

22

5140

[2]

Natuurlijke levensgemeenschappen van de Nederlandse binnenwateren deel 2, Beken



791 F 12

Natuurlijke levensgemeenschappen van de Nederlandse binnenwateren deel 2, Beken

Achtergronddocument bij het 'Handboek
Natuurdoeltypen in Nederland'

Piet F.M. Verdonschot



landbouw, natuurbeheer
en visserij

in opdracht van:
Expertisecentrum LNV
Ministerie van Landbouw,
Natuurbeheer en Visserij



ALTERRA

ALTERRA
Afdeling Ecologie & Milieu
Basisteam Zoetwaterecosystemen

16609
18 MEI 2007

Colofon

Rapport EC-LNV nr. AS-02 Wageningen 2000

Dit rapport is opgesteld door Alterra in opdracht van het Expertisecentrum LNV van het ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij.

Teksten mogen worden overgenomen mits met bronvermelding.

Deze uitgave kan schriftelijk, telefonisch of per e-mail worden besteld bij het Expertisecentrum LNV onder vermelding van code AS-02 en het aantal exemplaren. De kosten per exemplaar bedragen f. 20,00. Een factuur wordt bijgevoegd.

Auteur: Piet F.M. Verdonshot

Projectleiding EC-LNV: Carla M. Bisseling & Mariken Fellingner

Fotografie: Piet F.M. Verdonshot

Ontwerp: Plano Design, Den Haag

Opmaak en drukwerk: Den Haag Offset, Rijswijk

Productie: Expertisecentrum LNV
Bezoekadres: Marijkeweg 24, Wageningen
Postadres: Postbus 30, 6700 AA Wageningen
Telefoon: 0317 – 474 801
Fax: 0317 – 427 561
E-mail: balie@eclnv.agro.nl

Inhoudsopgave

Inhoudsopgave	3	
Achtergrond en methodiek van het Aquatisch Supplement	5	
Voorwoord	17	
Samenvattend overzicht	19	
1 Onstaanswijze en morfologie	21	
1.1 Inleiding	21	[3
1.2 Ontstaanswijze	21	
1.3 Ligging	22	
1.4 Natuurlijkheid	24	
2 Landschapsecologische aspecten	27	
2.1 Inleiding	27	
2.2 Landschapsecologische relaties	27	
2.3 Beken: open en gradiëntrijke systemen	29	
2.4 Globaal historisch landschapsecologisch referentiebeeld	30	
3 Hoofdfactoren	31	
3.1 Inleiding	31	
3.2 Droogval	32	
3.3 Temperatuur	33	
3.4 Hydro-morfologie	34	
3.5 Zuurgraad	39	
3.6 Zuurstof en organisch materiaal	40	
3.7 Mineralen	42	
3.8 Samenvattend overzicht	46	
4 Typologie	47	
4.1 Bestaande typologieën	47	
4.2 Opzet referentietypologie	47	
4.3 Droogvallende bovenloopjes	53	
4.4 Droogvallende bovenlopen	55	
4.5 (Zwak) zure bovenloopjes	58	
4.6 (Zwak) zure bovenlopen	61	

4]

4.7	Zwak zure middenlopen	65
4.8	Snelstromende bovenloopjes	67
4.9	Snelstromende bovenlopen	71
4.10	Snelstromende middenlopen	74
4.11	Snelstromende benedenlopen	78
4.12	Snelstromende riviertjes	81
4.13	Langzaam stromende bovenloopjes	84
4.14	Langzaam stromende bovenlopen	87
4.15	Langzaam stromende middenlopen	90
4.16	Langzaam stromende benedenlopen	94
4.17	Langzaam stromende riviertjes	98
5	Bedreigingen en trends	101
5.1	Inleiding	101
5.2	Waterkwantiteit	101
5.3	Waterkwaliteit	102
5.4	Morfologische verstoring	102
5.5	Trends	103
6	Herstelmogelijkheden	107
6.1	Inleiding	107
6.2	Maatregelen ten behoeve van stroming	108
6.3	Maatregelen ten behoeve van structuren	112
6.4	Maatregelen ten behoeve van stoffen	117
6.5	Beheer en onderhoud	120
7	Literatuur	123
	Bijlage 1: Begeleidingscommissie Aquatisch Supplement	127
	Bijlage 2: Deelnemers expert-workshop beken	128

Algemene toelichting op het project “Aquatisch supplement”

1 Aanleiding voor het project “Aquatisch Supplement”

Voor de kwalitatieve invulling van de EHS is in 1995 een stelsel van natuurdoeltypen beschreven in het Handboek Natuurdoeltypen. De natte natuur is hierin globaal uitgewerkt. Dit terwijl een groot deel van de EHS uit water bestaat en de gevarieerdheid in watertypen in Nederland zeer groot is. Ervaring met het gebruik van het Handboek heeft geleerd dat de praktijk vraagt om verder uitgewerkte natuurdoeltypen voor de waternatuur. Dit is aanleiding geweest voor een project “Aquatisch Supplement”. Het project heeft geresulteerd in een serie achtergronddocumenten (supplement) bij het (herziene) Handboek Natuurdoeltypen. De watertypen die in de achtergrond-documenten worden beschreven, vormen de bouwstenen voor de aquatische natuurdoeltypen voor het nieuwe Handboek (zie ook paragraaf 4 van deze algemene toelichting).

[5]

2 Status en ambitieniveau van de achtergronddocumenten

Elk watertype, zoals beschreven in hoofdstuk 4, is een beschrijving van een levensgemeenschap in termen van abiotiek en biotiek. De beschrijving van de biotiek is beperkt tot macrofyten (water- en oeverplanten), macrofauna (met het blote oog waarneembare ongewervelde dieren, meestal tussen de 1 mm en enkele cm groot) en vissen. De abiotische beschrijvingen zijn niet normatief maar richtinggevend voor de milieu-omstandigheden waaronder het type zich optimaal ontwikkelt.

Elk watertype beschrijft in principe de natuurlijke ecologische situatie van (een deel van) een watersysteem. De beschrijving fungeert daarmee als referentie voor zo'n watersysteem. Van veel wateren ontbreekt echter informatie over de natuurlijke situatie of de watersystemen zijn van oorsprong kunstmatig zodat een natuurlijke referentie niet bestaat. Daarom is het beter om te spreken van een ecologisch optimale situatie: een situatie waarin zo weinig mogelijk beïnvloeding van de mens aanwezig is en de soortensamenstelling een afspiegeling is van een gezonde leefomgeving. Deze situatie geeft mogelijkheden voor de ontwikkeling van zeldzame en kenmerkende soorten voor bepaalde milieu-omstandigheden en voor de ontwikkeling van doelsoorten die daar thuishoren.

Dit betekent dat de beschrijvingen in de achtergronddocumenten geen weergave zijn van de alledaagse veldsituatie. In veel gevallen zullen de

huidige omstandigheden (nog) niet voldoen aan de ideale omstandigheden. Een watertype geeft richting aan een streefbeeld voor deze veldsituatie. Tevens is aangegeven welk beheer en inrichting nodig is om dit streefbeeld te bereiken. In het algemeen geldt dat de mogelijkheden voor ontwikkeling van dit streefbeeld in gebieden met een natuurfunctie (EHS) het grootst zijn.

De watertypen in de achtergronddocumenten hebben geen beleidsmatige status maar zijn een belangrijk instrument in de doorwerking van het landelijke natuurbeleid in de regionale planvorming. De beschrijvingen geven houvast bij de vertaling van natuurdoelen in een adequaat milieu-, waterbeleid en -beheer. Voor veel typen geldt dat dit beleid en beheer maatwerk is op regionale schaal. Een gedetailleerde invulling van watertypen op regionale schaal geeft dus extra houvast voor een effectieve doorwerking van het natuurbeleid. Door een directe relatie tussen watertypen en natuurdoeltypen zijn de resultaten op regionale schaal vertaalbaar naar het nationale natuurbeleid.

6]

3 Uitwerking in achtergronddocumenten

Levensgemeenschappen vormen de basis voor het onderscheiden van watertypen. Een levensgemeenschap is een complex geheel van verschillende soorten en soortgroepen met diverse onderlinge interacties. Het beschrijven van een levensgemeenschap in een abstracte typologie is altijd een versimpelde afspiegeling van de werkelijkheid. Een beschrijving van een type is daarom een richtinggevend beeld van wat er in het veld aangetroffen zou kunnen worden onder bepaalde omstandigheden. Om praktische redenen is als eerste ingang tot de informatie een verdeling gemaakt van wateren in hoofdwatertypen.

Er zijn 13 hoofdwatertypen onderscheiden die door RIZA en Alterra verder zijn uitgewerkt ieder in een apart achtergronddocument:

- deel 1 Bronnen (Alterra)
- deel 2 Beken (Alterra)
- deel 3 Wateren in het rivierengebied (RIZA en Alterra)
- deel 4 Brakke binnenwateren (Alterra)
- deel 5 Poelen (Alterra)
- deel 6 Sloten (Alterra)
- deel 7 Laagveenwateren (Alterra)
- deel 8 Wingaten (Alterra)
- deel 9 Rijksmeren (RIZA)
- deel 10 Regionale kanalen (Alterra)
- deel 11 Rijkskanalen (RIZA)
- deel 12 Zoete duinwateren (Alterra)
- deel 13 Vennen (Alterra)

Elk hoofdwatertype is uitgewerkt in een typologie die in de achtergrond-documenten beschreven zijn. Het “aquatisch supplement” bestaat in totaal dus uit 13 boekjes.

De typologie van de regionale wateren is gebaseerd op de ‘gemeenschapsbenadering’. Dit betekent dat per hoofdwatertype verschillen in levensgemeenschappen leiden tot het onderscheiden van watertypen. De hoofdfactoren die ten grondslag liggen aan deze verschillen in gemeenschappen staan in hoofdstuk 3 (“Hoofdfactoren”). Als basisgegevens voor de uitwerking van de typologie is literatuur en expert judgement gebruikt. Dit betekent dat de uitgewerkte typologieën gebaseerd zijn op bestaande typologieën en aanverwante informatie en niet op nieuwe ruwe gegevens uit het veld. Voor een aantal hoofdwatertypen is gewerkt met weinig materiaal (poelen, kanalen, wingaten). Voor andere was veel meer informatie beschikbaar (sloten en beken). De overige watertypen zaten daar tussen in. Voor de uitwerking van de rijkswateren (rivieren, rijkskanalen en rijksmeren) is het ecotopenstelsel van Rijkswaterstaat de belangrijkste basis.

[7

De typologie staat in hoofdstuk 4. Elk type is beschreven in termen van:

- Processen: processen die bepalend zijn voor het voorkomen van het bepaalde type
- Ecologische typering: een karakterisering van de levensgemeenschappen van de vegetatie, de macrofauna en de vissen.
- Indicatoren: de belangrijkste kenmerkende soorten macrofyten, macrofauna en vissen.
- Doelsoorten: Deze zijn in de boekjes over de regionale watertypen alleen opgenomen voor de macrofauna, m.u.v. de libellen. De libellen zijn in het Handboek Natuurdoeltypen (1995) al als doelsoort benoemd. Daarbij gaat het om het volwassen stadium. De larven (watertypen) zijn daarbij niet betrokken. De verantwoording voor de keuze van de macrofauna - doelsoorten wordt apart gerapporteerd (Verdonschot, in prep.).
- Abiotische toestandsvariabelen: richtinggevende waarden voor de meest essentiële fysische en chemische parameters, zoals voedingsstoffen, macro-ionen, waar relevant breedte en diepte.
- Beheer en inrichting: aanwijzingen voor gewenst beheer en inrichting om het betreffende type te realiseren en te onderhouden.

4 Van watertype naar natuurdoeltype

De watertypen uit de achtergronddocumenten vormen de basis voor de afbakening van de natuurdoeltypen die opgenomen zijn in het nieuwe Handboek Natuurdoeltypen (Bal et al., in prep.). In totaal zijn er 131 watertypen onderscheiden in de 13 achtergronddocumenten en ca. 25 aquatische

natuurdoeltypen in het handboek. Dit betekent dat er watertypen geaggregeerd zijn tot natuurdoeltypen. Het resultaat van de aggregatie is weergegeven in tabel B. In deze aggregatie zijn de volgende criteria gehanteerd:

- In principe behoort ieder watertype tot slechts één natuurdoeltype.
- De indeling in aquatische natuurdoeltypen in het nieuwe handboek is gebaseerd op ecologische hoofdfactoren: stroming, stroomsnelheid en dimensies en mate van buffering. In onderstaand tabel A is dit aangegeven:

Tabel A: Sturende hoofdfactoren als basis voor de aggregatie van de watertypen uit het Aquatisch Supplement naar de natuurdoeltypen uit het Handboek Natuurdoeltypen in Nederland (Bal et al., in prep).

	estuaria		stromende wateren							
<i>sturende hoofdfactor</i>	<i>getijde dynamiek</i>	<i>brak</i>	<i>droog- vallend</i>	<i>stroomsnelheid</i>		<i>dimensie</i>				
<i>natuurdoeltype</i>				<i>langzaam</i>	<i>snel</i>	<i>bron</i>	<i>zeer klein</i>	<i>klein</i>	<i>matig</i>	<i>groot</i>
droogvallende bron en beek			*							
permanente bron						*				
langzaam stromende bovenloop				*			*			
langzaam stromende midden- en benedenloop				*				*		
langzaam stromend riviertje				*					*	
snelstromende bovenloop					*		*			
snelstromende midden- en benedenloop					*			*		
snelstromend riviertje					*				*	
snelstromende rivier en nevengeul					*					*
langzaam stromende rivier en nevengeul				*						*
zoet getijdenwater	*									
brak getijdenwater	*	*								

Stilstaande wateren												
sturende hoofdfactor	bescha- duwd	droog- vallend	brak	buffering			dyna- misch	dimensie				geïso- leerd
				zuur	zwak gebuf- ferd	gebuf- ferd		diep klein	diep groot	ondiep klein	ondiep groot	
natuurdoeltype												
brak stilstaand water			*									
bospoel	*											*
gebufferde poel en wiel						*		*		*		*
gebufferde sloot						*				*		
dynamisch rivierbege- leidend water						*	*					
geïsoleerde meander en petgat						*					*	*
meer						*			*		*	
kanaal, vaart, boezemwater						*		*				
ondiep duinwater											*	*
zwak gebufferde sloot					*					*		
zwak gebufferd ven en wingat					*							*
zuur ven				*								*
moeras en droogvallend water		*										

[9]

Bij de 'brakke wateren' is de factor brak zo dominant dat de verschillen in dimensies nauwelijks verschillende levensgemeenschappen oplevert. Hetzelfde geldt voor de 'zure wateren' (ven).

- Naast de ecologische hoofdfactoren speelt het beheer een rol. Zo worden vennen en droogvallende oevers van vennen niet apart beschreven aangezien ze voor de waterbeheerder één beheerseenheid vormen.
- In de naamgeving van de typen is de herkenbaarheid zo veel mogelijk terug te vinden, waarbij de naam liefst zo kort mogelijk is gehouden. Op basis van de vorm is de naamgeving afgestemd op in de praktijk gebruikelijke naamgeving van sloot, poel, ven, beek enz.
- Semi-aquatische typen zijn waar mogelijk gecombineerd met semi-terrestrische typen: bijvoorbeeld "periodiek droogvallende wateren (in het rivierengebied)" zijn samengevoegd met "moerassen"; "droogvallende duinwateren" met "natte duinvalleien". Op die manier is de integratie van aquatische en terrestrische typen zo groot mogelijk.

- De ecologische bandbreedte is voor ieder aquatisch natuurdoeltype ongeveer gelijk: gemeenschapstypen met soorten die in eenzelfde milieu voorkomen, zijn geaggregeerd.
- Er is voor gekozen het totaal aantal natuurdoeltypen (aquatisch en terrestrisch, hoofdgroep 1, 2 en 3) beperkt te houden (maximaal 100), wat zijn weerslag heeft op het beschikbare aantal voor de aquatische natuurdoeltypen. Uiteindelijk worden dit er waarschijnlijk ca. 25. De natuurdoeltypen geven globaal de variatie weer op nationaal schaalniveau.

De exacte indeling in natuurdoeltypen en de achterliggende aggregatie staat in het nieuwe Handboek Natuurdoeltypen. Bij het gereedkomen van dit document was de definitieve indeling nog niet bekend.

De natuurdoeltypen in het handboek hebben een beleidsmatige status: ze vormen een kwalitatieve norm voor de invulling van het natuurbeleid in Nederland. Deze kwalitatieve norm geldt in eerste instantie voor de Ecologische Hoofdstructuur en alle systemen die voor natuur optimaal beheerd worden. In kwantitatieve zin stelt het natuurbeleid normen aan (clusters) van natuurdoeltypen via de Rijksstreefbeeldencarta.

10]

5 Toepassingsmogelijkheden

De belangrijkste toepassing van de watertypen en de natuurdoeltypen ligt op het vlak van doeltoewijzing in de gebiedsgerichte planvorming.

Daarnaast kunnen de typen richting geven aan inrichting, beheer en monitoring. De toepassingsmogelijkheden van de natuurdoeltypen worden uitgebreid behandeld in het nieuwe Handboek Natuurdoeltypen.

Toepassingsmogelijkheden voor de watertypen zijn als volgt:

Doeltoewijzing

Op landelijk schaalniveau stelt het natuurbeleid zowel kwalitatieve (in de vorm van natuurdoeltypen) als kwantitatieve (in hectares) normen aan de te behouden en ontwikkelen natuur. Voor realisering hiervan is maatwerk geboden. De watertypen uit de achtergronddocumenten zijn een instrument voor invulling van dit maatwerk. In principe zijn de natuurdoeltypen en de watertypen bedoeld voor doeltoewijzing binnen de Ecologische Hoofdstructuur. Daarnaast is het mogelijk de typen te gebruiken in de gebiedsgerichte planvorming buiten de EHS voor gebieden of wateren waar het beheer gericht is op natuur.

In de algemene karakterisering van elk watertype is aangegeven waar globaal dit type in het landschap te verwachten is. Deze landschapsecologische context bepaalt in sterke mate de potentie voor realisering van een watertype. Per watertype is aangegeven wat de

abiotische randvoorwaarden zijn om het betreffende type te realiseren. Deze randvoorwaarden bieden extra aanknopingspunten voor de doeltoewijzing.

Voor watersystemen geldt dat in praktijk zowel waterbeheerders als natuurbeheerders in de doelrealisering betrokken zijn. De watertypen en aquatische natuurdoeltypen fungeren in de doeltoewijzing en het opstellen van inrichtings-, beheers- en monitoringsplan als gezamenlijke taal voor deze beheerders.

De potentie om een zo goed mogelijk watersysteem te realiseren is het grootst indien het totale landschap een op natuur gericht beheer kent. Een toekenning van een hoofdgroep 1- of 2-type in plaats van een hoofdgroep 3-type vergroot efficiëntie van beheer en duurzaamheid. In de hoofdgroep 1- en 2-typen vormen wateren en watersystemen elementen die in deze typen op landschapsschaal beschouwd en beheerd worden. Een gebied inclusief watersystemen komt alleen in aanmerking voor een type uit hoofdgroep 1 of 2 indien aan de volgende voorwaarden wordt voldaan:

- er is voldoende ruimte beschikbaar en de benodigde landschapsecologische processen zijn mogelijk.
 - het gebied wordt niet doorsneden door verharde wegen, spoorlijnen, kanalen, of gebieden met een andere beheersstrategie, omdat dergelijke enclaves natuurlijke processen op landschapsschaal kunnen belemmeren.
- Indien beheer op landschapsschaal van voldoende grootte niet mogelijk is, is beheer op lokale schaal gewenst en kunnen aquatische natuurdoeltypen of watertypen (hoofdgroep 3) toegekend worden.

[11

EU-kaderrichtlijn

Een specifieke toepassing die in de komende jaren veel aandacht zal krijgen, is die in het kader van de EU-kaderrichtlijn Water. Deze vervangt in de komende jaren diverse andere Europese regelingen. De Kaderrichtlijn heeft enkel betrekking op water, maar stelt zich expliciet ten doel ook bij te dragen aan de realisering van goede randvoorwaarden voor aan water gerelateerde (terrestrische) natuur. Daarbij staat de stroomgebiedenbenadering centraal. Per stroomgebied dient een beheersplan te worden opgesteld met daarin o.a. een beschrijving van beschermde gebieden met bijzondere natuurwaarden, inclusief de bijbehorende milieudoelen. Het systeem van natuurdoeltypen en watertypen biedt hiervoor goede handvatten, bijvoorbeeld bij het apart onderscheiden van 'kunstmatige' of 'sterk veranderde wateren', die in de Richtlijn een aparte status zullen krijgen. Hetzelfde geldt voor het beoogde onderscheid van de ecologische toestand van gebieden in normatieve klassen (zeer goed, goed en matig). De natuurdoeltypen en de watertypen vormen een belangrijke basis voor de benodigde referentiebeschrijvingen die in het kader van de EU-kaderrichtlijn opgesteld dienen te worden voor alle wateren binnen een stroomgebied.

Tabel B: Relatie tussen de watertypen uit het Aquatisch Supplement (13 deelrapporten) en de natuurdoeltypen uit het Handboek Natuurdoeltypen (Bal et al., in prep).

Watertypen van het Aquatisch Supplement	Concept-natuurdoeltypen van het Handboek Natuurdoeltypen in prep. (s.v.z. december 2000) (NB: tussen haakjes staan de concept-subnatuurdoeltypen)
Bronnen, deelrapport 1	
Bronnen met geconcentreerde, hoge afvoer	Permanente bron (matig mineralenrijk)
Mineralenarme bronnen met pleksgewijze, matige afvoer	Permanente bron (mineralenarm)
Matig mineralenrijke bronnen met pleksgewijze, matige afvoer	Permanente bron (matig mineralenrijk)
Mineralenarme bronnen met diffuse, lage afvoer	Permanente bron (mineralenarm)
Matig mineralenrijke bronnen met diffuse, lage afvoer	Permanente bron (matig mineralenrijk)
Mineralenarme, beekbegeleidende bronnen	Permanente bron (mineralenarm)
Matig mineralenrijke, beekbegeleidende bronnen	Permanente bron (matig mineralenrijk)
Mineralenarme, droogvallende bronnen	Droogvallende bron en beek
Matig mineralenrijke, droogvallende bronnen	Droogvallende bron en beek
Mineralenarme bronvijvers	Permanente bron (bronzijver)
Matig mineralenrijke bronvijvers	Permanente bron (bronzijver)
Limnocrene bronnen	Permanente bron (bronzijver)
Beken, deelrapport 2	
Droogvallende bovenloopjes	Droogvallende bron en beek
Droogvallende bovenlopen	Droogvallende bron en beek
(Zwak) zure bovenloopjes	Langzaam stromende bovenloop (zuur)
(Zwak) zure bovenlopen	Langzaam stromende bovenloop (zuur)
Zwak zure middenlopen	Langzaam stromende midden- en benedenloop (zuur)
Snelstromende bovenloopjes	Snelstromende bovenloop
Snelstromende bovenlopen	Snelstromende bovenloop
Snelstromende middenlopen	Snelstromende midden- en benedenloop
Snelstromende benedenlopen	Snelstromende midden- en benedenloop
Snelstromende riviertjes	Snelstromend riviertje
Langzaam stromende bovenloopjes	Langzaam stromende bovenloop
Langzaam stromende bovenlopen	Langzaam stromende bovenloop
Langzaam stromende middenlopen	Langzaam stromende midden- en benedenloop
Langzaam stromende benedenlopen	Langzaam stromende midden- en benedenloop
Langzaam stromende riviertjes	Langzaam stromend riviertje
Wateren in het rivierengebied, deelrapport 3	
Rivier: hard substraat (stenen, grind, veenbanken, dood hout) in snelstromend water	Snelstromende rivier en meestromende nevengeul/ Langzaam stromende rivier en meestromende nevengeul
Rivier: zand in snelstromend water	Snelstromende rivier en meestromende nevengeul/ langzaam stromende rivier en nevengeul

Rivier: klei- of leemoevers in snelstromend water	Langzaam stromende rivier en meestroomde nevengeul
Rivier: vast substraat (stenen, grind, veen/ kleibanken, hout) in langzaam stromend water	Langzaam stromende rivier en meestromende nevengeul/snelstromende rivier en meestromende nevengeul
Rivier: zand in langzaam stromend water	Langzaam stromende rivier en meestromende nevengeul/snelstromende rivier en meestromende nevengeul
Rivier: zand met een laagje slib of detritus in langzaam stromend water	Langzaam stromende rivier en meestromende nevengeul
Rivier: slib in langzaam stromend tot stilstaand water	Langzaam stromende rivier en meestromende nevengeul
Periodiek droogvallende wateren	Moeras en droogvallend water
Diepe wateren in open verbinding met de rivier	Dynamisch rivierbegeleidend water (groot)
Van de rivier geïsoleerde grote diepe wateren	Afgeleid type meer (diep matig tot sterk gebufferd)
Diepe van de rivier geïsoleerde kleine wateren	Gebufferde poel en wiel
Ondiepe wateren in open verbinding met de rivier	Dynamisch rivierbegeleidend water (klein)
Ondiepe geïsoleerde sterk geïnundeerde wateren	Dynamisch rivierbegeleidend water (klein)
Ondiepe geïsoleerde matig geïnundeerde wateren	Geïsoleerde meander en petgat (geïsoleerde meander)
Geïsoleerde ondiepe zelden geïnundeerde wateren	Geïsoleerde meander en petgat (geïsoleerde meander)
Wateren met getijdeninvloed	Zoet getijdenwater
Zoete intergetijdenzone	Zoet getijdenwater
Zoete, ondiepe getijdenwateren	Zoet getijdenwater
Zoete, diepe getijdenwateren en de stroomgeul	Zoet getijdenwater
Licht brakke intergetijdenzone	Brak getijdenwater
Licht brakke, ondiepe getijdenwateren	Brak getijdenwater
Licht brakke, diepe getijdenwateren en de stroomgeul	Brak getijdenwater
Brakke intergetijdenzone	Brak getijdenwater
Brakke, ondiepe getijdenwateren	Brak getijdenwater
Brakke, diepe getijdenwateren en de stroomgeul	Brak getijdenwater
Brakke binnenwateren, deelrapport 4	
Licht brakke duinplassen	Brak stilstaand water (licht tot matig)/ondiep duinwater
Licht brakke laagveenplassen	Stilstaand brak water (licht tot matig)/meer (ondiep matig tot sterk gebufferd)

Geïsoleerde, kleine, stagnante, licht brakke wateren	Stilstaand brak water (licht tot matig)/gebufferde poel
Geïsoleerde, grote, stagnante, licht brakke wateren	Stilstaand brak water (licht tot matig)/meer (ondiep matig tot sterk gebufferd)
Kleine, licht brakke, lijnvormige wateren	Stilstaand brak water (licht tot matig)/gebufferde sloot
Grote, licht brakke, lijnvormige wateren	Stilstaand brak water (licht tot matig)/Kanaal, vaart en boezemwater
Geïsoleerde, kleine, stagnante, matig brakke wateren	Stilstaand brak water (licht tot matig)
Geïsoleerde, grote, stagnante, matig brakke wateren	Stilstaand brak water (licht tot matig)
Matig brakke, lijnvormige wateren	Stilstaand brak water (licht tot matig)
Geïsoleerde, kleine, stagnante, sterk brakke wateren	Stilstaand brak water (sterk)
Geïsoleerde, grote, stagnante, sterk brakke wateren	Stilstaand brak water (sterk)
Sterk brakke, lijnvormige wateren	Stilstaand brak water (sterk)
Poelen, deelrapport 5	
Temporaire zure poelen	Zuur ven (droogvallende poel)
Temporaire, niet zure poelen	Moeras en droogvallend water
Permanente zure poelen	Zuur ven (poel)
Sterk beschaduwde, permanente poelen	Bospoel
Zwak gebufferde poelen op zandgrond	Zwak gebufferd ven en wingat (poel en ven)
Zwak tot matig gebufferde poelen op zandgrond	Gebufferde poel en wiel (poel)
Poelen op kleigrond	Gebufferde poel en wiel (poel)
Sloten, deelrapport 6	
Brakke sloten	Stilstaand brak water (licht tot matig)/gebufferde sloot
(zwak) zure zandsloten	Zwak gebufferde sloot (zwak zure zandsloot)
Zure hoogveenslootjes	Levend hoogveen
Oligo- tot mesotrofe zandsloten	Zwak gebufferde sloot (oligo- tot mesotrofe sloot)
Mesotrofe veensloten	Gebufferde sloot
Eutrofe veensloten	Gebufferde sloot
Kleisloten	Gebufferde sloot
Laagveenwateren, deelrapport 7	
Zure oligotrofe laagveenslootjes	Veenmosrietland
Oligo- tot mesotrofe laagveensloten	Zwak gebufferde sloot (oligo- tot mesotrofe sloot)
Meso- tot eutrofe laagveensloten	Gebufferde sloot
Brakke laagveensloten	Stilstaand brak water (licht tot matig)/gebufferde sloot
Vaarten en laagveenkanalen	Kanaal, vaart, boezemwater
Mesotrofe petgaten	Geïsoleerde meander en petgat (petgat)
Voedselrijke petgaten	Geïsoleerde meander en petgat (petgat)
Mesotrofe plasjes	Gebufferd meer (ondiep zwak tot matig gebufferd)
Voedselrijke plasjes	Gebufferd meer (ondiep zwak tot matig gebufferd)

Voedselarme plassen en meren	Gebufferd meer (ondiep zwak tot matig gebufferd)
Voedselrijke plassen en meren	Gebufferd meer (ondiep zwak tot matig gebufferd)
Wingaten, deelrapport 8	
Grote, diepe, zure wingaten	Zwak gebufferd ven en wingat (wingat)
Grote, diepe zwak gebufferde wingaten	Zwak gebufferd ven en wingat (wingat)
Grote, diepe oligo- mesotrofe matig tot sterk gebufferde wingaten	Afgeleid type gebufferd meer (diep matig tot sterk gebufferd)
Grote, diepe mesotrofe matig tot sterk gebufferde wingaten	Afgeleid type gebufferd meer (diep matig tot sterk gebufferd)
Ondiepe tot matig diepe, zure, oligotrofe wingaten op zand- of leemgrond	Zuur ven
Ondiepe tot matig diepe, (zeer) zwak gebufferde wingaten op zand- of leemgrond	Zuur ven
Ondiepe tot matig diepe wingaten op kleigrond	Meer (ondiep matig tot sterk gebufferd)
Rijksmeren, deelrapport 9	
Meren, zeer diep water	Afgesloten zoete zeearm
Meren, diep water	Afgesloten zoete zeearm
Meren, matig diep water	Afgesloten zoete zeearm
Meren, ondiep water	Gebufferd meer (ondiep matig tot sterk gebufferd)
Regionale kanalen, deelrapport 10	
Kleine, stromende kanalen	Afgeleid type langzaam stromende midden- en benedenloop
Grote, licht stromende kanalen	Afgeleid type langzaam stromend riviertje
Zure kanalen op zandgrond	Afgeleid type kanaal, vaart, boezemwater
Zwak tot matig gebufferde kanalen op zandgrond	Kanaal, vaart, boezemwater
Grote, stilstaande kanalen op zandgrond	Kanaal, vaart, boezemwater
Kleine, stilstaande kanalen op kleigrond	Kanaal, vaart, boezemwater
Grote, stilstaande kanalen op kleigrond	Kanaal, vaart, boezemwater
Rijkskanalen, deelrapport 11	
Zoete kanalen, diep water, sterk tot matig dynamisch	Kanaal, vaart, boezemwater
Zoete kanalen, ondiep water, sterk tot matig dynamisch	Kanaal, vaart, boezemwater
Zoete kanalen, ondiep water, matig tot gering dynamisch	Kanaal, vaart, boezemwater
Brakke kanalen, zeer diep water, sterk tot matig dynamisch	Stilstaand brak water (sterk)
Brakke kanalen, diep water, sterk tot matig dynamisch	Stilstaand brak water (sterk)
Brakke kanalen, ondiep water, sterk tot matig dynamisch	Stilstaand brak water (licht tot matig)
Brakke kanalen, ondiep water, matig tot gering dynamisch	Stilstaand brak water (licht tot matig)

Zoete duinwateren, deelrapport 12

Droogvallende, ondiepe, kalkrijke duinwateren	Natte duinvallei
Droogvallende, ondiepe, kalkarme duinwateren	Natte duinvallei
Droogvallende, ondiepe, zwak zure duinwateren	Natte duinvallei
Permanente, ondiepe, jonge duinwateren	Ondiep duinwater
Permanente, ondiepe, oude duinwateren	Ondiep duinwater
Grote, diepe duinwateren	Meer (ondiep matig tot sterk gebufferd)
Kleine duinwateren	Ondiep duinwater
Duinbron	Permanente bron (matig mineralenrijk)
Langzaam stromende (droogvallende) duinwateren	Droogvallende bron en beek
Stromende duinwateren	Langzaam stromende bovenloop/midden- en benedenloop

Vennen, deelrapport 13

Zure vennen zonder hoogveenontwikkeling	Zuur ven
Ionenrijkere, matig zure vennen zonder hoogveenontwikkeling	Zuur ven
Hoogveenvennen	Levend hoogveen
Open water in hoogveengebieden	Levend hoogveen
Ionenrijkere hoogveenvennen	Levend hoogveen
Zeer zwak gebufferde zandbodemvennen	Zwak gebufferd ven en wingat (poel en ven)
Ondiepe, zwak gebufferde zandbodemvennen	Zwak gebufferd ven en wingat (poel en ven)
Diepe, zwak gebufferde zandbodemvennen	Zwak gebufferd ven en wingat (poel en ven)
Beekdalvennen	Gebufferde poel en wiel/geïsoleerde meander en pet gat

Voorwoord

Bij het realiseren van de Ecologische Hoofdstructuur stuurt het rijk op kwaliteit. In 1995 heeft het hiervoor de mogelijke typen natuur beschreven in het 'Handboek natuurdoeltypen in Nederland'. Het doel van dit handboek is het creëren van een gemeenschappelijke taal die beleidsmakers en beheerders kunnen gebruiken bij het maken van afspraken over de te realiseren natuurkwaliteit.

Het handboek uit 1995 richt zich met name op de terrestische natuur. De beschrijving van de typen aquatische natuur is globaal gebleven. Dit is een groot gemis, met name vanwege het specifieke belang van natte natuur in Nederland.

In 1997 is in de workshop 'Aquatische-ecologische instrumenten voor de toekomst' de behoefte aan een aanvulling van het Handboek Natuurdoeltypen ten aanzien van natte natuur reeds geuit. Om hierin te voorzien heeft de directie Natuurbeheer van LNV aan het Expertise-centrum LNV de opdracht gegeven een 'Aquatisch Supplement' voor het handboek op te stellen.

Het voor u liggende rapport is onderdeel van dit Aquatisch Supplement. De totale reeks van dit supplement bestaat uit 13 rapporten waarin verschillende soorten zoet watersystemen zijn beschreven. Ieder watersysteem is beschreven in termen van organismen (doelsoorten en indicatorsoorten), de bijbehorende abiotische omstandigheden, de meest sturende ecologische processen, de ligging in het landschap en adviezen voor beheer en inrichting.

Onder leiding van het EC-LNV is deze reeks rapporten opgesteld in samenwerking met het Ministerie van Verkeer en Waterstaat (Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling), Het Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM), De Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer (STOWA), enkele waterschappen (Hollandse Eilanden en Waarden, Uitwaterende Sluizen en de Maaskant) en de provincie Friesland. RIZA en Alterra hebben het project uitgevoerd.

Mede op basis van het Aquatisch Supplement is momenteel een nieuwe versie van het Handboek Natuurdoeltypen in voorbereiding bij het Expertisecentrum LNV. Dit document zal in het voorjaar van 2001 verschijnen.

Ik hoop dat u allen in uw dagelijks werk geïnspireerd wordt door de inhoud van deze reeks van rapporten. Alle betrokkenen bedank ik hartelijk voor hun inzet.

Drs. R.P. van Brouwershaven
Directeur Expertisecentrum LNV
Wageningen

Samenvattend overzicht ‘beken’

Brontype	Ontstaanswijze en morfologie	Landschaps-ecologische aspecten	Bedreigingen en trends	Herstel-mogelijkheden
<i>droogvallende bovenloopjes</i>	meanderend, zeer ondiep	regenwater gevoed	verdere verdroging	retentie
<i>droogvallende bovenlopen</i>	sterk meanderend, ondiep	regenwater gevoed	verdere verdroging	retentie
<i>(zwak) zure bovenloopjes</i>	meanderend, zeer ondiep gevoed	regenwater of veenwater	vermesting	herstel natuurlijke inzijging
<i>(zwak)zure bovenlopen</i>	sterk meanderend, ondiep	regenwater of veenwater gevoed	vermesting	herstel natuurlijke inzijging
<i>zwak zure middenlopen</i>	sterk meanderend, matig ondiep	veen- en grondwater gevoed	vermesting, kanalisatie, regulatie	hermeandering
<i>snelstromende bovenloopjes</i>	niet tot zwak meanderend, zeer ondiep	grondwater gevoed	wijzigingen in waterkwantiteit	retentie, beschaduwing
<i>snelstromende bovenlopen</i>	niet tot zwak meanderend, zeer ondiep	grondwater gevoed	wijzigingen in waterkwantiteit	retentie, beschaduwing
<i>snelstromende middenlopen</i>	zwak meanderend, ondiep	grondwater gevoed	morfologie, waterkwaliteit	profielherstel, hermeandering
<i>snelstromende benedenlopen</i>	zwak meanderend, matig ondiep	grondwater gevoed	vervorming, vermisting	profielherstel, hermeandering
<i>snelstromende riviertjes</i>	(zwak) meanderend, matig ondiep	grondwater gevoed	vervorming, vermisting	profielherstel, hermeandering
<i>langzaam stromende bovenloopjes</i>	meanderend, zeer ondiep	regenwater of (ondiep) grondwater gevoed	vermisting, vervorming	herstel natuurlijke inzijging
<i>langzaam stromende bovenlopen</i>	sterk meanderend, ondiep	regenwater of (ondiep) grondwater gevoed	vermisting, vervorming	herstel natuurlijke inzijging
<i>langzaam stromende middenlopen</i>	sterk meanderend, matig ondiep	(ondiep) grondwater gevoed	vermisting, vervorming	hermeandering
<i>langzaam stromende benedenlopen</i>	sterk meanderend, dieper	(ondiep) grondwater gevoed	vermisting	hermeandering
<i>langzaam stromende riviertjes</i>	sterk meanderend, dieper	(ondiep) grondwater gevoed	vermisting	hermeandering

<i>Beektype</i>	<i>Hoofdfactoren</i>			
	<i>Temperatuur</i>	<i>Hydrologie</i>	<i>Mineralen</i>	<i>Zuurstof</i>
<i>droogvallende bovenloopjes</i>	fluctuerend	dynamisch	wisselend	variabel
<i>droogvallende bovenlopen</i>	fluctuerend	dynamisch	wisselend	variabel
<i>(zwak) zure bovenloopjes</i>	minder fluctuerend	vrij constant	evenwichtig	arm
<i>(zwak)zure bovenlopen</i>	minder fluctuerend	vrij constant	evenwichtig	arm
<i>zwak zure middenlopen</i>	fluctuerend	meer dynamisch	vrij matig evenwichtig	arm
<i>snelstromende bovenloopjes</i>	constant	constant	evenwichtig	matig rijk
<i>snelstromende bovenlopen</i>	vrij constant	constant	evenwichtig	matig rijk
<i>snelstromende middenlopen</i>	(minder) fluctuerend	vrij constant	evenwichtig	rijk
<i>snelstromende benedenlopen</i>	sterk fluctuerend	meer dynamisch	vrij evenwichtig	rijk
<i>snelstromende riviertjes</i>	fluctuerend	dynamisch	meer wisselend	rijk
<i>langzaam stromende bovenloopjes</i>	vrij constant	vrij constant	vrij evenwichtig	arm
<i>langzaam stromende bovenlopen</i>	minder fluctuerend	vrij constant	vrij evenwichtig	matig arm
<i>langzaam stromende middenlopen</i>	(sterk) fluctuerend	meer dynamisch	meer wisselend	matig rijk
<i>langzaam stromende benedenlopen</i>	(sterk)	dynamisch fluctuerend	wisselend	matig rijk
<i>langzaam stromende riviertjes</i>	fluctuerend	sterk dynamisch	sterk wisselend	matig rijk



Snoeijinksbeek in het voorjaar.

1 Ontstaanswijze en morfologie

1.1 Inleiding

Beken vormen een karakteristiek onderdeel van de hellende landschappen in Nederland. Beken worden gevonden in het pleistocene zandgebied, het tertiaire heuvelland en de holocene duinen. De meeste beken zijn momenteel recht getrokken, onder normprofiel gebracht en vaak gestuwd. Natuurlijke beken kronkelen. De kronkeling in de loop draagt sterk bij aan het ontstaan van verschillende milieus in en ook langs de beek. Echter, niet alle beken in Nederland kronkelen in dezelfde mate. Iedere beek heeft zijn eigen karakter.

Groeperingen van beken kunnen gebaseerd zijn op verschillende kenmerken of combinaties daarvan. Voorbeelden zijn indelingen van beken op basis van landschap, beschaduwing, dimensies, helling van het terrein of oorsprong van het water. Menselijk ingrijpen heeft nog een extra aantal indelingen toegevoegd.

De combinatie van ontstaanswijze (§ 1.2), geografische ligging (§ 1.3) en natuurlijkheid (§ 1.4) heeft geleid tot een aantal beektypologieën (§ 1.5). De voor natuurlijke beken relevante indelingskenmerken zijn uit deze bestaande typologieën gedestilleerd en vormen de grondslag voor de hier gepresenteerde typologie (§ 1.6). Het document als geheel en de gekozen typologische indeling is dus in hoge mate gebaseerd op expert-judgement.

[21

1.2 Ontstaanswijze

Beken in Nederland zijn natuurlijke of gegraven watergangen, die het neerslagoverschot van hogere gebieden naar de rivieren en de zee transporteren. Het kenmerk van beken is stroming. Zandgebieden hebben een sterk doorlatende bodem waardoor neerslag, die niet verdampt of wordt opgenomen door de vegetatie, toegevoegd wordt aan het grondwater. Boven een slecht of ondoorlatende bodemlaag verzamelt dit grondwater zich. Afhankelijk van de hellingsrichting en uitgestrektheid van de bodemlaag ontstaat een ondergrondse watermassa, die zich langzaam verplaatst door de bodem en in lager gelegen gebieden aan het oppervlak komt in de vorm van kwel in moerassige laagten of in kwelgreppels. Op sommige plaatsen stagneert de watermassa en vormt zich een drassige of moerassige laagte. Op plaatsen waar de ondoorlatende laag dicht aan het oppervlak komt, treedt het water meestal meer geconcentreerd uit in de

vorm van bronnen en bronmoerassen. Moerassen, kwelgreppels of kwelsloten en bronnen vormen de oorsprong van de meeste beken. Tijdens de oppervlakkige afstroming richting rivieren en zee wordt de beek onderweg extra gevoed door opkwellend grondwater en onder- en bovengronds afstromend regenwater.

Uit bovenstaande volgt dat natuurlijke beken ontstaan in de hydrologische kringloop daar waar regenwater boven- en ondergronds op de laagste plaatsen in het landschap wordt geconcentreerd en vrij afstroomt.

1.3 Ligging

Op grond van de geologische ontstaanswijze worden met betrekking tot beeksystemen verschillende geologische gebiedstypen in Nederland onderscheiden (Verdonschot et al. 1995). De drie belangrijkste regio's zijn:

1. Pre-pleistocene gebieden; gebieden ontstaan door tektonische processen (Zuid-Limburg, oostelijk Twente en Achterhoek).
2. Pleistocene gebieden; gebieden ontstaan door klimatologische processen vooral water- en winderosie (hogere zandgronden).
3. Holocene gebieden; gebieden ontstaan door fluviatiele en mariene processen (overige gebieden langs de kust).

De ontstaanswijze van een gebied heeft belangrijke gevolgen voor de wijze waarop ondergrondse hydrologische systemen functioneren:

- * Pre-pleistocene gebieden kenmerken zich door complexe hydrologische systemen ondergronds. De ondergrond is weliswaar gelaagd van opbouw maar door de aanwezigheid van door tektoniek ontstane breukvlakken liggen deze lagen vaak in verticale richting ten opzichte van elkaar verschoven. Dit leidt tot ingewikkelde stromingspatronen. Hierdoor is het aan de oppervlakte voorkomen van infiltratie-, kwel- en intermediaire gebieden moeilijk voorspelbaar. De diepte van het hydrologische systeem is doorgaans gering, van enkele tientallen tot hooguit 100 meter. Soms komen hydrologische systemen boven elkaar voor die onafhankelijk van elkaar functioneren.
- * Pleistocene gebieden kenmerken zich meestal door een vrij regelmatig gelaagde opbouw van de ondergrond. Het hydrologische systeem voegt zich naar deze gelaagdheid. Hierdoor is de ligging van hydrologisch verschillende gebiedstypen aan de oppervlakte regelmatig en meer voorspelbaar. De hydrologische systemen zijn doorgaans dieper, tot 250-300 meter, dan in pre-pleistoceen gebied.
- * Holocene gebieden worden gekenmerkt door relatief diepe hydrologische systemen, tot 450-500 meter diepte. Vooral in het uiterste westen van het land heeft de invloed van opkwellend zout water vanuit zee invloed. Alleen de duinen (ontstaan door windwerking) tonen binnen het holocene gebied vergelijkbare kenmerken met het Pleistoceen. Zij vormen een, in een band langs de kust gelegen, min of

meer zelfstandig hydrologisch systeem. Hierin komen door de verschillen in hoogteligging ook beken (rellen) voor.

In tabel 1 is de gemiddelde terreinhelling en de hoogteligging van enkele pre-pleistocene, pleistocene en holocene gebieden weergegeven. Het voorkomen van heuvellandbeken is in Nederland beperkt tot het pre-pleistocene gebied (de regio's met tertiaire en mesozoïsche afzettingen aan of nabij het oppervlak). Laaglandbeken komen verspreid in het hele pleistocene zandgebied voor. Laaglandbeken die van een plateaurand afstromen hebben over een korte afstand een steil traject. Hierdoor hebben ze op die plaats vaak het karakter van een heuvellandbeek.

Tabel 1.

Gemiddelde terreinhelling en hoogteligging van enkele pre-pleistocene, pleistocene en holocene gebieden (naar Van der Hoek & Higler 1993).

	gem. terrein- helling (m/km)	hoogteligging (m + NAP)
pre-Pleistoceen		
Zuid-Limburgs Plateau	6.25	100 - 300
Oost Nederlands Plateau	1.25	20 - 50
Pleistoceen		
Glaciale Plateau-rand van Drenthe	0.66	0 - 10
Glaciale Plateau van Drenthe	0.29	10 - 20
Fluviatile Plateau van West-Brabant	0.80	0 - 20
Kempisch Plateau	1.00	5 - 50
Peelhorst	1.00	10 - 50
Zuidelijk dekzandgebied	0.66	5 - 20
Oostelijk dekzandgebied	0.25	0 - 20
Stuwwallen (glaciaal): Veluwe		
(> 20 m + NAP)	10.00	20 - 100
Gelderse Vallei	0.80	0 - 20
Holoceen		
Algemeen	0.10	6 - 1
Duinen (Pleistoceen)	>2.00	5 - 40

Plateauranden komen voor langs de zuidelijke en oostelijke flanken van het Veluwemassief, langs het oost-Nederlands plateau (zuidelijke Achterhoek) en langs het Maasterras in Limburg. In sommige gevallen lopen de benedenlopen door holocene gebieden (bijvoorbeeld Hunze, Overijsselse Vecht). Vaak hebben deze trajecten een zodanig grote hydraulische straal dat ze volgens de classificatie van Higler & Mol (1985) tot de kleine rivieren worden gerekend.

1.4 Natuurlijkheid

Natuurlijke beken in Nederland worden voornamelijk gevoed door grondwater dat aangevuld wordt uit het jaarlijkse neerslagoverschot. In de huidige verschijningsvorm zien beken er vaak uit als sloten of kanaaltjes, waarin het water in een vaste bedding stroomt die soms nog een meer of minder meanderende loop volgt. De beekbegeleidende oevers en aanliggende gronden hebben vaak een agrarische functie, soms zijn houtwallen aanwezig en wordt van half-natuurlijke beken gesproken. Naar schatting is slechts 4 % van de beken nog min of meer natuurlijk (Verdonschot 1993). De vraag die dan rijst is: Wat is een natuurlijk beeksysteem; hoe ziet het eruit? Dit is een vraag naar de ecologische referentie. Het landschap van de stroomgebieden van de Nederlandse beken is van oorsprong grotendeels gesloten geweest, bezet met verschillende typen bos. Een natuurlijke beek in Nederland is grotendeels beschaduwd. Eventuele uitzonderingen hierop vormen de beken in moerassige gebieden zoals benedenlopen in het laagveengebied of hoogveenbeken. De bosvegetaties volgden de hydrologische omstandigheden (in kwantitatieve en kwalitatieve zin) met andere woorden de lengte- en dwarsgradienten in het beeksysteem. Op plaatsen waar om hydrologische redenen een grote dynamiek aanwezig was (overstromingen) of plaatsen met een hoge (grond-)waterstand (bv. stagnerende laagten, afgesneden meanders) kwamen meer open landschapstypen voor met een meer verspreide boomgroei en een veenvormende ondergroei. Een voorbeeld van de bosvegetaties in een dwarsdoorsnede door een beeksysteem in de midden-/benedenloop ziet er als volgt uit (Higler 1993). Gaande van dal naar flank volgen hierin elzenbroek, vogelkers-essenbos, eiken-haagbeukenbos en beuken-eikenbos elkaar op. Uiteraard veroorzaken lokale verschillen in korrelgrootte- en mineralensamenstelling (met name de kalkrijkdom) van de bodem en de hydrologie, verschillen in vegetatietypen en daarmee afwijkingen van dit algemene patroon. De beek zelf is visueel gezien rijk gestructureerd aan habitats.

Echter het werkelijk invullen van deze referentie houdt een aantal overwegingen in (Verdonschot 1991):

1. De 4 % beekrestanten in Nederland betreffen voornamelijk bronnen en bovenloopjes gelegen op vanuit agrarisch oogpunt onaantrekkelijke plaatsen zoals hellingen op stuwwallen. Hierdoor bleven ze bijna onaangetast. Ze zijn echter niet representatief voor veel andere Nederlandse beken.
2. Meer in algemene zin verschillen de abiotische omstandigheden per stroomgebied, waardoor er een grote variatie bestaat aan mogelijke beektypen. De ene beek is de andere niet. Dat komt juist tot uiting onder ecologisch optimale omstandigheden; dan is ieder beeksysteem uniek te noemen.
3. Gegevens van vroeger ontbreken vaak of zijn onbetrouwbaar of slechts

fragmentarisch voorhanden. Vaak zijn deze gegevens afkomstig van omstandigheden die ook onderhevig waren aan menselijke beïnvloeding en aan andere milieuomstandigheden; dat laatste geldt vooral voor paleolimnologische informatie. Situaties van toen worden nu natuurlijk genoemd.

4. Zelfs het terugdringen van de huidige vormen van beïnvloeding en het herstellen van de vroegere omstandigheden betekent nog niet dat automatisch de vroegere levensgemeenschappen terug zullen keren. Vaak is dit geen omkeerbaar proces en spelen ook stochastische processen en toeval een rol.
5. Vergelijkbare beeksystemen in het buitenland zijn schaars of ook aangetast. Voorbeelden van meer oorspronkelijke beeksystemen zijn in Estland en Polen te vinden. Estland is een land met een extensieve agrarische bedrijfsvoering, een inwonertal van 1,6 miljoen mensen op een oppervlak vergelijkbaar met Nederland, en waar 20 % van het grondoppervlak nog bedekt is met levende hoogvenen. Vanuit en door deze hoogvenen stromen vrij gave, oorspronkelijke laaglandbeken. Voorbeelden van hoe een midden- en een benedenloop er in het meer nabije verleden uitzagen en in de toekomst kunnen uitzien, worden gevonden in sommige ons omringende landen.
6. De cultureel-menselijke beïnvloeding door de mens heeft de beeksystemen veranderd. Aan sommige van deze veranderde systemen wordt grote waarde gehecht maar er bestaat geen natuurlijke referentie voor. Natuurlijkheid in de zin van een eindtoestand in een ecologische successie is niet het enige criterium. Er zijn meerdere visies op beken mogelijk. Naast de ecologische is er die van biodiversiteit, het

Hesbeek.



cultuurhistorisch landschap, enz. Vaak zal slechts één van deze mogelijkheden gekozen kunnen worden. in dit document wordt vooralsnog van de ecologische uitgegaan.

7. Wat weten we eigenlijk van de toekomstige omstandigheden. Deze zullen bijna zeker onderworpen zijn aan nieuwe combinaties van fysische en chemische randvoorwaarden als gevolg van de huidige en toekomstige maatschappelijke ontwikkelingen. Nieuwe vormen van menselijke activiteiten zijn aanleiding voor nieuwe combinaties van milieuomstandigheden die op hun beurt weer ingevuld zullen worden met nieuwe soortencombinaties.

Voor het herstellen of restaureren van beken zullen na te streven doelen moeten worden geformuleerd zoals in dit document is nagestreefd. Hierbij kan echter extra informatie over bestaande, redelijk natuurlijke beeksystemen, beken in het buitenland, historische gegevens, paleolimnologisch onderzoek, algemeen ecologische kennis en inzichten uit actueel onderzoek tevens bijdragen aan het formuleren van de lokale meer 'natuurlijke' toestanden. De natuurlijke ecologische toestand van het beekstelsel kan met behulp van deze informatie in kwalitatieve zin worden aangegeven. Hiervoor moeten echter wel gehele stroomgebieden of tenminste grote delen daarvan worden betrokken. Deze toestand is echter in de praktijk vaak moeilijk bereikbaar.

2 Landschapsecologische aspecten

2.1 Inleiding

Een beek bestaat eigenlijk uit drie componenten, namelijk de beek zelf, het beekdal (inclusief de beekdalbodem) en de beekflank. Tezamen vormen deze drie componenten het stroomgebied van de beek. Het stroomgebied is het gebied van waaruit een beek water ontvangt. Het water stroomt in het stroomgebied via de flank en het beekdal, boven- en ondergronds, af naar de beek waarin het wordt afgevoerd. Tezamen met de biologische componenten vormt het stroomgebied een beekecosysteem. Omdat het kenmerk van een beek de afstroming van water in één richting is, en de hoeveelheid stroomafwaarts toeneemt, kunnen zones in het stroomgebied worden onderscheiden, namelijk: het brongebied, de bovenloop, de middenloop en de benedenloop. Eigenlijk is alles wat er gebeurt in een stroomgebied van invloed op de hoeveelheid en kenmerken van het water in de beek. De beek zelf is daarmee een prima graadmeter voor de toestand van het gehele stroomgebied.

[27]

2.2 Landschapsecologische relaties

De hydrologie van het natuurlijke beeksysteem wordt bepaald door geologie en klimaat. De hydrologie is de bepalende factor (combinatie van werkende factoren) voor de flora en fauna in het beeksysteem. Door de in de tijd niet constante verdeling van neerslag zijn beken, ecosystemen met een zekere mate van dynamiek. In figuur 1 is het driedimensionale beeld van het stroomgebied geïllustreerd met daarin de belangrijkste waterkwantiteitsprocessen, namelijk neerslag, verdamping door vegetatie en open water, oppervlakkige en ondiepe afstroming, infiltratie, kwel en ondiepe, matig diepe en diepe grondwaterstroming.

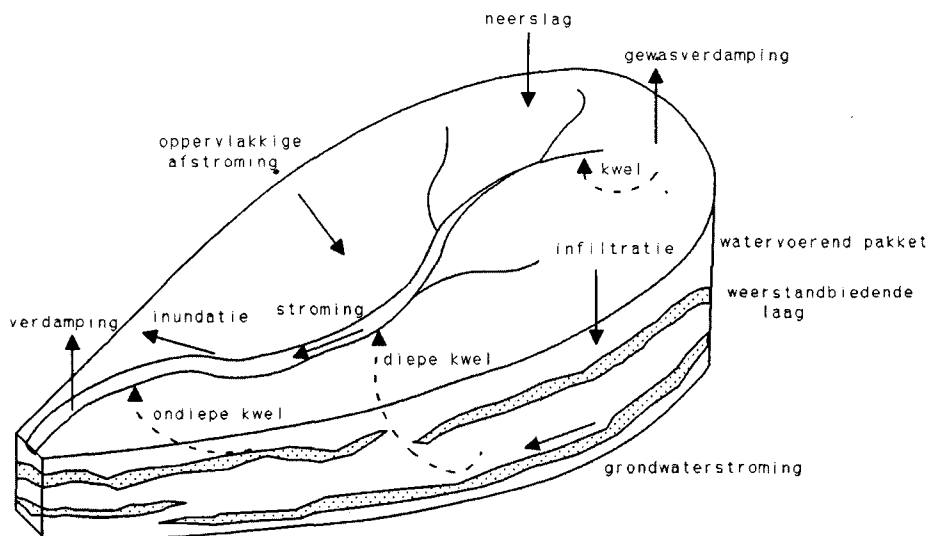
Door de werking van het afstromende water ontstaat een mozaïek van zand-, grind- en kleibankjes, zones met slib of organisch materiaal, bladpakketten, dammetjes etc. De beek heeft vaak een onregelmatig bochtig lengteprofiel en een onregelmatig dwarsprofiel met uitgeholde en aangezande oevers. Maar ook in de gradiënt nat naar droog kunnen allerlei habitats worden onderscheiden.

De stofstromen in een natuurlijk beeksysteem (het kwaliteitsaspect) volgen de boven genoemde waterkwantiteitsprocessen. In een natuurlijk beeksysteem is, gaande van hoog naar laag dus van de randen van het stroomgebied naar het laagste punt; de beek, een toename van

voedingsstoffen waarneembaar, en wel van voedselarm naar matig voedselrijk. Hierdoor neemt ook gaande van bron naar benedenstrooms de voedselrijkdom toe. Door de aanwezigheid van planten en dieren treedt er tevens een kringloop van stoffen op. Echter, door de afstroming van water in één richting wordt deze kringloop een spiraal. De beek transporteert dus water en voedingsstoffen door en uit een stroomgebied.

De levensgemeenschap in een natuurlijke beek is de ultieme volgvariabele van het stroomgebied. De beeklevensgemeenschap hangt direct samen met de plaats tussen bron en monding. Nabij de bron is de beek volledig beschaduwd en overheersen bladeters de levensgemeenschap. Deze dieren benutten het invallende blad als voedselbron. We noemen zo'n systeem heterotroof, het maakt dus geen gebruik van directe instraling van zonlicht en het betekent dat algen en waterplanten een ondergeschikte rol spelen. Het aantal echte stromingsgebonden hogere plantensoorten is dan ook zeer beperkt. Gaande van de bron naar de monding treedt een geleidelijke overgang van soorten op. In de middenloop verschijnen waterplanten met epifyton en met de daarop levende grazers, door de toenemende invloed van de zon. Nabij de monding is de beek breed en zorgt het vrij invallend zonlicht voor een goede ontwikkeling van algen en waterplanten. Vooral de filtreerders en verzamelaars profiteren hiervan.

Figuur 1. Waterstromen in een stroomgebied.



2.3 Beken: open en gradiëntrijke systemen

Het bovenstaande samenvattend betekent dat in het natuurlijke beekstelsel enkele belangrijke gradiënten bestaan, namelijk die van de waterkwantiteit en -waterkwaliteit. De kwantiteitsgradiënt loopt van droog (op de hoogste delen) via vochtig en nat naar het water in de beek. De kwaliteitsgradiënt volgt de kwantiteitsgradiënt en loopt van voedselarm naar matig voedselrijk. De samenstelling van de terrestrische en semi-aquatische levensgemeenschappen is direct gerelateerd aan deze gradiënten. Door de combinatie van waterkwantiteit en kwaliteit ontstaat een mozaïekpatroon aan levensgemeenschappen. In de beek zelf is de vorm van belang, met name de hierin aanwezige differentiatie in structuren van beekbodem en beekoevers. Het kenmerk van een natuurlijke beek is een dynamisch mozaïek aan habitats.

Het beekstelsel is een open systeem. Er zijn allerlei relaties aanwezig tussen de beek en aan het begin de bronnen. De referenties voor bronnen zijn uitgebreid beschreven door Verdonchot (2000). Ontstaan beken als regenwatersystemen of uit drassige laagten of moerassen dan wordt voor deze typen verwezen naar Bal et al. (1995). De beken monden uit in rivieren. De referentietypen voor het riviersysteem zijn uitgebreid beschreven door Nijboer et al. (2000).

Niet alleen in de lengterichting heeft een beek interacties met andere systemen, ook in de dwarsrichting treden interacties op. De belangrijkste aquatische elementen in het beekdal zijn de oude meanders en de beekpoelen. Beide stagnante systemen kunnen door meer of minder

[29

Beworteling els.



frequent door de beek worden overstroomd. Inundatie kan grote effecten op dergelijke stagnante watersystemen hebben. Voor de relatie van inundatie met begeleidende wateren wordt verwezen naar Nijboer 2000. Ook voor de terrestrische en semi-aquatische milieus in het beekstroomgebied wordt verwezen naar Bal et al. (1995).

2.4 Globaal historisch landschapsecologisch referentiebeeld

Voor een referentietypologie kan een globaal historisch landschapsecologisch beeld bijdragen aan de visualisering van de hierna beschreven referentiebeektypen. De natuurlijke Nederlandse langzaam stromende laaglandbeek ontstond in hoogvenen, beekmoerassen of andere drassige laagten en sijpelde traag maar gestaag stroomafwaarts. De beek groeide in afmetingen van bron naar monding. Soms echter doorkruiste de beek hoogten zoals zandruggen of sneed deze zijdelings aan. Daar ontstonden stijlwallen. Soms echter bereikte de beek ook nauwelijks hellende laagten en verdween zij in een beekmoeras. De loop was nauwelijks herkenbaar. In meer hellende gebieden nam de laaglandbeek een sterk kronkelend meanderend lengteprofiel aan. Sterk gevormd door de alom omgevende bossen. Op nog steilere hellingen ontstonden de sneller stromende beken. Ze werden altijd door bronnen gevoed en hun loop was vrij hellingafwaarts gericht. Meandering was veel minder. Ook beekmoerassen traden alleen in laagten of in vlakkere gebiedsdelen op. De meeste beken waren omgeven door bos. Soms echter bevond de beek zich in open landschap als gevolg van veengroei. Bovenloopjes in hoogvenen en benedenlopen in laagveenen zij hier sprekende voorbeelden van. Echter kwamen ook meer of minder open plekken rondom de beken voor, bijvoorbeeld als gevolg van het omwaaien van bomen, de invloed van (grote) zoogdieren of van blikseminslag.

De beekdalen waren begroeid met bos en gradiënten van nat naar droog kwamen veelvuldig voor. Vooral langs de meanderende trajecten bevonden zich oude afgesloten meanders in allerlei stadia van verlanding. Een illustratieve verbeelding van de natuurlijke beek is gegeven door Nijboer (2000).

3 Hoofdfactoren

3.1 Inleiding

Beeksystemen kunnen eigenlijk alleen beschreven worden als het systeem van stroomgebied-flank-dal-beek als een integraal geheel wordt opgenomen. Ingrenen op een bepaalde plaats in het stroomgebied hebben vaak gevolgen op andere plaatsen. Het basisuitgangspunt voor een natuurlijk beekstelsel is dat de scheidingen tussen land en water, tussen de zones brongebied, boven-, midden- en benedenloop, en tussen de watercomponent en het (semi-)terrestrische ecosysteem als geleidelijke in elkaar overgaande systemen worden beschouwd. Om beken te begrijpen dienen ze dus in hun landschap te worden bekeken. Het landschap van een beek wordt begrensd door de grenzen van het stroomgebied.

Het is moeilijk om voor de aquatische component van beeksystemen in een stroomgebied een hiërarchie in factoren aan te geven. De meeste factoren hangen met elkaar samen en hun belang voor de levensgemeenschap volgt uit dit interactiepatroon. Toch mag het duidelijk zijn dat stroming de overheersende factor voor de beek is. Enerzijds wordt stroming aangestuurd door klimaat en geomorfologie, anderzijds stuurt stroming de vorm van de beek en de verdeling in substraten, terwijl ook de stofstromen hierdoor worden bepaald.

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

Worden deze vijf factorcomplexen afgezet tegen de indelingskenmerken van de in de vorige paragraaf genoemde typologieën dan blijkt dat de systeemvoorwaarden in Nederland voor klimaat en neerslagverdeling juist daar een onderscheid opleveren waar ook de geologie (doorlatende ondergrond) samen met de omvang van het stroomgebied (klein) tot natuurlijk optredende droogval leiden (paragraaf 3.2). Klimaat, geologie en geomorfologie tezamen zorgen ook voor de mate van temperatuurswisselingen in de beken (paragraaf 3.3).

De geomorfologie (hoogteverschillen) leidt tot een kenmerkend verschil in beken met een groot en beken met een gering verhang. De stroming is een gevolg van de geomorfologie (het verhang) en de hydrologie van het stroomgebied. Voor beken blijken vooral de voeding (bron- of regenwater gevoed) en groot of klein inzigtgebied tezamen met de steilheid van het

gebied te leiden tot een belangrijk onderscheid in snelstromende en langzaam stromende beken. Op typologisch niveau zijn vooral de dimensies van belang. De gemeenschappen blijken in veel analyses te worden onderverdeeld in (bron-)bovenloopje, bovenloop, middenloop, benedenloop en riviertje. De structuren in een referentiebeek zijn gevarieerd, hout speelt hierin een uiterst belangrijke rol. Structuren in beken zijn het gevolg van de interactie tussen stroming en (semi-)terrestrische begroeiing van beekoever en beekdalbodem. De stroming vormt met behulp van ingevallen bomen, takken en blad een mozaïek aan structuren. Vaak wordt de directe samenhang tussen de hydrologie en de structuren aangeduid als hydro-morfologie (paragraaf 3.4).

Klimaat (neerslagsamenstelling) en geologie (veenvorming/mineralen arme dekzandgronden) tezamen leiden ook tot het van nature ontstaan van zwak zure beken die oftewel hoogvenen afwateren oftewel ontstaan in ondiep afwaterende (samenhangend met een regenwatervoeding) beken in arme zandgronden (paragraaf 3.5).

Stoffen zijn in beken vooral ten behoeve van het onderscheiden van beïnvloedingsreeksen van belang. Vooral de zuurstofhuishouding is voor de beek van levensbelang (paragraaf 3.6), maar ook de mineralen (paragraaf 3.7). Over de rol van soorten en het effect van hun interacties op beektypen is weinig bekend. Mogelijk dat grote grazers plaatselijk voor regressie zorgden.

3.2 Droogval

Droogval ontstaat meestal in de zomer, wanneer door gebrek aan wateraanvoer (neerslag, kwel), als gevolg van wegzijging en een hoge (gewas-)verdamping het (grond-)waterpeil daalt. Hierbij spelen locale en regionale hydrologische factoren (hoe wordt het water gevoed, mate van isolatie) en locale factoren zoals de mate van beschaduwing een belangrijke rol. Organismen die bestand zijn tegen droogval hebben hiervoor een overlevingsstrategie ontwikkeld. Waterplanten kunnen een landvorm bezitten of vormen zaden voordat de beek droog valt (Grime 1979).

Ook bij de macrofauna vraagt het droogvallen een overlevingsstrategie om zich te beschermen tegen, of te onttrekken aan uitdroging. Een groot aantal soortengroepen kent dergelijke strategieën niet en komt dan ook niet in droogvallende beken voor. Macrofauna-gemeenschappen in droogvallende beken worden vaak gedomineerd door larven van vliegende insecten die voor de periode van droogval uitvliegen soms met achterlating van droogteresistente eieren. Binnen andere soortengroepen komen soorten voor die zich niet actief kunnen verspreiden. Binnen deze groepen komen soorten voor die droge perioden als ei, cyste, larve of adult kunnen overleven (Wiggins et al. 1980), vooral in vochtige bodems en achterblijvende beekpoelen. Een bijzondere vorm van verdwijnen van water is bevroering. Bevroering kan

evenals droogval een groot effect hebben op de levensgemeenschap en is vooral in ondiepe langzaam stromende beekjes van belang.

Door de directe invloed van droogval op het voortbestaan van beekorganismen is deze factor van groot belang en gebruikt als indelingskenmerk.

Droogval in de
bovenloop.



[33

3.3 Temperatuur

De belangrijkste door het klimaat bepaalde factor is de temperatuur. De hoeveelheid zoninstraling bepaalt de hoeveelheid energie die in een beekstelsysteem wordt opgenomen, met als belangrijkste resultante de temperatuur van het beekwater. De temperatuur is bepalend voor de activiteit van alle levende organismen, bijvoorbeeld voor de afbraak van organisch materiaal in het beekstelsysteem. In Nederland is de gemiddelde temperatuur van het beekwater op jaarbasis ongeveer 10 °C. De temperatuur van beekwater volgt enigszins vertraagd en sterker afgezwakt de fluctuaties in de luchttemperatuur. Waarden variërend van $\pm 0-20$ °C komen voor. Stromend water vriest onder Nederlandse omstandigheden zelden dicht. Doorgaans zijn

de meer beschaduwde bovenstroomse trajecten kouder en minder aan schommelingen onderhevig dan de minder beschaduwde benedenstroomse trajecten. Bovenstroomse trajecten hebben vaak ook een groter aandeel grondwater dat gemiddeld een meer constante temperatuur heeft. Daarnaast dempt beschaduwing de temperatuurschommelingen. Minder snelstromende, open, kleinere wateren volgen de luchttemperaturen meer direct. Tussen directe instraling van zonlicht en de aanwezigheid van macrofyten en epilithische diatomeën (ééncellige algen levend op stenen, grind en zand) in beken is dikwijls een oorzakelijk verband aan te wijzen. Het lichtklimaat is daardoor mede bepalend voor de micro-habitatstructuur in de beek en oefent zo invloed uit op bijvoorbeeld de samenstelling van de macrofaunagemeenschap.

De temperatuur en de wisselingen daarin hangen samen met de snelheid waarmee het grondwater naar de beek uittreedt. Daarom is temperatuur niet als aparte factor in de typologie opgenomen maar gerelateerd aan de hydro-morfologische processen.

34]

3.4 Hydro-morfologie

Inleiding

Stroming van oppervlakte- en grondwater is onderdeel van het transport van neerslagwater in de richting van de zee. Dit proces is onderdeel van de hydrologische kringloop. Van de totale hoeveelheid water op het land die aan dit proces deelneemt, wordt slechts een zeer klein deel ingenomen door het oppervlaktewater zelf. Verreweg het grootste deel (> 95%) bevindt zich in de grond (grondwaterstroming). Stroomgebieden worden schematisch opgevat als in twee richtingen hellende vlakken, namelijk hellend van de bron van de beek naar de monding en hellend van de rand van het stroomgebied in de richting van de beek. Water dat van deze hellingen afstroomt, verzamelt zich op de laagste plaatsen, de beekbedding. De beek functioneert als een verzamelgoot en neemt daarmee een centrale plaats in het stroomgebied in. Essentieel voor het verloop van het watertransport en het in stand houden van stroming in stroomgebieden zijn de mate van het neerslagoverschot en de snelheid waarmee het beschikbare neerslagoverschot uit een stroomgebied wordt afgevoerd (afvoerpatroon).

Nederland heeft een gematigd zeeklimaat met een jaarlijks neerslagoverschot van 150 tot 400 met een gemiddelde van circa 225 mm/jaar. Geografisch zijn de onderlinge verschillen vrij gering. De periode waarin neerslagoverschot optreedt, loopt van september tot april. Van april tot september is er een neerslagtekort. De hoeveelheid jaarlijkse neerslag varieert van circa 700 tot 800 mm met een gemiddelde van circa 750 mm.

Grondwaterstroming

Regenwater dat infiltreert, voegt zich bij het grondwater. De opbouw van de bodem oefent invloed uit op de plaats (ondiep/diep, type watervoerend pakket), de richting (neerwaarts, opwaarts of horizontaal), de stroomsnelheid, de verblijftijd en de chemische samenstelling van het grondwater. Binnen elk stroomgebied is een gebied aan te wijzen waarin de grondwaterstroming over een langer tijdsbestek neerwaarts gericht is, dit is het infiltratiegebied.

Waterstromen vanuit dit gebied voeden het grondwater in de ondergrond (grondwateraanvulling). Ook zijn gebieden aan te wijzen waarin de grondwaterstroming opwaarts gericht is, dit zijn de kwelgebieden. Kwelstromen zijn vaak voedend voor de beek. Tussen infiltratie en kwelgebied bevindt zich een intermediair gebied waarin over een langere periode de balans tussen grondwateraanvulling en -afgifte ongeveer in evenwicht is. De ecologische verschillen tussen infiltratie-, intermediaire en kwelgebieden zijn groot. Worden bovengronds stroomsnelheden bereikt in de orde van tientallen tot honderden centimeters per seconde, ondergronds zijn de horizontale en verticale stroomsnelheden, afhankelijk van het doorlatend vermogen, veel lager, in de orde van bijna nul tot enkele meters per jaar. Anders dan in oppervlaktewatersystemen, waar de verblijftijd van water meestal niet veel langer is dan enkele dagen tot hooguit enkele weken, is water dat ondergronds wordt getransporteerd al snel een aantal maanden tot jaren onderweg. Naarmate water dieper in de ondergrond doordringt en één of meer weerstandbiedende lagen passeert is de verblijftijd aanzienlijk langer. Voor Nederlandse begrippen 'oud' grondwater kan enkele duizenden jaren in de bodem hebben doorgebracht. Verblijftijden van grondwaterstromen zijn voor beken van belang, omdat onder andere met het opkwellen van watervervuilingen uit het verleden kunnen meekomen of juist schoon water kan worden aangevoerd.

[35]

Oppervlaktewaterstroming

De stroomsnelheid is afhankelijk van het verhang van de bedding, de afmetingen, het debiet en de weerstand van de bedding (grofheid van het beddingmateriaal, aanwezigheid van planten, detritus alsmede de vorm van de waterloop). De afvoer is gerelateerd aan de hoeveelheid en de snelheid waarmee water vanuit het stroomgebied wordt aangevoerd. De aard en mate van begroeiing van het stroomgebied zijn tezamen met de bodemopbouw in sterke mate bepalend voor de verhouding tussen oppervlakkige afvoer, infiltratie en verdamping, en zodoende voor de berging. De vegetatie in het beekdal heeft hierdoor een grote invloed op de afvoer(dynamiek) en derhalve op de morfo(dynamiek). De afvoer neemt in stroomafwaartse richting, behalve bij tussentijdse wegzijging, altijd toe. Doordat tevens het longitudinale verhang in het landschap en de invloed van de bodemweerstand op de stroomsnelheid afneemt, blijft de stroomsnelheid in veel gevallen ongeveer gelijk of neemt af. Op lokaties die voornamelijk worden gevoed door oppervlakkige en ondiepe toestroming van

Lenteprofiel-
ontwikkeling in de
Arboretumbek.



regenwater of op sterk gedraineerde plaatsen volgt de afvoer met een relatief korte vertraging de neerslag. Aanvoer van dieper grondwater heeft op het afvoerpatroon een stabiliserende invloed. Dieper grondwater ondervindt een grotere vertraging en verkrijgt daardoor een grotere mate van constantie. Pieken in het neerslagpatroon worden hierdoor afgevlakt. In een beek met een onregelmatige vorm is het stroomsnelheidsprofiel complex. Doordat de waterstroom plaatselijk tegen de oever botst en terugkaatst, ontstaan dwarsstromingen zoals draaikolken en wervelingen, verticale stromingen zoals spiraalstromen en tegenstromen. In binnenbochten treden lagere en in buitenbochten hogere stroomsnelheden op, vaak gepaard gaande met kleine tegenstromingen vlak tegen de oever, maar ook dit is geen constant patroon. In een natuurlijke beek treden, bij verandering van het debiet, steeds wisselingen in stroomsnelheden op. Dit leidt tot wisselende stroomsnelheden nabij de oever en de bodem hetgeen resulteert in een wisseling in erosie en sedimentatie. Materiaaltransport in beken vertoont dan ook sterke periodieke wisselingen. Voor een uitgebreide beschrijving van stromingsprofielen in meanderende beken wordt verwezen naar Calow & Petts (1992). Juist deze variaties in de stroomsnelheid en stromingsrichting zorgen ervoor dat er allerlei verschillende factoren in verschillende mate werkzaam zijn en dat daardoor allerlei (micro-)habitats ontstaan.

Lengteprofielontwikkeling

Van oorsprong zijn de meeste beeksystemen in Nederland morfologisch min of meer stabiel. Onder invloed van de (seizoens-)variatie in de neerslag, hetgeen leidt tot fluctuaties in de afvoer (afvoerdynamiek), kunnen zich kortstondige veranderingen voordoen in de beddingvorm en -dimensies en in de samenstelling van het beddingmateriaal. Echter, de gemiddelde waarden over middellange termijn veranderen weinig, er is sprake van een evenwicht. Erosie en sedimentatie kunnen op lange termijn (decennia tot eeuwen) geleidelijk veranderingen in lengteprofielvorm en -dimensies en daarmee het verhang veroorzaken. Het lengteprofiel wordt vooral bepaald door de beddingvorm. Deze is afhankelijk van de samenstelling van het getransporteerde sediment en de samenstelling van het beddingmateriaal. De dimensies (meanderlengte en -breedte)

zijn vooral afhankelijk van de afvoer. Daarnaast is ook de samenstelling van het beddingmateriaal van belang. Verder heeft de afvoerdynamiek belangrijke invloed op het lengteprofiel. Bij sterk wisselende afvoer en vooral wanneer de bedding periodiek droogvalt, worden de zandbanken op ogenschijnlijk willekeurige plaatsen in de bedding gevormd, waardoor uiteindelijk een verwilderd (vlechtend) tracé kan ontstaan.

Zandbanken, ijzeroerbanken, ingevallen bomen en andere obstakels kunnen ook tot lengteprofiel-wijzigingen leiden. Dergelijke processen kunnen van nature optreden door bijvoorbeeld het omwaaien of afsterven van bomen of door de activiteit van grote grazers en bevers. Oevererosie treedt vooral op tijdens en na perioden van hoge afvoer. Op dat moment is het oevermateriaal verzadigd met water en is de weerstand gering. Het verhang en de afvoer zijn direct van invloed op de profielgegevens, ze bepalen de stroomsnelheid en ten dele het sedimenttransporterend vermogen. In het algemeen geldt voor de dimensies (inclusief bochtstralen, meanderlengte, meanderbreedte) dat ze groter zijn naarmate de afvoer groter is.

In het algemeen is de lengteprofielontwikkeling in langzaam stromende beken meer meanderend van karakter terwijl in snelstromende beken een recht tot zwak slingerend tracé ontstaat. Hierop zijn echter veel uitzonderingen mogelijk als gevolg van voeding, bodemsamenstelling en oeverbegroeiing.

[37]

Dwarsprofielontwikkeling, organisch materiaal en substraatmozaïeken

De afvoer is mede verantwoordelijk voor de variatie in stroomsnelheid en is dientengevolge van invloed op de veranderingen in de beekmorfologie.

Veranderingen van de stroomsnelheid resulteren in veranderingen in het sedimenttransporterend vermogen wat kan leiden tot erosie of sedimentatie.

Enerzijds kunnen hierdoor veranderingen in beddingdimensies en -samenstelling optreden; een terugkoppelingsmechanisme. De veranderingen in de dimensies kunnen weer tot nivellering van de stroomsnelheid leiden.

Anderzijds treedt op de ene plek erosie op, terwijl op een andere plek sedimentatie optreedt. Hierdoor ontstaat een grote variatie in de samenstelling van het beddingmateriaal in een traject en in het dwarsprofiel van een bocht. Afhankelijk van verschillen in stroomsnelheid wordt het sediment verspreid en gesorteerd, hetgeen leidt tot substraatmozaïeken. Bij verschillende afvoer kunnen verschillende substraatmozaïeken ontstaan die op hun beurt de afvoer weer beïnvloeden, opnieuw is er sprake van een terugkoppeling. Zo kan bijvoorbeeld door het uitzeven van fijnere deeltjes uit de bovenste laag, deze laag een zodanig grove samenstelling krijgen dat bij het actuele stromingsregime geen erosie meer optreedt.

Een van de belangrijkste relaties van de beek met haar directe omgeving wordt bepaald door de oeverbegroeiing. Van nature komen houtige gewassen veel langs beken voor. Maar ook komen soms onder invloed van grazers die de natuurlijke opslag van houtige gewassen oneindig lang kunnen tegenhouden, uitgestrekte grazige vegetaties voor. De relatie tussen het beekmilieu en de

oeverbegroeiing uit zich in de mate van beschaduwing (effect op watertemperatuur en hoeveelheid lichtinstraling) en de hoeveelheid (met name dood) organisch materiaal die in het water terecht komt. Daarnaast kan ook de oevervegetatie de beekmorfologie beïnvloeden vooral als gevolg van de bewortelvorm. Dat de begeleidende vegetatie het lengte- en dwarsprofiel vastlegt en dat het een belangrijke bron van organisch materiaal is, is duidelijk. Een belangrijk verschil met de hydraulische en morfologische processen in de beek is dat de organische structuren moeilijk kwantificeerbaar zijn en niet met formules zijn te beschrijven. Toch blijken juist de organische structuren een cruciale invloed te hebben op de hydraulische en morfologische processen, vooral ten aanzien van stromingsweerstand, oeverstabiliteit, oevervorm, sedimentatie en damvorming (Hickin & Nansen 1984).

Aangezien beken van nature in de laagste delen van een dal zijn gelegen fungeren ze als verzamelbekkens voor door wind en oppervlakkige afstroming verplaatst dood organisch materiaal zoals blad en takken. Dit direct invallend of aangevoerd organisch materiaal zorgt voor onder andere een constante voedselaanvoer en de vorming van organische structuren in de beek.

Opeenhopingen van organisch materiaal zoals dammetjes houden het organische materiaal en ook deels het minerale materiaal vast en bieden micro-organismen (bacteriën en schimmels) en macro-organismen (macrofauna, vissen) schuilplaatsen en voedsel. De natuurlijke aanvoer van organisch materiaal is het hoogst in de herfst. De organische structuren worden vooral verplaatst, gevormd en weggeslagen tijdens afvoerpieken in met name het voorjaar en na zomerbuien. Echter de structuren worden ook bij en door lage afvoeren benvloed, bijvoorbeeld een bladdam kan na opdrogen verwaaien. Stormen kunnen leiden tot een sterk verhoogde toevoer van organisch materiaal naar de beek. Omgevallen bomen, afgebroken takken en grote hoeveelheden blad komen in de beek terecht en kunnen daar worden vastgehouden.

De invloed van takjes, takken en stammen op stromende wateren uit zich in een wijziging van de (micro-)morfologie van de beek. In een natuurlijke beek bestaat gemiddeld ongeveer 25 % van de bodem van een bronbeek of bovenloop uit dood hout terwijl nog eens gemiddeld ongeveer 25 % bestaat uit detritusafzettingen, ontstaan in de luwte van organische structuren (Anderson & Sedell 1979). Dit betekent dat ongeveer de helft van het natuurlijk beekmilieu wordt gevormd door dood hout. Daarbij komt nog dat op macroschaal de loop van de beek sterk bepaald wordt door de aanwezigheid van levend organisch materiaal; bomen. In de benedenlopen loopt het aandeel van dood organisch materiaal ongeveer met de helft terug. De fysische rol van hout in de beek als vormer van de micromilieus is belangrijker dan de metabolische. Voor ingevallen blad geldt het omgekeerde. De basisafvoer wordt met een factor twee tot drie verkleind (opstuwing) door organische structuren en obstakels. Ook het sedimenttransport en de oevererosie nemen dan significant af terwijl de habitatdiversiteit toeneemt. Het verwijderen van organische structuren hoort niet thuis in een natuurlijke beek. Bij hoge piekafvoeren worden veel organische structuren weggeslagen.

Ophoping van organisch materiaal in beken is van essentieel belang bij de vorming van opeenvolgingen van stroomversnellingen en poelen, de beddingruwheid, de oeverstabiliteit en de dwars- en lengteprofielontwikkeling. Deze laatste kan op lange termijn weer resulteren in het afsnijden van bochten en daarmee het ontstaan van oude armen. Verder sturen ophopingen van organisch materiaal de stroomdraad en de erosie-sedimentatieprocessen en verhogen ze de retentie van water (aftopping van piekafvoeren) en van anorganisch en organisch sediment (bevorderen sedimentatie). Hierbij dient te worden aangetekend dat de opstuwende werking bij piekafvoeren in hellende gebieden van minder belang is dan in vlakke. Daarnaast zorgen accumulaties van organisch materiaal voor variatie in de stroomsnelheid en microhabitatvorming, hetgeen kan leiden tot een grotere soorten diversiteit. Plaatselijk ontstaan stroomversnellingen, waardoor met name in sneller stromende beken, indien grind aanwezig is, grindsubstraten kunnen ontstaan, terwijl in de luwte van de stroom afzetting van fijn organisch materiaal plaatsvindt. Stroomversnellingen en watervalletjes zorgen voor turbulentie met als gevolg een goede zuurstofvoorziening.

[39

De hydro-morfologische processen zijn het meest onderscheidend voor de beekgemeenschappen. Op basis van de factoren stroomsnelheid en dimensies zijn de referentietypen onderverdeeld.

3.5 Zuurgraad

De hoeveelheid kalk in de bodem bepaalt in hoge mate of een beek zuur is of niet. De oplosbaarheid van kalk draagt bij aan het bufferend vermogen en daarmee aan de instandhouding van een bepaalde zuurgraad. Naast kalk speelt de hoeveelheid detritus een rol in zure beken. Bij anaerobe afbraak van detritus ontstaan humuszuren die de pH in het bovenstaande water kunnen verlagen. Daarnaast is regenwater zuur (natuurlijke pH 5.5) en niet of nauwelijks gebufferd. Regenwater draagt dus bij aan een verhoging van de zuurgraad. In beken die water uit venpakketten ontvangen is de pH ook lager. De zuurgraad heeft een belangrijke invloed op de fysiologie van waterorganismen. Om bij een lage pH te kunnen overleven hebben waterorganismen speciale aanpassingen nodig. Het aantal soorten met dergelijke aanpassingen is gering. Zo worden bijvoorbeeld bij een pH lager dan circa 5.5 geen Mollusca en Hirudinea meer aangetroffen. Waterplanten zijn voor de voorziening van koolstof afhankelijk van het aanwezige opgeloste kooldioxide of bicarbonaat. In de bodem kan dit gevormd worden door het oplossen van kalk. Is onvoldoende bicarbonaat aanwezig dan komen vrijwel geen macrofyten voor.

De zuurgraad is essentieel voor het al dan niet voorkomen van waterorganismen en vormt daarom een belangrijke factor in de referentietypologie.



Overstort: een bedreiging voor de zuurstofhuishouding.

3.6 Zuurstof en organisch materiaal

Het zuurstofgehalte oefent een belangrijke invloed uit op de fysiologie van organismen. Buiten anaërobe bacteriën zijn er geen organismen die strikt zonder zuurstof kunnen leven. In water is de hoeveelheid zuurstof, in vergelijking met die in de buitenlucht, ongeveer 7,5 maal geringer. De concentratie loopt uiteen van 0 tot ± 20 mg/l. De zuurstofconcentratie in water is temperatuurafhankelijk; bij hogere temperatuur treedt bij een lagere concentratie zuurstofverzadiging op. Bij lagere temperatuur kan het water meer zuurstof bevatten. Zuurstof komt in het water terecht via diffusie uit de lucht, aëratie als gevolg van waterturbulentie, en door de fotosynthese door waterplanten. De normale ranges van het zuurstofpercentage in beekwater loopt uiteen tussen de 80 en 120 % (zie ook tabel 2).

Van al het organische materiaal dat een natuurlijke beek bereikt, bestaat circa 70 (50-85) % uit blad en 30 (15-50) % uit hout (in naaldbossen kan het aandeel hout tot 70 % oplopen). De aanvoer vindt plaats door directe inval

(circa 67 %), door wind (circa 17 %) en door zijdelingse toevoer (circa 17 %). In een natuurlijke beek wordt ongeveer 60-75 % van de jaarlijkse aanvoer van organisch materiaal ter plaatse opgeslagen in structuren en deels afgebroken. Ongeveer 25-40 % van het aangevoerde organische materiaal wordt stroomafwaarts getransporteerd. Waarschijnlijk zijn de afbraak en de afvoer op jaarbasis in redelijk evenwicht met de aanvoer, met als correctie lokale ophopingen zoals in binnenbochten.

De rol van organisch materiaal als bron van voedsel kan onderverdeeld worden naar microbiologische en biochemische criteria. Gaande van grof naar fijn of opgelost organisch materiaal neemt de rol van de schimmels af en die van de bacteriën toe. Veel beekorganismen gebruiken dood organisch materiaal als voedselbron. Hierbij speelt vooral de hoeveelheid stikstof een belangrijke rol. Dood hout (takjes, takken en boomstammen) is minder van belang, omdat de vastgelegde energie is opgeslagen in moeilijk afbreekbare verbindingen zoals lignine en cellulose en omdat de stikstofconcentraties laag zijn. De afbraak van dood hout verloopt daarom ook traag, in de orde van 10-20 jaar. Dood hout is wel een lange-termijn leverancier van particulier organisch materiaal. De lage voedingswaarde van het hout wordt enerzijds ondervangen, doordat sommige organismen die dit hout consumeren een aangepaste darmflora bezitten die wel beschikt over de benodigde enzymen om lignine en cellulose af te breken, terwijl andere organismen juist leven van de micro-organismen die zich op het dode hout bevinden. Blad daarentegen bevat naast anorganische voedingsstoffen, die vaak snel (enkele uren tot dagen na afsterven) uitlekken, vooral organische voedingsstoffen zoals suikers en polyfenolen die de belangrijkste bijdrage leveren aan de energie- en voedingsstoffenhuishouding in de beek. Blad wordt in een periode van maanden tot ruim een jaar afgebroken.

Afbraak van organisch materiaal leidt tot toename van voedingsstoffen in het beekstelsel. Daarnaast kunnen ophopingen van organisch materiaal leiden tot verlaging van de zuurstofconcentratie. Een teveel aan organisch materiaal kan zelfs leiden tot zuurstofloosheid in de bodem en het oppervlaktewater. Dit kan optreden op plaatsen waar de beek zwaar beschaduwd is maar waar onvoldoende afvoer plaatsvindt. De mate van organische belasting wordt uitgedrukt in de saprobiëgraad die op het ammoniumgehalte of het biologisch zuurstofverbruik kan worden gebaseerd (zie ook tabel 2).

In zuurdere systemen wordt de nitrificatie geremd waardoor van nature hogere ammoniumgehalten optreden zonder dat dit tot saprobiëring leidt.

De zuurstof- en organisch materiaal huishouding is vooral van belang in het anthropogeen beïnvloede beekmilieu op micromilieuniveau. In de referentietypologie is deze factor niet opgenomen.

3.7 Mineralen

Macro-ionen en kalk

Macro-ionen komen in neerslagwater slechts in zeer lage concentraties voor behalve bij de kust waar de concentraties bijvoorbeeld in de duinbeken als gevolg van de ligging nabij de zee hoger zijn. Eenmaal geïnfiltreerd, wordt het water door uitwisselingsprocessen in de bodem, geleidelijk macro-ionen-rijker. In infiltratiegebieden raakt de bodem in de tijd geleidelijk armer aan macro-ionen (uitloging of vertering waardoor podzolen ontstaan) ten gunste van de gehalten aan opgeloste zouten, in het bijzonder macro-ionen, in het grondwater. Naarmate water langer ondergronds verblijft, neemt de verrijking met macro-ionen (in het bijzonder calcium, bicarbonaat en sulfaat) toe. Behalve van de verblijftijd is de mate van 'verrijking' afhankelijk van de samenstelling van de bodem. In Zuid-Limburg, waar zich vele kalkrijke sedimenten in de bodem bevinden, is water na een slechts korte verblijftijd dikwijls al verzadigd met kalk. In het pleistocene zandgebied met minder kalkrijke afzettingen is een langere verblijftijd nodig voor het bereiken van verzadiging. Hier wordt alleen in zeer oud kwelwater (enkele honderden tot enkele duizenden jaren) kalkverzadiging waargenomen. De onderlinge macro-ionenverhoudingen vormen een goede tracer voor de herkomst van het grondwater als de bodemsamenstelling bekend is. Beken die in de bron en bovenloop worden gevoed met neerslag en/of 'jong' grondwater, bevatten doorgaans lage gehalten aan macro-ionen (atmotroof/-clien watertype; Stuyfzand 1986, Van Wirdum 1991) en zijn vaak zwak zuur tot neutraal (pH 6-8). De gehalten aan macro-ionen nemen verder stroomafwaarts toe, naarmate meer ouder grondwater wordt toegevoerd en door het verloop van mineralisatieprocessen in de beek. In beken die in de oorsprong al door ouder grondwater worden gevoed (lithotroof/-clien watertype; Stuyfzand 1986, Van Wirdum 1991), komt dit patroon minder duidelijk tot uiting. Ouder grondwater dat verrijkt is met mineralen waaronder kalk, is doorgaans neutraal tot licht basisch. Basisch water (pH > 8) komt voor in Zuid-Limburg, langs plateauranden met kalkrijkere afzettingen en in het kalkrijke duingebied. Beken die worden gevoed vanuit veenpakketten, zijn of beter gezegd waren vaak arm aan macro-ionen en zuurder (vroegere situatie van onder andere de Reest, de Hunze, de Ruiten Aa en de Glanerbeek).

Voedingsstoffen

Van nature komen fosfor en stikstof niet evenredig verdeeld over een stroomgebied voor. In feite begint de hydrologische kringloop van een beek bij het infiltratiegebied. Hier vormt neerslag de belangrijkste bron van water en stoffen. Omdat neerslag van nature arm is aan opgeloste stikstof- en fosforverbindingen is deze omgeving voedselarm of oligotroof. Dit geldt voor de randen van het stroomgebied (waterscheiding) en andere hoog gelegen delen (infiltratiegebieden).

Bij voeding met grondwater uit kalkrijkere bodems is de bron matig voedselrijk

of mesotroof. Zo zijn de Zuidlimburgse bronnen van nature kalkrijk (circa 100 mg/l) terwijl de Veluwe kalkarm zijn (circa 15-25 mg/l) (Redeke 1948). Door transport door of over de bodem van het stroomgebied worden oplosbare stikstof- en fosforverbindingen uit de bodem aan het water toegevoegd. Fosfaat kan worden gebonden aan bodemdeeltjes, maar de mate waarin dat gebeurt is sterk afhankelijk van de bodemsamenstelling. Zandgrond die arm is aan ijzer of aluminium, en ook nog kalkarm, is vrij snel verzadigd. In 1990 bleek reeds 53 % van het totale maïs- en graslandareaal in de zandgebieden fosfaatverzadigd (Breeuwsma et al. 1990). Hier spoelt een groot deel van het fosfaat dat als bemesting wordt toegediend uit naar het grondwater. Nitraat wordt nauwelijks gebonden waardoor het uitspoelt. Bij een hoge grondwaterstand in de percelen of langs de beek kan denitrificatie optreden waardoor een (groot) deel van het stikstof als stikstofgas (N_2) naar de lucht verdwijnt.

De in de grond aanwezige mineralen kunnen ook oplossen in het grondwater, zodat het water naarmate het langer (óf over langere afstand) door of over de bodem is getransporteerd geleidelijk rijker kan worden aan kalk of ijzer. Het kan echter ook rijker worden aan stikstof en fosfaat als dat in grote mate in de bodem aanwezig is, zoals in mariene kleiafzettingen in het holocene deel van Nederland of van anthropogene oorsprong in bemeste gebieden.

Fosfaatverzadigde gronden, maar ook overige gronden met een gering fosfaatbindend vermogen kunnen een verhoogde uitspoeling vertonen, vooral na grondwaterstandsverhoging.

Watervalletje in de
Springendalse beek.



Ook spelen processen in de beek zelf een rol. De beek wordt bovenstrooms gevoed met grof organisch materiaal. Naarmate dit materiaal stroomafwaarts

wordt verplaatst, wordt het verder afgebroken en komen steeds meer oplosbare verbindingen vrij. In de bovenloop en de middenloop resulteert dit in voedselarme tot matig voedselrijke (oligo- tot mesotrofe) omstandigheden (zie ook tabel 2). Benedenlopen zijn van nature dikwijls matig voedselrijk tot voedselrijk (eutroof).

De mineralen- en voedingsstoffenhuishouding zou in beken kunnen leiden tot een onderscheid naar voedsel-/kalkrijkdom. Dit is echter vooral op niveau van subtypen, beïnvloedingstypen en regionaal van belang en is daarom niet in deze referentietypologie opgenomen.

44]

IJzer en sulfaat

IJzer in de vorm van Fe^{2+} is toxisch en komt als gevolg van drainage, beregening, bronnering, ontwatering en overbemesting in onnatuurlijk hoge concentraties voor. Bij overbemesting vindt een reactie tussen nitraat en ijzersulfide plaats en wordt sulfaat en twee-waardig ijzer gevormd. In oppervlaktewateren waar geen ijzerrijk kwelwater aanwezig is of waar gebiedsvreemd water ingelaten wordt, zijn het sulfaat- en bicarbonaatgehalte vaak hoog (Nijboer 1996). Deze stoffen zijn verantwoordelijk voor interne eutrofiëring. Bij een lage redoxpotentiaal, beneden die waarbij reductie van nitraat optreedt, wordt sulfaat gereduceerd tot sulfide en treedt een redoxpotentiaal daling op. Dit proces treedt onder zuurstofloze omstandigheden op (anaërobe sedimenten). Het gevormde sulfide verstoort de in het sediment aanwezige ijzerfosfaatcomplexen. Driewaardig ijzer wordt gereduceerd tot tweewaardig ijzer dat vervolgens met sulfide bindt. Dit slaat neer met als gevolg een afname van de hoeveelheid ijzer, die beschikbaar is voor binding van fosfaten.

In door regenwater gevoede systemen of in gebieden waar gebiedsvreemd water wordt ingelaten, kan al snel een tekort aan ijzer optreden, als het niveau van sulfaatreductie hoog is (Nijboer 1996). Een tekort aan ijzer veroorzaakt dus een verhoging van de sulfideconcentratie in het bodemwater en mobilisatie van fosfaat dat uiteindelijk ook in de waterlaag terecht kan komen.

In gebieden waar ijzerrijke kwel voorkomt, zijn deze effecten als gevolg van inlaat van gebiedsvreemd water niet waargenomen.

Tabel 2. Indicaties van stofgehalten in verschillende nagenoeg natuurlijke beken.

		regen- water	bron Ugchelen	Anloër Diepje	Elsbeek	Verloren beek	Bosbeek	natuurlijke beek
	literatuur	WBW	WBW	STORA	STORA	STORA	STORA	CUWVO
parameter		1977	1977	1989	1989	1989	1989	1988
O ₂	mg/l			9.65	9.65	10.00	10.15	(6)8-11
	%			89.5	85.5	87.0	90.5	
pH				7.01	7.18	7.08	6.59	6-8
EGV	mS/m			39.85	43.95	18.55	11.30	
Cl ⁻	mg/l	5.0	11.7	43.5	40.5	14.5	9.0	10-40
SO ₄ ²⁻	mg/l	4.6	7.2	54.0	66.5	23.5	34.5	0-40
t-P	mgP/l			0.045	0.185	0.050	0.010	
o-P	mgP/l			<0.010	0.060	0.010	<0.010	0-0.1
NO ₃ ⁻	mgN/l			8.60	7.75	0.27	0.16	0-1.0
BZV-5	mg O ₂ /l			1.0	1.0	1.0	1.0	
NH ₄ ⁺	mgN/l			0.120	0.260	0.105	0.045	



Penningkruid op de beekoever.

3.8 Samenvattend overzicht

In figuur 2 is een overzicht gegeven van de meest belangrijke hoofdfactoren die leiden tot verschillende beektypen. Deze beektypen zijn in hoofdstuk 3 verder uitgewerkt. Zoals blijkt uit de figuur zijn niet alle hoofdfactoren in alle beken even relevant. Vooral hydro-morfologie en zuurgraad spelen in de meeste typen de belangrijkste rol.

46]



Figuur 2. Typologische indeling van beken op basis van de belangrijkste hoofdfactoren.

4 Typologie

4.1 Bestaande typologieën

De verschillende combinaties van sturende factoren in de beken leiden tot verschillende levensgemeenschappen. Voor de macrofauna is de stroomsnelheid hierbij de meest dominante factor, terwijl voor de vegetatie voedsel- en mineralenrijkdom (vooral de mate van buffering (kalkrijkdom)) belangrijk zijn. Beken zijn op basis van deze verschillende levensgemeenschappen ingedeeld in gemeenschapstypen. Het aantal gemeenschapstypen dat is te onderscheiden is afhankelijk van het niveau van detailering. Redeke (1948) deelde de stromende wateren als volgt in: bergbeken (alleen in Zuid-Limburg), laaglandbeken (alle overige) en kleine rivieren (meest op het diluvium ontspringend). Op basis van ontstaanswijze en voeding deelde Oosterloo (1984) de Veluwe beken in naar laaglandbeken (met een regionale onderverdeling), kwelbeken, sprengbeken en bronbeken. Smissaert (1959) verdeelde de beken in Zuid-Limburg naar verhang, stroomsnelheid, breedte en diepte in bronbeken, bergbeken, snelstromende zandbeken en laaglandbeken. Paarlberg & Tolkamp (1990) verdeelden de beek verder onder in bron/bovenloop, bovenloop, middenloop en benedenloop. In de typologie van oppervlaktewateren in Overijssel speelt naast dimensie (van bovenloopjes tot aan riviertjes) ook droogval en zuurgraad een rol bij de indeling in beektypen (Verdonschot 1990). Torenbeek & van Gijsen (1990) kwamen voor Drenthe tot een indeling in vijf typen; natuurlijke bovenlopen, natuurlijke middenlopen, slootbeken, benedenlopen en veenbeken. Peeters & Gardeniers (1992) kwamen voor de ontwikkeling van het STOWA-beoordelingssysteem EBESWA tot een indeling in heuvelland- en laaglandbeken, elk onderverdeeld naar boven-, midden- en benedenloop. De belangrijkste factoren die een rol spelen bij de indeling van natuurlijke beekgemeenschappen zijn dimensies, stroomsnelheid, droogval, beddingmateriaal en zuurgraad (Verdonschot et al. 1995).

Naast deze beektypologieën, gebaseerd op ecologische hoofdfactoren, zijn ook indelingen gemaakt naar beschaduwning (bijvoorbeeld houtwal- en weilandbeken), menselijk gebruik (bijvoorbeeld molenbeken, vloeiveldbeken, sprengbeken), geomorfologie (bijvoorbeeld stuwwal-, terras-, laagland en heuvellandbeken) en kalkgehalte (bijvoorbeeld kalkrijke en kalkarme beken).

[47]

4.2 Opzet referentietypologie

Om beken naar hun natuurlijke toestand in te delen is rekening gehouden met de eerste resultaten van verschillende analyses van omvangrijkere gegevensbestanden van beken die verzameld zijn over de laatste twintig

jaar (Verdonschot & Nijboer 2000). Op basis van deze resultaten is een raamwerk van hoofdindelingsfactoren opgesteld. Hierop zijn de te beschrijven referentietypen gebaseerd. De belangrijkste bron voor de inhoudelijke beschrijving van de referentiegemeenschappen is: uitgebreide studies van natuurwetenschappelijke archieven, literatuur en historische rapporten en bestaande publikaties van Verdonschot & Nijboer (2000; Nederlandse beken), Verdonschot et al. (1993; Dinkel) en Verdonschot et al. (2000; Limburg). Het combineren van deze informatiebronnen heeft geleid tot de hierna gegeven hoofdingeling. De beken zijn allereerst naar de hoofdfactoren droogval, zuurgraad en stroomsnelheid verdeeld. Vervolgens is een nadere onderverdeling opgesteld.

De vegetatiegegevens zijn gebaseerd op Verdonschot et al. (1997). De visgegevens zijn gebaseerd op Quack et al. (1996), Raat (1994) en Vriese et al. (1994). De macrofaunasoorten zoals opgenomen in dit document behoren tot de zeldzaamheidsklassen zeer zeldzaam tot zeldzaam voor alle beektypen behalve voor de snelstromende typen waar alleen de zeer zeldzame zijn genoemd. De zeldzaamheidsklasse is gebaseerd op de zeldzaamheidslijst van Alterra (Nijboer & Verdonschot 2000).

De abiotiek is indicatief en afgeleid uit CUWVO 1988, STORA (1989) en Verdonschot (1990).

Duinbeken vormen een bijzonderheid en worden in het document over Duinwateren (Verdonschot & Janssen 2000) beschreven. De beken sluiten enerzijds aan op de bronnen die beschreven zijn in Verdonschot (2000) en anderzijds op het rivierengebied (Nijboer et. al 2000).

I. Droogvallende beken

Onder deze groep vallen beken die van nature droogvallen (temporaire beken). Dergelijke droogvallende beken worden overal in het laagland en in de vlakke delen van het terrasseengebied en mogelijk heuvelland gevonden. Als gevolg van de overheersende invloed van droogval op de levensgemeenschap wordt geen nader onderscheid gemaakt tussen zandige, löss en venige of organische omstandigheden in de bodem. De periode van droogval kan sterk verschillen. Een nader onderscheid dat ecologisch van groot belang is maar waar onvoldoende gegevens voor beschikbaar zijn is het onderscheid tussen semi-permanente beken met een periode van droogval van circa 6-8 weken en temporaire beken met een periode van droogval van meer dan 12 weken. De eerste bevatten meer soorten die ook in permanente beken voorkomen, terwijl de tweede categorie juist veel stilstaand watersoorten kan bevatten gedurende een gedeelte van het jaar. Droogvallende beken worden onderverdeeld naar dimensies. De kleinere droogvallende beken zullen vaak ook langer droogvallen en meer extremen in vooral stofgehalten en temperatuur kennen dan de wat grotere droogvallende beken.

De droogvallende beken zijn onder verdeeld in:

1. Droogvallende bovenloopjes
2. Droogvallende bovenlopen

Algemeen indicatieve macrofauna droogvallende beken

Erioptera sp., Hydraena riparia, Limnephilus bipunctatus, Limnephilus lunatus, Limnephilus stigma



Bethelsemse beek:
droog.

[49

II. (Zwak) zure beken

Onder de gemeenschappen van (zwak) zure beken (veenbeken) worden ook beken gerekend die de voormalige en huidige hoogveengebieden afwateren alsmede beken in stagnerende laagten (mesotrofe moerassen) waarin processen van beekveenvorming optreden. Er is een overheersende invloed van het natuurlijk hoge organisch stofgehalte en het humeuze, bruinige karakter van het water op de levensgemeenschap. Nog bestaande voorbeelden van veenbeken die levende hoogvenen afwateren bestaan niet meer in Nederland.

De (zwak) zure beken zijn onder te verdelen in:

3. (Zwak) zure bovenloopjes
4. (Zwak) zure bovenlopen
5. Zwak zure middenlopen

Algemeen indicatieve macrofauna (zwak) zure beken

Aquarius najas, Baetis rhodani, Brillia longifurca, Chaetopteryx villosa, Crunoecia irrorata, Dicranota bimaculata, Elodes minuta, Erioptera sp., Glyphotaelius pellucidus, Helophorus flavipes, Leptophlebia marginata, Limnephilus extricatus, Lithax obscurus, Niphargus schellenbergi, Platambus maculatus, Plectrocnemia conspersa, Potamophylax cingulatus, Psectrocladius psilopterus, Psychoda sp., Sericostoma personatum, Sigara nigrolineata, Stylodrilus heringianus, Zavrelimyia sp.

III. Snelstromende beken

Snelstromende beken (terras-, stuwwal- en heuvellandbeken) worden gekenmerkt door snelle stroming met een gedempte dynamiek in afvoer. Snelstromende beken vertonen in de bovenloop veel minder meandering dan laaglandbeken maar slingeren benedenstrooms wel door het landschap. Ze zijn meestal beschaduwd, hetgeen een extra temperatuurdemping geeft bovenop de altijd relatief lagere temperatuur (groot debiet van uittredend grondwater met een constante temperatuur). Het dwarsprofiel is onregelmatig met veel grindbanken, overhangende oevers, aangeslibde tot zandige, rustig stromende tot stilstaande plekken en plaatselijk stroomversnellingen met grof grind en keien. Er is organisch materiaal aanwezig in de vorm van boomstammen, takken, bladpakketten, detritusafzettingen en slibzones. Dit leidt tot een rijk mozaïek aan habitats voor macrofauna. Vegetatie-ontwikkeling is zeer beperkt tot het in plukjes voorkomen van enkele aan sterke stroming aangepaste waterplanten. Het water is oligo-β-mesosaproob en matig-voedselrijk tot voedselrijk. Het water is neutraal en ionenrijk (met name calcium). De stromingsminnende fauna is aangepast aan het gevarieerde stromingsmilieu. De meer kritische soorten zijn sterk zuurstofminnend en vaak voor voedsel en habitat afhankelijk van de factor stroming en de aanwezige harde substraten (grind). Opvallende groepen zijn steenvliegen, eendagsvliegen en kokerjuffers.

De snelstromende beken zijn onder te verdelen in:

6. Snelstromende bovenloopjes
7. Snelstromende bovenlopen
8. Snelstromende middenlopen
9. Snelstromende benedenlopen
10. Snelstromende riviertjes

Algemeen indicatieve macrofauna snelstromende beken

Boophthora erythrocephala, Calopteryx splendens, Dicranota bimaculata, Elodes minuta, Eukiefferiella discoloripes agg., Eusimulium aureum, Gammarus fossarum, Limnius volckmari, Mystacides azurea, Platambus maculatus, Polypedilum bicrenatum, Rheocricotopus fuscipes, Rhyacophila fasciata, Silo nigricornis, Sperchon setiger, Zavrelimyia nubila



Geul.

IV. Langzaam stromende beken

Langzaam stromende beken (laaglandbeken) worden gekenmerkt door trage stroming met een gedempte dynamiek in afvoer. Langzaam stromende beken meanderen en kronkelen door het landschap. Ze zijn meestal beschaduwd, hetgeen een temperatuurdemping geeft. Het dwarsprofiel is asymmetrisch met zandbanken, overhangende oevers, aangeslibde, rustig stromende tot stilstaande plekken en plaatselijk stroomversnellingen met bankjes van fijn grind. Er is veel organisch materiaal aanwezig in de vorm van boomstammen, takken, bladpakketten, detritusafzettingen en slibzones. Dit leidt tot een rijke mozaïek aan habitats voor macrofauna. Vegetatieontwikkeling is beperkt tot het in plukken voorkomen van enkele stromingsminnende waterplanten.

Het water is oligo- β -mesosaproob en matig-voedselrijk tot voedselrijk. Het water is zwak zuur tot neutraal en slechts matig ionenrijk.

De stromingsminnende fauna is aangepast aan het gevarieerde stromingsmilieu. De meer kritische soorten zijn sterk zuurstofminnend en vaak voor voedsel en habitat afhankelijk van de factor stroming. Opvallende groepen zijn vedermuggen, kreeftachtigen en kokerjuffers.

De langzaam stromende beken zijn onder te verdelen in:

11. Langzaam stromende bovenloopjes
12. Langzaam stromende bovenlopen
13. Langzaam stromende middenlopen
14. Langzaam stromende benedenlopen
15. Langzaam stromende riviertjes

Algemeen indicatieve macrofauna langzaam stromende beken

Anisus leucostomus, Aquarius najas, Athripsodes cinereus, Boophthora erythrocephala, Calopteryx splendens, Centropilum luteolum, Chaetopteryx villosa, Corynoneura coronata agg., Dicranota bimaculata, Dytiscus marginalis, Eusimulium gr. aureum, Gammarus roeselii, Hemerodromia sp., Micropsectra atrofasciata, Micropsectra gr. praecox, Microtendipes pedellus agg., Mystacides azurea, Odagmia ornata, Odontomesa fulva, Orthetrum cancellatum, Oulimnius tuberculatus, Palpomyia sp., Paracladius conversus agg., Paracladopelma nigrifrons, Platambus maculatus, Platycnemis pennipes, Polypedilum bicornatum, Potthastia longimana, Rheocricotopus fuscipes, Rhyacophila fasciata

4.3 Droogvallende bovenloopjes

Processen

Droogvallende bovenloopjes komen overal verspreid in het Pleistocene zandgebied voor. De bovenloopjes worden gevoed door regenwater. Dergelijke bovenloopjes kennen geen concrete oorsprong maar het regenwater verzamelt zich diffuus in greppels en (moerassige) laagten. Van hieruit concentreert het water zich stroomafwaarts meer en meer. De afvoer wordt bepaald door de hoeveelheid neerslag en de mate van inzijging. De afvoer fluctueert daardoor sterk. In de zomer vallen deze bovenloopjes droog gedurende een periode van ongeveer 8-10 weken, terwijl stagnerende afvoer zich over een periode van ruim 3 maanden kan uitstrekken. Het lengteprofiel is meanderend. De wisselingen in afvoer leiden tot een dynamiek in erosie en sedimentatie. De beken hebben overwegend een zandbodem en zijn beschaduwd door loofbos. De oever is bezet met els en berk en begroeid met mossen. Het water is matig voedselrijk en heeft een relatief hoog ammoniumgehalte in het najaar (gemineraliseerde droge beekbedding). Het betreft een β -mesosaproob milieu.

[53]

Ecologische typering

Droogval heeft een overheersende invloed op de levensgemeenschap. Door de sterke beschaduwning komt niet of nauwelijks vegetatie voor of bestaat de vegetatie uit gewoon sterrenkroos (*Callitriche platycarpa*). Op plaatsen met uittredend grondwater en voedselrijke omstandigheden kan klimopwater-ranonkel (*Ranunculus hederaceus*) worden aangetroffen, mits de duur van de droogvalling beperkt is, zodat de bodem vochtig blijft. Locaal komt op kwelplekken duizendknoopfonteinkruid (*Potamogeton polygonifolius*) voor. De kenmerkende macrofaunagemeenschap bestaat veelal uit soorten met een aan droogvalling aangepaste levensstrategie. De fauna is weinig divers met enkele soms abundante soorten. De meeste soorten zijn sedimentbewoners (gravers), het betreft detritivore vergaarders. Belangrijke groepen zijn wormen, vedermuggen, vliegen en kevers. Een voorbeeld is de halve maan venloop.

Abiotische toestandsvariabelen

<i>parameter</i>	<i>range</i>
breedte m	< 1.5
diepte cm	< 25
pH	5.5 – 7.5
t-P mgP/l	< 0.040
NH ₄ ⁺ mgN/l	< 0.4
NO ₃ ⁻ mgN/l	< 0.46
stroomsnelheid cm/s	10 - 30
% vegetatie	< 10
EGV μ S/cm	< 250
Cl ⁻ mg/l	40 - 120
hardheid dH	3 - 10

Indicatoren*Macrofauna*begeleidend:

Agabus didymus, *Agabus paludosus*, *Anisus leucostomus*, *Aplexa hypnorum*, *Colymbetes fuscus*, *Diplocladius cultriger*, *Enochrus coarctatus*, *Helophorus flavipes*, *Hygrotus decoratus*, *Natarsia* sp., *Odontomesa fulva*, *Platambus maculatus*, *Potthastia longimana*, *Psychoda* sp., *Rhantus suturalis*, *Rheocricotopus chalybeatus*, *Rheocricotopus fuscipes*, *Sigara nigrolineata*, *Stictochironomus* sp., *Stylodrilus heringianus*

kenmerkend:

Adicella reducta, *Agabus congener*, *Agabus uliginosus*, *Arrenurus cylindricus*, *Eylais koenikei*, *Helophorus strigifrons*, *Hydraena brittini*, *Hydrobaenus pilipes*, *Hydrochus ignicollis*, *Hydroporus melanarius*, *Hydroporus memnonius*, *Hydroporus nigrita*, *Ironoquia dubia*, *Lebertia bracteata*, *Lebertia insignis*, *Limnephilus auricula*, *Limnephilus elegans*, *Metriocnemus hirticollis*, *Micropterna lateralis*, *Nemoura dubitans*, *Orthocladus rivulorum*, *Pedicia rivosa*, *Potamophylax nigricornis*, *Protzia eximia*, *Rhyacodrilus coccineus*, *Trichostegia minor*, *Trissocladius brevipalpis*, *Wettina podagrica*

Macrofyten

klompwatterranonkel (*Ranunculus hederaceus*), duizendknoopfonteinkruid (*Potamogeton polygonifolius*)

Vissen

geen

Doelsoorten*Macrofauna*

Limnephilus auricula, *Limnephilus luridus*, *Limnephilus stigma*, *Stenophylax permistus*, *Trichostegia minor*

Beheer en inrichting

De onderstaande maatregelen zijn in hoofdstuk 6 verder uitgewerkt. De maatregelen gelden niet altijd en overal maar worden als maatwerk per beektraject gewogen op bruikbaarheid.

Maatregelen gericht op stromingsherstel:

- het verwijderen van drainage
- het bevorderen van infiltratie
- het wijzigen van de wateronttrekking
- het ontwikkelen van bos (al dan niet spontaan)
- het vergroten van de retentie
- het verwijderen van stuwen

Maatregelen gericht op herstel van structuren:

- het verkleinen van het profiel (verondiepen)
- het verwijderen van de profielverdediging
- het aanplanten of spontaan laten ontwikkelen van houtwallen
- het aanleggen van soortgerichte structuren

Maatregelen gericht op herstel van stofstromen:

- het verminderen van meststoffentoevoer
- het opheffen van huishoudelijke lozingen
- het opheffen van overstorten
- het scheiden van waterstromen
- het aanleggen van helofytenfilters
- het aanleggen van horse-shoe wetlands
- het aanleggen van bufferzones

Beheersmaatregelen:

- het achterwege laten van onderhoud
- het niet verwijderen van bomen en takken uit de beek
- het vrijstellen van de beek en de oever



Droogvallend bovenloopje met het eerste water.

4.4 Droogvallende bovenlopen

Processen

Droogvallende bovenlopen komen verspreid in het Pleistocene zandgebied voor. De bovenlopen worden gevoed door regenwater. De bovenlopen ontvangen water vanuit bovenloopjes die zelf geen concrete oorsprong kennen. Het regenwater verzamelt zich diffuus in greppels en laagten en concentreert zich stroomafwaarts. Dergelijke bovenlopen voeren langer dan de bovenloopjes water. Extra kwel en zijdelingse watertoevoer zijn hiervoor

verantwoordelijk. De afvoer wordt bepaald door de hoeveelheid neerslag en de mate van inzijging. Het afvoerpatroon is sterk fluctuerend. Droogval treedt in de zomer op tot een periode van ongeveer 6-8 weken, terwijl stagnerende afvoer zich over een periode van ruim 2 maanden kan uitstrekken. Het lengteprofiel is meanderend. De wisselingen in afvoer leiden tot een dynamiek in erosie en sedimentatie. De beken hebben overwegend een zandbodem en zijn beschaduwd. De lopen bevinden zich in loofbos. De oever is bezet met els en berk en begroeid met mossen. Het water is matig voedselrijk en heeft een relatief hoog ammoniumgehalte in het najaar (gemineraliseerde droge beekbedding). Het betreft een β -mesosaproob milieu.

Ecologische typering

Door de sterke beschaduwning komen niet of nauwelijks macrofyten voor. Incidenteel groeit er gewoon sterrenkroos (*Callitriche platycarpa*).

Plaatselijk op kwelplekken komt duizendknoopfonteinkruid (*Potamogeton polygonifolius*) of klimopwaterranonkel (*Ranunculus hederaceus*) voor.

De kenmerkende macrofaunagemeenschap bestaat veelal uit soorten met een aan droogvalling aangepaste levensstrategie. De fauna is matig divers en heeft lage aantallen individuen met enkele soms abundante soorten. De meeste soorten zijn sedimentbewoners (gravers), het betreft detritivore vergaarders. Belangrijke groepen zijn vedermuggen, vliegen, steenvliegen en kevers. Een voorbeeld is de Grote of Roode beek.

Abiotische toestandsvariabelen

<i>parameter</i>	<i>range</i>
breedte m	1 - 3
diepte cm	< 40
pH	5.5 - 7.5
t-P mgP/l	< 0.040
NH ₄ ⁺ mgN/l	< 0.4
NO ₃ ⁻ mgN/l	< 0.46
stroomsnelheid cm/s	10 - 50
% vegetatie	< 10
EGV μ S/cm	< 250
Cl ⁻ mg/l	40 - 120
hardheid dH	3 - 1

Indicatoren

Macrofauna

begeleidend:

Agabus didymus, *Agabus paludosus*, *Anisus leucostomus*, *Aplexa hypnorum*, *Colymbetes fuscus*, *Diplocladius cultriger*, *Ephydriidae*,

Helophorus flavipes, Hygrotus decoratus, Macropelopia nebulosa, Odagmia ornata, Platambus maculatus, Psychoda sp., Rhantus suturalis, Rheocricotopus chalybeatus, Sigara nigrolineata, Stictochironomus sp., Stylodrilus heringianus

kenmerkend:

Aquarius najas, Brychius elevatus, Cnetha cryophila, Enoicyla pusilla, Eusimulium angustipes, Halesus digitatus/radiatus, Heleniella ornaticollis, Helophorus granularis, Hemerodromia sp., Heterotrissocladius marcidus, Hydrobaenus pilipes, Hydroporus discretus, Ironoquia dubia, Leptophlebia marginata,, Leuctra nigra, Limnephilus centralis, Limnephilus extricatus, Limnephilus griseus, Limnephilus nigriceps, Limnephilus sparsus, Limnephilus subcentralis, Macropelopia sp., Mansonia richiardi, Metriocnemus hirticollis, Micropsectra bidentata, Micropsectra notescens, Micropterna sequax, Nemoura dubitans, Nemoura marginata, Orthocladius rivulorum, Paratendipes gr. nudisquama, Trichostegia minor, Trissocladius brevipalpis

Macrofyten

klimopwatteranionkel (Ranunculus hederaceus), duizendknoopfonteinkruid (Potamogeton polygonifolius), egelboterbloem (Ranunculus flammula)

Vissen

geen

[57

Doelsoorten

Macrofauna

Limnephilus luridus, Limnephilus stigma, Stenophylax permistus, Trichostegia minor

Beheer en inrichting

De onderstaande maatregelen zijn in hoofdstuk 6 verder uitgewerkt. De maatregelen gelden niet altijd en overal maar worden als maatwerk per beektraject gewogen op bruikbaarheid.

Maatregelen gericht op stromingsherstel:

- het verwijderen van drainage
- het bevorderen van infiltratie
- het wijzigen van de wateronttrekking
- het ontwikkelen van bos (al dan niet spontaan)
- het vergroten van de retentie
- het verwijderen van stuwen
- het herstel van het oorspronkelijk stroomgebied

Maatregelen gericht op herstel van structuren:

- het passief laten ontwikkelen van meanders
- het graven van meanders
- het actief ontwikkelen van micro-meanders
- het verkleinen van het profiel (verondiepen)
- het verwijderen van de profielverdediging
- het ontwikkelen van houtwallen (al dan niet spontaan)
- het aanleggen van soortgerichte structuren

Maatregelen gericht op herstel van stofstromen:

- het verminderen van meststoffentoevoer
- het opheffen van huishoudelijke lozingen
- het opheffen van overstorten
- het scheiden van waterstromen
- het aanleggen van helofytenfilters
- het aanleggen van horse-shoe wetlands
- het aanleggen van bufferzones

Beheersmaatregelen:

- het achterwege laten van onderhoud
- het niet verwijderen van bomen en takken uit de beek
- het vrijstellen van de beek en de oever



Droogvallende bovenloop.

4.5 (Zwak) zure bovenloopjes

Processen

(Zwak) zure bovenloopjes komen verspreid in het Pleistocene zandgebied voor. De beken worden gevoed door bron- of kwelwater (uit voormalig hoogveen). Het toegevoerde ondiepe, jonge grondwater of overtollige water uit (voormalig) hoogveengebied dragen zorg voor het zure karakter en een regelmatig afvoerpatroon. De afvoer fluctueert weinig wat leidt tot bijzondere omstandigheden.

Het lengteprofiel is zwak meanderend. Het dwarsprofiel is asymmetrisch. De beken hebben veelal een zandbodem met veel organisch materiaal wat moeilijk wordt afgebroken en zijn vaak beschaduwd behalve in de hoogveengebieden. De loopjes bevinden zich in loofbos van els, berk en gagel of in open hoogveen. De oevers zijn begroeid met veenmossen.

Het water is voedselarm en matig tot zwak zuur. Als gevolg van de veenhoudende bodem kan het beekwater licht bruin en humeus zijn. Het betreft een oligosaproob, voedselarm milieu.

Ecologische typering

De begroeiing bestaat uit knolrus (*Juncus bulbosus*) en veenmossen (*Sphagnum* spp.). Lokaal op kwelplekken komt duizendknoopfonteinkruid (*Potamogeton polygonifolius*), vlottende bies (*Eleogiton fluitans*) en (bij een pH boven 5.0) waterviolier (*Hottonia palustris*) voor.

Opvallend is het sporadisch voorkomen of ontbreken van veel soorten eendagsvliegen, platwormen, slakken en kreeftachtigen. Ok duikerwantsen zoals *Sigara nigrolineata*, *S. semistriata* en *S. limitata* en de vedermug *Psectrocladius platypus* zijn te verwachten (Duursema & Torenbeek 1997). De meeste soorten leven op of in het sediment (gravers en kruiers), het betreft detritivore vergaarders en knippers. Belangrijke groepen zijn kevers, vedermuggen, vliegen en kevers. De soortensamenstelling is weinig divers en heeft lage aantallen individuen. Bijzonder is het voorkomen van het mijtertje. Voorbeeldbeken zijn de zure bovenloopjes van de sprengbeken Horsthoekerbeken en Heerderbeken.

[59]

Abiotische toestandsvariabelen

<i>parameter</i>	<i>range</i>
breedte m	< 1.5
diepte cm	< 25
pH	4.5 – 6.5
t-P mgP/l	< 0.015
NH ₄ ⁺ mgN/l	< 0.08
NO ₃ ⁻ mgN/l	0
stroomsnelheid cm/s	10 - 40
% vegetatie	< 20
EGV µS/cm	< 100
Cl ⁻ mg/l	10 – 20
hardheid dH	1 – 5

Indicatoren

Macrofauna

begeleidend:

Enochrus coarctatus, *Hydroporus umbrosus*, *Hygrotus decoratus*, *Notonecta obliqua*, *Psectrocladius platypus*, *Psectrocladius psilopterus*, *Sigara fossarum*

kenmerkend:

Adicella reducta, *Agabus affinis*, *Agabus guttatus*, *Beraea maura*, *Ceriatrion tenellum*, *Chaetopteryx villosa*, *Cordulegaster boltonii*, *Crenobia alpina*, *Culiseta* sp., *Eusimulium cryophilum*, *Eusimulium vernum*, *Gerris gibbifer*,

Heterotanytarsus apicalis, *Heterotrissocladius marcidus*, *Hydroporus melanarius*, *Laccobius atratus*, *Leptophlebia marginata*, *Leuctra nigra*, *Limnephilus binotatus*, *Limnephilus sparsus*, *Limnephilus subcentralis*, *Micropsectra bidentata*, *Nemoura marginata*, *Nemurella picteti*, *Pedicia rivos*, *Plectrocnemia conspersa*, *Sialis fuliginosa*, *Sigara limitata*, *Stempellinella minor*, *Trichostegia minor*, *Trissopelopia longimana*, *Zavrelimyia* sp.

Macrofyten

duizendknoopfonteinkruid (*Potamogeton polygonifolius*), waterviolier (*Hottonia palustris*; in zacht water), witte waterranonkel (*Ranunculus ololeucos*), vlottende bies (*Eleogiton fluitans*), egelboterbloem (*Ranunculus flammula*)

Vissen

begeleidend:

driedoornige stekelbaars (*Gasterosteus aculeatus*)

kenmerkend:

amerikaanse hondsviis (*Umbra pygmaea*; niet inheems)

60]

Doelsoorten

Macrofauna

Polycelis felina, *Leptophlebia marginata*, *Leuctra nigra*, *Nemoura avicularis*, *Nemoura dubitans*, *Nemurella pictetii*, *Grammotaulius submaculatus*, *Limnephilus bipunctatus*, *Limnephilus centralis*, *Limnephilus elegans*, *Limnephilus griseus*, *Limnephilus stigma*, *Oligostomis permistus*, *Oxyethira falcata*, *Polycentropus flavomaculatus*, *Ptilocolepus granulatus*, *Rhadicleptus alpestris*, *Trichostegia minor*

Beheer en inrichting

De onderstaande maatregelen zijn in hoofdstuk 6 verder uitgewerkt. De maatregelen gelden niet altijd en overal maar worden als maatwerk per beektraject gewogen op bruikbaarheid.

Maatregelen gericht op stromingsherstel:

- het verwijderen van drainage
- het bevorderen van infiltratie
- het wijzigen van de wateronttrekking
- het ontwikkelen van bos (al dan niet spontaan)
- het vergroten van de retentie
- het verwijderen van stuwen

Maatregelen gericht op herstel van structuren:

- het verkleinen van het profiel (verondiepen)
- het verwijderen van de profielverdediging
- het aanplanten of spontaan laten ontwikkelen van houtwallen
- het aanleggen van soortgerichte structuren

Maatregelen gericht op herstel van stofstromen:

- het verminderen van meststoffentoevoer
- het opheffen van huishoudelijke lozingen

- het opheffen van overstorten
- het scheiden van waterstromen
- het aanleggen van helofytenfilters
- het aanleggen van bufferzones

Beheersmaatregelen:

- het achterwege laten van onderhoud
- het niet verwijderen van bomen en takken uit de beek
- het vrijstellen van de beek en de oever



Zwak zuur bovenloopje.

4.6 (Zwak) zure bovenlopen

Processen

(Zwak) zure bovenlopen komen verspreid in het Pleistocene zandgebied voor. Voor de relatie met veengebieden zie opmerkingen bij (zwak) zure bovenloopjes. De beken worden gevoed door (zwak) zure bovenloopjes, naast 'extra' voeding uit bron- of kwelwater. Het toegevoerde ondiepe, jonge grondwater of overtollige water uit (voormalig) hoogveengebied dragen zorg voor het zure karakter. De afvoer fluctueert weinig. Het lengteprofiel is meanderend. Het dwarsprofiel is asymmetrisch. De

beken hebben veelal een zandbodem met veel organisch materiaal en zijn beschaduwd behalve in hoogveengebieden. De bovenlopen bevinden zich in hoogveen of loofbos. De oever is in loofbos bezet met els en berk en begroeid met mossen. De bodem bestaat uit zand.

Het water is voedselarm en matig tot zwak zuur. Als gevolg van de veenhoudende bodem kan het beekwater licht bruin en humeus zijn. Het betreft een oligosaproob, voedselarm milieu.

Ecologische typering

De begroeiing bestaat uit knolrus (*Juncus bulbosus*), witte waterranonkel (*Ranunculus ololeucos*) en veenmossen (*Sphagnum* spp.). Lokaal op kwelplekken komt duizendknoopfonteinkruid (*Potamogeton polygonifolius*), vlottende bies (*Eleogiton fluitans*) en haaksterrenkroos (*Callitriche hamulata*) voor.

De fauna is matig divers en heeft lage aantallen individuen. Opvallend is het sporadisch voorkomen of ontbreken van veel soorten eendagsvliegen, platwormen, slakken en kreeftachtigen. De meeste soorten leven op of in het sediment (gravers en kruiers), het betreft detritivore vergaarders en knippers. Belangrijke groepen zijn vedermuggen, vliegen en kevers.

Voorbeeldbeek is de bovenloop van het Schoonebeekerdiep (D).

Abiotische toestandsvariabelen

<i>parameter</i>	<i>range</i>
breedte m	1 - 3
diepte cm	< 40
pH	4.5 - 6.5
t-P mgP/l	< 0.015
NH ₄ ⁺ mgN/l	< 0.08
NO ₃ ⁻ mgN/l	0
stroomsnelheid cm/s	10 - 40
% vegetatie	< 20
EGV µS/cm	< 100
Cl ⁻ mg/l	10 - 20
hardheid dH	1 - 5

Indicatoren

Macrofauna

begeleidend:

Enallagma cyathigerum, *Gerris argentatus*, *Hydroporus angustatus*, *Hydroporus umbrosus*, *Hygrotus decoratus*, *Psectrocladius platypus*

kenmerkend:

Aeshna juncea, *Ceriatrion tenellum*, *Chaetocladius melaleucus* agg., *Chaetocladius* sp herkenbosch, *Cordulegaster boltonii*, *Dicranomyia* sp., *Eusimulium vernum*, *Helophorus granularis*, *Heterotanytarsus apicalis*,

Heterotrissocladius marcidus, Hydrobaenus pilipes, Hydroporus longulus (veenmos en kwel), Leptophlebia marginata, Leuctra nigra, Limnephilus centralis, Limnephilus griseus, Limnephilus sparsus, Limnephilus subcentralis, Mansonia richiardi, Micropsectra bidentata, Nemoura avicularis, Parakiefferiella bathophila, Pseudorthocladius curtistylus, Sialis fuliginosa, Sigara hellensi, Sigara limitata, Stempellinella minor, Stenophylax permistus, Trichostegia minor

Macrofyten

duizendknoopfonteinkruid (Potamogeton polygonifolius), witte waterranonkel (Ranunculus ololeucos), haaksterrenkroos (Callitriche hamulata), vlottende bies (Eleogiton fluitans), egelboterbloem (Ranunculus flammula)

Vissen

begeleidend:

driedoornige stekelbaars (Gasterosteus aculeatus)

kenmerkend:

amerikaanse hondsvij (Umbra pygmaea; niet inheems)

[63]

Doelsoorten

Macrofauna

Leptophlebia marginata, Siphonurus arnatus, Leuctra nigra, Nemoura avicularis, Nemurella pictetii, Hydropsyche pellucidula, Limnephilus bipunctatus, Limnephilus centralis, Limnephilus elegans, Limnephilus fuscicornis, Limnephilus griseus, Limnephilus nigriceps, Limnephilus stigma, Lype phaeopa, Oligostomis reticulata, Polycentropus flavomaculatus, Trichostegia minor

Beheer en inrichting

De onderstaande maatregelen zijn in hoofdstuk 6 verder uitgewerkt. De maatregelen gelden niet altijd en overal maar worden als maatwerk per beektraject gewogen op bruikbaarheid.

Maatregelen gericht op stromingsherstel:

- het verwijderen van drainage
- het bevorderen van infiltratie
- het wijzigen van de wateronttrekking
- het ontwikkelen van bos (al dan niet spontaan)
- het vergroten van de retentie
- het verwijderen van stuwen
- het herstellen van het oorspronkelijk stroomgebied

Maatregelen gericht op herstel van structuren:

- het verkleinen van het profiel (verondiepen)
- het verwijderen van de profielverdediging
- het aanplanten of spontaan laten ontwikkelen van houtwallen
- het aanleggen van soortgerichte structuren
- het passief laten ontwikkelen van meanders

- het graven van meanders
- het actief ontwikkelen van micro-meanders

Maatregelen gericht op herstel van stofstromen:

- het verminderen van meststoffentoevoer
- het opheffen van huishoudelijke lozingen
- het opheffen van overstorten
- het scheiden van waterstromen
- het aanleggen van helofytenfilters
- het aanleggen van horse-shoe wetlands
- het aanleggen van bufferzones

Beheersmaatregelen:

- het achterwege laten van onderhoud
- het niet verwijderen van bomen en takken uit de beek
- het vrijstellen van de beek en de oever

Zwak zure bovenloop.



4.7 Zwak zure middenlopen

Processen

Zwak zure middenlopen worden overal in het Pleistocene zandgebied gevonden maar vooral in de voormalige hoogveengebieden. De beken worden gevoed door (zwak) zure bovenlopen. De afvoer fluctueert weinig. Het lengteprofiel is meanderend. Het dwarsprofiel asymmetrisch. De beken hebben veelal een organisch rijke zandbodem en zijn beschaduwd. De middenlopen bevinden zich in loofbos. De oever is bezet met els, berk en hogerop es en eik. De oevers zijn begroeid met mossen en kruiden. Het betreft een oligo- β -mesosaproob, voedselarm tot matig voedselrijk milieu. Als gevolg van de veenhoudende bodem kan het beekwater licht bruin en humeus zijn.

Ecologische typering

De begroeiing bestaat uit knolrus (*Juncus bulbosus*) en veenmossen (*Sphagnum* spp.). In de stroomgeul komt haaksterrenkroos (*Callitriche hamulata*) voor. De fauna is matig divers. Opvallend is het in lagere aantallen voorkomen van veel soorten eendagsvliegen, platwormen, slakken en kreeftachtigen. De meeste soorten leven op of in het sediment (gravers en kruipers), het betreft detritivore vergaarders en knippers. Belangrijke groepen zijn kevers, vedermuggen en vliegen.

[65]

Abiotische toestandsvariabelen

<i>parameter</i>	<i>range</i>
breedte m	2-5
diepte cm	20 – 70
pH	4.5 – 6.5
t-P mgP/l	< 0.040
NH ₄ ⁺ mgN/l	< 0.4
NO ₃ ⁻ mgN/l	< 0.35
stroomsnelheid cm/s	10 - 50
% vegetatie	< 40
EGV μ S/cm	100 – 250
Cl ⁻ mg/l	10 – 20
hardheid dH	1 – 5

Indicatoren

Macrofauna

begeleidend:

Enallagma cyathigerum, *Gerris argentatus*, *Harnischia* sp., *Holocentropus dubius*, *Hydroporus angustatus*

kenmerkend:

Ceriatrigon tenellum, Gyrinus minutus, Hydroporus obscurus, Libellula depressa, Micropterna lateralis, Pericoma sp.

Macrofyten

haaksterrenkroos (Callitriche hamulata), witte waterranonkel (Ranunculus ololeucos), egelboterbloem (Ranunculus flammula)

Vissenbegeleidend:

bermpje (Barbatula barbatulus), tiendoornige stekelbaars (Pungitius pungitius), driedoornige stekelbaars (Gasterosteus aculeatus)

kenmerkend:

amerikaanse hondsvij (Umbra pygmaea; niet inheems)

DoelsoortenMacrofauna

Baetis digitatus, Ephemera vulgata, Heptagenia flava, Heptagenia fuscigrisea, Heptagenia sulphurea, Leptophlebia marginata, Siphonurus arnatus, Leuctra nigra, Nemoura avicularis, Nemurella pictetii, Hydropsyche pellucidula, Hydroptila cornuta, Leptocerus interruptus, Limnephilus bipunctatus, Limnephilus centralis, Limnephilus elegans, Limnephilus fuscicornis, Limnephilus nigriceps, Lype phaeopa, Neureclepsis bimaculata, Polycentropus flavomaculatus, Triaenodes simulans

Beheer en inrichting

De onderstaande maatregelen zijn in hoofdstuk 6 verder uitgewerkt. De maatregelen gelden niet altijd en overal maar worden als maatwerk per beektraject gewogen op bruikbaarheid.

Maatregelen gericht op stromingsherstel:

- het verwijderen van stuwen
- het herstellen van het oorspronkelijk stroomgebied
- het aanleggen van een hydrologische buffer

Maatregelen gericht op herstel van structuren:

- het verkleinen van het profiel (verondiepen)
- het verwijderen van de profielverdediging
- het aanplanten of spontaan laten ontwikkelen van houtwallen
- het aanleggen van soortgerichte structuren
- het passief laten ontwikkelen van meanders
- het graven van meanders
- het actief ontwikkelen van micro-meanders
- het aanleggen van een asymmetrisch profiel
- het aanleggen van stroomkuilen en zandbanken
- het aanleggen van poelen

Maatregelen gericht op herstel van stofstromen:

- het verminderen van meststoffentoevoer
- het opheffen van overstorten
- het opheffen van een RWZI
- het aanleggen van bufferzones

Beheersmaatregelen:

- het achterwege laten van onderhoud
- het niet verwijderen van bomen en takken uit de beek
- het vrijstellen van de beek en de oever



Gagel; begeleider van de zwak zure middenloop.

[67

4.8 Snelstromende bovenloopjes

Processen

Snelstromende bovenloopjes worden overal in het heuvelland hoger op hellingen gevonden, op de randen van de stuwwallen van Veluwe en Twente, en op de terrassen langs de Maas. Als gevolg van de constante voeding uit helocene en soms rheocene bronnen ontstaan permanente, snel stromende loopjes. De loopjes bevinden zich in loofbos, soms hellingbossen. De oever is bezet met els en begroeid met mossen en kruiden.

Het betreft een oligo- β -mesosaproob, matig voedselrijk milieu.

Ecologische typering

Op plaatsen waar voldoende zonlicht doordringt, komt vegetatie tot ontwikkeling. In zacht water ontwikkelt zich teer vederkruid (*Myriophyllum alterniflorum*). Volgens Weber-Oldecop (1969) ligt de stroomsnelheid meestal tussen 20 en 60 cm/s met uitschieters naar 110 cm/s. Bij veranderingen in waterkwaliteit (eutrofiëring en alkaliserings) wordt de

begroeiing spoedig vervangen door doorgroeid fonteinkruid (*Potamogeton perfoliatus*), kleine fonteinkruiden (*Potamogeton trichoides*, *P. pectinatus*), bronmos (*Fontinalis antipyretica*) of gewoon sterrenkroos (*Callitriche platycarpa*). Op plaatsen met uittredend grondwater en meer voedselrijke omstandigheden wordt klimopwaterranonkel (*Ranunculus hederaceus*) of kleine watereppe (*Berula erecta*) aangetroffen.

De fauna is zeer divers. De meeste soorten leven op vaste substraten en in mindere mate het sediment. Veel soorten zijn stromingsminnend (rheobiont of rheofiel) en koud-stenotherm. Het betreft vooral detritivoren, detriti-herbivoren en herbivoren. Belangrijke groepen zijn kokerjuffers, kreeftachtigen en eendagsvliegen.

Abiotische toestandsvariabelen

<i>parameter</i>	<i>range</i>
breedte m	< 1.5
diepte cm	< 25
pH	6.5 – 8.5
t-P mgP/l	< 0.015
NH ₄ ⁺ mgN/l	< 0.08
NO ₃ ⁻ mgN/l	0
stroomsnelheid cm/s	30-60
% vegetatie	< 10
EGV µS/cm	250 – 500
Cl ⁻ mg/l	20 - 40
hardheid dH	5 - 20

Indicatoren

Macrofauna

begeleidend:

Agabus didymus, *Boophthora erythrocephala*, *Brillia longifurca*, *Centroptilum luteolum*, *Chaetopteryx villosa*, *Elodes minuta*, *Eukiefferiella claripennis* agg., *Gammarus roeselii*, *Glyphotaelius pellucidus*, *Helius* sp., *Hydraena testacea*, *Odagmia ornata*, *Odontomesa fulva*, *Oxyethira* sp., *Paracladius conversus* agg., *Paratrichocladius rufiventris*, *Platambus maculatus*, *Plectrocnemia conspersa*, *Polypedilum bicrenatum*, *Potthastia longimana*, *Rheocricotopus chalybeatus*, *Sericostoma personatum*

kenmerkend:

Agabus biguttatus, *Allogamus auricollis*, *Apatania fimbriata*, *Batrachobdella verrucata*, *Brychius elevatus*, *Cricotopus* gr. *tibialis*, *Crunoecia irrorata*, *Drusus annulatus*, *Elmis obscura*, *Esolus angustatus*, *Esolus parallelepipedus*, *Eusilmulium costatum*, *Feltria armata*, *Gordius setiger*, *Hydatophylax infumatus*, *Hydraena melas*, *Laccobius sinuatus*, *Limnephilus bipunctatus*, *Limnius perrisi*, *Lithax obscurus*, *Macropelopia notata*, *Microchrysa polita*,

Natarsia punctata, Nemoura marginata, Ochthebius bicolon, Orthocladius thienemanni, Oxyera pardalina, Panisus torrenticolus, Paraleptophlebia cincta, Polycetopus flavomaculatus, Protzia invalvaris, Rheocricotopus atripes, Rhitrogena iridina, Rhyacophila vulgaris, Riolus cupreus, Roederiodes juncta, Sperchonopsis verrucosa, Stempellinella brevis

Macrofyten

teer vederkruid (*Myriophyllum alterniflorum*), doorgroeid fonteinkruid (*Potamogeton perfoliatus*), haarfonteinkruid (*Potamogeton trichoides*), bronmos (*Fontinalis antipyretica*), klimopwatteranonkel (*Ranunculus hederaceus*), kleine watereppe (*Berula erecta*)

Vissen

begeleidend:

beekforel (*Salmo trutta fario*), driesdoornige stekelbaars (*Gasterosteus aculeatus*)

kenmerkend:

elrits (*Phoxinus phoxinus*), gestippelde alver (*Alburnoides bipunctatus*)

Doelsoorten

Macrofauna

Crenobia alpina, *Polycelis felina*, *Baetis muticus*, *Baetis niger*, *Ecdyonurus lateralis*, *Habrophlebia lauta*, *Paraleptophlebia cincta*, *Amphinemura standfussi*, *Leuctra fusca*, *Leuctra nigra*, *Nemoura cambrica*, *Nemoura dubitans*, *Nemoura marginata*, *Nemurella pictetii*, *Protonemura meyeri*, *Protonemura nitida*, *Annitella obscurata*, *Apatania fimbriata*, *Ernodes articularis*, *Hydropsyche fulvipes*, *Lithax obscurus*, *Melampophylax mucoreus*, *Micrasemodes minimus*, *Parachiona picicornis*, *Sericostoma flavicorne*, *Tinodes pallidulus*, *Tinodes unicolor*, *Wormaldia occipitalis*, *Wormaldia subnigra*

Beheer en inrichting

De onderstaande maatregelen zijn in hoofdstuk 6 verder uitgewerkt. De maatregelen gelden niet altijd en overal maar worden als maatwerk per beektraject gewogen op bruikbaarheid.

Maatregelen gericht op stromingsherstel:

- het verwijderen van drainage
- het bevorderen van infiltratie
- het wijzigen van de wateronttrekking
- het ontwikkelen van bos (al dan niet spontaan)
- het vergroten van de retentie
- het verwijderen van stuwen

Maatregelen gericht op herstel van structuren:

- het verkleinen van het profiel (verondiepen)
- het verwijderen van de profielverdediging

Maatregelen gericht op herstel van stofstromen:

- het verminderen van meststoffentoevoer
- het opheffen van huishoudelijke lozingen

- het opheffen van overstorten
- het scheiden van waterstromen
- het aanleggen van horse-shoe wetlands
- het aanleggen van bufferzones

Beheersmaatregelen:

- het achterwege laten van onderhoud
- het niet verwijderen van bomen en takken uit de beek
- het vrijstellen van de beek en de oever



Snelstromend bovenloopje.

4.9 Snelstromende bovenlopen

Processen

De snel stromende bovenlopen zijn in Nederland vrijwel beperkt tot het pré-Pleistocene gebied en de plateauranden van het Veluwemassief, de stuwwallen van Twente en het Maasterras. De beken worden gevoed vanuit een brongebied. Als gevolg van de constante voeding is de beek permanent. De afvoer is vrij constant.

Het lengteprofiel van de bovenloop is niet meanderend maar wel structuurrijk. De bodem bestaat uit zand of leem met grindbanken. De beken zijn beschaduwd. De bovenlopen bevinden zich in loofbos. De beek is volledig beschaduwd. De oever is bezet met els.

De beekloop is zwak kronkelend. Het substraat bestaat vooral uit grindbanken en zand met veel organische structuren. De oevers kunnen begroeid zijn met mossen en verschillende soorten kruiden.

Het water is voedselarm tot matig-voedselrijk en oligo-β-mesosaproob.

[71]

Ecologische typering

Op plaatsen waar voldoende zonlicht doordringt, komt vegetatie tot ontwikkeling. Onder zwak gebufferde omstandigheden ontwikkelen zich plukken teer vederkruid (*Myriophyllum alterniflorum*). Volgens Weber-Oldecop (1969) ligt de stroomsnelheid meestal tussen 20 en 60 cm/s met uitschieters naar 110 cm/s. Bij veranderingen in de waterkwaliteit (eutrofiëring en alkaliserings) wordt de begroeiing spoedig vervangen door doorgroeid fonteinkruid (*Potamogeton perfoliatus*), kleine fonteinkruiden, bronmos (*Fontinalis antipyretica*) of gewoon sterrenkroos (*Callitriche platycarpa*). Op plaatsen met uittredend grondwater en meer voedselrijke omstandigheden wordt klimopwaterranonkel (*Ranunculus hederaceus*) of kleine watereppe (*Berula erecta*) aangetroffen. In de beekbovenloop komt haaksterrenkroos (*Callitriche hamulata*), kleine egelskop (*Sparganium emersum*) en vlottende waterranonkel (*Ranunculus fluitans*) voor.

De fauna is zeer divers. De meeste soorten leven op vaste substraten (grind en hout) en in mindere mate het sediment. Veel soorten zijn stromingsminnend (rheobiont of rheofiel) en sommige koud-stenotherm. Het betreft vooral detritivoren, detriti-herbivoren, herbivoren en carnivoren. Belangrijke groepen zijn kreeftachtigen, kriebelmuggen, eendagsvliegen, steenvliegen en kokerjuffers.

In deze snelstromende bovenlopen komen visgemeenschappen voor met veel stromingsminnende soorten, waarvan alle of sommige levensstadia gebonden zijn aan de hoofdstroom.

Abiotische toestandsvariabelen

<i>variabele</i>	<i>range</i>
parameter	range
breedte m	1 - 3
diepte cm	< 40
pH	6.5 - 8.5
t-P mgP/l	< 0.015
NH ₄ ⁺ mgN/l	< 0.08
NO ₃ ⁻ mgN/l	0
stroomsnelheid cm/s	30 - 80
% vegetatie	< 10
EGV µS/cm	250 - 500
Cl ⁻ mg/l	20 - 40
hardheid dH	5 - 20

Indicatoren*Macrofauna*begeleidend:

Agabus didymus, Agabus paludosus, Anisus leucostomus, Aplexa hypnorum, Athripsodes cinereus, Baetis rhodani, Boophthora erythrocephala, Brilia longifurca, Calopteryx splendens, Centroptilum luteolum, Chaetopteryx villosa, Colymbetes fuscus, Corynoneura scutellata, Dicranota bimaculata, Diploccladius cultriger, Dytiscus marginalis, Eukiefferiella claripennis agg., Forelia variegator, Gammarus roeselii, Glyphotaelius pellucidus, Gyrinus marinus, Helius sp., Hydraena testacea, Limnephilus decipiens, Macropelopia nebulosa, Mesovelgia furcata, Mystacides azurea, Ochthebius minimus, Odagmia ornata, Odontomesa fulva, Orthetrum cancellatum, Oulimnius tuberculatus, Oxyethira sp., Paracladius conversus agg., Paracladopelma nigrifurca, Paratrichocladius rufiventris, Platambus maculatus, Plectrocnemia conspersa, Polypedilum bicrenatum, Potthastia longimana, Rheocricotopus chalybeatus, Sericostoma personatum, Stictotarsus duodecimpustulatus, Stylodrilus heringianus

kenmerkend:

Agabus biguttatus, Baetis muticus, Batracobdella verrucata, Calopteryx virgo, Cricotopus gr. tibialis, Esolus angustatus, Esolus parallelepipedus, Goera pilosa, Gordius setiger, Halesus tessellatus, Hydraena assimilis, Leuctra nigra, Limnephilus bipunctatus, Lithax obscurus, Metriocnemus inopinatus agg., Natarsia punctata, Nemoura marginata, Orthocladus thienemanni, Oxyera rara, Pachygaster leachii, Panisus torrenticolus, Paraleptophlebia cincta, Polycentropus flavomaculatus, Rhyacophila nubila, Roederiodes juncta, Silo sp., Sperchonopsis verrucosa, Tinodes assimilis, Torrenticola amplexa

Macrofyten

haaksterrenkroos (*Callitriche hamulata*), kleine egelskop (*Sparganium emersum*), vlottende waterranonkel (*Ranunculus fluitans*), kleine waterrepe (*Berula erecta*), teer vederkruid (*Myriophyllum alterniflorum*), bronmos (*Fontinalis antipyretica*), klimopwaterranonkel (*Ranunculus hederaceus*)

Vissen**begeleidend:**

rivierdonderpad (*Cottus gobio*), biermpje (*Barbatula barbatulus*),
driedoornige stekelbaars (*Gasterosteus aculeatus*)

kenmerkend:

beekprik (*Lampetra planeri*), elrits (*Phoxinus phoxinus*), beekforel (*Salmo trutta fario*), gestippelde alver (*Alburnoides bipunctatus*), serpeling (*Leuciscus leuciscus*)

Doelsoorten**Macrofauna**

Polycelis felina, *Baetis muticus*, *Baetis niger*, *Caenis rivulorum*, *Ecdyonurus lateralis*, *Habroleptoides modesta*, *Habrophlebia lauta*, *Paraleptophlebia cincta*, *Paraleptophlebia submarginata*, *Amphinemura standfussi*, *Amphinemura sulcicollis*, *Leuctra fusca*, *Leuctra nigra*, *Nemoura cambrica*, *Nemurella pictetii*, *Protonemura meyeri*, *Protonemura nitida*, *Annitella obscurata*, *Goera pilosa*, *Halesus tessellatus*, *Hydropsyche pellucidula*, *Lasiocephala basalis*, *Lithax obscurus*, *Micrasemodes minimus*, *Potamophylax luctuosus*, *Tinodes pallidulus*

[73]

Beheer en inrichting

De onderstaande maatregelen zijn in hoofdstuk 6 verder uitgewerkt. De maatregelen gelden niet altijd en overal maar worden als maatwerk per beektraject gewogen op bruikbaarheid.

Maatregelen gericht op stromingsherstel:

- het verwijderen van drainage
- het bevorderen van infiltratie
- het wijzigen van de wateronttrekking
- het ontwikkelen van bos (al dan niet spontaan)
- het vergroten van de retentie
- het verwijderen van stuwen
- het herstellen van het oorspronkelijk stroomgebied

Maatregelen gericht op herstel van structuren:

- het verkleinen van het profiel (verondiepen)
- het verwijderen van de profielverdediging

Maatregelen gericht op herstel van stofstromen:

- het verminderen van meststoffentoevoer
- het opheffen van huishoudelijke lozingen
- het opheffen van overstorten
- het scheiden van waterstromen

- het aanleggen van horse-shoe wetlands
- het aanleggen van bufferzones

Beheersmaatregelen:

- het achterwege laten van onderhoud
- het niet verwijderen van bomen en takken uit de beek
- het vrijstellen van de beek en de oever



Snelstromende bovenloop

4.10 Snelstromende middenlopen

Processen

De snel stromende middenlopen zijn in Nederland beperkt tot het pré-pleistocene gebied en de plateauranden van het Veluwemassief, de Twentse stuwwallen, de zuidelijke Achterhoek en het Maasterras. De afvoer is vrij constant.

Het profiel is sterker meanderend dan bij de snelstromende bovenlopen en is structureel. De bodem bestaat uit zand of leem met grindbanken. Het substraat bestaat uit een mozaïek van grindbanken, zandafzettingen, diepere spoelkommen en stroomversnellingen. Plaatselijk ontwikkelen zich grote plukken waterplanten en zijn organische structuren vormend (omgevalen bomen). De beken zijn gedeeltelijk beschaduwde en bevinden zich in loofbos met els, es, haagbeuk en eik. De oevers zijn begroeid met kruidachtigen. Het betreft een β -mesosaproob, matig voedselrijk milieu.

Ecologische typing

Kenmerkend zijn de op de stroom meeduinende plukken van vlottende waterranonkel (*Ranunculus fluitans*) en haaksterrenkroos (*Callitriche hamulata*). Daarnaast is grote waterranonkel (*Ranunculus peltatus*) karakteristiek. Onder zachte tot matig harde, voedselarme omstandigheden ontwikkelt zich teer vederkruid (*Myriophyllum alterniflorum*). Onder kalkrijke, voedselrijke omstandigheden worden mannagras (*Glyceria fluitans*), groot moerasscherm (*Apium nodiflorum*) en stomp vlotgras (*Glyceria notata*) aangetroffen. In de beekmiddenloop zelf komen vlottende waterranonkel (*Ranunculus fluitans*), aarvederkruid (*Myriophyllum spicatum*) en schedefonteinkruid (*Potamogeton pectinatus*) voor. De kenmerkende macrofaunagemeenschap is zeer divers en bestaat deels uit stromingsminnende (rheobionte en rheofiele) soorten. Het betreft detriti-herbivoren, herbivoren en carnivoren. Belangrijke groepen zijn vedermuggen, kriebelmuggen, eendagsvliegen en kokerjuffers. In snelstromende middenlopen op zand- en grindbodem bestaat de visgemeenschap uit stromingsminnende soorten, waarvan alle of sommige levensstadia gebonden zijn aan de hoofdstroom.

[75]

Abiotische toestandsvariabelen

<i>parameter</i>	<i>range</i>
breedte m	2 – 5
diepte cm	20 - 70
pH	6.5 – 8.5
t-P mgP/l	< 0.040
NH ₄ ⁺ mgN/l	< 0.4
NO ₃ ⁻ mgN/l	< 0.35
stroomsnelheid cm/s	30 – 70
% vegetatie	< 40
EGV BS/cm	250 – 500
Cl ⁻ mg/l	20 – 40
hardheid dH	5 - 20

Indicatoren

Macrofauna

begeleidend:

Agabus didymus, *Agabus paludosus*, *Anisus leucostomus*, *Anisus vorticulus*, *Athripsodes cinereus*, *Baetis rhodani*, *Boophthora erythrocephala*, *Brillia longifurca*, *Calopteryx splendens*, *Centroptilum luteolum*, *Chaetopteryx villosa*, *Colymbetes fuscus*, *Corynoneura scutellata*, *Diplocladius cultriger*, *Dytiscus marginalis*, *Eukiefferiella claripennis* agg., *Gammarus roeselii*, *Glyphotaelius pellucidus*, *Gyrinus marinus*, *Macropelopia nebulosa*, *Mystacides azurea*, *Odagmia ornata*, *Odontomesa fulva*, *Orthetrum cancellatum*, *Oulimnius tuberculatus*, *Parachironomus* gr. *vitiosus*, *Paracladius conversus* agg.,

Paracladopelma nigrifula, *Paratrachocladus rufiventris*, *Platambus maculatus*, *Plectrocnemia conspersa*, *Polypedilum bicrenatum*, *Polypedilum laetum* agg., *Potthastia longimana*, *Rheocricotopus chalybeatus*, *Sericostoma personatum*, *Stictotarsus duodecimpustulatus*, *Stylodrilus heringianus*

kenmerkend:

Agapetus ochripes, *Antocha vitripennis*, *Baetis muticus*, *Calopteryx virgo*, *Cardiocladius capucinus*, *Deronectus latus*, *Deronectus platynotus*, *Ecdyonurus torrentis*, *Ecdyonurus venosus*, *Elmis obscura*, *Elmis maugetii*, *Ephemerella ignita*, *Epoicocladius ephemeræ*, *Esolus angustatus*, *Esolus parallelepipedus*, *Eukiefferiella ilkleyensis*, *Feltria armata*, *Goera pilosa*, *Gomphus vulgatissimus*, *Halesus tessellatus*, *Haplotaxis gordioides*, *Hydraena belgica*, *Hydraena gracilis*, *Hydraena minutissima*, *Hydraena pulchella*, *Hydropsyche instabilis*, *Hydropsyche siltalai*, *Lasiocephala basalis*, *Limnius opacus*, *Limnius volckmari*, *Lithax obscurus*, *Macroplea* sp., *Odontocerum albicorne*, *Oligoplectrum maculatum*, *Ophiogomphus cecilia*, *Oreodytes sanmarki*, *Orthocladus obliques*, *Orthocladus rubicundus*, *Pales* sp., *Paninus torrenticolus*, *Perlodes microcephala*, *Plumatella repens*, *Protzia invalvaris*, *Rhyacophila nubila*, *Rhyacophila vulgaris*, *Riolus cupreus*, *Scarodytes halensis*, *Silo pallipes*, *Sperchonopsis verrucosa*, *Taeniopteryx nebulosa*, *Tinodes pallidulus*, *Torrenticola amplexa*, *Velia saulii*

Macrophyten

vlottende waterranonkel (*Ranunculus fluitans*), haaksterrenkroos (*Callitriche hamulata*), grote waterranonkel (*Ranunculus peltatus* var. *heterophyllus*), teer vederkruid (*Myriophyllum alterniflorum*), groot moerasscherm (*Apium nodiflorum*), stomp vlotgras (*Glyceria notata*)

Vissen

begeleidend:

riviergrondel (*Gobio gobio*), rivierdonderpad (*Cottus gobio*), bermpje (*Barbatula barbatulus*),

kenmerkend:

kwabaal (*Lota lota*), kopvoorn (*Leuciscus cephalus*), rivierprik (*Lampetra fluviatilis*), serpeling (*Leuciscus leuciscus*), beekprik (*Lampetra planeri*), barbeel (*Barbus barbus*), sneep (*Chondrostoma nasus*), vlagzalm (*Thymallus thymallus*), beekforel (*Salmo trutta fario*), elrits (*Phoxinus phoxinus*), gestippelde alver (*Alburnoides bipunctatus*), winde (*Leuciscus idus*)

Doelsoorten

Macrofauna

Baetis muticus, *Baetis niger*, *Caenis rivulorum*, *Centroptilum pennulatum*, *Ecdyonurus lateralis*, *Ecdyonurus torrentis*, *Habroleptoides modesta*, *Heptagenia sulphurea*, *Metreletus balcanicus*, *Paraleptophlebia cincta*, *Paraleptophlebia submarginata*, *Amphinemura standfussi*, *Amphinemura sulciollis*, *Leuctra fusca*, *Leuctra nigra*, *Marthamea selysii*, *Nemoura cambrica*, *Nemurella pictetii*, *Protonemura meyeri*, *Protonemura nitida*, *Agapetus ochripes*, *Allogamus auricollis*, *Annitella obscurata*, *Glossosoma conformis*, *Goera pilosa*, *Halesus tessellatus*, *Hydatophylax infumatus*, *Hydropsyche dinarica*, *Hydropsyche*

instabilis, *Hydropsyche pellucidula*, *Ithytrichia lamellaris*, *Lasiocephala basalis*, *Lepidostoma hirtum*, *Micrasemodes minimus*, *Odontocerum albicorne*, *Potamophylax luctuosus*, *Silo piceus*, *Tinodes pallidulus*

Beheer en inrichting

De onderstaande maatregelen zijn in hoofdstuk 6 verder uitgewerkt. De maatregelen gelden niet altijd en overal maar worden als maatwerk per beektraject gewogen op bruikbaarheid.

Maatregelen gericht op stromingsherstel:

- het verwijderen van stuwen
- het herstellen van het oorspronkelijk stroomgebied
- het aanleggen van een hydrologische buffer
- het ontwikkelen van inundatiezones

Maatregelen gericht op herstel van structuren:

- het verkleinen van het profiel (verondiepen)
- het verwijderen van de profielverdediging
- het aanplanten of spontaan laten ontwikkelen van houtwallen
- het aanleggen van soortgerichte structuren
- het actief ontwikkelen van micro-meanders
- het aanleggen van stroomkuilen en zandbanken
- het inrichten van een steile overhangende oever
- het aanleggen van poelen

Maatregelen gericht op herstel van stofstromen:

- het verminderen van meststoffentoevoer
- het opheffen van overstorten
- het opheffen van een RWZI
- het aanleggen van horse-shoe wetlands
- het aanleggen van bufferzones

Beheersmaatregelen:

- het achterwege laten van onderhoud
- het niet verwijderen van bomen en takken uit de beek
- het vrijstellen van de beek en de oever

Vegetatiepatroon in snelstromende middenloop.



4.11 Snelstromende benedenlopen

Processen

De snel stromende benedenlopen zijn in Nederland beperkt tot de dalen van het Pré-pleistocene gebied. De afvoer is constant.

Het profiel is licht meanderend en structuurrijk. De bodem bestaat uit een afwisseling van leem met grind, veel zand en met plaatselijk waterplanten en organische structuren (omgevalen bomen).

De benedenlopen bevinden zich in loofbos of in half open landschap. De beek is daardoor ten dele beschaduwd. De oever is bezet met els en es. De oevers zijn begroeid met kruiden en struiken.

Het betreft een β -mesosaproob, matig voedselrijk milieu.

Ecologische typering

De vegetatie wordt gedomineerd door vlottende waterranonkel (*Ranunculus fluitans*) of onder voedselrijkere, goed gebufferde, kalkrijke omstandigheden door doorgroeid fonteinkruid (*Potamogeton perfoliatus*).

In de stroomgeul komen vlottende waterranonkel (*Ranunculus fluitans*) en fonteinkruiden (*Potamogeton pectinatus*, *P. natans*, *P. lucens*) voor.

De kenmerkende macrofaunagemeenschap is divers en bestaat deels uit rheofiele soorten. Het betreft detriti-herbivoren, herbivoren, omnivoren en carnivoren. Belangrijke groepen zijn vedermuggen, kokerjuffers en eendagsvliegen.

In snelstromende benedenlopen bestaat de visgemeenschap uit stromingsminnende soorten, naast in allerlei biotopen voorkomende soorten. Dergelijke soorten zijn gebonden aan de hoofdstroom én afhankelijk van zijwateren die in permanente verbinding met de beek staan.

Abiotische toestandsvariabelen

<i>parameter</i>	<i>range</i>
breedte m	4 – 15
diepte cm	30 – 100
pH	6.5 – 8.5
t-P mgP/l	< 0.040
NH_4^+ mgN/l	< 0.4
NO_3^- mgN/l	< 0.35
stroomsnelheid cm/s	30 – 70
% vegetatie	< 40
EGV $\mu\text{S}/\text{cm}$	250 – 500
Cl^- mg/l	20 – 40
hardheid dH	5 – 20

Indicatoren*Macrofauna*begeleidend:

Agabus didymus, Anisus leucostomus, Athripsodes cinereus, Baetis rhodani, Boophthora erythrocephala, Brilia longifurca, Calopteryx splendens, Centroptilum luteolum, Cricotopus intersectus agg., Diplocladius cultriger, Dytiscus marginalis, Ephemerella ignita, Eukiefferiella claripennis agg., Gammarus roeselii, Harnischia sp., Hydropsyche contubernalis, Macropelopia nebulosa, Micronecta scholtzi, Mystacides azurea, Odagmia ornata, Odontomesa fulva, Orthetrum cancellatum, Oulimnius tuberculatus, Paracladius conversus agg., Paracladopelma nigrifula, Paratrichocladius rufiventris, Platambus maculatus, Polypedilum bicrenatum, Potthastia longimana, Rheocricotopus chalybeatus, Stictotarsus duodecimpustulatus, Stylodrilus heringianus, Xenochironomus xenolabis

kenmerkend:

Antocha vitripennis, Athripsodes albifrons, Baetis fuscatus, Baetis scambus, Calopteryx virgo, Cardiocladius capucinus, Ceraclea dissimilis, Cercion lindenii, Deronectus latus, Deronectus platynotus, Elmis maugetii, Esolus angustatus, Eukiefferiella ilkleyensis, Gomphus vulgatissimus, Heptagenia sulphurea, Hydropsyche exocellata, Hydropsyche instabilis, Hydropsyche siltalai, Lasiocephala basalis, Lebertia porosa, Lepidostoma hirtum, Oligoplectrum maculatum, Ophiogomphus cecilia, Orectochillus villosa, Orthocladius oblidens, Perlodes microcephala, Platycnemis pennipes, Psychomyia pusilla, Riolus subviolaceus, Scarodytes halensis, Somatochlora metallica, Torrenticola amplexa

Macrofyten

vloftende waterranonkel (Ranunculus fluitans), drijvend fonteinkruid (Potamogeton natans), glanzig fonteinkruid (Potamogeton lucens)

*Vissen*begeleidend:

riviergrondel (Gobio gobio), rivierdonderpad (Cottus gobio), biermpje (Barbatula barbatulus),

kenmerkend:

kwabaal (Lota lota), kopvoorn (Leuciscus cephalus), rivierprik (Lampetra fluviatilis), serpel (Leuciscus leuciscus), beekprik (Lampetra planeri), barbeel (Barbus barbus), sneep (Chondrostoma nasus), vlagzalm (Thymallus thymallus), beekforel (Salmo trutta fario), elrits (Phoxinus phoxinus), gestippelde alver (Alburnoides bipunctatus), winde (Leuciscus idus)

Doelsoorten*Macrofauna*

Baetis digitatus, Baetis muticus, Baetis niger, Caenis rivulorum, Centroptilum pennulatum, Ecdyonurus torrentis, Habroleptoides modesta, Heptagenia sulphurea, Metreletus balcanicus, Paraleptophlebia cincta, Paraleptophlebia submarginata, Amphinemura standfussi, Amphinemura sulcipectus, Euleuctra geniculata, Isoperla grammica, Leuctra fusca, Marthamea selysii, Protonemura

meyeri, Taeniopteryx nebulosa, Agapetus ochripes, Allogamus auricollis, Annitella obscurata, Athripsodes albifrons, Glossosoma conformis, Goera pilosa, Hydatophylax infumatus, Hydropsyche instabilis, Ithytrichia lamellaris, Lasiocephala basalis, Lepidostoma hirtum, Odontocerum albicorne, Oligoplectrum maculatum, Potamophylax luctuosus, Setodes argentipunctellus, Silo piceus

Beheer en inrichting

De onderstaande maatregelen zijn in hoofdstuk 6 verder uitgewerkt. De maatregelen gelden niet altijd en overal maar worden als maatwerk per beektraject gewogen op bruikbaarheid.

Maatregelen gericht op stromingsherstel:

- het verwijderen van stuwen
- het herstellen van het oorspronkelijk stroomgebied
- het aanleggen van een hydrologische buffer
- het ontwikkelen van inundatiezones
- het aanleggen van een nevengeul

Maatregelen gericht op herstel van structuren:

- het passief laten ontwikkelen van meanders
- het graven van meanders
- het aanleggen van een asymmetrisch profiel
- het verkleinen van het profiel (verondiepen)
- het verwijderen van de profielverdediging
- het actief ontwikkelen van micro-meanders
- het aanleggen van stroomkuilen en zandbanken
- het inrichten van een steile overhangende oever
- het aanleggen van poelen
- het aankoppelen van een oude meander

Maatregelen gericht op herstel van stofstromen:

- het opheffen van een RWZI

Beheersmaatregelen:

- het achterwege laten van onderhoud
- het niet verwijderen van bomen en takken uit de beek

Snelstromende benedenloop.



4.12 Snelstromende riviertjes

Processen

Snelstromende riviertjes bevinden zich in het heuvelland en langs de terrasranden. Ze bevinden zich soms in loofbos maar vaak in half open tot open landschap en zijn plaatselijk beschaduwde. De loop is meanderend. Het substraat bestaat vooral uit zand, met plaatselijk waterplanten, soms grindbanken en organische structuren (omgevalen bomen). De oevers zijn begroeid met kruiden en struiken. Het betreft een β -mesosaproob, matig voedselrijk milieu.

Ecologische typing

De vegetatie wordt gedomineerd door vlottende waterranonkel (*Ranunculus fluitans*) of onder voedselrijkere, goed gebufferde, kalkrijke omstandigheden door doorgroeide fonteinkruid (*Potamogeton perfoliatus*). In de stroomgeul komen vlottende waterranonkel (*Ranunculus fluitans*) en fonteinkruiden (*Potamogeton pectinatus*, *P. natans*, *P. lucens*) voor.

De fauna is divers. Sommige soorten zijn stromingsminnend en andere soorten zijn indifferent. De meeste soorten op en in het sediment of komen voor in de waterkolom of het littoraal. Het betreft detriti-herbivore vergaarders, omnivoren, carnivoren en herbivoren. Belangrijke groepen zijn veredermuggen, wormen en slakken.

In snelstromende riviertjes bestaat de visgemeenschap uit stromingsminnende soorten naast soorten die in allerlei biotopen voorkomen. Dergelijke soorten zijn of gebonden aan de hoofdstroom én afhankelijk van zijwateren in permanente verbinding met de beek.

Abiotische toestandsvariabelen

<i>parameter</i>	<i>range</i>
breedte m	10 – 30
diepte cm	70 - 120
pH	6.5 – 7.5
t-P mgP/l	< 0.040
NH ₄ ⁺ mgN/l	< 0.4
NO ₃ ⁻ mgN/l	< 0.35
stroomsnelheid cm/s	30 - 80
% vegetatie	< 40
EGV μ S/cm	250 – 500
Cl ⁻ mg/l	10 – 20
hardheid dH	5 – 10

Indicatoren*Macrofauna*begeleidend:

Anisus leucostomus, Arrenurus cuspidator, Athripsodes cinereus, Baetis buceratus, Baetis rhodani, Brillia longifurca, Centroptilum luteolum, Cricotopus intersectus agg. Eukiefferiella claripennis agg. Gammarus roeselii, Harnischia sp., Hydropsyche contubernalis, Hydropsyche instabilis, Limnephilus decipiens, Limnochares aquatica, Macropelopia nebulosa, Micronecta scholtzi, Odagmia ornata, Odontomesa fulva, Oecetis ochracea, Orthetrum cancellatum, Oulimnius tuberculatus, Paracladopelma nigrifurca, Paramerina cingulata, Paratrichocladius rufiventris, Pisidium supinum, Potthastia longimana, Rheocricotopus chalybeatus, Stylodrilus heringianus, Xenochironomus xenolabis

kenmerkend:

Aphelocheirus aestivalis, Athripsodes albifrons, Baetis fuscatus, Baetis scambus, Calopteryx virgo, Cardiocladius capucinus, Cercion lindenii, Gomphus flavipes, Gomphus vulgatissimus, Heptagenia longicauda, Heptagenia sulphurea, Hydropsyche contubernalis, Lepidostoma hirtum, Ophiogomphus cecilia, Orectochilus villosa, Orthocladius obliques, Perlodes microcephala, Platycnemis pennipes, Potamophilus acuminatus, Psychomyia pusilla, Riolus subviolaceus, Somatochlora metallica

Macrofyten

vloftende wateranemonen (Ranunculus fluitans), drijvend fonteinkruis (Potamogeton natans), glanzig fonteinkruis (Potamogeton lucens)

*Vissen*begeleidend:

rievergrondel (Gobio gobio), rieverdonderpad (Cottus gobio), bermpje (Barbatula barbatulus),

kenmerkend:

steur (Acipenser sturio), kwabaal (Lota lota), kopvoorn (Leuciscus cephalus), rieverprik (Lampetra fluviatilis), serpeling (Leuciscus leuciscus), beekprik (Lampetra planeri), barbeel (Barbus barbus), sneep (Chondrostoma nasus), vlagzalm (Thymallus thymallus), beekforel (Salmo trutta fario), elrits (Phoxinus phoxinus), gestippelde alver (Alburnoides bipunctatus), winde (Leuciscus idus)

Doelsoorten*Macrofauna*

Baetis buceratus, Baetis digitatus, Baetis muticus, Baetis niger, Centroptilum pennulatum, Ecdyonurus insignis, Ecdyonurus torrentis, Heptagenia sulphurea, Metreletus balcanicus, Paraleptophlebia cincta, Paraleptophlebia submarginata, Potamanthus luteus, Amphinemura sulcicollis, Euleuctra geniculata, Isoperla grammatica, Leuctra fusca, Perlodes microcephala, Taeniopteryx nebulosa, Agapetus ochripes, Allogamus auricollis, Athripsodes albifrons, Brachycentrus subnubilus, Glossosoma conformis,

Hydatophylax infumatus, *Hydropsyche instabilis*, *Ithytricia lamellaris*,
Lepidostoma hirtum, *Oligoplectrum maculatum*, *Silo piceus*

Beheer en inrichting

De onderstaande maatregelen zijn in hoofdstuk 6 verder uitgewerkt. De maatregelen gelden niet altijd en overal maar worden als maatwerk per beektraject gewogen op bruikbaarheid.

Maatregelen gericht op stromingsherstel:

- het verwijderen van stuwen
- het ontwikkelen van inundatiezones
- het aanleggen van een nevengeul

Maatregelen gericht op herstel van structuren:

- het passief laten ontwikkelen meanders
- het graven van meanders
- het verwijderen van de profielverdediging
- het aanleggen van stroomkuilen en zandbanken
- het aanleggen van soortgerichte structuren
- het inrichten van een steile overhangende oever
- het aanleggen van poelen
- het aankoppelen van een oude meander

Maatregelen gericht op herstel van stofstromen:

- het opheffen van een RWZI

Beheersmaatregelen:

- het achterwege laten van onderhoud
- het niet verwijderen van bomen en takken uit de beek



Snelstromend riviertje.

4.13 Langzaam stromende bovenloopjes

Processen

Langzaam stromende bovenloopjes worden overal in het laagland en in de vlakke delen van de overige gebieden gevonden. Als gevolg van de constante voeding (helocrene bron of kwel) ontstaan permanent stromende loopjes. Dergelijke bovenloopjes zijn zwak meanderend. Het asymmetrische profiel is onderdeel van een rijk gestructureerd mozaïek aan substraten. De loopjes bevinden zich in loofbos, veelal bron- of moerasbossen. De oever is bezet met els. De oevers zijn begroeid met mossen en kruiden. Het betreft een oligo-β-mesosaproob, voedselarm tot matig voedselrijk milieu.

Ecologische typering

Plaatselijk worden soorten zoals paarbladig goudveil (*Chrysosplenium oppositifolium*), bittere veldkers (*Cardamine amara*), witte waterkers (*Rorippa nasturtium-aquaticum*) en groot bronkruid (*Montia fontana* subsp. *fontana*) gevonden. In het loopje komt duizendknoopfonteinkruid (*Potamogeton polygonifolius*) en grote waterranonkel (*Ranunculus peltatus* var. *heterophyllus*) voor.

De fauna is divers. De meeste soorten leven op vaste substraten en in mindere mate het sediment. Veel soorten zijn rheofiel en koud-stenotherm. Het betreft detriti-herbivoren, carnivoren en omnivoren. Belangrijke groepen zijn wormen, kreeftachtigen, vedermuggen, vliegen en kokerjuffers.

De visfauna is beperkt, plaatselijk worden biermpjes (*Barbatula barbatulus*) aangetroffen.

Abiotische toestandsvariabelen

<i>parameter</i>	<i>range</i>
breedte m	< 1.5
diepte cm	< 25
pH	5.5 – 7.5
t-P mgP/l	< 0.040
NH ₄ ⁺ mgN/l	< 0.4
NO ₃ ⁻ mgN/l	< 0.35
stroomsnelheid cm/s	10 – 40
% vegetatie	< 40
EGV μS/cm	100 – 250
Cl ⁻ mg/l	10 – 20
hardheid dH	1 – 5

Indicatoren***Macrofauna*****begeleidend:**

Agabus didymus, *Agabus paludosus*, *Baetis rhodani*, *Calopteryx splendens*, *Colymbetes fuscus*, *Elodes minuta*, *Eukiefferiella* gr. *discoloripes*, *Glyptotaelius pellucidus*, *Gyrinus marinus*, *Nebrioporus depressus elegans*, *Odagmia ornata*, *Pisidium milium*, *Platambus maculatus*, *Sericostoma personatum*, *Sigara fossarum*, *Stictotarsus duodecimpustulatus*, *Stylodrilus heringianus*

kenmerkend:

Agabus biguttatus, *Agabus guttatus*, *Agabus striolatus*, *Agapetus fuscipes*, *Amphinemura standfussi*, *Apatania fimbriata*, *Baetis niger*, *Brillia flavifrons*, *Brychius elevatus*, *Calopteryx virgo*, *Chaetocladius piger*, *Chaetocladius* sp. *Veluwe*, *Cnetha costata*, *Cnetha latipes*, *Corynoneura lobata*, *Crunoecia irrorata*, *Deronectes latus*, *Dixa dilatata*, *Drusus annulatus*, *Dugesia gonocephala*, *Elmis aenea*, *Enoicyla pusilla*, *Ephemera danica*, *Epoicocladius flavens*, *Esolus angustatus*, *Esolus pygmaeus*, *Eukiefferiella brevicar*, *Eukiefferiella claripennis*, *Eusimulium angustipes*, *Eusimulium aureum*, *Goera pilosa*, *Halesus digitatus*, *Helophorus arvernicus*, *Heterotanytarsus apicalis*, *Hydraena pulchella*, *Hydroporus nigrita*, *Hydropsyche fulvipes*, *Hydropsyche saxonica*, *Ironoquia dubia*, *Isoperla grammatica*, *Ithytrichia lamellaris*, *Laccobius obscuratus*, *Leptophlebia marginata*, *Limnebius truncatellus*, *Limnius volckmari*, *Limnophora riparia*, *Lithax obscurus*, *Macropelopia adaucta*, *Micronecta poweri*, *Micropsectra bidentata*, *Micropterna sequax*, *Nais alpina*, *Notidobia ciliaris*, *Ochthebius exsculptus*, *Ochthebius gibbosus*, *Ochthebius metallescens*, *Orectochilus villosus*, *Oreodytes sanmarkii*, *Osmylus fulvicephalus*, *Polycelis felina*, *Polycentropus flavomaculatus*, *Polypedium pedestre*, *Potamophylax cingulatus*, *Potamophylax latipennis*, *Potamophylax luctuosus*, *Potamophylax rotundipennis*, *Rhithrogena semicolorata*, *Rhyacophila fasciata*, *Riolus cupreus*, *Riolus subviolaceus*, *Satchelliella nubila*, *Scarodytes halensis*, *Sialis fuliginosa*, *Siphonurus aestivalis*, *Sisyrus fuscata*, *Sperchon glandulosus*, *Sperchon setiger*, *Tinodes assimilis*, *Tinodes pallidulus*, *Tinodes waeneri*, *Velia saulii*, *Wormaldia occipitalis*, *Wormaldia subnigra*

Macrofyten

paarbladig goudveil (*Chrysosplenium oppositifolium*), bittere veldkers (*Cardamine amara*), witte waterkers (*Rorippa nasturtium-aquaticum*), groot bronkruid (*Montia fontana* subsp. *fontana*), duizendknoopfonteinkruid (*Potamogeton polygonifolius*), grote waterranonkel (*Ranunculus peltatus* var. *heterophyllus*), holpijp (*Equisetum fluviatile*)

Vissen**begeleidend:**

bermpje (*Barbatula barbatulus*)

kenmerkend:

geen

Doelsoorten

Macrofauna

Polycelis felina, *Baetis niger*, *Amphinemura standfussi*, *Leuctra fusca*, *Leuctra nigra*, *Nemoura avicularis*, *Nemoura dubitans*, *Nemurella pictetii*, *Limnephilus bipunctatus*, *Limnephilus centralis*, *Limnephilus stigma*, *Tinodes pallidulus*

Beheer en inrichting

De onderstaande maatregelen zijn in hoofdstuk 6 verder uitgewerkt. De maatregelen gelden niet altijd en overal maar worden als maatwerk per beektraject gewogen op bruikbaarheid.

Maatregelen gericht op stromingsherstel:

- het verwijderen van drainage
- het bevorderen van infiltratie
- het wijzigen van de wateronttrekking
- het ontwikkelen van bos (al dan niet spontaan)
- het vergroten van de retentie
- het verwijderen van stuwen

Maatregelen gericht op herstel van structuren:

- het verkleinen van het profiel (verondiepen)
- het verwijderen van de profielverdediging
- het aanplanten of spontaan laten ontwikkelen van houtwallen

- het aanleggen van soortgerichte structuren

Maatregelen gericht op herstel van stofstromen:

- het verminderen van meststoffentoevoer
- het opheffen van huishoudelijke lozingen
- het opheffen van overstorten
- het scheiden van waterstromen
- het aanleggen van helofytenfilters
- het opheffen van een RWZI
- het plaatselijk verlagen van het maaiveld
- het aanleggen van horse-shoe wetlands
- het aanleggen van bufferzones

Beheersmaatregelen:

- het achterwege laten van onderhoud
- het niet verwijderen van bomen en takken uit de beek
- het vrijstellen van de beek en de oever



Langzaam stromend bovenloopje.

4.14 Langzaam stromende bovenlopen

Processen

Langzaam stromende bovenlopen komen verspreid in de vlakkere delen van het hele Pleistocene zandgebied voor. De beken worden gevoed vanuit een brongebied. Als gevolg van de constante voeding (helocrene bron of kwel) is de beek permanent en is de afvoer vrij constant.

Het lengteprofiel van de bovenloop is meanderend, kronkelend en structuurrijk. De beken hebben veelal een zandbodem met veel organische structuren. Dergelijke bovenlopen zijn beschaduwde. Ze bevinden zich in loofbos, soms nog in bron- of moerasbossen. De oever is bezet met elzen. De oevers kunnen verder begroeid zijn met mossen en kruiden.

Het betreft een oligo-β-mesosaproob, voedselarm tot matig voedselrijk milieu.

Ecologische typering

Zoals in de bovenloopjes komen plaatselijk nog soorten voor zoals paarbladig goudveil (*Chrysosplenium oppositifolium*), beekpunge (*Veronica beccabunga*), bittere veldkers (*Cardamine amara*), witte waterkers (*Rorippa nasturtium-aquaticum*) en slanke sleutelbloem (*Primula elatior*). In de beekbovenloop komt haaksterrenkroos (*Callitriche hamulata*), kleine egelskop (*Sparganium emersum*), groot bronkruid (*Montia fontana* subsp. *fontana*) en grote waterranonkel (*Ranunculus peltatus* var. *heterophyllus*) voor. In zacht tot matig hard, helder water worden de kwelindicator waterviolier (*Hottonia palustris*) en rossig fonteinkruid (*Potamogeton alpinus*) en gewoon sterrenkroos (*Callitriche platycarpa*) gevonden. Indien het substraat mineraalrijk en enigszins aangerijkt is met kalk zodat een (zwakke) buffering in stand gehouden wordt, bestaat de vegetatie uit teer vederkruid (*Myriophyllum alterniflorum*). Op plaatsen met uittredend grondwater en meer voedselrijke omstandigheden wordt klimopwaterranonkel (*Ranunculus hederaceus*) aangetroffen. Bij vermesting en alkaliserings maken genoemde soorten plaats voor haarfonteinkruid (*Potamogeton trichoides*), tenger fonteinkruid (*Potamogeton pusillus*) en smalle waterpest (*Elodea nuttallii*).

De kenmerkende macrofaunagemeenschap bestaat uit rheofiele, soms koud-stenotherme, en stromingstolerante soorten. De stromend watersoorten van grotere beken doen hun intrede. De meeste soorten leven op vaste substraten en in mindere mate in of op het sediment, in de waterkolom en het littoraal. Het betreft vertegenwoordigers van alle trofische niveaus. Belangrijke groepen zijn wormen, kreeftachtigen, vedermuggen, vliegen en kokerjuffers. De soortensamenstelling is vrij divers.

In langzaam stromende bovenlopen op zand-, klei-, slib- of veenbodem bestaat de visgemeenschap uit stromingsminnende soorten. Deze soorten kunnen gebonden zijn aan de hoofdstroom maar er zijn ook stadia die gebonden zijn aan zijwateren in permanent open verbinding met de beek.

Abiotische toestandsvariabelen

<i>parameter</i>	<i>range</i>
breedte m	1 - 3
diepte cm	< 40
pH	5.5 - 7.5
t-P mgP/l	< 0.040
NH ₄ ⁺ mgN/l	< 0.4
NO ₃ ⁻ mgN/l	< 0.35
stroomsnelheid cm/s	10 - 50
% vegetatie	< 20
EGV µS/cm	100 - 250
Cl ⁻ mg/l	10 - 20
hardheid dH	1 - 5

88]

Indicatoren*Macrofauna*begeleidend:

Agabus didymus, Athripsodes cinereus, Baetis rhodani, Brillia longifurca, Gammarus fossarum, Glyphotaelius pellucidus, Gyrinus marinus, Nebrioporus depressus elegans, Odagmia ornata, Odontomesa fulva, Paramerina cingulata, Paratrichocladius rufiventris, Piona rotundoides, Pisidium milium, Platycnemis pennipes, Plectrocnemia conspersa, Polypedilum uncinatum, Rheocricotopus chalybeatus, Rheocricotopus fuscipes, Sericostoma personatum, Stictotarsus duodecimpustulatus, Stylodrilus heringianus, Zavreliomyia sp.

kenmerkend:

Agapetus fuscipes, Amphinemura standfussi, Arrenurus cylindricus, Baetis niger, Brillia flavifrons, Calopteryx virgo, Chaetocladius gr. vitellinus, Cordulegaster boltonii, Deronectes latus, Dixa nubilipennis, Dugesia gonocephala, Elmis aenea, Enoicyla pusilla, Ephemerella danica, Ephemerella ignita, Epoicocladius flavens, Eusimulium angustipes, Eusimulium aureum, Eylais koenikei, Goera pilosa, Halesus digitatus, Halesus radiatus, Helophorus arvernensis, Hydraena excisa, Hydraena pulchella, Hydraena riparia, Hydrochus angustatus, Hydroporus discretus, Isoperla grammica, Laccobius obscuratus, Laccobius sinuatus, Laccobius striatulus, Lebertia bracteata, Lebertia insignis, Leptophlebia marginata, Limnobia truncatellus, Limnephilus centralis, Limnephilus extricatus, Limnius volckmari, Limnophora riparia, Lype reducta, Macropelopia adacta, Micronecta poweri, Micropsectra bidentata, Micropsectra lindrothi, Micropsectra notescens, Micropterna lateralis, Micropterna sequax, Nanocladius rectinervis agg., Notidobia ciliaris, Ochthebius metallescens, Orectochilus villosus, Paracladopelma camptolabis, Paratendipes albimanus, Polycentropus flavomaculatus, Polypedilum pedestre, Potamophylax rotundipennis, Protzia eximia, Rhyacodrilus coccineus,

Scarodytes halensis, Sigara hellensii, Silo nigricornis, Simulium morsitans, Stenophylax permistus, Thienemanniella flaviforceps, Tinodes unicolor, Tinodes waeneri, Trissopelopia longimana, Wettina podagrica

Macrofyten

paarbladig goudveil (*Chrysosplenium oppositifolium*), bittere veldkers (*Cardamine amara*), witte waterkers (*Rorippa nasturtium-aquaticum*), groot bronkruid (*Montia fontana* subsp. *fontana*), grote watterranonkel (*Ranunculus peltatus* var. *heterophyllus*), haaksterrenkroos (*Callitriche hamulata*), kleine egelskop (*Sparganium emersum*), holpijp (*Equisetum fluviatile*), haarfonteinkruid (*Potamogeton trichoides*)

Vissen

begeleidend:

driedoornige stekelbaars (*Pungitius pungitius*), bermpje (*Barbatula barbatulus*), riviergrondel (*Gobio gobio*), rivierdonderpad (*Cottus gobio*)

kenmerkend:

beekprik (*Lampetra planeri*), serpeling (*Leuciscus leuciscus*), elrits (*Phoxinus phoxinus*), beekforel (*Salmo trutta fario*), gestippelde alver (*Alburnoides bipunctatus*), vlagzalm (*Thymallus thymallus*)

[89]

Doelsoorten

Macrofauna

Baetis niger, Siphonurus arnatus, Amphinemura standfussi, Amphinemura sulcicollis, Leuctra fusca, Leuctra nigra, Nemoura avicularis, Nemurella pictetii, Hydropsyche pellucidula, Limnephilus bipunctatus, Limnephilus centralis, Limnephilus fuscicornis, Limnephilus stigma, Lype phaeopa, Notidobia ciliaris, Tinodes pallidulus

Beheer en inrichting

De onderstaande maatregelen zijn in hoofdstuk 6 verder uitgewerkt. De maatregelen gelden niet altijd en overal maar worden als maatwerk per beektraject gewogen op bruikbaarheid.

Maatregelen gericht op stromingsherstel:

- het verwijderen van drainage
- het bevorderen van infiltratie
- het wijzigen van de wateronttrekking
- het ontwikkelen van bos (al dan niet spontaan)
- het vergroten van de retentie
- het verwijderen van stuwen
- het herstellen van het oorspronkelijk stroomgebied

Maatregelen gericht op herstel van structuren:

- het verkleinen van het profiel (verondiepen)
- het verwijderen van de profielverdediging
- het aanplanten of spontaan laten ontwikkelen van houtwallen
- het aanleggen van soortgerichte structuren
- het passief laten ontwikkelen van meanders

- het graven van meanders
- het actief ontwikkelen van micro-meanders
- het aanleggen van stroomkuilen en zandbanken
- het aanleggen van vispassages

Maatregelen gericht op herstel van stofstromen:

- het verminderen van meststoffentoevoer
- het opheffen van huishoudelijke lozingen
- het opheffen van overstorten
- het scheiden van waterstromen
- het plaatselijk verlagen van het maaiveld
- het aanleggen van helofytenfilters
- het aanleggen van horse-shoe wetlands
- het aanleggen van bufferzones

Beheersmaatregelen:

- het achterwege laten van onderhoud
- het niet verwijderen van bomen en takken uit de beek
- het vrijstellen van de beek en de oever

90]



Langzaam stromende bovenloop.

4.15 Langzaam stromende middenlopen

Processen

Langzaam stromende middenlopen komen verspreid in de vlakke delen van het hele Pleistocene zandgebied en het pre-Pleistocene gebied voor. De afvoer is vrij constant.

De middenlopen bevinden zich in loofbos met els, es, haagbeuk en eik. De beek is grotendeels beschaduwd. De oever is bezet met els en es. De beekloop is meanderend en kronkelend. Het dwarsprofiel is structuurrijk. Het

substraat bestaat vooral uit zand, plaatselijk waterplanten en organische structuren (omgevallen bomen). De oevers zijn begroeid met mossen, varens en andere kruiden. Het profiel is meanderend en structuurrijk. Het betreft een β -mesosaproob, matig voedselrijk milieu.

Ecologische typing

In de middenloop komen haaksterrenkroos (*Callitriche hamulata*), kleine egelskop (*Sparganium emersum*), aarvederkruid (*Myriophyllum spicatum*), vlottende waterranonkel (*Ranunculus fluitans*), fonteinkruiden (*Potamogeton alpinus*, *P. crispus*, *P. nodosus*, *P. lucens*) en grote waterranonkel (*Ranunculus peltatus* var. *heterophyllum*) voor. Verder worden waterviolier (*Hottonia palustris*) en gewoon sterrenkroos (*Callitriche platycarpa*) aangetroffen. Deze soorten komen voor in zacht tot matig hard, helder water op plaatsen waar grondwater uittreedt. Onder zachte tot matig harde, voedselarme omstandigheden ontwikkelt zich teer vederkruid (*Myriophyllum alterniflorum*) en drijvende waterweegbree (*Luronium natans*). Doorgroeid fonteinkruid (*Potamogeton perfoliatus* en *P. lucens*) wordt aangetroffen in voedselrijk, goed gebufferd, kalkrijk water. Alleen doorgroeid fonteinkruid (*Potamogeton perfoliatus*) en schedefonteinkruid (*Potamogeton pectinatus*) zijn wijd verbreide soorten. Bij nog lagere stroomsnelheden worden nymphaeide soorten gevonden zoals gele plomp (*Nuphar lutea*). De kenmerkende macrofaunagemeenschap bestaat uit soorten van zowel stromend als stilstaand water. Toch zijn nog veel soorten stromingsminnend. De soortensamenstelling is zeer divers. De meeste soorten leven op vaste substraten zoals waterplanten en op en in het sediment, de waterkolom en het littoraal. Het betreft vertegenwoordigers van alle trofische niveaus. Belangrijke groepen zijn vedermuggen, kevers en kokerjuffers. In langzaamstromende middenlopen op zand-, klei-, slib- of veenbodem komen visgemeenschappen voor plaatselijk bestaande uit stromingsminnende soorten, maar veelal komen ook eurytope en limnofiele soorten voor.

[91]

Abiotische toestandsvariabelen

<i>parameter</i>	<i>range</i>
breedte m	2 - 5
diepte cm	20 - 70
pH	5.5 - 7.5
t-P mgP/l	< 0.040
NH ₄ ⁺ mgN/l	< 0.4
NO ₃ ⁻ mgN/l	< 0.35
stroomsnelheid cm/s	10 - 50
% vegetatie	< 40
EGV μ S/cm	100 - 250
Cl ⁻ mg/l	10 - 20
hardheid dH	1 - 5

Indicatoren*Macrofauna*begeleidend:

Aeshna cyanea, Agabus didymus, Ancyclus fluviatilis, Athripsodes cinereus, Baetis rhodani, Boophthora erythrocephala, Brillia longifurca, Calopteryx splendens, Centropilum luteolum, Colymbetes fuscus, Diplocladius cultriger, Gammarus fossarum, Glyptotaelius pellucidus, Hydropsyche contubernalis, Micronecta scholtzi, Mystacides azurea, Nebrioporus depressus elegans, Odontomesa fulva, Parachironomus nigracula, Paratrichocladius rufiventris, Piona rotundoides, Platambus maculatus, Platycnemis latipes, Platycnemis pennipes, Plectrocnemia conspersa, Potthastia longimana, Rheocricotopus chalybeatus, Rheocricotopus fuscipes, Sericostoma personatum, Stictotarsus duodecimpustulatus, Stylodrilus heringianus

kenmerkend:

Agabus chalconatus, Agapetus ochripes, Amphinemura standfussi, Anacaena globulus, Aphelocheirus aestivalis, Arrenurus cylindratus, Astacus astacus, Athripsodes aterrimus, Baetis niger, Bereodes minutus, Brachycentrus subnubilus, Brillia flavifrons, Caenis pseudorivulorum, Calopteryx virgo, Ceraclea nigronevosa, Cladotanytarsus mancus, Deronectes latus, Dixa nubilipennis, Echinogammarus berilloni, Elmis aenea, Ephemerella ignita, Eusimulium angustipes, Eylais koenikei, Goera pilosa, Gomphus flavipes, Gomphus vulgatissimus, Habrophlebia fusca, Halesus digitatus, Halesus radiatus, Helophorus arvernensis, Heptagenia flava, Hydraena excisa, Hydraena pulchella, Hydroporus discretus, Hydropsyche pellucidula, Hydropsyche siltalai, Hygrobatas fluviatilis, Ithytrichia lamellaris, Laccobius obscuratus, Laccobius sinuatus, Laccobius striatulus, Limnobia truncatellus, Limnephilus lunatus, Limnius volckmari, Lype phaeopa, Lype reducta, Micropsectra notescens, Micropterna sequax, Nanocladius rectinervis agg., Neureclepsis bimaculata, Notidobia ciliaris, Orectochilus villosus, Orthocladius oblidens, Paraleptophlebia submarginata, Physa fontinalis, Polycentropus flavomaculatus, Polycentropus irroratus, Potamophyllax rotundipennis, Procladius bifidus, Protzia eximia, Rhyacodrilus coccineus, Scarodytes halensis, Sigara hellensis, Silo nigricornis, Simulium morsitans, Specaria josinae, Thienemanniella flaviforceps, Tinodes unicolor, Tinodes waeneri, Unio crassus

Macrofyten

haaksterrenkroos (Callitriche hamulata), kleine egelskop (Sparganium emersum), vlottende waterranonkel (Ranunculus fluitans), rossig fonteinkruid (Potamogeton alpinus), gekroesd fonteinkruid (P. crispus), rivierfonteinkruid (P. nodosus), grote waterranonkel (Ranunculus peltatus var. heterophyllus), drijvende waterweegbree (Luronium natans), haarfonteinkruid (Potamogeton trichoides)

Vissen

begeleidend:

riviergrondel (*Gobio gobio*), rivierdonderpad (*Cottus gobio*), bermpje (*Barbatula barbatulus*), kleine modderkruiper (*Cobitis taenia*), snoek (*Esox lucius*), tiendoornige stekelbaars (*Pungitius pungitius*), blankvoorn (*Rutilus rutilus*)

kenmerkend:

kwabaal (*Lota lota*), kopvoorn (*Leuciscus cephalus*), rivierprik (*Lampetra fluviatilis*), serpeling (*Leuciscus leuciscus*), beekprik (*Lampetra planeri*), barbeel (*Barbus barbus*), sneep (*Chondrostoma nasus*), vlagzalm (*Thymallus thymallus*), beekforel (*Salmo trutta fario*), elrits (*Phoxinus phoxinus*), gestippelde alver (*Alburnoides bipunctatus*), winde (*Leuciscus idus*), grote modderkruiper (*Misgurnus fossilis*), vetje (*Leucaspis delineatus*)

Doelsoorten

Macrofauna

Baetis digitatus, Baetis niger, Brachycercus harrisella, Ephemera vulgata, Heptagenia flava, Heptagenia fuscogrisea, Heptagenia sulphurea, Siphonurus arnatus, Amphinemura standfussi, Amphinemura sulciollis, Leuctra fusca, Leuctra nigra, Nemoura avicularis, Nemurella pictetii, Goera pilosa, Hydropsyche pellucidula, Hydroptila cornuta, Hydroptila sparsa, Leptocerus interruptus, Limnephilus bipunctatus, Limnephilus centralis, Limnephilus fuscicornis, Lype phaeopa, Neureclepsis bimaculata, Notidobia ciliaris, Polycentropus flavomaculatus, Triaenodes simulans

[93]

Beheer en inrichting

De onderstaande maatregelen zijn in hoofdstuk 6 verder uitgewerkt. De maatregelen gelden niet altijd en overal maar worden als maatwerk per beektraject gewogen op bruikbaarheid.

Maatregelen gericht op stromingsherstel:

- het verwijderen van stuwen
- het herstellen van het oorspronkelijk stroomgebied
- het aanleggen van een hydrologische buffer
- het ontwikkelen van inundatiezones

Maatregelen gericht op herstel van structuren:

- het verkleinen van het profiel (verondiepen)
- het verwijderen van de profielverdediging
- het aanplanten of spontaan laten ontwikkelen van houtwallen
- het aanleggen van soortgerichte structuren
- het passief laten ontwikkelen van meanders
- het graven van meanders
- het actief ontwikkelen van micro-meanders
- het aanleggen van een asymmetrisch profiel
- het aanleggen van stroomkuilen en zandbanken
- het aanleggen van poelen

- het inrichten van een steile overhangende oever
- het aanleggen van een vispassage
- het aankoppelen van een oude meander

Maatregelen gericht op herstel van stofstromen:

- het verminderen van meststoffentoevoer
- het opheffen van overstorten
- het opheffen van een RWZI
- aanleggen van een horse-shoe wetland
- het aanleggen van een bufferzone

Beheersmaatregelen:

- het achterwege laten van onderhoud
- het niet verwijderen van bomen en takken uit de beek
- het vrijstellen van de beek en de oever



Langzaam stromende middenloop.

4.16 Langzaam stromende benedenlopen

Processen

Langzaam stromende benedenlopen komen verspreid in het hele oosten en zuiden van Nederland voor. De afvoer is vrij constant. De benedenlopen bevinden zich in loofbos of in half open landschap. De beek is ten dele beschaduwd. De oever is bezet met els en es. De beekloop is meanderend en structuurrijk. De beken hebben veelal een zandbodem, met plaatselijk waterplanten en organische structuren (omgevalen bomen). De oevers zijn begroeid met kruiden en struiken.

Het betreft een β -mesosaproob, matig voedselrijk milieu.

Ecologische typering

In de beekbenedenloop komen aarvederkruid (*Myriophyllum spicatum*), vlottende waterranonkel (*Ranunculus fluitans*), fonteinkruiden (*Potamogeton crispus*, *P. nodosus*, *P. lucens*, *P. perfoliatus*) en gele plomp (*Nuphar lutea*) voor. Daarnaast kunnen doorgroeid fonteinkruid (*Potamogeton perfoliatus*), grote egelskop (*S. erectum*) en pijlkruid (*Sagittaria sagittifolia*), of in matig voedselrijk, ondiep water kleine en (*Sparganium emersum*) worden gevonden. Pijlkruid (*Sagittaria sagittifolia*) vormt in diep water een drijvende groeivorm. In het overstromingsbereik ontwikkelen zich zeggenmoerassen. De kenmerkende macrofaunagemeenschap bestaat uit soorten van zowel stromend als stilstaand water. De meeste soorten zijn echter stromingsminnend en leven op en in het sediment, de waterkolom en het littoraal. Sommige soorten komen ook in stilstaande wateren voor. Het betreft vooral detriti-herbivore vergaarders en herbivoren. Belangrijke groepen zijn wormen, vedermuggen en slakken. De soortensamenstelling is divers. In langzaam stromende benedenlopen op zand-, klei-, slib- of veenbodem komen visgemeenschappen voor met limnofiele en eurytope soorten. Plaatselijk worden rheofiele soorten (klasse (A) en (B)) gevonden.

[95]

Abiotische toestandsvariabelen

<i>parameter</i>	<i>range</i>
breedte m	4 - 10
diepte cm	30 - 100
pH	5.5 - 7.5
t-P mgP/l	< 0.040
NH ₄ ⁺ mgN/l	< 0.4
NO ₃ ⁻ mgN/l	< 0.35
stroomsnelheid cm/s	10 - 50
% vegetatie	20 - 40
EGV µS/cm	100 - 250
Cl ⁻ mg/l	10 - 20
hardheid dH	1 - 5

Indicatoren

Macrofauna

begeleidend:

Aeshna cyanea, *Agabus didymus*, *Ancylus fluviatilis*, *Athripsodes cinereus*, *Baetis rhodani*, *Boophthora erythrocephala*, *Brillia longifurca*, *Calopteryx splendens*, *Centroptilum luteolum*, *Chaetopteryx villosa*, *Gammarus fossarum*, *Gammarus roeselii*, *Harnischia*, *Hydropsyche contubernalis*, *Limnephilus decipiens*, *Limnochares aquatica*, *Mystacides azurea*, *Nais barbata*, *Oecetis ochracea*, *Oxyethira* sp., *Parachironomus nigritula*, *Paramerina cingulata*, *Paratrichocladius rufiventris*, *Phryganea grandis*, *Piona rotundoides*, *Pisidium*

supinum, *Platambus maculatus*, *Platycnemis latipes*, *Platycnemis pennipes*, *Plectrocnemia conspersa*, *Potamothenix bavaricus*, *Rheocricotopus chalybeatus*, *Stictotarsus duodecimpustulatus*, *Stylodrilus heringianus*

kenmerkend:

Aphelocheirus aestivalis, *Astacus astacus*, *Atherix* sp., *Athripsodes aterrimus*, *Baetis fuscatus*, *Brachycentrus subnubilus*, *Brachycercus harrisella*, *Caenis macrura*, *Caenis pseudorivulorum*, *Ceraclea nigronervosa*, *Cercion lindentii*, *Cladotanytarsus mancus*, *Echinogammarus berilloni*, *Elmis aenea*, *Ephemera vulgata*, *Ephemerella ignita*, *Gomphus flavipes*, *Gomphus vulgatissimus*, *Halipilus wehnckei*, *Helophorus arvernensis*, *Heptagenia fuscogrisea*, *Hydropsyche exocellata*, *Hygrobates fluviatilis*, *Lebertia insignis*, *Limnephilus truncatellus*, *Limnephilus extricatus*, *Limnephilus lunatus*, *Limnius volckmari*, *Lype phaeopa*, *Nanocladius rectinervis* agg., *Neumania imitata*, *Neureclepsis bimaculata*, *Notidobia ciliaris*, *Orectochilus villosus*, *Orthocladus obliques*, *Paraleptophlebia submarginata*, *Polycentropus flavomaculatus*, *Potamophylax rotundipennis*, *Protzia eximia*, *Pseudanodonta complanata*, *Rheotanytarsus photophilus*, *Siphonurus armatus*, *Specaria josinea*, *Sperchon clupei*, *Sphaerium rivicola*, *Tinodes assimilis*, *Tinodes waeneri*, *Unio crassus*, *Unio tumidus*

Macrofyten

aarvederkruid (*Myriophyllum spicatum*), vlottende waterranonkel (*Ranunculus fluitans*), gekroesd fonteinkruid (*P. crispus*), rivierfonteinkruid (*P. nodosus*), gele plomp (*Nuphar lutea*), haarfonteinkruid (*Potamogeton trichoides*), drijvend fonteinkruid (*Potamogeton natans*)

Vissen

begeleidend:

riviergrondel (*Gobio gobio*), rivierdonderpad (*Cottus gobio*), bierpje (*Barbatula barbatulus*), kleine modderkruiper (*Cobitis taenia*), alver (*Alburnus alburnus*), meerval (*Silurus glanis*), zeelt (*Tinca tinca*), snoek (*Esox lucius*)

kenmerkend:

steur (*Acipenser sturio*), kwabaal (*Lota lota*), kopvoorn (*Leuciscus cephalus*), rivierprik (*Lampetra fluviatilis*), serpeling (*Leuciscus leuciscus*), beekprik (*Lampetra planeri*), barbeel (*Barbus barbus*), sneep (*Chondrostoma nasus*), vlagzalm (*Thymallus thymallus*), beekforel (*Salmo trutta fario*), elrits (*Phoxinus phoxinus*), gestippelde alver (*Alburnoides bipunctatus*), winde (*Leuciscus idus*), bittervoorn (*Rhodeus sericeus amarus*), kroeskarper (*Carassius carassius*), rietvoorn (*Rutilus erythrophthalmus*), grote modderkruiper (*Misgurnus fossilis*)

Doelsoorten

Macrofauna

Baetis digitatus, *Baetis niger*, *Baetis tracheatus*, *Brachycercus harrisella*, *Ephemera vulgata*, *Heptagenia flava*, *Heptagenia fuscogrisea*, *Heptagenia sulphurea*, *Siphonurus aestivalis*, *Siphonurus arnatus*, *Siphonurus lacustris*, *Amphinemura standfussi*, *Amphinemura sulcipectus*, *Leuctra fusca*, *Nemoura avicularis*, *Goera pilosa*, *Hydroptila sparsa*, *Leptocerus interruptus*,

Limnephilus bipunctatus, *Limnephilus centralis*, *Limnephilus fuscicornis*,
Neureclepsis bimaculata, *Notidobia ciliaris*, *Polycentropus flavomaculatus*,
Triaenodes simulans

Beheer en inrichting

De onderstaande maatregelen zijn in hoofdstuk 6 verder uitgewerkt. De maatregelen gelden niet altijd en overal maar worden als maatwerk per beektraject gewogen op bruikbaarheid.

Maatregelen gericht op stromingsherstel:

- het verwijderen van stuwen
- het herstellen van het oorspronkelijk stroomgebied
- het aanleggen van een hydrologische buffer
- het ontwikkelen van inundatiezones
- het aanleggen van nevengeulen

Maatregelen gericht op herstel van structuren:

- het verkleinen van het profiel (verondiepen)
- het verwijderen van de profielverdediging
- het aanplanten of spontaan laten ontwikkelen van houtwallen
- het aanleggen van soortgerichte structuren
- het passief laten ontwikkelen van meanders
- het graven van meanders
- het actief ontwikkelen van micro-meanders
- het aanleggen van een asymmetrisch profiel
- het aanleggen van poelen
- het inrichten van een steile overhangende oever
- het aanleggen van een vispassage
- het aankoppelen van een oude meander

Maatregelen gericht op herstel van stofstromen:

- het opheffen van een RWZI

Beheersmaatregelen:

- het achterwege laten van onderhoud
- het niet verwijderen van bomen en takken uit de beek
- het vrijstellen van de beek en de oever

Drijvend hout in langzaam stromende benedenloop.



4.17 Langzaam stromende riviertjes

Processen

Daar waar beekjes en beken zich samenvoegen in grotere 'lijnvormige elementen' in het landschap spreken we van riviertjes. Riviertjes dragen kenmerken van grote rivieren en van beken. Zo worden langs riviertjes stroomrug-, kom- en overslaggronden aangetroffen. Daartussen komen veel oude rivierarmen voor in verschillende stadia van verlanding. De meeste riviertjes ontvangen het merendeel van het afvoerwater van de bovenstroomse beken, maar er treedt ook kwel van diep grondwater op. Het verval van riviertjes is in vergelijking tot beken gering en er vindt bij hoge afvoer inundatie plaats. Natuurlijke riviertjes zijn sterk meanderend. Door de lagere stroomsnelheid kan veel slib en organisch materiaal bezinken. Riviertjes doorkruisen en snijden een verscheidenheid van bodemtypen aan.

Het water is tamelijk voedselrijk en er komt relatief veel fytoplankton in voor.

Ecologische typing

In de langzaam stromende riviertjes komen aarvederkruid (*Myriophyllum spicatum*), vlottende waterranonkel (*Ranunculus fluitans*), fonteinkruiden (*Potamogeton crispus*, *P. nodosus*) en gele plomp (*Nuphar lutea*) voor. Daarnaast worden doorgroeid fonteinkruid (*Potamogeton perfoliatus*) of in matig voedselrijk, ondiep water grote egelskop (*Sparganium erectum*), kleine egelskop (*Sparganium emersum*) en pijlkruid (*Sagittaria sagittifolia*) gevonden. In het overstromingsbereik ontwikkelen zich zeggenmoerassen. De kenmerkende macrofaunagemeenschap bestaat uit soorten van zowel stromend als stilstaand water. De soortensamenstelling is zeer divers. De visgemeenschap in riviertjes vertoont grote overeenkomsten met die in het gemeenschapstype voor benedenlopen.

Abiotische toestandsvariabelen

<i>parameter</i>	<i>range</i>
breedte m	10 – 30
diepte cm	30 – 120
pH	6.5 – 8.5
t-P mgP/l	< 0.10
NH ₄ ⁺ mgN/l	< 0.4
NO ₃ ⁻ mgN/l	< 0.46
stroomsnelheid cm/s	10 – 50
% vegetatie	< 40
EGV µS/cm	250 – 500
Cl ⁻ mg/l	10 – 40
hardheid dH	1 – 10

Indicatoren**Macrofauna**begeleidend:

Anodonta cygnea, Athripsodes cinereus, Atyaephyra desmaresti, Baetis buceratus, Calopteryx splendens, Centropilum luteolum, Gammarus roeselii, Mystacides azurea, Phryganea grandis, Pisidium supinum, Platycnemis pennipes, Potamothenix bavaricus, Stictotarsus duodecimpustulatus, Vejdovskiella intermedia, Xenochironomus xenolabis

kenmerkend:

Aphelocheirus aestivalis, Astacus astacus, Baetis fuscatus, Brachycercus harrisella, Caenis macrura, Caenis pseudorivulorum, Centropilum pennulatum, Ceratophyllus nigronervosa, Cercion lindenii, Heptagenia fuscogrisea, Heptagenia sulphurea, Hygrobatas fluviatilis, Lebertia insignis, Neureclipsis bimaculata, Orectochilus villosus, Orthotrichia, Paraleptophlebia submarginata, Potamopyrgus antipodarum, Procladius bifidus, Psammocystes albicollis, Sphaerium rivicola, Theodoxus fluviatilis, Tubificoides benedicti, Unio crassus, Unio tumidus

Macrofyten

aarvederkruis (Myriophyllum spicatum), vlottende wateraanonkel (Ranunculus fluitans), gekroesd fonteinkruis (P. crispus), rivierfonteinkruis (P. nodosus), gele plomp (Najas flexilis)

Vissenbegeleidend:

riviergrondel (Gobio gobio), rivierdonderpad (Cottus gobio), kleine modderkruiper (Cobitis taenia), meerval (Silurus glanis), alver (Alburnus alburnus), zeelt (Tinca tinca)

kenmerkend:

steur (Acipenser sturio), kwabaal (Lota lota), kopvoorn (Leuciscus cephalus), rivierprik (Lampetra fluviatilis), barbeel (Barbus barbus), sneep (Chondrostoma toxostoma), winde (Leuciscus idus), bittervoorn (Rhodeus sericeus), kroeskarper (Carassius auratus), snoek (Esox lucius), rietvoorn (Rutilus erythrophthalmus)

Doelsoorten**Macrofauna**

Planaria torva, Baetis buceratus, Baetis digitatus, Baetis niger, Baetis tracheatus, Brachycercus harrisella, Ephemera vulgata, Heptagenia flava, Heptagenia fuscogrisea, Heptagenia sulphurea, Siphonurus aestivalis, Siphonurus lacustris, Amphinemura sulcipectus, Leuctra fusca, Nemoura avicularis, Brachycentrus subnubilus, Hydroptila damfi, Hydroptila sparsa, Leptocerus interruptus, Limnephilus fuscicornis, Neureclipsis bimaculata, Notidobia ciliaris, Polycentropus flavomaculatus, Triaenodes simulans

Beheer en inrichting

De onderstaande maatregelen zijn in hoofdstuk 6 verder uitgewerkt. De maatregelen gelden niet altijd en overal maar worden als maatwerk per beektraject gewogen op bruikbaarheid.

Maatregelen gericht op stromingsherstel:

- het verwijderen van stuwen
- het ontwikkelen van inundatiezones
- het aanleggen van nevengeulen

Maatregelen gericht op herstel van structuren:

- het passief laten ontwikkelen van meanders
- het graven van meanders
- het verwijderen van de profielverdediging
- het aanleggen van soortgerichte structuren
- het inrichten van een steile overhangende oever
- het aanleggen van een vispassage
- het aanleggen van poelen
- het aankoppelen van een oude meander

Maatregelen gericht op herstel van stofstromen:

- het opheffen van een RWZI

Beheersmaatregelen:

- het achterwege laten van onderhoud
- het niet verwijderen van bomen en takken uit de beek



Langzaam stromend riviertje.

5 Bedreigingen en trends

5.1 Inleiding

Beken zijn afhankelijk van de kwaliteit van het water ontstaan in het infiltratiegebied en van de kwaliteit van het water afkomstig uit de directe omgeving. Het gebruik van deze gronden bepaalt in sterke mate de toestand van de beek. Beken zijn daarom graadmeters van de kwaliteit van het stroomgebied. Het intensieve grondgebruik in Nederland heeft veel van de beken doen verslechteren danwel verdwijnen.

De meer natuurlijke beekrestanten komen versnipperd over Nederland voor. Deze versnippering wordt nog versterkt door de slechte milieuomstandigheden in veel beektrajecten en het verlies van habitats door het recht trekken en door isolatie als gevolg van stuwen, duikers en sifons.

[101]

5.2 Waterkwantiteit

Door menselijke beïnvloeding is de natuurlijke staat van bijna alle Nederlandse beken en riviertjes aangetast. De waterkwantiteit is sterk beïnvloed door drainage van landbouwgronden, verhard oppervlak en regulatie van beken. Soms is de volledige beekafvoer ook bepaald door de lozing vanuit een RWZI. Het neerslagwater wordt versneld afgevoerd, waardoor in de beek sterke fluctuaties in de afvoer ontstaan en in het stroomgebied verdroging optreedt. Deze verdroging is het gevolg van de daling van de grondwaterspiegel en het verminderen van de kwelstromen. Het verdrogingseffect wordt nog versterkt door wateronttrekking ten behoeve van drink-, industrie- en irrigatiewater. Als gevolg van verdroging neemt het aandeel van neerslag in de hydrologische voeding van beken toe, waardoor verzuring van vooral bovenloopjes en bovenlopen optreedt. De verminderde toevoer van water in de zomerperiode naar de beek leidt tot een verlaagde basisafvoer en plaatselijk kan droogval optreden. Verlaging van de basisafvoer leidt tot verhoging van depositie van fijn materiaal. Hierdoor treedt verslibbing van de beekbodem op. De vergrote dynamiek in de afvoer leidt tijdens piekafvoeren tot erosie van de beekbedding. Beken snijden zich diep in het landschap in. De beekbodem krijgt een instabiel, eroderend karakter en een groot deel van de substraatdiversiteit verdwijnt.

5.3 Waterkwaliteit

De waterkwaliteit is beïnvloed door de aanvoer van organisch materiaal en voedingsstoffen. De toevoer van organische stoffen beperkt zich tegenwoordig tot incidentele lozingen met zuurstofbindende stoffen uit RWZI's (calamiteiten), riooloverstorten, spoelen van mesttanks, melktanks, illegale mestlozingen en afspoeling uit kuilvoer en mestdepots. Organische piekbelasting leidt tot tijdelijke zuurstofloosheid (verstikking).

Vermesting treedt op door uitspoeling van nutriënten uit de landbouw maar ook overstorten en RWZI's mogen als bronnen niet worden veronachtzaamd. De laatste decennia treedt, naast verrijking van oppervlaktewater, in toenemende mate verontreiniging van grondwater op. Deze veresting is afkomstig uit puntlozingen, riooloverstorten, atmosferische depositie en van oppervlakkige inspoeling en afspoeling uit landbouwgebieden. Dit voedselrijke water leidt tot sterke eutrofiëring van beken en riviertjes die als verzamelbekken fungeren.

Door de versnelde afvoer van water treedt in de zomer vaak verdroging op. Er wordt dan water ingelaten om deze verdroging tegen te gaan. Inlaat van gebiedsvreemd water leidt tot verandering van de natuurlijke watersamenstelling. Dit komt vooral in de macro-ionensamenstelling tot uiting. Naast inlaat speelt hier afkoppeling en aankoppeling van beektrajecten een rol. Plaatselijk is de waterkwaliteit beïnvloed door milieuvreemde stoffen afkomstig van industrie, overstorten, RWZI's en oppervlakkige en ondiepe afstroming vanuit de landbouw. Het betreft toevoer van micro-verontreinigingen, zware metalen en bestrijdingsmiddelen (vergiftiging). Verzuring van beken speelt vooral in kleine bovenloopjes en bovenlopen een rol.

Bij inunderende beken en riviertjes worden de frequentie en de omvang van overstromingen beïnvloed door een veranderd landgebruik en door 'verhardingen' bovenstrooms. Verder zorgen de inundaties zelf voor verstoring van de geïnundeerde gebiedsdelen. De urbanisatie van bovenstrooms gelegen gebieden leidt tot meer wateroverlast en tot vervuiling.

5.4 Morfologische verstoring

Veel beken zijn gekanaliseerd en/of genormaliseerd (vervorming). Door deze vergraving is de variatie aan structuren in deze beken verloren gegaan. Wanneer door kanalisatie het water langzamer stroomt en in de zomer zelfs tijden lang stil staat, sterven zuurstofbehoefteige dieren of trekken weg. Structuren verdwijnen ook als gevolg van afvoerpieken. Een van de belangrijkste structuurverliezen treedt op als gevolg van onderhoud. Het vrij maken en houden van de stroomgeul grijpt in op een basaal proces (patroondifferentiatie) in het functioneren van bekecosystemen. Het

verwijderen van omgevallen bomen en ingevallen takken leidt tot een verwijderen van natuurlijke obstakels die de beekbodem vasthouden en voor het grootste deel van de habitatvariatie in een beek zorgen. Mede hierdoor zijn beken verder ingesneden en zijn veel soorten verdwenen.

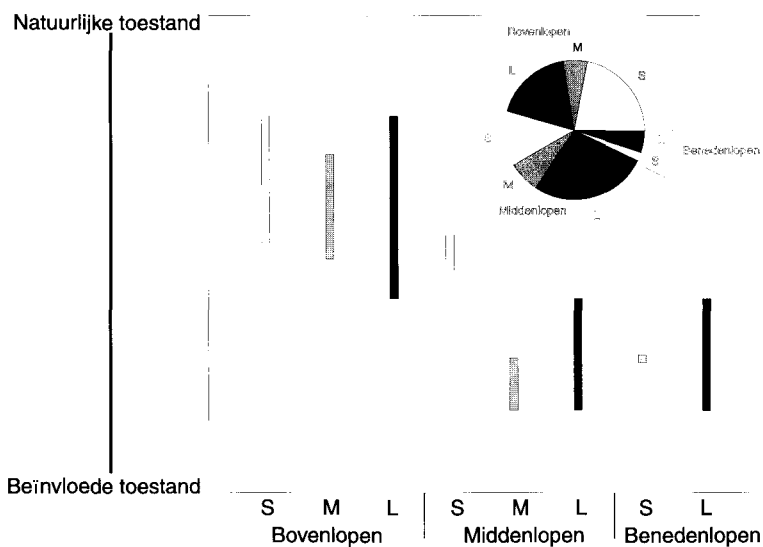
5.5 Trends

Wordt in kwalitatieve zin de mate van natuurlijkheid van de beschreven gemeenschapstypen onderverdeeld naar beektype dan blijken de bronloopjes en bovenlopen het meest natuurlijk (in termen van kenmerkendheid) te zijn (figuur 3). In figuur 3 is de mate van natuurlijkheid (bepaald aan de hand van het aandeel kenmerkende soorten nog aanwezig in een bepaald aantal locaties van het betreffende beektype) op de verticale as uitgezet. Horizontaal staan de verschillende beektypen. Uit figuur 3 blijkt dat nog een redelijk hoog aantal kenmerkende soorten nog aanwezig is in een redelijk aantal snelstromende bovenlopen (links) terwijl in de langzaam stromende benedenlopen weinig kenmerkend soorten nog in een beperkt aantal trajecten gevonden is. Naarmate we meer benedenstreams gaan wordt de afstand tot de referentie groter. Benedenlopen zijn reeds decennia geleden gekanaliseerd en worden sterk belast met organisch materiaal en voedingsstoffen. Het taartdiagram in de rechterbovenhoek van de figuur geeft de hoofdverdeling van gemeenschapstypen in de gegevensset weer. Daaruit blijkt de overrepresentatie van middenlopen in het bestand.

[103]

Figuur 3.

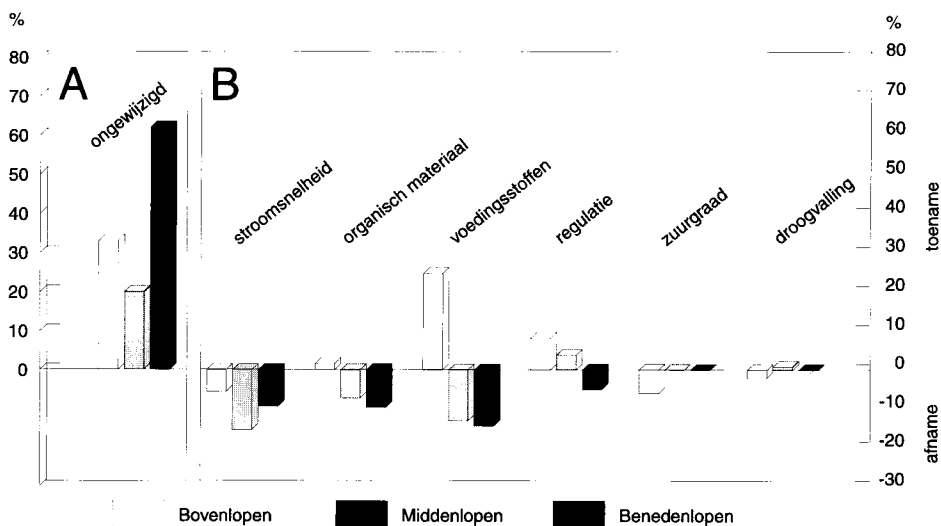
De kwalitatieve afstand van de actuele gemeenschapstypen in beken ten opzichte van de natuurlijke toestand in termen van kenmerkendheid. (S = snel stromend, M = matig snel stromend, L = langzaam stromend).



□ range huidige toestand

Voor alle beken geldt dat de gemiddelde stroomsnelheid is afgenomen door een verdergaande drainage van landelijk en stedelijk gebied (de eerste drie negatieve staven in figuur 4B). Tevens zijn hierdoor de piekafvoeren toegenomen en de gemiddelde afvoeren gedaald. Indirecte gevolgen zijn peilverlaging en verdergaande verdroging van de aangrenzende beekdalgronden. Voor de overige variabelen betroffen het naar beektype te differentiëren veranderingen. Voor het organisch materiaal (effluenten van RWZI's en overstorten) geldt dat vooral in midden- en benedenlopen een geringe afname is opgetreden. De verdergaande saneringen van RWZI's en overstorten hebben lokaal een positief effect gehad. Voor de voedingsstoffen (fosfaat en nitraat) is juist in de bovenlopen een sterke toename, terwijl in de midden- en benedenlopen een afname te zien is. De toename in de bovenlopen is het gevolg van de oplading van het grondwater met voedingsstoffen afkomstig van de landbouw. De afname in de midden- en benedenlopen hangt mede samen met de afname van de hoeveelheid organisch materiaal als gevolg van saneringen. Ten aanzien van structuur (regulatie, kanalisatie en normalisatie) blijkt dat nog steeds boven- en middenlopen verdergaand onder de waterschapsnormen gebracht worden of dat ze als gevolg van het zeer frequente onderhoud in genoemde richting opschuiven. In de benedenlopen zien we dat een lichte verbetering van deze structuurkenmerken is opgetreden.

Figuur 4. De belangrijkste wijzigingen in sturende factoren in beken tussen de tachtiger en negentiger jaren.



Samengevat kunnen de volgende conclusies getrokken worden:

- De toch nog steeds verdergaande ingrepen in de waterkwantiteitshuishouding (versnelde afvoer, drainage) van de bovenstroomse trajecten leidt tot afnemende stroomsnelheden en toenemende piekafvoeren en daarmee tot een verdergaande verdroging.
- Meer in het algemeen is aantasting van het factorcomplex stroming het belangrijkste probleem in de Nederlandse beken.
- De positieve inspanningen van saneringen van RWZI's en andere puntbronnen zijn slechts beperkt zichtbaar geworden in gemeenschaps-typen, met name in midden- en benedenlopen, maar niet in de bovenlopen. Dit is een gevolg van de toegenomen achtergrondbelasting. De diffuse vermesting blijkt momenteel de overheersende factor te zijn.
- Vermesting en verdroging leiden tot een verdere achteruitgang van de ecologische toestand van de relatief "betere" bovenlopen, hetgeen leidt tot verdere nivellering van de ecologische kwaliteit van de Nederlandse beken. De relatieve verbetering van midden- en benedenlopen is een positief signaal, maar hun mate van natuurlijkheid is nog beperkt.

[105]



De ongewenste rechte beek.

6 Herstelmogelijkheden

6.1 Inleiding

De aantasting van beken en beekdalen is een gevolg van ingrepen van de mens ten behoeve van de gebruiksfunctie van het stroomgebied.

Natuurbeheer en -ontwikkeling in beken vereist een aanpak gericht op het gehele stroomgebied. Bescherming en herstel van beken en beekdalen is ook van belang voor de terrestische natuur. Inrichtings- en beheersmaatregelen die de oorzaak van de problematiek aanpakken hebben vanuit ecologisch oogpunt altijd de voorkeur. In het dicht bevolkte Nederland is dit echter niet altijd mogelijk. In dat geval kan worden gezocht naar maatregelen die de negatieve effecten voor de natuur zo veel mogelijk opheffen. Maatregelen gericht op het langer vasthouden van water in het stroomgebied sorteren het grootste effect bij beekherstel. Hierbij kan bijvoorbeeld worden gedacht aan het opheffen van drainage, het verhogen van het drainageniveau of het aanleggen van retentiebekkens. Daarnaast is terugdringing van de toevoer van voedingstoffen noodzakelijk. Vooral het terugdringen van de diffuse toevoer is van belang. Naast vermindering van bemesting kan de aanleg van bufferzones langs de beek positieve gevolgen voor de waterkwaliteit hebben. Herstelmaatregelen als hermeandering, verhoging van de beekbodem en aanplant van bomen versnellen het herstelproces.

Bij de uitvoer van beekherstelprojecten spelen naast praktische ook bestuurlijke en juridische problemen een grote rol. De belangrijkste hierbij zijn: grondverwerving, afstemming van beleidsplannen, complexiteit en tijdsduur van vergunningprocedures, vrijkomende verontreinigde grond en bagger en het draagvlak voor beekherstelmaatregelen (Van der Vlies 1996, Verdonschot et al. 1995).

Ecologisch beekherstel wordt uitgevoerd met als doel het verbeteren van het ecologisch functioneren van het beeksysteem. De ene maatregel heeft echter een veel grotere invloed op het ecologisch functioneren van het systeem dan de andere. In dit hoofdstuk worden een aantal groepen van maatregelen, gerangschikt volgens het 5-S-model, besproken. Maatregelen hebben vaak effect op meerdere onderdelen van het systeem. Per factorcomplex wordt aangegeven op welke onderdelen de maatregelgroep direct effect heeft en welke andere aspecten van het systeem mede beïnvloed worden.

Maatregelen ten behoeve van systeemvoorwaarden liggen merendeels buiten de competentie van water- en terreinbeherende instanties. Toch is het wenselijk dat beheerders het belang van beïnvloeding van bovengenoemde factoren voor de ontwikkeling van beeksystemen (en andere natuurwaarden) naar andere beleidsinstanties onderstrepen. Deze betreffen beïnvloedingen zoals klimaatsveranderingen, broeikaseffect en zure depositie. Hier wordt in dit hoofdstuk niet verder op ingegaan.

Aan alle maatregelen zitten voor- en nadelen, maar de effecten van sommige maatregelen kunnen worden gecompenseerd door de effecten van andere maatregelen. Sommige effecten treden bij meerdere maatregelen op maar versterken elkaar niet, bijvoorbeeld omdat ze op een verschillend niveau aangrijpen. Het is dan ook sterk aan te bevelen maatregelen te combineren. Meestal levert dit niet alleen meer op, maar kunnen ook de nadelen beter worden opgevangen.

Lang niet alle maatregelen zijn overal toepasbaar. Bijvoorbeeld dient bij het aankoppelen van oude meanders gelet te worden op de huidige waarde van de oude meander. Ook behoeven lang niet alle beken of beektrajecten vispasseerbaar te zijn. Maatregelen dienen dus altijd in de context van het stroomgebied te worden beoordeeld.

Het uitwisselen van praktijkervaringen kan sterk bijdragen aan het optimaliseren van beekherstel.

De onderstaande teksten zijn, op enkele kleine bewerkingen na, overgenomen uit "Beken stromen" (Verdonschot et al. 1995). Voor de volledig uitgewerkte tekst wordt dan ook naar dit document verwezen.

6.2 Maatregelen ten behoeve van stroming

De principes, de voor- en nadelen en de toepassingsmogelijkheden van de hierna genoemde maatregelen zijn uitgebreid beschreven in Verdonschot et al. (1995).

Neerslag wordt meer vertraagd aan de beek doorgegeven. Bij herstel van de natuurlijke hydrologie van het stroomgebied wordt het afvoerpatroon van de beek meer natuurlijk dynamisch en het grondwater (periodiek) in de beekbegeleidende gronden.

De doelstellingen ten behoeve van stroming worden onderverdeeld naar de drie belangrijkste natuurlijke beekprocessen betreffende grondwater, oppervlaktewater hydrologie en oppervlaktewater hydraulica.

- Het vergroten van de grondwaterberging en het benutten van kwelwater wordt bereikt door het verwijderen van drainage, het bevorderen van infiltratie, het wijzigen van de wateronttrekking, het ontwikkelen van bos, en het aanleggen van hydrologische buffers.
- Het verbeteren van de oppervlaktewater hydrologie wordt bereikt door het ontwikkelen van inundatiezones, het vergroten van de retentie en het herstellen van het oorspronkelijk stroomgebied.
- Het verbeteren van de oppervlaktewater hydraulica wordt bereikt door het verwijderen van stuwen en het aanleggen van nevengeulen.

Het verwijderen van drainage

Door het verminderen van de drainagegraad of het verwijderen van drainage- of ontwateringssystemen zoals drains, sloten en greppels, wordt

de drainagebasis verhoogd en de versnelde afvoer tegengegaan, infiltratie bevordert, grondwatervoorraad vergroot en grondwaterstand verhoogd. Vergelijkbaar maar minder ingrijpend is het verondiepen van drainerende watergangen (vermindering van de drooglegging). In bepaalde gevallen, met name in landbouwgebieden, leidt verhoging van de drainagebasis tot enerzijds vergroting van de grondwatervoorraad en legt anderzijds geen beperking op aan de landbouw.

Het bevorderen van infiltratie

Door het neerslagwater te infiltreren in de bodem wordt de bergingscapaciteit van de bodem in bebouwd gebied beter benut en neemt de wisseling in afvoer in de beek af. Belangrijk ander voordeel is dat de overstortfrequentie van rioolstelsels afneemt. Een (verbeterd) gescheiden rioolstelsel biedt goede mogelijkheden om neerslagwater op te vangen in (stads-)vijvers of infiltratievelden waar het kan infiltreren. Het gebruik van regentonnen, regenreservoirs en het direct infiltreren van dakafvoeren biedt eveneens een belangrijke bijdrage. Om de infiltratiesnelheid te vergroten kunnen speciale infiltratievoorzieningen worden toegepast zoals de aanleg van infiltratiebekkens (eventueel met een grindbodem) en wadi's (water afvoer drainage en infiltratie systeem; droge ondergrondse grindbeddingen) waarin water van een aantal gebouwen, een deel van een wijk en/of verhard oppervlak wordt verzameld en geïnfiltreerd. Op sommige plaatsen kan het toepassen van meer open vormen van bestrating (b.v. grastegels) worden overwogen.

[109]

Het wijzigen van wateronttrekking

Verminderen, verplaatsen of opheffen van een grondwaterwinning kan de gemiddelde grondwaterstand doen stijgen en leiden tot versterking van de kwelstromen. Dit komt de afvoer van de beek en de grondwaterstand in het beekdal ten goede. Verplaatsen van winningen dient altijd plaats te vinden van verdrogingsgevoelige gebieden naar locaties waar de effecten geringer zijn (bijvoorbeeld uiterwaarden van grote rivieren). Er kan ook overgegaan worden op oppervlaktewaterwinning of oeverwaterwinning. Bij verticale verplaatsing, verplaatsing naar diepere watervoerende lagen, moeten de effecten vooraf worden onderzocht. Winningen kunnen ook worden verminderd. Bij industriële winning kan koelwater eventueel opnieuw worden geïnfiltreerd. Door water te zuiveren en te hergebruiken kan de grondwateronttrekking sterk worden gereduceerd. Soms is het mogelijk over te gaan van grondwaterwinning op aangevoerd oppervlaktewater of oeverwaterwinning. Een periodiek verbod op beregening, zoals dat in een aantal provincies al gebruikelijk is kan het verlies door verdamping van water beperken. Als beregening uit oppervlaktewater om kwantiteitsredenen wordt beperkt of geheel wordt verboden moet dit ook gelden voor grondwateronttrekkingen uit het freatisch en/of 1e watervoerend pakket. Beregening is ook onnodig indien de grondwaterstand sterk wordt verhoogd (tot 30-40 cm onder maaiveld) hetgeen niet overal mogelijk is.

Het ontwikkelen van bos

Een vergroting van het bosoppervlak in een stroomgebied geeft weliswaar vaak een vermindering te zien van de nuttige neerslag door een verhoogde verdamping, echter tegelijkertijd houdt de bosbodem water vast hetgeen een vertraging geeft van de oppervlakkige en ondiepe afstroming naar de beek. Ook geeft de verminderde instraling een verlaging van de open water verdamping. Bos vertraagt de infiltratie en vlakt daarmee het afvoerpatroon van de beek af. Bij omvorming naar loofbos moet met een termijn van tientallen jaren worden gerekend voordat de effecten volledig tot uiting komen.

Moerasbos als waterberging



Het aanleggen van hydrologische buffers

Een hydrologische bufferzone is een brede zone langs beide zijden van de beek waar onttrekkingen zijn verboden, drainerende watergangen zijn verwijderd en waar de oppervlakkige afstroming is verminderd. Een bufferzone, mits van voldoende omvang, kan de basisafvoer van de beek verhogen, pieken aftoppen en/of voorkomen dat een traject voor bepaalde tijd droog komt te vallen. Bufferzones bieden ook de mogelijkheid tot inundatie. Bufferzones hebben ook een positief effect op de beekdallevensgemeenschap en beschermen tegen de directe toevoer van meststoffen.

Het ontwikkelen van inundatiezones

Door de beek de gelegenheid te geven om bij hoge afvoeren op bepaalde plaatsen buiten haar oevers te treden kan water langer in het stroomgebied worden vastgehouden. Zo ontstaat een inundatiezone waar een deel van het beekwater tijdelijk wordt geborgen en de kans krijgt opnieuw te infiltreren (met name in poelen en plassen) of vertraagd terugvloeit naar de beek. Inundatie vertraagt het watertransport en

verlaagt de piekafvoer. Inundatiezones geven de beek ruimte om een meer gevarieerd profiel te ontwikkelen.

Het vergroten van de retentie

Waterretentie wordt bij voorkeur geplaagd in de detailontwatering oftewel de haarvaten van het beekstelsel. Waterretentie in open systemen vraagt veel ruimte. Retentiesystemen in de vorm van retentiebekkens, bergingsbassins, poelen en oude meanders, hebben tot doel gedurende natte perioden een gedeelte van de neerslag tijdelijk op te slaan (meestal vrij bovenstrooms), om in tijden van droogte te kunnen bijdragen aan het in stand houden van stroming in de beek en/of het voorkomen van droogvallen door nalevering. De opvang- en naleveringsmogelijkheden zijn, gezien de inhoud van veel bekkens, beperkt. Retentiesystemen worden ook gebruikt om het zandtransport te verminderen. Het water kan eventueel worden gebruikt voor herinfiltratie.

Het herstellen van het oorspronkelijk stroomgebied

Van veel beken is een deel van het oorspronkelijke stroomgebied afgekoppeld wat tot een vermindering van de afvoer heeft geleid. Voor de afvoer van het water uit het afgekoppelde deel van het stroomgebied zijn meestal extra watergangen gegraven. Deze extra gegraven watergangen draineren de omgeving en voeren een deel van het oorspronkelijke beekwater af. Hierdoor is de afvoer van de oorspronkelijke beek sterk gereduceerd. Door de afgekoppelde deelstroomgebieden opnieuw aan te sluiten en de extra watergangen te dempen wordt de oorspronkelijke toestand hersteld. Hierdoor zal bij gelijkblijvende beddingdimensies een toename van stroomsnelheden en een verhoging van waterstanden optreden.

Het verwijderen van stuwen

Stuwen zijn aangelegd voor het peilbeheer dat wil zeggen om water vast te kunnen houden dan wel af te kunnen laten. Stuwen kunnen echter belangrijke barrières voor de migratie van aquatische organismen vormen. Ook veranderen stuwen het stromende water in een aaneenschakeling van min of meer stilstaande panden, vooral in perioden met lage afvoeren. Het verwijderen van de stuw resulteert in een toename van de stroomsnelheid en een daling van het bovenstroomse peil. Deze toename in verdroging vraagt bijna altijd om aanvullende maatregelen om dit te voorkomen. Ook moet voorkomen worden dat de beek leeg loopt. Het verval van de waterstand over een stuw wordt na het verwijderen van de stuw over een grotere beeklengte verdeeld om een gelijkmatiger stromingspatroon te krijgen. Bij het verwijderen van stuwen moet rekening worden gehouden met de veranderde grondwaterstanden en afvoeren in het stroomgebied.

Het aanleggen van nevengeulen

Onder het aanleggen van een nevengeul, ook wel by-pass, overlaat of omleiding genoemd, wordt verstaan het graven van een waterloop parallel aan de beek, waarbij de beekloop gehandhaafd blijft. Het water van de beek wordt over twee takken verdeeld (in sommige gevallen met behulp van een verdeelwerk), waardoor hoge afvoeren in de beek kunnen worden gereduceerd. Er zijn natte nevengeulen, die het gehele jaar water voeren, en droge nevengeulen, die alleen bij hoge afvoeren water voeren. Deze laatste fungeren als droge overlaten en verdienen de voorkeur. Het aanleggen van een nevengeul betreft slechts een effectgerichte maatregel. Het is een oplossing om een natuurlijk beektraject van piekafvoeren te vrijwaren en/of ongewenste inundaties te voorkomen.

6.3 Maatregelen ten behoeve van structuren

De principes, de voor- en nadelen en de toepassingsmogelijkheden van de hierna genoemde maatregelen zijn uitgebreid beschreven in Verdonshot et al. (1995).

Maatregelen ten behoeve van de verbetering van de morfologische structuur van beeksystemen hebben primair tot doel het vergroten van de variatie van aanwezige structuren. Vergroting van de variatie aan structuur vergroot de biotische diversiteit. Dit heeft betrekking zowel op structuren in als buiten de beek. De doelstellingen ten behoeve van structuren worden onderverdeeld naar de drie belangrijkste natuurlijke beekprocessen betreffende lengteprofiel, beddingstructuren en substraatmozaïeken.

- Het verbeteren van het lengteprofiel wordt bereikt door het passief laten ontwikkelen van meanders/niets doen en het het graven van meanders.
- Het optimaliseren van de beddingstructuren wordt bereikt door het actief ontwikkelen van (micro-)meanders, het verkleinen van het profiel (verondiepen), het verwijderen van de profielverdediging, het aanleggen van een asymmetrisch profiel en het aanplanten van houtwallen.
- Het vergroten van de variatie in substraatmozaïeken wordt bereikt door het laten ontstaan van stroomkuilen en zandbanken, het laten ontstaan steile en overhangende oevers, het aanleggen van vispassages, het aanleggen van poelen en het aankoppelen van oude meanders.

Het passief laten ontwikkelen van meanders / niets doen

Bij passieve meanderontwikkeling of niets doen wordt de beek de vrijheid gegeven om zich autonoom morfologisch te ontwikkelen. Door niets te doen ontstaan variaties in stroomsnelheden als gevolg van bijvoorbeeld obstakels (takken), ontwikkeling van waterplanten en oevervegetatie, en lokale variaties in de beddingvorm. Hierdoor treden lokale verschillen in erosie en sedimentatie op, waarbij zandbanken en stroomkuilen ontstaan

die op hun beurt weer het stromingspatroon beïnvloeden. Dit leidt tot een grotere variatie in beddingdimensies, bodemreliëf en samenstelling van het beddingmateriaal. Vaak zijn mogelijkheden aanwezig voor inundaties door de vergrote weerstand in het tracé. Als de beekbodem zich geleidelijk verhoogt leidt dit tot verhoging van de grondwaterstanden en vergroting van de grondwaterberging. Het proces van morfologische ontwikkeling verloopt sneller naarmate de stroomsnelheid en daarmee het sedimenttransporterend vermogen groter zijn.

Het graven van meanders

Bij het graven van meanders wordt, in tegenstelling tot de passieve meanderontwikkeling, het tracé meanderend of kronkelend aangelegd. Door de aanleg van meanders zal de beeklengte toenemen en het verhang afnemen. Als de beddingdimensies worden verkleind, waardoor de stroomsnelheid gelijk blijft, treedt geen ongewenste verhoogde sedimentatie op. Bovendien blijft de morfologische dynamiek klein en worden de beddingvariatie en -samenstelling vergroot. Overigens dient het graven van meanders te worden beschouwd als een eerste aanzet om de natuurlijke morfologische processen te laten plaatsvinden. Door middel van het onderhoud of het achterwege laten daarvan kan worden bijgestuurd.

[113]

Het actief ontwikkelen van (micro-)meanders

Autonome morfologische processen op microschaal (binnen de beekbedding) kunnen worden gestimuleerd door selectief onderhoud van de bedding. Deze methode is gebaseerd op de invloed van organische structuren (takken, bladpakketten) en water- en oeverplanten op de stroomsnelheid. Door het laten liggen van organische structuren en/of het selectief maaien treedt variatie in de stroomsnelheid op. Waar structuren en/of vegetatie achterblijven ontstaat vertraging van de stroomsnelheid waardoor lokaal fijn materiaal sedimenteert. In geulen tussen organische structuren en gemaaide watervoerende delen van de bedding treden stroomversnellingen en lokale erosie op. Door het zodanig maaien dat het watervoerende deel van de bedding licht slingert ontstaat micro-meandering. Organische structuren leiden van nature vaak tot micro-meandering. Is voldoende ruimte langs de beek aanwezig dan wordt op termijn op deze wijze meandering van de gehele loop gestimuleerd.

Het verkleinen van het profiel (verondiepen)

Door verkleining van het doorstroomde profiel gaat de gemiddelde stroomsnelheid omhoog en worden de fluctuaties in de stroomsnelheid vergroot. Tevens worden morfologische processen weer in gang gezet. Of erosie optreedt is afhankelijk van het verhang, de korrelgrootteverdeling van het beddingmateriaal en met name van het materiaal waarmee wordt aangevuld. Bij een beek met een gering verhang kan bovenstrooms van het

traject waar profielverkleining plaatsvindt de stroomsnelheid afnemen en kan opstuwing optreden. Dit leidt tot waterconservering (toename van de berging in het grondwater).

Het verwijderen van de profielverdediging

Vastgelegde profielen belemmeren een vrij verloop van morfologische processen en het vrij ontstaan en verdwijnen van microhabitats. Het verwijderen van beschoeiing en bodemverstevigende materialen geeft de beek weer vrijheid. Er kunnen zandbanken ontstaan en het kan aanleiding zijn voor spontane meanderontwikkeling. Het belangrijkste voordeel van de verwijdering van oever- en bodemverdediging is een positieve impuls aan het verloop van natuurlijke morfologische processen. Hierdoor neemt de variatie van morfologische patronen en daarmee habitatstructuren toe wat ten goede komt aan de levensgemeenschap. Voor eventuele loopverplaatsing en/of afkalving van oevers is ruimte langs de beek nodig.

Het aanleggen van een asymmetrisch profiel

Door de aanleg van asymmetrische profielen wordt de natuurlijke variatie in de beddingdimensies hersteld en ontstaat ook meer variatie in stroomsnelheid en samenstelling van het beddingmateriaal. Wanneer de geulcapaciteit wordt gehandhaafd verandert de gemiddelde stroomsnelheid niet veel. Als de breedte/diepte-verhouding sterk toeneemt kan de stroomsnelheid langs de bodem echter wel toenemen. Hierdoor zou het sedimenttransport en daarmee de morfodynamiek plaatselijk kunnen

toenemen. Afhankelijk van het (sedimenttransporterend) vermogen van de beek kunnen door de variatie in de stroomsnelheid zandbanken en stroomkuilen ontstaan. Dit kan op termijn resulteren in een lichte meandering.

De aanleg van asymmetrische profielen leidt tot variatie in oevers en bodem. De hierdoor ontstane gradiënten bieden ontwikkelingsmogelijkheden voor diverse organismen. In combinatie met de aanplant van bomen kan het benodigde onderhoud worden beperkt.

De voorde:
stapvoets over de
beek.



Het aanplanten van houtwallen

Een natuurlijke beek wordt bijna altijd begeleid door bomen. De beekbegeleidende houtige begroeiing is aangelegd of heeft zich spontaan ontwikkeld direct langs en op de beekoever. De boomkronen en beworteling zijn van directe invloed op het beekcotoop (beïnvloeding van de vorm van en van het klimaat in de beek). Houtige begroeiing stabiliseert de vorm van de beekbedding en de wortels brengen variatie aan in het stromingspatroon. Enerzijds heeft de aanwezigheid van bomen in de taluds een stabiliserende werking op de morfologie. Anderzijds kunnen bomen als obstakels in de stroom een bron van morfologische microdynamiek zijn, die op termijn het proces van het ontstaan van kronkels bevorderen. De ontwikkelingstijd is afhankelijk van de levensduur van de bomen (60-70 jaar en langer) en de morfodynamiek van de beek. Een beekvorm wordt gedurende zeer lange tijd gestabiliseerd door boomgroei op de oever. Bomen creëren ook belangrijke bufferzones voor water en stoffen.

Het aanleggen van stroomkuilen en zandbanken

Bij voorkeur wordt het ontstaan van stroomkuilen en zandbanken slechts geïnitieerd. In andere gevallen kan aanleg worden overwogen. Voorwaarden voor zinvolle toepassing van stroomkuilen en zandbanken zijn de aanwezigheid van grof beddingmateriaal (grof zand en grind), een geringe sedimentlast en voldoende afvoer. In Nederland is de toepassing van deze maatregel interessant voor de sterker hellende gebieden, vooral waar grof materiaal (grind in stuwwallen, plateau-randen, langs oude rivierrassen en dergelijke) aan het oppervlak komt. De plaats waar stroomkuilen en zandbanken worden gestimuleerd of aangelegd is cruciaal. Doorgaans worden de beste resultaten verkregen door vergelijkbare min of meer natuurlijke beektrajecten te bestuderen. Verder is uit ervaring uit het buitenland gebleken dat stroomkuilen niet te groot moeten worden gemaakt. Als de beek voldoende sedimenttransporterend vermogen heeft zou op den duur in principe een min of meer slingerend tracé kunnen ontstaan.

Het inrichten van steile en overhangende oevers

Steile oevers komen voor in alle natuurlijke beken. De meest voor de hand liggende plaats is de buitenbocht van een meander, waar door erosie een dal-, es- of terrasrand kan ontstaan. Ook op plekken van boomwortels ontstaan steile en vaak zelfs overhangende oevers met een grote erosiebestendigheid. Boven het water vormen steile en overhangende oevers een potentiële vestigingsplaats voor planten zoals mossen en varens, en dieren zoals holenbroedende vogels (ijsvogel) en onder water wordt schuilgelegenheid geboden aan vissen en macrofauna (schaduw; 'uit het zicht' voor predatoren vanuit de lucht en dergelijke). Bij het graven van een steilwand of overhangende oever is de kans op een duurzame situatie klein. De

morfologische omstandigheden moeten geschikt zijn. Bij voorkeur worden andere processen zo beïnvloed dat het ontstaan van dergelijk structuurvormen wordt bevorderd. Voor het ontstaan van een steilwand is een bochtstroming nodig op een locatie met een hogere rand, waarbij de stroming over genoeg vermogen beschikt om de oever te eroderen. Overhangende oevers ontstaan op vergelijkbare wijze door onderspoeling (erosie) van de oeervervegetatie, vaak bomen. Bomen kunnen overal worden toegepast.

Het aanleggen van vispassages

Met het passeerbaar maken van waterhuishoudkundige werken door de bouw van vispassages worden verschillende ruimtelijk gescheiden leefgebieden weer bereikbaar voor de typische rivier(trek)- en beekvissen zoals forel, winde, kopvoorn, barbeel en beekprik. Uiteindelijk is de aanleg van vispassages slechts een effectgericht onderdeel in het proces van beekherstel. Vispassages hebben alleen zin wanneer op termijn oorspronkelijke karakteristieken van het beekmilieu, zoals meandering, permanente stroming en een goede waterkwaliteit, kansen krijgen om zich bovenstrooms van de passage in belangrijke mate te herstellen of actief hersteld worden. Belangrijke levensvoorwaarden van rivier- en beekvissen worden slechts gevonden in beken met voldoende natuurlijke karakteristieken en een daarop aangepast onderhoud en beheer. Ondanks bovenstaande overwegingen zijn vispassages tot nu toe vrij veel toegepast (vaak ter vervanging van voormalige vaste stuwen). Het is nog maar de vraag wat het rendement van vistrappen voor andere organismen is.

Het aanleggen van poelen

Het aanleggen van poelen tijdelijk los van de beek wordt dikwijls toegepast om de abiotische en biotische variatie te vergroten. De poel wordt doorgaans gekoloniseerd door soorten van stilstaand water. Poelen in inundatiezones die gedurende perioden van hoog water worden overstroomd, kunnen een belangrijke refugiumfunctie vervullen voor beekorganismen. Door hun vorm en ligging kunnen ze soms worden opgenomen in stroomgeulen die alleen ten tijde van hoge waterstanden 'meestromen'. Poelen functioneren soms als vervanging van afgesloten meanders of als retentiesystemen.

Het aankoppelen van oude meanders

Het opschonen en opnieuw éézijdig aansluiten van oude meanders leidt tot het ontstaan van rust- en paaiplaatsen voor beekorganismen. Als een meander tweezijdig wordt aangesloten ontstaat een nevengeul. Deze meander wordt geleidelijk weer opgevuld en verlandt. Eenzijdig aangekoppelde meanders fungeren eveneens als retentie. De hydrologische gevolgen zijn echter betrekkelijk gering. Oude meanders vertonen veel overeenkomsten met poelen.

6.4 Maatregelen ten behoeve van stoffen

De principes, de voor- en nadelen en de toepassingsmogelijkheden van de hierna genoemde maatregelen zijn uitgebreid beschreven in Verdonschot et al. (1995):

Maatregelen ten behoeve van het factorcomplex stoffen richten zich op enerzijds het versterken van de beekeigen stofstromen en -spiraal en anderzijds het minimaliseren van de toevoer van stoffen als gevolg van menselijke activiteiten.

De doelstellingen ten behoeve van stoffen worden onderverdeeld naar de vier belangrijkste processen betreffende zuurstof en organisch materiaal, voedingsstoffen, macro-ionen en microverontreinigingen.

- Het verminderen van de toevoer van voedingsstoffen, het verminderen van de organische belasting en het verbeteren van de zuurstofhuishouding en het terugdringen van microverontreinigingen wordt bereikt door het verminderen van de meststoffentoevoer, het opheffen van huishoudelijke lozingen, het opheffen van overstorten, het opheffen van RWZI's, het scheiden van waterstromen, het plaatselijk verlagen van het maaiveld, het aanleggen van helofytenfiltere, het aanleggen van horse-shoe wetlands en het aanleggen van bufferzones.

[117]

Het verminderen van de meststoffentoevoer

Bemesting van landbouwgronden in het stroomgebied veroorzaakt voedselverrijking van het grond- en oppervlaktewater. Vermindering van de dosering van meststoffen, tot een niveau waarop nauwelijks méér bemest wordt dan door het gewas kan worden opgenomen (evenwichtsbemesting), kan dit probleem verminderen. De termijn waarop deze effecten zich zullen manifesteren is afhankelijk van de verblijftijd van het water (van enkele bij oppervlakkige en ondiepe afstroming tot enkele honderden jaren bij diepe grondwaterstromen). Het huidige grondwater is op veel plaatsen inmiddels verrijkt. Deze nalevering kan bij beekherstel een belangrijke bron van storing worden. Uiteraard moet de verlaging in een zo groot mogelijk deel van het stroomgebied of deelstroomgebied plaatsvinden.

Het opheffen van huishoudelijke lozingen

Circa 5 % van de woningen zijn niet op een rioolstelsel aangesloten. Deze veroorzaken lozingen van huishoudelijk afvalwater op oppervlaktewateren. Ongezuiverde lozingen zijn bezwaarlijk voor de kwaliteit van het ontvangende oppervlaktewater. Opheffing van lozingen komt de levensgemeenschap direct ten goede. Een nadeel zijn de vaak hoge kosten, met name bij aansluiting op de riolering. Het zuiveringsrendement van (mini-)helofytenfilters, van composteertoiletten en andere zogenaamde IBA-systemen, kan aanzienlijk zijn. Een mogelijk bezwaar is, dat deze oplossingen afhankelijk zijn van de welwillendheid van en de acceptatie door de individuele burger.

Het opheffen van overstorten

Overstorten werken onregelmatig en veroorzaken daardoor een discontinue verstoring van de stroming, de zuurstofhuishouding en de levensgemeenschap. Op langere termijn nemen de hoeveelheid slib en microverontreinigingen toe. De frequentie en grootte van piekmissies bepalen de mate van het ecologisch effect. Het verminderen van de overstortfrequentie bijvoorbeeld door de aanleg van een verbeterd gescheiden rioolstelsel of het opheffen van de overstort (onder andere door het creëren van een grotere berging in het stelsel) leidt tot ecologische verbetering.

Het verbeteren van RWZI's

Lozingen van het afvalwater (effluent) van een RWZI leiden tot verontreiniging van het ontvangende oppervlaktewater. Hierbij moet gedacht worden aan de (rest-)lozing van zuurstofbindende stoffen en nutriënten, de lozing van bacteriën en andere micro-organismen, en de lozing van restslib en microverontreinigingen. Deze lozingen hebben in de regel belangrijke effecten op de aquatische levensgemeenschappen. Verminderen van de lozingen leidt in kwalitatieve zin tot verbetering van de omstandigheden voor beekorganismen. Verdergaande stikstof- en fosfaatverwijdering en nageschakelde technieken om zwevende stof en daarmee microverontreinigingen te beperken zijn kostbaar maar altijd nog goedkoper dan het later saneren van de beekbodem.

Het scheiden van waterstromen

Onder het scheiden van waterstromen wordt verstaan het isoleren van (afval-)waterstromen afkomstig van stedelijk (effluent, overstorten), industrieel en/of landbouwgebied. Met deze scheiding wordt de afvalstroom en daarmee de belasting met voedingsstoffen, toxicanten en andere stoffen van de beek afgeleid. Het scheiden van waterstromen is een

Slangenwortel kan met wat minder voedingsstoffen toe.



effectgerichte maatregel en heft de bron van vervuiling niet op. Andere beken of waterlopen, de zogenaamde opofferingsbeken, worden hierdoor vaak extra belast. Het scheiden en isoleren van afvalwaterstromen van verschillende herkomst verbetert de kwaliteit van de oorspronkelijke beek. Het wegvallen van de toevoer kan in kleinere beken aanleiding zijn tot vermindering van de stroomsnelheid en tot droogvalling.

Het plaatselijk verlagen van het maaiveld

Veel beekbegeleidende gronden kampen met verdrogingsverschijnselen als gevolg van een te lage gemiddelde grondwaterstand. Hierdoor is de kans op ontwikkeling van karakteristieke vochtminnende beekbegeleidende vegetaties gering. Door voorzichtig afschrapen van de bovenlaag van de bodem (zonder te 'roeren') wordt het maaiveld naar het grondwater toegebracht. Met het verwijderen van de vaak in het verleden ontstane teeltlaag worden oude beekafzettingen weer aan de oppervlakte gebracht. Ook wordt in veel gevallen een belangrijk deel van de in de bodem opgeslagen voedingsstoffen en microverontreinigingen verwijderd. Dit levert een schoner, voedselarmer milieu op. Maaiveldsverlaging biedt mogelijkheden voor de aanleg van inundatiezones. Het voorkomt een gestoorde successie van de vegetatie en biedt een versnelling van de gewenste ontwikkeling.

[119

Het aanleggen van helofytenfilters

Een helofytenfilter is een combinatie van planten (biezen of riet die in de waterbodem wortelen) en aangehechte bacteriën, epifyten en epifauna waartussen zwevende stof kan bezinken. De voedingsstoffen worden zo uit het passerende water opgenomen (met name in zomerhalfjaar). Voor het zuiveringsrendement is zowel de verblijftijd als de nutriëntenbelasting per oppervlakte-eenheid van belang. Over het rendement van helofytenfilters lopen de meningen en ervaringen sterk uiteen. Helofytenfilters nemen ruimte in, de zuiverende werking vindt met name plaats in het zomerhalfjaar en door wegzijging kan grondwaterverontreiniging optreden. Dit kan worden voorkomen door het filter van het grondwater af te sluiten (kostbaar). In bepaalde perioden van het jaar kan nalevering van nutriënten optreden. Als gevolg van oplading van de bodem moet mogelijk al na enkele jaren de bagger worden verwijderd. Uiteraard moet de vegetatie regelmatig worden geoogst. Helofytenfilters zijn minimoerasjes die levensmogelijkheden aan allerlei moerasorganismen bieden.

Het aanleggen van horse-shoe wetlands

Veel ondiep geïnfiltreerd water inclusief opgeloste stoffen wordt via drainagesystemen afgevoerd naar het oppervlaktewater. Deze drainagesystemen vormen (talrijke) puntbronnen van voedingsstoffen. Door het aanleggen van horse-shoe wetlands tussen de uitmonding van de drainagesystemen en de beek kan de nutriëntenbelasting worden verminderd. Ook kunnen greppels en kleine sloten in een horse-shoe

wetland uitmonden of zelf als zodanig functioneren. Omdat drainagewater doorgaans arm is aan zwevende stoffen, is het bezinkingseffect bij horse-shoe wetlands verwaarloosbaar. Wel worden voedingsstoffengehalten verlaagd. De mate van reductie is van het (groei-)seizoen afhankelijk. Daarnaast hebben horse-shoe wetlands een gering vertragend effect op de afvoer van water naar de beek.

Het aanleggen van bufferzones

Het inrichten (en beheren) van beekbegeleidende bufferzones is een effectgerichte maatregel om de belasting van beken met nutriënten te reduceren. De werking van dergelijke bufferzones berust enerzijds op processen zoals de opname van fosfor (P) en stikstof (N) door planten, denitrificatie (N), adsorptie aan ijzer- en aluminium-hydroxiden (P) en precipitatie van calcium- en magnesiumfosfaten (P), waardoor stoffen permanent of tijdelijk in het buffersysteem worden gebonden. Daarnaast vormen bufferzones fysieke barrières voor de aanvoer van sediment en voedingsstoffen door wind en afstroming. Een minder vergaande inrichting is het toewijzen of aanleggen van een braakliggende akkerrand of extensief beheerde oeverstrook.

6.5 Beheer en onderhoud

Het achterwege laten van onderhoud

Veruit de meest belangrijke maatregel in natuurlijke beken is het achterwege laten van onderhoud. Ingevallen bomen en takken moeten in de beek blijven om de natuurlijke beekprocessen te garanderen. Het achterwege laten van onderhoud kan ook bijdragen aan het herstel van retentie in de beek, aan vorming van meanders, aan lengte- en dwarsprofielontwikkeling, aan verhoging van de interne dynamiek en variatie en aan de biodiversiteit.

Het verwijderen van maaisel

Het verwijderen van maaisel komt in natuurlijke beken niet voor. Onderhoud wordt daar niet gepleegd. Echter indien sprake is van noodzakelijk onderhoud bijvoorbeeld in cultuurhistorisch waardevolle beken zoals sprengbeken dan is onderhoud ondersteunend. Het verwijderen van maaisel voorkomt het opnieuw inspoelen in de beek van de vrijgekomen anorganische en organische stoffen.

Het uitrasteren van de beekoever

Beken dienen altijd met een strook van minimaal 5-10 meter maar bij voorkeur 25-50 meter uitgerasterd te worden. De oevervegetatie moet zich ongestoord kunnen ontwikkelen en hierbij zijn grote grazers ongewenst, zeker in de ontwikkelingsfase. Maar ook dient deze strook ter bescherming van het beekmilieu tegen het direct inspoelen, inwaaien of actief inbrengen van vervuulende stoffen zoals bestrijdingsmiddelen en meststoffen.

Naar een natuurlijk peilbeheer

Peilbeheer met behulp van stuwen en dergelijke is in een natuurlijke beek niet aan de orde. Wordt een peil nog kunstmatig gehandhaafd dan dient te worden gestreefd naar een natuurlijk peilverloop in de tijd zonder kunstmatige stuwning.

Het plaatsen van de beek op de legger t.b.v. natuurlijk beekbeheer

Wanneer natuurlijk beekbeheer, meestal niets doen, is geaccepteerd dan kan de beek op de legger worden geplaatst en is wettelijke bescherming mogelijk.



Emergerende libel: een nieuw begin.

7 Literatuur

- Anderson N.H. & Sedell J.R.** 1979. Detritus processing by macroinvertebrates in stream ecosystems. *Ann. Rev. Entomol.* 24: 351-377.
- Bal et al**, in prep. Handboek natuurdoeltypen in Nederland. Rapport EC-LNV, Wageningen.
- Bal D., Beijer H.M., Hoogeveen Y.R., Jansen S.R.J. & Van der Reest P.J.** 1995. Handboek voor Natuurdoeltypen in Nederland. IKC-Natuurbeheer nr. 11, Wageningen. Min. van LNV, Wageningen. 408 p.
- Breeuwsma A., Reijerink J.G.A. & Schoumans O.F.** 1990. Fosfaatverzadigde gronden in het oostelijk, centraal en zuidelijk zandgebied. Rapport 68 Staringcentrum, Wageningen.
- Calow P. & Petts G.E.** 1992. The rivers handbook. Hydrological and ecological principles. Volume one. Blackwell Scientific Publications, London. 526 pp.
- CUWVO** 1988. Ecologische kwaliteitsdoelstellingen voor Nederlandse oppervlaktewateren. Coördinatiecommissie Uitvoering Wet Verontreiniging Oppervlaktewateren. 154 pp.
- Duursema G. & Torenbeek R.** 1997. Beken in Drenthe, een onderzoek naar ecologie en natuur op basis van macro-evertetraten. Zuiveringsschap Drenthe.
- Grime J.P.** 1979. Plant strategies and vegetation processes. Wiley and Sons, Chichester. 222 pp.
- Hickin E.J. & Nansen G.C.** 1984. Lateral migration rates of river bends. *Journal of Hydraulic Engineering ASCE*, vol. 10.
- Higler L.W.G. & Mol A.W.M.** 1985. Ecological types of running water based on stream hydraulics in the Netherlands. *Hydrobiol. Bull.* 18: 51-57.
- Higler L.W.G.** 1993. The riparian community of north-west European lowland streams. *Freshwater Biology* 29: 229-241.
- Nijboer, R.C.** 1996. IJzeradditie in een geëutrofiëerde sloot; effecten op plantengroei, sulfide- en nutriëntengehalte. Katholieke Universiteit Nijmegen, Vakgroep Oecologie, Afdeling Aquatische Oecologie & Milieubiologie. Verslag nr. 411.
- Nijboer R.C.** 2000. Beek- en rivierbegeleidende wateren: een toekomstvisie voor de 21ste eeuw. In 'Beken in de 21ste eeuw. De ideale beek vanuit maatschappelijk, technisch en ecologisch perspectief.', Piet F.M. Verdonschot (red.). WEW themanummer.
- Nijboer R.C. & Verdonschot P.F.M.** 2000. Zeldzaamheid macrofauna Nederland. Naar een lijst van regiospecifieke en nationale zeldzaamheid voor de Nederlandse macrofaunasoorten. Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte.

- Nijboer R.C., Jaarsma N.G., Verdonshot P.F.M., van der Molen D.T., Geilen N. & Backx J.** (in prep.). Natuurlijke levensgemeenschap van de Nederlandse binnenwateren, deel 3, Alterra, Wageningen. Rapport EC-LNV nr. AS-03.
- Oosterloo W.** 1984. De Veluwe beken en referentietypologie van verschillende beektypen. Concept rapport Zuiveringschap Veluwe.
- Paarlberg A. & Tolkamp H.H.** 1990. Macrofauna van de Zuid-Limburgse beken. Publ. Natuurhist. Gen. Limburg 38/1 69-79.
- Peeters E.T.H.M. & Gardeniers J.J.P.** 1992. Ecologische beoordeling en beheer van oppervlaktewateren. Beoordelingssysteem voor stromende wateren op basis van macrofauna. STOWA, 92-07, Utrecht.
- Quak, J., P. Riemersma, G.C.W.M. Goeting, P.A.C.A. Scheepers, 1996.** Onderzoek visstand-watersysteem Mark en Vliet. Verantwoordingsrapport. Organisatie ter Verbetering van de Binnenvisserij, Nieuwegein, 59 pp.
- Raat J.P.** 1994. Vismigratie, visgeleiding en vispassages in Nederland. Studiedag Vismigratie, Jaarbeurs Utrecht 1993. OVB, Nieuwegein.
- Redeke H.C.** 1948. Hydrobiologie van Nederland. De zoete wateren. Backhuys en Meesters, Amsterdam, 579p.
- Schaminée J.H.J., Stortelder A.H.F. & Westhoff V.** 1995. De vegetatie van Nederland. I. Inleiding tot de plantensociologie: Grondslagen, methoden en toepassingen.
- Smissaert H.R.** 1959. Limburgse beken. Natuurhistorisch maandblad 48 (1-2): 7-78.
- STORA** 1989. Kenmerken van niet rechtstreeks door afvalwater beïnvloed binnenwater. (interimverslag). STORA, Rijswijk. 105 pp.
- Stuyfzand P.J.** 1986. Een nieuwe hydrochemische classificatie van watertypen met Nederlandse voorbeelden van toepassing. H₂O (19) 23: 562-568.
- Torenbeek R. & Van Gijzen M.E.A.** 1990. Ecologische doelstellingen en beoordelingsmethode voor stromende wateren. Zuiveringschap Drenthe. 84 pp. + bijlagen.
- Van der Hoek W. & Higler B.** 1993. Deelprogramma Natuurontwikkeling. Natuurontwikkeling in beken en beekdalen: Verkennende studie naar de mogelijkheden van natuurontwikkeling in beek- en beekdalsystemen in Nederland. NBP-onderzoeksrapport 3, IBN-DLO, Wageningen.
- Van der Vlies** 1996. Beken natuurlijk in beweging. Werken aan schoon slingerend water. Vogelbescherming Nederland, Zeist. 143 p.
- Van Wirdum G.** 1991. Vegetation and hydrology of floating rich-fens. Proefschrift, Universiteit van Amsterdam, Amsterdam. 310 pp.
- Verdonshot P.F.M.** 1990. 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.

- Verdonschot P.F.M.** 1991. The web-approach: a tool in water management. In: Ecological Water Management in Practice (Proceedings of the technical meeting held in Ede, The Netherlands, 3 October 1990). Proc. and Inf. CHO-TNO, 45: 59-76.
- Verdonschot P.F.M.** 1993. Beken en beekdalen in Nederland; ecologische referenties en natuurdoeltypen. In: De toekomst van beekdalen. Besturen van stromen. (red. H. Kraal, R. Roos, R. Santema, R. van de Sande, J. Mulders). Stichting Natuur & Milieu, Utrecht: 16-34.
- Verdonschot P.F.M.** 2000. Natuurlijke levensgemeenschappen van de Nederlandse binnenwateren, deel 1 Bronnen. Alterra, Wageningen. Rapport EC-LNV, nr. AS-01.
- Verdonschot, P.F.M.,** 2001. Doelsoortenlijst van geselecteerde aquatische macrofauna in Nederland. Alterra, Wageningen.
- Verdonschot P.F.M., Schot J.A. & Scheffers, M.R.** 1993. Potentiële ecologische ontwikkelingen in het aquatisch deel van het Dinkelsysteem. IBN rapp. 004: 1-128.
- Verdonschot P.F.M.** (red.), 1995. Beken stromen, Leidraad voor ecologisch beekherstel. Handleiding opgesteld door WEW in opdracht van de STOWA. STOWA-rapport 95-03, WEW-06. 236 pp.
- Verdonschot P.F.M., Peeters E.T.H.M., Schot J.A., Arts G., van der Straten J. & van den Hoorn M.** 1997. Waternatuur in de regionale blauwe ruimte. Gemeenschapstypen in regionale oppervlaktewateren. Natuurverkenningen '97, Achtergronddocument 2A, Informatie- en KennisCentrum Natuurbeheer, Wageningen. 276 pp.
- Verdonschot P.F.M., Driessen J.M.C., Mosterdijk H.G. & Schot J.A.** 1998. The 5-S-Model, an integrated approach for stream rehabilitation. In: H.O. Hansen & B.L. Madsen, River Restoration '96, Session lectures proceedings. International Conference arranged by the European Centre for River Restoration: 36-44. National Environmental Research Institute, Denmark.
- Verdonschot P.F.M. & Nijboer R.C.** 2000. Actueel en potentieel ecologisch typologisch netwerk van beken in Nederland. Alterra, Wageningen. (in prep.).
- Verdonschot P.F.M., Nijboer R.C., Jansen & Van den Hoorn** 2000. Ecologische typologie, ontwikkelingsreeksen en waterstreefbeelden Limburg. Deelproject IIa: Ecologisch-typologische analyse. Alterra, Wageningen. 171.2.
- Verdonschot, P.F.M., Talsma M. & Vlies M. van der** 1997. Verslag themamiddag: 'Ecologische instrumenten bij het waterbeheer'; een eerste verkenning. Werkgroep Ecologisch Waterbeheer. Nieuwsbrief 26: 19-24.

- Vriese F.T., G.A.J. de Laak & S.A.W. Jansen**, 1994. Analyse van de visfauna in de Limburgse beken. Organisatie ter Verbetering van de Binnenvisserij, OVB- onderzoeksrapport 1994-13 Nieuwegein, 88 pp.
- WBW** 1977. Handboek Biologische Waterbeoordeling. Werkgroep Biologische Waterbeoordeling, TNO, Delft. 251 pp.
- Weber-Oldecop D.W.**, 1969. Wasserpflanzengesellschaften im östlichen Niedersachsen. Dissertation Hannover. 171 pp.
- Wiggins G.B., Mackay R.J. & Smith I.M.** 1980. Evolutionary and ecological strategies in annual temporary pools. Arch. Hydrobiol. Suppl. 58: 97-206.

Bijlage 1: Begeleidingscommissie Aquatisch Supplement

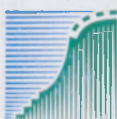
L. van den Aarsen/ J. van Bodegraven C. Roos/ M.Schreijer	Ministerie LNV, Directie Natuurbeheer Hoogheemraadschap Uitwaterende Sluizen in Hollands Noorderkwartier
M. van der Vlies H. Boeijen	Waterschap de Maaskant Zuiveringschap Hollandse Eilanden en Waarden
H. de Haan	Provincie Fryslân, Afdeling Milieu en Water
B. van der Wal	Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer (STOWA)
W. Ligtoet	RIVM
P. Verdonschot	Alterra, Afdeling Ecologie en Milieu
R. Nijboer	Alterra, Afdeling Ecologie en Milieu
D. van der Molen	RIZA
D. Bal	Expertisecentrum LNV
C. Bisseling	Expertisecentrum LNV (voorzitter)
M. Fellingier	Expertisecentrum LNV (secretaris)

Bijlage 2: Deelnemers expert-workshop beken

P. Verdonshot	Alterra, Afdeling Ecologie en Milieu
A. Klink	Adviesbureau Klink
H. Mosterdijk	Buro Biopt
M. van der Vlies	Waterschap de Maaskant
W. van de Hoek	EcoQuest
M. Meier	Hoogheemraadschap West-Brabant
R. Buskens	IWACO
P. Voorn	Waterschap de Dommel
H. Wanningen	Waterschap Hunze en Aa's
R. Torenbeek	Waterschap Reest en Wieden
E. Bakker	Waterschap Rijn en Ijssel
R. Gubbels	Waterschap Roer en Overmaas
M. Koopmans	Waterschap Veluwe
M. Lambrichts	Zuiveringschap Limburg
M. Fellingner	EC-LNV (voorzitter)



ALTERRA



landbouw, natuurbeheer
en visserij

Wageningen 2000