

Voorspelling van effecten van ingrepen in het waterbeheer op aquatische gemeenschappen



# **Voorspelling van effecten van ingrepen in het waterbeheer op aquatische gemeenschappen**

**Validatie van de cenotypenvoorspellingsmodellen voor regionale watertypen (Overijssel) en voor beken en sloten in Nederland**

**P.F.M. Verdonschot  
J.W.H. Elbersen  
M.W. van den Hoorn**

**Alterra-rapport 737**

**Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte, Wageningen, 2003**

## REFERAAT

Verdonschot P.F.M., Elbersen J.W.H. & van den Hoorn M.W. 2003. *Voorspelling van effecten van ingrepen in het waterbeheer op aquatische gemeenschappen; Validatie van de cenotypenvoorspellingsmodellen voor regionale watertypen (Overijssel) en voor beken en sloten in Nederland*. Wageningen, Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte. Alterra-rapport 737. 82 blz. 7 fig.; 49 tab.; 59 ref.

Dit rapport geeft de resultaten weer van de toepassing van cenotypenvoorspellingsmodellen, één voor Overijsselse wateren, één voor beken en één voor sloten, en is uitgevoerd in het kader van het project RISTORI fase 3. De modellen zijn gebaseerd op een multinomiale logistische regressie benadering. De gegevens waarop de modellen zijn gebouwd, zijn afkomstig van de ecologisch-typologische netwerken. De modellen gaan van twee of drie verschillende hiërarchische niveaus uit: hoofdgroepen en/of groepen en cenotypen.

De cenotypenvoorspellingsmodellen zijn in samenspraak met vijf waterbeheerders voor enkele concrete praktijksituaties gevalideerd. De toets betrof het analyseren van één of meerdere ingrepen die inmiddels hebben plaats gevonden en waarvan zowel voor als na de ingreep gegevens wat betreft milieu-omstandigheden en macrofauna-samenstelling beschikbaar zijn.

Het blijkt mogelijk om op basis van cenotypologieën, geordend in netwerken, voorspellingssystemen te bouwen. De resultaten van deze studie tonen aan dat scenario-studies gepaard kunnen gaan met ecologische effectvoorspelling. De MLR-modellen presteren voor de scenario's in redelijk ruime mate. Zeker op hoofdgroep- en groepniveau kunnen met een behoorlijke mate van zekerheid uitspraken over te verwachten effecten van ingrepen of gewijzigde milieu-omstandigheden worden gedaan. Dit geldt zeker voor beleidsstudies op nationale en provinciale schaal en voor het operationeel waterbeheer.

Trefwoorden: beken, sloten, ecologische typen, multinomiale regressie, voorspelling, cenotype, waterbeheer, scenario, beoordeling

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 737. Dit bedrag is inclusief BTW en verzendkosten.

© 2003 Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte,  
Postbus 47, NL-6700 AA Wageningen.  
Tel.: (0317) 474700; fax: (0317) 419000; e-mail: info@alterra.nl

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd 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	15
1.1 Aanleiding	15
1.2 Doelstelling	15
1.3 Modellen	15
1.4 Modelvalidatie	17
2 Methoden en gegevens	19
2.1 Modelontwikkeling	19
2.2 Regionale watertypen Overijssel	20
2.2.1 EKOO-cenotypen	20
2.2.2 MLR-EKOO	21
2.3 Beken	24
2.3.1 Beekcenotypen	24
2.3.2 MLR-BEEK I	25
2.3.3 MLR-BEEK II	26
2.4 Sloten	28
2.4.1 Slootcenotypen	28
2.4.2 MLR-SLOOT I	29
2.4.3 MLR-SLOOT II	31
2.5 Modelvalidatie	32
2.5.1 Inleiding	32
2.5.2 Toedeling en modelvoorspelling	34
2.6 Kwaliteitsbeoordeling	35
3 Scenario resultaten	37
3.1 Inleiding	37
3.2 Calibratie van de toedeling	37
3.3 Gegevensverzameling	37
3.4 Rolderdiep	38
3.4.1 Ingrepen	38
3.4.2 Meetgegevens	39
3.4.3 Vergelijking voorspelling en toedeling in relatie tot ingrepen	39
3.4.4 Conclusies Rolderdiep	42
3.5 Chaamse beken	43
3.5.1 Ingrepen	43
3.5.2 Meetgegevens	43
3.5.3 Vergelijking voorspelling en toedeling in relatie tot ingrepen	44
3.5.4 Conclusies Chaamse beken	47
3.6 Rode beek	47
3.6.1 Ingrepen	47

3.6.2	Meetgegevens	48
3.6.3	Vergelijking voorspelling en toedeling in relatie tot ingrepen	48
3.6.4	Conclusies Rode Beek	52
3.7	Nooitgedacht	53
3.7.1	Ingrepen	53
3.7.2	Meetgegevens	54
3.7.3	Vergelijking voorspelling en toedeling in relatie tot ingrepen	54
3.7.4	Conclusies Nooitgedacht	57
3.8	Vallei beken	57
3.8.1	Ingrepen	57
3.8.2	Meetgegevens	58
3.8.3	Vergelijking voorspelling en toedeling in relatie tot ingrepen	59
3.8.4	Conclusies Vallei beken	61
3.9	Scenario conclusies	70
3.9.1	Inhoudelijke conclusies uit de scenarios	70
3.9.2	Conclusies cenotypenvoorspellingsmodellen	70
3.9.3	Algemene conclusies en aanbevelingen	71
3.10	Model-validatie overall	71
3.10.1	Milieu-variabelen	71
3.10.2	Vergelijking voorspelling – toedeling	74
3.11	Conclusies model-validatie overall	75
	Referenties	77

## Woord vooraf

In het kader van verschillende beleidsstudies worden door het RIZA beleidsanalyses uitgevoerd op het gebied van integraal waterbeheer. Voor die beleidsanalyses worden diverse modelinstrumenten ingezet waarmee effecten van maatregelen in het waterbeheer voorspeld kunnen worden. In deze keten van modellen mist nog een ingreep-effect-model voor aquatische ecosystemen in regionale wateren. Dat gemis wordt niet alleen ervaren in landelijke analyses maar ook in de (aanstaande) regionale stroomgebiedsstudies in het kader van de EU-KRW en WB21. Het RIVM heeft eveneens behoefte aan een dergelijk model voor de natuur- en milieuverkenningen waarmee ook de effecten van ingrepen moeten kunnen worden voorspeld. Vanuit haar positie als coördinator voor het onderzoek naar regionale watersystemen heeft ook de STOWA haar belangstelling voor een ingreep-effect-model.

Door de opdrachtgevers (RIZA, RIVM en STOWA), verenigd in het project RISTORI, is de bovenstaande behoefte vertaald in een project met als doel het ontwikkelen van een ingreep-effect-model met behulp waarvan afgewogen (op ecologisch inzicht gebaseerde) besluiten genomen kunnen worden over effecten van ingrepen in watersystemen. Ook moet met het model een afwegingskader beschikbaar komen voor de onderbouwing van gebiedspecifieke normdoelstellingen. Het model zal zoveel mogelijk moeten aansluiten op beschikbare gegevensbestanden, modellen en lopende ontwikkelingen.

Het overkoepelende project volgt twee benaderingen:

*Benadering A*: de soortbenadering waarin het ontwikkelen van een effectmodel op basis van soort-factor relaties voortvloeiend uit de bestaande data-bases is beoogd.

*Benadering B*: de gemeenschapsbenadering: het ontwikkelen van een prototype effectmodel op basis van levensgemeenschappen (cenotypen) in relatie tot factorencomplexen.

De gemeenschapsbenadering binnen het project wordt in fasen uitgevoerd.

*Definitiefase*: Als eerste stap op weg naar een effectmodel voor aquatische natuurwaarden in regionale wateren is een definitie-studie verricht. De resultaten van deze fase hebben geleid tot een plan van aanpak waarin drie fasen en twee benaderingen zijn onderscheiden:

*Fase 1* richtte zich op het ontwikkelen van een prototype van het effectmodel, ingevuld voor twee subtypen oppervlaktewateren: veensloten en middenlopen van laaglandbeken;

*Fase 2* richtte zich op een verdere gegevens-optimalisatie, een veldvalidatie door toepassing van het model op nieuwe gegevenssets en op het aanbrengen van een verdere schaalverfijning in het effectmodel;

*Fase 3* in de derde fase worden beken en sloten in het effectmodel ingebracht en wordt het model geoperationaliseerd.

*Fase3, benadering B*, de gemeenschapsbenadering: richtte zich op het ontwikkelen van ingreep-effectmodellen op basis van de gemeenschapstypen zoals die ontwikkeld zijn in het sloten- en bekenproject. Deze typen omvatten allerlei toestanden waarin sloten en beken momenteel in Nederland voorkomen.

De resultaten zijn weergegeven in twee rapporten. Het eerste rapport (Verdonschot et al. 2002) getiteld: “*Voorspelling van effecten van ingrepen in het waterbeheer op aquatische gemeenschappen; De ontwikkeling van voorspellingsmodellen voor beken en sloten in Nederland*” geeft de resultaten weer van de ontwikkeling van twee cenotypenvoorspellingsmodellen, één voor beken en één voor sloten. Beide modellen borduren voort op de modellen die ontwikkeld zijn in fase 1 en 2 van genoemd project. De ontwikkelde modellen zijn gebaseerd op een multinomiale logistische regressie benadering. De gegevens waarop de modellen zijn gebouwd, zijn afkomstig van de ecologisch-typologische netwerken ontwikkeld voor beken en sloten in de afgelopen jaren in opdracht van LNV. De modellen gaan van twee of drie verschillende hiërarchische niveaus uit: hoofdgroepen en/of groepen en cenotypen. Hiermee zijn de modellen ook bruikbaar op verschillende toepassingsniveaus. Met kruisvalidatie zijn de modellen geoptimaliseerd. De modellen zijn voorzien van een betrouwbaarheidsmaat. Tevens is onderzoek gedaan naar het gebruik van waarderingindices en zeldzaamheid als maten om de cenotypen te beoordelen. Er is een aanzet voor dergelijke benaderingen gegeven, maar nader onderzoek is noodzakelijk.

Dit rapport omvat de eerste veldvalidatie van alle tot op heden binnen het project RISTORI ontwikkelde cenotypenvoorspellingsmodellen.

Het project is begeleid door Bas van der Wal (STOWA), Rick Wortelboer (RIVM) en Francisco Leus (RIZA en direct aanspreekpunt en opdrachtgever). Francisco wordt bedankt voor zijn intensieve betrokkenheid gedurende het gehele proces en voor het commentaar op het rapport.

Daarnaast worden de waterbeheerders bedankt voor het bewerken en beschikbaar stellen van de scenario-gegevens: Corné Bezuijen en Jeroen Meeuse (Waterschap Hunze en Aa's), Jeff Samuels en Nienke Schuitema (Hoogheemraadschap van West Brabant), Barend van Maanen en Han Kessels (Zuiveringschap Limburg), Hans Boeyen (Zuiveringschap Hollandse Eilanden en Waarden) en Rob Gerritsen (Waterschap Vallei en Eem).



## **Samenvatting**

### ***Aanleiding***

De uitvoering van integraal waterbeheer vraagt meer en meer om voorspelling van de effecten van voorgenomen ingrepen. Voor dergelijke voorspelling zijn diverse modelinstrumenten noodzakelijk waaronder een ingreep-effect-model voor aquatische ecosystemen in regionale wateren. Een dergelijk instrument is onder anderen nodig bij de Waterverkenningen (WVK), de Natuur- en Milieuverkenningen, de regionale watersysteemrapportages en -verkenningen en de daadwerkelijke evaluatie van waterbeheerprojecten zoals beekherstel, herinrichting van oevers of natuurontwikkeling. De noodzaak van een dergelijk instrument zal door de recente ontwikkelingen in het waterbeleid (gebiedsgericht, integraal, stroomgebied-aanpak, EU Kader Richtlijn Water, etc.) alleen nog maar groter worden.

Het RIZA, het RIVM en de STOWA hebben gezamenlijk het project RISTORI opgepakt, met als doel het ontwikkelen van een ingreep-effect-model met behulp waarvan afgewogen (op ecologisch inzicht gebaseerde) besluiten genomen kunnen worden over effecten van ingrepen in watersystemen. Tevens moet dit model een afwegingskader bieden voor de onderbouwing van gebiedsspecifieke normdoelstellingen. Als randvoorwaarde gold dat het model zoveel mogelijk zou aansluiten op bestaande gegevensbestanden, modellen en lopende ontwikkelingen.

Het project onderscheidde twee uitgangsbependingen:

- (i) een soortsbepending waarin het effectmodel gebaseerd is op soort-factor relaties
- (ii) een gemeenschapsbepending waarin het effectmodel gebaseerd is op soortencombinaties in relatie tot factorencomplexen (cenotypen).

Deze laatste bepending wordt hier toegepast.

### ***Modelontwikkeling***

De verschillende cenotypenvoorspellingsmodellen zijn over de laatste jaren ontwikkeld. Voor deze studie betrof het:

- √ EKKO: een regionaal gebaseerd model dat gebruik maakt van de EKKO data van de provincie Overijssel en een grote variatie aan watertypen omvat
- √ Beken: een landelijk model (twee versies) voor beken dat gebaseerd is op een landelijke bekentypologie
- √ Sloten: een landelijk model (twee versies) voor sloten dat gebaseerd is op een landelijke slotentypologie

Alle modellen maken gebruik van de soortencombinatie of gemeenschap als responsvariabele en een set aan milieu-variabelen als invoer (tabel a). Op basis van resultaten van ingreep- of dosismodellen worden invoervariabelen in termen van milieuvariabelen geformuleerd. De cenotypen-effectmodellen berekenen vervolgens op basis van deze invoervariabelen de daaruit voortvloeiende kans op het voorkomen van een bepaalde aquatische gemeenschap. De modellen zijn gebaseerd op multinomiale logistische regressie (MLR). In multinomiale logistische regressie wordt een complex van milieuvariabelen gebruikt om de kans op een cenotype te voorspellen.

Tabel a. Model-invoerparameters, hun eenheid en de invoercode.

parameteromschrijving	code	eenheid	EKOO	SLOOT- I	SLOOT- II	BEEK- I	BEEK- II
totaal fosfaat	t-P	mgP/l	+ (gem)	+	+	+ (90-p)	+ (90-p)
nitraat	NO3	mgN/l	+ (gem)	+ (gem)		+ (10-p)	+ (10-p)
ammonium	NH4	mgN/l	+ (gem)	+ (gem)	+ (gem)	+ (90-p)	+ (90-p)
zuurstof	O2	mg/l	+ (gem)			+ (10-p)	
breedte	b	m	+	+	+	+	+
diepte	d	m	+	+	+	+	+
stroomsnelheid	s	m/s	+			+	+
verval	verval	m/km	+				
zuurgraad	pH	-	+ (gem)	+	+	+ (med)	+ (med)
geleidendheid	EGV	mS/m	+ (gem)	+ (gem)	+ (gem)	+ (med)	
droogval	droogval	0/1	+	+	+		
laagveen	laagveen	0/1	+				
% drijvende vegetatie	%drijf	%	+	%	%		
% ondergedoken vegetatie	%onder	%	+	%	%		
% totale vegetatiebedekking	totb	%	+				
niet lijnvormig regelmatig profiel	ISRE	nominaal	+				
niet lijnvormig onregelmatig profiel	IRIR	nominaal	+				
lijnvormig regelmatig profiel	LSRE	nominaal	+				
lijnvormig onregelmatig profiel	LSIR	nominaal	+				
calcium	Ca	mg/l	+				
chloride	Cl	mg/l	+				
normalisatie niet	REGUL NT	0/1	+				
normalisatie sterk	REGUL	0/1	+				
meandering	meander	0/1				+	+
natuurlijk dwarsprofiel	dwarsnat	0/1				+	+
permanentie	perman	0/1				+	+
stuwing	stuw	0/1				+	+
winter	winter	0/1				+	+
beschaduwing	schaduw	%				+	+
substraat slib	subslib	%				+	+
substraat zand	subzand	%				+	+
chloride	clmed	mg/l		+	+	+ (med)	+ (med)
Kjeldahl-stikstof	nkjel90	mgN/l					+ (90-p)
totaal stikstof	totaaln	mgN/l		+	+		
% emergente vegetatie	vemers	%		+	+		
% flab	vflab	%		+	+		
bodem zand	zand	0/1		+	+		
grondgebruik natuur	gnatuur	0/1		+	+		
grondgebruik weiland	gweii	0/1		+	+		
inlaat van gebiedsvreemd water	inlaat	0/1		+	+		
functie natuur	fnatuur	0/1		+	+		
kwel	kwel	0/1		+			
bodem klei	klei	0/1			+		

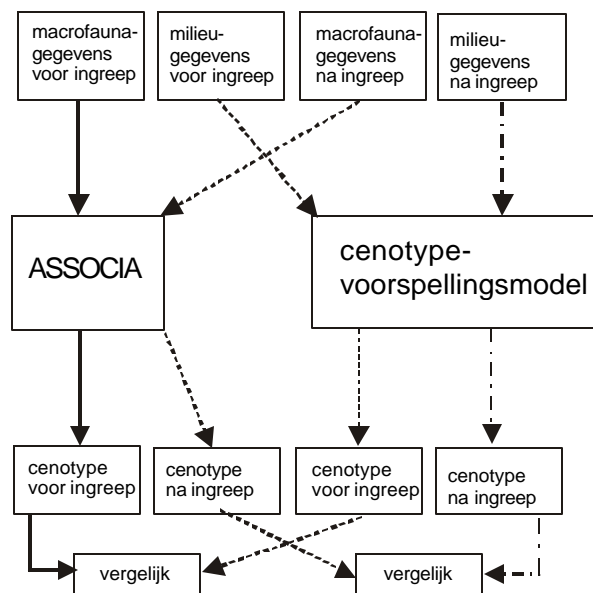
Voor een nieuw monster met een bekende set aan milieuvariabelen (afkomstig uit inputmodellen zoals hydrologische en eutrofiëringsmodellen) wordt dan de kans op elk cenotype voorspeld. Met het resulterende cenotypenvoorspellingsmodel wordt in feite geen nieuwe situatie voorspeld, maar worden richtingen binnen een bestaand netwerk van cenyumtypen (typologie) aangegeven. De modellen gaan steeds uit van meerdere aggregatieniveaus (van fijn naar grof): cenyumtypen, eventueel groepen en hoofdgroepen. Hiermee zijn de modellen ook bruikbaar op verschillende toepassingschalen van landelijk beleid tot regionaal beheer.

Om te kunnen aangeven wat de ecologische waarde van een toekomstige voorspellingsresultaat is, zijn alle cenyumtypen in ieder model van een kwaliteitsklasse voorzien. Deze waardering is verdeeld in vijf kwaliteitsklassen en is steeds afhankelijk van het verschil ten opzichte van de referentietoestand.

De modellen zijn nog niet in de praktijk toepasbaar. Er is uitgegaan van de eerder ontwikkelde prototypen met het accent op de functionaliteit daarvan en niet op uitvoering en gebruikersvriendelijkheid. De modellen zijn in fortran geprogrammeerd.

### **Toepassing**

De cenotypenvoorspellingsmodellen zijn in samenspraak met vijf waterbeheerders voor enkele concrete praktijksituaties gevalideerd. De toets betrof het analyseren van één of meerdere ingrepen die inmiddels hebben plaats gevonden en waarvan zowel voor als na de ingreep gegevens wat betreft milieu-omstandigheden en macrofauna-samenstelling beschikbaar zijn (figuur a).



Figuur a. Het processchema van modelvalidatie

Vervolgens zijn per scenario de macrofaunagegevens toegedeeld aan het betreffende ('macrofauna'-)cenotype met behulp van het programma ASSOCIA terwijl de milieu-

gegevens gebruikt zijn als modelinvoer om een ('milieu'-)cenotype te voorspellen met behulp van de cenotypevoorspellingsmodellen (figuur a).

De macrofauna toedeling voor de EKOO, beken en sloten cenotypologieën zijn uitgevoerd met behulp van het programma ASSOCIA. ASSOCIA is ontwikkeld als een programma voor de identificatie van vegetatie-opnamen, maar is eveneens geschikt voor de identificatie van cenotypen. Tenslotte zijn de zogenaamde ('macrofauna'-)cenotypen en ('milieu'-)cenotypen onderling vergeleken.

Om te kunnen aangeven wat de ecologische waarde van een toekomstige voorspellingsresultaat, een cenotype, is zijn de cenotypen van een kwaliteitsoordeel voorzien.

### ***Scenario's***

Er zijn scenario's samengesteld van de volgende cases:

#### 1. Rolderdiep

Voor het Rolderdiep (Drenthe) is een scenario geformuleerd met twee momenten van maatregelen (sanering RWZI en sanering overstort) en waarbij drie bemonsteringen van de macrofauna beschikbaar zijn op vier locaties. Daarnaast speelt normalisatie van twee locaties en een overall diffuse achtergrondbelasting.

Het belangrijkste resultaat is dat de saneringen alleen zichtbaar zijn op de meest benedenstroomse locatie, waar sprake is van een natuurlijk beektraject. Hier sorteert kwaliteitsverbetering het meeste effect. De effecten zijn niet zichtbaar geworden in de genormaliseerde trajecten. Mogelijk speelt de achtergrondbelasting een versluierende rol.

#### 2. Chaamse beken

In het Chaamse beken scenario zijn de effecten onderzocht van verstuwung van drie beken in het Chaamse bekengebied (Noord-Brabant). De verstuwung is veroorzaakt door schotbalken te plaatsen, als maatregel tegen verdroging. Daarnaast zijn de beeklocaties genormaliseerd, is een hoge diffuse achtergrondbelasting aanwezig en kan 's zomers droogval optreden.

De gemeenschappen aanwezig in de beektrajecten bovenstrooms van de schotbalken ondervinden geen invloed van de maatregel. Benedenstrooms van de schotbalk is wel een verschuiving in gemeenschap waarneembaar.

#### 3. Rode beek

In de Rode beek bij Brunssum (Zuid-Limburg) is het effect van de sluiting van de RWZI en het herstel na sluiting onderzocht over de jaren 1983-2001. Sluiting van de RWZI betekent het wegvallen van de belasting van de beek met effluent, maar ook het verlagen van de afvoer en afvoerdynamiek

Uit de analyse volgt dat er nauwelijks effecten van de sanering zijn waar te nemen, behalve op de meest benedenstroomse locatie in de laatste paar jaren.

#### 4. Polder Nooitgedacht

De polder Nooitgedacht (Zuid-Holland) wordt sinds 1982 extensief beheerd. De kunstmestgiften zijn geleidelijk afgebouwd in de periode 1982-1985. Daarna is geen kunstmest meer gebruikt. De sloten zijn in 1994 van de wetering geïsoleerd en er is nog een apart hoog peilgebied gecreeerd. In 1987 en 1994 zijn alle sloten gebaggerd. Plaatselijk is een sloot verbreed.

Er treden weinig veranderingen in de polder op. De hydrologische isolatie heeft mogelijk geleid tot een lichte kwaliteitsverbetering van de slootgemeenschap. Deze veranderingen zijn echter te gering om duidelijke conclusies te kunnen trekken.

### 5. Vallei beken

De Vallei beken (Gelderland) omvatten bovenlopen, middenlopen en benedenlopen. Alle locaties zijn onderworpen geweest aan de intensivering van de landbouw en een verhoging van de mestproductie tot 1994, waarna ook mest uit het gebied werd afgevoerd. Bij vier locaties zijn de RWZI lozingen opgeheven.

Over het algemeen is de kwaliteit van de Vallei beken redelijk tot slecht. De lage stroomsnelheden in relatie tot de hoge diffuse belasting maakt dat de sanering van een RWZI niet zichtbaar wordt in de levensgemeenschap noch in de voorspellingen.

### **Modelvalidatie**

De resultaten van de scenario's zijn gebruikt om een vergelijking te maken tussen toedeling op basis van de macrofauna en modelvoorspelling op basis van geselecteerde milieu-variabelen. Alle cenotypenvoorspellingsmodellen voorspellen het merendeel van de hoofdgroepen voor alle scenario's op gelijke wijze als de toedeling met behulp van ASSOCIA (tabel b). Door in de voorspellingen rekening te houden met verwantschap tussen cenotypen en dus het voorkomen van mengsels/overgangen tussen typen, blijkt de voorspelling sterk te verbeteren op zowel hoofdgroep-, groep- als cenotype-niveau. De eerste en tweede hoogste kans in de cenotypenvoorspelling levert samen vaak tot een 67-75% op groepniveau en 45-80% gelijke voorspelling op als toedeling op cenotype-niveau (tabel b).

*Tabel b. Resultaat van de vergelijking van de toedeling met de modelvoorspellingen*

	hoofdgroep			groep			cenotype				
	1-1	1-2	1-3	1-1	1-2	1-3	overig	1-1	1-2	1-3	overig
MLR-BEEK I	73.3	86	86					30.4	45.3	50.9	54.7
MLR-BEEK II	93	98		38	72	75	76	29	55	61	65
EKOO beken	61	75		52	67		69	34	48	49	50
MLR-SLOOT I	100							45	80		
MLR-SLOOT II	100							95			
EKOO sloten	65	75		65	75			40	75		

1-1 = vergelijking van de cenotypen met de hoogste kans op toedeling met ASSOCIA en beste modelvoorspelling; 1-2 = vergelijking van de hoogste/beste met de tweede beste/hogste; 1-3 = vergelijking van de hoogste/beste met de derde beste/hogste

De vergelijking van de resultaten van MLR-BEEK I en MLR-BEEK II duiden erop dat MLR-BEEK II iets beter presteert. Dit is waarschijnlijk vooral te danken aan het derde hiërarchisch niveau in dit model. EKOO presteert in vergelijking tot MLR-BEEK II op hoofdgroepniveau slechter voor deze stromende wateren. Op groepniveau scoort EKOO beter op groepniveau 1-1 terwijl MLR-BEEK beter scoort op groepniveau 1-2. Op cenotype-niveau herhaalt zich dit verschijnsel. Overall lijkt MLR-BEEK II beter te voldoen dan EKOO. Bvoor landelijk gespreide gegevens is dit verklaarbaar omdat EKOO een regionaal model representeert. Voor sloten lijkt MLR-SLOOT II het beste te voldoen.

### **Conclusies**

Het blijkt mogelijk om op basis van cenotypologieën, geordend in netwerken, voorspellingsystemen te bouwen. De resultaten van deze studie tonen aan dat scenario-studies gepaard kunnen gaan met ecologische effectvoorspelling. De MLR-modellen presteren voor de scenario's in redelijk ruime mate. Zeker op hoofdgroepen en groepniveau kunnen met een behoorlijke mate van zekerheid uitspraken over te verwachten effecten van ingrepen of gewijzigde milieu-omstandigheden worden gedaan. Dit geldt zeker voor beleidsstudies op nationale en provinciale schaal en voor het operationeel waterbeheer.

De calibratie van de modellen toonde een uitstekende, bijna 100% correcte terugtoedeling.

De oorzaken van een mogelijk onjuiste toedeling in de praktijkscenario's zijn vaak moeilijk te achterhalen. Te denken valt aan onvolkomenheden in gegevensverzameling en invoerformulering.

Het verdient zeker nader aandacht om de oorzaken van afwijkende voorspelling en toedeling te onderzoeken en te komen tot aanbevelingen ter verbetering. Kenmerken van gevoeligheid, onzekerheid en betrouwbaarheid dienen te worden ingebouwd.

Het project is begeleid door Bas van der Wal (STOWA), Rick Wortelboer (RIVM) en Francisco Leus (RIZA en direct aanspreekpunt en opdrachtgever). Francisco wordt bedankt voor zijn intensieve betrokkenheid gedurende het gehele proces, Bas en Rick worden bedankt voor hun commentaren op het rapport.

# **1 Inleiding**

## **1.1 Aanleiding**

Dit onderzoek vormt het tweede onderdeel van fase 3 van het project RISTORI. Het eerste onderdeel is afgesloten met een rapport getiteld: "*Voorspelling van effecten van ingrepen in het waterbeheer op aquatische gemeenschappen; De ontwikkeling van voorspellingsmodellen voor beken en sloten in Nederland*" (Verdonschot et al. 2002) en geeft de resultaten weer van de ontwikkeling van twee cenotypenvoorspellings-modellen, één voor beken en één voor sloten. Beide modellen borduren voort op de modellen die ontwikkeld zijn in fase 1 en 2 van het RISTORI project. De ontwikkelde modellen zijn gebaseerd op een multinomiale logistische regressie benadering. De gegevens waarop de modellen zijn gebouwd, zijn afkomstig van de ecologisch-typologische netwerken ontwikkeld voor beken en sloten in de afgelopen jaren in opdracht van LNV. In deze stap worden de modellen gevalideerd.

## **1.2 Doelstelling**

Het doel van deelproject I van fase 3 was het ontwikkelen van effectmodules voor het ingreep-effect-model voor aquatische ecosystemen in regionale wateren (RISTORI) op basis van relaties tussen gemeenschappen en groepen van milieufactoren (Verdonschot et al. 2002). Met de modellen moeten ecologische effecten van maatregelen en ingrepen kunnen worden voorspeld en beoordeeld op het niveau van gemeenschappen. Hiermee moeten afgewogen besluiten genomen kunnen worden over voorgenoemde ingrepen in een watersysteem. Ook moeten met het model gebiedspecifieke normdoelstellingen onderbouwd kunnen worden.

Het doel van dit deelproject (deelproject II van fase 3) is het valideren van de ontwikkelde cenotypevoorspellingsmodellen voor regionale watertypen, gebaseerd op de cenotypologie van Overijssel, en die voor beken en sloten in Nederland, beide gebaseerd op de landelijke cenotypologieën.

Om dit doel te bereiken is een praktijkvalidatie uitgevoerd waarbij beheerders/gebruikers gegevens aan hebben geleverd die opgenomen zijn vooraf aan een ingreep/dosis en gegevens die in de jaren na de ingreep zijn verzameld; het betrof zowel milieugegevens als macrofauna.

## **1.3 Modellen**

Alterra is in 1997 begonnen met de modelontwikkeling ten behoeve van het project RISTORI. Als eerste gegevensbestand zijn de middenlopen uit de Stowabase gebruikt. Dit betrof een beperkt gegevensbestand met een geringe variatie in

milieuomstandigheden. Hierop is een eerste prototype model gebouwd (Nijboer *et al.* 1998).

In 1999 is het model gevuld met het EKKO-gegevensbestand, een bestand dat allerlei watertypen uit de regio Overijssel bevat. Een breder gegevensbestand met een ruimer aanbod van milieu-omstandigheden binnen één regio. Hierop is een nieuw model gebouwd en in 2000 is dit nieuwe model getoetst door middel van een pilotstudie uitgevoerd voor drie verschillende beheersgebieden (Verdonschot & Goedhart 2000).

Parallel zijn in het kader van programma en stimuleringsgelden van LNV typologieën ontwikkeld voor sloten en beken. Beide typologieën worden voor het einde van 2002 afgerond. Beide gegevensbestanden zijn landsdekkend en bevatten een zekere variatie aan milieu-omstandigheden. Hierop zijn in 2001-2002 zowel voor beken als voor sloten ieder twee modellen gebouwd (Verdonschot *et al.* 2002).

In totaal worden in deze validatie-stap vijf multinomiale logistische regressie-modellen (MLR) meegenomen (naar Verdonschot *et al.* 2002):

MLR-EKKO : gebaseerd op de cenotypologie van Overijssel

MLR-BEEK I : gebaseerd op de landelijke bekencenotypologie

MLR-BEEK II : gebaseerd op de landelijke bekencenotypologie

MLR-SLOOT I : gebaseerd op de landelijke slotencenotypologie

MLR-SLOOT II : gebaseerd op de landelijke slotencenotypologie

Asl invoer voor deze modellen zijn parameterwaarden nodig zoals samengevat in tabel 1.1.

Tabel 1.1 Model-invoerparameters, hun eenheid en de invoercode (naar Verdonschot *et al.* 2002)

parameteromschrijving	code	eenheid	EKKO	SLOOT-I	SLOOT-II	BEEK-I	BEEK-II
totaal fosfaat	t-P	mgP/l	+ (gem)	+	+	+ (90-p)	+ (90-p)
nitraat	NO3	mgN/l	+ (gem)	+ (gem)		+ (10-p)	+ (10-p)
ammonium	NH4	mgN/l	+ (gem)	+ (gem)	+ (gem)	+ (90-p)	+ (90-p)
zuurstof	O2	mg/l	+ (gem)			+ (10-p)	
breedte	b	m	+	+	+	+	+
diepte	d	m	+	+	+	+	+
stroomsnelheid	s	m/s	+			+	+
verval	verval	m/km	+				
zuurgraad	pH	-	+ (gem)	+	+	+ (med)	+ (med)
geleidendheid	EGV	mS/m	+ (gem)	+ (gem)	+ (gem)	+ (med)	
droogval	droogval	0/1	+	+	+		
laagveen	laagveen	0/1	+				
% drijvende vegetatie	%drijf	%	+	%	%		
% ondergedoken vegetatie	%onder	%	+	%	%		
% totale vegetatiebedekking	totb	%	+				
niet lijnvormig regelmatig profiel	ISRE	nominaal	+				
niet lijnvormig onregelmatig profiel	IRIR	nominaal	+				
lijnvormig regelmatig profiel	LSRE	nominaal	+				
lijnvormig onregelmatig profiel	LSIR	nominaal	+				
calcium	Ca	mg/l	+				
chloride	Cl	mg/l	+				
normalisatie niet	REGUL	0/1	+				
	NT						



parameteromschrijving	code	eenheid	EKOO	SLOOT-I	SLOOT-II	BEEK-I	BEEK-II
normalisatie sterk	REGUL	0/1	+				
meandering	meander	0/1				+	+
natuurlijk dwarsprofiel	dwarsnat	0/1				+	+
permanentie	perman	0/1				+	+
stuwing	stuw	0/1				+	+
winter	winter	0/1				+	+
beschaduwing	schaduw	%				+	+
substraat slib	subslib	%				+	+
substraat zand	subzand	%				+	+
chloride	clmed	mg/l		+	+	+	+
Kjeldahl-stikstof	nkjel90	mgN/l					+
totaal stikstof	totaaln	mgN/l		+	+		
% emergente vegetatie	vemers	%		+	+		
% flab	vflab	%		+	+		
bodem zand	zand	0/1		+	+		
grondgebruik natuur	gnatuur	0/1		+	+		
grondgebruik weiland	gweii	0/1		+	+		
inlaat van gebiedsvreemd water	inlaat	0/1		+	+		
functie natuur	fnatuur	0/1		+	+		
kwel	kwel	0/1		+			
bodem klei	klei	0/1			+		

## 1.4 Modelvalidatie

Alle cenotypevoorspellingsmodellen hebben tot doel aan te tonen dat met de benadering reproduceerbare relaties tussen ingrepen in de watersystemen (in termen van gewijzigde milieu-omstandigheden) en de respons van gemeenschappen weergegeven kunnen worden.

Door middel van een validatie met onafhankelijke (gegevens die niet betrokken waren bij het opstellen van de modellen) veld- en scenario-gegevens zijn de voorspellingen vergeleken met gemeten responsies in het veld.

Tot op heden zijn de modelformulering geprogrammeerd in Fortran. De prototypen zijn minder bruikbaar voor derden. Bij voldoende slagingskans wordt een operationeel en gebruikersvriendelijke rekenmodule in een gestandaardiseerde en toegankelijke schil ontwikkeld.

Het effectmodel moet aansluiten op het dosismodel. Het dosismodel berekent de abiotische gevolgen van een voorgenomen ingreep. Deze abiotische variabelen dienen als invoer voor het effectmodel. Het dosismodel gaat in de toekomst voldoen aan de eisen die het effectmodel stelt. Hierbij zal het dosismodel bepaalde invoer berekenen zoals de N- en P-concentraties, de waterdiepte en de stroomsnelheid. Anderen invoervariabelen zullen of ingevuld worden op basis van expert judgment, geschat worden of constant worden verondersteld. Vooralsnog is zonder dosismodel gewerkt.

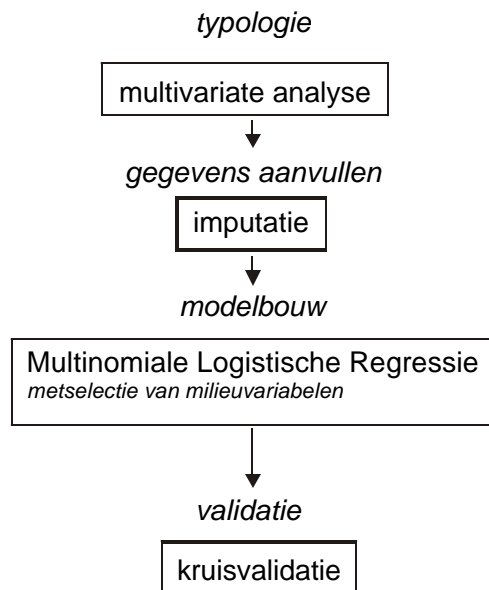
Voor de modelvalidatie zijn de volgende stappen doorlopen:

- Stap 1 Het verzamelen van scenariogegevens. Dit betekent dat macrofaunamonsters met bijbehorende, voor de modellen noodzakelijke, abiotische gegevens (fysisch-chemische en veldgegevens) van die locaties op die momenten in de tijd die relevant zijn ten van de onderzochte effecten van maatregelen/ingrepen, zijn verzameld bij de betreffende waterbeheerder.
- Stap 2 Het toedelen van de macrofaunamonsters aan een cenotype uit respectievelijk de EKKO- en de beek-/sloot-typologie. Hiertoe zijn de macrofaunagegevens eerst taxonomisch afgestemd op de respectievelijk in EKKO en in de beek-/sloottypologie gebruikte taxonomische niveaus. Indien nodig is ook de monsterlengte gestandaardiseerd (5 m standaardmonster in alle typologieën).
- Stap 3 Het geschikt maken van de milieu-gegevens, aangeleverd door de waterbeheerders (let wel dat het hier om bestaande gegevens gaat en niet om modelresultaten zoals in de toekomst is voorzien) om als invoer voor de effectmodellen te dienen. Het betrof voornamelijk het berekenen van onder meer gemiddelden, medianen en percentielen, en het vertalen van geklassificeerde veldgegevenswaarden naar nominale waarden (0 of 1). Indien gegevens ontbraken (waardoor voorspelling niet mogelijk is) zijn deze parameterwaarden toegevoegd. De waarden voor deze ontbrekende parameters zijn overgenomen uit de abiotische parameterset van het betreffende cenotype dat volgde uit de toedeling in stap 2 (hetgeen de dataset enigszinsafhankelijk maakt, echter de omvang hiervan vraagt een uitgebreide onzekerheidsanalyse die in dit kader niet haalbaar is). Er is voor gekozen om geen schattingen te maken (interpolatie tussen jaren bijvoorbeeld) omdat dit, vooralsnog, een onbekende invloed op de resultaten zou hebben. Vervolgens zijn met de modellen voorspellingen uitgevoerd voor alle scenario's.
- Stap 4 Vergelijking van de modelvoorspellingen met de toedeling van macrofauna (validatie). De resultaten uit de toedeling van de macrofaunamonsters zijn vergeleken met de resultaten van de voorspellingen. Het aantal in eerste of tweede instantie correct voorspelde hoofdgroepen, groepen en cenotypen is bepaald.
- Stap 5 Tenslotte is een foutenanalyse op de invoerdata uitgevoerd om een verklaring te vinden voor eventuele verschillen in voorspelling ten opzichte van de toedeling.

## 2 Methoden en gegevens

### 2.1 Modelontwikkeling

In figuur 2.1 is schematische weergegeven hoe het proces van modelontwikkeling is opgebouwd (voor een uitgebreide beschrijving wordt verwezen naar Verdonschot et al. 2002). Voor de ontwikkeling van de cenotypenvoorspellingsmodellen voor regionale watertypen, beken en sloten is gebruikt gemaakt van de typologieën van Overijssel (Verdonschot 1990), beken (Verdonschot & Nijboer 2002) en sloten (Nijboer & Verdonschot 2002). Deze typologieën zijn ontwikkeld met behulp van multivariate analyse (figuur 2.1). De milieugegevens voor de modelbouw zijn middels imputatie aangevuld. Onder "imputatie" wordt verstaan het compleet maken van een gegevensbestand door het invullen van de ontbrekende waarnemingen op basis van een model.



Figuur 2.1 Stroomschema gegevensbewerking ten behoeve van modelbouw en validatie

Het in de eerdere fasen van RISTORI ontwikkelde principe voor effectvoorspelling gaat uit van een multinomiale logistische regressie model (figuur 2.1). Bij multinomiale logistische regressie wordt de kans op een cenotype, gegeven een set milieu-variabelen, rechtstreeks gemodelleerd. Het model bevat regressiecoëfficiënten voor de milieu-variabelen (hetgeen parameters betreft die de afhankelijkheid van een variabele van andere variabelen aanduidt), die uit de gegevens geschat zijn. Voor een nieuw monster met bekende milieu-variabelen wordt dan de kans op elk cenotype voorspeld. In de modelontwikkeling is steeds gebruik gemaakt van hiërarchische modellering, waarbij in het model hoofdgroepen, groepen (in sommige modellen), en cenotypen zijn onderscheiden.

In de beschikbare gegevens was het aantal milieu-variabelen zo groot dat een selectie van variabelen is uitgevoerd. Met behulp van selectie van variabelen is geprobeerd om een model te vinden dat bijna evenveel verklaart als het volledige model maar met een zo klein mogelijk aantal variabelen. In de regel geeft dat een beter voorspellingsmodel. Hiertoe zijn 'groepsgewijs' aparte deelmodellen aangepast voor de niveau's van hoofdgroepen, groepen (in sommige modellen), en cenotypen. Bij deze vorm van hiërarchische modellering blijft het aantal te schatten parameters steeds binnen de perken omdat het aantal klassen binnen elk niveau van de hiërarchie gering is.

Tenslotte zijn de modellen aan een kruisvalidatie (figuur 2.1) onderworpen. Kruisvalidatie betekent het onderzoeken van de terugvoorspelkracht van het ontwikkelde model. Het gehele proces van modelontwikkeling is uitvoerig beschreven in Verdonschot et al. (2002).

## **2.2 Regionale watertypen Overijssel**

### **2.2.1 EKOO-cenotypen**

De regionale watertypen van Overijssel zijn op basis van de multivariate analyses onderverdeeld in 40 cenotypen:

#### Cenotype code Omschrijving

H1	Voedselrijke helocrene bronnen
H2	Droogvallende kwelmoerassen
H3	Matig voedselrijke helocrene bronnen
H5	Voedselarme helocrene bronnen
H6	Zure droogvallende kwelmoerassen
S1	Bronbeken
S2	Natuurlijke bovenlopen
S3	Droogvallende natuurlijke bovenloopjes
S4	Droogvallende natuurlijke bovenlopen
S5	Saprobe boven- en middenlopen
S6	Half-natuurlijke middenlopen
S7	Gereguleerde middenlopen
S9	Saprobe beekpoelen/droogvallende gereguleerde bovenlopen
S10	Droogvallende gereguleerde bovenlopen/sloten
S12	Droogvallende zwak zure gereguleerde bovenlopen/sloten
S13	Beekpoelen
S14	Extreem belaste beek
D2A	Sloten
D3	Sloten/stilstaande gereguleerde beken
D6	Zure sloten
D8	Droogvallende zwak stromende sloten
D11	Extreem belaste sloot
R1	Belaste gereguleerde benedenlopen en riviertjes
R2	Brede laagveensloten en vaarten
R3	Middelgrote riviertjes
R4	Belaste kleine tot middelgrote lijnvormige wateren
R5	Belaste gereguleerde riviertjes en kanalen

Cenotype code	Omschrijving
R7	Kanalen
R8	Randmeren
R9	Gereguleerde benedenlopen
R11	Brede, diepe lijnvormige wateren
R12	Grote, matig diepe plassen
P1	Droogvallende verzuurde vennen
P2	Zure vennen
P3	Zwak zure vennen
P4	Poelen
P5	Kleine ondiepe sloten
P6	Petgaten
P7	Matig grote, diepe plassen
P8	Grote sloten en kleine ondiepe plassen
P9	Grote plassen en meertjes
P11	Kanalen en middelgrote diepe plassen

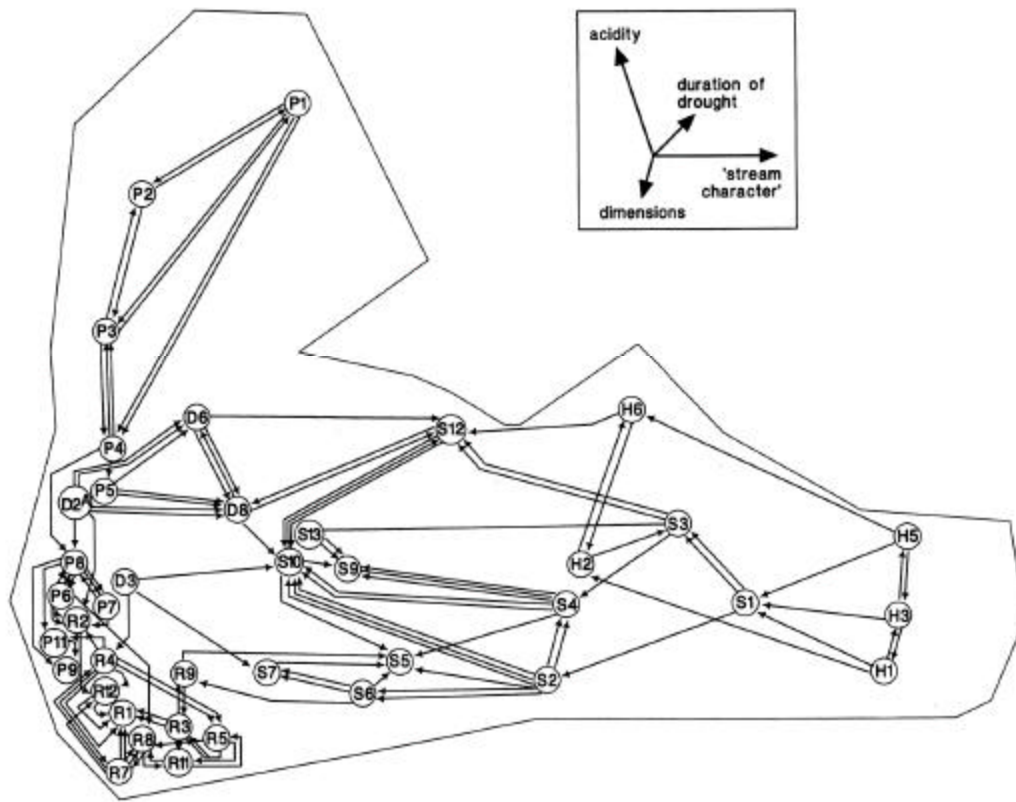
Deze 40 cenotypen zijn in een netwerk geplaatst (figuur 2.2). In het netwerk wordt de samenhang tussen de typen duidelijk. De contourlijn omvat alle monsterpunten van het EKKO-project. De centroide van elk cenotype is aangegeven met een cenotype code. De verbindingspijlen tussen de cenotypen onderling geven de werkende milieufactoren aan. Het kader middenboven indiceert de werkingsrichting van de vier belangrijkste hoofdfactoren door de gehele figuur.

## 2.2.2 MLR-EKKO

MLR-EKKO bestaat uit 4 hoofdgroepen met 1 tot 5 groepen en 1 tot 9 cenotypen binnen een groep (in totaal 40 cenotypen: tabel 2.1).

Tabel 2.1 De indeling van cenotypen in groepen en hoofdgroepen voor MLR-EKKO, met tussen haakjes de aantallen waarnemingen

hoofdgroepen / groepen	cenotypen	aantal waarnemingen
1	Bronnen en bovenlopen	167
A	ZuurBron	9 (4, 5)
B	NeutraalBron	51 (5, 18, 14, 14)
C	DroogBoven	42 (5, 5, 21, 11)
D	NormBoven	46 (7, 4, 25, 10)
E	BeekPoel	19 (11, 8)
2	Midden/Benedenlopen/-Rivier/Kanaal	170
F	Middenloop	76 (12, 19, 45)
G	Benedenloop	80 (10, 16, 45)
H	Kanaal	14 (5, 10, 4)
3	Sloten	125
I	Sloot	125 (52, 53, 9, 11)
4	Poelen, plassen en meren	187
J	Meer	74 (7, 12, 22, 24, 9)
K	PoelPlas	78 (28, 28, 22)
L	Ven	35 (11, 15, 9)



*Figuur 2.2 Het netwerk van EKO-cenotypen*

De milieu-variabelen geselecteerd als predictoren op ieder niveau zijn weergegeven in tabel 1.1 en 2.2.

Tabel 2.2 De geselecteerde predictoren voor MLR-EKOO (top betreft het model op hoofdgroepniveau. + elke klasse heeft zijn eigen regressiecoëfficiënt; o sommige klassen hebben een eigen regressiecoëfficiënt). Voor een verklaring van codes zie tabel 2.3

Top Predictor	Hoofdgroepen				Groepen											
	1	2	3	4	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
tp		+					+		+							+
no3	+			+			+				+					
nh4		+	+			o										
o2	+			o									o			+
b	+	+	+	+	+	+	+	+		+	+		+	+	+	
d	+			o				+					o			
s	+			+									+			
verval	+	+	+			+			+		+	+				
ph		+	+	+	+	+	+				+		+			+
egv	+			o				+				+	o	+		
droogval	+	+				o										
laagveen	+			+	o								+		+	
%drijf	+			+			+				+		+			
%onder	+			+	+								+			+
%totb			+		+			+			+					+
isre					o											+
irir					o	+								+		
lsre	+	+	+							+					+	
lsir		+		+							+		+			
ca		+				+				+					+	
cl	+		+													+
regulnt														+		
regul										+						

De parameters die nodig zijn als invoer voor het cenotypevoorspellingsmodel MLR-EKOO zijn gegeven in tabel 2.3.

Tabel 2.3 Milieu-variabelen nodig voor de toepassing van MLR-EKOO

volgnr	monstercode	eenheid	parametercode
1	totaal fosfaat	mgP/l	t-P
2	nitraat	mgN/l	NO3
3	ammonium	mgN/l	NH4
4	zuurstof	mg/l	O2
5	breedte	m	b
6	diepte	m	d
7	stroomsnelheid	m/s	s
8	verval	m/km	verval
9	zuurgraad	-	pH
10	geleidendheid	mS/m	EGV
11	droogval	0/1	droogval
12	laagveen	0/1	laagveen
13	% drijvende vegetatie	%	%drijf
14	% ondergedoken vegetatie	%	%onder
15	% totale vegetatiebedekking	%	totb
16	niet lijnvormig regelmatig profiel	nominaal	ISRE
17	niet lijnvormig onregelmatig profiel	nominaal	IRIR
18	lijnvormig regelmatig profiel	nominaal	LSRE
19	lijnvormig onregelmatig profiel	nominaal	LSIR

volgnr	monstercode	eenheid	parametercode
20	calcium	mg/l	Ca
21	chloride	mg/l	Cl
22	normalisatie niet	0/1	REGULNT
23	normalisatie sterk	0/1	REGUL

## 2.3 Beken

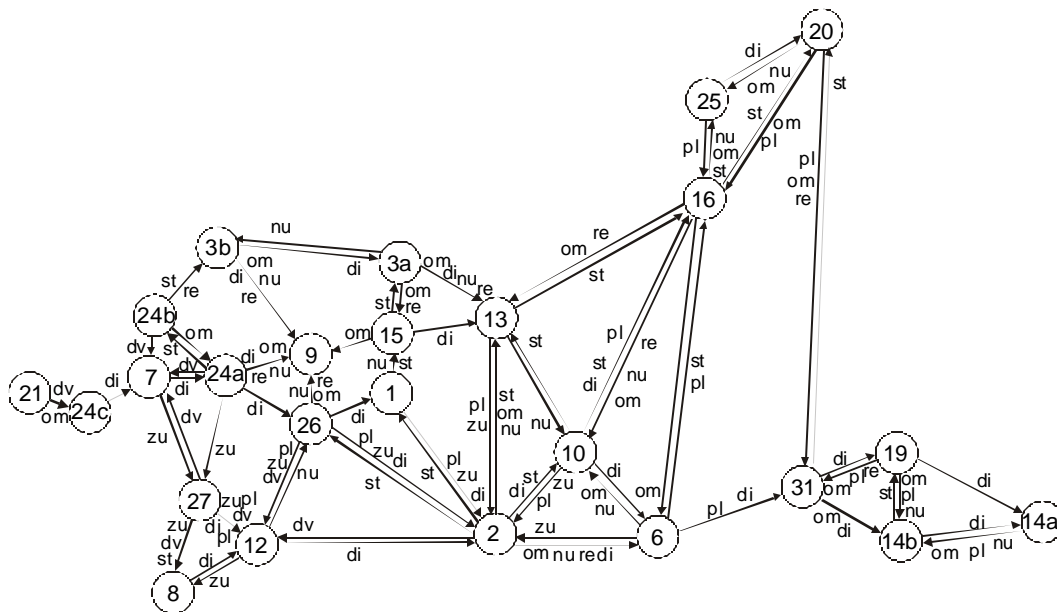
### 2.3.1 Beekcenotypen

De beken zijn op basis van de multivariate analyses onderverdeeld in 25 cenotypen:

<u>Cenotype nr.</u>	<u>Omschrijving</u>
8	Droogvallende, zure, natuurlijke bovenloopjes
7	Droogvallende, bijna natuurlijke bovenloopjes
12	(Droogvallende), zure, half-natuurlijke bovenloopjes-lopen
27	Zwak zure, stromende, half-natuurlijke bovenloopjes
2	Zwak zure, natuurlijke bovenlopen
21	Snel stromende, bijna natuurlijke bovenloopjes
3b	Snel stromende, half-natuurlijke bovenlopen
3a	Snel stromende, half-natuurlijke boven-middenlopen
25	Snel stromende, belaste boven-middenlopen
24b	(Snel) stromende, natuurlijke bovenloopjes-lopen
24c	(Snel) stromende, bijna natuurlijke bovenloopjes
24a	(Snel) stromende, bijna natuurlijke bovenlopen
26	Half-natuurlijke bovenlopen
20	Natuurlijke midden-benedenlopen
16	Half-natuurlijke middenlopen
19	Half-natuurlijke benedenlopen
1	Plantenrijke, genormaliseerde bovenlopen
9	Belaste bovenlopen
31	Belaste, genormaliseerde middenlopen
6	Belaste midden-benedenlopen
14b	Belaste, plantenrijke midden-benedenlopen
14a	Belaste, genormaliseerde riviertjes
15	Sterk belaste bovenloopjes-lopen
13	Sterk belaste, stromende boven-middenlopen
10	Sterk belaste, langzaam stromende boven-middenlopen

Deze 25 cenotypen zijn in een netwerk geplaatst (figuur 2.3). In het netwerk wordt de samenhang tussen de typen duidelijk. Het netwerk bevat een overgang van klein naar groot gaande van links naar rechts in de figuur en van snel naar langzaam stromend gaande van boven naar onder.





Figuur 2.3 Het beekcenotypennetwerk met de overgang van klein naar groot gaande van links naar rechts in de figuur en van snel naar langzaam stromend gaande van boven naar onder. De pijlen wijzen in de richting van de toename van een factor. Legenda: om=organisch materiaal, di=dimensie, pl=vegetatie, st=stroomsnelheid, nu=nutriënten, zu=zuurgraad, dv=droogval, re=regulatie

### 2.3.2 MLR-BEEK I

MLR-BEEK I bestaat uit 6 hoofdgroepen (A tot en met F) met 1 tot 9 cenotypen binnen een hoofdgroep (in totaal 25 cenotypen: tabel 2.4).

Tabel 2.4 De hoofdgroepen A tot en met F en bijbehorende cenotypen, met tussen haakjes de aantallen waarnemingen

hoofdgroep	cenotypen										
A	(159)	3a (39)	3b (6)	24a (24)	24b (39)	24c (43)	25 (8)				
B	(270)	1 (14)	6 (89)	10 (84)	14a (10)	14b (9)	16 (3)	19 (48)	20 (4)	31 (9)	
C	(32)	7 (29)	27 (3)								
D	(29)	2 (15)	8 (2)	12 (12)							
E	(60)	9 (22)	13 (11)	15 (16)	26 (11)						
F	(13)	21 (13)									

Het model maakt op het niveau van de hoofdgroep (een combinatie van cenotypen) gebruik van 11 milieu-variabelen: natuurlijk dwarsprofiel, permanentie, beschaduwning, diepte, stroomsnelheid, breedte, pH-mediaan, chloride-mediaan, ammonium-90-percentiel, totaal fosfaat 90-percentiel en nitraat-10-percentiel. De cenotypen binnen hoofdgroep A zijn onderscheiden met behulp van de milieu-variabelen natuurlijk dwarsprofiel, permanentie, stuwning, winter, beschaduwning, substraat slib, stroomsnelheid, breedte, pH-mediaan en totaal fosfaat-90-percentiel. De cenotypen in hoofdgroep B zijn onderscheiden met behulp van meandering, natuurlijk dwarsprofiel, beschaduwning, breedte, pH-mediaan, chloride-mediaan, egv-mediaan en totaal fosfaat-90-percentiel. De 2 cenotypen binnen hoofdgroep C zijn onderscheiden op basis van drie predictoren: substraat zand, chloride-mediaan en

O<sub>2</sub>-gehalte-10-percentiel. De 3 cenotypen binnen hoofdgroep D zijn onderscheiden met de predictoren permanentie, diepte, substraat zand en chloride-mediaan. De 4 cenotypen van hoofdgroep E omvatten de milieu-variabelen meandering, substraat slib, pH-mediaan en nitraat-10-percentiel.

Op hoofdgroepniveau is de voorspelling goed voor de hoofdgroepen A, B en D, en matig voor C, E en F. Op cenotype-niveau is de voorspelkracht in de regel matig en blijkt dat veel cenotypen bij terugvoorspelling uitgesmeerd zijn over een groot aantal cenotypen, ook buiten de eigen hoofdgroep.

De milieu-variabelen die gebruikt zijn in MLR-BEEK I zijn gegeven in tabel 2.5.

Tabel 2.5 Milieu-variabelen nodig voor de toepassing van MLR-BEEK I

volgnr	variabele-code	eenheid	transformatie	constante c in log x+c transformatie	waarden of [min,max]
1	meander	nominaal	0		0/1 variabele
2	dwarsnat	nominaal	0		0/1 variabele
3	perman	nominaal	0		0/1 variabele
4	stuw	nominaal	0		0/1 variabele
5	winter	nominaal	0		0/1 variabele
6	schaduw	%	2		[0, 100]
7	subslib	%	2		[0, 100]
8	diepte	m	1	0.0	[0.01, 4]
9	strmsn	m/s	1	0.001	[0, 1.1]
10	breedte	m	1	0.02	[0, 40]
11	subzand	%	2		[0, 100]
12	phmed	-	0		[4.3, 9.0]
13	clmed	mg/l	1	0.0	[7, 232]
14	egvmed	uS/cm	1	0.0	[19.5, 1265]
15	nh490	mg N/l	1	0.0	[0.01, 33.5]
16	o2geh10	mg/l	0		[0.88, 169]
17	ptot90	mg P/l	1	0.0	[0.019, 10.1]
18	no310	mg N/l	1	0.001	[0.0, 48]

verklaring kolom variabele-code: meander = meandering, dwarsnat = natuurlijk dwarsprofiel, perman = permanentie, stuw = stuwing, winter = seizoen winter, schaduw = beschaduwing, subslib = substraat slib, diepte = diepte locatie, strmsn = stroomsnelheid, breedte = breedte locatie, subzand = substraat zand, phmed = zuurgraad mediaan, clmed = chloride-gehalte mediaan, egvmed = elektrisch geleidend vermogen mediaan, nh490 = ammoniumgehalte 90-percentiel, o2geh10 = zuurstofgehalte 10-percentiel, ptot90 = totaal fosfaatgehalte 90-percentiel, no310 = nitraatgehalte 10-percentiel

transformatie: code voor de transformatie van de milieuvariabele; 0 voor geen, 1 voor logaritme, 2 voor logit

### 2.3.3 MLR-BEEK II

In MLR-BEEK II zijn de in tabel 2.6 opgenomen hoofdgroepen, groepen en cenotypen onderscheiden. Hoofdgroep C bestaat uit slechts één groep en groepen A3 en B1 bestaan uit slechts één cenotype. Bij deze indeling behoren 10 modellen. Eén model op hoofdgroepniveau, twee modellen op groepniveau (voor hoofdgroepen A en B) en zeven modellen op cenotype-niveau (voor groepen A1, A2, B2, B3, B4, B5, C1).

Tabel 2.6 De samenstelling van hoofdgroepen, groepen en cenotypen in MLR-BEEK II, met tussen haakjes de aantallen waarnemingen

hoofdgroepen	groepen	cenotypen	
A (196)	A1 (138)	24a 24b 24c 7 27	(24, 39, 43, 29, 3)
	A2 (45)	3a 3b	(39, 6)
	A3 (13)	21	(13)
B (338)	B1 (89)	6	(89)
	B2 (114)	1 10 15	(14, 84, 16)
	B3 (12)	25 20	(8, 4)
	B4 (70)	14a 14b 16 19	(10, 9, 3, 48)
	B5 (53)	31 9 13 26	(9, 22, 11, 11)
C (29)	C1 (29)	2 8 12	(15, 2, 12)

De 3 hoofdgroepen zijn onderscheiden met behulp van de milieu-variabelen natuurlijk dwarsprofiel, breedte, pH-mediaan, chloride-mediaan, ammonium-90-percentiel en nitraat-10-percentiel. De groepen onder hoofdgroep A bevatten de milieu-variabelen natuurlijk dwarsprofiel, permanentie, winter, breedte, substraat zand en pH-mediaan. Groep A1 wordt goed voorspeld, A2 en A3 hebben beide een behoorlijke overlap met A1. De groep A1 met de meeste waarnemingen trekt dus erg aan de voorspellingen van de andere groepen A2 en A3. Het geselecteerde model voor de 5 groepen in hoofdgroep B bevat de milieu-variabelen meandering, natuurlijk dwarsprofiel, permanentie, beschaduwning, diepte, stroomsnelheid, breedte, totaal fosfaat-90-percentiel en nitraat-10-percentiel. Er is nogal wat overlap in terugvoorspelling tussen de verschillende groepen. In groep A1 zijn voor het onderscheid tussen de 5 cenotypen de milieu-variabelen permanentie, stuwning, beschaduwning, substraat slib, chloride-mediaan, ammonium-90-percentiel en totaal fosfaat-90-percentiel van belang. De terugvoorspelkansen laten met name een onderlinge overlap zien voor de cenotypen 24a, 24b en 24c. In groep A2 zijn voor het onderscheid tussen de 2 cenotypen de milieu-variabelen stuwning, diepte, stroomsnelheid en totaal fosfaat-90-percentiel van belang. Bij terugvoorspelling wordt cenotype 3b naar het grotere cenotype 3a getrokken. De 3 cenotypen binnen groep B2 zijn onderscheiden door breedte, ammonium-90-percentiel, Nkjel-90-percentiel en nitraat-10-percentiel. Bij terugvoorspelling komt cenotype 10 goed terug, cenotype 1 slecht en cenotype 15 komt voor een deel terecht bij 10. Groep B3 bevat slechts 2 cenotypen en weinig waarnemingen (12). Met de variabelen nitraat-10-percentiel en Nkjel-90-percentiel worden de typen volledig gesplitst. Groep B4 (4 cenotypen) heeft als variabelen diepte, stroomsnelheid, breedte, pH-mediaan, chloride-mediaan en ammonium-90-percentiel. Bij terugvoorspelling komt cenotype 14a onder dit model gedeeltelijk terug als type 19. Type 16, met slecht 3 waarnemingen, wordt niet als zodanig voorspeld. Groep B5 met 4 cenotypen omvat de milieuvariabelen natuurlijk dwarsprofiel, substraat slib, breedte, pH-mediaan en ammonium-90-percentiel. De terugvoorspelkansen onder dit model zijn vrij laag, met name voor cenotype 26. De 3 cenotypen binnen groep C1 gebruikt de milieu-variabelen natuurlijk dwarsprofiel, permanentie, substraat slib en diepte. Dit model geeft hoge kruisvalidatie terugvoorspelkansen.

De milieu-variabelen die gebruikt zijn in MLR-BEEK II zijn gegeven in tabel 2.7.

Tabel 2.7 Milieu-variabelen die gebruikt zijn in MLR-BEEK Model II

volgnr	variabele-code	eenheid	transfor- matie	constante c in log x+c transformatie	waarden of [min,max]
1	meander	nominaal	0		0/1 variabele
2	dwarsnat	nominaal	0		0/1 variabele
3	perman	nominaal	0		0/1 variabele
4	stuw	nominaal	0		0/1 variabele
5	winter	nominaal	0		0/1 variabele
6	schaduw	%	2		[0, 100]
7	subslib	%	2		[0, 100]
8	diepte	m	1	0.0	[0.01, 4]
9	strmsn	m/s	1	0.001	[0, 1.1]
10	breedte	m	1	0.02	[0, 40]
11	subzand	%	2		[0, 100]
12	phmed	-	0		[4.3, 9.0]
13	clmed	mg/l	1	0.0	[7, 232]
14	nh490	mg N/l	1	0.0	[0.01, 33.5]
15	nkjel90	mg N/l	1	0.0	[0.12, 42.5]
16	ptot90	mg P/l	1	0.0	[0.019, 10.1]
17	no310	mg N/l	1	0.001	[0.0, 48]

verklaring kolom variabele-code: zie tabel 6.1 en nkjel90 = Kjeldal-stikstofgehalte 90-percentiel  
 transformatie: code voor de transformatie van de milieuvariabele; 0 voor geen, 1 voor logaritme, 2 voor logit

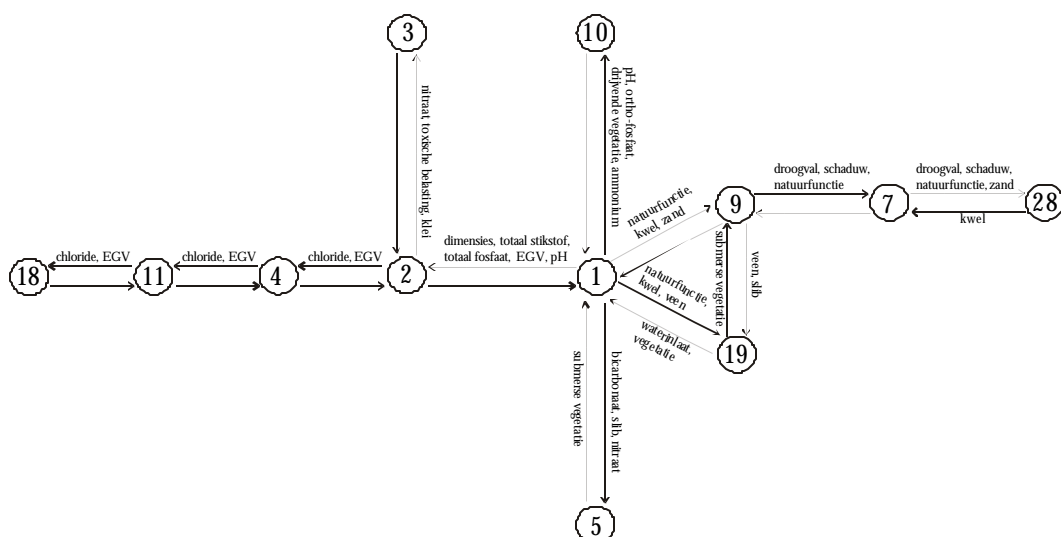
## 2.4 Sloten

### 2.4.1 Slootcenotypen

De sloten zijn op basis van de multivariate analyses onderverdeeld in 13 cenotypen:

<u>Cenotype nr.</u>	<u>Omschrijving</u>
Cenotype 1	Matig grote plantenrijke eutrofe sloten
Cenotype 2	Grote sloten met enige belasting
Cenotype 3	Grote toxisch beïnvloede kleisloten
Cenotype 4	Grote ionenrijke sloten
Cenotype 5	Matig grote sloten met een organisch belaste bodem
Cenotype 7	Kleine ondiepe natuurlijke zandsloten
Cenotype 9	Kleine natuurlijke vegetatierijke zandsloten
Cenotype 10	Matig grote hypertrofe sloten met een krooslaag
Cenotype 11	Licht brakke sloten
Cenotype 18	Brakke sloten
Cenotype 19	Kleine natuurlijke sloten met een laag organisch materiaal
Cenotype 28	Kleine droogvallende beschaduwde zandsloten

De 13 slootcentypen zijn in een netwerk geplaatst (figuur 2.4).



Figuur 2.4 Het netwerk van slootcentotypen

## 2.4.2 MLR-SLOOT I

De 13 slootcentotypen zijn in MLR-SLOOT I ingedeeld in 7 hoofdgroepen (A tot en met G). De hoofdgroepen A tot en met G bestaan uit de in tabel 2.8 benoemde centotypen, met tussen haakjes de aantallen waarnemingen.

Tabel 2.8 De hoofdgroepen A tot en met F en bijbehorende centotypen, met tussen haakjes de aantallen waarnemingen

hoofdgroep	centotypen					
A: Normaal (160)	1	(105)	1a	(55)		
B: Groot (80)	2	(37)	3	(14)	4	(29)
C: Droogvallend (17)	7	(12)	28	(5)		
D: Natuurlijk (20)	9	(15)	19	(5)		
E: Brak (36)	11	(22)	18	(14)		
F: Belast (42)	5	(42)				
G: Belast (53)	10	(53)				

De 7 hoofdgroepen zijn onderscheiden met behulp van 14 milieu-variabelen: breedte, diepte, chloride, EGV, ammonium, nitraat, totaal stikstof, pH, vegetatie-emers, vegetatie-submers, grondgebruik natuur, grondgebruik weiland intensief, droogval en inlaat. Voor zowel F als G, maar ook voor B en D, geldt dat er een relatief grote kans is om terugvoorspeld te worden als A. Verder geldt dat E en F deels terugvoorspeld zijn als hoofdgroep B. Hoofdgroep A omvat 9 milieu-variabelen: chloride, EGV, ammonium, pH, totaal fosfaat, vegetatie emers, zand, inlaat en functie natuur. Er is een redelijk onderscheid tussen de 2 centotypen 1 en 1a. De 3 centotypen binnen hoofdgroep B zijn onderscheiden met de milieu-variabelen breedte, chloride, EGV, ammonium, vegetatie-drijf, vegetatie-flab, vegetatie-emers, zand, grondgebruik natuur en functie natuur. Binnen hoofdgroep B is het onderscheid tussen de centotypen redelijk. Hoofdgroep C bevat 2 relatief weinig voorkomende centotypen 7 en 28 met diepte en kwel als goed onderscheidende variabelen. Door het geringe aantal waarnemingen geldt dat voor nieuwe sloten de

voorspelling slecht kan zijn. Ook hoofdgroep D bevat 2 relatief weinig voorkomende cenotypen, namelijk 9 en 19, met de milieu-variabelen vegetatie-emers en grondgebruik natuur. Cenotype 19 wordt slecht terugvoorspeld. Ook hier geldt dat, door het geringe aantal waarnemingen in deze hoofdgroep, het gevonden model een toevalstreffer kan zijn.

Hoofdgroep E omvat 2 cenotypen. De onderscheidende milieu-variabelen zijn chloride, vegetatie-emers, vegetatie-submers en zand. Uitgesplitst naar de cenotypen zijn de terugvoorspelkansen goed. De hoofdgroepen F en G, met ieder 1 cenotype, zijn op hoofdgroepniveau reeds onderscheiden.

De milieu-variabelen die gebruikt zijn in MLR-SLOOT I zijn gegeven in tabel 2.9.

Tabel 2.9 Milieu-variabelen die gebruikt zijn in MLR-SLOOT I

volgnr	variabele	eenheid	transfor- matie	constante c in log x+c transformatie	waarden of [min,max]
1	breedte	m	1	0.03	[0.0, 15.0]
2	diepte	m	1	0.0	[0.04, 1.5]
3	chloride	mg/l	1	0.0	[6.5, 9013.3]
4	egv	mS/m	1	0.0	[3.56, 1360.6]
5	ammonium	mg N/l	1	0.00167	[0.0, 18.99]
6	nitraat	mg N/l	1	0.001	[0.0, 27.8]
7	totaaln	mgN /l	1	0.015	[0.0, 30.7]
8	ph	-	0		[5.8, 9.5]
9	totaalp	mg P/l	1	0.0	[0.04, 10.26]
10	vdrijf	%	2		[0, 100]
11	vflab	%	2		[0, 100]
12	vemers	%	2		[0, 100]
13	vsubmers	%	2		[0, 100]
14	zand	nominaal	0		0/1 variabele
15	gnatuur	nominaal	0		0/1 variabele
16	gweii	nominaal	0		0/1 variabele
17	droogval	nominaal	0		0/1 variabele
18	inlaat	nominaal	0		0/1 variabele
19	functie natuur	nominaal	0		0/1 variabele
20	kwel	nominaal	0		0/1 variabele

verklaring kolom variabele-code: breedte = breedte locatie, diepte = diepte locatie, chloride = chloride-gehalte, egv = elektrisch geleidend vermogen, ammonium = ammoniumgehalte, nitraat = nitraatgehalte, totaaln = totaal stikstofgehalte, ph = zuurgraad, totaalp = totaal fosfaatgehalte, vdrijf = bedekking drijflaag vegetatie, vflab = bedekking flablaag, vemers = bedekking emerse laag vegetatie, vsubmers = bedekking submerse laag vegetatie, zand = substraat zand, gnatuur = grondgebruik natuur, gweii = grondgebruik weiland intensief, droogval = droogval locatie, inlaat = inlaatwater, functie natuur = functie natuur van locatie, kwel = kwel op locatie aanwezig

transformatie: code voor de transformatie van de milieuvariabele; 0 voor geen, 1 voor logaritme, 2 voor logit

### 2.4.3 MLR-SLOOT II

In MLR-SLOOT II zijn de in tabel 2.10 benoemde hoofdgroepen en cenotypen onderscheiden.

Tabel 2.10 De hoofdgroepen K tot en met P en bijbehorende cenotypen, met tussen haakjes de aantallen waarnemingen

hoofdgroep		cenotypen					
K: Normaal	(158)	1	(105)	10	(53)		
L: Natuurlijk	(75)	1a	(55)	9	(15)	19	(5)
M: Belast	(42)	5	(42)				
N: Groot	(80)	2	(37)	3	(14)	4	(29)
O: Droogvallend	(17)	7	(12)	28	(5)		
P: Brak	(36)	11	(22)	18	(14)		

Bij deze indeling behoren 6 modellen. Eén model op hoofdgroepniveau en vijf modellen op cenotype-niveau (voor de groepen K, L, N, O, P).

Het model voor hoofdgroepen bevat de milieu-variabelen breedte, chloride, EGV, ammonium, pH, totaal fosfaat, vegetatie-drijf, vegetatie-submers, klei, zand, grondgebruik natuur, grondgebruik weiland intensief, droogval en inlaat (14 predictoren). De hoofdgroepen L, M en N vertonen met name een sterke overlap met hoofdgroep K. Daarnaast hebben O en M een zekere overlap met L, en hoofdgroepen M en P met N.

Hoofdgroep K met 2 cenotypen bevat de milieu-variabelen breedte, diepte, EGV, ammonium, vegetatie-flab, klei, grondgebruik natuur en droogval. Hoofdgroep L met variabelen EGV, totaal stikstof, totaal fosfaat, grondgebruik natuur en kwel onderscheid 3 cenotypen. Hoofdgroep N met 3 cenotypen benodigt de milieu-variabelen breedte, chloride, EGV, ammonium, vegetatie-drijf, vegetatie-flab, vegetatie-emers, zand, grondgebruik natuur en functie natuur. De predictoren voor de 2 cenotypen van hoofdgroep O zijn diepte en pH. Hoofdgroep P omvat 2 cenotypen. De onderscheidende milieu-variabelen zijn chloride, vegetatie-emers, vegetatie-submers en zand.

De milieu-variabelen die gebruikt zijn in MLR-SLOOT II zijn gegeven in Tabel 2.11.

Tabel 2.11 Milieu-variabelen die gebruikt zijn in MLR-SLOOT II

volgnr	variabele	eenheid	transfor- matie	constante c in log x+c transformatie	waarden of [min,max]
1	breedte	m	1	0.03	[0.0, 15.0]
2	diepte	m	1	0.0	[0.04, 1.5]
3	chloride	mg/l	1	0.0	[6.5, 9013.3]
4	egv	mS/m	1	0.0	[3.56, 1360.6]
5	ammonium	mg N/l	1	0.00167	[0.0, 18.99]
6	totaaln	mg N/l	1	0.015	[0.0, 30.7]
7	ph	-	0		[5.8, 9.5]
8	totaalp	mg P/l	1	0.0	[0.04, 10.26]
9	vdrijf	%	2		[0, 100]
10	vflab	%	2		[0, 100]
11	vemers	%	2		[0, 100]
12	vsubmers	%	2		[0, 100]
13	klei	nominaal	0		0/1 variabele
14	zand	nominaal	0		0/1 variabele
15	gnatuur	nominaal	0		0/1 variabele
16	gweii	nominaal	0		0/1 variabele
17	droogval	nominaal	0		0/1 variabele
18	inlaat	nominaal	0		0/1 variabele
19	functie natuur	nominaal	0		0/1 variabele
20	kwel	nominaal	0		0/1 variabele

verklaring kolom variabele-code: zie tabel 6.3 en klei = substraat klei

transformatie: code voor de transformatie van de milieuvariabele; 0 voor geen, 1 voor logaritme, 2 voor logit

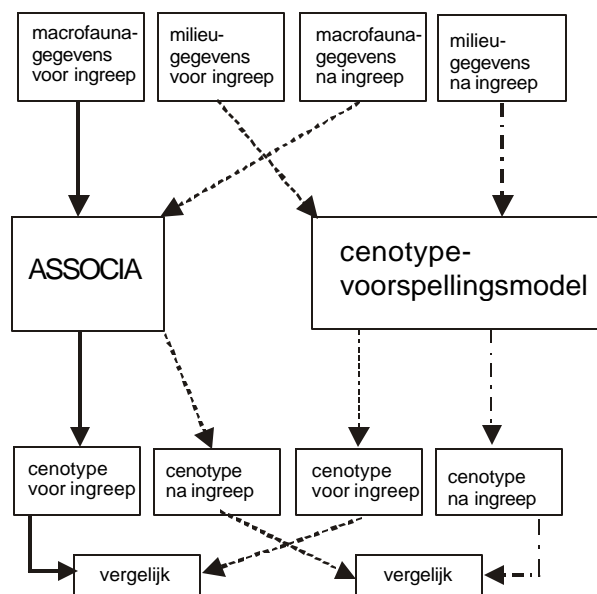
## 2.5 Modelvalidatie

### 2.5.1 Inleiding

De modelvalidatie is gebaseerd op een praktijkvalidatie waarbij enkele waterbeheerders gegevens hebben geleverd, die opgenomen zijn vooraf gaand aan één of meerdere ingrepen en gegevens die enkele jaren na de ingreep zijn verzameld. Voor alle gegevens gold dat het zowel milieu-gegevens als macrofauna-gegevens betrof, genomen op hetzelfde moment en van dezelfde locatie (regel 1 in schema). Vervolgens zijn per scenario de macrofaunagegevens toegedeeld aan het betreffende ('macrofauna'-)cenotype met behulp van het programma ASSOCIA terwijl de milieu-gegevens gebruikt zijn als modelinvoer om een ('milieu'-)cenotype te voorspellen met behulp van de cenotypevoorspellingsmodellen (regel 2 in schema). Tenslotte zijn de zogenaamde ('macrofauna'-)centypen en ('milieu'-)centypen onderling vergeleken (regel 3 en 4 in schema).



Het processchema ziet er als volgt uit (figuur 2.5):



Figuur 2.5 Het processchema van modelvalidatie

Het toedelen van de ‘nieuwe’ (scenario gebaseerde) macrofaunamonsters aan een bestaande typologie met behulp van het programma ASSOCIA vereist enkele voorbereidingen van de gegevens:

- ✓ het taxonomisch afstemmen van de taxalijst van de ‘nieuwe’ monsters op het taxonomisch niveau van de betreffende typologie (zie Verdonschot 1990, Verdonschot & Nijboer 2002). Met andere woorden de taxonomische niveau’s van het nieuwe monster moeten gelijk gemaakt worden aan de niveau’s van de cenotypologie.
- ✓ het transformeren van de abundanties (aantallen individuen per taxon) van alle taxa naar de transformatie gehanteerd in de betreffende typologie (MLR-EKOO en MLR-SLOOT= Prestonklassen; MLR-BEEK = de eerste 9 Prestonklassen). Met andere woorden indien gebruik gemaakt is in de typologie van een Prestontransformatie dan dient het nieuwe monster ook naar Prestonklassen te worden getransformeerd.

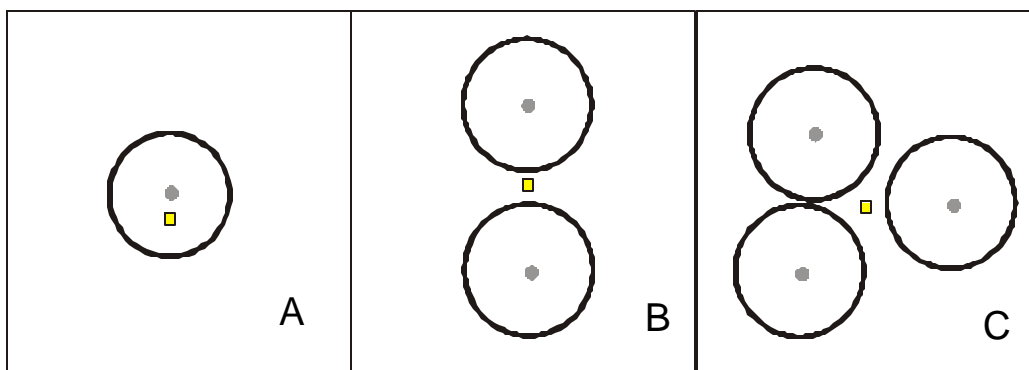
Het voorspellen van typen op basis van scenario milieugegevens met behulp van de cenotypevoorspellingsmodellen vraagt eveneens een voorbereiding:

1. het controleren van de meeteenheid van de parameter voor het betreffende model
2. het bepalen van de aard (gemiddelde, mediaan, 10- of 90-percentiel) en het berekenen van de jaarwaarde (gemiddelde respectievelijk mediaane waarde over één jaar van waarnemingen) van de parameter voor het betreffende model
3. het aanvullen van ontbrekende waarden in de invoergegevens. Bij het aanvullen is ervoor gekozen om ontbrekende waarden aan te vullen met de mediane of gemiddelde, afhankelijk van het te gebruiken model, waarden van het type waartoe het bijbehorende macrofaunamonster behoort. Er voor deze ‘beste’

invulling gekozen bij gebrek aan een betere techniek. Een meer formele inschattingstechniek is zeer gewenst. Een mogelijkheid is besloten in de techniek van imputatie. Het is duidelijk dat hiermee wel een, zij het beperkte, cirkel bij het invullen van ontbrekende waarden wordt geïntroduceerd. De hieruit volgende afhankelijkheid en de grote van het effect op de voorspelling vraagt om een uitgebreide onzekerheidsanalyse.

## 2.5.2 Toedeling en modelvoorspelling

De macrofauna toedeling voor de EKKO, beken en sloten cenotypologieën zijn uitgevoerd met behulp van het programma ASSOCIA. ASSOCIA is ontwikkeld als een programma voor de identificatie van vegetatie-opnamen, maar is eveneens geschikt voor de identificatie van cenotypen. Voor het vaststellen van het betreffend cenotype maakt ASSOCIA gebruik van kwalitatieve (de macrofaunataxonlijst) en kwantitatieve kenmerken (de getransformeerde abundanties) van de macrofaunamonsters. Het programma is gebaseerd op het principe van de grootste aannemelijkheid (maximum likelihood) en de dissimilariteit (afstand). Daar de uiteindelijke toedeling geschiedt op basis van zowel kwalitatieve als kwantitatieve kenmerken worden beide indices van maximum likelihood en dissimilariteit gewogen gecombineerd tot een gecombineerde index, op grond waarvan de toedeling plaatsvindt. In dit onderzoek is van deze gecombineerde index gebruik gemaakt. Voor een uitgebreide toelichting wordt verwezen naar van Tongeren (2000). ASSOCIA resulteert in kansen waarmee nieuwe monsters behoren bij bepaalde cenotypen. Om de het juiste of meerdere juiste cenotypen te identificeren zijn criteria opgesteld. Dit was nodig omdat een nieuw monster niet altijd precies tot een enkel type behoort (figuur 2.6). Monsters kunnen zuivere typen representeren, mengels en overgangen aanduiden. Het aantal mogelijke taxa-combinaties, zeker indien ook de getransformeerde abundanties worden meegewogen kunnen binnen, vooral heterogene typen groot zijn. Hier moet bij de toedeling rekening worden gehouden.



*Figuur 2.6 Positie van een nieuw monster (vierkantje): A; behorend tot het cenotype, B; gepositioneerd tussen twee cenotypen, C; gepositioneerd tussen drie cenotypen. De afstand van het nieuwe monster (vierkantje) tot de centroïde(n) kan gezien worden als de kans waarmee het nieuwe monster behoort tot het betreffende type*

Om een selectie te maken van die cenotypen waartoe een nieuw monster redelijkerwijs behoort zijn de volgende criteria gebruikt:

ASSOCIA: ASSOCIA heeft ingebouwde criteria voor selectie, die in dit onderzoek zijn gevolgd.

Modelvoorspelling: voor de voorspellingskansen zijn de volgende criteria gehanteerd. Op hoofdgroep- en groepniveau is allereerst de (hoofd)groep gemerkt met de hoogste kans, daarna zijn alleen die (hoofd)groepen toegevoegd die een kans hebben die minder dan een fractie van 0.2 afwijkt van de hoogste kans. De (hoofd)groep is uiteraard bepalend voor de eerst te selecteren cenotypen. Op cenotype-niveau is allereerst het cenotype gemerkt met de hoogste kans, daarna zijn alleen die cenotypen toegevoegd die een kans hebben die minder dan twee maal afwijkt van de hoogste kans. Beide criteria zijn zodanig gekozen dat alleen in die gevallen waar monsters bijna evenveel lijken op meerdere cenotypen, ok meerdere cenotypen worden geselecteerd. Een foutenanalyse op deze criteria heeft nog niet plaats gevonden. Andere criteria zullen zeker het eindresultaat beïnvloeden.

Daarna zijn de op boven beschreven wijze geselecteerde hoofdgroep(en), groep(en) en cenotype(n) die volgden uit de modelvoorspelling(en) vergeleken met die geselecteerde hoofdgroep(en), groep(en) en cenotype(n) die volgden uit de toedeling. Hierbij is onderscheid gemaakt tussen de vergelijking van de eerst geselecteerde uit de modelvoorspelling met de eerst geselecteerde uit de toedeling (de beide hoogste kansen aangeduid als de 1-1 situatie). Vervolgens zijn eerst geselecteerde hoofdgroepen/groepen/typen uit de ene techniek vergeleken met de als tweede geselecteerde uit de andere techniek (aangeduid als de 1-2 situatie). Daarop zijn de 1-3 situaties en eventueel overige situaties gescoord.

## **2.6 Kwaliteitsbeoordeling**

Om te kunnen aangeven wat de ecologische waarde van een toekomstige voorspellingsresultaat, een cenotype, is zijn de cenotypen in deelproject van fase 3 van een kwaliteitsoordeel voorzien (Verdonschot et al. 2002). Deze beoordeling is echter nog niet als beoordelingssysteem in de modellen opgenomen omdat dit (i) geen onderdeel vormde van deze studie en (ii) omdat een breed draagvlak nodig is voor een landelijk gedragen systeem naar EU-KRW eisen. Om toch ook in deze praktijkvalidatie te kunnen beoordelen is het voorlopig kwaliteitsoordeel gebruikt (tabel 2.12).

Tabel 2.12 *Kwaliteitsoordeel en zeldzaamheidswaardering voor de beken- en slotencenotypen (kwaliteitsklasse 1 = slecht tot 4 = goed conform de KRW kwaliteitsklassen 1 tot 4 uit de schaal van 1 tot 5: zie ook Verdonschot et al. 2002)*

beek-cenotype	kwaliteits-oordeel LS-(SS) *	zeldzaamheids-waarde	sloot-cenotype	kwaliteits-oordeel	zeldzaamheids-waarde
3a	4-3	redelijk	1	3-4	matig
21	4	hoog	2	3	matig
24a	4-3 (3-2)	hoog	3	1	laag
24b	4-3	redelijk	4	3	laag
24c	4	redelijk	5	2	matig
1	3	redelijk	7	4	hoog
3b	3	hoog	9	4	redelijk
9	2	redelijk	10	2	laag
19	3 (1)	redelijk	11	3-4	laag
20	3	hoog	18	3-4	laag
25	3	hoog	19	4	hoog
26	3-2	redelijk	28	4	redelijk
10	2	redelijk			
13	2	matig			
15	2	matig			
6	1	matig			
14a	2	matig			
14b	3	laag			
16	2	matig			
31	1-3	laag			

\* LS = langzaam stromende beken; SS snelstromende beken

Voor zowel sloten als beken heeft het gebruik van de zeldzaamheid eveneens tot een waardering geleid. Op basis van de 4 waarderingsklassen is aan ieder cenotype op basis van het cenotype-gemiddelde, een voorlopige waardering worden gekoppeld. In tabel 2.12 is de voorlopige waardering van de sloten- en bekencenotypen gegeven.

## 3 Scenario resultaten

### 3.1 Inleiding

De cenotypevoorspellingsmodellen zijn getoetst aan enkele praktijksituaties. Deze praktijkvalidatie is uitgevoerd aan de hand van een aantal scenario's met bestaande gegevens van waterbeheerders. De waterbeheerders is verzocht biotische gegevens (macrofauna) en milieu gegevens (meetwaarden en veldgegevens) aan te leveren van locaties in hun beheergebied waarvan bekend is welke ingrepen er over de laatste jaren gepleegd zijn en waarvan het effect zich al of niet in de biotiek heeft geuit. De effecten van deze ingrepen zijn getoetst op basis van de macrofauna en tevens (terug)voorspeld met de cenotypevoorspellingsmodellen op basis van de abiotiek.

In onderstaande paragrafen zijn, na de calibratie paragraaf, per scenario de ingrepen, beschikbare meetgegevens, modelvoorspellingen en toedelingen van hoofdgroepen (hg), indien van toepassing groepen (gr) en cenotypen (ct) op basis macrofauna beschreven. Voor de betekenis van de gecodeerde hoofdgroepen en cenotypen voor beken en sloten wordt verwezen naar paragraaf 2.2 (Regionale watertypen Overijssel) en respectievelijk 2.3 (Beken) en 2.4 (Sloten).

### 3.2 Calibratie van de toedeling

De modellen zijn met behulp van kruisvalidatie gecalibreerd (Verdonschot et al. 2002). Om de toedeling van de scenario macrofaunamonsters te calibreren zijn de typologie macrofaunamonsters toegedeeld aan de eigen typologieën. Hiervoor zijn dezelfde stappen doorlopen als die voor toedeling van 'nieuwe' monsters noodzakelijk zijn.

De terugvoorspelling voor EKKO bedroeg 99.1%, voor de beken 97.1% terwijl voor sloten eveneens 97.1% is behaald. Deze resultaten zijn voldoende hoog om de praktijkvalidatie uit te voeren.

### 3.3 Gegevensverzameling

Er zijn scenario's samengesteld van de volgende cases:

<b>Case</b>	<b>Beheerder</b>
1. Rolderdiep (beek)	WS Hunze en Aa's
2. Chaamse beken	HH van West Brabant
3. Rode beek	ZS Limburg
4. Nooitgedacht (sloten)	ZS Hollandse Eilanden en Waarden
5. Vallei beken	WS Vallei en Eem

## 3.4 Rolderdiep

### 3.4.1 Ingrepen

In het Rolderdiep scenario zijn de effecten van de sanering van twee lozingen op het beekecosysteem van het Rolderdiep (Drenthe) onderzocht. Het betreft een effluentlozing van de rioolwaterzuiveringsinstallatie (RWZI) van Rolde en een riooloverstort in dezelfde gemeente. Sinds lange tijd is het Rolderdiep door beide lozingen beïnvloed. Het Rolderdiep maakt deel uit van het bekenstelsel van de Drentse Aa en als zodanig heeft het volgens het Waterhuishoudingsplan van de provincie Drenthe een natuurfunctie op hoog niveau. Dit heeft als consequentie dat er geen lozingen op zijn toegestaan (Duursema 1997). In 1985 is daarom de effluentlozing van de RWZI opgeheven. Sinds dat jaar wordt het afvalwater van de gemeente Rolde verwerkt door de RWZI van Assen. Om de negatieve gevolgen van de riooloverstort in te perken, is deze in 1993 voorzien van een randvoorziening in de vorm van een grasbassin. Overstorting van ongezuiverd rioolwater vindt nog steeds plaats, maar wel veel minder frequent dan voorheen. Alleen bij extreme neerslaghoeveelheden raakt ook het bassin vol en komt via een sloot van 1 tot 2 km lengte voorbezonden en verdund rioolwater in het Rolderdiep terecht.

Omdat normalisatie van het beekprofiel van sommige trajecten van het Rolderdiep eveneens een belangrijke beïnvloedingsfactor is, dient in de voorspelling ook hiermee rekening te worden gehouden. Eventuele verbeteringen in het aquatische ecosysteem zijn dus vooral te verwachten in het natuurlijk meanderende benedenstroomse deel van de beek. Het verval van het genormaliseerde (bovenstroomse deel) is gemiddeld 0,4 m/km. Voor het natuurlijke traject (vanaf het moment dat de meandering begint tot aan meetpunt 2128 (3,2 km verderop benedenstrooms) is dat gemiddeld 1 m/km.

Tabel 3.1 Overzichten van de beïnvloedingen in het Rolderdiep en van het moment van ingrijpen en bijhorende bemonsteringen

Rolderdiep		overzicht beïnvloedingen			
mpcode		effluent	overstort	normalisatie	diffuse belasting
R2112		ja	ja	ja	ja
R2113		ja	ja	ja	ja
R2114		ja	ja	nee	ja
541=R2210		ja	ja	nee	ja
Jaar	ingreep	bemonstering		referentie	
1984		nultbemonstering		Bootsman 1985	
1985	sanering effluentlozing RWZI				
1992		bemonstering		Bos 1995	
1993	randvoorziening riooloverstort				
1996		bemonstering		WS Hunze & Aa's	

Uit tabel 3.1 blijkt dat voor het Rolderdiep twee momenten van maatregelen zijn en drie bemonsteringen. Deze gegevens dienen als invoer voor de studie.

### 3.4.2 Meetgegevens

In het scenario voor het Rolderdiep zijn de jaren 1984, 1992 en 1996 conform Duursema (1997) het meest van belang. De beschikbare gegevens zijn per locatie weergegeven in tabel 3.2.

Tabel 3.2 Gebruikte scenario-gegevens van het Rolderdiep voor de validatie van de voorspellingsmodellen

mpcode	locatie	X-coord.	Y-coord.	positie	geschikte data
R2112	Rolderdiep	241.80	556.80	ter plaatse effluent en overstort	1992, 1996
R2113	Rolderdiep	241.20	557.10	300 m benedenstrooms	1992, 1996
R2114	Gasterense diep	240.90	558.50	2 km benedenstrooms	1992, 1996
541=R2210	Gasterense diep	240.20	561.10	4.25 km benedenstrooms	1984, 1992, 1996

### 3.4.3 Vergelijking voorspelling en toedeling in relatie tot ingrepen

#### **MLR-BEEK I**

In tabel 3.3 is een overzicht gegeven van de hoofdgroepen en cenotypen voor scenario Rolderdiep, zoals voorspeld met MLR-BEEK I enerzijds en toegedeeld met behulp van ASSOCIA anderzijds. Het model MLR-BEEK I voorspelt hoofdgroepen (hg) en cenotypen (ct).

De locaties behoren volgens de voorspelling zonder uitzondering tot de hoofdgroep van *veelal belaste of genormaliseerde midden- en benedenlopen* (hg B). De toedeling van de macrofaunamonsters bevestigt dit beeld op 2 monsters na; het meest benedenstroomse monsterpunt (2210) is zowel in 1992 als in 1996 getypeerd als hoofdgroep van *meer natuurlijke boven- en middenlopen* (hg A). Op het niveau van cenotypen zijn op basis van de macrofauna alle locaties hoofdzakelijk toegedeeld aan het cenotype *half-natuurlijke benedenlopen* (ct 19) met een redelijke kwaliteit (klasse 3). Er is verschil tussen najaars- en voorjaarstoedelingen; locatie 2113 heeft in het najaar (zowel 1992 als 1996) ook kenmerken van het cenotype *belaste midden- en benedenlopen* (ct 6), een type met een zeer lage kwaliteit (klasse 1) en locatie 2210 in het voorjaar van 1992 en 1996 van *snel stromende half-natuurlijke boven- en middenlopen* (ct 3a: goede tot redelijke kwaliteit van klasse 4-3). Het effect van de sanering van de effluentlozing van de RWZI (1985) is alleen bij dit meest benedenstroomse monsterpunt 2210 waargenomen; de locatie was in 1984 nog een *sterk belaste, langzaam stromende boven- tot middenloop* (10: lage kwaliteit van klasse 2). Het effect van de randvoorziening van de riooloverstort (1993) is niet terug te vinden in de toedeling van macrofaunamonsters. Er is geen verschil tussen het meest waarschijnlijke cenotype in 1992 en in 1996.

Het model MLR-Beek-I voorspelt nagenoeg geen van bovengenoemde cenotypen op vergelijkbare wijze. Vooral cenotype 19 en 6 lijken veelal voor elkaar verwisseld te worden, terwijl deze typen op dimensies, belasting en natuurlijk profiel behoorlijk van elkaar verschillen (kwaliteitsklasse 3 ten opzichte van 1). Daarnaast is voor 2 locaties de seizoensinvloed in de praktijk groter dan uit de voorspelling blijkt.

Tabel 3.3 Hoofdgroepen (hg) en cenotypen (ct) voorspeld met MLR-BEEK I en toegedeeld met ASSOCIA voor Rolderdiep

mpcode	Voorspelling hg1	Toedeling hg1	Voorspelling ct1	Toedeling ct1	Toedeling ct2	Toedeling ct3
voor effluent sanering						
R2210584	B	B	B-6	B-10	B-19	
na effluent sanering						
R2112492	B	B	B-6	B-19		
R2112992	B	B	B-6	B-19	B-6	
R2113492	B	B	B-6	B-19	B-6	
R2113992	B	B	B-6	B-6		
R2114492	A	B	A-24b	B-19	A-3a	B-10
R2114992	A	B	A-3a	B-19		
R2210492	B	A	B-16	A-3a		
R2210992	B	B	B-16	B-19		
na riooloverstort sanering						
R2112496	B	B	B-6	B-19		
R2112996	B	B	B-6	B-19		
R2113496	B	B	B-6	B-19	B-6	
R2113996	B	B	B-6	B-6		
R2114496	B	B	B-16	B-19	A-3a	
R2114996	E	B	E-26	B-19		
R2210496	B	A	B-16	A-3a		
R2210996	B	B	B-16	B-19		

### **MLR-BEEK II**

In tabel 3.4 is een overzicht gegeven van de hoofdgroepen en cenotypen voor scenario Rolderdiep, zoals voorspeld met MLR-BEEK II en toegedeeld met ASSOCIA. Dit model voorspelt hoofdgroepen (hg), groepen (sg) en cenotypen (ct). Alle locaties (in tweede instantie ook 2112 ter plaatse van voormalig effluent en overstort) behoren volgens het model tot hoofdgroep B van de *veelal belaste of genormaliseerde midden- en benedenlopen*. De toedeling van macrofaunamonsters bevestigt dit beeld op 2 monsters na; het meest benedenstroomse monsterpunt (2210) wordt zowel in 1992 als 1996 opnieuw getypeerd als hoofdgroep *meer natuurlijke boven- en middenlopen* (hg A).

Op het niveau van groepen wordt meer differentiatie voorspeld tussen de locaties. Van boven- naar benedenstrooms: *natuurlijke bovenloopjes en -lopen* (A1), *half-natuurlijke tot belaste/genormaliseerde midden- en benedenlopen* (B4), *belaste midden- en benedenlopen* (B1). Dit beeld is niet bevestigd in de toedeling van groepen. In de praktijk wijst de macrofauna vaak op groep B4. Er is verschil tussen najaars- en voorjaarstoedelingen; locatie 2113 vertoont in het najaar van zowel 1992 als 1996 kenmerken van *belaste midden- en benedenlopen* (B1) en locatie 2210 in voorjaar 1992 en 1996 van *snel stromende, half natuurlijke boven- en middenlopen* (A2).

Het effect van de sanering van de effluentlozing (1985) is alleen bij het meest benedenstroomse monsterpunt waargenomen in de toedeling aan groepen. Het monster uit 1984 is toegedeeld in groep B2 (*genormaliseerde en sterk belaste boven- en middenlopen*) en cenotype 10 (*sterk belaste, langzaam stromende boven- en middenlopen*, wat in de jaren na de sanering verbetert tot *half natuurlijke boven- tot middenlopen* (ct 3a



respectievelijk 19). De kwaliteit van deze cenotypen goed tot redelijk respectievelijk redelijk. Het natuurlijke beekkarakter maakt de kwaliteitsverbetering zichtbaar. Het model MLR-Beek-II voorspelt op hoofdgroepniveau dezelfde typen, echter op het niveau van groepen en cenotypen zijn nagenoeg geen vergelijkbare voorspellingen verkregen. Vooral cenotype B4 en B1 lijken veelal verwisseld te worden, alsmede B6 en B19, terwijl deze typen op dimensies, belasting en natuurlijk profiel behoorlijk van elkaar verschillen. Daarnaast is voor 2 locaties de seizoensinvloed in de praktijk groter dan in de voorspelling blijkt. Het lijkt erop dat de macrofauna-samenstelling beter toedeelt maar dat kleine verschillen in parameterwaarden tot verschillende voorspellingen leiden. De robuustheid van de voorspelling verdient daarom nader onderzoek.

Tabel 3.4 Hoofdgroepen (hg), groepen (gr) en cenotypen (ct) voorspeld met MLR-BEEK II en toegedeeld met ASSOCIA voor Rolderdiep (de cijfers bij de hoofdgroepen, groepen en cenotypen duiden de voorspellings-respectievelijk toedelingsvolgorde aan)

mpcode	Voor-spelling		Toe-deling		Voorspelling			Toedeling			Voorspelling			Toedeling		
	hg1	hg2	hg1	hg2	gr1	gr2	gr3	gr1	gr2	gr3	ct1	ct2	ct3	ct1	ct2	ct3
voor effluent sanering																
R2210584	B	B	B4				B2	B4			B4-19			B2-10	B4-19	
na effluent sanering																
R2112492	A	B	A1	A2			B4				A1-24a	A2-3a		B4-19		
R2112992	A	B	A1	A2			B4	B1			A1-24a	A2-3a		B4-19	B1-6	
R2113492	B	B	B1				B4	B1			B1-6			B4-19	B1-6	
R2113992	B	B	B1				B1				B1-6			B1-6		
R2114492	A	B	A	A2			B4	A2	B2		A2-3a			B4-19	A2-3a	B2-10
R2114992	A	B	A2				B4				A2-3a			B4-19		
R2210492	B	A	B3	B4			A2				B3-20	B4-19		A2-3a		
R2210992	B	B	B4	B3	B1		B4				B4-19	B3-20	B1-6	B4-19		
na riooloverstort sanering																
R2112496	B	B	B1				B4				B1-6			B4-19		
R2112996	B	B	B1				B4				B1-6			B4-19		
R2113496	B	B	B1				B4	B1			B1-6			B4-19	B1-6	
R2113996	B	B	B1				B1				B1-6			B1-6		
R2114496	B	B	A	B1	B3		B4	A2			B1-6	B3-20		B4-19	A2-3a	
R2114996	B	B	B1	B5	B2		B4				B1-6	B5-26	B2-10	B4-19		
R2210496	B	A	B4	B1			A2				B4-19	B1-6		A2-3a		
R2210996	B	B	B1	B4			B4				B1-6	B4-19		B4-19		

#### EKOO

Tabel 3.5 geeft een overzicht van de hoofdgroepen, groepen en cenotypen voorspeld en toegedeeld met EKOO voor de beken in het scenario Rolderdiep. Behalve voor locatie 2112 komt de voorspelling van de hoofdgroep (MBK, *MiddenBenedenloop/Kanaal*) overeen met de toedeling. Locatie 2112 is als hoofdgroep BB (*BronBovenloop*) voorspeld. Een dimensie kleiner dan volgt uit de toedeling. Op het niveau van de groepen zijn locaties 2114 en 2210 vergelijkbaar voorspeld en toegedeeld: M (*middenloop*), de voorspelling voor locatie 2113 wisselt *midden-* (F) en *benedenloop* (G) om ten opzichte van de toedeling en locatie 2112 is als *genormaliseerde bovenloop* (D) getypeerd terwijl het in de toedeling een *midden- tot benedenloop* is. Opnieuw een verschil in dimensie. Op cenotype-niveau is nagenoeg geen cenotype

waar voorspelling en toedeling (als hoogste kans) gelijk zijn. Opvallend is de voorspelling van S12 (*droogvallende zwak zure gereguleerde bovenloop/sloot*) voor 2112 ten opzichte van de toedeling: een *gereguleerde midden- tot benedenloop/belast lijnvormig water*. Andere afwijkingen zijn wel gerelateerd: veelal de cenotypen S6 (*half natuurlijke-*) en S7 (*gereguleerde middenloop*). Het effect van sanering van effluentlozing (1985) is op locatie 2210 niet voorspeld of gebleken uit de toedeling.

Tabel 3.5 Hoofdgroepen (hg), groepen (gr) cenotypen (ct) voorspeld met EKKO en toegeedeeld met ASSOCIA voor Rolderdiep

mpcode	Voor- spelling	Toe- deling	Voor- spelling	Toedeling	Voorspelling		Toedeling			
	hg1	hg1	gr1	gr1	gr2	ct1	ct2	ct1	ct2	ct3
voor effluent sanerring										
R2210584	MBK	MBK	F	F		R9		R9		
na effluent sanerring										
R2112492	BB	MBK	D	G		S12		R4		
R2112992	BB	MBK	D	G		S12		R4		
R2113492	MBK	MBK	F	G		R9		R4		
R2113992	MBK	MBK	F	G		R9		R4		
R2114492	MBK	MBK	F	F		S7	S6	S7	R9	
R2114992	MBK	MBK	F	F		S6	S7	R9		
R2210492	MBK	MBK	F	F		R9		R9	S7	
R2210992	MBK	MBK	F	F		R9		R9		
na riooloverstort sanering										
R2112496	MBK	MBK	G	G		R3		R4		
R2112996	MBK	MBK	G	G		R3		R4		
R2113496	MBK	MBK	G	G		R3	R9	R4		
R2113996	MBK	MBK	G	G		R4		R4		
R2114496	MBK	MBK	F	F	G	S6	S7	R9	S7	R3
R2114996	MBK	MBK	F	F		S6	S7	R9		
R2210496	MBK	MBK	F	F		R9		S7		
R2210996	MBK	MBK	F	F		R9		R9		

### 3.4.4 Conclusies Rolderdiep

In het scenario voor het Rolderdiep zijn twee momenten van maatregelen en drie bemonsteringen van belang. Ruimtelijk is gemonitord op verschillende afstand na de gedurende het scenario gesaneerde lozingspunten.

De resultaten van de verschillende modellen ontlopen elkaar niet veel. Het belangrijkste is dat de saneringen alleen zichtbaar zijn op de meest benedenstroomse locatie, waar sprake is van een natuurlijk beektraject. Hier sorteert kwaliteitsverbetering het meeste effect. De effecten zijn niet zichtbaar geworden in de genormaliseerde trajecten. Mogelijk speelt de achtergrondbelasting een versluisende rol.

## 3.5 Chaamse beken

### 3.5.1 Ingrepen

In het Chaamse beken scenario zijn de effecten onderzocht van verstuwung van drie beken in het Chaamse bekengebied (Noord-Brabant). De verstuwung is veroorzaakt door schotbalken te plaatsen, als maatregel tegen verdroging (tabel 3.6). In de Valkenburgse Ley, de Molenloop en de Chaamse beek zijn schotbalken geplaatst in 1997.

Hierdoor gaan soorten van een droogvallend watertype achteruit en nemen soorten van stromend water (benedenstreams van de stuw) toe. De gevolgen bleken echter anders te zijn (Aquasense 1999).

Het Chaamse beken gebied kende door de slecht doorlatende lemlagen in de bodem van nature hoge grondwaterstanden en de afvoer van de beken reageerde direct op de neerslag. Door normalisatie is het bergend vermogen van het stroomgebied nog verder afgenomen. Grondwateronttrekkingen ten behoeve van de drinkwatervoorziening hebben geleid tot een grondwaterstands daling van circa 50 cm (Duursema *et al.* in Aquasense 1999). Landbouwkundige ontwatering daarbij heeft er in de bovenlopen van de beken toe geleid dat deze in de zomer kunnen droogvallen omdat er geen duidelijke kwelzones meer aanwezig zijn.

Het gebied wordt verder ernstig belast met fosfaat en stikstof afkomstig uit de landbouw (RIVM 1991 in Aquasense 1999). Desalniettemin hebben de Chaamse beken in het Provinciale Waterhuishoudingsplan van Noord-Brabant de functie waternatuur gekregen. Er zijn geen directe verontreinigingspunten van invloed op dit scenario.

Tabel 3.6 Overzichten van de ingrepen in de Chaamse beken en van het moment van ingrijpen

monstercode	ingreep	jaar
C807	schotbalk	1997
C835	schotbalk	1997

### 3.5.2 Meetgegevens

In het scenario voor de Chaamse beken zijn de jaren 1996 en 2000 het meest van belang. Van één monsterpunt is ook een praktijkvalidatiereeks van de jaren 1992 tot en met 1996 gemaakt. De gebruikte gegevens zijn weergegeven in tabel 3.7.

Tabel 3.7 Gebruikte scenario-gegevens van de Chaamse beken voor de validatie van de voorspellingsmodellen

monstercode	locatie	X-coord.	Y-coord.	positie	geschikte data
C807	Chaaamse beek	116.2	391.5	boven schotbalk	1992 t/m 1996, 2000
C835	Valkenburgse Ley	117.4	393.9	beneden schotbalk	1996, 2000

### 3.5.3 Vergelijking voorspelling en toedeling in relatie tot ingrepen

#### **MLR/BEEK-I**

In tabel 3.8 is een overzicht gegeven van de hoofdgroepen (hg) en cenotypen (ct) voor het scenario Chaamse beken, zoals voorspeld met MLR-BEEK I en toegeedeeld met ASSOCIA. Monsters van de beide locaties 807 en 835 (respectievelijk boven- en benedenstrooms van de schotbalk geplaatst in 1997) behoren volgens het model nagenoeg alle tot hoofdgroep B (*veelal genormaliseerde en belaste midden- en benedenlopen*). Alleen in 1996 wordt 835 terugvoorspeld als hoofdgroep E (*sterk belaste boven- en middenlopen*). Dit beeld wordt voor locatie 807 ook bevestigd door de toedeling. De toedeling aan hoofdgroepen is gelijk aan de voorspelling. De toedeling op de locatie benedenstrooms van de schotbalk (835) duidt in 1996 hoofdgroep E aan, maar daarnaast in 2000 ook hoofdgroep D (*droogvallende zure natuurlijke bovenloop*) na plaatsing van de schotbalk.

Op het niveau van cenotypen is de locatie bovenstrooms van de schotbalk zowel voor als na plaatsing van de schotbalk (1997) meestal toegeedeeld en terugvoorspeld als cenotype 10 (*sterk belaste, langzaam stromende boven-middenloop*). Benedenstrooms van de schotbalk is voor plaatsing ervan vergelijkbaar met de toedeling terugvoorspeld (*sterk belaste bovenloop*) maar erna niet (*zwak zure natuurlijke bovenloop*). De pH is in de voorspelling niet bepalend geweest. De kwaliteit verloopt van slecht in cenotype 10 naar naar redelijk.

Tabel 3.8 Hoofdgroepen (hg) en cenotypen (ct) voorspeld met MLR-BEEK I en toegeedeeld met ASSOCIA voor Chaamse beken

mpcode	Voorspelling		Toedeling		Voorspelling			Toedeling					
	hg1	hg2	hg1	hg2	hg3	ct1	ct2	ct3	ct1	ct2	ct3	ct4	ct5
bovenstrooms schotbalk voor plaatsing													
C807692	B		B	E		B-10	B-6	B-31	B-10	E-13	E-9		
C807092	B		B			B-10	B-6	B-31	B-10	B-6			
C807593	B		B	E		B-10			B-10	E-9			
C807093	B		B			B-10			B-10				
C807694	B		B	E		B-10			B-10	E-13			
C807994	B		B			B-10			B-10				
C807495	B		B	E	C	B-10	B-6		B-10	E-9	C-7		
C807496	B		B			B-6			B-10				
C807896	B		B	E	B	B-6			B-6	E-15	B-10		
bovenstrooms schotbalk na plaatsing													
C807500	B		B			B-10	B-6		B-10				
C807900	B		B			B-10	B-6		B-10				
benedenstrooms schotbalk voor plaatsing													
C835996	E	B	E	D	C	E-9	E-13	B-31	E-15	D-8	D-2	D-12	C-7
benedenstrooms schotbalk na plaatsing													
C835500	C		C			C-7			C-7				
C835800	B		D	C		B-1	B-10		D-2	C-7			

Tabel 3.9 Hoofdgroepen (hg), groepen (gr) en cenotypen (ct) voorspeld met MLR-BEEK II en toegeëld met ASSOCIA voor Chaamse beken

mpcode	Voor- spelling			Toedeling			Voorspelling			Toedeling								
	hg1	hg1	hg2	hg3	gr1	gr2	gr1	gr2	gr3	ct1	ct2	ct3	ct4	ct1	ct2	ct3	ct4	ct5
bovenstrooms schotbalk voor plaatsing																		
C807692	B	B			B2	B1	B2	B5		B2-10	B1-6			B2-10	B5-13	B5-9		
C807092	B	B			B2	B1	B2	B1		B2-10	B1-6			B2-10	B1-6			
C807593	B	B			B2	B1	B2	B5		B2-10	B2-15	B1-6		B2-10	B5-9			
C807093	B	B			B2	B1	B2			B2-10	B2-15	B1-6		B2-10				
C807694	B	B			B2	B1	B2	B5		B2-15	B1-6			B2-10	B5-13			
C807994	B	B			B2	B1	B2			B2-15	B1-6			B2-10				
C807495	B	B	A		B1	B2	B2	B5	A1	B1-6	B2-10	B2-15		B2-10	B5-9	A1-7		
C807496	B	B			B1		B2			B1-6				B2-10				
C807896	B	B			B1		B1	B2		B1-6				B1-6	B2-15	B2-10		
bovenstrooms schotbalk voor plaatsing																		
C807500	B	B			B2	B1	B2			B2-10	B2-15	B1-6		B2-10				
C807900	B	B			B2	B1	B2			B2-10	B2-15	B1-6		B2-10				
benedenstrooms schotbalk voor plaatsing																		
C835996	B	B	C	A	B5		B2	C1	A1	B5-31	B5-13	B5-9	B2-10	B2-15	C1-8	C1-2	C1-12	A1-7
benedenstrooms schotbalk na plaatsing																		
C835500	B	A			B5	B2	A1			B5-13	B2-15			A1-7				
C835800	B	C	A		B5	B2	C1	A1		B5-13	B2-10	B2-15		C1-2	A1-7			

## **MLR/BEEK-II**

In tabel 3.9 is een overzicht gegeven van de hoofdgroepen en cenotypen voor scenario Chaamse beken, zoals voorspeld met MLR-BEEK II en toegeedeeld met ASSOCIA. Het model voorspelt hoofdgroepen (hg), groepen (gr) en cenotypen (ct) Op hoofdgroepniveau voorspelt het model zonder uitzondering hoofdgroep B (*veelal belaste en genormaliseerde midden- en benedenlopen*) voor beide locaties in de Chaamse beken. Dit wordt bevestigd door de toedeling, met uitzondering van de locatie benedenstrooms van de schotbalk (835), bemonsterd in 2000 (3 jaar na plaatsing schotbalk): hoofdgroep C (*droogvallende zwak zure natuurlijke bovenloopjes en -lopen*).

Op groepniveau voorspelt het model hoofdzakelijk B2 (*belaste (genormaliseerde) boven- en middenlopen*), maar ook B1 (*belaste midden- en benedenlopen*) voor de locatie bovenstrooms van de schotbalk in de Chaamse beek (807), zowel voor als na plaatsing daarvan in 1997 (geen zichtbaar effect van opstuwung dus). Dit is bevestigd in de toedeling. Voor de locatie benedenstrooms van de schotbalk in de Valkenburgse Ley (835) is B5 (*belaste boven- en middenlopen*) voorspeld en bleek het B2 en C1 (*droogvallende zwak zure bovenlopen*) in de toedeling.

Op cenotype-niveau zijn voor locatie 807 (Chaaamse beek) hoofdzakelijk de cenotypen 10, 15 en 6 voorspeld, waarvan 10 en 6 ook uit de toedeling volgden. Voor locatie 835 (Valkenburgse Ley) is cenotype 13 (*sterk belaste stromende boven- en middenlopen*) voorspeld terwijl dit in de toedeling cenotype 15 is (*sterk belaste bovenloopjes en -lopen*) voor de plaatsing van de schotbalk en cenotype 2 (*zwak zure natuurlijke bovenloop*) erna. De biologische verbetering na plaatsing van de schotbalk was niet voorspeld.

## **EKOO**

Tabel 3.10 geeft een overzicht van de hoofdgroepen, groepen en cenotypen voorspeld en toegeedeeld met EKOO en ASSOCIA voor de beken in het scenario Chaamse beken. De hoofdgroepen, ook de verschuiving daarin in het najaar van 2000 voor locatie 807, zijn vergelijkbaar voorspeld en toegeedeeld. De groepen zijn voor locatie 807 (Chaaamse beek) wel gelijk voorspeld en toegeedeeld: *middenloop* (F), maar niet voor 835 (Valkenburgse Ley): *genormaliseerde bovenlopen* (D) voorspeld terwijl het in de toedeling *droogvallende bovenlopen* (C) of *beekpoelen* (E) blijkt. De cenotypen zijn in de helft van de gevallen gelijk met de toedeling voorspeld en zijn voor de Chaamse beek veelal S7, S6 of R9: de *gereguleerde midden- en benedenlopen*. De Valkenburgse Ley verschuift tussen 1996 en 2000 van een *Beekpoelen* (S13) naar een *droogvallende natuurlijk bovenloop* (S4). Beide typen vertegenwoordigen een gradiënt die in elkaar overloopt.

Tabel 3.10 Hoofdgroepen (hg), groepen (gr) en cenotypen (ct) voorspeld en toegeëld met EKKO voor Chaamse beken

mpcode	Voorspelling				Toedeling				Voorspelling				Toedeling					
	hg1	hg2	hg1	hg2	hg3	gr1	gr2	gr1	gr2	gr3	gr4	ct1	ct2	ct3	ct1	ct2	ct3	ct4
bovenstrooms schotbalk voor plaatsing																		
C807692	MBK		MBK			F		F				S7	R9		S7	R9		
C807092	MBK		MBK	S		F		F	I			S7			R9	S7	D3	
C807593	MBK		MBK	BB		F		F	D			S7			R9	S10	D8	S7
C807093	MBK		MBK			F		F				S7			R9	S7		
C807694	MBK		MBK			F		F				R9	S7		S7	R9		
C807994	MBK		MBK			F		F				R9	S7		S7	R9		
C807495	BB		BB			D	C	D				S12	S4		D8			
C807496	MBK		MBK			F		F				R9	S7		S7	R9		
C807896	MBK		MBK	BB	S	F		F	D	I		R9	S7		S7	R9	S10	D3
bovenstrooms schotbalk voor plaatsing																		
C807500	MBK		MBK	BB		F		F	D			R9	S7		S7	S6	R9	D8
C807900	MBK		MBK			F		F				R9	S7		S7			
benedenstrooms schotbalk voor plaatsing																		
C835996	BB		BB	S		D		A	D	E	I	S12			H6	S12	S13	P5
benedenstrooms schotbalk na plaatsing																		
C835500	BB		BB			D		D	C			S10			S10	S4		
C835800	BB	MBK	MBK			D	F	F				S10	R9	S7	S7			

### 3.5.4 Conclusies Chaamse beken

Op het niveau van cenotypen is de locatie bovenstrooms van de schotbalk zowel voor als na plaatsing van de schotbalk (1997) meestal toegeëld en terugvoorspeld als hetzelfde cenotype. Benedenstrooms van de schotbalk is het cenotype voor plaatsing vergelijkbaar met de toedeling terugvoorspeld maar na plaatsing van de schotbalk niet. De pH blijkt voor de macrofauna sturend te zijn terwijl dat in de voorspelling niet bepalend is geweest. Dit vraagt om een nader onderzoek van de gevoeligheid van het cenotypevoorspellingsmodel voor sturende factoren. Inhoudelijk is gebleken dat plaatsing van stuwballen effecten heeft op de beekmacrofauna.

## 3.6 Rode beek

### 3.6.1 Ingrepen

In de Rode beek bij Brunssum (Zuid-Limburg) is tot 2 januari 1997 effluent geloosd. Het betreft een genormaliseerd beektraject. Na sluiting van de RWZI Schinveld is de beek zich geleidelijk gaan herstellen. Om het effect van de sluiting van de RWZI en het herstel na sluiting te onderzoeken zijn over de jaren 1983-2001 door het Zuiveringschap Limburg macrofaunamonsters genomen en milieuparameters gemeten. Sluiting van de RWZI betekent het wegvallen van de belasting van de beek met effluent, maar ook het verlagen van de afvoer en afvoerdynamiek (tabel 3.11).

Tabel 3.11 Overzichten van de ingrepen in de Rode beek en van het moment van ingrijpen

monstercode	ingreep	jaar	referentie
RB300	geen		
RB400	sluiting RWZI	02011997	mond. med beheerder
RB500	sluiting RWZI	02011997	mond. med beheerder

### 3.6.2 Meetgegevens

Gezien de positie van het lozingspunt zijn de meetgegevens van de locaties 300, 400 en 500 het meest van belang. De locatie 300 geldt als referentie. De gebruikte meetgegevens zijn opgenomen in tabel 3.12.

Tabel 3.12 Gebruikte scenario-gegevens van de Rode beek voor de validatie van de voorspellingsmodellen

Mpcode	locatie	X-coord.	Y-coord.	positie	geschikte data
	RWZI	197.2	331.6		nvt
RB300	Rode Beek	197.09	331.51	±300 m voor RWZI Schinveld	1993, 1995, 2001
RB400	Rode Beek	197.18	331.98	Schinveld (±200 m na RWZI)	1987, 1989, 1997, 2001
RB500	Rode Beek	196.42	332.63	Mindergangelt (±1.5 km na RWZI)	1983 t/m 2001

### 3.6.3 Vergelijking voorspelling en toedeling in relatie tot ingrepen MLR-BEEK I

In tabel 3.13 is een overzicht gegeven van de hoofdgroepen (hg) en cenotypen (ct) voor het scenario Rode beek, zoals voorspeld met MLR-BEEK I en toegedeeld met ASSOCIA.

Op hoofdgroepniveau is voor alle locaties wisselend hoofdgroep B (*veelal belaste en genormaliseerde midden- en benedenlopen*), E (*hoofdzakelijk belaste boven- en middenlopen*) en soms A (*stromende, (half) natuurlijke bovenlopen*) voorspeld. Dit komt alleen voor locatie 400 (juist benedenstrooms van de RWZI) grotendeels overeen met de toedeling (hoofdgroep E). Voor met name locatie 500 (verder benedenstrooms) lijkt in tweede instantie (het tweede belangrijkste type in de voorspelling) (hg2) gedurende de gehele bemonsterde periode beter overeen te komen met de toedeling: hoofdgroep E. Een verbetering als gevolg van de sluiting van de RWZI in 1997 lijkt in de voorspelling voor locatie 400 en 500 soms op te treden (verschuiving naar A), maar niet in de toedeling.

Op het niveau van cenotypen is locatie 300 niet vergelijkbaar aan de toedeling voorspeld. Deze locatie verloopt in de voorspelling van een *snel stromende halfnatuurlijke boven- en middenloop* (3a) naar een *belaste (plantenrijke) midden- en benedenloop* (6, 14b) terwijl dit in de toedeling de locatie alleen wisselt tussen *snel stromende belaste boven- en middenloop* (25) en *belaste bovenloop* (9). In kwaliteitstermen een verschil tussen een goede tot redelijke kwaliteit versus een redelijke tot zeer slechte. Zowel locatie 400 als 500 zijn in de toedeling grotendeels *belaste bovenlopen* (9), wat in ongeveer de helft van de gevallen als meest waarschijnlijke (ct1) of als tweede cenotype (ct2) is voorspeld. De verandering in cenotype, die enige jaren na sluiting van de RWZI waar te nemen is in de toedeling duidt op een verschuiving van *belaste bovenloop* (9) met slechte kwaliteit naar *sterk belaste, langzaam stromende boven- en middenloop* (10), met



eveneens een slechte kwaliteit. De voorspelde verbetering naar zelfs *snel stromende, half-natuurlijke boven- en middenloop* (3a) is daarmee onwaarschijnlijk en ongelijk aan de toedeling. Ook hier komt de vraag naar gevoeligheid voor bijvoorbeeld stroomsnelheid van het model naar voren.

Tabel 3.13 Hoofdgroepen (hg) en cenotypen (ct) voorspeld met MLR-BEEK I en toegeedeeld met ASSOCIA voor Rode beek

mpcode	Voorspelling			Toedeling		Voorspelling			Toedeling				
	hg1	hg2	hg3	hg1	hg2	ct1	ct2	ct3	ct4	ct1	ct2	ct3	ct4
bovenstrooms RWZI en voor sluiting													
RB300993	B			A	E	B-6				A-25	E-9		
RB300695	B	A		E	A	B-6	A-3a			E-9	A-25		
bovenstrooms RWZI en na sluiting													
RB300601	B			A	E	B-14b				A-25	E-9		
benedenstrooms RWZI en voor sluiting													
RB400687	E			E		E-9	E-13			E-9			
RB400o87	E			E		E-9	E-13			E-9			
RB400o89	E			E	B	E-9				E-15	E-13	E-9	A-24b
RB400o97	A			E	B	A-24a	A-3a			E-9	B-10		
RB500583	E	B		E		E-9	B-31			E-9			
RB500983	E	B		E		E-9	B-31			E-9			
RB500584	B			A	E	B-31				A-25	E-9		
RB500984	E			E	A	E-9				E-9	A-25		
RB500585	E			E		E-9				E-9			
RB500985	E			E		E-9				E-9			
RB500586	E			E		E-9	E-13			E-9			
RB500986	E			E		E-9	E-13			E-9			
RB500587	E			E		E-9				E-9			
RB500987	E			E		E-9				E-9			
RB500588	E			E		E-9				E-9			
RB500988	E			E		E-9				E-9			
RB500989	E			E		E-9				E-9			
RB500590	E			E		E-9				E-9			
RB500991	E	B		E	D	E-9	B-6			E-9	E-15	D-2	
RB500992	E	B		E	B	E-9	B-6	B-31		E-9	B-10		
RB500993	E	B		E		E-9	B-6			E-9			
RB500994	E	B		E		E-9	B-6	B-31		E-9			
RB500995	E	B		E		E-9	B-6			E-9			
RB500996	E			E		E-9				E-9	E-15		
RB500997	A	B		E		A-3a	A-24a	B-10	B-6	E-9			
benedenstrooms RWZI en na sluiting													
RB400601	A			E		A-3a				E-9			
RB500o98	A			E		A-3a				E-9			
RB500999	B	A	E	E		B-10	A-3a	E-9		E-9			
RB500900	B			B	E	B-6				B-10	E-9		
RB500901	A	B		B		A-3a	B-6			B-10			

### MLR-BEEK II

In tabel 3.14 is een overzicht gegeven van de hoofdgroepen en cenotypen voor het scenario Rode beek, zoals voorspeld met MLR-BEEK II en toegeedeeld met ASSOCIA. Dit model voorspelt hoofdgroepen (hg), groepen (gr) en cenotypen (ct). Zonder uitzondering zijn zowel in de voorspelling als in de toedeling alle monsters van de 3 locaties toegeedeeld aan hoofdgroep B. Een correcte praktijkvalidatie op hoofgroepniveau dus. Op groepniveau blijkt voor locatie 400 en 500 de eerste (volgens model de meest waarschijnlijke) voorspelling in de meeste gevallen niet te

corresponderen met de toedeling, maar de tweede beste voorspelling juist wel, daar waar de eerste niet klopt. Dit onderstreept het belang van het gebruiken van kansen op combinaties van cenotypen die volgen uit de voorspelling. De belangrijkste groep is in de toedeling groep B5 (*voornamelijk belaste, genormaliseerde, boven- en middenlopen*) terwijl als meest waarschijnlijke groep B2 (*meest plantenrijke genormaliseerde, sterk belaste bovenlopen*) is voorspeld. Voor de referentielocatie 300 is eveneens groep B2 voorspeld maar behoort de locatie volgens toedeling tot groep B3 (*snel stromende bovenlopen*) en groep B5 (*natuurlijke midden- en benedenlopen*).

Op cenotype-niveau is de toedeling van het referentiepunt (300) ongelijk aan de voorspelling: daar waar cenotype 10 (*sterk belast, langzaam stromende boven- en middenlopen*) en 15 (*sterk belaste bovenlopen*) zijn voorspeld, resulteert de toedeling in 25 (*snel stromend belaste boven-middenlopen*) en 9 (*belaste bovenlopen*). De kwaliteit van 10 en 15 is slecht, voor 25 en 9 matig respectievelijk slecht. Voor locatie 400 en 500 komt de tweede meest waarschijnlijke voorspelling van het cenotype beter met de toedeling overeen dan de eerste. Meestal is cenotype 9 (*belaste bovenlopen*) voorspeld, wat ook uit de toedeling volgde. In de meest waarschijnlijke voorspelling lijkt het erop dat vaak cenotype 10 en 9 afwisselend voorspeld dan wel toegedeeld zijn. Het onderliggende verschil staat waarschijnlijk in nauw verband met geringe verschillen in de verschillende stofparameters in het model. Effecten van de sanering van de RWZI zijn niet waarneembaar in de toedeling, maar zijn wel voorspeld met in termen van het voorkomen van cenotype 6 op locatie 500 (*belaste midden- en benedenlopen*) en 3a (*snel stromende, half-natuurlijke boven- en middenlopen*) op locatie 400.

Tabel 3.14 Hoofdgroepen (hg), groepen (gr) en cenotypen (ct) voorspeld met MLR-BEEK II en toegeedeeld met ASSOCIA voor Rode beek

mpcode	Voor-spelling			Toedeling			Voor-spelling			Voorspelling		Toedeling			
	hg1	hg2	hg3	g1	g2	g3	g1	g2	g3	ct1	ct2	ct1	ct2	ct3	ct4
bovenstrooms RWZI en voor sluiting															
RB300993	B	B		B2	B1	B3	B5			B2-10	B1-6	B3-25	B5-9		
RB300695	B	B		B2		B5	B3			B2-10		B5-9	B3-25		
bovenstrooms RWZI en na sluiting															
RB300601	B	B		B2		B3	B5			B2-10		B3-25	B5-9		
benedenstrooms RWZI en voor sluiting															
RB400687	B	B		B2		B5				B2-10		B5-9			
RB400o87	B	B		B2		B5				B2-10		B5-9			
RB400o89	B	B	A	B2	B5	B2	B5	A1		B2-10	B5-9	B2-15	B5-13	B5-9	A1-24b
RB400o97	B	A	B	B2	A2	B5	B2			B2-10	A2-3a	B5-9	B2-10		
RB500583	B	B		B2		B5				B2-10		B5-9			
RB500983	B	B		B2		B5				B2-10		B5-9			
RB500584	B	B		B2	B5	B3	B5			B2-10	B5-9	B3-25	B5-9		
RB500984	B	B		B2		B5	B3			B2-10		B5-9	B3-25		
RB500585	B	B		B2		B5				B2-10		B5-9			
RB500985	B	B		B2		B5				B2-10		B5-9			
RB500586	B	B		B2		B5				B2-10		B5-9			
RB500986	B	B		B2		B5				B2-10		B5-9			
RB500587	B	B		B2		B5				B2-10		B5-9			
RB500987	B	B		B2		B5				B2-10		B5-9			
RB500588	B	B		B2		B5				B2-10		B5-9			
RB500988	B	B		B2		B5				B2-10		B5-9			
RB500989	B	B		B2		B5				B2-10		B5-9			
RB500590	B	B		B2		B5				B2-15		B5-9			
RB500991	B	B		B2		B5	B2	C1		B2-10		B5-9	B2-15	C1-2	
RB500992	B	B		B2	B5	B5	B2			B2-10	B5-9	B5-9	B2-10		
RB500993	B	B		B2		B5				B2-10	B2-15	B5-9			
RB500994	B	B		B2		B5				B2-10		B5-9			
RB500995	B	B		B2		B5				B2-10		B5-9			
RB500996	B	B		B2	B5	B5	B2			B2-10	B5-9	B5-9	B2-15		
RB500997	B	B		B2		B5				B2-10		B5-9			
benedenstrooms RWZI en na sluiting															
RB400601	B	B		B2		B5				B2-10		B5-9			
RB500o98	B	B		B2		B5				B2-10		B5-9			
RB500999	B	B		B2		B5				B2-10		B5-9			
RB500900	B	B		B2	B1	B2	B5			B2-10	B1-6	B2-10	B5-9		
RB500901	B	B		B2		B2				B2-10		B2-10			

### EKOO

Tabel 3.15 geeft een overzicht van de hoofdgroepen, groepen en cenotypen voorspeld en toegeedeeld met EKOO voor de beken in het scenario Rode beek. Van de hoofdgroepen wordt 60% in dezelfde hoofdgroep voorspeld als toegeedeeld, en indien wordt gehouden met de tweede meest waarschijnlijke voorspelling stijgt dit percentage naar 75%. De locaties variëren in de tijd tussen *Midden/Benedenlopen/Kanalen* (MBK) of *Bronnen en Bovenlopen* (BB), waarbij in de voorspelling de nadruk op de eerste hoofdgroep ligt (MBK) en in de toedeling op de tweede (BB). De groepen zijn in circa 50% van de gevallen in dezelfde groep voorspeld als toegeedeeld. De meest voorkomende groep in de voorspelling is F (*middenlopen*) terwijl C (*droogvallende bovenlopen*) blijkt in de toedeling. Groep E (*beekpoel*)

is wel steeds voorspeld als toegedeeld. De cenotypen zijn ook in 50% van de gevallen gelijk toegedeeld en voorspeld. Er lijkt een relatie te zijn tussen cenotype S7 (*gereguleerde middenlopen*) in de voorspelling en S5 (*saprobe boven- en middenlopen*) in de toedeling. Cenotype S9 (*saprobe beekpoelen/droogvallende gereguleerde bovenlopen*) en S6 (*half natuurlijke middenlopen*) zijn gelijk toegedeeld en voorspeld.

Tabel 3.15 Hoofdgroepen (hg), groepen (gr) en cenotypen (ct) voorspeld en toegedeeld met EKOO voor Rode beek

mpcode	Voor-spelling		Toedeling				Voor-spelling				Toedeling							
	hg1	hg2	hg1	hg2	g1	g2	g1	g2	g3	g4	ct1	ct2	ct3	ct1	ct2	ct3	ct4	ct5
bovenstrooms RWZI en voor sluiting																		
RB300993	MBK		MBK		F		F				S7	S6		S7	R9			
RB300695	MBK		BB	MBK	F		C	F			S6			S4	R9			
bovenstrooms RWZI en na sluiting																		
RB300601	MBK		MBK	BB	F		F	B			S7	S6		S7	S1	R9		
benedenstrooms RWZI en voor sluiting																		
RB400687	BB	MBK	BB		C	F	C				S5	S6		S4	S5	S2		
RB400o87	MBK		BB		F		C	E			S6	S7		S5	S9			
RB400o89	BB		BB	MBK	C		E	H	C	A	S5			S9	R5	S5	H6	
RB400o97	MBK		MBK		F		F				S7	S6		S7	R9			
RB500583	BB		BB		C		B				S3			S1				
RB500983	MBK		MBK	BB	F		F	C	B		S6	S7		R9	S5	S1		
RB500584	MBK		BB	MBK	F		C	B	F		S6	S7		S5	S1	H1	R9	S7
RB500984	BB		BB	MBK	C		B	F	C		S3			S1	R9	S2		
RB500585	MBK		MBK	BB	F		F	C			S6	S7		R9	S5			
RB500985	MBK		MBK	BB	F		F	C			S6	S7		R9	S4	S7		
RB500586	MBK		BB		F		C				S6	S7		S5				
RB500986	MBK		BB	MBK	F		C	F	C		S6	S7		S5	R9	S2	S4	
RB500587	MBK		MBK	BB	F		F	C	B		S6	S7		R9	S5	S4	S1	
RB500987	BB		BB		C		E				S5			S9				
RB500588	MBK		BB	MBK	F		C	F	F		S6	S7		S5	R9	S7	S4	
RB500988	MBK		MBK		F		F				S6	S7		R9				
RB500989	BB	MBK	BB	MBK	C	F	C	F			S5	S6		S4	R9			
RB500590	BB		BB	MBK	C		C	F	B		S5			S4	S5	R9	S7	S1
RB500991	BB		BB		C		E				S5			S9				
RB500992	BB		BB	MBK	C		E	C	F		S5			S9	S4	S7	R9	S5
RB500993	BB		BB		C		E				S5			S9				
RB500994	BB	MBK	BB		C	F	C	E			S5	S6		S4	S9			
RB500995	BB		BB		C		E				S3	S4	S5	S9				
RB500996	BB		BB		C		E	C	D		S3	S5		S9	S5	S10		
RB500997	MBK		MBK		F		F				S7	S6		S7	R9			
benedenstrooms RWZI en na sluiting																		
RB400601	MBK		MBK	BB	F		F	C	F		S6	S7		R9	S4	S6		
RB500o98	MBK		BB	MBK	F		C	F	E		S6			S2	S7	S9	R9	S4
RB500999	MBK		MBK		F		F				S7	S6		S7				
RB500900	MBK		MBK		F		F				S6	S7		S7	R9			
RB500901	MBK		MBK		F		F				S6	S7		R9				

### 3.6.4 Conclusies Rode Beek

Uit de analyse volgt dat er nauwelijks effecten van de sanering zijn waar te nemen, behalve op de meest benedenstroomse locatie in de laatste paar jaren. Ook in dit scenario blijkt dat de gevoeligheid van het model voor kleine verschillen in invoerparameterwaarden tussen nauw verwante typen nader onderzoek behoeft.

Vaak blijkt dat de eerste (volgens model de meest waarschijnlijke) voorspelling niet correspondeert met de toedeling, maar de tweede beste voorspelling juist wel, daar waar de eerste niet klopt. Dit onderstreept het belang van het gebruiken van kansen op combinaties van cenotypen die volgen uit de voorspelling.

### 3.7 Nooitgedacht

#### 3.7.1 Ingrepen

De polder Nooitgedacht (Zuid-Holland) is sinds 1982 in beheer bij het Zuidhollands Landschap (tabel 3.16). Sinds die tijd zijn de graslanden extensiever beheerd. Een deel is in gebruik als hooiland met nabeweiding. De meeste percelen worden beweid met jongvee. De kunstmestgiften zijn geleidelijk afgebouwd in de periode 1982-1985. Daarna is geen kunstmest meer gebruikt. Mogelijk is wel nog dierlijke mest gebruikt. De sloten stonden voor 1994 in open verbinding met de wetering. In maart 1994 is het gebied geïsoleerd. Binnen het gebied is nog een apart hoog peilgebied gecreeerd (locatie KOP435). Dit gebied is dubbel geïsoleerd en wordt gevoed met opgepompt water vanuit de rest van het reservaat. In 1987 zijn alle sloten gebaggerd met een baggerzuigpomp. In het kader van de isolatie van het gebied is een deel van de sloten (onder andere locatie KOP435) nogmaals gebaggerd. Op locatie KOP433 is de sloot verbreed met als doel hier een bepaalde periode verlanding toe te staan. Deze sloot is nu bedekt met krabbescheer. De percelen waar het inlaatwater langs stroomt zijn met elkaar verbonden door bruggen. Hier loopt vee in het gebied rond.

Tabel 3.16 Overzichten van de ingrepen in Nooitgedacht sloten en van het moment van ingrijpen

overzicht ingrepen			
monstercode	inlaat opgepompt water	gebaggerd	verbreed
KOP433	nee	ja	ja
KOP434	nee	ja	nee
KOP435	ja	ja	nee
KOP436	nee	ja	nee

jaar	ingreep	referentie
1982-1985	afbouw kunstmestgiften	mond. med. beheerder
1987	alle sloten gebaggerd	
1994	hydrologische isolatie alle poldersloten	
1994	hoog peilgebied, inlaat opgepompt water	
19??	sloot verbreed	

### 3.7.2 Meetgegevens

Gezien de positie van de sloten in de polder zijn vier meetlocaties meegenomen. De gebruikte meetgegevens zijn opgenomen in tabel 3.17.

Tabel 3.17 Gebruikte scenario-gegevens van Nooitgedacht voor de validatie van de voorspellingsmodellen

monstercode	locatie	X-coord.	Y-coord.	positie	geschikte data
N433	Polder Nooitgedacht	107.600	440.500	middensloot hooiland	93 t/m 95, 97, 01
N434	Polder Nooitgedacht	107.250	440.800	eind inlaatsloot	93 t/m 95, 97, 01
N435	Polder Nooitgedacht	107.500	440.450	middensloot hoog peilgebied	93 t/m 95, 97, 01
KN436	Polder Nooitgedacht	107.050	440.550	midden inlaatsloot	93 t/m 95, 97, 01

### 3.7.3 Vergelijking voorspelling en toedeling in relatie tot ingrepen

#### **MLR-SLOOT I**

In tabel 3.18 is een overzicht gegeven van de hoofdgroepen (hg) en cenotypen (ct) voor het scenario Nooitgedacht, zoals voorspeld met MLR-SLOOT I en toegedeeld met ASSOCIA.

Op hoofdgroepniveau is voor alle locaties steeds hoofdgroep A (*matig grote plantenrijke eutrofe sloten*) voorspeld. Op cenotype-niveau betreft het de typen 1 en 1a. Over het algemeen wijzigt in 1994 of 1995 het type van 1 naar 1a. Dit betekent dat de sloten iets natuurlijker worden met lagere nutriënten en chloride gehalten, een iets lagere pH (neutraal) en de kwaliteit van redelijk naar goed verschuift. De sloten van type 1a bevinden zich in een meer natuurlijkere omgeving met een minder intensief grondgebruik en zijn vaak smaller, ondieper, zandiger en iets kwelrijker. Alleen op locatie 436 keert type 1 slechts éénmaal terug in 1997. De hydrologische isolatie heeft volgens MLR-SLOOT I geleid tot een lichte kwaliteitsverbetering van de slootgemeenschap.

Tabel 3.18 Hoofdgroepen (hg) en cenotypen (ct) voorspeld met MLR-SLOOT I en toegedeeld met ASSOCIA voor de sloten in polder Nooitgedacht

mpcode	Voorspelling			Toedeling ct1
	hg	ct1	ct2	
N433893	A	1		1
N433694	A	1a	1	1
N433895	A	1a	1	1
N433797	A	1a		1a
N433701	A	1a		1
N434893	A	1		1
N434694	A	1	1a	1
N434895	A	1a	1	1
N434797	A	1a	1	1
N434701	A	1a	1	1
N435893	A	1		1
N435694	A	1	1a	1
N435895	A	1a		1
N435797	A	1a		1
N435701	A	1a		1
N436893	A	1		1
N436694	A	1	1a	1
N436895	A	1a	1	1
N436797	A	1	1a	1
N436701	A	1a	1	1

### **MLR-SLOOT II**

In tabel 3.19 is een overzicht gegeven van de hoofdgroepen (hg) en cenotypen (ct) voor het scenario Nooitgedacht, zoals voorspeld met MLR-SLOOT II en toegedeeld met ASSOCIA.

Op hoofdgroepniveau is voor alle locaties steeds hoofdgroep K (*matig grote plantenrijke eutrofe sloten*) voorspeld. Dit is dezelfde hoofdgroep als A onder MLR-SLOOT I. Op cenotype-niveau betreft het type 1 en slechts éénmaal type 1a. Met MLR-SLOOT II is geen wijziging in de slootomstandigheden of kwaliteit aan te tonen.

Tabel 3.19 Hoofdgroepen (hg) en cenotypen (ct) voorspeld met MLR-SLOOT II en toegeedeeld met ASSOCIA voor de sloten in polder Nooitgedacht

mpcode	Voorspelling		Toedeling
	hg	ct1	ct1
N433893	K	1	1
N433694	K	1	1
N433895	K	1	1
N433797	K	1	1a
N433701	K	1	1
N434893	K	1	1
N434694	K	1	1
N434895	K	1	1
N434797	K	1	1
N434701	K	1	1
N435893	K	1	1
N435694	K	1	1
N435895	K	1	1
N435797	K	1	1
N435701	K	1	1
N436893	K	1	1
N436694	K	1	1
N436895	K	1	1
N436797	K	1	1
N436701	K	1	1

### **EKOO**

Tabel 3.20 geeft een overzicht van de hoofdgroepen, groepen en cenotypen voorspeld en toegeedeeld met EKOO voor de sloten in het scenario Nooitgedacht. Van de hoofdgroepen komen bij de voorspelling alle sloten in de groep *van poelen en meren*. Bij de toedeling gaat alleen op locatie 433 de sloot in 1994 over naar de hoofdgroep *poelen en meren*. Dit is bij kwaliteitsverbetering te verwachten.

Tabel 3.20 Hoofdgroepen (hg), groepen (gr) en cenotypen (ct) voorspeld en toegeedeeld met EKOO voor de sloten in polder Nooitgedacht

mpcode	Voor-spelling			Toedeling			Voor-spelling			Toedeling					
	hg1	hg1	hg2	hg3	g1	g1	g2	g3	g4	ct1	ct2	ct1	ct2	ct3	ct4
N433694	PM	MBK	PM		K	G	K			p8	p6	r4	p8		
N433701	PM	PM			K	K				p6	p8	p8			
N433797	PM	PM	MBK		K	K	G			p8	p6	p8	r4		
N433893	PM	PM			K	K				p8	p6	p8			
N433895	PM	PM	S		K	K	I			p6	p8	p8	r2		
N434694	PM	MBK	PM	S	K	G	K	J	I	p8	p6	r4	p8	p11	r2
N434701	PM	PM	MBK		K	K	G			p8	p6	p8	r4		
N434797	PM	PM			K	K				p8	p6	p8			
N434893	PM	PM			K	K				p8		p8			
N434895	PM	PM			K	K				p8	p6	p8			
N435694	PM	PM	S	MBK	K	K	I	G		p8	p6	p8	r2	r4	
N435701	PM	PM			K	K				p6	p8	p8			
N435797	PM	PM			K	K				p6	p8	p8			
N435893	PM	PM			K	K				p8	p6	p8			
N435895	PM	PM	MBK	S	K	K	G	I		p6	p8	p8	r4	r2	



mpcode	Voor- spelling				Voor- spelling				Voor- spelling						
	hg1	hg1	hg2	hg3	g1	g1	g2	g3	g4	ct1	ct2	ct1	ct2	ct3	ct4
N436694	PM	S	PM	MBK	K	I	K	G		p8	p6	r2	p8	r4	
N436701	PM	PM	S		K	K	I			p8	p6	p8	r2	d3	
N436797	PM	PM			K	K				p8	p6	p8			
N436893	PM	PM			K	K				p8	p6	p8			
N436895	PM	PM			K	K				p8	p6	p8			

Op groepniveau komt de groep G (*benedenlopen*) voor. Een duidelijk afwijkend type. Op cenotype-niveau wisselt de voorspelling, die op groepniveau steeds *poelen en plassen* aangeeft, tussen *grote sloten en ondiepe plassen* (P8) en *petgaten* (P6). De toedeling wisselt sterker waarbij de *brede laagveensloten en vaarten* (R2) naast *belaste kleine tot middelgrote lijnvormige wateren en sloten* voorkomen. Er is echter geen patroon in relatie tot de ingreep of de kwaliteit waarneembaar.

### 3.7.4 Conclusies Nooitgedacht

De hydrologische isolatie heeft mogelijk geleid tot een lichte kwaliteitsverbetering van de slootgemeenschap. De veranderingen zijn echter te gering om duidelijke conclusies te kunnen trekken. De EKOO voorspelling wijkt duidelijk af van de MLR-SLOOT modellen. Een intercalibratie tussen EKOO en de sloten- en bekenmodellen kan inzicht in de oorzaken verschaffen.

## 3.8 Vallei beken

### 3.8.1 Ingrepen

De Vallei beken (Gelderland) omvatten bovenlopen (Astbeek, Laarbeek, Schilshoterbeek en Westenengse beek), middenlopen (Kleine Barneveldse beek, Kleine en Grote Valkse beek) en benedenlopen (Grote Barneveldse beek).

Alle locaties zijn onderworpen geweest aan de intensivering van de landbouw en een verhoging van de mestproductie tot 1994, waarna ook mest uit het gebied werd afgevoerd.

De vier beïnvloede locaties hebben gedurende de laatste decennia een geleidelijk verbetering doorgemaakt ten gevolge van de verbetering van de kwaliteit van het effluent (daling fosfaat en ammoniumconcentraties).

Tabel 3.21 Overzichten van de beïnvloedingen in de Vallei beken en van het moment van ingrijpen

mpcode	locatie	beïnvloedingen/ingrepen
B6004	Brede beek	deels herinrichting (98), intensive landbouw en mestgift
B7101	Grote Valkse beek	3 effluentlozingspunten (opheffing 3 RWZI's in 1989)
B7102	Grote Valkse beek	1 effluentlozing tot 90, intensive landbouw en mestgift, ongerioleerde panden
B7103	Grote Valkse beek	2 effluentlozingen tot 90, intensivering landbouw en mestgift
B7123	Laarbeek	intensivering landbouw en mestgift, ongerioleerde panden
B7142	Schilshoterbeek	intensivering landbouw en mestgift, ongerioleerde panden
B7151	Kleine Valkse beek	intensivering landbouw en mestgift, ongerioleerde panden
B7152	Kleine Valkse beek	intensivering landbouw en mestgift, ongerioleerde panden
B7154	Astbeek	intensivering landbouw en mestgift, ongerioleerde panden
B7201	Grote Barneveldsebeek	3 effluentlozingspunten (opheffing in 89)
B7202	Kleine Barneveldse beek (na Barneveld te Kallenbroek)	1 effluentlozingspunt (opheffing RWZI 1995), overstorten
B7203	Grote Barneveldsebeek	4 effluentlozingspunten (opheffing in 89 en 95), ongerioleerde panden
B7205	Barneveldse beek Stoutenburg	4 effluentlozingspunten (opheffing in 89 en 95), ongerioleerde panden intensivering landbouw en mestgift
B7207	Kleine Barneveldse beek (vistrap)	4 effluentlozingspunten (opheffing in 89 en 95), intensivering landbouw en mestgift, ongerioleerde panden
B7255	Kleine Barneveldse beek	1 effluentlozingspunt (opheffing RWZI 1995, intensivering landbouw en mestgift, overstorten, heringerichte beek in 97
B7256	Kleine Barneveldse beek (voor Barneveld)	intensivering landbouw en mestgift
B7257	Kleine Barneveldse beek	1 effluentlozingspunt (opheffing RWZI 1995 intensive landbouw en mestgift, overstorten, herinrichting ca 1997
B7402	Westenengse beek	intensivering landbouw en mestgift, ongerioleerde panden , mestdumping?
B8702	Nederwoudse beek	intensivering landbouw en mestgift, ongerioleerde panden
B9729	Valleikanaal, brug Heuvelsesteeg	effluentten Veenendaal en Ede
B9769	Moorsterbeek, heringerichte beek	intensive landbouw en mestgift, ongerioleerde panden, herinrichting in 95
B9771	Valleikanaal, Hooglandseweg	intensivering landbouw en mestgift
B9792	Valleikanaal Broekerweg (Renswoude)	intensivering landbouw en mestgift, effluentten Veenendaal en Ede
B9853	Moorsterbeek bij monding	intensivering landbouw en mestgift, ongerioleerde panden
B9854	Hoewelakensebeek, Meerveld in meander	intensivering landbouw en mestgift, herinrichting in 95
B9859	Hoewelakense beek, Meerveld, genormaliseerd	intensivering landbouw en mestgift, alleen afvoer tijdens pieken

### 3.8.2 Meetgegevens

Om inzicht te krijgen over de effecten van grondgebruik en veranderingen daarin over een groter gebied zijn een groot aantal locaties meegenomen. De gebruikte meetgegevens zijn opgenomen in tabel 3.22.

Tabel 3.22 Gebruikte scenario-gegevens van de Vallei-beken voor de validatie van de voorspellingsmodellen

MPCODE	locatie	geschiede data
B6004		1999
B7101	Grote Valkse beek	1983 t/m 1986, 1988
B7102	Grote Valkse beek	1988
B7103	Grote Valkse beek	1988, 1991
B7123	Laarbeek (bovenloop)	1988
B7142	Schilshoterbeek (bovenloop)	1994
B7151	Kleine Valkse beek	1983 t/m 1986, 1994
B7152	Kleine Valkse beek	1986
B7154	Astbeek (bovenloop)	1994
B7201	Grote Barneveldsebeek	1999
B7202	Kleine Barneveldse beek (na Barneveld)	1981 t/m 1986, 1994 t/m 1996
B7203	Grote Barneveldsebeek	1980, 1981, 1983 t/m 1991, 1995, 1999
B7205		1981-1982
B7207	Kleine Barneveldse beek (vistrap)	2001
B7255	Kleine Barneveldse beek	2000-2001
B7256	Kleine Barneveldse beek (voor Barneveld)	2001
B7257	Kleine Barneveldse beek (middenloop)	2001
B7402	Westenengse beek (bovenloop)	1994
B8702		1998, 2001
B9729		1997, 2000, 2001
B9769		1997, 1999
B9771		2000
B9792		2001
B9853		1999
B9854		1997, 1999
B9859		1997, 1999

### 3.8.3 Vergelijking voorspelling en toedeling in relatie tot ingrepen

#### **MLR-BEEK I**

In tabel 3.23 is een overzicht gegeven van alle hoofdgroepen en cenotypen voorspeld met MLR-BEEK I en toegedeeld met ASSOCIA voor de Vallei beken. De hoofdgroepen waartoe alle monster behoren zijn met MLR-BEEK-I nagenoeg allemaal in dezelfde hoofdgroep voorspeld als toegedeeld. Het merendeel behoort tot hoofdgroep B (*veelal belaste en genormaliseerde midden- en benedenlopen*) en enkele tot E of A. Op cenotype-niveau is in circa 30% van de gevallen de eerste en meest waarschijnlijke voorspelling gelijk aan de toedeling. Daar komt nog circa 20% bij wanneer ook de tweede meest waarschijnlijke voorspelling erbij wordt genomen (totaal 50%). Er lijkt een sterke relatie te bestaan van cenotype 6 en 14b met de typen 9, 19 en 10. Deze combinaties zijn vaak voorspeld versus toegedeeld. De kwaliteit van 6 is slecht, die van 14b redelijk terwijl die van 9, 19 en 10 respectievelijk slecht, redelijk en slecht is.

De vier door effluent van RWZI lozigen belaste locaties (27101 Grote Valkse beek, 27201 en 27203 Grote Barneveldsebeek, 27202 Kleine Barneveldsebeek) behoren allen tot de matig tot sterk belaste cenotypen (6, 10, 19, 14b) uit hoofdgroep B en cenotype 9 uit hoofdgroep E. Ecologische verbetering na sluiting van de RWZI in 1989 lijkt nog niet zichtbaar in de Kleine Barneveldse beek. Terugvoorspelling hiervan laat een wisseling tussen cenotypen zien, maar levert niet altijd eenzelfde

toedeling. De op voorhand niet beïnvloede locaties (27151 en 27152 in Kleine Valkse beek) behoren echter ook tot de belaste cenotypen 9 en 10, beide met een slechte kwaliteit.

### **MLR-BEEK II**

In tabel 3.24 is een overzicht gegeven van alle hoofdgroepen, groepen en cenotypen voorspeld met MLR-BEEK II en toegedeeld met ASSOCIA voor de Vallei beken. De hoofdgroepen waartoe alle monsters behoren zijn met MLR-BEEK-I nagenoeg allemaal correct voorspeld. Het merendeel behoort tot hoofdgroep B (*veelal belaste en genormaliseerde beeklopen*) en een enkele A (*zwak zure, halfnatuurlijke bovenlopen*).

Op het niveau van groepen is in eerste instantie 46% gelijk voorspeld als toegedeeld. Met de tweede meest waarschijnlijke voorspelling komt daar nog eens 34% overeenkomst bij (totaal 80%). Op het niveau van groepen lijkt evenals bij Chaamse beken weer een vaak een verwisseling van de groepen B1 en B4 indien voorspelling en toedeling worden vergeleken.

De vier beïnvloede locaties (27101 Grote Valkse beek, 27201 en 27203 Grote Barneveldsebeek, 27202 Kleine Barneveldsebeek) behoren allen tot de matig tot sterk belaste cenotypen (6, 10, 19, 14b) uit hoofdgroep B. De twee bij voorbaat niet beïnvloede locaties behoren volgens de toedeling echter ook tot de belaste cenotypen 9 en 10. Deze resultaten zijn gelijk aan die van MLR-BEEK I.

### **EKOO**

Tabel 3.25 geeft een overzicht van de hoofdgroepen, groepen en cenotypen voorspeld en toegedeeld met ASSOCIA voor de beken in het scenario Vallei beken. De hoofdgroepen zijn, over alle monsters gemiddeld, voor 54% gelijk voorspeld als toegedeeld, de groepen voor 45%. Mde meest voorkomende hoofdgroep in de toedeling is MBK (*MiddenBenedenloop/Kanaal*) met circa 60%, gevolgd door S (*Sloten*) met circa 20% en BB (*BronBovenloop*) met 11%. In de voorspelling is MBK nog dominantier en is BB de daaropvolgende meest voorkomende hoofdgroep. 54% van de hoofdgroepen is gelijk voorspeld als toegedeeld.

In zowel de voorspelling als de toedeling naar groep ligt de nadruk op groep F (*middenlopen*), hoewel in de toedeling niet zo uitgesproken (circa 50% versus circa 70% in voorspelling) is .71% van de groepen is gelijk voorspeld als toegedeeld.

De cenotypen zijn in 64% van de monsters gelijk voorspeld als toegedeeld, met de tweede meest waarschijnlijke voorspelling daarbij komt dit percentage nog hoger te liggen. Het meest voorkomend cenotype in de toedeling is R9 (circa 25%, waaronder de 4 beïnvloede locaties) (*gereguleerde benedenlopen*), daarna D3 *sloten/stilstaande gereguleerde beken*, S6(*half natuurlijke middenlopen*) en S7 (waaronder de niet beïnvloed locaties) (*gereguleerde middenlopen*).

### 3.8.4 Conclusies Vallei beken

Over het algemeen is de kwaliteit van de Vallei beken redelijk tot slecht. De lage stroomsnelheden in relatie tot de hoge diffuse belasting maakt dat de sanering van een RWZI niet zichtbaar wordt in de levensgemeenschap.

Tabel 3.23 Hoofdgroepen (hg) en cenotypen (ct) voorspeld met MLR-BEEK I en toegeedeeld met ASSOCIA voor Vallei beken

mpcode	Voorspelling				Toedeling				Voorspelling				Toedeling				
	hg1	hg2	hg3	hg4	hg1	hg2	hg3	hg4	ct1	ct2	ct3	ct4	ct1	ct2	ct3	ct4	ct5
B6004599	B	A			B				B-10	B-1	A-24a		B-10				
B6004o99	B				B				B-1				B-10				
B7101683	B				E	A			B-6	B-10			E-9	A-3a			
B7101584	B				E				B-6	B-14b			E-9				
B7101o84	B				B				B-14b				B-10				
B7101585	B				E	B			B-14b				E-9	B-10			
B7101o85	B				E	B			B-14b				E-9	B-10			
B7101586	B				E	B			B-6				E-9	B-10			
B7101588	B				E				B-14b				E-9				
B7102588	E				E				E-9				E-9				
B7103588	E				E				E-9				E-9				
B7103991	E				E				E-9				E-9				
B7123588	E	B			E				E-9	B-10			E-9				
B7142494	B				B				B-6				B-10				
B7142o94	B	E			B				B-10	B-6	E-15	E-9	B-10	B-6			
B7151683	B				E				B-6				E-9				
B7151584	B				B	E			B-6				B-10	E-9			
B7151o84	B				B	E			B-6				B-10	B-6	E-9		
B7151585	B				B	E			B-6				B-10	E-9			
B7151O85	B	E			B				B-6	B-14b	B-10	E-9	B-10	B-6			
B7151586	B	E			E				B-6	E-9			E-9				
B7151494	B	E			B	A	B		B-14b	E-9			B-10	A-3a	B-16		
B7152n86	B	E			B	E			B-6	E-9			B-10	E-9			
B7154494	B				B				B-6	B-1	B-10		B-10				
B7154o94	B				B				B-10	B-6	B-1		B-6	B-10			
B7201499	B				B				B-10	B-19	B-6		B-10				
B7201o99	B				B				B-19				B-19				
B7202581	B				B				B-10				B-6				
B7202o81	B				B				B-10				B-6				
B7202582	B				B				B-10				B-6	B-10	B-19		
B7202483	B				B				B-10	B-31	B-14b		B-6	B-10			
B7202n83	B				B				B-10				B-6				
B7202584	B				B				B-10				B-10	B-6			
B7202o84	B				B				B-10				B-6				
B7202585	B				B				B-10				B-10	B-6			
B7202o85	B				B				B-10				B-6	B-10			
B7202686	B				B	E			B-10				B-10	B-6	B-19	E-9	
B7202594	B				B				B-10				B-10				
B7202995	B				B				B-10	B-6			B-6	B-10			
B7202496	B				B				B-19	B-6			B-10	B-6			
B7202301	B				B				B-19	B-10			B-10	B-6			
B7203o80	B				B				B-10				B-6				
B7203581	B				E				B-10				E-9				
B7203583	B				B				B-10	B-14b			B-19	B-6			
B7203n83	B				B				B-10				B-6				
B7203o84	B				B				B-14b				B-19				
B7203585	B				B				B-14b	B-10			B-10	B-19			

mpcode	Voorspelling				Toedeling				Voorspelling				Toedeling				
	hg1	hg2	hg3	hg4	hg1	hg2	hg3	ct1	ct2	ct3	ct4	ct1	ct2	ct3	ct4	ct5	
B7203o85	B				B			B-14b				B-19					
B7203686	B				B			B-10	B-14b			B-19					
B7203o86	B				B			B-10				B-10	B-6				
B7203587	B				B	E	B	B-10	B-31	B-14b		B-10	E-9	B-19			
B7203o87	B				B			B-10	B-6	B-14b		B-19					
B7203588	B				B	E		B-6	B-14b	B-10	B-19	B-19	B-10	E-9			
B7203689	B				B			B-6	B-10	B-19		B-19	B-6	B-10			
B7203o89	B				B			B-19	B-6	B-10		B-6	B-19	B-10			
B7203590	B				B			B-6	B-10	B-19		B-19	B-6	B-10			
B7203990	B				B			B-10	B-19			B-6	B-19				
B7203591	B				B			B-10	B-19	B-6		B-19	B-10	B-6			
B7203995	B				B			B-19	B-6			B-19	B-6				
B7203499	B				B			B-19				B-10					
B7203o99	B				B			B-19	B-6			B-19					
B7205581	B				B	E	B	B-14b				B-6	E-15	B-14b	B-14a	B-10	
B7205o81	B				B			B-6	B-10			B-14b					
B7205182	B				B	E		B-14b				B-14b	E-9				
B7205382	B				B			B-14b				B-14b					
B7207301	B				B			B-19				B-10					
B7255500	B				B			B-19				B-10					
B7255o00	B				B			B-10	B-19			B-10					
B7255301	B				B			B-19	B-10			B-10					
B7256301	B				B			B-10	B-6			B-10					
B7257301	B				B			B-19				B-10	B-19				
B7402494	B	E	C		B			B-6	E-9	C-7		B-10					
B7402o94	E				B			E-9				B-10	E-13	E-15	E-9		
B8702598	B				B			B-10	B-6			B-6					
B8702o98	B				B			B-6				B-6					
B8702701	B				B			B-31	B-14b			B-6	B-10				
B8702o01	B				B			B-14b	B-31	B-10		B-10	B-6				
B9729597	B				B			B-19	B-6			B-6					
B9729o97	B				B			B-6	B-19			B-6					
B9729500	B				B			B-19				B-6					
B9729900	B				B			B-19				B-6					
B9729601	B				B			B-19				B-6					
B9729o01	B				B			B-19	B-6			B-6					
B9769497	A				B			A-24a	A-3a			B-10					
B9769997	A				B			A-24a	A-3a			B-6					
B9769399	E				B			E-26				B-10					
B9771500	B				B			B-19				B-19					
B9771900	B				B			B-19	B-14b			B-19					
B9792601	B				B			B-6	B-19			B-10					
B9792o01	B				B			B-6	B-19			B-19					
B9853499	B				B			B-6				B-10					
B9853o99	B				B			B-6				B-6					
B9854997	A	B	C		B			A-24a	B-10	C-7		B-6	B-10				
B9854499	A	C	B	E	B			A-24a	C-7	B-10	E-26	B-10					
B9854o99	B				B			B-10	B-6	B-1		B-10	B-6				
B9859997	B				B			B-6	B-10			B-6					
B9859499	B				B			B-6				B-10					
B9859o99	B				B			B-6				B-6					

Tabel 3.24 Hoofdgroepen (hg), groepen (gr) en cenotypen (ct) voorspeld met MLR-BEEK II en toegeleed met ASSOCIA voor de Vallei beken

mpcode	Voor-spelling		Toe-deling		Voorspelling				Toedeling		Voorspelling					Toedeling						
	hg1	hg2	hg1	hg2	g1	g2	g3	g4	g1	g2	g3	g4	ct1	ct2	ct3	ct4	ct5	ct1	ct2	ct3	ct4	ct5
B6004599	A	B	B		A2	A1	B2		B2				A2-3a	A1-24a	B2-15	B2-10		B2-10				
B6004o99	A		B		A1	A2			B2				A1-24a	A2-3a				B2-10				
B7101584	B		B		B5	B2			B5				B5-31	B5-9	B2-10			B5-9				
B7101585	B		B		B5	B2			B5	B2			B5-31	B2-10				B5-9	B2-10			
B7101586	B		B		B5	B2			B5	B2			B5-31	B5-26	B5-9	B2-15	B2-10	B5-9	B2-10			
B7101588	B		B		B2	B5			B5				B2-10	B5-31				B5-9				
B7101683	B		B	A	B2	B5			B5	A2			B2-10	B5-31				B5-9	A2-3a			
B7101o84	B		B		B5	B2			B2				B5-9	B5-31	B2-10			B2-10				
B7101o85	B		B		B5				B5	B2			B5-9	B2-10				B5-9	B2-10			
B7102588	B		B		B2	B5			B5				B2-10	B5-9				B5-9				
B7103588	B		B		B2	B5			B5				B2-10	B5-9				B5-9				
B7103991	B		B		B5	B2			B5				B5-9	B2-10				B5-9				
B7123588	B		B		B2				B5				B2-10	B2-15				B5-9				
B7142494	B		B		B2				B2				B2-10					B2-10				
B7142o94	B		B		B2				B2	B1			B2-15					B2-10	B1-6			
B7151494	B		B	A	B5	B2			B2	A2	B4		B5-9	B2-10				B2-10	A2-3a	B4-16		
B7151584	B		B		B5	B2			B2	B5			B5-9	B2-10				B2-10	B5-9			
B7151585	B		B		B2	B5			B2	B5			B2-10	B5-31				B2-10	B5-9			
B7151586	B		B		B5	B2			B5				B5-9	B2-10				B5-9				
B7151683	B		B		B5				B5				B5-9	B2-10				B5-9				
B7151o84	B		B		B2	B5			B2	B1	B5		B2-10	B5-9	B5-26			B2-10	B1-6	B5-9		
B7151O85	B		B		B5	B2			B2	B1			B5-9	B2-10				B2-10	B1-6			
B7152n86	B		B		B5	B2			B2	B5			B5-9	B5-26	B2-10			B2-10	B5-9			
B7154494	B		B		B2				B2				B2-10	B2-1				B2-10				
B7154o94	B		B		B2				B1	B2			B2-15					B1-6	B2-10			
B7201499	B		B		B2	B4			B2				B2-10	B4-19				B2-10				
B7201o99	B		B		B4	B1			B4				B4-19	B1-6				B4-19				
B7202301	B		B		B2	B1	B4		B2	B1			B2-10	B1-6	B4-14b			B2-10	B1-6			
B7202483	B		B		B2				B1	B2			B2-10					B1-6	B2-10			

mpcode	Voor-spelling		Toe-deling		Voorspelling				Toedeling					Voorspelling					Toedeling				
	hg1	hg2	hg1	hg2	g1	g2	g3	g4	g1	g2	g3	g4	ct1	ct2	ct3	ct4	ct5	ct1	ct2	ct3	ct4	ct5	
B7202496	B		B		B1	B2	B4		B2	B1			B1-6	B2-10	B4-14b			B2-10	B1-6				
B7202581	B		B		B2				B1				B2-10					B1-6					
B7202582	B		B		B2				B1	B2	B4		B2-10					B1-6	B2-10	B4-19			
B7202584	B		B		B2				B2	B1			B2-10					B2-10	B1-6				
B7202585	B		B		B2				B2	B1			B2-10					B2-10	B1-6				
B7202594	B		B		B2				B2				B2-10					B2-10					
B7202686	B		B		B2				B2	B1	B4	B5	B2-10					B2-10	B1-6	B4-19	B5-9		
B7202995	B		B		B2	B1			B1	B2			B2-10	B1-6				B1-6	B2-10				
B7202n83	B		B		B2				B1				B2-10					B1-6					
B7202o81	B		B		B2				B1				B2-10					B1-6					
B7202o84	B		B		B2				B1				B2-10					B1-6					
B7202o85	B		B		B2				B1	B2			B2-10					B1-6	B2-10				
B7203499	B		B		B4	B1			B2				B4-19	B1-6				B2-10					
B7203581	B		B		B2	B4			B5				B2-10	B4-19				B5-9					
B7203583	B		B		B2	B4			B4	B1			B2-10	B4-14a				B4-19	B1-6				
B7203585	B		B		B2				B2	B4			B2-10					B2-10	B4-19				
B7203587	B		B		B2	B4			B2	B5	B4		B2-10	B4-19				B2-10	B5-9	B4-19			
B7203588	B		B		B4	B2	B1		B4	B2	B5		B4-14b	B4-14a	B4-19	B2-10	B1-6	B4-19	B2-10	B5-9			
B7203590	B		B		B4	B2	B1		B4	B1	B2		B4-19	B2-10	B2-1	B1-6		B4-19	B1-6	B2-10			
B7203591	B		B		B4	B2	B1		B4	B2	B1		B4-19	B2-10	B1-6			B4-19	B2-10	B1-6			
B7203686	B		B		B2				B4				B2-10					B4-19					
B7203689	B		B		B4	B2	B1		B4	B1	B2		B4-14a	B2-10	B1-6			B4-19	B1-6	B2-10			
B7203990	B		B		B4	B1	B2		B1	B4			B4-19	B1-6	B2-10			B1-6	B4-19				
B7203995	B		B		B1	B4	B2		B4	B1			B1-6	B4-19	B2-10			B4-19	B1-6				
B7203n83	B		B		B2				B1				B2-10					B1-6					
B7203o80	B		B		B2	B4			B1				B2-10	B4-19	B4-14a			B1-6					
B7203o84	B		B		B2				B4				B2-10					B4-19					
B7203o85	B		B		B2	B4			B4				B2-10	B4-14a	B4-19			B4-19					
B7203o86	B		B		B2				B2	B1			B2-10					B2-10	B1-6				
B7203o87	B		B		B2	B4			B4				B2-10	B4-14a				B4-19					



mpcode	Voor-spelling		Toe-deling		Voorspelling					Toedeling												
	hg1	hg2	hg1	hg2	g1	g2	g3	g4	g1	g2	g3	g4	ct1	ct2	ct3	ct4	ct5	ct1	ct2	ct3	ct4	ct5
B7203o89	B		B		B4	B1	B2		B1	B4	B2		B4-19	B4-14a	B1-6	B2-10		B1-6	B4-19	B2-10		
B7203o99	B		B		B4	B1			B4				B4-19	B1-6				B4-19				
B7205182	B		B		B4	B2	B1		B4	B5			B4-19	B2-10	B1-6			B4-14b	B5-9			
B7205382	B		B		B4	B2	B5	B1	B4				B4-19	B2-10	B5-31	B1-6		B4-14b				
B7205581	B		B		B4	B2			B1	B2	B4		B4-14a	B2-10				B1-6	B2-15	B4-14b	B4-14a	B2-10
B7205o81	B		B		B4	B1			B4				B4-19	B4-14a	B1-6			B4-14b				
B7207301	B		B		B4				B2				B4-19					B2-10				
B7255301	B		B		B2				B2				B2-10					B2-10				
B7255500	B		B		B2	B4	B1		B2				B2-10	B4-19	B1-6			B2-10				
B7255o00	B		B		B2				B2				B2-10					B2-10				
B7256301	B		B		B2				B2				B2-10					B2-10				
B7257301	B		B		B4	B2	B1		B2	B4			B4-19	B2-10	B1-6			B2-10	B4-19			
B7402494	A		B		A1				B2				A1-7					B2-10				
B7402o94	B	A	B		B5	A1			B2	B5			B5-9	A1-7				B2-10	B5-13	B2-15	B5-9	
B8702598	B		B		B2	B1			B1				B2-10	B1-6				B1-6				
B8702701	B		B		B2				B1	B2			B2-10					B1-6	B2-10			
B8702o01	B		B		B2				B2	B1			B2-10					B2-10	B1-6			
B8702o98	B		B		B1	B2			B1				B1-6	B2-15				B1-6				
B9729500	B		B		B4	B1			B1				B4-14a	B1-6				B1-6				
B9729597	B		B		B4				B1				B4-14b					B1-6				
B9729601	B		B		B4	B1			B1				B4-19	B1-6				B1-6				
B9729900	B		B		B4				B1				B4-19					B1-6				
B9729o01	B		B		B4	B1			B1				B4-19	B1-6				B1-6				
B9729o97	B		B		B4	B1			B1				B4-19	B1-6				B1-6				
B9769399	B		B		B2	B5			B2				B2-10	B5-9				B2-10				
B9769497	B		B		B2	B5			B2				B2-10	B5-26	B5-9			B2-10				
B9769997	B		B		B2	B5			B1				B2-10	B5-9	B5-26			B1-6				
B9771500	B		B		B4				B4				B4-19					B4-19				
B9771900	B		B		B4				B4				B4-19					B4-19				
B9792601	B		B		B4	B1			B2				B4-19	B1-6				B2-10				

mpcode	Voor-spelling		Toe-deling		Voorspelling				Toedeling															
	hg1	hg2	hg1	hg2	g1	g2	g3	g4	g1	g2	g3	g4	ct1	ct2	ct3	ct4	ct5	ct1	ct2	ct3	ct4	ct5		
B9792o01	B		B		B1	B4							B1-6	B4-19									B4-19	
B9853499	B		B		B2	B1							B2-10	B1-6									B2-10	
B9853o99	B		B		B1								B1-6										B1-6	
B9854499	B	A	B		B2	A1							B2-15	A1-24a									B2-10	
B9854997	B	A	B		B2	A1	A2			B1	B2		B2-15	A1-24a	A2-3a								B1-6	B2-10
B9854o99	A	B	B		A1	B2				B2	B1		A1-24a	B2-15									B2-10	B1-6
B9859499	B		B		B1					B2			B1-6										B2-10	
B9859997	B		B		B1	B2				B1			B1-6	B2-10									B1-6	
B9859o99	B		B		B1					B1			B1-6										B1-6	

Tabel 3.25 Hoofdgroepen (hg), groepen (gr) en cenotypen (ct) voorspeld en toegeedeeld met EKOO voor Vallei beken

mpc	Voorspelling			Toedeling			Voorspelling				Toedeling				Voorspelling					Toedeling						
	hg1	hg2	hg3	hg1	hg2	hg3	g1	g2	g3	g4	g1	g2	g3	g4	ct1	ct2	ct3	ct4	ct1	ct2	ct3	ct4	ct5			
B6004599	BB			MBK			C							F		S5	S4						S7			
B6004o99	BB			MBK			D							F		S12							S7	R9		
B7101584	MBK			BB	MBK		F				C	F	E	R9								S5	R9	S9	S4	S7
B7101585	MBK			BB	MBK		F				D	F	C	R9								S10	S7	R9	S4	S5
B7101586	MBK			MBK	BB		F				F	D		R9	S7							R9	S7	S10		
B7101588	MBK			BB			F				D			R9								S10	D8			
B7101683	MBK			MBK	BB		F				F	C		R9								R9	S7	S4		
B7101o84	MBK			MBK			F				F			R9								S7	R9			
B7101o85	MBK			MBK			F				F			S7	R9							S7	R9			
B7102588	BB			BB			C				E	C		S3								S9	S5			
B7103588	BB			MBK			C				F			S5								S7				
B7103991	BB			MBK			C	D			F			S5	D8							S7	S6			
B7123588	BB			BB			C				D	D		S5								D8	S10			
B7142494	BB			MBK			D	C			F			S12	S3							S7				
B7142o94	BB			MBK	BB	S	D	C			F	D	I	S12	S5							R9	S7	S10	D3	D8
B7151494	MBK	BB		BB	MBK		F	C	D		E	F	C	S7	S5	S10						S13	S7	S5	R9	S9

mpc	Voorspelling			Toedeling		Voorspelling				Toedeling				Voorspelling			Toedeling						
	hg1	hg2	hg3	hg1	hg2	hg3	g1	g2	g3	g4	g1	g2	g3	g4	ct1	ct2	ct3	ct4	ct1	ct2	ct3	ct4	ct5
B7151584	MBK			MBK	BB		F				F	C		S7	R9			S7	R9	S4			
B7151585	MBK			MBK			F				F			S7	R9			S7	R9				
B7151586	MBK				BB MBK		F			D	F			S7	R9			S10	D8	S7			
B7151683	MBK			MBK			F				F			S7	R9			R9	S7				
B7151o84	MBK			MBK			F				F			S7	R9			R9	S7				
B7151o85	MBK			MBK			F				F			S7				R9					
B7152n86	MBK			MBK			F				F			S7				S7	R9				
B7154494	S			MBK			I				F			D3				S7	R9				
B7154o94	S			MBK	S		I				F	I		D3				R9	S7	D3			
B7201499	MBK			MBK			F				F			R9				R9					
B7201o99	MBK			MBK			G				G			R4	R3			R4					
B7202301	MBK			MBK			F				F			R9				R9					
B7202483	MBK				PM MBK	S	F				K	F	I	R9				P8	R9	S7	D3		
B7202496	MBK				S MBK		F				I	F		R9				D3	R9	S7			
B7202581	MBK				S		F				I			R9				D3					
B7202582	MBK			MBK			F				F			R9				R9	S7				
B7202584	MBK			MBK	S		F				F	I		R9				R9	S7	D3			
B7202585	MBK			MBK			F				F			R9				R9	S7				
B7202594	MBK			MBK	BB		F				F	C		R9				R9	S5				
B7202686	MBK			MBK			F				F			R9				R9					
B7202995	S			MBK			I				F			D3				R9	S7				
B7202n83	MBK				S		F				I			R9				D3					
B7202o81	MBK				S PM		F				I	K		R9				P5	P8				
B7202o84	MBK				S		F				I			R9				D3					
B7202o85	MBK				S		F				I			R9				D3	P5				
B7203499	MBK			MBK			F				F			R9				S7	S6	R9			
B7203581	MBK			MBK			F				F			R9				R9	S7				
B7203583	MBK			MBK			F				G	F		R9				R3	R9	R4			
B7203585	MBK			MBK			F				F	G	G	R9				R9	S7	R3			
B7203587	MBK			MBK			F				F			R9				S7	R9				
B7203588	MBK			MBK			F				F			R9				R9	S7				

mpc	Voorspelling			Toedeling			Voorspelling			Toedeling			Voorspelling			Toedeling							
	hg1	hg2	hg3	hg1	hg2	hg3	g1	g2	g3	g4	g1	g2	g3	g4	ct1	ct2	ct3	ct4	ct1	ct2	ct3	ct4	ct5
B7203590	MBK			MBK			F	G			G			R9	R4			R4					
B7203591	MBK			MBK			F			F				R9				R9	S7				
B7203686	MBK			MBK			F			F				R9				R9					
B7203689	MBK			MBK			F			F	G			R9				R9	R4				
B7203990	MBK			MBK			G	F		G	F			R4	R9			R4	R9				
B7203995	MBK			MBK			F			F	G			R9				R9	R1				
B7203n83	MBK			MBK	PM		F			F	G	K		R9				R9	R4	P8			
B7203o80	MBK			S MBK	PM		F			I	F	K		R9				D3	R9	P8	S7		
B7203o84	MBK			MBK			F			F				R9				R9					
B7203o85	MBK			MBK			F			F				R9				R9					
B7203o86	MBK			MBK			F			F	G			R9				R9	R4				
B7203o87	MBK			MBK			F			F				R9				R9					
B7203o89	MBK			MBK			F			F				R9				R9					
B7203o99	MBK			MBK			F			G				R9				R4					
B7205182	MBK			BB MBK			F			E	F			R9				S9	R9				
B7205382	MBK			MBK			F			F				R9				R9	S7				
B7205581	MBK			S MBK			F			I	H			R9				P5	R5				
B7205o81	MBK			MBK	S		F			F	I			R9				R9	R2	P5			
B7207301	MBK			MBK			F			F				R9				R9					
B7255301	BB			MBK			C			F				S5	S4			R9					
B7255500	BB MBK			MBK			C	F		F				S4	S7	R9		R9					
B7255o00	MBK			MBK			F			F				S7				R9					
B7256301	BB			MBK			D			F				S12				S7	R9				
B7257301	MBK			MBK			F			F				S7	R9			S7	R9				
B7402494	BB			MBK			D			F				S10	D8			S7	R9	S6			
B7402o94	BB			BB MBK			D			E	D	F	D	D8	S10			S9	D8	R9	S7	S10	
B8702598	MBK			S			F			I				S7				D3					
B8702701	MBK			MBK			F			G				S7				R4					
B8702o98	MBK			S			F			I				S7				D3					
B8702o01	MBK			MBK			F			G	F			S7	R9			R4	R9				
B9729500	MBK			MBK	S		F			G	I			R9				R4	D3				

mpc	Voorspelling			Toedeling			Voorspelling				Toedeling				Voorspelling					Toedeling				
	hg1	hg2	hg3	hg1	hg2	hg3	g1	g2	g3	g4	g1	g2	g3	g4	ct1	ct2	ct3	ct4	ct1	ct2	ct3	ct4	ct5	
B9729597	MBK			MBK			F				G				R9								R4	
B9729601	MBK			MBK			F	G			G				R9	R4							R4	
B9729900	MBK			PM MBK			G	F			K	G			R4	R9							P8 R4	
B9729097	MBK			S MBK			F				I	F			R9								D3 R9	
B9729001	MBK			MBK			F				G				R9								R4	
B9769399	BB			MBK			C				F				S5								S7	
B9769497	BB			MBK			C				F				S4	S5							R9 S7	
B9769997	BB			S			C				I				S4								D3	
B9771500	MBK			MBK			G				G				R4								R4	
B9771900	MBK			MBK			G				G				R4								R4	
B9792601	MBK			MBK			F				G				R9								R4	
B9792001	MBK			MBK			F				G				R9								R4	
B9853499	MBK			MBK			F				F				S7								R9	
B9853099	MBK			S			F				I				S7								D3	
B9854499	BB			MBK			C				F				S5								S7	
B9854997	BB			S MBK			C				I	F			S5								D3 R9	
B9854099	BB	S MBK		MBK			C	D	I	F	F				S5	S12	D3	S7					R9 S7	
B9859499	S			MBK			I				F				D3								R9	
B9859997	S			S			I				I				D3								D3	
B9859099	S			S			I				I				D3								D3	

## **3.9 Scenario conclusies**

### **3.9.1 Inhoudelijke conclusies uit de scenarios**

- √ Het belangrijkste in het Rolderdiep is dat de saneringen alleen zichtbaar zijn op de meest benedenstroomse locatie, waar sprake is van een natuurlijk beektraject. De effecten zijn niet zichtbaar geworden in de genormaliseerde trajecten.
- √ Voor de Chaamse beken is inhoudelijk gebleken dat plaatsing van stuwbalken effecten heeft op de benedenstroomse beekmacrofauna.
- √ Voor de Rode beek voorspellen zowel MLR-BEEK I als II een fictieve verbetering, die niet met behulp van ASSOCIA kon worden aangetoond.
- √ De kwaliteit van de Vallei beken laat nogal te wensen over. Sanering heeft nauwelijks effect op het beekecosysteem.
- √ De hydrologische isolatie heeft mogelijk geleid tot een lichte kwaliteitsverbetering van de slootgemeenschap in polder Nooitgedacht. De veranderingen zijn echter te gering om duidelijke conclusies te kunnen trekken.

### **3.9.2 Conclusies cenotypenvoorspellingsmodellen**

#### ***MLR-BEEK I en II***

- √ Beide cenotypenvoorspellingsmodellen voorspellen het merendeel van de hoofdgroepen voor alle scenario's op gelijke wijze als de toedeling met behulp van ASSOCIA.
- √ Voor MLR-BEEK II blijkt dat de groepen B4 en B1 (Rolderdiep, Vallei beken) aan elkaar gerelateerd zijn.
- √ Voor beide modellen blijkt dat op cenotype-niveau de cenotypen 6 en 9, 19, 10 (Rolderdiep, Chaamse beken, Vallei) aan elkaar gerelateerd zijn. Ze worden vaak door elkaar voorspeld en toegedeeld.
- √ Door in de voorspellingen rekening te houden met verwantschap tussen cenotypen en het voorkomen van mengsels/overgangen tussen typen blijkt de voorspelling sterk te verbeteren op zowel hoofdgroep-, groep- als cenotype-niveau. De eerste en tweede hoogste kans in de cenotypenvoorspelling levert samen vaak tot een 45-55% gelijke voorspelling op als toedeling.

#### ***MLR-SLOOT I en II***

- √ Beide cenotypenvoorspellingsmodellen voorspellen de hoofdgroepen op gelijke wijze als de toedeling met behulp van ASSOCIA.
- √ MLR-SLOOT-I laat een duidelijke verbetering zien na hydrologische isolatie terwijl MLR-SLOOT-II niet reageert. Dit duidt op een betere voorspelling door MLR-SLOOT I.

#### ***EKOO***

- √ Voor de beken en de sloten zijn de hoofdgroepen meestal gelijk voorspeld en toegedeeld.

- √ De voorspellingen leiden bij de beken vaak tot een verschil in dimensie (bijvoorbeeld bovenlopen in plaats van middenlopen) ten opzichte van de toedelingen.
- √ Er lijkt een relatie in de voorspelling te bestaan tussen S7 (*gereguleerde middenloop*) en S5 (*saprobe boven-middenloop*). S9 (*saprobe beekpoelen/droogvallende gereguleerde bovenloop*) en S6 (*half natuurlijke middenloop*) zijn steeds gelijk voorspeld als toegedeeld (Chaamse beken)
- √ Andere veel voorkomende relaties betroffen veelal S6 (*half natuurlijke-*) en S7 (*gereguleerde middenloop*) (Rolderdiep) en R9 (*gereguleerde benedenlopen*) ten opzichte van D3 (*sloten/stilstaande gereguleerde benedenlopen*).

### **3.9.3 Algemene conclusies en aanbevelingen**

- √ De modellen blijken gevoelig voor kleine verschillen in invoerparameterwaarden tussen nauw verwante typen. Dit behoeft nader onderzoek vooral die typen die door elkaar heen voorspeld en toegedeeld worden.
- √ Vaak blijkt dat de eerste (volgens model de meest waarschijnlijke) voorspelling niet correspondeert met de toedeling, maar de tweede beste voorspelling juist wel, daar waar de eerste niet klopt. Dit onderstreept het belang van het gebruiken van kansen op combinaties van cenotypen die volgen uit de voorspelling.
- √ De eutrofe sloten in Nooitgedacht zijn met behulp van EKOO in bredere watergangen met een redelijke kwaliteit geplaatst. Toch lijkt de consistentie (constantie of stabiliteit) in voorspellingen verkregen met behulp van EKOO ten opzichte van de MLR modellen slechter.
- √ Een intercalibratie tussen EKOO en de sloten- en bekenmodellen kan inzicht in de oorzaken verschaffen van verschillende voorspellingen.
- √ De voorspellingsresultaten kunnen in bepaalde mate beïnvloed zijn door de wijze waarop de milieuparameters opgesteld zijn. Het verdient nader onderzoek de marges in de invoerparameters en de daaruit voortvloeiende effecten vast te stellen. Met andere woorden wat gebeurt er met het voorspellingsresultaat indien de parameter voor 20-40% wordt verlaagd of opgehoogd.
- √ Het verdient aanbeveling om ontbrekende invoerparameters onafhankelijk te schatten met behulp van imputatie ten opzichte van de beschikbare parameters. deze module zou onderdeel moeten gaan vormen van het toekomstig instrumentarium.

## **3.10 Model-validatie overall**

### **3.10.1 Milieu-variabelen**

Het verkrijgen van een geschikte reeks gegevens om een realistisch scenario te formuleren is erg moeilijk en arbeidsintensief gebleken. Daarbij komt dat een deel van de invoervariabelen niet of moeilijk beschikbaar zijn en dat de verschillen tussen de waterbeheerders groot zijn. Er is een verschil in gemeten variabelen, in frequentie

van meting en in meetmethode geconstateerd. Voor een optimaal gebruik van meetgegevens is standaardisatie een eerste en uiterst belangrijke randvoorwaarde. In tabel 3.26 is een samenvatting van de beschikbaarheid van de vereiste milieuvariabelen voor de MLR-BEEK modellen gegeven. Het blijkt dat circa 20% van de metingen van andere dan directe meting stammen. Dit heeft invloed op de voorspellingsresultaten, echter de omvang verdient nader onderzoek.

Tabel 3.26 Beschikbaarheid van de meetgegevens voor de cenotypenvoorspellingsmodellen  
Per scenario: MLR-BEEK

variabele	Vallei beken		Chaamse beken		Rode beek		Rolderdiep				
	ceno- type	meting	ceno- type	kaart./ e.j.	meting	cenoty pe	kaart/ e.j.	meting	ceno- type	kaart/ e.j.	meting
breedte		99	14			33			2	7	8
clmed		99			14			33			17
diepte		99	14			33			7		10
egvmed		99			14			33			17
meander		99		14			33			17	
nh490		99			14			33			17
nkjel90	27	72			14	3		30			17
no310		99			14	13		20			17
o2geh10		99			14			33			17
perman		99			14		33			17	
phmed		99			14			33			17
ptot90		99			14			33			17
schaduw		99	14			33				1	16
strmsn		99	14			22		11	10		7
stuw		99		14			33			17	
subslib		99	14			33			17		
subzand		99	14			33			17		
winter		99		14				33			17
<b>totaal</b>	<b>27</b>	<b>1755</b>	<b>84</b>	<b>42</b>	<b>126</b>	<b>203</b>	<b>99</b>	<b>292</b>	<b>53</b>	<b>59</b>	<b>194</b>
<b>%</b>	<b>1.5</b>	<b>98.5</b>	<b>33.3</b>	<b>16.7</b>	<b>50.0</b>	<b>34.2</b>	<b>16.7</b>	<b>49.2</b>	<b>17.3</b>	<b>19.3</b>	<b>63.4</b>

kaart/ej= van kaart of op basis van expert judgement

Per scenario: MLR-SLOOT

variabele	Nooitgedacht		meting
	cenotype	kaart/expert judgement	
ammonium			20
breedte			20
chloride			20
diepte		20	
droogval			20
egv			20
functie			20
gnatuur			20
gwei			20
inlaat			20
klei		20	
kwel	20		
nitraat			20



variabele	Nooitgedacht		meting
	cenotype	kaart/expert judgement	
pH			20
totaal N	20		
totaal P			20
vdrijf	20		
vermers	20		
vflab	20		
vsubmers	20		
zand		20	
<b>totaal</b>	<b>120</b>	<b>60</b>	<b>240</b>
<b>%</b>	<b>28.6</b>	<b>14.3</b>	<b>57.1</b>

Per scenario: MLR-EKOO

variabele	Vallei Chaamse beken		Rode beek		Rolderdiep		Nooitgedacht						
	meting	cenotype	kaart/ meting e.j.	cenotype	kaart/ meting e.j.	cenotype	kaart/ meting e.j.	cenotype	kaart/ meting e.j.				
B	99	14		33		2	7	8		20			
CA	99	14		33		15		2		20			
CL	99		14			33		17		20			
D	99	14		33		6	1	10	20				
DRIJF	99	14		33		1		16	20				
DROOGVAL	99		14		33			17		20			
EGV	99		14			33		17		20			
IRIR	99		14		33			17		20			
ISRE	99		14		33			17		20			
LAAGVEEN	99		14		33			17		20			
LSIR	99		14		33			17		20			
LSRE	99		14		33			17		20			
NH4	99		14			33		17		20			
NO3	99		14	12		21		17		20			
O2	99		14			33		17		20			
ONDER	99	14		33		1		16	20				
pH	99		14			33		17		20			
REGUL	99		14		33			17		20			
REGULNT	99		14		33			17		20			
S	99	14		22		11	10	7		20			
TOTB	99	14		33		1		16	20				
t-P	99		14			33		17		20			
VERVAL	99		14		33			17		20			
<b>Eindtotaal</b>	<b>2277</b>	<b>98</b>	<b>84</b>	<b>140</b>	<b>232</b>	<b>297</b>	<b>230</b>	<b>36</b>	<b>93</b>	<b>262</b>	<b>80</b>	<b>40</b>	<b>340</b>
<b>%</b>	<b>100.0</b>	<b>30.4</b>	<b>26.1</b>	<b>43.5</b>	<b>30.6</b>	<b>39.1</b>	<b>30.3</b>	<b>9.2</b>	<b>23.8</b>	<b>67.0</b>	<b>17.4</b>	<b>8.7</b>	<b>73.9</b>

Alle data tezamen

variabele	cenotype	van kaart of expert judgement	aangeleverd door beheerder
<b>totaal</b>	<b>993</b>	<b>774</b>	<b>5856</b>
<b>%</b>	<b>13.0</b>	<b>10.2</b>	<b>76.8</b>

### 3.10.2 Vergelijking voorspelling – toedeling

Om het gedrag van de cenotypenvoorspellingsmodellen te bepalen zijn de resultaten van de toedelingen en de voorspellingen per scenario en overall vergeleken. MLR-BEEK I laat een score van 73.3% op hoofdgroep 1-1 niveau en van 86% op hoofdgroep 1-2 niveau zien, terwijl voor het niveau van de cenotypen deze scores respectievelijk 30.4% en 45.3% bedragen (tabel 3.27). Voor de Rode beek is op hoofdgroepniveau slecht gescoord terwijl alleen voor de Chaamse beken op cenotype-niveau goed is gescoord.

Tabel 3.27 Resultaat van de vergelijking van de toedeling met de modelvoorspelling voor MLR-BEEK I

		hoofdgroep			cenotype			overig
		1-1	1-2	1-3	1-1	1-2	1-3	
Chaaamse beken	n	13			11			
(n=14)	%	92.9			78.6			
Rode beek	n	23	2	1	21		2	
(n=33)	%	69.7	75.8	78.8	63.6		69.7	69.7
Rolder diep	n	12	2		2	4	3	0
(n=17)	%	70.6	82.4		11.8	35.3	52.9	52.9
Vallei	n	83	5	1	28	24	5	1
(n=98)	%	84.7	89.8	90.8	28.6	53.1	58.2	59.2
totaal	n	131	9	2	62	28	10	1
n(= 162)	%	79.5	85.2	86.2	45.6	57.6	64.8	65.1

1-1 = vergelijking van de cenotypen met de hoogste kans op toedeling met ASSOCIA en beste modelvoorspelling; 1-2 = vergelijking van de hoogste/beste met de tweede beste/hoogste; 1-3 = vergelijking van de hoogste/beste met de derde beste/hoogste

MLR-BEEK II laat een score van 93% op hoofdgroepniveau 1-1 en van 98% op hoofdgroepniveau 1-2 zien. Op groepniveau bedragen deze scores respectievelijk 38% en 72%, terwijl voor het cenotype-niveau deze scores respectievelijk 29 en 55% zijn (tabel 3.28). Voor het Rolderdiep is op hoofdgroepniveau slecht gescoord terwijl alleen voor de Chaamse beken op groepniveau goed is gescoord. Op cenotype-niveau is voor Rode beek en Rolderdiep slecht gescoord.

Tabel 3.28 Resultaat van de vergelijking van de toedeling met de modelvoorspelling voor MLR-BEEK II

		hoofdgroep		groep			cenotype			overig
		1-1	1-2	1-1	1-2	1-3	1-1	1-2	1-3	
Chaaamse beken	n	12		9	1		7	1		
(n=14)	%	85.7		64.3	71.4		50.0	57.1		
Rode beek	n	11	1	3	5		2	3		
(n=33)	%	64.7	70.6	17.6	47		11.8	29.4		
Rolder diep	n	33		3	5		2	4	1	
(n=17)	%	100.0		9.1	24.3		6.1	18.2	21.2	
Vallei	n	94	2	45	33	1	29	23	5	4
(n=98)	%	95.9	97.9	45.9	79.6	80.6	29.6	53.1	58.2	62.3
totaal	n	150	3	60	44	1	40	31	6	4
n(= 162)	%	86.6	88.6	34.2	55.6	55.8	24.4	39.4	41.5	42.5

EKOO laat een score van 61% op hoofdgroepniveau 1-1 en van 75% op hoofdgroepniveau 1-2 zien. Op groepniveau bedragen deze scores respectievelijk

52% en 67%, terwijl voor het cenotype-niveau deze scores respectievelijk 34 en 48% bedragen (tabel 3.29). Voor het Rolderdiep is op hoofdgroepniveau slecht gescoord terwijl alleen voor de Chaamse beken op groepniveau goed is gescoord. Op cenotype-niveau is voor Rode beek en Rolderdiep slecht gescoord.

Tabel 3.29 Resultaat van de vergelijking van de toedeling met de modelvoorspelling voor EKOO

		hoofdgroep		groep			cenotype					
		1-1	1-2	1-3	1-1	1-2	1-3	overig	1-1	1-2	1-3	overig
Chaamse beken	n	13	1		12	2			2	9	1	1
(n=14)	%	92.9	100		85.7	100			14.3	78.6	85.7	92.8
Rode beek	n	26	5		17	6	3		5	4	4	2
(n=33)	%	78.8	94		51.5	69.4	78.5		15.2	27.3	39.4	45.5
Rolder diep	n	15			13				6	1		
(n=17)	%	88.2			76.5				35.3	41.2		
Vallei	n	58	14	1	44	19		1	36	17	5	1
(n=98)	%	59.2	73.5	74.5	44.9	64.3		65.3	36.7	54	59.1	60.1
totaal	n	112	20	1	86	27	3	1	49	31	10	4
n(= 162)	%	79.8	88.9	89.2	64.6	77.6	79.9	80.1	25.4	50.3	56.4	59.9

MLR-SLOOT I en II laten beide een score van 100% op hoofdgroepniveau zien. Op cenotype-niveau bedragen deze scores respectievelijk 48% en 80% voor model I en 95% voor model II (tabel 3.30). MLR-SLOOT II voldoet voor dit scenario beter.

Tabel 3.30 Resultaat van de vergelijking van de toedeling met de modelvoorspelling voor MLR-SLOOT I en II

MLR-SLOOT		hoofdgroep		cenotype		cenotype	
		I	II	I	II	I	II
		1-1	1-1	1-1	1-1	1-2	1-1
Nooitgedacht	n	20	20	9	16	19	19
(n=20)	%	100	100	45	80	95	95

EKOO (tabel 3.31) laat redelijke resultaten op het tweede niveau zien (steeds een gelijk type 75%). De percentages op cenotype-niveau zijn ongeveer gelijk aan die voor MLR-SLOOT I.

Tabel 3.31 Resultaat van de vergelijking van de toedeling met de modelvoorspelling voor EKOO

		hoofdgroep		groep		cenotype	
		1-1	1-2	1-1	1-2	1-1	1-1
Nooitgedacht	n	17	3	.17	3	12	7
(n=20)	%	85	100	85	100	60	95

### 3.11 Conclusies model-validatie overall

De resultaten van de scenario's zijn gebruikt om een vergelijking te maken tussen toedeling op basis van de macrofauna en modelvoorspelling op basis van geselecteerde milieu-variabelen. Beide technieken bevatten in zichzelf een bepaalde mate van onzekerheid. Omdat de grootte-orde van deze onzekerheid onbekend is maar bij toepassing van beide technieken theoretisch verdubbeld kan worden dient met deze fout rekening te worden gehouden. De grootte-orde van deze fout verdient echter nader onderzoek zowel als de oorzaken.

De vergelijking van de resultaten van MLR-BEEK I en MLR-BEEK II duiden erop dat MLR-BEEK II iets beter presteert. Dit is waarschijnlijk vooral te danken aan het derde hiërarchisch niveau in dit model.

EKOO presteert in vergelijking tot MLR-BEEK II op hoofdgroepniveau slechter voor deze stromende wateren. Op groepniveau scoort EKOO beter op groepniveau 1-1 terwijl MLR-BEEK beter scoort op groepniveau 1-2. Op cenotype-niveau herhaalt zich dit verschijnsel. Overall lijkt MLR-BEEK II beter te voldoen.

Indien de kruisvalidatie kansen op cenotype-niveau van de vier MLR modellen worden vergeleken dan blijkt dat de terugvoorspellingen van de slotenmodellen iets beter zijn dan die voor de beken (tabel 3.32).

*Tabel 3.32 De gemiddelde terugvoorspelkansen voor de vier modellen*

Cenotypevoorspellingsmodel	gemiddelde terugvoorspelkans
MLR-BEEK I	0.401
MLR-BEEK II	0.396
MLR-SLOOT I	0.492
MLR-SLOOT II	0.475

In het licht van deze kansen presteren de MLR-modellen voor de scenario's in ruime mate. De terugvoorspelkansen zijn gebaseerd op het meest waarschijnlijke type, indien nauw verwante type betrokken zouden worden gaan deze kansen verder omhoog.

De calibratie toonde een uitstekende, bijna 100% correcte terugtoedeling. De oorzaken van een mogelijk onjuiste toedeling in de scenario's zijn vaak moeilijk te achterhalen. Te denken valt aan onvolkomenheden in het monsternamen- en determinatie-proces. Het verdient zeker nader aandacht om de oorzaken van afwijkende toedeling te onderzoeken en te komen tot aanbevelingen ter verbetering of tot het formuleren van eisen waaraan toe te delen monsters moeten voldoen. Een dergelijke standaardisatie in methoden is in het algemeen voor monitoringsstudies van groot belang om foutenmarges sterk te verkleinen. Daarnaast is ook de range waarbinnen typen toedeelbaar zijn nog onbekend; hebben meer abundante soorten een grotere invloed of spelen juist incidenteel voorkomende soorten een rol?. Met een eventuele onzekerheidsmaat kan worden bepaald of het toedelingsresultaat wel voldoende betrouwbaar is.

De resultaten van deze studie tonen aan dat scenario-studies gepaard kunnen gaan met ecologische effectvoorspelling. Zeker op hoofdgroep- en groepniveau kunnen met een behoorlijke mate van zekerheid uitspraken over te verwachten effecten van ingrepen of gewijzigde milieu-omstandigheden worden gedaan. Dit geldt zeker voor beleidsstudies op nationale en provinciale schaal en voor het operationeel waterbeheer. Voor stroomgebiedsbenederingen zoals voortvloeiende uit de Europese Kaderrichtlijn Water en WB21. Voorbeelden zijn gebiedsgerichte maatregelen, herinrichting stroomgebieden, waternoodstudies, laagwater effecten en effecten van reducties in nutriëntenstromen. Voor locatie-gebonden effecten dient enige voorzichtigheid in acht te worden genomen. De betrouwbaarheid zal in ieder geval groter worden indien een groter aantal locaties en/of een groot aantal momenten in de tijd betrokken worden.

## Referenties

- AQEM consortium 2002. Manual for the application of the AQEM system. A comprehensive method to assess European streams using benthic macroinvertebrates, developed for the purpose of the Water Framework Directive. Version 1.0, February 2002.
- Aquasense 1999. Ecologische effecten van verstuwning in enige Chaamse beken. De uitgangssituatie vergeleken met de situatie na plaatsing van schotbalken (1997) i.o.v. Hoogheemraadschap West-Brabant. Rapportnummer 99.1139.
- Armitage P.D., D. Moss, J.F. Wright & M.T. Furse 1983. The performance of a new biological water quality score system based on macroinvertebrates over a wide range of unpolluted running-water sites. *Water Res.* Vol. 17, no 3: 333-347.
- Bode R.W. 1988. Quality Assurance Work Plan for Biological Stream Monitoring in New York State. Stream Biomonitoring Unit, Bureau of Monitoring and Assessment, Division of Water, New York State Department of Environmental Conservation, Albany, NY.
- Bootsman H. 1985. Gradiëntonderzoek in een gedeelte van de Drentse Aa. Stageverslag Zuiveringsschap Drenthe.
- Bos B. 1995. Het Rolderdiep: onderzoek naar de invloed van overstorten op de waterkwaliteit. Stageverslag Zuiveringsschap Drenthe.
- Chandler J.R. 1970. A biological approach to water quality management. *Wat. Pollut. Control*, 69, 415-422.
- Chutter F.M. 1972. An empirical biotic index of the quality of water in South African streams and rivers. *Wat. Res.*, 6, 19-30.
- Czekanowski, J. 1913. *Zarys metod statystycznych* (The principles of statistics). Warsaw Press, 1-422, Warsaw.
- Duursema, G. 1997. Hydrobiologisch onderzoek in het Rolderdiep. Een onderzoek naar het effect van lozingen van effluent en ongezuiverd rioolwater op de aquatische natuur. Zuiveringsschap Drenthe.
- EU 2000. Richtlijn 2000/60/EG van het Europees Parlement en de raad tot vaststelling van een kader voor communautaire maatregelen betreffende het waterbeleid. *Publicatieblad van de Europese Gemeenschappen*, L 327, 1-72.
- Gardeniers J.J.P. 1976. Problematiek en waarde van de biologische beoordeling van waterkwaliteit. In: *Practische aspecten van de hydrobiologie*. Landbouwhogeschool Wageningen, Vakgroep Waterzuivering, Wageningen.
- Gauch, H.G. 1982. *Multivariate analysis in community ecology*. Cambridge University Press, 1-298, Cambridge.
- Hartog C. den 1963. The amphipods of the Caltic region of the rivers Rhine, Meuse and Schelde in relation to the hydrography of the area. I: Introduction and hydrography. *Netherlands Journal of Sea Research* 2: 29-39.
- Hellawell, J.M. (1978). *Biological surveillance of rivers. A biological monitoring handbook*. Water Research Centre, NERC, 1-333, Stevenage.
- Higler L.W.G. & H.H. Tolkamp 1984. Karakterisering van stromende wateren met behulp van bioindicatoren: het geslacht *Hydropsyche* (Trichoptera). In E.P.H. Best & J. Haack (eds). *Ecologische indicatoren voor de*

- kwaliteitsbeoordeling van lucht, water, bodem en ecosysteem. Symposium van de Oecologische Kring, Utrecht, 14-15 oktober 1982. Pudoc, Wageningen.
- Hosmer D.W. & S. Lemeshow 1989. Applied logistic regression. Wiley, New York.
- Intergovernmental Task Force on Monitoring Water Quality 1993. The Multimetric Benadering for describing ecological condition. EPA, Position Paper No. 2
- Jaccard P. 1912. The distribution of the flora in the alpine zone. New. Phytol., 11, 37-50.
- Johnson R.K. 1998. Benthic macroinvertebrates. pp 85-166 In: Sjöar och vattendrag. Bakgrunds rapport, Biologiska parameter t. Wiederholm, ed., Naturvårdsverket Rapport 4921.
- Jongman, R.H.G., Ter Braak, C.J.F. & Van Tongeren, O.F.R. (1987). Data analysis in community and landscape ecology. Pudoc, 1-299, Wageningen.
- Karr J.R. 1991. Biological integrity: a long-neglected aspect of water resource management. Ecological Applications, 1(1): 66-84.
- Karr J.R., K.D. Fausch, P.L. Angermeier, P.R. Yant & I.J. Schlosser 1986. Assessing Biological Integrity in Running Waters: A Method and its Rationale. Special Publication 5. Illinois Natural History Survey, Urbana, Illinois.
- Kothe P. 1962. Der 'Artenfehlbetrag', ein einfaches Gütekriterium und seine Anwendung bei biologischen Vorfluteruntersuchungen. Dtsch. Gewässerkundl. Mitt., 6, 60-65.
- Linde N. ter. & P.B. Worm 1996. Indices in de aquatische ecologie: een overzicht. Tauw, Deventer, 43p.
- Little R.J.A. & Rubin D.B. 1987. Statistical analysis with missing data. Wiley. New York.
- Mahalanobis, P.C. (1936). On the generalized distance in statistics. Proceedings of the National Institute of Science, India, 2, 49-55.
- Mason W.T., P.A. Lewis & C.I. Weber 1985. An evaluation of benthic macroinvertebrate biomass methodology. Environmental Monitoring and Assessment, 5, 399-422.
- Nijboer R.C. 1996. Ecologische karakterisering van oppervaktewateren in Overijssel: Toetsing van een expertsysteem voor regionaal waterbeheer. Afstudeerverslag, Vakgroep Milieukunde, Katholieke Universiteit Nijmegen, Nijmegen, 75p.
- Nijboer R.C., Goedhart P.W., Verdonschot P.F.M. & Ter Braak C.J.F. 1998. Effecten van ingrepen in het waterbeheer op aquatische levensgemeenschappen. cenotypenbenadering, fase 1: ontwikkeling van het prototype. RIZA werkd. 98.141X, STOWA werkrapp. 98-W-03, RIVM rapportnr 70 37 18 004. 140 pp.
- Ohio Environmental Protection Agency 1987. Biological Criteria for the Protection of Aquatic Life: Volume I-III. Ohio EPA, Division of Water Quality Monitoring and Assessment, Surface Water Section, Columbus Ohio.
- Pianka E.R. 1978. Evolutionary ecology. Harper and Row Publishers, New York.
- Plafkin J.L., M.T. Barbour, K.D. Porter, S.K. Gross & R.M. Hughes 1989. Rapid Bioassessment Protocols for Use in Streams and Rivers: Benthic Macroinvertebrates and Fish. EPA/44/4-89-001. U.S. EPA, Office of Water, Washington, D.C.

- Preston E.M. & B.L. Bedford 1988. Evaluating cumulative effects on wetland functions: a conceptual overview and general framework. *Environmental Management* 12: 515-583.
- Resh V.H. & G. Grodhaus 1983. Aquatic insects in urban environments. In *Urban Entomology: Interdisciplinary Perspectives*, eds. G.W. Frankie & C.S. Koehler, 247-76. Praeger Pubs., New York.
- Rosenberg D.M. & V.H. Resh 1993. *Freshwater bio-monitoring and benthic macro-invertebrates*. Chapman & Hall, New York.
- Rubin D.B. 1996. Multiple imputation after 18+ years. *Journal of the American Statistical ASSOCIATION*, 91, 473-489.
- Schafer J.L. 1997. *Analysis of incomplete multivariate data*. Chapman and Hall. London.
- Shackleford B. 1988. *Rapid Bioassessments of Lotic Macroinvertebrate Communities: Biocriteria Development*. Biomonitoring Section, Arkansas Department of Pollution Control and Ecology, Little Rock, AR.
- Shannon C.E. & W. Weaver 1949. *The mathematical theory of communication*. The University of Illinois Press., Urbana, 107p.
- Sørensen T 1948. A method of establishing groups of equal amplitude in plant sociology based on similarity of species content and its application to analyses of the vegetation on Danish commons. *Biol. Skr.*, 5, 1-34.
- Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer 1992. *Ecologische beoordeling en beheer van oppervlaktewater: Beoordelingssysteem voor stromende wateren op basis van macrofauna*. STOWA, Utrecht, 58p.
- Ten Brink B.J.E., Strien A. van, Hinsberg A. van, Reijnen M.S.J.M., Wiertz J., Alkemade J.R.M., Dobben H.F. van, Higler L.W.G., Koolstra B.J.H., Ligtvoet W., Peijl M. van der & Semmekrot S. 2000. *Natuurgraadmeters voor de behoudoptiek*. RIVM, Alterra, CBS. RIVM rapport 408657005.
- Ter Braak, C.J.F. (1987). *CANOCO -A FORTRAN program for canonical community ordination by [partial] [detrended] [canonical] correspondence analysis, principal component analysis and redundancy analysis (version 2.1)*. TNO Institute of Applied Computer Science, 1-95, Wageningen, The Netherlands
- Thienemann A. 1925. *Die Binnengewässer Mitteleuropas. Eine Limnologische Einführung*. In: *Die Binnengewässer*, BD. 1. Schweizerbart, Stuttgart.
- Tolkamp H.H. & J.J.P. Gardeniers 1971. *Hydrobiological survey of lowland streams*. PhD Thesis, Standaard boekhandel, Tilburg, 286p.
- Tongeren O. van 2000. *Programma ASSOCIA: Gebruikershandleiding en voorwaarden*. Data-Analyse Ecologie, s.l.
- Verdonschot P.F.M. & Nijboer R.C. 2000. *Actueel en potentieel ecologisch typologisch netwerk van beken in Nederland*. Alterra, Wageningen.
- Verdonschot P.F.M. & P.W. Goedhart 2000. *RISTORI. Effecten van ingrepen in het waterbeheer op aquatische levensgemeenschappen. Cenotypenbenadering, fase 2: Verfijning van het prototype*. Alterra rapport.
- Verdonschot P.F.M. 1983. *Ecologische karakterisering van oppervlaktewateren in Overijssel*. *H<sub>2</sub>O*, 16, 547-579.

- Verdonschot P.F.M. 1990a. Ecological characterization of surface waters in the province of Overijssel (The Netherlands). Thesis, Agricultural University, Wageningen, 1-255.
- Verdonschot P.F.M. 1990b. Ecologische karakterisering van oppervlaktewateren in Overijssel. Het netwerk van cenotypen als instrument voor ecologisch beheer, inrichting en beoordeling van oppervlaktewateren. Provincie Overijssel, Zwolle, Rijksinstituut voor Natuurbeheer, Leersum, 301p.
- Verdonschot P.F.M., M. Koopmans & R.C. Gerritsen 1999. Ecologisch maatweb stromende wateren. Waterschap Veluwe en Waterschap Vallei & Eem. 142 pp.
- Verdonschot, P.F.M. & R.C. Nijboer 2002. Macrofauna en vegetatie van de Nederlandse beken. Van ecologisch-typologisch netwerk tot beoordeling. Alterra, Wageningen. (in prep.)
- Vlek H.E., P.F.M. Verdonschot & Nijboer R.C. 2002. AQEM. De ontwikkeling van een beoordelingssysteem gebaseerd op macrofauna voor de Nederlandse beken in Europees verband. in prep. Alterra, Wageningen. (in prep.)
- Weber C.I. 1973. Biological Field and Laboratory Methods for Measuring the Quality of Surface Waters and Effluents. EPA-670/4-73-001. U.S. Environmental Protection Agency, Cincinnati, OH.
- Williams W.T. & M.B. Dale 1965. Fundamental problems in numerical taxonomy. *Advance. Bot. Res.*, 2, 35-68.
- Zelinka M. & P. Marvan 1961. Zur Prazisierung der biologischen Klassifikation der Reinheit fliessender Gewasser. *Arch. Hydrobiol.*, 57, 389-407.
- Zonneveld I.S. 1984. Grondslagen voor de bioindicatie. In: E.P.H. Best & J. Haeck (eds). *Ecologische indicatoren voor de kwaliteitsbeoordeling van lucht, water, bodem en ecosystemen.*