

**De werking van RWS KRW  
maatregelen in conceptuele  
relatieschema's**



# **De werking van RWS KRW maatregelen in conceptuele relatieschema's**

Gertjan Geerling

1220984-000

**Titel**

De werking van RWS KRW maatregelen in conceptuele relatieschema's

**Opdrachtgever**  
WVL

**Project**  
1220984




**Pagina's**  
28

**Trefwoorden**

KRW, Natura 2000, rijkswateren, herstelmaatregelen, relatieschema, conceptueel schema

**Samenvatting**

Dit rapport geeft relatieschema's voor zeven herstelmaatregelen, die Rijkswaterstaat toepast bij het ecologisch herstel van de rijkswateren. De geschematiseerde maatregelen zijn: natuur(vriende)lijke oevers, uiterwaard plassen (als een aspect van uiterwaard verlaging); eenzijdig aangetakte strangen, tweezijdig aangetakte nevengeulen, rivierhout, aanleg zeegras en kwelderherstel. De relatieschema's zijn bedoeld als hulpmiddel om inzichtelijk te maken op welke wijze maatregelen kunnen bijdragen aan het ecologisch herstel en tegelijkertijd in hoeverre maatregelen afhankelijk zijn van de toestand van het watersysteem waar ze uitgevoerd worden. De relatieschema's vormen een handvat om te bepalen welke aspecten bij de aanleg en evaluatie beschouwd moeten worden. De schema's lenen zich uitstekend voor communicatie tussen professionals die met deze maatregelen bezig zijn zoals: opstellers van monitoringsplannen; technische managers van uitvoeringsprojecten; inwerken nieuwe collega's; communicatie naar opdrachtnemers over een inrichtingsproject en omgevingsmanagers. De mate van detail van de schema's is hierop aangepast. Bij het ecologisch herstel zijn de beleidsdoelen van de KRW en Natura 2000 belicht. De richtlijn projectmonitoring vormde de basis voor de relatieschema's. De schema's zijn door experts en consultatie in een workshop met RWS en externe deskundigen aangevuld en voorzien van een korte toelichting.

Versie	Datum	Auteur(s)	Paraaf	Review	Paraaf	Goedkeuring	Paraaf
	April 2016	Gertjan Geerling Tom Buijse Wendy Liefveld Marieke van Katwijk Alma de Groot		Rick Wortelboer		Gerard Blom	

**Status**

Definitief concept

## Inhoud

<b>1 De werking van maatregelen in conceptuele relatieschema's</b>	<b>1</b>
1.1 Inleiding	1
1.2 Het waarom van een conceptueel relatieschema voor KRW-maatregelen?	1
1.3 Werkwijze	2
1.4 De uitgewerkte KRW maatregelen	2
1.5 Generieke opzet van de schema's	3
<b>2 Natuur(vriende)lijke oever</b>	<b>5</b>
2.1 Niveau – Waterlichaam / Uiterwaard	5
2.2 Niveau – Hydromorfologie en waterkwaliteit	7
2.3 Niveau – Habitat (binnen oever)	7
2.4 Biota	8
2.5 Monitoring	8
2.6 Beleidsdoelen	9
<b>3 Uiterwaardplassen</b>	<b>11</b>
3.1 Inleiding	11
3.2 Niveau – Waterlichaam / Uiterwaard	13
3.3 Niveau – Hydromorfologie en waterkwaliteit	13
3.4 Niveau – Habitat (geïsoleerde plas)	13
3.5 Biota	14
3.6 Beleidsdoelen	14
3.7 Monitoring	15
<b>4 Tweezijdig aangetakte nevengeulen en eenzijdig aangetakte strangen</b>	<b>17</b>
4.1 Inleiding	17
4.2 Niveau – Waterlichaam / Uiterwaard	20
4.3 Niveau – Hydromorfologie en waterkwaliteit (aangetakte geul of strang)	21
4.4 Niveau – Habitat (binnen een aangetakt water)	22
4.5 Biota	22
4.6 Monitoring	22
4.7 Beleidsdoelen	23
<b>5 Rivierhout</b>	<b>25</b>
5.1 Inleiding	25
5.2 Niveau – Hydromorfologie en waterkwaliteit (rivierhout)	26
5.3 Niveau - Habitat	28
5.4 Biota	28
5.5 Overig	29
5.6 Monitoring	29
<b>6 Zeegras</b>	<b>31</b>
6.1 Inleiding	31
6.2 Het conceptueel schema	31
6.3 Niveau – Hydromorfologie en waterkwaliteit (zeegras)	32
6.4 Niveau - Habitat	32
6.5 Biota	33

6.6	Verdere toepassingen voor het conceptueel schema t.b.v. behoud en bescherming	33
6.7	Monitoring	34
6.8	Bescherming van potentiële gebieden (maatregel, genoemd in Bak et al. 2013)	34
6.9	Beleidsdoelen	34
<b>7</b>	<b>Kwelder</b>	<b>35</b>
7.1	Conceptueel schema	35
7.2	Niveau Waterlichaam	35
7.3	Niveau – Hydromorfologie en waterkwaliteit	35
7.4	Niveau – Habitat (kwelder)	37
7.5	Biota	37
7.6	Gebieden	38
7.7	Verschillende typen ‘kwelder genererende maatregelen’	38
7.8	Doelen	39
<b>8</b>	<b>Literatuur</b>	<b>41</b>
 <b>Bijlage(n)</b>		
<b>A</b>	<b>Overzicht van Natura 2000-doelen voor het rivierengebied</b>	<b>A-1</b>
<b>B</b>	<b>Conceptuele schema’s</b>	<b>B-1</b>

# 1 De werking van maatregelen in conceptuele relatieschema's

## 1.1 Inleiding

Met de publicatie van de tweede tranche beheer en ontwikkelplan (beheerperiode 2016-2021) in december 2015 is het wenselijk om terug te kijken wat er is bereikt en welke maatregelen effectief zijn voor het doelbereik (Rijkswaterstaat, 2015). Het over langere termijn evalueren is nodig gezien het feit dat de doorwerking van uitgevoerde maatregelen veel tijd kan vragen en afhankelijk is van diverse omgevingsparameters.

Voor een goed begrip bij iedereen die met het ontwerp van de maatregelen, de monitoring of analyse bezig is, is het allereerst belangrijk helder over de werking van de maatregel te kunnen communiceren. En daarnaast, *een gezamenlijk gedragen begrip* te hebben van de werking van de maatregel. Om de communicatie te helpen, is gekozen om de werking van de KRW-maatregelen in conceptuele schema's weer te geven.

Rijkswaterstaat heeft Deltares gevraagd om schema's te maken voor diverse maatregelen op basis van de voorbeelden in Geerling (2013).

De uitgewerkte concepten van de schema's zijn gepresenteerd en besproken tijdens een expertbijeenkomst op 26 januari 2016. De uitgewerkte conceptuele relaties van de maatregelen zijn op basis van de workshop aangepast. Dit rapport bevat een toelichting op de schema's.

## 1.2 Het waarom van een conceptueel relatieschema voor KRW-maatregelen?

Bij experts en professionals bestaan verschillende beelden van de werking van KRW-maatregelen. Dit kan leiden tot spraakverwarring, daling van efficiëntie in projecten omdat men elkaar pas in een later stadium begrijpt, minder doelgerichte of onvolledige projectmonitoring, onduidelijkheid bij het vaststellen effectiviteit van de maatregel, het toetsen hypothesen van de effectiviteit met behulp van monitoringsdata of het niet halen van de KRW-doelen.

Een conceptueel relatieschema van een maatregel geeft de werking van de belangrijkste beïnvloedende factoren overzichtelijk weer. Het is een "praatstuk" dat op tafel kan worden gelegd tijdens vergaderingen. Zulke schema's worden gebruikt bij het met een groep verkennen van een probleem, waarbij het proces zelf (het opstellen van het schema) helpt elkaars standpunten beter te begrijpen. Dit laatste aspect speelt nu geen rol maar het geeft duidelijk aan dat de schema's in de kern een communicatiemiddel zijn. Eigenlijk zijn ze ook nooit af, het blijft een levend en veranderend een praatstuk.

Door het opstellen van conceptuele relatieschema's van KRW-maatregelen kan de inhoudelijke werking van inrichtingsmaatregelen beter worden gecommuniceerd en zo tot beter gedragen besluiten leiden. De in dit rapport gemaakte schema's zijn voor de volgende doelgroepen nuttig:

- Opstellers van monitoringsplannen
- Technische managers van uitvoeringsprojecten
- Inwerken nieuwe collega's
- Communicatie naar opdrachtnemers over een inrichtingsproject
- Omgevingsmanagers (om beter begrip van de maatregel te krijgen)

### 1.3 Werkwijze

De uit te werken maatregelen zijn door de opdrachtgever gekozen, zie paragraaf 1.4. De conceptuele schema's zijn met behulp van expertkennis opgesteld. Het eindresultaat is in drie stappen bereikt: i) een initieel schema is door een expert opgesteld in overleg met de projectuitvoerder van Deltares, ii) deze initiële schema's zijn in een workshop (Utrecht, 26 januari 2016) plenair gepresenteerd en daarna in werkgroepen van 4 tot 6 personen uitgebreid besproken, iii) aanvullingen op de schema's zijn verwerkt waarna de complete set schema's nog eenmaal ter controle naar de deelnemers van de workshop is verzonden.

Deelnemers workshop:

- Jan-Joost Bakhuizen (RWS)
- Tom Buijse (Deltares)
- Clara Chrzanowski (Deltares)
- Gertjan Geerling (Deltares)
- Alma de Groot (Imares)
- Dick de Jong (voorheen RWS)
- Marieke van Katwijk (Ecoscience)
- Bas Kers (RWS)
- Wendy Liefveld (Bureau Waardenburg)
- Ute Menke (RWS)
- Ruurd Noordhuis (Deltares)
- Marieke Ohm (RWS)
- Margriet Schoor (RWS)
- Arjan Sieben (RWS)

### 1.4 De uitgewerkte KRW maatregelen

De selectie van maatregelen is gebaseerd op de maatregelen in de richtlijn projectmonitoring (Bak, Liefveld & van Splunder, 2013). Daarnaast is rivierhout als een nieuwe maatregel toegevoegd. Hieronder een overzicht van de maatregelen en de hoofdauteur(s):

Zoet:

- Natuur(vriende)lijke oevers (Gertjan Geerling en Tom Buijse, Deltares)
- Uiterwaardplassen (als een aspect van uiterwaard verlaging) (Tom Buijse en Gerben van Geest, Deltares)
- Eenzijdig aangetakte strangen (Gertjan Geerling en Tom Buijse, Deltares)
- Tweezijdig aangetakte nevengeulen (Gertjan Geerling en Tom Buijse, Deltares)
- Rivierhout (Wendy Liefveld, Bureau Waardenburg)



Zout:

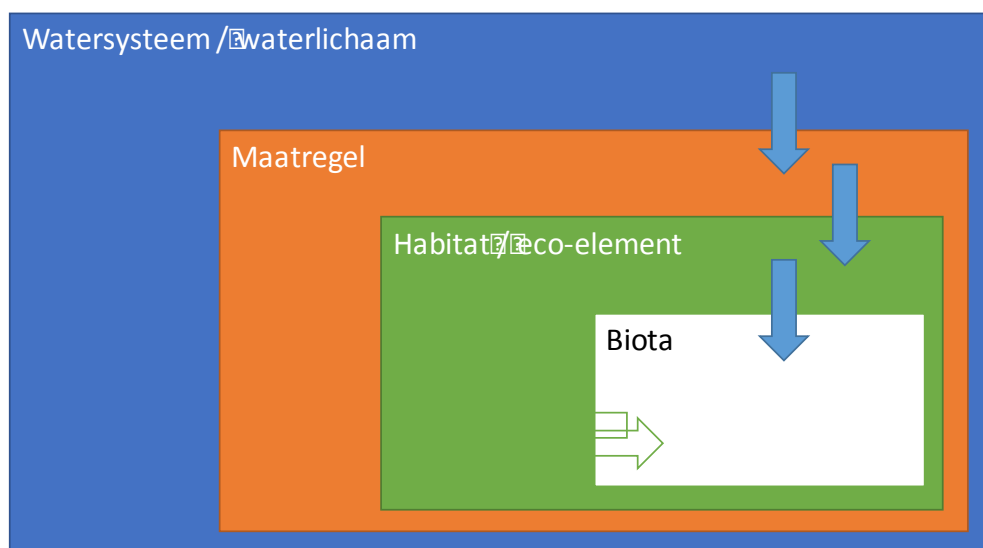
- Zeegras (Marieke van Katwijk en Tjisse van der Heide, Radboud Universiteit)
- Kwelderherstel (Alma de Groot, Imares)

Voor beschrijvingen van de maatregelen wordt verwezen naar de betreffende hoofdstukken van de richtlijn projectmonitoring, deze zijn niet herhaald in deze rapportage.

Van elke maatregel wordt het conceptuele schema gegeven met een korte beschrijving van de onderdelen van het schema. Elk hoofdstuk bevat de schema's op liggend A4 en in de bijlagen zijn ze op A3 formaat afgebeeld.

## 1.5 Generieke opzet van de schema's

Alle schema's bevatten verschillende ruimtelijke schalen: het schaalniveau boven de schaal van de maatregel zelf, niveau van de schaal van de maatregel zelf en eventueel nog een lager schaalniveau wanneer de maatregel verschillende habitats bevat die van belang zijn voor de biota (figuur 1.1).



Figuur 1.1. Schalen die in elk conceptueel schema zijn opgenomen. Het habitatschaalniveau komt niet in elk schema terug.

De pijlen geven de beïnvloeding weer vanuit het hogere schaalniveau op het lagere. Denk hierbij aan getijwerking of de effecten van een stuw die de waterstanden in de maatregel van bovenaf beïnvloeden. De groene pijlen geven de wisselwerking weer tussen habitat en biota. Een deel van de biota, bijvoorbeeld waterplanten en oeverplanten, vormt habitat voor andere biota, zoals vis en macrofauna.

In de conceptuele schema's verloopt het schaalniveau van links naar rechts met links het systeem en rechts de biota. De verdere mate van detail in elk schema is aan de experts overgelaten. Vooral de keuze voor relevante abiotische parameters, de habitat / eco-elementen en relevante biota verschilt per maatregel. De maatregelen zeegras en rivierhout zijn strikt genomen maatregelen op habitatniveau, al zegt dat niets over de schaal van zeegrasvelden die zeer groot kunnen zijn. Rivierhout is soms een onderdeel een andere maatregel, bijvoorbeeld een nevengeul of langs een oever.



Let op: de schema's zijn bedoeld voor overzicht en alhoewel ze mede door wetenschappers opgesteld, zijn ze niet altijd uitputtend. Doelstelling is om overzichtelijke schema's te maken waarmee men RWS-intern, met opdrachtgevers en –nemers de werking van maatregelen en de te monitoren parameters kan bespreken.

## 2 Natuur(vriende)lijke oever

*Auteurs: Gertjan Geerling, Tom Buijse*

Het conceptueel schema van een natuur(vriende)lijke oever is hoofdzakelijk gebaseerd op oevers langs (getijde) rivieren, figuur 2.1. Een complete tekstuele beschrijving van de maatregel is te vinden in Bak et al. (2013). In de digitale bijlage is het schema in A3 opgenomen.

In de beschrijving hieronder zijn de onderstreepte woorden terug te vinden als parameter in het conceptueel schema.

### 2.1 Niveau – Waterlichaam / Uiterwaard

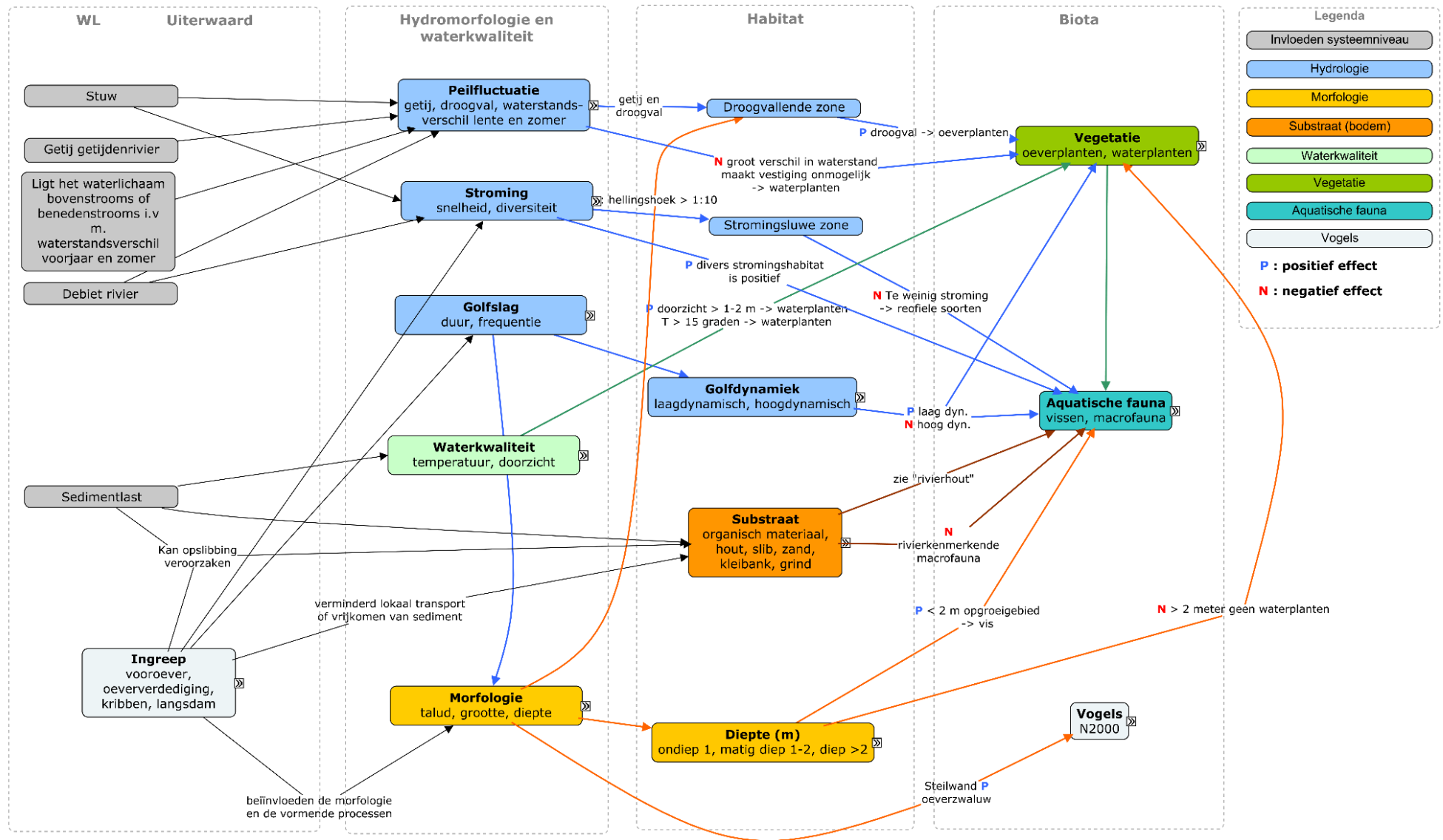
Een stuw in de hoofdgeul beïnvloedt de stroming (stroomsnelheid) en de peilfluctuatie langs de oever. Met een stuw wordt de stroming en peilfluctuatie sterk beperkt gedurende een groot deel van het seizoen. Een verminderde peilfluctuatie beïnvloedt de droogval in de oeverzone en daarmee de grootte van de oeverzone en zo kansen voor oeverplanten.

In een zoetwatergetijdenrivier beïnvloedt het getij de droogvallende zone en hiermee de oeverplanten samenstelling. De mate van getij samen met het overtalud, bepaalt ook hoe groot (in oppervlak) de droogvallende zone is.

De waterstandskarakteristieken, of debiet van de hoofdgeul (waterlichaam) bepalen de mogelijkheden van waterplanten om zich te vestigen. In bovenstroomse delen van de rivier is het waterstandsverschil tussen lente en zomer te groot en hierdoor vindt geen of een sterk verminderde vestiging van waterplanten plaats.

De sedimentlast, met name de sliblast, van de rivier bepaalt het doorzicht en de mogelijke sedimentatie van substraat in op of voor de oever. In samenspel met het creëren van laagdynamische zones door bijvoorbeeld een vooroever, kan dit tot opslibbing van de oever leiden, en dus tot habitat met slib-substraat.

De verschillende lokale ingrepen die op een natuurlijke oever zijn gedaan beïnvloeden de morfologie direct en sturen de sedimentatie- en erosieprocessen. Een vooroever beïnvloedt de stroming en vermindert de mate van golfslag voor en op de oever. Kribben, langsdammen en oeververdediging beïnvloeden erosie en sedimentatieprocessen. Kribben en langsdammen beïnvloeden lokale stromingspatronen en snelheden.



Figuur 2.1. Conceptueel schema natuur(vriende)lijke oever.

## 2.2 Niveau – Hydromorfologie en waterkwaliteit

De peilfluctuatie (bijvoorbeeld getij), en vooral de mate van droogval, heeft effect op de oeverzone en de oeverplanten waarbij een grotere oeverzone tot meer potentie voor oeverplanten leidt. Op trajecten waar de waterstand in de lente meer dan 2 meter hoger is dan de zomerwaterstand, wordt het vestigen van waterplanten belemmert.

De mate van stroming, in termen van (gemiddelde) snelheid en stromingsdiversiteit, bepalen de habitatvariatie in het water. Een grotere stromingsdiversiteit biedt kansen voor verschillende soorten macrofauna en juveniele vis en is een kenmerk van meer natuurlijke oevers. Een gemiddeld lage stroomsnelheid is niet kenmerkend voor rivieren.

Van golfslag wordt gedacht dat het invloed heeft op de ontwikkeling van de morfologie, met name het oeverprofiel. Het creëert verder extra hydrodynamiek voor vis en macrofauna, maar kan ook negatief werken. Het precieze effect is niet goed bekend.

De waterkwaliteit is chemisch hetzelfde als dat van rivierwater en niet verder gespecificeerd. Een belangrijke meer lokale factor is het doorzicht, deze beïnvloedt vooral groeimogelijkheden voor waterplanten.

De morfologie (vorm en grootte) van de oeverzone bepaalt de totaal aanwezige habitat. Daarbij is de diepte bepalend voor vestigingsmogelijkheden voor waterplanten. De taludsteilheid bepaalt de grootte van de oeverzone voor oeverplanten (hoe flauwer, hoe groter) en steilwanden zijn voor oeverzwaluwen nesthabitat. Het dwarsprofiel van de rivier, de aan-/afwezigheid van vooroevers, de situering in een binnen- of buitenbocht en de stroomsnelheid beïnvloeden de mate waarin een oever erodeert of sedimenteert. Omdat de hoofdgeul van de grote rivieren versmalt en verdiept is zullen de onbeschermden oevers doorgaans eroderen, terwijl achter vooroevers juist sedimentatie kan overheersen.

## 2.3 Niveau – Habitat (binnen oever)

De droogvallende zone is de zone waarin oeverplanten zich vestigen. De vorm van de oever, het talud, bepalen de hoeveelheid oever in oppervlakte. Het hangt van de lokale morfologische processen af hoe de oever zich ontwikkelt. Bijvoorbeeld en uit stortsteen gehaalde vrij eroderende oever zal in het rivierengebied een steilwand ontwikkelen met daarvoor een groter wordende ondiepe zone.

Een stromingsluwe zone is vaak het gevolg van een vooroever. Wanneer te weinig stromingsvariatie aanwezig is, bestaat het risico dat een slibhabitat ontstaat iets dat de macrofauna samenstelling een minder reoefiel karakter geeft. Daarbij zijn er voorbeelden dat in stromingsluwe delen wilgen opslaan.

Golfslag komt op oevers van nature voor maar wordt versterkt wanneer de oever aan een vaargeul ligt of haaks op prevalentie windrichtingen aan grote stukken open water. Golfslag zou de vestiging van waterplanten negatief kunnen beïnvloeden, maar zorgt in bijvoorbeeld stuwpannen voor hydrodynamiek op een anders laagdynamische oever.

In rivieren komen verschillende soorten substraat voor. Slib, kleibanken, zand, grind en organisch materiaal kunnen substraatvormen zijn in een nevengeul. Substraat is sterk bepalend voor de aanwezigheid van macrofaunasoorten. Hout is ook een type substraat en organisch materiaal, maar apart benoemd omdat het ook als aparte maatregel is beschouwd. Met substraat worden de typen materiaal bedoeld die onderdeel zijn van de habitat van soorten (bijvoorbeeld bodem voor waterplanten, paaigebied voor vis). In een natuurlijke omgeving is het voorkomen van de bodem gerelateerde substraten (slib, zand, grind, etc) afhankelijk van de lokale beschikbaarheid en de hydro- en morfodynamiek en vaak erg divers. Door ingrepen kunnen deze zo worden beïnvloed dat een natuurlijke variatie ontbreekt. Met veel slib, een substraattypen kenmerkend voor laagdynamische systemen, verschuift de soortensamenstelling naar een minder riviergebonden samenstelling.

De lokale diepte bepaalt ook de soortensamenstelling. Langs oevers zou een diversiteit aan diepten, met een groot aandeel ondiep, meestal de natuurlijke situatie zijn. Op diepten groter dan 2 m komen meestal geen riviergebonden waterplanten meer voor, dit in samenhang met het doorzicht.

Hout levert een bijdrage aan de habitatdiversiteit, zie de maatregel **rivierhout** voor meer detail.

## 2.4 Biota

Beschouwde biologie is vooral gekoppeld aan KRW-watertype R7/R8: vogels, reofiele vis, macrofauna, oeverplanten en submerse waterplanten.

## 2.5 Monitoring

Deze paragraaf bevat een expert opinie van de projectmonitoring. De hier gepresenteerde feiten zijn niet projectspecifiek maar bedoeld als generieke indruk van de mate waarin NVO-projecten op de in het conceptuele schema genoemde aspecten zijn gemonitord.

### Biota

In de projectmonitoring langs de grote rivieren wordt over het algemeen de nadruk gelegd op de monitoring van de biota, met name oeverplanten, waterplanten, macrofauna en vis. In enkele gevallen ook de aanpalende drogere oever en vogels (bijvoorbeeld NVO-Maas). De doelstelling van de monitoring (wanneer expliciet vastgelegd) is daarom vaak om de effectiviteit van de maatregel te bepalen, niet om de werking van de maatregel zelf beter te doorgronden. In de praktijk wordt de maatregel als geheel gemonitord door bijvoorbeeld het monstere van macrofauna met multihabitat-sampling waarbij alle samples worden gepoold. Je kan dan niets zeggen over de specifieke habitats binnen de maatregel. De maatregel wordt over het algemeen enkele jaren tot een decade gevolgd in een jaarlijkse of 2-jaarlijkse cyclus. Van maatregelen die in het verleden zijn gemonitord is soms nog een opvolging gedaan in latere jaren.

### Abiotiek

De monitoring van de abiotiek verschilt het meest tussen de projecten van natuurvriendelijke oevers. Op habitatniveau wordt meestal geen abiotische monitoring gedaan op doorzicht, substraat, stroomsnelheden of golfslag.

Bij NVO-Maas, een goed voorbeeld van een project waarin relatief veel wordt gemonitord, worden de oeverlijnen en ecotopen gevolgd, alsmede de oeverhoogte en de vaargeuldiepte. Het type sediment (substraat) in/op de oever wordt gevolgd op basis van enkele hap-monsters om de chemische vervuiling te meten; hiervan wordt ook de korrelgrootte bepaald. Er is meestal geen beeld van de (veranderingen in) substraatvariatie in de afzonderlijke ondiepe en diepere zone's van de oever.

Een ander belangrijk aspect is de "meta"-informatie over de maatregel. Vaak is niet gemonitord of opgeslagen hoe de maatregel is opgeleverd qua morfologie, terwijl deze informatie vaak wel bekend is bij de aannemer en is vastgelegd in documenten in de uitvoeringsfase.

## 2.6 Beleidsdoelen

### KRW

Doelsoorten van de KRW-type R7, R8 en R16 (van der Molen et al. 2012).

- Reofiele vis
- Kenmerkende en dominant positieve macrofauna
- Abundantie van submerse en drijvende waterplanten, soortensamenstelling van water- en oeverplanten.

### Natura 2000

Van Natura 2000-doelen voor het rivierengebied zijn de volgende relevant voor natuur(vriende)lijke oevers:

### Habitattypen

- H3270 Rivieren met slikoevers met vegetaties behorend tot het Chenopodietum rubri p.p. en Bidention p.p.
- H1099 Rivierprik (*Lampetra fluviatilis*)
- H1149 Kleine modderkruiper (*Cobitis taenia*)
- H1163 Rivierdonderpad (*Cottus gobio*)
- A229 IJsvogel (*Alcedo atthis*)
- A249 Oeverzwaluw (*Riparia riparia*)





### 3 Uiterwaardplassen

*Auteur: Tom Buijse*

#### 3.1 Inleiding

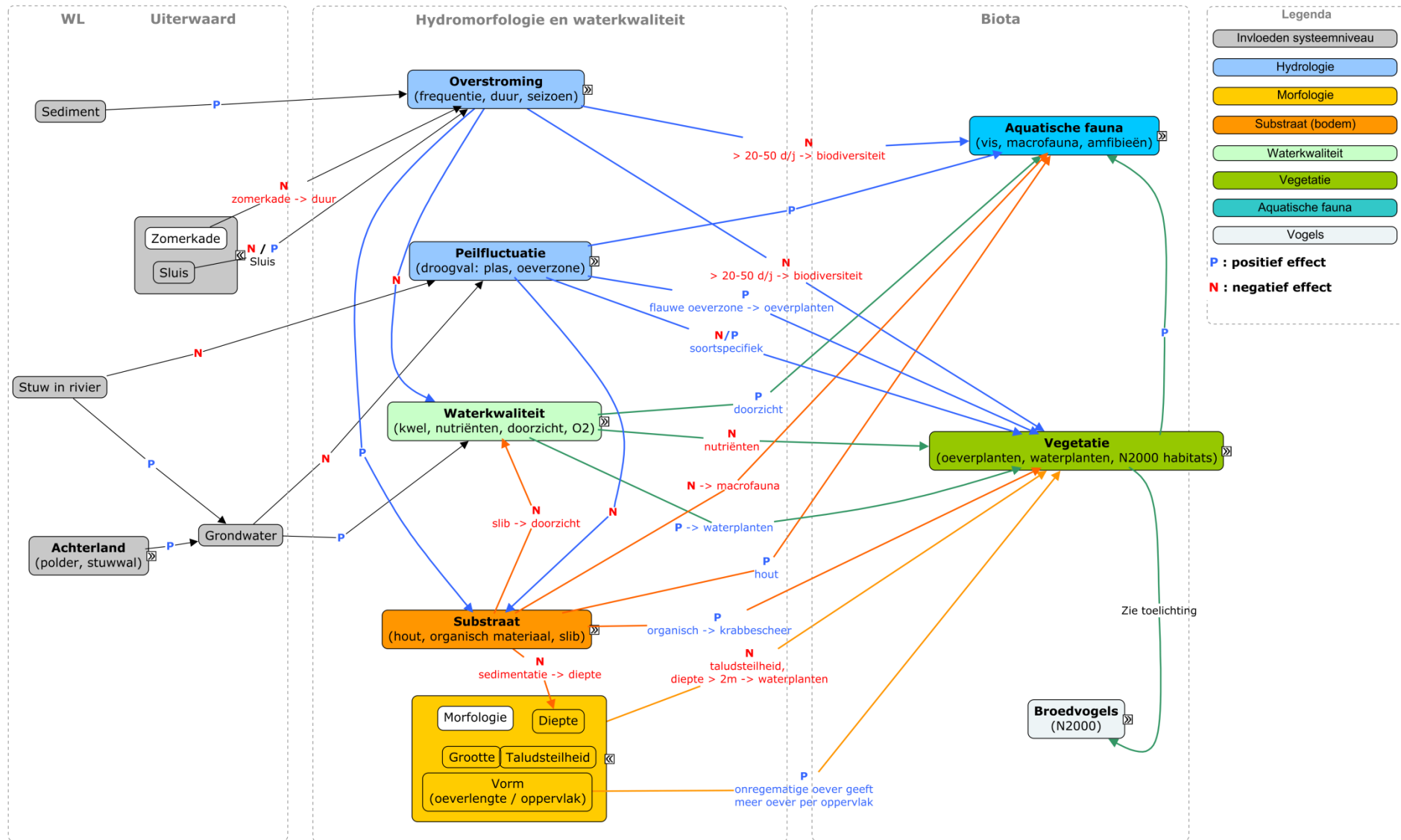
Uiterwaardplassen vormen feitelijk de laatste aquatisch fase in successie van hoofdgeul – nevengeul – strang – ondiepe geïsoleerde plas – moeras - volledige verlanding. Deze plassen zijn meestal langgerekt of hoefijzervormig. Naast deze successiereeks kunnen plassen ook ontstaan zijn door lokale erosie (kolken) of door inklinking van de uiterwaard. De kolken zijn doorgaans rond en diep, terwijl ingeklonken delen juist zeer ondiep zijn met een reële kans op regelmatige droogval. Vanwege de ontstaanswijze en de successie bestaat er niet één enkele referentie voor een uiterwaardplas, maar is juist een diversiteit van referenties voor verschillende typen en successiestadia gewenst. Naast de natuurlijke typen zijn er veel door de mens gegraven plassen, zoals diepe zandwinputten en kleiputten.

Uiterwaardplassen kunnen gegraven worden in het kader van uiterwaardverlaging. Anderzijds kunnen zandwinputten verondiept worden en kunnen de dikwijls steile oevers van kleiputten verflauwd worden om een natuurlijker vorm te krijgen en daarmee de potentie voor water- en oeverplanten te vergroten.

Kleine en ondiepe uiterwaardplassen die weinig overstromen en die gevoed worden door diep grondwater, hebben over het algemeen de hoogste natuurwaarden. Naast aanleg van nieuwe plassen of herinrichting van bestaande plassen is ook aandacht nodig voor behoud van bestaande plassen vanwege de al aanwezige natuurwaarden.

Een uitgebreide beschrijving van uiterwaardplassen is te vinden in Buijse et al. (2001).

Figuur 3.1 geeft het conceptuele schema weer. In de beschrijving hieronder zijn de onderstreepte woorden terug te vinden als termen in het conceptuele schema.



Figuur 3.1 Conceptueel schema voor een geïsoleerde plas in de uiterwaarden.

### 3.2 Niveau – Waterlichaam / Uiterwaard

Een stuw in de hoofdgeul beïnvloedt overstroming (frequentie en duur) en de peilfluctuatie in de plas via het grondwater. Het grondwater beïnvloedt, indien de plasbodem permeabel is, de waterkwaliteit en het waterpeil. De herkomst van het grondwater is daarbij natuurlijk van belang. Zo komt vanuit het achterland, bijv. vanuit de stuwwallen van de Veluwe en het Rijk van Nijmegen, diep en voedselarm grondwater van een goede kwaliteit in de uiterwaarden.

De sedimentlast van de rivier bepaalt in combinatie met de situering binnen de uiterwaard de sedimentatiesnelheid van substraat in de plas. De situering binnen de uiterwaard bepaalt mede welke stroomsnelheden optreden in de plas tijdens een overstroming en daarmee of er naast sedimentatie ook erosie optreedt.

### 3.3 Niveau – Hydromorfologie en waterkwaliteit

Een zomerkade beïnvloedt de mate van overstroming, mate van verbinding tussen de plas en hoofdgeul. Langs de Rijntakken overstroomden delen van de uiterwaard tussen de zomerkade en hoofdgeul doorgaans meer dan 50 dagen per jaar en achter de zomerkade veelal minder dan 20 (Buijse et al. 2002). Met sluizen (regelwerk) in de zomerkade kan de frequentie en duur van de overstroming worden gereguleerd. Van oudsher werd dit vooral ingezet om uiterwaarden voor de landbouw sneller te ontwateren. Nu kan het omgekeerd ingezet worden om water achter de zomerkade vast te houden om zo de uiterwaard geleidelijk te ontwateren. Dit is vooral van invloed op de oeverzones rond geïsoleerde plassen en laaggelegen moeraszones.

### 3.4 Niveau – Habitat (geïsoleerde plas)

Een grotere duur van de overstroming of het aantakken van de plas heeft een negatief effect op de biodiversiteit van de aquatische vegetatie en fauna in de plas. De limnofiele soortenrijkdom is groter dan de reofiele soortenrijkdom. Grofweg is een overstromingsduur van meer dan 20-50 dagen per jaar negatief (Griff *et al.*, 2006).

De peilfluctuatie, en vooral de droogval, heeft vooral effect op de oeverzone en de oeverplanten. Droogval van de plas heeft effect op het type waterplanten dat in de plas voorkomt.

De waterkwaliteit in de plas is gekoppeld aan grondwater en de mate van overstroming. Bepalende factoren nutriëntengehalten, doorzicht, zuurstof (O<sub>2</sub>) en ijzer / kwelwater. In sterk verlandende plassen met veel organisch substraat is een laag zuurstofgehalte zelfs gewenst, omdat dit positief uitwerkt voor bepaalde kenmerkende macrofauna- en vissoorten die elders niet of nauwelijks voorkomen. Een belangrijke lokale factor is het doorzicht, die vooral groeimogelijkheden voor waterplanten beïnvloedt.

Het substraat in de plas bepaalt de habitat voor macrofauna. Hout levert een bijdrage aan de habitatdiversiteit, zie de maatregel **rivierhout** voor meer detail. De sedimentatie vanuit de rivier, met name opslibbing, is een onderdeel van de successie van de plas naar een meer verland stadium. Ook raakt hierdoor op termijn de plas geïsoleerd van het grondwater. Een terugkoppeling vanuit vegetatie is de vorming en ophoping van organisch materiaal uit afstervende vegetatie in de plas.

De morfologie (vorm en grootte) van de plas bepaalt de totale variatie aan aanwezige habitats. Daarbij is de diepte bepalend voor vestigingsmogelijkheden voor waterplanten. De taludsteilheid bepaalt de breedte van de oeverzone voor oeverplanten (hoe flauwer, hoe breder de begroeibare zone) en steilwanden zijn nesthabitat voor oeverzwaluwen en ijsvogels.

Binnen de variatie in plassen het is grootste verschil te vinden in de heldere en troebele plassen. Sturende parameters hierin zijn de diepte (morfologie) en substraat. Diepte bepaalt in hoge mate de kansen voor waterplantenontwikkeling en daarmee het voorkomen van heldere plantenrijke naast troebele habitats. Biota, bijv. bodemwoelende brasems hebben een grotere invloed op de ecologische toestand in geïsoleerde plassen dan in nevengeulen of langs natuur(vriende)lijke oevers. Brasems kunnen plassen troebel houden en de ontwikkeling van waterplanten sterk belemmeren. Toch behoren ook troebele plassen binnen het scala aan uiterwaardplassen. Op dit moment is een te groot aandeel echter troebel. Organisch substraat kan zich in specifieke delen van plassen ophopen gestuurd door wind gedreven waterbeweging en ontwikkelingsmogelijkheden geven voor bepaalde waterplanten (o.a. gele plomp en waterlelie).

### 3.5 Biota

De hier beschouwde biologie is gekoppeld aan het KRW-watertype M5: vogels, limnofiele vis, macrofauna, oeverplanten en waterplanten (submers, emers en drijvend). Ooibos en riet zijn veel voorkomende vegetaties op de plasoevers

Het abstractieniveau van de biota is bewust generiek gehouden om het schema niet te complex te maken. Een uitgebreidere beschrijving van de soortsgemeenschappen is te vinden bij de beschrijving van het KRW-watertype M5 in van der Molen et al. (2013).

### 3.6 Beleidsdoelen

#### KRW

Er zijn op dit moment geen specifieke beleidsdoelen voor de uiterwaardplassen. De gewenste ontwikkelingsrichting verschilt dusdanig van de hoofdstroom, dat een aparte beoordeling op basis van uiterwaardplas-specifieke referentie zou moeten plaatsvinden (zie de Leeuw et al. 2007 voor vis). Hiervoor is in de referenties en maatlatten het KRW-watertype M5 beschreven (van der Molen et al. 2013), maar geen enkel KRW-waterlichaam is als zodanig geclassificeerd. Toch vormen uiterwaardplassen een onderdeel van het riviersysteem. In algemene zin wordt de ecologische toestand van uiterwaardplassen volgens de KRW-systematiek hoger beoordeeld bij een groter aandeel limnofiele, dominant positief en kenmerkende macrofaunasoorten en een hoge bedekking met diverse soorten water- en oeverplanten (van der Molen et al. 2013).

#### Natura 2000

Er zijn diverse habitattypen en soorten waarvoor uiterwaardplassen en de plas-dras oeverzones een belangrijke rol kunnen vervullen. Er zijn twee typen Natura 2000-habitats, die in uiterwaardplassen kunnen voorkomen: 'H3270 Slikkige rivieroever' en 'H3150 Meren met krabbescheer en fonteinkruiden'. H3270 is vooral afhankelijk van peilfluctuaties en taludsteilheid: het komt voor op flauwe oeverzones, die tijdelijk droogvallen. H3150 is vooral afhankelijk van een goede waterkwaliteit en beperkte hoeveelheid organisch substraat.

De vegetatie in de uiterwaardplas en oeverzone is een belangrijk habitattype voor een aantal soorten broedvogels: ooibos in de plas voor de aalscholver, buizerd en zeearend, riet voor de roerdomp en grote karekiet, moerasvegetatie voor de watersnip, porseleinhoen, kwartelkoning en blauwborst (voor deze laatste soort in combinatie met moerasbos), drijvende waterplanten en helder water voor de zwarte stern en dodaars en tenslotte steiloevers voor oeverzwaluwen en ijsvogels (voor deze laatste soort in combinatie met , hout en helder water). Naast de vogels zijn uiterwaardplassen binnen het Natura 2000-beleid van belang voor amfibieën (kamsalamander) en zoogdieren (bever). Het mag duidelijk zijn dat weinig plassen al deze eigenschappen bevatten. Daarom is een diversiteit aan plassen gewenst die verschillen in habitattypen.

### 3.7 Monitoring

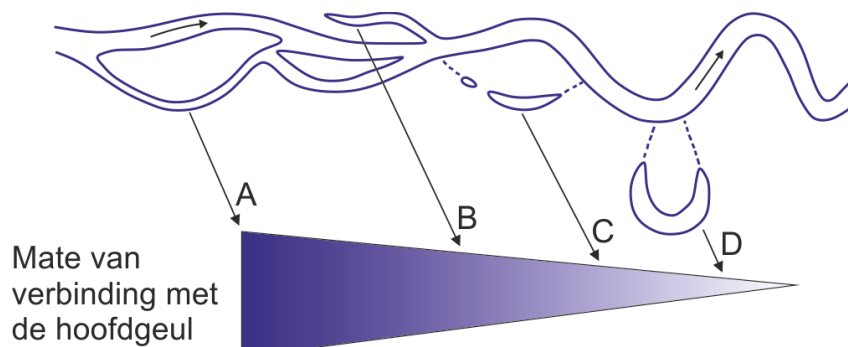
Er is geen reguliere KRW-monitoring van uiterwaarden. Er is een KRW-type M5 dat betrekking heeft op uiterwaardplassen, maar er is geen enkele uiterwaardplas als zodanig aangewezen en de plassen zijn dus geen onderdeel van het waterlichaam. De ecologische kwaliteit van uiterwaardplassen wordt niet meegenomen in de monitoring en beoordeling van de ecologische toestand van de rivieren. Monitoringsdata is zodoende uitsluitend beschikbaar uit individuele projecten. Het grootste onderzoek naar het functioneren van uiterwaardplassen betrof het OER-project (Onderzoek Ecologie Rivierplassen) van 1998 – 2001 (van Geest 2005; Roozen 2005, Grift et al. 2006). Dit betrof een samenwerking tussen RWS-RIZA en WUR. Een overzicht van waterplanten in uiterwaardplassen is door Deltares gemaakt in opdracht van RWS-ON en geografisch beschikbaar gemaakt (van Geest 2010). Van Geest heeft op eigen initiatief de monitoring van 30 uiterwaardplassen na afloop van het OER-project voortgezet waardoor inmiddels een tijdreeks van 17 jaar is opgebouwd. In 2015 is een project gestart om de ecologische waarden en kansen van laag-dynamische plassen in kaart te brengen. Het eindrapport komt binnenkort beschikbaar via OBN-Rivieren.



## 4 Tweezijdig aangetakte nevengeulen en eenzijdig aangetakte strangen

### 4.1 Inleiding

Tweezijdig aangetakte nevengeulen en eenzijdig aangetakte strangen zijn onderdeel van een successiereeks van stroomgeul, meestromende nevengeul, aangetakte strang, geïsoleerde strang naar een verlande (uiterwaard)plas, zie figuur 5.1. De afzonderlijke stadia zijn in een natuurlijke situatie eigenlijk een continuüm in de mate van verbinding met de hoofdgeul ('connectiviteit') van bijna altijd meestromende geulen tot slechts bij hoogwater aangetakte plassen.



Figuur 4.1. Verschillende stadia van connectiviteit, ofwel de mate van verbinding met de hoofdgeul: (A) een meestromende nevengeul (tweezijdig aangetakt); (B) een eenzijdig aangetakte strang; (C) een meer geïsoleerde strang; en (D) een verlande plas ('Oxbow-lake'). (Petts & Amoros, 1996)

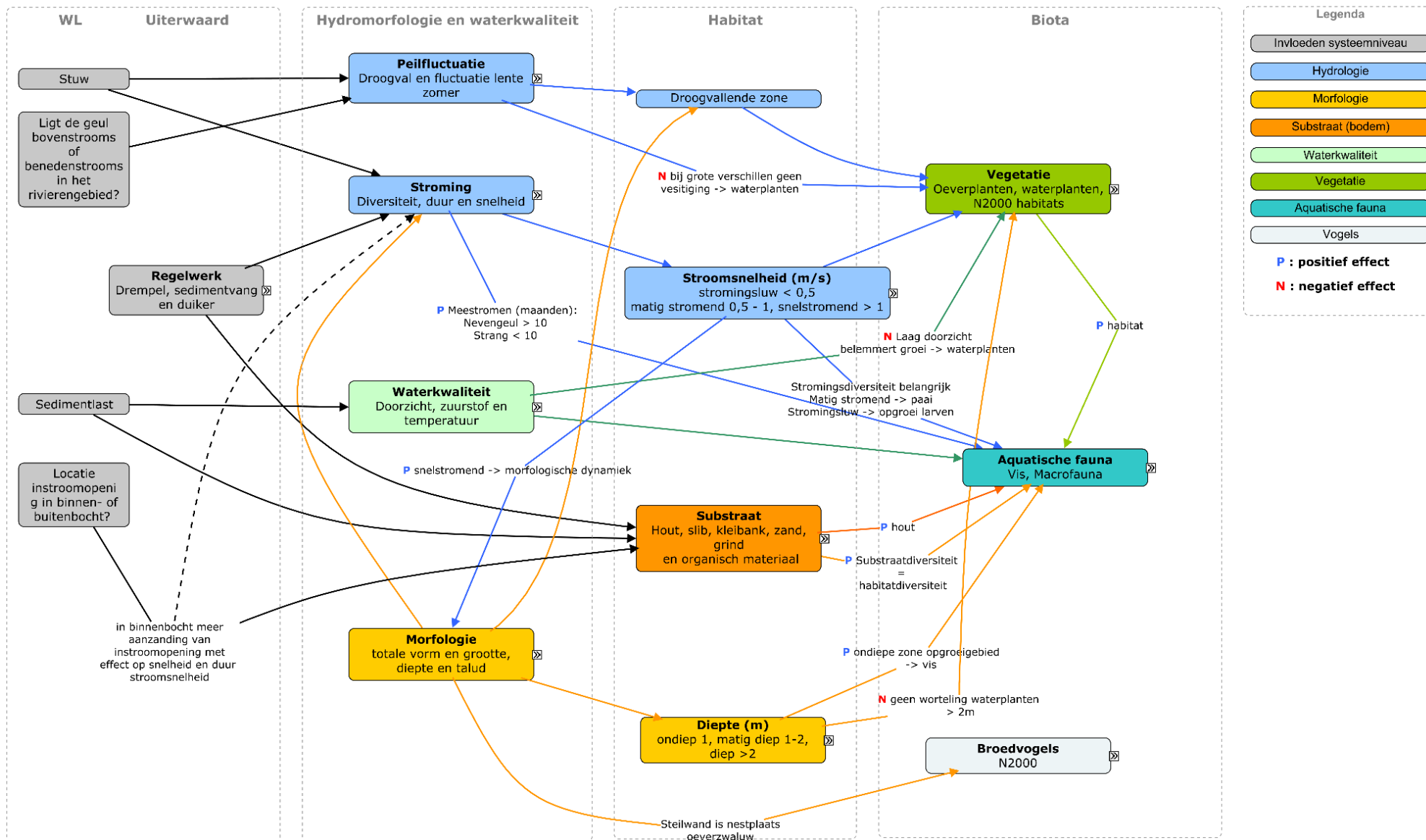
In de Vistula (Polen, Figuur 4.2) is dat continuüm nog aanwezig. In de figuur is de hoofdgeul op de achtergrond zichtbaar. Op de voorgrond liggen de geulen met verschillende mate van connectiviteit, diepte, stroomsnelheid en waarschijnlijk unieke sedimentverdeling. Een belangrijke observatie is dat deze geulen nooit lang op dezelfde plaats liggen en steeds van karakter veranderen.





*Figuur 4.2. De Vistula benedenstrooms van Warschau (Foto: Arthur Tabor). De hoofdgeul is duidelijk zichtbaar in de achtergrond, terwijl de meer en minder aangetakte geulen en strangen in de voorgrond zichtbaar zijn*

1220984-000-ZWS-0024, 30 mei 2016, definitief



Figuur 4.3 Conceptueel schema voor tweezijdig aangetakte nevengeulen en eenzijdig aangetakte strangen. Een grotere PDF versie is opgenomen in de bijlagen.

Er is gekozen om het conceptuele schema van de nevengeul en strang in één figuur weer te geven aangezien deze in essentie dezelfde sturende aspecten bevatten (Figuur 4.3). Het grote verschil is dat tweezijdig aangetakte nevengeulen in het laagwaterseizoen meestromen en zo voor reofiele planten, macrofauna en vissoorten een geschikt habitat vormen. Eenzijdig aangetakte strangen stromen niet mee. De parameter “stroming” is dan op de strang niet van toepassing en alleen de “stromingsluwe zone” is relevant voor de biota.

De onderstreepte woorden in de paragrafen hieronder verwijzen naar de termen in het conceptuele schema. Wanneer tweezijdig en eenzijdig aangetakte wateren beide worden bedoeld, wordt de term ‘aangetakt water’ gebruikt; in andere gevallen wordt de maatregel specifiek genoemd als ‘nevengeul’ (tweezijdig) of ‘strang’ (eenzijdig).

## 4.2 Niveau – Waterlichaam / Uiterwaard

Een stuw in de hoofdgeul beïnvloedt de stroming (stroomsnelheid) in de nevengeul en de peilfluctuatie in de nevengeul en de strang. Met een stuw zal er nagenoeg geen stroming zijn gedurende een groot deel van het seizoen.

Het getij (in het geval van een getijde rivier) beïnvloedt de droogvallende zone, alleen soorten die tegen een dagelijkse overstroming zijn bestand zullen zich op de oever kunnen handhaven. De grootte van het getij bepaalt samen met het talud de grootte van de droogvallende zone.

De stromingsduur of connectiviteit, het aantal maanden verbinding met de hoofdgeul, wordt ook door een stuw beïnvloed, vooral in combinatie met een aanwezige drempel (zie regelwerk).

De waterstandskarakteristieken van de hoofdgeul (waterlichaam) bepalen de mogelijkheden van waterplanten om zicht te vestigen in aangetakte wateren. Een te grote variatie tussen voorjaarswaterstand en zomerwaterstand vermindert de vestigingskansen (voorjaarswaterstand meer dan 2m hoger dan zomerwaterstand).

De sedimentlast van de rivier bepaalt het doorzicht en de mogelijke sedimentatie van substraat in het aangetakte water.

De locatie van de instroomopening ten opzichte van binnen- en buitenbochten van de hoofdgeul bepaalt de mate van aanzanding van de geulopening en zo het substraat in het aangetakte water en bij sterke sedimentatie van de geulopening uiteindelijk ook de connectiviteit en stroming (voor nevengeul). De instroomopening van de strang ligt benedenstrooms. Hierdoor treedt er nauwelijks aanzanding op en bestaat de sedimentatie vooral uit slib. Aanzanding kan optreden als er aan de bovenstroomse zijde een drempel ligt, die bij hoge waterstanden overstroomt (vb. Klompenwaard). De stroming in de strang ontstaat door een pendelbeweging van in- en uitstromend water. Enerzijds door stijgende en dalende waterstanden in de rivier, maar vooral door de waterverplaatsing van passerende schepen. Omdat de opslibbing van de benedenstroomse opening bij een strang veel trager verloopt dan de aanzanding van een bovenstroomse opening bij nevengeulen blijft de benedenstroomse verbinding veel langer open (connectiviteit).

Voor nevengeulen geldt dat aan de in- of uitstroomopening ('niveau uiterwaard') meestal een regelwerk is aangebracht waarmee de toevoer van water en/of sediment wordt beperkt. Een drempel vermindert de stromingsduur, stroomsnelheid, debiet en sedimenttoevoer (zwaarder sediment komt de geul niet in met effect op de substraatsamenstelling van de geul). Een duiker vermindert veelal alleen het debiet (en zo ook het totale sediment dat ze geul in kan komen tijdens laagwater.)

#### 4.3 Niveau – Hydromorfologie en waterkwaliteit (aangetakte geul of strang)

De peilfluctuatie, en vooral de droogval, heeft vooral effect op de droogvallende zone en de oeverplanten.

De mate van stroming, in termen van (gemiddelde) stroomsnelheid en stromingsdiversiteit, bepalen de variatie aan habitattypen in de nevengeul. Een grotere stromingsdiversiteit biedt meer kansen voor verschillende soorten macrofauna en juveniele vis.

Hout levert een bijdrage aan de habitatdiversiteit, zie ook de maatregel rivierhout voor meer detail.

De stromingsduur, of de duur en frequentie van aangetakt zijn, is het basiskenmerk van aangetakte wateren. Daarnaast is echt meestromen een belangrijk kenmerk van de nevengeul. Een nevengeul die minder dan 10-11 maanden is aangetakt en meestroomt, functioneert minder als nevengeul en meer als strang (Schoor et al., 2011). Dit levert al snel minder potentie op voor reofiele soorten. Strangen kennen een gradiënt van stroming, die vanaf de instroomopening afneemt naar het einde van de strang. In de meest afgelegen stukken stroomt het nauwelijks en is er alleen sprake van peilvariatie. De gradatie in stroomsnelheid en het feit dat deze strangen permanent aangetakt zijn, bieden specifieke kansen voor verschillende soorten macrofauna en juveniele vis. Door de meer beschutte omstandigheden in de strang (vergeleken met de hoofdstroom) vindt er meer planktonproductie plaats waardoor meer voedsel voor vis beschikbaar is.

De waterkwaliteit is chemisch hetzelfde als dat van het rivierwater en hier niet verder gespecificeerd. Een belangrijke meer lokale factor is het doorzicht, welke vooral de groeimogelijkheden voor waterplanten bepaalt. Vanwege het slibrijke substraat in de strang en de waterbeweging zijn aangetakte strangen doorgaans troebel. De combinatie van diversiteit in stroming en waterdiepte leidt tot verschillen in lokale watertemperatuur (verschillen in opwarming door de zon). Dit is een belangrijke factor voor de diversiteit in macrofauna-soorten.

De morfologie (vorm en grootte) van het aangetakte water bepaalt de totale variatie aan habitats voor soorten. Daarbij is de diepte bepalend voor vestigingsmogelijkheden voor waterplanten. De taludsteilheid bepaalt de breedte van de droogvallende zone voor oeverplanten (hoe flauwer, hoe breder) en steilwanden zijn nesthabitat voor oeverzwaluwen en ijsvogels. Langs strangen ontstaan – in tegenstelling tot nevengeulen – geen steiloevers doordat hier sterke oevererosie niet optreedt. Oevererosie blijft beperkt tot het slechts geleidelijk afkalven van oevers door het uitdrogen tijdens lage waterstanden. Alhoewel diepte een sterk bepalende factor voor vestigingsmogelijkheden voor waterplanten en strangen veel ondiepe delen hebben zal de ontwikkeling meestal gering zijn door peilvariaties en de troebelheid.

#### 4.4 Niveau – Habitat (binnen een aangetakt water)

Hat habitat binnen de aangetakte wateren bestaat uit een combinatie van de verschillende abiotische parameters. Verschillende dieptezones worden onderscheiden (ondiep, matig diep en diep) waarin het substraat kan verschillen. Op de droogvallende zone is in relatie tot getij een gradiënt van overstromingsduur. Specifiek voor nevengeulen zijn de verschillen in stroomsnelheid binnen de geul: een grotere stromingsdiversiteit leidt meteen tot een grotere habitatdiversiteit. Een grotere variatie in de diepte geeft ook meer variatie in stroomsnelheden tijdens verschillende waterstanden, zodat bij elke waterstand stromingsdiversiteit aanwezig is.

In rivieren komen verschillende soorten substraat voor. Slib, kleibanken, zand, grind en organisch materiaal kunnen substraatvormen zijn in aangetakte wateren. In een strang zijn slib, kleibanken en in mindere mate zand de dominante substraatvormen. Substraat is sterk gekoppeld aan de aanwezigheid macrofaunasoorten. Hout is ook een type substraat en daarbij organisch materiaal. Het is benoemd omdat het ook als aparte maatregel 'aanbrengen rivierhout' is beschouwd, zie hoofdstuk 5. In nevengeulen creëert de stroming en stromingsdiversiteit een sedimentsortering waardoor een divers habitat ontstaat.

#### 4.5 Biota

De in het schema beschouwde biologie omvatten vogels, reofiele vis, kenmerkende macrofauna voor KRW-watertype R7 en R8, oeverplanten en submerse waterplanten afgeleid van de KRW-doelen. Dit aspect is voor biota bewust generiek gehouden om het schema nietodeloos complex te maken.

#### 4.6 Monitoring

Deze paragraaf bevat een expert opinie van de projectmonitoring. De hier gepresenteerde feiten zijn niet projectspecifiek maar bedoeld als generieke indruk van de mate waarin aangetakte wateren op de in het conceptuele schema genoemde aspecten zijn gemonitord.

##### Biota

In de projectmonitoring langs de grote rivieren wordt over het algemeen de nadruk gelegd op de monitoring van de biota, met name water- en oeverplanten, macrofauna en vis. In enkele gevallen zijn ook de aanpalende drogere oever en vogels gemonitord (bijvoorbeeld in het project NVO-Maas). De doelstelling van de monitoring (wanneer expliciet vastgelegd) is daarom vaak om de effectiviteit van de maatregel te bepalen, niet om de werking van de maatregel zelf beter te doorgronden. In de praktijk wordt de maatregel als geheel gemonitord door bijvoorbeeld multihabitat-sampling en niet soorten specifiek binnen één habitat binnen de maatregel. De maatregel wordt over het algemeen enkele jaren tot een decade gevolgd in een jaarlijkse of 2-jaarlijkse cyclus. Van maatregelen die in het verleden zijn gemonitord is soms nog een opvolging gedaan in latere jaren.

##### Abiotiek

De monitoring van de abiotiek wisselt sterk tussen de verschillende projecten. Op habitatniveau wordt meestal geen abiotische monitoring gedaan op doorzicht, substraat of stroomsnelheden of golfslag.

De nevengeul bij Gameren is een goed voorbeeld waarin relatief veel werd gemonitord in het verleden. Hier is de morfologie (diepte) over jaren gemonitord tesamen met de biota (macrofauna, vis, vogels). Net zoals bij veel projectmonitoring is er hier geen beeld van de (veranderingen in) substraatvariatie in de ondiepe en diepere oeverzone's.

Een ander belangrijk aspect is de “meta”-informatie over de maatregel. Vaak is niet gemonitord of opgeslagen hoe de maatregel is opgeleverd qua morfologie, terwijl deze informatie vaak wel bekend is bij de aannemer en is vastgelegd in documenten in de uitvoeringsfase.

#### **4.7 Beleidsdoelen**

##### **KRW**

Doelsoorten van de KRW-type R7, R8 en R16 (van der Molen et al. 2012).

- Reofiele vis
- Kenmerkende en dominant positieve macrofauna
- Abundantie van submers en drijvende waterplanten, soortensamenstelling van water- en oeverplanten.

##### **Natura 2000**

- H91E0A - Vochtige alluviale bossen
- H3270 - Slikkige rivieroever
- H32GB - Beken & rivieren met waterplanten
- Oeverwaluw
- Rivierprik
- Rivierdonderpad
- Kleine modderkruiper





## 5 Rivierhout

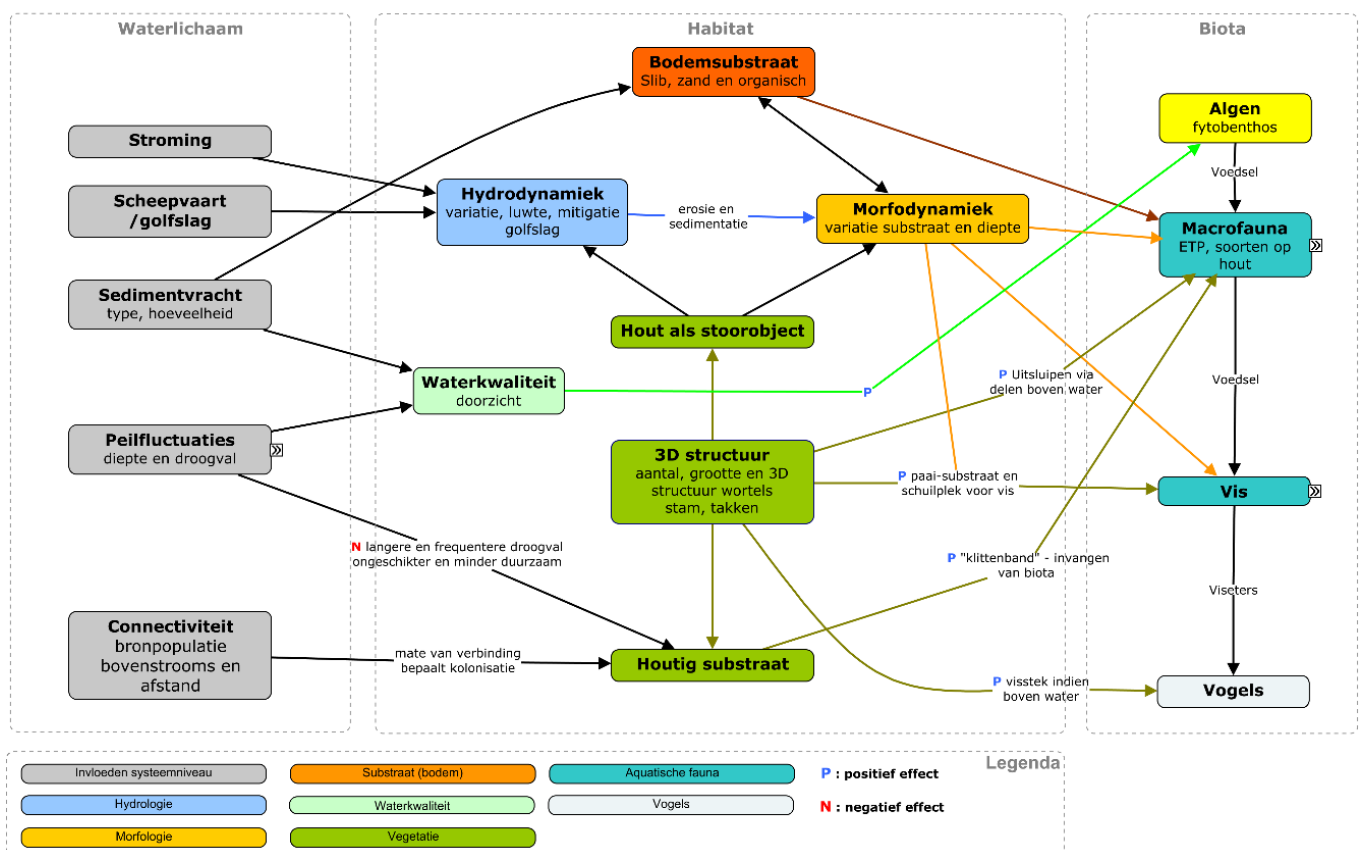
Auteur: Wendy Liefveld

### 5.1 Inleiding

De maatregel 'rivierhout' is niet beschreven in Bak et al. (2013). Het betreft het terugbrengen van (dood) hout als substraat in water. Veelal wordt door RWS het dode hout opgeruimd wanneer het in de hoofdstroom of in aangetakt water ligt. Hout is echter een waardevol object omdat het veel habitatdiversiteit creëert en specifieke (macrofauna) soorten aantrekt.

De maatregel 'hout' is een maatregel op habitatniveau en kan onderdeel zijn van andere maatregelen. Hierdoor bevat het schema een niveau minder dan bijvoorbeeld de schema's voor NVO's en aangetakte wateren.

In figuur 5.1. is het conceptuele schema weergegeven. De onderstreepte woorden in de volgende paragrafen linken naar de termen in het schema.



Figuur 5.1. Conceptueel schema Rivierhout. Een A3 versie is te vinden in de bijlagen.

## 5.2 Niveau – Hydromorfologie en waterkwaliteit (rivierhout)

### Stroming

Rivierhout wordt (met name in het buitenland) het meest toegepast in stromend water. Hierbij gaat het dan vooral om de functie van hout als zogenaamd **stoorobject**: het hout zorgt voor verstoring van de uniforme stroming op bodemniveau waardoor lokaal variatie in stroomsnelheid ontstaat: luwe plekken (achter het hout) en sneller stromende plekken (langs het hout). Hierdoor ontstaan verschillende micromilieu's qua hydrodynamiek, maar ook qua morfodynamiek. Er ontstaan meer lokale verschillen in bodemhoogte en bodemsubstraat, doordat lokaal erosie van de bodem optreedt, waardoor oneffenheden ontstaan en/of grover sediment aan de oppervlakte komt (zand/grind). Op andere plekken (achter de boom) ontstaat juist luwte, waar fijner sediment kan neerslaan (zie ook punt 3).

Deze verschillende milieu's zijn belangrijk voor kenmerkende riviersoorten. Verschillende soorten macrofauna en vis hebben bijvoorbeeld zandige bodem nodig voor een deel van hun levensfase, bijvoorbeeld om te paaien (vis). Andere habitats zijn stromend water en een kuil om zich in te verschuilen. De afwisseling van dit soort plekken, die hoort bij een natuurlijk riviersysteem, wordt door het rivierhout in het klein teruggebracht.

### Golfslag

In bevaarbare riviertrajecten is golfslag en zuiging als gevolg van scheepspassages een belangrijke factor die de ecologische kwaliteit van de oevers vermindert. Veel soorten kunnen niet omgaan met deze hoge en vooral onnatuurlijke hydrodynamiek met verschillende stroomrichtingen en –snelheden. Door hout slim als stoorobject in te zetten, bijvoorbeeld als vooroeververdediging, kunnen deze effecten lokaal gemitigeerd worden en kan in de luwte achter een boom of een scherm een rustiger milieu ontstaan voor (minder goed zwemmende) vis en macrofauna. Als bij-effect kan ook het doorzicht verbeteren als opwerveling van bodemslib hier een rol in speelt (zie ook 3). Mogelijk kunnen stromingspatronen door scheepvaart, in combinatie met rivierhout, ook positieve effecten hebben op de diversiteit van de bodem-morfologie (kuilen, zandige plekken, locaties met stroming) vergelijkbaar met natuurlijke stroming. Het is niet bekend of deze positieve effecten daadwerkelijk een rol spelen of dat ze overruled worden door de negatieve effecten van scheepvaartgolven.

### Sediment

Het sedimenttype van de bodem (bodemsubstraat) bepaalt mede de effecten van morfologische processen (morfodynamiek) die geactiveerd worden door het rivierhout als stoorobject (zie onder 1): als er nergens zand is, komt het er ook niet zomaar door het aanbrengen van rivierhout. En als de bodem kleiig is, zal minder gemakkelijk erosie optreden. Het bodemsediment heeft in combinatie met dynamiek ook invloed op de concentratie van sediment in de waterkolom (door opwerveling) en daarmee het doorzicht (zie ook 2). Dit is met name voor waterplanten en algen relevant, maar kan hiermee ook voor macrofauna en vis een rol spelen (via beschikbaarheid van plantaardig voedsel).

### Connectiviteit

De mate van verbinding van de locatie waar rivierhout wordt aangebracht bepaalt voor een belangrijk deel de snelheid van kolonisatie van het rivierhout. Het gaat hier om de functie van rivierhout als **substraat**. Deze functie is vooral belangrijk voor macrofauna omdat er verschillende soorten zijn die dood hout nodig hebben om op of van te leven. Sommige van deze soorten eten het hout zelf, andere de organismen (b.v. sier- of draadalgen) die erop leven. De connectiviteit van het water (de mate van verbinding met de stroomgeul) bepaalt vervolgens hoe snel deze soorten het hout kunnen koloniseren. Een locatie in verbinding met de hoofdstroom van de rivier zal veel sneller soorten van bovenstrooms 'invangen' dan een locatie die geïsoleerd is en slechts bij overstroming in verbinding staat met de stroomgeul. Voor macrofauna gaat het hier echt om een soort 'klitteband'-effect: soorten die bijvoorbeeld via drift bij hoogwater instromen blijven nu op het hout achter, terwijl ze zonder hout meegevoerd zouden worden naar benedenstrooms (en uiteindelijk de zee). Het is nog de vraag hoeveel rivierhout nodig is om stabiele populaties zich op dit hout te kunnen laten ontwikkelen, opdat de afhankelijkheid van bovenstrooms gelegen populaties afneemt.

Voor vis kan het hout dienen als substraat voor het afzetten van eitjes. Omdat op veel riviertrajecten nauwelijks waterplanten groeien, kan dit voor bepaalde soorten, zoals blankvoorn of snoek, een belangrijke aanvulling in de habitat vormen. Het zijn vooral inheemse soorten die eitjes afzetten op plantaardig materiaal. Exotische grondels gebruiken hiervoor liever (de holtes tussen) het stortsteen.

Met name de brongebieden bovenstrooms van het rivierhout zijn dus belangrijk, zowel voor vis als macrofauna. De mate van verbinding (aangetakt of niet, eenzijdig of tweezijdig) van de locatie met rivierhout bepaalt vervolgens de invangkans van die eventuele brongebieden.

### Waterpeilfluctuaties en diepte

Het rivierhout moet zoveel mogelijk onder water liggen om effectief te zijn voor aquatische fauna. Dit geldt eigenlijk voor alle drie de functies van het rivierhout (**stoorobject, substraat en 3D-structuur**). Het is wel gunstig als er delen van takken boven water uitsteken, zodat insectenlarven kunnen uitsluipen en visetende vogels het als visstek kunnen gebruiken. Echter als het hout (te) vaak droogvalt, zal de aanwezige macrofauna afsterven en elk jaar opnieuw het hout moeten koloniseren. Overigens zou dit wel (ongewenste?) kolonisatie van driehoeks- of quagga-mossel kunnen beperken. Bovendien breekt het hout sneller af in contact met zuurstof.

### Oeverbegroeiing

Rivierhout hoort thuis in natuurlijke riviersystemen omdat hier ook bomen op de oevers groeien (en soms omvallen). Daarnaast groeit er in natuurlijke riviersystemen ook andere oeverbegroeiing en is er meer interactie met de overstromingsvlakte. Dat het plaatsen van rivierhout in de Nederlandse rivieren zoveel effect heeft, hangt ook samen met de 'armoede' van het systeem, waarin de hiervoor genoemde elementen veelal ontbreken.

### 5.3 Niveau - Habitat

De drie belangrijkste functies van rivierhout zijn:

- stoorobject;
- substraat;
- 3D-structuur.

#### I) Stoorobject

Het rivierhout zorgt voor afbuiging van de stroming op bodemniveau waardoor lokaal variatie in stroomsnelheid ontstaat: luwe plekken (achter het hout) en sneller stromende plekken (langs het hout). Hierdoor ontstaan verschillende micromilieu's qua hydrodynamiek, maar ook qua morfodynamiek. Hierdoor neemt de habitatdiversiteit toe en ontstaan meer kenmerkende riviermilieu's (op microniveau). Zie ook punt 1.

#### II) Substraat

Deze functie is vooral belangrijk voor macrofauna omdat er verschillende soorten zijn die dood hout nodig hebben om op of van te leven. Deze soorten zijn grotendeel verdwenen uit de Nederlandse rivieren. Ze komen nog wel bovenstrooms voor, zodat ze via drift het nieuwe rivierhout kunnen koloniseren. Voor verschillende inheemse vissoorten vormt het hout substraat voor het afzetten van eitjes.

#### III) 3D-structuur

Hout vormt onder water een 3D-structuur in de waterkolom, die nu grotendeels leeg is, voor zover er geen waterplanten groeien. Het gaat hierbij vooral om de takken, die als een soort beschermende kooi in het water steken. Ook de wortels hebben deze functie, zij het in mindere mate omdat ze korter zijn. Deze structuur is erg belangrijk voor met name juveniele vis om te schuilen tegen predatoren zoals vogels en vis.

### 5.4 Biota

#### a) **Macrofauna**

Er zijn verschillende macrofaunasoorten zijn die dood hout nodig hebben om op of van te leven. Deze soorten kwamen vroeger (1800) in grote getale voor, maar zijn inmiddels grotendeels uit de Nederlandse rivieren verdwenen. Omdat ze een goede indicator zijn voor de 'natuurlijkheid' van het riviersysteem, 'scoren' ze goed op de KRW-maatlat. Het is nog niet helemaal duidelijk hoe 'duurzaam' de ingevangen macrofauna is en hoe de kolonisatie zich verder ontwikkelt. Ook op het rivierhout domineren namelijk nog steeds exotische soorten, die de aard van het substraat ook kunnen veranderen (b.v. driehoeks- en quagga mosselen).

#### b) **Vis**

Vis profiteert van rivierhout op drie manieren:

- via de veranderde bodemmorfologie en hydrodynamiek (zandige plekken, kuilen en stroomversnellingen);
- via hout als substraat voor eiafzet (en voor plantaardig voedsel);
- via de 3D-structuur die het hout biedt (schuilplek jonge vis).

Het is nog niet helemaal duidelijk of het gaat om een herverdeling van visdichtheden of een netto toename. Als de recruitment door het rivierhout kan toenemen, zal uiteindelijk ook de dichtheid van bepaalde vissoorten toenemen. Omdat het vooral de inheemse soorten zijn die hiervan profiteren, zal de verhouding inheems versus exotisch hierdoor positief beïnvloed worden.

### c) Vogels

Visetende vogels kunnen profiteren van de toename van dichtheid aan (jonge)vis als gevolg van rivierhout. Op onderwater-videobeelden zijn al jagende aalscholvers tussen het rivierhout gezien en ook zijn vissende futen tussen het rivierhout waargenomen.

## 5.5 Overig

- Macrofauna en vis hebben een jaarcyclus, waarbij onder meer het gebruik van het rivierhout afhangt van het moment in het jaar. Dit is onder meer van belang voor het tijdstip van monitoring. Zo zullen veel insecten in de vroege zomer uitsluipen, waardoor ze in het najaar nog niet als larve terug te vinden zijn.
- Een bijkomende functie van het rivierhout als stoorobject is dat het ook de rivieroever kan beschermen tegen erosie en in bepaalde mate de stroomrichting kan bijstellen. Zo kan het ingezet worden als materiaal in riviercorrigerende constructies, zoals langsdammen, vooroevers, oeverbekleding of geleidingsdammen.
- Hoeveel hout nodig is of hoeveel locaties in een waterlichaam nodig zijn om een duidelijk effect te bereiken, is nu nog niet te bepalen, maar wel van belang. Rivierhout werkt in elk geval beter als het in een cluster aangelegd wordt van enkele bomen (niet een enkele losse boom). Hoeveel van deze clusters nodig zijn om een effect te bereiken op waterlichaam-niveau is niet bekend. Elke boom doet er toe, maar naar verwachting verloopt het effect niet volgens een lineair verband, maar volgens een S-curve. Deze kennis is van belang om de effecten op het KRW-doelbereik te kunnen bepalen.

## 5.6 Monitoring

Rijkswaterstaat voert sinds een aantal jaar een proef uit waarin de biota wordt gemonitord op en rond in het water neergelegde dode bomen (inclusief takken en wortelstelsel). Macrofauna wordt gesampeld, aanwezigheid van vis wordt onder andere met camera's vastgelegd, gedrag van vogels wordt gemeten. Zie presentatie van bureau Waardenburg: [http://www.buwa.nl/fileadmin/buwa\\_upload/powerpoints/Presentatie\\_Dood\\_hout\\_in\\_de\\_Lek\\_-\\_Bureau\\_Waardenburg.pdf](http://www.buwa.nl/fileadmin/buwa_upload/powerpoints/Presentatie_Dood_hout_in_de_Lek_-_Bureau_Waardenburg.pdf)



## 6 Zeegras

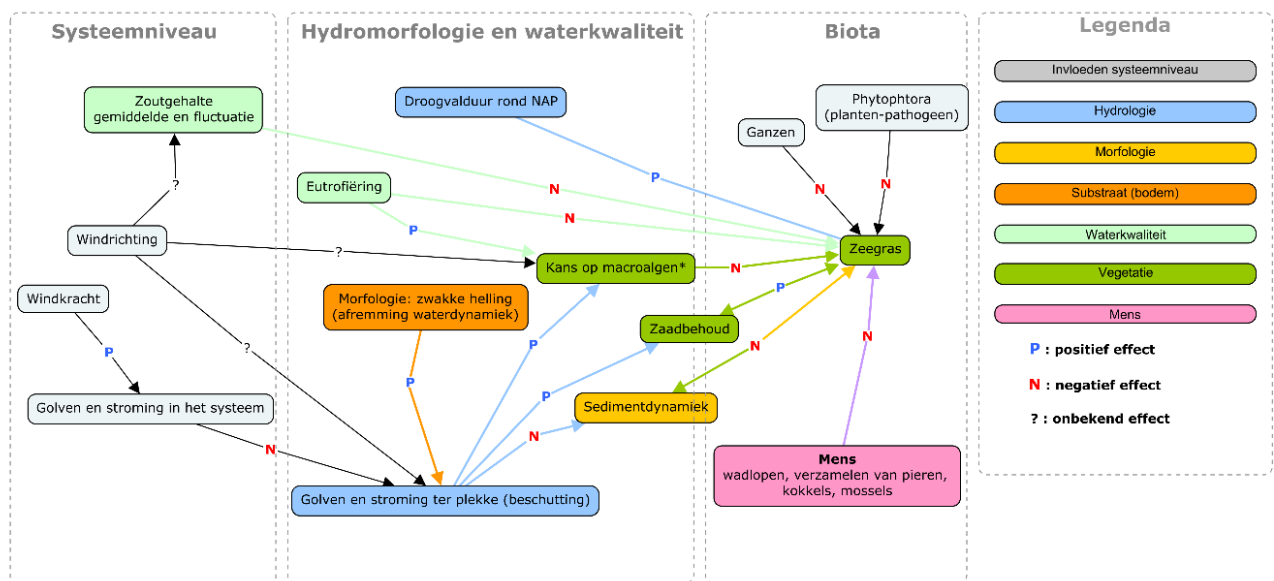
Auteur: Marieke van Katwijk 9 feb 2016  
Met tekstuele bijdragen Dick de Jong

### 6.1 Inleiding

De maatregel bestaat uit het terugbrengen van zeegras in het systeem. Er zijn twee soorten zeegras, groot en klein (resp. *Zostera marina* en *Z. noltii*). Groot zeegras kan rond NAP groeien en is dan overwegend eenjarig. Het kan ook sublitoraal groeien en is dan meerjarig. Dit laatste type zeegras is sinds jaren 1930 verdwenen uit de Waddenzee en heeft in de periode 1971-ca 2000 in het Grevelingenmeer en Veerse meer gegroeid, voortgekomen uit een litorale populatie uit de getijdenperiode.

### 6.2 Het conceptueel schema

Het conceptueel schema is van links naar rechts gerangschikt van systeemniveau naar lokale schaal, zie figuur 6.1. Het conceptueel schema is uitgewerkt voor de maatregel verspreiden zeegras zaadstengels in de Waddenzee (Bak et al. 2013, van Duren & van Katwijk 2015, lopend project Natuurmonumenten). Dit betreft de overwegend eenjarige vorm van zeegras. Voor andere maatregelen in de toekomst moet het conceptueel schema worden aangepast. Denk aan maatregelen zoals de uitzaai van groot zeegras in Veerse meer, Grevelingenmeer, Oosterschelde, Eemsmonding (Hond-Paap) en uitzaai/uitplanten van sublitoraal zeegras in de Waddenzee. In Bak et al. (2013) wordt ook de maatregel 'instellen beschermingszone' genoemd.



Figuur 6.1. Conceptueel schema voor de maatregel aanleggen van zeegras door het verspreiden van zeegrasstengels in de waddenzee.



### 6.3 Niveau – Hydromorfologie en waterkwaliteit (zeegras)

De eenjarige vorm van Groot zeegras in de Waddenzee komt voor bij een hoogteligging rond NAP. De bovengrens wordt bepaald door uitdroging, de ondergrens door sedimentdynamiek. Zeegras heeft een voorkeur voor een beschutte ligging, zodat de sedimentdynamiek niet te hoog is. De mate van beschutting wordt uiteraard bepaald door de waterdynamiek en de ligging, waarbij met name een ondiep voorland van belang is zodat de waterdynamiek wordt afgeremd. Een beschutte locatie geeft echter ook meer kans op macroalgen, die het zeegras kunnen verstikken. Afhankelijk van de windrichting (toeval, onvoorspelbaar) kan dit in meer of mindere mate optreden op dit soort aanspoelgebieden.

Macroalgenverstikking van zeegrasaanplant is herhaald waargenomen op het Balgzand, en bij een eenmalige uitzaai op de Vlakte van Kerken. In de oostelijke Waddenzee is de troebelheid mogelijk te hoog om veel macroalgen te genereren. Macroalgen worden gestimuleerd door nutriënten, maar dit gebeurt al bij vrij lage nutriëntenbelasting, vandaar dat dit verband in het schema met een vraagteken is weergegeven.

Een hoge nutriëntenbelasting kan negatief zijn voor het zeegras zelf. De nutriëntenbelasting in de Nederlandse Waddenzee is naar schatting grofweg vijf maal zo hoog als in de jaren 1930 en twee maal zo hoog als in de noordoostelijke (Duitse en Deense) Waddenzee. De troebelheid van het water wordt niet sterk beïnvloed door nutriënten, aangezien de troebelheid in de Waddenzee vooral opwerveling van abiotisch sediment wordt veroorzaakt. Litoraal zeegras groeit sowieso hoog genoeg om enige troebelheid te kunnen verdragen.

Het zoutgehalte mag voor zeegras best laag worden (doorgaans wordt 15 PSU aangehouden als ondergrens); echter, lage (gemiddelde) zoutgehaltenes gaan tegenwoordig vaak samen met vrij extreme fluctuaties in zoutgehalte, denk aan plotseling starten en stoppen van het spuien van zoet water in de Waddenzee bij de afsluitdijk. Afhankelijk van de windrichting en het spuiregime kunnen zoetwaterbellen naar geschikt zeegrasgebied drijven (zoals het Balgzand).

### 6.4 Niveau - Habitat

Biologische interacties die van belang kunnen zijn:

- (1) wadpieren; deze destabiliseren de bodem. In de Oosterschelde hebben ze consistent een negatief effect op klein zeegras; in de Waddenzee hebben ze bij Uithuizen geen negatief effect op klein zeegras, maar bij Terschelling mogelijk wel. Op groot zeegras is geen negatief effect waargenomen, noch beschreven in de literatuur, met uitzondering van de zaailingen: in de Oostzee bleken zaailingen negatief beïnvloed te worden door hoge wadpiedichtheden.
- (2) De rol van ganzen kan negatief zijn; in een gezond bed is dit echter geen probleem. Er zijn bij diverse restauraties geen doorslaggevende bewijzen voor een allesbepalende rol van ganzen gevonden; enige schade (vooral aan de meerjarige soort klein zeegras) is mogelijk.
- (3) De ziekte *Phytophthora* heeft een negatief effect op zaadoverleving en kieming. In hoeverre deze ziekte nieuw is, is niet bekend. Er is nog wel kieming in geïnfecteerde zaden, maar minder.
- (4) Nabijheid van mosselbanken kan positief zijn (verminderde sedimentdynamiek).
- (5) Zaadbehoud: zaaddragende stengels kunnen wegdrijven en zaden kunnen te diep begraven worden of juist honderden meters weggrollen als ze helemaal niet begraven worden. Beschutting en een lichte sedimentdynamiek zijn gunstig.
- (6) Tot slot kunnen activiteiten van de mens, zoals het verzamelen van wadpieren, kokkels, mossels etc, zowel als wadlopen, een lokaal negatief effect op zeegras hebben.

## 6.5 Biota

Zeegrasvelden vormen een belangrijk habitat voor diverse macrofauna- en vissoorten, waaronder zeepaardjes.

## 6.6 Verdere toepassingen voor het conceptueel schema t.b.v. behoud en bescherming

Het conceptueel schema kan ook gebruikt worden voor andere mogelijke maatregelen met betrekking tot zeegras. De belangrijkste extra factoren en verbanden bij deze andere maatregelen worden hieronder opgesomd:

- Sublitoraal zeegras in de Waddenzee: **troebelheid** is cruciaal; grote zeegrasvelden kunnen zelf de troebelheid verminderen (positieve feedback, van der Heide et al. 2006, 2007). Momenteel voert de Radboud Universiteit lichtmetingen uit in de Waddenzee om plekken te detecteren waar de troebelheid niet te groot is voor sublitoraal groot zeegras om zich te vestigen.
- Het uitzaien van groot zeegras in het Grevelingenmeer. Dit is in 2014 gedaan. Alle factoren die van belang zijn voor zeegras zijn hier positief, toch is de uitzaai mislukt. De batch zaden die gebruikt is, gaf ook in het lab geen kieming, dus oorzaak zou ***Phytophthora*** en/of zaadkwaliteit kunnen zijn (van Katwijk 2015).
- Het uitzaien van groot zeegras in het Veerse meer. Dit is nog niet gedaan. De geschiktheid van de huidige habitat is nog niet in detail onderzocht, maar lijkt in orde. In het verleden waren hier problemen met extreme hoeveelheden **microalgen** die tot extreme **troebelheid** hebben geleid waardoor het zeegras is verdwenen. Sinds de opening van een doorlaatmiddel naar de Oosterschelde (Katse heule) is het zoutgehalte verhoogd en de waterkwaliteit verbeterd en is het milieu voor groot zeegras weer sterk verbeterd.
- Klein zeegras in de Oosterschelde. Dit is gedaan middels transplantatie van pluggen (mitigatie) tussen 2007 en 2015. Op 2 van de 6 plekken was een goede overleving, waarvan op één een aanzienlijke uitbreiding. **Sedimentdynamiek** is hier een belangrijke factor in combinatie met **wadpieren**. De zandhonger heeft lage slibgehaltenes tot gevolg, een hypothese is dat er minder slib wordt ingevangen door het zeegras, dit zou **uitdroging** en sedimentdynamiek kunnen bevorderen, met een negatief effect op het zeegras tot gevolg (Giesen et al. 2015).
- Groot zeegras in de Oosterschelde: recent heeft zich een nieuwe populatie van groot zeegras gevestigd op de Plaat van Oude Tonge. Mogelijk zou vanuit deze (nog beperkte) populatie geprobeerd kunnen worden om groot zeegras naar andere locaties in de Oosterschelde (bv. het Slaak) te brengen.

## 6.7 Monitoring

Monitoring na een ingreep/maatregel: na de uitzaai in de Waddenzee zijn bij de monitoring alleen de categorieën 0-1% bedekking en 1-5% onderscheiden. De uitzaai was echter zeer dun en wijdverspreid, waardoor het succes van de maatregel onvoldoende geëvalueerd kon worden (er kon niet gekwantificeerd worden, waardoor locaties en aanplantjaren niet goed met elkaar vergeleken konden worden, en alleen zeer grote verschillen waarneembaar waren. In het eenjarige zeegras is zaadproductie cruciaal; dit werd niet systematisch gemonitord, maar dit zou wel moeten gebeuren. Ad hoc werd waargenomen dat in 2013 vrijwel geen zaden gevormd werden. De oorzaak van de slechte opkomst in 2014 lag dus waarschijnlijk hieraan, en niet aan de vele andere mogelijke oorzaken. Voor een evaluatie van een maatregel is zaadproductie wel belangrijk om te weten.

Monitoren van de reguliere velden voor groot zeegras op de Hond-Paap is niet vlakdekkend maar wordt alleen op raaien gedaan. Hierdoor kan de ontwikkeling van dit kwetsbare veld niet goed gevolgd worden.

Voor het in kaart brengen van de kansen voor zeegras is de zoute ecotopenkartering erg geschikt; hierin worden droogvalduur, bodemhoogte, geomorfologie (voor bodemdynamiek), stroming en zoutgehalte samen weergegeven. Er is nog geen geomorfologische kaart voor de Waddenzee, maar het is nuttig deze wel te maken voor een afgewogen keuze van mogelijke uitzaailocaties. Daarnaast is informatie over erosie- en sedimentatiesnelheden heel belangrijk (deze mogen namelijk niet te hoog zijn); lokale sedimentdynamiek is een sleutelvariabele in vrijwel alle zeegrasaanplanten.

## 6.8 Bescherming van potentiële gebieden (maatregel, genoemd in Bak et al. 2013)

Folmer (2015) heeft een habitatgeschiktheidskaart voor zeegras voor de gehele Waddenzee gemaakt. Deze is (deels) gebaseerd op de habitatgeschiktheidskaart van de Jonge et al. (2005) en van der Heide et al. (2006) hebben dat gedaan voor sublitoraal zeegras in de Nederlandse Waddenzee. Door combinatie van deze habitatgeschiktheidskaarten met een ecotopenkaart, aangevuld met expert kennis en lokale sedimentdynamiekmetingen (recent zijn loggers hiervoor ontwikkeld), kunnen potentiële vestigingsgebieden voor zeegras worden geïdentificeerd. Immers, in de Nederlandse Waddenzee lijkt meer geschikt gebied te zijn, dan wat er nu daadwerkelijk begroeid is (Folmer 2015), maar door gebrek aan zaden, zaadbehoud en/of bescherming is begroeiing hier nog niet opgetreden. Door een gelukkige samenloop zou zich hier echter wel zeegras kunnen vestigen, maar zonder wettelijke bescherming wordt dit erg lastig.

## 6.9 Beleidsdoelen

- KRW: zeegras is een element dat goede ecologische kwaliteit indiceert
- Natura 2000 / Habitatrichtlijn: Bij eb droogvallende slikwadden en zandplaten (H1140)
- Natura 2000 / Habitatrichtlijn: Grote, ondiepe kreken en baaien (H1160)
- TMAP (Tobias Dolch, AWI, Sylt Duitsland)

## 7 Kwelder

*Auteur: Alma de Groot (IMARES)  
m.m.v. Dick de Jong en Bas Kers*

### 7.1 Conceptueel schema

Kwelders of schorren zijn kleiige, begroeide buitendijkse gebieden die onder invloed staan van de zee. Ze liggen boven de gemiddelde hoogwaterlijn en worden dus maar af en toe overspoeld. Ze komen voor op plaatsen waar het zeewater relatief rustig is en de bodem hoog genoeg ligt, zodat fijnkorrelig sediment, slib, kan bezinken en planten kunnen groeien. Aan de landwaartse zijde worden ze meestal begrensd door een duin of dijk.

Er zijn regionale verschillen tussen de kwelders en schorren, maar altijd bestaat de kern van het functioneren van een kwelder uit de interactie tussen opslibbing en vegetatie (zie conceptueel schema figuur 7.1).

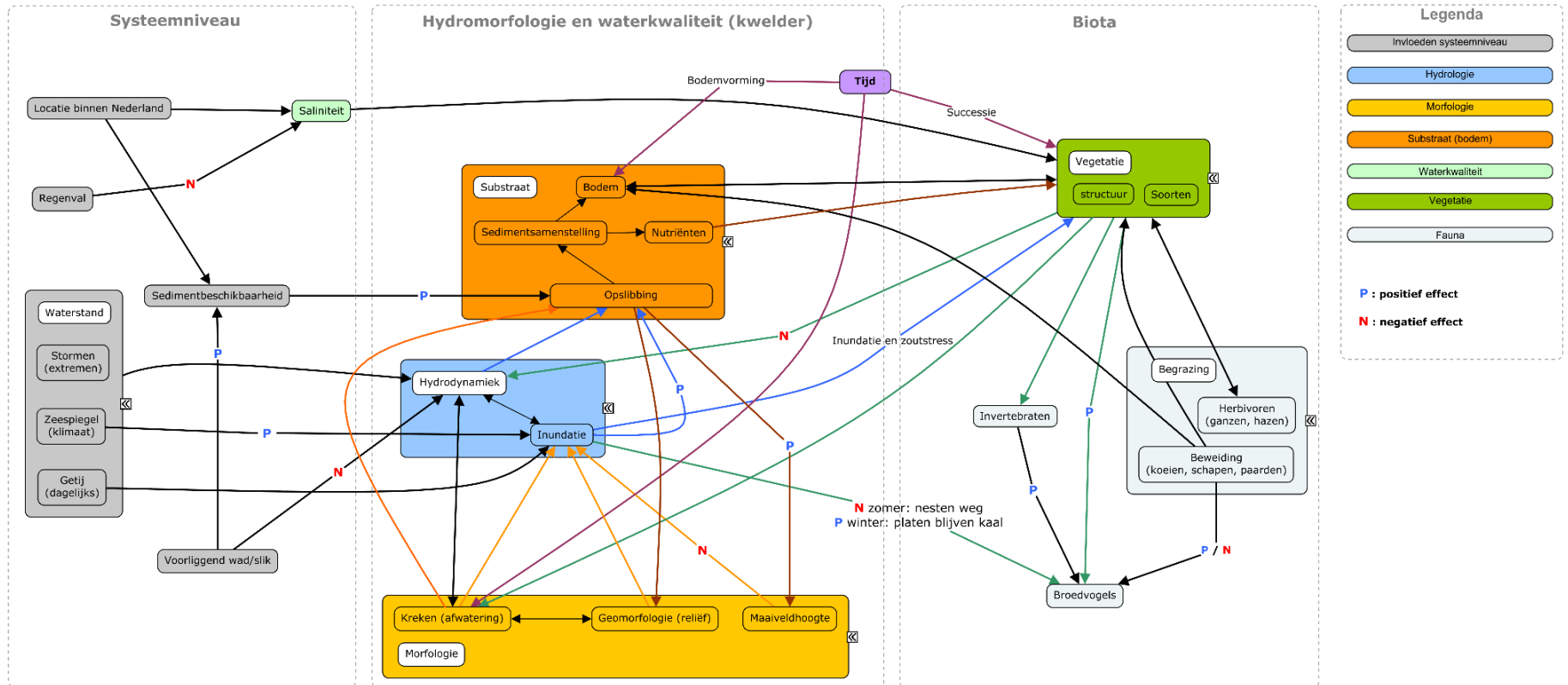
### 7.2 Niveau Waterlichaam

De factoren stormen, zeespiegel, getijverschil en de vorm van het voorliggende wad bepalen de hydrodynamiek ter plaatse van de kwelder.

### 7.3 Niveau – Hydromorfologie en waterkwaliteit

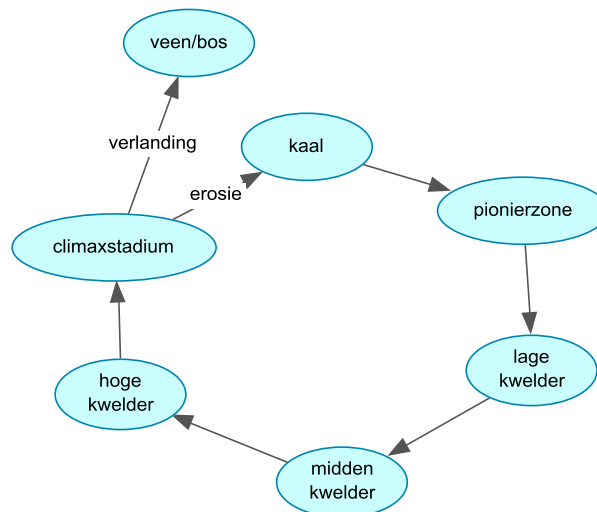
De factoren stormen, zeespiegel, getijverschil en de vorm van het voorliggende wad bepalen de hydrodynamiek ter plaatse van de kwelder. Samen met de hoogte van het maaiveld bepalen deze de inundatie (overspoeling) en bij voldoende sedimentbeschikbaarheid leidt dit tot opslibbing: de afzetting van kleiig sediment.

Ruimtelijke variaties in opslibbing, het afstromende water en de aanwezigheid van vegetatie leidt tot de vorming van een krekenstelsel dat het water en sediment aan- en afvoert, en een geomorfologie van oeverwallen en kommen. Deze hebben weer een terugkoppeling met het patroon van opslibbing in ruimte en tijd. Ook zijn er ruimtelijke variaties in korrelgrootte: van zeer kleiig tot bijna zandig sediment.



Figuur 7.1. Verkleinde weergave van het conceptueel schema Kwelders. In de bijlagen staat een A3 versie van dit schema.

Hoe verder de kwelder opslibt, hoe hoger het maaiveld komt te liggen, hoe minder een bepaalde locatie wordt overstroomd, en hoe lager de opslibbingssnelheid wordt. Deze negatieve terugkoppeling zorgt ervoor dat de kwelder in de loop van 50 – 100 jaar van een snel opslibbende lage kwelder verandert in een langzaam opslibbende hoge kwelder (figuur 7.2).



Figuur 7.2. Cyclus van kweldervorming. Door sedimentatie en vegetatiesuccessie verandert de kwelder tot het climaxstadium wordt bereikt. Daarna kan de climax terugvallen in een eerder stadium of terrestrisch blijven.

Vanwege de voortdurende opslibbing is een kwelder dus geen statische, maar een cyclische landvorm, waarbij de duur van de cyclus in de orde van 100 jaar ligt. Nadat een kwelder zich van pionierzone naar hoge kwelder heeft ontwikkeld, is het mogelijk dat de kwelder verlandt. Meestal echter ontstaat er spontaan een klif aan de kwelderrand, waardoor de kwelder geleidelijk erodeert. Na verloop van tijd kan op het voorliggende wad weer een nieuwe pionierzone ontstaan.

#### 7.4 Niveau – Habitat (kwelder)

De vegetatie zorgt voor het afremmen van golven en stroming en daarmee voor het bevorderen van de opslibbing. De plantenwortels houden het slib verder vast en faciliteren de bodemvorming.

Welke vegetatie waar op de kwelder groeit is afhankelijk van de saliniteit, inundatiefrequentie – en duur, de beschikbaarheid van nutriënten uit het afgezette sediment en de factor tijd in de vorm van vegetatiesuccessie. Hierdoor ontstaan vegetatiezones langs een hoogtegradiënt en in de tijd. Deze lopen van pionierzone die begint rond gemiddeld hoog water, via lage kwelder, middenkwelder en hoge kwelder. De middenstadia zijn het meest gevarieerd in vegetatie. Het einde van de successiereeks bestaat uit een relatief monotoon plantendek van zeekeek of riet.

#### 7.5 Biota

Vegetatietype en –structuur bepalen welke fauna er op een kwelder voor kan komen, zowel invertebraten, broedvogels als (grotere) herbivoren. De begrazing door grotere herbivoren (ganzen, hazen, vee) zorgt voor het vertragen van de successie en het creëren van een open vegetatiestructuur waar veel broedvogels belang aan hechten. Beweiding is echter niet in staat om ook geomorfologische verjonging te bewerkstelligen, omdat de opslibbing gewoon doorgaat.

## 7.6 Gebieden

In Nederland komen kwelders voor aan de Waddenzeezijde van de Waddeneilanden, langs de vastelandskust van Friesland en Groningen, in de Dollard, in de Ooster- en Westerschelde en in de Slufter en het Zwin. Alle gebieden hebben hun eigen karakteristieken en eigen problemen:

- Waddeneilanden (eilandkwelders)
  - o Karakteristiek: relatief zandig, natuurlijk krekenspatroon, nutriëntengelimiteerd,
  - o Probleem: verstarring en veroudering door leeftijd en stuifdijken
- Achterduinse strandvlaktes/slufters (Kwade Hoek, Slufter, Zwin, Cupidopolder)
  - o Karakteristiek: zandig, open naar Noordzee, vaak ontstaan door menselijke ingreep (afdammen washover)
  - o Probleem: soms menselijk ingrepen nodig om open te houden.
- Vastelandskwelders Waddenzee (Friesland en noordkust Groningen, Dollard)
  - o Karakteristiek: kleiig, gegraven greppels, rijshoutdammen (Friese en Groningse kust) of aarden dammen (Dollard)
  - o Probleem: allemaal zelfde leeftijd, veroudering, half-natuurlijk, connectiviteit landwaarts ontbreekt, greppelsysteem onnatuurlijk en moeilijk beïnvloedbaar
- Estuariene kwelders (Westerschelde, Dollard)
  - o Karakteristiek: grote getijslag ( $WS > D$ ), kleiig, saliniteitsgradiënt
  - o Probleem: veroudering, afslag, connectiviteit landwaarts ontbreekt, WS te weinig geschikt voorland voor nieuwvorming
- Oosterschelde
  - o Karakteristiek: deels afgesloten zeearm
  - o Probleem: verstoorde sedimentdynamiek, te weinig voorland voor nieuwvorming, afslag, veroudering

Als algemene problemen (voor nu en in de toekomst) worden gezien: weinig nieuwvorming waardoor het areaal lage kwelder achterblijft en zeespiegelstijging waardoor kwelders kunnen verdrinken.

## 7.7 Verschillende typen 'kwelder genererende maatregelen'

Omdat de problemen per gebied verschillen, zullen maatregelen altijd maatwerk moeten zijn. Niet elke maatregel kan in elk gebied worden ingezet. Beste resultaten worden behaald door een ruimtelijk gevarieerd beheer in te zetten, en niet overal hetzelfde te doen (Bakker, 2014).

Maatregel	Gebied	Ervaring mee?
Washover herstellen / gat in stuifdijk maken	Waddeneilanden	nee de Groot et al., 2015
uitpolderen	zomerpolders en polders langs dijken	ja, bijvoorbeeld Noorderleech (Friesland), Polder Breebaart (Groningen), Peazemerlannen (Friesland), Sieperdaschor (Zeeland) van Wesenbeeck et al., 2014; Esselink et al., 2015
cyclisch beheer rijshoutdammen	kwelderwerken Friesland en Groningen	ten dele van Duin et al., 2007; van Wesenbeeck et al., 2014
afgraven/kleiputten/plaggen	alle	met name in Duitsland, enkele voorbeelden in Nederland van Wesenbeeck et al., 2014
afwatering beïnvloeden	kwelderwerken Friesland en Groningen, Dollard	van Wesenbeeck et al., 2014
beweidings	alle	Bakker, 2014

Maatregelen rond nieuwvorming van kwelders en erosieremmende maatregelen zijn te vinden in de Groot et al. (2013).

## 7.8 Doelen

Beheer op niveau van waterlichaam

### Natura 2000

Habitattypen

- H1310 Zilte pionierbegroeiingen A (Zeekraal) en B (zeevetmuur)
- H1320 Schorren met slijkgrasvegetaties (*Spartinion maritimae*)
- H1330 Atlantische schorren (*Glauco-Puccinellietalia maritimae*)

Doelen per gehele Natura 2000-gebied, bijvoorbeeld hele Waddenzee, en niet afzonderlijke kwelders. Behouds- en/of verbeterdoelen; structuur, areaal, ...

**KRW:** angiospermen (planten), oppervlaktes en verhoudingen kwelderzones: pionierzone, lage kwelder, middenkwelder, hoge kwelder, climaxzone (Riet of Zeekweek), brakke kwelder.

Waddenzee en Eems-Dollard: Trilateraal (TMAP, Wadden Sea Plan)





## 8 Literatuur

- Bak, A., W.M. Liefveld, I. van Splunder (2013). *Richtlijn Projectmonitoring (Inrichtingsprojecten Rijkswateren)*. Lelystad.
- Petts, G. E., & C. Amoros (1996). *Fluvial Hydrosystems*. London: Springer. Retrieved from <http://books.google.com/books?id=dyfbYsBA7WgC&pgis=1>
- Bakker, J.P. (2014). Ecology of salt marshes; 40 years of research in the Wadden Sea. Wadden Academy, Leeuwarden.
- Buijse, A.D., H. Coops, M. Staras, L.H. Jans, G.J. van Geest, R.E. Grift, B.W. Ibelings, W. Oosterberg & F.C.J.M. Roozen (2002). Restoration strategies for river floodplains along large lowland rivers in Europe. *Freshwater Biology* 47: 889-907. <http://dx.doi.org/10.1046/j.1365-2427.2002.00915.x>
- Buijse, A.D., G. J. van Geest, R.E. Grift, F.C.J. M. Roozen (2001). Stagnante wateren in H.A. Wolters, M. Platteeuw & M.M. Schoor [red.] Richtlijnen voor inrichting en beheer van uiterwaarden. Ecologie en veiligheid gecombineerd. RIZA rapport 2001.059. 18 p.
- Duin, W.E. van, K.S. Dijkema, D. Bos (2007). Cyclisch beheer kwelderwerken Friesland. A&W-rapport;887. IMARES, Wageningen.
- Esselink, P., D. Bos, P. Daniels, W.E. Duin, R.M. Veeneklaas (2015). Van Polder naar kwelder: tien jaar kwelderherstel Noorderleece. Altenburg & Wymenga ecologisch onderzoek
- Duren LA van, M.M. van Katwijk (2015). Herstelmaatregel groot zeegras in de Nederlandse Waddenzee. Haalbaarheid van de doelstellingen onder de Kaderrichtlijn Water. Project 12038902, Deltares Delft, The Netherlands, p 1-36
- Folmer E (2015) Ontwikkelingen en vestigingsmogelijkheden voor litoraal zeegras in de trilaterale Waddenzee. Programma Rijke Waddenzee, p 1-31
- Geerling, G.W. (2013) Effectiviteit van Maatregelen - eindconclusies en lessons learned
- Geerling, G.W. & L.A.W. van Kouwen (2011). Handvatten voor nevengeulen in de Rijntakken'. Deltares in opdracht van Rijkswaterstaat Oost-Nederland.
- Geest, G.J. van (2005). Macrophyte succession in floodplain lakes : spatio-temporal patterns in relation to river hydrology, lake morphology and management. Ph.D. thesis Wageningen
- Giesen WBTJ, K. Giesen, P.T. Giesen, L.L. Govers, W. Suykerbuyk, M.M. van Katwijk (2015). Zeegrasmusmitigaties Oosterschelde. Proeven met verplaatsen van Klein zeegras (*Zostera noltii*) in de Oosterschelde: mitigatiemaatregel bij dijkwerkzaamheden ZLD-6606A. Eindrapport, aangevuld met metingen 2014 en 2015. Radboud Universiteit Nijmegen, The Netherlands.
- Govers LL, J.P. Meffert, P.C.J. van Rijswijk, W. Man in 't Veld, J.H.T. Heusinkveld, M.M. van Katwijk, T.J. Bouma, T. van der Heide (2015) Effecten van *Phytophthora* spp.- besmetting op de zaadkieming van groot zeegras (*Zostera marina*) Implicaties voor zeegrasherstel. Rapport Radboud Universiteit Nijmegen, The Netherlands
- Groot, A.V. de, A.P. Oost, R.M. Veeneklaas, E.J. Lammerts, W.E. Van Duin, B.K. Van Weesenbeeck, E.M. Dijkman, E.C. Koppenaar (2015). Ontwikkeling van eilandstaarten; Geomorfologie, waterhuishouding en vegetatie. Rapport nr. 2015/OBN198-DK, IMARES rapport C183/14, Deltares rapport 1208549.01, O+BN, VBNE, Vereniging van Bos- en Natuurterreineigenaren, Driebergen, 111 pp.
- Groot, A.V. de, B.K. van Wesenbeeck, J.M. Van Loon-Steensma (2013). Stuurbaarheid van kwelders, IMARES Wageningen UR, IMARES report C004/13, IJmuiden etc., 49 pp. <http://edepot.wur.nl/245652>
- Heide T van der, M.M. van Katwijk MM, G.W. Geerling (2006). Een verkenning van de groeimogelijkheden van ondergedoken Groot zeegras (*Zostera marina*) in de Nederlandse Waddenzee. Radboud University, Nijmegen

- Grift, R.E., A.D. Buijse & G.J. van Geest (2006). The status of limnophilic fish and the need for conservation in floodplains along the lower Rhine, a large regulated river. *Archiv für Hydrobiologie Supplement* 158 (Large Rivers 16): 623-648. <http://dx.doi.org/10.1127/lr/16/2006/623>
- Jager Z and K. Kolbe (2013). Wax and wane of *Zostera marina* on the tidal flat Hond-Paap / Hund-Paapsand in the Ems estuary. Examinations of existing data. Study commissioned by NLWKN (D)
- Jong DJ de, A.G. Brinkman, M.M. van Katwijk (2005). Kansencarta zeegras Waddenzee. Potentiële groeimogelijkheden voor zeegras in de Waddenzee. Report RIKZ/2005.013, Rijkswaterstaat, Middelburg, the Netherlands
- Katwijk MM van (2015). Uitzaaai Groot zeegras Grevelingen. *Ecoscience*, Nijmegen, The Netherlands, p 1-10
- Leeuw, J. J. de, A.D. Buijse, G. Haidvogel, M. Lapinska, R. Noble, R. Repecka, T. Virbickas, W. Wiśniewolski & C. Wolter (2007). Challenges in developing fish-based ecological assessment methods for large floodplain rivers. *Fisheries Management and Ecology* 14: 483–494. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2400.2007.00576.x>
- Molen, D.T. van der, R. Pot, C.H.M. Evers, R. Buskens, F.C.J. van Herpen [red.] (2013). Referenties en maatlatten voor overige wateren (geen krw-waterlichamen). STOWA rapport 2013 - 14
- Molen, D.T. van der, R. Pot, C.H.M. Evers & L.L.J. van Nieuwerburgh [red.] (2012). Referenties en maatlatten voor natuurlijke watertypen voor de kaderrichtlijn water 2015-2021. STOWA rapport 2012 – 31.
- Rijkswaterstaat (2015). Beheer- en ontwikkelplan voor de Rijkswateren. Rijkswaterstaat WVL. Lelystad. <https://www.rijkswaterstaat.nl/water/waterbeheer/beheer-en-ontwikkeling-rijkswateren/beheer-ontwikkelplan-rijkswateren.aspx>
- Roozen, F.C.J.M. (2005). Transparency of floodplain lakes: a study of plankton and suspended matter along the lower Rhine. Ph.D. thesis Wageningen
- Schoor, M.M., M. Greijdanus, G.W. Geerling, L.A.H. van Kouwen, P. Postma (2011). Een nevengeul vol leven, handreiking voor een goed ecologisch ontwerp. Rijkswaterstaat
- Wesenbeeck, B.K. van, P. Esselink, A.P. Oost, W.E. van Duin, A.V. de Groot, R.M. Veeneklaas, T. Balke, P. van Geer, A.C. Calderon, A. Smale (2014). Verjonging van half-natuurlijke kwelders en schorren. VBNE, Vereniging van Bos- en Natuurterreineigenaren, Driebergen.

## A Overzicht van Natura 2000-doelen voor het rivierengebied

### Habitattypen (speciale beschermingszone's)

- H3150 Van nature eutrofe meren met vegetatie van het type Magnopotamion of Hydrocharition
- H3260 Submontane en laagland rivieren met vegetaties behorend tot het Ranunculion fluitantis en het Callitricho-Batrachion
- H3270 Rivieren met slikoevers met vegetaties behorend tot het Chenopodietum rubri p.p. en Bidention p.p.
- H6120 \*Kalkminnend grasland op dorre zandbodem
- H6430 Voedselrijke zoomvormende ruigten van het laagland, en van de montane en alpiene zones H6510 Laaggelegen schraal hooiland (*Alopecurus pratensis*, *Sanguisorba officinalis*)
- H91E0 \*Bossen op alluviale grond met *Alnus glutinosa* en *Fraxinus excelsior* (*Alno-Padion*, *Alnion incanae*, *Salicion albae*)
- H91F0 Gemengde oeverformaties met *Quercus robur*, *Ulmus laevis* en *Ulmus minor*, *Fraxinus excelsior* of *Fraxinus angustifolia* langs de grote rivieren (*Ulmenion minoris*)

De in het eerste lid bedoelde speciale beschermingszones zijn aangewezen voor de volgende soorten opgenomen in bijlage II van Richtlijn 92/43/EEG (prioritaire soorten aangeduid met een sterretje (\*)):

- H1095 Zeeprik (*Petromyzon marinus*)
- H1099 Rivierprik (*Lampetra fluviatilis*)
- H1102 Elft (*Alosa alosa*)
- H1106 Zalm (*Salmo salar*)
- H1134 Bittervoorn (*Rhodeus amarus*)
- H1145 Grote modderkruiper (*Misgurnus fossilis*)
- H1149 Kleine modderkruiper (*Cobitis taenia*)
- H1163 Rivierdonderpad (*Cottus gobio*)
- H1166 Kamsalamander (*Triturus cristatus*)
- H1318 Meervleermuis (*Myotis dasycneme*)
- H1337 Bever (*Castor fiber*)
  
- A021 Roerdomp (*Botaurus stellaris*)
- A022 Woudaap (*Ixobrychus minutus*)
- A037 Kleine zwaan (*Cygnus bewickii* (*Cygnus columbianus bewickii*))
- A038 Wilde zwaan (*Cygnus cygnus*)
- A045 Brandgans (*Branta leucopsis*)
- A068 Nonnetje (*Mergus albellus*)
- A119 Porseleinhoen (*Porzana porzana*)
- A122 Kwartelkoning (*Crex crex*)
- A140 Goudplevier (*Pluvialis apricaria*)
- A151 Kemphaan (*Philomachus pugnax*)

- A197 Zwarte stern (*Chlidonias niger*)
- A229 IJsvogel (*Alcedo atthis*)
- A272 Blauwborst (*Luscinia svecica*)

## Trekvogels

A004 Dodaars (*Tachybaptus ruficollis*)  
A005 Fuut (*Podiceps cristatus*)  
A017 Aalscholver (*Phalacrocorax carbo*)  
A039 Toendrarietgans (*Anser fabalis* spp. *rossicus*) A041 Kolgans (*Anser albifrons*)  
A043 Grauwe gans (*Anser anser*)  
A048 Bergeend (*Tadorna tadorna*)  
A050 Smient (*Anas penelope*)  
A051 Krakeend (*Anas strepera*)  
A052 Wintertaling (*Anas crecca*)  
A053 Wilde eend (*Anas platyrhynchos*)  
A054 Pijlstaart (*Anas acuta*)  
A056 Slobeend (*Anas clypeata*)  
A059 Tafeleend (*Aythya ferina*)  
A061 Kuifeend (*Aythya fuligula*)  
A125 Meerkoet (*Fulica atra*)  
A130 Scholekster (*Haematopus ostralegus*)  
A142 Kievit (*Vanellus vanellus*)  
A153 Watersnip (*Gallinago gallinago*)  
A156 Grutto (*Limosa limosa*)  
A160 Wulp (*Numenius arquata*)  
A162 Tureluur (*Tringa totanus*)  
A249 Oeverwaluw (*Riparia riparia*)  
A298 Grote karekiet (*Acrocephalus arundinaceus*)

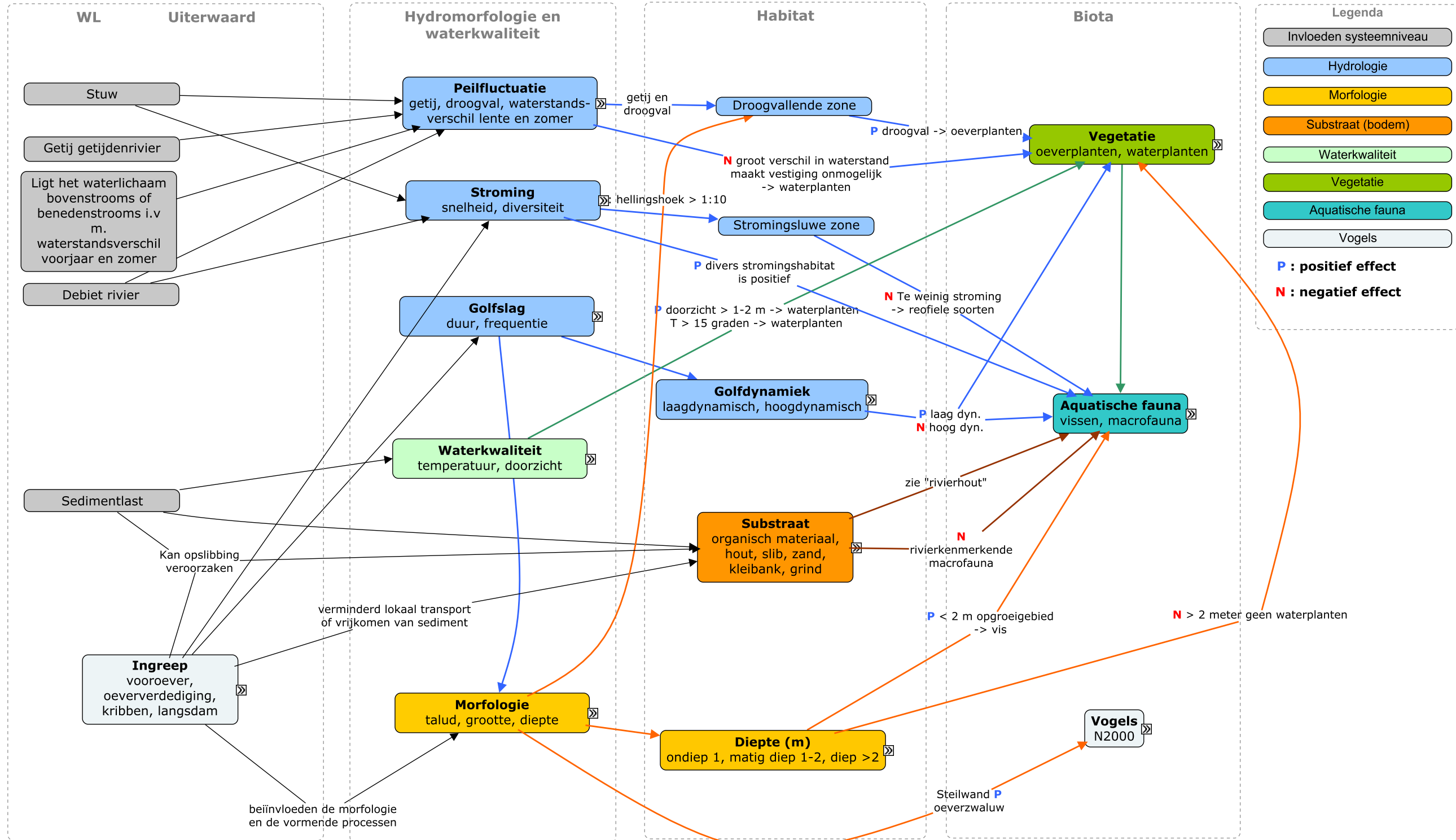
## B Conceptuele schema's

- NVO – concepten ingeklapt
- NVO – concepten uitgekapt
- Geïsoleerde plas – concepten ingeklapt
- Geïsoleerde plas – concepten uitgekapt
- Tweezijdig aangetakte nevengeul en eenzijdig aangetakte strang – concepten ingeklapt
- Tweezijdig aangetakte nevengeul en eenzijdig aangetakte strang – concepten uitgekapt
- Rivierhout – origineel W. Liefveld
- Rivierhout – vernieuwde layout
- Zeegras – origineel M. van Katwijk
- Zeegras – vernieuwde layout
- Kwelder – originele versie A. de Groot
- Kwelder – vernieuwde layout

# Conceptuele schema's KRW maatregelen

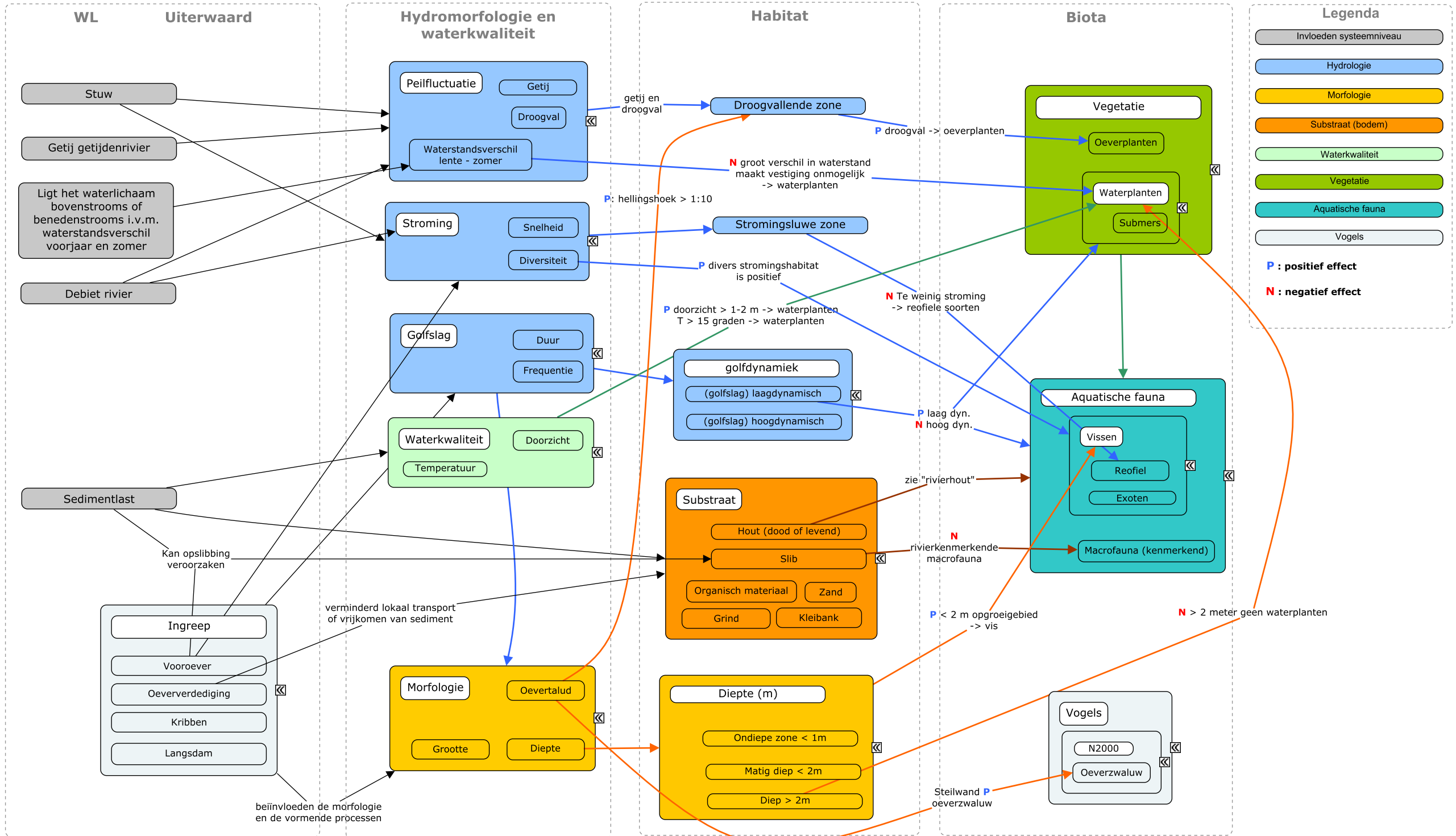
Appendix B

# Natuur(vriende)lijke oever - conceptueel schema ingeklapt

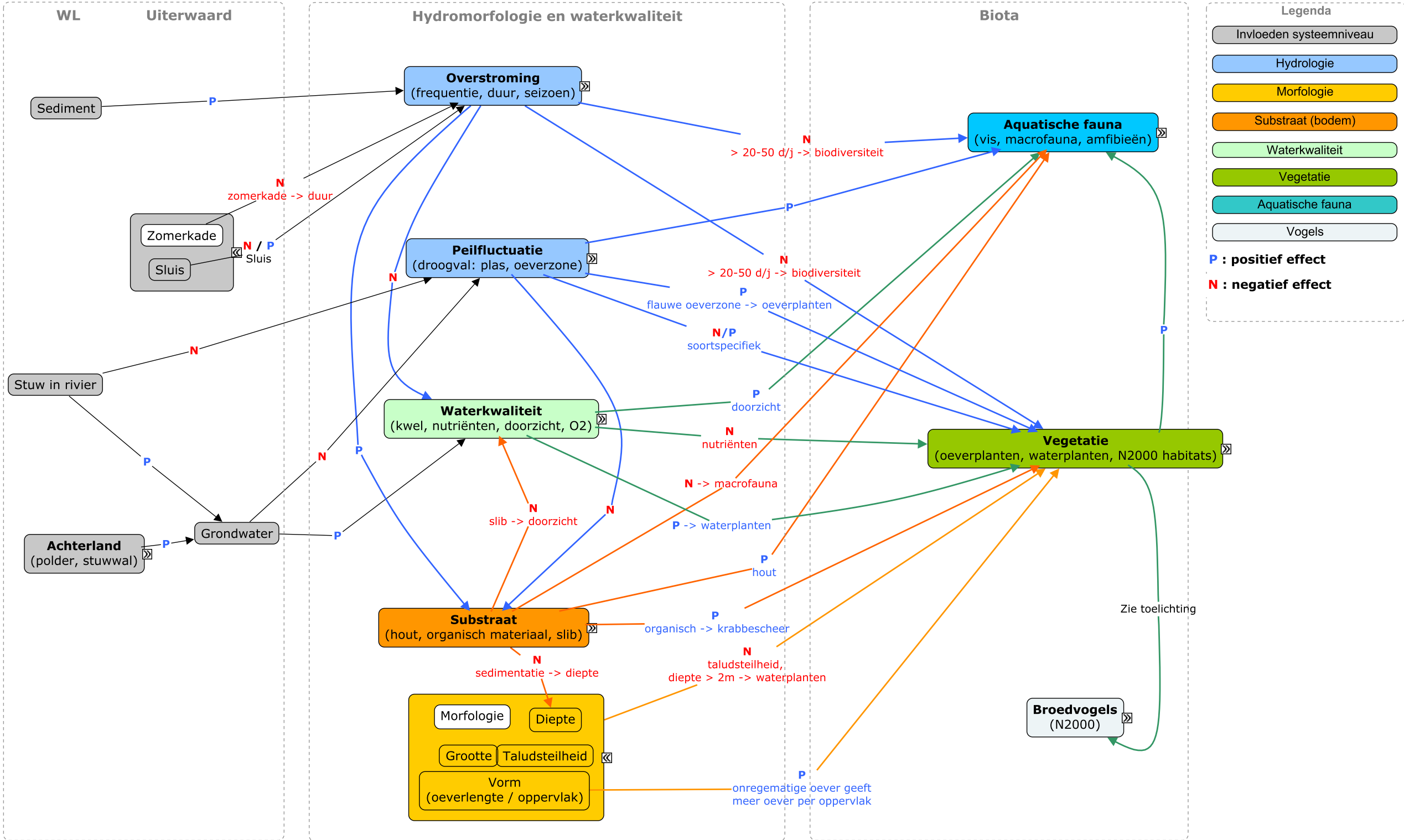




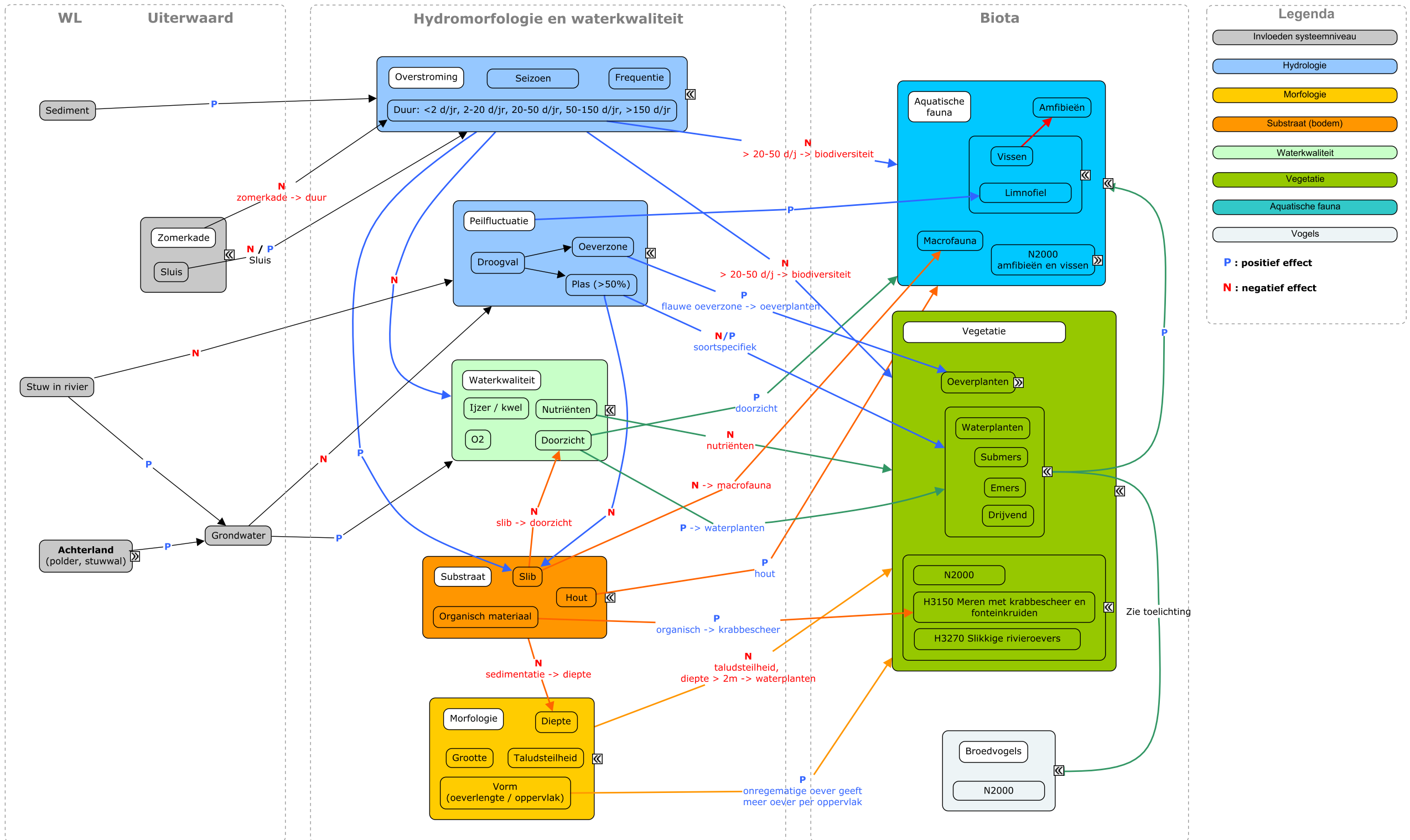
# Natuur(vriende)lijke oever - conceptueel schema volledig



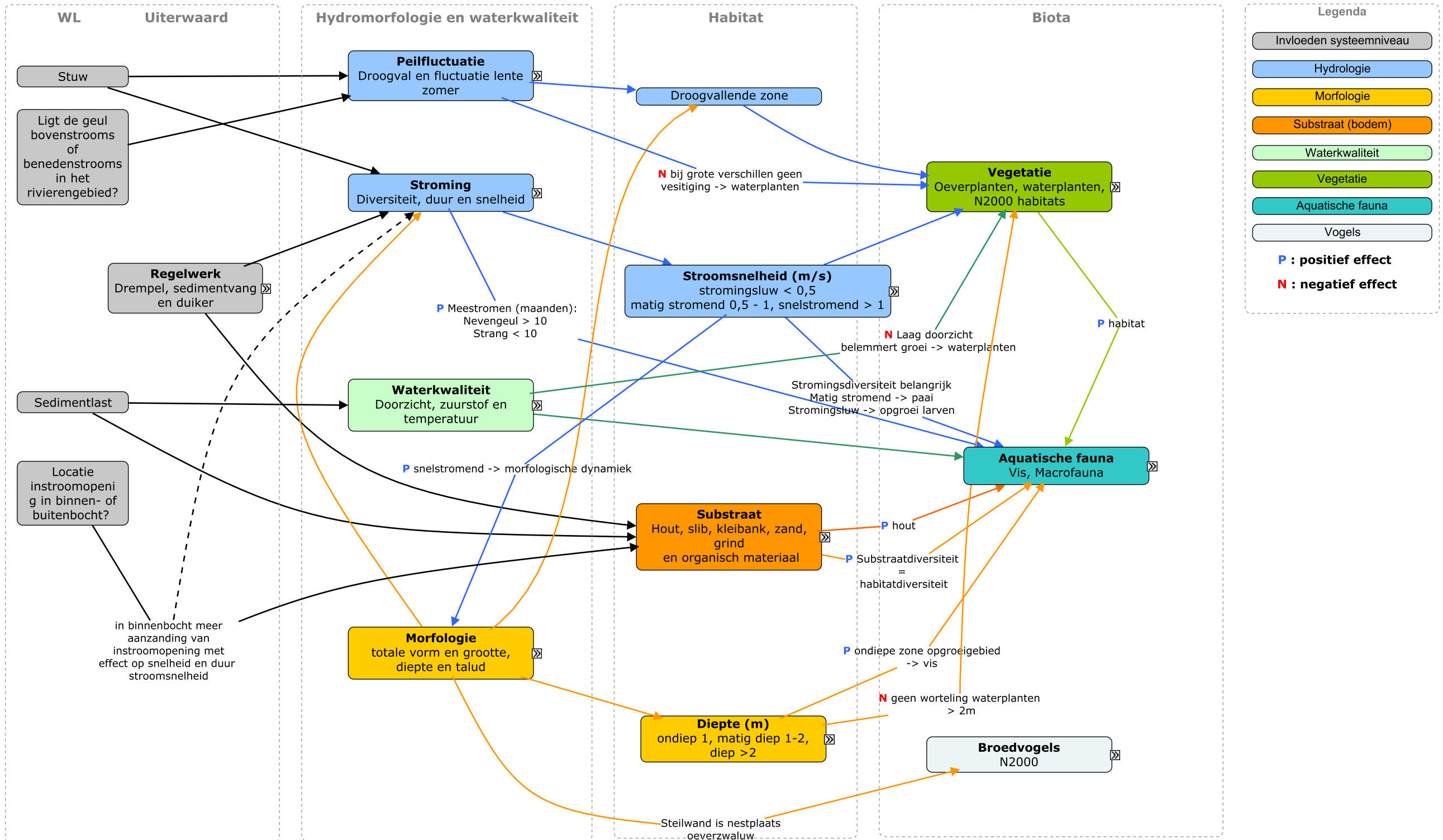
# Geïsoleerde plas - conceptueel schema ingeklapt



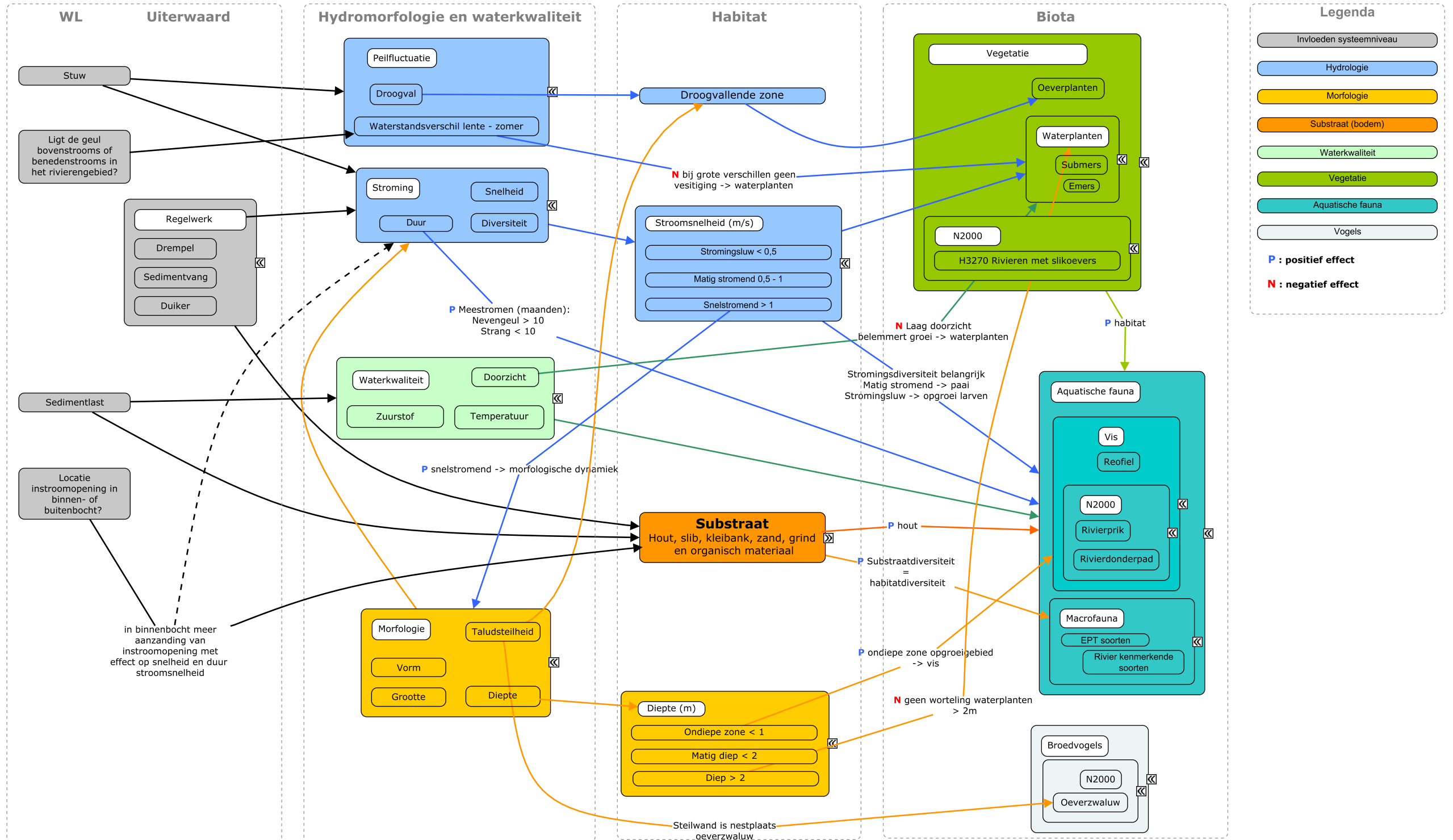
# Geïsoleerde plas - conceptueel schema volledig



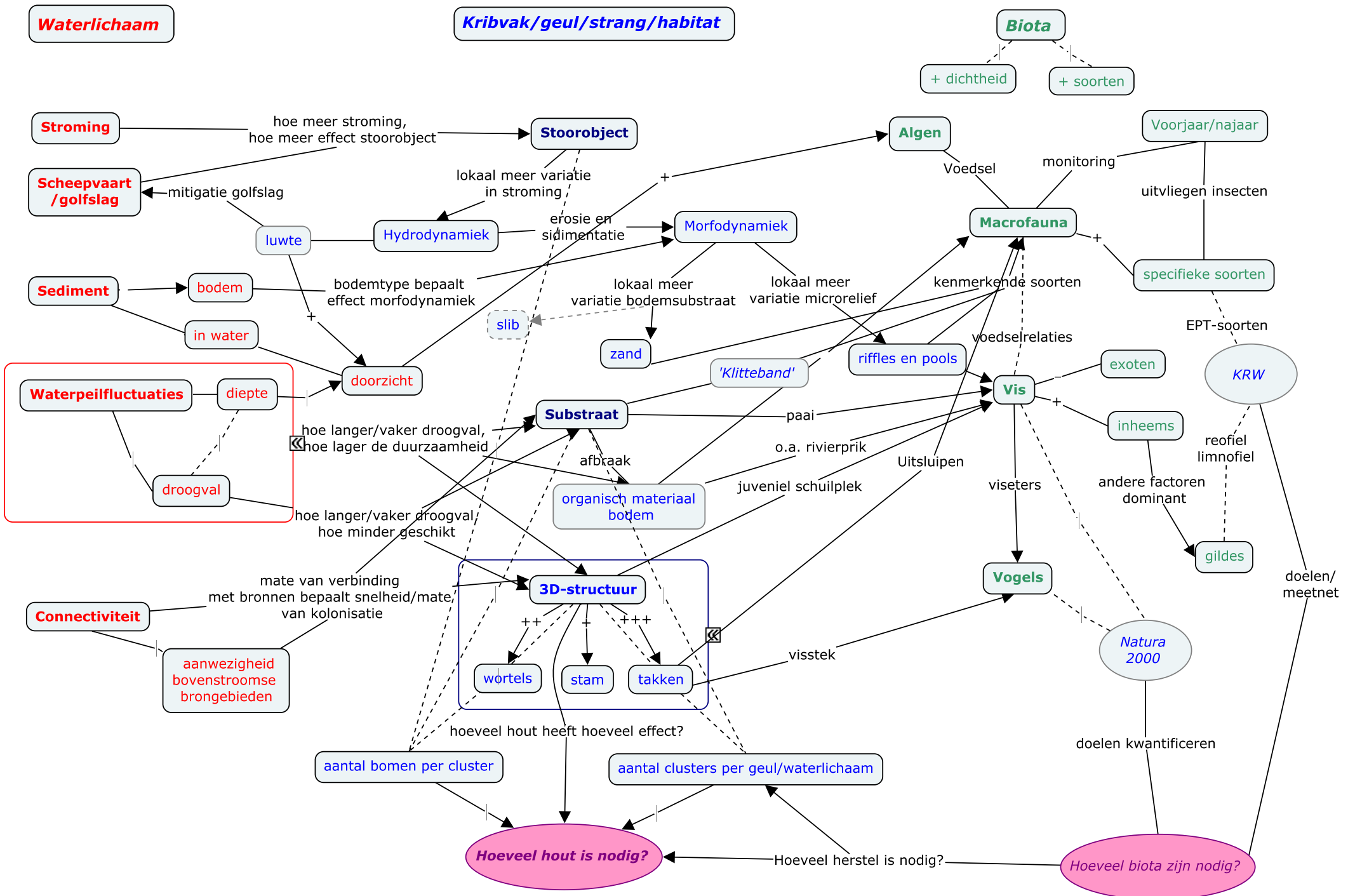
# Tweezijdig aangetakte nevengeul en eenzijdig aangetakte strang - conceptueel schema ingeklapt



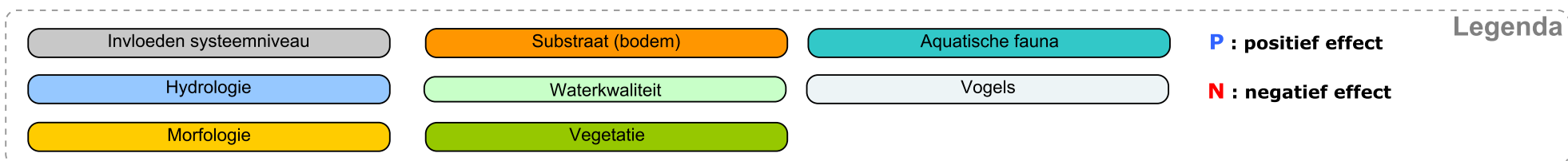
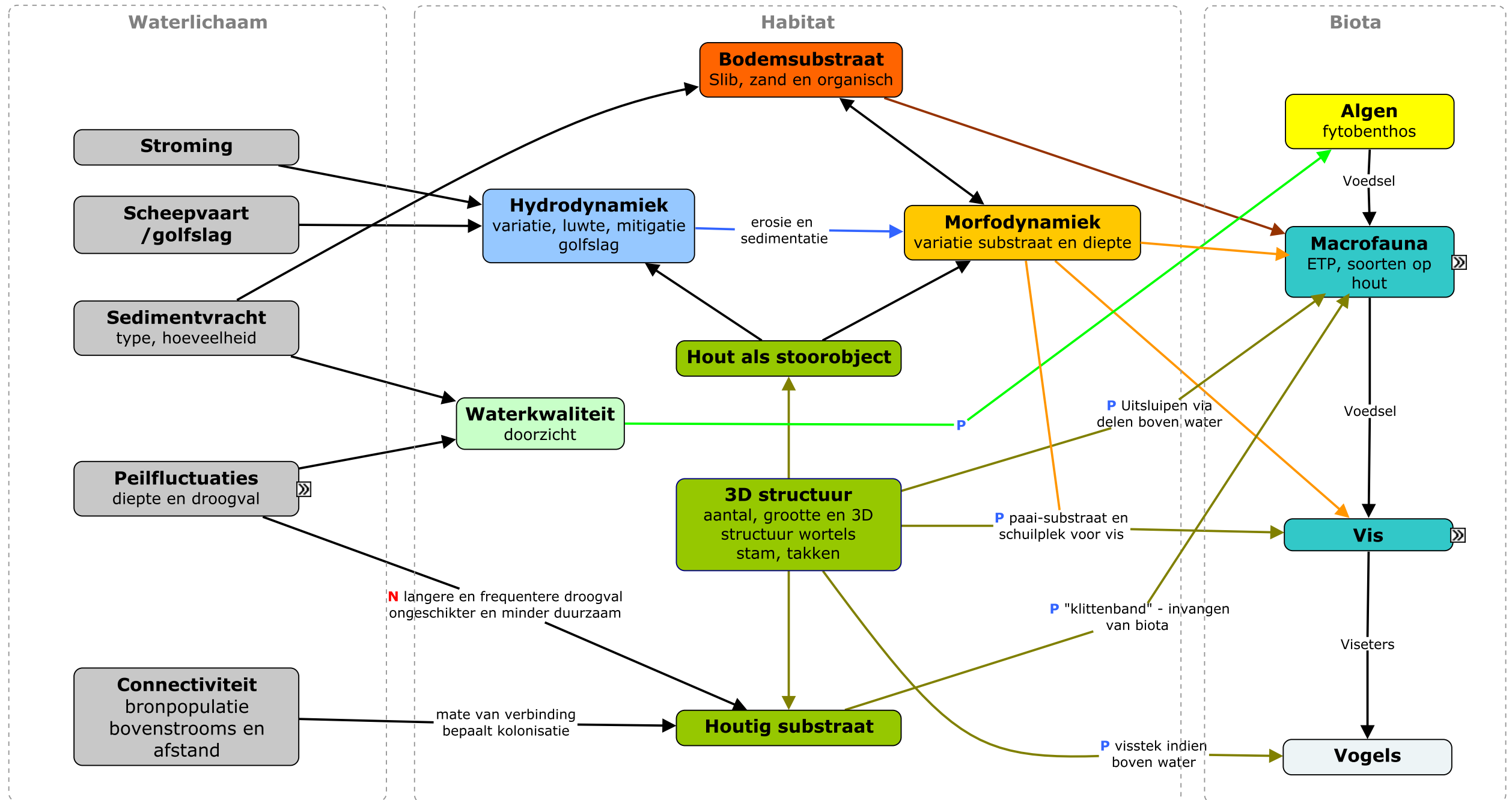
# Tweezijdig aangetakte nevengeul en eenzijdig aangetakte strang - conceptueel schema volledig



# Rivierhout – origineel conceptueel schema W. Liefveld

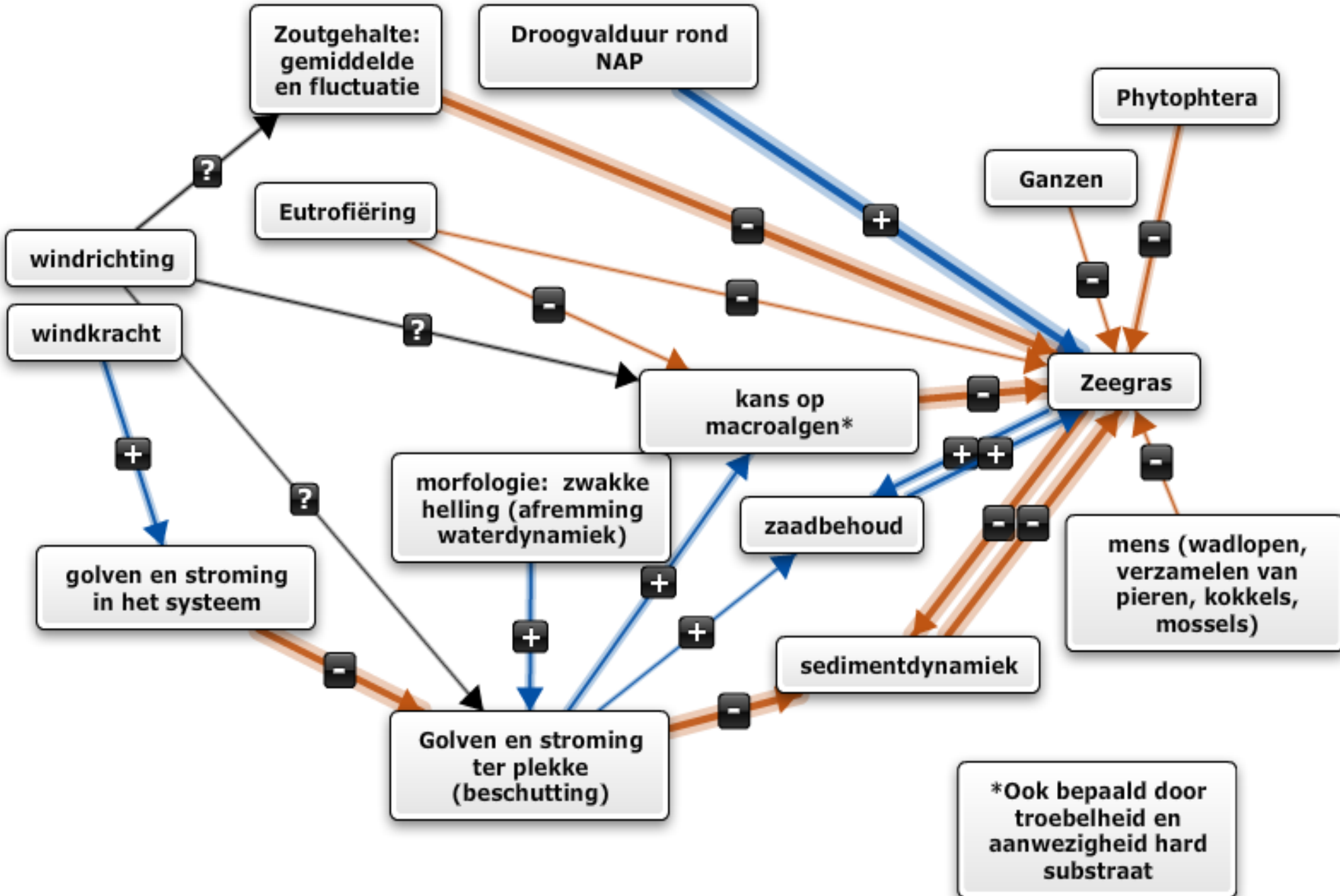


# Rivierhout – conceptueel schema



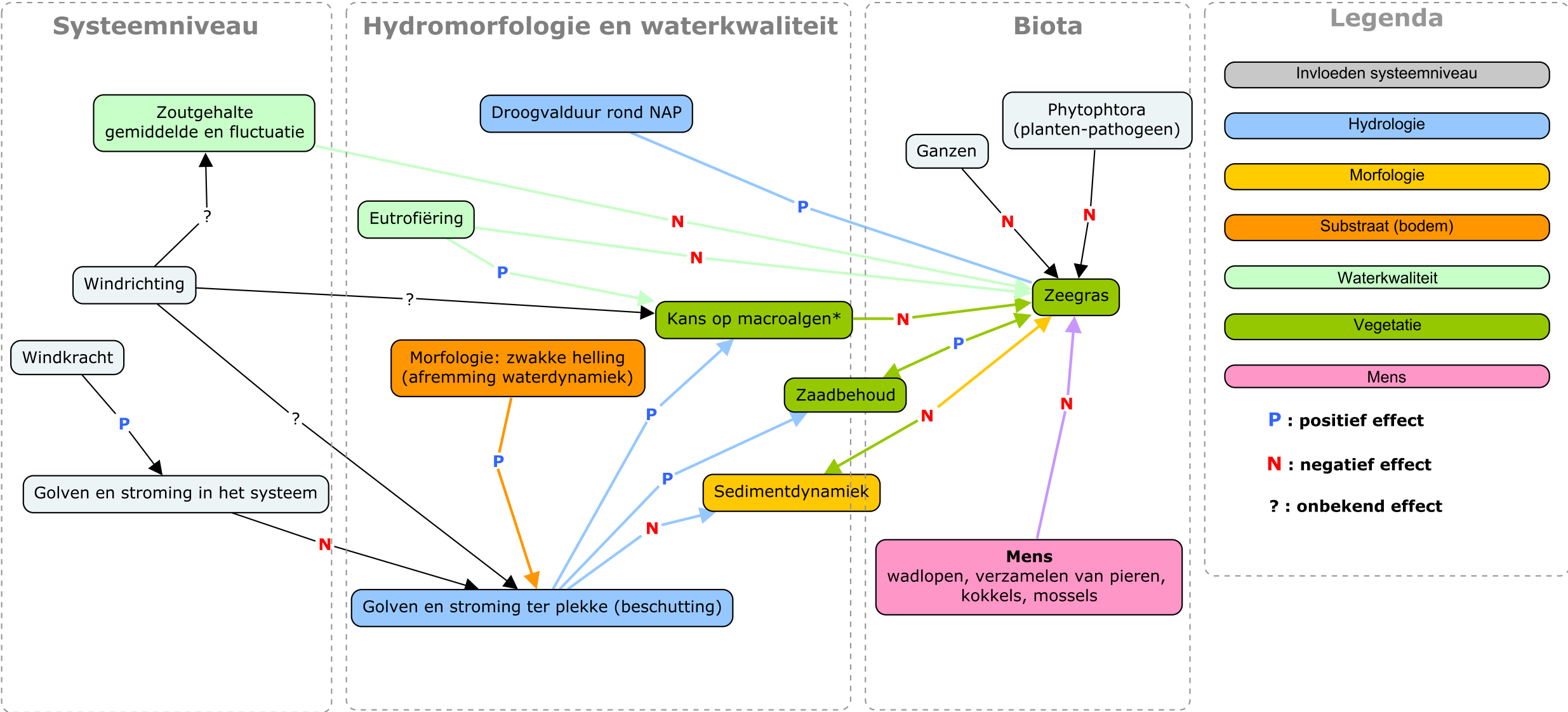


Zeegras – origineel conceptueel schema M. van Katwijk





# Zeegras - conceptueel schema



\*kans op macroalgen ook bepaald door troebelheid en aanwezigheid hard substraat



# Kwelder - conceptueel schema

