de as
							0,1500	10,84	19,11	65,00	grondwater opgelegd in de as
							0,00	10,84	19,11	"±-km162"	waterstandsrand benedenrand thv Stevensweerd
	Geleenbeek	65,50			1,10		0,00	10,84	19,11	65,00	buiten modelgrens
Totaal				8,92	4,76	5,53					

Bijlage 13.5 verhanglijnen



bodemschematisatie en waterhoogtes over de rivieras

Bijlage 14 De Montana methode

Bron Niggebrugge 2005b

De Montana methode (ook wel Tennant methode) is momenteel de op een na meest gebruikte Environmental Flow Methodologie in Noord Amerika. In deze methode wordt een bepaald percentage van de gemiddelde jaarlijkse afvoer gebruikt omdat het ervan uitgaat dat een deel van de gemiddelde afvoer nodig is om een gezond systeem in stand te houden.

Deze snelle en simpele methode is ontwikkeld in de jaren '60 van de vorige eeuw met de hulp van vele hydrologen en biologen. Het is ontwikkeld om afvoeren te kunnen bepalen die de aquatische hulpbronnen in koud- en warmwater beken beschermen. De methode kan worden samengevat in één tabel (tabel 14.1; Tennant, 1976).

Tabel 14.1

Montana methode: Percentage van Gemiddelde Jaarlijkse Afvoer die nodig zijn om verschillende doelen te bereiken (bewerkt naar Tennant, 1976)

Doel	Vereist percentage gemiddelde jaarlijkse afvoer	
	Herfst-winter	Voorjaar-Zomer
Flushing of maximum	200% van de gemiddelde afvoer	
Optimum range	60-100% van de gemiddelde afvoer	
Uitmuntend	40	60
Zeer goed	30	50
Goed	20	40
Redelijk of achteruitgaand	10	30
Slecht of minimum	10	10
Sterke achteruitgang	10-0	10-0

Als bijvoorbeeld de gemiddelde jaarlijkse afvoer 100×10^6 kubieke meter per jaar is ($m^3 \cdot j^{-1}$), is voor een uitmuntende rivierconditie in de herfst-winter 40% van deze afvoer nodig. Dat komt neer op $1,3 m^3/s$ (Brown & King, 2003).

Tussen 1964 en 1974 heeft Tennant (1976) deze methode getest op 11 kleine rivieren in 3 verschillende staten van de Verenigde Staten. Hierbij zijn fysische, chemische en biologische analyses uitgevoerd bij 38 verschillende afvoeren, op 50 dwarsdoorsneden over 196 riviermijlen (Tennant, 1976).

Tennant vond dat stroombreedte, stroomsnelheid en diepte allen sterk toenamen bij een toenemende afvoer. Tussen afvoeren van 0 tot 10 % van het jaargemiddelde is de toename in deze parameters het sterkst. Hij stelde dat bij een afvoer beneden de 10% van de gemiddelde afvoer, de stroomsnelheid en diepte alleen voldoende zijn voor het

overleven van aquatische levensgemeenschappen op de korte termijn (Tennant, 1976).

Daarentegen zou 30% van de gemiddelde jaarafvoer voldoende stroombreedte, snelheid en diepte garanderen om als 'basisafvoer' te dienen (Jowett, 1997; Penning, 2002). Tennant liet zien dat afvoeren van 30% tot 100% van de gemiddelde jaarafvoer een toename in gemiddelde diepte opleverde van 0,45 tot 0,6 m en toename in snelheden van 0,45 tot 0,6 m/s. Deze dieptes en snelheden liggen volgens Tennant in de goede tot optimale geschikte range voor aquatische organismen. Het vraagt echter wel 3 tot 10 keer meer water dan een korte termijn minimumafvoer (Tennant, 1976).

Tennant concludeert het volgende (Tennant, 1976):

10% van de gemiddelde afvoer:

Minimale afvoer voor het behoud van habitat voor aquatische soorten op zeer korte termijn. Zijkanalen en grindbanken staan droog. Vissen houden zich op in de diepere poelen die zo overvol raken. De temperatuur kan hoog oplopen, zeker in de zomer. De macrofauna gaat sterk achteruit.

30% van de gemiddelde afvoer:

Dit is de basisafvoer die wordt aangeraden voor het behoud van een goed habitat voor aquatische soorten. Breedte, diepte en snelheden zullen over het algemeen geschikt zijn voor aquatische soorten. Het grootste deel van het substraat zal nat zijn. De meeste zijkanalen zullen wat water bevatten. De grindbanken zullen gedeeltelijk vernat zijn. Vissen hebben voldoende ruimte en de temperatuur wordt waarschijnlijk niet beperkend in de meeste delen van de rivier. De macrofauna gaat nog wel achteruit maar wordt geen limiterende factor voor vissen.

60% van de gemiddelde afvoer:

Dit is de basisafvoer die wordt aangeraden om uitmuntend habitat te behouden voor aquatische soorten. Breedte, diepte en snelheden leveren perfecte habitatcondities. De zijkanalen zijn gevuld met voldoende water. Vismigratie is geen enkel probleem. Watertemperatuur wordt nergens in de rivier beperkend. De macrofauna gaat niet achteruit.

Er wordt gesteld dat de methode toepasbaar is op een grote range aan riviertypen en grootten. Zoals met alle snelle assessment methoden, is de methode in deze vorm het meest toepasbaar in de regio waar hij ontwikkeld is, het westen van de Verenigde Staten. De hydrologische en ecologische eigenschappen van de rivier zijn daar goed onderzocht en worden goed begrepen. Dit is een belangrijke voorwaarde voor de toepassing van deze methode (Brown & King, 2003).

Oorspronkelijk is de Montana methode ontworpen voor de forel visserij. Hierdoor is het wellicht minder toepasbaar op andere biota in andere delen van de wereld. Eventueel zou daar een op maat gemaakte

Montana benadering kunnen worden gebruikt die gebaseerd is op veldgegevens over de reactie van het habitat van de doelsoorten op afvoerveranderingen. De uitkomst van zo'n aanpak is vergelijkbaar met dat weergegeven in tabel 2.2 maar dan met relevante cijfers voor de specifieke regio (Brown & King, 2003).

Bovendien is deze methode extreem simplistisch. Er wordt geen aandacht geschonken aan ecologisch belangrijke extremen in de afvoer (minima en maxima) en bij de timing van de afvoer wordt alleen gekeken naar de seizoenen (Richter *et al.*, 1997). De Range of Variability Approach, die Richter *et al.* hebben ontwikkeld, richt zich meer op deze zaken.

Bijlage 15 Invloed onttrekkingen op de Belgische en Zuid-Nederlandsche kanalen op de minimumafvoer te Borgharen over de periode 1911 - 2000

.....

Bron: Vuuren, W. van, 2002. Invloed onttrekkingen op de Belgische en Zuid-Nederlandsche kanalen op de minimumafvoer te Borgharen over de periode 1911 – 2000. RIZA-WSR memo 2002-004.

Werkwijze

Om de betrouwbaarheid van RHASIM in te schatten is in 2002 een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd voor RHASIM 2.0 (Witteveen + Bos 2002). Van de input-variabelen: afvoer, waterkwaliteit, substraat en HGI is zowel de afzonderlijke bijdrage aan de onzekerheid als de gezamenlijke onzekerheid bepaald. Voor elke parameter zijn betrouwbaarheidsgrenzen en waarschijnlijkheidsverdelingen bepaald.

De gevoeligheid van de modeluitkomsten voor afwijkingen in de HGI is bepaald voor 7 afvoeren: 5,10,20,30,40,60 en 80 m³/s. Op basis van expert kennis en literatuurgegevens is het betrouwbaarheidsinterval voor de HGI-instellingen bepaald: -25%, -10%, +10% en +25% (figuur 16.1). Het betrouwbaarheidsinterval voor afvoer en waterkwaliteit is bepaald door vergelijking van modelgegevens met meetgegevens. Voor de afvoerberekeningen is zo een potentiële afwijking van +/- 10 m³/s vastgesteld. Dit komt overeen met een verschil van ongeveer 20 cm in de waterstand.

Alle onzekerheden zijn gecombineerd om de totale betrouwbaarheid van het model te bepalen. Omdat de variabelen niet onafhankelijk zijn van elkaar is een Monte Carlo analyse uitgevoerd. Hiervoor is het model 3500 doorgerekend met verschillende parameter instellingen. Hierbij zijn voor elke parameter de betrouwbaarheidsintervallen en de waarschijnlijkheidsverdelingen meegenomen evenals de relaties met andere parameters. Analyse van deze uitkomsten geeft inzicht in welke parameters de grootste bijdrage leveren aan de onzekerheid van het model.

Resultaten

Afwijkingen van de parameters stroomsnelheid en waterdiepte hebben een significant effect op de habitat geschiktheid (tabel 16.1). Daarentegen heeft variatie in de waterkwaliteitsparameters zoals zuurstof en watertemperatuur evenals substraat weinig effect op de uitkomsten. Het effect van afwijkingen in de HGI-instellingen ligt hier tussenin.

De gevoeligheid van de uitkomsten van RHASIM verschilt per afvoer en levensstadium (figuur 16.2). Juvenielen reageren het sterkst bij lage afvoeren (steilste grafiek), terwijl de uitkomsten voor adulten het gevoeligst zijn bij hoge afvoeren. De uitkomsten voor voortplanting zijn relatief ongevoelig: de habitat geschiktheid is altijd laag.

De uitkomsten van de gevoeligheidsanalyse duiden erop dat de absolute waarden van uitkomsten van RHASIM voor juvenielen bij lage

afvoeren met voorzichtigheid gehanteerd moeten worden. Voor adulten geldt dit bij hoge afvoeren.

Naar aanleiding van deze gevoeligheidsanalyse is de waterbewegingsmodule in RHASIM aangepast (WAQUA) en zijn de HGI's aangepast met locatiespecifieke gegevens.

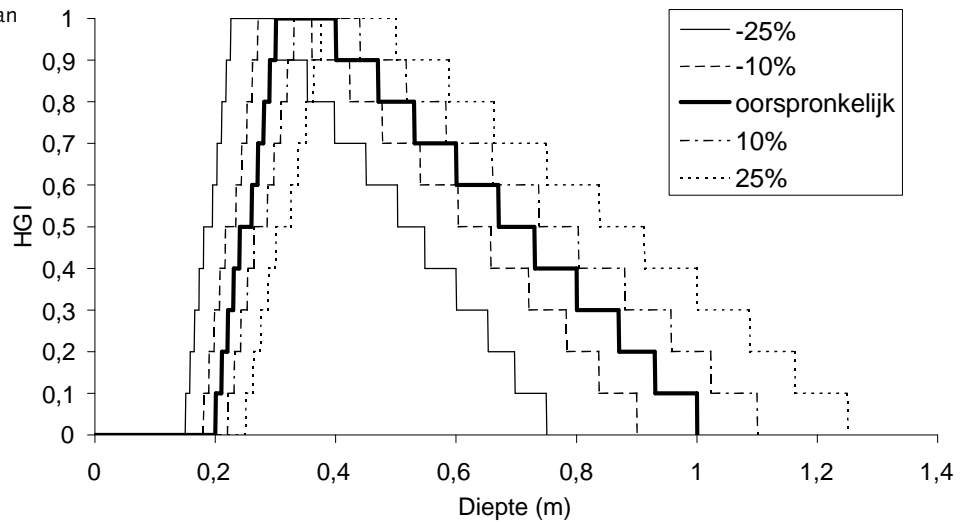
Tabel 16.1

Relatieve invloed van afwijkingen van de verschillende onderdelen op de onzekerheid in de RHASIM-uitkomsten. ++ = grote invloed, + = gemiddelde invloed, - = weinig invloed.

module RHASIM	Onderdeel	Invloed
Waterbeweging	Stroomsnelheid	++
	Waterdiepte	++
Waterkwaliteit	Substraat	+/-
	Zuurstof	-
	Temperatuur	-
HGI		+

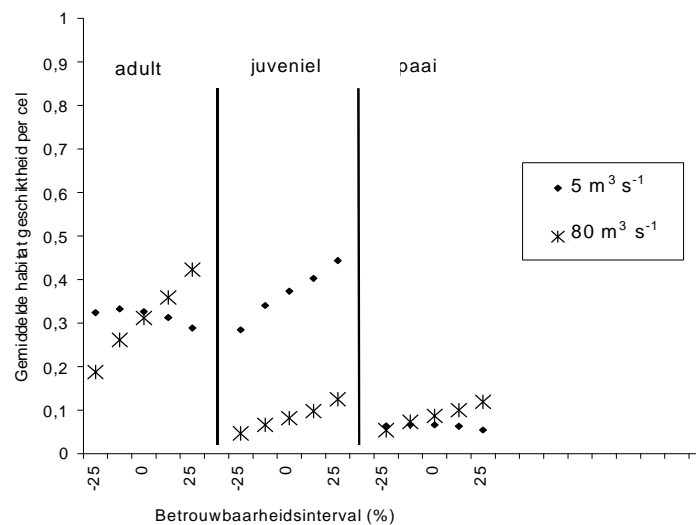
Figuur 16.1

Voorbeeld van varianten van HGI-curve voor waterdiepte voor paai van Barbeel die zijn doorgerekend in de gevoeligheidsanalyse.



Figuur 16.2

Effect gevoeligheidsanalyse (-25% - +25%) voor verschillende levensstadia van Barbeel bij 2 afvoerniveaus. Voor de andere afvoerniveaus liggen de uitkomsten tussen deze waarden.



Verantwoording

- Brink, N.G.M.van den, 2004. Simulatie laagwater gemeenschappelijke Maas periode april 2003. RIZA Memo MA-2004-03- (A).
- Niggebrugge, K. 2005. De minimale afvoer op de Grensmaas. Verbetering van de modeluitkomsten van RHASIM 3.01 en plaatsing ervan in een bredere context. Afstudeeropdracht Radboud universiteit. RIZA werkdocument 2005.097X.
- Niggebrugge, K. 2005b. Rivierconcepten en hun toepassing op de Grensmaas. Welke inzichten levert dit op met betrekking tot de laagwater- en afvoerfluctuatie problematiek? Scriptie Radboud universiteit Nijmegen. RIZA werkdocument 2005.070X.
- Ruiter, J. de, 2004. Ecologische kwaliteitstoets RHASIM 3.0. Modelstudie aan de hand van veldgegevens van de Barbeel in de Grensmaas. Stageopdracht Hogeschool Zeeland. RIZA werkdocument 2004.095X.
- Semmekrot, S. 1996. Studie naar de ecologische effecten van de lage afvoeren in de Grensmaas. Voorstudie; fase 2 aanzet tot een functioneel ontwerp van het model. Witteveen en Bos. Projectcode Rw392.7
- Vuuren, W. van, 2002. Invloed onttrekkingen Belgische en Zuid-Nederlandse kanalen op minimumafvoeren te Borgharen over de periode 1911-2000. Interne memo WSR 2002-2004.
- Witteveen+Bos, 2000. Ontwikkeling van een rivier habitat simulatie model: update RHASIM versie 2.0. rapport RW996.1, Deventer.
- Witteveen+Bos, 2002. Analyse gevoeligheid & onzekerheid RHASIM. Eindrapport, rapport RW996-2, Deventer.
- Witteveen+Bos, 2003. Rivier Habitat Simulatie Model RHASIM. Versie 3.0, rapport RW996-3, Deventer.
