

Deelprogramma Natuurontwikkeling

Natuurontwikkeling in beken en beekdalen;
verkennende studie naar de mogelijkheden van
natuurontwikkeling in beek- en beekdalsystemen
in Nederland

W. van der Hoek & B. Higler



Deelprogramma Natuurontwikkeling

Natuurontwikkeling in beken en dalen; verkennende studie naar de mogelijkheden van natuurontwikkeling in beek- en beekdalsystemen in Nederland

W. van der Hoek & B. Higler (IBN-DLO)

rapport in opdracht van

Dienst Landbouwkundig Onderzoek

DLO-Instituut voor Agrobiologisch en Bodemvruchtbaarheidsonderzoek

DLO-Instituut voor Bos- en Natuuronderzoek

DLO-Staring Centrum

NBP-onderzoeksrapport 3 uitgegeven door

DLO-Instituut voor Bos- en Natuuronderzoek
Wageningen

1993

VOORWOORD

Op 27 mei 1991 heeft de Directie Wetenschap en Technologie aan de Dienst Landbouwkundig Onderzoek opdracht verleend tot het uitvoeren van verkennend onderzoek naar de mogelijkheden van natuurontwikkeling, onder meer in beekdalen. Dit verkennend onderzoek vindt plaats in het kader van het deelprogramma Natuurontwikkeling dat wordt uitgevoerd ten behoeve van de realisering van het Natuurbeleidsplan.

In deze studie is een overzicht van de thans beschikbare ecologische kennis met betrekking tot beekdalen opgesteld, is aangegeven welke ontwikkelingsmogelijkheden er voor dergelijke ecosystemen zijn en waar de omstandigheden gunstig zijn of gunstig gemaakt kunnen worden om de ontwikkeling van dergelijke ecosystemen in gang te zetten. Bovendien is aangeduid waar de belangrijkste kennislacunes zijn in dit veld.

Uit de studie blijkt dat er inderdaad mogelijkheden voor natuurontwikkeling in beekdalen zijn, maar dat er ook een aantal belangrijke knelpunten te onderkennen is. Het intensieve landgebruik van de meeste beekdalen maakt natuurontwikkeling in veel gevallen gecompliceerd. Een beekdal is meer dan een waterafvoerend kanaaltje met zijn directe omgeving.

In dit literatuuronderzoek worden de complexe landschapsecologische relaties van beekdalen beschreven. De beschrijving van de beïnvloeding van beekdalecosystemen door het klimaat, de geologie en de hydrologie vereiste een lijvig rapport. Ik hoop evenwel dat de leeswijzer en de overzichtelijke opbouw van het voorliggende rapport het de lezer voldoende vergemakkelijkt om inzicht te krijgen in de mogelijkheden van natuurontwikkeling in dit voor met name pleistoceen Nederland zo relevante ecosysteemtype.

Het DLO-Instituut voor Bos- en Natuuronderzoek, dat verantwoordelijk was voor de coördinatie van deze studie, heeft het overgrote deel van de uitvoering van het onderzoek opgedragen aan zijn medewerker drs. W.F. van der Hoek. Het past hier hem en zijn directe begeleiders, projectleider dr. L.W.G. Higler (IBN-DLO) en medebegeleider drs. R.H. Kemmers (SC-DLO), te complimenteren met de wijze waarin zij erin geslaagd zijn de mogelijkheden voor natuurontwikkeling in zo'n complex en sterk door mensenhand beïnvloed gebiedstype als de beekdalen in beeld te brengen.

dr. H.J.P.A. Verkaar
leider NBP-deelprogramma Natuurontwikkeling

DANKWOORD

Het is onmogelijk dat één persoon van zoveel markten thuis is dat hij/zij zelfstandig tot het samenbrengen van zoveel kennis in staat is. Op deze plaats moet ik dan ook een groot aantal mensen bedanken die op enigerlei wijze gedurende deze studie een helpende hand hebben toegestoken.

Allereerst wil ik mijn coördinator Bert Higler bedanken, die als continue vraagbaak met een uitgebreide boekenkast en als stimulerende discussiegenoot een zeer belangrijke bijdrage heeft geleverd bij de ontwikkeling van een integrale visie. Ook uit de kennis en de boekenkast van Rolf Kemmers ('coco'ördinator) zijn veel ideeën ontsproten die in dit project zijn verwerkt. Daarnaast moet ik Henk Wolfert (SC), Roelof Stuurman (IGG-TNO), Wim Wassink (LUW), Carleen Mesters (RUU), Herman Thunnissen (SC), Jaap Quak (OVb) en Gerard Gongrijp (IBN) bedanken die bereid waren zich te laten ondervragen over hun vakgebied en die mij dikwijls op het goede spoor hebben gezet, waar het ging om het vinden van de juiste literatuur. De deelnemers aan de Workshop Aspects of restoration of Dutch lowland streams, gehouden op 24 en 25 oktober 1991 in Motel de Cantharel te Ugchelen, hebben mij veel geleerd over de verschillende denkwijzen die er bij allerlei mensen van verschillende disciplines over beken en beekdalen bestaan. Met name Bernard Statzner, die in Duitsland al veel ervaring heeft opgedaan met beekherstel, was daar met zijn waarschuwingen, "dat hebben we allang geprobeerd, en dat ging dus fout", een inspirerende figuur. Ook Bob Petersen, die in Zweden in een voorheen genormaliseerde en gekanaliseerde beek, samen met een aantal boeren succes oogst met zijn building-blocks, moet ik bedanken voor zijn bereidheid 'over te komen' om ons op een zeer stimulerende manier (compleet met LEGO building-blocks) verslag te doen van zijn bezigheden.

Als laatste noem ik Piet Verdonschot, die langs de zijlijn kritisch heeft meegekeken en een aantal concepten van commentaar heeft voorzien. Het vertrouwen dat hij heeft getoond, om al in een vrij vroeg stadium de wijze van aanpak die in dit rapport wordt uitgewerkt te gaan 'testen' op het stroomgebied van de Dinkel, is voor mij een belangrijke indicatie geweest dat we op de goede weg zaten.

Wim van der Hoek, Leersum, juli 1993.

INHOUD

SAMENVATTING	15
DEEL 1: ALGEMENE INLEIDING	17
1. PROBLEEMSTELLING	19
2. DOEL EN VERANTWOORDING	22
3. WERKWIJZE	24
4. WEGWIJZER IN DIT RAPPORT	26
DEEL 2: BESCHRIJVING VAN PROCESSEN EN PATRONEN	29
1. BEKEN EN BEEKDALEN IN NEDERLAND:	
SYSTEEMBESCHRIJVING	31
1.1 Inleiding en systeemafbakening	31
1.1.1 Stroomgebieden	31
1.1.2 Beektypen: heuvellandbeken en laaglandbeken	32
<u>Regionale variatie</u>	33
1.1.3 Beektrajecten	34
1.1.4 Beekdallandschappen	36
1.2 Natuurdoeltypen	37
1.2.1 Inleiding	37
1.2.2 Omschrijving van natuurdoeltypen	38
1.2.3 Natuurdoeltypen in beken en beekdalen	40
2. BESCHRIJVING VAN PROCESSEN EN PATRONEN: KEUZE VAN RELEVANTE PARAMETERS	44
2.1 Ecologische concepten over stromende wateren en hun omgeving	44
<u>Stroomgebiedbenadering</u>	44
Classificatie van stromend water habitats	44
<u>River Continuum Concept</u>	49
2.2 Klimaat. Neerslag en verdamping: Neerslagoverschot en -verdeling	53
<u>Algemeen</u>	53
<u>Neerslag</u>	53
<u>Verdamping</u>	53
<u>Neerslagoverschot</u>	55

	<u>Neerslagverdeling</u>	56
	<u>Neerslagkwaliteit</u>	58
2.3	Geologie van Nederland in kort bestek: geologische aspecten van natuurontwikkeling in beken en beekdalen	61
2.3.1	Inleiding	61
2.3.2	De geologie van Nederland in kort bestek	61
2.4	Geomorfologie van Nederlandse beken en beekdalen:	
	Een overzicht	67
2.4.1	Inleiding	67
2.4.2	Reliëf: Indicaties van stroomrichting en stroomsnelheid	67
2.4.3	Regionale geomorfologische patronen en processen:	
	Stroomdalen	73
	Morfologische patronen: Reliëf	73
	Morfologische processen: Stroomdalontwikkeling	75
2.4.4	Lokale geomorfologische patronen en processen:	
	Beken en beekdalen	76
	Morfologische patronen: Verhang	76
	Morfologische processen: Stroombedontwikkeling en meandering	76
2.5	Hydrologie en bodem in beek- en beekdallandschappen:	
	Een overzicht	83
2.5.1	Tussen infiltratie en kwel	83
2.5.2	Grondwaterstromingsstelsels in Nederland	86
	<u>Waterkwalitatieve aspecten</u>	88
2.5.3	Regionale hydrologie: Stroomgebieden	89
	<u>2de orde grondwaterstromingsstelsels</u>	89
	Grondwaterstroming in stroomgebieden	89
2.5.4	Lokale hydrologie: Beken en beekdalen	92
	<u>Hydrologische begrenzing van het beekdal</u>	92
	<u>Grondwaterstand en grondwatertrappen</u>	93
	<u>Relatieve grootte van waterstromen: globale waterbalans</u>	95
	<u>Waterkwalitatieve aspecten</u>	97
	<u>Lokale grondwaterstroming</u>	100

	<u>Variabiliteit van hydrologische patronen op lokaal niveau</u>	101
2.6	Ecologie van beken en beekdalen	106
2.6.1	Inleiding	106
	Nutrient spiralling (Webster, 1975)	106
	Landschapsecologische concepten (grondslagen)	108
2.6.2	Beekbegeleidende vegetaties	111
2.6.2.1	Inleiding	111
2.6.2.2	Abiotisch kader	111
2.6.2.3	Vegetatiegemeenschappen van 'natuurlijke' heuvelland- en laagland-beekdalen	115
2.6.2.4	Vegetatiegemeenschappen van 'halfnatuurlijke' heuvelland- en laaglandbeekdalen	118
2.6.3	Aquatise flora- en faunagemeenschappen in beken	121
	<u>Hydrobiologische districten</u>	121
	<u>Reliëfrijke districten</u>	121
	<u>Hoger gelegen zandgronden</u>	123
	<u>Watertypen en aquatische ecotootypen</u>	123
	<u>Aquatise levensgemeenschappen</u>	124
2.6.4	Vissen in beken	127
2.6.5	Fauna in beekdalen	130
3.	LEEMTEN IN DE BESCHIKBARE KENNIS	135
3.1	Algemeen	135
3.2	Klimaat	135
3.3	Geologie	135
3.4	Geomorfologie	136
3.5	Hydrologie en bodem	136
3.6	Ecologie	138
	<u>Terrestrisch</u>	138
	<u>Aquatise</u>	139
	DEEL 3: BEÏNVLOEDINGEN DOOR DE MENS	143
1.	Landgebruikspareters	145
1.1	Inleiding	145
1.2	Grondgebruik	145
1.3	Bemesting	150

1.4	Drainage	155
1.5	Grondwateronttrekking	158
1.6	Normalisatie, kanalisatie en regulatie	161
1.7	(An)organische belasting door lozingen	164
1.8	Lozingen van toxische stoffen	165
1.9	Atmosferische depositie	166
2	MAATREGELLEN TEN BEHOEVE VAN NATUURONTWIKKELING	172
2.1	Inleiding: indeling van maatregelen	172
2.2	Maatregelen waarmee klimatologische randvoorwaarden worden beïnvloed	173
	<u>Bepanting gericht op het beïnvloeden van de hoogte van de verdamping</u>	173
2.3	Maatregelen waarmee (geo)morfologische randvoorwaarden worden beïnvloed	174
	<u>Voorgeschiedenis</u>	174
	<u>Veranderen of verwijderen van oever- en/of bodemverstevigende materialen</u>	175
	<u>Verminderen van het aantal kunstwerken dat de stroomsnelheid beïnvloedt</u>	175
	<u>(Her)meandering</u>	176
	<u>Herprofileren (verondiepen)</u>	180
	<u>Aanleg bergingsfaciliteiten e.d. t.b.v. retentie van water</u>	181
2.4	Maatregelen waarmee geologische en bodemkundige randvoorwaarden worden beïnvloed	181
	<u>Grondverzet</u>	181
	<u>Veenontwikkeling</u>	182
2.5	Maatregelen waarmee hydrologische randvoorwaarden worden beïnvloed	182
2.5.1	Maatregelen die een meer 'natuurlijk' afvoerregime voorstaan (kwantitatief waterbeheer)	182
	<u>Verwijderen van stuwen</u>	182
	<u>Aanleg bufferzones (bufferstrips)</u>	182
	<u>Vermindering van drainage</u>	183
	<u>Stimuleren veenontwikkeling</u>	183

	<u>Herprofileren (verondiepen)</u>	184
	<u>Meanderontwikkeling</u>	184
	<u>Aanleg bergingsfaciliteiten en nevengeulen</u>	184
	<u>Beïnvloeding van de hoogte van de verdamping door gerichte beplanting</u>	185
2.5.2	Maatregelen ter verbetering van de waterkwaliteit	185
	<u>Vermindering van bemesting</u>	185
	<u>Afleiden/saneren van lozingen (r.w.z.i.'s. overstorten, e.d.)</u>	186
	<u>Aanleg bufferzones (bufferstrips)</u>	187
	<u>Verminderen van atmosferische depositie</u>	187
2.6	Maatregelen waarmee ecologische randvoorwaarden worden beïnvloed	188
	<u>Algemeen</u>	188
2.6.1	Flora	189
	<u>Beplanten van oevers en bufferzones ((her)introductie)</u>	189
	<u>Gerichte ontwikkeling van (korte) vegetaties</u>	189
	<u>Spontane ontwikkeling van oevers en bufferzones</u>	190
	<u>Beheer van gesloten (bos)vegetaties</u>	190
	<u>Beheer van open korte vegetaties</u>	191
2.6.2	Fauna	191
	<u>Aanleg passeerbare kunstwerken</u>	191
	<u>(Her)introductie van soorten</u>	192
3	LEEMTEN IN DE BESCHIKBARE KENNIS	198
3.1	Algemeen	198
3.2	Landgebruiksfactoren	198
3.3	Maatregelen	199
	DEEL 4: SYNTHESE	201
1.	Randvoorwaarden voor natuurontwikkeling met aanwijzingen voor inrichting en beheer	203
1.1	Inleiding	203
1.2	Situering van natuurdoeltypen binnen een (deel van een) stroomgebied: beheerseenheden	204
1.3	Ecologische randvoorwaarden voor Nederlandse beeksystemen	206

1.4	Beschrijving van Hoofdgroepen en hun beheer	208
1.4.1	Nagenoeg natuurlijke systemen (HGr 1): Natuurdoeltypen 1a en 1b	209
1.4.2	Begeleid-natuurlijke systemen (HGr 2): Natuurdoeltypen 2a en 2b	211
1.4.3	Half-natuurlijke systemen (HGr 3): Natuurdoeltypen 3a en 3b	213
1.4.4	Multifunctionele systemen (HGr 4): Natuurdoeltype 4	215
1.5	Keuze van natuurdoeltypen	219
1.6	Verbindingszones	220
1.7	Overzicht van natuurdoeltypen met aanbevelingen voor inrichting en beheer	223
2.	GEOGRAFISCHE KANSRIJKDOM EN HAALBAARHEID	240
2.1	Inleiding	240
2.2	Geografische kansrijkdom	241
2.2.1	Algemeen	241
2.2.2	HGr 1 en HGr 2	244
2.2.3	HGr 3	245
2.2.4	HGr 4	246
2.2.5	Verbindingszones	246
2.3	Haalbaarheid	248
2.3.1	Ecologisch kader: geografische kansrijkdom	248
2.3.2	Planologische aspecten	248
2.3.3	Sociaal-economische aspecten	249
2.3.4	Beheerstechnische aspecten	251
2.3.5	Conclusies	251
	BIJLAGEN	255
	BIJLAGE 1:	
	Geologische formaties: Ranges in samenstelling en afmetingen (dikte en diepteligging) (naar: RGD, 1975)	257
	BIJLAGE 2:	
	Verbreiding van geologische Formaties (uit: RGD: 1975)	261

BIJLAGE 3:	
Schematisch overzicht van de beekstelsels en beken in Nederland (gemodificeerd naar Semmekrot, 1992)	269
BIJLAGE 4:	
Vegetaties in 'natuurlijke' beeklandschappen.	280
BIJLAGE 5:	
Plantengemeenschappen van 'halfnatuurlijke' beekdal- vegetaties in het stroomgebied van de Drentse Aa	287
BIJLAGE 6:	
Aquatiscche ecotootypen	292
a) Hiërarchische indeling van de indelingskenmerken.	
b) Omschrijving van aquatische ecotootypen en bijbehorende (zeer) karakteristieke soorten.	

SAMENVATTING

In ecologisch opzicht gaat het niet goed met de beken en beekdalen in Nederland. Ongeveer 95% van de totale lengte aan kleinere stromende wateren, die ons land rijk is, wordt beïnvloed door menselijke activiteiten zoals vormaangepassing (normalisatie), aanpassingen van het afvoerpatroon (regulatie, drainage, grondwateronttrekking) en lozingen van organische en anorganische, soms toxische, stoffen.

In de politiek (NBP, Derde Nota Waterhuishouding) is een tendens waar te nemen die duidt op een maatschappelijke noodzaak/behoefte het ecologische functioneren van natuurlijke systemen w.o. stromende watersystemen te verbeteren. Dit rapport is het resultaat van een verkennende studie naar toekomstige mogelijkheden van beekherstel.

In DEEL 2 van dit rapport is een inventarisatie gemaakt van ecologisch belangrijke kenmerken van beeksystemen vanuit klimatologische, geologische, (geo)morfologische, hydrologische en bodemkundige en biologische invalshoek. Er is een beeld geschetst van de processen die bij het stromen van grond- en oppervlaktewater een rol spelen en tot welke patronen deze processen leid(d)en. Speciale aandacht gaat daarbij uit naar parameters waaraan de toestand of het functioneren van het (water)systeem te verifiëren is.

In DEEL 3 zijn verschillende menselijke activiteiten beschreven die vanuit het oogpunt van natuur negatief inwerken op beek- en beekdalsystemen. Daarbij is getracht weer te geven hoe deze activiteiten de loop van belangrijke processen en daaruit ontstane patronen beïnvloedt. Hieruit ontstaat tevens een beeld van de parameters die in het kader van natuurontwikkeling als stuurvariabelen kunnen worden benut.

Met deze informatie is een overzicht samengesteld van ingrepen en maatregelen die in de toekomst kunnen bijdragen aan het ecologisch herstel van beek- en beekdalecosystemen. Op basis van in het beleid voorgestelde procedures worden in DEEL 4 natuurdoeltypen nader uitgewerkt (NBP, 1989; Meerjarenprogramma Natuur en Landschap 1992-1996, 1991).

Uit de voorgaande onderzoeken komt naar voren dat:

Beken en beekdalen zijn stromend-watersystemen. Zij voeren het neerslagoverschot uit een bepaald gebied af. Dit gebied noemt men het stroomgebied. Het stroomgebied moet worden beschouwd als de basiseenheid voor ecologisch herstel van het watersysteem. De beek en het aangrenzende beekdal vormen hier slechts een onderdeel van.

Door de niet constante verdeling van neerslag in de tijd moeten beek- en beekdalsystemen als dynamische ecosystemen worden beschouwd (hydrologisch, morfologisch).

Het functioneren van beek- en beekdalsystemen wordt door tal van menselijke activiteiten beïnvloed. Beïnvloedingen betreffen vooral wijzingen in het stromen van grond- en oppervlaktewater en aan stromen van stoffen (w.o. nutriënten).

Wanneer men de menselijke invloeden in beek- en beekdalsystemen (stroomgebieden) beschouwt tegen de achtergrond van de 'aard' van dergelijke

systemen, leidt dit tot de volgende conclusies:

* herstel van beek- en beekdalecosystemen is in belangrijke mate een hydrologisch probleem.

** menselijke beïnvloeding van de waterkwaliteit door bemesting, lozingen e.d. (eutrofiëring door oppervlakkige, ondiepe en diepe aanvoer van nutriënten) is een probleem van gelijke orde.

***** de voor stromend-watersystemen karakteristieke hydro- en morfodynamiek is door de mens in de loop der tijd tot een 'aanvaardbaar' minimum teruggebracht. Herstel berust op (geleidelijke) herintroductie van dynamische processen en patronen.

***** juist het feit dat dynamische, vaak in temporeel- en spatieel opzicht onvoorspelbare, processen voor stromende wateren zo karakteristiek zijn, maakt het formuleren van concrete natuurdoelen (natuurdoeltypen) of streef-beelden (AMOEBE-benadering) voor een willekeurige lokatie zeer lastig, zoniet onmogelijk.

***** het uitzetten van een gewenste ontwikkelingsrichting met daaraan gekoppelde wensen/eisen t.a.v. menselijke activiteiten in het beekdal en evt. in de rest van het omringende stroomgebied, is in dit soort systemen een verstandiger manier van aanpakken.

DEEL 1: Algemene inleiding

- 1 Probleemstelling**
- 2 Doel en verantwoording**
- 3 Werkwijze**
- 4 Wegwijzer in dit rapport**

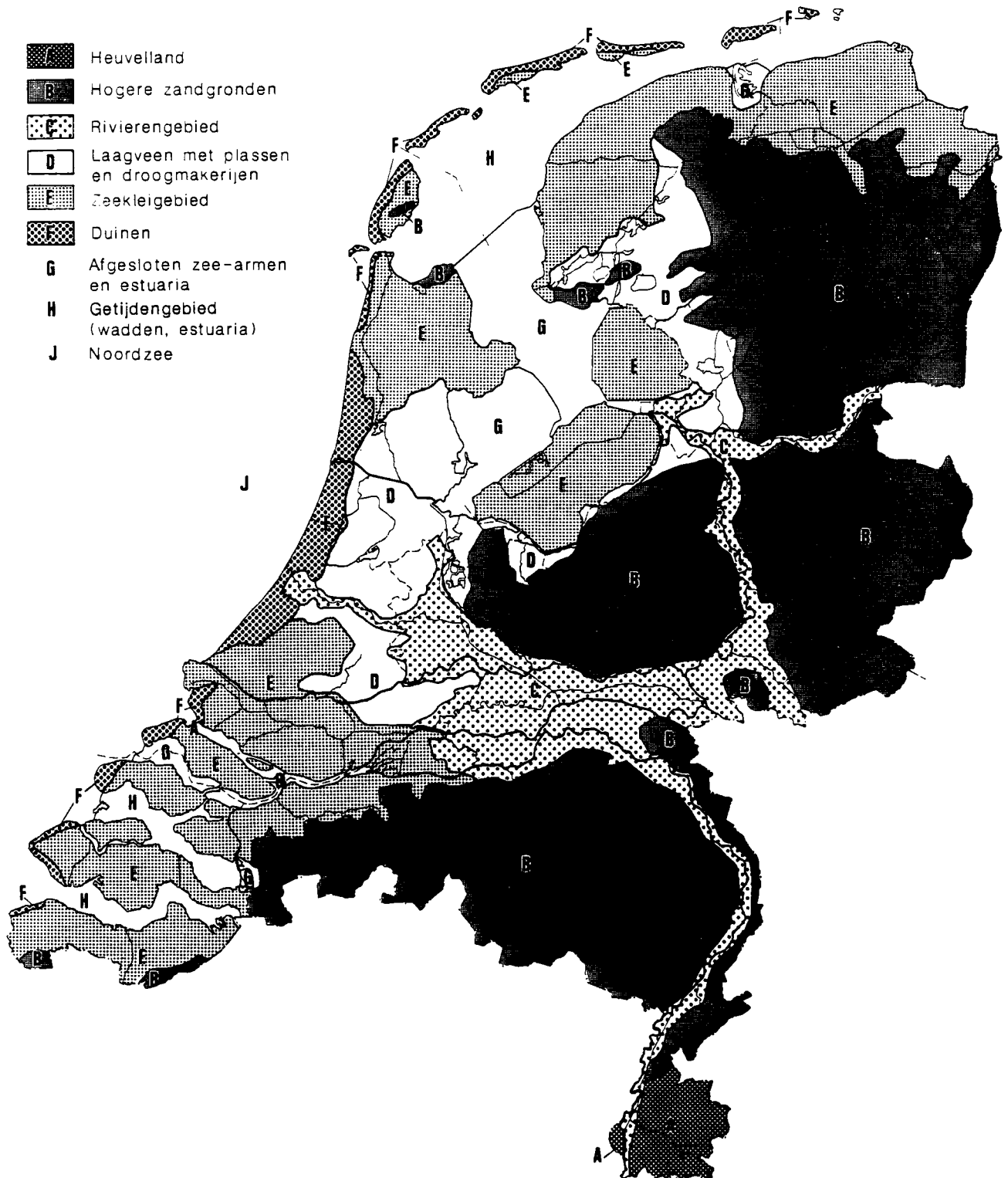


Fig. 1.1 Fysisch geografische regio's volgens het Natuurbeleidsplan (Natuurbeleidsplan, 1989)

1. PROBLEEMSTELLING

'Beken stromen'. Deze kernachtige stelling, geponeerd door Tolkamp (Tolkamp, 1980), omvat in grote lijnen de aard van de problematiek die in dit rapport aan de orde is. Op een groot gedeelte (95%) van de 3000 km beek, die actief beheerd worden in Nederland is deze stelling niet (meer) zonder meer van toepassing. Allerlei menselijke aanpassingen aan en in de omgeving van de van oorsprong stromende wateren hebben tot gevolg gehad dat sommige beken niet meer stromen of, zoals in veel gevallen, een gedeelte van het jaar stagneren of zelfs in het geheel geen water bevatten. Processen en patronen, in gang gebracht door uit het stroomgebied afstromend water, zijn drastisch gewijzigd. Dit had tot gevolg, dat in beken en beekdalen de heersende ecologische randvoorwaarden zo sterk veranderden, dat soms geheel nieuwe levensgemeenschappen zijn ontstaan. Faunagemeenschappen in de beek vertonen overeenkomst met levengemeenschappen uit stagnerende wateren en beekbegeleidende vegetaties vertonen tekenen van eutrofiëring en verdroging. Vaak bestaan ze uit monoculturen van Engels raaigras en maïs. Karakteristieke flora- en faunaelementen van beekdallandschappen worden hierdoor in Nederland steeds schaarser.

Hogere productiecijfers en een dalend grondgebruik in de landbouw naast een toenemend inzicht in de noodzaak van zorg voor de natuur hebben geleid tot een maatschappelijk streven naar vergroting van de oppervlakte van terrein met als hoofdfunctie natuur. Dit streven is vervat in het Natuurbeleidsplan (1989).

In het Natuurbeleidsplan zijn z.g. fysisch geografische regio's (FGR's) onderscheiden (fig. 1.1). Dit rapport behandelt de FGR's A heuvelland en B hogere zandgronden. Deze beide regio's omvatten een aanzienlijk deel van de oppervlakte van Nederland, n.l. het gehele Pleistoceen en Prepleistoceen. Enige overlap met andere FGR's (b.v. D laagveen) bestaat waar beken het holocene deel van Nederland doorsnijden.

In het Natuurbeleidsplan is tevens de z.g. ecologische hoofdstructuur (EHS) (fig. 1.2) vastgelegd, waarin kerngebieden en natuurontwikkelingsgebieden worden onderscheiden. Daarnaast zijn potentiële verbindingzones aangegeven. Onder kerngebieden verstaat men gebieden met in (inter)nationaal opzicht belangrijke, duurzaam te behouden ecosystemen. Natuurontwikkelingsgebieden zijn gebieden met goede mogelijkheden voor het ontwikkelen van natuurwaarden (veelal voormalige landbouwgronden). Verbindingszones vormen een onderdeel van de z.g. ecologische infrastructuur, die de migratiemogelijkheden van (sommige) soorten in een verregaand versnipperd landschap moet trachten te verbeteren. Een groot aantal beken en beekdalen is op de EHS-kaart aangegeven als potentiële verbindingzone. Bekken vormen immers aan de oppervlakte lijnvormige landschapselementen. Een beek en zijn omringende dal vormen echter maar een deel van het systeem. Het ecologisch herstel van beken en beekdalen vereist een aanpak vanuit een z.g. stroomgebiedsbenedering (watershed approach; Likens et al., 1977), waarbij duidelijk wordt dat het beschouwde gebied nauwe (m.n. hydrologische) relaties onderhoudt met zijn stroomgebied. In de begrenzing van de EHS is soms

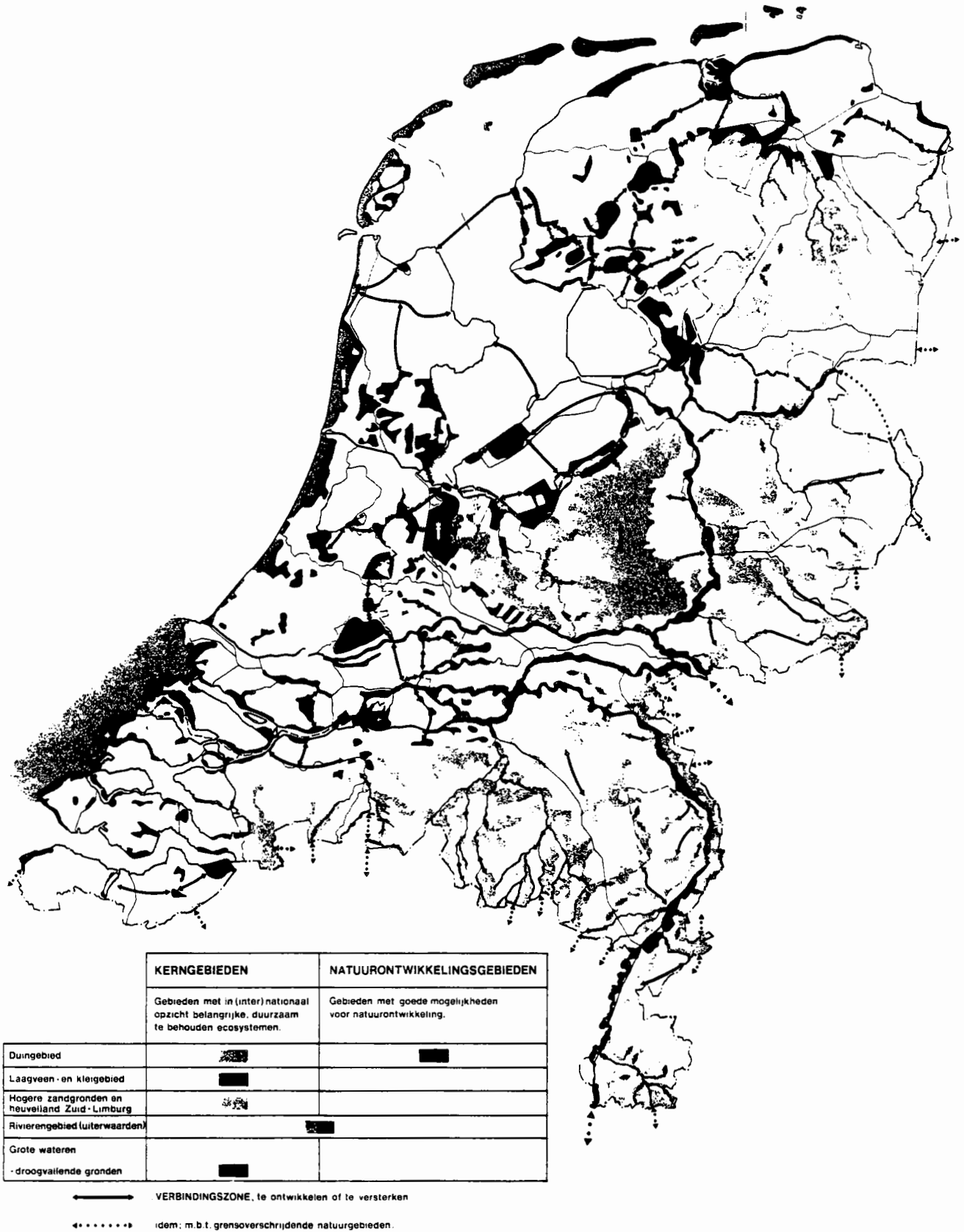


Fig. 1.2 De Ecologische hoofdstructuur (EHS) van Nederland (uit: Natuurbeleidsplan, 1989).

onvoldoende rekening gehouden met de ligging van stroomgebieden. Omdat bij het herstel van beek- en beekdalecosystemen in het kader van natuurontwikkeling een stroomgebiedsbenadering wordt voorgestaan, zijn hierbij dikwijls grotere gebieden gemeoid dan aangegeven in de EHS. Er bestaat een grote behoefte aan inzicht in de mogelijkheden van natuurontwikkeling in beken en beekdalen t.w. welke soorten natuur zijn te realiseren, waar is dat mogelijk en hoe wordt dit uitgevoerd.

Hiervoor is kennis vereist van aanwezige ecosystemen in Nederland nu en voorheen (historische referentie) maar ook van vergelijkbare systemen in het buitenland (geografische referentie). Daarnaast is kennis van processen in algemene zin noodzakelijk, omdat de toekomstige situatie in veel opzichten niet vergelijkbaar is met de huidige.

2. DOEL EN VERANTWOORDING

Zelfs binnen een klein land als Nederland is het aantal mensen dat zich op enigerlei wijze met beken en beekdalen bezighoudt groot. De variatie in inzichten omtrent invulling van het kaartbeeld van de EHS tot realisatie van meer natuurgebieden in ons land m.b.t. beken en beekdalen, is navenant groot. Er is geen consensus over het functioneren van beek- en beekdalsystemen in Nederland. Een gevolg hiervan is dat een aantal beekherstelprojecten wordt uitgevoerd op basis van niet wetenschappelijk onderbouwde criteria ('beken moeten kronkelen') en politieke beslissingen. Daardoor is het dikwijls zeer de vraag of het in dit soort projecten geïnvesteerd vermogen het functioneren van het bekeecosysteem, en daarmee de ecologische kwaliteit van het systeem, op de meest effectieve wijze ten goede komt.

Het belangrijkste **doel** van deze studie is daarom te inventariseren welke inzichten en kennis er bestaan m.b.t. het functioneren van beek- en beekdalsystemen in Nederland. Dat gebeurt aan de hand van selectie van een aantal factoren waarmee de (actuele of potentiële) toestand van ecosystemen in beken en beekdalen of delen daarvan kan worden gekarakteriseerd. Door het integreren van inzichten en kennis uit zeer verschillende disciplines kan een samenhangend beeld (systeembeschrijving) worden gevormd van de manier waarop de verschillende stuur- en volgparameters in beekdalsystemen op elkaar inwerken.

Aan de hand van de waarde van een aantal basale kenmerken (b.v. terreinhelling en verhang) in bestaande, relatief ongestoorde, beeksystemen in Nederland kan een beeld worden gevormd van de potentiële toestand (randvoorwaarden voor referenties en natuurdoeltypen). Met behulp van gegevens van de vroegere toestand van de beken, evt. van vergelijkbare systemen in het buitenland en algemene ecologische principes kan een beeld van de potentiële toestand worden vervolmaakt en gecompleteerd.

Daarnaast wordt geïnterviewd hoe maatschappelijke activiteiten via o.a. drainage, grondwateronttrekking en bemesting, invloed uitoefenen op beekdalsystemen als stelsels van aan elkaar gerelateerde patronen en processen (actuele toestand).

Vergelijking van resultaten van beide voorgaande exercities laat zien hoe de actuele toestand van de Nederlandse beken afwijkt van potentiële toestanden. Op basis van die vergelijking worden de factoren en relaties, die verschillen geanalyseerd en kan een ontwikkelingsrichting worden aangegeven van de huidige toestand naar een gewenste. Op basis hiervan worden voorstellen gedaan voor het nemen van maatregelen, die stap voor stap kunnen leiden tot een verbetering van de huidige situatie en dus tot een verhoging van de ecologische kwaliteit (natuurwaarde).

Er zal verder moeten worden beoordeeld hoe de mogelijkheden om het functioneren van beekdallandschappen in Nederland te verbeteren kunnen worden gerealiseerd (geografische kansrijkdom). Hierbij zal de afstand tussen

huidige en gewenste toestand in een aantal gevallen zeker een rol spelen. Naast ecologische dienen ook maatschappelijke randvoorwaarden t.a.v. het herstel van beekdallandschappen te worden ingebracht. Hiermee ontstaat een beeld van de realiseerbaarheid (haalbaarheid) van natuurontwikkeling in beken en beekdalen.

Bij de totstandkoming van dit rapport is vrij veel nadruk komen te liggen op het ontwikkelen en beschrijven van een systeemvisie van de beken en beekdalen in Nederland. Er is daardoor minder tijd gestoken in het ontwerpen en beschrijven van afzonderlijke natuurdoeltypen. Dit wordt veroorzaakt doordat voor de beken en beekdalen i.t.t. de andere Verkenningen Natuurontwikkeling nog geen z.g. Ecosysteemvisie voorhanden is. De inzichten die voor de totstandkoming van dit rapport zijn verworven zullen daarom grotendeels worden benut bij het opstellen van de Ecosysteemvisie Beken en Beekdalen die begin 1993 zal verschijnen.

3. WERKWIJZE

De Verkenning Natuurontwikkeling Beken en Beekdalen is in hoofdzaak een literatuurstudie. Daarnaast is d.m.v. het afnemen van interviews met deskundigen op voor de auteurs minder bekend terrein getracht een overzicht van nuttige kennis en literatuur op een reeks van vakgebieden te verkrijgen.

Dergelijke interviews zijn gehouden met: Sieuwke van der Werff, Jan Kalkhoven, Geert van Wirdum, Marjan Siebum, Joop Schaminee (vegetatiekundigen IBN), Rolf Kemmers (ecohydroloog, SC), Henk Wolfert (geomorfoloog, SC), Roelof Stuurman (hydroloog, IGG-TNO), Jaap Quak (vis-deskundige, OVB), Gerard Gongrijp (fysisch geograaf, IBN), Wim Wassink (landschapsarchitect, LUW), H. Thunnissen (grondgebruiksdeskundige, SC), Carleen Mesters (vegetatiekundige, RUU) (telefonisch; speciaal m.b.t. vegetatie in beken), Hans Joosten (paleobotanicus, RUU) en André Jansen (vegetatiekundige, KIWA).

Deze gesprekken leidden er dikwijls toe dat door een deskundige een aantal publicaties werd aangegeven, die vervolgens door de auteurs (gedeeltelijk) werden samengevat. Waar nog onduidelijkheden bestonden is de betreffende persoon opnieuw benaderd met de samenvatting en zijn evt. na een tweede gesprek correcties aangebracht.

Genoemde samenvattingen zijn tevens ter correctie en aanvulling ingebracht in de Subgroep Beekherstel van de Werkgroep Ecologisch Waterbeheer. Met de heren Kampf (NBLF) en Beijer (IKC) werd regelmatig over de voortgang gesproken.

Van elk van de deelgebieden die zijn onderzocht, n.l.: klimaat, geologie, geomorfologie, hydrologie en bodem, ecologie en menselijk gebruik, is getracht een aantal variabelen te selecteren, die t.a.v. de toestand van ecosystemen in beken en beekdalen, relevant zijn.

Daarvoor is, waar nuttig, op elk van de deelgebieden een driedeling toegepast m.b.t. het schaalniveau waarop het verzamelen van gegevens van parameters zinrijk, dan wel mogelijk wordt geacht. Hierbij wordt onderscheid gemaakt in:

landelijke schaal	(kaartschaal 1:1.000.000)
regionale schaal	(kaartschaal 1:125.000)
lokale schaal	(kaartschaal 1:25.000/50.000)

Deze indeling hangt deels samen met de indeling in verschillende orden van grondwaterstromingsstelsels (Engelen et al., 1989), waarbij 'landelijk' globaal overeenkomt met de orde-grootte van 1^{ste}-orde stromingsstelsels (stroomgebieden van beekstelsels), 'regionaal' met 2^{de}-orde stelsels (stroomgebieden van beken) en 'lokaal' met 3^{de}-orde stelsels (stroming binnen beekdalen).

Op deze wijze is getracht afhankelijkheidsrelaties die er bestaan tussen variabelen uit verschillende deelgebieden, die soms op verschillende schaalniveau's 'werkzaam' zijn, inzichtelijk te maken. Hierdoor ontstaat een beeld van een beek en beekdal als onderdeel van een groter hydrologisch systeem (het stroomgebied).

In de synthese (DEEL 4) worden op basis van verkregen inzichten in het stelsel

van geselecteerde variabelen aangrijpingspunten gezocht, waarop men zich bij de realisatie van 'meer natuurlijke' beek- en beekdalsystemen zal moeten richten. Daarbij is veelal getracht een ontwikkelingsrichting aan te geven, niet een beeld van de concrete eindsituatie.

4. WEGWIJZER IN DIT RAPPORT

Dit rapport bestaat uit vier delen n.l.:

- 1 Algemene inleiding
- 2 Patronen en processen in (ongestoorde) beek- en beekdalsystemen
- 3 Beïnvloedingen door de mens
- 4 Synthese

In elk van de delen zijn de pagina's afzonderlijk genummerd. Het paginanummer bestaat uit het nummer van het deelrapport en van de bladzijde binnen het betreffende deel.

DEEL 1 geeft een overzicht van de maatschappelijke en beleidsmatige context die aanleiding zijn voor het uitvoeren van deze verkennende studie. Er wordt een beschrijving gegeven van de doelen van de opdracht en van de gevolgde werkwijze.

In DEEL 2 wordt allereerst (Hoofdstuk 1) ingegaan op de basale kenmerken van beeksystemen zoals de begrenzing van het stroomgebied, waterscheiding, helling in het landschap en de factor stroming. Op basis van deze kenmerken is een systeembeschrijving ontwikkeld die twee beektypen onderscheidt n.l. laaglandbeken en heuvellandbeken. Binnen het dal van elk beektype worden drie of vier trajecten onderscheiden, n.l. bron, bovenloop (of bron + bovenloop), middenloop en benedenloop. Aan de zes (acht) subsysteemtypen wordt vervolgens de (hoofd)natuurdoeltypenindeling van het IKC-NBLF gekoppeld, wat leidt tot een indeling in 24 (sub)natuurdoeltypen.

De systeembeschrijving wordt in hoofdstuk 2 nader onderbouwd m.b.v. gegevens van klimaat, geologie, geomorfologie, hydrologie, bodem en ecologie. Voor elk van de deelonderwerpen worden parameters onderscheiden die voor het functioneren van beeksystemen van wezenlijk belang zijn.

In Hoofdstuk 3 wordt vervolgens ingegaan op de kennislacunes die gedurende het verloop van het project werden gesignaleerd.

Deel 2 bevat per deelonderwerp een overzicht van de belangrijkste literatuur die kan worden geraadpleegd en een overzicht van het beschikbare kaartmateriaal op het betreffende vakgebied.

DEEL 3 geeft een overzicht van de belangrijkste menselijke activiteiten die van invloed zijn op het functioneren van beekdalsystemen in Nederland (Hoofdstuk 1). Hier worden grondgebruik, bemestingsdruk, drainage, grondwateronttrekking, lozingen, normalisatie en kanalisatie besproken. Er is eenzelfde benadering toegepast als in Deel 2, a.h.v. geselecteerde parameters.

Hoofdstuk 2 geeft een overzicht van de mogelijke inrichtings- en beheersmaatregelen t.b.v. natuurontwikkeling.

In DEEL 4 worden de gegevens uit de voorgaande delen bij elkaar gevoegd en bediscussieëerd in verband met de begrippen geografische kansrijkdom

en haalbaarheid. Tevens worden conclusies getrokken t.a.v. verder onderzoek en t.a.v. beleid en uitvoering m.b.t. beek- en beekdalherstel in Nederland.

.

LITERATUUROVERZICHT

- Engelen, G.B., J.M.J. Gieske & S.O. Los, 1989. Grondwaterstromingsstelsels in Nederland. Achtergrondreeks Natuurbeleidsplan no. 2. Min. van LNV, 's-Gravenhage.
- Ministerie van Landbouw en Visserij, 1989. Natuurbeleidsplan. Beleidsvoorstellen. Min. van LNV, 's-Gravenhage.
- Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij, 1991. Meerjarenprogramma Natuur en Landschap 1992-1996. Min. van LNV, Directie NBLF, 's-Gravenhage.
- Tolkamp, H.H., 1980. Organism-substrate relationships in lowland streams. Proefschrift Vakgroep Natuurbeheer, LH Wageningen. Pudoc, Wageningen.
-

DEEL 2: Beschrijving van processen en patronen

- 1 Beken en beekdalen In Nederland: Systeembeschrijving**
 - 2 Beschrijving van processen en patronen. Keuze van relevante parameters**
 - 3 Leemten In de beschikbare kennis**
-

1. BEKEN EN BEEKDALEN IN NEDERLAND: SYSTEEMBESCHRIJVING

1.1 Inleiding en systeemafbakening

1.1.1 Stroomgebieden

Beken beginnen als puntbron of als diffuus kwelsysteem en vormen daarvanuit een bovenloopje, het eerste herkenbare deel van een beekstelsysteem. Er bestaat een systematiek om beken in te delen op grond van de zogenaamde orde (Leopold et al., 1964; Hynes, 1970). De bovenloopjes vanaf de bron vormen de eerste orde. Waar twee 1^{ste} orde beekjes samenvloeien (confluentie) wordt een 2^{de} orde systeem gevormd, enz.. Beken bevinden zich in het traject van de 1^{ste} t/m 5, 6 en 7^e orde van stromende wateren. Hogere orden worden meestal (kleine) rivieren genoemd.

Het belangrijkste kenmerk van een stromend water is het transporteren van (overtollig) neerslagwater uit een stroomgebied in de richting van een grote rivier of de zee. Dit proces maakt deel uit van de kringloop van water. Een stroomgebied wordt begrensd door waterscheidingen. Dit zijn hoge plaatsen (vaak ruggen) in het landschap waar neerslag naar twee kanten kan afstromen. Men kent twee definities van het begrip waterscheiding n.l. een topografische (of oppervlakte-) waterscheiding en een grondwater (ondergrondse) waterscheiding. De loop van een topografische waterscheiding wordt bepaald door de hoogste punten in het landschap. De loop van een grondwaterscheiding wordt bepaald door de hoogste stand (b.v. t.o.v. N.A.P.) van het grondwater welke globaal de hoogteligging van het landschap volgt, maar niet altijd de hoogste punten in het landschap weerspiegelt (zie fig. 2.1).

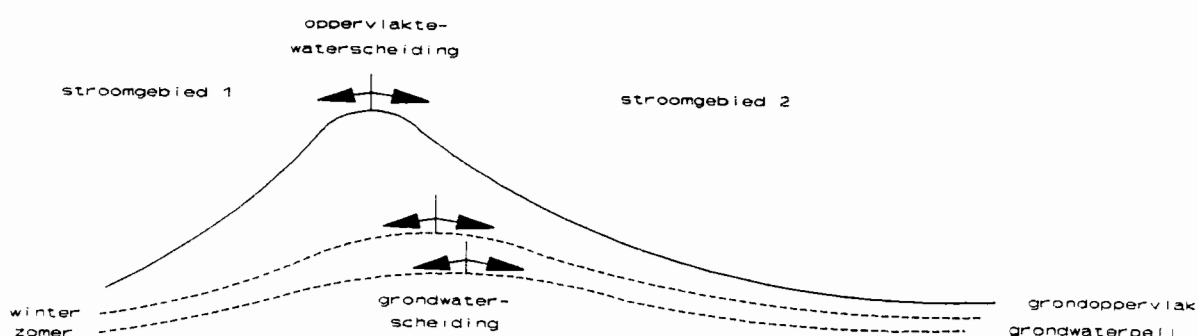


Fig. 2.1. Ligging van oppervlakkige- en grondwatwarscheiding t.o.v. elkaar, afhankelijk van het seizoen.

Op een rug met twee ongelijke hellingen aan weerszijden van de top (oppervlaktewaterscheiding) zal de grondwaterscheiding t.o.v. de top van de rug zijn verschoven in de richting van de minst steile helling. De plaats van de grondwaterscheiding is afhankelijk van de aanvoer van water (neerslag). In regenachtige perioden zal de grondwaterscheiding zich naar de topografische waterscheiding toe verschuiven, in drogere perioden van de topografische waterscheiding af. De oppervlakte van een stroomgebied op basis van de

ligging van de grondwaterscheiding varieert enigzins met het seizoen. De betekenis van deze variatie is groter naarmate de totale oppervlakte van het stroomgebied kleiner is. Voor het bepalen van de oppervlakte van een stroomgebied is vanuit hydrologisch oogpunt de grondwaterscheiding de meest realistische, maar moeilijker te hanteren, grens. Gemakshalve wordt in de praktijk dikwijls de topografische waterscheiding gebruikt.

Op ieder punt in een beek(systeem) kan de grootte van het achterliggende gebied, dat de beek tot het bewuste punt toe voedt, worden aangegeven. Deze waarde is een cumulatief getal dat klein is in de afzonderlijke bronkopen, stroomafwaarts steeds groter wordt om, waar de beek het stroomgebied verlaat, de oppervlakte van het gehele stroomgebied te bereiken.

Het voorgaande schetst een tamelijk ideaal beeld van hoe het stroomgebied van een beekstelsel eruit ziet. In de praktijk zijn stroomgebieden van verschillende beekstelsels soms onderling verbonden (over de waterscheiding heen) door gegraven watergangen. Beide stroomgebieden krijgen zo een nieuwe, vaak in de topografie moeilijk te herkennen, en dikwijls zeer variabele, waterscheiding. Het verkrijgen van (kwantitatief) inzicht in de hydrologische situatie in een stroomgebied wordt hierdoor vaak bemoeilijkt.

1.1.2 Beektypen: heuvellandbeken en laaglandbeken

Er zijn diverse mogelijkheden om typen beekdalsystemen te onderscheiden op basis van verschillen in de interne kenmerken van stroomgebieden. Pennak (1971) noemt bijvoorbeeld 13 categoriën van factoren om stromende wateren in te delen. Omdat wij het hele beekdalsysteem beschouwen, zullen hier alleen enkele indelingen gegeven worden, die zowel voor de beek als het beekdal belangrijk zijn.

Op grond van de diepte van het grondwatersysteem kunnen b.v. diepe, trage stelsels en ondiepe, snelle stelsels worden onderscheiden. Bij diepe stelsels reageert de afvoer van het beeksysteem met een grote vertraging op het patroon van de neerslag. De afvoer wordt voornamelijk beheerst door de hoogte van de verdamping en is globaal 's winters hoog en 's zomers laag (Faber, 1972). In ondiepe stelsels is de directe invloed van de neerslag op de afvoer groter. De afvoer volgt daarom veel meer het neerslagpatroon. Vooral 's zomers kan de afvoer bij zware regenbuien in snelle (engels: 'flashy') systemen hoger zijn dan in trage systemen. Tussen beide varianten bestaan allerlei overgangen.

Er is ook een onderscheid mogelijk op basis van het ruimtelijke patroon van de waterlopen. Men onderscheidt stelsels met een min of meer dendritisch patroon, waarin waterlopen van lagere orde geleidelijk samenvloeien tot lopen van een hogere orde enz. en stelsels met een min of meer radiaal patroon, waarin een aantal waterlopen van lagere orde vrijwel op één punt samenvloeien. In het afvoerverloop van beide is een zelfde soort verschil te zien als boven geschetst. Doordat in een dendritisch gevormd systeem pieken in de neerslag op verschillende punten de hoofdstroom bereiken (en elk een ander looptijd hebben) is het resultaat van een fikse regenbui aan de uitgang van het stroomgebied te zien als een langdurige verhoging van de afvoer. In een radiaal gevormd stelsel komt a.h.w. 'alles ineens' en wordt veel meer de werkelijke intensiteit van de neerslag weerspiegeld (met een zekere vertraging voor de looptijd). Ook bij deze twee voorbeelden is een grote mate van variatie

mogelijk. Het ontstaan van dendritische of radiale patronen is afhankelijk van de geomorfologie en de aan- of afwezigheid van ondoorlatende lagen. Een derde methode om beekstelsels te onderscheiden geschiedt op basis van de gemiddelde terreinhelling binnen het stroomgebied. Steile terreinhellingen veroorzaken hoge stroomsnelheden, wat in de beek leidt tot aanwezigheid van grove substraten. De beekbodem bestaat veelal uit grind en/of grof zand en soms grotere stenen. Bij flauwe terreinhellingen komen niet zulke hoge stroomsnelheden voor en is het substraat i.h.a. fijner van structuur. Deze verschillen in gemiddelde stroomsnelheid en substraatsamenstelling geven aanleiding tot het voorkomen van totaal verschillende aquatische levensgemeenschappen. Op basis van deze factoren worden daarom binnen Nederland sneller stromende **heuvellandbeken** en langzamer stromende **laaglandbeken** onderscheiden (Higler & Mol, 1984).

Met betrekking tot de beekdalvegetatie blijkt het onderscheid eveneens relevant. Dit heeft rechtstreeks te maken met kenmerken van landschappelijke aard als reliëf en daarmee samenhangend hydrologisch regime, maar ook indirect met factoren als bodemsamenstelling en grondgebruik.

De meeste laaglandbeken hebben een gemiddelde stroomsnelheid lager dan 50 cm/s, terwijl de stroomsnelheid in (Zuid-Limburgse) heuvellandbeken kan variëren van meer dan 30 cm/s tot meer dan 100 cm/s (Tolkamp, 1983). Beken in andere streken, die ook meer geaccidenteerd zijn (b.v. oostelijk deel van Twente en Achterhoek) worden als intermediair beschouwd. De bovenlopen van heuvellandbeken stromen meestal door smalle dalen met een karakteristieke bronbosgemeenschap. Bij laaglandbeken is in het algemeen sprake van wijde dalen met broekbossen, open heide of veenvegetaties. Door de ligging van heuvellandbeken in Nederland is de wateraanvoer vaak kalkrijk, hetgeen direct een weerslag heeft op de soortensamenstelling van de beekdalvegetatie.

Regionale variatie

Vooraf binnen de beken, verzameld onder de naam laaglandbeken, bestaan binnen Nederland grote lokale en regionale verschillen, die terug te voeren zijn op lokale/regionale typologische kenmerken van verschillende streken. Deze verschillen komen voornamelijk voort uit lokale/regionale kenmerken van de geologische opbouw van de ondergrond en daaruit voortvloeiende patronen in waterstroming en bodemopbouw.

In Drenthe, waar zich over grotere oppervlakten nagenoeg aaneengesloten ondoorlatende lagen ondiep in de ondergrond bevinden, komen in de bovengrond veel venige substraten voor. Dit gebied neemt daarmee een bijzondere positie in t.o.v. van andere beekgebieden in Nederland, die veel minder veen en meer zandige (en soms grinderige) en/of lemige substraten kennen.

Lokale en regionale typologische kenmerken vormen de belangrijkste randvoorwaarden die de ontwikkelingsmogelijkheden van een gebied bepalen.

Lokale en regionale variaties worden echter niet 'gevangen' in het later in dit rapport uit te werken stelsel van natuurdoeltypen. Daarvoor is de indeling van het stelsel te grof. We zullen ons daarom niet bezighouden met allerlei typen, die onderscheiden worden, zoals rietebeken, veenbeken, sprengen, opgeleide beken etc. Duinbeken of duinrellen zijn bewust buiten deze rapportage gelaten, omdat ze in de studie over de duinen aan de orde komen.

1.1.3 Beektrajecten

Wanneer men de processen en patronen binnen het stroomgebied van een beek beschouwt, is er een grote verscheidenheid te zien. Gaande van het begin van een beek, de oorsprong of bron, naar de plaats waar de beek uitmondt in een grotere beek of rivier, verandert de aard van hydrologische processen, de daarmee ten dele samenhangende samenstelling van de bodem, de hoeveelheid getransporteerd water en daarmee de afmetingen van de beek en het dal met daarin voorkomende levensgemeenschappen.

Op grond hiervan wordt de beek met zijn dal in een aantal trajecten verdeeld, n.l. **bron**, **bovenloop**, **middenloop** en **benedenloop** (Cummins, 1979; Higler, 1988). Een schets van een stroomgebied is gegeven in figuur 2.2. Daarbij zijn indicaties gegeven t.a.v. van de dimensies van een beek in diverse trajecten. **Bronnen** vormen het begin van de beek. Het zijn plaatsen waar lokaal geïnfiltreerd (jong) water aan de oppervlakte treedt of dieper water onder druk te voorschijn komt. Veel bronnen komen voor op plaatsen waar door de aanwezigheid van ondoorlatend materiaal (klei, leem) in de ondergrond diepere infiltratie onmogelijk is, of waar dergelijke lagen door tectoniek aan de oppervlakte treden (dagzomen).

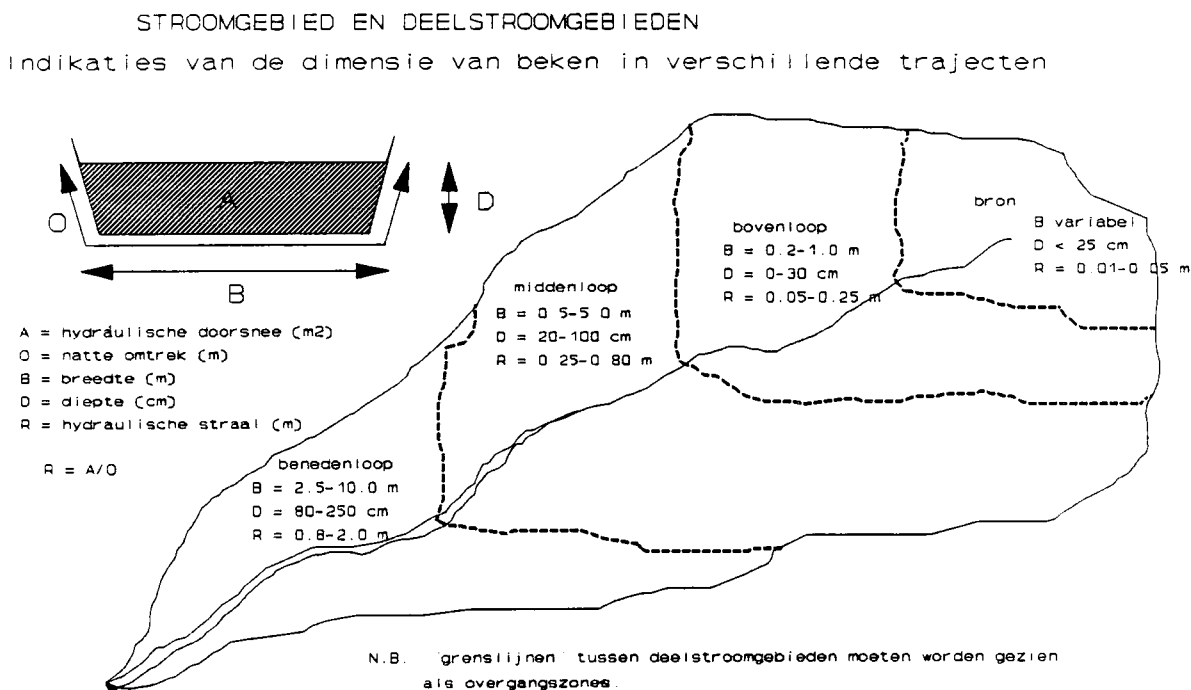


Fig. 2.2. Schets van een stroomgebied ingedeeld in deelstroomgebieden met indicaties van de beek per traject.

Afhankelijk van de lokale situatie kan het water in dergelijke bronnen ouder (en kalkrijker) zijn. Afhankelijk van de wijze waarop het uittredende water aan de oppervlakte komt worden drie typen bronnen onderscheiden (Steinmann, 1915; Redeke, 1948).

Limnokrenen zijn bronnen, waarbij het water uittreedt in de bodem van een meertje of poel, dat via een natuurlijke 'overlaat' afwatert in de beekbovenloop.

Rheokrenen zijn bronnen, waar water uit een min of meer verticaal vlak uittreedt en vervolgens omlaag stort.

Helokrenen zijn plaatsen, waar water over een groter oppervlak diffuus opkwelt, waardoor een moerassig of drassig gebied ontstaat dat afwatert in een bovenloopje.

Tolkamp (1983) heeft nog een vierde type onderscheiden: **Akrokrenen**. Dit zijn bronnen, die in of aan de voet van een min of meer verticaal vlak krachtig uit treden.

Helokrenen vormen meestal het begin van laaglandbeken, de andere typen worden in reliëfrijke omgeving gevonden en vormen daar heuvellandbeken. Overigens ontstaan laaglandbeken tegenwoordig vaak uit samenvloeien van greppeltjes, waar kwel in optreedt. Dit zullen vroeger moerasbossen of venen zijn geweest en in het nabijere verleden ook vaak heidevelden.

De overgang van bron naar **bovenloop** is bij akrokrene, limnokrene en rheokrene bronnen duidelijk, bij helokrene bronnen vaak veel vager. Bovendien verschuift de bovenkant van de helokrene bron met veranderend wateraanbod van plaats, soms enkele (tientallen meters). Het begin van de bovenloop wordt gemarkeerd door de overgang van bladpakketten naar een kale zandbodem of in onbeschaduwde situaties door verandering van de vegetatie tussen bron en bovenloop. In de bovenloop wordt de beek ook gevoed met water dat via afstroming of kort ondergronds transport uit de omgeving wordt aangevoerd. Breedte en diepte nemen geleidelijk toe. De bron- en bronbosvegetaties bij heuvellandbeken worden nog langs de bovenloop gevonden om geleidelijk over te gaan in verschillende ALNION typen. In venen worden hier gagelstruwelen gevonden (bijlage 4) of in de meer culturele situaties alleen korte vegetaties als in Fig. 2.37 en bijlage 6.

De **middenloop** wordt t.o.v. de bovenloop gekenmerkt door een verhoogde aanvoer van diepere kwel. De overgang van boven- naar middenloop verloopt eveneens geleidelijk. Het doorstroomde oppervlak (hydraulische doorsnede R) wordt door toename van het wateraanbod vrij snel groter. In perioden met hoge afvoer kan overstroming van de oevers optreden. Het dal in het traject van de middenloop wordt in veel gevallen breder en relatief vlakker, hetgeen ook een toename van de hoeveelheid over korte afstanden aangevoerd water inhoudt. In een aantal laaglandbeken geeft de combinatie van afvoer en verhang juist in het middenlooptraject aanleiding tot het slingeren (meanderen) van de loop. Meandering heeft een vertragend effect op de afvoer, doordat enerzijds de weglengte wordt vergroot, anderzijds door verlaging van het verhang (t.o.v. een loop 'recht' van de helling af) de gemiddelde stroomsnelheid lager is. Het laatste wordt mede veroorzaakt door randeffecten van de oevers (en bodem), die de stroomsnelheidsverdeling (in de breedte van het profiel) in bochten 'scheef' doen trekken. Bij overstromingen ontstaan oeverwallen en daarachter gelegen tijdelijk of permanent natte laagtes. In een dwarsdoorsnede door het dal wordt langs de beek een Vogelkers-Essenbos gevonden en in de natte laagtes een gewoon elzenbroek of een Berken-Elzenbroek. Op deze plaatsen kwam bijna steeds veenvorming voor. In de culturele systemen worden trosdravik- en korte zegenassociaties aangetroffen.

In de **benedenloop** bestaat de aanvoer van water soms voor een deel uit diepere grondwater, maar in andere gevallen kan de benedenloop draineren. Dit is sterk afhankelijk van de bodemopbouw en de aanwezigheid van (half)-

doorlatende lagen. Aanvoer van water vanuit het beekdal zelf speelt slechts een geringe rol. Ook wanneer de oevers niet zijn overstroomd verliest de beek doorgaans water aan het dal. Overstroomde delen van het beekdal (overstromingsvlakten) fungeren periodiek als opslagplaats van nutriënten uit het beekwater (Brinson, 1977; Van der Valk et al., 1979; Furtado & Verghese, 1981; in: Ward, 1989) wat t.o.v. 'droge' omgevingen een hoge produktiviteit oplevert (Brown, 1981; Lugo & Brown, 1982). De vegetatie in het dal vertoont een brede strook van, door het afvoerregime beïnvloede vegetatietypen. In laagten kunnen permanente en/of droogvallende poelen ontstaan. Ook hier is veenvorming een belangrijk landschapsvormend proces. Bij grotere beken komt het Essen-Iepenbos en verschillende soorten wilg als opvolger van het Vogelkers-Essenbos. Helaas zijn er tegenwoordig niet veel ongestoorde benedenlopen te vinden.

1.1.4 Beekdallandschappen

Beekdallandschappen worden gekenmerkt door lintvormige begroeiingen op de laagste delen van het terrein. Van origine waren deze begroeiingen gesloten of halfopen bossen met open water of veen daartussen. In het dal was de invloed van water dominerend. Deze invloed wordt enerzijds bepaald door overstromingen van de beek, anderszijds door ondiepe en diepe kwel in het dal. In de huidige situatie is het hydrologische regime op de meeste plaatsen sterk gewijzigd door drainage en wateronttrekking.

De begrenzing van een beekdal binnen een stroomgebied wordt vaak eveneens bepaald door het reliëf. Binnen de wat plattere komvorm van het stroomgebied is een diepere komvorm te herkennen waar de beek doorheen stroomt. Op geomorfologische- en bodemkaarten zijn beekdalen dikwijls beter te herkennen dan in het veld. Dit komt omdat bij ruilverkavelingen e.d. egalisaties zijn uitgevoerd. Dikwijls zijn daarbij ook oude oeverwallen verdwenen. In dit rapport wordt een enigszins 'kunstmatige' definitie van de beekdalgrens toegepast, n.l. de plaats (lijn of zone) waar nog juist een positief potentiaalverschil heerst tussen de de potentialen van de eerste watervoerende laag en het freatisch grondwater. Deze lijn (zone) markeert de plaats tot waar zich kwel (vanuit het eerste watervoerende pakket) voordoet. Binnen de beekdalgrenzen is in principe een (kwel)waterafhankelijke vegetatie te verwachten (of te ontwikkelen). Deze kunstmatige grens komt echter niet in het gehele beekdal voor (alleen in trajecten waar kwel kan optreden: midden- en benedenlopen).

Het type vegetatie wordt in hoofdzaak bepaald door twee belangrijke (meso-)gradiënten die binnen het dal aanwezig zijn. Dwars op de beek bepaalt de gemiddelde diepte van de grondwaterstand en de fluctuaties daarvan de standplaatsfactoren. In de lengterichting komt daar in toenemende mate de invloed van opkwellend water bij. Hierdoor ontstaat een toename van de mineralenrijkdom (w.o. kalk) en de zuurgraad in stroomafwaartse richting, o.a. afhankelijk van de verblijftijd in de bodem.

Op plaatsen met een hoge hydrodynamiek (b.v. het jaarlijks voorkomen van overstromingen), zal geen successie naar opgaand bos (climax) plaats vinden. Hier is een meer open landschap met veenvorming te verwachten (grazige overstromingsvlakten met zeggen, riet e.d.). Ook in afgesneden meanders en oude lopen komen meer open landschappen voor, hetgeen aangeeft dat de

ontwikkeling (verlanding) naar een climaxvegetatie (bos) nog niet is voltooid. In de loop van de geschiedenis van de mens, die zich al vroeg in de omgeving van beken vestigde, is er van dit 'oerbeeld' niet veel overgebleven. De meeste bossen werden gekapt t.b.v. brandhout en voor landbouwgrond. Er ontstonden open landschappen, op drogere (hogergelegen) plaatsen gekenmerkt door vegetaties met heide, op nattere plaatsen gekenmerkt door meer grazige vegetatietypen. De toenmalige landbouwmethoden (b.v. beweiding en hooien) waren in vergelijking met de huidige (zeer) extensief. Zij lieten een zekere mate van natuurlijke ontwikkeling van de vegetatie toe (heide, blauwgrasland, madeland, bloemrijk hooiland). Successie naar bos wordt echter onder dergelijke vormen van beheer niet meer bereikt.

Een aparte plaats in het landschapsbeeld wordt ingenomen door de houtwallen, die werden gebruikt als leverancier van gebruikshout, kavelafscheiding en als vlucht- en schuilplaats voor vee. Gedeeltelijk door natuurlijke processen ontstaan (oeverwallen die door spontane vestiging met struik- en boomachtige gewassen begroeid raakten), deels aangelegd en beplant met 'nuttige' bomen en struiken, vormen ze landschapselementen die het landschap een half-open karakter geven. Om verschillende redenen (broedplaatsen van 'ongedierte', verlies van bruikbare grond) zijn deze elementen bij ruilverkavelingen in het nabije verleden opgeruimd. Natuurlijke processen in de ontwikkeling van de vegetatie in beekdalen hebben met het steeds intensiever worden van de landbouw geen kans meer. Veel beken worden nu direkt begrensd door weilanden met een monocultuur van engels raaigras of maïs, van elkaar gescheiden door prikkeldraadhekken of drainagegreppels.

Het beteugelen van de hydrologische dynamiek van het beekstelsel betekent in ecologisch opzicht een verlaging van de mogelijkheden voor de ontwikkeling van een gevarieerde flora en fauna in de beek en het dal; dus voor het gehele beekdallandschap. Voornaamste oorzaak hiervan is de nivellering van de grondwaterstandfluctuaties in gronden binnen het beekdal. Naast het feit dat op veel plaatsen de gemiddelde grondwaterstand aanzienlijk lager is komen te liggen, is het aantal micro-gradiënten van droog naar nat sterk gereduceerd t.o.v. van de 'oertoestand'. Natuurontwikkeling in beken en beekdalen zal zich daarom in veel gevallen allereerst moeten toeleggen op het (gedeeltelijk) herstellen van dit soort gradiënten door deregulering van het toegepaste kwantitatieve waterbeheer. Dit zal ook het functioneren van ecosystemen in de beek zelf ten goede komen.

1.2 Natuurdoeltypen

1.2.1 Inleiding

In het kader van natuurontwikkeling wordt voor ieder ecosysteemtype gewerkt met een stelsel van (natuur)doeltypen. Een (natuur)doeltype is in het Meerjarenprogramma Natuur en Landschap 1992-1996 (Min. van LNV, 1991) als volgt gedefinieerd:

"Een natuurdoeltype is een kenmerkend en samenhangend geheel van vegetatie, flora en fauna welk tot ontwikkeling komt onder specifieke milieucondities en dankzij bepaalde inrichtings- en beheer(s)maatregelen"

Natuurdoeltypen staan voor een te bereiken eindtoestand (streefbeeld). Ook half-natuurlijke systemen, waarin een zekere mate van regulatie (beheer) door de mens nodig is, behoren tot de keuzemogelijkheden. In beekdalen kan men hierbij denken aan extensief beheerde graslanden en hooilanden die worden beweid of gemaaid. Argumenten voor het toestaan van structureel beheer in natuurgebieden zijn b.v. het naast elkaar kunnen laten voorkomen van verschillende successiestadia of het instandhouden van een vanuit maatschappelijk (en ook ecologisch) oogpunt aantrekkelijke (vaak, soortenrijke) toestand (zoals het behoud van heidelandschappen). Dikwijls zijn dit soort landschappen overblijfselen uit de agrarische geschiedenis van ons land. Ook gronden met een multifunctioneel karakter (meer hoofdfuncties dan alleen de functie natuur) moeten tot het stelsel van natuurdoeltypen worden gerekend.

1.2.2 Omschrijving van natuurdoeltypen

Ten behoeve van de natuurontwikkeling zijn 4 hoofdgroepen van natuurdoeltypen onderscheiden, die per ecosysteemtype nader worden uitgewerkt in natuurdoeltypen op ecotoopniveau. Deze hoofdgroepen (HGr) van natuurdoeltypen zijn (Nota Afstemming Ecosysteemvisies, in voorb.):

- HGr 1: Nagenoeg- natuurlijke systemen in vrije ontwikkeling.
Eenheden die na evt. inrichting alleen extern worden beheerd (waterhuishoudkundige deregulering, beheer ingaande stofstromen). Natuur met een hoge mate van zelfstandigheid, en spontane ontwikkeling. Men kan zich afvragen, of dit type in Nederland te realiseren is.
- HGr 2: Begeleid-natuurlijke systemen met bijsturing gericht op het handhaven van een bepaalde structuur.
Extern beheerde eenheden waarin na evt. inrichting alleen dan intern wordt ingegrepen, wanneer door spontane ontwikkeling bepaalde gewenste streefwaarden (b.v. verhouding land/water, bos/open gebied) worden overschreden.
- HGr 3: Half-natuurlijke systemen met beheer gericht op successiepatronen of op specifieke waarden.
Extern beheerde eenheden waarin door periodiek terugkerende beheersinspanningen een bepaald successiestadium of reeks van stadia kunstmatig wordt vastgehouden (madelandcultuur, blauwgrasland), of waarmee stelselmatig bepaalde streefwaarden worden nagestreefd (b.v. verschralingsbeheer door maaien, plaggen en/of beweiden).
- HGr 4: Multifunctionele systemen waarin beheer en inrichting mede door andere functies dan de functie natuur wordt bepaald.
Eenheden binnen de EHS, waarin door andere functies (landbouw, waterwinning, houtproductie, wonen en werken, recreatie) beperkingen worden opgelegd aan de randvoorwaarden die voor optimalisatie van de natuurfunctie van belang zijn. Extern en in-
-

tern beheer is hierbij lokaal sterk afhankelijk van de haalbaarheid van bepaalde randvoorwaarden (b.v. gemiddelde grondwaterstand en fluctuatie).

Natuurdoeltypen dienen te worden beschreven op een schaalniveau dat vergelijkbaar is met dat van ecotooptypen (Stevens et al., 1987). Dit is belangrijk m.b.t. de factoren die men gebruikt waarmee de specifieke milieucodities worden beschreven. T.a.v. de waarde van deze factoren dient een richtlijn te worden opgesteld in de vorm van een gemiddelde waarde met een indicatie van de variatie (minimum-maximum) van de factor. Deze richtlijnen worden hier randvoorwaarden genoemd. Dikwijls is door menselijke activiteiten ook de waarde (en het fluctuatiepatroon) van factoren die conditionerend werken t.o.v. eerstgenoemde factoren beïnvloed. Een degelijk inzicht in de onderlinge relaties tussen factoren die in het ecosysteem van belang zijn voor het voortbestaan van plantaardige en dierlijke organismen is hierbij onontbeerlijk. In de volgende paragrafen zal hierop uitgebreid ingegaan worden.

Naast een beschrijving van de specifieke milieucodities hoort een globale omschrijving van de levensgemeenschappen die worden verondersteld zich onder dergelijke condities te zullen kunnen ontwikkelen/handhaven. Voor terrestrische vegetaties kan men denken in termen van uit de plantensociologie bekende associaties. Voor aquatische flora en fauna is men aangewezen op groepen van organismen die voor een bepaald watertype kenmerkend worden beschouwd (b.v. Verdonschot et al., 1992).

In de derde plaats volgt een beschrijving van de maatregelen die nodig geacht worden om:

- a) aan de gestelde randvoorwaarden te kunnen voldoen: inrichtingsmaatregel en maatregelen die betrekking hebben op de beïnvloeding van menselijke activiteiten van buitenaf (b.v. vermindering van de bemestingsdruk in de omgeving ter verlaging van de nutriënteninflux)
- b) het natuurontwikkelingsproces in de richting van het gekozen streefbeeld te kunnen (bij)sturen/versnellen (b.v. het introduceren van grote grazers). Tussenstreefbeelden zijn nodig om de richting te bepalen en te evalueren.
- c) het gekozen streefbeeld, na bereiken van de gewenste toestand (b.v. een bepaald stadium van successie), te kunnen handhaven: structurele beheersmaatregelen.

Aan de maatregelen wordt in Hoofdstuk 5 ruime aandacht geschonken.

Natuurdoeltypen zijn tot op heden beschreven voor bossen, (laagveen)moerassen, heide, en duinen. Dergelijk eenheden, maar ook graslanden, kunnen, m.u.v. duinnatuurdoeltypen, voorkomen in beek- en beekdalsystemen. Er is in belangrijke mate overlapping van beek- en beekdalsystemen en andere in b.v. ecosysteemvisies beschreven systemen. Het enige deel van het systeem dat nog niet in termen van natuurdoeltypen is beschreven is de beek zelf. Daarnaast zijn systemen die specifiek worden beïnvloed door beekwater (b.v. bronbossen, overstromingsvlakten e.d.) nog niet in andere nota's beschreven.

Voor de beek geldt dat er sterke afhankelijkheidsrelaties bestaan met de omgeving. Het is daarom voor natuurontwikkeling (ook: natuurbeheer) niet erg zinnig de beek los te koppelen van zijn omgeving. Op deze manier verliest men het 'stroomgebiedsdenken' gemakkelijk uit het oog. Voor natuurontwik-

keling en natuurbeheer in beken en beekdalen worden daarom in DEEL 4 z.g. beheerseenheden geïntroduceerd.

1.2.3 Natuurdoeltypen in beken en beekdalen

In deze verkennende studie zijn voor de beken en beekdalen 2 (eco)systeemtypen onderscheiden (heuvellandbeken en laaglandbeken).

Wanneer de indeling in hoofdgroepen van natuurdoeltypen met de indeling in beektypen wordt samengevoegd ontstaat een matrix van natuurdoeltypen (tabel 2.1).

Natuurdoeltypen in de Hoofdgroepen 1 en 2 worden beschouwd als zelfstandige typen. Zij worden geformuleerd op basis van een 'natuurlijke' referentie (ongestoord door menselijk handelen) en zijn in hun verschijningsvorm niet afhankelijk van gevoerd intern beheer.

Voor natuurdoeltypen behorend tot Hoofdgroepen 3 en 4 geldt een 'half-natuurlijk' referentiebeeld (beïnvloed door menselijk handelen), dat wel afhankelijk is van het gevoerde interne beheer. Op basis hiervan kan een nadere onderscheiding in meer dan één natuurdoeltype per hoofdgroep ontstaan.

Tabel 2.1. Natuurdoeltypen in beken en beekdalen (Ecosysteemvisie Beken en Beekdalen, in voorber.; Nota Afstemming Ecosysteemvisies, in voorber.).

Heuvellandbeken (a):

Hoofdgroep 1:	Natuurdoeltype 1a: Natuurbos-heuvellandschap
Hoofdgroep 2:	Natuurdoeltype 2a: Gestuurd beekdallandschap in het heuvelland
Hoofdgroep 3:	Natuurdoeltype 3a: Half-natuurlijke heuvellandbeek
Hoofdgroep 4:	Natuurdoeltype 4a: Multifunctionele heuvellandbeek

Laaglandbeken (b):

Hoofdgroep 1:	Natuurdoeltype 1b: Natuurboslandschap op zandgrond
Hoofdgroep 2:	Natuurdoeltype 2b: Begeleid beekdallandschap op de hogere zandgronden
Hoofdgroep 3:	Natuurdoeltype 3b: Half-natuurlijke laaglandbeek
Hoofdgroep 4:	Natuurdoeltype 4b: Multifunctionele laaglandbeek

De natuurdoeltypen worden in DEEL 4 nader beschreven. Ook op de situering van natuurdoeltypen binnen een (deel van een) stroomgebied wordt in DEEL 4 verder ingegaan.

CONCLUSIES

1. Bij de bestudering van beken en beekdalen dient het hele stroomgebied in beschouwing te worden genomen
 2. Nederlandse beken worden ingedeeld in laaglandbeken en heuvellandbeken
 3. Lokale en regionale typologische kenmerken vormen de belangrijkste randvoorwaarden voor de mogelijkheden van natuurontwikkeling
 4. Een beek heeft een zonering van bron-bovenloop- midden- en benedenloop
 5. De combinatie van Hoofdgroepen en beektypen (2) resulteert in natuurdoeltypen
-

LITERATUUROVERZICHT

- Anonymus (Beije, H.M.), in voorbereiding. Nota Afstemming Ecosysteemvisies. IKC-NBLF, Wageningen
- Brinson, M.M., 1977. Decomposition and nutrient exchange of litter in an alluvial swamp forest. *Ecology* 58: 601-609. *Ecology* 58: 601-109.
- Brown, S., 1981. A comparison of the structure, primary productivity and transpiration of cypress ecosystems in Florida. *Ecological Monographs* 51: 403-427.
- Cummins, K.W., 1979. Feeding ecology of stream invertebrates. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 10: 147-172.
- Faber, Th., 1972. Regimes and regime-related basin properties of some Dutch small rivers. Diss. Vrije Universiteit Amsterdam. Uitgeverij de Ram, Amstelveen.
- Furtado, J.I. & S. Verghese, 1981. Nutrient turnover in a freshwater inundated forest swamp, the Tasek Bera, Malaysia. *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 21: 1200-1206.
- Higler, L.W.G. & A.W.M. Mol, 1984. Ecological types of running water based on stream hydraulics in the Netherlands. *Hydrobiological Bulletin*, 18: 51-57.
- Higler, L.W.G., 1988. A worldwide surface water classification system. UNEP/Unesco, Paris. 212 p.
- Higler, L.W.G., H.M. Beije & W.F. van der Hoek, in voorber.. Ecosysteemvisie Beken en Beekdalen. IBN-DLO/IKC-NBLF, Leersum/Wageningen.
- Hynes, H.B.N., 1970. The ecology of running waters. Univ. Toronto Press, Toronto, Ontario.
- Leopold, L.B., M.G. Wolman & J.P. Miller, 1964. Fluvial processes in geomorphology. Freeman, San Francisco.
- Lugo, A.E. & S. Brown, 1982. A comparison of structural and functional characteristics of saltwater and freshwater forested wetlands. In: Gopal, B., R.E. Turner, R.G. Wetzel & D.F. Whigham (eds.), 1982. *Wetlands Ecology and Management*: 109-130. International Scientific Publications, Jaipur, India.
- Min. van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij, 1991. Meerjarenprogramma Natuur en Landschap 1992-1996. Min. van LNV, Directie NBLF, 's- Gravenhage
- Pennak, R.W., 1971. Towards a classification of lotic habitats. *Hydrobiologia* 38: 321-324.
- Redeke, H.C., 1948. *Hydrobiologie van Nederland* (posthume uitgave, 1975). Bakuys & Meesters, Amsterdam.
- Stevens, R.A.M., J. Runhaar & C.L.G. Groen, 1987. Het CML-ecotopensysteem. Uitwerking voor noord-, west- en zuidwest-Nederland. CML Mededelingen no. 34, Centrum voor Milieukunde der Rijksuniversiteit Leiden, Leiden.
- Steinmann, P., 1915. *Praktikum der Süßwasserbiologie 1. Die Organismen des fließenden Wassers*. Berlin.
- Tolkamp, H.H., 1983. Beken in Zuid-Limburg. *Natura* 80 (1): 102-108.
- Van der Valk, A.G., C.B. Davis, J.L. Baker & C.E. de Beer, 1979. Natural freshwater wetlands as nitrogen and phosphorus traps for land runoff. In: Greeson, P.E., J.R. Clark & J.E. Clark (eds.), 1979. *Wetland functions and values: The state of our understanding*: 457-467. American Water Resources
-

- Association, Minneapolis.
- Verdonschot, P.F.M., J. Runhaar, W.F. van der Hoek, C.F.M. de Bok & B.P.M. Specken, 1992. Aanzet tot een ecologische indeling van oppervlaktewateren in Nederland. RIN-rapport 92/1/CML Report 78. Instituut voor Bos- en Natuuronderzoek/Centrum voor Milieukunde der Rijks-universiteit Leiden, Leersum/Leiden.
- Ward, J.V., 1989. Riverine-Wetland Interactions. In: Sharitz, R.R. & J.W. Gibbons (eds.), 1989. Freshwater Wetlands and Wildlife. CONF-8603101, DOE Symposium Series no. 61: 385-400. USDOE Office of Scientific and Technical Information, Oak Ridge, Tennessee.
-

2. BESCHRIJVING VAN PROCESSEN EN PATRONEN: KEUZE VAN RELEVANTE PARAMETERS

2.1 Ecologische concepten over stromende wateren en hun omgeving.

Alvorens te kunnen beoordelen welke gegevens van een gebied nodig zijn om de mogelijkheden van natuurontwikkeling in beken en beekdalen te kunnen bepalen, zullen enkele ecologische concepten behandeld worden, die inzicht verschaffen in het functioneren van stromend water ecosystemen. Deze concepten zijn voornamelijk gebaseerd op kenmerken van beken en rivieren. De vegetatie in de beekdalen kan in veel gevallen aan deze concepten gekoppeld worden. Hierop wordt in 2.5 nader ingegaan.

Stroomgebied benadering

De eerste conclusie van het hoofdstuk Systeembeschrijving verwijst naar de noodzaak om hele stroomgebieden te beschouwen. Hynes (1975) wees daar al op en Likens et al. (1977) hebben een grootschalig, multidisciplinair onderzoek in het systeem van de Hubbard Brook opgezet, dat een stroom van resultaten oplevert. Deze benadering wordt in dit rapport als algemeen kader gehanteerd.

De stroomgebiedbenadering (watershed approach) gaat ervan uit dat bij bestudering van een stromend water-ecosysteem de grenzen van het stroomgebied (de waterscheiding) als begrenzing van het systeem gelden.

Dit concept is gebaseerd op het gegeven dat een stromend water deel uitmaakt van de kringloop van water. Relaties tussen de beek en het bovenstroomse gebied worden hydrologisch aangestuurd.

Allerlei gebeurtenissen (ook menselijke activiteiten) binnen de begrenzing van een stroomgebied kunnen op de dynamische processen in het beek(dal)ecosysteem van invloed zijn. Natuurontwikkeling dient dan ook te worden voorafgegaan door een inventarisatie van activiteiten en gebeurtenissen met een mogelijke invloed op het beek- en beekdalsysteem binnen het gehele stroomgebied en niet alleen binnen het beekdal.

Classificatie van stromend water habitats

Vanaf het begin van deze eeuw hebben onderzoekers van stromende wateren verschillen in abiotische en biotische kenmerken in de verschillende zones van beken en rivieren waargenomen. Er zijn dan ook veel pogingen ondernomen om de variabiliteit in stromend water habitats te classificeren. Thienemann (1912) heeft een driedeling voorgesteld, die door de meeste latere onderzoekers nader ingevuld en uitgebreid zijn. We zullen enkele meer recente publikaties behandelen, die voor de praktijk van natuurontwikkeling nuttig kunnen zijn.

Een belangrijk aspect, dat ook al door Thienemann werd benadrukt, is dat van de schaal. Frissel et al. (1986) stellen een stroomgebied voor als een reeks

van hiërarchisch in elkaar 'geneste' (sub)systemen. We zien enige overeenkomst met de geneste hydrologische systemen van Engelen (1988). Binnen elk (sub)systeem zijn andere factoren werkzaam, die zijn afgeleid van factoren die werkzaam zijn in hiërarchisch hoger staande systemen.

Als uiterste grens van het systeem geldt de grens van het stroomgebied, de waterscheiding. De aard van het stroomgebied wordt bepaald door de klimatologische en geologische eigenschappen van het gebied (en is daarmee geografisch bepaald). In tabel 2.2 zijn de door Frissel et al. onderscheiden subsystemen op een rij gezet. Een schetsmatige weergave is te zien in figuur 2.3. De mogelijke persistentie van de systemen wordt bepaald door de veranderlijkheid van de werkzame factoren in de tijd.

De toestand van de genoemde systemen wordt beschreven in termen van potentiële capaciteit (potential capacity; Warren et al.; 1979). Dit is een interessante benadering, die voor natuurontwikkeling waardevol is. Een systeem kan worden beschreven in de actuele toestand (gerealiseerde capaciteit), maar er zijn meer realisaties mogelijk, afhankelijk van andere milieuomstandigheden. Die mogelijkheden bestaan dank zij de aanwezige potenties van het systeem, de potentiële capaciteit. Figuur 2.4 geeft een voorbeeld van verschillende situaties, die kunnen ontstaan bij anderssoortige omstandigheden, steeds uitgaande van de potentiële capaciteit. Zo kan men zich reeksen voorstellen die zich voordoen wanneer de actuele factoren (randvoorwaarden) worden gewijzigd (b.v. door menselijk ingrijpen). De potentiële capaciteit (ook: mogelijkheden voor natuurontwikkeling) van een ecosysteem is een theoretisch begrip en kan nooit volledig empirisch worden verklaard. Verdonchot (1990) heeft deze benadering uitgewerkt voor wateren in de provincie Overijssel.

Tabel 2.2 Systeemtypen en 'ingeneste' subsystemen en hun relatieve grootte en potentiële temporele persistentie volgens Frissel et al. (1986).

systeemnaam persistentie	grootte-orde	potentiële-temporele
beeksystemen (stream system)	10^3 meter	10^6 - 10^5 jaar
beeksegmentsystemen (segment system)	10^2 meter	10^4 - 10^3 jaar
beektrajectsystemen (reach system)	10 meter	10^2 - 10^1 jaar
macrohabitatsystemen (pool/riffle system)	1 meter	10^1 - 10^0 jaar
microhabitatsystemen	10^{-1} meter	10^0 - 10^{-1} jaar

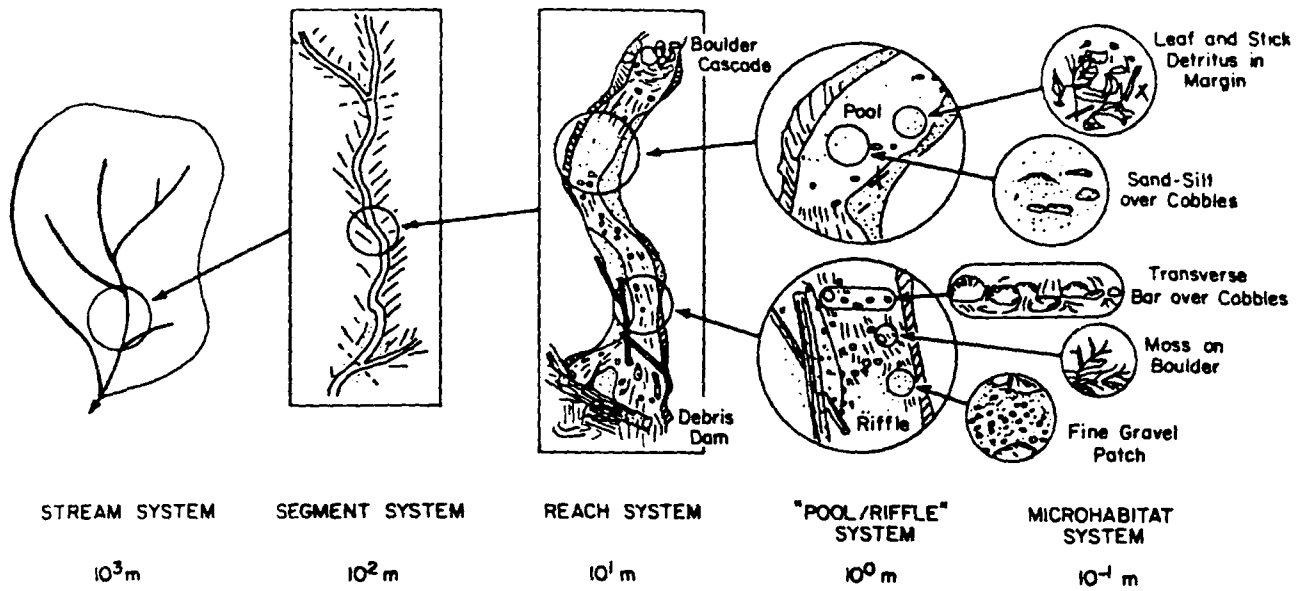


Fig. 2.3. Schets van de hiërarchisch organisatie van een beekstroom en zijn habitat-subsysteem (uit: Frissel et al., 1986)

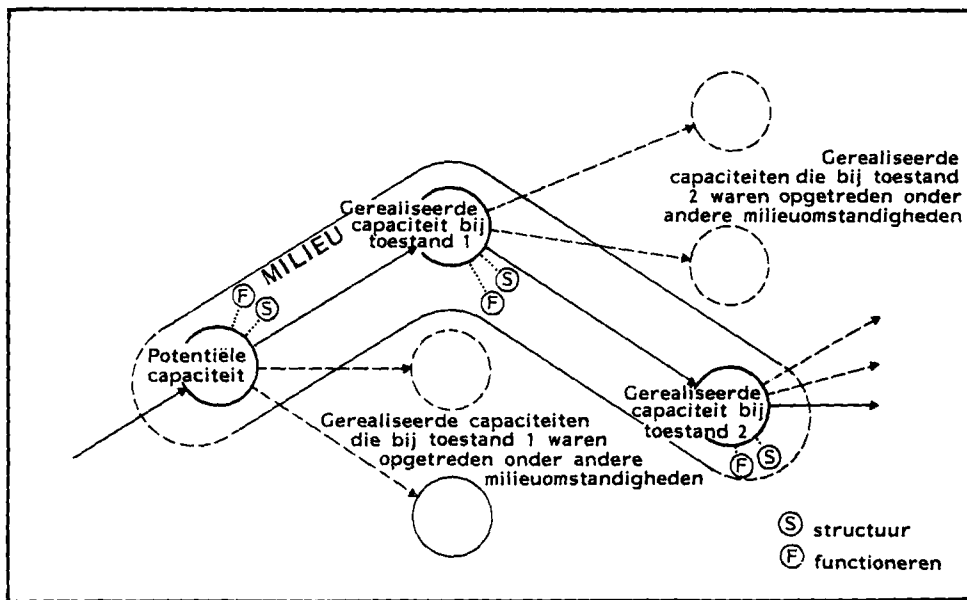


Fig. 2.4. Schematisch overzicht van de mogelijke ontwikkelingstoestanden van een ecosysteem, gedefinieerd door zijn potentiële capaciteit onder verschillende milieuomstandigheden (naar: Warren et al.; 1979).

Tabel 2.3. Variabelen bij de bepaling van de 'potentiële capaciteit' van stromende wateren (Warren et al.; 1979).

stroomgebied	beekstelsysteem	beeksegment	beektraject	macrohabitat	microhabitat
biogeoklimatologische regio	stroomgebiedsklasse	beekstelsysteemklasse	segmentklasse	trajektklasse	macrohabitatklasse
geologie	lengteprofiel terreinhelling, -vorm	lithologie bedding	reliëf moeder- materiaal -helling	lokale topografie bedding	onderliggend substraat
topografie	structuur waterlopen	helling bedding	morfogene- tische ont- staanswijze of structuur	helling water- oppervlak	bovenliggend substraat
bodem		positie in afvoerstelsel		morfogenetische ontstaanswijze of structuur	waterdiepte stroomsnelheid
klimaat		helling valleiwanden	stromings- patroon	onverplaatsbaar substraat (bij overstromingen met een herhalings- tijd < 10 jaar)	overhangende vegetatie/oever
biota		potentiële climaxvegetatie	helling dalwanden (overstromings- vlakte)	configuratie oevers	
cultuur		bodemassocia- ties	samenstelling oevers		
			toestand beek- begeleidende vegetatie		

Doordat de positie van een stroomgebied geografisch bepaald is, is ook de potentiële capaciteit van de daarin 'geneste' subsystemen in zekere zin geografisch bepaald. De daarvoor onderscheiden variabelen voor ieder schaalniveau zijn weergegeven in tabel 2.3 (Warren et al., 1979).

Higler & Mol (1984) hebben een classificatie van stromende wateren in Nederland gemaakt op basis van hydraulische factoren, afgeleid van de Wet van Manning. Hydraulische factoren zijn de belangrijkste abiotische factoren, die het voorkomen van organismen in stromend water bepalen (Statzner & Higler, 1986). De classificatie is grafisch weergegeven in fig. 2.5 en enigszins gewijzigd om ook buitenlandse bergbekken op te kunnen nemen.

De stroomsnelheid wordt hierin weergegeven door een rechte lijn met een richtingscoëfficiënt van $-3/2$. R is de hydraulische straal en C_t is een samenvoeging van de terreinhelling en de ruwheid uit Manning's formule. Het is met deze methode eenvoudig een beek- of riviersegment toe te delen aan een klasse van stromend water.

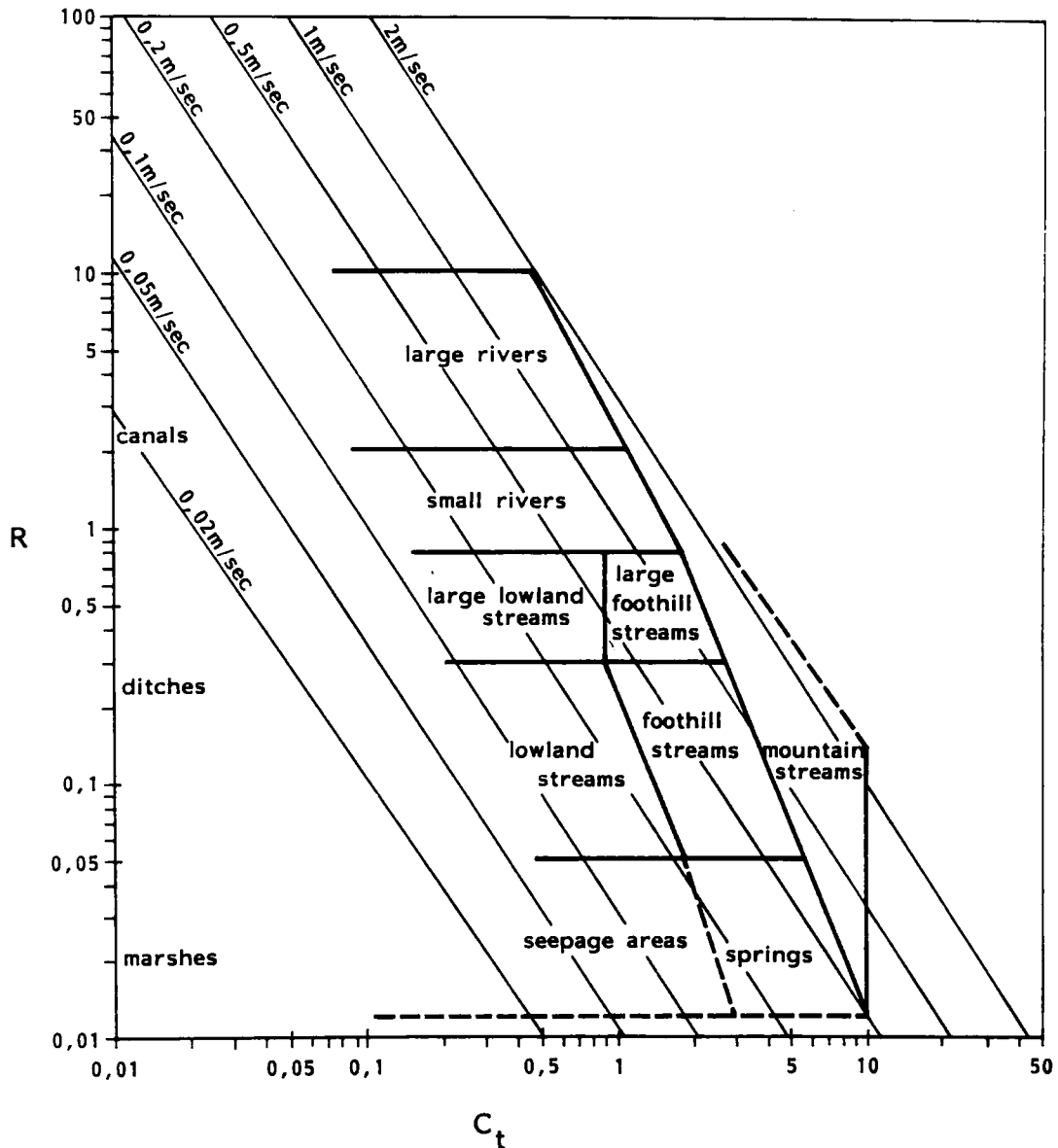


Fig. 2.5. $C_t R$ -diagram: Indeling in stromend water habitats op grond van hydraulische straal R (m) en terreinfactor C_t (gewijzigd naar Higler & Mol, 1984).

Enkele klassieke zonerings-theoriën van habitat-typen in stromende wateren op basis van fauna worden o.a. gevonden bij Huet (1954), Illies (1961) en Illies en Botosaneanu (1963). De laatsten onderscheiden 3 'isocenosen' (levensgemeenschapstypen) nl., het Crenon, het Rhitron en het Potamon. De biotopen (resp. Crenal, Rhitral en Potamal) van deze levensgemeenschapstypen wordt gekarakteriseerd door verschillen in het temperatuurregime, de stroomsnelheid, het debiet, en de aard en structuur van het substraat. De levensgemeenschapstypen zijn gekarakteriseerd door groepen van aquatische fauna-organismen die de zones (biotopen) gewoonlijk bevolken.

River Continuum Concept (Vannote et al., 1980)

Naast de hypothese van gezoneerde patronen in het voorkomen van levensgemeenschappen staat het concept van een stromend water als een continuüm waarin levensgemeenschappen geleidelijk in elkaar overgaan. De belangrijkste uiting hiervan is het River Continuum Concept (RCC) (Vannote et al., 1980). Het RCC is bedoeld als een raamwerk waarin voorspelbare en zichtbare biologische kenmerken van stromende systemen worden geïntegreerd.

Het belangrijkste doel van het RCC is een verband te leggen tussen fluviaatiele geomorfologische processen, de structuur van een watergang, hydrologische processen en patronen in de structuur en het functioneren van levensgemeenschappen, vracht, transport, gebruik en opslag van organische stoffen over de lengte van stromende wateren. Uitgangspunt hierbij is dat tussen de verschillende factoren sprake is van een dynamische evenwichtssituatie (Curry, 1972).

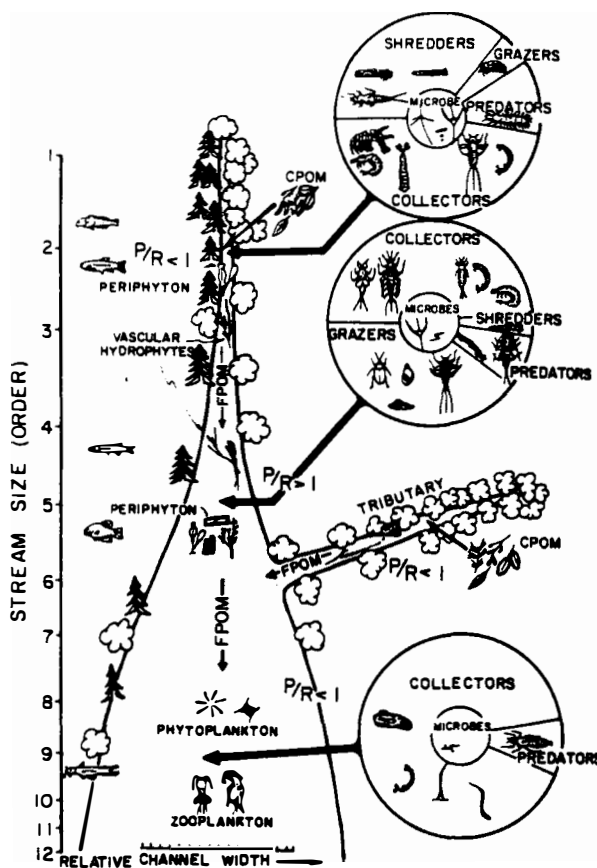


Fig. 2.6. In het RCC voorgestelde relatie tussen de grootte (stream-order: Leopold et al., 1964; Hynes, 1970) van een beek en daarmee gepaarde gaande verschuivingen in structurele en functionele kenmerken van de aanwezige levensgemeenschappen (uit: Vannote et al.; 1980)

Hierbij beschouwt men een stromend water, van bron naar monding, als een continue gradiënt van fysieke toestanden, op basis van fysieke factoren als breedte, diepte, stroomsnelheid, afvoer, temperatuur en entropiewinst. Op basis van deze gradiënt zijn binnen de levensgemeenschappen een reeks van reacties te verwachten die tot uiting komt in een continue reeks van aanpassingen en in consistente patronen m.b.t. de vrucht, het transport, en het gebruik en opslag van organisch materiaal.

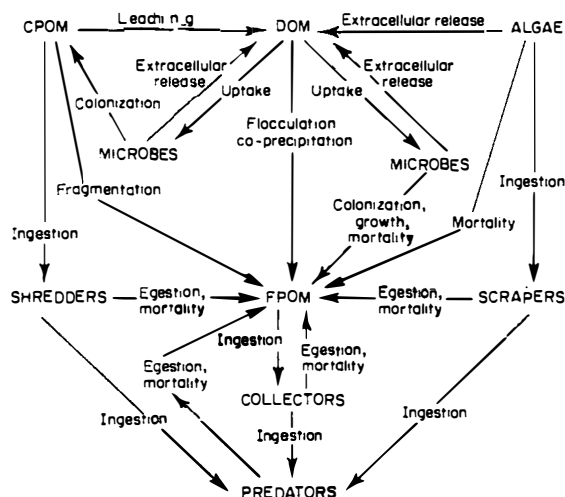


Fig. 2.7. Overzicht van voedingsbronnen, functionele voedingsgroepen, microbiële afbraakprocessen en de overdrachtsprocessen die daartussen bestaan. (CPOM = grof organisch mat. (1 mm), FPOM = fijn organisch mat. (1 mm - 0.45 m), DOM = opgelost org. materiaal (0.45 m)). NB: onder ALGAE worden alle primaire producenten verstaan. (uit: Cummins, 1992).

Vanuit dit concept ontstaat een beeld van een stromend watersysteem zoals weergegeven in figuur 2.6. Een versimpeld overzicht van de functionele groepen van organismen en hun respectievelijke functies in het omzetting-proces van energie is gegeven in figuur 2.7.

Grofweg worden stromende wateren op grond van kenmerken van de aanwezige levensgemeenschappen in 3 groepen verdeeld n.l. bronnen en bovenlopen, middenlopen en benedenlopen, en kleine riviertjes t/m grote rivieren. In 2.5 wordt hier verder op ingegaan.

CONCLUSIES

1. De stroomgebiedbenadering (watershed approach) gaat ervan uit dat bij bestudering van een stromend water-ecosysteem de grenzen van het stroomgebied (de waterscheiding) als begrenzing van het systeem gelden.
 2. Beken en rivieren worden op grond van biotische en abiotische kenmerken verdeeld in verschillende zones.
 3. De hypothese van een continuüm (Vannote et al., 1980) zonder diskrete grenzen onderschrijft het zoneringsprincipe niet.
 4. Een combinatie van 2. en 3. biedt voor stromende wateren de meest realistische invalshoek.
-

LITERATUUROVERZICHT

- Cummins, K.W., 1992. Catchment Characteristics and River Ecosystems. In: Boon, P.J., P. Calow & G.E. Petts (eds.), 1992. River Conservation and Management. Wiley, Chichester.
- Curry, R.R., 1972. Rivers -- a geomorphic and chemical overview. In: R.T. Oglesby, C.A. Carlson & J.A. McCann (eds.). River ecology and man. Academic Press, New York, 9-31.
- Engelen, G.B., J.M.J Gieske, S.O. Los, 1989. Grondwaterstromingsstelsels in Nederland. Achtergrondreeks Natuurbeleidsplan nr. 2. Ministerie van LNV, 's-Gravenhage.
- Frissel, C.A., W.J. Liss, C.E. Warren, M.D. Hurley, 1986. A Hierarchical Framework for Stream Habitat Classification: Viewing Streams in a Watershed Context. Environmental Management Vol. 10, No. 2, 199-214.
- Higler, L.W.G. & A.W.M. Mol, 1984. Ecological types of running waters based on stream hydraulics in The Netherlands. Hydrobiological Bulletin 18, 51-57.
- Huet, M., 1954. Biologie, profils en long et en travers des eaux courantes. Bulletin Français de Pisciculture 27 (175), 41-53.
- Hynes, H.B.N, 1975. The stream and its valley. Proceedings of the International Association of Theoretical and Applied Limnology 19, 1-15.
- Illies, J., 1961. Versuch einer allgemeinen biozönotischen Gliederung der Fließgewässer. Int. Rev. ges. Hydrobiol. 46, 205-213.
- Illies, J. & L. Botosaneanu, 1963. Problèmes et méthodes de la classification et de la zonation écologique des eaux courantes, considérées surtout du point de vue faunistique. Mitt. Soc. int. Limnol. 12, 1-57
- Likens, G.E., F. Bormann, R.S. Pierce, J.S. Eaton & N.M. Johnson, 1977. Biogeochemistry of a forested ecosystem. Springer-Verlag, New York.
- Statzner, B. & B. Higler, 1986. Stream hydraulics as a major determinant of benthic invertebrate zonation patterns. Freshwater Biology 16: 127-139.
- Thienemann, A., 1912. Der Bergbach des Sauerlandes. Int. Revue ges. Hydrobiol. Hydrogr. Suppl. 4: 1-125.
- Vannote R.L., G.W. Minshall, K.W. Cummins, J.R. Sedel & C.E. Cushing, 1980. The River Continuum Concept. Can. J. Fish. Aquat. Sci. Vol. 37, 130-137.
- Verdonschot, P.F.M., 1990a. Ecological characterization of surface waters in the province of Overijssel (The Netherlands). Diss. LU Wageningen. Prov. Overijssel/RIN, Zwolle/Leersum. Casparie, Almere.
- Verdonschot, P.F.M., 1990b. Ecologische karakterisering van oppervlaktewateren in Overijssel. Prov. Overijssel/RIN, Zwolle/Leersum.
- Warren, C.E, M. Allen, & J.W. Haefner, 1979. Conceptual frameworks and the philosophical foundations of general living systems theory. Behavioral Sc. 24: 296-310.
-

2.2 Klimaat. Neerslag en verdamping: Neerslagoverschot en -verdeling.

Algemeen

Beken vormen een onderdeel van de kringloop van water. De belangrijkste motor van deze kringloop is het verdampen van water boven zee waaruit boven land neerslag ontstaat. Nederland kent een gematigd Atlantisch (zee)klimaat. Er is op jaarbasis sprake van een netto neerslagoverschot. Het neerslagoverschot wordt afgevoerd naar de zee. Deze afvoer wordt verzorgd door poldersystemen en rivieren, waarbij grondwaterstromingsstelsels die water vervoeren naar beken en rivieren een belangrijke functie vervullen. Beken en rivieren kunnen in dit afvoerproces worden opgevat als "verzamelrechtters". Om te kunnen bepalen welke hoeveelheden water, in potentie, door een watergang zullen worden getransporteerd is inzicht in de hoogte van neerslag en verdamping nodig. Dit resulteert in een hoeveelheid nuttige neerslag, het neerslagoverschot.

Neerslag vormt in de tijd geen constante stroom. Daardoor zal ook het debiet van een beek en de stroomsnelheid in de tijd variëren. Mede afhankelijk van de periodiciteit van de neerslag ontstaan in het stroomgebied/beekdal ondergrondse waterstromen die de voeding vormen voor kwel. Kwel is een belangrijke voorwaarde voor het voorkomen van bepaalde vegetatietypen. Hierdoor is tevens inzicht nodig in de verdeling van de neerslag in de tijd.

Neerslag

De jaarlijkse hoeveelheid neerslag in Nederland is niet overal hetzelfde. Het jaarlijkse gemiddelde over 30 jaar (1931-1960) verschilt van 675 mm in een gebied ten noorden van 's Hertogenbosch tot 825 mm in de omgeving van Apeldoorn en 850 mm in het meest zuidelijke deel van Zuid-Limburg (Fig. 2.6). Het landelijk gemiddelde voor de periode 19060-1990 is 670 mm. De hoeveelheid neerslag op een bepaalde plaats is globaal afhankelijk van de hoogteligging (vgl. neerslagkaart en hoogtekaart). Doordat waterdamp bij passage over een steeds hoger wordend landschap naar koudere (hogere) luchtlagen wordt gedwongen, vindt condensatie plaats en ontstaat neerslag (z.g. stijregens).

Verdamping

Slechts een gedeelte van de neerslag komt ten goede aan de voeding van grond- en oppervlaktewater. Een gedeelte verdamppt. De verdamping is afhankelijk van de temperatuur en van de windsnelheid langs het verdampende oppervlak. Daarnaast is de aard van het oppervlak een belangrijke factor die de grootte van de verdamping bepaalt. Er is een lineair verband tussen de potentiële verdamping en de verdamping van vochtig filterpapier (Penman-verdamping). De onderlinge verhouding tussen deze twee grootheden wordt bepaald een constante, de f-factor, die op zijn beurt beïnvloed wordt door begroeiingstype (tabel 2.2). Deze geven de verhouding weer van de potentiële verdamping van een bepaald oppervlak t.o.v. de Penman openwaterverdamping volgens:

$$E_p = f \cdot E_0 \text{ (mm/dag)}$$

waarin:

E_p de potentiële-, en
 E_0 de Penman-verdamping (beide mm/dag).

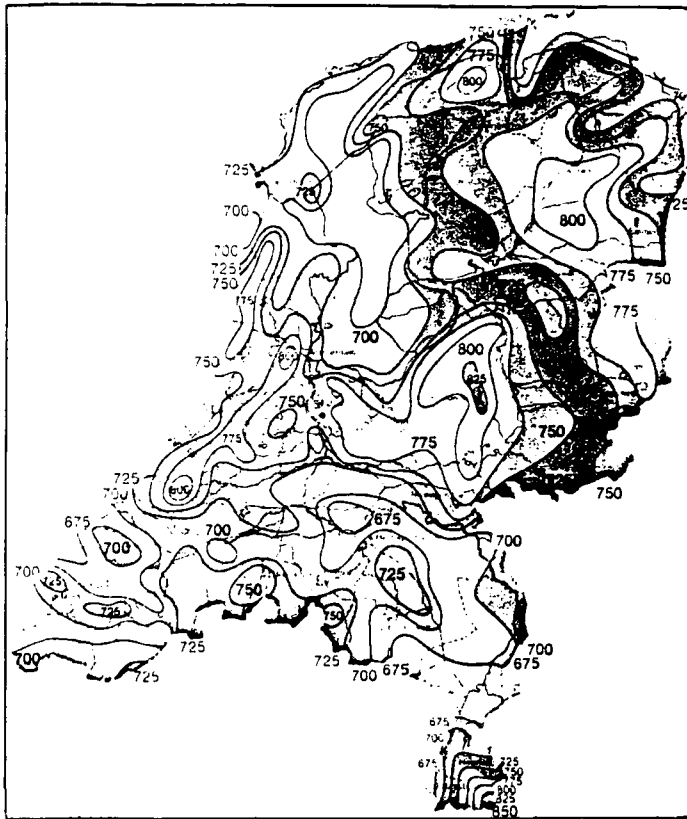


Fig. 2.8. Neerslagkaart van Nederland; jaargemiddelde neerslag in mm/m^2 .jr over 30 jaar (1931-1960) (uit: KNMI, 1972. Klimaatatlas van Nederland)

Tabel 2.4. f-factoren van verschillende vegetatietypen (uit: Jansen, 1986)

vegetatietype	f-factor
Naaldbos	
- jong	0.80
- oud	0.95
Loofbos	
- jong	0.70
- oud	0.85
Broekbos	0.75
Struweel	0.80
Heide	
- Calluna (+ opslag)	0.60 (tot 0.75)
- Erica (+ opslag)	0.60 (tot 0.75)
Grasland	
- Molinia (+ opslag)	0.50* (tot 0.75)
- schraal (idem, kort)	0.75 (0.65)
- rijk (idem, kort)	0.80 (0.70)
Oevervegetatie	- ruig
Hoogveen	
- heide	0.65
- veenmos	0.95
Duinvegetatie	0.75
Kale zandbodem	0.30

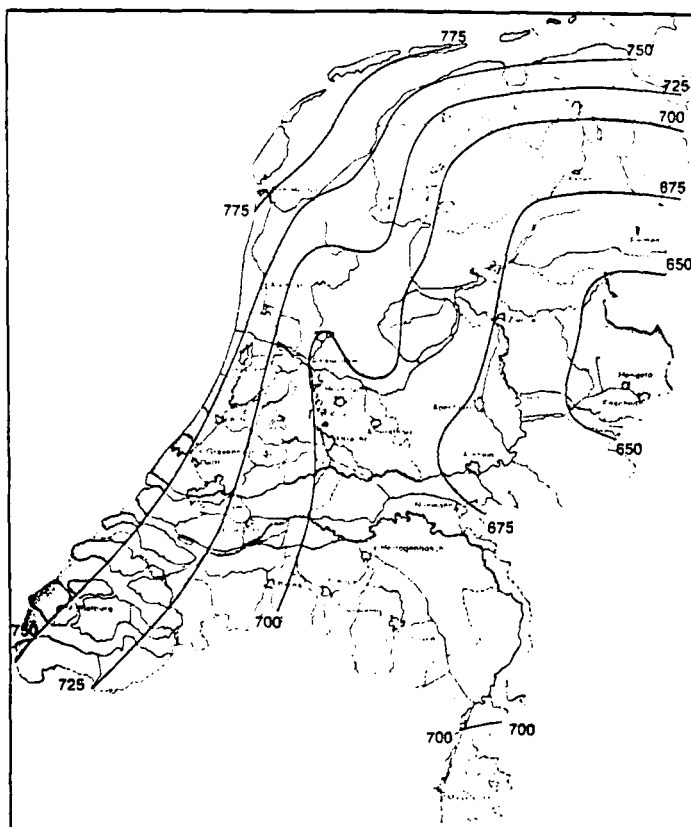


Fig. 2.9. Verdampingskaart van Nederland; jaargemiddelde openwaterverdamping in mm water per m^2 .jr volgens Penman over 30 jaar (1931-1960) (uit: KNMI, 1972. Klimaatatlas van Nederland)

De f-factor is afhankelijk van het jaargetijde, het oppervlak en de samenstelling van de vegetatie. De waarden in deze tabel zijn gemiddelden berekend uit meerdere lysimeterexperimenten. De spreiding tussen waarnemingen in overeenkomstige vegetatietypen is vrij groot (tot 25%).

In figuur 2.9 is de jaarlijkse openwater-verdamping berekend volgens Penman en gemiddeld over een periode van 30 jaar weergegeven. Langs de kust, waar de gemiddelde windsnelheid het hoogste is, ligt de verdamping in de orde van 750-775 mm per jaar (1930-1961). Meer naar het oosten wordt de jaarlijkse verdamping geleidelijk lager tot rond 650 mm in Twente. In het zuidelijke deel van Limburg ligt de verdamping a.g.v. een hogere gemiddelde windsnelheid en temperatuur rond 700 mm per jaar.

Neerslagoverschot

De resultante van neerslag en verdamping is het neerslagoverschot. De hoogte van het neerslagoverschot bepaalt de hoeveelheid water die, vanuit een bepaald gebied (b.v. een stroomgebied) met een zekere vertraging, zal worden afgevoerd.

Het gemiddelde jaarlijkse neerslagoverschot in Nederland (fig. 2.10; 1930-1961) varieert van 125-150 mm langs de kust, tot 300 mm in de hoogste delen van het land (Zuid-Limburg, Veluwe, Drents Plateau). Met name in gebieden

waar het neerslagoverschot hoog is verzamelt een deel van het water zich in open watergangen (beken en kleine rivieren). Dit proces is mede afhankelijk van de hoeveelheid water die in de bodem kan worden geborgen. Factoren die hierbij een rol spelen zijn de diepte van het grondwatersysteem en de doorlatendheid van de bodem. In ondiepe grondwatersystemen (b.v. in Zuid-Limburg) zal een relatief groot aandeel van het neerslagoverschot opper-

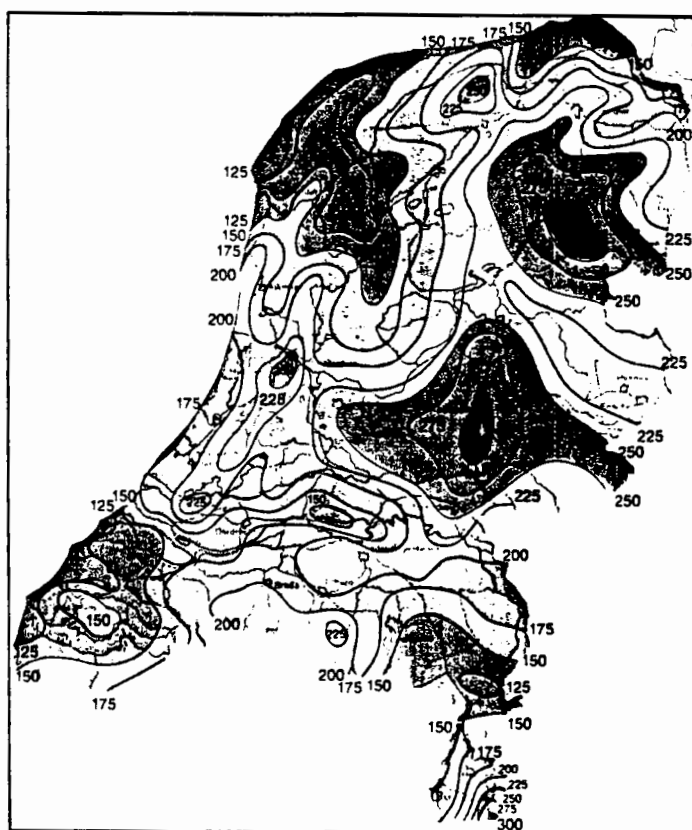


Fig. 2.10. Neerslagoverschot in Nederland (1930-1961) (uit: KNMI, 1972. Klimaatatlas van Nederland)

vlakkelig en via ondiepe stroombanen worden afgevoerd. Dit heeft tot gevolg dat de afvoer van ondiepere systemen een relatief sterke overeenkomst vertoont met het neerslagpatroon. De verblijftijd van water is relatief kort. Ook het voorkomen van ondoorlatende lagen in de ondergrond kan invloed uitoefenen op de hoeveelheid water die naar de diepere grondwaterstromen kan infiltreren. Ondiep geïnfiltrerd water volgt ondergronds een kortere stroombaan met een kortere "reistijd" (verblijftijd) en komt sneller weer aan de oppervlakte.

Neerslagverdeling

De verdeling van het neerslagoverschot over het jaar is niet gelijk (fig. 2.11). In de zomer is de gemiddelde temperatuur in vergelijking tot de neerslag zo hoog dat een neerslagtekort ontstaat. In de winter daarentegen zijn de temperatuur

en verdamping laag zodat er sprake is van een werkelijk neerslagoverschot. Actuele gegevens van het neerslagoverschot in een bepaald gebied zijn samen te stellen uit actuele neerslagcijfers en verdampingscijfers (van het dichtstbijzijnde station). De laatste dienen te worden gecorrigeerd m.b.v. f-factoren. Het neerslagoverschot in een gebied (b.v. een (deel)stroomgebied) vormt de basis voor het opstellen van afvoerpatronen. Er blijken perioden van ongeveer tien jaar met relatief veel en relatief weinig neerslag voor te komen, hetgeen weerspiegeld wordt in de afvoerpatronen van beken (fig. 2.12).

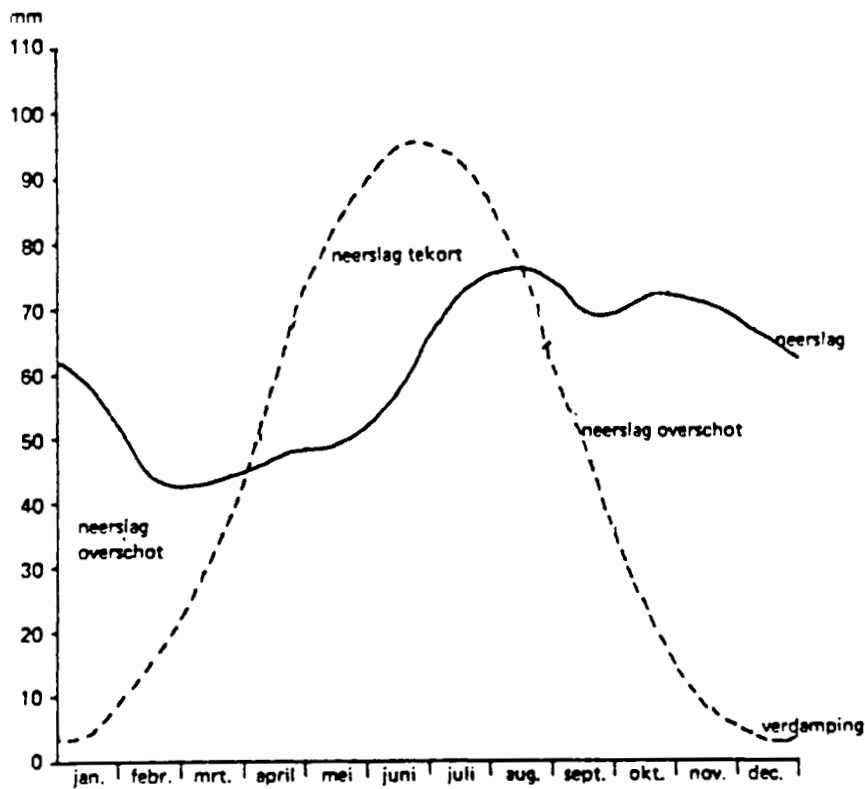


Fig. 2.11. Verloop van neerslag en verdamping in een gemiddeld jaar in Nederland. (uit: Couwenhoven, 1991)

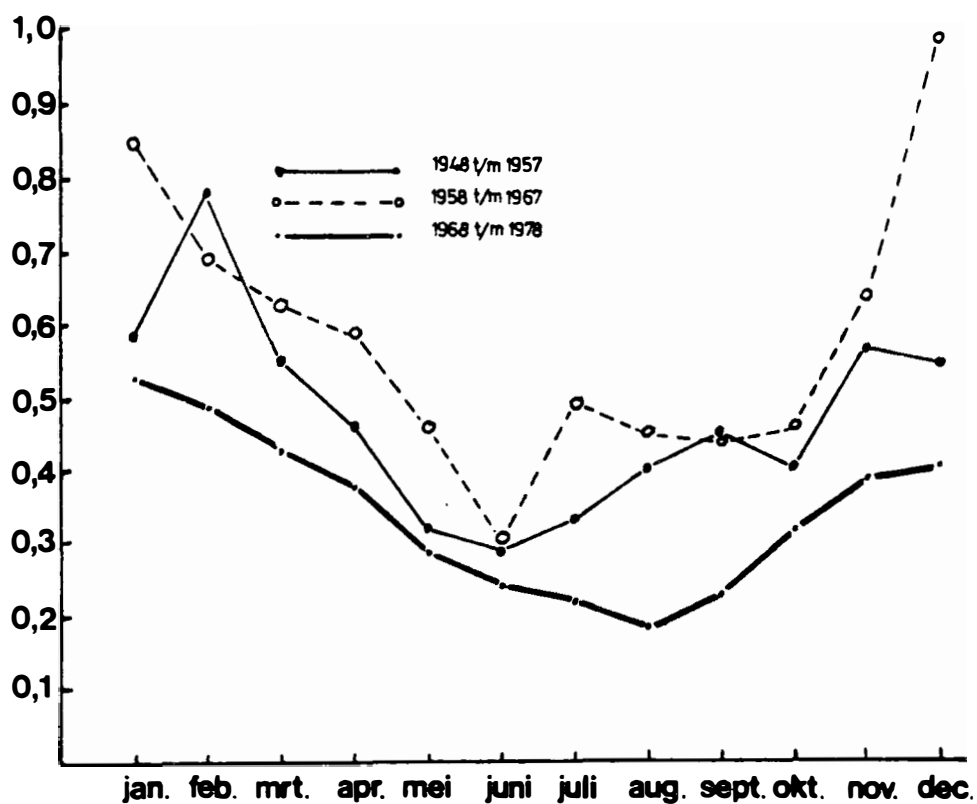


Fig. 2.12. Afvoerpatroon per decade in de Hierdense Beek (Higler, 1980)

Neerslaakwaliteit

Afwijking van de kwaliteit van de neerslag t.o.v. 'natuurlijke' neerslag wordt in dit rapport beschouwd als een vorm van menselijke beïnvloeding. Dit onderwerp zal daarom in het kader van de landgebruiksparementen verder worden behandeld.

CONCLUSIES

1. Stromende wateren worden gevoed door neerslagoverschotten.
 2. Het jaarlijkse neerslagoverschot in een gebied is niet constant. Daardoor verschilt de afvoer van jaar tot jaar.
 3. De verdeling van het neerslagoverschot door de tijd is evenmin constant: neerslagoverschotten worden in Nederland voornamelijk gedurende de wintermaanden opgebouwd. 's Zomers is er sprake van een negatieve balans tussen neerslag en verdamping.
 4. De afvoer van een beek volgt, vertraagd, afhankelijk van de diepte en horizontale doorlatendheid van het ondergrondse watersysteem, de verdeling van het neerslagoverschot in de tijd.
-

LITERATUUROVERZICHT

- Couwenhoven, T., 1991. Ecohydrologie. IAHL, Velp.
- Higler, L.W.G., 1980. Hydrologische, fysische en chemische gegevens van de Hierdense beek. RIN-rapport 80-3.
- Jansen, P.C., 1986. De potentiële verdamping van (half-)natuurlijke vegetaties. ICW nota 1703, Wageningen
- KNMI, 1972. Klimaatatlas van Nederland. Staatsuitgeverij, 's Gravenhage.
-

2.3 Geologie van Nederland in kort bestek: geologische aspecten van natuurontwikkeling in beken en beekdalen

2.3.1 Inleiding

Stromen van water en mineralen leggen dikwijls een lange reis door de ondergrond af alvorens ze het bodemoppervlak (kwel) of een watergang bereiken. Tijdens die reis worden extra mineralen opgenomen. Kennis van de geologische opbouw van de ondergrond is van essentieel belang om de verblijftijd en de chemische samenstelling van grondwater te kunnen bepalen. Geologische processen uit het verleden hebben een belangrijke bijdrage geleverd aan het bestaan van hoogteverschillen in ons land. Beekdalen zijn meestal ontstaan in laagten, die door deze processen zijn gevormd. Ook de stroomsnelheid van wateren wordt door hoogteverschillen en daarmee door de geologie bepaald.

2.3.2 De geologie van Nederland in kort bestek

Nederland ligt geologisch gezien aan de rand van een groot bekken dat zich uitstrekt over Duitsland (Rheinisch Massif) en delen van België (Ardennen, Brabants Massief) en op de rand van het Noordzeebassin (Zagwijn et al., 1985; de Vries, 1974). Het Noordzeebassin is, gezien op een geologische tijdschaal, dalende, terwijl de beide andere complexen zich opheffen (o.a. door zouttektoniek). Gedurende het Tertiair werden vanuit zee fijnere sedimenten afgezet (kleien en fijne zanden, schelpafzettingen; formaties van Breda en Oosterhout, Maassluis ten dele). Deze afzettingen worden beschouwd als de hydrologische basis van een groot deel van Nederland. De meest verbreide Formatie van Breda komt in de omgeving van Heerlen aan of zeer nabij de oppervlakte op een hoogte van 100-130 m+NAP. Van hieruit duiken de Tertiaire formaties in noordwestelijke richting omlaag tot een diepte van meer dan 400 m-NAP in het noordwesten. Door tektoniek komen plaatselijk opduikingen (van soms enkele tientallen meters) van de Tertiaire ondergrond voor (b.v. onder Twente, zie figuur 2.13).

Gedurende het Pliocen en vroeg-Pleistoceen hebben de grote rivieren over de Tertiaire ondergrond grote hoeveelheden grover sediment (zand en later grind) afgezet. Deze waaiervormige afzettingen behoren tot de belangrijkste watervoerende lagen ('Plio-Pleistocene fan'). Hierin zijn globaal twee invloedssferen te herkennen. Tot de invloedssfeer van de Noord-Duitse rivieren (z.g. witte zanden), die zich vanuit het oosten over ons land uitstrekt, worden gerekend de formaties van Scheemda, Harderwijk, Enschede en Urk (basaal). Tot de invloedssfeer van Rijn, Maas en Schelde (z.g. bruine zanden) uit het zuiden worden gerekend de Kieseloliet formatie, formaties van Tegelen, Kedichem (ten dele), Urk en Sterksel. De 'bruine zanden' kenmerken zich door een hoger gehalte aan minerale bestanddelen t.o.v. de witte zanden die erg arm aan minerale bestanddelen zijn. De verschillende samenstelling van deze zanden oefent nog steeds een zekere invloed uit op de hydrologie. Zeer globaal kan men stellen dat de minerale samenstelling van diepe grondwaterstromen (meestal 2^de WV-pakket) o.i.v. van bruine zanden i.h.a. rijker is dan van de stromen o.i.v. afzettingen van witte zanden. De invloed van de witte zanden strekt zich uit van het noorden van het land tot het zuidoosten. Die van

de bruine zanden manifesteert zich in het zuiden van het land. Latere pleistocene rivierafzettingen dragen eveneens bij aan de totstandkoming van belangrijke watervoerende pakketten (formaties van Kreftenheye en Veghel).

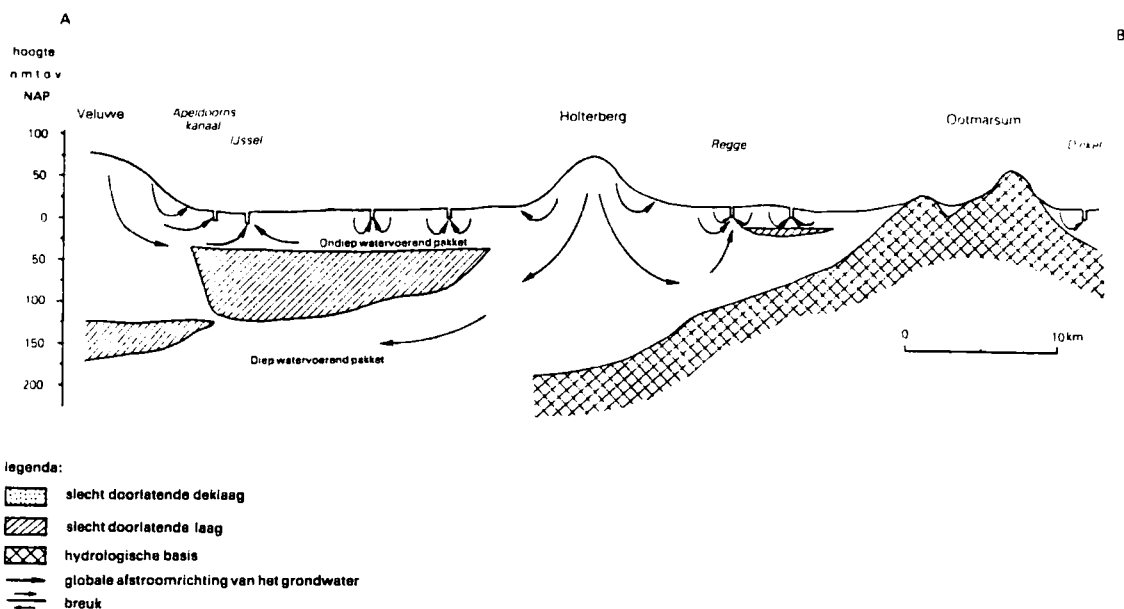


Fig. 2.13. Geohydrologische doorsnede van het noordelijk deel van het oostelijk zandgebied, waarin de ligging van de Tertiaire basis wordt geïllustreerd (uit: Vissers et al., 1985).

De ligging van de Tertiaire basis wordt geïllustreerd in figuur 2.13.

Tijdens het Saalien (Formatie van Drenthe) is een aantal door het landijs opgestuwde verhogingen achtergelaten waarvan het Drents Plateau, de Veluwe en de Utrechtse, Twentse en Sallandse Heuvelruggen de meest sprekende voorbeelden zijn.

Naast formaties, ontstaan uit glacigene, fluviaatiele en mariene afzettingsprocessen, wordt een aantal formaties onderscheiden die zijn voortgekomen uit meer lokale afzettingsprocessen. Voorbeelden hiervan zijn de ontwikkeling van (hoog)veen (formaties van Griendtsveen en Asten), beekafzettingen (b.v. formatie van Singraven), periglaciaie afzettingen (formaties van Kedichem, Eindhoven en Twente (alle gedeeltelijk)) en eolische afzettingen (formaties van Kedichem, Eindhoven en Twente (alle gedeeltelijk)). Deze lokale processen zijn vooral goed bekend en gedocumenteerd uit het laat-Pleistoceen en het Holoceen.

In tabel 2.5 (uit: Zagwijn et al., in: RGD, 1975) zijn van onder naar boven de formaties weergegeven die gedurende het laat-Tertiair, Pleistoceen en Holoceen zijn afgezet. Hierbij is globaal getracht weer te geven welke formaties voornamelijk in het noordelijk en welke in het zuidelijk deel van het land voorkomen.

Tabel 2.5. Boven-Tertiaire en Kwartaire geologische formaties gerangschikt naar ouderdom en genese (uit: Zagwijn et al., in: RGD, 1975).
In BIJLAGE 2 zijn verbreidingskaartjes opgenomen van de geologische Formaties die in Nederland voorkomen.

Chronostratigrafie		Afzettingen in verband met landijs		Afzettingen van lokale herkomst		Afzettingen van grote rivieren		Afzettingen in zee en bij de kust			
		N	Z	N	Z	N	Z	N	Z		
KWARTAIR	PLEISTOCIEEN	HOLOCIEEN		Formatie van Kootwijk E Formatie van Singraven B Formatie van Grandsleben V		Betsuwe Formatie R - M		Westland Formatie			
		Boven	Weichselien*			Formatie van Twente E - V - P - B	Formatie van Kreftenheve R - M				
			Eemien			Formatie van Asten V			Eem Formatie		
			Saalien*	F v Drente							
		Midden	Holsteinien			Formatie van Eindhoven E - P B - V	Formatie van Urk R	Formatie van Veghel M	***		
			Elsterien*	F v Peelo					***		
			Cromerien complex**					Formatie van Sterksel R - M			
		Onder	Menapien*			Form van Kedichem ten dele B - P - V	Formatie van Enschede O	Formatie van Kedichem R - M			
			Waalien				Formatie van Harderwijk O				
			Eburonien*					Formatie van Tegelen R - M		Formatie van Maassluis	
			Tighien								
			Praetiglien*								
		TERTIAIR	PLIOCEEN	Boven				Form van Kiezelscheemda		Formatie van Oosternhout	
				(Reuverien)							
				Onder							
			MIOCEEN	Boven							
				Midden							Formatie van Breda
				Onder				Form van Hexenberg			ten dele

E = eolische afzettingen
P = periglaciale afzettingen
B = beekafzettingen
V = veen

R = Rijn
M = Maas
O = oostelijke noorddruite rivieren en voorlopers

*koude tijd
**complexe eenheid bestaande uit tenminste 4 warme en 3 koude tijden
***nog onbenoemd, voorlopig bij Formatie van Urk

In BIJLAGE 1 is van de geologische formaties weergegeven uit welke laagpakketten ze bestaan en uit welk soort materiaal deze pakketten zijn opgebouwd. Ook de dikte van de formaties en de diepte (t.o.v. mv) waarop de formaties voorkomen is aangegeven. Voor een beter inzicht in de bodemopbouw in Zuid-Limburg zijn enkele oudere formaties opgenomen (Rupel, Tongeren, Houthem, Maastricht, Gulpen, Vaals en Aken). Deze zijn voor de hydrologie van het gebied van belang. Zuid-Limburg kent door de aanwezigheid van een groot aantal breukvlakken een zeer complexe structuur.

Zonder een gedegen inzicht van de verticale opbouw van de bodem binnen een stroomgebied is het onmogelijk een beeld te verkrijgen van de ondergrondse waterstromen die binnen dat gebied van invloed zijn op fysische en chemische randvoorwaarden in het beekdal. Vooral in gebieden waar de gelaagde opbouw van de ondergrond niet erg homogeen van opbouw is (voorkomen van complexe eenheden, kleilenzen, breuken, opduikingen van Tertiair e.d.) kan de hydrologische situatie complex zijn.

Geologische gegevens dienen als leidraad bij het vaststellen van de plaats en dikte van watervoerende en weerstandbiedende lagen in de ondergrond. Bij de berekening van de grootte van ondergrondse watertransporten moeten op basis van geologische gegevens kD en C waarden voor de verschillende lagen worden ontwikkeld. Vooral dwarsdoorsneden van de ondergrond zijn hierbij zeer nuttig.

De Geologische overzichtskaarten van Nederland 1:600.000 (RGD, 1975) leveren naast een landelijk overzicht van de aan of nabij het maaiveld liggende materialen, enkele dwarsdoorsneden (1:300.000) met lithologische profiel-schetsen. Ook in de Geologische kaarten van Nederland 1:50.000 zijn per kaartblad enkele dwarsdoorsneden opgenomen en gedocumenteerd. Diverse andere publikaties (De Vries, 1974; Pannekoek, 1956; Pannekoek & Van Straaten, 1982; Engelen, 1988) tonen dwarsdoorsneden langs verschillende lijnen waarmee een globaal inzicht kan worden verkregen. Bij het gebruik van hydrologische modellen zijn gegevens van de geologische opbouw van de ondergrond essentieel.

Er kunnen op grond van de geologische voorgeschiedenis 3 typen gebieden worden onderscheiden, n.l.:

- * pre-pleistocene gebieden (Zuid-Limburg, oostelijk deel van Twenthe en Achterhoek) (ontstaan o.i.v. van tektonische processen),
- * pleistocene gebieden (hogere zandgronden) (ontstaan o.i.v. van o.a. klimatologische processen (ijstijden) en
- * holocene gebieden (overige gebieden langs de kust) (ontstaan o.i.v. vnl. fluviatiele en mariene processen).

Deze driedeling op basis van de geologische achtergrond komt globaal overeen met een indeling in ecoregio's zoals door Klijn (1988) onderscheiden.

CONCLUSIES

1. Geologische gegevens vormen de basis voor het inzicht in de snelheid en de grootte, maar ook in de kwaliteit van onder- en bovengrondse waterstromen.
 2. Beken komen in Nederland vooral voor in pre-Pleistocene en Pleistocene gebieden.
 3. Het pre-Pleistoceen omvat afzettingen van kalksteen, grinden en zanden, Tertiaire kleien en fijnere zanden. Het pre-Pleistocene gebied beperkt zich tot Zuid-Limburg. Hier komen heuvellandbeken voor met veelal kalkrijk water.
 4. Het Pleistocene gebied strekt zich uit over het zuidelijke (Noord-Limburg en Brabant) en oostelijke (Gelderland, Overijssel, Drenthe en delen van Utrecht, Groningen en Friesland) deel van het land. Door zijn uitgestrektheid is de geologische verscheidenheid binnen dit gebied zeer groot. In het Pleistocene gebied worden de beken gerekend tot de laaglandbeken. In delen van Twente en de Achterhoek komen beken of beektrajecten voor die gelijkenis vertonen met heuvellandbeken.
-

LITERATUUROVERZICHT

- Engelen, G.B., J.M.J Gieske, S.O. Los, 1989. Grondwaterstromingsstelsels in Nederland. Achtergrondreeks Natuurbeleidsplan nr.2 . Ministerie van LNV, 's-Gravenhage.
- Klijn, F., 1988. Milieubeheergebieden. RIVM rap. nr. 758702001/CML mededeling: 37, Bilthoven/Leiden.
- Pannekoek, A.J. (red.), 1956. Geologische geschiedenis van Nederland. Toelichting bij de geologische overzichtskaart van Nederland 1:200.000. Staatsuitgeverij, 's-Gravenhage.
- Pannekoek, A.J. & L.M.J.U. van Straaten (eds.), 1982. Algemene geologie. Wolters-Noordhoff, Groningen.
- RGD, 1965-heden. Geologische kaart van Nederland 1:50.000. Rijks Geologische Dienst, Haarlem.
- RGD, 1975. Geologische overzichtskaarten van Nederland 1: 600.000. Rijks Geologische Dienst, Haarlem.
- RGD, 1975. W.H Zagwijn & C.J. van Staalduinen (red.). Toelichting bij geologische overzichtskaarten van Nederland. RGD, Haarlem.
- Vissers, H.J.S.M., N.H.S.M. de Wit & W. Bleuten, 1985. Ruimtelijke effecten van bemesting via ondiep grondwater. Bedreiging van de kwaliteit van grond- en oppervlaktewater en gevolgen voor de natuur en waterwinningen op Nederlandse zandgronden. Vakgroep Fysische Geografie, Rijksuniversiteit, Utrecht.
- Vries J.J. de, 1974. Groundwater flow systems and stream nets in the Netherlands. Rodopi, Amsterdam.
- Zagwijn, W.H., D.J. Beets, M. van den Berg, H.M. Montfrans & P. van Rooijen, 1985. Atlas van Nederland in 20 delen. Deel 13: Geologie. Staatsuitgeverij, 's-Gravenhage.
-

2.4 Geomorfologie van Nederlandse beken en beekdalen: Een overzicht

2.4.1 Inleiding

Om water te laten stromen is een potentiaalverschil nodig. hoogteverschillen in het landschap veroorzaken zo'n potentiaalverschaal. Het macroreliëf in het landschap bepaalt in welke richting overtollig regenwater stroomt. De grootte van het hoogteverschil per eenheid afgelegde afstand, de terreinhelling ($\text{‰} = \text{m/km}$), bepaalt daarbij globaal de snelheid waarmee het water zal stromen.

Stromend water heeft zelf ook invloed op de vorm (en het reliëf) van het landschap (erosie en sedimentatie). De grootte van deze 'landschapsvormende' invloed is op zijn beurt deels afhankelijk van de stroomsnelheid van het water, daarmee van de terreinhelling en van de aard van de bodem en zo van de geologische voorgeschiedenis (veel beekdalen liggen in oude glaciale erosiedalen). Ook het verloop van het klimaat door de eeuwen (of millenia) heen is hierop van invloed (fluctuaties in neerslag, temperatuur en verdamping). Op deze wijze worden in beginsel beek- en rivierdalen gevormd. De patronen en processen spelen zich hierbij af op een tussenliggend regionaal schaalniveau (b.v. meso-reliëf).

De vorming van een dal is daarnaast mede het gevolg van morfologische processen die zich op lokale schaal, op de plaats waar water in de loop van eeuwen stroomde, hebben afgespeeld. Op dit niveau spelen naast de terreinhelling (het verhang) en de aard van de bodem ook de 'zwaarte' (een combinatie van korrel- grootte en soortelijk gewicht) van de afzonderlijke bodemdeeltjes en de mate waarin de afzonderlijke deeltjes aan elkaar zijn gebonden (cohesie) een rol.

(Geo)morfologische processen zijn op verschillende schaalniveau's steeds actueel (b.v. ook tektoniek en daluitschuring- en opvulling). Het tempo waarin deze processen zich voltrekken is alleen zo traag, dat alleen lokale processen (direct gerelateerd aan de aanwezigheid van stromend water) waarneembaar zijn. Voor natuurontwikkeling zijn ook de tragere processen van belang. Zij vormen immers de achtergrond waartegen mogelijkheden voor natuurontwikkeling op langere termijn moeten worden geplaatst. Dit is dezelfde tijdschaal als die van de ontwikkeling van sommige ecosystemen zoals hoogveenontwikkeling, verlanding van oude meanders e.d.).

In het navolgende komen (geo)morfologische processen en patronen op verschillende schaalnivoos aan de orde.

2.4.2 Reliëf: Indicaties van stroomrichting en stroomsnelheid

Hoogteverschillen vormen een drijvende kracht achter het stromen van water. Het patroon van de hoogteverschillen in een landschap zal in veel gevallen een indicator vormen voor de richting waarin het water stroomt.

Daarnaast vormt de grootte van het hoogteverschil, de terreinhelling (in m/km) een indicatie voor de potentiële snelheid waarmee het water stroomt (in cm/s).

De hoogtekaart in fig. 2.14 geeft een beeld van de hoogteligging maar ook van de terreinhelling.

HOOGTEVERDELING

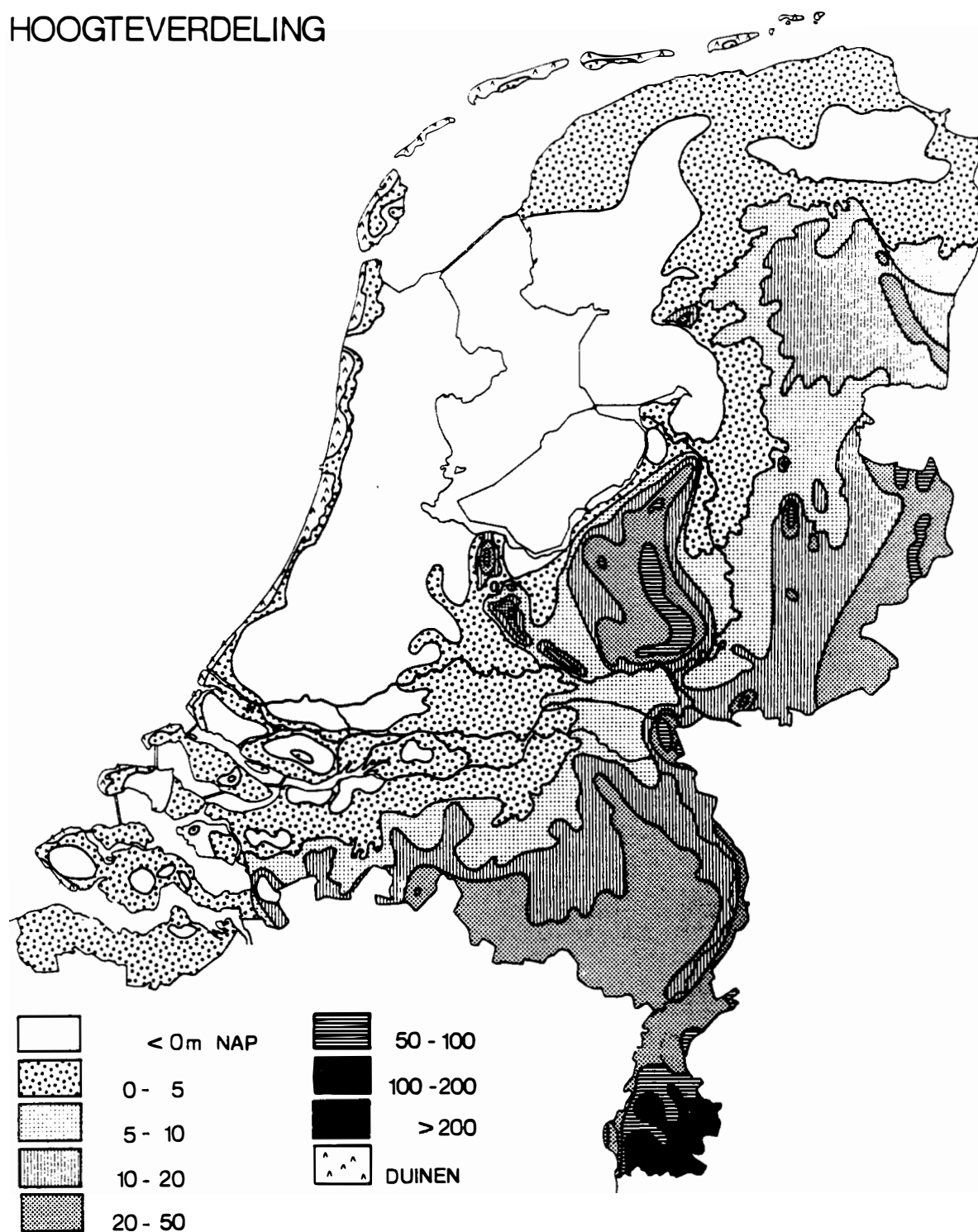


Fig. 2.14 Hoogteverdeling in Nederland (uit: Mol, 1985)

(t.o.v. NAP). De nauwkeurigheid van dit stelsel is 10 cm. Met deze gegevens uit de hoogteverdeling blijkt dat stroming niet uitsluitend in de richting van de Noordzee zal verlopen. In Nederland zijn in de loop van de geologische geschiedenis een aantal duidelijke verhogingen (plateau's en stuwwallen) gevormd die ook hellingen in andere richtingen kennen.

De (gemiddelde) terreinhelling kan uit een hoogtekaart worden afgeleid door het hoogteverschil (interval) tussen 2 hoogtelijnen te delen door de afstand tussen de lijnen. De gemiddelde terreinhelling blijkt gerelateerd aan de ontstaanswijze van een gebied. De hoogteligging en gemiddelde terreinhelling in het landschap in pre-pleistocene, pleistocene en holocene gebieden is weergegeven in tabel 2.6 (naar: de Vries, 1974)

Tabel 2.6 Gemiddelde terreinhelling en hoogteligging in landschappen van verschillende ouderdom.

landschap	gemiddelde terreinhelling (m/km)	hoogteligging (m + NAP)
Pre-pleistoceen	2	25-300
Pleistocene	0,5	1-100
Holoceen	0,1	-6-1

Voor enkele gebieden in pre-pleistoceen en pleistoceen Nederland is de gemiddelde terreinhelling weergegeven in tabel 2.5 (naar: de Vries, 1974)

Globaal beperkt het voorkomen van relatief snelstromende heuvellandbeken zich tot de hoger gelegen gronden in Zuid-Limburg en enkele plaatsen in het oostelijk deel van Twente en de Achterhoek langs de randen van het Oost-Nederlands plateau (pre-pleistoceen: hoogteligging 25-300 m + N.A.P.). De verspreiding van langzaamstromende laaglandbeken is breder en strekt zich uit over gebieden met een hoogteligging van 2-50 m + N.A.P. (vnl. Pleistoceen). In het holocene gebied is behalve in de duinen geen of nauwelijks sprake van enige terreinhelling. De traag stromende riviertjes in het holoceen zijn thans alle opgenomen in poldersystemen en vertonen weinig kenmerken van stromende wateren meer. Er zijn nog wel duinbeken, maar door de drinkwateronttrekkingen is het aantal sterk verminderd.

Op grond van het verloop van de hoogtelijnen kunnen de belangrijkste oppervlaktewaterscheidingen vrij eenvoudig worden opgespoord. Deze lopen altijd over de toppen van de ruggen (fig. 2.1). Voorbeelden van dergelijke waterscheidingen zijn te vinden langs de oostelijke Veluwerand, door het westelijk deel van Noord-Limburg in de richting van 's-Hertogenbosch en vanuit de zuidoostelijke punt van Twente in de richting van Groningen. Deze waterscheidingen zijn belangrijke grenzen van op een lager schaalniveau te onderscheiden stroomgebieden. In fig. 2.15 is de ligging van de onderscheiden gebiedstypen goed te zien (het pre-pleistocene gebied beperkt zich tot de plateau's van Zuid-Limburg en Oost-Nederland). Tevens is de ligging van een groot aantal beekdalen als donkere strengen te zien.

Er bestaat geen landsdekkend digitaal bestand (GIS) van het reliëf in Nederland. Een compleet bestand zou zoveel gegevens bevatten dat het voor de meest geavanceerde computers niet meer hanteerbaar is. Wel zijn in het kader van regionale en lokale studies soms kleinere bestanden met hoogtegegevens

aangelegd. Een overzicht hiervan ontbreekt.

Tabel 2.7 *Terreinhelling in enkele pre-pleistocene en pleistocene gebieden in Nederland (uit: De Vries, 1974).*

	gemiddelde terreinhelling (m/km)
Pre-pleistocene gebieden:	
Zuid-Limburgs Plateau	6,25
Oost Nederlands Plateau	1,25
Pleistocene gebieden:	
Glaciale plateau van Drenthe (0-10 m + NAP)	0,66
(10-20 m + NAP)	0,29
Fluviatiele Plateau van West Brabant	0,8
Kempisch Plateau	1
Peelhorst	1
Zuidelijk dekzandgebied	0,66
Oostelijk dekzandgebied	0,25
Stuwwallen (glaciaal): Veluwe* (boven 20 m + NAP)	10

* de Veluwe is hier als voorbeeld gebruikt



Fig. 2.15 Ligging van geologisch onderscheiden gebiedstypen.
(uit: De Vries, 1974)

Ook van de terreinhelling in het landschap is geen landsdekkend beeld voorhanden. De geomorfologische kaart van Nederland (1:50.000) biedt enig inzicht. Terreinhelling is hierop in klassen ingedeeld van 0-0,25°, 0,25- 1°, 1-2°, 2-5°, 5-8°, 8-15°, 15-35° en 35°. Het verhang in dalvormige laagten is ingedeeld in klassen 1-8° en 8°.

Er is wel enige ervaring met GIS methoden in deelgebieden (b.v. omgeving Tegelen; meded. Wolfert). Dit lijkt een veelbelovende benadering te zijn.

2.3.3 Regionale geomorfologische patronen en processen: Stroomdalen

Morfologische patronen: Reliëf

Stroomgebieden worden aan de oppervlakte begrensd door de, regionaal gezien, hoogste punten in het landschap. Het hoogtemetingen-net in Nederland voldoet ruimschoots om ook op een regionaal schaalniveau inzicht te verschaffen. Het is echter verbazend in hoe weinig rapporten regionale hoogteverdelingen met een hoge nauwkeurigheid zijn uitgewerkt. Dikwijls wordt het patroon van een landsdekkende hoogtekaart in een kleiner gebied overgenomen (interval min. 1 m) wat voor natuurontwikkelingsdoeleinden niet nauwkeurig genoeg is.

Inzicht in de vorm van een stroomgebied is van belang, omdat de helling van het terrein mede bepalend is voor de mate waarin neerslag infiltreert dan wel oppervlakkig of ondiep afstroomt. Infiltrerend water ondervindt een grote vertraging t.o.v. oppervlakkig afstromend water, hetgeen van invloed is op de vorm van het afvoerverloop van een beek. In een sterk komvormig stroomgebied (d.w.z. met steile hellingen) zal i.h.a. het afvoerverloop een grotere afhankelijkheid van het neerslagpatroon vertonen dan in een vlakker stroomgebied.

Fig. 2.16 is een illustratie van deze relaties in een fictief stroomgebied, waarin de hoogtetransecten en de verhanglijn zijn weergegeven.

TERREINHOOGTE EN VERHANG IN EEN STROOMGEBIED

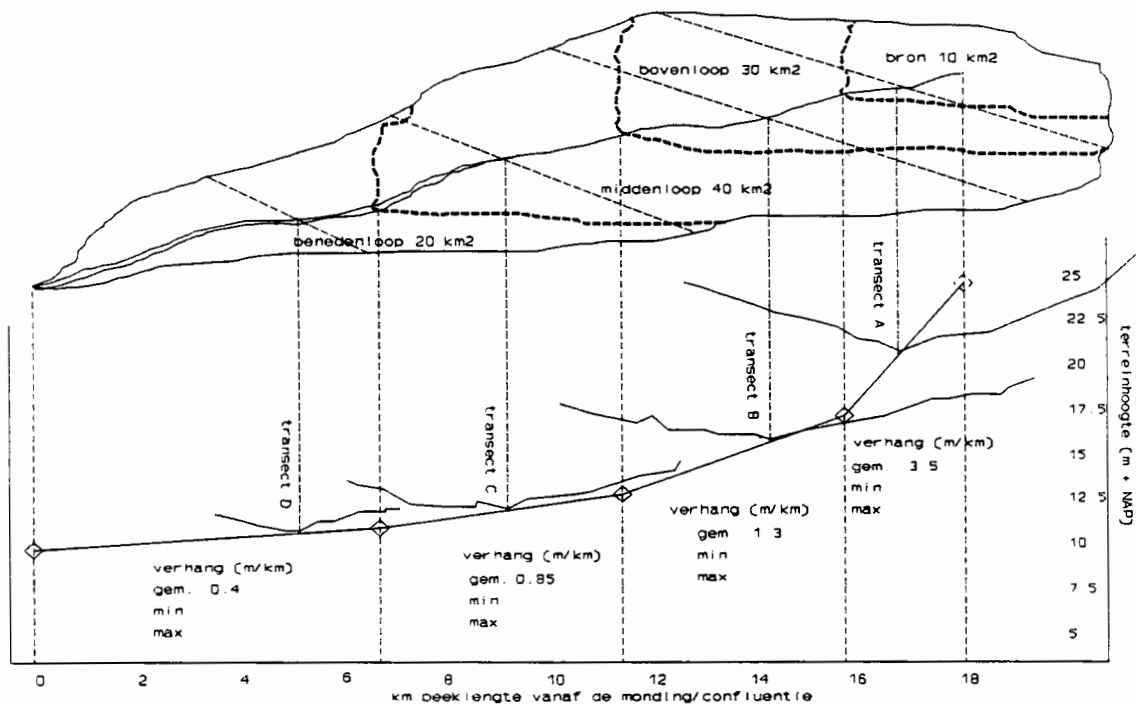


Fig. 2.16. Voorbeeld van een verhanglijn en hoogtetransecten door een fictief stroomgebied

Goede aangrijpingspunten voor de bepaling van de grens en de vorm van een stroomgebied kunnen worden gevonden in de bodemkaart van Nederland (1:50.000). Op grond van de begrenzing van de onderscheiden bodemeenheden en daarbij behorende grondwatertrappen is een redelijk beeld gedetailleerd te verkrijgen.

Het kaartmateriaal (1:125.000) behorende bij het rapport van Vissers, De Wit en Bleuten (1985) levert voor de Pleistocene (zand)gebieden een goed overzicht van de indeling in stroomgebieden. Door de indeling in infiltratie-, kwel- en tussenliggende gebieden verschaffen de kaarten, ondanks dat geen hoogtegegevens zijn vermeld een idee van het aanwezige reliëf. Met een invulling van stroomgebieden op de zandgronden is een groot aantal beekgebieden in het land gedekt. Het in een aantal morfologische opzichten meest complexe deel van Nederland, Zuid-Limburg, blijft in het rapport buiten beschouwing. Opvallend in deze regio is dat het bekenpatroon vrij strikt de richting van de in de ondergrond aanwezige breukvlakken (zozo nno/nw en zzw/zw nno/no) volgt.

Van een aantal beken en kleine rivieren zijn verhanglijnen opgesteld. Een dergelijke lijn toont de relatie tussen de hoogteligging en de afgelegde weg vanaf de bron. Veel voorbeelden hiervan zijn te vinden in het proefschrift van Faber (1972). Op grond van de verhanglijn kan worden afgeleid of een beek behoort tot de heuvellandbeken of tot de laaglandbeken. Het verloop voor beide hoofdtypen is globaal hyperbolisch, waarbij de profielen van de heuvellandbeken (Geul, zie fig. 2.17), die op een grotere hoogte ontspringen, concaver zijn t.o.v. van de plattere profielen van de laaglandbeken (de Aa, zie fig. 2.18), die lager ontspringen. Tussenvormen, waarbij de bovenloop meer overeenkomst vertoont met een heuvellandbeek en verder stroomafwaarts een veel vlakker afstroming plaatsvindt, komen eveneens voor.

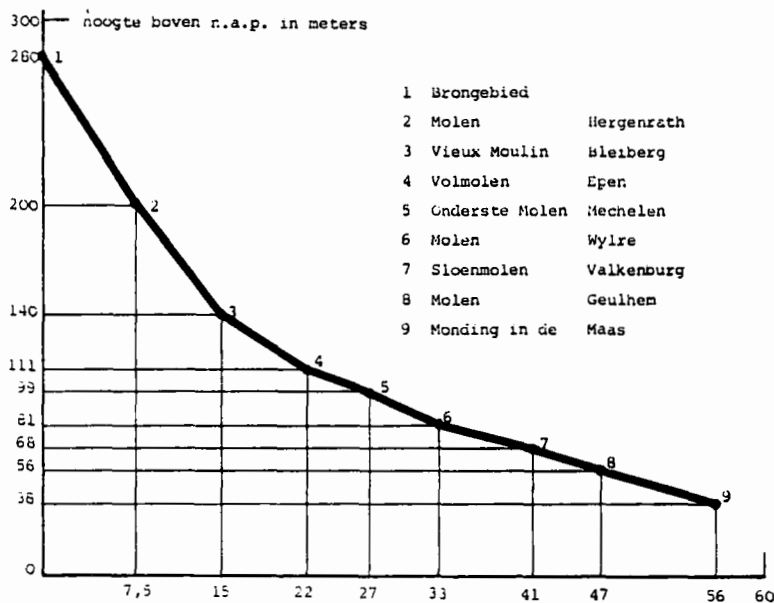


Fig. 2.17 Verhanglijn van een heuvellandbeek: De Geul (uit: Meerman, 1975)

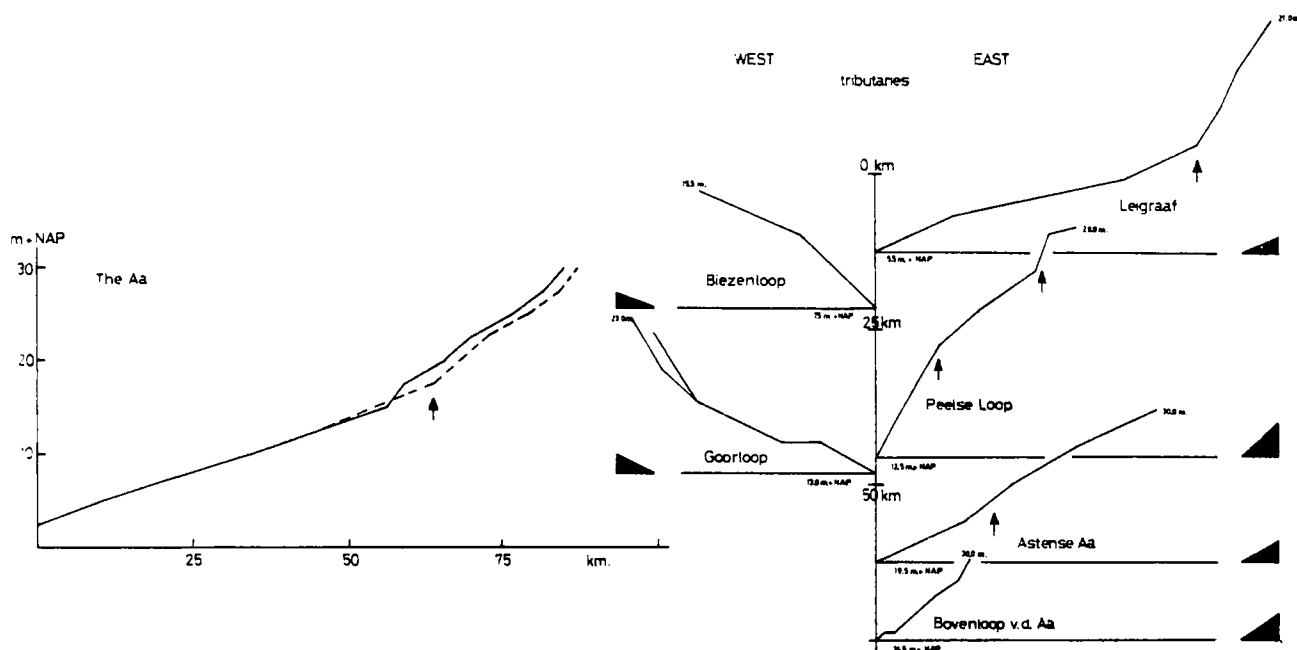


Fig. 2.18 Verhanglijnen van laaglandbekken: De Aa (uit: Faber, 1972)

Ook op een regionaal schaalniveau vormen de geomorfologische kaarten van Nederland (1:50.000) (STIBOKA, diverse jaartallen) een bruikbaar instrument om inzicht te verkrijgen in de opbouw van stroomgebieden. Combinatie van een aantal eenheden van deze kaart met b.v. de stroomgebiedenkaarten uit *Visser, De Wit en Bleuten* levert een duidelijk beeld van een stroomgebied waarin hogergelegen eenheden zijn te onderscheiden van eenheden die tot het eigenlijke beekdal behoren. Er is nagenoeg altijd sprake van een soort komvorm met een meer of minder reliëtrijke interne structuur die voor een deel door invloeden van het stromende water zelf is ontstaan.

Morfologische processen: Stroomdalontwikkeling

Pannekoek & Van Straaten (1982) geven een goede beschrijving van de processen die ten grondslag liggen aan de vorming van beekdallandschappen in een stroomgebied. In het algemeen zijn de dalen van de relatief snel stromende beken in het zuiden des lands dieper ingesneden dan die van de langzamer stromende beken. Dit diepteverschil is vooral een gevolg van tektonische verschijnselen. Doordat m.n. Zuid-Limburg werd opgeheven moesten de beken zich verder insnijden om te kunnen blijven afstromen. Dit soort verticale tektonische bewegingen zijn in de rest van het land veel minder sterk aanwezig (geweest). Gedeeltelijk zijn de dalen opgevuld met fluviatiele sedimenten (ook in Zuid-Limburg), ten dele als gevolg van het inzakken van de ontstane dalwanden. Dit heeft tot gevolg heeft dat de beek, na zich eerst te hebben ingesneden, weer geleidelijk hoger in het dal komt te liggen.

Opvallend is dat niet alle stromende wateren altijd het natuurlijk reliëf schijnen te volgen. Soms worden zandruggen doorsneden (bijv. in Noord-Brabant

Beerze, Reusel; Geesink en Romeijn, 1990; Stegewerns, 1990) wat aanleiding vormt voor het ontstaan van overstromingsvlakten. Deze zijn dikwijls te herkennen aan een verbreding van het beekdal, gevolgd door een aanzienlijke versmalling. Op de geomorfologische kaarten (1:50.000) zijn dergelijke patronen zeer duidelijk terug te vinden.

Menselijke ingrepen (vergravingen, loopverleggingen, normalisaties) hebben ertoe bijgedragen dat stromende wateren dikwijls niet het natuurlijk reliëf volgen.

2.4.4 Lokale geomorfologische patronen en processen: Beken en beekdalen

Morfologische patronen: Verhang

De topografische kaarten (1:50.000/1:25.000) vertonen een hoge dichtheid en nauwkeurigheid van hoogtemetingen. Deze reliëfgegevens kunnen op landschaps-schaal worden gebruikt voor de analyse van morfo-dynamische processen. Ook binnen het beekdal is een gedetailleerd beeld te verkrijgen van de hoogteverschillen. Voor een deel is dit interne reliëf uitgewerkt in de eenheden vermeld bij de geomorfologische kaart (1:50.000), in de groep dalvormige laagten.

Zoals ook op stroomgebiedsniveau geldt, zijn hellingen binnen het beekdal van invloed op de manier waarop het regenwater de beek bereikt, en zo op het afvoerloop.

De binnen het beekdal optredende hoogteverschillen zijn van belang voor bepaalde microgradiënten (bijv. natdroog, voedselarmervoedselrijker). Deze bepalen de verspreiding en variatie van flora en fauna. In een dal met een vlakkere bodem zal in het algemeen minder biotische variatie te verwachten zijn dan in een dal met een reliëfrijke bodem (wallekes, bulten en kuilen). Een voorbeeld van de uitwerking van de relatie tussen vegetatie en (micro)reliëf in het dal van 't Merkske is beschreven door Bijlmakers et al., 1987).

Morfologische processen: Stroombedontwikkeling en meandering

Een fluviaal systeem wordt vaak beschouwd als een open, z.g. process response systeem (Schumm, 1977; in Wolfert, 1992), dat zoekt naar een evenwichtssituatie. Externe factoren als de hoogte van de afvoer, de terreinhelling, de hoogte van het sedimenttransport, de textuur van de bedding, de aard van de oever en de oevervegetatie bepalen de horizontale dimensies en het reliëf in het systeem. Breedte, diepte, maximale diepte, stroomsnelheid, sinuositeit en meanderlengte zijn in dit systeem afhankelijke factoren. De sinuositeit is gedefinieerd als het quotient van de beeklengte en de dallengte (Bouwknegt & Gelok, 1992). Bij een genormaliseerde (rechtgetrokken) beek ligt de sinuositeit dicht bij de waarde 1. Naarmate een beek meer bochten vertoont wordt de sinuositeit groter. Waarden tussen 1 en 2,5 worden voor beken in Midden-Brabant als normaal beschouwd. De meanderlengte is de afstand tussen twee punten op de as van het dal waartussen de beek een "volledige sinusvorm" beschrijft (Bouwknegt & Gelok, 1992).

Morfologisch gezien is er een gradiënt van de bron naar de monding van de beek/rivier waarbij breedte en diepte steeds groter worden, het verhang steeds

lager. Geomorfologen onderscheiden op deze gradiënt een eroderende zone, waarin netto bodemmateriaal wordt afgevoerd, een transporterende zone waarin netto geen bodemmateriaal wordt aan- of afgevoerd, en een sedimenterende zone waarin netto aanwas van de hoeveelheid bodemmateriaal plaatsvindt.

Een factor die in dit verband wel wordt gehanteerd is het vermogen van de beek (of stream power (W/m^2)). Deze factor, die sterk gerelateerd is aan de stroomsnelheid (en turbulentie) van het water, bepaalt in welke mate de beek in een bepaald traject in staat is beddingmateriaal te verplaatsen. In de eerste plaats is de korrelgrootte van het bodemmateriaal van belang (en het soortelijk gewicht). De verplaatsing van grind vereist evenals de ondergraving van bewortelde oevers een hoger vermogen dan de verplaatsing van zandig substraat of het ondergraven van onbewortelde of slechts ondiep bewortelde oevers. Ook de onderlinge samenhang (cohesie) van de bodemdeeltjes speelt een belangrijke rol. Kleiige substraten worden door cohesie minder snel geërodeerd dan zandige (met een grotere korrelgrootte) bij vergelijkbare stroomsnelheden.

De relatie tussen de gemiddelde stroomsnelheid en de korrelgrootte van het beddingmateriaal is uitgewerkt in het diagram van Hjulström (Fig. 2.19).

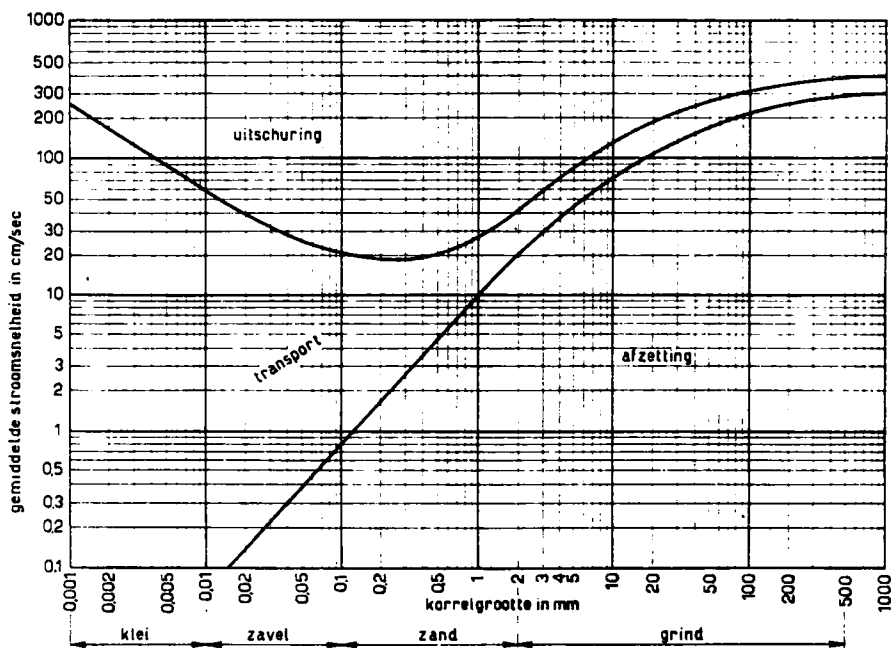


Fig. 2.19 Diagram van Hjulström. Eigenschappen van verschillende substraten afhankelijk van de gemiddelde stroomsnelheid (uit: Nortier & van der Velde, 1968).

Door de afhankelijkheid van de morfologische factoren van zeer sterk plaatsgebonden milieukeurmerken is een significant verband tussen breedte, diepte en verhang van beken, dikwijls niet aan te tonen (Geesink en Romeijn, 1990).

Een morfologisch verschijnsel dat zich vooral voordoet in het transporterende traject van de beek is meandering. Meandering van een beek treedt op wanneer een bepaalde afvoer Q (m^3/s) (welke is gekoppeld aan bepaalde afmetingen van de watergang) wordt overschreden onder een bepaald verhang dH/dS . Binnen een bepaald traject van de afvoer (hetgeen de belangrijkste factor is die het vermogen van de beek bepaalt) kan een beek meandering vertonen. Wordt echter een hogere drempelwaarde overschreden, dan kan een vlechtend patroon ontstaan. Vlechtende beken kenmerken zich door een hoge dynamiek in het ontstaan en verdwijnen van banken en geulen. In de verschillende morfologische patronen zijn vele (tussen)vormen te onderscheiden. In fig. 2.20 worden hiervan enkele getoond en wordt een reeks van factoren genoemd waarvan de morfologie afhankelijk is (Wolfert, 1991; naar Schumm et al., 1987).

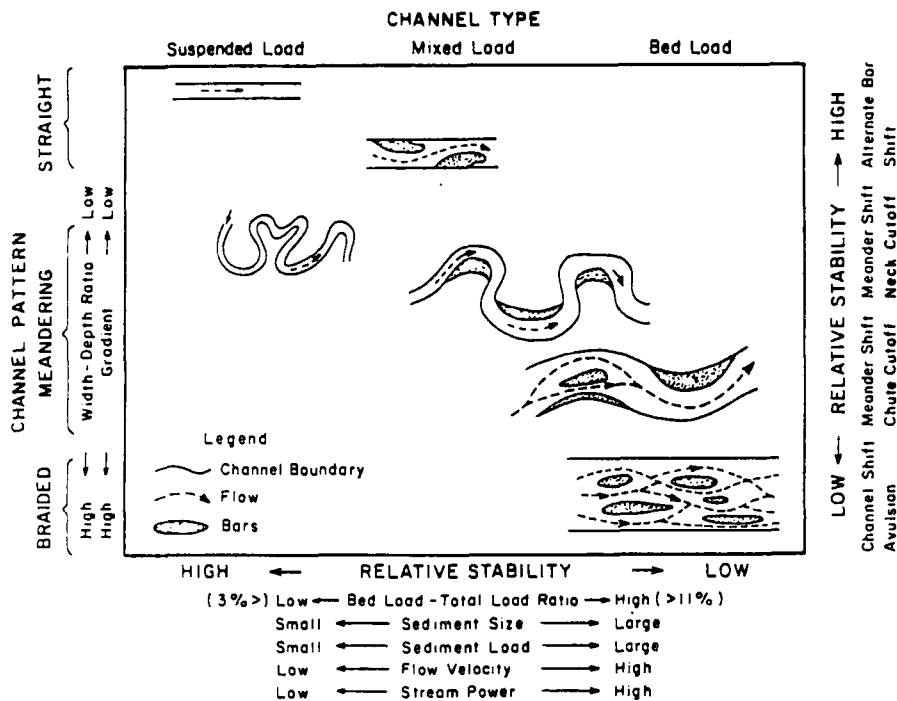


Fig. 2.20 Enige voorbeelden van beddingvormen met (relatieve) indicaties naar de aanwezige randvoorwaarden (uit: Wolfert, 1991).

Onder Nederlandse omstandigheden is de (spontane) ontwikkeling van vlechtende patronen in beken niet waarschijnlijk. Hiervoor zijn de vermogens die optreden doorgaans te laag.

Voor beken in het buitenland (Murgatroyd & Ternan, 1983; Brookes, 1988; Keller, 1976; Nunnally & Keller, 1979; Lewis & Williams, 1984; Brookes, in press; Keller, 1977; Brookes, 1987; Brookes, 1990a en 1990b) maar ook in experimentele watergangen zijn de relaties tussen de afvoer en de morfologie (o.a. het ontstaan van meandering) van beken onderzocht. Er worden echter zeer verschillende resultaten gevonden, waardoor toepassing in Nederlandse situaties niet zonder meer mogelijk is. Ook de aard van de oevers speelt een belangrijke rol (bodemtype, doorworteling e.d.) waardoor het formuleren van algemene richtlijnen ernstig wordt bemoeilijkt.

Wolfert (1991) geeft een overzicht van de geomorfologische aspecten van beekherstel. Met betrekking tot de situatie in Nederland blijken nog veel leemten in de kennis omtrent de morfologische processen in beken te bestaan. Dit betreft referentiebeelden, randvoorwaarden en geografische kansrijkdom. Gegevens uit het buitenland kunnen indicaties opleveren voor de Nederlandse situatie, maar deze kunnen niet zonder meer toegepast worden. De abiotische omstandigheden zijn vaak verschillend, hetgeen vooral tot uiting komt in geringere terreinhelling en fijnere textuur van beddingmateriaal.

Het, door Wolfert genoemde, "design with nature" principe (Keller, 1976, Nunnally en Keller, 1979) gaat er vanuit dat het herstellen van de werking van fluviaatiele processen een belangrijke bijdrage kan leveren in het herstellen en behouden van natuurlijke karakteristieken. Mogelijk kan dit principe een belangrijke bijdrage leveren bij de ontwikkeling van beekherstelplannen. De beken horen tot het zeer kleine deel van Nederland (ongeveer 8% van het oppervlak) waar nog sprake zou kunnen zijn van actieve geomorfologische processen (Wolfert, 1991).

Een case study naar de algemene en meer specifieke (geo)morfologische kenmerken van een aantal Nederlandse beken (Beerze-Reusel-systeem) is te vinden in Geesink en Romeijn (1990). Hierin wordt met behulp van kaartanalyse beschreven hoe de ontwikkeling vanaf 1840 tot heden verliep. De huidige toestand van de Reusel met onregelmatige meandering werd vergeleken met de toestand van vroeger en er bleek weinig verschil in sinuositeit op te treden in een periode van 90 jaar. Sommige trajecten konden als stabiel worden gekenmerkt, zodat aanbevelingen gedaan worden over de eigenschappen van genormaliseerde beken ten aanzien van een mogelijk herstel.

CONCLUSIES

1. Geomorfologische processen zijn zowel landelijk, regionaal als lokaal van belang om de uitgangssituatie voor beekmorfologie en beekdalvegetatie te kunnen verklaren.
 2. De beekmorfologie wordt bepaald door een complex van verhang, sediment samenstelling, afvoer e.d., waarvoor rekenmodellen zijn te maken. De voorspellende waarde van deze modellen is betrekkelijk.
 3. De beekdalvegetatie vertoont een grote diversiteit bij een veelvoud van hoogteverschillen in het beekdal op microschaal.
-

LITERATUUROVERZICHT

- Bijlmakers, L.L., R.F.M. Buskens & F.J. van Zadelhoff, 1987. Het beekdal van 't Merkske. Een verkenning van landschapsecologische relaties via het grondwater. *Landschap* 1:49-63
- Bouwknegt, J. & A.J. Gelok, 1992. Hydraulische aspecten van beekmeandering. *Landinrichting*, 32: 9-15
- Brookes, A., 1987. Restoring the sinuosity of artificially straightened stream channels. *Environmental Geology and Water Sciences* 10: 33-41.
- Brookes, A., 1988. *Channelized rivers: perspectives for environmental management*. Wiley, Chichester.
- Brookes, A., 1990a. Restoration and enhancement of engineered river channels: some European experiences. *Regulated rivers: research & management* 5: 45-56.
- Brookes, A., 1990b. Recovery and restoration of some engineered British river channels. Paper presented at Nature Conservancy Council Conference: Conservation & management of rivers, York.
- Faber, Th., 1972. Regimes and regime-related basin properties of some dutch small rivers. Diss. Vrije Universiteit, Amsterdam.
- Geesink, A.H., E. Romeijn, 1990. Geomorfologische aspecten van beekherstel in het kader van natuurontwikkelingsprojecten. Interne mededeling Staringcentrum nr. 109, Wageningen.
- Keller, E.A. & W. Melhorn, 1973. Bedforms and fluvial processes in alluvial stream channels: selected observations, in Morisawa. In: *Fluvial Geomorphology*. Publications in Geomorphology: 253- 283.
- Keller, E.A., 1976. Channelization: environmental, geomorphic and engineering aspects. In: Coates, D.R. (ed.) *Geomorphology and engineering*. Allen & Unwin, London.
- Keller, E.A., 1977. Pools, riffles and channelization. *Environmental Geology* (2) 2: 119-127.
- Lewis, G. & G. Williams, 1984. *Rivers and wildlife handbook. A guide to practices which further the conservation of wildlife on rivers*. RSPB/RSNC, Bedfordshire/Lincoln.
- Meerman, M., 1975. De Geul, zij-rivier van de Maas. Bijdrage tot de hydrografie van een uniek riviertje. Kerkrade.
- Mol, A.W.M., 1985. Hydrobiologische districten in Nederland. RIN-rapport 85/7, Rijksinstituut voor Natuurbeheer, Leersum.
- Murgatroyd, A.L. & J.L. Ternan, 1983. The impact of afforestation on stream bank erosion and channel form. *Earth Surface Processes and Landforms* 8: 357-369.
- Nortier, I.W., & H. van der Velde, 1968. *Hydraulica voor waterbouwkundigen*. 3^e herziene druk. Technische Uitgeverij H. Stam, Culemborg.
- Nunnally, N.R. & E.A. Keller, 1979. Use of fluvial processes to minimize adverse effects of stream channelization. Report 79-144, Water Resources Research Institute, University of North Carolina, Charlotte.
- Pannekoek, A.J. & L.M.J.U. van Straaten (eds.), 1982. *Algemene geologie*. Wolters-Noordhoff, Groningen.
- Schumm, S.A., 1977. *The fluvial system*. Wiley, New York.
-

- Schumm, S.A., M.P. Mosley & W.E. Weaver, 1987. Experimental fluvial geomorphology. Wiley, New York.
- Stegewerns, C. 1991. Natuur- en landschapsontwikkeling langs beken Beerze en Reusel. Consulentenschap voor Bos en Landschapsbouw/Landbouw-universiteit, Tilburg/Wageningen.
- Vissers, H.J.S.M., N.H.S.M. de Wit & W. Bleuten, 1985. Ruimtelijke effecten van bemesting via ondiep grondwater. Bedreiging van de kwaliteit van grond- en oppervlaktewater en gevolgen voor de natuur en waterwinningen op Nederlandse zandgronden. Vakgroep Fysische Geografie, Rijksuniversiteit, Utrecht.
- Vries, J.J. de, 1974. Groundwater flow systems and stream nets in the Netherlands. Amsterdam Hydrology Series Vol. I. Rodopi n.v., Amsterdam.
- Wolfert, H.P., 1991. Beekmeandering en natuurontwikkeling. Een geomorfologische benadering. Review. Landschap 1991 8/4: 265-276.

Overzicht kaartmateriaal:

GEOMORFOLOGISCHE KAART VAN NEDERLAND (1:50.000)

(uitgegeven door: DLO-Staringcentrum (voorheen STIBOKA), Wageningen en Rijks Geologische Dienst, Haarlem)

Overige geomorfologische kaarten en kaartmateriaal waaraan morfologische gegevens kan worden ontleend:

- Zagwijn, W.H., D.J. Beets, M. van den Berg, H.M. van Montfrans & P. van Rooijen, 1985. Atlas van Nederland in 20 delen. Deel 13: Geologie. Staatsuitgeverij, 's-Gravenhage.
- Steur, G.G.L., M. van den Berg & D.J. Brus, 1987. Atlas van Nederland in 20 delen. Deel 14: Bodem. Staatsuitgeverij, 's-Gravenhage.
- Topografische kaart van Nederland (1:25.000). Topografische Dienst, Emmen.

2.5 Hydrologie en bodem in beek- en beekdallandschappen: Een overzicht

2.5.1 Tussen infiltratie en kwel

Hydrologische processen maken deel uit van de kringloop van water. Tot de hydrologische processen horen:

- infiltratie van neerslagwater in de bodem
- transport van water door de bodem
- uittreden van grondwater aan de oppervlakte (kwel)
- transport van water door een watergang

De drijvende kracht van watertransport door de bodem is de zwaartekracht. Water stroomt altijd van een punt met een hogere potentiaal naar een punt met een lagere potentiaal. Infiltratiegebieden liggen, binnen stromingsstelsels, altijd hoger dan kwelgebieden.

De verticale opbouw van de bodem die zich boven de hydrologische basis bevindt is voor de snelheid van het transport van wezenlijk belang. Men onderscheidt in de bodem watervoerende en weerstandbiedende lagen. De bovenste water-voerende laag wordt het freatisch grondwater genoemd. Onder het freatisch grondwater bevinden zich achtereenvolgens de eerste, tweede en evt. volgende watervoerende pakketten (WV-pakket). Watervoerende lagen worden van elkaar gescheiden door weerstandbiedende lagen (WB-laag), met een grotere weerstand tegen doorstroming (in verticale richting).

Zandige- en grindhoudende substraten zijn i.h.a. watervoerend, kleiige- en lemige substraten meer weerstandbiedend. Watervoerende lagen kunnen worden gekarakteriseerd met een horizontale doorlaatfactor k_H (m/dag), die dikwijls met de dikte van de laag D (m) wordt gecombineerd tot een kD -waarde (m^2/dag).

Weerstandbiedende lagen, gekenmerkt door een lage verticale doorlaatfactor k_V , worden gekarakteriseerd door een (vertikale) stromingsweerstand C (dagen) ($= D/k$). Gemiddelde waarden van k voor verschillende substraattypen worden wel opgegeven (bijv. in Cultuurtechnisch Vademecum, 1988), maar in de praktijk worden altijd ter plaatse pompproeven genomen om exacte waarden te meten.

Horizontale en verticale doorlaatfactoren zijn afhankelijk van de stapeling van de afzonderlijke bodemdeeltjes. Zijn deze k_H en k_V gelijk, dan heet het pakket isotroop. Meestal is de horizontale doorlatendheid evenwel groter (anisotropie). Een gangbare verhouding van $k_H:k_V$ in anisotrope pakketten is 3:2 (De Vries, 1974).

Grondwaterstromen in verschillende WV-pakketten worden onderzocht door het

meten van de stijghoogte van het water (grondwaterdruk) op verschillende diepten. Op basis van een groot aantal 'drukpunten' kan voor een bepaald WV-pakket een z.g. isohypsenpatroon worden opgesteld. Een isohyps is een lijn die punten waar ondergronds dezelfde grondwaterdruk heerst met elkaar

verbindt. De stromingsrichting van het grondwater staat haaks op de isohypsen en wel van hogere druk naar lagere druk. In Nederland bestaat een uitgebreid netwerk van drukpunten die zijn uitgewerkt in de Grondwaterkaarten van Nederland 1:50.000 (IGG/DGV-TNO, diverse auteurs en jaartallen). In deze kaarten zijn isohypsen geconstrueerd. Een voorbeeld van een isohypsenpatroon is gegeven in fig. 2.21.

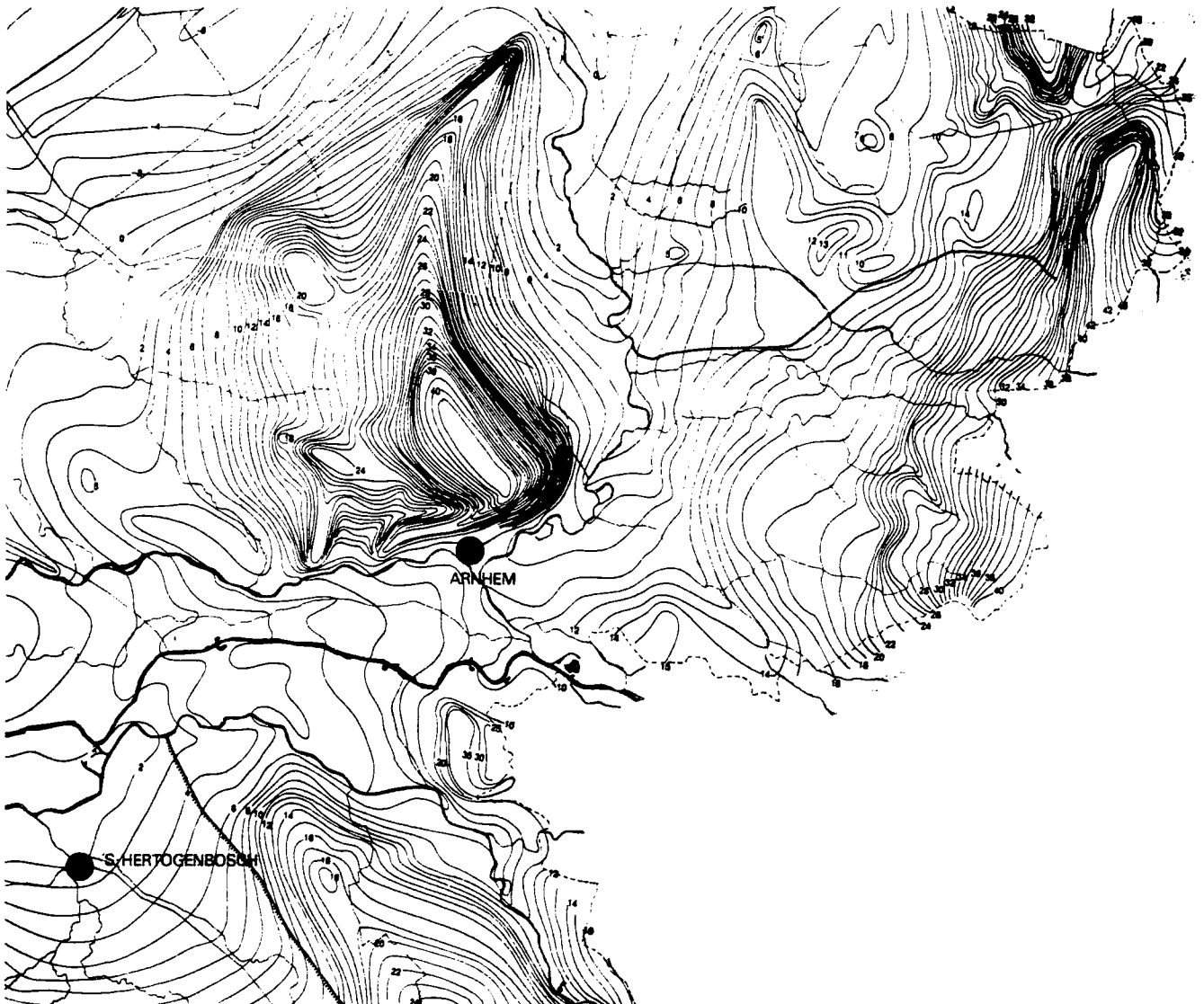


Fig. 2.21 Isohypsenpatroon van het diepe grondwater in een deel van Oost-Nederland. (uit: Roelofs et al., 1982)

Water dat infiltreert in de bodem zal naar beneden zakken tot het de grondwaterspiegel of het oppervlak van een weerstandbiedende laag bereikt. Hier wordt de verticale snelheid lager en ontstaat ook een horizontaal gerichte stromingscomponent. Een gedeelte van het water stroomt zijwaarts over de

weerstandbiedende laag of over het grondwater dat al aanwezig is af. Een ander gedeelte zakt door de laag heen (met een lage snelheid) en komt in een dieper gelegen watervoerende laag waar zich hetzelfde proces afspeelt. Dit herhaalt zich tot op de hydrologische basis, die ondoordringbaar is. In de meeste systemen is sprake van 2 watervoerende pakketten. Waar meer weerstandbiedende lagen (klei, leem) voorkomen komen ook meer watervoerende lagen voor.

Afhankelijk van de diepte (c.q. welk WV-pakket) tot waar het water infiltreert is de afstand tot het punt waar het water, als kwel, weer boven de grond komt groter. Hierdoor kunnen grote regionale en supraregionale (1^{ste} orde), kleinere subregionale (2^{de} orde) en kleine lokale (3^{de} orde) stromingsstelsels worden onderscheiden (Engelen et al., 1989) die a.h.w. als een set schalen in elkaar zijn opeengestapeld (zie fig. 2.22).

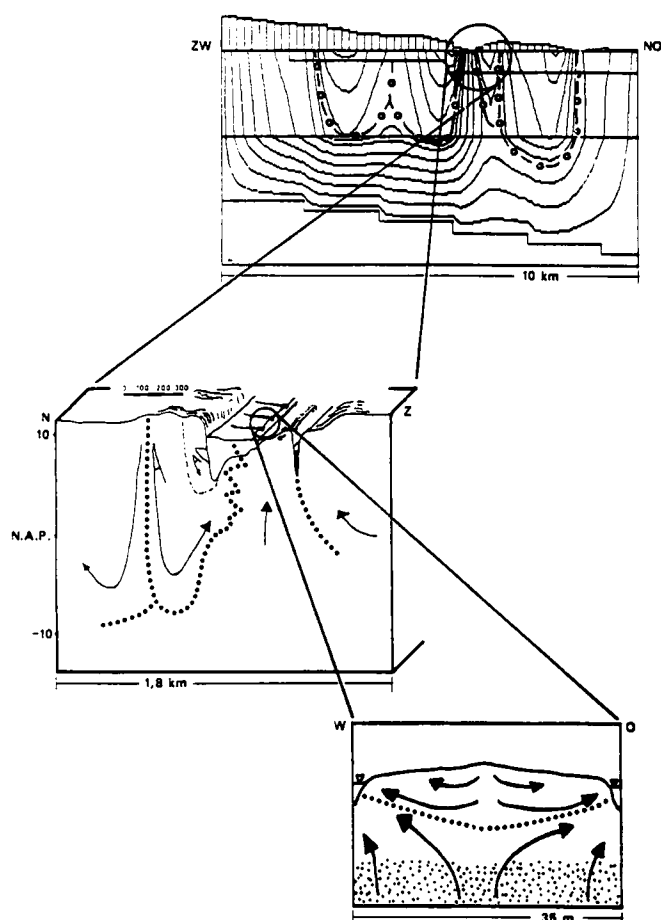


Fig. 2.22 Verschillende orden van stromingsstelsels (uit: Engelen et al., 1989).

Grote regionale en supraregionale stromingsstelsels worden van elkaar gescheiden door de zone waar verschillende ongelijk gerichte diepe stromingen elkaar ontmoeten. Hier ontstaat een omhoog gerichte verticale stromingscomponent. In het aan de oppervlakte liggende gebied treedt kwel uit,

en het verdere transport van het water verloopt via watergangen. Ook de ondiepere stromen in kleinere stelsels worden op deze manier van elkaar gescheiden, doch ook ondiepe en diepe stromen. Zo is het onmogelijk dat een ondieper kleiner stelsel de grenzen van een dieper stelsel waar het in is ingebed overschrijdt. Elk van de grotere supraregionale en regionale stelsels vormt een gesloten grondwatersysteem. In sommige gevallen kan het echter voorkomen dat een systeem van onderaf wordt 'geïnfiltreerd' met water van een naburig stromingsstelsel (o.a. in West-Brabant). Ook zijn voorbeelden bekend waarin takken van stromingsstelsels geheel onder een ander stelsel doorlopen, en elders aan de oppervlakte komen (b.v. het Veluwesysteem, onder Rijn en IJssel doorloopt met kwelvensters in resp. de Betuwe en de Achterhoek).

Afhankelijk van de diepte tot waar water infiltreert zal het water gedurende langere tijd onderweg zijn. Uitwisselingsprocessen met het bodemmateriaal zorgen ervoor dat de minerale samenstelling van het water geleidelijk verandert en wel in hogere mate naarmate het water meerdere mineralogisch rijke sedimenten (b.v. kleien) passeert en naarmate het langer onderweg is. Afhankelijk van de mineralenrijkdom van het substraat is in lokale stelsels de verandering in de minerale samenstelling van het water relatief het kleinst, in subregionale stelsels groter en in supra-regionale systemen het grootst.

2.5.2 Grondwaterstromingsstelsels in Nederland.

Engelen et al. (1989) onderscheiden in Nederland 13 soorten grondwatersystemen die op basis van hun ouderdom zijn te verdelen in 3 groepen: holocene, pleistocene en oudere systemen. De meeste beekgebieden vindt men in pleistocene en oudere systemen. Binnen deze systemen onderscheidt men:

Pleistoceen: * voeding vanuit stuwwallen (Veluwe, Achterhoek, Rijk van Nijmegen)
 * voeding vanuit Glaciale plateau (Twente, Salland, Drenthe)
 * voeding vanuit hoger gelegen versneden dekzandvlakten (Brabant (1/2), Noord-Limburg, Midden-Gelderland, Oost-Drenthe)

Oudere systemen: * voeding vanuit Tertiaire gesteenten (Brabant (1/2), noordelijk Zuid-Limburg)
 * voeding vanuit Mezozoïsche gesteenten (zuidelijk Zuid-Limburg)
 * voeding vanuit Carbonische gesteenten (hiervan komen slechts fragmentarisch cellen voor)

Van de holocene systemen is voor de beken voeding vanuit hoogveen (Form. van Griendtsveen) van belang. Hiervan komt alleen in de Peel nog een kleine cel voor. Duinrellen zijn een duidelijk voorbeeld van nog bestaande beekjes uit holocene systemen.

De stromingsstelsels zoals beschreven in Engelen et al. (1989) geven een beeld van de dieper gelegen grondwaterstromingen en hebben slechts een indirecte betekenis voor bodemvormende en vegetatiekundige processen.

Deze spelen zich af in ondieper gelegen stelsels, waarvoor de diepe stelsels belangrijke randvoorwaarden kunnen scheppen.

De stromingsrichting van het grondwater binnen een stelsel is niet altijd (noord)westwaarts, ondanks de helling van de hydrologische basis in de richting van de zee. In watervoerende lagen volgt de stroming de hoogtegradiënten in het landschap. Het massief van de Veluwe watert daarom naar nagenoeg alle windrichtingen af. Een voorbeeld van een stroombanenpatroon is gegeven in fig. 2.23.

Stromingsstelsels in oudere afzettingen, die zijn geconcentreerd in Zuid-Limburg, worden i.h.a. gekenmerkt door hun relatieve ondiepte in vergelijking met de meeste pleistocene systemen. De hydrologische basis ligt in deze gebieden relatief dicht onder het maaiveld. Het zijn vaak kleine systemen met relatief korte verblijftijden. Dit effect wordt nog versterkt doordat een reeks van, door tektoniek ontstane, breuken voorkomt, waardoor op sommige plaatsen de hydrologische basis en/of andere ondoorlatende lagen

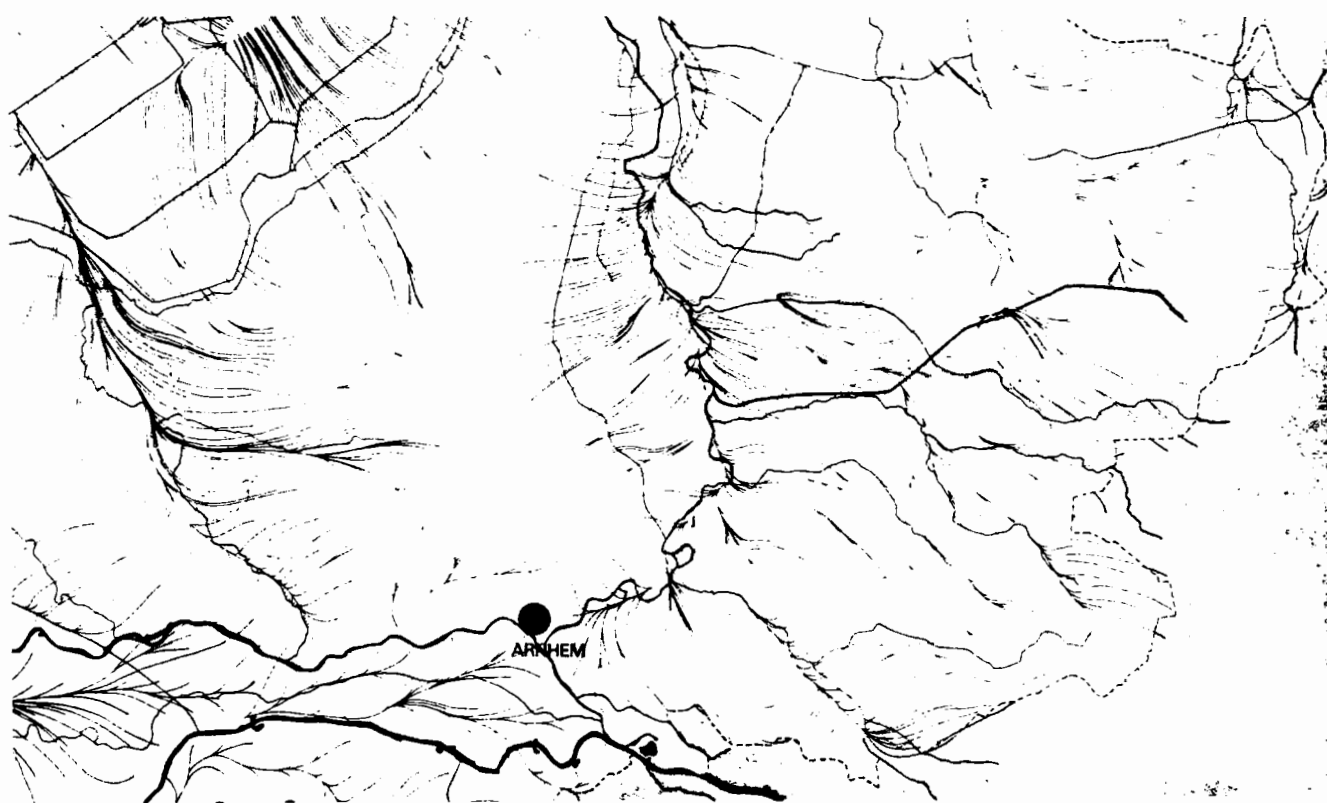


Fig. 2.23 Stroombanenpatroon van het diepe grondwater in een deel van Oost-Nederland (verg. fig. 2.21) (uit: Roelofs et al., 1982)

dagzomen. Op deze plaatsen treedt grondwater uit (kalkrijke akrocrene en rheocrene bronnen). Hoge terreinhellingen zorgen daarnaast voor relatief hoge stroom- snelheden bovengronds, maar ook ondergronds (hoge drukpotentialen en dicht op elkaar liggende isohypsen).

De aanwezigheid van een groot aantal breukvlakken, waardoor in de samenstelling van de ondergrond op een bepaalde diepte plotselinge wijzigingen voorkomen, geeft aanleiding tot zeer grillige hydrologische patronen.

Holoceen hoogveen kwam voorheen veel voor in de hogere delen van diverse pleistocene stromingsstelsels, vaak in de omgeving van of op de waterscheiding. Het wordt hydrologisch gekenmerkt door een ondiepe ondoordringende laag in de ondergrond; gecombineerd met een slechte tot matige zijdelingse waterafvoer. Er is sprake van stagnatie van geïnfiltrerd regenwater. De grondwaterstand is daarom altijd hoog (GT I). Onder dergelijke omstandigheden gevormd veen ('vliet'veen) is dikwijls sponsachtig van aard (m.n. veenmosveen). De oppervlakte beweegt met het hoger en lager worden van de grondwaterspiegel mee. Het waterbergend vermogen van dit type veen is zeer variabel wat t.o.v. andere bodemtypen een unieke eigenschap vormt. Het sponsachtige karakter zorgt bovendien voor een zeer geleidelijke afvoer van het water.

In Nederland zijn bijna alle hoogvenen afgegraven of door drainage dusdanig ontwaterd dat geen sprake meer is van levend veen. Met het verloren gaan van het veen verdwijnen ook de waterbergende eigenschappen. Mede hierdoor is in een aantal stromingsstelsels het transport van water van de hogere delen naar de lagere delen versneld. Het verminderen of opruimen van drainage in gebieden waar zich voorheen in het verleden hoogveenontwikkeling heeft kunnen voordoen, kan de kans op hernieuwde ontwikkeling van dit type veen vergroten. Afvoerpatronen van een aantal pleistocene stromingsstelsels en daarin voorkomende beken zouden hiermee kunnen worden verbeterd. Hoogveenontwikkeling kan, afhankelijk van de omstandigheden, zeer snel plaats vinden. Tegenwoordig is het een zeer traag proces. Het verdient alle aandacht om randvoorwaarden te onderzoeken die het proces versnellen.

Waterkwalitatieve aspecten

Binnen de groep van pleistocene systemen is een gradatie aanwezig (Glaciaal >stuwwal >dekzand) in de mate waarin (regen)water dat een systeem passeert wordt verrijkt met mineralen. Deze gradatie wordt o.a. veroorzaakt doordat de minerale samenstelling van de verschillende typen afzettingen structureel verschilt. Met name de aan- of afwezigheid van kalk speelt hierbij een belangrijke rol. Daarnaast is de aan- of afwezigheid van kleiige en/of lemige bestanddelen van belang. Op de verschillen in de kwaliteit van uittredend water a.g.v. verschillen in de samenstelling van de ondergrond zal later worden teruggekomen (zie lokale patronen en processen).

De verspreiding van vegetatiekundige eenheden is sterk gerelateerd aan de verschillen in minerale samenstelling van grond- en oppervlaktewater. Stromingsstelsels in oudere systemen worden nagenoeg alle gekenmerkt door de aanwezigheid van kalkrijke (mariene) afzettingen in de ondergrond (kalksteen, zandsteen, schelpenbanken). Hoewel deze systemen in vergelijking met de meeste pleistocene systemen worden gekenmerkt door korte stroombanen en verblijf-tijden, is uittredend water daarom dikwijls zeer mineralenrijk en vooral kalkrijk. Op sommige plaatsen (Zuid-Limburg) treedt verzadiging van het water met kalk op, waardoor bij uittreden van het water (verandering van de CO₂-spanning) neerslag van kalk optreedt.

In pleistocene systemen kunnen zowel zeer mineraalarme als mineraalrijke beken gevonden worden. De laatste worden gevoed met water, dat een lange verblijftijd achter de rug heeft of/ en mineraalrijke lenzen gepasseerd heeft. In hoogveen is door afwezigheid van uitwisselingsprocessen met de minerale ondergrond het water zeer arm (gelijkend op regenwater = atmotroof) en door de inwerking van (humus)zuren dikwijls zuur (ombrotroof). Dit geeft lokaal aanleiding tot het voorkomen van zeer specifieke vegetatietypen, die verderop in dit rapport aan de orde zullen komen.

2.5.3 Regionale hydrologie: Stroomgebieden.

2^{de} orde grondwaterstromingsstelsels

Strikt genomen wordt een stroomgebied benedenstrooms begrensd door de plaats tot waar regionale kwel (water geïnfiltreerd in hetzelfde stroomgebied) aan de oppervlakte komt. Meestal wordt echter de grens van het stroomgebied gekozen op de plaats waar een beek of kleine rivier uitmondt in een groter water.

In het benedenstroomse deel van een beek of rivier komt dikwijls supraregionale (diepe) kwel voor. Dit water is niet altijd geïnfiltreerd in hetzelfde stroomgebied en behoort tot een stromingsstelsel van lagere orde. Een voorbeeld hiervan (naast de al genoemde 'kwelvensters' van het Veluwe-systeem) is de Hierdense beek (Higler, 1980).

Grondwaterstroming in stroomgebieden

Met behulp van hydrologische modellen kan een dwarsdoorsnede van het stroomgebied worden ontwikkeld waarin de grondwaterstroming inzichtelijk wordt gemaakt. Zo kan worden achterhaald waar het water dat op een bepaalde plaats infiltreert, elders als kwel tevoorschijn treedt. In figuur 2.24 is een voorbeeld van een dergelijke dwarsdoorsnede te zien.

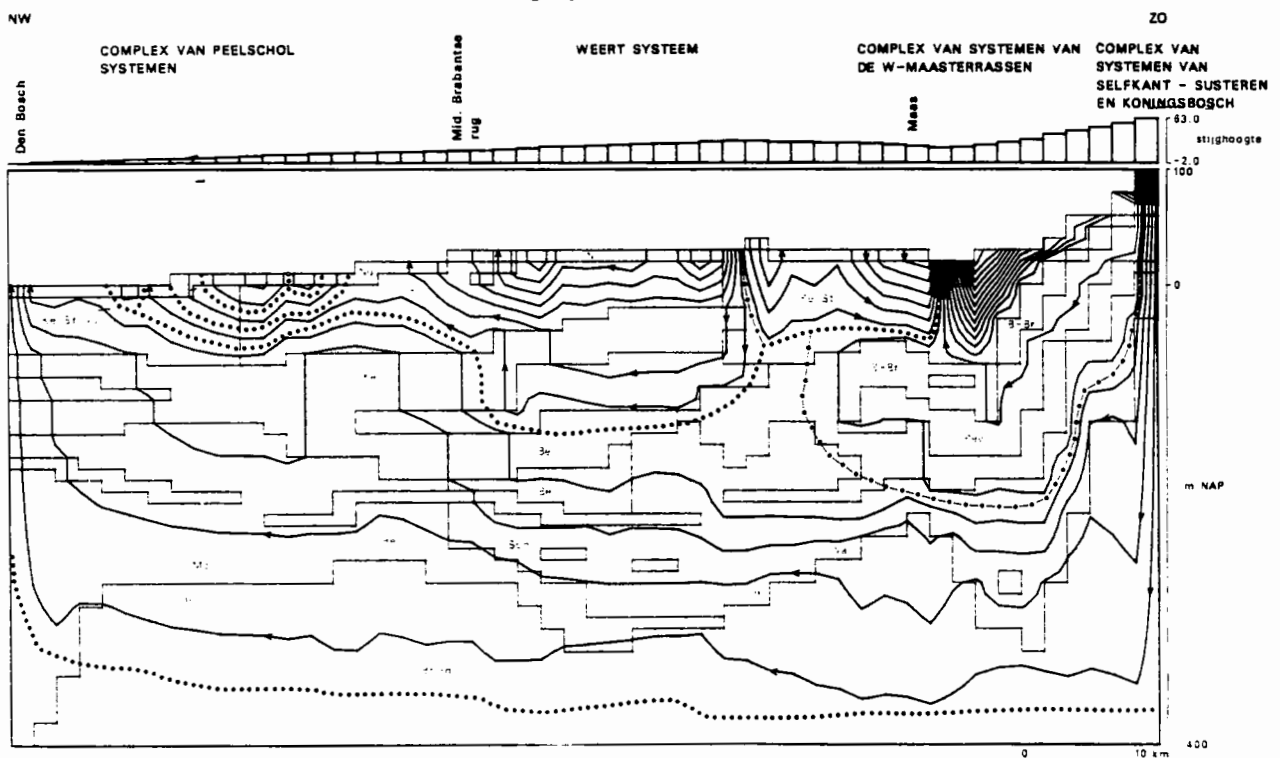


Fig. 2.24 Voorbeeld van een dwarsdoorsnede van een stroomgebied (uit: Engelen et al., 1989).

Bij onderzoek aan hydrologische systemen wordt aan de hand van pompproeven met materiaal uit de ondergrond de doorlatendheid op verschillende diepten bepaald. De berekende K_D - en C-waarden worden als invoergegevens voor stromingsmodellen gebruikt. Dergelijke meetgegevens zijn meestal vermeld in de Grondwaterkaarten. Vooral door DGV/IGG-TNO is op regionaal/stroomgebiedsniveau in diverse regio's uitgebreid onderzoek gedaan. Voorbeelden van regionale grondwatersysteemonderzoeken zijn Stuurman et al. (1990) (Noord-Brabant), Stuurman & Pakes (1991) (Noord- en Midden-Limburg), Hoogendoorn (1988; 1990) (Salland), Hoogendoorn (1992) (Dinkeldal/Bornse beek), Rolf & Van der Meij (1991) (Drenthe) en Gieske (1990) (Regge-dal).

Neergaande, horizontale en opwaartse stromingen van water in de bodem hebben een duidelijke invloed op de bodemvorming (Kemmers, 1986, 1990). In de omgeving van de waterscheiding infiltreert water in de bodem. De stromingsrichting is hier overwegend naar beneden gericht. Door interactieprocessen tussen het mineralenarme, zure regenwater en de bodem (vaak dekzand) verliest het bodemcomplex mineralen (uitloging). Op deze plaatsen ontstaan z.g. "haar"podzolbodems, die gekenmerkt worden door een diepe grondwaterstand (Gt VII of VIII, zie tabel 2.8/2.9), een lage zuurgraad en een zeer lage mineralenrijkdom. Ook kan in deze omgeving hoogveen of "vliet"veen worden aangetroffen, dat a.g.v. een slecht doorlatende laag in de ondergrond wordt gekenmerkt door een hoge grondwaterstand (Gt I).

Lager op de helling komt eveneens overwegend infiltratie voor. De stroming direct onder het oppervlak is overwegend naar beneden gericht; dieper is de stroming meer evenwijdig aan het maaiveld. Hier komen z.g. "veld"podzolbodems voor. De grondwaterstand is minder diep (Gt III tot V). Ook hier treedt uitloging op.

Nog lager in het stroomgebied treft men eerdgronden aan. De z.g. gooreerdgronden komen voor in het overgangsgebied tussen infiltratie en kwel. 's Zomers is de grondwaterstand vrij laag (Gt III) en treedt laterale kwel op. 's Winters treedt lokale infiltratie op en is de grondwaterstand aanmerkelijk hoger. De stromingsrichting van het water in een dergelijke bodem wisselt met het jaargetijde, wat leidt tot een bijzondere vorm van dynamiek. Deze dynamiek wordt gekenmerkt door specifieke vegetaties. Gooreerdgronden zijn door de periodieke aanwezigheid van kwel rijker aan mineralen dan de podzolbodems. 's Winters treedt echter o.i.v. infiltrerend water, net als in een podzol uitloging op.

Minder dynamische patronen kunnen worden aangetroffen in de z.g. beekerdgronden, die zich bevinden op de rand van het beekdal. Beekerdgronden worden gekenmerkt door de aanwezigheid van lokale en/of regionale kwel. De grondwaterstand is in het algemeen hoger dan in gooreerdgrond (Gt II of III). Ook hier kan 's zomers periodiek sprake zijn van stagnatie van de kwelstroom. Dit verschijnsel komt echter minder stelselmatig voor dan in gooreerdgronden. De stromingsrichting van het grondwater is overwegend naar boven gericht. Het opkwellende grondwater is mineralenrijk (lithotroof). In het laagste deel van het stroomgebied, langs de beek komen de z.g. madeveengronden voor. Madeveengronden worden gekenmerkt door continue aanwezigheid van overwegend regionale kwel. De grondwaterstand is hoog (Gt II). Ook hier is het water mineralenrijk. Deze bodems worden blootgesteld aan periodieke inundatie door de beek (overstromingsvlakten).

Hierdoor wordt het ontstaan van (nieuw) laagveen bevorderd. Het voorgaande geeft al aan dat op basis van de hydrologische en bodemkundige variatie een hele reeks van standplaatstypen binnen een beekdal aanwezig zijn. Dit is samengevat in figuur 2.25 (uit: Kemmers, 1990) waarin t.a.v. verschillende bodemtypen en hun ligging grondwaterduurlijnen en bodemvocht karakteristieken zijn gegeven. Ook is m.b.v. het ionendiagram van Van Wirdum (1991) een indicatie van de waterkwaliteit gegeven.

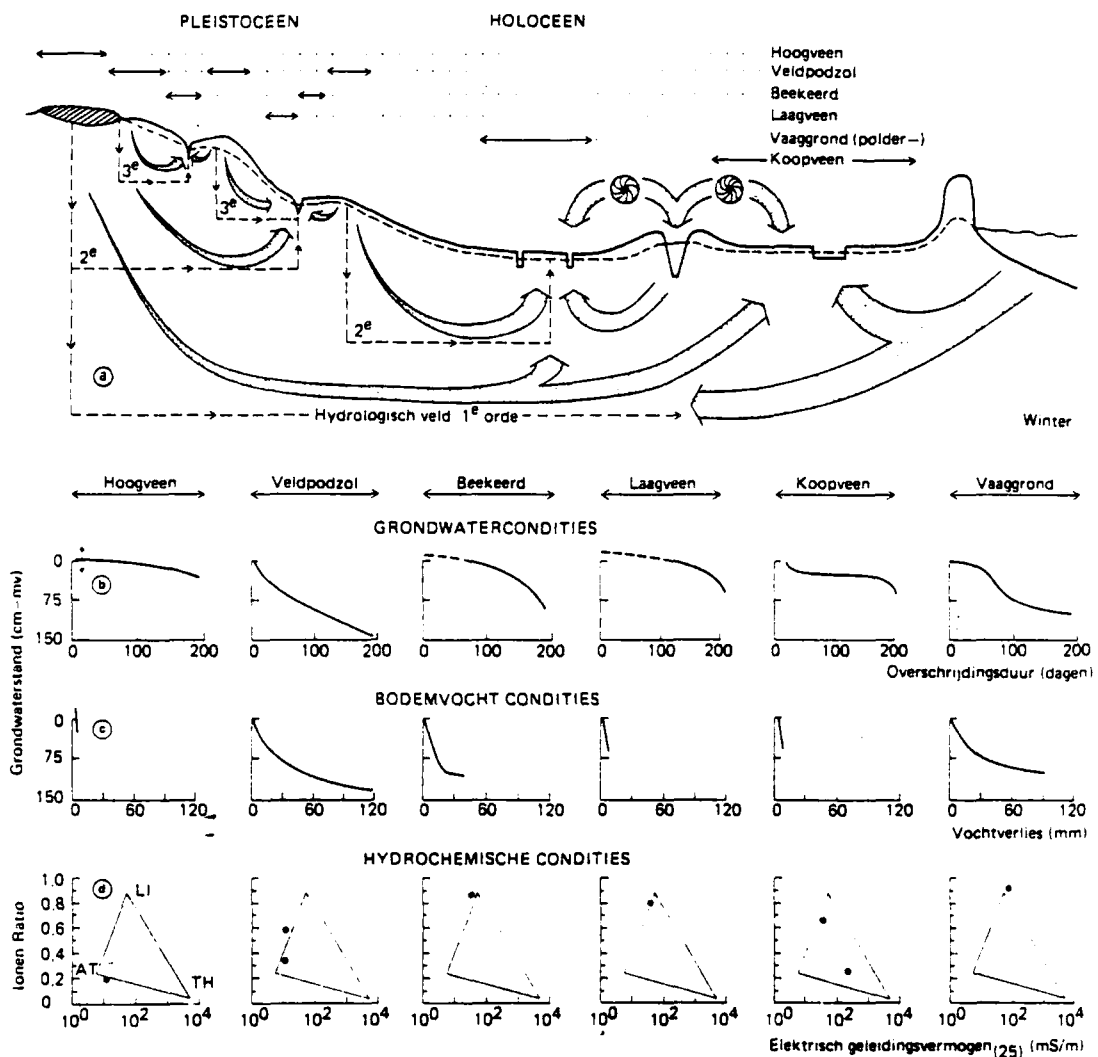


Fig. 2.25 Ordening van standplaatstypen naar hun hydrologische positie in het landschap (uit: Kemmers, 1990)

- a) positie van bodemtypen en waterstromen in het landschap
- b) grondwaterstandsduurlijnen van verschillende bodemtypen
- c) bodemvochtcondities in verschillende bodemtypen
- d) IR/EC diagrammen van verschillende bodemtypen

Binnen stroomgebieden zijn op basis van het voorgaande verschillende gradiënten te onderscheiden:

- Bovenin het stroomgebied is de grondwaterstroming overwegend neerwaarts gericht, op de middelmatige hoge delen is de stroming overwegend parallel aan de richting van het maaiveld en onderin het stroomgebied overheerst opgaande stroming van kwel.
- De grondwaterstand is in de hogere delen van het stroomgebied beduidend lager (m.u.v. vlietvenen) en wordt geleidelijk hoger naarmate men verder in de 'kuip' afdaalt. In de lagere delen kan soms inundatie voorkomen.
- De kwaliteit van het water dat ter beschikking staat aan de plantengroei en dat de beek voedt, varieert van mineralenarm, soms zuur (atmotroof/om brotroof) in de hogere delen van het stroomgebied tot (matig) mineralenrijk, meest neutraal tot licht basisch in de lager gelegen delen.

Verder is een globaal inzicht nodig in de orde van grootte van de verschillende stromen. Op stroomgebiedsniveau geldt theoretisch dat het gehele neerslagoverschot (1 mm neerslagoverschot komt overeen met $1 \text{ liter/m}^2 = 1000 \text{ m}^3/\text{km}^2$), op jaarbasis, het stroomgebied door de beek verlaat. Het totale neerslagoverschot en de jaarafvoer van de beek dienen een vergelijkbare orde van grootte te kennen. Hierbij wordt ervan uitgegaan dat de hoeveelheid in de ondergrond geborgen water aan het begin en eind van de meetperiode gelijk is, terwijl door het jaar heen fluctuaties optreden.

In de praktijk gaat dit concept meestal niet meer op. Het stroomgebied is in werkelijkheid geen gesloten systeem o.a. door diepe ondergrondse verliezen naar, of aanvoer van andere stroomgebieden en gegraven verbindingen met andere stroomgebieden, en b.v. winning van grondwater. Om een goed inzicht te krijgen kan het nodig zijn meerdere stroomgebieden binnen hetzelfde stromingsstelsel te bekijken. In DEEL 3 wordt uitgebreid teruggekomen op de verschillende soorten van beïnvloeding.

2.5.4 Lokale hydrologie: Beken en beekdalen.

Hydrologische begrenzing van het beekdal

Waar het aanwezige reliëf een eenduidige begrenzing van het beekdal niet (meer) mogelijk maakt, wordt aanbevolen het beekdal te begrenzen door de plaats waar een positief potentiaalverschil tussen de eerste watervoerende laag en het freatisch grondwater aanwezig is. In het beekdal is, al of niet periodiek, kwel aanwezig vanuit het eerste watervoerende pakket. De aanwezigheid van kwel garandeert een hoge gemiddelde grondwaterstand (Gt I of II), hetgeen een belangrijke randvoorwaarde vormt voor het voorkomen van waterafhankelijke vegetatietypen. De hoge grondwaterstand wordt ten dele in stand gehouden door voeding vanuit de beek via inundatie of ondergronds transport van water.

Stroomopwaarts wordt de invloed van de beek op de omgeving steeds geringer, tot hij zich uiteindelijk beperkt tot de oevers. Hier wordt water, door afstroming of lokale kwel, naar de beek toe gevoerd. Strikt genomen is een grens van het beekdal conform bovenstaande definitie niet te bepalen.

Om bij natuurontwikkeling enige 'ruimte' te verkrijgen t.a.v. invloeden van buiten het beekdal zelf, is het creëren van z.g. 'bufferstrips' (Petersen et al., 1992) op plaatsen waar een morfologische- of hydrologische begrenzing van het beekdal ontbreekt, aan te bevelen. Daarbij komt dat er ook processen in de richting van de beek gaan, die wel invloed uitoefenen. Een dergelijke pragmatische keuze kan de ecologische randvoorwaarden weliswaar verbeteren, maar is vanuit systeemtechnische optiek onnatuurlijk. Vooral in bovenstroomse gebieden kan het onderkennen van de rand van het stroomgebied (waterscheiding) als systeemgrens de resultaten van natuurontwikkelingsmaatregelen positief beïnvloeden.

Grondwaterstand en grondwatertrappen

Een resultante van het ondergrondse transport van water is de grondwaterstand (GWS). De grondwaterstand wordt uitgedrukt in cm-mv (voor sommige doeleinden ook wel in m+NAP) en kan worden gedefinieerd als de afstand tussen de ondergrondse waterspiegel en het maaiveld (of tot de zeespiegel). De grondwaterstand varieert met de aanvoer, afvoer en retentie van water. Daarom wordt in de praktijk gewerkt met gemiddelde waarden voor de grondwaterstand in de zomer (GLG) en in de winter (GHG). Binnen het CML-ecotopensysteem voor terrestrische vegetaties wordt gewerkt met de gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand (GVG). Afhankelijk van de hoogte van de gemiddelde grondwaterstand en de grootte van de variatie onderscheidt men verscheidene grondwatertrappen of Gt's (tabel 2.8).

Grondwatertrappen zijn vermeld op de Bodemkaart van Nederland (1:50.000). Voor de actuele situatie zijn deze gegevens vaak niet meer betrouwbaar. In tabel 2.9 wordt een overzicht gegeven van grondwatertrappen met eventuele kwalitatieve en kwantitatieve toevoegingen en de daarbij behorende grondwaterstanden.

Het grondwatertrappensysteem is voor landbouwkundige doeleinden opgesteld. Het is ook een zeer bruikbaar instrument om het gedrag van de grondwaterstand in verschillende bodemeenheden te karakteriseren. Deze karakteristieke eigenschap van de bodem kan na actualisering worden benut als één van de randvoorwaarden (richtlijnen) in het kader van natuurontwikkeling.

Tabel 2.8 Grondwatertrappenindeling (Locher & de Bakker, 1987) (in Couwenhoven)

Grondwatertrap (sinds 1989)	GHG (winter)	GLG (zomer)
	(cm-mv)	
I	-	< 50
II	-	50 - 80
III	< 40	80 - 120
IV	> 40	80 - 120
V	< 40	> 120
VI	40 - 80	> 120
VII	80 - 140	> 120
VIII	> 140	> 120 (meestal > 160)

Tabel 2.9 Grondwatertrappen met toevoegingen voor de Bodemkaart van Nederland (1 : 50.000).

Grondwatertrap		GHG (winter)	GLG (zomer)	Kwalitatieve toevoegingen
nieuwe code	oude code	(cm-mv)	(cm-mv)	
I	I	- (0 - 20)	< 50	w
II	II	- (0 - 30)	50 - 80	b, w
IIb	II*	25 - 40	50 - 80	
IIc	II*	> 40	50 - 80	
III	III	< 40	80 - 120	b, w
IIIb	III*	25 - 40	80 - 120	
IV	IV	40 - 80	80 - 120	b
IVc	IV	> 80	80 - 120	
V	V	< 40	> 120	b, s, w
Vb	V*	25 - 40	> 120	
VI	VI	40 - 80	> 120	b
VII	VII	80 - 140	> 120	b
VIII	VII*	> 140	> 120 (> 160)	

(* ster Gt's sinds 1977)

Kwantitatieve toevoegingen:

...b = GHG tussen 25 en 40 cm-mv
...c = GHG en GLG nagenoeg even diep

Kwalitatieve toevoegingen:

b = buitendijkse gronden, perio-
diek overstroomd
s = schijnspiegel
w = water boven maaiveld, langer
dan 1 maand

De variatie van de grondwaterstand wordt door vegetatiekundigen vaak uitgewerkt in de vorm van een zgn. duurlijnenpatroon. Dit geeft het aantal dagen of weken per jaar aan waarin de grondwaterstand een bepaalde waarde overstijgt (fig. 2.26). Het duurlijnenverloop geeft op jaarbasis een indicatie voor de overall vochttoestand in een bodemtype. Dit is van belang voor het type vegetatie dat zich kan ontwikkelen. Tevens kan de vorm van het duurlijnenverloop informatie verschaffen omtrent het gedrag van het water (infiltratie/kwel) in een bepaald bodemtype. Er worden 3 basisvormen van grondwaterstandsduurlijnen onderscheiden, n.l.: convex, lineair/concaaf en sigmoïdaal (Klötzli, 1969; Niemann, 1973; Yerli, 1970). Figuur 2.22 laat de basisvorm van deze drie typen zien.

Een convexe vorm van het duurlijnenpatroon duidt op een gebufferde grondwaterstand. Regenwater kan slechts moeizaam infiltreren of er is sprake van kwel. Een lineaire of concave vorm duidt op een bodemtype waarin regenwater gemakkelijk kan infiltreren. Sigmoidale vormen duiden op seizoensgebonden invloeden van kwel, of op invloeden van peilbeheer.

Meetcycli van meerdere jaren of in meerdere, vergelijkbare, bodems leveren een soort 'bandbreedte' op waarbinnen de grondwaterstand in een bepaald type bodem zich beweegt. Veelal worden dit soort bandbreedten opgesteld voor bepaalde vegetatietypen (Everts & De Vries, 1991; Grootjans, 1980). Grootjans (1980) geeft echter aan dat het beheersmatig trachten te creëren van een bepaald duurlijnenpatroon geenszins een garantie is voor het ontstaan van een bepaald type vegetatie. Daarvoor ontbreekt seizoensafhankelijke informatie.

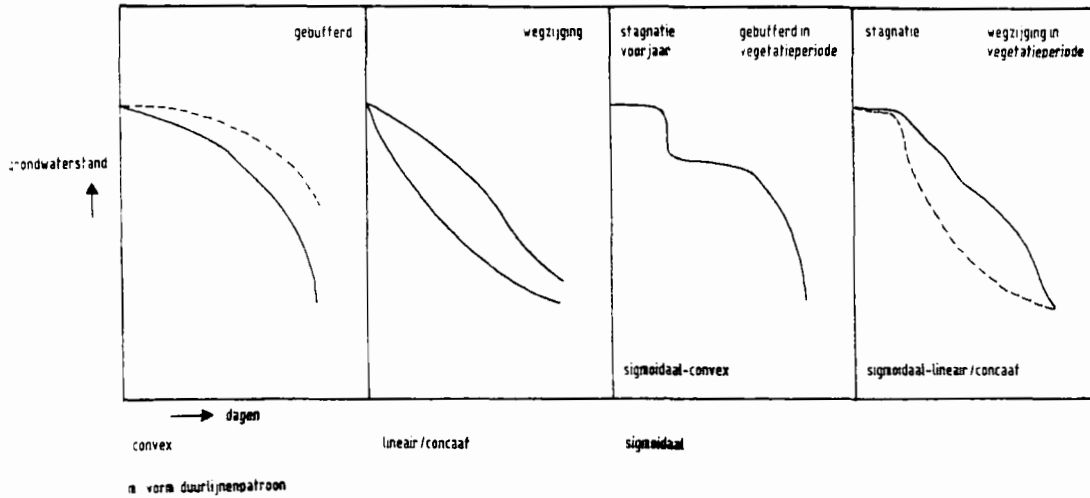


Fig. 2.26 Verschillende vormen van duurlijnenpatronen t.a.v. het gedrag van water (uit: Everts & De Vries, 1991).

Relatieve grootte van waterstromen: globale waterbalans.

Afhankelijk van de vraag of de hoogte van de verdamping (afhankelijk van beplanting en overig landgebruik) al of niet als een constante wordt beschouwd kan rekening worden gehouden met een structurele verschuiving in het neerslagoverschot. De grootte van waterstromen kan daarom worden uitgedrukt in een percentage van de neerslag (zie b.v. Faber, 1972) of van het neerslagoverschot in een gebied over een bepaalde periode.

Voor deelstroomgebieden is duidelijk dat niet kan worden gesteld dat het gehele neerslagoverschot door de beek het gebied verlaat. Tussen deelgebieden worden immers (grote) hoeveelheden water ondergronds getransporteerd. Hier is het nodig onderscheid te maken tussen meerdere in- en uitgaande stromen. In figuur 2.27 (uit Altenburg & Wildschut, 1983) is een voorbeeld gegeven van de waterstromen in een Noord-Nederlands beekdal (Drents plateau). De grootte van de pijlen geeft de relatieve grootte van de waterstromen weer.

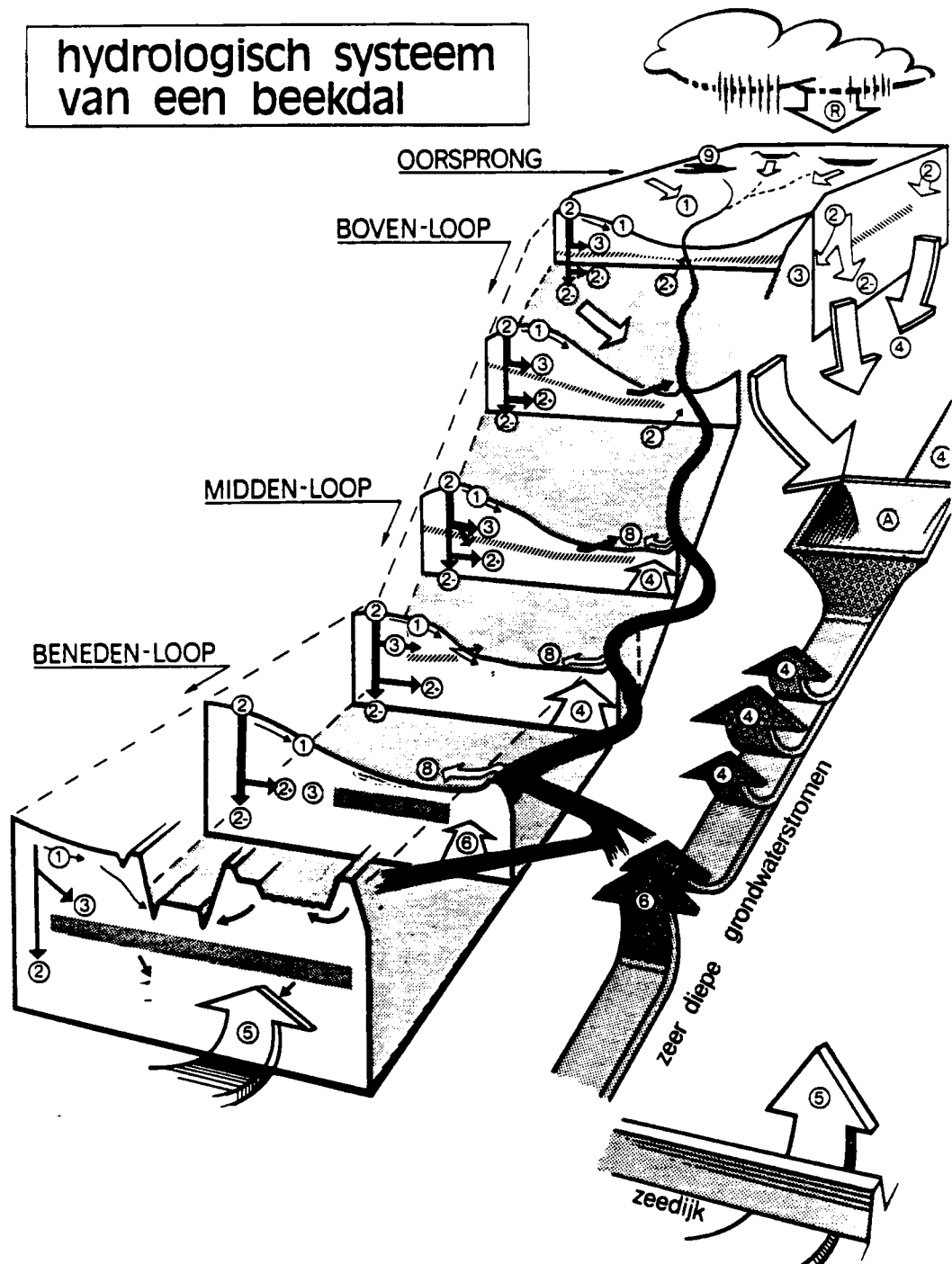


Fig. 2.27 Schematisch overzicht van de waterstromen in een Noord-Nederlands beekdal (uit: Altenburg & Wildschut, 1983).

Legenda bij figuur 2.27:

- R regenwater
 A voeding van de aquifer* door geïnfiltrieerd regenwater
 1 oppervlakkig afstromend water
 2 infiltratie naar aquifer of andere grondwaterstromen, in Noord-Nederland te verdelen in:
 2- aanvulling aquifer
 2+ stroom onder potklei of keileem, vrij diep liggend en stromend naar laagten, relatief langzaam stromend.
 3 stroom over potklei of keileem, ondiep afstromend naar laagten, relatief snel stromend
 4 aquifer, diep en langzaam stromend
 5 kwelstroom van zout water (zeeïnvloed)
 6 kwelstroom, mengsel van 4 en 5 (en evt. 7)
 7 zeer diep en zeer langzaam stromend grondwater in slecht doorlatende (mariene) afzettingen.
 8 overstromingswater uit de beek.
 9 stagnerend regenwater in vennen e.d.
- * aquifer = watervoerend pakket

Tot de ingaande stromen behoren:

- * neerslagoverschot (op basis van oppervlakte)
- * oppervlakkige aanvoer vanuit bovenstrooms gebied (beek)

Tot de uitgaande stromen behoren:

- * oppervlakkige afvoer naar benedenstrooms gebied (beek)

Tot de te schatten termen behoren:

- * ondergrondse aanvoer vanuit bovenstrooms gebied
- * ondergrondse afvoer naar benedenstrooms gebied
- * toe- of afname ondergrondse berging

Omdat i.h.a. alleen waterstanden (diepte d in m) worden gemeten moet voor het berekenen van de afvoer (Q in m^3 per tijdseenheid) van een watergang gebruik worden gemaakt van een z.g. Q/d -relatie (zie Faber, 1972). Een dergelijk verband is a.h.w. een 'ijklijn' voor de afvoer (afhankelijk van de waterdiepte) van een beek op een bepaald punt. Vanuit een gemeten reeks van waterdiepten in de tijd kan met een Q/d -relatie het afvoerpatroon van een beek worden samengesteld. Uit de vergelijking van afvoerpatronen op meerdere goed gekozen plaatsen in een beek met het patroon van de neerslag kan de grootte van ondergronds verlopende afvoer- en/of aanvoertermen in de globale waterbalans worden geschat. Voor de berekening van Q/d -relaties wordt uitgegaan van de Wet van Manning (zie Faber, 1972).

Waterkwalitatieve aspecten

Binnen stroomgebieden bestaat een tendens in de minerale samenstelling van het grondwater gaande van de waterscheiding in de richting van het beekdal. Dezelfde tendens komt tot uiting in het grond- en beekwater wanneer men de beek volgt in stroomafwaartse richting.

Deze tendens is weer te geven m.b.v. het z.g. IR/EC-diagram (Van Wirdum, 1980) waarin de ionenratio ($IR = 100[1/2 Ca^{2+}] / ([1/2 Ca^{2+}] + [Cl^{-}])$) en het elektrisch geleidend vermogen (EGV of EC in mS/m) tegen elkaar zijn uitgezet. De driehoek in deze figuur ontstaat door de IR/EC verhoudingen van zuiver regenwater (atmotroof), zuiver zeewater (thalassotroof) en opgekweeld diep en zuiver grondwater (lithotroof) uit te zetten en met elkaar te verbinden (zie fig. 2.28, uit Van Wirdum, 1980).

De minerale samenstelling van het grondwater in een stroomgebied of beekdal ligt in de omgeving van de waterscheiding resp. bron (daar waar het niet de kalkrijke bronnen betreft) links onder in de figuur. Naarmate men verder afdaalt in het dal wordt de samenstelling kalkrijker en schuift het meetpunt in de figuur naar boven (- lithotroof). Invloed van brak kwelwater uit zich in een verschuiving naar rechts (- thalassotroof).

Verschillen in de mineralenrijkdom van opkwellend water in verschillende typen pleistocene stromingsstelsels (glaciaal/stuwwal/dekzand), waarop de hiervoor geschetste tendens is gesuperponeerd, zijn in deze figuur slechts uiterst marginaal zichtbaar. Een beter gedifferentieerd beeld wordt verkregen wanneer naast calcium en chloride andere minerale componenten worden beschouwd. Hiertoe is door Van Wirdum (z.g. LAT-framework, 1991) een methode ontwikkeld om de percentuele gelijkens te bepalen van een water met 3 referenties voor atmotroof, lithotroof en thalassotroof water (zie fig. 2.29).

Met deze methode kan een indicatie worden verkregen van de 'ouderdom' van het water dat ergens opkweelt. Tevens kunnen onregelmatigheden t.o.v. van de heersende tendens binnen het beekdal, dikwijls te wijten aan onregelmatigheden in de ondergrond (kleilenzen, breuken, opduikingen van Tertiair e.d.), worden opgespoord.

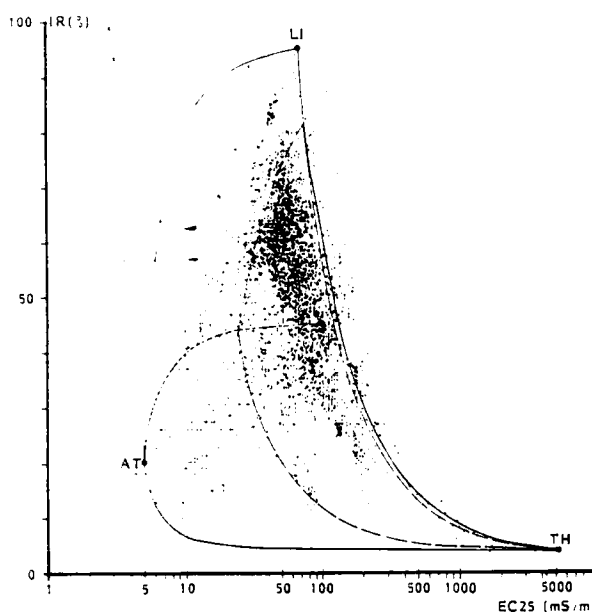


Fig.2.28 IR/EC-diagram van meer dan 5000 opnamen van (vnl. oppervlaktewateren in Nederland (IBN archief) (uit: Van Wirdum, 1980; 1991)

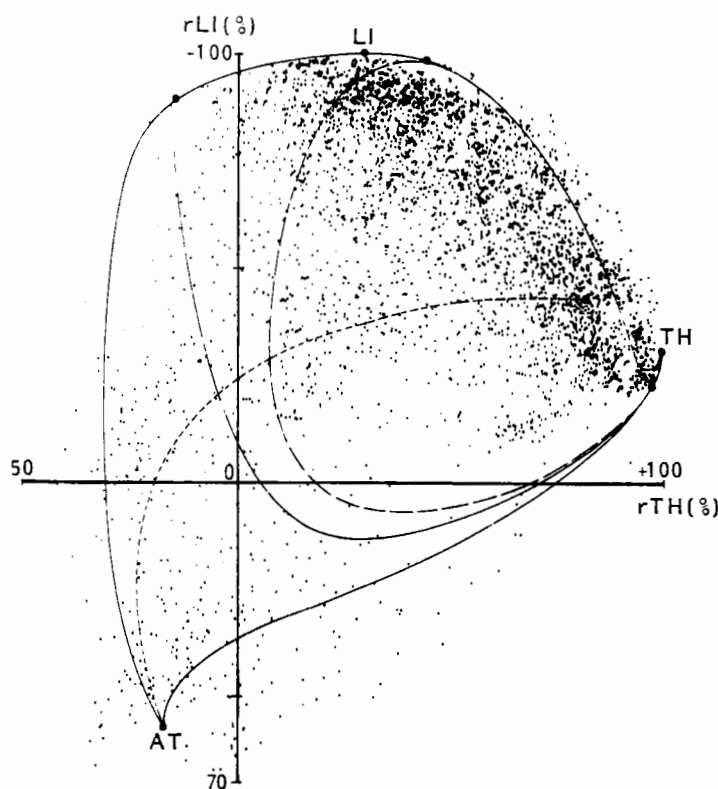


Fig. 2.29 rTH - rLI -diagram van meer dan 5000 opnamen in (vnl. oppervlaktewateren in Nederland volgens het LAT-framework. (uit: Van Wirdum, 1991) (vergl. fig. 2.28).

De methode is, bij gebruik van oppervlaktewater, echter gevoelig voor verandering van de waterkwaliteit a.g.v. vervuiling (bemesting, lozingen, overstorten).

Een steeds meer gebruikte classificatie van watertypen is die van Stuyfzand (1986; 1989a/b). Hierin wordt een water in een 4-lagig hiërarchisch indelings-systeem op basis van resp. chloride (6 hoofdtypen), totale hardheid (11 typen), belangrijkste kat- en anionen (27 subtypen) en correctie voor zeezout (3 klassen) geclassificeerd (zie figuur 2.30).

Van het aantal theoretisch mogelijke typen (5376!!) zijn er voor Nederland ongeveer 20-70 relevant. Een voordeel van de methode is dat naar behoefte een grotere of kleinere mate van detaillering kan worden nagestreefd. Nadeel is dat voor een goede interpretatie een gedegen inzicht in de chemische samenstelling van afzettingen en hun karakteristieke uitwisselingsprocessen nodig is. De methode wordt voornamelijk nog meestal voor grondwater toegepast. Voor toepassing in oppervlaktewater geldt eveneens dat de methode gevoelig is voor invloeden van vervuiling op de waterkwaliteit.

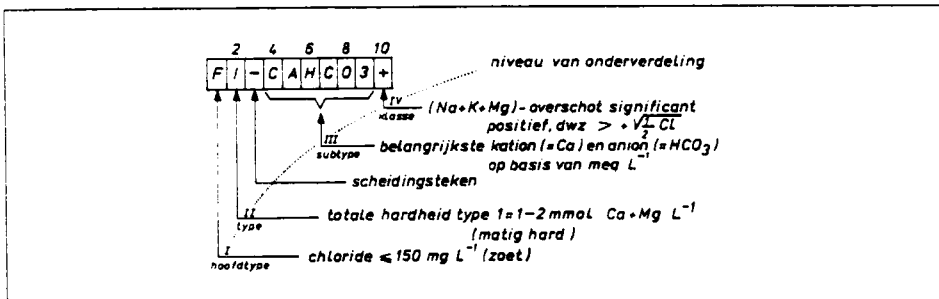
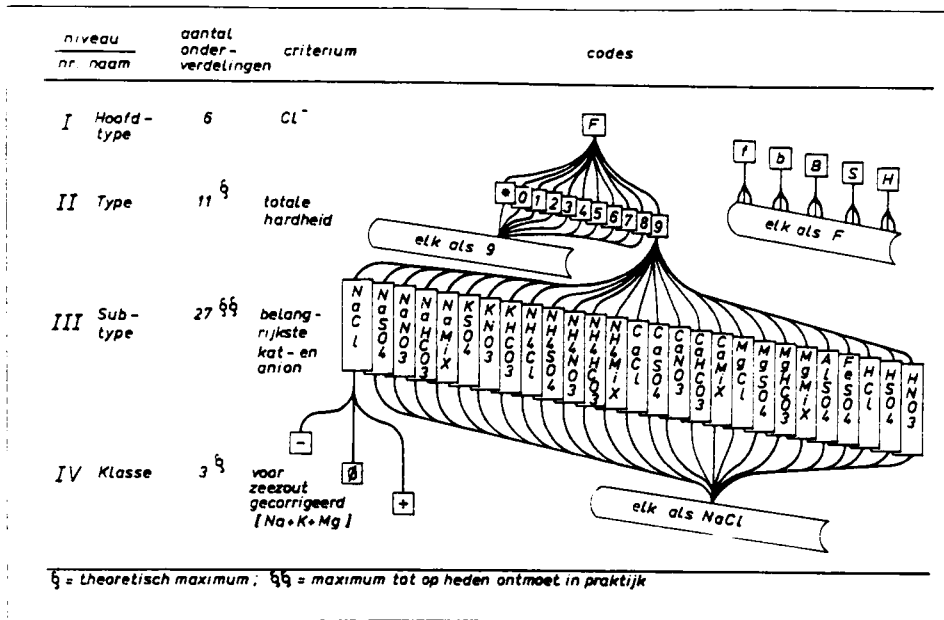


Fig. 2.30 Hiërarchische structuur van het watertypeclassificatiesysteem van Stuyfzand (uit: Stuyfzand, 1986).

Lokale grondwaterstroming

Grondwaterstromingsstelsels binnen het dal van een beek worden aangedreven door processen die zich op het niveau van het stroomgebied afspelen. De beek bevat niet meer dan een kleine fractie van de totale hoeveelheid water die in het stroomgebied aanwezig is. Een aanzienlijk deel van het water dat het stroomgebied doorstroomt doet echter "ergens" de beek aan. In helocene bronnen, meestal van oorsprong moerassige gebiedjes, is vaak veen (ook hoogveen) aanwezig. Het water is van het regenwatertype, mineralenarm, en in aanwezigheid van veen soms zuurder dan zuiver regenwater. Bronnen worden niet altijd gevoed met "jong" ondiep kwelwater. Met name in het heuvellandschap van Zuid-Limburg komen bronnen voor die worden gevoed door dieper en dus ook "ouder" en mineralenrijker (vooral kalkrijk) kwelwater.

De omgeving van de bovenloop wordt eveneens gevoed door lokale kwel en oppervlakkig afstromend water. Deze lokale stromen zijn niet altijd permanent aanwezig. In de winter, wanneer de verdamping laag is, zijn ze veel duidelijker aanwezig dan in de zomer. Bij regenbeken kan 's zomers de grondwaterstand zover dalen dat de bedding water verliest en de bovenlopen droogvallen. Drainage versterkt dit effect. Hierdoor wordt het bergend vermogen van de bodem in de omgeving van de beek verminderd. De beek is in de bovenloop smal en ondiep, recht tot zwak slingerend. Afhankelijk van de ondergrond kan in de bovenloop t.o.v. van de rest van de beek het grofste substraat voorkomen (mengsels van stenen, grind, grof zand en grof organisch materiaal).

Verder stroomafwaarts zal het aandeel van diepere regionale kwel in de beek toenemen. In de middenloop spelen lokale kwelstromen vanuit de directe omgeving een steeds minder belangrijke rol. Veel van het in de omgeving vallende neerslagwater stroomt door de aanwezigheid van een kwelstroom (opwaarts gericht) oppervlakkig of ondiep naar de beek af. In perioden met veel neerslag kan overstroming van de oevers optreden m.n. op plaatsen waar het dal breder en vlakker is. De loop wordt breder en dieper. Het profiel is verhoudingsgewijs dieper dan in de bovenloop. De loop lijkt soms minder bepaald te worden door de hoogteligging in het landschap (in Brabant worden zandruggen door middenlopen doorsneden). In het middenloop gedeelte kan bij voldoende afvoer meandering optreden.

In de benedenloop overheerst regionale en soms supraregionale kwel. In veel gevallen verliest een beek water naar de ondergrond of naar de omgeving (het dal) i.p.v. dat de omgeving in de beek afwatert. De omgeving van de beek is daardoor vaak vochtig tot nat, wat aanleiding kan geven tot de vorming van (laag)veen. De helling is t.o.v. het bovenstroomse gebied gering. In regenrijke perioden komt regelmatig overstroming van de oevers en vlakkere delen van het dal voor. In dit traject kan meandering met grote sinuositeit optreden.

Variabiliteit van hydrologische patronen op lokaal niveau

Lokale grondwaterstromen vertonen een duidelijke relatie met de hoeveelheid neerslag, doordat de stroombanen kort en ondiep zijn; ondiepe infiltratie en oppervlakkige afstroming zijn seizoensafhankelijk. Veel lokale grondwaterstromen dwars op de beek zijn in de zomer afwezig.

- Als lokale grondwaterstroming wordt de grondwaterstroming in de nabijheid van het maaiveld beschouwd. Door de oppervlakkige positionering is deze gevoelig voor menselijke activiteiten. Op veel plaatsen in Nederland is daardoor van een natuurlijke seizoensperiodiciteit geen sprake meer. Waterstanden (en daaruit voortvloeiende stromen) worden sterk overheerst door opgelegd peilbeheer ('s zomers laag, 's winters hoog water).

Ook meer regionale grondwaterstromen vertonen een zekere mate van seizoensafhankelijkheid. De lengte van de stroombanen krimpt in het droge seizoen in en rekt in het natte seizoen op. Grenzen tussen de verschillende trajecten in de lengterichting van een beek zijn daarom nooit exact aan te geven. Regionale en diepere stromingsstelsels worden eveneens, b.v. door grondwateronttrekking, door menselijke activiteiten beïnvloed. In DEEL 3 wordt verder ingegaan op de aard en omvang van menselijke beïnvloedingen van stromend water ecosystemen.

CONCLUSIES

1. Er worden verschillende grondwaterstromingsstelsels onderscheiden: pleistocene, holocene en oudere systemen. Voor beken en beekdalen zijn vooral de pleistocene en oudere systemen van belang.
 2. Stromingsstelsels kunnen (supra)regionaal, subregionaal en lokaal zijn. Deze stelsels zijn ten opzichte van elkaar hiërarchisch "genest".
 3. Lokale, ondiepe stelsels zijn sterk neerslagafhankelijk en makkelijk beïnvloedbaar door menselijke activiteiten.
 4. Het water in (supra)regionale stelsels legt een lange weg af naar de beek en verandert van kwaliteit door opname van mineralen uit de ondergrond. Diepe stelsels worden tegenwoordig eveneens vaak beïnvloed (bijv. door waterwinning).
 5. Van bron naar monding neemt het aandeel van lokale kwel af en van diepere kwel toe. Daarmee verandert ook de chemische samenstelling van regenwaterachtig naar grondwaterachtig.
-

LITERATUUROVERZICHT

- Altenburg, W. & P. Wildschut, 1983. Grondwaterkwaliteit en vegetatie in enkele Noord-Nederlandse beekdalen. Laaglandbekenproject No. 1-1983, Staatsbosbeheer/Rijksuniversiteit Groningen, Driebergen?Groningen
- Couwenhoven, T., 1991. Ecohydrologie. Diktaat Internationale Agrarische Hogeschool Larenstein, Velp.
- Cultuurtechnische Vereniging, 1988. Cultuurtechnisch Vademecum, Utrecht.
- Engelen, G.B., J.M.J. Gieske, S.O. Los, 1989. Grondwaterstromingsstelsels in Nederland. Achtergrondreeks Natuurbeleidsplan, Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij, 's-Gravenhage.
- Everts, F.H., N.P.J. de Vries, 1991. De vegetatieontwikkeling van beekdal-systemen. Een landschapsoecologische studie van enkele Drentse beekdalen. Diss. Rijksuniversiteit Groningen. Historische Uitgeverij Groningen.
- Faber, Th., 1972. Regimes and regime-related basin properties of some Dutch small rivers. Diss. Vrije Universiteit Amsterdam. Uitgeverij de Ram, Amstelveen.
- Gieske, J.M.J., 1990. Effekten van ingrepen op de grondwatersystemen in het Regge-dal. DGV-TNO Rap. Nr. OS 90-27B. DGV/IGG-TNO, Oosterwolde/Delft.
- Grootjans, A. P., 1980. Distribution of plant communities along rivulets in relation to hydrology and management. In: Wilmanns, O. & R. Tüxen (eds.), 1980. Ephemorie. Berichte der Internationale Symposien der Internationalen Vereinigung für Vegetationskunde Herausgegeben von Reinhold Tüxen. J. Cramer, Vaduz.
- Higler, L.W.G., 1980. Hydrologisch, fysische en chemische gegevens van de Hierdensche Beek. RIN-Rapport 80/3, Leersum.
- Hoogendoorn, J.H., 1988. Grondwatersysteemonderzoek Salland I. DGV-TNO Rap. Nr. OS 88-63. DGV/IGG-TNO, Oosterwolde/Delft.
- Hoogendoorn, J.H., 1990. Grondwatersysteemonderzoek Salland II. DGV-TNO Rap. Nr. OS 90-48B. DGV/IGG-TNO, Oosterwolde/Delft.
- Hoogendoorn, J.H., 1992. Hydrologische systeemanalyse Dinkeldal/Bornse beek. Een analyse van het grondwaterstromingspatroon, ondersteund met numerieke modellering. IGG-TNO Rap. Nr. OS 92-37B, IGG-TNO, Oosterwolde/Delft.
- Kemmers, R.H., 1986. Perspectives in modelling of processes in the root zone of spontaneous vegetation at wet and damp sites in relation to regional water management. Technical Bulletins I.C.W. no. 52, Wageningen.
- Kemmers, R.H., 1990. Effekten van waterbeheer op standplaatsfactoren van korte vegetaties, De stalenmethode. Rapport 64.1, Staring Centrum, Wageningen.
- Klötzli, F., 1969. Die Grundwasserbeziehungen der Streu- und Moorbiosen in nördlichen Schweizer Mittelland. Beitrage Geobot. Landesaufn. 52: 1-296.
- Locher, W.P. & H. de Bakker, 1987. Bodemkunde van Nederland, Deel 1, Algemene bodemkunde, STIBOKA, Wageningen.
- Niemann, E., 1973. Grundwasser und Vegetationsgefüge. Nova acta Leopoldina suppl. nr. 6 Band 38. Leipzig.
- Petersen, R.C., L.B.M. Petersen & J. Lacoursière, 1992. A building-block model
-

- for stream restoration. In: Boon, P.J., P. Calow & G.E. Petts (eds.), 1992. River conservation and management. John Wiley & Sons Ltd, Londen.
- Roelofs, H.J., Th. J. Beukeboom, A. Ebregt & W. Vos, 1982. Landschapsecologische relaties via het grondwater op nationaal en regionaal niveau. Rapport nr. 317, Rijksinstituut voor onderzoek in de bos- en landschapsbouw De Dorschkamp, Wageningen.
- Rolf, H.L.M. & J.L. van der Meij, 1991. Grondwatersituatie Drenthe. Een onderzoek naar de kwelsituatie, detrends in de grondwaterstand en de mogelijkheden om de situatie te beïnvloeden. IGG-TNO Rap. Nr. OS 9129A. IGG-TNO, Oosterwolde/Delft.
- Stuurman, R.J., J.L. van der Meij, A. Biesheuvel & U. Pakes, 1990. De grondwaterstromingsstelsels en de grondwatersamenstelling van de Provincie Noord-Brabant. DGV-TNO Rap. Nr. OS 90-26A. DGV/IGG-TNO, Oosterwolde/Delft
- Stuurman, R.J. & U. Pakes. 1991. Hydrologische systeemanalyse Noord- en Midden-Limburg. Toepassing bij onderzoek naar de bepaling van kansrijkdom van kwelgebieden. DGV-TNO Rap. Nr. OS 91-13A. DGV/IGG-TNO, Oosterwolde/Delft.
- Stuyfzand, P.J., 1986. Een nieuwe hydrochemische classificatie van watertypen met Nederlandse voorbeelden van toepassing. *H₂O* (19) 1986 nr. 23: 562-568
- Stuyfzand, P.J., 1989a. Hydrochemische onderzoeksmethoden ter analyse van grondwaterstroming, deel 1. *H₂O* 22(1989) 5: 141-146.
- Stuyfzand, P.J., 1989b. Hydrochemische onderzoeksmethoden ter analyse van grondwaterstroming, deel 2. *H₂O* 22(1989) 6: 166-169.
- Vries, J.J. de, 1974. Groundwater flow systems and stream nets in the Netherlands. Rodopi N.V., Amsterdam
- Wirdum, G. van, 1980. Eenvoudige beschrijving van de waterkwaliteitsverandering gedurende de hydrologische kringloop ten behoeve van de natuurbescherming. CHO-TNO Rapporten en nota's 5: Waterkwaliteit in grondwaterstromingsstelsels. 118-143.
- Wirdum, G. van, 1991. Vegetation and hydrology of floating rich-fens. Diss. Universiteit van Amsterdam. Datawyse/Krips Repor, Maastricht/Meppel.
- Yerli, M., 1970. Ecologie comparée des prairies marécageuses dans les Préalpes de la Suisse occidentale. Thèse, Zürich.
-

Overzicht kaartmateriaal:

GRONDWATERKAART VAN NEDERLAND (1:50.000)

(uitgegeven door: IGG-TNO (voorheen DGV-TNO), Delft/Oosterwolde)

Grondwatersystemenkaart 1:600.000 (uit: Engelen, G.B., J.M.J. Gieske & S.O. Los, 1988. Grondwaterstromingsstelsels in Nederland. Achtergrondreeks Natuurbeleidsplan no. 2. Min. van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij, 's-Gravenhage)

BODEMKAART VAN NEDERLAND (1:50.000)

(uitgegeven door: Staringcentrum (voorheen Stichting voor Bodemkartering (STIBOKA), Wageningen)

Steur, G.G.L., W. Heijink, H Bakker, O.H. Boerma & C. Hamming, 1987. Bodemkaart van Nederland 1:50.000: algemene begrippen en indelingen. 3e herziene uitgave. STIBOKA, Wageningen.

2.6 Ecologie van beken en beekdalen

2.6.1 Inleiding

In 2.1 werd aangegeven, dat er verschillende concepten bestaan met betrekking tot de indeling van beken en beekdalen, gebaseerd op abiotische en biotische kenmerken. Het River Continuum Concept, dat de geleidelijke overgang van deze kenmerken in stroomafwaartse richting benadrukt, is een goed uitgangspunt voor ecologische beschouwingen. Hoewel er fundamentele kritiek op onderdelen geleverd is, blijft de basisgedachte in de praktijk goed bruikbaar.

In bovenstroomse delen van natuurlijke beken in de gematigde zone wordt de beek sterk beïnvloed door de begeleidende vegetatie. Dit zijn beken van de eerste t/m derde orde. Door beschaduwing wordt de primaire produktie in de beek gereduceerd (heterotroof systeem). De energievoorziening van het systeem vindt plaats door bladival. De verhouding tussen fotosynthese en respiratie (P/R ratio) is laag. De levensgemeenschap bestaat voornamelijk uit consumenten. Versnipperaars (shredders) en verzamelaars (collectors) hebben de overhand.

Waar de beek breder wordt (middenloop; derde orde en hoger) wint de invloed van invallend zonlicht als energiebron terrein en wordt de rol van invallend blad geringer. Dit gaat gepaard met een geleidelijke verschuiving naar een gemeenschap waarvan ook autotrofe organismen (producenten) deel uitmaken. De relatieve dominantie van grazers wordt groter, die van versnipperaars lager. De P/R ratio wordt hoger. De ligging van het traject waarin de overgang van heterotroof naar autotroof plaatsvindt wordt bepaald door de mate waarin de beek wordt beschaduwd.

In de benedenloop van beken en in rivieren speelt de begeleidende vegetatie een geringe rol. Een belangrijke energiebron wordt gevormd door fijn organisch materiaal afkomstig van bovenstrooms. Door een grotere diepte en een hogere troebelheid (fijn substraat) kan ondanks de vrije instraling het aandeel van primaire producenten in de gemeenschap gering zijn, waardoor het systeem wederom neigt naar heterotrofie (P/R ratio lager). Het aandeel van de verzamelaars in de levensgemeenschap is groot. Grazers en versnipperaars zijn van weinig betekenis. In stroomafwaartse richting wordt de gemiddelde grootte van organisch materiaal geleidelijk kleiner. Veel organismen, die hiervan leven (filteraars), worden dan ook in grote aantallen gevonden.

In de natuur blijken continue gradiënten dikwijls niet geleidelijk te verlopen. Dit vormt ook de belangrijkste reden waarom het RCC in de loop der jaren nogal wat kritiek heeft ondervonden (b.v. Statzner & Higl, 1985)

Nutriënt spiralling (Webster, 1975)

Een belangrijk element in het RCC wordt gevormd door het z.g. Nutrient Spiralling Concept (Webster, 1975; Wallace et al., 1977).

Het voedselpakket van een levensgemeenschap in een bepaald traject van een beek kan worden voorgesteld als de som van bovenstroomse verliezen (niet gebruikt materiaal en gebruiksproducten) en lokale bronnen (primaire productie, bladival vanaf de beekoever). De efficiëntie waarmee de gemeenschap met zijn voedsel omgaat kan voorgesteld worden als het quotiënt van

stroomafwaartse verliezen en het totale aanbod. Grof organisch materiaal wordt verkleind en gedeeltelijk verbruikt. De (slecht verteerde) excrementen worden opnieuw geconsumeerd en organisch materiaal wordt verder verkleind. Dit betekent dat een levensgemeenschap in een beek m.b.t. zijn voedsel ten dele afhankelijk is van de activiteit van gemeenschappen in stroomopwaartse trajecten. De gang van nutriënten in stroomafwaartse richting kan als een spiraals- gewijs proces worden voorgesteld van retentie en release. Een gedeelte van de dynamiek van levensgemeenschappen in stromende wateren kan worden verklaard vanuit de intensiteit van de relaties van de verschillende elkaar opvolgende gemeenschappen met het aanwezige substraat. Groepen van organismen, die een zelfde soort voedsel gebruiken worden daarom functionele voedingsgroepen genoemd. Een intensieve relatie van een levensgemeenschap met zijn substraat (hoge 'omzettingsgraad') levert een snelle opvolging naar een volgende functionele voedingsgroep en zo een 'strakkere' spiraal. Een minder intensieve relatie (lagere omzettingsgraad) levert een meer geleidelijke overgang naar een gemeenschap met een ander zwaartepunt en zo een 'lossere' spiraal.

De beekbegeleidende vegetatie vervult in dit spiraalvormige proces een essentiële rol (Ward, 1989a/b). Voedingsstoffen, die als grof organisch materiaal (bladinval) in de bovenloop terecht komen, vormen de bron van energie. Na volledige of gedeeltelijke mineralisatie in de beek (nutrient spiralling) komen ze via overstromingen van de oevers stroomafwaarts weer terug in het beekdal en kunnen worden opgenomen door de vegetatie op de overstromingsvlakte. De retentie die hierbij optreedt is dikwijls van langere duur dan in het aquatische milieu. In het terrestrische systeem is immers de stromende component veel geringer en afhankelijk van hernieuwde overstroming. Ten dele kunnen voedingsstoffen voor langere tijd worden opgeslagen in biomassa (b.v. hout).

Bij een hoge externe aanvoer van voedingsstoffen kunnen zeer hoogproductieve milieu's in overstromingsvlakten ontstaan (Ward, 1989b). Nutriëntenlekken vanuit de inundatiezone (zijdelingse toestroming van grondwater naar de beek) zorgen voor een geleidelijke herintroductie van voedsel in het aquatische systeem. Hernieuwde overstroming leidt tot een schoksgewijze afvoer van voedingsstoffen naar de beek. Een schematische weergave van het principe van nutrient spiralling is weergegeven in figuur 2.31.

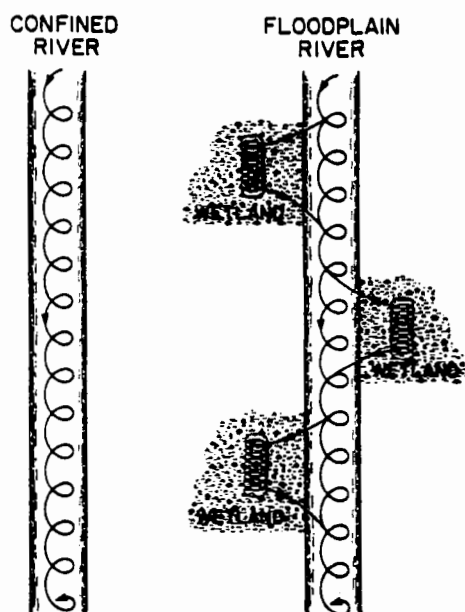


Fig. 2.31 Nutrient spiralling in stromende wateren met- en zonder overstromingsvlakte (uit: Ward, 1989b).

Landschapsecologische concepten (grondslagen)

De besproken concepten, die vooral betrekking hebben op ecologische patronen en processen in de beek, zijn voor een groot deel ook toepasbaar op patronen en processen in de ecosystemen van het beekdal. Een belangrijke verbindende schakel tussen gemeenschappen in en buiten de beek is het grond- en overstromingswater.

De kwantitatieve (gemiddelde grondwaterstand, duurlijnen) en kwalitatieve (pH, voedselrijkdom) aspecten van het grondwater worden in de landschapsecologie als de belangrijkste variabelen voor verschillende vegetatiegemeenschappen beschouwd. Figuur 2.32 geeft hiervan een voorbeeld, waarbij overigens het beheer niet als factor meegenomen is. Dit heeft geleid tot een aparte benadering van vegetatiekunde op landschapsecologische basis. Het proefschrift van Everts & De Vries (1991) levert hier voor de beek(dal)systemen in Drente een belangrijke bijdrage aan. De gebruikte systematiek is meer algemeen toepasbaar.

CONCLUSIES

1. Binnen stroomgebieden vormen processen en patronen die op de stroming van water en van mineralen (kalk en nutriënten) door dat gebied van invloed zijn belangrijke aanknopingspunten voor het voorkomen van soorten.
 2. Binnen beekdal en beek kunnen op basis van deze processen en patronen vele standplaats- en habitattypen worden onderscheiden.
 3. Wanneer standplaats- en habitattypen op grond van meer algemene (abiotische) kenmerken worden gebundeld zijn verschillende zoneringen in het beekdal en de beek te onderscheiden.
-

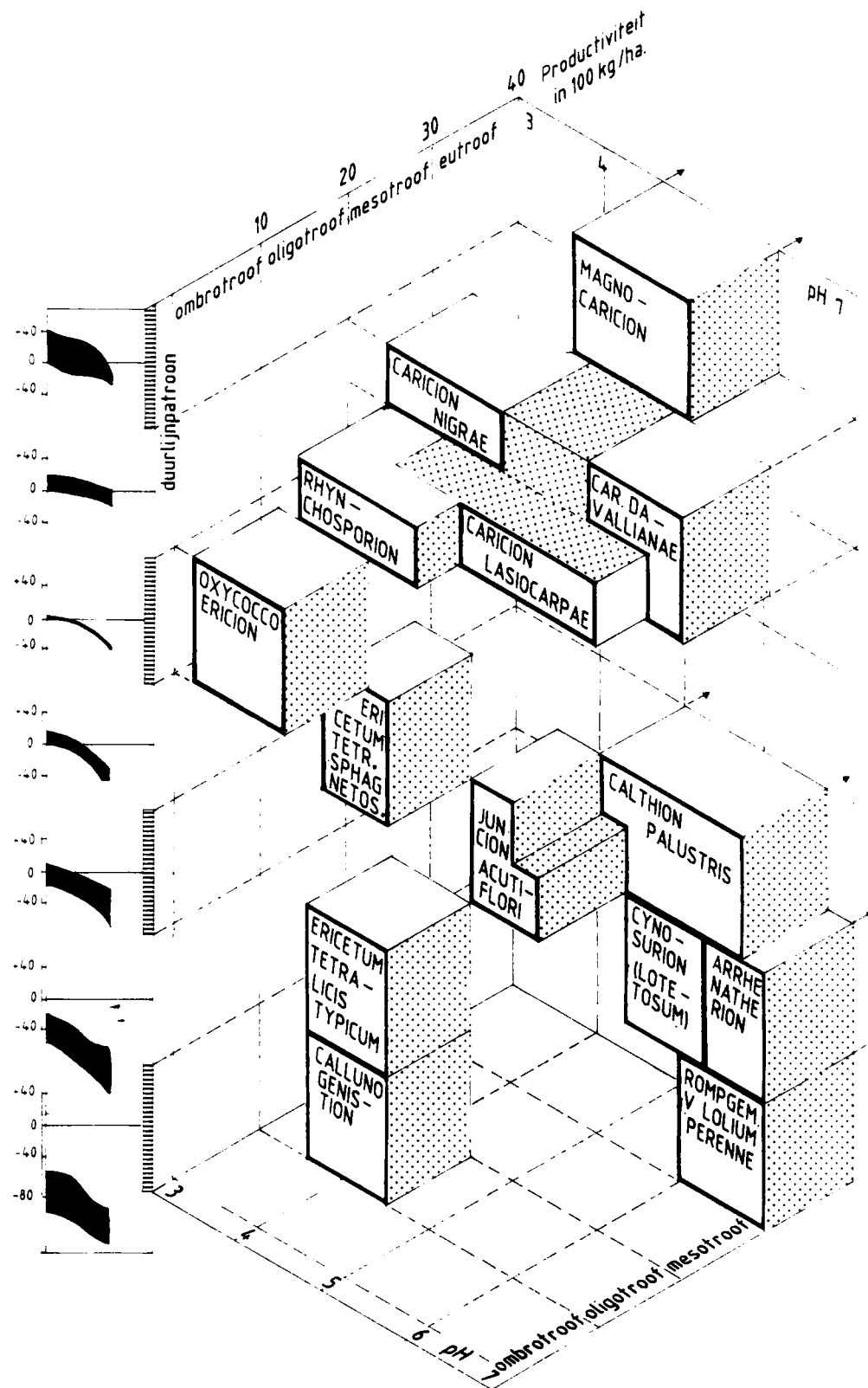


Fig. 2.32 Schematische weergave van het voorkomen van plantengemeenschappen afhankelijk van pH, grondwaterstand en trofie (uit: Everts & De Vries; 1991).

2.6.2 Beekbegeleidende vegetaties

2.6.2.1 Inleiding

De vegetatie in het beekdal maakt integraal deel uit van het beekecosysteem. Het belang van het beekdal voor stof- en energietransport, evenals voor het leven in en om de beek, is door velen onderkend (Hawkins, Murphy & Anderson, 1982; Likens, 1984; Benke et al., 1988; Naiman et al., 1988; Ward, 1989a, 1989b; Higler & Verdonschot, 1993). "De produktieve en metabolische capaciteit van de biota in deze zones zijn meestal zo groot dat hun effect dikwijls de biogeochemische en energetische stromen in stromende en stilstaande wateren beheerst" (Wetzel, 1990). Dit geldt in hoofdzaak in relatief ongestoorde aquatische systemen, maar gaat zeker niet op voor de meeste moderne beken. Deze kunnen worden gekarakteriseerd als afvoergoten van hun stroomgebied. Interacties tussen de aquatische en terrestrische componenten van het beekstelsel (b.v. overstromingen) worden dikwijls tot het uiterste minimum beperkt (gehouden). Effecten van menselijke activiteiten m.b.t. waterbeheer(sing) en nutriëntenstromen in het hele gebied komen samen in het stroomdal. In veel gevallen is de oorspronkelijke beekbegeleidende vegetatie verwijderd en bestaat de onmiddellijke omgeving van een beek uit landbouwgronden. Figuur 2.33 (uit Everts & DE Vries, 1991) geeft een overzicht van de verschillende invloeden die vanaf het begin van het Holoceen op de beeksystemen werkzaam zijn (geweest). Daarin is te zien dat het begin van menselijke invloed al dateert vanaf enige duizenden jaren vóór het begin van onze jaartelling. Het zwaartepunt van de menselijke beïnvloeding ligt echter in de moderne tijd.

Hier dient te worden geëvalueerd welke kennis beschikbaar is van de ecologie van beekbegeleidende vegetaties t.b.v. het gebruik van deze gegevens bij beekherstelprojecten. Daarbij moet worden afgeweken van de idee dat restauratie altijd het herstellen van een historische toestand betekent. Veelal zijn omgevingsfactoren irreversibel veranderd. Bovendien kan de bruikbaarheid van historische gegevens van abiotische variabelen worden betwijfeld. Voorbeelden van Nederlandse beken illustreren de noodzaak van gedegen onderzoek naar de hydrologische en geochemische relaties binnen stroomgebieden.

2.6.2.2 Abiotisch kader

De belangrijkste abiotische factoren die in de literatuur (Stalenmethode (Kemmers, 1991); CML-ecotopensysteem (Stevens et al., 1987); SWBNL-model (Gremmen, 1987)) worden gehanteerd en op grond waarvan standplaatsen van plantengemeenschappen worden getypeerd, zijn:

(saliniteit)
vochtgehalte (gemiddelde GWS of Gt)
kalkrijkdom en pH
voedselrijkdom

Figuur 2.34 geeft een overzicht van de factoren die van invloed zijn op de standplaats (Kemmers, 1991). In de reeksen van, aan elkaar gerelateerde,

factoren zijn 3 niveau's onderscheiden, nl. positionele, conditionele en operationele of standplaatsfactoren. De hiërarchische rangschikking vertoont een gelijkenis met de wijze waarop in de habitatclassificatie (voor aquatische fauna) van Frissel et al. (1986) een hiërarchie is aangebracht.

oorspronkelijk landschap		halfnatuurlijk landschap			cultuurlandschap		
5000 v. Chr.	Chir.	1000 n. Chr.	1500	1800	1900	1950	1980
<- terugschrijdende erosie, verbinding van oorspronkelijk gescheiden beekdalen <----->							
<-----> <u>ZOUTTECTONIEK</u> <-----> afsnoering beekdalen (Voorste en Achterste veen,) (Bunnerveen?)							
<-----> <u>NATTE</u> en <u>DROGE</u> klimaatperiodes <----->							
<-----> zeespiegelrijzing met daarmee gepaardgaande <u>TRANSGRESSIE</u> - en <u>REGRESSIE</u> fasen <----->							
<-----> <u>HYGROCLIENE</u> - en <u>XEROCLIENE</u> fasen <-----> <- zeelei afzettingen op veenpakketten ->							
in de veengroei in de benedenlopen							
<-----> <u>AFSNOERING BOVENLOPEN DOOR STUIFZANDEN</u> <----->							
<-----> <u>AUTOGENE VEENGROEI</u> <----->							
<-> <u>KAPPEN BOSSEN IN HOGERE</u> <-> <-----> grootschalige heidevelden <-----> <-> <u>ONTGINNINGEN</u> <->							
<-----> <u>GEBIEDSDELEN</u> <-----> <-> <u>REBOSSING</u> <->							
<-> max. klimaatsinvloed op bodemontwikkeling (podsolering; versterkte uitspoeling Fe en Al en <----->							
toevoer naar de beekdalen <----->							
<-----> ijzeroerwinning <----->							
<-----> <u>AFGRAVEN HOOGVEENEN</u> en laagveenverveningen <----->							
(o.a. Smilderveen en Paterswoldse meer)							
<-----> <u>DALEN WORDEN GEBRUIKT ALS HOOI- EN WEIDEGEBIED</u> <----->							
(aanleg van sloten en bezanding)							
(veraarding bovenste laag veenpakket)							
<-----> <u>BEVORDEREN VAN OVERSTROMINGEN</u> <----->							
?<-----> <u>AANLEGGEN POLDERS</u> <----->							
IN BENEDENLOPEN							
<-> <u>VERGROTING OVER</u> <-> <-> <u>KANALISATIES</u> <->							
<-----> <u>STROMINGEN DOOR</u> <-----> <-----> <u>BOVENSTROOMSE</u>							
<-----> <u>ONTGINNINGEN</u> <-----> <-----> <u>AFWATERING TER</u>							
<-----> <u>ONTLASTING BEEK</u>							
<-> bemesting van de beekdalgraslanden <->							
?<-> <u>GRONDWATERONTTREKING TSV. DE DRINK</u> <->							
<-----> <u>WATERVOORZIENING</u>							
<-> verontreiniging grondwater door <->							
vuilstortplaatsen							
<-----> zure regen <----->							
<-> <u>RUILVERKAVELINGEN EN</u> <->							
<-----> <u>HERINRICHTINGEN</u>							
(verdere ontwatering;)							
(irreversib. indroging)							
(veenpakket; inversie)							
(zout grondwater; be-)							
(regening; vermesting;)							
(bestrijdingsmiddelen)							
(e.a.)							
<-> verschransend <->							
beheer; opzetten waterstanden							
in reservaten							
<-> inlaat <->							
IJsselmeerwater							

1 (onderstreept) GRONDWATERSTANDSVERHOEGEND EFFECT in de beekdalen; 2 (vet) GRONDWATERSTANDSVERLAGEND EFFECT.

Fig. 2.33 Overzicht van de belangrijkste veranderingen tijdens de ontwikkelingsgeschiedenis van de Nederlandse beekdallandschappen vanaf het begin van het Holoceen (uit: Everts & De Vries; 1991).

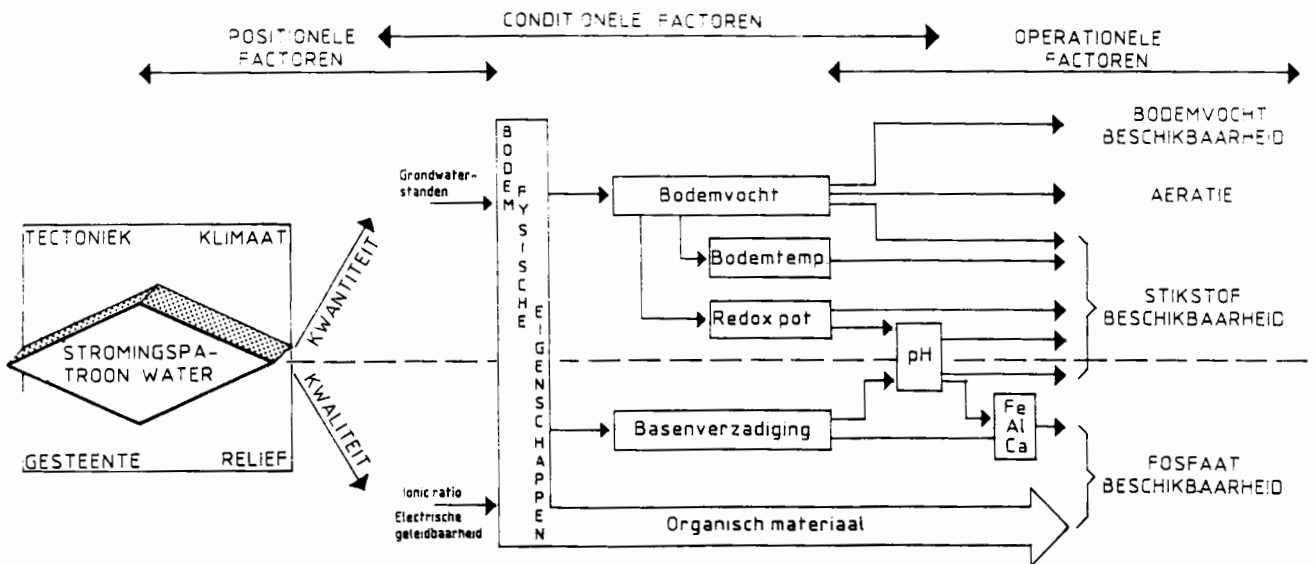


Fig. 2.34 Ecohydrologische relaties en factoren in een standplaats (uit: Kemmers, 1991)

Kemmers (1991) komt op grond van vochtgehalte, kalkrijkdom en pH en voedselrijkdom (saliniteit niet), bodemkundige eigenschappen en de positie van standplaatsen in het hydrologische systeem tot een grove indeling in 4 standplaatstypen (tabel 2.10).

Tabel 2.10 Classificatie van standplaatsen op basis van vochtgehalte, kalkrijkdom, pH en voedselrijkdom en bodemkundige eigenschappen (uit: Kemmers, 1991).

Infiltratie regenwater	Periodiek kwel regen/grondwater	Permanente kwel	Inundatie met rivier/beekwater
vochtig zuur mineraal/venig oligotroof	vochtig/nat matig zuur mineraal oligo/mesotroof	nat neutraal venig mesotroof	nat zwak basisch venig/klei eutroof

- Deze indeling vertoont in grote lijnen overeenkomst met de gehanteerde indeling in bron-bovenloop-middenloop-benedenloop, waarbij vooral de hoogteligging in het stroomgebied een rol speelt. Het is bovendien van belang of een standplaats direct door de zon beschenen wordt (Maas, 1959). Een geringe expositie in beboste omgeving heeft een verlagend effect op de mate waarin temperatuur en luchtvochtigheid fluctueren, waardoor een gematigder leefklimaat heerst, bij gelijkblijvende (jaar)gemiddelde waarden van deze parameters. In veel publikaties (o.a. Everts & De Vries, 1991) komt deze factor impliciet tot uiting in de vorm van de mate van natuurlijkheid van een vegetatie (zie ook figuur 2.33). Natuurlijke vegetaties (vóór ontbossing en ontginning) waren dikwijls meer gesloten dan halfnatuurlijke (half-open tot open) en culturele (veelal open). Hierbij speelt het successiestadium waarin een vegetatie verkeert een rol.

In het CML-ecotopensysteem (Stevens et al., 1987) voegt men de structuur van de vegetatie en het successiestadium samen tot het kenmerk vegetatie-

structuur, waarin pioniervegetaties, graslanden, dwergstruwelen, mosvegetaties, lage struwelen, hoge struwelen, pionierstruwelen, loofbossen en naaldbossen worden onderscheiden.

Saliniteit speelt in het onderscheiden van beekdalvegetaties in Nederland geen rol. In duinbeken waar vanuit de lucht ('sea-spray') enige invloed van zouten aanwezig is, is de saliniteit wat hoger dan in het binnenland (gemiddeld 70 mg Cl^{-1} , maxima 100 mg Cl^{-1}) (Van der Goes et al., 1983). Dergelijke waarden vallen echter nog onder de definitie van zoet water.

M.b.t. het vochtgehalte worden droge, vochtige (matig en zeer) en natte standplaatsen onderscheiden. De jaargemiddelde GWS is hiervoor een minder bruikbare maat, omdat de fluctuatie van de GWS hier niet uit is af te leiden. Het hanteren van de grondwatertrappen is beter geschikt.

Bij onderzoek met het CML-ecotopensysteem (Stevens et al., 1987; Runhaar, 1989) bleken ook de over een aantal jaren gemiddeld hoogste-, laagste- en voorjaarsgrondwaterstand (resp. GHG, GLG en GVG) bruikbare maten te zijn. Bij het vochtgehalte speelt niet alleen de watervoorziening van de plant, maar ook de zuurstofvoorziening van de wortels een rol. Langdurig natte standplaatsen kenmerken zich door gebrekkige zuurstofcondities in de wortelzone.

Kalkrijkdom en pH zijn sterk positief met elkaar gecorreleerd. Er wordt onderscheid gemaakt in zuur en kalkloos, zwak zuur en kalkarm en kalkrijk (neutraal tot basisch). Verwijzend naar Kemmers (tabel 2.10) kan ook worden geconcludeerd dat de hoogte van de pH samenhangt met de plaats van een lokatie in het landschap (hoogteligging) en daarmee van de plaats in de hydrologische kringloop. Juist waar sprake is van stromend (grond)water, zoals dat in beekdalen het geval is, kan de pH van het (grond)water afwijken van hetgeen op grond van de kalkrijkdom van de bodem te verwachten is. Als hulpkenmerk kunnen het calcium- en chloridegehalte van het (grond)water, samengevoegd tot het IR diagram (Van Wirdum, 1980) een belangrijke aanwijzing geven over de plaats in de hydrologische kringloop.

Voor de voedselrijkdom wordt meestal een driedeling toegepast in voedselarm (oligotroof), matig voedselrijk (mesotroof) en (zeer) voedselrijk (eutroof). De voedselrijkdom wordt bepaald a.h.v. de beschikbaarheid van macronutriënten (vnl. N en P) en is afhankelijk van het type bodem. Daarnaast kan, in kwelsituaties, de aanvoer van opgeloste mineralen van elders van belang zijn.

Op stroomgebieds- en beekdalniveau kunnen in het voorkomen van vegetatiegemeenschappen, vnl. op grond van de hoogteligging en de plaats in de hydrologische kringloop (Gt) een aantal zones (langgerekte stroken in de lengterichting van de beek) worden herkend. Rondom de oorsprong gaat de langgerekte vorm over in een half-cirkelvormig patroon. De zones komen niet zelden overeen met patronen in het voorkomen van bepaalde bodemtypen (en bijbehorende Gt's). Dit ruimtelijk rangschikkingspatroon is vooral door Grootjans (b.v. 1980) zeer fraai geïllustreerd (zie fig. 2.37).

Daarnaast is te zien dat, in stroomafwaartse richting, vnl. o.i.v. van verandering van de kwaliteit van het (grond)water (atmotroof - lithotroof, zuur - neutraal/basisch, oligotroof - meso-/eutroof) verschillende gemeenschapstypen elkaar binnen het zoneringspatroon opvolgen.

De vegetatiegradiënt en de indeling in gemeenschapstypen staat daarmee ten

dele haaks op de indeling in beektrajecten. Ook m.b.t. de indeling in natuurdoeltypen is hiervan sprake. **Ieder natuurdoeltype dient daarom te worden voorgesteld door een reeks van standplaats- of ecotooptypen op een (deel van een) gradiënt die verloopt van droog via vochtig naar nat, uiteindelijk overgaand in het aquatische milieu van de beek zelf.**

Successies van standplaats- of ecotooptypen in stroomafwaartse richting onderscheiden zich door verschillen in hydrologische gesteldheid (kwel/infiltratie) en voedselrijkdom.

Bij de karakterisering van doeltypen, waarbij het ecotoopniveau gehanteerd wordt, gaat het om complexen van meerdere vegetatiekundige eenheden en standplaatstypen. In het onderstaande worden een aantal van deze mogelijkheden besproken.

2.6.2.3 Vegetatiegemeenschappen van 'natuurlijke' heuvelland- en laaglandbeekdalen.

De meeste literatuur over de vegetatie van bronnen en beken maakt gebruik van fytosociologische eenheden. In de fytosociologie wordt een hiërarchische verdeling van plantengemeenschappen beschreven, verlopend van klassen, via orden en verbonden naar associaties en lagere eenheden. De eenheden worden beschreven a.h.v. karakteristieke, differentiërende en begeleidende soorten. Het gebruik van de fytosociologische terminologie voorkomt dat steeds tientallen soortnamen moeten worden benoemd. De abiotische eigenschappen van de omgeving zijn van de meeste eenheden impliciet bekend. Een nadeel is dat er veel verschillen van mening bestaan over terminologie en toedeling van soorten aan eenheden tussen fytosociologische scholen en zelfs tussen leden van dezelfde school. In Nederland wordt veelal de Frans-Zwitserse school (Braun-Blanquet) gevolgd.

De meest gebruikte eenheden zijn verbonden en (sub)associaties. Een vegetatie van bomen, struiken, kruiden en mossen wordt als één gemeenschap beschouwd en benoemd, maar het is ook mogelijk de afzonderlijke strata (b.v. de kruiden) apart te benoemen (b.v. Cardaminetum). Zo beschrijft Maas (1959) de kruiden- en bomengemeenschappen van een aantal bronnen eerst apart, om ze daarna te koppelen tot subassociaties met een gecombineerde naam.

In BIJLAGE 4 is een verkorte vertaling opgenomen van Higler (1993) die een uitgebreide beschrijving geeft van de 'meer natuurlijke' vegetatiegemeenschappen in Nederlandse beekdalen, op basis van werken van Bodeux (1955), Maas (1959), Doing (1962), Westhoff & Den Held (1969) en Van der Werf (1991) en gesprekken met botanici van het IBN. Onderstaand volgt een samenvatting van de belangrijkste punten.

Onder 'natuurlijke' beekdalvegetatie wordt (vergl. figuur 2.36) de vegetatie bedoeld die zou ontstaan onder minimale menselijke beïnvloeding. Deze kan in dit verband als referentie voor natuurdoeltypen in Hoofdgroep 1 worden beschouwd.

Het belangrijkste verschil tussen de beekdalvegetaties in het uiterste zuiden en oosten van het land (ouder dan Pleistoceen) en in het pleistocene gebied

berust op een verschil in de kalkrijkdom en pH van de bodem en het (grond)water in deze gebieden. Daardoor komen i.h.a. in de omgeving van heuvel-land- beken vaak kalkminnende vegetaties voor. Door de invloed van kalkrijk grondwater (met een hoge pH), die zich dikwijls al in de oorsprong openbaart (kwelstromen uit breukvlakken), kunnen, in tegenstelling tot bij laaglandbeken (met kalkarm bronwater), gradiënten in de dalvegetatie in de lengterichting van de beek veel minder duidelijk zijn.

Een ander verschil wordt veroorzaakt door de grotere terreinhelling van de dalwanden. Op steilere hellingen komen dikwijls over een korte afstand (dwars op de richting van de beek) relatief veel overgangen in de vegetatie voor. Dit wordt veroorzaakt doordat o.i.v. van de helling van het terrein ook de grondwaterstand (en de Gt) over korte afstanden veranderlijk is. Het relatief grote verhang van heuvelandbeken speelt voor de vegetatie in het dal, anders dan bij de gemeenschappen in de beek zelf, een minder belangrijke rol.

In figuur 2.35 is een voorbeeld te zien van de ruimtelijke verdeling van plantengemeenschappen in een dwarsdoorsnede van een middenloop/benedenloop van een laaglandbeek.

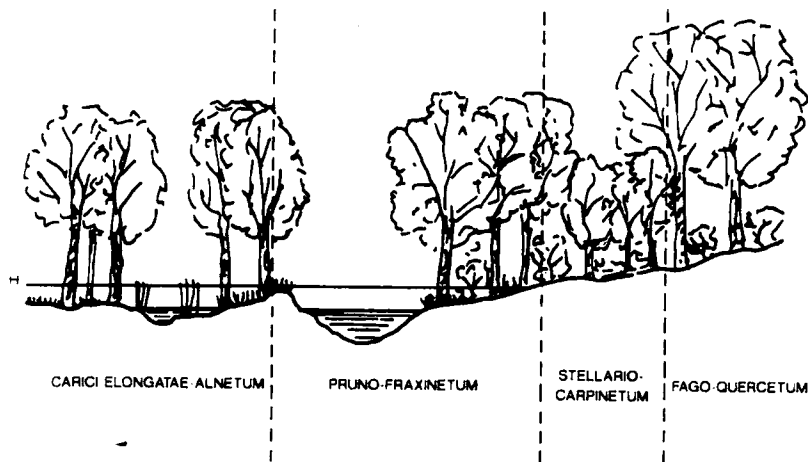


Fig. 2.35 Dwarsdoorsnede door een beekdal in de midden/benedenloop. Ruimtelijke verdeling van vegetatietypen afhankelijk van de standplaats eigenschappen (N.B. H = hoogste waterstand) (uit: Higler, 1993).

In figuur 2.36 (uit: Higler, 1993) is de ruimtelijke opeenvolging van vegetatietypen in de lengterichting van een beek weergegeven. Daarbij zijn waarden (ranges) van de belangrijkste standplaatsfactoren vermeld. Vegetaties in de omgeving van heuvelandbeken zijn in dit schema te vinden bij hogere kalkrijkdom en stromend grondwater.

2.6.2.4 Vegetatiegemeenschappen van halfnatuurlijke heuvelland- en laaglandbeekdalen

In BIIJLAGE 5 is een samenvatting opgenomen van Schimmel et al. (1955), dat een overzicht geeft van de vegetatiegemeenschappen in het stroomgebied van de Drentse Aa (van rond 1940). De vegetaties in dit stroomgebied behoren tot de best beschreven van Nederland (Schimmel et al., 1955; Grootjans, 1980; Everts & De Vries, 1991).

Onder 'half natuurlijke' vegetaties worden in dit verband veelal korte en open, vegetatiegemeenschappen bedoeld, die ontstaan onder een relatief geringe mate van menselijke beïnvloeding. Het betreft gegevens, die ongeveer de periode 1850-1950 dekken. Het uitgangspunt voor het voorkomen van half-natuurlijke gemeenschappen is een ontbost en ontgonnen landschap, waarin, vergelijkbaar met 'ouderwetse' landbouwgebruiken (b.v. plaggen), d.m.v. van een vorm van extensief intern beheer, de natuurlijke successie (dikwijls naar bosgemeenschappen) wordt tegengegaan. Nutriënten worden afgevoerd. Voorbeelden van gemeenschapstypen zijn: natte heide, blauwgrasland, bloemrijk hooiland en houtwalgemeenschappen. Dergelijke gemeenschappen kunnen, lokaal of op regionaal niveau, als voorbeeldgemeenschappen dienen voor natuurdoeltypen behorend tot Hoofdgroep 2, 3 en, afhankelijk van de intensiteit van het landbouwkundig gebruik, ook 4.

Korte vegetatietypen in Nederland met een zekere mate van grondwaterafhankelijkheid zijn verzameld in een aantal verbonden vermeld in tabel 2.11 (naar Westhoff & Den Held, 1969; in Kemmers, 1991). Vegetaties in de duinstreek en Zuid-Limburg zijn hier niet vermeld.

Tabel 2.11 Verbonden van korte vegetaties met een zekere mate van grondwaterafhankelijkheid (naar Westhoff & Den Held, 1969)

Verbond	Verbond
Glycerio-Sparganion	Cardamine-Montion
Apion nodiflori	Cratoneurion
Cicution virosae	Caricio curto-nigrae
Phragmition	Cariocion davallianae
Oenanthion aquaticae	Rhynchosporion albae
Magnocaricion -	Ericion tetralicis
Calthion palustre	Erico-Sphagnion
Filipendulion	Sphagnion fusci
Junco subuliflorae-Molinion	Violion caninae
Arrhenatherion elatioris	Calluno-Genistion pilosae

Kemmers (1991) deelt aan een aantal standplaatstypen vegetatiegemeenschappen uit de bovenstaande verbonden toe op grond van bodemkundige en hydrologische criteria (Tabel 2.12).

Tabel 2.12 Toedeling van associaties van korte vegetaties aan standplaatstypen (Kemmers, 1991)

Standplaatstype	Gt	Associatie	Ecotooptype
veldpodzolgronden	III	<i>Ericetum tetralicis</i>	natte heide
gooreerdgronden	III	<i>Nardo-Gentianetum pneumanthae</i>	vochtige borstelgraslanden
beekeerdgronden	II/III	<i>Cirsio-Molinietum</i>	blauwgraslanden
madeveengronden	II	<i>Crepido-Juncetum acutiflori</i>	natte hooilanden
koopveengronden	I	<i>Cirsio-Molinietum</i>	blauwgraslanden
vlierveengronden	I	<i>Caricetum curto-echinatae</i>	mesotrofe moerassen
vlietveengronden	I	<i>Pallavicino-Sphagnetum</i>	veenmosrietlanden

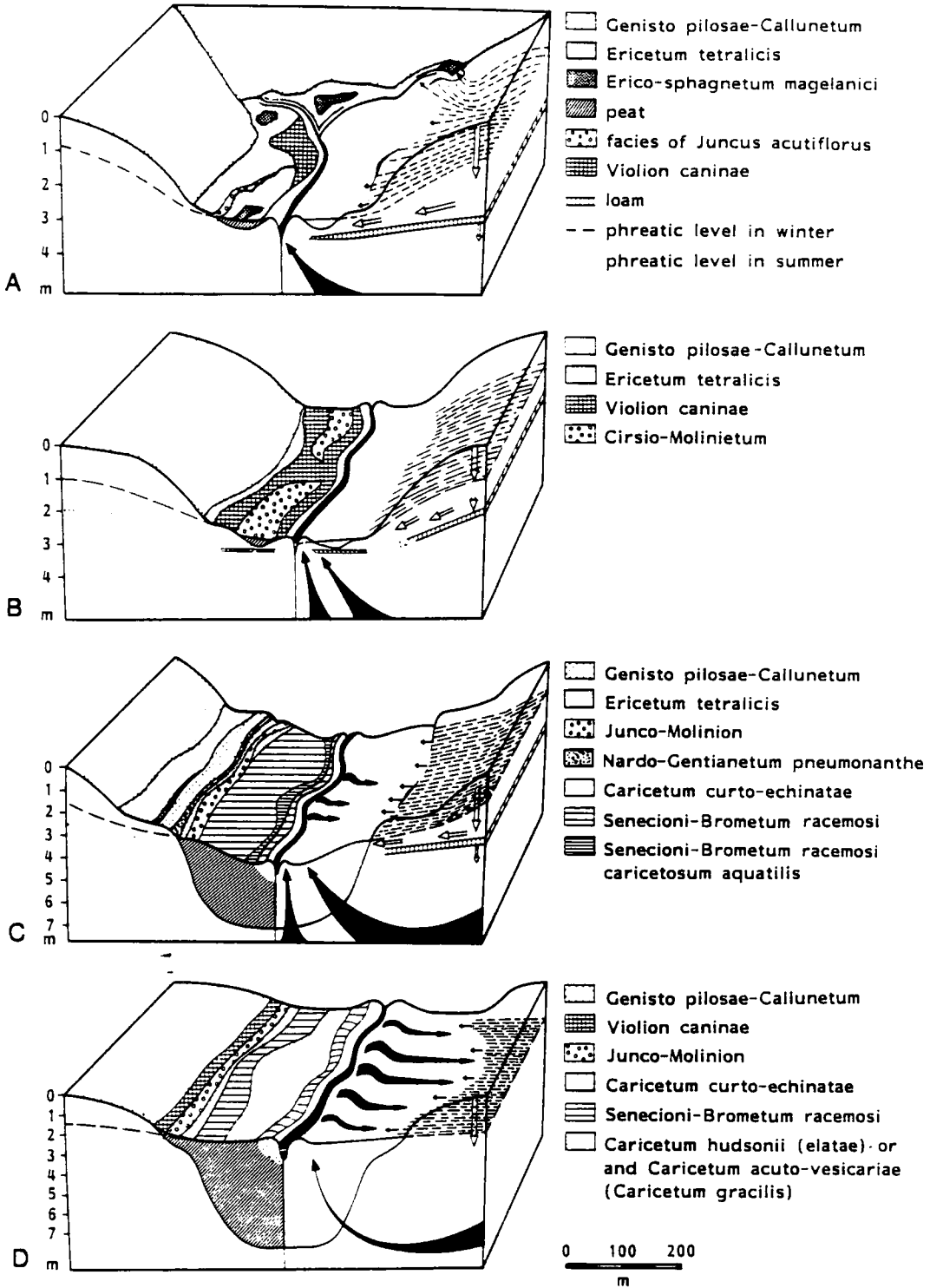


Fig. 2.37 Ruimtelijk rangschikking van korte, half-natuurlijke beekdalvegetaties in laaglandbeken in Drenthe (uit: Grootjans, 1980)

Het ruimtelijk rangschikkingspatroon van de diverse associaties in (laagland)beekdalen in Drenthe is weergegeven in figuur 2.37 (Grootjans, 1980). Daarbij wordt onderscheid gemaakt in oorsponggebied (A), boven- (B), midden- (C) en benedenloop (D).

2.6.3 Aquatische flora- en faunagemeenschappen in beken

Om een systematisch overzicht van het voorkomen van flora en fauna te verkrijgen kunnen verschillende benaderingen worden gekozen. Een geografische benadering op basis van geologische, bodemkundige, en klimatologische factoren, waarbij men een groter gebied in delen splitst om aan de hand van onderzoek aan de verspreiding van soorten verschillen tussen de deelgebieden te beschrijven (b.v. Mol, 1985), of een typologische benadering, waarbij a.h.v. ecologische factoren watertypen worden gekarakteriseerd, die worden gekenmerkt door het voorkomen van bepaalde 'karakteristieke' soorten of gemeenschappen. Met het voorkomen van deze soorten kan vervolgens het voorkomen van watertypen geografisch worden gelokaliseerd (b.v. Torenbeek, 1988; Verdonschot, 1990a/b; Verdonschot et al., 1992; Peeters & Gardeniers, 1992a/b).

Hydrobiologische districten

Mol (1985) beschrijft een indeling van Nederland in hydrobiologische districten, waarin op basis van geologische (tertiair/kwartair, pleistoceen/holoceen), geomorfologische (reliëfrijk/hoger gelegen/lager gelegen), bodemkundige (zand/klei/veen) en geografische (zoet/brak) factoren verschillende milieutypen worden gekarakteriseerd (fig. 2.38). Aan de hand van verspreidingsgegevens van aquatische macrofauna-organismen kunnen districten weer samengevoegd worden tot groepen als hogere zandgronden, brakke poldergebieden e.d.

Voor deze studie zijn de reliëfrijke districten (groep 1: districten 17, 18, 21, 22, 24, 34, 35 en 36) en de hoger gelegen zandgronden (groep 2: districten 5, 14, 16, 20, 27, 29, 30, 31 en 33) van belang, omdat hierin beken voorkomen. Van de hoogveengebieden (groep 3: districten 6 en 32) is vooral district 6 (Zuid-oost-Groningen en Drenthe) m.b.t. het voorkomen van beken van belang. Ook in lager gelegen zoete klei- en veengebieden komen (laagland)beken voor, echter maar in drie districten (11, 15 en 19). Het betreft hier randgebieden van het Veluwemassief.

Reliëfrijke districten

Tot de reliëfrijke districten behoren (van zuid naar noord): Zuid-Limburg (35), noordoostelijk Zuid-Limburg (36) dat minder geaccidenteerd, minder stenig en minder kalkrijk is, Midden-Limburg (34), het Rijk van Nijmegen/Montferland (24), de zuidelijke en oostelijke Veluwerand (17 en 18), de Achterhoek (22) en oostelijk Twente (21).

Binnen de aquatische faunagemeenschappen die in deze verzameling gebieden voorkomt, komt een groot aantal soorten uitsluitend in Zuid-Limburg voor. De meeste van deze soorten zijn te karakteriseren als 'rheofiel' (stroomminnend). Een aantal bewoont het z.g. 'hyporheïsche milieu', de bovenste zone van (doorgaans grof) substraat waarin het (grond)water met het water in de beek 'meestroomt'.

De overige soorten, waarvan er vele ook in Zuid-Limburg worden gevonden, komen verspreid over meerdere reliëfrijke districten voor. Vele kenmerken relatief sneller stromende wateren onder matig tot hoog verhang. Een lijst van soorten is te vinden in BIJLAGE 5. Een aantal soorten uit reliëfrijke gebieden wordt ook gevonden in het hoger gelegen zandgebied. Zij vormen een overgangsgroep tussen de heuvellandbeken en de laaglandbeken (BIJLAGE 5).

HYDROBIOLOGISCHE DISTRICTEN

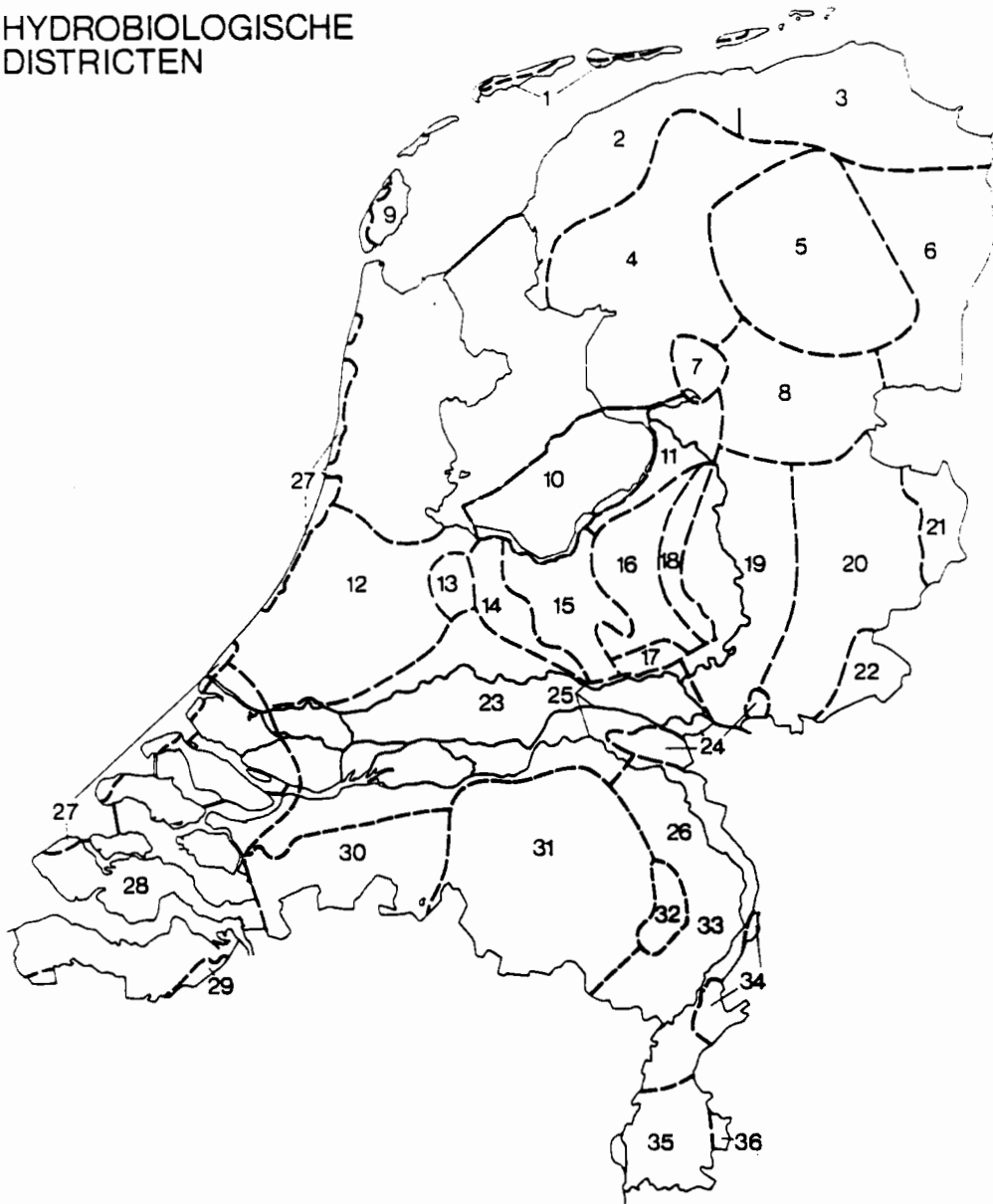


Fig. 2.38 Indeling van Nederland in hydrobiologische districten. (Mol, 1985)

Hoger gelegen zandgronden

Tot de hoger gelegen zandgronden behoren: Limburg (m.u.v. het zuiden en het gebied ten oosten van Roermond) (33), oost en west Brabant (31 en 30), het zuidelijk deel van Zeeuws-Vlaanderen (29), de Veluwe (16), de Utrechtse heuvelrug/Het Gooi (14), het oostelijk stuwwallencomplex (20), het Drents plateau (5) en de duinen (27). Een lijst met soorten die in hoofdzaak in hoger gelegen gebieden wordt gevonden is te vinden in BIJLAGE 6. Een aantal soorten in deze groep bereikt in ons land de noordgrens van zijn areaal en wordt daarom alleen in zuidelijke, soms ook meer centraal gelegen, districten gevonden. Veruit het grootste deel van de soorten in deze groep komt verspreid over het hele hogere zandgebied voor. Naast soorten die voorkomen in langzaam stromende laaglandbeken zijn ook soorten vertegenwoordigd die voornamelijk voorkomen in stilstaande wateren.

Watertypen en aquatische ecotootypen

Torenbeek (1988) maakt op grond van stroming, dimensies, chloridegehalte, zuurgraad en mate van permanentie voor Nederland een indeling in 8 watertypen. Voor de beken zijn op basis van Higler en Mol (1984) alleen stroming en dimensies gebruikt. Hieruit resulteren 3 typen, n.l.: bronnen en bronloopjes, beken en kleine riviertjes. Elk van deze typen wordt beschreven door een groep van soorten. Met een indicatie van kenmerkendheid is aangegeven in hoeverre de verspreiding van een soort zich beperkt tot een bepaald watertype. Daarnaast is het voorkomen van watertypen en 'bijbehorende' soorten in Nederland geïnventariseerd a.h.v. van een districtsindeling die is gebaseerd op de hydrobiologische districten (Mol, 1985), de PAWN-districtsindeling (gebaseerd op een mengsel van afwateringseenheden en beheerseenheden) en de geogenetische districtsindeling van Wolff (1988). Per district en per watertype wordt vervolgens beoordeeld in hoeverre de actuele situatie in een gebied voldoet aan de potentie van het gebied. Dit is een poging om de actuele toestand te toetsen aan een referentietoestand.

De indelingen van Torenbeek (1988) en Verdonschot (1990a/b) zijn op landelijk schaalniveau door Verdonschot et al. (1992) gecombineerd tot een stelsel van 41 aquatische ecotootypen. Naast macrofauna-organismen zijn ook aquatische macrofyten bij de indeling betrokken. De aquatische ecotopenindeling geldt als een referentiekader van zo weinig mogelijk door menselijke invloeden gestoorde wateren. Bij de indeling worden de door Torenbeek gebruikte masterfactoren (chloridegehalte, stroomsnelheid, mate van permanentie, dimensies en pH) als indelingscriteria gebruikt. De voedselrijkdom is als indelingscriterium toegevoegd.

Bij de indeling in aquatische ecotootypen wordt op grond van de gemiddelde stroomsnelheid onderscheid gemaakt tussen relatief snel stromende (Q-typen), langzaam stromende (F-typen) en stilstaande (M-typen) wateren. De verdere onderverdeling van stromende wateren berust op de dimensie en de mate van permanentie, waarmee een indeling in bronnen, bovenlopen, middenlopen en benedenlopen is nagestreefd. Verder worden de zuurgraad en voedselrijkdom gebruikt om de energetische patronen en processen in een stromend watersysteem weer te geven (tendens van toenemend gehalte aan opgeloste mineralen van boven- naar benedenstrooms). Elk van de aquatische ecotootypen is voorzien van een ecologische groep, waarin aquatische

macrofyten en macrofauna zijn vertegenwoordigd. Macrofyten zijn hierin vermeld op basis van presentie en bedekkingsgraad (relatieve abundantie). Voor de macrofauna is een indicatie gegeven van de mate van kenmerkendheid van een soort voor een type en een grove indicatie van de gemiddelde abundantie. Met behulp van toedelingsprogramma's (AQUATYP voor flora, FAUNATYP voor fauna) kan van een willekeurige opname worden bepaald met welk aquatisch ecotooptype de opname de meeste gelijkenis vertoont. Een belangrijk nadeel hierbij is dat de beïnvloede vormen van wateren (b.v. genormaliseerde en/of gekanaliseerde beken) (nog) niet in de matrix zijn vertegenwoordigd en dus ook niet als zodanig door het toedelingssysteem kunnen worden herkend. Daarnaast zijn de aquatische ecotooptypen (nog) niet geografisch gelokaliseerd. In BIJLAGE 6 is een lijst opgenomen van de in het aquatische ecotopensysteem onderscheiden ecotopen met hun karakteristieke soorten(groepen).

Aquatische levensgemeenschappen

In Verdonschot (1990a/b) wordt in een typologische benadering de indeling van Torenbeek (1988) voor de provincie Overijssel nader uitgewerkt tot een stelsel van z.g. cenotypen. Een cenotype kan worden opgevat als een groep van wateren die wordt 'bewoond' door een bepaald type levensgemeenschap binnen een bepaalde range van abiotische randvoorwaarden. Een belangrijk aantal cenotypen wordt gevonden in stromende wateren. Snel stromende wateren zijn echter niet vertegenwoordigd. Een schematische afbeelding van het stelsel van cenotypen is te zien in figuur 2.39.

In de cenotypenindeling komt duidelijk naar voren dat de levensgemeenschap verandert o.i.v. van het in stroomafwaartse richting toenemen van de dimensies van een beek (bron - bovenloop - middenloop - benedenloop: in figuur 2.39; rechtsboven - linksonder).

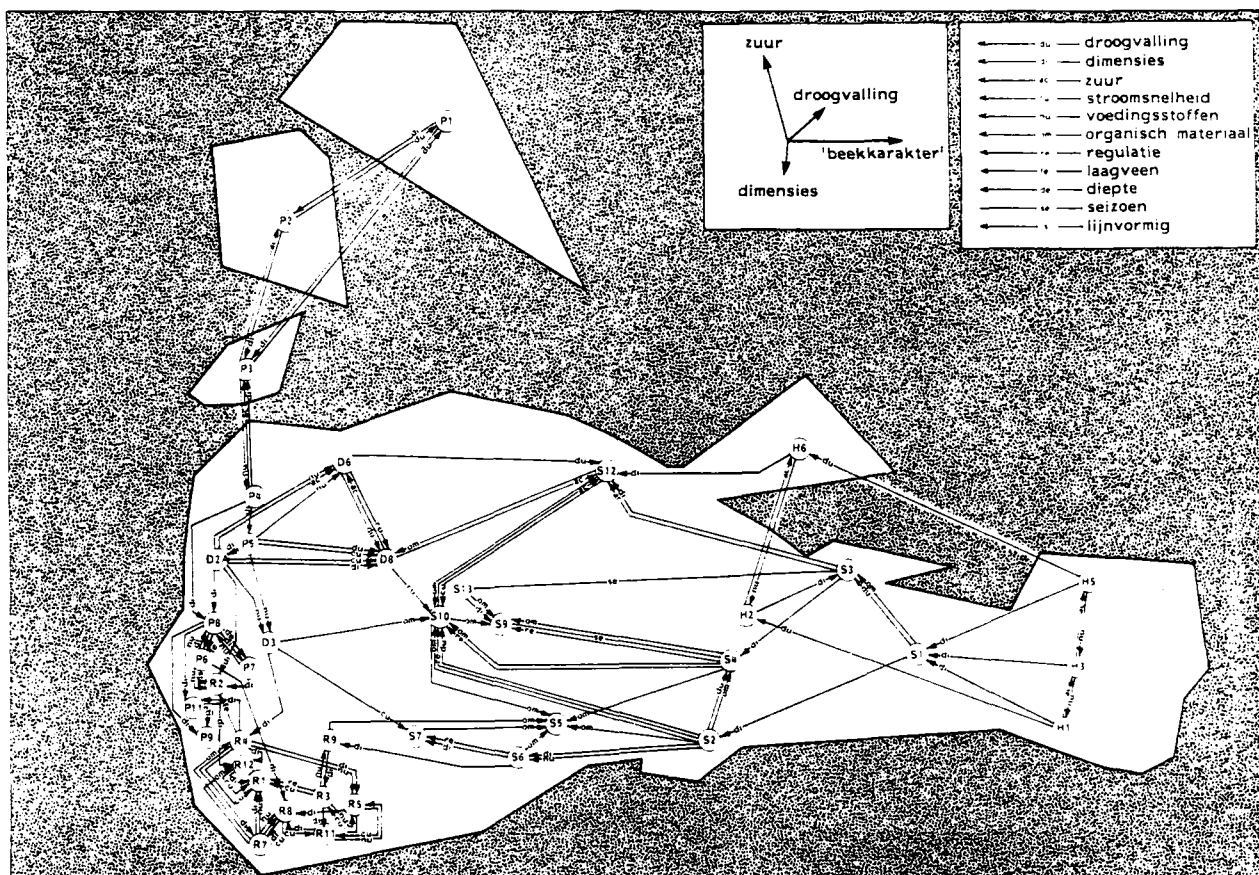
Door toename van de hoeveelheid menselijke beïnvloeding in dezelfde richting neemt ook het 'beekarakter' af. Het beekarakter kan worden omschreven als de mate waarin in een beek sprake is van een ruimtelijke en temporele variabiliteit.

In de cenotypenindeling is eveneens zeer duidelijk te zien hoe menselijke beïnvloedingen zoals normalisatie en kanalisatie (regulatie) en (an)organische belasting leiden tot veranderingen in de aanwezige randvoorwaarden en levensgemeenschappen. Rechts in figuur 2.39 bevinden de minst beïnvloede stromende wateren (wateren met een hoog 'beekarakter'). Meer naar links bevinden zich de genormaliseerde en gekanaliseerde en belaste beken en kleinere riviertjes. De linkerzijde van de figuur wordt ingenomen door stilstaande wateren. Dit leidt tot de conclusie dat wanneer in van origine stromende wateren sprake is van menselijke ingrepen (= afname van het beekarakter), de zich ontwikkelende levensgemeenschappen dikwijls gelijkenis vertonen met die van stilstaande wateren. Het is dan ook niet verwonderlijk dat veel genormaliseerde en gereguleerde beken ook visueel gelijkenis vertonen met sloten of kanalen.

Een verdere uitwerking van de stromende wateren (m.u.v. rivieren) uit de watertypenindeling van de CUWVO (1988) is te vinden in Peeters & Gardiniers (1992a/b). Hierin is op basis van biotische (fauna) en abiotische gegevens van stromende wateren in Nederland een beoordelings raamwerk ge-

creëerd. Het maken van een typologie bleek door de heterogeniteit van de gebruikte gegevens niet verantwoord. Dit raamwerk is gebaseerd op een indeling in watertypen die sterk vergelijkbaar is met de indeling in aquatische ecotooptypen (Verdonschot et al., 1992). Doordat juist beïnvloede wateren zijn opgenomen, wordt tevens inzicht verkregen in de verschuivingen in levensgemeenschappen die optreden a.g.v. bepaalde (b.v. waterhuishoudkundige) ingrepen. Op basis van deze studie is een ecologische beoordelingsmethode voor stromende wateren in Nederland ontwikkeld.

De belangrijkste factoren die het voorkomen van waterplanten bepalen zijn, naast instraling, de stroomsnelheid, het bodemtype, de vochtcondities van de bodem en de waterkwaliteit (Mesters, pers. med.). In snelstromende beken, die in de bovenloop dikwijls beschaduwd zijn, worden voornamelijk mossen en roodwieren aangetroffen. Bronmos (*Fontinalis antipyretica*), *Montia* en wieren als *Hildebrandtia* en *Batrachospermum* zijn typische vertegenwoordigers van deze groepen, die zijn vastgehecht aan stenen of andere harde substraten. Voor wortelende macrofyten zijn de omstandigheden veel moeilijker dan in langzaam stromende of stilstaande wateren. In heuvellandbeken komen daarom slechts enkele soorten macrofyten voor (*Callitriche hamulata*, *C. platycarpa*, *Potamogeton nodosus* en *Ranunculus fluitans*) (Verdonschot et al. (1992). Men zou deze soorten, analoog als met aquatische fauna gebeurt, tot de categorie 'rheofiel' kunnen rekenen. Voor een aantal soorten faunaorganismen vormt de aanwezigheid van planten echter een wezenlijk onderdeel van het habitat (voedsel, structuur, beschutting e.d.).



- | | |
|--|---|
| H1 : Voedselrijke helocrene bronnen | D11: Extreem belaste sloot |
| H2 : Droogvallende kwelmoerassen | R1 : Belaste geregleerde benedenlopen en riviertjes |
| H3 : Matig voedselrijke helocrene bronnen | R2 : Brede laagveensloten en vaarten |
| H5 : Voedselarme helocrene bronnen | R3 : Middelgrote riviertjes |
| H6 : Zure droogvallende kwelmoerassen | R4 : Belaste kleine tot middelgrote lijnvormige wateren |
| S1 : Bronbeken | R5 : Belaste geregleerde riviertjes en kanalen |
| S2 : Natuurlijke bovenlopen | R7 : Kanalen |
| S3 : Droogvallende natuurlijke bovenloopjes | R8 : Randmeren |
| S4 : Droogvallende natuurlijke bovenlopen | R9 : Geregleerde benedenlopen |
| S5 : Saprobe boven- en middenlopen | R11: Brede, diepe lijnvormige wateren |
| S6 : Half-natuurlijke middenlopen | R12: Grote, matig diepe plassen |
| S7 : Geregleerde middenlopen | P1 : Droogvallende verzuurde vennen |
| S9 : Saprobe beekpoelen/droogvallende geregleerde bovenlopen | P2 : Zure vennen |
| S10: Droogvallende geregleerde bovenlopen/sloten | P3 : Zwak zure vennen |
| S12: Droogvallende zwak zure geregleerde bovenlopen/sloten | P4 : Poelen |
| S13: Beekpoelen | P5 : Kleine ondiepe sloten |
| S14: Extreem belaste beek | P6 : Petgaten |
| D2A: Sloten | P7 : Matig grote, diepe plassen |
| D3 : Sloten/stilstaande geregleerde beken | P8 : Grote sloten en kleine ondiepe plassen |
| D6 : Zure sloten | P9 : Grote plassen en meertjes |
| D8 : Droogvallende zwak stromende sloten | P11: Kanalen en middelgrote diepe plassen |

Fig. 2.39 Het netwerk van cenotypen (Verdonschot, 1990a/b). Cirkels met codes geven het zwaartepunt (centroïde) van een groep van wateren met een vergelijkbare levensgemeenschap en abiotische randvoorwaarden weer. Pijlen geven de richting van, tussen twee cenotypen werkende, milieufactoren weer (kader rechtsboven). Het kader midden boven geeft de werkingsrichting van de vier belangrijkste milieufactoren weer.

Bij afname van de stroomsnelheid (a.g.v. een lager verhang maar ook a.g.v. stuwings) is vaak een duidelijke toename van het aantal soorten te zien. Het zijn in het algemeen soorten die algemeen voorkomen in stilstaande wateren. Afname van de mate van beschaduwing (van nature in stroomafwaartse richting of door kaalkap van oevers) schept condities voor vaak massaal voorkomen van waterranonkel, gele plomp, waterpest e.d. Min of meer typische beekplanten zijn hier teer vederkruid en duizendknoopfonteinkruid. Soms komen in de bovenloop veel draadwieren voor. Uit inventarisaties van de Beken Werkgroep Nederland (Mesters, in voorb.) blijkt dat sinds het begin van de jaren zeventig het aantal voorkomens van aquatische macrofyten in beken stijgende is. Een belangrijke oorzaak hiervan is de geleidelijke verbetering van de waterkwaliteit in beken sinds het in werking treden van de Wet Verontreiniging Oppervlaktewater (1970).

2.6.4 Vissen in beken

Factoren die van belang zijn voor het voorkomen van vissen zijn: (chloridegehalte), stroomsnelheid, dimensies (diepte), zuurstofgehalte, substraattype en bereikbaarheid. Obstakels zoals stuwen, sluizen en andere kunstwerken kunnen voor trekkende vissoorten een onneembare hindernis vormen.

Stromende wateren werden, m.b.t. het voorkomen van vissen op grond van stroomsnelheid, diepte en temperatuur, in 1954 door Huet ingedeeld in een aantal zones. Deze zijn weergegeven in tabel 2.13.

Binnen de visfauna van de stromende wateren kunnen naast standvissen, anadrome, katadrome en potamodrome trekkende soorten worden onderscheiden. Anadrome soorten (b.v. Salmonidae) trekken vanuit zee een rivier op om te paaien in de bovenlopen. Hier leggen ze hun eitjes en worden jongen geboren die, wanneer ze voldoende groot zijn, weer naar zee trekken. Katadrome soorten (in Nederland alleen aal) worden geboren in zee en trekken in een jong stadium (glasaal) een rivier op om in de bovenloop volwassen te worden. Daarna trekken ze weer naar zee om te paaien. Potadrome soorten (b.v. winde) trekken binnen zoete wateren. Geschikte paaiplaatsen (grof, grinderig substraat) bevinden zich in wat sneller stromend, zuurstofrijk en relatief diep water in laaglandbeken en riviertjes. Het voedingsgebied bevindt zich elders in voedselrijker milieu.

In tabel 2.14 is van alle Nederlandse, rheofiele vissen een indicatie gegeven van het voorkomen en de mate van kenmerkendheid voor een beektype. Daarnaast is aangegeven welke soorten zijn geïmporteerd voor de hengelsport of om andere redenen. Ook is aangegeven welke soorten in ons land zijn uitgestorven.

zone	stroomsnelheid	diepte	temperatuur	kenmerkende vissoorten
forel-zone	snel(-matig)	tot 1 m	max. 20°C meestal lager	<u>Salmo trutta fario</u> <u>Phoxinus phoxinus</u> <u>Lota lota</u>
vlagzalm-zone	snel-matig met rustige trajecten	1-2 m plaatselijk ondieper	max. 20°C	<u>Thymallus thymallus</u> <u>Salmo trutta fario</u> <u>Leuciscus cephalus</u> <u>L. leuciscus</u> <u>L. idus</u> <u>Barbus barbus</u>
barbeel-zone	matig-gering	tot ± 2 m	max. boven 20°C	<u>Barbus barbus</u> <u>Leuciscus cephalus</u> <u>L. idus</u> <u>L. leuciscus</u> <u>Rutilus rutilus</u> <u>Abramis brama</u> <u>Esox lucius</u> <u>Perca fluviatilis</u>
brasem-zone	gering-stilstaand	vaak dieper dan 2 m	max. vaak boven 20°C	<u>Abramis brama</u> <u>Esox lucius</u> <u>Rutilus rutilus</u> (rietvoorn??) <u>Perca fluviatilis</u> <u>Cyprinus carpio</u> <u>Stizostedion lucioperca</u>

Tabel 2.13 Kenmerkendheid van een aantal vissoorten op grond van stroming, diepte en temperatuur (naar: Huet, 1954).

Een groot aantal van de Nederlandse beekvissen vertoont een zekere vorm van trekgedrag. Het trekgedrag vertoont dikwijls een duidelijke seizoensafhankelijkheid. 'Buiten het seizoen' zijn trekkende vissoorten 'onderweg' of verblijven ze op zee. Daarom is het niet altijd mogelijk om soorten of groepen van soorten toe te wijzen aan een bepaald beektraject of natuurdoeltype. In dit opzicht moeten vissen als 'vogels onder water' worden beschouwd. Vele soorten 'bewonen' de hele beek, voorzover de abiotische randvoorwaarden dat toelaten. Voor het volbrengen van bepaalde levensverrichtingen is er meestal een afhankelijkheid van een bepaald type habitat, dat slechts in een beperkt beektraject te vinden is (b.v. paaiplaatsen met relatief snelstromend water en een grindrijke bodem).

De bereikbaarheid van specifieke habitats m.b.t het volbrengen van de levenscyclus wordt wel kunstmatig verbeterd door het aanleggen van vispassages bij onpasseerbare kunstwerken of door het saneren van stuwen e.d. Ten behoeve van de hengelsport/binnenvisserij uitgezette soorten zijn o.a. bronforel (Salvelinus fontinalis) en regenboogforel (Oncorhynchus mykiss). De meeste van deze uitheemse soorten planten zich niet of zeer moeizaam voort in ons land. In gevallen waarin wel voortplanting plaatsvindt is de ervaring in het algemeen dat de meeste soorten niet in staat zijn hun areaal sterk uit te breiden (b.v. zonnebaars (Leppomis gibbosus) en zwarte Amerikaanse dwergmeerval (Ictalurus melas) (vnl. in beken en vennen in Brabant).

Een aantal soorten komt in ons land voor door grensoverschrijding vanuit België en Duitsland. Tot deze soorten behoren de regenboogforel (Oncorhynchus mykiss), die wordt uitgezet in België (maar zich in NW Europa niet voortplant), de kroeskarper (Carrassius carrassius) en de meerval (Silurus glanus) uit Duitsland.

Tabel 2.14 Voorkomen en kenmerkendheid van vissen in Nederlandse beeksystemen (bron: OVB).

Wetenschappelijke naam	Nederlandse naam	trekgedrag	heuvel/land	Voorkomen in beken		kleine rivieren	opmerkingen
				laagland	kleine rivieren		
<i>Anguilla anguilla</i>	(aal)	katadroom	+	+	+		
<i>Alburnus alburnus</i>	(alver)		-	- (incid. paai)+	+		
<i>Umbra pigmaea</i>	(Amerikaanse hondsvij)		-	- (+ bij stuw)	-	(imp)	
<i>Perca fluviatilis</i>	(baars)		-	- (+ bij stuw)	+	(vnl. grotere rivieren)	
<i>Barbus barbus</i>	(barbeel)	potamodroom	+	+	+		
<i>Salmo trutta fario</i>	(beekforel)	ana-/potamodroom/stand	++	+	+		
<i>Lampetra planeri</i>	(beekprik)		++	++	+		
<i>Boemacheilus barbatulus</i>	(bermpje)		++	++	+		
<i>Rutilus rutilus</i>	(blankvoorn)		+	+	+		
<i>Abramis brama</i>	(brassen)		+	+	+		
<i>Salvelinus fontinalis</i>	(bronforel)		-	-	+	(bij stuw ?)	
<i>Ictalurus nebulosus</i>	(bruine Amerikaanse dwergmeerval)		-	-	+	(imp) (hoort niet in NL)	
<i>Gasterosteus aculeatus</i>	(driedoornige stekebaars)		+	+	+	(imp)	
<i>Alosa alosa</i>	(elft)	anadroom stand	-	-	-	(ext) (wrschl. niet in NL)	
<i>Phoxinus phoxinus</i>	(etrits)		++	-	-		
<i>Carassius auratus gibelio</i>	(gibel)		-	-	+		
<i>Misgurnus fossilis</i>	(grote modderkruiper)	stand	-	+	+		
<i>Cyprinus carpio</i>	(karp)		+	+	+	(imp)	
<i>Cobitis taenia</i>	(kleine modderkruiper)		+	+	+		
<i>Blicca bjoerkna</i>	(kolblei)		+	+	+		
<i>Leuciscus cephalus</i>	(kopvoorn)	stand	+	+	+		
<i>Carassius carassius</i>	(kroeskarp)		-	+	+	(bij stuw)	
<i>Lota lota</i>	(kwabaal)		+	+	+	(in overstromingsvloten)	
<i>Gymnocephalus cernua</i>	(pos)		-	-	+		
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	(regenboogforel)	wisselend stand	+	+	+	(uit België)	
<i>Cottus gobio</i>	(rivierdonderpad)	potamodroom/stand	++	++	++		
<i>Gobio gobio</i>	(riviergrondel)	anadroom	+	+	+		
<i>Lampetra fluviatilis</i>	(rivierprik)		+	+	+		
<i>Scardinius erythrophthalmus</i>	(ruisvoorn)	potamodroom/stand	-	+	+	(bij stuw)	
<i>Leuciscus leuciscus</i>	(serpeling)	potamodroom	++	++	++		
<i>Esox lucius</i>	(sneep)		+	+	+	(vnl. grotere rivieren)	
<i>Stizostedion lucioperca</i>	(snoek)		-	+	+	(bij stuw)	
<i>Pungitius pungitius</i>	(tiendoornige stekebaars)		-	+	+		
<i>Leucaspis delineatus</i>	(vetje)		-	-	-	(slecht herken(d)baar)	
<i>Thymallus thymallus</i>	(vlagzalm)		-	-	-		
<i>Salmo salar</i>	(winde)	anadroom	++	+	++	(vnl. in België)	
<i>Salmo trutta trutta</i>	(zalm)	potamodroom/stand	-	+	-	(ext) (trekt door NL)	
<i>Salmo trutta trutta</i>	(zeeforel)	anadroom	-	-	+		
<i>Linca linca</i>	(zeelt)		-	-	+	(bij stuw)	
<i>Petromyzon marinus</i>	(zeeprik)		-	-	+	(incidenteel)	
<i>Lepomis gibbosus</i>	(zonnebaars)	anadroom	-	+	+	(imp) (vnl in Brabant)	
<i>Ictalurus melas</i>	(zwarte Amerikaanse dwergmeerval)		-	+	+	(imp) (verb. met vennen e.d.) (vnl. in Brabant)	

- niet voorkomend + voorkomend maar niet kenmerkend ++ kenmerkend voor dit type water

(imp) uit het buitenland geïmporteerde soort (ext) in Nederland niet of zelden meer voorkomend

2.6.5 Fauna in beekdalen

Beekdalen zijn voor zeer veel dieren een belangrijk landschapselement. Sommige soorten zijn gebonden aan het aanwezige water. Dit geldt voor diverse amfibieën, waarvan alleen de landsalamander uitsluitend langs beken voorkomt. In stilstaande wateren in het dal komt een fauna voor, die ook in sloten, vijvers en plassen is te vinden, maar in historische tijden waarschijnlijk beperkt was tot dit soort wateren. Periodiek stromende wateren in het dal (nevengeulen) zijn voor sommige vissen noodzakelijk als refugium of paaiplaats. Vogels die typisch zijn voor beekdalen zijn de ijsvogel, de waterspreeuw en de grote gele kwikstaart. De oeverloper en, in steile oevers, oeverzwaluwen komen ook regelmatig langs beken voor.

Afhankelijk van de vegetatie en de dimensies van beekdalen kunnen soorten verwacht worden, die ook in vochtige graslanden of broekbossen leven (watersnip, grutto, wielewaal, nachtegaal, maar ook de buidelmees). Verder worden natuurlijk allerlei soorten aangetroffen, die niet specifiek zijn voor beekdalen, waarbij een belangrijk criterium de verbindingsfunctie kan zijn. In overigens agrarisch landschap vormen min of meer natuurlijke beekdalen vaak de enige landschapselementen, waarlangs verplaatsing kan plaatsvinden. Dit geldt in nog sterkere mate voor aan water gebonden zoogdieren zoals de otter (en bever). Door de grote variatie van beekdalbegroeiing t.o.v. de omgeving, worden ook soorten als de das hier vaak gevonden. Edelherten, reeën en wilde zwijnen hebben het water van de beek en watertjes in het beekdal nodig voor drinken en zoelen. Het is wel zeker, dat grote herbivoren een belangrijke functie hebben gehad in vergroten van de differentiatie van de begroeiing in beekdalen.

CONCLUSIES

1. In beken, zowel als in beekdalen, wordt een duidelijke zonering aangetroffen van vissen, invertebraten en vegetatietypen.
 2. Heuvellandbeken onderscheiden zich m.b.t. deze kenmerken van laaglandbeken. Hierbij spelen verhang en grondsoort een grote rol.
 3. De beekdalvegetatie loodrecht op de beek vertoont eveneens een zonering. Deze is het gevolg van een hydrologische zonering (kwantitatief en kwalitatief).
 4. De wisselwerking tussen beek en beekdal is groot. Deze bestaat uit hydrologische en energetische relaties.
 5. Een van de karakteristieken van de wisselwerking is nutriënt spiralling, waarbij zowel de beek als de overstromingsvlakten betrokken zijn.
 6. De invloed van natuurlijke beekdalvegetatie op biogeochemische en energetische processen in de beek is overheersend.
 7. Beken en beekdalen vormen refugia voor zeer veel organismen. Daarnaast vormen ze belangrijke verbindingszones en trekwegen.
-

LITERATUURLIJST

- Benke, A.C. C.A.S. Hall, C.P. Hawkins, R.H. Lowe-McConnell, J.A. Stanford, K. Suberkropp & J.V. Ward, 1988. Bioenergetic considerations in the analysis of stream ecosystems. *Journal of the North American Benthological Society* 7, 480-502.
- Bodeux, A. 1955. *Alnetum glutinosae*. Mitteilungen der Floristisch-Soziologische Arbeitsgemeinschaft N.F. 5, 114-135.
- CUWVO, 1988. Ecologische normdoelstellingen voor nederlandse oppervlaktewateren. Coördinatiecommissie Uitvoering Wet Verontreiniging Oppervlaktewater Werkgroep V-1, 's-Gravenhage.
- Doing, 1962. Systematische Ordnung und floristische Zusammensetzung niederländischer Wald- und Gebüschgesellschaften. *Wentia* 8, 1-85.
- Everts, F.H. & N.P.J. de Vries, 1991. De vegetatieontwikkeling in beekdal-systemen. Een landschapsecologische studie van enkele Drentse beekdalen. (Diss.) RU Groningen. Historische Uitgeverij, Groningen.
- Gremmen, N.J.M., 1987. Natuurtechnisch model voor de beschrijving en voorspelling van effecten van veranderingen in waterregime op de waarde van een gebied vanuit natuurbehoudsstandpunt. Uitgangspunten en modelconcept. SWBNL Rapport 1, Utrecht.
- Grootjans, A.P., 1980. Distribution of plant communities along rivulets in relation to hydrology and management. In: Wilmanns, O. & R. Tüxen (red.). *Epharmone. Berichte der Internationalen Symposien der Internationalen Vereinigung für Vegetationskunde* Herausgegeben von Reinhold Tüxen. J. Cramer, Vaduz.
- Hawkins, C.P., M.L. Murphy & N.H. Anderson, 1982. Effects of canopy, substrate composition and gradient on the structure of macroinvertebrate communities in cascade range streams in Oregon. *Ecology* 63, 1840-1856.
- Higler, L.W.G. & A.W.M. Mol, 1984. Ecological types of running waters based on stream hydraulics in The Netherlands. *Hydrobiological Bulletin* 18, 51-57.
- Higler L.W.G. & P.F.M. Verdonschot, 1993 (in druk). Stream valleys as wetlands. *Hydrobiologia*.
- Higler, L.W.G., 1993 (in druk). The riparian community of north-west European lowland streams. *Freshwater Biology* 29,4.
- Huet, M., 1954. Biologie, profils en long et en travers des eaux courantes. *Bulletin Français de Pisciculture* 27 (175), 41-53.
- Kemmers, R.H. 1991. Effecten van waterbeheer op standplaatsfactoren van korte vegetaties. De stalenmethode. Rapport 64.1, Staringcentrum, Wageningen.
- Likens, G.E., 1984. Beyond the shoreline: A watershed-ecosystem approach. *Verhandlungen der Internationalen Vereinigung für Theoretische und Angewandte Limnologie* 22, 1-22.
- Maas, F.M., 1959. Bronnen, bronbeken en bronbossen van Nederland, in het bijzonder die van de Veluwezoom. Een plantensociologische en oecologische studie. (Diss.) LH Wageningen. H. Veenman en Zonen, Wageningen.
- Mol, A.W.M., 1985. Hydrobiologische districten in Nederland. RIN-rapport 85/7, Leersum.
- Naiman, R.J., H. Décamps, J. Pastor & C.A. Johnston, 1988. The potential importance of boundaries to fluvial ecosystems. *Journal of the North American*

- Benthological Society 7, 289-306.
- Peeters, E.T.H.M. & J.J.P. Gardeniers, 1992a. Ecologische beoordeling en beheer van oppervlaktewater. Beoordelingssysteem voor stromende wateren op basis van macrofauna. STOWA Rapport nr 92-07, STOWA, Utrecht.
- Peeters, E.T.H.M. & J.J.P. Gardeniers, 1992b. Ecologische beoordeling en beheer van oppervlaktewater. Wetenschappelijke verantwoording van het beoordelingssysteem voor stromende wateren op basis van macrofauna. STOWA Rapport nr 92-08, STOWA, Utrecht.
- Runhaar, J., 1989. Toetsing van het ecotopensysteem II: Rapportage van het veldwerk. CML mededelingen no.48b, Leiden.
- Schimmel, H.J.W., P. Leentvaar & H.R. Smitsaert, 1955. De Drentse beken en beekdalen en hun betekenis voor natuurwetenschap en landschapschoon. Rapport SBB.
- Statzner, B. & B. Higler, 1985. Questions and Comments on the River continuum Concept. Can. J. Fish. Aquat. Sci. Vol. 42, 1038-1044.
- Statzner, B. & B. Higler, 1986. Stream hydraulics as major determinant of benthic invertebrate zonation patterns. Freshwater Biology 16, 127-139.
- Stevens, R.A.M., J. Runhaar & C.L.G. Groen, 1987. Het CML-ecotopensysteem. Uitwerking voor noord-, west- en zuidwest Nederland. CML mededelingen no. 34, CML, Leiden.
- Torenbeek, R., 1988. Hydrobiologie en waterhuishouding: een beleidsvoorbereidende studie. RIN-rapport 88/55, Leersum.
- Van den Brand, S., J. Grotenhuis, E. Weeda, 1983. Landschap, plantengroei en vogelwereld van de Winterswijkse beken en beekdalen. Natura 80, 48-64.
- Van der Goes, J., R. Higler, Y. van Manen, R. Ruesink, H van Slogteren & A. Zoomer, 1983. Duinrellen in Noord-Kennemerland. Werkgroep Duinrel, Amsterdam.
- Van der Straaten, J. & P.C van Meijnefeldt, 1976. Beken in Brabant. Stichting Brabantse Milieufederatie, H. Gianotten, Tilburg.
- Van der Werf, S., 1991. Bosgemeenschappen. Natuurbeheer in Nederland deel 5, RIN Leersum.
- Van Wirdum, G., 1980. Eenvoudige beschrijving van de waterkwaliteitsverandering gedurende de hydrologische kringloop. In: Hooghart, J.C. (ed.), 1980. Waterkwaliteit in grondwaterstromingsstelsels. CHO-TNO, Rapporten en Nota's 5, 's-Gravenhage: 118-143.
- Verdonschot, P.F.M., 1990a. Ecological characterization of surface waters in the province of Overijssel (The Netherlands). Diss. LU Wageningen. Prov. Overijssel/RIN, Zwolle/Leersum. Casparie, Almere.
- Verdonschot, P.F.M., 1990b. Ecologische karakterisering van oppervlaktewateren in Overijssel. Prov. Overijssel/RIN, Zwolle/Leersum.
- Verdonschot, P.F.M., J. Runhaar, W.F. van der Hoek, C.F.M. de Bok & B.P.M. Specken. 1992. Aanzet tot een ecologische indeling van oppervlaktewateren in Nederland. RIN/IBN-rapport 92-1/CML report 78, IBN, Leersum/Wageningen.
- Wallace, J.B., J.R. Webster & W.R. Woodall, 1977. The role of filter feeders in flowing waters. Archiv für Hydrobiologie 79, 506-532.
- Ward, J.V., 1989a. The four-dimensional nature of lotic ecosystems. Journal of the North American Benthological Society 8, 2-8.
- Ward, J.V., 1989b. Riverine-wetland interactions. Freshwater wetlands and wildlife. Conf.-8603101, DOE Symposium Series No. 61, 385-400.
- Webster, J.R., 1975. Analysis of potassium and calcium dynamics in stream

- ecosystems on three southern Apalachian watersheds of contrasting vegetation. (Diss.) University of Georgia, Athens.
- Westhoff, V. & A.J. den Held, 1969. Plantengemeenschappen in Nederland. Thieme & Cie, Zutphen.
- Wetzel, R.G., 1990. Land-water interfaces: Metabolic and limnological regulators. Verhandlungen der Internationalen Vereinigung für Theoretische und Angewandte Limnologie 24, 6-24.
- Wolff, W.J. (ed.), 1988. De internationale betekenis van de Nederlandse natuur. RIN-rapport 88/32, Leersum.
-

3. LEEMTEN IN DE BESCHIKBARE KENNIS

3.1 Algemeen

Over een aantal zeer wezenlijke factoren t.a.v. ecosystemen in beken en beekdalen is voldoende informatie (ook op kaarten) beschikbaar (b.v. hoogteligging, grondwaterstanden). **Voor de praktijk is echter inzicht in de onderlinge relaties tussen factoren in het landschap van belang, om het functioneren van (b.v. hydrologische) systemen te kunnen begrijpen.**

Hiervoor kan het combineren van gegevens van verschillende factoren in één (kaart)bestand bijzonder inzichtelijk werken. Geografische Informatie Systemen (GIS) bieden een methode om tot dergelijke gecombineerde kaarten te komen. De toepassing van GIS op stroomgebieds- of landschapsniveau vraagt dikwijls een tamelijk hoog detailleringsniveau, dat m.b.t. gebruikte apparatuur (soms te) hoge eisen stelt. Een methode die gebruik maakt van GIS is het COR-model (Harms, et al., 1991), waarmee op regionale schaal (stroomgebiedsniveau) de potenties voor natuurontwikkeling kunnen worden verkend d.m.v. simulatie van (terrestrische) vegetatieontwikkeling in stappen van 1 tot meer dan 100 jaar. De mate van detaillering van de abiotische omgeving binnen dit model is niet erg groot. Verdere ontwikkelingen op het gebied van modellering, gebruikmakend van GIS-systemen zijn gewenst. Dit geldt met name m.b.t. aquatische (deel)systemen (b.v. geografische verspreiding aquatische ecotootypen en beïnvloede vormen daarvan) maar vooral m.b.t. het combineren van terrestrische en aquatische systemen tot één beek(dal)systeem.

3.2 Klimaat

Met name op het gebied van het onderzoek naar de hoogte van de verdamping van verschillende vegetatietypen blijkt een grote variabiliteit van resultaten. Verschillen in de lokale abiotische omstandigheden (bodem, hydrologie, weer) lijken deze variabiliteit te veroorzaken.

Dit maakt het zeer lastig een koppeling te leggen tussen de vegetatie, de -hoogte van de verdamping en de hydrologie (afvoerpatronen e.d.) van een (stroom)gebied.

Maatregelen die erop gericht zijn d.m.v. beplantingen doelgericht de verdamping in een gebied en daarmee het afvoerpatroon van een beek in een bepaalde richting te 'sturen' lijken vooralsnog een zaak waar in de toekomst aandacht aan moet worden besteed.

3.3 Geologie

De geologische opbouw van de diepere ondergrond van Nederland is goed gedocumenteerd. Ook de samenstelling van de diverse formaties en laagpakketten vertoont deze indruk. In dit verband is echter m.n. het gedrag van water in de ondergrond van belang. Daarmee begeven we ons op het terrein van de

geohydrologie. De geohydrologie is een betrekkelijk jonge tak van wetenschap die zich tot taak stelt vanuit de samenstelling van de ondergrond het gedrag van grondwater te beschrijven (kD-, C-waarden, stroomsnelheden). Bij de toepassing in hydrologische modellen blijkt echter dikwijls dat t.a.v. de geologische gesteldheid maar weinig detaillering kan worden 'meegenomen'. De ligging van Formaties (met een bepaalde kD- of C-waarde) wordt in het gunstigste geval blokmatig en enigszins globaal weergegeven (zie b.v. Engelen et al., (1989)). Verdere detaillering vraagt dikwijls te veel van de rekencapaciteit van de gebruikte computers.

Hierdoor ontstaat in modelmatig ontwikkelde stroombanenpatronen een globalisering t.o.v. de werkelijke situatie. De grootte en aard van dit soort afwijkingen verschilt afhankelijk van de mate waarin de geologische situatie is 'versimpeld' t.o.v. van de werkelijkheid. Vooral in situaties waar de ondergrond sterk heterogeen is (kleilenzen, breukvlakken) zal het eindresultaat van een voorspelling grote afwijkingen vertonen t.o.v. het waargenomen eindresultaat.

3.4 Geomorfologie

Geomorfologisch onderzoek in beken was tot voor kort, vooral op lokaal schaalniveau, betrekkelijk weinig 'ingeburgerd'. De verhoogde aandacht voor het verschijnsel (her)meandering in beken brengt hierin in de toekomst zeker verandering.

Ondanks dit blijkt nog vaak dat er onvoldoende inzicht is in de relaties tussen morfologische en hydrologische (m.n. hydraulische) parameters in beken (bij welke karakteristieken van het stromingspatroon zal een beekbedding bestaande uit een bepaald substraat uitschuren/aanslibben?). De modellering van dit soort relaties, maakt m.n. vanuit hydraulisch oogpunt een stormachtige ontwikkeling door, maar staat nog in de kinderschoenen.

Voorspellingen omtrent het al dan niet spontaan ontstaan van meanders en de plaats in het landschap waar dit gebeurt zijn hierdoor vooralsnog onzeker. Dit geldt in mindere mate t.a.v. het kwantificeren van materiaaltransporten (erosie-, transport-, sedimentatiezones) en t.a.v. de stabiliteit van nieuw gegraven meanders.

In de praktijk van het beekherstel komen deze onzekerheden soms tot uiting in onverwachte morfologische ontwikkelingen, waarbij het nemen van 'hulpmaatregelen' (b.v. aanleg zandvanginrichtingen en bergingsbassins) noodzakelijk blijkt.

In het algemeen geldt, dat dergelijke problemen ontstaan, als geïsoleerde trajecten worden aangepakt zonder het hele stroomgebied in beschouwing te nemen. Voorbeelden van zo'n aanpak zijn te vinden bij grensoverschrijdende beken.

3.5 Hydrologie en bodem

Het modelleren van, vooral diepere, grondwaterstromen (1^o en 2^o orde stromingsstelsels) heeft in de afgelopen jaren een hoge vlucht genomen (zie o.a. Engelen et al. (1989)). Het aantal rekenmodellen op dit gebied (stationair/niet-stationair, 2D/3D) is zeer groot. Het gebruik van dergelijke modellen concen-

treert zich echter m.n. op het voorspellen van effecten van grondwateronttrekkingen (intrekgebieden, grondwaterstandsaling, e.d.) en in mindere, doch toenemende mate op het voorspellen van effecten van andere hydrologische ingrepen (b.v. SWNBL, (Kemmers, 1990)).

Modellering van ondiepere grondwaterstromen (freatisch water, 3e orde stromingsstelsels) is dikwijls veel complexer. Dit wordt grotendeels veroorzaakt doordat het ondiepe grondwater op tal van manieren aan beïnvloeding door de mens is blootgesteld. Verschillende vormen van beïnvloeding veroorzaken daarbij op veel plaatsen een combinatie van effecten op de hydrologie die veelal slechts met grote moeite te ontrafelen is. De complexiteit wordt nog eens vergroot doordat in Nederland nagenoeg geen enkel stroomgebied (hydrologische basis eenheid) nog geheel 'gaaf' te noemen is. Op zeer veel plaatsen is de 'oorspronkelijke' waterscheiding (=systeemgrens) door kunstmatige ingrepen verplaatst/onderbroken. De seizoensgebondenheid van hydrologische processen maakt bovendien dat, m.n. in het freatisch grondwater, altijd een nat en een droog aspect van een situatie moet worden bekeken, waarin stromingspatronen zeer wezenlijk kunnen verschillen.

Verdere ontwikkeling waarbij door de koppeling van modellen die verschillende delen van het hydrologisch systeem beschrijven, inzicht wordt verkregen in de 'ingeneste' structuur van stromingsstelsels, levert door de grote complexiteit vooralsnog problemen op. Doordat m.n. de modellering van het ondiepere grondwater problemen met zich meebrengt of onvoldoende detaillering kent, blijven voorspellingen van de baan van een watermassa 'van infiltratie tot kwel' relatief grote onzekerheden bevatten. Hierdoor kunnen gebieden die hydrologische met elkaar zijn 'verbonden' nog niet met voldoende nauwkeurigheid worden begrensd. Inzicht in de geografische ligging van hydrologische verbonden gebieden is nuttig waar het beïnvloedingen van de waterkwaliteit betreft. Maatregelen die gericht zijn op het beperken van b.v. de bemesting in infiltratiegebieden die 'afwateren' in natuurgebieden, ter voorkoming van de (verdere) opbouw van nutriëntenvoorraden in de ondergrond, zijn voorlopig niet te verwachten. Koppeling van hydrologische modellen aan standplaatsmodellen waarmee effecten van hydrologische veranderingen (hetzij ingrepen, hetzij het achterwege laten van ingrijpen) op de vegetatieontwikkeling inzichtelijk kunnen worden gemaakt vormen een mogelijk verlengstuk van de voornoemde ontwikkeling.

De hydrologie van het oppervlaktewater maakt feitelijk deel uit van de hydrologie van het freatisch grondwater (daar waar het medium grond plaatselijk wegvalt). Stromen van oppervlaktewater volgen om dezelfde redenen als die, die gelden voor het freatisch grondwater, dikwijls grillige, moeilijk ontwarbare patronen. Omdat vele stromende wateren qua vorm zijn gestandaardiseerd is hun afvoerpatroon redelijk eenvoudig te beschrijven met een z.g. Q/d-relatie (verband tussen afvoer en diepte). Een toename van de grilligheid van de morfologie van beken, en het op sommige plaatsen toestaan van inundaties, maakt het formuleren van een eenduidige Q/d-relatie wezenlijk lastiger.

De bodem van Nederland is zeer goed gedocumenteerd en fungeert dikwijls als een bron van informatie over vroegere toestanden van het landschap (abiotische geheugenstructuur; zie Everts & De Vries, 1991). Doordat veel bodemvormende processen worden gerelateerd aan een bepaald hydrologisch patroon of proces (b.v. uitlogings- en roestverschijnselen in podzolen

resp. eerdgronden bij infiltratie resp. kwel) brengen wijzingen in hydrologische patronen en processen een geleidelijke vervaging van dit soort historische informatie met zich mee.

De onbetrouwbaarheid bij de interpretatie (b.v. schatting van vroegere grondwaterstandfluctuaties en gemiddelde grondwaterstand) van dit soort verschijnselen wordt in de tijd groter.

3.6 Ecologie

Terrestrisch

Op het gebied van de modellering van de relaties tussen terrestrische vegetaties en standplaatsfactoren zijn in Nederland diverse initiatieven ontplooid. Voorbeelden daarvan zijn; het SWNBL-systeem (Kemmers, 1990) gekoppeld aan het z.g. Natuurtechnisch Model (Gremmen, 1987) dat wordt gebruikt bij de voorspelling van effecten van hydrologische ingrepen op (korte) vegetaties in natte en vochtige omgeving; het CML-ecotopensysteem (Stevens et al., 1987), dat enerzijds is opgezet als een algemeen landelijk kader omtrent het bestaan en voorkomen van standplaatstypen op lokaal niveau, anderzijds ook kan worden gebruikt bij het voorspellen van effecten op de vegetatieontwikkeling n.a.v. menselijke ingrepen; het COR-model (Harms et al., 1991) dat in staat is op basis van actuele gegevens van de abiotische- en biotische omgeving een beeld te kunnen simuleren van de vegetatieontwikkeling op zeer korte (1 jaar) tot middellange (meer dan 100 jaar) termijn op een regionaal niveau. Het laatste model is speciaal opgezet voor verkennend onderzoek aan ecologische potenties van natuurontwikkelingsgebieden. Ook ontwikkelingen in de terrestrische fauna (zoogdieren, vogels, dagvlinders) kan binnen dit model worden gesimuleerd.

Door Steenvoorden et al. (1992) is een rapport gepubliceerd waarin een vergelijking plaatsvindt van SWNBL- en COR-methoden. Met name aspecten m.b.t. hun toepasbaarheid t.a.v. verschillende doelen komt hierin aan de orde maar ook worden aanbevelingen gedaan voor verdere ontwikkeling van deze modellen-lijnen. Als belangrijke aandachtspunten voor toekomstige ontwikkelingen worden genoemd:

- * verdere verfijning van de indeling in landschapstypen speciaal m.b.t. het voorkomen van ontwikkelingsreeksen
- * m.n. binnen de COR-methodiek verfijnen van de abiotische indelingsmethode
- * standaardisatie van het protocol bij het verzamelen van veldgegevens
- * onderbouwen van abiotische indelingsmethodiek (patroongerichte benadering) a.h.v. meer procesgerichte benadering uit de SWNBL-lijn
- * ontwikkeling van methodiek ter beschrijving van zuur- en nutriëntenhuishoudingen op standplaatsniveau
- * ontwikkeling van methodes om de heterogeniteit binnen homogeen veronderstelde eenheden, m.n. op het gebied van bodem en bodemprocessen te kunnen weergeven
- * ontwikkeling van methoden om ruimtelijke relaties te kunnen leggen tussen infiltratie- en kwelgebieden (zie ook boven)
- * ontwikkeling van methoden waarmee watertypen kunnen worden gekarakteriseerd a.h.v. transport van z.g. conservatieve stoffen van en

- naar standplaatsen
- * vergroten van de detaillering van factoren (b.v. vochthuishouding) in modellen op een lager schaalniveau.
- * vergroten van de mogelijkheden om op perceels- en standplaatsniveau het gevoerde waterbeheer te kunnen analyseren.

Met het CML-ecotopensysteem zijn inventarisaties uitgevoerd in Noord-, West en Zuid-Nederland, die hebben geresulteerd in lijsten met oppervlakten van voorkomende ecotooptypen per provincie. Voor Oost-Nederland is een dergelijke inventarisatie nog niet uitgevoerd. Geografische invulling van het voorkomen van (terrestrische) ecotooptypen ontbreekt voornamelijk.

Aquatisch

Op aquatisch gebied loopt men ten opzichte van de ontwikkeling van standplaatsmodellen op terrestrisch gebied enigszins achter (standplaats (flora) wordt hier vergelijkbaar geacht met habitat (fauna)).

Ten dele wordt deze achterstand veroorzaakt doordat in het standaard metingen-pakket van de waterbeherende instanties enkele in stromende wateren wezenlijke habitatfactoren (zoals korrelgrootte van het substraat, soort substraat, morfologische factoren e.d.) dikwijls ontbreken. Ook het inzicht in de temporele variatie van factoren is, door het dikwijls voorkomen van maar 2 bemonsteringen (voorjaarsaspect, najaarsaspect) per jaar, niet erg groot. Daarnaast komt de voorsprong bij de terrestrisch ecologen voort uit het feit dat de bestudering van standplaatsfactoren t.b.v. de productie van landbouwgewassen al een eeuwenlange geschiedenis kent.

Door het IBN en het CML (Verdonschot et al., 1992) is een ecosysteemindeling ontwikkeld, die aquatische ecotooptypen op basis van levensgemeenschappen van aquatische flora en fauna onderscheidt. Onderscheiding vindt plaats op een hoger niveau dan dat van habitats. Stromende wateren worden op basis van stroomsnelheid, dimensies (+ mate van permanentie), pH en voedselrijkdom ingedeeld. Factoren als zuurstofgehalte, korrelgrootte- en aard van het substraat worden aan een lager schaalniveau toegeschreven. Het aquatische ecotopensysteem is daarmee niet (geheel) vergelijkbaar met standplaatsindelingen uit de terrestrische ecologie.

Naast een uitwerking op habitatniveau ontbreekt een geografische plaatsbepaling van de onderscheiden ecosysteemtypen. Geografische indelingen zoals de hydrobiologische districtsindeling van Mol (1985) en indeling in watertypen van Torenbeek (1988) zijn in dit kader te grof.

Hoewel door Verdonschot et al. (1992) hiertoe een aanzet is gegeven ontbreekt nog in belangrijke mate inzicht in de relatie tussen het ecosysteemtype (en het voorkomen van habitats) in een water en de toepassing van waterhuishoudkundige maatregelen. Voor stromende wateren in Overijssel is in de typologie van Verdonschot (1990) m.b.t. normalisatie en kanalisatie (regulatie) en organische belasting een goed overzicht van te vinden. Een, geografisch gezien, uitgebreider overzicht is te vinden in het rapport van de STORA (Peeters & Gardeniers, 1992a/b). Voor aquatische vegetaties in beken is van de invloeden van waterhuishoudkundige maatregelen een overzicht te vinden in Mesters (1992, in druk).

Het voorgaande geldt in kwalitatieve zin (wát zijn de effecten van een bepaalde beheersmaatregel), maar m.n. ook in kwantitatieve zin (hoe sterk zijn effecten

t.g.v. welke 'dosis'). Voor de praktijk van de natuurontwikkeling is het ophelderen van dit soort relaties, mede t.a.v. van z.g. inrichtingsmaatregelen, van essentieel belang.

LITERATUUROVERZICHT

- Engelen, G.B., J.M.J Gieske & S.O. Los, 1989. Grondwaterstromingsstelsels in Nederland. Min. van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij/Staatsbosbeheer, 's-Gravenhage.
- Everts, F.H. & N.P.J. de Vries, 1991. De vegetatieontwikkeling van beekdal-systemen. Een landschapsecologische studie van enkele Drentse beekdalen. Diss. RU Groningen. Historische Uitgeverij Groningen.
- Gremmen, N.J.M., 1987. Natuurtechnisch model voor de beschrijving en voorspelling van effecten op veranderingen in waterregime op de waarde van een gebied vanuit natuurbehoudsstandpunt. Uitgangspunten en modelconcept. SWNBL rapport 1, Utrecht.
- Harms, W.B., J.P. Knaapen & J. Roos Klein Lankhorst, 1991. Natuurontwikkeling in de centrale open ruimte. Rapport 138, Staringcentrum, Wageningen.
- Kemmers, R.H., 1990. Effecten van waterbeheer op standplaatsfactoren van korte vegetaties. De stalenmethode. Rapport 64.1, Staringcentrum, Wageningen.
- Mesters, 1992 (in druk) Proefschrift RU, Utrecht.
- Mol, A.W.M., 1985. Hydrobiologische districten in Nederland. RIN-rapport 85/7, RIN, Leersum.
- Peeters, E.T.H.M. & J.J.P. Gardeniers, 1992a. Ecologische beoordeling en beheer van oppervlaktewater. Beoordelingssysteem voor stromende wateren op basis van macrofauna. STOWA Rapport nr 92-07, STOWA, Utrecht.
- Peeters, E.T.H.M. & J.J.P. Gardeniers, 1992b. Ecologische beoordeling en beheer van oppervlaktewater. Wetenschappelijke verantwoording van het beoordelingssysteem voor stromende wateren op basis van macrofauna. STOWA Rapport nr 92-08, STOWA, Utrecht.
- Stevens, R.A.M., J. Runhaar & C.L.G. Groen, 1987. Het CML-ecotopensysteem. Uitwerking voor Noord-, West- en Zuidwest-Nederland. CML mededelingen 34, Leiden.
- Steenvoorden J., P. Groenendijk, R. Kemmers, J. Knaapen, H. Kros, E. Querner, 1992. Modelleren ten behoeve van regionale natuurontwikkeling. Een visie op wenselijke modelontwikkeling. Verkenning van huidige kennis en leemten. - Interne Mededeling 198, Staringcentrum, Wageningen.
- Torenbeek, R., 1988. Hydrobiologie en waterhuishouding: een beleidsvoorbereidende studie. RIN-rapport 88/55, RIN, Leersum.
- Verdonschot, P.F.M., 1990. Ecologische karakterisering van oppervlaktewateren in Overijssel. RIN/Prov. Overijssel, Leersum/Zwolle.
- Verdonschot, P.F.M., J. Runhaar, W.F. van der Hoek, C. de Bok & B.P.M. Specken, 1992. Aanzet tot een ecologische indeling van oppervlaktewateren in Nederland. RIN/IBN rapport 92-1/CML report 78, Leersum/Leiden.
-

DEEL 3: Beïnvloedingen door de mens

- 1 Landgebruiksparementers**
 - 2 Maatregelen ten behoeve van natuurontwikkeling**
 - 3 Leemten in de beschikbare kennis**
-

1. Landgebruikparameters

1.1 Inleiding

De mate waarin, binnen de in de EHS onderscheiden, kern- en natuurontwikkelingsgebieden en verbindingzones mogelijkheden liggen voor het met succes nemen van maatregelen t.b.v. de ontwikkeling van natuur en landschap is in sterke mate afhankelijk van beïnvloedingen die door de mens in of buiten zo'n gebied worden opgelegd. In dit hoofdstuk worden een aantal van deze beïnvloedingen besproken en waar mogelijk in kaart gebracht. Allereerst komt daarbij het grondgebruik aan de orde. Daarna worden achtereenvolgens besproken: bemesting, drainage, grondwateronttrekking, normalisatie en regulatie en (an-)organische belasting door lozingen. Als laatste komt de invloed van (verzurende depositie aan de orde. Naargelang de positie van een natuurontwikkelingsgebied t.o.v. de grenzen van het stroomgebied van een beek dient op lokale of regionale schaal met deze parameters rekening te worden gehouden. Feitelijk dient op elk willekeurig punt/traject in een beek het gehele bovenstrooms gelegen gebied in beschouwing te worden genomen.

Kwantificeren van de mate van beïnvloeding die uitgaat van een bepaalde activiteit is niet zonder meer mogelijk. Er bestaat een sterke afhankelijkheid t.a.v. lokale omstandigheden (lokale geologie en hydrologie). Het is daarom ook niet mogelijk in het algemeen én kwantitatief aan te geven tussen welke waarde een parameter die een vorm van beïnvloeding aanduidt (b.v. drainagedichtheid) zich moet bevinden t.b.v. natuurontwikkelingsdoeleinden. Voor de praktijk van het beheer betekent het voorgaande dat vrijwel altijd met een minimum optie (zo min mogelijk; wat praktisch en financieel haalbaar is) moet worden gewerkt.

1.2 Grondgebruik

Voordat er in Nederland sprake was van bewoning is waarschijnlijk het grootste deel van oostelijk Nederland, m.u.v. die plaatsen waar de te natte bodem kolonisatie door bomen niet toeliet, bedekt geweest met bossen en doorstroomde venen. Sinds de intrede van de mens hebben op grote schaal ontbossingen en ontginningen plaatsgevonden waardoor ons land een veel meer open structuur heeft gekregen. Deze ingrepen vormen het begin van een reeks beïnvloedingen, die m.n. op hydrologisch en bodemkundig gebied een aanzienlijke invloed hebben uitgeoefend op de toestand en het functioneren van stromend watersystemen in Nederland.

De ruimte in ons land wordt op verschillende manieren gebruikt. Aan elk van de soorten gebruik kan een bepaalde mate van beïnvloeding worden toegeschreven. In de meeste gevallen is er sprake van beïnvloeding van hydrologische patronen en processen. In de volgende paragrafen (bemesting en lozingen) komen beïnvloedingen van stofstromen aan de orde.

Van een overzicht van de verschillende vormen van grondgebruik kan in het kader van natuurontwikkeling nuttig gebruik worden gemaakt (in combinatie met hydrologische systeemanalyse). Op stroomgebiedsniveau kunnen locaties worden aangewezen die door het grondgebruik via ondergrondse water- en stofstromen een potentiële bedreiging vormen voor de ontwikkeling van natuur in het beekdal.

Aan alle vormen van grondgebruik, behalve 'gebruik' als natuurgebied, kan een potentiële bedreiging voor de ontwikkeling van natuur en landschap worden toegerekend. Twee vormen vertonen voor de ontwikkeling van beek- en beekdallandschappen meer in het oog lopende bezwaren, n.l.:

- * gebruik door de landbouw (naar de mate van beïnvloeding evt. in te delen in intensief of extensief),
- * urbaan gebruik (bebouwing en wegen),

Gebruik door de landbouw houdt een belangrijke bedreiging in door het gebruik van meststoffen (eutrofiëring) en bestrijdingsmiddelen (vergiftiging door afspoeling en overstuiving). Grondwateronttrekkingen t.b.v. irrigatie (hetgeen tegenwoordig ook in maïs wordt toegepast) vormen een bedreiging (door hoge verdamping is waterverlies groot). Peilbeheer beïnvloedt de grondwaterstand en -bergingscapaciteit en kan ongewenst zijn. Door regulatie (en door drainage) ontstaan allerlei oppervlakkige hydrologische deelsysteemjes die dikwijls de (regionale) grote lijnen maskeren. Zo kan peilopzet in bepaalde gebieden kwelstromen doen verminderen. Peilverlaging en beregening door oppervlakkige wateronttrekking kunnen juist kwelstromen versterken.

Belangrijk is ook de verhouding tussen de gemiddelde (gewas)verdamping en die van een meer 'natuurlijke' (bos)vegetatie. Bossen vertonen t.o.v. de meeste landbouwgewassen een hoog waterverbruik (Veen, 1992). Het verlies van water door verdamping in bossen is daardoor aanmerkelijk groter. Anderzijds wordt in meer 'natuurlijke' vegetaties de infiltratiecapaciteit van de bodem beter benut doordat water niet kunstmatig 'hoog' in de bodem wordt gehouden.

In urbane gebieden wordt door een relatief groot aandeel aan verhard oppervlak (daken, infrastructuur) veel water versneld afgevoerd naar de beek. Een belangrijke deel van de bergingscapaciteit blijft onbenut.

Het afvoerpatroon in het benedenstroomse gebied zal meer regenwaterafhankelijk patroon te zien geven t.o.v. een onbenvloede situatie. Tevens moet rekening worden gehouden met een bepaalde mate van vervuiling van het versneld afgevoerde water.

Ook de oppervlakte aan open water (sloten, plassen en vaarwegen) kan soms invloed uitoefenen op het verloop van hydrologische processen.

Open water heeft een hoge verdamping vergeleken met terrestrische systemen. Het waterverlies door verdamping is relatief hoog. Open wateren werken vaak drainerend t.o.v. van hun omgeving. In stroombanenpatronen van het grondwater is dit verschijnsel dikwijls te zien doordat de banen een afbuiging vertonen in de omgeving van grote open wateren.

Ook het omgekeerde komt voor. Veel kanalen zijn gelegen over een waterscheiding heen. Hierdoor treedt infiltratie van kanaalwater op. Sommige kanalen vormen daardoor zelf een kunstmatige waterscheiding. (mond. med. Roelof Stuurman)

Van natuurterreinen mag worden verwacht dat de beïnvloeding van de hydrologie minimaal is, tenzij juist ten behoeve van de natuur een bepaald waterhuishoudkundig beheer van kracht is (kunstmatig hoog houden van de grondwaterstand in veengebieden, aanvoer van gebiedsvreemd water t.b.v. peilhandhaving e.d.).

Grondgebruik kan op verschillende schaalniveau's worden geïntariseerd. In Nederland bestaan twee landsdekkende informatiebestanden (digitaal in GIS) van het grondgebruik.

Tabel 3.1 Categoriëningeling van het CORINE-bestand.

LEVEL 1	LEVEL 2	LEVEL 3
1. ARTIFICIAL AREAS	1.1. Urban fabric	1.1.1. Continuous urban fabric 1.1.2. Discontinuous urban fabric
	1.2. Industrial, commercial and transport units	1.2.1. Industrial or commercial units 1.2.2. Road and rail networks and associated land 1.2.3. Port areas 1.2.4. Airports
	1.3. Mine, dump and construction sites	1.3.1. Mineral extraction sites 1.3.2. Dump sites 1.3.3. Construction sites
	1.4. Artificial, non-agricultural vegetated areas	1.4.1. Green urban areas 1.4.2. Sport and leisure facilities
2. AGRICULTURAL AREAS	2.1. Arable land	2.1.1. Non-irrigated arable land 2.1.2. Permanently irrigated land 2.1.3. Rice fields
	2.2. Permanent crops	2.2.1. Vineyards 2.2.2. Fruit trees and berry plantations 2.2.3. Olive groves
	2.3. Pastures	2.3.1. Pastures
	2.4. Heterogenous agricultural areas	2.4.1. Annual crops associated with permanent crops 2.4.2. Complex cultivation patterns 2.4.3. Land principally occupied by agriculture, with significant areas of natural vegetation 2.4.4. Agro-forestry areas
3. FOREST AND SEMI NATURAL AREAS	3.1. Forests	3.1.1. Broad leaved forest 3.1.2. Coniferous forest 3.1.3. Mixed forest
	3.2. Scrub and/or herbaceous vegetation	3.2.1. Natural grasslands 3.2.2. Moors and heathland 3.2.3. Sclerophyllous vegetation 3.2.4. Transitional woodland-scrub
	3.3. Open spaces with little or no vegetation	3.3.1. Beaches, dunes, sands 3.3.2. Bare rocks 3.3.3. Sparsely vegetated areas 3.3.4. Burnt areas 3.3.5. Glaciers and perpetual snow
4. WETLANDS	4.1. Inland wetlands	4.1.1. Inland marches 4.1.2. Peat bogs
	4.2. Maritime wetlands	4.2.1. Salt marches 4.2.2. Salines 4.2.3. Intertidal flats
5. WATER BODIES	5.1. Inland waters	5.1.1. Water courses 5.1.2. Water bodies
	5.2. Marine waters	5.2.1. Coastal lagoons 5.2.2. Estuaries 5.2.3. Sea and ocean

Het z.g. CORINE-bestand, dat in EEG-verband wordt samengesteld, berust op visuele interpretatie van satelietbeelden. Het CORINE-bestand is gedigitaliseerd en heeft een z.g. polygonen-structuur. Het bestand heeft een ecologische achtergrond en kent op grond van het schaalniveau een hiërarchische opbouw in categoriën. Op het eerste niveau worden kunstmatige gebieden, landbouwgebieden, bossen en half-natuurlijke gebieden, moerassen en wateren onderscheiden. Op een tweede en derde niveau worden de hoofdgroepen verder ingedeeld tot op niveau 3 44 categoriën. Deze categoriëndeeling is gepresenteerd in tabel 3.1. Ondanks de grote hoeveelheid eenheden is het bestand vrij grof (vergelijkbaar met een kaartschaal van 1:100.000). De kleinste te onderscheiden eenheid bedraagt 25 ha. Het kleinste lijnvormige element dat wordt onderscheiden heeft een breedte van 100 meter. Voor natuurontwikkelingsdoeleinden op landschaps- of ecotoopniveau is dit bestand (m.n. in beken en beekdalen) slechts in beperkte mate bruikbaar.

De z.g. LGN-databank (Landelijke Grondgebruiksdatabank Nederland, samengesteld in het kader van het Nationaal Remote Sensing Programma) omvat een 25 x 25 m-hokken overzicht van het grondgebruik op basis van optische interpretatie van satelietbeelden. Hierbij wordt op basis van analyse van het spectrum van gereflecteerd zonlicht het grondgebruik bepaald. Het bestand is opgezet voor vnl. landbouwkundige gebruiksfuncties, waarbij te denken is aan koppeling met gegevens van b.v. bodemverontreiniging en gevoeligheid van oppervlakte- en grondwater voor verontreiniging. Binnen de categorie landbouwkundig gebruik zijn daarom verschillende gewassen onderscheiden.

De nauwkeurigheid van spectrale analyses is sterk afhankelijk van de opnamedatum. Doordat reflecties van verschillende soorten gebruik (b.v. hoog gras en aardappels) met elkaar verward worden (z.g. spectrale verwarring) is het bestand niet overal even nauwkeurig. In een regionale uitwerking van de provincie Noord-Brabant is daarom uitgegaan van een combinatie van meerdere satelietbeelden (b.v. voorjaarsaspect/zomeraspect) en aanvullende (digitale) gegevens van het grondgebruik. Daardoor is, naast een hogere nauwkeurigheid, een fijnere categoriëndeeling mogelijk dan in het bestand dat heel Nederland beslaat. In tabel 3.2 zijn de categoriëndeelingen op landelijk en regionaal niveau naast elkaar gezet.

- Met het bestand kunnen digitale kaarten (schaal 1:50.000) van het grondgebruik worden geleverd. Daarmee is getracht aan te sluiten bij het schaalniveau van m.n. de Bodemkaart van Nederland en de Geomorfologische kaart van Nederland. De LGN-databank heeft daardoor ook voor natuurontwikkelingsdoeleinden goede toepassingsmogelijkheden.

Een grondgebruikkaart vormt een geografisch overzicht van de ligging van (concentraties van) bepaalde vormen van beïnvloeding. De meest directe invloeden op het beekstelsel komen voort uit het grondgebruik binnen het beekdal zelf. Grondgebruik kan in dit kader worden uitgedrukt in eenheden van oppervlakte (km² of ha) of in een percentage van de totale oppervlakte van het stroomgebied/beekdal.

T.b.v. van natuurontwikkeling kan worden gestreefd naar optimalisatie van het grondgebruik (b.v. vermindering van de hoeveelheid verhard oppervlak in

urbaan gebied). Ook kunnen voorwaarden worden gesteld aan bepaalde vormen van grondgebruik (b.v. instelling van een maximaal ontwateringsniveau in landbouwgebied). In eerste instantie komen hiervoor de gronden binnen het beekdal zelf in aanmerking, op langere termijn kan men denken aan het toepassen van dergelijk maatregelen binnen het gehele stroomgebied. Een werkwijze gaande van bovenstrooms naar benedenstrooms is hierbij aan te bevelen.

Tabel 3.2 Categoriëningelingen van de LGN grondgebruiksbestanden op landelijk en regionaal niveau.

LANDELIJK	REGIONAAL
* gras	landbouw
* mais	* gras
* aardappelen	* mais
* bieten	* aardappelen
* granen	* bieten
* overige landbouwgewassen	* granen
* kale grond	* overige landbouwgewassen
* boomgaard	* kale grond in landbouwgebied
* bollenteelt	* glastuinbouw
* heide	* boomgaard
* loofbos	
* naaldbos	bos
* overig natuurgebied	* loofbos
* open water	* naaldbos
* bebouwing en wegen	
	natuurgebied
	* open begroeid natuurgebied
	* kale grond in natuurgebied
	water
	* open water
	* vaarwegen
	bebouwing
	* stedelijk bebouwd gebied
	* bebouwd gebied met veel groen
	* kale grond in bebouwd gebied
	* bebouwing in buitengebied
	* wegen en spoorwegen

Toekomstige ontwikkelingen met GIS-systemen kunnen in belangrijke mate bijdragen aan het leggen van kwantitatieve relaties tussen vormen van grondgebruik en de mate van hydrologische beïnvloeding. Hierbij kan men denken aan voorspelling van de (relatieve) grootte van water- en stofstromen in verschillende situaties. In landbouwgebieden bieden factoren als drainagegedichtheid, ontwateringsdiepte en bemesting daartoe goede aanknopingspunten. Algemeen geldende kwantitatieve relaties en randvoorwaarden zijn in dit verband niet te geven. Daarvoor bestaat m.b.t. de genoemde factoren een te grote afhankelijkheid van lokaal aanwezige omstandigheden.

1.3 Bemesting

Op tal van plaatsen in Nederland komt door overmatig mestgebruik vervuiling van het grondwater in het bijzonder met nitraat (en fosfaat) voor. Vooral in oppervlakkig afstromend en door drainagekanalen ondiep afgevoerd water komt dikwijls vervuiling met meststoffen voor. Ook diepere grondwaterstromen

worden beïnvloed. Dit leidt er toe dat de kwaliteit van diepere kwelstromen te wensen overlaat. Verrijking (eutrofing) van het milieu in en om (stromende) wateren is hiervan het gevolg. Duidelijk is dat in het nabije verleden door bemesting in de ondergrond soms enorme voorraden van nutriënten zijn opgebouwd die zich in de toekomst (reistijd variërend tussen enkele tientallen tot honderden jaren) in toenemende mate in de vorm van vervuild kwelwater aan het grondoppervlak zullen manifesteren (chemische tijdbom). Nitraat kan gedurende de ondergrondse passage door denitrificatie ten dele als bruikbare voedingsstof worden uitgeschakeld. Het is echter nog niet duidelijk waar en hoe dit proces al dan niet plaatsvindt. In sommige drinkwaterputten is het nitraatgehalte inmiddels tot boven de drinkwaternorm (50 mg/l) gestegen. Deze tendens biedt voor het beheer van oppervlaktewateren niet een erg rooskleurig perspectief. De nitraatnormen voor 'natuurlijk' stromend oppervlaktewater liggen immers veel lager (0-1 mg/l, CUWVO, 1988).

De PAWN districtsindeling (Policy Analysis of Watermanagement in the Netherlands) is een indeling waarbij vnl. afwateringsgebieden zijn gehanteerd. Daarnaast zijn echter ook grenzen van provincies en beheersgebieden gebruikt. Er is daardoor op sommige plaatsen wel overeenkomst met de grenzen van stroomgebieden. In veel gevallen betreft het echter grotere stromende wateren, waardoor de districten vrij groot zijn. Voor gebruik bij natuurontwikkeling in beek- en beekdalsystemen is de PAWN indeling te grof.

Uit- en afspoeling van meststoffen vormt via het grondwater een bedreiging voor de kwaliteit van het water in het merendeel van de beek(dal)systemen in Nederland. Een overzicht van de hoogte van de bemesting (uitgedrukt in kg N/ha,jaar, kg P/ha,jaar en evt. kg K/ha,jaar) binnen het stroomgebied of binnen het beek(dal)systeem verschaft inzicht in de positie van deze bedreigingen. Kroes et al. (1990) verschaffen een dergelijk overzicht, waarbij gebruik is gemaakt van de PAWN-districten (zie kader).

In het rapport van Kroes et al. (1990) is een beeld geschetst van de huidige situatie van de bemesting in Nederland en van de belastingen van oppervlaktewater die daaruit voortvloeien. Er is a.h.v. bemestingsscenario's getracht modelmatig een beeld te verschaffen van mogelijke toekomstige ontwikkelingen. Eén van de varianten (WBB) omvat een scenario dat het gefaseerd ten uitvoer brengen van de maatregelen zoals voorgesteld in de Wet Bodembescherming (1986) en daarin opgenomen AMvB Gebruik Dierlijke Meststoffen beschrijft. In figuren 3.1 en 3.2 is een beeld van de gemiddelde belasting van cultuurgronden met N en P (1985) via resp. dierlijke mest en kunstmest weergegeven. Aanvoer via atmosferische depositie is in deze figuren niet verrekend.

De in het rapport gebruikte hydrologische schematisatie is voor gebruik op stroomgebieds- of lokale schaal wat aan de grove kant. Per PAWN-district worden a.h.v. waarden van kwel, wegzijging, afspoeling en uitspoeling per plot

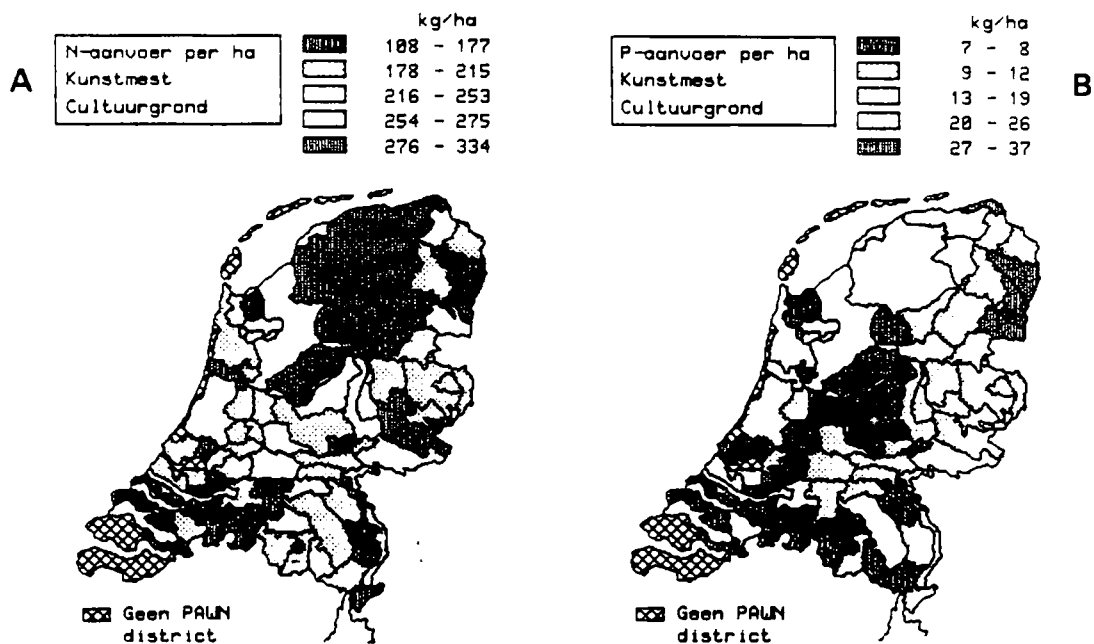


Fig. 3.1 Gemiddelde belasting van cultuurgronden met stikstof (A) en fosfor (B) via kunstmestgiften (uit: Kroes et al., 1990).

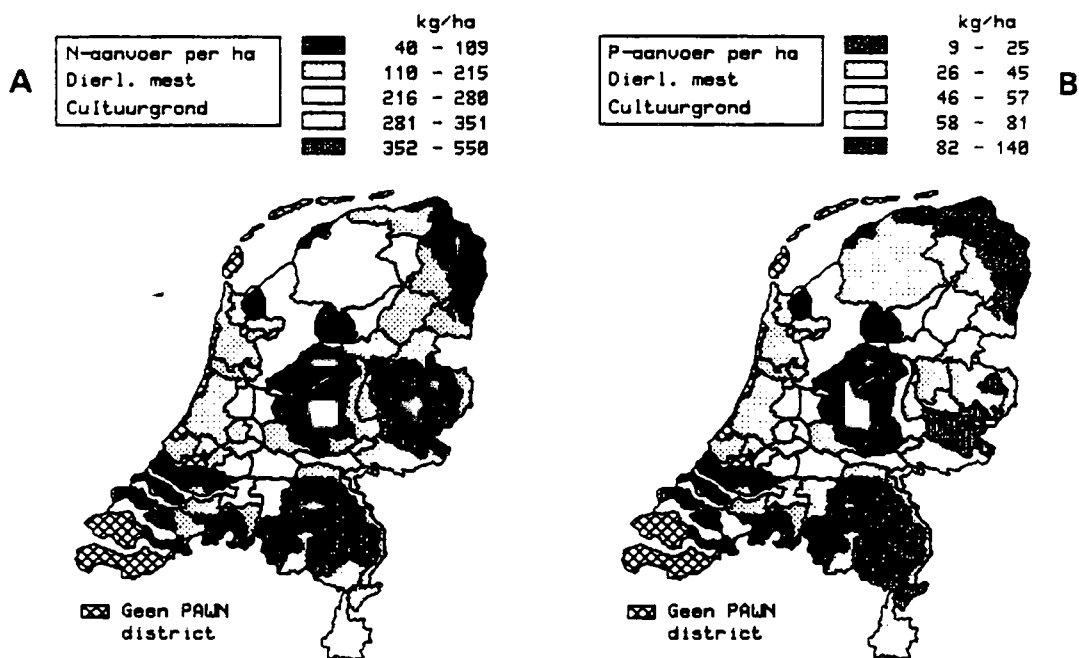


Fig.3.2 Gemiddelde belasting van cultuurgronden met stikstof (A) en fosfor (B) via giften van dierlijke mest (uit: Kroes et al., 1990).

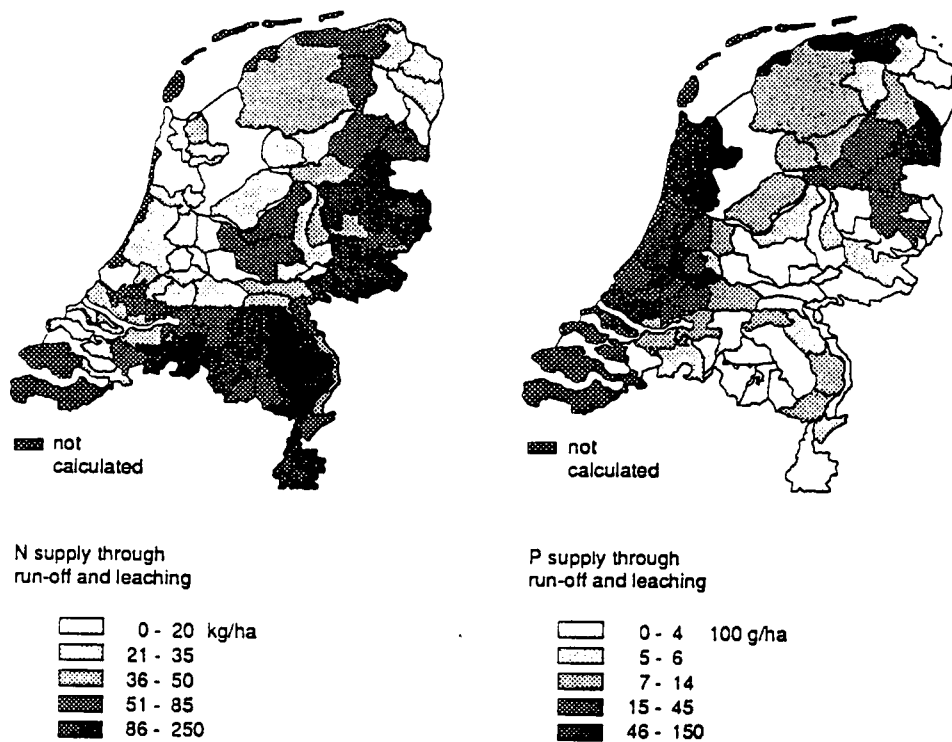


Fig. 3.3 Transport van N (l) en P (r) naar oppervlaktewateren door oppervlakkige- en ondiepe (grondwater)stroming in verschillende stroomgebieden in 1985 (naar: Kroes et al., 1990).

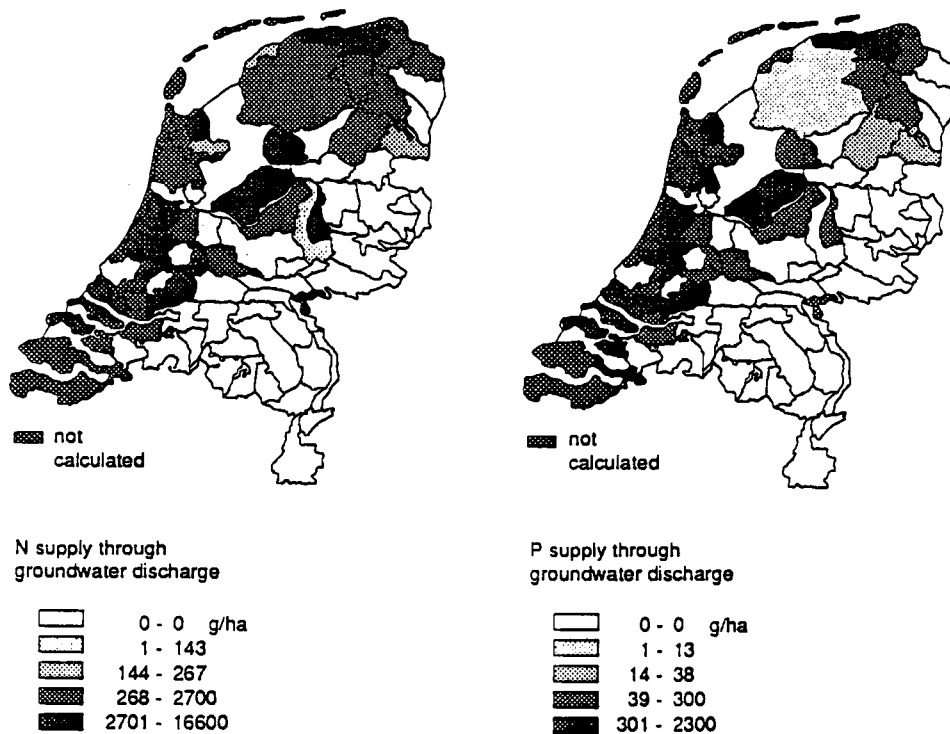


Fig. 3.4 Transport van N (l) en P (r) naar (door) stroomgebieden via kwel (diepe grondwaterstroming) in 1985 (naar: Kroes et al., 1990).

(deeldistrict), naar plotoppervlakte gewogen gemiddelden voor het hele district berekend. Plots worden daarbij gevormd door de oppervlakte van een district dat in gebruik is als grasland, voor maïsteelt, overig bouwland en niet-cultuurgrond.

Op basis van deze gegevens kan een globaal beeld worden verkregen van de orde van grootte van verschillende nutriëntenstromen binnen districten.

Figuren 3.3 en 3.4 geven achtereenvolgens gemiddelde waarden van het transport van stikstof en fosfor naar oppervlaktewateren via oppervlakkige afvoer (run-off) en ondiepe grondwaterstroming (leaching) en transport door drainage, respectievelijk aan(door)voer van N en P in kwelgebieden via diepe grondwaterstroming (groundwater discharge). Uit de figuren blijkt dat in vrijwel het gehele oosten van het land de nitraatbelasting van oppervlaktewateren door oppervlakkige en ondiepe afstroming vrij hoog is. De belasting met fosfaat concentreert zich meer in het westen maar is ook hoog in delen van Twente en Drente en langs de westkant van de Maas. Het opkwellen van nitraat- en fosfaatrijk grondwater concentreert zich eveneens in het westen en noorden maar vertoont ook in het oosten plaatselijk hoge waarden (Rijk van Nijmegen, noordwestelijke- en oostelijke Veluwe, Drenthe).

Ook in Vissers et al. (1985) zijn kaarten opgenomen van de berekende nitraat- en fosfaatbelasting van het ondiepe grondwater en oppervlaktewater. Het betreft hier echter alleen de Pleistocene zandgebieden (schaal 1:350.000). De kaarten zijn ingedeeld in stroomgebieden en zijn voor gebruik op stroomgebiedsniveau geschikt.

Voor beekherstel is het binnen een stroomgebied echter noodzakelijk de belangrijkste bronnen van vervuiling tamelijk precies te localiseren. Ook is inzicht nodig in de wijze waarop deze gebieden hydrologisch zijn verbonden met het beekdal (stroombanen en verblijftijden). T.a.v. het mogelijk bestaan van nutriëntenvoorraden in de bodem is enige historische kennis van de bemesting in het stroomgebied van wezenlijk belang. Een overzicht van de ligging van z.g. fosfaatverzadigde bodems kan inzicht verschaffen in de locatie van gronden die in het verleden zijn overbemest.

Een dergelijk overzicht is te vinden in Breeuwsma et al. (1990). Het betreft hier alleen de oostelijke-, centrale- en zuidelijke zandgebieden. In dit rapport komt naar voren dat in 1990 53% van het totale areaal maïs- en grasland in de zandgebieden als fosfaatverzadigd moet worden beschouwd.

Metingen van de kwaliteit van het (diepe) grondwater geven een beeld van de mogelijke dreigingen die in de toekomst nog te verwachten zijn. Stroomsnelheden in diepere grondwaterstelsels zijn echter i.h.a. zeer traag (in de orde van enkele tot enkele tientallen meters per jaar; Meyerink, 1978; Bots et al., 1978). Reistijden over afstanden in de orde van kilometers kunnen daarom oplopen tot honderden, zometertijd duizenden jaren. Nitraat kan gedurende het transport door denitrificatie worden verwijderd. Daardoor kan niet worden gesteld dat hoge nitraatconcentraties in het diepe grondwater per definitie betekenen dat men op een 'chemische tijdbom' zit. Inzicht in het verloop van dit soort reductieprocessen kan leiden tot het instellen van een bufferzone rond een te beschermen gebied (b.v. Adriaanse & Kemmers, 1988; Van Dort & Kemmers, 1988;1990).

Buffergebieden kennen niet alleen toepassing als beschermende maatregel tegen bedreiging van natuurgebieden door verrijkte diepere grondwaterstro-

men. Ook ondiep aangevoerde nutriëntenstromen kunnen door het inrichten van 'bufferstrips' (veelal met bomen beplante, natte stroken) langs een beek of beekdal effectief worden gereduceerd.

Gegevens omtrent de hoogte van de bemesting en m.b.t. het voorkomen van nutriëntenvoorraden in de ondergrond leveren restricties t.a.v. de keuzemogelijkheden van natuurdoeltypen. Om de keuze van meer "natuurlijke" doeltypen (b.v. HGr 1 en 2) mogelijk te maken kan het noodzakelijk zijn aan de hoogte van de (gemiddelde) bemesting per deelstroomgebied of per beek(dal)traject voorwaarden te verbinden. Binnen natuurontwikkelingsgebieden (te realiseren binnen de EHS) is het gebruik van meststoffen vanzelfsprekend uit den boze. Buiten deze gebieden is de Wet Bodembescherming (1986) met daarin opgenomen de Algemene Maatregel van Bestuur Gebruik Dierlijke Meststoffen van kracht. Deze stelt een gefaseerd terugdringen van het mestgebruik tot in het jaar 2000 tot 0,33-0,5 van het niveau van 1988 voor. Ander instrumentarium ter beperking van de mestgift ontbreekt vooralsnog.

1.4 Drainage

In Nederland ligt naar schatting 300.000 km sloten voor drainagedoeleinden. De totale lengte van kleinere greppels en drains is nog veel groter. In figuur 3.5 is een globaal overzicht gegeven van de gemiddelde slootlengte per ha (naar: Bruinsma, 1982). Zonder deze watergangen zou een groot gedeelte (m.n. het Holocene deel) van het land min of meer permanent onder water staan. Het Pleistocene (hoger gelegen) deel van Nederland zou hiervan weliswaar grotendeels bespaard blijven, maar dat betekent niet dat in dat deel van ons land geen drainerende maatregelen zijn toegepast. Ook hier bevinden zich laagten waar in regenachtige perioden inundatie zou plaatsvinden, soms door stagnatie van water, elders door buiten de oevers treden van de lokale beek. Langs vele beken zijn in het verleden z.g. omleidingskanalen gegraven die tot doel hebben in het natte seizoen grote piekafvoeren door de beken af te vlakken. Oudere vormen hiervan (parallele beken, die tevens gebruikt werden bij de bevoeiing van akkers) dragen nu het karakter van een zelfstandig beeksysteem en hebben de oorspronkelijke loop vervangen.

Inundaties komen door allerlei maatregelen nog maar zelden voor. Naast grotere afvoerkanalen worden gebieden met een landbouwkundige gebruiksfunctie doorkruist door tal van sloten en slootjes (detailontwatering) om 'overtollig' regenwater ook uit hoger in het stroomgebied gelegen gronden voldoende snel te kunnen afvoeren. Deze wateren bezitten een belangrijke functie bij de beheersing van het waterpeil in landbouwgronden.

Met het steeds intensiever worden van toegepaste landbouwmethoden (ook: mechanisatie) heeft zich een intensivering van de toepassing van drainage voorgedaan (toepassing van drains, maar ook vergroting slootlengte per ha en/of vergroting ontwateringsdiepte);

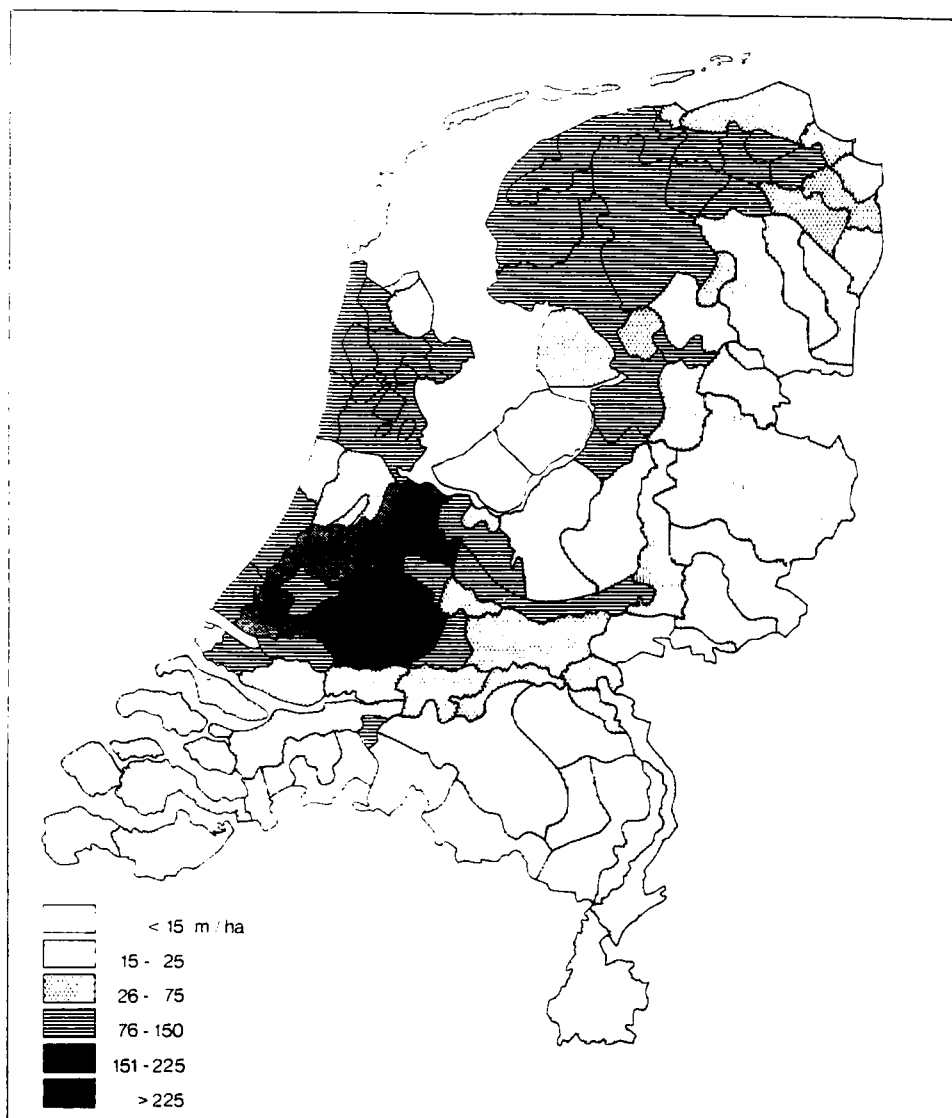


Fig. 3.5 Gemiddelde slootlengte per hectare in Nederland (naar: Bruinsma, 1982).

- a) t.b.v. optimalisatie van het grondwaterstandsregime voor betere groeimogelijkheden van het gewas (toepassing van z.g. drains, om de waterstand op zeer kleine schaal, zonder ruimteverlies, te kunnen regelen, en;
- b) t.b.v. verlenging van het groeiseizoen op plaatsen waar in natte perioden anders niets kan groeien (behalve 'onkruid').
- c) t.b.v. het berijdbaar (zware machines) of beloopbaar (voor vee) maken of houden van de bodem.

Voor de optimalisatie van het landbouwkundig gebruik bestaan richtlijnen (afvoer-, afwaterings- en ontwateringsnormen) voor de ontwatering (dichtheid

en diepte van sloten, greppels en drains) van verschillende bodemtypen en voor verschillende vormen van grondgebruik (zie b.v. Ton & Lourens, 1978). Dergelijke normen zijn vrijwel zonder uitzondering bedoeld om de landbouwproductie te optimaliseren/maximaliseren. Veelal zijn de gehanteerde waarden van de grondwaterstand vanuit ecologisch oogpunt te laag.

Drainage d.m.v. kanalen, sloten, greppels en ingegraven drains vormt één van de belangrijke oorzaken van de versnelling van de afvoer van water uit stroomgebieden. Zuurdeeg (1991) omschrijft dit verschijnsel zeer treffend als het ontstaan van incontinentie van het stroomgebied. De ondergrondse berging van grondwater (dicht onder maaiveld) wordt door drainage beperkt. In figuur 3.6 is globaal weergegeven hoe de aanwezigheid van een drainagekanaal invloed uitoefent op de grondwaterstand.

Twee parameters zijn in dit verband van belang:

- 1) drainagedichtheid: gemiddelde lengte van drainagemiddelen (sloot, greppel, drain) per oppervlakteenheid (b.v. in m/ha of km/km²) per (deel)stroomgebied/beekdaltraject.
- 2) gemiddelde ontwateringsdiepte of drooglegging in m-mv per (deel)stroomgebied/beekdaltraject.

Beide leveren inzicht in de relatieve grootte van de beïnvloeding van de hydrologie door drainage binnen een bepaald stroomgebied.

Gepubliceerde overzichten van de drainagetoestand van de bodem op regionaal schaalniveau zijn vrij schaars. Voornaamste bron van gegevens vormen de instanties die voor het kwantitatief waterbeheer verantwoordelijk zijn (waterschappen).

Ten behoeve van natuurontwikkeling zijn beperkende maatregelen t.a.v. de drainagelengte en ontwateringsdiepte/drooglegging nodig. Hiermee wordt de oppervlakkige berging van water wezenlijk vergroot. Het afvoerverloop van het beek(dal)systeem wordt daardoor minder door directe aanvoer van neerslagwater beïnvloed (minder gepiekt of 'flashy').

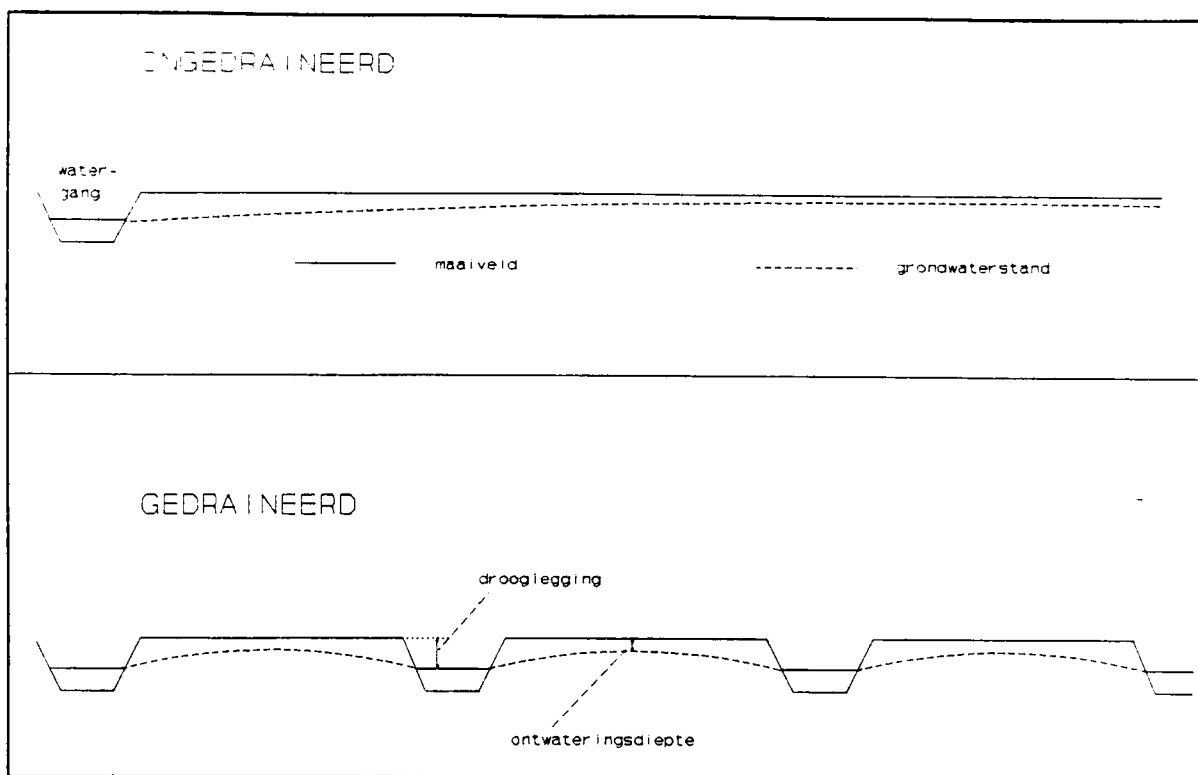


Fig. 3.6 Effect van drainage op de ligging van de grondwaterspiegel

1.5 Grondwateronttrekking

Een andere vorm van hydrologische beïnvloeding wordt gevormd door de winning van grondwater t.b.v. het gebruik als drink- en/of proceswater. Door het onttrekken van water aan een watervoerend pakket ontstaan in het stromingspatroon van grondwater afwijkingen. Rond een puttenveld buigen de stroombanen af in de richting van de pompfilters. De heersende grondwaterstand is lager dan in een niet door winningen beïnvloede situatie.

Effecten van grondwaterwinningen zijn afhankelijk van:

- a) de grootte van de winning (m^3 /jaar),
- b) de diepte van de winning (freatisch, 1^{ste} of 2^{de} WV-pakket) en
- c) de ligging van het zwaartepunt van het puttenveld.

De grootte van de winning bepaalt de grootte van het z.g. intrekgebied, d.i. het gebied waarin het opgepompte water infiltreert. Binnen het intrekgebied kunnen effecten van de winning op het grondwaterstandsregime merkbaar zijn. De grootte en ligging van intrekgebieden kunnen met behulp van hydrologische modellen (b.v. FLOP-3N, SLAEM, MLAEM, Heidelberg et al., 1992) worden berekend.

De diepte van een winning bepaalt in belangrijke mate welke effecten zich

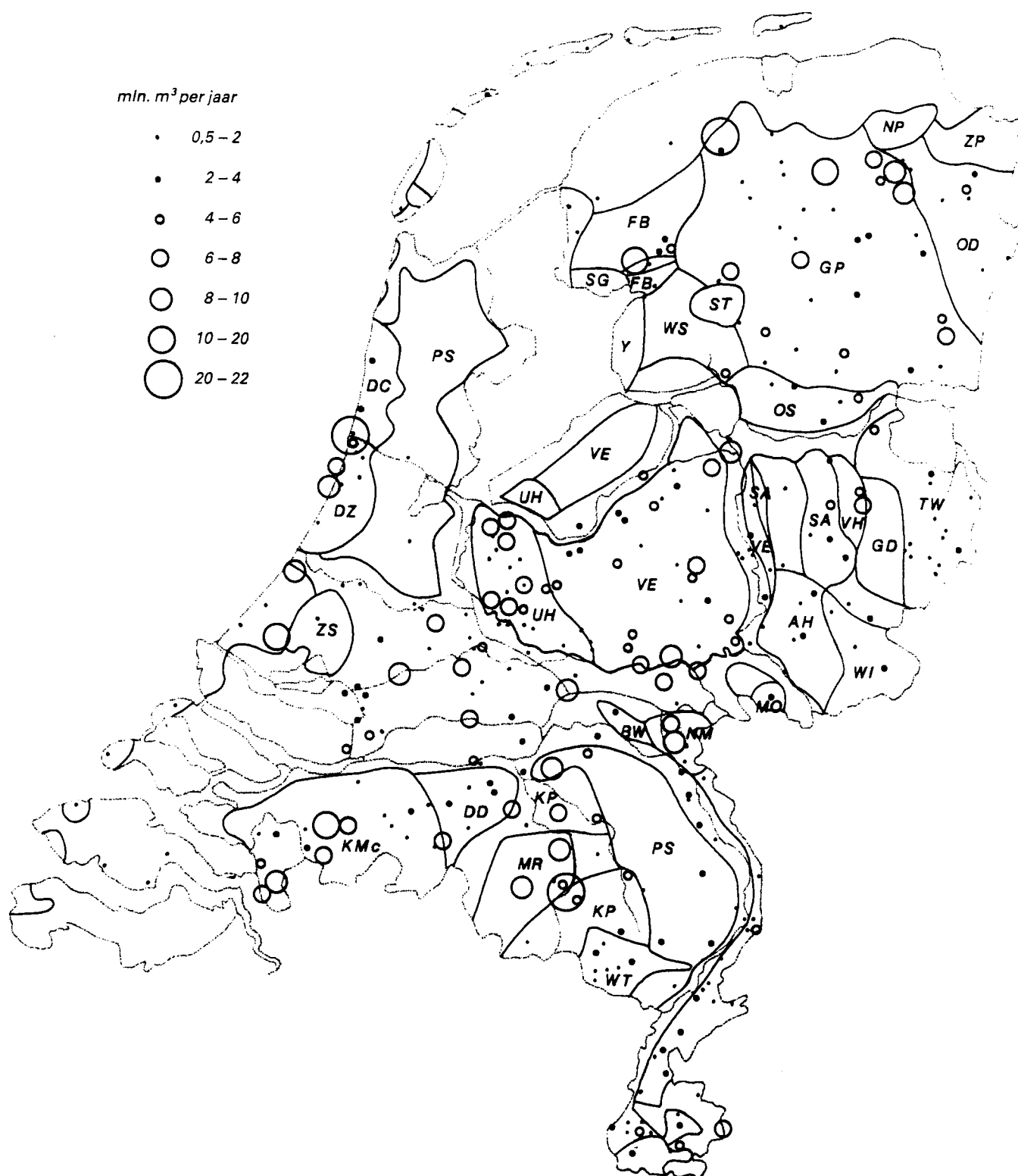


Fig. 3.7 Overzicht van de belangrijkste (drink)waterwinningen in Nederland met een indicatie van hun grootte (uit: Engelen et al., 1989; naar ongepubliceerde gegevens van Garritsen)

zullen manifesteren. Ondiepe (freatische) winningen veroorzaken binnen het intrekgebied een daling van de gemiddelde grondwaterstand (variërend van enkele tot enkele tientallen centimeters). Van diepere winningen is de directe invloed op de grondwaterstand binnen het intrekgebied (door de aanwezigheid van moeilijk doorlatende lagen tussen maaiveld en de pompfilters) geringer. Wel kunnen door diepere winningen kwelpotentialen, vaak voorkomend buiten het intrekgebied, in intensiteit afnemen of zelfs geheel worden opgeheven. Het is bij diepere winningen dikwijls de vraag of het intrekgebied zich wel in de onmiddellijke omgeving van het puttenveld bevindt. Diepe stroombanen, behorend tot de grotere grondwaterstromingsstelsels (Engelen et al., 1989) kunnen immers ver buiten een stroomgebied van een beek hun oorsprong en afzet vinden.

De lokatie van het zwaartepunt van het puttenveld binnen het stroomgebied of stromingsstelsel waarin de winning is gelegen bepaalt in belangrijke mate welke stroombanen worden 'vervormd' en dus ook op welke plaatsen effecten van de winning het meest sprekend zullen zijn.

Een overzicht van de grondwaterwinningen in Nederland is te vinden in Engelen et al. (1989) (zie figuur 3.7). In deze figuur is tevens de grootte van de winningen globaal aangegeven. Niet is vermeld uit welk WV-pakket gepompt wordt.

In een overzicht van de VEWIN (1986) is een inventarisatie uitgevoerd van de drinkwaterwinningen, verzameld in een vijftal mappen.

In deze mappen is uitgebreide informatie te vinden omtrent grootte, ligging en diepte van de 250 winningen van nutsbedrijven.

Niet vermeld zijn industriële e.a. particuliere winningen (o.a. irrigatie). Het voert te ver hier een compleet overzicht te leveren.

Sinds 1986 is de zorg voor inventarisatie van waterwinningen verplaatst van Rijks- naar Provinciaal niveau. Het overzicht van de VEWIN wordt daarom niet meer vernieuwd. In plaats daarvan moeten nu gegevens van waterwinningen worden opgenomen in Provinciale grondwaterbeschermings- en waterhuishoudingsplannen.

In Vissers et al. (1985) zijn voor de Nederlandse zandgronden op de kaartbijlagen de winningspunten uit vnl. freatisch grondwater aangegeven. Rond de winningen zijn de contouren van z.g. grondwaterbeschermingsgebieden (ook 25 jaarszones genoemd) aangegeven.

Door diverse instanties (w.o. KIWA, b.v. Heidelberg & Supèr, 1992; IGG-TNO, b.v. Hoogendoorn, 1992) wordt m.b.v. hydrologische modellen onderzoek gedaan naar de begrenzing van intrekgebieden. In figuur 3.8 is een voorbeeld gegeven van een intrekgebied in Gelderland, dat m.b.v. modellen is geconstrueerd.

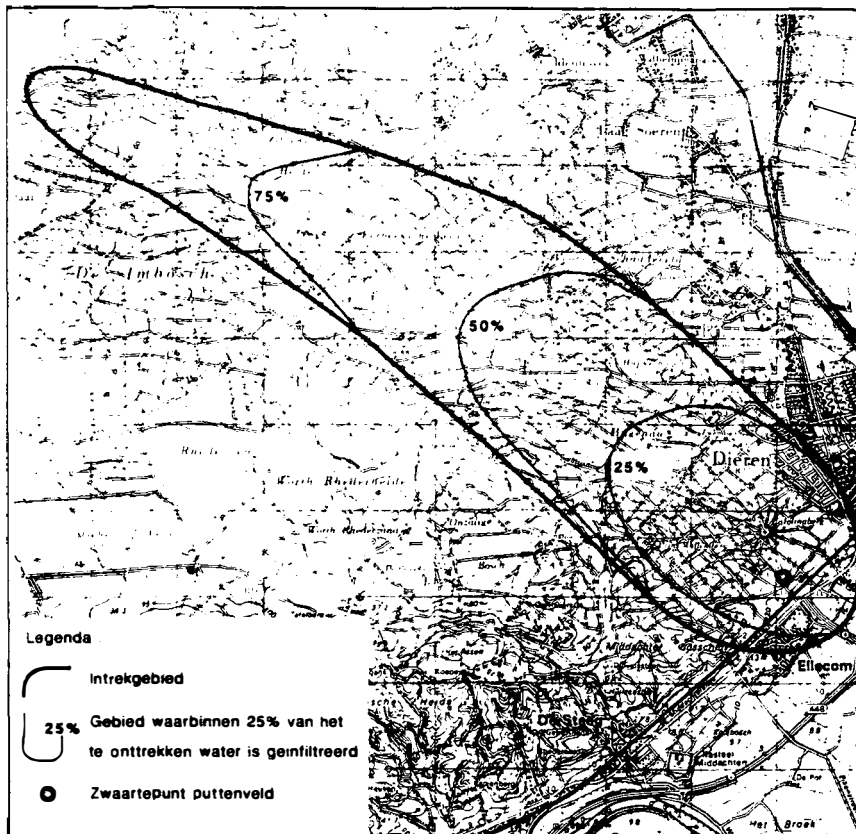


Fig. 3.8 Voorbeeld van het intrekg gebied van de winplaats Ellecom (uit: Heidelberg et al., 1992).

Uit het voorgaande kan worden geconcludeerd dat een aantal grondwaterwinningen in de toekomst t.b.v. van het natuurbeheer en -ontwikkeling ongewenst wordt verklaard en zal moeten worden verplaatst. Verplaatsing zal dan moeten plaatsvinden naar een lokatie waar minder ingrijpende effecten t.a.v. daling van de grondwaterstand en bedreiging van natuurwaarden te verwachten is. Engelen (1990) geeft in dit verband een overzicht van z.g. 'strategische' watervoorraden in Nederland. Daarbij gaat o.a. aandacht uit naar winbare hoeveelheden water onder de bedding en in de directe omgeving van de grote rivieren, waarbij de rivier als infiltratiebekken dienst doet. Bij sommige waterleidingbedrijven gaan stemmen op winningen naar lager gelegen lokaties te verplaatsen (in gebieden met kwel), of drinkwater te bereiden uit oppervlaktewater, zoals dat in het westen van het land (Biesbos) gebeurt.

1.6 Normalisatie, kanalisatie en regulatie

Een maat voor de mate waarin de morfologie en de afvoer van een beek is beïnvloed, is de lengte waarover het profiel en de afvoer van de beek door menselijk handelen wordt onderhouden en beheerst. Veel beken worden op z.g. normprofiel gehouden (normalisatie) om inundatie te voorkomen. Wanneer voormalige bochten zijn afgesneden en het profiel d.m.v. beschoeiing

e.d. vastgelegd spreekt men van kanalisatie. Wanneer het peil en de afvoer in de beek d.m.v. kunstwerken (stuwen, overlaten e.d.) kan worden geregeld spreekt men van regulatie.

Normalisatie wordt van oorsprong toegepast om de afvoercapaciteit van watergangen (vooral in natte perioden) te vergroten, ter voorkoming van inundaties in de omgeving van midden- en benedenlopen. Door drainage wordt immers water versneld naar de beek afgevoerd, wat tot een verhoging van de piekafvoeren door de beek leidt. Bovendien werd voor hydrologen de rekentechnische hanteerbaarheid van watergangen vergroot door het toepassen van standaard normprofielen. Tegenwoordig zijn ook onregelmatig(er) gevormde profielen rekentechnisch hanteerbaar (mond. med. Gelok).

Normalisatie veroorzaakt een aanzienlijk verlies aan structuurdifferentiaties (habitats en microhabitats) doordat:

- a) een eenvormige structuur wordt geïntroduceerd (standaard breedte en diepte, standaard hellingshoeken van de, soms verstevigde, oevers), en
- b) morfologische processen die zorg dragen voor het ontstaan van structuurdifferentiaties (m.n. in bochten) door afsnijding van meanders en door onderhoud (= verwijderen van nieuw ontstane structuren) van het normprofiel teniet worden gedaan.

Door overdimensionering (gebaseerd op een eenmaal per jaar of per twee jaar voorkomende hoge afvoer) wordt door normalisatie de stroomsnelheid in droge perioden vrijwel tot 0 gereduceerd. Ook komt, vaker dan voorheen het geval was, het periodiek droogvallen van de bedding voor (m.n. bovenstrooms).

Op hoger gelegen plaatsen leidt de versnelde afvoer van water door de beek in veel stroomgebieden tot watertekort. De huidige verdrogingsproblematiek is daarom mede een gevolg van vroegere 'normalisatie'praktijken.

Een beeld van wat normalisatie voor de morfologie van een watergang betekent is weergegeven in figuur 3.9 (uit: Tolkamp, 1983).

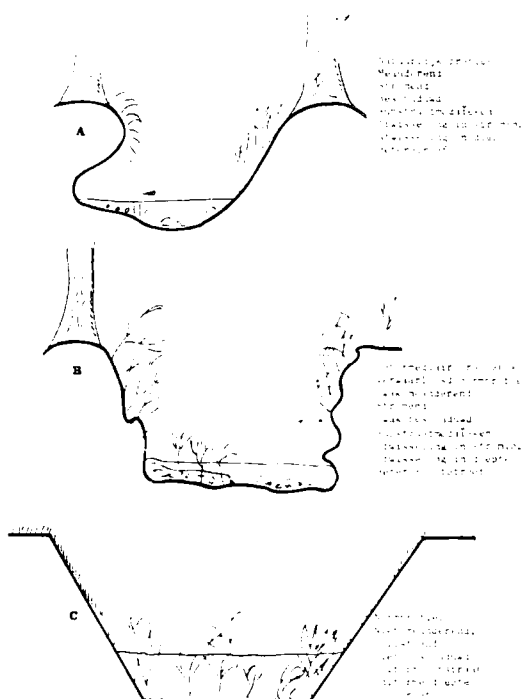


Fig. 3.9 Vormen van beekprofielen bij een verschillende graad van normalisatie: a) niet genormaliseerd 'natuurlijk' profiel (niet onderhouden), b) z.g. verwaarloosd normprofiel (voorheen met handkracht onderhouden) en c) genormaliseerd profiel (mechanisch onderhouden) (uit Tolkamp, 1983).

Kanalisisatie is vooral veel toegepast bij ruilverkavelingen. Onregelmatig lopende beken werden rechtgetrokken en er werden 'nette' bochten aangebracht. Zo ontstonden 'nette' kavels met strakke grenzen. Bescherming van oevers en bodem was vaak nodig om de beek op zijn plaats te houden en om het onderhoud in morfologisch instabiele situaties te beperken. Het vastleggen van oevers en bodem houdt een verdere beperking van de structuurdifferentiatie in dan normalisatie.

Met beekregulatie (het in drogere perioden opstuwen van water) wordt op veel plaatsen water vastgehouden. Stuwen en overlaten zijn weliswaar in staat versnelde afvoer ten dele te voorkomen. Hun functie is echter, als het stroomgebied lijdt aan incontinentie (Zuurdeeg, 1991), vergelijkbaar met die van een luier. Door regulatie wordt de stroming in de beek periodiek stilgelegd. Voor beken karakteristieke morfologische processen (erosie, sedimentatie, ontstaan van mozaïekstructuren) beperken zich tot trajecten binnen stuwpannen. De levensgemeenschap in de beek verschuift naar groepen van soorten die voor hun voortbestaan niet direct afhankelijk zijn van de aanwezigheid van stroming (gemeenschappen vergelijkbaar met gemeenschappen uit stagnante wateren). Karakteristieke beekorganismen verdwijnen naar de achtergrond of verdwijnen geheel.

In sommige gebieden worden watertekorten aangevuld door het inlaten van z.g. gebiedsvreemd water. Dikwijls moet gebruik gemaakt worden van (eutroof en/of toxisch) rivierwater, dat de gebiedseigen kwaliteit van het overige water niet ten goede komt.

Dwars en lengteprofielen van een natuurlijke en een gereguleerde beek zijn geschetst in figuur 3.10. Daarnaast is te zien hoe dezelfde beek er na herinrichting uit zou kunnen zien.

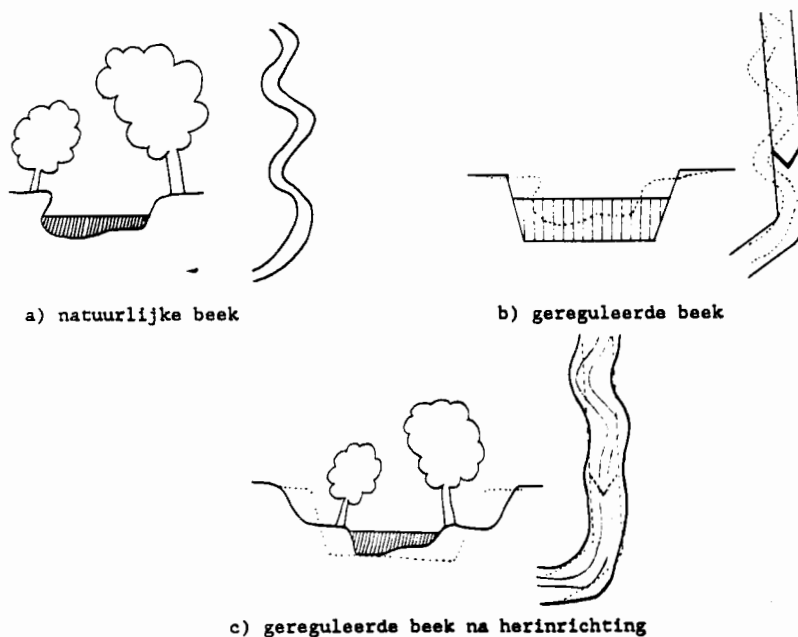


Fig. 3.10 Dwars- en lengteprofiel van een natuurlijke (a), een gereguleerde (b) en een gereguleerde beek na herinrichting (c).

Normalisatie- en kanalisatiegraad kunnen worden uitgedrukt in km genormaliseerde/gekanaliseerde beeklengte of als percentage van de totale beeklengte/trajectlengte.

De regulatiegraad is uit te drukken als de lengte van een beek of beektraject waarin de afvoer/waterstand actief wordt geregeld of als percentage van de totale beeklengte/trajectlengte.

Ten behoeve van natuurontwikkeling zal in veel beken de normalisatie-, kanalisatie- en regulatiegraad moeten worden teruggebracht. Voor natuurdoeltypen behorend tot HGr 1 en 2 ('nagenoeg natuurlijk' en 'begeleid natuurlijk') geldt dat normalisatie, kanalisatie en regulatie niet kan worden toegestaan (m.u.v. van b.v. passage van bruggen e.d.). Voor andere natuurdoeltypen geldt dat moet worden gestreefd naar zo min mogelijk van de voornoemde ingrepen. Daarbij spelen de praktische haalbaarheid en de financiële consequenties van het saneren van eerder aangelegde voorzieningen een grotere rol.

Informatie over normalisatie, kanalisatie en regulatie komt zeer verspreid voor. Een landelijk overzicht (bijv. per stroomgebied) ontbreekt. Jaarverslagen van water- en zuiveringsschappen, waarin kaarten zijn opgenomen van het beheerde oppervlaktewater, bieden dikwijls nog het meeste inzicht.

In enkele rapporten zijn kaarten opgenomen van beekstelsels waarin is aangegeven waar genormaliseerde trajecten zich bevinden en/of waar zich stuwen bevinden. Voorbeelden hiervan zijn:

Geesink en Romeijn (1990): stroomgebied Beerze/Reusel (Bijlage 3)

Torenbeek & van Gijsen (1990): stroomgebieden in Drenthe (Figuur 26)

Semmekrot (1991): Geul en Berkel (Bijlagen 8 en 9)

1.7 (An)organische belasting door lozingen

Onder lozingen moet in dit verband worden verstaan: effluënten van rioolwaterzuiveringsinstallaties (r.w.z.i.'s), overstorten van ongezuiverd rioolwater en lozingen van industriële aard. Hieraan kunnen afvoerpunten van drainagestelsels worden toegevoegd.

Effluënten van r.w.z.i.'s (gedeeltelijk organisch) en uitlopen van drainagestelsels moeten worden beschouwd als bronnen van vooral anorganische stoffen (nutriënten). Riooloverstorten zijn vooral bronnen van organische stoffen. Industriële lozingen zijn van zeer uiteenlopende aard en kunnen naast een bron van (an)organische belasting toxische stoffen bevatten.

Lozingen in beken veroorzaken dikwijls ingrijpende wijzingen in de chemische en biologische processen en evenwichten.

Opgeloste organische stoffen doen daarbij vooral een beroep op de beschikbaarheid van zuurstof. Bij de (verhoogde) microbiële afbraak of bij chemische oxidatie wordt zuurstof gebruikt. In weinig of niet stromend water kan een dergelijke lozing leiden tot voor beekorganismen onoverkomelijk lage zuurstofgehalten. Verder benedenstreams van een organische lozing is veelal sprake van een verhoging van de gehalten van opgeloste zouten (w.o. nitraat en fosfaat: nutriënten) hetgeen leidt tot een voedselrijker milieu.

Dergelijke verschuivingen treden direct op in trajecten waar lozingen van anorganische stoffen plaatsvinden. Hierdoor worden van nature aanwezige gradiënten in het beeksysteem (b.v. geleidelijke toename voedselrijkdom van

oligotroof/ombrotroof naar mesotroof in sommige gevallen tot eutroof) gemaskeerd. Het voorkomen van eutrofe en hypertrofe situaties is geen uitzondering. Het beekecosysteem reageert hierop door een toename van plantaardige organismen (algen en macrofyten) wat dikwijls gepaard gaat met een toename van dierlijke organismen die een bepaalde associaties vertonen met macrofyten en algen. Soorten, behorend tot de oorspronkelijke stromend-waterfauna, verdwijnen geleidelijk. In veel gevallen ontstaat een ecosysteemtype dat vergelijkbaar is met dat in sloten.

Lozingen kunnen worden gelokaliseerd en gekarakteriseerd a.h.v.:

- a) aard v/d lozing; organisch (DOM/BOD); anorganisch (N/P/K), evt. toxicanten.
- b) hoogte van de belasting (kg DOM/BOD/dag, kg N/dag, kg P/dag, kg K/dag).

Het effect van een lozing, afhankelijk van de omvang, is doorgaans groter naarmate het ontvangende water kleiner is en/of langzamer stroomt (verdundingseffecten). Daarbij komt dat een lozing in het bovenstroomse deel van een beek een negatieve uitwerking heeft in het gehele benedenstrooms gelegen gebied.

In het kader van natuurontwikkeling zal daarom een afweging moeten plaatsvinden in welke beektrajecten welke lozingen worden toegestaan, om aan de randvoorwaarden m.b.t. nutriënten (NO_3^- , NO_2^- , PO_4^{2-} , K^+) en organische stoffen (opgelost O_2 , NH_4^+ , BOD/DOM) in verschillende doeltypen te kunnen voldoen.

Informatie over lozingen en overstorten is aanwezig bij de water- en zuivering-schappen en voor rijkswateren bij Rijkswaterstaat. Veelal worden (beperkte) gegevens gepubliceerd in jaarverslagen.

1.8 Lozingen van toxische stoffen

Lozingen van huishoudelijk en industriële aard kunnen allerlei microverontreinigingen bevatten die een belasting voor het ecosysteem in de beek betekenen. Dit wordt veroorzaakt doordat de op huishoudelijk afvalwater toegepaste zuiveringstechnieken niet zijn toegesneden op het verwijderen van deze verontreinigingen. Industriële afvalwaterstromen vertonen vaak (toege-stane) restlozingen van microverontreinigingen.

Een belangrijke bron van toxische stoffen was voorheen het m.b.v. onkruidbestrijdingsmiddelen onderhouden van watergangen en oevers. Deze praktijk wordt echter in toenemende mate als onacceptabel ervaren en wordt nauwelijks meer toegepast.

Tot de belangrijkste microverontreinigingen, voorkomend in huishoudelijke en industriële afvalwaterstromen, behoren zware metalen, polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAK's) en polychloorbifenylen (PCB's).

Zware metalen en organische verbindingen worden, doordat ze voorkomen in minder goed oplosbare complexen, in watersystemen dikwijls aangetroffen gebonden aan het bodemsubstraat (slib). Vervuiling van de waterbodem met toxische verbindingen heeft dikwijls een desastreus effect op de aanwezige levensgemeenschap. Veel stromend waterorganismen leven in of nabij de

waterbodem. Vele voeden zich met bodemmateriaal. Accumulatie van toxische stoffen leidt tot een verminderd prestatievermogen, grotere vatbaarheid voor ziekten en in ernstige gevallen tot sterfte. Van sommige toxische stoffen (m.n. metalen zoals lood, cadmium en kwik) is bekend dat de effecten ervan zich kunnen uitstrekken tot de organismen die bovenaan in de voedselketen staan. Van verschillende top-predatoren is bekend dat zij toxische verbindingen kunnen accumuleren, wat uiteindelijk kan leiden tot sterfte. Een voorbeeld van een soort die mede door accumulatie van toxische stoffen (waarschijnlijk zware metalen/PCB's) is verdwenen is de otter. Van een aantal soorten beekvissen kan hetzelfde worden vermoed.

Organische verbindingen zoals PAK's en PCB's vertonen vaak meer direct toxische effecten bij allerlei organismen, hetgeen kan leiden tot het algeheel verdwijnen van soorten op plaatsen waar microverontreinigingen aanwezig zijn.

Door de veelheid van verschillende stoffen en verschillende soorten organismen is het zeer moeilijk ecologisch acceptabele normen vast te stellen. Aan de ontwikkeling van dit soort normen wordt door diverse instanties al enige jaren gewerkt in het kader van het VROM Programma PEIS (Project Ecologische Inpasbaarheid Stoffen).

Jarenlange lozingen van microverontreinigingen hebben op verschillende plaatsen in ons land, ook in beken, geleid tot het ernstig vervuild raken van de waterbodem. Dit soort locaties wordt vaak gekenmerkt door het voorkomen van een ernstig aangetaste levensgemeenschap, waarin slechts enkele soorten aan de vervuiling het hoofd kunnen bieden.

Wanneer voor een dergelijke locatie plannen bestaan voor natuurontwikkeling/beekherstel is sanering van de waterbodem dan ook één van de eerste prioriteiten.

Ook in het terrestrische milieu kunnen microverontreinigingen een hinderpaal voor de ontwikkeling van natuurwaarden betekenen. Van het jarenlang gebruik van (in sommige gevallen zeer persistente) bestrijdingsmiddelen op voormalige landbouwgronden zullen op veel plaatsen sporen zijn terug te vinden. Hierdoor kan de ontwikkeling van vegetaties bestaande uit 'onkruiden' mogelijk danig worden vertraagd.

1.9 Atmosferische depositie

De kwaliteit van de neerslag in Nederland is sinds het begin van de Industriële Revolutie geleidelijk veranderd. "Natuurlijk" regenwater is zwak zuur (pH 5,5) en bevat weinig opgeloste mineralen. De zuurgraad van hedendaagse neerslag ligt in de orde van pH 3,5-5,0 (d.w.z. somms 100 x "zuurder"). Naast z.g. natte depositie (opgelost in neerslagwater = 1/3) is er sprake van z.g. droge depositie (= 2/3) (Van Aalst, 1984). Deze verhouding is sterk afhankelijk van lokale omstandigheden. De genoemde getallen gelden als landelijk gemiddelde.

Niet alleen brengt de kwaliteitsverandering problemen met zich mee op het gebied van verzuring (van oppervlaktewateren en bodems), met name in gebieden die van nature mineralenarm zijn (infiltratiegebieden: droge heide, hoogveen) heeft de niet aflatende stroom van mineralen uit de atmosfeer een

relatief sterk bemestend effect. In figuur 3.11 zijn voor zure, zwavel- en stikstofhoudende neerslag gevoelige gebieden aangegeven (Leuven & Schuurkes, 1985; Leuven, 1988).



Fig. 3.11 Gebieden die gevoelig zijn voor zure-, zwavel- en stikstofhoudende neerslag (uit: Leuven en Schuurkes, 1985)

In Nederland speelt m.n. in gebieden op (kalkarme) zandgronden de depositie van ammonium (NH_4^+) dat wordt verspreid door intensieve veeteeltbedrijven (die in die gebieden, juist vanwege het voorkomen van slechte (kalkarme) akkerbouwgrond, geconcentreerd voorkomen) een vooraanstaande rol in deze problematiek (Leuven & Schuurkes, 1985). De situatie in Nederland, één van 's werelds grootste vleesproducenten, is om deze reden uniek t.o.v. die in andere landen. In figuur 3.12 is een overzicht te zien van de hoogte van de depositie van potentieel zuur ($= \text{H}^+ + 2x \text{NH}_4^+$) in Nederland (uit: Heij & Schneider, 1991).

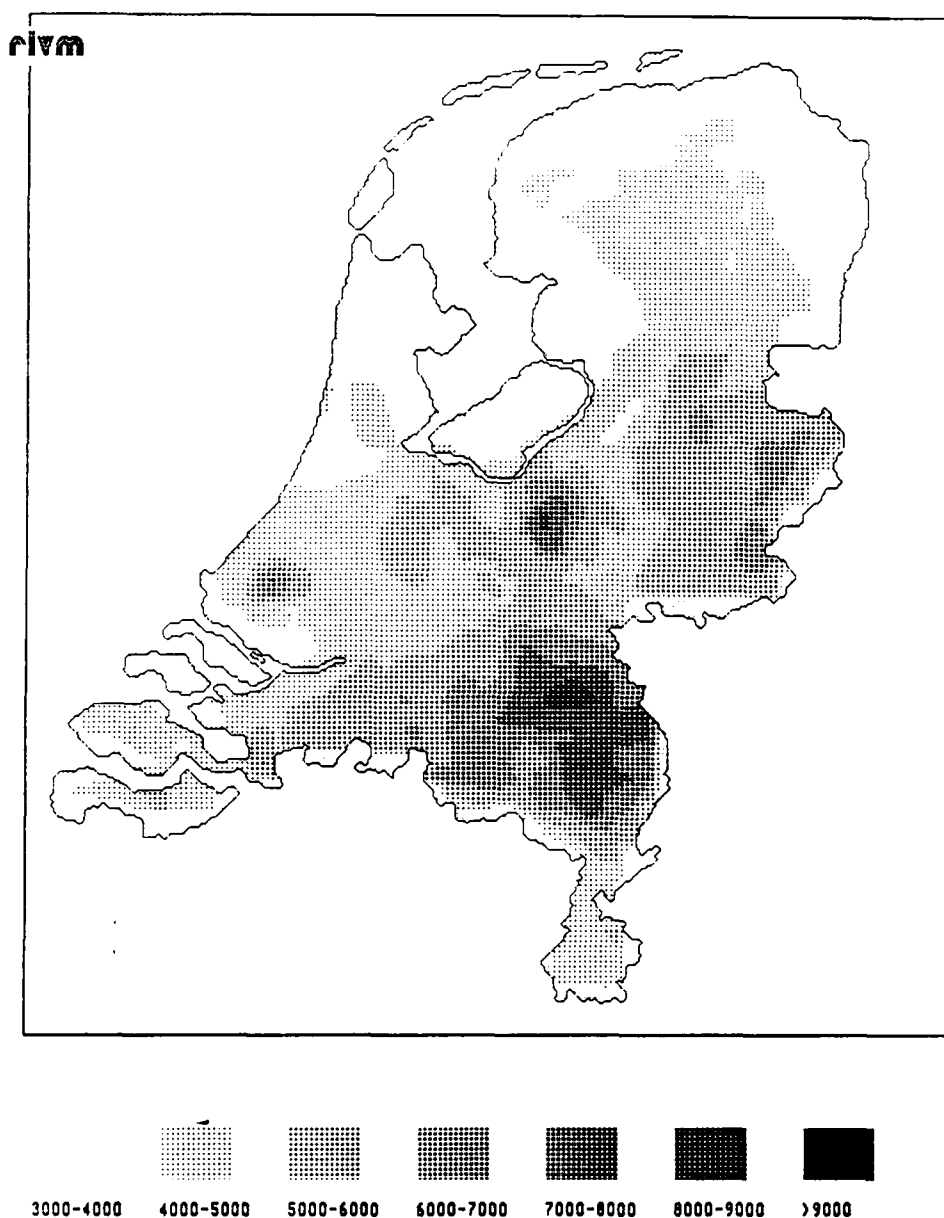


Fig. 3.12 Totale depositie van potentieel zuur in 1989 ($\text{mol H}^+/\text{ha,jaar}$) (uit: Heij & Schneider, 1991).

Verzuring van oppervlaktewateren beperkt zich, tot op heden, veelal tot sterk regenwater-afhankelijke, stilstaande wateren (vennen en poelen). Stromende wateren, die in het algemeen veel meer grondwater-afhankelijk zijn, kunnen in de bovenloop enigszins verzuring vertonen. Bij passage door de bodem wordt zuur water o.i.v. kalk geneutraliseerd.

De toename van stikstof- en zwavelverbindingen in de depositie verhoogt de voedselrijkdom in oorspronggebieden van stromende wateren. Vooral in infiltratiegebieden kan a.g.v. uitloging en depositie verzuring van de bovenste bodemlaag voorkomen, wat een bedreiging betekent voor de aanwezige

vegetatie en voor de toekomstige ontwikkeling van de vegetatie. Beschrijvingen van effecten van verzuring/verrijking op terrestrische en aquatische ecosystemen in gebieden met stromend water zijn nog vrij schaars.

LITERATUUROVERZICHT

- Adriaanse, P.I. & R.H. Kemmers, 1988. Bufferzones tegen nitraatinspoeling in beekdalen; ontwikkeling van een methode voor het vaststellen van de ligging en breedte. ICW Rapport 27, ICW, Wageningen.
- Bots, W.C.P., P.C. Jansen & G.J. Noordewier, 1978. Fysisch-chemische samenstelling van oppervlakte- en grondwater in het noorden des lands. ICW regionale studies 13. Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding, Wageningen.
- Breeuwsma, A., J.G.A. Reijerink & O.F. Schoumans, 1990. Fosfaatverzadigde gronden in het Oostelijk, Centraal en Zuidelijk zandgebied. Rapport Staringcentrum 68, Wageningen.
- Breeuwsma, A. & H.A.C. Verkerk, 1990. Milieu-effecten van nitraat en fosfaat uit dierlijke mest: problemen en oplossingen: verslag van een themamiddag. Onderzoek inzake mest- en ammoniakproblematiek in de veehouderij; 7, DLO, Wageningen.
- Bruinsma, P., 1982. Ruimtelijke hydrologische relaties, een inventarisatie op landelijke schaal. Intern verslag. Rijksinstituut voor Natuurbeheer, Leersum.
- CUWVO, 1988. Ecologische normdoelstellingen voor nederlandse oppervlaktewateren. Coördinatiecommissie Uitvoering Wet Verontreiniging Oppervlaktewater.
- Engelen, G.B., J.M.J. Gieske & S.O. Los, 1989. Grondwaterstromingsstelsels in Nederland. Achtergrondreeks Natuurbeleidsplan nr. 2, Min. van LNV, 's-Gravenhage
- Engelen G.B., 1990. Strategische watervoorraden in Nederland. Een verkennende studie op basis van hydrologische systeemanalyse. Eindrapport. DGV-TNO Rap. Nr. OS 90-62A. DGV/IGG-TNO, Oosterwolde/Delft.
- Geesink, A.H. & E. Romeijn, 1990. Geomorfologische aspecten van beekherstel in het kader van natuurontwikkelings-projecten. Interne Mededelingen nr. 109, Staringcentrum, Wageningen.
- Heij, G.J. & T. Schneider (red.), 1991. Acidification research in The Netherlands. Final report of the Dutch priority programme on acidification. Studies in Environmental Science 46, RIVM, Bilthoven. Elsevier, Amsterdam.
- Heidelberg, E.E. & J. Supèr, 1991. Globale berekening intrekgebieden in de provincie Gelderland. SWO 91.231. KIWA, Nieuwegein.
- Heidelberg, E.E., J. Supèr & F.J.G. Padt, 1992. Intrekgebieden in de provincie Gelderland. H₂O (25) 4, 98-101.
- Hoogendoorn, J.H., 1992. Hydrologische systeemanalyse Dinkeldal/Bornse Beek. Een analyse van het grondwaterstromingspatroon, ondersteund met numerieke modellering. TNO rapport OS 92-37 B. IGG-TNO, Oosterwolde.
- Kroes, J.G., C.W.J. Roest, P.E. Rijtema & L.J. Locht, 1990. De invloed van enige bemestingsscenario's op de afvoer van stikstof en fosfor naar het oppervlaktewater in Nederland. Rapport Staringcentrum no. 55, SC-DLO, Wageningen.
- Leuven, R.S.E.W. & J.A.A.R. Schuurkes, 1985. Effecten van zure neerslag op zwak gebufferde en voedselarme wateren. Publikatiereeks Lucht 47. Min. van VROM, 's-Gravenhage.
- Leuven, R.S.E.W., 1988. Impact of acidification on aquatic ecosystems in The

- Netherlands with emphasis on structural and functional changes. Diss. KU Nijmegen. Krips Repro, Meppel.
- Ministeries van Volhuisvesting en Ruimtelijk Ordening/Landbouw en Visserij, 1986. Wet Bodembescherming. Staatsuitgeverij, 's-Gravenhage.
- Meyerink, A.N.J., 1978. Water in het landschap. *Natuur en Techniek* 46 (12).
- Semmekrot, S., 1991. Analyse van het ecologisch potentieel van beken in Nederland voor Salmoniden. OVB-Onderzoeksrapport 1992-1, OVB, Nieuwegein.
- Tolkamp, H.H. 1983. Beken in Noord- en Midden-Limburg. *NATURA* 80 no.1(904): 94-102.
- Ton, H. & J. Lourens, 1978. Inventarisatie van de waterbeheersing. Werkgroep inventarisatie landbouw, Landinrichtingsdienst, Utrecht.
- Torenbeek, R. & M.E.A. van Gijsen, 1990. Ecologische doelstellingen en beoordelingsmethode voor stromende wateren in Drenthe. Zuiveringsschap Drenthe, Assen.
- Van Aalst, R.M., 1984. Depositie van verzurende stoffen in Nederland. In: Adema E.H. & J. van Ham (red.), 1984. Zure regen: Oorzaken, effecten en beleid. Proc. Symp. 's-Hertogenbosch. Pudoc, Wageningen.
- Van Dort, T.C.M. & R.H. Kemmers, 1988. Bufferzones tegen nitraatinspoeling in beekdalen; vuistregels voor de bepaling van de omvang. ICW Rapport no. 35, ICW, Wageningen.
- Van Dort, T.C.M. & R.H. Kemmers, 1990. Het bepalen van de ligging en omvang van bufferzones tegen inspoeling van nitraat voor een viertal beekdalen in Noord-Brabant. Rapport 37, Staringcentrum, Wageningen.
- Veen, A., 1992. Waterverbruik van bossen. *Landschap* 9 (1), 3-16.
- VEWIN, 1986. Provinciale overzichten win- en produktiemiddelen. Vereniging van waterleidingbedrijven in Nederland, Rijswijk.
- Vissers, H.J.S.M., N.H.S.M. de Wit & W. Bleuten, 1985. Ruimtelijke effecten van bemesting via ondiep grondwater. Bedreiging van de kwaliteit van grond- en oppervlaktewater en gevolgen voor de natuur en waterwinningen op de Nederlandse zandgronden. Vakgroep Fysische Geografie, RU, Utrecht.
- Zuurdeeg, N., 1991. Water wijst de weg. Samenhangen in het landschap van de Achterhoek. *Natuur en landschap in de Achterhoek* (5) no. 3/4: 98-106.

2. MAATREGELLEN TEN BEHOEVE VAN NATUURONTWIKKELING

2.1 Inleiding: Indeling van maatregelen

Maatregelen ten behoeve van natuurontwikkeling betreffen inrichtings- en beheermaatregelen. Beide termen impliceren dat bepaalde handelingen verricht moeten worden. Omdat natuurontwikkeling in essentie vaak betekent dat de invloed van menselijke activiteiten in een gebied moet worden vermindert, moeten ook investeringen in het juist niet verrichten van bepaalde handelingen als maatregelen worden beschouwd. Goede voorbeelden van dit soort maatregelen zijn te vinden in beheerovereenkomsten met boeren in Relatienotagebieden waarvoor een vergoeding wordt verstrekt.

Inrichtingsmaatregelen worden eenmalig aan het begin of tijdens het ontwikkelingsproces uitgevoerd. Deze hebben tot doel een bestaande toestand zo te wijzigen dat gunstiger voorwaarden ontstaan voor de verdere ontwikkeling. Beheermaatregelen zijn periodiek terugkerende ingrepen tijdens het ontwikkelingsproces ter begeleiding van dat proces of t.b.v. het behouden van een eenmaal bereikte toestand.

Het onderscheid tussen inrichting en beheer is vaak niet scherp. Maaien en afvoeren met als doel het verschrallen van een stuk land is op te vatten als een periodiek terugkerende inrichtingsmaatregel.

Op basis van de plaats waar een maatregel wordt toegepast is onderscheid te maken in interne (binnen het te beschermen gebied) en externe maatregelen (buiten het te beschermen gebied). Beide kunnen inrichtings- en beheermaatregelen betreffen. In beide groepen kunnen verschillen voorkomen in het schaalniveau waarop een maatregel wordt toegepast. Naast maatregelen op perceelsniveau (lokaal) komen ingrepen voor die het gehele beekdal of het gehele stroomgebied betreffen.

Maatregelen die tot doel hebben de mate van menselijke beïnvloeding van ecosystemen terug te dringen richten zich veelal op het hele stroomgebied (of een welomgrend deel daarvan), waarbij het zwaartepunt (de grootste beperking) binnen het beekdal zelf ligt. Voorbeelden hiervan zijn het beperken van drainage en bemesting.

Een stroomgebied is een in één richting doorstroomd systeem, waarbij de beek als ultieme resultaat van het stromingsproces moet worden beschouwd. Van het verschijnsel stroming kan bij inrichting en beheer nuttig gebruik worden gemaakt. Veel maatregelen kunnen in eerste instantie worden toegepast in het bovenstroomse deel van het stroomgebied. Zo kan een eventuele positieve uitwerking in stroomafwaartse richting doorwerken. Door een stroomafwaarts gerichte werkwijze worden de kansen voor natuurontwikkeling optimaal uitgebuit.

Voor grensoverschrijdende beken, waarvan het bovenstrooms gelegen gebied buiten onze invloedssfeer ligt, houdt het voorgaande een belangrijke beperking van de mogelijkheden van natuurontwikkeling in.

Een andere complicerende factor is dat stroomgebieden hydrologisch gezien vaak niet geheel gesloten zijn. Vele stroomgebieden ontvangen of verliezen,

omdat ze zijn ingebed in grotere stromingsstelsels, water van of naar diepere stroombanen die hun oorsprong vinden, resp. opkwellen in andere stroomgebieden. Kwantificeren van dit soort stromen wordt vaak bemoeilijkt doordat de capaciteit van hydrologische modellen het modelleren van grotere gebieden met een voldoende hoge mate van detail (nog) niet toelaat.

Soms worden 'lekken' veroorzaakt doordat kunstmatig water tussen stroomgebieden wordt uitgewisseld. Transport over waterscheidingen heen vindt plaats via gegraven watergangen. De aanwezigheid van dergelijke watergangen maakt de hydrologische situatie en ook het modelleren ervan, vaak gecompliceerd. Gegraven watergangen hebben een eigen stroomgebiedje in beide naast elkaar liggende stroomgebieden, waarvan de grenzen in hoofdzaak door de hoogte van de grondwaterstand en het gevoerde peilbeheer wordt bepaald. De oppervlakte van dit gebied, het debiet en soms ook de stromingsrichting van de watergang zijn daardoor sterk variabel. Ook de oppervlakte van beide, gekoppelde, stroomgebieden vertoont een grotere mate van variabiliteit. Het is daarom wenselijk het praktische nut van de aanwezigheid van dit soort watergangen kritisch te beschouwen en eventueel sanering van kunstmatige 'lekken' in overweging te nemen.

Een gevolg van de aanwezigheid van stroming door het stroomgebied naar de beek toe is tevens dat er een afhankelijkheidsrelatie bestaat in het beheer. Waterbeheerders, de de beek en z'n onmiddellijke omgeving (schouwpad) beheren, zijn daarbij afhankelijk van de activiteiten van terreinbeheerders, die verantwoordelijk zijn voor gronden in het beekdal en evt. daarbuiten. Via het beheer van waterstanden (ook grondwaterstand) zijn terreinbeheerders op hun beurt afhankelijk van de activiteit van waterbeheerders. Deze relaties worden in het beheer nog onvoldoende onderkend. Voor natuurontwikkeling is samenwerking tussen water- en terreinbeheerders in beekgebieden van groot belang.

2.2 Maatregelen waarmee klimatologische randvoorwaarden worden beïnvloed

Beplanting gericht op het beïnvloeden van de hoogte van de verdamping

De hoogte van het neerslagoverschot wordt door menselijke activiteiten beïnvloed. De hoogte van de verdamping is immers afhankelijk van het type landgebruik en van de vegetatie. Hoe deze beïnvloeding kan worden gerelateerd aan de afvoer van neerslagwater uit stroomgebieden is onvoldoende bekend (Meinardi, 1988; evapotranspiratiefactor).

Verdampingscijfers (f-factoren) uit de literatuur (Jansen, 1986; zie tabel 2.2) doen vermoeden dat in het verleden (voordat bossen werden gekapt en hoogvenen opgeruimd) de verdamping hoger is geweest. Als gevolg hiervan zou men kunnen concluderen dat de afvoeren door beken voorheen structureel lager zijn geweest dan tegenwoordig het geval is.

Een maatregel die de hoogte van de verdamping zou kunnen beïnvloeden is het gericht vergroten of verkleinen van het areaal van vegetatietypen met een hoge (oudere bossen, hoogvenen, ruige oevervegetaties), of juist een lage (droge en natte heide, grasland) verdamping. Door vergelijking van afvoergegevens is mogelijk een indruk te verkrijgen van de mogelijke invloed van gerichte beplantingsmaatregelen. Doordat de totale hoeveelheid te transpor-

teren water wordt verkleind of vergroot t.o.v. de huidige situatie, zou ook de hydrologie van een stroomgebied of deelstroomgebied in beperkte mate kunnen worden gestuurd. Een dergelijke maatregel is echter nooit tevoren toegepast.

2.3 Maatregelen waarmee (geo)morfologische randvoorwaarden worden beïnvloed

Voorgeschiedenis

Het voorkomen van hoge afvoerpieken, die t.a.v. wijzigingen van de morfologie van het stroombed een belangrijke functie kunnen vervullen (Wolfer, 1992) en waarbij overstromingen optraden, zijn in de loop van de geschiedenis door vele maatregelen aan banden gelegd.

Ter bestrijding van overstromingen was een beter te controleren afvoerverloop nodig. Dit heeft ertoe geleid dat in het verleden vele kilometers beek (95% van de totale beeklengte in Nederland) op z.g. normprofiel is gebracht (normalisatie). Hierbij wordt het profiel hierbij verruimd (breder en dieper gemaakt). Ook werden wel extra watergangen gegraven (omleidings- of laterale kanalen) die een gedeelte van het te transporteren water moeten afvoeren. Bij ruilverkavelingen werden vaak bochten 'rechtgetrokken'. Hierdoor ontstonden goten met standaardbreedte, standaarddiepte en oevers met standaard hellingshoek. Het afvoerverloop wordt door normalisatie (m.n. door verdieping dat diepere ontwatering van de omgeving veroorzaakt) sneller en grilliger. Aanleg van sloten en andere drainagesystemen versterken dit effect.

Vele genormaliseerde watergangen blijken morfologisch niet erg stabiel. Bij hoge piekafvoeren treden enorme sedimenttransporten op, die mede worden veroorzaakt doordat oevers worden ondergraven door de waterstroming en instorten. Oorspronkelijke verhoudingen tussen erosie en sedimentatie worden hierdoor geheel verstoord. Door hoge sedimentlasten kunnen plaatselijk verstoppingen ontstaan. Aanleg van z.g. zandvangen, bedoeld om overtollige sedimenttransporten te onderscheppen en af te kunnen voeren, zijn hiertegen geen structurele oplossing. Op veel plaatsen is het verstevigen van oevers (en bodems) met beton, stenen, hout of nylon de enige manier waarop het afkalven van oevers en het sedimenttransport kan worden beperkt. Waar oeverversteving niet is toegepast moet het normprofiel geregeld worden onderhouden (op diepte gebracht) om de watervoerende kwaliteiten van de beek te kunnen behouden.

Versnelde afvoer a.g.v. normalisatie heeft dikwijls het gevolg gehad dat hoger gelegen delen van het stroomgebied te kampen kregen met verdroging. Door het plaatsen van stuwen is op veel plaatsen de afvoer weer te vertragen en zo, ook bovenin het stroomgebied over voldoende water voor de landbouw te beschikken. Met stuwen kan naar behoefte de waterstand in een deelgebied worden geregeld (regulatie). Een gevolg is wel dat een gedeelte van het jaar (nagenoeg) geen stroming meer optreedt. Karakteristieke morfologische processen en patronen zijn in gestuwde watergangen niet te verwachten. Hierdoor gaat een groot deel van de dynamiek in het ontstaan en verdwijnen van habitats voor stromend water organismen verloren.

Samen met het normaliseren en reguleren van beken werd dikwijls het aan de beek grenzende land 'in cultuur gebracht'. Oeverbegroeiing werd gekapt en daarmee werd de instabiliteit van de oevers vergroot. Ook werd het in ecologisch opzicht functioneren van de beek (bladinval) drastisch gewijzigd. De in dergelijke wateren voorkomende ecosystemen werd ernstige schade toegebracht.

Herstel van oorspronkelijke morfologie en morfologische processen dient gepaard te gaan met een ontwikkeling in de richting van herstel van een meer natuurlijk afvoerpatroon (hydrologie). Het laatste berust in de meeste gevallen op het vertragen van de afvoer waarbij ook de amplitude lager wordt. Dit is mogelijk door verhoging van de ondergrondse berging van water in het stroomgebied, zodat het water langzamer en geleidelijker tot afstroming komt. Hiermee kan het risico voor het ontstaan van morfologisch zeer instabiele situaties worden beperkt.

Veranderen of verwijderen van oever- en/of bodemverstevigende materialen

Het verwijderen van oeververstevigingsmateriaal dient altijd samen te gaan met (her)begroeiing van de oevers met houtige gewassen die stevigheid kunnen verschaffen (els, es). Bij kunstmatige versteviging is de oever meestal niet sterk genoeg om op zijn plaats te blijven. In de praktijk wordt een permanente versteviging vaak vervangen door een tijdelijke (20-30 jaar), die bestaat uit natuurlijke materialen (gevlochten riet, wilgetakken, houten paaltjes e.d., Lewis & Williams, 1984; Verdonschot & Laseur, 1983) Deze tijdelijk voorziening doet dienst zolang de oevervegetatie nog niet voldoende is ontwikkeld om de oever op zijn plaats te houden. In bepaalde gevallen kan het weglaten van versteviging helpen bij de ontwikkeling van 'natuurlijke' meanders.

Het patroon van erosie en sedimentatie kan als gevolg van het verwijderen of veranderen van oeverversteving vrij ingrijpend worden gewijzigd, waardoor tijdelijk 'verzanding' van bepaalde trajecten kan voorkomen. Nauwlettend volgen van de morfologische ontwikkelingen kan ongewenste overstromingen helpen voorkomen.

Door de Landinrichtingsdienst (Bouwknecht & Gelok, 1992b) is een model ontwikkeld waarmee het bodemtransport onder verschillende hydraulische omstandigheden kan worden voorspeld. Hiermee kunnen vooraf, of tijdens de ontwikkelingsfase berekeningen worden uitgevoerd, zodat het verloop van processen tevoren kan worden ingeschat.

Verminderen van het aantal kunstwerken dat de stroomsnelheid beïnvloedt

Het gevolg van maatregelen die een versnelde afvoer bewerkstelligen blijkt vaak een te sterke daling van de grondwaterstand in hoger gelegen gebieden binnen een stroomgebied. Een mogelijke tegenmaatregel is het stuwen van de beek, zodat water naar behoefte kan worden afgelaten of vastgehouden. Dit heeft in perioden met geringe wateraanvoer het ontstaan van (nagenoeg) stagnant water tot gevolg.

De gemiddelde stroomsnelheid daalt. Hierdoor worden gradiënten in erosie en sedimentatie (en dus een aantal beekvormende processen) ernstig verstoord. Kunstwerken in de vorm van overlagen vormen een belemmering voor transport van grover (zwaarder) sediment (over de beekbodem). Erosie/sedimentatie speelt zich in hoofdzaak binnen stuwpanden af. Lagere stroomsnel-

heden belemmeren transport van grover sediment en zorgen zo voor een afname van de morfodynamiek op (micro)habitatniveau. Periodiek treden zeer hoge afvoerpieken op, die tot een extreme vorm van erosie leiden. Afvoerpieken vormen echter wel de incidenten waarbij morfologisch veel kan veranderen.

Herstel van een meer natuurlijk systeem berust op het verkleinen van de amplitude in het afvoerpatroon in temporele zin (en het vergroten van die amplitude in ruimtelijke zin).

Opruimen van stuwen dient altijd gepaard te gaan met het verhogen van de berging van water bovenstrooms (ter voorkoming van het (opnieuw) ontstaan van verdroging). Dit kan op verschillende manieren b.v. door aanleggen van bergingsbassins (zie verder), verminderen van drainage bovenstrooms, verkleinen profiel bovenstrooms of het creëren of herstellen van omstandigheden in en rond het brongebied waaronder zich (hoog)veen kan ontwikkelen (sponswerking). Het laatste is echter een zeer langdurig (honderden jaren) proces. Ook met meanderontwikkeling (vergroting van de weglengte = vergroting van de inhoud) kan de (oppervlakkige) berging worden vergroot.

(Her)meandering

Figuur 3.13 geeft een overzicht van een meander met benamingen van de verschillende onderdelen en karakteristieken (uit: Bouwknecht & Gelok, 1992a).

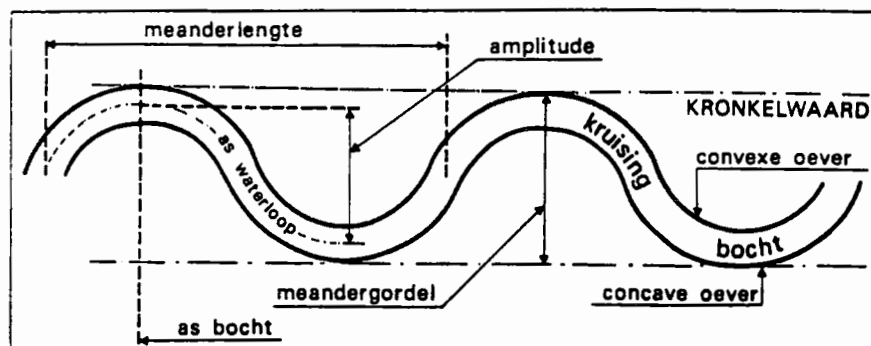


Fig. 3.13 Overzicht van een meander (uit Bouwknecht & Gelok, 1992a).

Een term die in de bovenstaande figuur niet wordt vermeld is de sinuositeit. Deze is gedefinieerd als de verhouding tussen de weglengte die de beek aflegt en de lengte van het dal (recht van de helling af). De sinuositeit is altijd groter of gelijk aan 1 (= rechte beek) en kleiner dan 5,48. Dit is het punt waarbij een bocht de volgende 'inhaalt' en een meander wordt afgesneden. Het begrip sinuositeit wordt geïllustreerd in figuur 3.14.

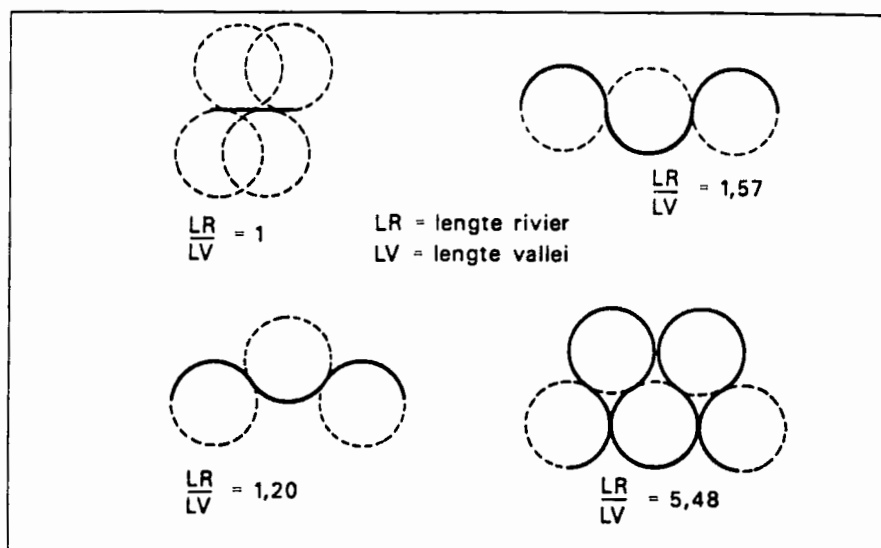


Fig. 3.14 Sinuositeit op basis van cirkelbogen (uit; Bouwknecht & Gelok, 1992a)

Het aanleggen van meanders is binnen de huidige praktijk van de natuurontwikkeling zeer populair, hoewel in de meeste gevallen de sinuositeit van de aangelegde bochten erg klein is t.o.v. voorbeelden van meanders in de natuur (zie b.v. Stroot, 1991). Men is, vaak niet onterecht, bang voor instabiliteit van de aangelegde bochten. Bochten in het stroombed hebben een differentiërende functie t.a.v. het stroomsnelheidsprofiel en daarmee van de morfologie (binnenbochten langzamer stromend en ondiep door sedimentatie, buitenbochten sneller stromend en dieper door erosie). Deze differentiatie is een belangrijke motor achter het ontstaan en verdwijnen van (micro)habitats. Onderzoek aan historisch kaartmateriaal heeft aangetoond dat spontane meanderontwikkeling (bochtverplaatsing) dikwijls een relatief traag verloopend proces is (Stroot, 1991; Wolfert, 1992)

Met het ontwikkelen van meanders kunnen verschillende doelen worden nastreefd, die niet onafhankelijk van elkaar te zien zijn:

- a) het herstellen van een uit de historie bekend meanderpatroon;
- b) het 'verbeteren' van de morfologische en ecologische randvoorwaarden in de beek;
- c) het 'verbeteren' van de hydrologische situatie (berging, afvoerpatroon);
- d) het vergroten van het landschappelijk karakter van een beek(traject).

Er bestaan verschillende methoden waarvan, mede afhankelijk van de gestelde ontwikkelingstermijn, gebruik kan worden gemaakt:

- 1) actief graven van meanders,
- 2) aanbrengen van voorzieningen die het stromingsprofiel zodanig beïnvloeden dat het beekwater zich in de oever 'ingraaft' (dicht langs de beekoever plaatsen van diep wortelende bomen (b.v. els), 'driehoekskribben'),

- 3) selectief verwijderen/weglaten van oeververstevigende materialen en verder niets doen.

Actief graven van meanders b.v. ten behoeve van het herstellen van een oude situatie (a.h.v. oude topografische- en of actuele bodemkaarten (schaal 1:50.000 of groter)) levert relatief snel een bochtig profiel. De mogelijkheden voor het bestaan van (actieve) meanders op dezelfde plaats als voorheen wordt vrijwel altijd bemoeilijkt doordat de hydrologie sindsdien sterk is gewijzigd. Daardoor is het herstellen van een oud meanderpatroon vaak niet erg zinnig.

Graven van nieuwe meanders is geen eenvoudige opgave, waarbij zich in de praktijk onprettige verassingingen kunnen voordoen. Er dient terdege te worden bedacht dat de stabiliteit van een meander behalve van de bodemsamenstelling afhankelijk is aan de aard van de beekbegeleidende vegetatie. Gecoördineerd uitvoeren van graafwerk met beplanting en/of (tijdelijke) versteviging van de oevers is derhalve aan te raden. Door overdimensionering kan een grotere stabiliteit worden verkregen (Bouwknegt & Gelok, 1992a). Het resultaat hiervan is echter een in mindere mate morfologisch actief systeem, dat zijn weerslag vindt in de vestigingsmogelijkheden van soorten. Overdimensioneren vergroot het risico van droogvallen, wat ongewenst is.

Bij actief graven van meanders speelt het verstoringsaspect t.a.v. de actueel aanwezige natuurwaarden een belangrijke rol. Soms worden hele beektrajecten tijdelijk drooggezet en omgeleid om het graafwerk te vergemakkelijken. Dergelijke praktijken zijn natuurbehoudsoogpunt uit den boze.

Een voorbeeld van de toepassing van gegraven meanders in Nederland is de Tongelreep (Van Bruchem et al., 1992). In het buitenland is vooral in Zweden, Denemarken, en Duitsland (ook met 'vastgelegde' bochten) ervaring opgedaan met deze techniek.

Meanderontwikkeling door het kunstmatig afleiden van (een deel van) de hoofdstroom in de richting van de oever kost meer tijd. Hierbij verricht het stromende water a.h.w. zelf het graafwerk, wat gedurende langere tijd hogere sedimenttransporten met zich mee kan brengen. Er dient rekening mee worden gehouden dat een gedeelte van deze sedimentlast ook weer binnen het stroomgebied tot bezinking kan komen (verstopping, overstroming). Het aanbrengen van tijdelijke voorzieningen (zandvanginrichtingen) is aan te bevelen.

Voor het afleiden van het stromingsprofiel worden wel z.g. driehoekskribben toegepast, gemaakt van stortstenen of houten paaltjes. Dit soort allochtone materialen horen in nederlandse beken niet thuis.

Een elegantere, maar minder eenvoudige methode is het uitbouwen van de oevers en beplanten van de uitbouwsels met houtige gewassen (meest els). Ook kan worden gedacht aan het zeer plaatselijk verstoren van de 'strakke' oeverlijn door kleine inkepingen in de oever aan te brengen.

De snelheid waarmee het water zich in een oever ingraaft is sterk afhankelijk van de stroomsnelheid en turbulentie, de bodemsamenstelling en de doorworteling van de bodem, maar ook van de grootte van de obstakels. In figuur 3.15 worden een aantal kwalitatieve uitspraken gedaan omtrent ontwikkeling van meanders.

-
- * meandering treedt op bij :
 - regelmatige afvoer
 - gering verhang
 - fijn bodemmateriaal
 - * een groot debiet geeft : - grote meanderlengte
- grote meanderbreedte
 - * grote afvoervariatie geeft : smalle rivier
 - * "hoe samenhangender het materiaal,
hoe smaller de rivier"
 - * scherpe bochten komen voor in fijn materiaal
 - * migratie is maximaal indien straal/breedte ≈ 3
 - * een rivier is niet recht over een afstand
groter dan 10 x de breedte
 - * meanderlengte is ongeveer 7 - 10 x rivierbreedte
 - * diepte neemt toe als straal kleiner wordt
 - * meandering wordt onderdrukt bij grote hellingen

Fig. 3.15 Kwalitatieve uitspraken omtrent de ontwikkeling van meanders (uit: Bouwknegt & Gelok, 1992a).

Losse korrelige bodems (zanden) worden in het algemeen sneller aangetast dan vaste substraten (klei, leem, veen?). Bij gelaagde profielen worden eerst de losse lagen weggespoeld, waarna afbreken of inzakken van vastere lagen plaatsvindt (zie Stroot, 1991).

Een ondiepe doorwortelde oever (gras en andere kruiden) wordt dikwijls onder de doorwortelde zone ondergraven en zakt vervolgens in. Met boomwortels (m.n. es, els) doorwortelde oevers zijn minder gevoelig voor ondergraving, andere boomsoorten (b.v. eik) kunnen door ondergraving schuin komen te staan of omvallen (zie Stroot, 1991).

De stabiliteit van de gevormde meanders kan zeer variabel zijn omdat een sterke afhankelijkheid bestaat van de bodemsamenstelling op de plaats waar ze zijn geprojecteerd. De gewenste stabiliteit is sterk afhankelijk van de beschikbare ruimte. Tevoren inschatten hoe de morfologie van een beek op een bepaalde plaats zou kunnen veranderen is daardoor niet overbodig. Een goede locatiekeuze (a.h.v. bodemkaarten of (liever) het steken van profielen) is aan te bevelen. Coordinatie met beplanting en evt. selectieve oeverversteving is ook bij toepassing van kunstmatig 'begunstigde' meandering noodzakelijk.

Meanderontwikkeling op basis van vrij verloop verdient t.a.v. de te verkrijgen stabiliteit van de meanders soms de voorkeur (Wolfert, 1992; Stroot, 1991).

Ook vanuit het oogpunt van verstoring van actuele waarden wordt de minste schade aangericht wanneer 'niets' wordt gedaan. Natuurlijke meanderontwikkeling verloopt echter traag en in het geval van rechte lopen (zelfs met van versteviging ontdane oevers) soms helemaal niet. In zulk soort gevallen is het ontstaan en bestaan van meanders onder de heersende hydraulische en bodemkundige omstandigheden niet op z'n plaats. Het is echter goed mogelijk dat wanneer zich veranderingen in de omstandigheden voordoen a.g.v. andere maatregelen in het beekstelsysteem wel meanders kunnen ontstaan.

In figuur 3.16 worden hiervoor een aantal globale kwantitatieve vuistregels genoemd die voor de mogelijkheden van meanderontwikkeling van belang zijn.

golflengte = 11 x rivierbreedte	
golflengte = 167 x \sqrt{Q} (Q = gem. jaarafvoer)	
meandergordel = 107 x \sqrt{Q}	
rivierbreedte = 13 x (diepte) ^{1,5}	
meanderlengte = 11 x rivierbreedte	} straal breedte $\approx 2,3$
meanderlengte = 4,7 x bochtstraal	

Fig. 3.16 Kwantitatieve vuistregels bij meanderontwikkeling (uit: Bouwknegt & Gelok, 1992a).

Er is nog relatief weinig praktijkervaring met deze techniek. Natuurlijke meanders ontstaan bij bepaalde combinaties van (variatie in) stroomsnelheid en (variatie in) oeversamenstelling. De termijn waarop en de exacte vorm en plaats van meanders is niet gemakkelijk te voorspellen. Daardoor is voldoende ruimte nodig om bij beekherstel natuurlijke meandering toe te kunnen laten.

Herprofileren (verondiepen)

Herprofileren is het vervangen van een normprofiel door een ander, meer natuurlijk aandoend, profiel. Hierbij worden vele verschillende profielvormen gebruikt. Herprofileren gaat vaak gepaard met een verkleining van de hydraulische doorsnee, door het ondieper (en/of smaller) maken van de watergang. Vele stromende wateren zijn in het veld immers uitgediept en verbreed om de drainerende werking t.a.v. het omringende land te vergroten. Figuur 3.10c) liet al een voorbeeld zien van hoe een beekprofiel ondieper en smaller zou kunnen worden gemaakt.

Door verondiepen wordt de oppervlakkige berging van water verkleind. Door vermindering van de drainerende werking van de watergang komt de grondwaterstand in de omgeving hoger te liggen, wat echter een vergroting van de ondergrondse berging van water betekent. Hiermee wordt een vertraging t.a.v. het afvoerloop bereikt, die afhankelijk is van de verhoging van de grondwaterstand en de (horizontale) stromingsweerstand in de oevers en ondergrond.

Veelal wordt gepoogd een profiel aan te leggen dat na enige jaren, door afronding en plaatselijk inzakken, een natuurlijk profiel beter benadert (verschillende hellingshoeken, overhangende oevers e.d.)

Aanleg bergingsfaciliteiten e.d. t.b.v. retentie van water

Een belangrijk middel, waarmee de hydrologie van een stroomgebied wezenlijk kan worden verbeterd, is het aanleggen van vijvers in het bovenstroomse deel van het stroomgebied, waarin neerslagwater tijdelijk kan worden geborgen. Ten tijde van een hoog neerslagaanbod wordt water opgeslagen om dit vervolgens in tijden van neerslagschaarste geleidelijk af te laten vloeien door de beek. Het afvoerverloop kan hiermee nauwkeurig worden geregeld. Met het nivelleren van de pieken en dalen in het afvoerverloop is voorzichtigheid geboden. De morfodynamiek in de beek is immers afhankelijk van het verloop van de afvoer. Door het ontbreken van extreem hoge stroomsnelheden (waarbij benedenstrooms mogelijk inundatie zou optreden) ontstaat het risico van verzanden van de benedenloop en/of middenloop. Er treedt immers een verschuiving op van de grenzen van zones waarin netto erosie, netto geen transport en netto sedimentatie plaatsvindt in stroomopwaartse richting. Het tempo waarin loopverlegging (meanderontwikkeling) plaatsvindt wordt door verkleinen van de amplitude in het afvoerverloop kleiner.

Voorbeelden van beken waarin retentiefaciliteiten zijn of worden aangebracht zijn de Oostrumsche Beek en de Leubeek (Van Rooy & Paarlberg, 1991).

2.4 Maatregelen waarmee geologische en bodemkundige randvoorwaarden worden beïnvloed

De vorming van verschillende typen bodems is sterk gerelateerd aan het verloop van hydrologische processen (b.v. in infiltratiegebieden komen podzolbodems voor, die door regenwater zijn uitgeloofd). Bodemvormende processen verlopen zeer langzaam. Iedere ingreep die deze wisselwerking beïnvloedt, betekent een (tijdelijke) verstoring van een bestaand patroon/evenwicht en/of instelling van een nieuw patroon/evenwicht. Niet altijd wordt deze wisselwerking voldoende onderkend. Het is daarom nuttig voor een aantal menselijke activiteiten een toelichting te geven.

Grondverzet

Natuurontwikkeling gaat nogal eens gepaard met het nodige graafwerk (in beken b.v. meanderontwikkeling, graven van retentievijvers, opwerpen van oeverwallen e.d.).

Grondverzet betekent altijd: ergens grond afgraven om elders grond te kunnen deponeren. Op beide locaties wordt het bodemprofiel verstoord. Ook wordt het verloop van hydrologische daaruit voortvloeiende bodemvormende processen beïnvloed. Verandering van de samenstelling (vertikale opbouw) van de bodem kan aanleiding zijn voor de ontwikkeling van storingsvegetaties waardoor een successie naar een gewenste vegetatie wordt vertraagd. Ecologisch gezien vormt een kale bodem van vers opgeworpen of afgegraven grond een soort van 'nulsituatie', die wordt gekoloniseerd door pioniersoorten met weinig specifieke eisen t.a.v. bodemkundige en hydrologische randvoorwaarden. De ontwikkeling van vergraven bodems tot geschikte standplaatsen voor gewenste vegetaties kan enige (tot vele?) jaren duren. De tijdwinst die men denkt te behalen door het verrichten van graafwerk (b.v. door het graven van meanders) kan zo teniet worden gedaan door vertraging van andere processen die mede het bereiken van het gewenste (eind)resultaat bepalen.

Veenontwikkeling

Het voorkomen van hoogveen en laagveen in beekdalen is een algemeen verschijnsel. Veel veenpakketten zijn echter in de loop der eeuwen afgegraven t.b.v. de produktie van brandstof. De huidige veenresten vormen dan ook een gering percentage van het areaal veen dat ooit in Oost-Nederland heeft bestaan. Door wijzigingen in de hydrologische processen (diepere ontwatering, invloed van grondwaterwinning) is de veengroei veelal stilgelegd en ontstaat een bodem met een veraarde bovenlaag. De ontwikkeling van locaties waar zich hernieuwde veenontwikkeling (vaak o.i.v. kwel) zou kunnen voordoen behoort daarom tot de mogelijke taken binnen natuurontwikkeling. Dit geldt in het bijzonder voor de ontwikkeling van hoogveen, waarvan in Nederland nog slechts fragmentarisch resten bestaan.

Veenontwikkeling berust op het verhogen van de gemiddelde grondwaterstand tot dicht onder maaiveld (Gt I/II). Dikwijls kan een verhoging van de grondwaterstand worden bereikt door verwijderen van drainerende voorzieningen of ondieper maken van watergangen. In andere gevallen (vaak hoogveen) moet door andere maatregelen (aanleg van leemkaden e.d. b.v. Enberdijksvenen) de overmatige waterafvoer worden beperkt.

2.5 Maatregelen waarmee hydrologische randvoorwaarden worden beïnvloed

2.5.1 Maatregelen die een meer 'natuurlijk' afvoerregime voorstaan (kwantitatief waterbeheer)

Verwijderen van stuwen

Een van de grootste hinderpalen voor de ecosysteemontwikkeling in een beek wordt gevormd door de afwezigheid van voldoende stroming door de aanwezigheid van stuwen. Het verwijderen van stuwen zou echter tot gevolg hebben dat het stroomgebied in snel tempo leegloopt, waarbij vooral bovenstrooms een droge beekbedding achterblijft. Het voorgaande is, gezien de beoogde ecosysteemontwikkeling, bepaald ongewenst.

Aan het verwijderen van stuwen zullen altijd maatregelen vooraf moeten gaan die de retentie van water in het stroomgebied bevorderen. Veelal kan dit worden bewerkstelligd door verhoging van de gemiddelde grondwaterstand in het beekdal en, zo mogelijk, in een groter deel van het stroomgebied. Om dit te bereiken zijn diverse methoden voorhanden die in het navolgende zullen worden besproken.

Als (tijdelijk) hulpmiddel voor het vasthouden van water kunnen bergingsbassins, hoog in het stroomgebied goede diensten bewijzen.

Aanleg bufferstrips

Bufferstrips langs een beek vormen één van de belangrijkste middelen waarmee de invloeden van menselijke activiteiten uit de directe omgeving van de beek kunnen worden gereduceerd.

Een bufferstrip, ter breedte van 10 tot enkele tientallen meters, zich in sommige gevallen uitstrekkend over het hele beekdal, is te beschouwen als een strook land die in staat is negatieve invloeden op het beekstelsel (zoals versnelde afvoer t.g.v. drainage, inspoeling van nutriënten uit de landbouw) uit andere delen van het stroomgebied te kunnen tegengaan.

Binnen bufferstrips is afhankelijk van de plaats in het beekstelsel keuze voor verschillende natuurdoeltypen mogelijk. Ook vormen van extensieve landbouw behoren tot de keuzemogelijkheden.

Een goed concept voor de aanleg van bufferstrips wordt gepresenteerd in het 'Building-block Model for Stream Restoration' door Petersen et al. (1992). Hierin wordt, afhankelijk van gemaakte keuzes en beschikbare middelen een reeks van mogelijkheden besproken (strookbreedte, verondiepen, heraanplant, voorzieningen voor water- en nutriëntenretentie, meandering e.d.). In een voormalig gekanaliseerde beek in Zweden worden de genoemde opties 'getest'. In het navolgende worden een aantal van de opties uit het Building-block Model die betrekking hebben op het vertragen van de afvoer besproken.

Vermindering van drainage

Sloten, greppels en drains worden in landbouwgronden aangelegd ter verbetering van het hydrologische regime t.b.v. de teelt van gewassen. De grondwaterstand wordt hiermee verlaagd tot een voor teeltgewassen zo optimaal mogelijk peil. In veel gevallen wordt drainage (mede) toegepast om de berijdbaarheid en beloopbaarheid van van oorsprong vochtige en natte gronden voor resp. zware machines en vee te vergroten. Sloten en drains zorgen voor een versnelde afvoer van neerslagwater, en hebben i.h.a. een verhogend effect op de amplitude van het afvoerloop van een beek. Dit effect is juist tegengesteld aan de amplitudeverlaging die in het kader van natuurontwikkeling als wenselijk wordt beschouwd. Een kritische beschouwing van aanwezige drainagefaciliteiten in het gehele stroomgebied is daarom gewenst. Drainage binnen het beekdal zelf dient zo mogelijk te worden opgeruimd. In de rest van het stroomgebied dient (indien mogelijk met regelmatige tussenpozen) te worden geëvalueerd of de toegepaste drainage nog wel aansluit bij het huidige (of toekomstige) gebruik. Waar mogelijk dienen drainagefaciliteiten tot een, ook t.a.v. andere belangen, aanvaardbaar minimum te worden beperkt. Binnen bufferstrips is drainage uit den boze, waardoor de grondwaterstand i.h.a. een hoger niveau kan bereiken dan in de omgeving. Op deze wijze wordt een deel van het water dat anders direct naar de beek zou vloeien tijdelijk 'opgehouden' en kan een vertraging van de afvoer en een verlaging van de amplitude van de afvoer worden bereikt.

Stimuleren veenontwikkeling

Hernieuwde ontwikkeling van veen kan, zoals ook al in 2.4 is besproken, worden bereikt door verwijderen van drainage waardoor een stijging van het gemiddelde grondwaterpeil wordt bewerkstelligd. Enerzijds vormt dit een vergroting van de ondergrondse berging van water en een vertraging van de afvoer, anderzijds kan m.n. met hoogveen een soort sponswerking van de bodem optreden, waarbij het bodemoppervlak de grondwaterstandsfluctuaties volgt, die een extra retentie van water teweegbrengt met een, op de lange duur, zeer constante en regelmatige afvoer (Glastra, 1990).

Veelal brengt de regeneratie van resten hoogveen bijzondere complicaties met zich mee, waarbij op kunstmatige manier afvoer moet worden tegengegaan (bekading e.d.). Ook met kunstmatige retentie van water wordt echter een afvoertraging verkregen die t.a.v. van het herstel van het beekecosysteem als gewenst kan worden beschouwd.

Herprofileren (verondiepen)

Veel normalisaties in het verleden zijn gepaard gegaan met het verruimen van het doorstroomde profiel van beken (breder en dieper). De waterspiegel in de beek ligt daardoor vaak lager in het landschap dan voorheen. Het gevolg hiervan is dat het omringende land sterker wordt ontwaterd (d.w.z. snellere afvoer). De gemiddelde grondwaterstand in de directe omgeving van de beek is daardoor lager.

Door herprofileren (verondiepen) wordt deze ontwaterende werking ten dele teniet gedaan, hetgeen een vertraging van de afvoer en een vergroting van de ondergrondse berging van water met zich meebrengt. Verondiepen door ophogen van de bedding met zand en/of grind (uit de omgeving) en vermindering van de taludhellingen kunnen bijdragen aan het vergroten van de kans op overstromingen van de oevers. Het kan als een nuttige maatregel worden beschouwd bij het laten ontstaan van overstromingsvlaktes.

Bovendien wordt door verkleining van het doorstroomde profiel (R) de stroomsnelheid positief beïnvloed, hetgeen het op gang komen van bepaalde morfologische processen met zich mee kan brengen.

Door verhoging van de grondwaterstand in de directe omgeving van de beek kan een meer gewenste vegetatieontwikkeling plaatsvinden.

Meanderontwikkeling

De aanwezigheid van meandering brengt in hydrologisch opzicht een aantal effecten met zich mee:

Door vergroting van de weglengte van de beek wordt de inhoud van de beek in een bepaald traject en daarmee de oppervlakkige berging van water groter. Dit heeft een vertragend effect op het afvoerloop. Doordat de beek in een bepaald traject een langere weg volgt om eenzelfde hoogteverschil te overbruggen is het gemiddelde verhang in het traject lager. Een lagere gemiddelde stroomsnelheid en een vertraging van de afvoer is hiervan het gevolg.

Verder vertraging wordt veroorzaakt doordat in bochten de mate van turbulentie van het water groter is. Turbulentie wordt veroorzaakt doordat de stroming in een bocht a.h.w. tegen de oever botst waardoor draaikolken e.d. kunnen ontstaan. Daarnaast ontstaat turbulentie doordat het stroomsnelheidsprofiel door de bocht wordt 'scheefgetrokken' t.o.v. de weg rechtdoor. Door turbulentie gaat een deel van de bewegingsenergie van het water verloren. Een deel wordt omgezet in warmte (wrijving of frictie), ten dele wordt energie van het water getransporteerd naar het beddingmateriaal dat hierdoor in beweging komt (uitslijpen van buitenbochten). Verlies van bewegingsenergie door grotere turbulentie houdt een verdere verlaging van de gemiddelde stroomsnelheid in.

Obstakels in het doorstroomde profiel in de vorm van omgevallen bomen e.d. met accumulaties van blad, takken en ander organisch materiaal hebben dikwijls vergelijkbare effecten op het ontstaan van turbulentie en verlagen eveneens de gemiddelde stroomsnelheid ter plekke.

Aanleg bergingsfaciliteiten en nevengeulen

Indien het niet mogelijk blijkt het afvoerpatroon van een beek zo te beïnvloeden dat stuwing overbodig wordt kan d.m.v. het aanleggen van bergingsfaciliteiten (vijvers) worden getracht het afvoerpatroon langs kunstmatige weg te beïnvloeden. Hiertoe wordt tijdens afvoerpieken een gedeelte van het af te voeren water vrij hoog in het stroomgebied in een bassin opgeslagen, om het ten tijde

van droogte geleidelijk af te voeren. Hiermee kan worden voorkomen dat de beek droog komt te vallen.

Bergingsbassins bevatten, vanzelfsprekend, goeddeels stilstaand water waarin zich in de loop van het jaar een eigen flora en fauna kan ontwikkelen. De biologische hoedanigheid van het water is op den duur wezenlijk anders dan van 'vers' beekwater. Ook de chemische- en fysische kwaliteit van het water verandert t.o.v. de kwaliteit van stromend beekwater (zuurstof, temperatuur, opgeloste zouten e.d.). Het is nog onvoldoende duidelijk welke effecten dit soort veranderingen in het water kunnen hebben op de uiteindelijke ecosystemontwikkeling in de beek. Daarvoor ontbreekt voldoende ervaring met de toepassing van dergelijke faciliteiten.

In plaats van bergingbassins worden ook wel z.g. nevengeulen gegraven. De functie van een nevengeul is om ten tijde van hoge neerslag een gedeelte van het af te voeren water door een extra watergang af te leiden. Hiermee worden extreem hoge afvoerpieken in waardevol beschouwde ecosystemen voorkomen. Van berging van water is echter geen sprake. Wel kan dat het geval zijn indien het water in een nevengeul wordt opgestuwd. Een gedeelte van het anders afgevoerde water kan zo oppervlakkig worden geborgen. Een dergelijke gegraven (vaak relatief diepe) geul vormt echter binnen het stroomgebied een eigen stroomgebiedje en kan zo een relatief grote invloed uitoefenen op de hydrologie van het grondwater (b.v. aantrekken van kwelpotentialen). Vervormingen van het verloop van de hydrologische processen zijn in het kader van natuurontwikkeling niet gewenst.

Beïnvloeding van de hoogte van de verdamping door gerichte beplanting

De hoogte van de verdamping is de belangrijkste factor die de hoogte van het neerslagoverschot bepaalt. Eigenlijk vormt het neerslagoverschot (nuttige neerslag) slechts een relatief klein deel van de totale neerslag (tot 25%). De hoogte van de totaalafvoer van een beek/stroomgebied wordt daarom eveneens in belangrijke mate door de hoogte van de verdamping bepaald. Voor de hoogte van de totaalafvoer van een beek is moeilijk te bepalen wat een representatieve waarde is in een min of meer ongestoorde situatie omdat al sinds eeuwen een ander vegetatiepatroon aanwezig is. De aanwezigheid van veel bos in vroeger tijden doet vermoeden dat op veel plaatsen in Nederland de verdamping gemiddeld hoger is geweest dan nu het geval is. Ook een gemiddelde verhoging van de totaalafvoeren zou hiervan het gevolg zijn (Meinardi, 1988; Veen, 1992). Bosontwikkeling (d.w.z. het gericht trachten te verhogen van de verdamping van een (deel)stroomgebied) kan daarom als middel dienen om de totale jaarlijkse afvoer van een beek te beïnvloeden. Daarbij treedt een verlaging van de amplitude van afvoerpieken op. Ook door een betere retentie van water in bosbodems zou een verdere spreiding van de afvoer in de tijd kunnen worden verkregen.

2.5.2 Maatregelen ter verbetering van de waterkwaliteit

Vermindering van bemesting

Vermindering van de bemesting is in de toekomst hoogstnoodzakelijk, om verdere opbouw van nutriëntenvoorraden in de bodem te voorkomen, maar ook om meer directe effecten van meststoffen in en in de omgeving van het

oppervlaktewater te beperken.

Dat geldt niet alleen voor de gronden in de directe omgeving van een beek, met als hoofdfunctie natuur, waar het gebruik van mest uit den boze is, maar ook voor het overige deel van het stroomgebied, dat op een beek afwaterd. Als eerste dienen daarbij gronden aan de orde te komen die oppervlakkig of ondiep (via sloten en drains) direct op het beekdal afwateren. In latere instantie komen gronden die diepere grondwaterstromen voeden aan de orde. De Wet Bodembescherming (1986) doet wat betreft de beperking van de bemesting een stap in de goede richting. Of de in deze Wet opgenomen normen voldoen aan het criterium van ecologische inpasbaarheid is nog onvoldoende duidelijk. Ander juridisch instrumentarium om landbouwers te bewegen tot reductie van de hoeveelheid gebruikte meststoffen ontbreekt.

Afleiden/saneren van lozingen (r.w.z.i.'s. overstorten, e.d.)

Puntlozingen (ook van gezuiverd afvalwater) kunnen een aanzienlijke invloed uitoefenen op de kwaliteit van het water in een beek. Invloeden betreffen vooral; (tijdelijke) verhoging van het debiet en stroomsnelheid (waterspiegelverhang wordt groter); (meestal) verhoging van de watertemperatuur; verlaging van het zuurstofgehalte (afbraak van organische (rest)stoffen); beïnvloeding van de pH en verhoging van de concentraties van zouten (m.n. nutriënten, maar ook chloride e.d. en specifieke toxicanten). Ten dele wordt hiermee het gehele benedenstroomse gebied beïnvloed. Bij natuurontwikkeling zijn dergelijke invloeden daarom ongewenst.

Afhankelijk van de verhouding tussen het debiet van lozing en van de beek zelf en van de verhouding tussen de waarde van de parameters in beide stromen, zullen de diverse invloeden een kleinere of grotere verandering t.o.v. de bovenstrooms van het lozingspunt aanwezige randvoorwaarden teweegbrengen en zullen veranderingen over kortere of langere afstand meetbaar blijven. Afhankelijk hiervan dient te worden besloten of een bepaalde lozing al of niet kan worden getolereerd, of dat moet worden overgegaan tot afleiden of saneren.

Het afleiden van een lozing kan geschieden door verleggen van het lozingspunt naar een andere, niet tot natuur(ontwikkelings)gebied behorende watergang. Als een dergelijke watergang niet voorhanden is (wat dikwijls het geval zal zijn) is verleggen van het lozingspunt in stroomafwaartse richting te overwegen, naar een punt waar de verhoudingen tussen debieten en parameterwaarden gunstiger t.o.v. elkaar liggen. Door berekening van de gemiddelde waarde van beïnvloede parameters in het mengsel van de 2 stromen kan tevoren worden geschat in hoeverre gewenste randvoorwaarden door toevoegen van de lozing worden over/onderschreden, of in hoeverre de van nature voorkomende dynamiek in de waarde van de parameters wordt beïnvloed (b.v. fluctuaties van zuurstofgehalte).

Lozingen vallen wettelijk onder de Wet Verontreiniging Oppervlaktewateren (1970) en zijn daarnaast, in gevallen waar sprake kan zijn van b.v. stankoverlast, vergunningplichtig conform de Hinderwet. Saneren van lozingen t.b.v. natuurontwikkeling, d.w.z. eisen van een hogere waterkwaliteit dan al (conform de WVO) wordt nagestreefd of verbieden van de lozing (b.v. ongezuiverde riooloverstorten), is juridisch gezien nog erg moeilijk en zal daarom in de praktijk veelal afhangen van (vrijwillige) medewerking van betrokken instanties/personen.

Aanleg bufferstrips

Bufferstrips langs een beek blijken in experimentele opstellingen (b.v. Petersen et al. 1992) maar ook in het veld (Haycock, 1991; Osborne & Kovacic, in druk) een aanzienlijke invloed te kunnen uitoefenen op de hoeveelheid nutriënten die, door oppervlakkige of ondiepe afstroming, uit de omgeving de beek bereikt. Het betreft in het bijzonder de hoeveelheid stikstof (nitraat) maar ook fosfor (fosfaat). Verwijdering geschiedt door opslag van zijdelings toestromende voedingsstoffen in de vegetatie (N en P), anaërobe omzettingsprocessen (b.v. denitrificatie van NO_3^-) en adsorptie in de bodem (fosfaat). Dit kan leiden tot een reductie van 68 tot 100% van de nitraatconcentratie (Petersen et al., 1992) en 33 tot 85% van de fosfaatconcentratie (Osborne & Kovacic, in druk) van oppervlakkig en/of ondiep in de richting van de beek stromend water.

Reductiepercentages blijken uit onderzoek (zie Osborne & Kovacic (in druk) en/of Petersen et al., 1992) afhankelijk van de breedte van de bufferstrook en aard van de vegetatie in de strook (bos, akker, grasland). Het reductiepercentage stijgt bij toenemende breedte. Stroken van 10 m breed kunnen al een verwijderingspercentage van 60 tot 98% bewerkstelligen (N). Door verschillen in de proefopzet van allerlei losse onderzoeken (verschillende breedtes) is het niet mogelijk vast te stellen welk van de genoemde vegetatietypen het meest effectief is in het verwijderen van nutriënten. Bosvegetaties 'scoren' in de beschikbare gegevens, onafhankelijk van de strookbreedte doorgaans hoog (40-100% (N), 50-85% (P)). Een significante relatie met de initiële concentraties in het aangevoerde water lijkt, althans voor nitraat, niet aanwezig (Doyle et al., 1977).

Er moet worden opgemerkt dat er nog weinig bekend is over de effectiviteit van dit soort verwijderingsprocessen op langere termijn. Voor de verwijdering van fosfaat, voorzover dat aan het bodemcomplex wordt gebonden, blijkt uit onderzoek (Cooper et al., 1986) dat bufferstrips gedurende een zeer lange periode een effectieve zinkput kunnen vormen, waarbij slechts in perioden van hoge afvoer enige afgifte kan plaatsvinden. Desondanks wordt de bodem in de omgeving van de beek 'verrijkt'. Welke potentiële gevolgen een dergelijke verrijking zou kunnen hebben op de vegetatieontwikkeling is niet bekend.

Bij gebrek aan andere effectieve methoden om de belasting van beken met nutriënten uit de directe omgeving te kunnen reduceren (vermindering bemesting!) is het aanleggen van bufferstrips aan te bevelen. Op plaatsen waar de beschikbare ruimte dat toelaat is te overwegen een bufferstrip op enige afstand van de beek (b.v. langs de rand van het dal) in te richten zodat ook beekbegeleidende vegetaties van belasting met nutriënten kunnen worden gevrijwaard. Om de meest geschikte plaats voor een bufferstrip te bepalen is inzicht in de lokale hydrologie nodig.

Verminderen van atmosferische depositie

Het terugdringen van de hoeveelheid stoffen die uit de atmosfeer neerdalen op aarde is in eerste instantie een (inter)nationaal probleem. Het voorgaande geldt m.n. voor stikstof- en zwaveloxiden (vnl. afkomstig van verbranding van fossiele brandstoffen). De depositie van ammonium is in Nederland uitzonderlijk hoog t.o.v. andere landen in Europa. In gebieden waar veel intensieve veeteelt is gevestigd (m.n. Brabant, Noord-Limburg, Oost-Veluwe) kan de depositie van ammonium tot zeer hoge waarden oplopen. De schade aan natuurlijke ecosystemen (b.v. Rouwkuilenven, Leuven & Schuurkes, 1985) in

deze gebieden is in bepaalde opzichten wezenlijk hoger dan in andere gebieden. Het terugdringen van de depositie van ammoniak is daardoor meer een typisch Nederlands probleem en zal ten dele op landelijk, deels op regionaal niveau moeten worden aangepakt.

Maatregelen, gevat in de Wet Bodembescherming (1986), pogen het ongebruikelijk gebruik van dierlijke mest aan banden te leggen. Deze betreffen vooral de hoeveelheden te verspreiden mest, de periode waarin het verspreiden van mest is toegestaan, maar ook de verspreidingsmethoden (b.v. mestinjectie i.p.v. spuiten). Sinds enige jaren is hierdoor een dalende tendens zichtbaar in de gedeponeerde hoeveelheden H^+ en potentieel zuur.

2.6 Maatregelen waarmee ecologische randvoorwaarden worden beïnvloed

Algemeen

Alle reeds genoemde maatregelen kunnen indirect worden geclassificeerd als bedoeld om de leefbaarheid van de beken en hun dalen voor levensgemeenschappen en soorten die hier thuishoren, te vergroten. Sommige van dit soort levensgemeenschappen, voornamelijk die, die worden genoemd in combinatie met natuurdoeltypen met een cultuurhistorische oorsprong, behoeven tijdelijk of structureel extra aandacht.

Een aantal van de genoemde maatregelen beogen een deel van de specifieke dynamiek van beeksystemen (morfologisch, hydrologisch) zoals die in Nederland zouden kunnen voorkomen te (her)introduceren. Zo zal het opruimen van stuwen, mits 'met beleid' toegepast, de terugkeer van een zekere mate van hydrologische en morfologische dynamiek kunnen veroorzaken. Ook meanderontwikkeling behoort, zeer lokaal, tot de maatregelen die specifiek gericht zijn op het introduceren van dynamiek. Het vergroten van de aanwezige dynamiek kan via het vergroten van het aantal (micro)habitats de vestigingsmogelijkheden van karakteristieke soorten vergroten. Andere, niet aan een dynamisch milieu aangepaste soorten zullen daardoor verdwijnen. Te allen tijde dient er echter voor gewaakt te worden het introduceren van dynamiek niet te overdrijven, omdat te plotselinge of te grote dynamiek het functioneren van het systeem niet ten goede komt.

Een aantal genoemde maatregelen is erop gericht één of meer parameters in het beekstelsel structureel in een bepaalde richting te bewegen (b.v. verhogen grondwaterstand door opruimen drainage; verhogen stroomsnelheid door opruimen stuwen). Veel van deze maatregelen zijn erop gericht oude heersende waarden van die parameters te herstellen t.b.v. groepen van soorten die worden geassocieerd met beek- en beekdallandschappen die sindsdien zijn verdwenen.

Hierna worden een aantal maatregelen genoemd om de vestigingsmogelijkheden van bepaalde (groepen van) soorten te verbeteren. Dit soort maatregelen kunnen worden genomen wanneer niet waarschijnlijk of zelfs uitgesloten is dat een beoogde (groep van) soort(en) zich, binnen een redelijke termijn, op spontane wijze zal vestigen of als de aanwezigheid van de soort of groep het functioneren van het ecosysteem in belangrijke mate positief kan beïnvloeden.

2.6.1 Flora

Beplanten van oevers en bufferstrips ((her)introduktie)

Veel beken worden begrensd door open bouwland. Met name in het bovenloopse gebied komt dit open karakter (geen schaduw, geen of nauwelijks bladinvall) het functioneren van het beekstelsysteem niet ten goede. Op dergelijke locaties is een relatief hoge invloed te verwachten van bemestende stoffen die oppervlakkig danwel via ondiep grondwater worden aangevoerd.

Beplanten van de oever en evt. een bufferstrip met bomen (b.v. els, es) kan de situatie wezenlijk verbeteren. Er ontstaat hierdoor schaduw (t.b.v. gematigder temperatuur- en zuurstofgehaltere regimes, maar ook ter beperking/voorkoming van dichtgroeiën met algen en waterplanten). De beek wordt 'gevoed' door bladinvall.

Beplante stroken langs een watergang blijken effectieve 'nutrintenvallen', waarin zeer hoge percentages van de belasting met meststoffen vanuit aangrenzende landerijen kunnen worden afgevangen (zie Aanleg bufferstrips, § 2.5.2).

Een beplante strook verhoogt ook het landschappelijk lintvormige karakter van beek en beekdal en kan mogelijk een bijdrage leveren in de verspreiding van allerlei dierlijke organismen zoals vogels, insekten, kleine knaagdieren en amfibieën (verbindingszone).

Beplanten, ofwel het (her)introduktieren van één of meer boomsoorten, kan de ontwikkelingstijd naar doeltypen met opgaand bos (HGr 1, HGr 2 en HGr 4) mogelijk doen bekorten t.o.v. een spontane ontwikkeling.

In combinatie met maatregelen die beogen de voortgang van morfologische processen te bevorderen, zoals verwijderen van beschoeiing e.d., is het aanplanten van bomen dikwijls nodig ter versteviging van de oever.

Gerichte ontwikkeling van (korte) vegetaties

Een aantal natuurdoeltypen (behorend tot HGr 3 en 4) beoogt een successie naar opgaand bos te verhinderen, waardoor open, korte en grazige vegetaties kunnen blijven bestaan (schraalgraslanden: b.v. blauwgrasland, madeland, bloemrijk hooiland e.d.). Op zeer vochtige en natte standplaatsen (b.v. op regelmatig overstromde plaatsen) treedt van nature vaak geen boomopslag op (HGr 1 en HGr 2). Hier ontstaan eveneens korte vegetaties, meestal rijk aan zeggen, en kunnen randvoorwaarden heersen die de ontwikkeling van laagveen mogelijk maken.

Goede mogelijkheden voor het ontwikkelen van landschappen met korte grazige vegetaties zullen dikwijls op plaatsen zijn gelegen waar de invloed van (diep) grondwater en de kans op overstromingen relatief gering is. Sommige vegetatietypen verdragen echter wel overstromingen (zie Grootjans, 1980; fig. 2.37). Heidelandschappen horen hoger op de dalhellingen thuis, waar geen kwel voorkomt (droge heide) of waar alleen lokaal geïnfilteerd water opkwelt (vochtige heide) (zie Grootjans, 1980; fig. 2.37).

Het voorkómen van boomopslag vereist een aantal regelmatig terugkerende ingrepen.

Voormalig cultuurland vereist nagenoeg altijd een bepaalde vorm van verschalingsbeheer omdat de bodem te rijk is om de ontwikkeling van schraalgrasland mogelijk te maken. Hiervoor zijn verschillende maatregelen denkbaar, zoals maaien en afvoeren, plaggen en evt. extensief begrazen.

Hierbij dient men te bedenken dat een dergelijk beheer weinig zinnig is wanneer boven- en ondergrondse fluxen van nutriënten via toestromend (grond)water (ook: overstromingen) de met het beheer afgevoerde hoeveelheid voedingsstoffen benaderen of zelfs overstijgen. Inzicht in de lokale hydrologische situatie en overstromingsfrequentie is vereist. Uiteindelijk bepaalt de verhouding tussen aan- en afvoerfluxen welke verschrallingsmethode (of combinatie van methoden) het meest effectief is. Zo mogelijk dient a.h.v. bodemvochtmonsters te worden geëvalueerd of een verschralling ook daadwerkelijk wordt bereikt. Na verloop van enige jaren (5 tot 10) zal er een geleidelijke stijging van het aantal soorten te zien zijn en zal moeten worden beoordeeld in hoeverre het tot dan toe gevoerde beheer verder kan worden geëxtensieerd.

Spontane ontwikkeling van oevers en bufferstrips

Afhankelijk van het voormalig gebruik van eenmaal verworven gronden is meer of minder waarschijnlijk dat er zich nog levensvatbare zaadvoorraden in de bodem bevinden die op een afzienbare termijn tot een spontane ontwikkeling van gewenste vegetatietypen, of van voorlopers daarvan in een gewenste successierichting, kan leiden. Allerlei factoren en maatregelen (te diepe ontwatering, te hoge voedselrijkdom, uitlogingsverschijnselen) kunnen de kiemkracht van ooit achtergebleven zaden beïnvloeden. In veel, t.o.v. hun omgeving laaggelegen gronden is bij ruilverkavelingen en egalisatiewerkzaamheden een zanddek opgebracht, waardoor het aanwezige bodemtype niet direct geschikt (en vaak te voedselrijk) is voor de ontwikkeling van gewenste vegetatietypen.

Voormalige landbouwgebieden zijn door dit soort factoren veelal minder geschikt om van het concept 'niets doen' uit te gaan. Spontane ontwikkeling zonder begeleiding zal in eerste instantie een mengsel van storingsindicatoren te zien geven. Zeer geleidelijk zullen zich meer karakteristieke soorten vestigen. Wijzigingen in het hydrologisch systeem (verhoging van de gemiddelde grondwaterstand, het vóórkomen van inundaties) bepalen vermoedelijk in belangrijke mate het voortplantingssucces van storingsindicatoren en meer karakteristieke soorten, mede a.g.v. het op gang komen van aan de 'nieuwe' randvoorwaarden gekoppelde chemische- (en soms morfologische) processen. Verwijderen van de bovengrond is een mogelijkheid om de uitgangssituatie te verbeteren en de kansen op een gewenste ontwikkeling te verhogen. Afgraven van grond moet echter in (geo)morfologisch en bodemkundig opzicht als een tamelijk rigoureuze maatregel worden gezien. Voorts bestaat de kans dat aanwezige zaadvoorraden met de afgevoerde grond worden verwijderd.

Gronden waar zich actuele zaadbronnen bevinden (fragmenten of verarmde vormen van gewenste vegetaties) zijn door spontane ontwikkeling wellicht verder te ontwikkelen en uit te breiden, mits een aantal vormen van beïnvloeding wordt aangepakt.

Beheer van gesloten (bos)vegetaties

In principe is in (elzen)broekbos nauwelijks onderhoud noodzakelijk en door de vaak moerassige situatie uitermate lastig (bovendien maken de dikwijls in groten getale aanwezige stekende insecten, zoals muggen en dazen, het verblijf niet erg aangenaam). Het opruimen van dood hout of uitdunnen van de elzenpopulatie draagt meestal niet of nauwelijks bij aan de verlaging van

de aanwezige nutriëntenvoorraad (N-fixatie door *Alnus*).

In en langs sommige nattere broekbossen op veen ziet men open(gekapte) gronden waar zich riet en pitrus vestigt (rietmoeras). Massale groei van helofyten geeft dikwijls aanleiding tot het ontstaan van een ondoorlatende (organische) laag in de bodem (gyttja), waardoor een van ondergrondse aanvoer van water min of meer geïsoleerd systeem ontstaat. Dergelijke, sterk regenwaterafhankelijke, moerasjes bevatten dikwijls zeer voedselarm water dat aanleiding kan vormen tot de ontwikkeling van veenmossen, die het prille begin zouden kunnen betekenen van een successie naar hoogveen. Voorwaarde voor het in gang brengen van een dergelijke successiereeks is dat de kans op overstroming vrijwel nihil is. Daarnaast is het noodzakelijk de vorming van bos, vanuit afgezaagde stammen e.d., te voorkomen.

Drogere, hogergelegen, (eiken-berken-/eiken/beuken)-bossen vergen in het algemeen betrekkelijk weinig onderhoud. Dikwijls behoeven t.b.v. van recreatieve nevenfuncties en t.b.v. ander verkeer (beheerders, brandweer) alleen paden vrijgehouden te worden van obstakels.

Beheer van open korte vegetaties

Afhankelijk van de soortensamenstelling van flora en fauna (b.v. bloeiende planten, broedvogels) in zich ontwikkelende schraalgraslanden kan het noodzakelijk zijn de 'oogstmethode' geleidelijk aan te passen (b.v. het gebruik van kleinere, wendbaardere maaimachines, variatie van tussenpozen tussen maai beurten in verschillende percelen, e.d.) of de periode waarin wordt geoogst te verplaatsen.

Het selectief verwijderen van bomen blijft in principe tot de regelmatig terugkerende werkzaamheden behoren. Daarbij kan het plaatselijk introduceren van schaduw, door hier en daar een boom te laten doorgroeien, leiden tot een verdere uitbreiding van het soortenaantal.

M.n. in Drenthe heeft men in z.g. Relatienotagebieden in de stroomgebieden van Drentse Aa en Peizerdiep veel succes geboekt met het, op vrijwillige basis en tegen een beheervergoeding, uitvoeren van beheerovereenkomsten met grondeigenaren. Een dergelijke overeenkomst bestaat uit een bepaald pakket aan beperkingen op het agrarisch gebruik die de ontwikkeling van vegetatie en/of fauna ten goede komt.

Van nature korte moerasachtige vegetaties (b.v. in delen van overstromingsvlakten) zullen een groot deel van het jaar ontoegankelijk blijken door een te hoge (grond)waterstand. Overstromingen hebben een belangrijke invloed op het verloop van nutriëntencycli. Daarnaast zijn overstromingen zeer wezenlijk voor het ontstaan van microreliëf (poeltjes, stroomgeulen en ophopingen van materiaal) die voor de ontwikkeling van de vegetatie het ontstaan van een grote variatie aan standplaatstypen met zich meebrengt. Op welke wijze de mens aan dit soort ontwikkelingen een positieve bijdrage kan leveren, buiten het zorg dragen voor een goede waterkwaliteit, is niet bekend.

2.6.2 Fauna

Aanleg passeerbare kunstwerken

Uit onderzoek aan de Nederlandse beken (o.a. Semmekrot, 1992) blijkt dat één van de belangrijkste oorzaken van het verdwijnen van een aantal soorten beek- en riviervissen is gelegen in het feit dat de verplaatsingsmogelijkheden

van vis worden beperkt door de aanwezigheid van allerlei kunstwerken t.b.v. het kwantitatief waterbeheer. Daarnaast blijken veranderingen in de fysische en chemische waterkwaliteit (stroomsnelheden, zuurstof, temperatuur, vervuiling) belangrijke redenen waarom het met de beekvissen slecht is gesteld. Niet alleen 'echte' trekvissen zoals zalm, zeeforel (anadroom) en aal (katadroom) treft dit lot. Ook populaties van potamodrome soorten en standvissen worden in hun voortbestaan bedreigd. Voor zalm en zeeforel geldt volgens Riemersma (1990) een hoogteverschil van 70 cm bij een waterdiepte van minder dan 40 cm als een absolute barrière. Voor veel kleinere, minder krachtige, vissoorten geldt dat een veel kleiner hoogteverschil al als onpasseerbaar moet worden beschouwd.

Sinds in internationaal verband afspraken zijn gemaakt over het weer optrekbaar maken van een aantal grote rivieren w.o. de Rijn (Rijn Actie Plan) voor Salmoniden zijn op diverse plaatsen in de rivieren bij stuwen passeerbare kunstwerken aangelegd. Ook in een aantal beken o.a. Geul, Gulp en Swalm zijn dergelijke passages aangebracht of in uitvoering. Waar hydrologisch toelaatbaar wordt over de hele breedte van een beek een vistrap aangelegd. In andere gevallen wordt naast een stuw een z.g. bypass aangelegd. De dimensionering van de vistrappen in Nederland wordt veelal gebaseerd op een onderzoek van het Waterloopkundig Laboratorium (Delft Hydraulics) (Boiten, 1989). Dit onderzoek is uitgevoerd op een reeks van z.g. V-vormige overlaten gescheiden door 'rust'bekkens. De dimensionering wordt per locatie berekend en is veelal gebaseerd op de fysieke eigenschappen van grotere Salmoniden en kleinere fysiek minder sterk ontwikkelde vissoorten. In de toekomst zal tevens steeds meer rekening worden gehouden met de kleinste vissen en trekkende macrofauna-soorten. Hierbij wordt gedacht aan passages zonder 'sprongen'. Over een beperkte afstand wordt een traject aangelegd met een wat hoger verhang dan de rest van de beek. Een dergelijke uitvoering is echter alleen mogelijk (betaalbaar) wanneer het te overbruggen hoogteverschil niet al te groot is.

Vooraf op plaatsen waar het verschil in waterhoogte tussen opeenvolgende stuwpanden te groot is of waar het risico voor ontoelaatbare overstromingen te groot is (b.v. door aanwezigheid van woningen e.d.) om het verwijderen van een stuw in de nabije toekomst te kunnen overwegen, kunnen vispassages uitkomst bieden. Wel moet daarbij worden bedacht dat de passagemogelijkheid slechts geldt voor een zeer beperkt aantal soorten. Van ecologisch herstel, een term die in het kader van de toepassing van passeerbare kunstwerken nogal eens wordt gebruikt, kan slechts in beperkte mate sprake zijn. Voor ecologisch herstel van beken dienen initiatieven te worden genomen die de hydrologie van het stroomgebied zo beïnvloeden dat stuwen en andere onpasseerbare kunstwerken geleidelijk overbodig worden.

(Her)introduktie van soorten

(Her)introduktie van soorten kan i.h.a. worden overwogen wanneer niet waarschijnlijk of zelfs uitgesloten is dat een soort op zelfstandige wijze het systeem zal koloniseren. Dat kan zijn omdat de afstand tot andere populaties van dezelfde soort te groot is om zelfstandige migratie van de soort mogelijk te maken (herintroduktie) of omdat een soort is uitgestorven en moet worden uitgeweken naar een verwante soort (introduktie).

Dikwijls zullen soorten waarvoor (her)introduktie wordt overwogen een min of meer essentiële rol in het functioneren of de verdere ontwikkeling van het

systeem worden toegeschreven. De soort in kwestie kan a.h.w. niet gemist worden bij de ontwikkeling van het systeem in een gewenste richting. Voorwaarde voor (her)introductie is dat de in het systeem aanwezige randvoorwaarden het de soort mogelijk maken een zelfstandige en duurzame populatie op te bouwen. Hiervoor is autecologische kennis van de soort nodig (habitateisen). Daarnaast is kennis nodig van de functie van een soort in het ecosysteem en van de mogelijke invloed die de soort zou kunnen uitoefenen bij de verdere ontwikkeling van het systeem.

Het uitzetten van vis t.b.v. de binnenvisserij en recreatieve hengelsport is al sinds de 19^{de} eeuw een gangbare praktijk in Nederland (Vooren, 1972). Visuitzettingen moeten in principe worden beschouwd als (her)introducties van soorten. Naast herintroductie van (inheemse) vissoorten (of aanvulling van de populatie) zijn in het verleden introducties van (uitheemse) soorten uitgevoerd. Raat (1990) geeft een overzicht van door de OVB begeleide uitzettingen sinds 1950. Uitzettingen geschieden tegenwoordig meestal in stilstaande wateren (visvijvers e.d., grotere plassen), maar ook uitzettingen in stromend water komen voor (vnl. beekforel en vlagzalm). De meeste van dit soort uitzettingen is bedoeld voor z.g. 'put and take' visserij. Van vlagzalm hebben zich hier en daar zelfstandige populaties ontwikkeld.

Ook t.b.v. het waterbeheer is wel geëxperimenteerd met het uitzetten van vis (b.v. graskarpers) ter beteugeling van de hoeveelheid vegetatie in sloten en plassen.

Sinds het begin van de jaren 80 is voor de meeste soorten m.b.t. de hoeveelheid uitgezette vis een dalende tendens te zien (Raat, 1990). Daarbij ligt het accent, anders dan in het verleden het geval was, in toenemende mate bij het dienen van de recreatieve visserij.

Door de OVB (Semmekrot, 1992) is onderzoek verricht naar het ecologisch potentieel van Nederlandse beken voor Salmoniden (vnl. zalm en zeeforel). Daarbij blijkt dat in slechts 7 beken in Nederland (Swalm, Geul, Gulp, Selzerbeek, Eijsderbeek, Mechelderbeek en Terzieterbeek), alle in Limburg (heuvelandbeken), geschikte habitats (grove grindbedden) voor het paaien en opgroeien van deze Salmoniden aanwezig zijn. In de toekomst zal hier worden geëxperimenteerd met het herintroduceren van deze soorten. Met dit soort uitzettingen beoogt men een zichzelf instandhoudende populatie van een bepaalde vissoort te herstellen en daarmee een bijdrage te leveren aan het ecologisch herstel van de stromende wateren. Salmoniden worden beschouwd als de top-predatoren in stromend water en worden gedacht daarmee een belangrijke plaats in te nemen in de voedselketen van stromend-water ecosystemen. Van de aanwezigheid van Salmoniden zou een regulerende werking kunnen uitgaan naar populaties van lager in de voedselketen geplaatste soorten.

Initiatieven die worden genomen om de herintroductie van grote Salmoniden mogelijk te maken kunnen ook ten goede komen aan het herstel van populaties van andere beekvissen zoals; biermpje, elrits, beekprik, rivierdonderpad, riviergrondel, kopvoorn, serpeling, barbeel, sneep en kwabaal. Initiatieven voor herintroductie worden echter maar in een zeer beperkt deel van Nederland ontplooid (vnl. Zuid-Limburg). Het herstel van vispopulaties in laaglandbeken, die in aantal veel talrijker zijn, dreigt hierbij enigzins te worden onderbelicht. Waar soorten plaatselijk (in een beek of bekenstelsel) zijn uitgestorven kan herintroductie mogelijk eveneens een rol spelen. Voorafgaand aan het herstel

van vispopulaties moet veelal eerst de waterkwaliteit worden verbeterd en obstakels worden verwijderd.

Het (her)introduceren van grote grazers (runderen, paarden) wordt op verschillende plaatsen overwogen om dikwijls verschillende redenen:

1) Grazers kunnen een, weliswaar geringe, rol vervullen bij de verschraling van voormalig bemeste landbouwgronden. Aanwezigheid van grazers kan de snelheid waarmee nutriënten in de bodem inspoelen en daarmee niet meer beschikbaar zijn voor de vegetatie in beperkte mate verhogen.

Verschraling is dikwijls nodig om de sporen van voormalig landgebruik (bemesting) geleidelijk te kunnen laten vervagen. Ook bij het tegengaan van effecten van atmosferische depositie (b.v. vergrassing van heideterreinen) worden grote grazers ingezet.

2) Grote grazers behoren van oorsprong tot de inheemse fauna van grote delen van Nederland. Als vraatzuchtige herbivoren kunnen ze bij de ontwikkeling van open en halfopen landschappen een ingrijpende rol vervullen. Bij natuurontwikkeling (in de richting van meer oorspronkelijke landschappen) kunnen grote grazers daarom niet over het hoofd gezien worden. Door verschillen in de eetgewoonten van verschillende soorten

(selectief - niet selectief) zijn zeer uiteenlopende resultaten te verwachten. Op verschillende plaatsen en in verschillende landschapstypen wordt hiermee geëxperimenteerd. Een aantal soorten dat hier vroeger geleefd heeft is inmiddels van de aardbodem verdwenen en zouden door verwante soorten kunnen worden vervangen. Van een aantal soorten (b.v. eland) is duidelijk dat de grootte van de terreinen waarin (her)introduktie wordt overwogen niet toereikend is om aan de eisen van de soort te voldoen. Ook in dit geval wordt gedacht aan vervanging door andere soorten met minder hoge eisen.

Ook in beekgebieden kunnen grote grazers in principe nuttig zijn als instrument om een (geringe) verschraling te bewerkstelligen. Een punt van discussie wordt gevormd door de vraag of in beekdalecosystemen de invloed van grote grazers op langere termijn een nuttige rol kan vervullen bij de ontwikkeling van het landschap. Deze vraag wordt in hoofdzaak ingegeven door het feit dat eigenlijk nog maar nauwelijks iets bekend is over de orde van grootte van de structurele invloed die een enkel organisme of groep van organismen uitoefent op het functioneren van andere soorten/populaties in het ecosysteem. Beantwoording van dit soort vragen vereist lange-termijn onderzoek in vergelijkbare systemen met en zonder grazers.

Vooralsnog lijken een aantal zaken nog te weinig onderbouwd om te kunnen stellen dat grotere grazers moeten worden beschouwd als karakteristieke (en dus eventueel structureel te (her)introduceren) soorten van beekdalsystemen in Nederland.

Een soort die vooral m.b.t. morfologische (en ten dele hydrologische) processen en patronen in beeksystemen een belangrijke invloed zou kunnen uitoefenen is de bever (Boere & van der Ouderaa, 1983). Deze soort is inheems in Nederland maar is a.g.v. het verdwijnen van geschikte habitats uit ons land verdwenen. Sinds 1989 wordt geëxperimenteerd met het herintroduceren van bevers in de Biesbosch. Hierbij blijkt dat de bever een vrij uitgestrekt gebied met veel bomen, b.v. wilg, els maar ook hardhout bewoont (z.g. home-range = 2,8 km; mond. med. B. Nolet). Mogelijk zijn ook locaties in de omgeving van

kleinere stromende wateren geschikt (te maken) voor bewoning door bevers. In dit soort habitats is de bever echter gewend dammen te bouwen, wat kan leiden tot gedeeltelijke verstopping van de beek en overstroming van het beekdal. Ten dele kunnen als gevolg hiervan interessante verschijnselen worden verwacht, zoals het ontstaan van overstromingsvlakten en loopverleggingen e.d.. Bovendien ontstaat door een beverdam a.h.w. een natuurlijke vorm van stuwing die zou kunnen worden benut bij het verbeteren van het afvoerloop van beken. Mogelijkheden van herintroductie zullen in de toekomst nader moeten worden onderzocht, mede m.b.t. de onvoorspelbaarheid van het gedrag van dieren en het risico van het ontstaan van inundaties op plaatsen waar dat niet gewenst is.

Ook de otter is een soort die men zou kunnen rekenen tot de fauna van m.n. benedenlopen en overstromingsvlakten (voldoende diepte). De otter is i.t.t. de bever een viseter en is hierdoor aan water gebonden. Door waterverontreiniging (accumulatie van pcb's e.d.), versnippering van leefgebieden en verdwijnen van dekkingbiedende oevervegetatie is de otter nagenoeg uit ons land verdwenen (Min. van L & V, 1989).

De otter komt voor in allerlei typen water variërend van heuvelland- en laaglandbeken en -rivieren tot stilstaande wateren (plassen en meren). In Nederland wordt de gemiddelde grootte van het territorium van de otter op 10 km² gesteld. Langs beken en rivieren bedraagt de benodigde oeverlengte 10-15 km.

In 1989 is door het Ministerie van Landbouw en Visserij het 'Herstelplan leefgebieden otter' gepubliceerd. Hierin worden voorstellen gedaan voor maatregelen t.b.v. het vergroten van de overlevingskansen van otters. Gebieden waar dit soort maatregelen zouden moeten worden toegepast liggen voornamelijk langs de grote rivieren in de diverse laagvaanregio's. De hogere delen van Nederland worden in dit rapport genoemd als gebieden met weinig geschikte habitats en matige ontwikkelingsmogelijkheden. Wel wordt relatief veel nadruk gelegd op het creëren van verbindingswegen voor de verspreiding van de otter (Veen, 1987). Mogelijk kunnen ook beekherstelprojecten bijdragen in het vergroten van de verspreiding van de otter in ons land.

Herintroductie van otters in beekdallandschappen wordt vooralsnog niet overwogen.

Van veel lagere dieren die behoren tot de karakteristieke fauna van beken en beekdalen (b.v. insecten zoals sommige kokerjuffers, eendagsvliegen, steenvliegen e.d.) kan nagenoeg met zekerheid worden gesteld dat zelfstandige (re)kolonisatie vanuit andere populaties vrijwel uitgesloten is. De meeste van dit soort dieren staat laag in de voedselketen. De invloed die een dergelijk soort op het functioneren of op de ontwikkeling van een bekecosysteem zal kunnen uitoefenen is daardoor betrekkelijk gering. Vaak is van soorten goed bekend wat hun functie binnen het systeem is (b.v. verknippen van grof organisch materiaal). Mede a.h.v. onderzoek aan levensgemeenschappen (b.v. aandeel van verschillende functionele voedingsgroepen in een gemeenschap) kan worden beoordeeld of het introduceren van een 'extra kracht' voor een bepaalde functie het functioneren van het systeem positief zou kunnen beïnvloeden. In dit soort gevallen lijkt (her)introductie van lagere organismen zonder risico te kunnen worden overwogen. Er is echter nog weinig of geen ervaring met dit soort praktijken. Experimentele (her)introducties kunnen in de toekomst mogelijk meer licht op deze materie werpen.

LITERATUUROVERZICHT

- Boere, G.C. & A. van der Ouderaa, 1983. Bevers in Nederland?: Een onderzoek naar de mogelijkheden tot herintroductie van de bever in Nederland: Eindrapport van de werkgroep 'Bevers in Nederland'. Staatsbosbeheer, Utrecht.
- Boiten, W., 1989. De V-vormige vistrap; optimalisatie van het hydraulisch ontwerp. Waterloopkundig Laboratorium (Delft Hydraulics), Delft.
- Bouwknegt, J. & A.J. Gelok, 1992a. Hydraulische aspecten van beekmeandering. Landinrichting 1992/32 3: 9-15.
- Bouwknegt, J. & A.J. Gelok, 1992b. Zandtransport bij beekherstel. Landinrichting 1992/32 8: 2-10.
- Bruchem, A.E. van, G. Schellingen & L.T. Runia, 1992. Natuurontwikkeling Achelse Kluis. Spanningsveld tussen theorie en praktijk in een beekdalsituatie. Landinrichting 1992/32 3: 17-23.
- Cooper, J.R., J.W. Gilliam & T.C. Jacobs, 1986. Riparian areas as a control of nonpoint pollutants. In: Correl, D.C. (ed.), Watershed Research Perspectives. Smithsonian Inst. Press, Washington D.C.
- Doyle, R.C., G.C. Stanton & D.C. Wolf, 1977. Effectiveness of forest and grass buffer filters in improving the water quality of manure polluted runoff. ASAE Paper 77-2501.
- Glastra, M., 1990. Hoogveen in Noordwest-Europa: een kwestie van krimp en groei: Een vergelijkende studie naar de mogelijkheden voor behoud en herstel van hoogvenen in Nederland, Nedersaksen en Ierland. Afstudeerverslag Vakgroep Hydrologie, Bodemnatuurkunde en Hydraulica/ Vakgroep Ruimtelijke Planvorming. LUW, Wageningen.
- Grootjans, A.P., 1980. Distribution of plant communities along rivulets in relation to hydrology and management. In: Wilmanns, O. & R. Tüxen (red.). Epharmone. Berichte der Internationalen Symposien der Internationalen Vereinigung für Vegetationskunde Herausgegeben von Reinhold Tüxen. J. Cramer, Vaduz.
- Haycock, N.E. 1991. Riparian Land as Buffer Zones in Agricultural Catchments. D.Phil. Thesis. University of Oxford.
- Jansen, P.C., 1986. De potentiële verdamping van (half-) natuurlijke vegetaties. ICW nota 1703, ICW, Wageningen.
- Leuven, R.S.E.W. & J.A.A.R. Schuurkes, 1985. Effecten van zure neerslag op zwak gebufferde en voedselarme wateren. Publikatie reeks Lucht no. 47. Min. van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, 's-Gravenhage.
- Lewis, G. & G. Williams, 1984. Rivers and Wildlife Handbook: A guide to practises which further the conservation of wildlife on rivers. RSPB/RSNC. David Green Printers Ltd., Kettering.
- Meinardi, C.R., 1988. Veranderingen in de samenstelling van het water in de Veluwe sprengen. H₂O 21(1988): 52-57.
- Ministerie van Landbouw en Visserij, 1989. De otter in perspectief; een perspectief voor de otter. Herstelplan leefgebieden otter. Min. van L & V, 's-Gravenhage.
- Osborne L.L. & D.A. Kovacic, in druk. Riparian Vegetated Buffer Strips in Stream Restoration and Management.
- Petersen, R.C., L.B.M. Petersen & J. Lacoursière, 1992. A Building-block Model for Stream Restoration. In: Boon, P.J., P. Calow & G.E. Petts (eds.), 1992.

- River Conservation and Management. Wiley & Sons, Chichester/New York.
- Raat, A.J.P., 1990. Fish Stocking in the Netherlands 1950-1990. Paper prepared for the International Fisheries Management Conference to mark the 21st anniversary of the Institute of Fisheries Management, London 10-14th September 1990. Organisatie ter Verbetering van de Binnenvisserij, Nieuwegein.
- Riemersma, P., 1990. VISPAS; passeerbaarheid van kunstwerken Deelrapport 1 van de Literatuurstudie Vispassages. Organisatie ter Verbetering van de Binnenvisserij, Nieuwegein.
- Semmekrot, S., 1992. Analyse van het ecologisch potentieel van beken in Nederland voor Salmoniden. OVB-Onderzoeksrapport 1992-1, Organisatie ter Verbetering van de Binnenvisserij, Nieuwegein.
- Stroot, R.G.B., 1991. Geomorfologische gesteldheid van een meanderend traject van de Boekelerbeek, Overijssel. Interne Mededeling 178. Staringcentrum, Wageningen.
- Van Rooy, P.T.J.C. & A. Paarlberg, 1991. Aanzet tot beekherstel in Limburg. H₂O (24)1991, nr. 20: 556-562.
- Veen, A., 1992. Waterverbruik van bossen. Landschap 1992 9/1: 3-16.
- Veen, J., 1987. Otterhabitat in Nederland. Een onderzoek naar de geschiktheid van de Nederlandse binnenwateren als habitat voor de otter (*Lutra lutra* L.), 's-Gravenhage.
- Verdonschot, P.F.M. & J. Laseur, 1983. Stromend water in Overijssel. Aanbeveling voor het toepassen van natuurtechnische natuurbouw bij de herinrichting van genormaliseerde beken. Provinciale Waterstaat in Overijssel, Zwolle.
- Vooren, C.M., 1972. Ecological aspects of the introduction of fish species into natural habitats in Europe, with special reference to The Netherlands. A literature survey. *Journal Fish Biology* 4: 563-583.
- Wet Bodembescherming, 1986. Min. van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, Min. van Landbouw en Visserij, Staatsuitgeverij, 's-Gravenhage
- Wet Verontreiniging Oppervlaktewater, 1970. Min. van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, Staatsuitgeverij, 's-Gravenhage.
- Wolfert, H.P. 1992. Beekmeandering en natuurontwikkeling, een geomorfologische benadering. *Review Landschap* 1991 8/4: 265-276.
-

3. LEEMTEN IN DE BESCHIKBARE KENNIS

3.1 Algemeen

In DEEL 2 werd reeds opgemerkt dat dikwijls nog inzicht ontbreekt in m.n. de kwantitatieve relaties tussen verschillende parameters in ecosystemen. De aanwezigheid van menselijke invloeden maakt de situatie dikwijls nog meer complex. Juist door de aanwezigheid van menselijke invloeden zijn op veel plaatsten situaties ontstaan waar natuurlijke processen en patronen volledig worden overschaduwd (denk vooral aan invloeden op de grondwaterstand en fluctuaties daarin). Herstel van dit soort ecosystemen berust dan ook ten dele op de terugkeer van meer natuurlijke waarden en fluctuaties.

Waar meerdere ingrepen op het functioneren van het ecosysteem inwerken is het bepalen van de relatieve mate van storing van de ingrepen apart dikwijls niet zonder meer aan te geven. Terugdringen van de intensiteit van ingrepen berust daarom vaak op pragmatische keuzes.

Voor het nemen van natuurontwikkelingsmaatregelen geldt in principe hetzelfde, maar in omgekeerde richting.

3.2 Landgebruiksfactoren

Van vele van de in dit rapport belichte landgebruiksparameters worden uitgebreide statistieken bijgehouden (grondgebruik, bemesting, atmosferische depositie, lozingen e.d.).

Het gebruik van dergelijke gegevens bij studies in het kader van natuurontwikkeling (b.v. in stroomgebiedsperspectief) is echter (nog) zeer minimaal. Dit geldt in het bijzonder waar het de ecologische implicaties van actuele waarden van de landgebruiksparameters betreft. Ten dele ligt hiervan de oorzaak in het feit dat bij natuurontwikkelingsprojecten dikwijls tevoren wordt vastgesteld dat andere belangen (m.n. landbouw) niet door natuurontwikkeling mogen worden geschaad. In de praktijk betekent dit dat in te ontwikkelen systemen *a priori* met een bepaalde mate van menselijke invloed moet worden gerekend. In beeksystemen, waar, in vergelijking tot systemen in het vlakke land, een grotere (snellere) mate van doorstroming aanwezig is, vormt het voorgaande een belangrijk manco. Natuurdoeltypen met een geringe mate van menselijke beïnvloeding (HGr 1 en HGr 2) worden hierdoor op veel plaatsen onbereikbare doelen.

Eén en ander wordt nog verder gecompliceerd doordat de wetgeving op het gebied van grondonteigening, reallocatie van 'storende' menselijke activiteiten, bemestings- en drainagebepalende maatregelen e.d. t.b.v. natuurontwikkeling niet bestaat of nog in ontwikkeling is.

In de provincies is men in het kader van het z.g. Relatienotabeleid druk doende landbouwers, via het uitvaardigen van beheerovereenkomsten met een daaraan gekoppelde vergoeding, te bewegen de intensiteit van bepaalde vormen van agrarisch gebruik (drainage, bemesting, maaien e.d.) te verminderen. Dit gebeurt echter nog weinig vanuit natuurontwikkelingsoptiek, waarbij gestructureerd wordt getracht de hydrologische situatie in stroomgebieden (zowel waterkwantitatief als -kwalitatief) te verbeteren.

3.3. Maatregelen

Het doen van ingrepen en treffen van maatregelen ter verbetering van het ecologisch functioneren van beken en hun omgeving is in Nederland relatief jong. Ervaring met bepaalde maatregelen is dikwijls zeer beperkt, vooral waar het voorspellingen op wat langere termijn betreft. In het buitenland (Denemarken, Duitsland, Engeland, Zweden) is al langer ervaring opgedaan met beekherstel. Dikwijls zijn de wateren die het hier betreft slechts in beperkte mate of in het geheel niet vergelijkbaar met de Nederlandse wateren. De waarde van buitenlandse ervaringen met beekherstel kan daardoor dikwijls in twijfel worden getrokken.

Veel natuurontwikkelingsplannen in beken en beekdalen berusten in hoge mate op het principe van 'trial and error'. Daarbij ligt dikwijls in vrij sterke mate de nadruk bij het 'doen' i.p.v. bij het 'laten'. Ook dit wordt mede veroorzaakt doordat bij de planontwikkeling m.n. t.a.v. agrarische activiteiten wordt afgesproken dat er geen belangen mogen worden geschaad. Voor daadwerkelijk natuurherstel vormt een dergelijke situatie en belangrijk struikelblok. Een en ander wordt veroorzaakt doordat het natuurontwikkelingsbeleid nog onvoldoende juridisch is onderbouwd.

DEEL 4: Synthese

- 1 Beschrijving van randvoorwaarden t.a.v. natuurdoeltypen met aanwijzingen voor inrichting en beheer**
 - 2 Geografische kansrijkdom en haalbaarheid**
-

1. RANDVOORWAARDEN VOOR NATUURONTWIKKELING MET AANWIJZINGEN VOOR INRICHTING EN BEHEER

1.1 Inleiding

In de eerste drie delen van dit rapport zijn heuvellandbeken en laaglandbeken onderscheiden. Voor elk van de beektypen zijn op grond van gewenste natuurdoelen (Hoofdgroep) 4 natuurdoeltypen onderscheiden. Natuurdoeltypen in HGr 1 en 2 gelden als zelfstandige typen en worden niet verder onderverdeeld. Natuurdoeltypen in HGr 3 en 4 zijn op grond van specifieke beheers- of gebruiksaspecten evt. nader onder te verdelen. Het laatste is in dit rapport nog niet gedaan. Binnen elk van deze systeemtypen komen bronnen, bovenlopen (bron + bovenloop), middenlopen en benedenlopen als subsysteemtypen voor. In dit hoofdstuk worden beheerseenheden geïntroduceerd. Met de introductie van beheerseenheden wordt getracht kennis van de (hydrologische) positie van een lokatie binnen een stroomgebied te laten meespelen bij de keuze van natuurdoeltypen.

In DEEL 2 is reeds geconstateerd dat de schaalgrootte van beek- en beekdal-systemen wezenlijk verschilt van andere systeemtypen waarvoor in ecosystemvisies natuurdoeltypen zijn geformuleerd (laagvenen, heide) of nog moeten worden geformuleerd (graslanden, bossen). Er komt in beekdalen een grote mate van overlapping voor met natuurdoeltypen die óók tot andere systeemtypen worden gerekend.

Het doel van dit hoofdstuk is elk van de natuurdoeltypen, waar mogelijk in kwantitatief opzicht, te karakteriseren a.h.v. in het voorgaande onderscheiden parameters en deze te waarderen.

Naast klimatologische, geologische, (geo)morfologische, hydrologische, bodemkundige en ecologische parameters komen voor de beschrijving van natuurdoeltypen ook de landgebruiksparementen (menselijke beïnvloeding) aan de orde. Enkele voorbeelden van natuurdoeltypen worden nader uitgewerkt in termen van te verwachten levensgemeenschappen.

Deze kwantitatieve karakterisering zal zich beperken tot het aangeven van een range waarbinnen zich de waarde van een parameter moet bevinden in een van buitenaf 'ongestoord' (sub)systeem. Waar mogelijk en wezenlijk voor het functioneren van het systeem wordt ook aandacht gegeven aan de (seizoens)periodiciteit van een parameter. Deze waarden (ranges) gelden als referentiepunt, d.w.z. zij geven de ontwikkelingsrichting aan die bij het nemen van maatregelen in het kader van natuurontwikkeling dient te worden nagestreefd. Referentiewaarden zijn daarbij gebaseerd op gegevens van nog aanwezige, relatief ongestoorde situaties in Nederland, op oude waarnemingen (historische referenties) of op waarnemingen aan vergelijkbare systemen in het buitenland, voorzover de randvoorwaarden vergelijkbaar zijn aan de Nederlandse (geografische referentie).

Voor heuvellandbeken is niet naar referenties in het buitenland gezocht. Beschrijvingen van b.v. Smitsaert (1959) geven een goed beeld van de toestand van de Limburgse beken in het verleden. Ook kunnen uit nog aanwezige relatief ongestoorde situaties ranges van parameters voor de referentiesituatie van heuvellandbeken worden geput.

1.2 Situering van natuurdoeltypen binnen een (deel van een) stroomgebied: beheerseenheden

Een natuurdoeltype vereist een te volgen **strategie** in het natuurbeheer. Het natuurdoeltype waaraan een bepaald gebied wordt toegedeeld bepaalt globaal welke maatregelen binnen dat gebied wenselijk worden geacht. De exacte invulling van het maatregelenpakket (m.a.w. 'waar wordt welke maatregel genomen met welke intensiteit?') is sterk afhankelijk van lokale omstandigheden en kan niet op dit schaalniveau worden vastgesteld.

Voor beken en beekdalen bestaan de voornaamste sturende processen uit stroming van water en van (voedings)stoffen.

In een perceel, dat door verrijkende invloeden van bemesting elders, eutrofiëring vertoont, is het toepassen van verschralende maatregelen zinloos, zolang er niets wordt gedaan aan de bronnen van eutrofiërende stoffen.

Het onderkennen van de relaties die een bepaald (deel)gebied onderhoudt met andere gebieden, via de ondergrondse water- en stoffenstromen, is van belang bij de situering van natuurdoeltypen in het veld.

Bij het toekennen van natuurdoeltypen aan concrete gebieden geldt **het verbeteren van de ecologische toestand en het functioneren van de beek en zijn directe omgeving als uiteindelijk doel**. Door de relaties die een beek en z'n dal onderhouden met hun achterland moet in principe worden uitgegaan van hele stroomgebieden. Dit is om praktische redenen bijna nergens in Nederland mogelijk. Wanneer aan dit principe zou worden vastgehouden zouden alleen een aantal kleine bovenloopjes, die tot op heden nog voor een groot deel zijn gevrijwaard van menselijke beïnvloeding (m.u.v. atmosferische depositie) voor behoud en herstel in aanmerking komen.

Binnen Nederland vormt de Ecologische Hoofd Structuur het kader waarbinnen natuurontwikkeling dient plaats te vinden. De begrenzing van de EHS komt in het pleistocene en pre-pleistocene deel van Nederland op veel plaatsen niet overeen met de grenzen van stroomgebieden.

Om het belang van de water- en stoffenhuishoudkundige relaties van een gebied met zijn achterland te onderstrepen dienen in het kader van natuurbehoud en -ontwikkeling gebieden te worden onderscheiden waarbinnen stromen van water en stoffen binnen zekere grenzen beheer(s)baar kunnen worden geacht.

Deze gebieden worden beheerseenheden genoemd. Een beheerseenheid is te definiëren als:

'Een gebied dat in een hydrologisch stromingsstelsel min of meer als een geheel kan worden beschouwd, waarbij inrichting en beheer vooral gericht zijn op het bevorderen van een duidelijk omschreven verloop van hydrologische, bodemkundige (en soms morfologische) processen'.

Vorm en grootte van beheerseenheden dienen te worden bepaald op basis van stroomgebiedsgrenzen en stroombanenpatronen van (vooral het ondiepe) grondwater. Daarbij geldt de lengterichting van de stroombanen als potentiële grens. Een gebied waarin veel stroombanen het gebied ondergronds 'infiltreren' is minder geschikt. Gebieden waarin het begin van stroombanen (de omgeving van de waterscheiding) is opgenomen zijn meer geschikt.

Een beheerseenheid dient één natuurdoeltype te omvatten. De omschrijving

van het natuurdoeltype omvat meer dan één vegetatietype of ecotooptype en onderschrijft een zekere afhankelijkheid van terreinhoogte (Gt), helling (stroomsnelheid) en plaats in het hydrologisch systeem (infiltratie/kwel). Een beheerseenheid is een gebied, ter grootte van een heel stroomgebied of een deel daarvan. Een straalsgewijze strook van een stroomgebied waarbinnen zich een aantal stroombanen bevinden, kan als beheerseenheid worden opgevat zolang het traject dat het water binnen het gebied aflegt (oppervlakkige en ondiepe stroming) goeddeels gevrijwaard is van 'onbestuurbare' menselijke beïnvloeding. Inrichting van bufferstrips kan helpen het gebied af te schermen van menselijke beïnvloeding van buiten het gebied. In figuur 4.1 zijn een aantal vormen van beheerseenheden nader uitgewerkt.

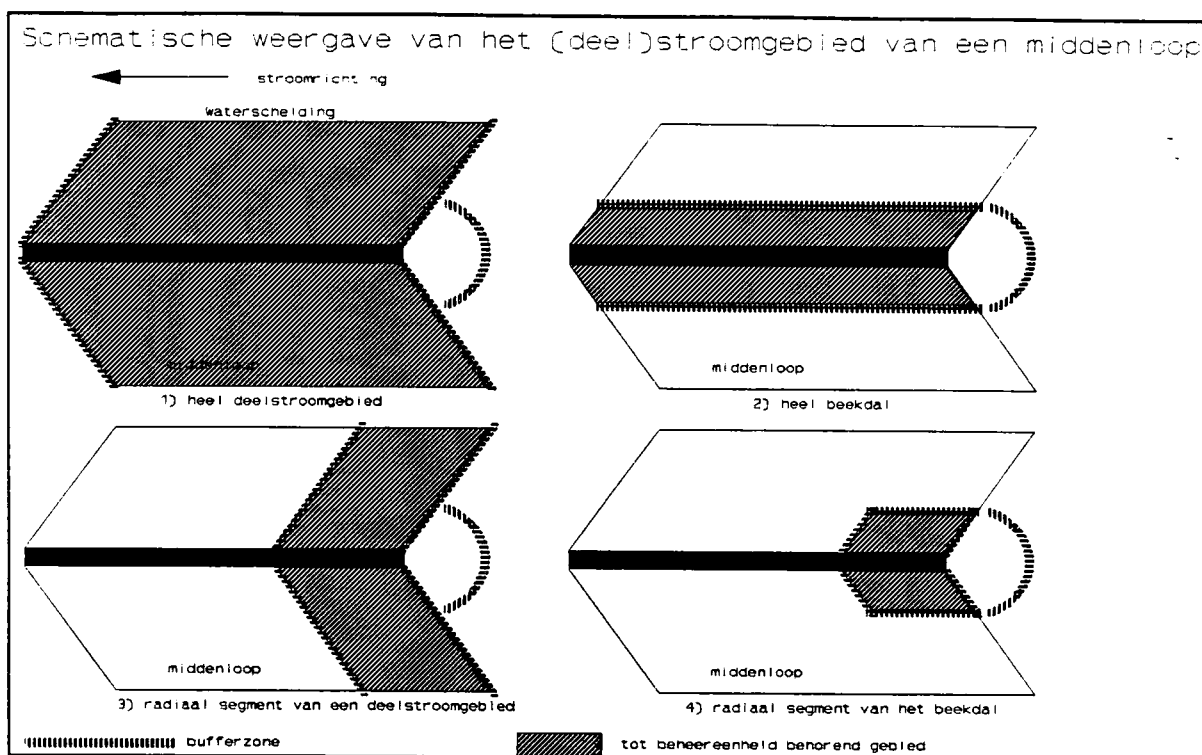


Fig. 4.1 Voorbeelden van beheerseenheden in een schematische voorstelling van een middenloopgebied

Afhankelijk van de oppervlakte van het (deel)stroomgebied en de 'uitsnede' die tot een beheerseenheid wordt gerekend kunnen eenheden met een zeer uiteenlopende oppervlakte voorkomen.

De oppervlakte en de interne variatie van parameters als Gt, terreinhoogte, intern reliëf, alsmede de mate waarin menselijke invloeden van buitenaf daadwerkelijk kunnen worden geminimaliseerd, bepalen mede het natuurdoeltype dat binnen een eenheid voor kan komen. Grotere eenheden (hele (deel)stroomgebieden) lenen zich in het algemeen beter voor het realiseren van een natuurdoeltype behorend tot Hoofdgroepen 1 en 2 (relatief kleinere omtrek). In dergelijke eenheden mag worden verondersteld dat de hoeveelheid menselijke beïnvloeding (via drainage, bemesting e.d.) tot het minimum kunnen worden teruggebracht. Binnen grotere eenheden die zijn toegewezen

aan één van de natuurdoeltypen uit de Hoofdgroepen 1 of 2 kunnen op grond van aanwezige natuurwaarden percelen worden aangewezen die t.b.v. het behoud van die waarden worden beheerd (HGr 3 of 4).

In kleinere eenheden zal ondanks afscherming met bufferstrips, rekening moeten worden gehouden met externe invloeden op het grondwaterpeil en de nutriëntenhuishouding. Toewijzing van een natuurdoeltype uit HGr 1 of 2 vereist grotere investeringen in buffermaatregelen. Aanwezige of gewenste levensgemeenschappen zullen zich in kleinere gebieden moeilijker in een gewenste ontwikkelingsrichting (laten) bewegen. Doordat het oppervlak klein is zullen soorten die een groot areaal vereisen aan de levensgemeenschap (blijven) ontbreken.

Toewijzing van natuurdoeltypen behorend tot HGr 3 zal dikwijls geschieden op basis van een inventarisatie van lokaal aanwezige waarden. Hiervoor zijn vaak kleinere beheerseenheden genoeg. Voor half-natuurlijke vegetatietypen gelden echter dezelfde overwegingen m.b.t. afhankelijkheid van water- en stofstromen als voor natuurlijke vegetaties. Bufferen blijft ook hier vaak noodzakelijk.

Natuurdoeltypen in HGr 4 zullen dikwijls om praktische redenen (aanwezig mede-gebruik, aanwezige andere functies) worden gekozen.

In het algemeen moet worden gesteld dat in grotere eenheden beter zal kunnen worden voldaan aan eisen t.b.v. de levensgemeenschappen in beek en beekdal.

Bij de keuze van natuurdoeltypen binnen beheerseenheden of stroomgebieden bestaat door de aanwezigheid van stroming altijd een afhankelijkheid van het hogergelegen (bovenstroomse) gebied. Natuurdoeltypen uit HGr 1/2 kunnen in de omgeving van een benedenloop nooit (volledig) gerealiseerd worden indien stroomopwaarts al voor andere opties is gekozen. De keuze van HGr 1/2 in bovenstroomse gebieden kan echter de mogelijkheden voor de keuze van 'meer natuurlijke' natuurdoeltypen benedenstrooms begunstigen.

1.3 Ecologische randvoorwaarden voor Nederlandse beeksystemen

Uit gegevens van referenties kunnen randvoorwaarden worden opgesteld voor de waarde van ecologisch relevante en stuurbare parameters.

De verzameling van randvoorwaarden geeft een indruk van de (ecologische) potenties van een type systeem onder in Nederland heersende omstandigheden. Bij laaglandbeken, die geografisch veel meer verspreid liggen dan de heuvellandbeken, is de variatie aan ecologische potenties groter dan bij heuvellandbeken. Dit houdt mede verband met de heterogeniteit van geologische patronen en daarmee samenhangende hydrologische processen in verschillende delen van Nederland (vergl. laaglandbeken in Drenthe en Brabant).

In tabel 4.1 zijn voor resp. heuvelland- en laaglandbeken waarden (ranges) opgenomen van de belangrijkste parameters. Voor kalkrijkdom en pH en concentraties van nutriënten zijn geen concrete getallen genoemd. In plaats daarvan zijn kwalitatieve termen zoals zwak zuur, oligo- en mesotroof gebruikt om een indicatie van de pH en voedselrijkdom te geven.

Tabel 4.1 *Overzicht van randvoorwaarden van ecologische hoofdfactoren in beek- en beekdalsystemen in Nederland.*

Heuvellandbeken:

beekdal:

Gt: infiltratiegebied: droog/vochtig; VII, VIII
intermediair gebied (periodieke kwel): vochtig/nat; III
kwelgebied: nat; II, III
inundatiegebied: periodiek onder water; I

kalkrijkdom en pH: infiltratiegebied: matig tot zeer kalkrijk, neutraal/zwak basisch, soms kalkarm, zwak zuur/zuur
intermediair gebied: idem, niet zuur
kwelgebied: matig tot zeer kalkrijk, neutraal/zwak basisch
inundatiegebied: idem

voedselrijkdom: infiltratiegebied: oligotroof, o.i.v. dieper grondwater minder voedselarm
intermediair gebied: oligo/mesotroof, o.i.v. dieper grondwater minder voedselarm
kwelgebied: mesotroof
inundatiegebied: eutroof

beek:

stroomsnelheid: 30 cm/s tot hoger dan 100cm/s (jaargem.)

permanentie: wijze van voeding:

regen/ondiep grondwater: bron en bovenloop mogelijk droogvallend (langer dan ± 6 weken per jaar), midden- en benedenloop permanent
diep grondwater: hele beek doorgaans permanent

pH: kalkrijkdom stroomgebied; kalkrijk [plaatselijk kalkarm]:
bron en bovenloop: neutraal/zwak basisch [zwak zuur/zuur]
middenloop: neutraal/zwak basisch [zwak zuur/neutraal]
benedenloop: neutraal/zwak basisch

voedselrijkdom: bron en bovenloop: oligotroof, o.i.v. dieper grondwater voedselrijker
middenloop: mesotroof
benedenloop: meso-/eutroof

Laaglandbeken:

beekdal:

Gt: infiltratiegebied: droog/vochtig; VII, VIII
intermediair gebied (periodieke kwel): vochtig/nat; III
kwelgebied: nat; II, III
inundatiegebied: periodiek onder water; I

kalkrijkdom en pH: infiltratiegebied: kalkarm, zwak zuur tot zuur
intermediair gebied: kalkarm, zwak zuur
kwelgebied: matig kalkrijk, neutraal
inundatiegebied: kalkrijk, neutraal tot zwak basisch

voedselrijkdom: infiltratiegebied: oligotroof
intermediair gebied: oligo/mesotroof
kwelgebied: mesotroof
inundatiegebied: eutroof

beek:

stroomsnelheid: doorgaans lager dan 50 cm/s (jaargem.)

permanentie: wijze van voeding:

regen/ondiep grondwater: bron en bovenloop mogelijk droogvallend (langer dan ± 6 weken per jaar), midden- en benedenloop permanent
diep grondwater: hele beek doorgaans permanent

pH: bron en bovenloop: zwak zuur/zuur
middenloop: zwak zuur/neutraal
benedenloop: neutraal/zwak basisch

voedselrijkdom: bron en bovenloop: oligotroof
middenloop: mesotroof
benedenloop: meso-/eutroof

Variaties in de waarde van een parameter van plaats tot plaats binnen het stroomgebied zijn aangegeven van de hoogstgelegen plaats naar de laagstgelegen (waterscheiding - beek, bovenloop - benedenloop)

Waar de (seizoens)variabiliteit van een parameter voor het ecologisch functioneren van belang wordt geacht is dit aangegeven. In sommige gevallen ligt een zekere variabiliteit ingebed in de gebruikte parameter (b.v. Gt).

Randvoorwaarden gelden als richtinggevende indicaties voor alle later in dit Hoofdstuk te omschrijven natuurdoeltypen. De mate waarin aan de gestelde randvoorwaarden kan worden voldaan verschilt per natuurdoeltype. In een eenheid met bestemming HGr 1 dient in principe aan alle voorwaarden te worden voldaan (vergelijkbaar met ecologisch hoogste kwaliteitsniveau, specifiek ecologische functie e.d.). Eenheden met HGr 2 en 3 dienen in hoge mate aan de gestelde randvoorwaarden te voldoen. In eenheden bestemd met HGr 4 hangt de mate waarin aan de gestelde randvoorwaarden kan worden voldaan sterk af van de praktische mogelijkheden daartoe. Heel vaak zal het natuurbelang conflicteren met de belangen van andere gebruiksfuncties. In dit soort gebieden wordt gestreefd naar een voor alle belangen zo optimaal mogelijke verweving van functies.

1.4 Beschrijving van Hoofdgroepen en hun beheer

In het voorgaande zijn randvoorwaarden voor de ecologische hoofdfactoren genoemd, die als richtpunt voor natuurherstel in beekdallandschappen gelden. Afhankelijk van het gekozen natuurdoel wordt een keuze gemaakt uit de daarvoor benodigde maatregelen (DEEL 3) die verwoord zijn in een stelsel van hoofdgroepen van natuurdoeltypen (zie DEEL 2).

In alle gevallen blijft het richtpunt (de ecologische randvoorwaarden) als doel van de ontwikkeling min of meer gelijk. Alleen de mate waarin ernaar gestreefd wordt het richtpunt ook daadwerkelijk te bereiken kan verschillen per hoofdgroep/natuurdoeltype. Voor natuurdoeltypen behorend tot hoofdgroep 3, en ten dele HGr 4, geldt dat voor levensgemeenschappen niet zozeer de natuurlijke, maar een culturele toestand wordt nagestreefd. Ook het richtpunt van de ecologische randvoorwaarden (b.v. Gt etc.) kan hierdoor enigzins afwijken. Naast de hoofdgroepen/natuurdoeltypen worden verbindingzones besproken.

Voor de beheersdoelstelling van een terrein kan men kiezen uit 4 verschillende strategieën of hoofdgroepen (Nota Afstemming Ecosysteemvisies, in voorbereiding):

- hoofdgroep 1: nagenoeg-natuurlijke systemen
- hoofdgroep 2: begeleid-natuurlijke systemen
- hoofdgroep 3: half-natuurlijke systemen
- hoofdgroep 4: multifunctionele systemen

Per fysisch-geografische regio worden deze hoofdgroepen nader onderverdeeld in natuurdoeltypen. Een natuurdoeltype is een landschappelijke eenheid waar door een bepaalde combinatie van beheer en milieuomstandigheden condities worden geschapen voor z.g. doelsoorten. Een doelsoort is

gedefiniëerd als een soort die tenminste voldoet aan twee van de volgende criteria:

- Nederland heeft internationale verantwoordelijkheid voor de soort (i-soort)
- de soort is zeldzaam in Nederland (z-soort)
- de soort gaat in Nederland achteruit (t-soort)

Hiervóór is al vele malen benadrukt, dat de beek en het beekdal alleen in relatie tot het hele stroomgebied bekeken moeten worden. Dat betekent, dat er steeds natuurdoeltypen uit andere ecosysteemvisies bij betrokken zijn. Voor een nadere beschrijving van bossen, graslanden enz. in de navolgende natuurdoeltypen verwijzen wij dan ook naar de desbetreffende ecosysteemvisies. In deze ecosysteemvisie zullen we ons vooral richten op:

- de beek zelf, en;
- relaties tussen diverse onderdelen van een stroomgebied

1.4.1 Nagenoeg natuurlijke systemen (HGr 1): Natuurdoeltypen 1a en 1b.

In het algemeen behoeven eenheden in spontane ontwikkeling na eventuele initiële inrichtingsmaatregelen (morfologische- en hydrologische aanpassingen; saneren van drainage, bemesting en lozingen, waterwinning; beplanting) geen structureel beheer. De successie verloopt meest in de richting van min of meer gesloten bosvegetaties van de typen vermeld in figuur 2.36. Open vegetaties komen voor waar de fluctuatie van de waterstand bosopslag verhindert, waar begrazing een rol speelt en waar door brand bomen verdwijnen. Vooral in de omgeving van bronnen zijn ook andere open vegetatietypen, waaronder hoogveen (b.v. Sphagno-Rynchosporium), te verwachten (zie fig. 2.36).

Op de dalhellingen is dikwijls een gradatie aanwezig in de vochtigheid van de bodem, verlopend van droog/vochtig op de rand van het dal naar nat langs de beek. Deze gradiënt vindt zijn weerslag in het aanwezige vegetatietype. Eenzelfde soort gradiënten bestaan ook bij andere reliëfvormen, zoals oeverwallen e.d., echter op een veel kleiner schaalniveau.

Aquatische gemeenschappen vertonen, afhankelijk van stroomsnelheid, dimensies e.d. gelijkenis met de gemeenschappen die zijn beschreven bij de Q- en F-typen uit de indeling in aquatische ecotootypen (Verdonschot et al., 1992).

Hydrologische en morfologische processen dienen zo ongehinderd mogelijk te verlopen. Grotere beheerseenheden die het hele stroomgebied beslaan of tenminste het traject waterscheiding-beek geheel overspannen verdienen daarom de voorkeur. Vooral in midden- en benedenlopen moet m.b.t. de benodigde en beschikbare ruimte, rekening gehouden worden met eventuele inundaties van het dal en waterloopverplaatsingen. Peilbeheersing dient zoveel mogelijk te worden vermeden.

Bij een geïntegreerde aanpak van het hele stroomgebied dient begonnen te worden bij het brongebied en vervolgens in stroomafwaartse richting gewerkt te worden. Het is twijfelachtig of grote stroomgebieden gevonden kunnen worden, die in HGr 1 zijn te passen. Wellicht kan volstaan worden met een

niet al te klein deelstroomgebied, waarin toch verschillende vegetatietypen tot ontwikkeling kunnen komen. Dit lijkt bij heuvellandbeken eerder te realiseren dan bij laaglandbeken.

a. natuurdoeltype: 'natuurbos-heuvellandschap'

De geomorfologische en hydrologische karakteristieken van Zuid-Limburg zijn zeer divers. Als zodanig biedt dit goede perspectieven voor een nagenoeg natuurlijk systeem. Daar staat tegenover dat de ruimte voor natuur in Zuid-Limburg zeer beperkt is.

Kwel is een belangrijke hydrologische factor die in het landschap een grote diversiteit aan milieutypen teweegbrengt. Deze milieuvariatie is een voorwaarde voor een hoge biodiversiteit. De mate van kalkrijkdom speelt hierbij een grote rol. Het kwelmilieu is aantrekkelijk voor veel organismen, waarbij kwelgradiënten de diversiteit vergroten. Bovendien zijn in de directe omgeving van beken in het heuvelland vaak nog voedselarme en voedselrijke bostypen aanwezig. Geconcludeerd mag worden dat een nagenoeg-natuurlijk systeem in Zuid-Limburg mogelijk moet zijn ondanks de beperkte ruimte.

De kern van dit natuurdoeltype bestaat uit kalkrijke bronnen met Essenbronbos, dat zich voortzet langs de oevers van de bovenloop, en/of kalkarme bronnen met Elzenbronbos. Meer benedenstrooms wordt het Vogelkers-Essenbos aangetroffen. De aquatische fauna van bronnen en bronbeken in Zuid-Limburg is in veel opzichten uniek in Nederland (overlap met soorten uit bergachtiger streken buiten Nederland). Ook voor een aantal vissoorten, zoals Salmoniden en elritsen, zijn (ook in potentie) nagenoeg alleen in Zuid-Limburg plekken te vinden waar deze zich kunnen voortplanten (grindbedden).

Ook tot de (potentiële) terrestrische fauna kunnen soorten worden gerekend als edelhert, wild zwijn, bever, wilde kat en boommarter. Voor deze soorten is een aanzienlijk groot gebied nodig, dat nog wordt overtroffen door de oppervlakte-eisen van lynx, wolf en bruine beer. Voor dergelijke soorten zijn in het nederlandse heuvelland nauwelijks of geen kansen aanwezig.

b. natuurdoeltype: 'natuurboslandschap op zandgrond'

Op de hogere zandgronden moet in de regel een grote variatie aan abiotische patronen en processen aanwezig zijn om -bij afwezigheid van antropogeen beheer- een grote biodiversiteit te vertonen. De soorten waar het om gaat, zijn afhankelijk van de processen zelf dan wel van de landschappelijke verscheidenheid die het gevolg is van die processen. Hoewel plaatselijk korte en halfhoge vegetaties aanwezig zullen zijn door veenvorming, onregelmatige waterstagnatie, intensieve kwel en inundatie, zal een nagenoeg natuurlijk systeem op de hogere zandgronden overwegend bestaan uit bos. De benodigde oppervlakte is groter dan die van het vorige doeltype in het heuvelland, omdat de stroomgebieden er groter zijn en omdat de abiotische variatie op zandgronden meestal grootschaliger is. Een stroomgebied ligt bij laaglandbeken in de orde-grootte van minimaal 50 tot 100 km².

Het beekdal vormt de verzamelplaats van de effecten van processen in het stroomgebied, zodat de aanwezigheid van een beekdal een voorwaarde is voor een compleet 'natuurboslandschap op zandgrond'. De beïnvloeding

vanuit de beek is in natuurlijke situaties (inundatie) niet altijd even groot. De natuurlijke processen zorgen voor een grote variatie aan (micro)habitats. In combinatie met een natuurlijke waterkwaliteit biedt dit mogelijkheden voor een optimale biodiversiteit. Dat kan alleen indien het bovenstroomse gebied niet wordt belast met voedingsstoffen en andere mineralen, via bemesting, lozing of atmosferische depositie.

Afhankelijk van de plaatselijke variatie in hydrologie en geomorfologie zijn er meer of minder mogelijkheden voor een natuurboslandschap op zandgrond. Welke variatie minimaal aanwezig moet zijn, is moeilijk in absolute zin te beschrijven. Het is voorstelbaar dat een deel van een stroomgebied onder hoofdgroep 1 valt, terwijl de rest hoofdgroep 2 is.

In gevallen waarin men een natuurboslandschap slechts geleidelijk kan ontwikkelen, is het best te beginnen met deelstroomgebieden die uit een bron, kwelplek of veen bestaan met de daaruit ontstane bovenloop. Aanvankelijk is zo'n systeem waarschijnlijk nog te klein en te weinig gevarieerd om van hoofdgroep 1 te spreken. Door uitbreiding benedenstrooms is zo'n systeem later wellicht wel te realiseren.

1.4.2 Begeleid-natuurlijke systemen (HGr 2): Natuurdoeltypen 2a en 2b.

Voor begeleid-natuurlijke systemen gelden in principe dezelfde randvoorwaarden t.a.v. van het saneren van menselijke invloeden als voor nagenoeg natuurlijke systemen.

Ook m.b.t. het voorkomen van vegetatie en fauna kunnen dezelfde typen levensgemeenschappen worden verwacht.

Begeleiding kan bestaan uit het periodiek verjongen van bepaalde stadia van bosontwikkeling door plaatselijk creëren van open plekken door begrazing en/of kappen. Stimuleren van bosontwikkeling (b.v. in voormalig cultuur- of grasland) door het achterwege laten van beheer (spontane opslag) of door aanplanten van bomen (b.v. els) behoort eveneens tot de mogelijkheden.

Bij toepassing van begrazing wordt het beekdal, tezamen met de hogere gronden in de omgeving, integraal begraasd. De sturing bestaat uit manipulatie van de dichtheid van grote grazers in het gebied, zodanig dat een gevarieerd landschap ontstaat. Eventueel worden de dieren bijgevoerd in kritieke perioden, of wordt het aantal dieren vergroot of verkleind al naargelang het seizoen (voedselaanbod). Het (ruimtelijk) begrazingspatroon wordt niet direkt gestuurd.

Over de resultaten van het graasgedrag in ruimte en tijd, vertrapping van de vegetatie in het beekdal, de komst van 'gewenste' natuurwaarden als gevolg van begrazing e.d. is niet veel bekend. Per situatie moet men deze zaken tevoren overwegen, alvorens te besluiten of gestuurde begrazing gewenst is. Begrazing in dit natuurdoeltype heeft bijna altijd een experimenteel karakter.

Ten aanzien van de beek zelf kan begeleiding bestaan uit het gedurende een kortere of langere periode beperken van de dynamiek in het afvoerloop. Hiermee wordt tevens het verloop van morfologische processen gereguleerd. Voorbeelden zijn het aanleggen van bergingsfaciliteiten t.b.v. een gelijkmati-

ger afvoerverloop, het periodiek vastleggen (met natuurlijke materialen) van instabiele oevers b.v. ter voorkoming van verplaatsing van de waterloop op plaatsen waar de aanwezige ruimte dat niet toelaat. In sommige gevallen (rechtgetrokken beken) kan juist het stimuleren van de morfodynamiek gewenst zijn (b.v. plaatselijk verstoren van de oeverlijn, direct op de oever planten van bomen, aanbrengen/laten liggen van 'debris dams' e.d.).

Met het reguleren van het afvoerverloop kunnen ook inundaties 'in de hand' worden gehouden. Zowel de intensiteit (d.w.z. waterpeil en oppervlakte) als de frequentie van inundatie kan men zodanig sturen, dat deze het gewenste effect hebben. Dit effect kan bestaan uit:

- het nabootsen van de natuurlijke frequentie en intensiteit van inundaties op plaatsen waar de waterkwaliteit goed is, maar de natuurlijke dynamiek is veranderd.

Manipulatie van inundaties dient met grote zorg te geschieden. In natuurlijke systemen met beekdalmoerassen, moerasbossen en nevenlopen/afgesneden meanders treedt nauwelijks grootschalige inundatie op. Door natuurlijke afvoerverschillen breidt de beek zich uit in het dal, waardoor periodiek overstromde gebieden ontstaan:

A. Plaatsen waar vanouds inundatie optrad, zodat een ecotoop is ontstaan met een zekere ontwikkelingstijd: grote zeggen-gemeenschap. Er zijn enkele specifieke soorten, die zich hier goed thuisvoelen (blauwborst) of zich voortplanten (snoek, kwabaal).

B. Gebieden met zodanige hoogteverschillen, dat slechts een klein deel inundeert. De variatie aan ecotopen wordt hierdoor verhoogt, en soorten als amfibieën en veel waterinsekten profiteren hiervan.

- het stimuleren van inundaties op plaatsen waar deze van nature niet voorkwamen. Men kan dit overwegen om daarmee paaiplaatsen voor vis te laten ontstaan, open landschapsdelen in stand te houden, enz. Ook hier moet de waterkwaliteit voldoen aan de BMK-waarden.

- het voorkómen van inundaties op plaatsen waar de waterkwaliteit niet voldoet aan BMK-waarden. Hierdoor kan ongewenste eutrofiëring of verspreiding van toxische stoffen in het beekdal worden voorkomen.

Omdat ook in begeleid-natuurlijke systemen gestreefd wordt naar een zo groot mogelijke vrijheid van hydrologische- en morfologische processen is het inrichten van grotere beheerseenheden (waterscheiding-beek) noodzakelijk. Een geïntegreerde aanpak van het beekstelsel van boven- naar benedenloop is gewenst.

Ook voor HGr 2 geldt, dat het in Nederland moeilijk zal zijn om een groot stroomgebied te verwerven. Omdat het steeds mogelijk is beheersmatig bij te sturen, zijn de mogelijkheden groter dan voor HGr 1.

Er worden twee natuurdoeltypen onderscheiden. Het bovenstaande geldt voor beide:

a. natuurdoeltype: 'gestuurd beekdallandschap in het heuvelland'

Ten opzichte van b. treedt in het heuvelland overstroming pas op in vlakke delen van het landschap. Een bijzonder geval is overstroming met zinkhou-

dend water, waardoor zinkflora tot de beekdalvegetatie kan behoren (Geuldal). Het is de vraag of begrazing in Zuid-Limburg een reële optie is, gezien het geringe oppervlak.

b. natuurdoeltype: 'begeleid beekdallandschap op de hogere zandgronden'

1.4.3 Half-natuurlijke systemen (HGr 3): Natuurdoeltypen 3a en 3b

Onder half-natuurlijke systemen worden die systemen verstaan die voor het bereiken van een gewenste ontwikkeling (ook: het bijsturen van de ecologische randvoorwaarden) een meer intensieve beheerinspanning vergen dan de voorgaande twee typen. Vaak is het uitgangspunt niet een al aanwezig natuurgebied, of een restant daarvan, maar voormalig cultuur- of grasland. Op gebiedsniveau bestaan halfnatuurlijke systemen uit een complex van percelen, die afzonderlijk beheerd worden, inclusief percelen die eventueel een beheer van niets-doen krijgen (bosreservaten cf. SBB). Voor de afzonderlijke percelen zijn de natuurdoeltypen uit hoofdgroep 3 uit de andere ecosysteemvisies van toepassing. Wat nog ontbreekt, is een natuurdoeltype voor de beek zelf. Alvorens het natuurdoeltype 'beek' te beschrijven, zullen we eerst enkele belangrijke randvoorwaarden noemen voor halfnatuurlijke systemen als landschapscomplex.

Het beheer van halfnatuurlijke systemen is perceelsgewijs afgestemd op de potentiële soortenrijkdom. Die soortenrijkdom hangt -behalve van de grondwaterstand, voedselrijkdom e.d.- ook af van de geschiedenis van het perceel. Graslanden, bossen, heide enz. hebben veelal een hoge biodiversiteit dankzij een bepaald beheer, dat gedurende lange tijd hetzelfde is geweest. Waar dergelijke landschappen reeds aanwezig zijn, zal in de praktijk dan ook meestal voor een halfnatuurlijk systeem gekozen worden.

Tot de half-natuurlijke systemen worden, veelal terrestrische, levensgemeenschaptypen gerekend die voor een duurzaam voortbestaan van regelmatig terugkerende beheerinspanningen afhankelijk zijn. Bedoelde vegetatietypen hebben dikwijls een cultuurhistorische achtergrond. Ze zijn ontstaan in de periode nadat de beekdalen in Nederland zijn ontbost en ontgonnen t.b.v. landbouwkundig gebruik. Voorbeelden hiervan zijn blauwgraslanden, madelanden en bloemrijke hooilanden. Ook z.g. heggen- en houtwallenlandschappen moeten tot dit type worden gerekend. De aard van het beheer van dit soort vegetatietypen vindt zijn oorsprong in het vroegere agrarische gebruik.

Tot de regelmatig terugkerende activiteiten behoren afhankelijk van het type vegetatie: maaien en afvoeren, plaggen en extensief beweiden/begrazen.

Tot de half-natuurlijke systemen behoren ook systemen waarin a.g.v. voormalig landbouwkundig gebruik (bemesting, drainage e.d.) van 'natuurlijke' kringlopen van nutriënten en water nagenoeg geen sprake meer is. Eutrofiëring van de bodem (en soms fosfaatverzadiging), veranderingen in het bodemprofiel door vergraving (b.v. diepploegen, opbrengen van zanddek), opleggen van structureel lagere waterstanden (b.v. verdroging en veraarding van veen) en

de aanwezigheid van toxicanten (bestrijdingsmiddelen) vormen geen goede uitgangspunten voor de ontwikkeling van 'natuurlijke' vegetatietypen. Veelal zal een dergelijk systeem, wanneer men 'niets doet' een mengeling van storingsindicatoren en bijgaande successiepatronen ('hals over kop') opleveren dat slechts in incidentele gevallen en na verloop van jaren overgaat in een meer natuurlijk successiepatroon.

Initiëren van of bijsturen naar een meer gewenste ontwikkeling gaat vaak gepaard met ingrijpende (afgraven van de bovengrond) of langdurige (verschralingsbeheer) begeleiding. Verondiepen van de beekloop en verwijderen van het drainagenet leiden tot een natuurlijker waterhuishouding, maar om ongewenste overstroming of te snelle afvoer te voorkomen, zijn vaak andere cultuurtechnische ingrepen nodig zoals stuwen en zandvangen.

Veel laaglandbeken kunnen tot dit type worden gerekend of gemaakt. Belangrijke vegetatiekundige waarden worden of werden in de extensief beheerde beekdalen gevonden (Drenthe kent goede voorbeelden).

In tegenstelling tot de hoofdgroepen 1 en 2, kunnen kleinere gebieden wel in aanmerking komen voor een half-natuurlijke status. Behalve de voorgaande overwegingen speelt daarbij ook een rol dat in half-natuurlijke systemen beter gereageerd kan worden op calamiteiten. Brandt een bosperceel af of dreigt een soort uit te sterven mede vanwege de kleine oppervlakte, dan kan men besluiten het voormalige bosperceel b.v. als heide te gaan beheren resp. soortgerichte maatregelen te gaan nemen.

Samenvattend kan men zeggen dat vooral ecohydrologisch onderzoek de basis moet vormen voor de lokale invulling van half-natuurlijke natuurdoeltypen met levensgemeenschappen, hun begrenzing alsmede voor controle van de voortgang van ontwikkelingsprocessen. Hoewel de invloed van het beekdal op de beek groter is dan andersom, is het essentieel dat ook de beek zelf onderdeel is van het half-natuurlijk landschapscomplex. De beek is het hart van het beekdal.

Er worden twee typen half-natuurlijke systemen onderscheiden:

a. natuurdoeltype: 'half-natuurlijke heuvellandbeek'

Voor dit natuurdoeltype geldt hetzelfde als voor een half-natuurlijke laaglandbeek. De belangrijkste verschillen worden veroorzaakt door de verschillen in hydrologie en geomorfologie. Er zijn bronnen in cultuurgrasland met een zeer specifieke fauna, die het gevolg is van de eigenschappen van het bronwater (constante temperatuur, kalkgehalte, permanente wateraanvoer).

b. natuurdoeltype 'half-natuurlijke laaglandbeek'

Het natuurdoeltype 'laaglandbeek' wordt hier beschreven als een onderdeel van een half-natuurlijk landschap. Met betrekking tot de waterkwaliteit gelden in hoofdgroep 1, 2 en 3 dezelfde eisen. Met betrekking tot de waterhuishouding zijn de mogelijkheden voor actief ingrijpen groter dan in een natuurboslandschap b.v. voor het behoud van bepaalde oevervegetaties e.d..

Aangezien een beek in hoofdgroep 3 een hoofdfunctie natuur heeft, moet de morfologie van de beek zich zoveel mogelijk vrij kunnen ontwikkelen. Dit betekent, dat kunstwerken waar mogelijk moeten worden verwijderd, evenals oever- en bodemverdediging. Er moet voldoende ruimte zijn voor loopverleg-

ging. Beheersmaatregelen zoals (extensieve) schoning en het verwijderen van omgevallen bomen, worden alleen genomen voor zover men dit wenselijk acht voor de overige natuurdoeltypen in het beekdal en ter voorkoming van calamiteiten (overstroming in urbaan gebied e.d.).

In vergelijking tot beken in natuurboslandschap speelt rechtstreekse instraling vaker een belangrijke rol. Dit betekent grotere schommelingen van de watertemperatuur en sterkere ontwikkeling van waterplantenvegetaties.

Omdat maar weinig beken een natuurlijke morfologie meer hebben, zal realisatie van het natuurdoeltype 'laaglandbeek' in de regel gepaard moeten gaan met omvormingsbeheer, om een betere uitgangssituatie te creëren. Er is voldoende kennis om in concrete situaties te kunnen voorspellen wat voor type biocoenose te verwachten is. De voortgang van de ontwikkeling kan geëvalueerd worden aan de hand van methoden, die beschreven zijn door Verdonschot (1990). Essentieel hierbij is, dat de richting van de ontwikkeling naar een (steeds) optimaler beekstelsysteem aangegeven en bewaakt wordt, terwijl de faunabezetting afgeleid wordt uit referentie-onderzoek.

Het is onmogelijk -nog meer dan in andere natuurdoeltypen- om exacte soortenlijsten per fase in de ontwikkeling van een laaglandbeek te voorspellen. Wel is het mogelijk om tijdens het voortgangproces aan de hand van de fauna te controleren, of de ontwikkeling in een goede richting gaat. Het belangrijkste daarbij is, dat de in werking gezette processen een min of meer natuurlijk verloop hebben.

1.4.4 Multifunctionele systemen (HGr 4): Natuurdoeltype 4

Belangrijke andere hoofdfuncties naast de functie natuur kunnen zijn: landbouw, recreatie, wonen/werken, waterwinning. Minder dan met landbouw het geval is, lopen de belangen van recreatie deels parallel met die van natuurbeheer. Recreatie kan daarom soms als een bondgenoot van natuurbeheer worden aangewend, door ze zorgvuldig op elkaar af te stemmen.

De intensiteit van landbouwactiviteiten (drainage, bemesting) in beekdalen is vooralsnog niet speciaal t.b.v. natuurontwikkeling wettelijk te reguleren (noch binnen, noch buiten de EHS). In dergelijke systemen moet daarom rekening worden gehouden met het bestaan van suboptimale condities (te lage grondwaterstand, af-/uitspoeling van nutriënten) voortkomend uit naburige landbouw. Vegetatietypen in een dergelijke omgeving zullen meestal bestaan uit gestoorde varianten van natuurlijke of half-natuurlijke vegetatietypen, met indicaties voor een droger en voedselrijker milieu.

Om de mogelijkheden voor natuurontwikkeling te verbeteren kan het gewenst zijn d.m.v. schadeloosstellingsregelingen te trachten drainage en bemesting te verminderen (vergelijkbaar met beheersovereenkomsten in Relatienotagebieden). Waar mogelijk kan door het aanleggen van beplante bufferstrips getracht worden de beek te vrijwaren van invloeden van mest en drainage. Hiermee zijn zeer goede resultaten bereikt in Amerika, Zweden en Denemarken. T.b.v. de waterhuishouding in landbouwgebieden kan het noodzakelijk blijven dat de beek in bepaalde trajecten (m.n. bovenstrooms) moet worden

gestuurd. Hierdoor zullen in de beekgemeenschap indicaties van verminderde stroming en belasting met nutriënten (minder beekarakter, meer lootkarakter) merkbaar zijn. De aquatische levensgemeenschap (cenotype/aquatisch ecotooptype (Verdonschot 1990a/b/Verdonschot et al., 1992)) neigt hierdoor naar een gemeenschap uit stagnerend water of naar een gemeenschap van voedselrijker water. Het laatste wordt geïllustreerd in figuur 4.2. Deze laat een aantal z.g. cenotypen uit stromende wateren zien met hun onderlinge relaties via de ecologische hoofdfactoren. Het vectordiagram onder toont de richting van de belangrijkste toename van deze factoren. De lengte van de vectoren toont het relatieve belang van de afzonderlijke factoren t.o.v. elkaar. Voor de verklaring van de coderingen wordt verwezen naar figuur 2.39.

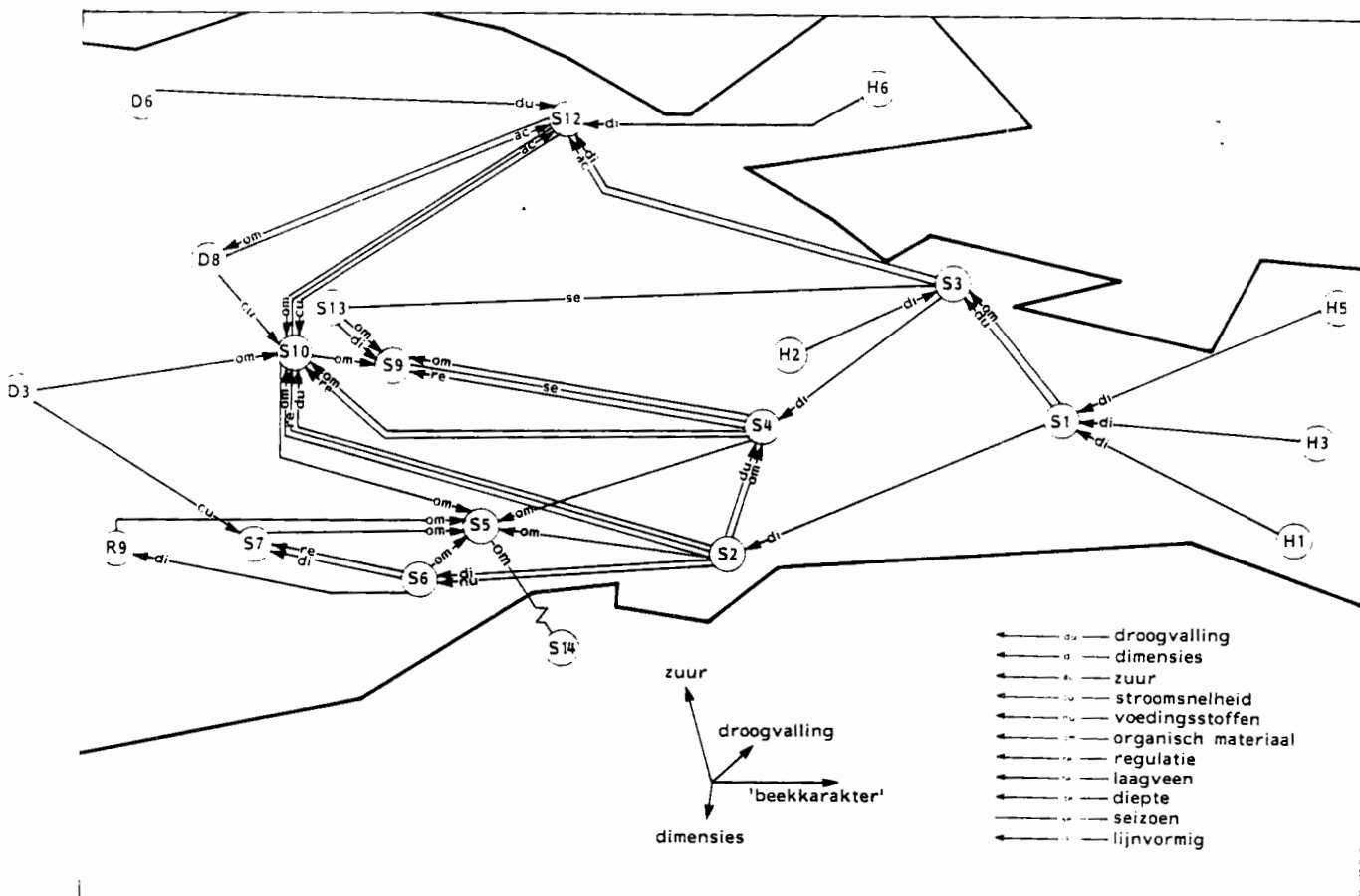


Fig. 4.2 Overzicht van cenotypen in bronbeken, beken en stromende sloten (uit: Verdonschot, 1990b).

Toenemende urbanisatie heeft ertoe bijgedragen dat op veel plaatsen de waterhuishouding in beekdalen kunstmatig wordt gereguleerd, ter voorkoming van inundatie en b.v. het onderlopen van kelders e.d..

Herstellen van meer oorspronkelijke hydrologische- (vrij verloop, moerasachtige situaties, overstromingsvlakten) en morfologische condities (zich vrij verplaatsende loop) in het beekdal is vaak slechts ten dele mogelijk. In een dergelijke omgeving ontwikkelende vegetatie zal dikwijls bestaan uit varianten

en fragmenten van natuurlijke- en half-natuurlijke typen met indicaties van een droger milieu. Begeleiding van de vegetatieontwikkeling kan bestaan uit het t.b.v. de recreatie selectief beperken van de (evt. massale) ontwikkeling van ongewenste storingsindicatoren zoals brandnetel en braam en evt. introduceren van voor een droger milieu geschikte boomsoorten (die men 'normaal' hoger in het dal zou aantreffen).

Daar waar de ruimte dat toelaat (voormalige overstromingsvlakten) is het mogelijk een gedeelte van het beekdal door het aanleggen van dijkjes, in de vorm van beplante wallen, af te zonderen van de rest (en van de bewoonde wereld). Op deze plaatsen is het soms mogelijk, zij het op beperkte schaal, een hogere mate van hydrologische- en morfologische dynamiek toe te laten. Aanleg van voorzieningen t.b.v. recreatief medegebruik is in dergelijke gebieden vanuit sociaal- maatschappelijk oogpunt noodzaak.

In waterwingebieden kan op kilometers afstand van het zwaartepunt van het pompputtenveld een daling van de gemiddelde grondwaterstand worden geconstateerd. Ook hier zal de vegetatie verdrogen en wel het meest in de directe nabijheid van het puttenveld (afhankelijk van de diepte van de winning). Op sommige plaatsen, n.l. daar waar voorheen aanwezige kwelstromen door de winning geheel of gedeeltelijk worden afgevangen, zal het zeer moeilijk zijn nog een (grond)waterafhankelijk vegetatietype te realiseren. Hogerop in het stroomgebied, daar waar de grondwaterstand van nature al laag is, kunnen zich ernstige verdrogingsverschijnselen voordoen. De ontwikkeling van meer natuurlijke vegetaties kan hierdoor bemoeilijkt of zelfs onmogelijk gemaakt worden. In beide gevallen hebben vegetatietypen van drogere gronden waarschijnlijk betere ontwikkelingskansen.

Hoofdgroep 4 wordt momenteel overal op de hogere gronden aangetroffen. Afhankelijk van de niet-natuurfuncties zijn aanbevelingen te geven voor verbetering van de natuurlijke componenten, bij voorkeur in de richting van beter passend bij de doelstellingen voor beken en beekdalen. De combinaties natuur-recreatie, natuur-visserij en natuur-recreatie-visserij zijn het best te verwezenlijken, maar dan belandt men al snel bij HGr 3. In de praktijk zal landbouw en/of waterwinning en recreatie het meest voorkomen in combinatie met natuur (o.a. REGIWA-projecten).

De multifunctionele doeltypen voor terrestrische levensgemeenschappen in beekdalen zijn in andere ecosysteemvisies beschreven. Hier beperken we ons tot het aquatisch milieu en de voorwaarden die vanuit de multifunctionele beek gesteld worden aan de omgeving. Uit de vele varianten van multifunctionele beken die denkbaar zijn, worden enkele opvallende voorbeelden uitgelicht:

voorbeeld a: sprengebeken

Dit zijn beekjes die slechts dankzij bepaalde inrichtingsmaatregelen in stand kunnen blijven. Het voedingswater is vrijwel alleen afkomstig vanuit één of enkele bronnen (sprengen) en wordt vervolgens afgeleid door een gegraven beek, die -om zo min mogelijk water te verliezen- veelal is bekleed met een leembodem.

Sprengebeken hebben een belangrijke cultuurhistorische en landschappelijke functie. Ze zijn overblijfselen uit een tijd dat de mens kleinschalige natuurlijke hulpbronnen op vernuftige wijze aanwendde, zowel als energiebron (water-

molens), als grondstof (bier) en als produktiemiddel (papier, wasserijen). Opvallend is dat de cultuurhistorische functie meestal weinig wordt belemmerd door andere functies. Met betrekking tot de natuurfunctie zou men enerzijds kunnen zeggen dat deze ook relatief weinig wordt aangetast door andere functies. De waterkwaliteit bijvoorbeeld is meestal goed. Anderzijds zijn vanuit ecologisch oogpunt slechts beperkt redenen aanwezig om sprengbecken als zodanig in stand te houden. Sprengbecken hebben weliswaar een karakteristieke chironomiden-

samenstelling, maar op soortniveau zijn deze becken niet zeer specifiek. In de natuurlijke situatie zou het bronnengebied een grotere omvang hebben, omdat het water dan niet oppervlakkig wordt afgevoerd. In het bronnengebied zijn plant- en diersoorten te verwachten, die een grote natuurwaarde hebben omdat er veel soorten voorkomen waarvoor Nederland internationale verantwoordelijkheid heeft en/of in Nederland zeldzaam zijn en/of in Nederland achteruitgaan.

voorbeeld b: parkbecken

Parkbecken hebben veel gemeen met sprengbecken. Ze zijn voornamelijk gegraven om landschappelijke redenen, waarbij o.a. kunstmatige watervalletjes zijn aangelegd en keien zijn ingebracht. Er wordt daarom vaak een soortencombinatie van heuvellandbecken aangetroffen. Evenals het geval is bij sprengbecken, kan de natuurwaarde van parkbecken groot zijn, doch vanuit ecologisch oogpunt moet men deze waarde afwegen tegen de waarde die zou ontstaan indien het water niet meer via een beek doch via moerassige laagten en via het grondwater zou worden afgevoerd. De biodiversiteit die in het laatste geval ontstaat, is in ieder geval meer natuurlijk. Er zijn echter ook gevallen waar men alleen al om ecologische redenen -althans voorlopig- kan kiezen voor behoud van een parkbeek.

Zo is de Rozendaalse Beek in Park Roozendaal thans de enige plaats in Nederland waar de Europese rivierkreeft nog voorkomt, terwijl deze soort vroeger op vele plaatsen in meer natuurlijke becken voorkwam. Zolang deze soort zich niet op andere plaatsen heeft kunnen vestigen door beekverbeteringen, mag de Rozendaalse Beek ook vanwege zijn desbetreffende natuurwaarde best gekoesterd worden.

voorbeeld c: becken met een afvoerfunctie voor de landbouw

Het is duidelijk dat in dergelijke becken de hoge eisen die de natuurfunctie stelt, niet volledig gerealiseerd kunnen worden. Het landbouwkundig gebruik van gronden in het beekdal, maar ook daarbuiten tot aan de waterscheiding, leidt al snel tot een verandering van de waterkwaliteit en de -kwantiteit in de beek, die nadelig is voor de biodiversiteit. Via regionale grondwaterrelaties kan de landbouwkundige invloed zelfs stroomgebied-overschrijdend zijn. Om toch te kunnen spreken van een multifunctionele beek, zou men het minimum aantal doelsoorten kunnen stellen op 50% van dat in de andere hoofdgroepen.

De grote vraag is natuurlijk, wat het maximale landbouwkundig gebruik in een gebied mag zijn, om de beek nog multifunctioneel te doen zijn. Dit zal men steeds per gebied moeten onderzoeken. Vooral de grondwaterkwaliteit op langere termijn is daarbij van belang. Inmiddels is politiek besloten dat ook na het jaar 2000 een bepaalde uitspoeling van meststoffen naar het grondwater zal optreden. Voorlopig ligt de verliesnorm voor fosfaat op 5 kg/ha/jaar. Voor

stikstof is nog geen norm vastgesteld. De uitgespoelde fosfaatverbindingen zullen uiteindelijk de beek bereiken. Het is van groot belang op te merken, dat de diffuus ingezijde stoffen in de regel geconcentreerd de oppervlakte bereiken via kwelvensters in het beekdal. Een verlies van 5 kg fosfaat in de landbouwgebieden kan dus een toevoer aan fosfaat in het beekdal en de beek opleveren die daar lokaal een veelvoud van is. Verhoging van voedingsstoffen komt vooral in de oevervegetatie tot uiting (brandnetel), terwijl bij overstroming het hele beekdal de weerslag hiervan ondervindt. De ontwikkeling van de beekvegetatie wordt meestal niet beperkt door voedingsstoffen, maar de samenstelling wellicht wel. Als de beek uitstroomt in een stilstaand oppervlaktewater ontstaat al snel algenbloei (Veluwemeer!)

1.5 Keuze van natuurdoeltypen

Voordat men de natuur in beekdalen kan gaan beheren, moet men een of meer natuurdoeltypen kiezen. In het voorgaande is gebleken dat de keuzevrijheid daarbij beperkt is. Eveneens is duidelijk geworden dat - voorafgaande aan de keuze van natuurdoeltypen - enkele stappen genomen moeten worden die tenminste zo belangrijk zijn als de natuurdoeltypen zelf. In Fig. 4.3 zijn deze stappen schematisch samengevat.

stap 1

De eerste keuze waar men in concrete gevallen voor komt te staan, is welke hoofdfunctie(s) het gebied dient te krijgen. Als er sprake is van een multifunctionele functie en de natuurfunctie dus niet optimaal ontwikkeld kan worden, kiest men rechtstreeks voor een natuurdoeltype in hoofdgroep 4. Indien natuur de hoofdfunctie is volgt

stap 2

Beken en beekdalen met hoofdfunctie natuur dienen bij voorkeur begrensd te worden volgens de stroomgebiedbenadering. Als dat niet mogelijk is, moet ernaar gestreefd worden om tenminste deelstroomgebieden tot natuurgebied te bestemmen, zodat er zo min mogelijk hydrologische problemen optreden. De realisatie van stroomgebieden en deelstroomgebieden vanuit bestaande natuurgebieden zal in de regel het best kunnen plaatsvinden via stroomopwaartse uitbreiding van die natuurgebieden. Zijn dergelijke uitbreidingen niet mogelijk, dan zit er niets anders op dan de oppervlakte natuurterrein in stand te houden als meerdere, min of meer van elkaar geïsoleerde gebieden of als één bepaald onderdeel van het landschap (b.v. alleen het beekdal als natuurgebied).

stap 3

Afhankelijk van de begrenzing van het natuurgebied, variërend van liefst een geheel stroomgebied tot noodgedwongen geïsoleerde gebiedjes, zal de abiotische afwisseling er in beginsel variëren van respectievelijk groot naar klein. Vooral het landschappelijk patroon, dat onder natuurlijke omstandigheden ontstaat of zou ontstaan, is daarbij van belang. Als in een stroomgebied plaatselijk de neiging tot het ontstaan van bosopslag gering is, kan een klein aantal grote grazers al leiden tot uitbreiding van het oppervlak grasland en bestaat de kans op het ontstaan van natuurlijke blauwgraslanden. Zulke

gebieden krijgen bij voorkeur het natuurdoeltype "natuurboslandschap" toegekend. Naarmate de abiotische afwisseling kleiner is, wordt gekozen voor een "begeleid beekdallandschap" dan wel natuurdoeltypen van half-natuurlijke systemen.

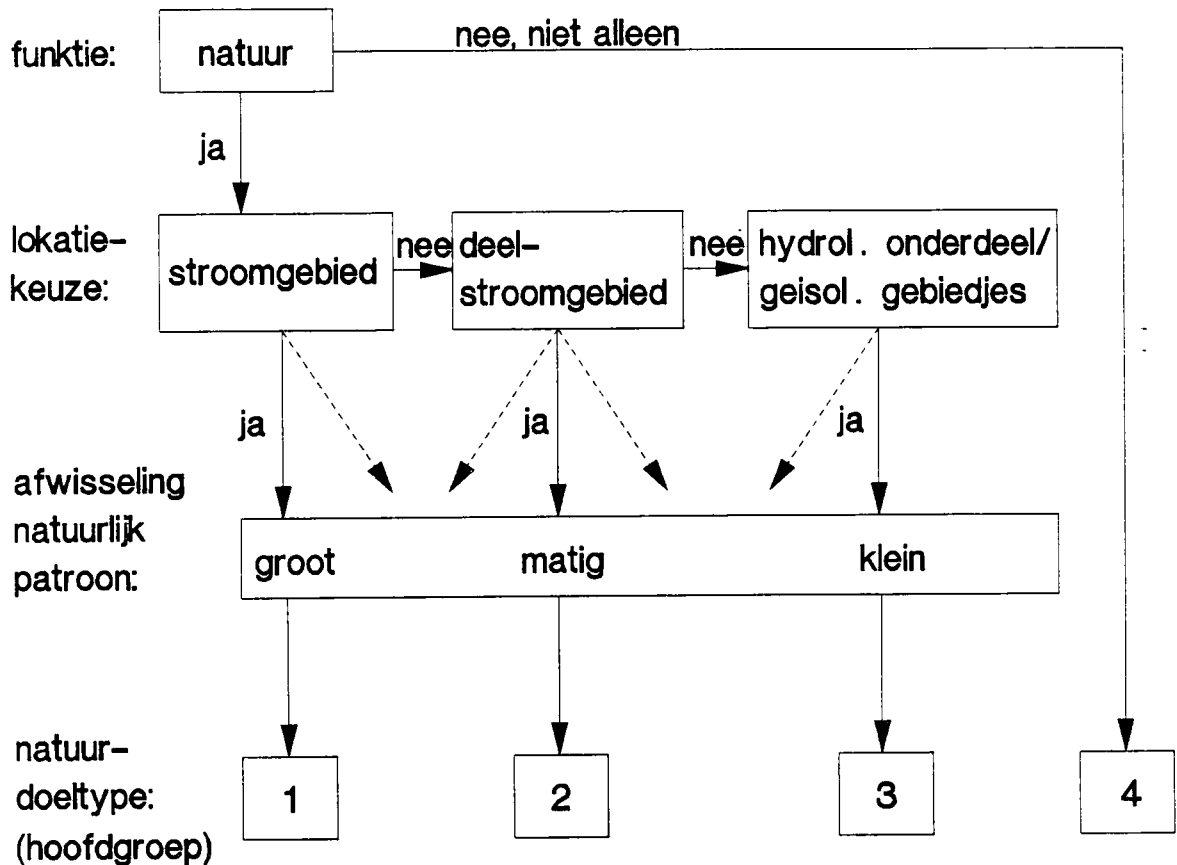


Fig. 4.3 Achtereenvolgende stappen bij het kiezen van natuurdoeltypen in beekdallandschappen

1.6 Verbindingszones

Een aantal beken en beektrajecten is in de EHS aangegeven als potentiële verbindingzone. Beken en riviertjes lenen zich uitstekend voor het creëren van lijnvormige structurelementen in een doorgaans open landschap. Dergelijke structurelementen zijn uiterst belangrijk voor vogels, zoogdieren, reptielen, amfibieën en insecten. Deze zg. ecologische infrastructuur vergroot het verspreidingsvermogen van soorten en schept daarmee mogelijkheden voor spontane rekolonisatie van ecosystemen die anders voor een aantal soorten onbereikbaar zouden blijven.

Verbindingzones kunnen binnen de EHS voorkomen, maar buiten de EHS zullen ze vaak moeten worden beschouwd als aan een hogere mate van cultuurdruk blootgestelde varianten van HGr 4. Het landbouwgebied grenst in

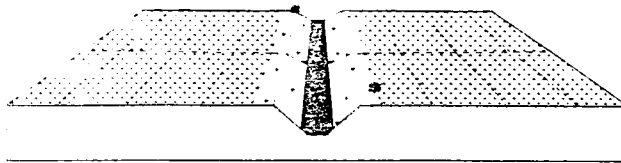
veel gevallen vrijwel direct aan de beek, vaak hiervan gescheiden door een onderhoudsstrook.

Van het verbeteren van de hydrologische situatie is in dergelijke systemen meestal geen sprake. Als de watergang een verbindingsweg voor trekkende vissen is, dienen, bij aanwezigheid van stuwen, vistrappen gemaakt te worden. Ook voor trekvis is de waterkwaliteit belangrijk. Het aanleggen van beplante bufferstroken (een soort houtwallen met diverse soorten bomen en struiken) komt het functioneren van het beekstelsel ten goede en verschaft het noodzakelijke biotoop voor de genoemde diersoorten.

Door het creëren van beschaduwing kan de hoeveelheid primaire productie in de watergang aanzienlijk worden verminderd en is regelmatig onderhoud (schoning, baggeren) overbodig. Daarnaast wordt met het beplanten van de oevers een bron van organische voedingsstoffen (invallend blad) geïntroduceerd waardoor de structuur van de faunagemeenschap in de beekzich ingrijpend kan wijzigen in de richting van b.v. gemeenschappen van bovenlopen van laaglandbeken. Voorwaarde is dat het water stroomt, zowel voor afvoer van ingevallen organisch materiaal, als voor de levensmogelijkheden van beekorganismen.

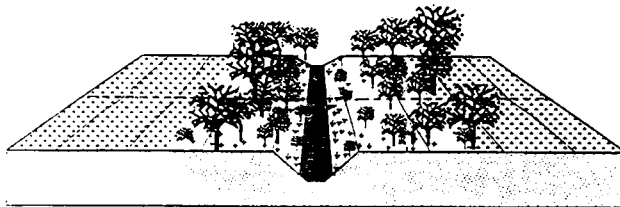
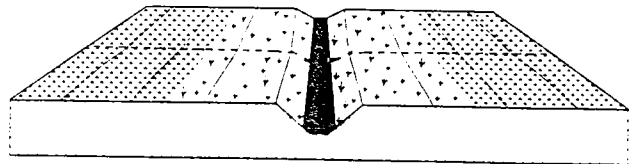
Ook kan de aanwezigheid van een bufferstrip ertoe bijdragen negatieve effecten van af- en uitspoeling van nutriënten enigzins te beperken (nutriëntenvallen). Daarnaast mag van bufferstrips een, weliswaar gering, positief effect op de waterberging en op het afvoerproces van beken worden verwacht.

Het building-block concept van Petersen et al. (1992) geeft goede voorbeelden van de aanleg van bufferstrips. Figuur 4.4 toont hiervan enkele schetsmatige voorbeelden.



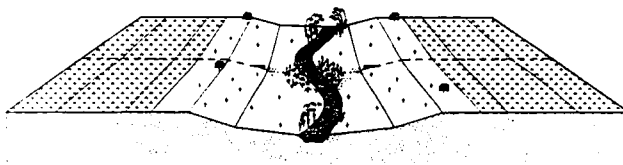
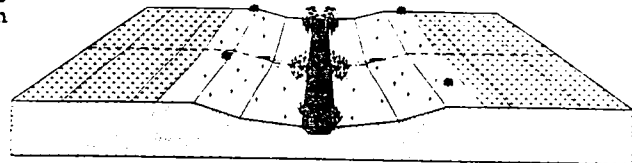
a) oorspronkelijke, gekanaliseerde beek zonder bufferstrip, ontdaan van stuwing en oeversbeschoeiing.

b) als a) met bufferstrip, waarin geen bemesting, drainage e.d. plaatsvindt



c) als b), beplant met relatief snelgroeiende soorten, om de bodem o.i.v. stroming niet al te zeer te laten eroderen, en nutriëntenval-werking te begunstigen

d) als b) waarbij de beek ondieper is gemaakt en taluds verlaagd. Bovendien zijn aan het einde van drainbuizen kleine zuiveringsmoerasjes aangelegd



e) als d) waarbij de beek van een meanderend profiel is voorzien

f) als e) waarbij binnen de bufferstrook poelen zijn aangebracht en beplanting heeft plaatsgevonden

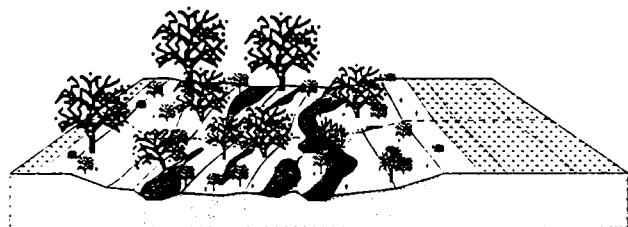


Fig. 4.4 Voorbeelden van de inrichting van bufferstrips in beekdalen (uit: Petersen et al., 1992).

1.7 Overzicht van natuurdoeltypen met aanbevelingen voor inrichting en beheer

In het navolgende tabellarische overzicht worden in Tabel 2.1 (DEEL 2) genoemde natuurdoeltypen nader omschreven. Daarbij is uitgegaan van een beheerseenheid die het gehele traject waterscheiding-beek overspant. Er worden aanbevelingen gedaan m.b.t. ontwikkeling van terrestrische en aquatische levensgemeenschapstypen. Daarbij is voorzover mogelijk gebruik gemaakt van reeds bestaande natuurdoeltypen uit ecosysteemvisies laagvenen (Van Leerdam & Vermeer, 1992) en heide (Werkgroep Heidebehoud en Heidebeheer, 1988). M.b.t. bosvegetaties is gebruik gemaakt van een voorlopige indeling in bostypen uit de Ecosysteemvisie Bossen (Al, in voorb.). Voor aquatische gemeenschappen in beken zijn nog geen bestaande natuurdoeltypen voorhanden. Deze zijn geformuleerd op basis van de in Verdonschot et al. (1992) samengestelde ecologische groepen behorend bij de indeling in aquatische ecotooptypen. Er worden codes genoemd, bestaande uit een letter (Q: relatief snelstromend; F: langzaam stromend; M: stagnant), gevolgd door 2 cijfers. Deze codes, een korte beschrijving van het betreffende watertype met de daarbij behorende soortengroepen zijn terug te vinden in BIJLAGE 6. Beïnvloede wateren worden niet beschreven door de aquatische ecotopen. Hiervoor wordt verwezen naar de cenotypen-indeling van Verdonschot (1990 a/b), waarin ook genormaliseerde en gereguleerde beken zijn vertegenwoordigd. Voor de hierbij vermelde code (een letter en 1 of 2 cijfers) wordt verwezen naar fig. 2.39. Bijbehorende soortengroepen zijn beschreven in Verdonschot (1990 a/b).

Voor de landgebruiksparementen zijn globale richtlijnen opgesteld, waarnaar men zich in het beheer dient te richten. Deze gelden als richtlijnen voor ontwikkelingen op middellange- en langere termijn. Op korte termijn is immers nog geen specifiek juridisch kader voorhanden dat het reguleren van de intensiteit van storende menselijke activiteiten in het kader van natuurontwikkeling, zowel binnen als buiten de EHS, toestaat. Met name op het gebied van grondonteigeningsprocedures en schadevergoedingsregelingen (b.v. voor opbrengstderiving t.g.v. vanuit landbouwoogpunt minder optimaal peilbeheer e.d.) ligt nog een belangrijk terrein braak waarvan verdere invulling in de nabije toekomst gewenst is.

Naast de al bestaande natuurdoeltypen zijn gegevens van, veelal historische, referenties toegevoegd. Om uitgebreide opsommingen van soortnamen te vermijden is bij het indelen van terrestrische vegetaties is gebruik gemaakt van gegevens uit DEEL 2 en uit BIJLAGEN 4 en 5.

Heuvellandbeken:

HGr 1: Natuurdoeltype 1a: Natuurbos-heuvellandschap

Landschapstype: Relatief snei-stromende watergang, met vrij verloop van morfologische en hydrologische processen, gelegen in een grotendeels bebost landschap, waarin in lager gelegen delen overstromingsvlakten met moerassen voorkomen.

Eisen aan hydrologie:

Doel: volledig vrije afstroming van water, natuurlijke fluxen van organische stof en nutriënten

- * range stroomsnelheid: > 30 cm/s tot > 100 cm/s (gemiddeld)
- * geen stuwen e.a. afvoertragende kunstwerken in de beek (ook geen vispassages en bergingsvijvers)
- * geen nevengeulen t.b.v. het 'aftoppen' van piekafvoeren
- * geen drainage binnen het gebied, zo min mogelijk buiten het gebied (rest stroomgebied) met prioriteit bij bovenstrooms gelegen gebied.
- * geen waterwinning binnen het gebied. Gebied mag ook niet binnen het intrekgebied van winningen buiten het gebied liggen.
- * geen bemesting binnen het gebied, zo min mogelijk in de rest van het stroomgebied, met prioriteit bij bovenstrooms gelegen gebied.
- * geen lozingen van ongezuiverd én gezuiverd afvalwater

Eisen aan morfologie:

Doel: volledig vrij verloop van morfologische processen (erosie, sedimentatie, loopverplaatsing, meandering)

- * range verhang: $\pm 2 - 11$ m/km (Geul)
- * geen oeverbeschoeiing
- * geen systematisch onderhoud aan beekprofiel (baggeren); geen schoning
- * geen zandvanginrichtingen
- * geen kunstmatige meanderontwikkeling

Eisen waterkwaliteit:

waterkwaliteit voldoet minstens aan normen gesteld t.a.v. ecologisch hoogste niveau/bijzonder milieukwaliteit/specifiek ecologische functie

Aanbevelingen t.a.v. terrestrische flora:

Doel: verbetering van het ecologisch functioneren van de beek (beschaduwning, vergroting interacties beek <-> beekdal), vertraging van het transport van water vanuit het stroomgebied naar de beek.

- * bron + bovenloop merendeels in bos (beschaduwning), zich zo mogelijk uitstrekkend over een groot deel van het infiltratiegebied.
- * middenloop + benedenloop geflankeerd door veel bos, daar waar omstandigheden te nat zijn meer open moerasvegetatie (vaak veenvormend)

Omvormingsbeheer:

- * aanleg bufferstrips met bos t.b.v. waterretentie
- * verwijdering stuwen e.a. kunstwerken, oeverbeschoeiing
- * evt. verondiepen profiel
- * evt. saneren verontreinigde waterbodems
- * evt. verschravingsbeheer
- * saneren fosfaatverzadigde gronden

Inrichting:

- * geen

Intern beheer:

- * geen

Extern beheer:

- * zorg voor minimalisering van menselijke invloed op waterafvoer (vertraging) van water vanuit het stroomgebied, prioriteit bovenstrooms, door vermindering drainage, demping sterk wateronttrekkende of infiltrerende watergangen, opheffen water-onttrekking, aanleg bos
- * zorg voor minimalisering van menselijke invloed op stoffenstromen naar de beek, door aanleg bufferstrips, verminderen bemesting, beperking gebruik chemische bestrijdingsmiddelen
- * weren van recreatie

Eisen t.a.v. grootte en/of vorm:

- * liefst heel stroomgebied of deelstroomgebied, in het tweede geval bij voorkeur bovenstrooms (niet zomaar ergens in de beek)
- * kleinere eenheden zijn mogelijk mits vorm beheerbaarheid wordt bepaald op basis van stroombanenpatroon ondiep grondwater (ondiepe nutriëntenstromen), geïsoleerd stelsel van stroombanen (vanaf waterscheiding tot de beek) absolute noodzaak
- * lokatiekeuze mede op basis van toekomstige uitbreidingsmogelijkheden

Te verwachten biota:

Vegetatie beekdal:

- beekbegeleidende bosformaties en hellingbossen: (vochtig) wintereiken-beukenbos, veldbies-beukenbos, gierstgras-beukenbos, parelgras-beukenbos, kalk-beukenbos, esdoorn-essenbos, eiken-haagbeukenbos, kamperfoelie-eiken-haagbeukenbos, vogelkers-essenbos, bosmuur-elzenbos, kalk-elzenbroek, berken-elzenbroek
- bronvegetaties in oorspronggebieden: elzenbronbos, essenbronbos
- moerasvegetaties in overstromingsvlakten: meso- en eutrofante watergemeenschappen (stagnant), meso- en eutrofante verlandingsgemeenschappen

Aquatische fauna:

- B variabel, $D < 25\text{cm}$, $R = \pm 0,01-0,05\text{m}$: karakteristieke gemeenschappen van natuurlijke bronnen in heuvelland (ook akro- en rheocreen) Aquatisch ecotooptype: Q23
- $0,2 < B < 1,0\text{m}$, $0 < D < 30\text{cm}$, $R = \pm 0,05-0,25\text{m}$: karakteristieke gemeenschappen van natuurlijke bovenlopen in heuvelland
Aquatisch ecotooptype: Q62/63
- $0,5 < B < 5,0\text{m}$, $20 < D < 100\text{cm}$, $R = \pm 0,25-0,8\text{m}$: karakteristieke gemeenschappen van natuurlijke middenlopen in heuvelland
Aquatisch ecotooptype Q62/63
Aquatisch ecotooptype: Q62/63 -> Q77
- $2,5 < B < 10\text{m}$, $80 < D < 250\text{cm}$, $R = \pm 0,8-2,0\text{m}$: karakteristieke gemeenschappen van natuurlijke benedenlopen in heuvelland
Aquatisch ecotooptype: Q77

Aquatische flora:

- karakteristieke gemeenschappen van bronnen in heuvelland (niet altijd snelstromend water)
Voorbeeld: algen en wieren (*Hildenbrandia*, *Batrachospermum*)
- karakteristieke gemeenschappen van relatief snelstromend water (bovenloop, middenloop)
Voorbeeld: verspreid: *Ranunculus fluitans*, *Potamogeton pectinatus*
- karakteristieke gemeenschappen van relatief snelstromende, bredere wateren (benedenloop) en evt. stilstaand water (overstromingsvlakten: watergemeenschappen en verlandingsreeksen)
Voorbeeld: verspreid: *Ranunculus fluitans*, *Potamogeton pectinatus*, *Callitriche spec.*, *Nuphar lutea*

Overige fauna:

- vissoorten karakteristiek voor sneller stromend, zuurstofrijk water, b.v. beekforel, beekprik, bempje, rivierdonderpad, elrits, vlagzalm, in overstromingsvlakten met permanent water (poelen en plasjes) ook vissen geassocieerd met langzamer stromend of stilstaand water
- vogels geassocieerd met stromend water, b.v. ijsvogel, grote gele kwikstaart, waterspreeuw, in overstromingsvlakten ook vogels geassocieerd met stilstaand water en moeras
- zoogdieren geassocieerd met (stromend) water, b.v. bever, otter, das

Hgr 2: Natuurdoeltype 2a: Gestuurd beekdallandschap in het heuvelland

Landschapstype: Relatief snelstromende watergang met in grote mate vrij verloop van morfologische en hydrologische processen, in een grotendeels bebost landschap, waarin water- sediment- en nutriëntenstromen worden gestuurd (begeleid). Langs midden- en benedenloop kunnen overstromingsvlakten met moerassen voorkomen

Eisen aan hydrologie:

Doel: nagenoeg volledig vrije afstroming van water, nagenoeg natuurlijke fluxen van organische stof en nutriënten

- * range stroomsnelheid: > 30 cm/s tot > 100 cm/s (gemiddeld)
- * geen stuwen
- * mogelijk 'sturing' van het afvoerloop met kunstmatige bergingsfaciliteiten, nevengeulen e.d.. Op termijn indien mogelijk saneren
- * geen drainage binnen het gebied, zo min mogelijk buiten het gebied (rest stroomgebied) met prioriteit bij bovenstrooms gelegen gebied.
- * geen waterwinning binnen het gebied. Gebied kan evt. deel uitmaken van het intrekgebied van winningen buiten het gebied. Op termijn saneren
- * geen bemesting binnen het gebied, zo min mogelijk in de rest van het stroomgebied, met prioriteit bij bovenstrooms gelegen gebied.
- * geen lozingen van ongezuiverd én gezuiverd afvalwater

Eisen aan morfologie:

Doel: nagenoeg volledig vrij verloop van morfologische processen (erosie, sedimentatie, loopverplaatsing, meandering)

- * range verhang: $\pm 2 - 11$ m/km (Geul)
- * geen oeverbeschoeiing, alleen tijdelijk
- * geen periodiek terugkerend onderhoud aan beekprofiel (baggeren); geen schoning; bij stagnatie evt. zeer plaatselijk
- * geen zandvanginrichtingen, alleen tijdelijk, of als maatregel ter voorkoming van vervuiling vanuit het buitenland
- * geen kunstmatige meanderontwikkeling

Eisen waterkwaliteit:

waterkwaliteit voldoet aan normen gesteld t.a.v. ecologisch hoogste niveau/bijzondere milieukwaliteit/specifiek ecologische functie

Eisen aan terrestrische flora:

Doel: verbetering van het ecologisch functioneren van de beek (beschaduwning, vergroting interacties beek <-> beekdal), vertraging van het transport van water vanuit het stroomgebied naar de beek.

- * bron + bovenloop merendeels in bos (beschaduwning), zich zo mogelijk uitstrekkend over een groot deel van het infiltratiegebied.
- * middenloop + benedenloop geflankeerd door veel bos, daar waar omstandigheden te nat zijn meer open moerasvegetatie (vaak veenvormend)

Omvormingsbeheer:

- * aanleg bufferstrips
- * verwijdering stuwen e.a. kunstwerken, oeverbeschoeiing
- * evt. verondiepen profiel
- * evt. saneren vervuilde waterbodems
- * evt. verschravingsbeheer
- * saneren fosfaatverzadigde gronden

Inrichting:

- * evt. beplanten oevers, aanplanten bos
- * evt. aanleg bergingsfaciliteiten/vispassages (zo mogelijk als tijdelijke (enige tientallen jaren) maatregel)
- * evt. aanbrengen tijdelijke (enkele jaren) oeverbeschoeiing (waar niet voldoende ruimte ter beschikking is de beek zijn eigen weg te laten zoeken). Op termijn werkt vegetatie op de oever als bescherming tegen loopverplaatsing
- * evt. toepassing begrazing

Intern beheer:

- * geen structureel periodiek beheer, waar en wanneer nodig (b.v. bij gevaar voor inundatie op plaatsen waar dat niet gewenst is, ingrijpen)

Extern beheer:

- * zorg voor minimalisering van menselijke invloed op waterafvoer (vertraging) van water vanuit het stroomgebied, prioriteit bovenstrooms, door vermindering drainage, demping sterk wateronttrekkende watergangen, opheffen wateronttrekking, aanleg bos.
- * zorg voor minimalisering van menselijke invloed op stoffenstromen naar de beek, door aanleg bufferstrips, verminderen bemesting, beperking gebruik chemische bestrijdingsmiddelen
- * weren intensieve recreatie

Eisen t.a.v. grootte en/of vorm:

- * liefst heel stroomgebied of deelstroomgebied, in het tweede geval bij voorkeur bovenstrooms (niet zomaar ergens in de beek)
- * kleinere eenheden zijn mogelijk mits vorm beheerseenheid wordt bepaald op basis van stroombanenpatroon ondiep grondwater (ondiepe nutriëntenstromen), min of meer geïsoleerd stelsel van stroombanen (vanaf waterscheiding tot de beek) absolute noodzaak
- * lokatiekeuze mede op basis van toekomstige uitbreidingsmogelijkheden

Te verwachten biota:

Vegetatie beekdal:

- * als Natuurdoeltype 1a
- * waar begrazing als interne beheermaatregel wordt toegepast ook grazige en ruigtevegetaties

Aquatiscche fauna:

- * B variabel, $D < 25\text{cm}$, $R = \pm 0,01-0,05\text{m}$: karakteristieke gemeenschappen van natuurlijke bronnen in heuvelland (ook akro- en rheocreen) Aquatisch ecotooptype: overeenkomst met Q23
- * $0,2 < B < 1,0\text{m}$, $0 < D < 30\text{cm}$, $R = \pm 0,05-0,25\text{m}$: karakteristieke gemeenschappen van natuurlijke bovenlopen in heuvelland
Aquatisch ecotooptype: overeenkomst met Q62/63
- * $0,5 < B < 5,0\text{m}$, $20 < D < 100\text{cm}$, $R = \pm 0,25-0,8\text{m}$: karakteristieke gemeenschappen van natuurlijke middenlopen in heuvelland
Aquatisch ecotooptype: overeenkomst met Q62/63
Aquatisch ecotooptype: overeenkomst met Q62/63 -> Q77
- * $2,5 < B < 10\text{m}$, $80 < D < 250\text{cm}$, $R = \pm 0,8-2,0\text{m}$: karakteristieke gemeenschappen van natuurlijke benedenlopen in heuvelland
Aquatisch ecotooptype: overeenkomst met Q77

Aquatiscche flora:

- * als Natuurdoeltype 1a

Overige fauna:

- * vissoorten karakteristiek voor sneller stromend, zuurstofrijk water, b.v. beekforel, beekprik, bierpje, rivierdonderpad, elrits, vlagzaim, in overstromingsvlakten met permanent water (poelen en plasjes) ook vissen geassocieerd met lagzamerstromend of stilstaand water
 - * vogels geassocieerd met stromend water, b.v. ijsvogel, grote gele kwikstaart, waterspreeuw, in overstromingsvlakten ook vogels geassocieerd met stilstaand water en moeras
 - * zoogdieren geassocieerd met (stromend) water, b.v. bever, otter, das
-

HGr 3: Natuurdoeltype 3a: Half-natuurlijke heuvellandbeek

Landschapstype: Relatief snelstromende watergang met relatief grote mate van vrij verloop van morfologische en hydrologische processen, waarbij in het dal of in de beek bijzondere cultuurhistorische (natuur)waarden aanwezig zijn die d.m.v. specifiek beheer duurzaam dienen te worden behouden. Het landschap kent relatief steile hellingen (assymetrische dalen) en is afwisselend open en bebost. Eventueel kunnen in midden- en benedenloop overstromingsvlakten voorkomen met moeras. Ook als exclave in eenheden met HGr 1 of HGr 2.

Eisen aan hydrologie:

Doel: nagenoeg volledig vrije afstroming van water, nagenoeg natuurlijke fluxen van organische stof en nutriënten

- * range stroomsnelheid: > 30 cm/s tot >100 cm/s (gemiddeld)
- * geen stuwen
- * mogelijk 'sturing' van het afvoerloop met kunstmatige bergingsfaciliteiten, nevengeulen e.d.. Op termijn indien mogelijk saneren
- * geen drainage binnen het gebied, zo min mogelijk buiten het gebied (rest stroomgebied) met prioriteit bij bovenstrooms gelegen gebied.
- * geen waterwinning binnen het gebied. Gebied kan evt. deel uitmaken van het intrekgebied van winningen buiten het gebied. Op termijn saneren
- * geen bemesting binnen het gebied, zo min mogelijk in de rest van het stroomgebied, met prioriteit bij bovenstrooms gelegen gebied.
- * geen lozingen van ongezuiverd én gezuiverd afvalwater

Eisen aan morfologie:

Doel: nagenoeg volledig vrij verloop van morfologische processen (erosie, sedimentatie, loopverplaatsing, meandering)

- * range verhang: $\pm 2 - 11$ m/km (Geul)
- * geen oeverbeschoeiing, alleen tijdelijk
- * geen onderhoud aan beekprofiel (baggeren). Geen schoning. Bij stagnatie evt. zeer plaatselijk
- * geen zandvanginrichtingen, alleen tijdelijk, of ter voorkoming van vervuiling vanuit het buitenland
- * geen kunstmatige meanderontwikkeling

Eisen waterkwaliteit:

waterkwaliteit voldoet niet voor alle parameters aan normen gesteld t.a.v. ecologisch hoogste niveau/bijzonder milieukwaliteit/specifiek ecologische functie

Eisen aan terrestrische flora:

Doel: verbetering van het ecologisch functioneren van de beek (beschaduwning, vergroting interacties beek <-> beekdal), vertraging van het transport van water vanuit het stroomgebied naar de beek.

- * bron + bovenloop merendeels in bos (beschaduwning), zich zo mogelijk uitstrekkend over een groot deel van het infiltratiegebied.
Voorbeelden:
- * middenloop + benedenloop geflankeerd door veel bos of houtwallen, daar waar omstandigheden te nat zijn meer open moerasvegetatie (vaak veenvormend)
Voorbeelden:

Omvormingsbeheer:

- * aanleg bufferstrips
- * verwijdering stuwen e.s. kunstwerken, oeverbeschoeiing
- * evt. verondiepen profiel
- * evt. saneren verontreinigde waterbodems
- * evt. verschrallingsbeheer
- * saneren fosfaatverzadigde gronden

Inrichting:

- * evt. beplanten oevers, aanplanten bos
- * evt. aanleg bergingsfaciliteiten/vispassages (zo mogelijk als tijdelijke (enige tientallen jaren) maatregel)
- * evt. aanbrengen tijdelijke (enkele jaren) oeverbeschoeiing (waar niet voldoende ruimte ter beschikking is de beek zijn eigen weg te laten zoeken). Op termijn werkt vegetatie op de oever als bescherming tegen loopverplaatsing
- * evt. aanleg voorzieningen t.b.v. recreatie

Intern beheer:

structureel periodiek beheer afhankelijk van gewenste vegetatiegemeenschappen

grasland/hooiland:

- * periodiek maaien en afvoeren
- * evt. extensief begrazen

heide:

- * bestrijding houtopslag
- * evt. begrazen
- * periodiek plaggen

houtwallen:

- * periodiek onderhoud (uitdunnen, afzetten)

Extern beheer:

- zorg voor minimalisering van menselijke invloed op waterafvoer (vertraging) van water vanuit het stroomgebied, prioriteit bovenstrooms, door vermindering drainage, demping sterk wateronttrekkende watergangen, op termijn saneren wateronttrekking, aanleg bos
- zorg voor minimalisering van menselijke invloed op stoffenstromen naar de beek, door aanleg bufferstrips, verminderen bemesting, beperking gebruik chemische bestrijdingsmiddelen

Eisen t.a.v. grootte en/of vorm:

- lokatiekeuze op basis van lokale actuele waarden (cultuur-natuur, cultuurhistorische waarden, aardkundige waarden), maar ook op basis van lokale heersende hydrologische patronen (beheerseenheid)
- kleinere eenheden (een aantal percelen, evt. beschermd door bufferstrips) zijn mogelijk, soms zijn grotere gebieden gewenst (parkachtige, half-open landschappen). Ook als 'exclaves' binnen eenheden van HGr 1 of HGr 2

Te verwachten biota:

Vegetatie beekdal:

- bossen als in Natuurdoeltype 1a en 2a (minder uitgestrekt),
- droge, vochtige en natte heides
- natte graslanden (blauwgrasland, madeland)
- struwelen en ruigten (rietland, brandnetel)
- houtwallen
- moerasvegetaties en verlandingsvegetaties

Aquatische fauna:

- afhankelijk van mate van beschaduwing vertoont fauna meer of minder overeenkomst met karakteristieke fauna van een heuvellandbeek (Q-typen)
- hogere primaire produktie geeft aanleiding tot meer 'grazers'
- vertraagde afvoer door plantengroei leidt tot vestiging van een groter aantal soorten uit langzaamstromend of stilstaand water

Aquatische flora:

- afhankelijk van expositie aan zonlicht rijker dan 'natuurlijke' vegetatie van een heuvellandbeek

Overige fauna:

- afhankelijk van de aanwezigheid van karakteristieke habitats
-

HGr 4: Natuurdoeltype 4a: Multifunctionele heuvellandbeek

Landschapstype: Relatief snelstromende watergang in een gebied waarin door andere vormen van menselijk gebruik bijzondere eisen worden gesteld aan het verloop van hydrologische- en morfologische processen. Het landschap is afhankelijk van menselijk gebruik afwisselend open/half open (landbouw, recreatie, natuur), bebost (houtteelt, natuur) of bebouwd (wonen en werken). Water-, sediment- en nutriëntenstromen worden waar nodig begeleid. Aanwezigheid van overstromingsvlakten is afhankelijk van lokale mogelijkheden daartoe. Eventueel ook als kleine exclave in eenheden met HGr 1, 2 of 3.

Eisen aan hydrologie:

Doel: zoveel mogelijk vrije afstroming van water, zoveel mogelijk natuurlijke fluxen van organische stof en nutriënten

- range stroomsnelheid: > 30 cm/s tot > 100 cm/s (gemiddeld)
- indien mogelijk geen stuwen
- zo nodig 'sturing' van het afvoerloop met kunstmatige bergingsfaciliteiten, nevengeulen e.d.. Op termijn indien mogelijk saneren
- zo mogelijk geen drainage binnen het gebied, zo min mogelijk buiten het gebied (rest stroomgebied) met prioriteit bij bovenstrooms gelegen gebied.
- zo mogelijk geen waterwinning binnen het gebied. Gebied kan deel uitmaken van het intrekgebied van winningen buiten het gebied. Op termijn kan verplaatsing van de waterwinning worden overwogen
- zo min mogelijk bemesting binnen het gebied, ook in de rest van het stroomgebied, met prioriteit bij bovenstrooms gelegen gebied.
- zo mogelijk geen lozingen van ongezuiverd én gezuiverd afvalwater

Eisen aan morfologie:

Doel: zoveel mogelijk vrij verloop van morfologische processen (erosie, sedimentatie, loopverplaatsing, meandering)

- range verhang: $\pm 2 - 11$ m/km (Geul)
- waar mogelijk geen of alleen tijdelijke oeverbeschoeiing
- zo min mogelijk onderhoud aan beekprofiel (baggeren); bij stagnatie plaatselijk schonen
- zandvanginrichting indien nodig
- geen kunstmatige meanderontwikkeling

Eisen waterkwaliteit:

waterkwaliteit voldoet aan normen gesteld t.a.v. ecologisch laagste niveau/basiskwaliteit/algemene ecologische functie

Eisen aan terrestrische flora:

Doel: verbetering van het ecologisch functioneren van de beek (beschaduwning, vergroting interacties beek <-> beekdal), vertraging van het transport van water vanuit het stroomgebied naar de beek.

- bron + bovenloop merendeels beschaduwde, mogelijk in (evt. te ontwikkelen) bronbos
Voorbeelden: vogelkers-elzenbos (23 ESV Bos), boesmuur-elzenbos (24 ESV Bos), elzenbronbos (25 ESV Bos), essenbronbos (26 ESV Bos), kalk-elzenbroek (28 ESV Bos), moerasvaren-elzenbroek (30 ESV Bos)
- middenloop + benedenloop geflankeerd door veel bos, afgewisseld met open/halfopen landschap, landbouwgronden (gescheiden door bufferstrip) en urbaan gebied
Voorbeelden:

Omvormingsbeheer:

- aanleg bufferstrips langs aanliggende landbouwgronden
- waar mogelijk verwijderen stuwen e.a. kunstwerken en oeverbeschoeiing
- evt. verondiepen profiel
- evt. saneren verontreinigde waterbodems
- evt. verschravingsbeheer
- waar mogelijk saneren fosfaatverzadigde gronden

Inrichting:

- evt. beplanten oevers, aanplanten bos
- evt. aanleg bergingsfaciliteiten/vispassages/zandvanginrichtingen
- evt. aanbrengen tijdelijke (enkele jaren) oeverbeschoeiing (waar niet voldoende ruimte ter beschikking is de beek zijn eigen weg te laten zoeken). Op termijn werkt vegetatie op de oever als bescherming tegen loopverplaatsing
- evt. aanleg voorzieningen t.b.v. recreatie
- evt. 'verbeteren' waterhuishouding urbaan gebied

Interim beheer:

structureel periodiek beheer afhankelijk van natuur (als Natuurdoeltype 3a) en overige gebruiksfuncties:

- landbouw
- urbaan gebied
- hout-, rietproductie
- (intensieve) recreatie

Extern beheer:

- zorg voor minimalisering van menselijke invloed op waterafvoer (vertraging) van water vanuit het stroomgebied, prioriteit bovenstrooms, door vermindering drainage, damping sterk wateronttrekkende watergangen, op termijn saneren wateronttrekking, aanleg bos
- zorg voor minimalisering van menselijke invloed op stoffenstromen naar de beek, door aanleg bufferstrips, verminderen bemesting, waar mogelijk beperking gebruik chemische bestrijdingsmiddelen

Eisen t. a. v. grootte en/of vorm:

- lokatiekeuze afhankelijk van huidig/toekomstig gebruik
- lokatiekeuze op basis van lokale actuele waarden (cultuur-natuur, cultuurhistorische waarden, aardkundige waarden), maar ook op basis van lokaal heersende hydrologische patronen (beheerseenheid)
- kleinere eenheden (een aantal percelen, evt. beschermd door bufferstrips) zijn mogelijk, in grotere gebieden zijn water- en stoffenstromen i.h.a. beter beheer(s)baar. Ook als 'exclaves' binnen eenheden van HGr 1, 2 of 3

Te verwachten biota:**Vegetatie beekdal:**

- afwisselend, afhankelijk van overige gebruiksfuncties
- meer of minder gestoorde varianten van gemeenschappen vermeld bij Natuurdoeltypen 1a, 2a en 3a

Aquatise fauna:

- fauna vertoont op onderdelen overeenkomst met karakteristieke fauna van een heuvellandbeek
- soortensamenstelling sterk afhankelijk van gerealiseerde habitatdifferentiatie, en de aard van de habitats

Aquatise flora:

- als Natuurdoeltype 3a
- in overkluisde trajecten geen plantengroei

Overige fauna:

- afhankelijk van de aanwezigheid van geschikte habitats
-

Laaglandbeken:

HGr 1: Natuurdoeltype 1b: Natuurboslandschap op zandgrond

Landschapstype: Langzaamstromende watergang, met vrij verloop van morfologische en hydrologische processen, gelegen in een grotendeels bebost landschap, waarin in lager gelegen delen overstromingsvlakten met moerassen voorkomen.

Eisen aan hydrologie:

Doel: volledig vrije afstroming van water, natuurlijke fluxen van organische stof en nutriënten

- * range stroomsnelheid: meestal < 50 cm/s (gemiddeld)
- * geen stuwen e.a. afvoertragende kunstwerken in de beek (ook geen vispassages en bergingsvijvers)
- * geen nevengeulen t.b.v. het 'aftoppen' van piekafvoeren
- * geen drainage binnen het gebied, zo min mogelijk buiten het gebied (rest stroomgebied) met prioriteit bij bovenstrooms gelegen gebied.
- * geen waterwinning binnen het gebied. Gebied mag ook niet binnen het intrekgebied van winningen buiten het gebied liggen.
- * geen bemesting binnen het gebied, zo min mogelijk in de rest van het stroomgebied, met prioriteit bij bovenstrooms gelegen gebied.
- * geen directe lozingen van ongezuiverd én gezuiverd afvalwater

Eisen aan morfologie:

Doel: volledig vrij verloop van morfologische processen (erosie, sedimentatie, loopverplaatsing, meandering)

- * range verhang:
- * geen oeverbeschoeiing
- * geen onderhoud aan beekprofiel (baggeren). Geen schoning.
- * geen kunstmatige sedimentafvoer (zandvanginrichtingen)
- * geen kunstmatige meanderontwikkeling

Eisen waterkwaliteit:

waterkwaliteit voldoet minstens aan normen gesteld t.a.v. ecologisch hoogste niveau/bijzonder milieukwaliteit/specifiek ecologische functie

Eisen aan terrestrische flora:

Doel: verbetering van het ecologisch functioneren van de beek (beschaduwning, vergroting interacties beek <-> beekdal), vertraging van het transport van water vanuit het stroomgebied naar de beek.

- * bron + bovenloop merendeels in bos (beschaduwning), zich zo mogelijk uitstrekkend over een groot deel van het infiltratiegebied.
Voorbeelden:
- * middenloop + benedenloop geflankeerd door veel bos, daar waar omstandigheden te nat zijn meer open moerasvegetatie (vaak veenvormend)
Voorbeelden:
- * waar bedreiging bestaat door inspoeling van meststoffen: aanleg bufferstrips

Omvormingsbeheer:

- * aanleg bufferstrips
- * verwijdering stuwen e.a. kunstwerken
- * evt. verondiepen profiel
- *

Inrichting:

- * geen

intern beheer:

- * geen

Extern beheer:

- * zorg voor minimalisering van menselijke invloed op afvoer (vertraging) van water vanuit het stroomgebied, prioriteit bovenstrooms, door vermindering drainage, demping sterk wateronttrekkende watergangen, opheffen water-onttrekking, aanleg bos. ???
- * zorg voor minimalisering van menselijke invloed op stoffenstromen naar de beek, door aanleg bufferstrips, verminderen bemesting, beperking gebruik chemische bestrijdingsmiddelen
- * weren van recreatie

Eisen t.a.v. grootte en/of vorm:

- * liefst heel stroomgebied of deelstroomgebied, bij voorkeur bovenstrooms (niet zomaar ergens in de beek)
- * kleinere eenheden zijn mogelijk mits vorm beheereenheid wordt bepaald op basis van stroombanenpatroon ondiep grondwater (ondiepe nutriëntenstromen), geïsoleerd steisel van stroombanen (vanaf waterscheiding tot de beek) absolute noodzaak
- * keuze mede op basis van toekomstige uitbreidingsmogelijkheden

Te verwachten biota:

Vegetatie beekdal:

- beekbegeleidende- stuwwalhelling- en dekzandbosformaties: (vochtig)wintereiken-beukenbos, elzen-eikenbos, gierstgras-beukenbos, eiken-haagbeukenbos, kamperfoelie-eiken-haagbeukenbos, gewoon-elzenbroek, vogelkers-essenbos, berkenbroek, berken-elzenbroek, koningsvaren-elzenbroek
- bronvegetaties in oorspronggebieden: elzenbronbos, essenbronbos
- moerasvegetaties in overstromingsvlakten: meso- en eutrofante watergemeenschappen (stagnant), meso- en eutrofante verlandingsgemeenschappen

Aquatiscche fauna:

- B variabel, D < 25cm, R = ± 0,01-0,05m: karakteristieke gemeenschappen van natuurlijke bronnen in laagland (helo- en limnocreen)
Aquatiscch ecotooptype: F12/17/22/27
- 0,2 < B < 1,0m, 0 < D < 30cm, R = ± 0,05-0,25m: karakteristieke gemeenschappen van natuurlijke bovenlopen in laagland
Aquatiscch ecotooptype: F37/38/62/67/68
- 0,5 < B < 5,0m, 20 < D < 100cm, R = ± 0,25-0,8m: karakteristieke gemeenschappen van natuurlijke middenlopen in laagland
Aquatiscch ecotooptype: F62/67/68/77/78
- 2,5 < B < 10m, 80 < D < 250cm, R = ± 0,8-2,0m: karakteristieke gemeenschappen van natuurlijke benedenlopen in laagland
Aquatiscch ecotooptype: F77/78/88

Aquatiscche flora:

- karakteristieke gemeenschappen van bronnen in laagland (niet altijd stromend water)
Voorbeeld:
- karakteristieke gemeenschappen van stromend water (bovenloop, middenloop)
Voorbeeld: *Ranunculus fluitans*, *Potamogeton pectinatus* e.a.
- karakteristieke gemeenschappen van langzamerstromend water (middenloop, benedenloop) en evt. stilstaand water (overstromingsvlakten: stagnant watergemeenschappen en verlandingsreeksen)
Voorbeeld: *Ranunculus fluitans*, *Potamogeton pectinatus*, *Callitriche spec.*, *Nuphar lutea* e.a.

Overige fauna:

- vissoorten geassocieerd met stromend water, b.v. en in overstromingsvlakten met permanent water (poelen en plasjes) ook vissen geassocieerd met stilstaand water
 - vogels geassocieerd met stromend water, b.v. ijsvogel, grote gele kwikstaart, waterspreeuw, in overstromingsvlakten ook vogels geassocieerd met stilstaand water en moeras
 - zoogdieren geassocieerd met (stromend) water, b.v. bever, otter, das
-

HGr 2: Natuurdoeltype 2b: Begeleid beekdallandschap op de hogere zandgronden

Landschapstype: Langzaamstromende watergang met in grote mate vrij verloop van morfologische en hydrologische processen, in een grotendeels bebost landschap, waarin water- sediment- en nutriëntenstromen worden gestuurd (begeleid). Langs midden- en benedenloop kunnen overstromingsvlakten met moerassen voorkomen

Eisen aan hydrologie:

Doel: nagenoeg volledig vrije afstroming van water, nagenoeg natuurlijke fluxen van organische stof en nutriënten

- * range stroomsnelheid: < 50 cm/s (gemiddeld)
- * geen stuwen
- * mogelijk 'sturing' van het afvoerverloop met kunstmatige bergingsfaciliteiten, nevengeulen e.d.. Op termijn indien mogelijk saneren
- * geen drainage binnen het gebied, zo min mogelijk buiten het gebied (rest stroomgebied) met prioriteit bij bovenstrooms gelegen gebied.
- * geen waterwinning binnen het gebied. Gebied kan evt. deel uitmaken van het intrekgebied van winningen buiten het gebied. Op termijn saneren
- * geen bemesting binnen het gebied, zo min mogelijk in de rest van het stroomgebied, met prioriteit bij bovenstrooms gelegen gebied
- * geen lozingen van ongezuiverd én gezuiverd afvalwater

Eisen aan morfologie:

Doel: nagenoeg volledig vrij verloop van morfologische processen (erosie, sedimentatie, loopverplaatsing, meandering)

- * range verhang: \pm 0,2 - 5 m/km
- * geen oeverbeschoeiing, alleen tijdelijk
- * geen periodiek terugkerend onderhoud aan beekprofiel (baggeren); geen schoning; bij stagnatie evt. zeer plaatselijk
- * geen zandvanginrichtingen, alleen tijdelijk, of als maatregel ter voorkoming van vervuiling vanuit het buitenland
- * geen kunstmatige meanderontwikkeling

Eisen waterkwaliteit:

waterkwaliteit voldoet aan normen gesteld t.a.v. ecologisch hoogste niveau/bijzondere milieukwaliteit/specifiek ecologische functie

Eisen aan terrestrische flora:

Doel: verbetering van het ecologisch functioneren van de beek (beschaduwning, vergroting interacties beek <-> beekdal), vertraging van het transport van water vanuit het stroomgebied naar de beek.

- * bron + bovenloop merendeels in bos (beschaduwning), zich zo mogelijk uitstrekkend over een groot deel van het infiltratiegebied.
- * middenloop + benedenloop geflankeerd door veel bos, daar waar omstandigheden te nat zijn meer open moerasvegetatie (vaak veenvormend)

Omvormingsbeheer:

- * aanleg bufferstrips
- * verwijdering stuwen e.a. kunstwerken, oeverbeschoeiing
- * evt. verondiepen profiel
- * evt. saneren vervuilde waterbodems
- * evt. verschravingsbeheer
- * saneren fosfaatverzadigde gronden

Inrichting:

- * evt. beplanten oevers, aanplanten bos
- * evt. aanleg bergingsfaciliteiten/vispassages (zo mogelijk als tijdelijke (enige tientallen jaren) maatregel)
- * evt. aanbrengen tijdelijke (enkele jaren) oeverbeschoeiing (waar niet voldoende ruimte ter beschikking is de beek zijn eigen weg te laten zoeken). Op termijn werkt vegetatie op de oever als bescherming tegen loopverplaatsing
- * evt. toepassing begrazing

Intern beheer:

- * geen structureel periodiek beheer, waar en wanneer nodig (b.v. bij gevaar voor inundatie op plaatsen waar dat niet gewenst is, ingrijpen)

Extern beheer:

- * zorg voor minimalisering van menselijke invloed op waterafvoer (vertraging) van water vanuit het stroomgebied, prioriteit bovenstrooms, door vermindering drainage, demping sterk wateronttrekkende watergangen, opheffen wateronttrekking, aanleg bos.
- * zorg voor minimalisering van menselijke invloed op stoffenstromen naar de beek, door aanleg bufferstrips, verminderen bemesting, beperking gebruik chemische bestrijdingsmiddelen
- * weren van intensieve recreatie

Eisen t.a.v. grootte en/of vorm:

- * liefst heel stroomgebied of deelstroomgebied, in het tweede geval bij voorkeur bovenstrooms (niet zomaar ergens in de beek)
- * kleinere eenheden zijn mogelijk mits vorm beheerseenheid wordt bepaald op basis van stroombanenpatroon ondiep grondwater (ondiepe nutriëntenstromen), min of meer geïsoleerd stelsel van stroombanen (vanaf waterscheiding tot de beek) absolute noodzaak
- * lokatiekeuze mede op basis van toekomstige uitbreidingsmogelijkheden

Te verwachten biota:

Vegetatie beekdal:

- als Natuurdoeltype 1b
- waar begrazing als interne beheermaatregel wordt toegepast ook grazige en ruigtevegetaties: Voorbeelden

Aquatiscche fauna:

- B variabel, $D < 25\text{cm}$, $R = \pm 0,01-0,05\text{m}$: karakteristieke gemeenschappen van natuurlijke bronnen in laagland (vnl. helo- of limnokreen) Aquatisch ecotooptype: overeenkomst met F12/17/22/27
- $0,2 < B < 1,0\text{m}$, $0 < D < 30\text{cm}$, $R = \pm 0,05-0,25\text{m}$: karakteristieke gemeenschappen van natuurlijke bovenlopen in laagland
Aquatisch ecotooptype: overeenkomst met F37/38/62/67/68
- $0,5 < B < 5,0\text{m}$, $20 < D < 100\text{cm}$, $R = \pm 0,25-0,8\text{m}$: karakteristieke gemeenschappen van natuurlijke middenlopen in laagland
Aquatisch ecotooptype: overeenkomst met F62/67/68/77/78
- $2,5 < B < 10\text{m}$, $80 < D < 250\text{cm}$, $R = \pm 0,8-2,0\text{m}$: karakteristieke gemeenschappen van natuurlijke benedenlopen in laagland
Aquatisch ecotooptype: overeenkomst met F77/78/88

Aquatiscche flora:

- als Natuurdoeltype 1b

Overige fauna:

- vissoorten karakteristiek voor langzaamstromend water, in overstromingsvlakten met permanent water (poelen en plasjes) ook vissen geassocieerd met stilstaand water
 - vogels geassocieerd met stromend water, b.v. ijsvogel, grote gele kwikstaart, waterspreeuw, in overstromingsvlakten ook vogels geassocieerd met stilstaand water en moeras
 - zoogdieren geassocieerd met (stromend) water, b.v. bever, otter, das
-

HGr 3: Natuurdoeltype 3b: Half-natuurlijke laaglandbeek

Landschapstype: Langzaamstromende watergang met relatief grote mate van vrij verloop van morfologische en hydrologische processen, waarbij in het dal of in de beek bijzondere cultuurhistorische (natuur)waarden aanwezig zijn die d.m.v. specifiek beheer duurzaam dienen te worden behouden. Het landschap is afwisselend open en bebost. Eventueel kunnen in midden- en benedenloop overstromingsvlakten voorkomen met moeras. Ook als exclave in eenheden met HGr 1 of HGr 2.

Eisen aan hydrologie:

Doel: nagenoeg volledig vrije afstroming van water, nagenoeg natuurlijke fluxen van organische stof en nutriënten

- * range stroomsnelheid: < 50 cm/s (gemiddeld)
- * geen stuwen
- * mogelijk 'sturing' van het afvoerverloop met kunstmatige bergingsfaciliteiten, nevengeulen e.d.. Op termijn indien mogelijk saneren
- * geen drainage binnen het gebied, zo min mogelijk buiten het gebied (rest stroomgebied) met prioriteit bij bovenstrooms gelegen gebied.
- * geen waterwinning binnen het gebied. Gebied kan evt. deel uitmaken van het intrekgebied van winningen buiten het gebied. Op termijn saneren
- * geen bemesting binnen het gebied, zo min mogelijk in de rest van het stroomgebied, met prioriteit bij bovenstrooms gelegen gebied
- * geen lozingen van ongezuiverd én gezuiverd afvalwater

Eisen aan morfologie:

Doel: nagenoeg volledig vrij verloop van morfologische processen (erosie, sedimentatie, loopverplaatsing, meandering)

- * range verhang: \pm 0,2 - 5 m/km
- * geen oeverbeschoeiing, alleen tijdelijk
- * geen onderhoud aan beekprofiel (baggeren). Geen schoning. Bij stagnatie evt. zeer plaatselijk
- * geen zandvanginrichtingen, alleen tijdelijk, of ter voorkoming van vervuiling vanuit het buitenland
- * geen kunstmatige meanderontwikkeling

Eisen waterkwaliteit:

waterkwaliteit voldoet niet voor alle parameters aan normen gesteld t.a.v. ecologisch hoogste niveau/bijzonder milieukwaliteit/specifiek ecologische functie

Eisen aan terrestrische flora:

Doel: verbetering van het ecologisch functioneren van de beek (beschaduwing, vergroting interacties beek <-> beekdal), vertraging van het transport van water vanuit het stroomgebied naar de beek.

- * bron + bovenloop merendeels in bos (beschaduwing), zich zo mogelijk uitstrekkend over een groot deel van het infiltratiegebied.
Voorbeelden:
- * middenloop + benedenloop geflankeerd door veel bos of houtwallen, daar waar omstandigheden te nat zijn meer open moerasvegetatie (vaak veenvormend)
Voorbeelden:

Omvormingsbeheer:

- * aanleg bufferstrips
- * verwijdering stuwen e.a. kunstwerken, oeverbeschoeiing
- * evt. verondiepen profiel
- * evt. saneren verontreinigde waterbodems
- * evt. verschrallingsbeheer
- * saneren fosfaatverzadigde gronden

Inrichting:

- * evt. beplanten oevers, aanplanten bos
- * evt. aanleg bergingsfaciliteiten/vispassages (zo mogelijk als tijdelijke (enige tientallen jaren) maatregel)
- * evt. aanbrengen tijdelijke (enkele jaren) oeverbeschoeiing (waar niet voldoende ruimte ter beschikking is de beek zijn eigen weg te laten zoeken). Op termijn werkt vegetatie op de oever als bescherming tegen loopverplaatsing
- * evt. aanleg voorzieningen t.b.v. recreatie

Intern beheer:

structureel periodiek beheer afhankelijk van gewenste vegetatiegemeenschappen

grasland/hooiland:

- * periodiek maaien en afvoeren
- * evt. extensief begrazen

heide:

- * bestrijding houtopslag
- * evt. begrazen
- * periodiek plaggen

houtwallen:

- * periodiek onderhoud (uitdunnen, afzetten)

Extern beheer:

- zorg voor minimalisering van menselijke invloed op waterafvoer (vertraging) van water vanuit het stroomgebied. prioriteit bovenstrooms, door vermindering drainage, demping sterk wateronttrekkende watergangen, op termijn saneren wateronttrekking, aanleg bos
- zorg voor minimalisering van menselijke invloed op stoffenstromen naar de beek, door aanleg bufferstrips, verminderen bemesting, beperking gebruik chemische bestrijdingsmiddelen

Eisen t.a.v. grootte en/of vorm:

- lokatiekeuze op basis van lokale actuele waarden (cultuur-natuur, cultuurhistorische waarden, aardkundige waarden), maar ook op basis van lokale heersende hydrologische patronen (beheerseenheid)
- kleinere eenheden (een aantal percelen, evt. beschermd door bufferstrips) zijn mogelijk, soms zijn grotere gebieden gewenst (parkachtige, half-open landschappen). Ook als 'exclaves' binnen eenheden van HGr 1 of HGr 2

Te verwachten biota:**Vegetatie beekdal:**

- bosformaties als bij Natuurdoeltypen 1b en 2b (minder uitgestrekt)
- droge, vochtige en natte heides
- natte graslanden (blauwgrasland, madeland, hooiland)
- struwelen en ruigten (rietland, brandnetel)
- houtwallen
- moerasvegetaties en verlandingsvegetaties

Aquatiscche fauna:

- afhankelijk van mate van beschaduwing vertoont fauna meer of minder overeenkomst met karakteristieke fauna van een laaglandbeek (F-typen)
- hogere primaire produktie geeft aanleiding tot meer 'grazers'
- vertraagde afvoer door plantengroei leidt tot vestiging van een groter aantal soorten uit langzaamstromend of stilstaand water

Aquatiscche flora:

- afhankelijk van expositie aan zonlicht rijker dan 'natuurlijke' vegetatie van een laaglandbeek

Overige fauna:

- afhankelijk van de aanwezigheid van karakteristieke habitats
-

HGr 4: Natuurdoeltype 4b: Multifunctionele laaglandbeek

Landschapstype: Langzaamstromende watergang in een gebied waarin door andere vormen van menselijk gebruik bijzondere eisen worden gesteld aan het verloop van hydrologische- en morfologische processen. Het landschap is afhankelijk van menselijk gebruik afwisselend open/half open (landbouw, recreatie, natuur), bebost (houtteelt, natuur) of bebouwd (wonen en werken). Water-, sediment- en nutriëntenstromen worden waar nodig begeleid. Aanwezigheid van overstromingsvlakten is afhankelijk van lokale mogelijkheden daartoe. Eventueel ook als kleine exclave in eenheden met HGr 1, 2 of 3.

Eisen aan hydrologie:

Doel: zoveel mogelijk vrije afstroming van water, zoveel mogelijk natuurlijke fluxen van organische stof en nutriënten

- * range stroomsnelheid: < 50 cm/s (gemiddeld)
- * indien mogelijk geen stuwen
- * zo nodig 'sturing' van het afvoerloop met kunstmatige bergingsfaciliteiten, nevengeulen e.d.. Op termijn indien mogelijk saneren
- * zo mogelijk geen drainage binnen het gebied, zo min mogelijk buiten het gebied (rest stroomgebied) met prioriteit bij bovenstreams gelegen gebied.
- * zo mogelijk geen waterwinning binnen het gebied. Gebied kan deel uitmaken van het intrekgebied van winningen buiten het gebied. Op termijn kan verplaatsing van de waterwinning worden overwogen
- * zo min mogelijk bemesting binnen het gebied, ook in de rest van het stroomgebied, met prioriteit bij bovenstreams gelegen gebied
- * zo mogelijk geen lozingen van ongezuiverd én gezuiverd afvalwater

Eisen aan morfologie:

Doel: zoveel mogelijk vrij verloop van morfologische processen (erosie, sedimentatie, loopverplaatsing, meandering)

- * range verhang: \pm 0,2 - 5 m/km
- * waar mogelijk geen of alleen tijdelijke oeverbeschoeiing
- * zo min mogelijk onderhoud aan beekprofiel (baggeren); bij stagnatie plaatselijk schonen
- * zandvanginrichting indien nodig
- * geen kunstmatige meanderontwikkeling

Eisen waterkwaliteit:

waterkwaliteit voldoet aan normen gesteld t.a.v. ecologisch laagste niveau/basiskwaliteit/algemene ecologische functie

Eisen aan terrestrische flora:

Doel: verbetering van het ecologisch functioneren van de beek (beschaduwning, vergroting interacties beek <-> beekdal), vertraging van het transport van water vanuit het stroomgebied naar de beek.

- * bron + bovenloop merendeels beschaduwde, mogelijk in (evt. te ontwikkelen) bronbos
Voorbeelden: vogelkers-elzenbos (23 ESV Bos), bosmuur-elzenbos (24 ESV Bos), elzenbronbos (25 ESV Bos), essenbronbos (26 ESV Bos), kalk-elzenbroek (28 ESV Bos), moerasvaren-elzenbroek (30 ESV Bos)
- * middenloop + benedenloop geflankeerd door veel bos, afgewisseld met open/halfopen landschap, landbouwgronden (gescheiden door bufferstrip) en urbaan gebied
Voorbeelden:

Omvormingsbeheer:

- * aanleg bufferstrips langs aanliggende landbouwgronden
- * waar mogelijk verwijderen stuwen e.a. kunstwerken en oeverbeschoeiing
- * evt. verondiepen profiel
- * evt. saneren verontreinigde waterbodems
- * evt. verschrallingsbeheer
- * waar mogelijk saneren fosfaatverzadigde gronden

Inrichting:

- * evt. beplanten oevers, aanplanten bos
- * evt. aanleg bergingsfaciliteiten/vispassages/zandvanginrichtingen
- * evt. aanbrengen tijdelijke (enkele jaren) oeverbeschoeiing (waar niet voldoende ruimte ter beschikking is de beek zijn eigen weg te laten zoeken). Op termijn werkt vegetatie op de oever als bescherming tegen loopverplaatsing
- * evt. aanleg voorzieningen t.b.v. recreatie
- * evt. 'verbeteren' waterhuishouding urbaan gebied

Intern beheer:

structureel periodiek beheer afhankelijk van natuur (als Natuurdoeltype 3b) en overige gebruiksfuncties:

- * landbouw
- * urbaan gebied
- * hout-, rietproductie
- * (intensieve) recreatie

Extern beheer:

- zorg voor minimalisering van menselijke invloed op waterafvoer (vertraging) van water vanuit het stroomgebied, prioriteit bovenstrooms, door vermindering drainage, demping sterk wateronttrekkende watergangen, op termijn saneren wateronttrekking, aanleg bos
- zorg voor minimalisering van menselijke invloed op stoffenstromen naar de beek, door aanleg bufferstrips, verminderen bemesting, waar mogelijk beperking gebruik chemische bestrijdingsmiddelen

Eisen t.a.v. grootte en/of vorm:

- lokatiekeuze afhankelijk van huidig/toekomstig gebruik
- lokatiekeuze op basis van lokale actuele waarden (cultuur-natuur, cultuurhistorische waarden, aardkundige waarden), maar ook op basis van lokaal heersende hydrologische patronen (beheerseenheid)
- kleinere eenheden (een aantal percelen, evt. beschermd door bufferstrips) zijn mogelijk, in grotere gebieden zijn water- en stoffenstromen i.h.a. beter beheer(s)baar. Ook als 'exclaves' binnen (grotere) eenheden van HGr 1, 2 of 3

Te verwachten biota:**Vegetatie beekdal:**

- afwisselend, afhankelijk van overige gebruiksfuncties
- meer of minder gestoorde varianten van gemeenschappen vermeld bij Natuurdoeltypen 1b, 2b en 3b

Aquatische fauna:

- fauna vertoont op onderdelen overeenkomst met karakteristieke fauna van een laaglandbeek
- soortensamenstelling sterk afhankelijk van gerealiseerde habitatdifferentiatie, en de aard van de habitats

Aquatische flora:

- als Natuurdoeltype 3b
- in overkluide trajecten geen plantengroei

Overige fauna:

- afhankelijk van de aanwezigheid van geschikte habitats
-

2. GEOGRAFISCHE KANSRIJKDOM EN HAALBAARHEID

2.1 Inleiding

De begrippen "geografische kansrijkdom" en "haalbaarheid" worden als volgt gedefiniëerd:

geografische kansrijkdom =
de mate waarin, vanuit een gegeven combinatie van abiotische en biotische randvoorwaarden (actuele toestand) een andere, gewenste combinatie van deze randvoorwaarden (natuurdoeltype), binnen een tevoren vastgestelde termijn (NBP: 20 jaar), bereikbaar wordt geacht.

haalbaarheid =
de mate waarin, gegeven de huidige maatschappelijke, planologische en sociaal-economische condities en rekening houdend met de beschikbare financiële middelen en geografische kansrijkdom, het bereiken van een gewenste toestand binnen een tevoren vastgestelde termijn (NBP: 20 jaar), realiseerbaar wordt geacht.

Geografische kansrijkdom en haalbaarheid, dienen, anders dan binnen het beleid gangbaar is, altijd te worden beschouwd in samenhang met een gekozen natuurdoeltype. "De" geografische kansrijkdom van een beek of beekdal bestaat niet. Men zal eerst moeten vaststellen welk natuurdoel (een nieuwe combinatie van randvoorwaarden) men voorstaat, alvorens te kunnen beoordelen hoe de mogelijkheden liggen om een dergelijke toestand op een gegeven locatie te kunnen bereiken.

Bij de bepaling van de geografische kansrijkdom en haalbaarheid spelen een groot aantal factoren een rol. Binnen stelsels van factoren kunnen verbanden of correlaties worden gesignaleerd welke in beperkte mate kunnen worden gekwantificeerd. Vanuit ecologisch oogpunt is het echter onmogelijk al deze factoren en hun onderlinge relaties op een gefundeerde manier tegen elkaar af te wegen, om te komen tot een 'algemeen geldend concept' van begrippen als geografische kansrijkdom en haalbaarheid. Kansrijkdom en haalbaarheid vertonen een sterke afhankelijkheid van lokale factoren, zoals aanwezige typologische kenmerken en patronen in geologie, bodem en hydrologie, maar ook van de eigendomssituatie e.d.. Onvoldoende kennis van deze factoren maakt het inschatten van kansrijkdom en haalbaarheid op een hoger schaalniveau (landelijk) tot een tamelijk arbitraire aangelegenheid.

In dit rapport zijn voor de beken en beekdalen in Nederland 8 natuurdoeltypen onderscheiden. Het bepalen van de geografische kansrijkdom en haalbaarheid voor elk van deze natuurdoeltypen vergt een veel grotere inspanning dan bij aanvang van deze studie werd voorzien. Er wordt daarom volstaan met het geven van een algemene beschouwing omtrent de begrippen geografische kansrijkdom en haalbaarheid, hier en daar toegespitst op toekomstige natuurontwikkeling in beken en beekdalen in Nederland. Het ontwikkelen van kaart-

beelden waarin de geografische kansrijkdom en haalbaarheid zijn samengevat is, mede om bovenstaande redenen, achterwege gelaten.

2.2 Geografische kansrijkdom

2.2.1 Algemeen

De bereikbaarheid van een set van nieuwe randvoorwaarden (ranges of waarden van de ecologisch relevante parameters) wordt in belangrijke mate bepaald door:

- 1) de actuele waarden of ranges van die parameters (d.i. de uitgangssituatie), oftewel de afstand van de actuele waarden tot de gewenste waarden/ranges;
- 2) de mate waarin, m.b.v. ingrepen/maatregelen, de waarden van de bewuste parameters gericht kunnen worden beïnvloed.

ad 1) De afstand tussen de actuele toestand en een streeftoestand wordt dikwijls beoordeeld a.h.v. de aanwezigheid van restanten of fragmenten van levensgemeenschaptypen die ook zouden kunnen voorkomen in de gewenste streeftoestand (natuurdoeltype).

Hierbij speelt de aan- of afwezigheid van geschikte 'zaaddonoren' of zaadvorraden in de bodem een rol, alsmede het kolonisatievermogen van soorten (verplaatsingsvermogen van diersoorten, transport van plantenzaden via de wind en met dieren).

Welke soorten of gemeenschappen zich uiteindelijk zullen ontwikkelen is afhankelijk van de aanwezige randvoorwaarden, maar ook van toevallige factoren.

Een probleem bij de beschrijving van de uitgangssituatie (actuele toestand) is het kwantificeren van de mate van storing die voortkomt uit menselijke beïnvloeding. Storing wordt in dit rapport uitgedrukt in termen van de landgebruiksparementen en uit zich b.v. in veranderingen van de grondwaterstand (Gt) a.g.v. gewijzigde stromingspatronen van water en in veranderingen in pH en voedselrijkdom a.g.v. gewijzigde stofstromen. Bij de behandeling van landgebruiksparementen is getracht aan te geven hoe menselijke invloeden inwerken op de parameters die voor het 'natuurlijk' functioneren van het systeem van belang zijn. De grootte van de 'afwijking' van een bepaalde parameter is dikwijls nog wel aan te geven (b.v. daling van de gemiddelde grondwaterstand t.g.v. een bepaalde vorm van drainage in cm-mv). Het kwantificeren van de mate waarin door menselijke invloeden het fluctuatiepatroon van een parameter verandert is al een stuk lastiger. Dit wordt veroorzaakt door het gegeven dat juist fluctuaties afhankelijk zijn van de waarden van andere parameters in het systeem.

Het kwantificeren van de relatieve mate van storing die verschillende storingsbronnen naast elkaar in een systeem (stelsel van aan elkaar gerelateerde parameters) teweegbrengen is niet zonder meer mogelijk. Dikwijls wordt dit veroorzaakt doordat m.n. indirecte relaties tussen parameters onvoldoende en niet eenduidig te kwantificeren zijn. Er moet daarom worden volstaan met het aangeven van een (verwachte) ontwikkelingsrichting.

Een globaal overzicht van de actuele toestand van nederlandse beekdallandschappen is/wordt samengesteld voor de Ecosysteemvisie Beken en Beekdalen (Higler et al, in voorb.). Hierbij is onder terreinbeherende instanties (NBLF) geïnventariseerd in welke beekdallandschappen momenteel nog 'waardevolle' vegetatietypen of vegetatie-elementen te vinden zijn. Daarnaast is gebruik gemaakt van een inventarisatie onder waterbeheerders (water- en zuiveringschappen) naar de toestand van de beken zelf. In figuur 4.5 is een overzicht te zien van de actueel en potentieel waardevol geachte beken in Nederland (stand van zaken begin 80'er jaren).

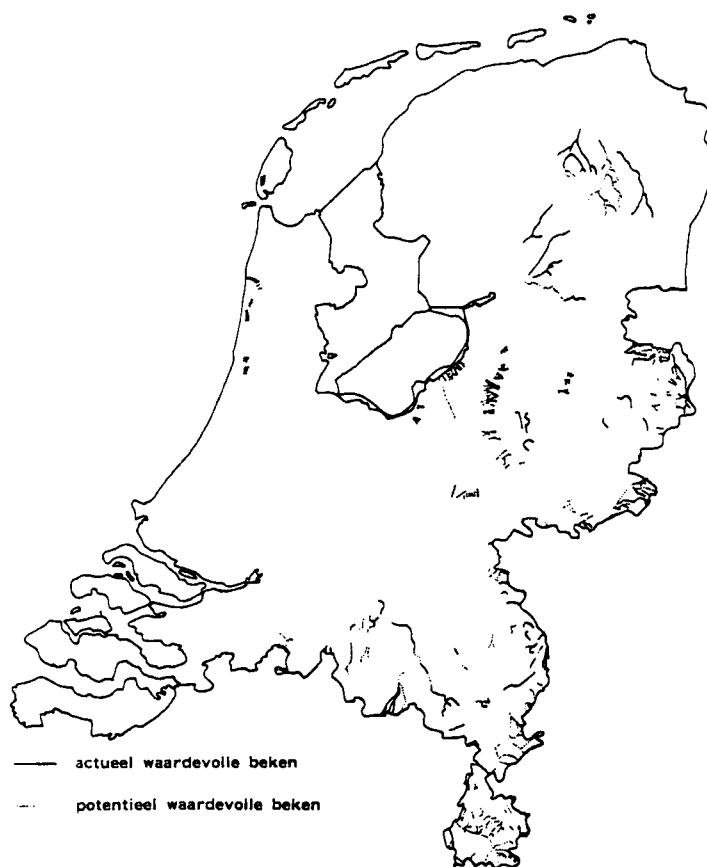


Fig.4.5 Overzicht van de actueel en potentieel waardevolle beken in Nederland (uit: Verdonschot, 1993).

Gegevens uit beide inventarisaties zijn samengevoegd in GIS-bestand dat alle beken in Nederland bevat. Delen van dit bestand is in de toekomst bruikbaar voor natuurontwikkelingsdoeleinden op provinciaal en lokaal niveau bij de ontwikkeling van b.v. Gebiedsvisies.

ad 2) De mate waarin m.b.v. maatregelen de ontwikkeling van parameterwaarden kan worden beïnvloed is in sterke mate afhankelijk van de vorm en de grootte van een beheerseenheden. Beheerseenheden die het traject waterscheiding-beek geheel overspannen bieden tot op zekere hoogte bescher-

ming tegen hydrologische beïnvloeding van buiten de beheerseenheid. Met het aanleggen van bufferstrips langs de flanken van de eenheid kan zijdelingse inspoeling van nutriënten verder worden teruggebracht. Bufferstrips bieden echter alleen bescherming tegen verontreiniging via oppervlakkig transport en ondiepe grondwaterstroming. Invloeden van b.v. waterwinning (kwelpotentiaal, Gt), verrijking van diepere grondwaterstromen met nutriënten en atmosferische depositie worden niet gebufferd. In kleinere beheerseenheden (alleen het beekdal: rondom gebufferd) is het moeilijker invloeden van buitenaf te minimaliseren, mede doordat niet het gehele traject van de (ondiepe) stroombanen 'onder controle' is. Ook het ecologisch functioneren van de beek zelf is het meest gebaat bij grotere beheerseenheden (hele stroomgebieden, het hele beekdal in een deelstroomgebied). In de beek komt immers de som van alle menselijke invloed in het bovenstroomse gebied samen. Inzicht in de verzameling van menselijke invloeden op stroomgebiedsniveau is daarom nodig.

De mate waarin herstel van het systeem mogelijk is, is tevens voor een belangrijk deel afhankelijk van de vraag in welke mate door menselijke invloeden irreversibele verstoringen hebben plaatsgevonden. Grootschalige ingrepen uit het verleden, zoals egalisaties en andere grondwerkzaamheden (diepploegen, opbrengen van grond, afgraven van veen) hebben dikwijls een uitgangssituatie gecreëerd, die sterk afwijkt van de oorspronkelijke toestand. Volledig herstel van een situatie die vergelijkbaar is met de referentie moet hier vrijwel uitgesloten worden geacht, omdat de processen die tot herstel leiden zeer langzaam verlopen (b.v. hernieuwde vorming van veen).

Ook op natuurbescherming/beheer en natuurontwikkeling gerichte ingrepen en maatregelen vormen een bron van storing. Deze wordt in het kader van de ontwikkeling van natuur en landschap echter als gewenst beschouwd. Veel van dit soort herstelmaatregelen zijn gericht op het verminderen of opheffen van storingen veroorzaakt door vroegere of nog actuele menselijke ingrepen. Ook bij het nemen van natuurontwikkelingsmaatregelen doet het probleem zich voor dat het formuleren van een dosis (een gekwantificeerde hoeveelheid) van een maatregel niet eenvoudig is. Een mogelijke vraag die hierbij aan de orde komt is b.v.: hoever moet de bemesting in een gebied teruggedrongen worden om in het beekdal aanvaardbare of gewenste hoeveelheden/fluxen van nutriënten te verkrijgen?

Een extra moeilijkheid ontstaat wanneer meerdere maatregelen tegelijk worden ingezet. Via het stelsel van gerelateerde parameters kunnen maatregelen elkaars effecten onderling beïnvloeden.

Ook hier is het dikwijls alleen mogelijk een ontwikkelingsrichting aan te geven.

In een aantal gevallen zal het nemen van natuurontwikkelingsmaatregelen in de praktijk neerkomen op 'trial and error'. Aan het effect van een genomen maatregel wordt getoetst of de actuele toestand verschuift in de richting van de gewenste toestand. Daarbij is men afhankelijk van de tijdsduur die het systeem nodig heeft op een verandering te reageren en zich te stabiliseren. Ontwikkelingstermijnen worden waarschijnlijk doorgaans ver onderschat. Zonodig wordt de maatregel gestaakt/voortgezet of wordt de 'dosis' aangepast aan het tempo van de geïnitieerde verandering.

De keuze van een bepaald natuurdoeltype in een beheerseenheid is afhankelijk van:

- * het type beek
- * de aard en grootte van de beheerseenheid
- * de uitgangssituatie (actuele toestand)
- * de mate waarin aanwezige bronnen van storing kunnen worden opgeheven

Op basis van de hydrologische kenmerken van beeksystemen en van het bovenstaande kunnen een aantal algemene stelregels worden geformuleerd:

- * de mate van storing neemt, met het toenemen van de oppervlakte land die invloed op de beek kan uitoefenen, toe in stroomafwaartse richting
- * de uitgangssituatie is sterk lokaal bepaald maar onafhankelijk van de plaats in het beekstelsel
- * de mate waarin storingsbronnen kunnen worden opgeheven is sterk afhankelijk van de eigendomssituatie, maar onafhankelijk van de plaats in het beekstelsel

2.2.2 HGr 1 en HGr 2

De geografische kansrijkdom is eveneens afhankelijk van de drie bovenstaande factoren. Voor de kansrijkdom van zelfregulerende en begeleid-natuurlijke typen (HGr 1 en 2) kan worden gesteld:

- * relatief ongestoorde uitgangssituaties verdienen de voorkeur boven sterker gestoorde. Voormalig landbouwgebied kan in deze hoofdgroepen betrokken worden als de aanwezigheid van kolonisatiemogelijkheden van gewenste soorten(groepen) evident is.
- * bovenstroomse gebieden met een relatief gering 'achterland' verdienen de voorkeur boven benedenstroomse gebieden met een groter achterland.
- * een gebied tot aan de waterscheiding (hele (deel)stroomgebied of een radiale strook daarvan) verdient de voorkeur boven alleen het beekdal. Voordat maatregelen worden uitgevoerd dienen de mogelijkheden om storingsbronnen in het hele (deel)stroomgebied te minimaliseren te worden onderzocht.
- * rondom het te ontwikkelen gebied, waar dat gezien de hydrologie mogelijk is, verhoogt de aanleg van bufferstrips de kansrijkdom.

Een keuze tussen HGr 1 en HGr 2 (al of niet begeleiding gewenst/nodig) is afhankelijk van:

- * wenselijkheid van van open/half-open landschapstypen naast, veelal gesloten, boslandschappen.
 - * de mogelijkheden voor gewenste vegetatieontwikkeling.
 - * de voortgang van de vegetatieontwikkeling na inrichting en instelling van extern beheer (dus niet á priori vast te leggen)
-

Op gronden die, b.v. door een te hoge voedselrijkdom, geen goede uitgangssituatie vormen voor een gewenste vegetatieontwikkeling, kan het noodzakelijk zijn gedurende een aantal jaren een vorm van verschrallingsbeheer toe te passen, alvorens een uitgangssituatie ontstaat waarin wel een gewenste ontwikkeling van de vegetatie mogelijk is. Ook kan in dit verband (her)introductie van grote grazers worden toegepast.

Nadat een natuurontwikkelingsproces eenmaal in gang is gezet kunnen zich in de vegetatie ontwikkelingen voordoen die ongewenst zijn (b.v. successie blijft plaatselijk steken of verloopt niet in een gewenste richting). Zo kan het nodig zijn dat een bepaalde lokatie tijdelijk begeleiding behoeft.

2.2.3 HGr 3

De kansrijkdom van vegetatietypen behorend tot HGr 3 (half-natuurlijke, open en half-open beeklandschappen) berust in hoge mate op de actuele toestand. De aanwezigheid van zaadbronnen van soorten die in dergelijke landschappen voorkomen is van groot belang. M.n. in midden- en benedenloopgebieden in Drenthe, Overijssel en in de Achterhoek liggen hiervoor plaatselijk goede mogelijkheden, omdat in deze gebieden restanten van door ouderwets agrarisch gebruik ontstane vegetatietypen bewaard zijn gebleven. Het voortbestaan van dit soort landschappen moet worden bewerkstelligd d.m.v. het toepassen van beheermaatregelen m.b.t. de hydrologie (peil verhogen, verondiepen) en de beïnvloeding van successieprocessen door maaien en/of begrazen.

Op veel plaatsen is door ontwatering en door waterwinningen de grondwaterstand t.o.v. het gewenste peil te laag. Veraarding van de bovenste laag van het aanwezige veen is hiervan het gevolg, hetgeen de kwaliteit van de uitgangssituatie aantast. Toepassing van een combinatie van peilopzet en beïnvloeding van de successie levert echter dikwijls problemen. Bij een hoge waterstand wordt het land voor maaimachines onbereikbaar. Handmatig maaien (hetgeen in vroeger tijden ook gebeurde) is echter veel te kostbaar. Toepassing van grazers lijkt in dit soort situaties voor de hand liggend, maar blijkt niet altijd mogelijk. Ook de begaanbaarheid van de bodem voor grote dieren komt door het verhogen van de waterstand in het geding (gevaar voor wegzakken, ziekten). In sommige gevallen biedt het verwijderen van de veraarde laag veen en toepassing van lichte maaimachines (met brede banden) soulaas.

Vooraf bij natuurdoeltypen behorend tot HGr 3 speelt de positie van de beek in het hydrologische systeem een grote rol. Restanten van oude cultuurlandschappen zijn nog voornamelijk te vinden in midden- en benedenloopse gebieden, waar met een beïnvloeding van de grondwaterkwaliteit (kweel!!) rekening moet worden gehouden (Bakker et al., 1991). Aanleggen van bufferstrips biedt alleen bescherming tegen invloeden uit ondiepe grondwaterstromen. Diepere grondwaterstromen zullen door maatregelen in bovenstroomse (infiltratie)gebieden moeten worden beschermd tegen verrijking met nutriënten.

In gebieden waar de ondergrondse waterstroming sterk beïnvloed wordt door aanwezigheid van potklei en/of keileem (Formatie van Peelo, Formatie van Drenthe) kunnen in grote delen van het stroomgebied hydrologisch geïsoleerde gebiedjes voorkomen. Hier ontstaan z.g. regenwaterlenzen, die voor de

ontwikkeling van kleinere eenheden van vegetaties behorend tot HGr 1 en 2 geschikt kunnen zijn (b.v. hoogveenontwikkeling), mits er geen verzuring of eutrofiëring door atmosferische depositie plaats vindt.

2.2.4 HGr 4

Voor de kansrijkdom van natuurdoelen vallende onder HGr 4 gelden globaal dezelfde argumenten als voor HGr 1 en 2.

De keuze van HGr 4 is vaak noodgedwongen. Er moet altijd rekening worden gehouden met menselijke beïnvloeding binnen het te ontwikkelen gebied. De kansrijkdom hangt daarom af van:

- * de aard en intensiteit van de beïnvloeding (bemesting, drainage, waterwinning, recreatiedruk e.d.)
- * de mate waarin aard en intensiteit van de beïnvloeding kunnen worden gestuurd (b.v. beheersovereenkomsten, spreiden of verplaatsen van waterwinning, reguleren van recreatie e.d.)

In tal van beekdalen in Nederland zijn, ook binnen de grenzen van de EHS, gebieden aan te geven die bij voorbaat tot HGr 4 zullen (gaan) behoren.

2.2.5 Verbindingszones

In verbindingzones zal eveneens altijd rekening moeten worden gehouden met menselijke invloeden. Verbindingszones hebben niet als primaire functie het verbeteren van het ecologisch functioneren van het beekstelsel. Wel moeten aard en intensiteit van de beïnvloeding van dusdanige aard zijn dat langs de beek aan de standplaatsen van te planten soorten wordt voldaan. Enige beperkingen op het gebruik van de omringende gronden kan daarvoor noodzakelijk zijn. T.a.v. de beek zelf is een belangrijke voorwaarde dat het water stroomt. Stagnatie betekent immers dat de watergang geleidelijk 'vol' raakt met invallend blad, dat door het relatief geringe aandeel van 'verknippers' in de aquatische levensgemeenschap slecht wordt gemineraliseerd. Gestuwde beken met periodiek stagnerend water zijn voor het inrichten van verbindingzones daarom niet bijzonder geschikt.

De functie van een beek als verbindingzone voor trekkende vissen vereist een goede zuurstofvoorziening, afwezigheid van onpasseerbare kunstwerken of de aanwezigheid van vispassages.

CONCLUSIES

- Bovenstroomse gebieden zijn voor alle doeltypen het meest kansrijk. Ook andere hydrologisch geïsoleerde situaties zijn kansrijk.
 - De actuele toestand van het ecosysteem (af te lezen aan de toestand van levensgemeenschappen) bepaalt in hoge mate de kansrijkdom en de mogelijke ontwikkelingsrichting.
 - Weren, of zo mogelijk minimaliseren, van externe menselijke invloeden, d.m.v. het inrichten van bufferstrips, verhoogt de ontwikkelingskansen.
 - De kansrijkdom van benedenstroomse gebieden neemt toe naarmate bovenstrooms de situatie meer natuurlijk is, en naarmate de intensiteit van menselijke invloeden terplekke en in de rest van het deelstroomgebied lager is.
 - Beheerseenheden die het traject waterscheiding-beek in zijn geheel over spannen bieden een hogere mate van bescherming tegen menselijke invloed en verdienen de voorkeur boven eenheden die alleen het beekdal omvatten.
 - Voor vegetatietypen behorend tot HGr 3 hangt de kansrijkdom sterk af van de actuele situatie (zaadbronnen ter plaatse of in de omgeving).
 - Voor natuurdoelen behorend tot HGr 4 is de aard en intensiteit van interne menselijke beïnvloeding en de beheersbaarheid daarvan een extra graadmeter voor de kansrijkdom.
 - Aquatische levensgemeenschappen worden de beste ontwikkelingskansen geboden door herstel van ongestoorde water- en nutriëntenstromen. Hiervoor zijn grotere aaneengesloten beheerseenheden nodig, beginnend bij de bron.
 - Verbindingszones vereisen stromend water en een mate van beïnvloeding die ervoor kan zorgdragen dat blijvend aan de standplaatseisen van te planten soorten kan wordt voldaan.
 - Onderlinge verbinding van gescheiden beheerseenheden door aanleg van bufferstrips langs de gehele beek komt de ecologische kwaliteit van het beekmilieu ten goede. Inrichting van gronden waar inundaties kunnen plaatsvinden (overstromingsvlakten) verhoogt de wisselwerking tussen de beek en zijn omgeving (o.a. nutrient spiralling) en verhoogt de biodiversiteit van het gehele beekdalsysteem.
-

2.3 Haalbaarheid

De realiseerbaarheid van een gekozen natuurdoeltype is behalve van ecologische, ook van een groot aantal maatschappelijke factoren afhankelijk. In veel gevallen zijn maatschappelijke randvoorwaarden een beperkende factor voor het bereiken van een gekozen natuurdoel. Daarbij spelen een reeks van factoren een rol, zoals: verwerving van grond, begrenzing EHS, veiligheid (planologische aspecten), beschikbare middelen en maatschappelijke acceptatie (sociaal- economische aspecten).

Deze maatschappelijke randvoorwaarden bepalen in beekgebieden de mogelijkheden voor natuurontwikkeling.

2.3.1 Ecologisch kader: geografische kansrijkdom

Een hoge geografische kansrijkdom (c.q. een goede Ausgangssituatie en goede mogelijkheden om bestaande vormen van beïnvloeding te saneren) betekent dat de haalbaarheid in ecologisch opzicht hoog is.

Natuurdoeltypen waarbij men 'niets doet' (HGr 1) of slechts begeleidend optreedt (HGr 2) hebben een betere haalbaarheid (het interne beheer kost weinig) dan typen waarbij geregeld en doelbewust moet worden ingegrepen (HGr 3 en HGr 4). Het afweren van menselijke invloeden van buiten het te herstellen gebied (extern beheer) kan zeer kostbaar zijn. Hierbij speelt de grootte en de ligging van een beheerseenheid een rol.

Grotere beheerseenheden (tot aan de waterscheiding) hebben in dit verband een grotere haalbaarheid omdat hier alleen met zijdelingse beïnvloeding rekening gehouden hoeft te worden. Het externe beheer van grote eenheden kost hierdoor relatief minder dan van kleinere eenheden, waarin door hun ligging wel degelijk iets 'gedaan' moet worden om invloeden van b.v. bemesting en drainage elders te onderdrukken.

In gebieden langs midden- en benedenlopen moet rekening worden gehouden met de kwaliteit van diepe kwel. In het algemeen neemt op grond van ecologische factoren de haalbaarheid in stroomafwaartse richting af.

2.3.2 Planologische aspecten

Het creëren van aaneengesloten beheerseenheden van voldoende grootte, met een hydrologisch geïsoleerde ligging is in de praktijk buitengewoon moeilijk. Het verwerven van gronden is vanwege het (nog) ontbreken van juridische instrumenten die onteigening t.b.v. van natuurontwikkeling mogelijk maken een belangrijk knelpunt. Veel gronden binnen de Ecologische Hoofdstructuur (EHS) zullen in de toekomst nog moeten worden aangekocht.

Een deel van de toepassing van natuurgerichte maatregelen berust nu en in de toekomst op vrijwillige/gesubsidieerde medewerking van grondeigenaren. In Relatienota-gebieden wordt al met een dergelijk systeem gewerkt (beheersovereenkomsten). Beheersovereenkomsten dragen het karakter van het sluiten van een compromis tussen landbouw en natuur. Het is niet waarschijnlijk dat met dergelijke constructies de landbouwkundige beïnvloeding tot een voor de natuur zo optimaal mogelijk peil kan worden teruggebracht. De mogelijkheid om te kiezen voor zelfregulerende en begeleid-natuurlijke systemen (HGr

1 en 2) wordt hierdoor in belangrijke mate beperkt.

In het bijzonder in beekgebieden (stroomgebieden), waar, vanwege het doorstroomde karakter van het systeem, natuurontwikkeling van bovenstrooms naar benedenstrooms een goed uitgangspunt voor herstel biedt, kan dit een belangrijke complicerende factor vormen.

Het verkrijgen van aaneengesloten beheerseenheden die worden gekenmerkt door een hoge mate van 'integrale bestuurbaarheid' van water- en nutriëntenstromen t.b.v. van natuur is voor herstel noodzakelijk. De vorm waarin de beheerseenheid is gepresenteerd is daarom zo gekozen dat wanneer mogelijkheden tot uitbreiding van een eenheid zich voordoen, vergroting van een eenheid vrij gemakkelijk te realiseren is.

Voor het creëren van optimale condities in de beek zelf (de verzameltrichter van het systeem) zijn vooral grotere beheerseenheden gewenst, beginnende in bovenstroomse gebieden. Een al te grote versnippering van het stroomgebied, waarbij de beek afwisselend wordt geflankeerd door beheerseenheden en landbouwgronden, is ongunstig. Het aanleggen van bufferstrips langs de gehele beek is daarom aan te bevelen. Zo kunnen eveneens verschillende beheerseenheden met elkaar worden verbonden, hetgeen de werking als verbindingszone kan vergroten. Stukken bufferstrip kunnen zo, wanneer in de toekomst zich de gelegenheid daartoe voordoet, worden uitgebreid en ontwikkeld tot beheerseenheden.

Een planologisch aspect dat de haalbaarheid beïnvloedt is de begrenzing van de EHS. In de begrenzing van de EHS is niet altijd rekening gehouden met begrenzingen van hydrologische systemen (stroomgebieden). Dit betekent dat het in veel stroomgebieden onmogelijk zal zijn beheerseenheden te creëren met een voldoende hoge mate van integrale bestuurbaarheid van water- en nutriëntenstromen. Vooral voor natuurdoel(typ)en uit HGr 1 en 2 is dit een ongunstig uitgangspunt. Slechts op enkele plaatsen in Nederland zijn gehele stroomgebieden in de EHS opgenomen (b.v. Drentse Aa, Peizerdiep, Ruiten Aa, Hierdensche beek en een aantal bovenlopen verspreid in het land). Op een aantal andere plaatsen zijn voor de begrenzing van de EHS weliswaar stroomgebiedsgrenzen in acht genomen, maar de beken in kwestie liggen voor een deel over de grens (Dinkel, Regge, veel Brabantse en Limburgse beken). Ook dit is geen gunstig uitgangspunt voor natuurontwikkeling.

2.3.3 Sociaal-economische aspecten

Er is slechts een beperkte hoeveelheid (financiële) middelen en een beperkte set van maatregelen beschikbaar, om vanuit de actuele toestand tot een gekozen natuurdoel (na te streven toestand) te komen. Elk afzonderlijk herstelproject vereist een grondige afweging van prioriteiten. Daarbij moet worden beoordeeld welke investering het meeste 'waar voor z'n geld' oplevert. Hiervoor dient men over voldoende kennis van het systeem te beschikken om, op z'n minst globaal, te kunnen bepalen door welke menselijke invloeden het systeem in zijn 'natuurlijke' ontwikkeling het meest wordt beperkt. Dit vereist degelijk vooronderzoek van m.n. hydrologische systemen en -relaties, liefst op stroomgebiedsniveau. Ontwikkeling of gebruikmaking van hydrologische modellen van de regio verdient daarbij aanbeveling. Ook het doen van (hydrologisch/hydraulisch) model-onderzoek naar de gevolgen van geplande

maatregelen voor het afvoerverloop van de beek zal dikwijls moeten plaatsvinden in het voortraject naar de uiteindelijke planontwikkeling en uitvoering. Het laatste wordt gedaan om te kunnen bepalen op welke plaatsen in de toekomst risico's (of juist kansen) zullen bestaan op overstromingen.

Het doen van vooronderzoek legt een belangrijke claim op de beschikbare middelen. Daarnaast zal een aanzienlijk deel moeten worden benut voor het aankopen van grond.

Resterende middelen kunnen worden benut voor het uitvoeren van maatregelen. Een belangrijk deel zal dikwijls moeten worden benut voor het bekostigen van beheersvergoedingen e.a. schadeloosstellingen t.b.v. het terugdringen van bemesting, drainage en de intensiteit van overige agrarische activiteiten. Vooralnog moeten dit soort geldstromen tot de structurele onkosten worden gerekend. Van wat nog overschiet kunnen inrichtingsmaatregelen worden uitgevoerd en dient eventueel toe te passen beheer te worden bekostigd. Ook moet rekening worden gehouden met het bestuderen van de resultaten van genomen maatregelen ('dosis-effect relaties', monitoring of evaluatie).

Gezien het voorgaande zal in de praktijk de grootte en de aard van beekherstelprojecten afhangen van de hoeveelheid middelen die de maatschappij beschikbaar stelt.

Op het gebied van de maatschappelijke acceptatie van natuurontwikkeling in beken en beekdalen ligt een belangrijk knelpunt. Voorstellen voor natuurontwikkeling in beken en beekdalen, zoals in dit rapport geformuleerd, gaan in hoge mate uit van een procesgerichte benadering. Alleen wanneer binnen een stroomgebied de gang van een aantal hydrologische-, bodemkundige- en morfologische processen (geleidelijk meer) de vrije loop wordt gelaten is ecologisch herstel mogelijk. Hoe het beoogde herstel zich zal voltrekken (successiereksen e.d.) en hoe het eindresultaat er bovengronds uit zal zien is hierbij slechts in beperkte mate voorspelbaar.

Hydrologische- en bodemkundige processen spelen zich echter onder de grond af en zijn als zodanig voor de 'gewone burger' niet waar te nemen, en dus ook niet te waarderen.

Binnen natuurontwikkelingskringen in Nederland bestaat een sterke neiging te denken in gewenste eindbeelden (sterk patroongericht i.p.v. in gewenste ontwikkelingsrichtingen met een minder duidelijk beeld van het uiteindelijke resultaat (procesgericht). Bij een voorkeur voor een meer patroongerichte benadering speelt de realiseerbaarheid van op soortniveau omschreven doelen op redelijk korte termijn een rol. Het eindbeeld wordt vaak ontleend aan een referentiesituatie die stamt uit het verleden of nog voorkomt in het buitenland. Daarbij is dikwijls niet geheel duidelijk hoe de potenties van een gebied in de loop der tijd zijn veranderd ((ir)reversibel temporeel aspect) of hoe potenties hier verschillen van die in een referentiesituatie elders (ruimtelijk aspect). Hierin schuilt het gevaar dat op een bepaalde lokatie voor een natuurdoeltype wordt gekozen dat, gezien de aanwezige potenties, niet of slechts met grote inspanningen te realiseren en duurzaam te behouden is. Bij inrichting en beheer van natuurontwikkelingsgebieden ligt daarom sterk de nadruk op het creëren van bepaalde patronen (morfologie, vegetatie e.d.). Bronnen van storing, die het functioneren van processen binnen het gebied beïnvloeden (vaak gelegen buiten het gebied) krijgen dikwijls pas in tweede instantie aandacht.

Voor natuurontwikkeling in beek- en beekdallandschappen is een sterk patroongerichte manier van denken en handelen niet bevredigend. Een benadering die onderkent dat de ontwikkeling van natuur en landschap in deze gebieden wordt gedomineerd door het verloop van m.n. hydrologische processen in de ondergrond (op stroomgebiedsniveau) verdient hier voorkeur. Daarbij kan nooit tot doel gekozen worden om het functioneren van dergelijke processen te restaureren, omdat een concreet en vergelijkbaar referentiebeeld niet voorhanden is. Wel kan tot de einddoelen behoren processen 'zo ongestoord mogelijk' te laten verlopen. De keuzemogelijkheden worden bepaald door de mate waarin een bepaalde vorm van storing vanuit maatschappelijk oogpunt (drinkwaterwinning, inundatiegevaar e.d.) wordt toegelaten. Natuur die zich onder deze omstandigheden ontwikkelt, heeft ten dele een grote mate van temporele persistentie (duurzaamheid) (b.v. broekbossen), juist omdat aan een aantal randvoorwaarden van zeer basale (eco)systeemkenmerken wordt tegemoet gekomen. Hierdoor kunnen zich gemakkelijker in temporeel opzicht vrij stabiele evenwichten ontwikkelen.

In een omgeving van stromend water geeft het dereguleren van de waterstroom aanleiding tot het ontstaan van een grote variatie aan in de tijd verschuivende patronen (overstromingsvlakten, ontstaan en dichtgroeien meanderbochten e.d.). Hierbij kan niet gesproken worden van het ontstaan van een stabiele eindsituatie, maar van een dynamisch evenwicht, waarbij tijd en ruimte grootschaliger moeten worden opgevat.

2.3.4 Beheerstechnische aspecten

Een algemeen voorkomende situatie in de beekdalen in Nederland is dat de beek zelf en zijn onmiddellijke omgeving (schouwpad) wordt beheerd door een waterbeherende instantie, terwijl het dal wordt beheerd door een agrarisch bedrijf of een natuurbeherende instantie. Deze situatie is voor het ontwikkelen van een integraal beheer van het beekdalsysteem niet bevorderlijk. Er moet worden bereikt, dat de verschillende instanties dezelfde 'koers varen', om de kansen voor natuurontwikkeling optimaal te kunnen benutten.

2.3.5 Conclusies

In het voorgaande komen een aantal richtlijnen en overwegingen aan de orde die leiden tot de volgende reeks van stelregels:

- * ecologisch herstel van beken begint bij een goed inzicht in aanwezige hydrologische processen in het hele stroomgebied (water- en nutriëntenstromen). Tevens mag een overzicht van de belangrijkste bronnen van 'storing' (drainage, wateronttrekking, bemesting e.d) niet ontbreken.
 - * belangrijk bij natuurontwikkeling in beken en beekdalen is het creëren van een ongestoord verloop van hydrologische- en morfologische processen. Hiermee is het mogelijk een deel van de, voor stromend watersystemen zeer karakteristieke morfo- en hydrodynamiek te herstellen. Dynamische processen scheppen voorwaarden voor levensgemeenschappen met een optimale biodiversiteit
 - * natuurontwikkeling moet plaatsvinden in z.g. beheerseenheden, waarin
-

externe invloeden op water- en nutriëntenstromen zoveel mogelijk van nature zijn beperkt (waterscheiding -- beek) of met inrichtingsmaatregelen (bufferstrips) kan worden beperkt. T.a.v. het ecologisch herstel van de beek zelf hebben bovenstroomse gebieden hierbij de hoogste prioriteit. Ook verdienen in dit verband grotere aaneengesloten eenheden de voorkeur.

- * reeds aanwezige natuurlijke (HGr 1, 2 of 4) of half-natuurlijke (HGr 3 of 4) waarden vormen een goed uitgangspunt voor opname in een beheerseenheid en verdere ontwikkeling.
 - * omdat natuurontwikkeling in beken en beekdalen sterk gericht is op het (her)introduceren van dynamische verschijnselen in het landschap is moeilijk te werken met een systematiek van statische eindbeelden (natuurdoeltypen geformuleerd a.h.v. doelsoorten). De ontwikkeling moet resulteren in een duurzaam dynamisch landschap, waar processen een optimaal systeemtype waarborgen.
-

LITERATUUROVERZICHT

- Al, E., in voorbereiding. Ecosysteemvisie Bossen. IKC-NBLF, 's-Gravenhage/Wageningen.
- Bakker, J.P., H. Beukema, A.P. Grootjans & K.J. Noorman, 1991. Mogelijkheden voor vegetatieontwikkeling in de middenloop van de Drentsche A. *De Levende Natuur* 92 (1), 23-28.
- Higler, L.W.G., H.M. Beijer & W.F. van der Hoek, in voorbereiding. Ecosysteemvisie Beken en Beekdalen. IBN/IKC-NBLF, Leersum/Wageningen.
- Leerdam, A. van & J.G. Vermeer, 1992. Natuur uit het moeras!: naar een duurzame ecologische ontwikkeling van laagveenmoerassen. Interfakultaire Vakgroep Milieukunde, RU Utrecht/Staatsbosbeheer, Driebergen.
- Ministerie van Landbouw en Visserij, 1989. Natuurbeleidsplan. Beleidsvoorstellen. Min. van LNV, 's-Gravenhage.
- Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij, 1991. Meerjarenprogramma Natuur en Landschap 1992-1996. Min. van LNV, Directie NBLF, 's-Gravenhage.
- Peterson, R.C., L.B.M. Peterson & J. Lacoursière, 1992. A Building-block Model for Stream Restoration. In: Boon, P.J., P. Calow & G.E. Petts (eds.), 1992. River Conservation and Management. Wiley & Sons, Chichester/New York.
- Smitsaert, H.R., 1959a. Rapport van het onderzoek van de Limburgse beken.
- Smitsaert, H.R., 1959b. Limburgse beken. RIVON mededeling No. 52. In: *Natuurhistorisch maandblad* (48) 1-2, 7-78.
- Verdonschot, P.F.M., 1990a. Ecological characterization of surface waters in the province of Overijssel (The Netherlands). Diss. LU Wageningen. Prov. Overijssel/RIN, Zwolle/Leersum. Casparie, Almere.
- Verdonschot, P.F.M., 1990b. Ecologische karakterisering van oppervlaktewateren in Overijssel. Prov. Overijssel/RIN, Zwolle/Leersum.
- Verdonschot, P.F.M., J. Runhaar, W.F. van der Hoek, C.F.M. de Bok & B.P.M. Specken. 1992. Aanzet tot een ecologische indeling van oppervlaktewateren in Nederland. RIN/IBN-rapport 92-1/CML report 78, IBN, Leersum/Wageningen.
- Verdonschot, P.F.M., 1993. Beken en beekdalen in Nederland; Ecologische referenties en natuurdoeltypen. In: Kraal, H., R. Roos, R. Santema, R. van der Sande & J. Smulders (red.), 1993. De toekomst van beekdalen. Verslag van het symposium op 25 november 1992 te Ede, Stichting Natuur en Milieu, Utrecht. 16-34.
- Werkgroep Heidebehoud en Heidebeheer, 1988. De heide heeft toekomst!: Ecosysteemvisie Heide. Staatsbosbeheer, Driebergen.
-

BIJLAGEN

**BIJLAGE 1. Geogische formaties: Ranges in samenstelling en afmetingen (dikte en dieptelig-
ging) (naar: RGD, 1975).
N.B.: Figuren zijn opgenomen in BIJLAGE 2.**

TIJDPERK/ FORMATIE	SAMENSTELLING LAAGPAKKETTEN	DIKTE (m) (range)	LIGGING t.o.v. MAAIVELD (m-mv)	VERBREIDING (BIJLAGE 2)
KWARTAIR:				
<u>Holoceen:</u>				
Betuwe	algemeen: afwisselend zand en klei, incidenteel veen a) stroongordel afz.: zand en zandige klei b) komkafz.: klei (en veen)	<1 tot >10 m	0 (maaiiveld)	Fig. 1
Kootwijk	matig fijn tot zeer fijn dek(stuif)zand	<1 tot ± 10 m	0 (maaiiveld)	Fig. 2
Singraven	kleijig zand, zandige klei, zand en veen in beekdalen en laagten (a.g.v. inundaties)	<1 tot enkele meters	0 (maaiiveld)	Fig. 3
Griendtsveen	veen (vaak veenmos(hoog)veen), ook organogene meerafzettingen (dy en gyttja) in kommen en op waterscheidingen	<1 tot ± 4 m	0 (maaiiveld)	Fig. 4
Westland	zeer afwisselend grof tot fijn zand, lichte tot zware klei en veen 5 laagpakketten in twee groepen: 1) mariene- estuariene-, lagunaire- en kustafzettingen a) Elbow afz.: boven grijs fijn zand, onder grijze zware klei (alleen bekend van Noordzeebodem) b) Afz. van Calais: onder zand, boven klei c) Afz. van Duinkerke: geulopvulling zand of zavel (zandige klei), naast geulen vnl. klei 2) perimariene (rivier)afzettingen a) Afz. van Gorkum: klei en venige klei met zavel b) Afz. van Tiel: als Afz. van Gorkum	<1 tot bijna 50 m	0 (maaiiveld)	Fig. 5
<u>Pleistocene:</u>				
Twente	a ¹) dekzand: overwegend matig fijn zand a ²) plaatselijk löss: leem, soms fijnzandig b) fluvioperiglaciale afz.: matig fijn tot matig grof zand, grof grindhoudend zand, leem, veen c) hellingafz.: sterk variabel, veelal grof materiaal bevattend, gemengd d) residuaire afz.: grindsnoeren (soms maar 1 korrel dik)	<1 tot enkele meters in depressies oplopend tot ± 25 m	in grote delen van het land 0 (maaiiveld) of nabij maaiveld	Fig. 6
Kreftenheye	grove grindhoudende rivierzanden of grind (Zuid-Limburg), hier en daar ingeschakelde veen- en kleilagen (Ijsseldal). veelal afgedekt met leem	± 10 tot 25 m	0 (maaiiveld) tot 25 m	Fig. 7

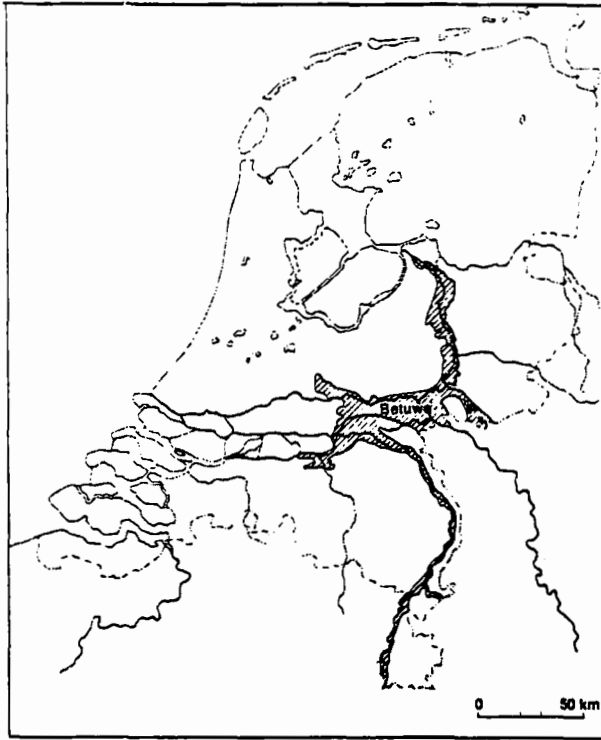
TIJDPERK/ FORMATIE	SAMENSTELLING LAAGPAKKETTEN	DIKTE (m) (range)	LIGGING t.o.v. MAAIVELD (m-mv)	VERBREIDING (BIJLAGE 2)
Asten	veen met soms kleilagen	<1 tot enkele meters	variabel van ± 0 tot 20 m	Fig. 8
Eem	schelphoudende, soms schelprijke grove zanden één of meer dikke kleilagen, onder- en bovenkant soms begrensd met veen	± 5 tot >30 m	7 tot >25 m-NAP	Fig. 9
Drente	a) keileem: klei en leem, veelal met grind en een enkele steen (grondmorene) b) smeltwaterafzettingen (fluvioglaciaal): overwegend grof zand en grind c) smeltwaterafz. in meren (lacustroglaciaal): fijne zanden en kleien d) blokbestrooiing: stenen en blokken	tot meer dan 100 m keileem <1 tot >20 m	0 (Veluwe, Drente) tot 30 m	Fig. 10
Veghel	grove zanden, min of meer grindhoudend, soms grind (Z-Limburg)	10 tot 20 m	0 (maaiveld) tot >25 m	Fig. 11
Peelo	a) smeltwaterafz. in meren: zeer compacte harde donkere klei (potklei) b) smeltwaterafz.(?): fijn tot matig grof zand soms met kleilaagjes c) dekzand (deels): fijne en grove zanden in het randgebied (ook verder noordelijk) d) keileem (wadden)	10 tot meer dan 100 m	0 tot 70 m	Fig. 12
Eindhoven	a) eolische zanden: overwegend matig fijn a') löss: leem, soms fijnzandig b) fluvioperiglaciale afz.: fijn zand, grof grindhoudend zand, leem, veen c) residuaire afz.: grindsnoeren veelal maar 1 steen dik	zuid: tot ± 25 m noord: tot ± 10 m	0 tot > 10 m	Fig. 13
Urk	overwegend grove zanden, soms met grind, trajecten met fijn zand en op een bepaald niveau dikke veen- en kleilagen	10 tot 50 m	veelal tussen 15 en 45 m op enkele plaatsen 0 (Koden, Schoonto, stuwwallen M- en O-Ned.)	Fig. 14
Sterksel	grof grindhoudend zand, soms grind (Z-Limburg), zeer plaatselijk kleilagen	tussen 10 en 60 m	soms nabij 0, elders tussen 30 en 50 m	Fig. 15
Enschede	overwegend grove grindhoudende zanden (grijswit), onderzijde vaak dunne zwak zandige klei, onder/boven laagpakketten van kleilig zand en zeer fijnzandige klei, onderin op verschillende niveaus doorlopend grof grind en stenen tot blokformaat	5 tot 50 m	M-Nederland, M-Holland, IJsselmeer 50 tot 80 m O-Nederland nabij oppervlak dagzomend op stuwwallen in Twente en O-Veluwe	Fig. 16
Harderwijk	grof zand met zeer fijn grind (grijswit), in M-Nederland onder begrensd met doorlopende kleilagen, soms ingesloten hout- en veenresten	tot meer dan 120 m	M- en M-Nederland, IJsselmeer 50 tot 120 m, O-Nederland (b.v. Eibergen) = 0, dagzomend in stuwwallen Twente en NO-Veluwe	Fig. 17

TIJDPERK/ FORMATIE	SAMENSTELLING LAAGPAKKETTEN	DIKTE (m) (range)	LIGGING t.o.v. MAAIVELD (m-mv)	VERBREIDING
Kedichem	fijn zand met kleipakketten, soms met veen zelden grove lagen (basaal in M-Nederland en Z-Limburg)	10 tot 120 m	0 tot 90 m (bij Eindhoven)	Fig. 18
Tegelen	a) Klei van Tegelen: klei en inschakelingen van fijn zand, soms 2 of meer dikke kleilagen gescheiden door grof zand b) Grind van Tegelen: grof zand met in ZO-Nederland vrij veel/veel grind, naar het NO insluitingen van klei c) Klei van Belfeld: overwegend klei met plaatselijk inschakeling van fijn en grof zand d) Grind van Belfeld: grof grindhoudend zand	10 tot ± 100 m	0 tot >200 m	Fig. 19
TERTIAIR:				
<u>Plioceen:</u>				
Maassluis	grof en fijn schelphoudend zand met ingeschakelde zandige klei of kleilagen	oplopend tot >100 m	20-30 m-NAP in ZW-Nederland >200 m-NAP in N- en NW-Nederland	Fig. 20
Scheemda	a) fijn en grof wit kwartszand, meest zonder grind of arm aan grind, plaatselijk met bruinkool b) Fijn kleilig en grof grijs zand, soms met klei-, veen- of bruinkoollagen, top vaak klei c) fijn, soms kleilig wit en lichtbruingeel zand van fluviatilee maar ook mariene oorsprong	oplopend tot >100 m	20 tot >100 m, in glaciaal gestuwde gebieden gebieden (oong. Emmen) nabij 0	Fig. 21
Kiezeloëliet	boven- en naast elkaar voorkomende laagpakketten, hetzij overwegend klei, hetzij overwegend zand en/of grind (meestal wit)	10 tot ± 200 m	0 tot 200 m	Fig. 22
Oosterhout	schelphoudende klei en zandige klei, in Z- en ZW-Nederland naar beneden toe overgaand in schelprijk zand	W- en ZW-Nederland tot >150 m, in O- en ZO richting afnemend	tot >400 m-NAP in NW- en W-richting, in ZW-, Z- en O-Nederland tussen 0 en 100 m-NAP	Fig. 23
<u>Mioceen:</u>				
Breda	glauconietrijk, groengrijs tot groenzwart zand, zandige klei en klei, plaatselijk met ingeschakeld schelprijk zand en gerolde vuursteen, naar beneden toe grijsler, glauconietarmer	sterk variabel, <10 m in ZW-Nederland tot >200 m (Centrale Slenk) meest 60 tot 75 m	ZW-Nederland <25 m-NAP toenemend tot >600 m-NAP in N- en NW-Nederland, meestal tussen 80 en 175 m-NAP	Fig. 24
Heksenberg (naar Kuyt, in: RG0, 1975)	fijn tot matig grof zand, plaatselijk sterk verveerd (zilverzand), afwisselend parallel getaagd, wit tot grijs, met 3 tot 4 tussengeschakelde lagen van bruinkool of humeus zand	tot 90 m	0 (maaiaveld) tot ?	nog onduidelijk, Fig. 25

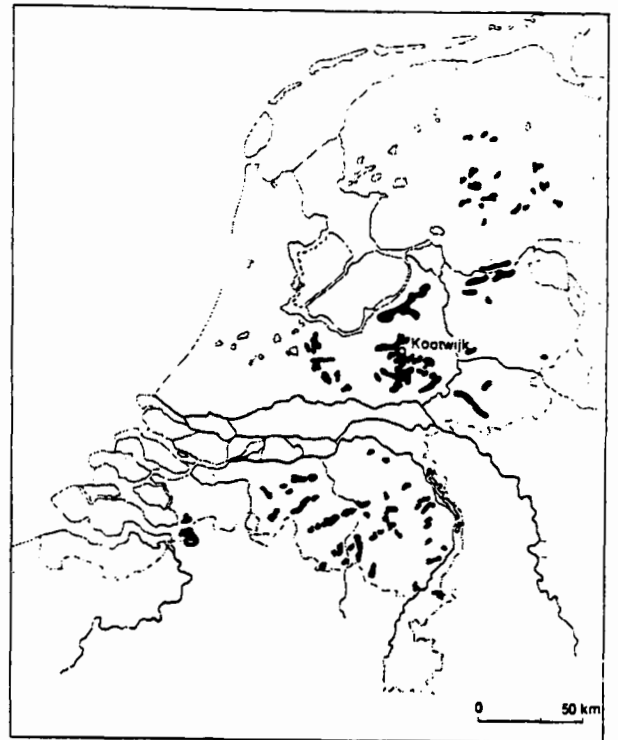
TIJDPERK/ FORMATIE	SAMENSTELLING LAAGPAKKETTEN	DIKTE (m) (range)	LIGGING t.o.v. MAAIVELD (m-mv)	VERBREIDING
<u>Oligoceen:</u>				
Rupel (naar Kuyf, in: RGD, 1975)	onder matige fijn tot matig grof grijs zand op een laag platte vuursteen (zwartblauw), daarboven kleiig zand en kleilenzen, waarop lokaal zand, aan de bovenzijde afgestoten door een laag zandige klei en kleiig groengrijs zand (glauconiëtrijk)	tot 135 m (Peel), in Z-Limburg tot 100 m	0 (maaiveld) tot ?	nog ondui- delijk, Fig. 26
Tongeren (naar Kuyf, in: RGD, 1975)	onder zeer fijn zand (Afz. van Klimmen) naar boven toe afge- wisseld begrensd met klei-, zand- en schelpentlagen, soms een enkele bruinkoollaag (Afz. van Goudsberg)	Afz. van Goudsberg tot 15 m Afz. van Klimmen tot 40 m	0 (maaiveld) tot ?	nog ondui- delijk, Fig. 26
KRIJTT: (naar Felder, in: RGD, 1975)				
Houthem	marien, zachte, grijze tot lichtgeelgrijze, fijn tot grof- korrelige kalksteen met harde kalksteenknoollen (hardgrounds), met fossielgruislagen en -lenzen, onderin met glauconiëthou- dend kalksteen	<1 tot ± 33 m	???	Fig. 27
Maastricht	marien, zachte, lichtgele tot lichtgrijsgele, fijn tot grof korrelige kalksteen, met afwisselend harde en zachte lagen kalksteen, in west Z-Limburg onderin met vuursteenknoollen	± 45 tot ± 90 m	???	Fig. 28
Gulpen	marien, zachte, lichtgekleurde, fijnkorrelige kalksteen, vaak met vuursteenknoollen, vooral onderin vaak glauconiëtrijk	<1 tot ± 175 m	???	Fig. 29
Vaals	marien, geel tot groengrijs, glauconiëthoudend fijn zand, af- wisselend met siltige en kleiige zanden	<1 tot ± 150 m	???	Fig. 30
Aken	a) zand van Aken: marien, geelwit, fijn zand, plaatselijk on- regelmatige zandsteenbanken en -knoollen b) Klei van Hergenrath: lagunair, afwisselend grijs zandige en siltige klei met siltig en kleiig zeer fijn tot zeer grof zand, plaatselijk rijk aan ingekookt hout, pyriet- en markasietcon- creties, soms ook dunne bruinkoollagen	<1 tot ± 40 m	???	Fig. 31

BIJLAGE 2 Verbreiding van geologische Formaties (uit: RGD, 1975).

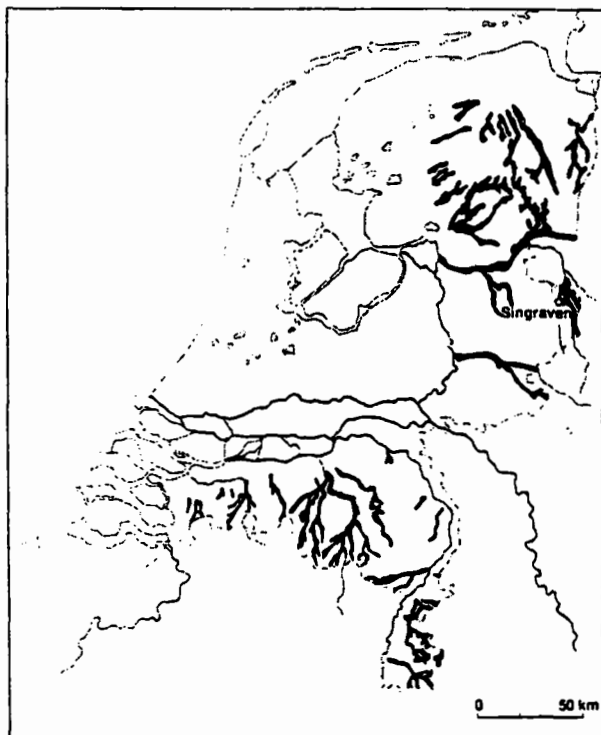
HOLOCEEN



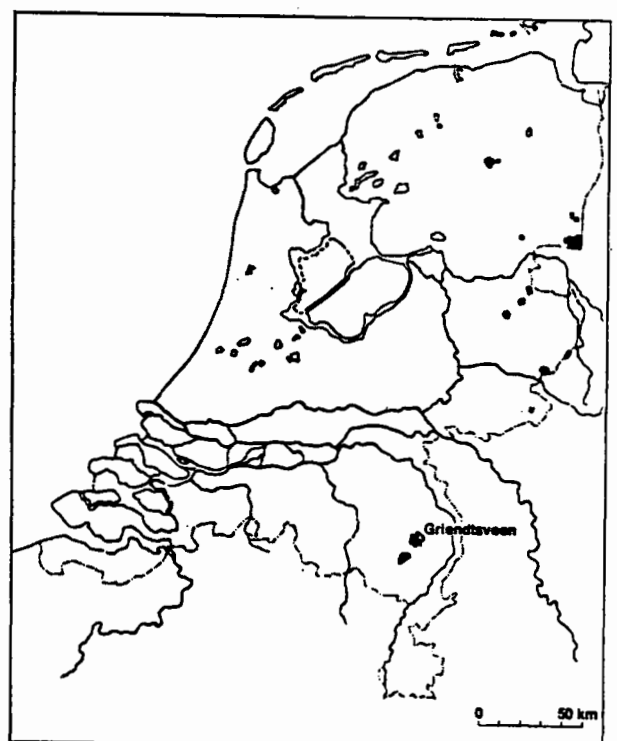
Figuur 1: Verbreiding van de Betuwe Formatie.



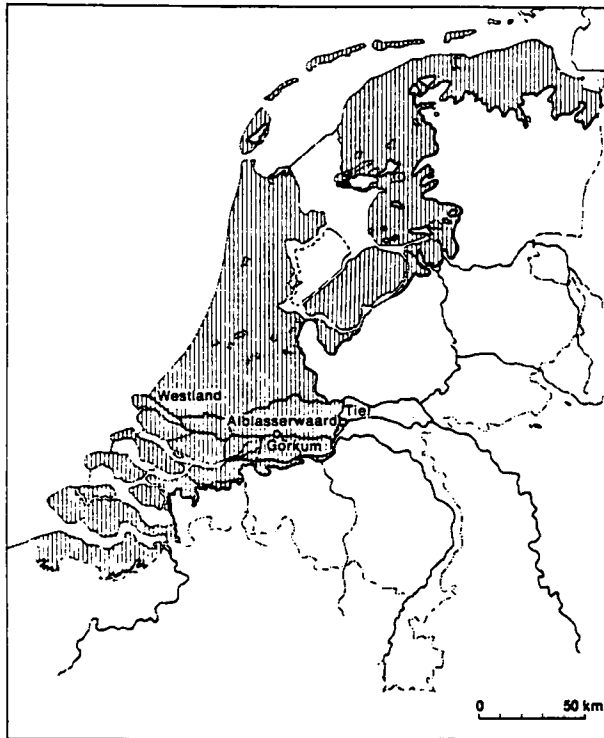
Figuur 2: Verbreiding van de Formatie van Kootwijk.



Figuur 3: Verbreiding van de Formatie van Singraven.

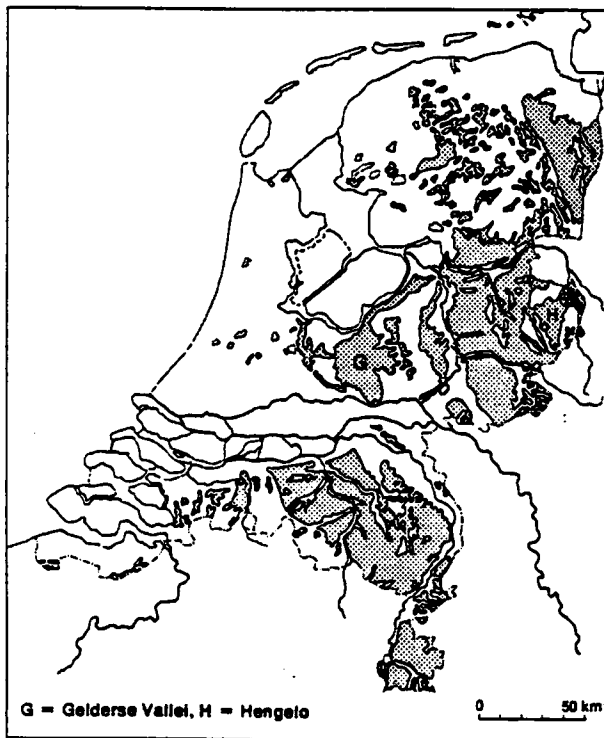


Figuur 4: Verbreiding van de Formatie van Griendtsveen aan het oppervlak.

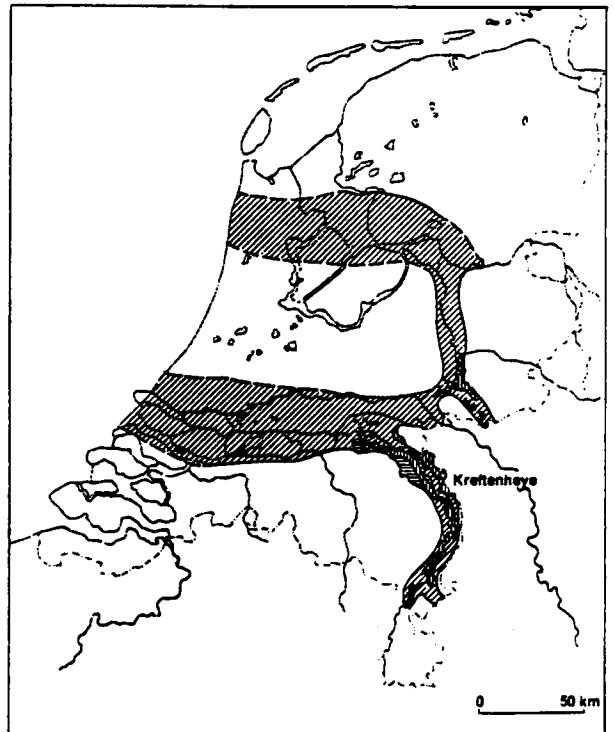






Figuur 5: Verbreiding van de Westland Formatie.

PLEISTOCÉEN

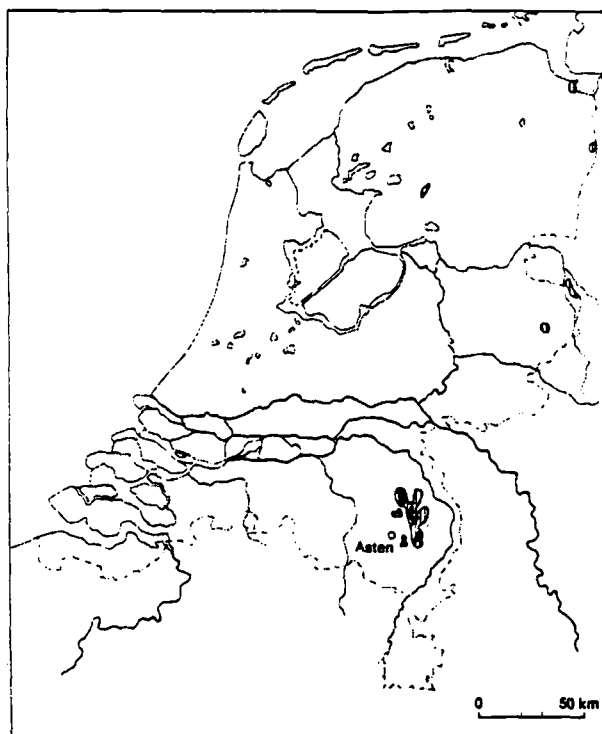


Figuur 6: Verbreiding van de Formatie van Twente, aan of nabij het oppervlak.



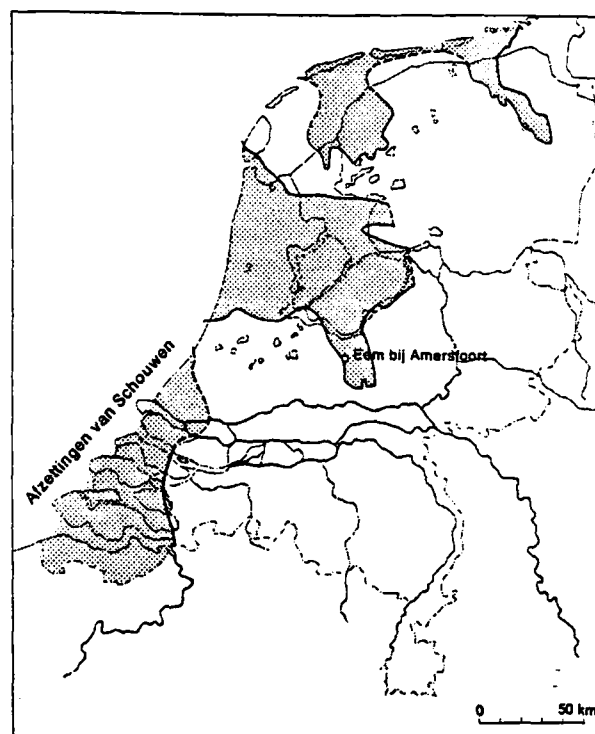
-  Verbreiding van de Formatie van Kreftenheye
-  Formatie van Kreftenheye aan of nabij het oppervlak
-  Formaties van Kreftenheye en Veghel aan of nabij het oppervlak
-  rivierduinen (donken)

Figuur 7: Verbreiding van de Formatie van Kreftenheye.

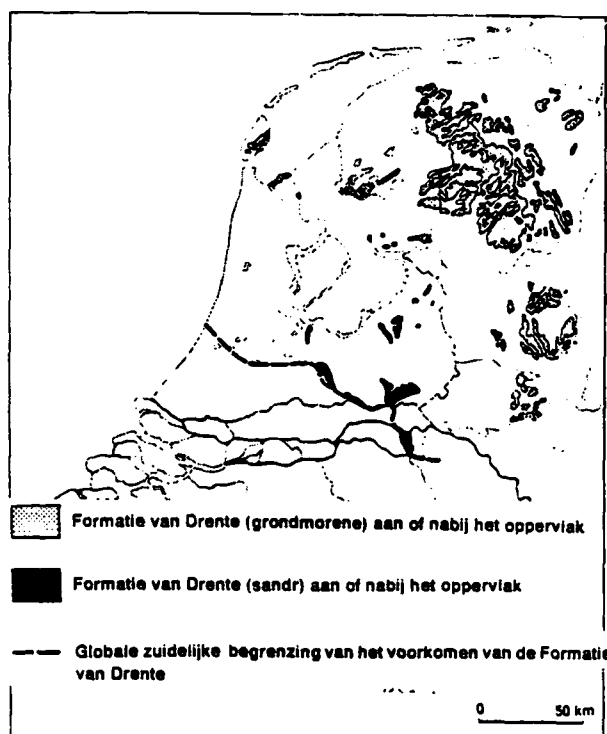





-  Verbreiding van de Formatie van Asten
-  Formatie van Asten aan of nabij het oppervlak

Figuur 8: Verbreiding van de Formatie van Asten.

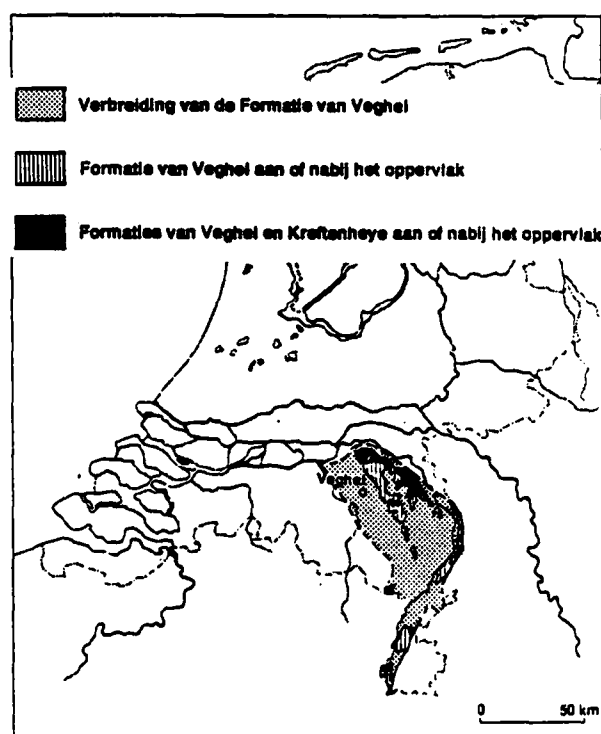





Figuur 9: Verbreiding van de Eem Formatie.



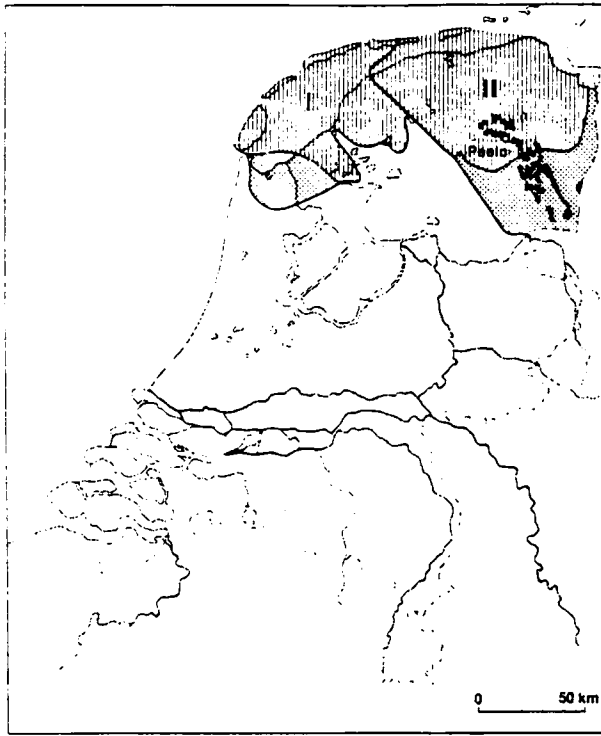
-  Formatie van Drente (grondmorene) aan of nabij het oppervlak
-  Formatie van Drente (sandr) aan of nabij het oppervlak
-  Globale zuidelijke begrenzing van het voorkomen van de Formatie van Drente




Figuur 10: Verbreiding van de Formatie van Drenthe, aan of nabij het oppervlak.



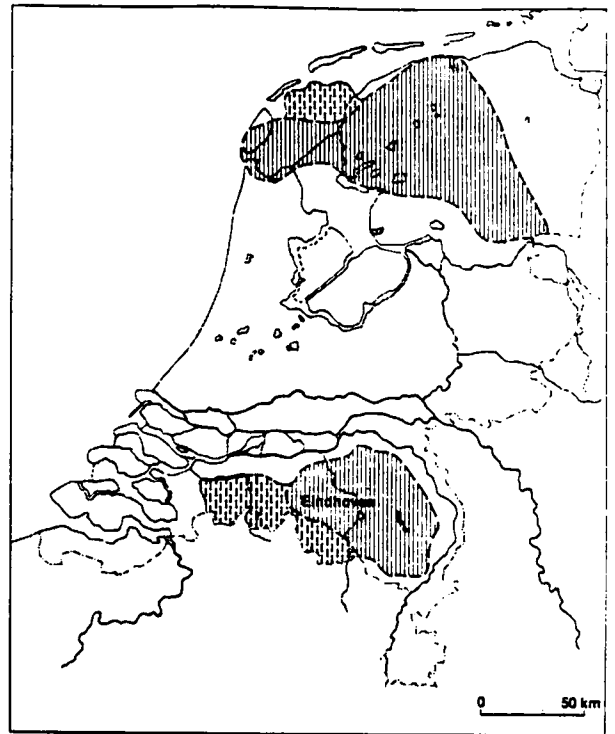
-  Verbreiding van de Formatie van Veghel
-  Formatie van Veghel aan of nabij het oppervlak
-  Formaties van Veghel en Kreftenheye aan of nabij het oppervlak




Figuur 11: Verbreiding van de Formatie van Veghel.



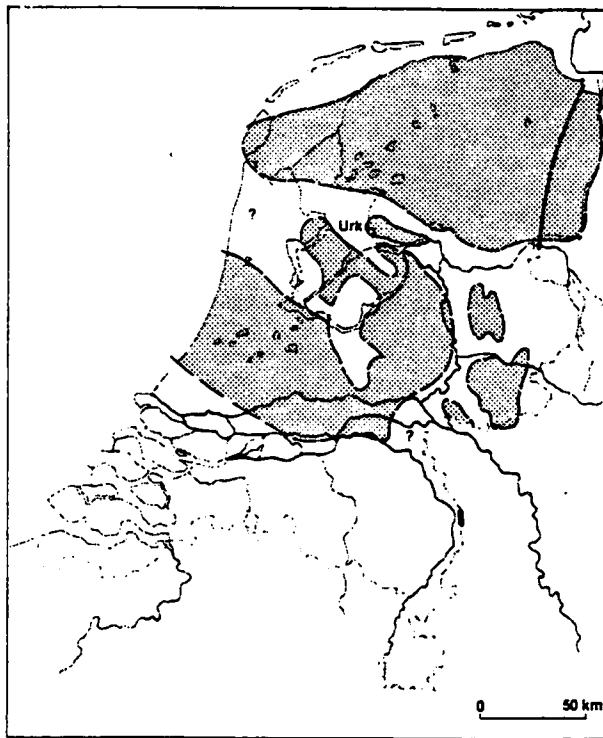
-  Formatie van Peelo aan of nabij het oppervlak
-  Gebied waar naast fijne en grovere zanden potklei voorkomt
-  Gebied waar fijne en grovere zanden voorkomen en potklei ontbreekt

Figuur 12: Verbreiding van de Formatie van Peelo.



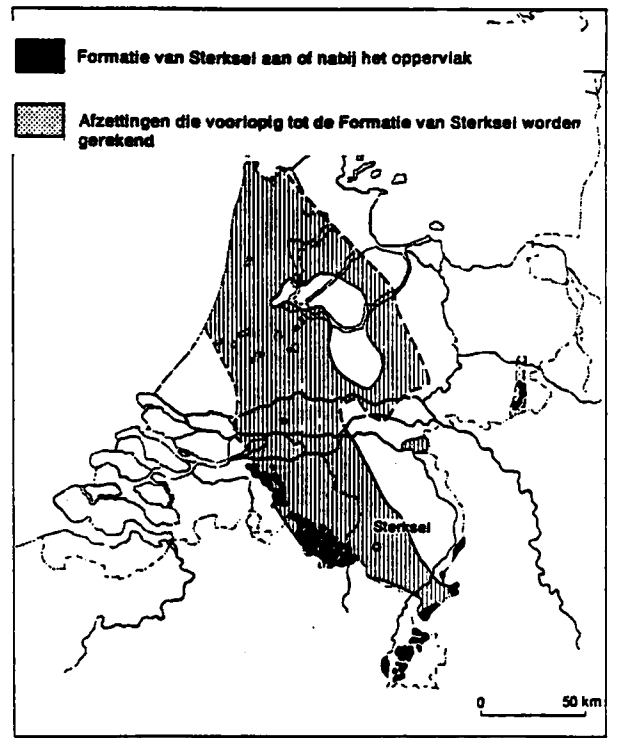
-  Verbreiding van de Formatie van Eindhoven
-  Verondersteld voorkomen van de Formatie van Eindhoven
-  Formatie van Eindhoven aan of nabij het oppervlak

Figuur 13: Verbreiding van de Formatie van Eindhoven.



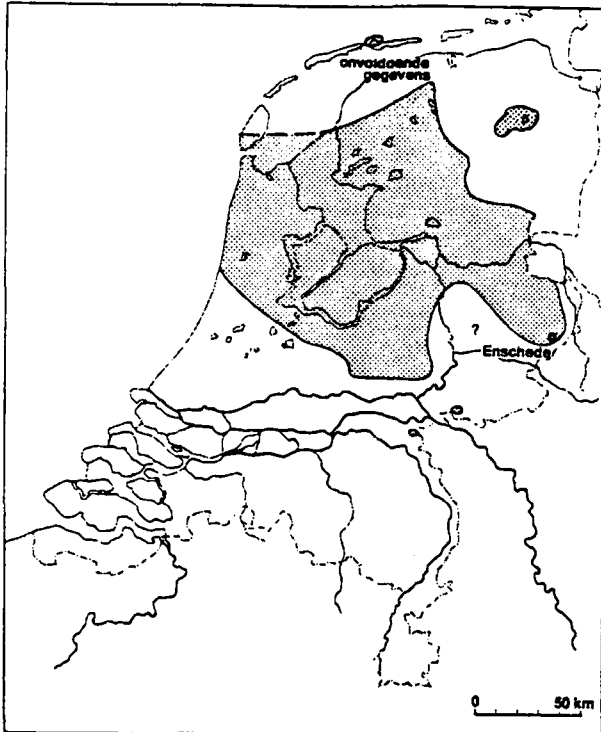
-  Oostgrens van hoge augietwaarden in noordoostelijk Nederland

Figuur 14: Verbreiding van de Formatie van Urk.

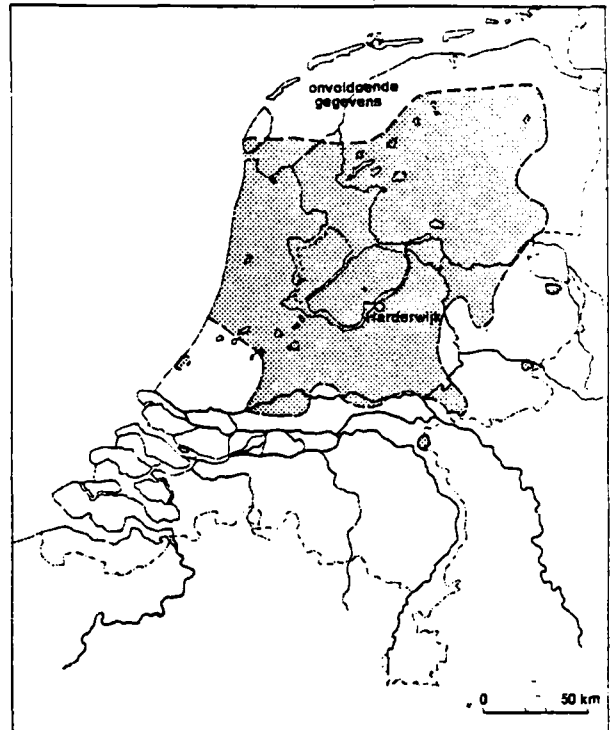


-  Formatie van Sterksel aan of nabij het oppervlak
-  Afzettingen die voorlopig tot de Formatie van Sterksel worden gerekend
-  Verbreiding van de Formatie van Sterksel

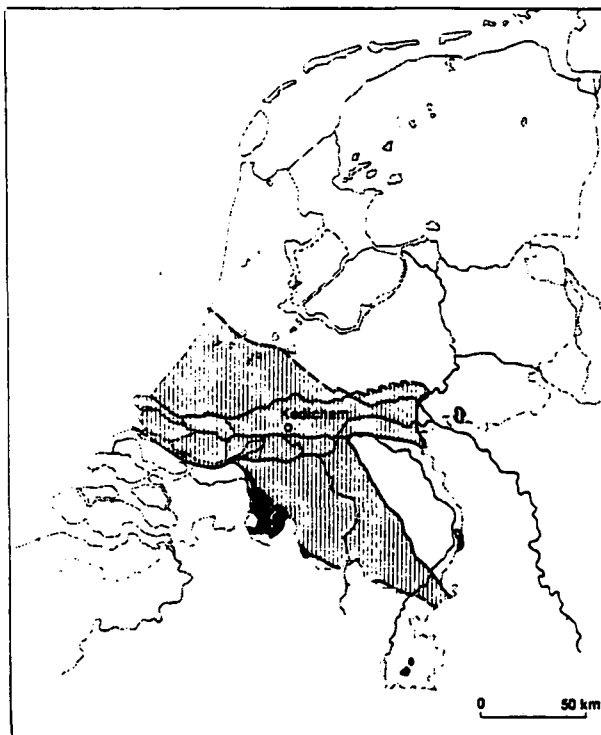
Figuur 15: Verbreiding van de Formatie van Sterksel.





Figuur 16: Verbreiding van de Formatie van Enschede.

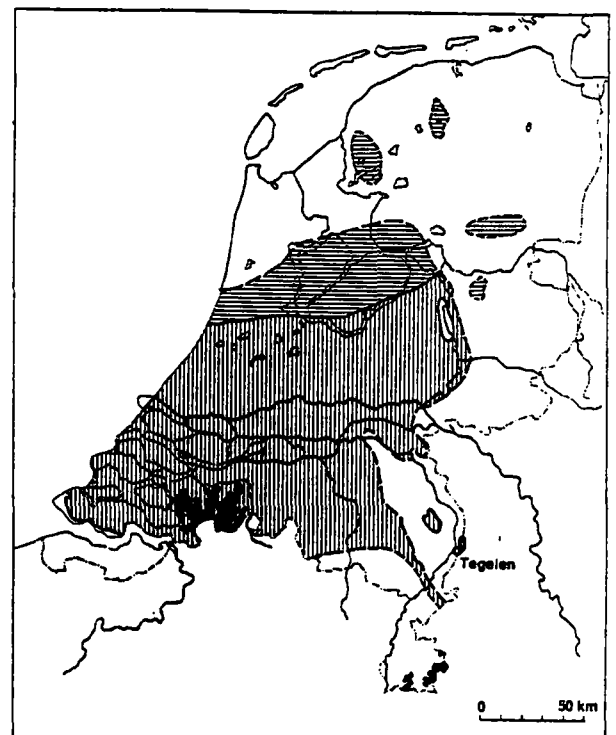





Figuur 17: Verbreiding van de Formatie van Harderwijk.



-  Verbreiding van de Formatie van Kedichem
-  Formatie van Kedichem aan of nabij het oppervlak

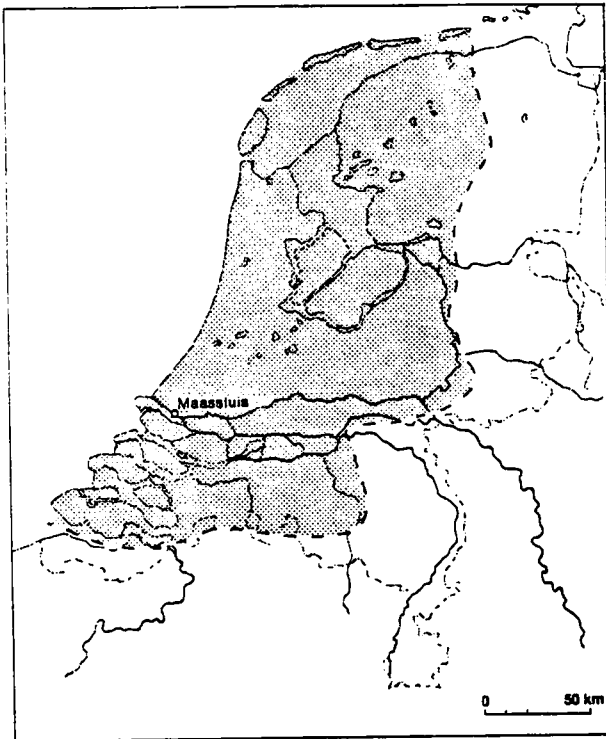
Figuur 18: Verbreiding van de Formatie van Kedichem.



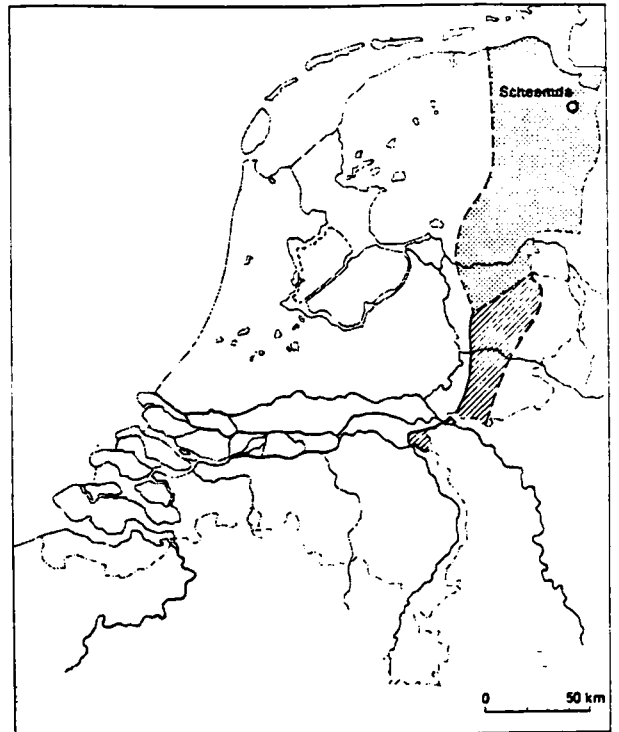
-  Verbreiding van de Formatie van Tegelen
-  Formatie van Tegelen aan of nabij het oppervlak
-  Gebied met kleilagen van de Formatie van Harderwijk die sterk lijken op de Klei van Tegelen



Figuur 19: Verbreiding van de Formatie van Tegelen.

PLIOCEEN

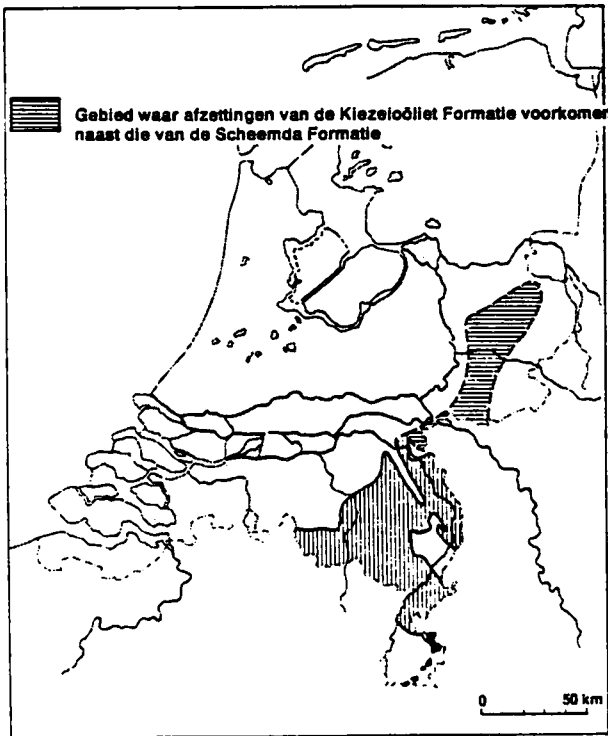


Figuur 20: Verbreiding van de Formatie van Maassluis.



-  Verbreiding van de Formatie van Scheemda
-  Gebied waar afzettingen van de Formatie van Scheemda voorkomen naast die van de Kiezeloöliet Formatie

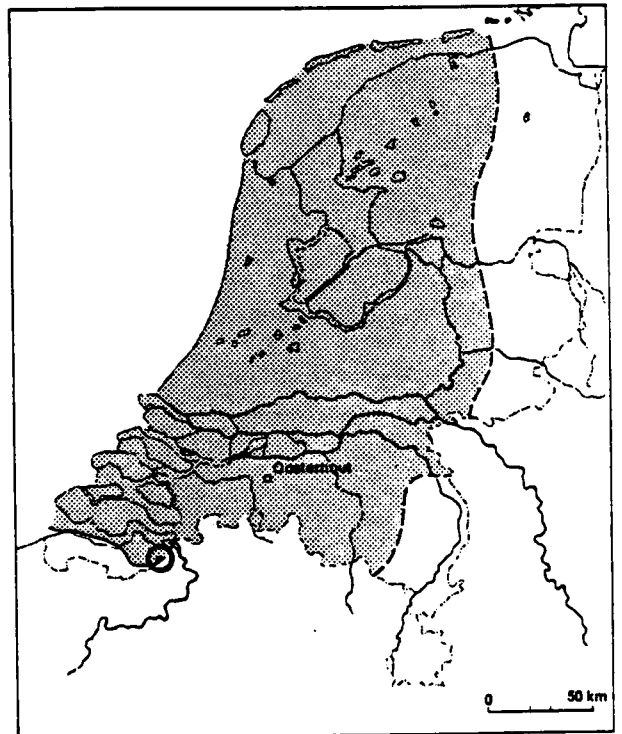
Figuur 21: Verbreiding van de Formatie van Scheemda.



-  Verbreiding van de Kiezeloöliet Formatie

 Kiezeloöliet Formatie aan of nabij het oppervlak

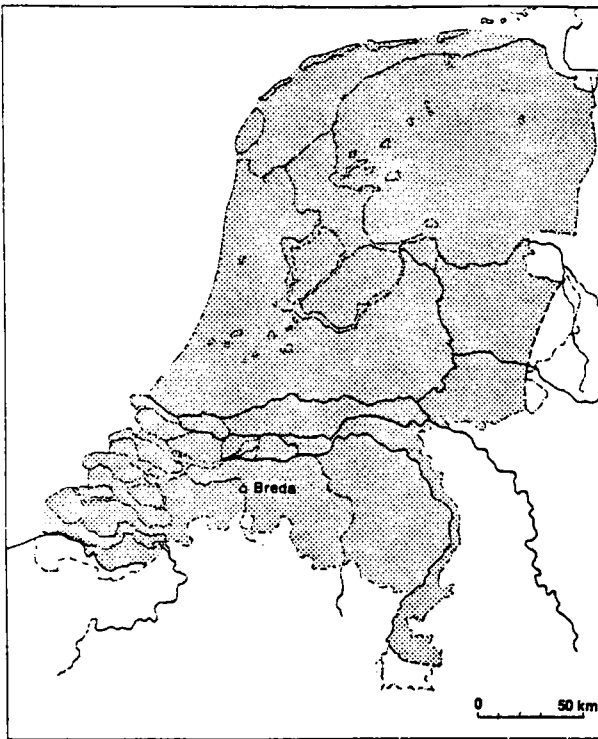
Figuur 22: Verbreiding van de Kiezeloöliet Formatie.



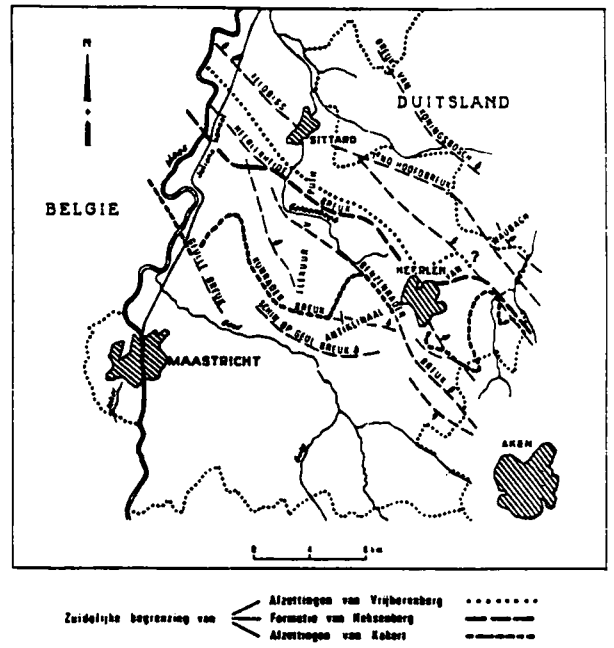
-  Formatie van Oosterhout aan of nabij het oppervlak

Figuur 23: Verbreiding van de Formatie van Oosterhout.

MIOCEEN

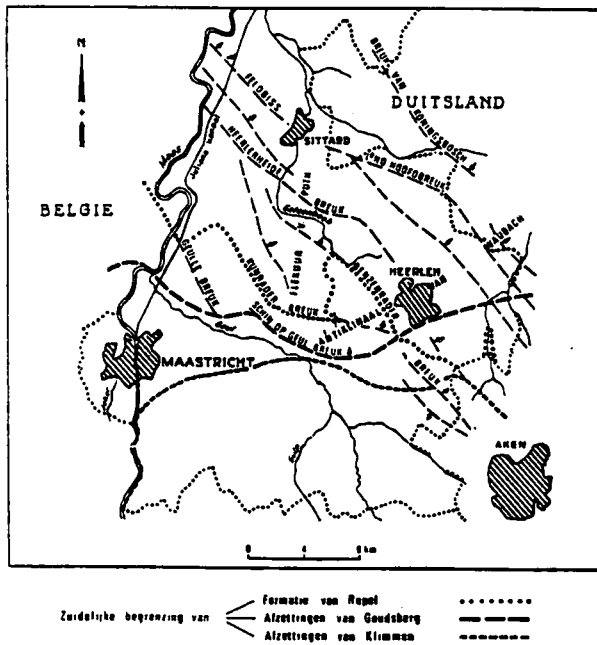


Figuur 24: Verbreiding van de Formatie van Breda.



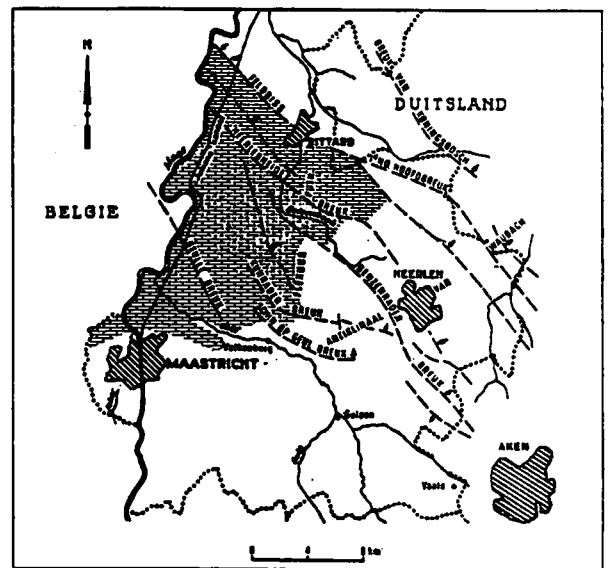
Figuur 25: Zuidelijke begrenzing van de Afzettingen van Vrijherenberg, Kakert en de Formatie van Heksenberg.

OLIGOCEEN

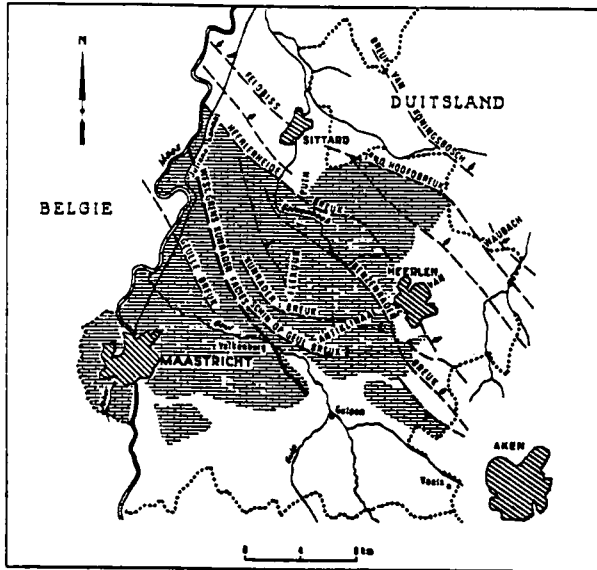


Figuur 26: Zuidelijke begrenzing van de Formatie van Rupel en de Afzettingen van Goudsborg en Klimmen.

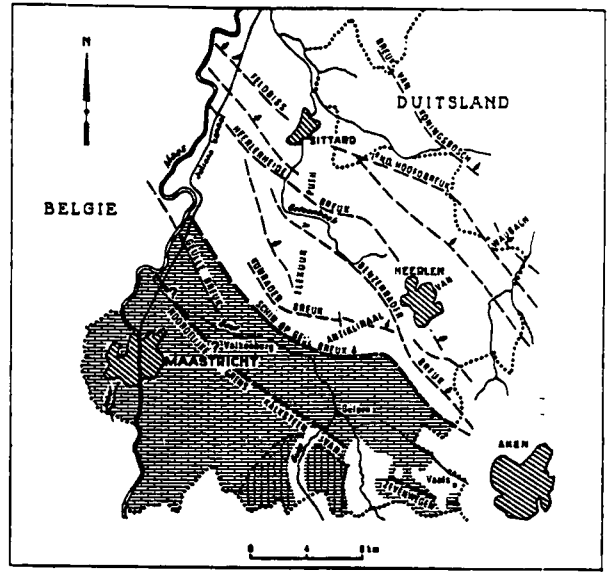
KRIJGT



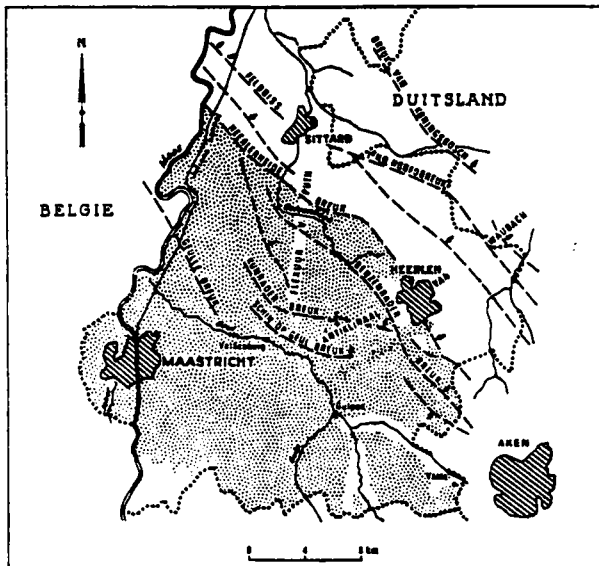
Figuur 27: Verbreiding van de Formatie van Houthem.



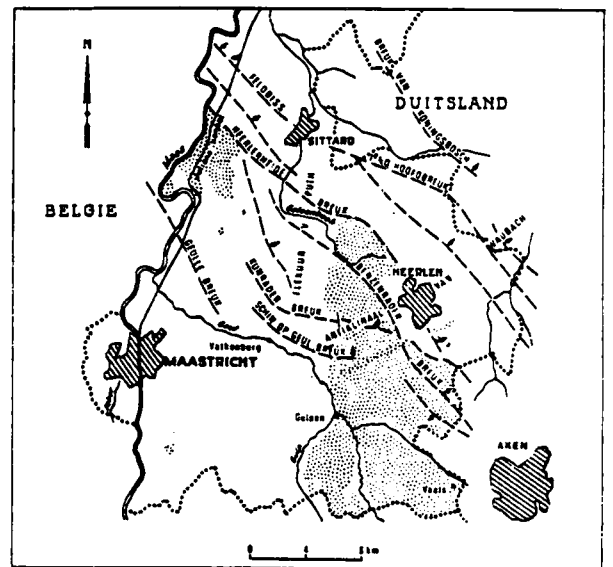
Figuur 28: Verbreiding van de Formatie van Maastricht.



Figuur 29: Verbreiding van de Formatie van Gulpen.



Figuur 30: Verbreiding van de Formatie van Vaals.



Figuur 31: Verbreiding van de Formatie van Aken.

BIJLAGE 3 Schematisch overzicht van beekstelsels en beken in Nederland.

(gemodificeerd naar Semmekrot, 1992)

Toelichting: In dit overzicht zijn beekstelsels t/m 7^{de} orde opgenomen. Notatie is geschied tegen de stroomrichting in. (van de uitloop in een groter stromend water/kanaal/meer tot aan de bovenloopjes).

Confluerende watergangen zijn onder elkaar genoteerd. Voor de confluerende watergang staat een pijl omhoog. In stroomopwaartse richting na elkaar met dezelfde watergang confluerende wateren zijn (recht) onder elkaar genoteerd. In sommige gevallen zijn confluenties ook boven elkaar genoteerd.

Bij watergangen waarvan de hoofdstroom gedurende de loop van naam veranderen zijn meerdere namen achter elkaar geplaatst.

FRIESLAND

Prinses Margrietkanaal

- ▲ Boorn (Oud- of Koningsdiep)

Linde

- ▲ Tjonger

GRONINGEN

Westerwoldse Aa

- ▲ Ruiten Aa

ZUIVERINGSSCHAP DRENTHE

Eemskanaal

- ▲ Noord-Willemskanaal
 - ▲ Drentse Aa/Punterdiep
 - ▲ Zeegserloopje
 - ▲ Anloërdiep
 - ▲ Loonerdiep/Taarlose Diep
 - ▲ Smalbroeker Loopje
 - ▲ Deurzerdiep
 - ▲ Amerdiep
 - ▲ Anreeperdiep
 - ▲ Gastersche Diep
 - ▲ Scheebroekerloopje
 - ▲ Rolderdiep
 - ▲ Anderse Diep

Zuidlaardermeer

- ▲ Hunze
 - ▲ Voorste Diep
 - ▲ Grote Diep/Achterste Diep

Leekstermeer

- ▲ Peizerdiep
 - ▲ Koningsdiep
 - ▲ Eelderdiep
 - ▲ Runslot
 - ▲ Grote Masloot
 - ▲ Steenberger Loopje
- ▲ Lieverensche Diep
 - ▲ Oostervoornse Diep
- ▲ Eenerdiep
 - ▲ Slokker

Meppeler Diep

▲ Reest

Meppelerdiep

▲ Wold A

▲ Koekanger A

▲ Riete

▲ Ruiner Aa

Meppeler Diep/Drentse Hoofdvaart

▲ Oude Vaart

▲ Leislout

▲ Vorrelveense Lake

▲ Beilerstroom

▲ Eursingerstroom

▲ Westerborkerstroom

Hoogeveense Vaart

▲ Oude Diep

Verlengde Hoogeveense Vaart

▲ Geesterstroom

Verlengde Hoogeveense Vaart

▲ Westerstroom/Aalderstroom

Verlengde Hoogeveense Vaart

▲ Sleenerstroom

Stieltjeskanaal/Ov. Vecht

▲ Drostendiep

▲ Oude Diep

▲ Holslootdiep

▲ Laak

Kanaal Coevorden-Zwinderen

▲ Loodiep

▲ Sombroekbeek

Schoonebeker Diep/ Ov. Vecht

▲ Barg...

▲ Ellenbeek

ZUIVERINGSSCHAP OOSTELIJK GELDERLAND

Dommerbeek

Berkel ◀ Groenlose Slinge ◀ Meibeek
 ▲ Kooigoot
 ▲ Leerinkbeek ▲ Beurzerbeek
 ▲ Ramsbeek ▲ Vennevertlose Beek
 ▲ Wissinkbeek
 ▲ Ratumse Beek
 ▲ Willinkbeek

Groene Kanaal ◀ Baakse Beek ◀ Vragenderbeek
 ◀ Veengoot
 ▲ Oosterwijkse Vloed
 ▲ Hengelose Beek

Grote Beek

Oude IJssel
 ▲ Wijnbergse Loopgraaf
 ▲ Bielheimerbeek ◀ (Bovenslinge) ◀ Kleine Beek
 ▲ Vinksebeek ◀ Varsseveldse Waterleiding
 ▲ Bergerslagbeek
 ▲ AA strang ◀ Keizersbeek ◀ (Schaarsebeek)
 ▲ Zwarte Beek

Soerense Beek

ZUIVERINGSSCHAP VELUWE

Toevoerkanaal ◀ Fliert ◀ Twellose Beek

Voorsterbeek ◀ Klarenbeek
 ▲ Beekbergse Beek
 ▲ Loenensebeek

Voorstondense Beek

Oekense Beek

Leuvenheimse Beek

Slijpbeek

Heelsumsebeek

Molenbeek

Andhuizerbeek

Eem ◀ Valleikanaal ◀ Barneveldse Beek ◀ Grote Valkse Beek
 ▲ Hoevelakense Beek ▲ Laarbeek
 ▲ Esvelderbeek
 ▲ Kleine Barneveldse Beek
 ▲ Moorster Beek
 ▲ Modderbeek
 ▲ Lunterse Beek

Schuitenbeek

Pangelerbeek

Hierdense Beek

Kille Beek

Nodbeek

Apeldoorns Kanaal ◄ Kamperbeek
 ▲ Grift ◄ Swaanspreng
 ▲ Oosterhuizenerspreng
 ▲ Veldhuizenerspreng
 ▲ Molenbeek
 ▲ Dorpschebeek Epe
 ▲ Klaarbeek ◄ Velorenbeek
 ▲ Geelmolensebeek ◄ Tongerensebeek
 ▲ Smallertsebeek
 ▲ Nijmolensebeek
 ▲ Hattemsemolenbeek ◄ Dorpschebeek Vaassen
 ▲ Egelbeek
 ▲ Wenumsebeek

ZUIVERINGSSCHAP RIVIERENLAND

Linge

 ▲ Korne

ZUIVERINGSSCHAP DE DOMMEL

Dieze

- ▲ Dommel
 - ◄ Drongelenskanaal
 - ▲ Esschestroom
 - ◄ Kleine Aa
 - ◄ Beerze
 - ▲ Smalwater
 - ▲ Koevertsche Loopje
 - ▲ Heilooop
 - ▲ Beerzeloop
 - ▲ Kleine Beerze
 - ▲ Kleine Aa
 - ▲ Grote Beerze
 - ▲ Wagenbroekse Loopje
 - ▲ Goorloop
 - ▲ Dalemstroompje
 - ▲ Rosep
 - ▲ Voorste Stroom
 - ◄ Nieuwe leij
 - ▲ Oude Leij
 - ▲ Poppelsche leij
 - ▲ Roversche leij
 - ◄ Roodloop
 - ▲ Spruitenstroompje
 - ▲ Aalst
 - ▲ Hoogeindsche Beek
 - ▲ De Stroom
 - ▲ Raamsloop
 - ▲ Rouwenbochtse Loop
 - ▲ Zilverbeek
 - ▲ Belevensche Loop
 - ▲ Grote Waterlooop
 - ▲ Beekse Waterlooop
- ▲ (Beneden Dommel)
 - ◄ Grote Beek
 - ◄ Ekkersrijt
 - ▲ Hooijdonkse Beek
 - ▲ Kleine Dommel (Rul)
 - ◄ Peelrijt
 - ▲ Sterkselse A
 - ▲ Groote A
 - ◄ Builder A
 - ▲ Strijper A
- ▲ (Boven Dommel)
 - ◄ Gender
 - ▲ Tongelreep
 - ▲ Run
 - ▲ Keersop
 - ▲ Bolissenbeek (B)
 - ▲ Gortenloop (B)
 - ◄ Dorperloop (B)
 - ▲ Broekbeek (B)
 - ◄ Beekloop
 - ◄ Keunisloop

ZUIVERINGSSCHAP DE MAASKANT

Graafse Raam ◄ (Lage Raam)
 ▲ Hoge Raam ▲ St. Antoniusloop
 ▲ Laarakkerse Waterleiding ▲ Ledeackerse Beek
 ▲ Peelkanaal

Oefeltse Beek ◄ Oploose Molenbeek

Sambeekse Uitwatering ◄ Lactaria Beek

St. Jansbeek

WATERSCHAP DE AA

Dieze ◄ Aa
 ▲ Groote Wetering ◄ Kleine Wetering
 ▲ Wambergse Beek
 ▲ Dungense Loop
 ▲ Leigraaf
 ▲ Beekgraaf
 ▲ Biezenloop
 ▲ Landmeersche Loop
 ▲ Peelse Loop
 ▲ Snelle Loop ◄ Esperloop
 ▲ Goorloop ◄ Donkevoortse Aa
 ▲ Bakelse Aa ◄ Kaweische Loop
 ▲ Oude Aa
 ▲ Vlier (?)

 ▲ Astense Aa ◄ Soeloop
 ▲ Beekerloop
 ▲ Kleine Aa
 ▲ Voordonkse Broekloop
 ▲ Eeuwelse Loop

HOOGHEEMRAADSCHAP WEST BRABANT

Donge ◀ Oude Leij ◀ Leij ◀ Dorpswaterloop (?)
 ▲ Hultense Leij
 ▲ Groote Leij

Dintel

▲ Bamsloot
▲ De Riet
▲ Laakse Vaart ◀ Kibbelvaart
▲ Leursche Haven
▲ Halsche Vliet
▲ Mark ◀ Molenleij ◀ Gilzerwouwerbeek
 ▲ Aa of Weerijs ◀ Turfvaart/Bijloop
 ▲ Waterloop van den Zwartten Blik
 ▲ Berkloop
 ▲ Goudbergse Leij
 ▲ Moersloot
 ▲ Kleine Beek (NL)
 ▲ Schrobberloop
 ▲ Terbeek (B)
 ▲ Henxbroekbeek (B)
 ▲ Kleine Beek (B)
 ▲ Weerijsbeek (B)

▲ Boven Mark ◀ Bavelische Leij
 ▲ Chaamse Beek ◀ Broeksche Beek
 ▲ Grote Heikantsche Beek
 ▲ Grote of Rode beek
 ▲ Galdersche Beek
 ▲ Strijbeekse Beek ◀ Oude Loop
 ▲ Leiloo (B) ◀ Blauwputten (B)
 ▲ Heerlese Loop ◀ Bremer
 ▲ Poolsheining

 ▲ Raamloop (B)
 ▲ De Beek (B)
 ▲ Het Merkske
 ▲ Noordermark
 ▲ Marksken
 ▲ Kasteelbeek (B)
 ▲ Keirschotse Beek (B)

Roosendaalse Vliet

 ▲ Boomvaart ◀ Bameersloop
 ▲ De Beek ◀ Rannings Waterloop
 ▲ Smalle Beek
 ▲ Het Loopje

▲ Nieuwe Roosendaalse Vliet
 ▲ Enge Beek
 ▲ Haiinkbeek
 ▲ Bieskensloop
 ▲ Spruitendonkse Beek (?)
 ▲ Rissebeek/Zeepe (?)

▲ Molenbeek
▲ Wildertse Beek (B)
▲ Kleine A-beek (B)

ZUIVERINGSCHAP LIMBURG

Molenbeek

Oefeltse Beek

▲ Oplosche Molenbeek

Niers

▲ Kroonbeek

▲ Milsbeek

▲ Kendel (D)

Grote Waterlossing/Sambeekse Uitwatering???

Eckeltse Beek

Heukelomse Beek

Afferdensche Beek ◀ Spanische Ley (D)

Loobeek

Oostrumsche Beek

▲ Boshuizer Maas

Grote Molenbeek

▲ ???

▲ ???

▲ Boddebroekloop

▲ Lollebeek

▲ Kabroekse Beek

▲ Peelloop

▲ Blakterbeek

▲ Elsbeek

Wolterskamplossing

Gelderens Kanaal

Rode Beek

Broekhuizermolenbeek

▲ Langevensche Loop

Lingsforterbeek ◀ Scheidsgraaf

▲ Lommerbeek

Molenbeek van Lottum

▲ Gekke Graaf

Everlose Beek

▲ Krayelse Beek

Rijnbeek

Springbeek

Wilderbeek

Kwistbeek

▲ Bosbeek

Aalsbeek

- ▲ Leigraaf

Schelkensbeek

- ▲ Leigraaf

Huilbeek/Tasbeek

Neer

- ▲ Neerbeek
 - ▲ Haelense Beek
 - ▲ Uffelsebeek
 - ▲ Zelsterbeek
 - ▲ Roggelse Beek
 - ▲ Leubeek/Bevelantse Beek
 - ▲ Heythuiserbeek
 - ▲ De Rijdt
 - ▲ Leveroyse Beek/ Tungelroyse Beek
 - ▲ Leukerbeek
- De Slaag ???
Langven ???
Dijkerpeel ???
Raam ???

Swalm

- ▲ Teutebeek
- ▲ Eppenbeek
- ▲ Elpterbach (D)
- ▲ Kranenbach (D)
- ▲ Gerichshausener Bach (D)

Oude Maas I

Maasnielder Beek

Roer

- ▲ Bosbeek
- ▲ Rode Beek
- ▲ Rur (D)
 - ▲ Mühlenbach
 - ▲ Schaafbach (D)
 - ▲ Vlootbeek (NL)
 - ▲ Kitschbach (D)
 - ▲ Wurm (D)
 - ▲ Anselderbeek (NL)
 - ▲ Strijthagerbeek (NL)

Sleij

Vlootbeek

- ▲ Vulens Beek
- ▲ Putbeek
 - ▲ Pepinusbeek

Thornder Beek

- (▲ Panheelder Beek)
- ▲ Itterse Beek/Itter (B)
 - ▲ Eetzeveldebeek (B)
- ▲ Witbeek
 - ▲ Bosbeek (B)

Oude Maas II

- ▲ Geleenbeek
 - ▲ Kanjel
 - ▲ Middelsgraaf
 - ▲ Rode Beek
 - ▲ Saeffelerbeek
 - ▲ Schinvelderbeek
 - ▲ Rote Bach (D)
- ▲ Vloedbeek
- ▲ Limbrichterbeek
- ▲ Keutelbeek
- ▲ Platsbeek
- ▲ Caumerbeek
 - ▲ Loopgraaf
- ▲ Bissebeek
 - ▲ Hulbergerbeek
- ▲ Retersbeek
- ▲ Molenbeek

Julianakanaal

- ▲ Kingbeek
- ▲ Kanjelbeek

Ur

Slakbeek

- ▲ Hemelbeek

Geul

- ▲ Oude Kanjel
- ▲ Watervalderbeek
 - ▲ Vlieker Wetering???
- ▲ Min. strass..???
- ▲ Strabekervloedgraaf
 - ▲ Nieuwe Kanjel
 - ▲ Fontein en Tapgraaf
- ▲ Scheumerbeek
- ▲ ???????
- ▲ Eyserbeek
- ▲ Gulp
- ▲ Selzerbeek
 - ▲ Hermansbeek
 - ▲ Zieversbeek
- ▲ Mechelderbeek
- ▲ Terzieterbeek
- ▲ Beversbergbeek
- ▲ Cottesserbeek

Jeker

Zeep

Voer

- ▲ Noor

BIJLAGE 4 Vegetaties in 'natuurlijke' beeklandschappen.

(vertaling uit: Higler, 1992. Literatuuroverzicht zie DEEL 2: 2.5)

Higler, L.W.G., 1992. The riparian plant community: vascular system of the landscape. Freshwater Biology (in press)

Historisch perspectief

Herstel van beeksystemen wordt soms beschreven in termen van natuurlijkheid. De vraag rijst echter wat in dit kader met de natuurlijke toestand wordt bedoeld. De meeste beken dateren uit het Subarcticum (17.000-12.000 jaar B.P.). Paleoecologisch onderzoek in de dalen van de laaglandbeken in Brabant (Janssen, 1972; Van Leeuwen, 1982) geven een aardig beeld van de geschiedenis. Kolonisatie van de beekdalen in Brabant door bomen geeft een successie te zien van verschillende soorten die elkaar hebben opgevolgd. Dezelfde successiereeks had in het noorden van het land echter al duizend jaar eerder plaatsgevonden terwijl b.v. in het Zwarte woud een dergelijke reeks zich enkele duizenden jaren eerder had laten zien (Statzner, 1987).

In afgesneden meanders vond verlanding plaats, vergelijkbaar met hedendaagse verlandingsprocessen (Van Leeuwen, 1982). De successie begint met een vegetatie van Parvo en/of Magnopotamion en/of Nymphaeon. In sommige afgesneden meanders werd de vegetatie gedomineerd door Parvocaricetea (Carex rostrata facies) opgevolgd door een vegetatie van het Phragmitetea. Daarna introduceren zich elementen van Filipendulion wat tenslotte leidt tot een edafische climax van het Alnion glutinosae. Velandingsprocessen zijn geconstateerd in laat glaciële en vroege holocene perioden. Er moet worden opgemerkt dat de successie van moerasvegetatie naar het Alnion in die perioden langer duurde dan tegenwoordig.

We mogen aannemen dat er in deze situatie nog geen sprake was van beïnvloeding door mensen. Van Straaten (1976) beschreef de geschiedenis van de mens en zijn invloeden in Brabant. De jagers en vissers die hier toen leefden (vanaf ongeveer 14.000 jaar geleden) hadden geen vaste verblijfplaats. Rond 6.500 jaar geleden kwam hierin verandering toen landbouw en veeteelt hun intrede deden (vroege steentijd). Gedurende de bronstijd (3.700-2.650 jaar geleden) en de ijzertijd (tot 2.000 jaar geleden) groeide de bevolking en gebruikvoorwerpen werden aanzienlijk verbeterd in vergelijking met die in de steentijd. Gezien de behoefte aan water werden bossen in de omgeving van beken gekapt en er werd vee geweid.

De Romeinse overheersing (50 v. Chr - 400 n. Chr.) bracht nieuwe en betere wegen en stelde de mensen in staat beken en beekdalen gemakkelijker over te steken. Bekken en moerassen werden gebruikt als bron van (drink)water en om in te vissen en te jagen. Gekapte bomen werden veelal gebruikt als brandhout. Desondanks was er in deze tijd geen ernstige beïnvloeding van de beeksystemen door mensen.

Vanaf de zestiende eeuw werden op kleine schaal vochtige gronden in overstromingsvlakten ontgonnen en moerassen werden gedraineerd. De groeiende bevolking in steeds groter wordende nederzettingen had een toe-

nemende behoefte aan landbouwgrond en weidegrond. In de stroomdalen ontstond een verkaveling t.b.v. weidegrond en hooiland. Lange en smalle kavels met de smalle kant naar de beek gericht werden vaak van elkaar gescheiden door elzenheggen (*Alnus*). Dit patroon is op sommige plaatsen nog herkenbaar. Veen dat gevormd was in overstromingsvlakten werden afgegraven, waardoor hier en daar plassen ontstonden.

Rond de twaalfde eeuw raakte het gebruik van watermolens in zwang. Vele beken en beekdalen werden voor dit doeleinde aangepast. In het algemeen werden beektrajecten in de nabijheid van nederzettingen het meest bevoed, veelal midden- en benedenlopen. Veel bovenlopen en brongebieden bleven onaangeroerd. Hun ligging in een steiler landschap tegen de heuvelruggen maakte vele van deze gebieden onaantrekkelijk voor vestiging van landbouw (Verdonschot, 1990). Op sommige plaatsen waar bos werd gekapt verschenen uitgestrekte heidevelden. Tot het einde van de negentiende eeuw ontstonden uit kleinschalig grondgebruik, matige bemesting en alleen kleinere ontginningen in hoge mate diverse landschappen met vele gradiënten in de vochtigheid, voedselrijkdom en mate van natuurlijkheid. Trofische gradiënten waren te vinden van zeer voedselarm in de hogere delen van het stroomgebied tot voedselrijk in de diepste delen langs de beek. Eenzelfde soort gradiënt tekende zich af in stroomafwaartse richting langs de beek. Tegenwoordig worden nog wel fragmenten van dit, half-natuurlijke, half-cultuurlijke landschap gevonden. In de meeste stroomgebieden echter zijn de dalen en moerassige delen gedraineerd en de beekbegeleidende vegetatie bestaat uit gras- of akkerland (maïs).

Voor herstel van beken en beekdalen dienen de praktische mogelijkheden en beperkingen van de huidige toestand van de beken terdege te worden onderkend. Weliswaar kunnen aan vroegere toestanden of aan nog bestaande toestanden gegevens worden ontleend, het is echter de vraag in hoeverre deze toestanden (in hun totaliteit) als voorbeeld voor een toekomstige toestand kunnen dienen. Hiervoor is kennis nodig van de relaties tussen factoren als de bodemsamenstelling, de hydrologie, nutriëntenrijkdom en -stromen en de aanwezigheid van een bepaalde (climax)vegetatie. Inzicht in deze relaties verschaft indicaties m.b.t. het beheer van abiotische factoren die een begin kunnen vormen voor het herstel van ecosystemen in beken en beekdalen, waar de krachten van het water de morfologie van de beek bepaalt. Dit lijkt een prachtig stukje theorie, de praktische consequenties zijn bij uitvoering vaak niet te overzien. Zo mogelijk zal een reeks van ontwikkelingsstadia moeten worden ontwikkeld en beschreven, die het overbodig maakt op voorhand voor een bepaald ideaal beeld te moeten kiezen, waarbij achteraf dikwijls blijkt dat deze niet haalbaar is. Ecologen zouden moeten aangeven hoe het mogelijk is in een bepaalde richting te werken zonder dat daarbij een concreet beeld van de (ideale) eindsituatie nodig is.

Gemeenschappen van 'natuurlijke' bronnen en bovenlopen.

In bronnen en hun omgeving wordt regenwater gedeeltelijk door en gedeeltelijk over de bodem afgevoerd. Hierdoor is een moerassig karakter aanwezig. De temperatuur van water en bodem zijn laag maar relatief constant. In het algemeen geldt hetzelfde voor de gehalten van nutriënten en zuurstof (40% verzadiging in kalkarme zure bronnen, 60% verz. in kalkrijkere neutrale en meestal voedselrijkere bronnen (Maas, 1959)). Het kalkgehalte en de pH

variëren afhankelijk van de samenstelling van de bodem en van de lengte van de periode waarin het water in contact is geweest met de bodem.

Beken die ontspringen in hoogveen zijn zuur en voedselarm en de vegetatie bestaat voornamelijk uit Sphagnum-soorten, Molinia coerulea, Erica tetralix en soms berk (Betula) (associatie van Erico-Sphagnetum-magellanicum). Succow (1988) onderscheidt vier typen van bronbodemtypen waartoe verschillende orden kunnen worden gekoppeld:

- matig voedselrijke, zure bronbodemtypen: Sphagno-Caricetalia
- voedselrijke bronbodemtypen: Magnocarici-Phragmitetalia en Irido-Alnetalia glutinosae
- matig voedselrijke, kalkrijke bronbodemtypen: Tofieldietalia
- matig voedselrijke, subneutrale bronbodemtypen: Caricetalia diandrae

In Nederland kunnen de vegetaties van bronnen in heide sterke overeenkomst vertonen met matig voedselrijke zure bronbodem-gemeenschappen (Schimmel, 1955). Grootjans (1988) beschrijft een half-natuurlijke beek in Drente die ontspringt in heide aan het begin van deze eeuw waarbij nadrukkelijk de relaties tussen aanwezige plantengemeenschappen en de hydrologie worden genoemd. In de dalen is de vorming van kleine hoogveentjes mogelijk.

In de klassieke fytosociologische literatuur is niet erg veel aandacht voor voor de vegetatie van bronnen die ontspringen in heide. De meest bestudeerde bronnen komen voor in berg- en heuvellandschappen. De vegetaties die daar voorkomen behoren tot de orden Montio-Cardaminetalia en Cardamino-Cratoneuretalia. De condities waaronder dergelijke vegetaties voorkomen is dikwijls niet eigen aan 'echte' laaglandbeken. Toch hebben vele van de beken die in hoger gelegen streken ontspringen stroomafwaarts een laaglandkarakter.

Niet door bomen beschaduwde bronnen komt het verbond Montion voor. Dit is een gemeenschap van semi-aquatische planten die voorkomt in bronnen en bronbeken met een zuur tot neutraal (pH 4,5-7,0), kalkarm (Ca^{2+} 5-25 mg/l) en voedselarm karakter. Grote oppervlakten kunnen zijn overdekt met Montia fontana en Cardamine pratensis. Aan de oevers, waar de bodem wat droger is, ziet men dikwijls een verschuiving naar het Nanocyperion, waaronder de associatie Isolepido-Stellarietum voorkomt, met soorten als Scirpus setaceus en Stellaria alsine.

Door bomen beschaduwde bronnen kunnen worden onderverdeeld op grond van zuurgraad, kalkgehalte en voedselrijkdom. In zure venige zandgronden wordt het onderverbond Sphagno-Alnenion gevonden met de associatie Sphagneto-Alnetum trichocoleëtosum. De waarden van de chemische factoren waarbij deze associatie voorkomt zijn: pH 4,5-6,0, Ca^{2+} 4-6 mg/l, EC 50-60 S/cm en

NO_3^- 0-15 mg/l (Maas, 1959). Binnen deze associatie komen veel mossen en weinig kruiden voor. De dominante boomsoort is Alnus glutinosa.

Wanneer de bodem minder venig, minder zuur en voedselrijker is komt het onderverbond Irido-Alnion voor, met in veel gevallen de associatie Carici elongatae-Alnetum. Maas (1959) geeft hierbij de volgende waarden voor de chemie: pH 5,7-7,0, Ca^{2+} 13-28 mg/l, EC 132-202 S/cm. Op steilere zandige oeverhellingen komt een subassociatie met Pellia epiphylla voor, op rijkere bodems een subassociatie met Cardamine amara. Begeleidende bomen zijn bijna zonder uitzondering elzen (Alnus glutinosa). Er komen weinig mossen

voor maar veel soorten van moeraskruiden (Magnocaricion en Phragmition). Een andere associatie binnen het Irido-Alnion welke wellicht belangrijk is voor laaglandbeken, het Carici laevigatae-Alnetum. Deze associatie is Atlantisch is zijn verspreiding en vertoont gelijkenis met het eerder genoemde Sphagneto-Alnetum trichocoleetosum. Het Carici laevigatae-Alnetum is door verschillen in de wijze van toedelen moeilijk te plaatsen. Bodeux (1955) gebruikt een indeling op basis van geografische factoren, terwijl anderen een verdeling op grond van voedselrijkdom en hydrologie toepassen, welke hier wordt nagestreefd. Het is opmerkelijk dat beide onderverbonden (van het verbond Alnion glutinosae) climaxvegetaties zijn van de hydrosere. Dit betekent dat in het bijzonder het Carici-Alnetum wordt gevonden in overstromingsvlakten en afgesneden meanders als eindstadium van het verlandingsproces.

Beide associaties, behorend tot het verbond Alnion glutinosae zijn geen echte brongemeenschappen. Ze komen langs de hele beek voor. Een andere groep van associaties met els als dominante of belangrijke boomsoort, is het Alno-Padion. Twee associaties hieruit zijn typische gemeenschappen uit het oorspronggebied. Het Chrysosplenio oppositifolii-Alnetum wordt gevonden op plaatsen met een hoge grondwaterstand en voornamelijk een horizontale stroming. De zandige of lemige bodem bevat meestal veen. Het water is kalkarm maar vaak rijk aan basen. Els is de dominerende boomsoort die een hoogte bereikt van 10-20 meter. Daarnaast kunnen exemplaren van berk (Betula) en es (Fraxinus) worden gevonden. De struiklaag (Salix, Ribes, Prunus) is meestal niet goed ontwikkeld. Kruiden en mossen zijn echter goed vertegenwoordigd, met soorten als Chrysosplenium spp., Cardamine amara, Brachytecium rivulare en vele andere. Deze associatie wordt dikwijls begrensd door drassig/vochtig bos met eik-hazelaar (Stellario-Carpinetum). Stroomafwaarts wordt het Chrysosplenio oppositifolii-Alnetum vervangen door het Pruno-Fraxinetum.

Het Carici remotae-Fraxinetum wordt gevonden op steilere kalkrijke oevers met zuurstofrijk grondwater. De grondwaterstand is niet altijd hoog. Op natte plaatsen komen vaak geen bomen voor, op drogere plaatsen domineert es (Fraxinus). Ook els (Alnus) kan een belangrijke soort zijn, speciaal op plaatsen waar ook Chrysosplenium voorkomt, op de overgang naar de vorige associatie (Chrysosplenio oppositifolii-Alnetum). Op droge plaatsen komen haagbeuk (Carpinus) en esdoorn (Acer) voor en op nog hogere plaatsen beuk (Fagus) en eik (Quercus). Verschillende struiken kunnen worden aangetroffen, vaak hazelaar (Corylus). Deze associatie is erg rijk aan kruiden met soms typische voorjaarssoorten als goudveil (Chrysosplenium) en bittere veldkers (Cardamine amara), maar ook aan mossen (veelal levermossen). De aangrenzende associatie op hogere (drogere) plaatsen wordt ingenomen door het Melico-Fagenetum. Stroomafwaarts wordt het Carici remotae-Fraxinetum geleidelijk vervangen door het Pruno-Fraxinetum of ook wel door het Cirsio-Alnetum. Gaande van bron naar bovenloop en middenloop is een geleidelijke verandering te zien van de aanwezige condities. Grootjans (1988) vond in een bovenloop in Drente een toenemende invloed van ijzer-rijk kwelwater. Het dal wordt steeds breder en de invloed van dieper grondwater wordt steeds belangrijker. Omdat er bronnen en bronlopen kunnen voorkomen op meerdere plaatsen in het dal kunnen elementen van bronvegetaties overal in het dal worden teruggevonden. Hierdoor worden mozaïekpatronen tussen verschillende associaties gevormd.

Gemeenschappen van 'natuurlijke' midden- en benedenlopen van laaglandbeken

In de middenloop heeft een laaglandbeek vaak een meanderend karakter. Hierdoor ontstaan verschillen tussen binnen- (sedimentatie) en buitenbochten (erosie). De beekbegeleidende vegetatie vormt enerzijds een stabiliserende factor t.a.v. de oevers, anderzijds wordt de vegetatie beïnvloed door de kwaliteit en kwantiteit van het passerende water. Deze wisselwerking bepaalt de samenstelling van de vegetatie onder (half-)natuurlijke omstandigheden. Van bron naar benedenloop is er een geleidelijke toename te zien van de (milieu)dynamiek, uitgedrukt in de amplitude van de waterkwaliteits- en kwantiteitsfactoren. Van de beek naar hogergelegen delen van het stroomgebied is er een geleidelijke afname van dit type dynamiek te zien.

De vegetatie in het dal is sterk afhankelijk van lokale factoren m.b.t. het voorkomen van ondoorlatende lagen en kwel. Grootjans (1980) schildert in dit traject van de beek een situatie waarin kwelwater de beek bereikt en overstromingswater het dal instroomt. In deze gecompliceerde hydrologische situatie komen meerdere soorten water met elk zijn eigen chemische karakteristieken samen, dat in de vegetatie resulteert in het voorkomen van smalle stroken waarin bepaalde associaties zich manifesteren. Grootjans bespreekt alleen de korte (open) vegetaties.

Er zijn in Nederland niet veel voorbeelden in de literatuur waarin derge-lijk gedetailleerd onderzoek is gedaan naar de relaties tussen hydrologie, chemische samenstelling en vegetatie in stroomdalen van beken. Daarbij komt dat de huidige situatie in de dalen vaak verre van natuurlijk is. Een overzicht van de bosgemeenschappen in dit traject van beken zal daarom noodgedwongen meer algemeen worden behandeld.

In de omgeving van midden- of benedenlopen van laaglandbeken komen dikwijls vlakten voor met stilstaande plasjes, die periodiek worden overstromd. De ondergrond kan bestaan uit verlandende oude meanders (veen) maar ook uit oudere beekafzettingen, zoals zand en klei. De vegetatie bestaat uit het verbond Alnion glutinosae, dat reeds eerder werd beschreven. Het water in de middenloop is op z'n minst matig voedselrijk, zodat het voorkomen van de associatie Carici elongatae-Alnetum het meest waarschijnlijk is.

Oeverwallen en hogere oevers worden minder vaak overstromd en staan hierdoor meer onder de invloed van het grondwater. Ze worden bevolkt door het verbond Alno-Padion. Op kalkrijkere bodems kan de associatie Cirsio-Alnetum voorkomen als opvolger van het bovenstrooms voorkomen Carici remotae-Fraxinetum. Het Cirsio-Alnetum wordt gevonden op drassige bodems met een hoge baserijkdom en een pH tussen 7,0 en 8,0. Een aantal soorten uit het Carici elongatae-Alnetum wordt vaak samen aangetroffen met kalkminnende kruiden en struiken. Alnus glutinosa is de dominante boomsoort maar soms worden ook es en eik (Quercus robur) aangetroffen. Cirsium oleraceum, Equisetum telmateia en E. fluviatile indiceren stromend water, terwijl Mercurialis perennis en Ligustrum vulgare indicatoren voor kalkrijke condities kunnen worden genoemd. Diverse soorten wilg (Salix) kunnen voorkomen (Van der Werf, 1991). Hoger in het dal wordt het Cirsio Alnetum begrensd door het Melico-Fagetum.

Het Pruno-Fraxinetum dat veel meer voorkomt in de dalen van laaglandbeken in Nederland heeft veel soorten gemeen met het Cirsio-Alnetum. Het Pruno-

Fraxinetum komt voor op bodems met leem, klei of relatief voedselrijk dekzand. In het algemeen is de bodem drassig door regelmatig overstromen, door de invloed van opkwellend grondwater of door ondiep transport. De meest belangrijke bomen zijn es en els, maar soms komen ook eik, haagbeuk, berk, esdoorn en wilde kers (Prunus avium) voor. Prunus padus is de meest belangrijke struik, maar ook hazelaar, gelderse roos (Viburnum opulus), wilde kardinaalsmuts (Euonymus europaeus) en een aantal andere soorten behoren tot deze associatie. Mossen zijn niet erg belangrijk, maar bij de kruiden vindt men vele karakteristieke elementen. Van der Werf (1991) onderscheidt hierin 3 groepen van karakteristieke soorten (tabel 1).

Tabel 1 Drie groepen kruiden binnen het Pruno-Fraxinetum die karakteristiek zijn voor verschillende abiotische condities.

-
1. Min of meer stikstofminnende soorten afkomstig uit het Alno-Padion:
Geum urbanum (gewoon nagelkruid), Festuca gigantea (reuzenzwenkgras), Ranunculus ficaria (speenkruid), Glechoma hederacea (hondsdrif), Urtica dioica (grote brandnetel), Gallium aparine (kleefkruid).
 2. Soorten van vochtige bodems:
Deschampsia cespitosa (ruwe smele), Lysimachia vulgaris (wederik), Filipendula ulmaria (moerasspirea), Calamagrostis canescens (hennegras), Cirsium palustre (kale jonker), Cardamine pratensis (pinksterbloem), Phalaris arundinacea (rietgras), Iris pseudacoris (gele lis), Carex acutiformis (moeraszegge), Crepis paludosa (moerasstrepzaad), en op plaatsen met kwel:
Caltha palustris (dotterbloem), Chrysosplenium alternifolium (verspreidbladig goudveil) en Geum rivale (knikkend nagelkruid).
 3. Soorten van 'oudere' gronden in rijke bossen:
Primula elatior (slanke sleutelbloem), Circaea lutetiana (groot heksenkruid), C. intermedia (klein heksenkruid), Stachys sylvatica (bosandoorn), Anemone nemorosa (bosanemoon), Arum maculatum (gevlekte aronskelk), Brachypodium sylvaticum (boskortsteel), Galeobdolon luteum (?), Impatiens noli-tangere (groot springzaad), Ajuga reptans (kruipend zengroen), Viola reichenbachiana (blauwsporig bosviooltje) en soms Adoxa moschatellina (muskuskruid).
-

Uit deze tabel volgt dat het Pruno-Fraxinetum is gesitueerd tussen het Carici elongatae-Alnetum (groep 2) dat voorkomt op nattere bodems en het Stellario-Carpinetum (groep 3) dat wordt aangetroffen op oudere bodems die nooit worden overstroomd. Soorten uit groep 3 kunnen ook worden gevonden op oeverwallen en andere droge oevers.

Het Pruno-Fraxinetum is een typische beekbegeleidende associatie. In de palynologie (Trautmann, 1969) bestaan aanwijzingen dat de vroegere samenstelling van deze associatie m.b.t. de boomsoorten hetzelfde was als tegenwoordig. Afhankelijk van de bodemsamenstelling en de hydrologische randvoorwaarden wordt het Pruno-Fraxinetum begrensd door het Fago-Quercetum of door het Lysimachio-Quercetum (zure, niet erg voedselarme zandige bodems met af en toe invloed van grondwater), het Stellario-Carpinetum

(relatief horizontale, oudere bodems), het Melico-Fagetum (in heuvel-landschappen) of het Fraxino-Ulnetum (aan de rand van rivierdalen). Op plaatsen waar stilstaand water aanwezig is komt het Carici elongatae-Alnetum voor. Op plaatsen waar bronnen voorkomen vindt men het Carici remotae-Fraxinetum (kalkrijk) of het Chrysosplenio oppositifolii-Alnetum (kalkarm). Op hoger gelegen plaatsen binnen het stroomgebied is geen sprake van kwel of overstroming. Ook komt stagnatie van het grondwater niet voor. De vegetatie die hier voorkomt vertoont daarom geen directe afhankelijkheid van de beek.

Benedenlopen hebben de hoogste voedselrijkdom. Met name waar overstroming van de oevers plaatsvindt, ondervindt de vegetatie een eutrofiërende invloed van het beekwater. Veelal is hier sprake van opkwellend diep grondwater met een wezenlijk andere kwaliteit dan het overige beekwater. Het is onduidelijk hoe en in welke mate de beekbegeleidende vegetatie door diep grondwater wordt beïnvloed. Grootjans (1980) vond in de benedenloop Magnocaricion gemeenschappen, wat onder de huidige, ernstig door mensen beïnvloede omstandigheden een bijzonderheid genoemd mag worden. Het Pruno-Fraxinetum kan aanwezig zijn, maar in bredere dalen van beken of kleine rivieren is de (vroegere) aanwezigheid van het Fraxino-Ulnetum waarschijnlijker. Fraxinus is hierin de dominante boomsoort, maar ook Alnus komt voor. Ulmus minor (gladde iep) en Salix alba (schiefwilg) behoren zeker toe aan deze associatie, evenals een aantal struiken uit het Pruno-Fraxinetum. Daarnaast komen Salix cinerea (grauwe wilg), Prunus spinosa (sleedoorn) en Crataegus monogyna (eenstijlige meidoorn) voor. De meeste kruiden zijn soorten die toebehoren aan het Carici elongatae-Alnetum.

BIJLAGE 5 Plantengemeenschappen van 'halfnatuurlijke' beekdalvegetaties in het stroomgebied van de Drentse Aa.

(samenvatting van: Schimmel, H.J.W., P. Leentvaar & R. Smitsaert, 1955)

Inleiding en historisch perspectief

Uit beschrijvingen van de vegetaties van beekdalgroenlanden in Drenthe van rond 1940 komt een lijst met soorten naar voren die in die periode in het stroomdal van de Drentse Aa voorkwamen. Enkele voorbeelden hiervan zijn: *Rumex acetosa* (zuring), *Rhinanthus* spp. (ratelaar), *Equisetum palustre* (paardestaart), *Urtica dioica* (grote brandnetel), *Cirsium arvense* (akkerdistel) en *Sonchus arvensis* (weidedistel). De laatste soort wordt door Tiesing (1943) een kensoort van z.g. madelanden genoemd. Naast bovengenoemde soorten kwamen planten voor die met minder eenduidige namen werden aangeduid zoals "russen" (*Juncus effusus* e.a. soorten), "sek" (zeggen; *Carex* spp.), boterbloem (*Ranunculus* spp.), "meelgras" (waarschijnlijk *Holcus lanatus* (gestreepte witbol)) en "beent" of "bam" (waarschijnlijk *Molinia coerulea* (pijpestrootje)).

Vroeger (rond 1900) werden de Drentse beken in vrijwel het hele stroomgebied van de Aa begrensd door uitgestrekte heidevelden die vermoedelijk zijn ontstaan na ontbossingen en zo eveneens behoren tot de 'halfnatuurlijke' vegetaties.

Na in cultuur brengen van de heide nam de watertoevoer naar de beken sterk toe. Het aantal overstromingen werd met name in het benedenstroomse deel aanzienlijk groter. Sinds de ontginningen is de waterkwaliteit van de beken door allerlei lozingen (ook intrede van de toepassing van kunstmest) in negatieve zin beïnvloed. Deze kwaliteitsverslechtering heeft m.n. in de regelmatig overstroomde gebieden belangrijke invloed gehad op de vegetatieontwikkeling. Juist op dit soort plaatsen (overstromingsvlakten) spreken we van het ontstaan van madelanden.

In een natuurlijke beek is een verschuiving in de voedselrijkdom te zien van voedselarm in de bovenloop (atmotroof water) naar voedselrijk (lithotroof water) meer benedenstrooms. Tussen beide uitersten komen allerlei mengvormen voor.

Madelanden kunnen door allerlei factoren o.a. manier van beheren, branden, mate van overstroming enz. vegetatiekundig niet onder één type hooi- of weiland worden gevat. In de periode waarin dit onderzoek werd verricht werden oude resten van madelanden vaak beschouwd als "onland" en stonden vaak bloot aan de meest uiteenlopende vormen van (on)(ge)bruik.

Gemeenschappen van 'halfnatuurlijke' bronnen van de Drentse beken

Veel van de Drentse beken ontsprongen op drassige plaatsen in de (voormalige) heidevelden. Enkele ervan worden gevoed vanuit veengebieden. Voor een aantal vormden vennetjes of moerasveentjes de bron. Nu zijn er geen 'natuur-

lijke' oorsprongen meer te vinden. De bronnen zijn van nature voedselarm. Op de laagst gelegen (natste) plaatsen komen vegetaties voor uit het veenmosverbond (Sphagnion europaeum Schwickenrath 1940). Op soppige en drassige plaatsen vormen eveneens de veenmossen een aspectbepalend element.

Oorsprongveentjes worden vaak omgeven door een vegetatie waarvan dikwijls Molinia coerulea (pijpestrootje) de enige soort uitmaakt, vooral dáár waar de verschillen tussen zomer- en wintergrondwaterstand relatief groot zijn. Hierdoor treedt een typische vorm van bultvorming op.

De pijpestrootje-vegetatie wordt omgeven door begroeiingen van de dopheidegemeenschap (Ericetum tetralicis) (nattere plaatsen) die overgaat in verschillende associaties van struikheide gemeenschap (Calluneto Genistetum molinietosum en Calluneto Genistetum typicum) (vochtige en drogere plaatsen).

In de omgeving van de oorsprongen bevinden zich weinig grazige plaatsen (dus ook geen madelandcultuur). Wel werden vaak schapen geweid en werden plagen gestoken.

Een apart soort van bronvegetatie treedt op in gebieden waar leem in de bodem voorkomt (voedselrijker). Hier komt vrijwel nooit Sphagnion voor. Men noemt de subassociatie die hier voorkomt het Molinietum coeruleae juncetosum acutiflori (pijstrootje-veldrus). Overgangen naar dopheide- en verderop vochtige struikheide-gemeenschappen zijn niet afwijkend.

Hogerop komt meestal geen leem meer voor, wel keileem. Op deze plaatsen, waar gewoonlijk een overgang plaatsvindt naar droge struikheide gemeenschappen, komt de z.g. orchideeënrijke heide voor (Pedicularium silvaticae of Calluneto Genistetum orchidetosum). Preising (1959) noemt dit type het Nardo-Galion saxatile (heischraal hooiland).

Bovengenoemde vegetatietypen zijn zonder uitzondering ontstaan onder invloed van menselijke en/of dierlijke activiteit. Ook de als 'vroegere' vegetatie aangeduide heidetypen behoren hiertoe.

Gemeenschappen van bovenlopen van de Drentse beken

Vaak is er in de bovenloop al enigszins sprake van de vorming van een dal. Hierin heeft voorheen bezinking en/of veenvorming plaatsgehad.

Veenafzettingen zijn er vaak reden voor geweest dat bepaalde gronden al vroeg in cultuur werden gebracht (hoge grondwaterstand). De eerste madelanden zijn vrij ver bovenstrooms te vinden. Het beheer van deze gronden bestond uit hooien of begrazen. Gezelschappen uit het Sphagnion en Molinia "bulten" komen hier niet meer voor (veen, menging met beekbezinksels, te voedselrijk). Vegetaties zijn op deze plaatsen "graziger".

Laagstgelegen plekken worden bevolkt door het Cirsieto Molinietum, een associatie die algemeen voorkomt in blauwgrasland (pijpestrootje-vederdistelachtigen). Het betreft hier veelal vochtige, onbemeste schraallanden. Vele van deze oude hooilanden zijn later door verdergaande cultuurtechnieken (ontwatering e.d.) en bemesting 'verbeterd'.

Soorten uit de Drentse blauwgraslanden:

Carex hostiana (blonde zegge), Carex pulicaris (vlozegge), Parnassia palustris (parnassia), Cirsium dissectum (spaanse ruiter), Platanthera bifolia (welriekende nachtorchis) en andere orchideeën

Door Westhoff, Dijk, Passchier en Sissingh (1946) worden als kensoorten van blauwgrasland in Nederland genoemd:

Cirsium dissectum (spaanse ruiter), Carex hostiana (blonde zegge), Viola ritschliana (melkviooltje), Carex panicea (blauwe zegge), Carex pulicaris (vlozegge), Juncus conglomeratus (biezeknoppen) en Gentiana pneumonanthe (klokjesgentiaan).

Hoger tegen de beekdalwand trad (vermoedelijk) een overgang op naar het dopheidegemeenschap (Ericetum tetralicis). Gedeelten hiervan zijn waarschijnlijk met de blauwgraslandvegetaties mee "omkaad" en gehooïd/begraasd. Hierin ontstonden vegetaties behorend tot het borstelgrasverbond (Nardo-Galium saxatile) m.n. de associatie Nardo Gentianetum pseudomonanthi kwam in Drenthe voor.

Gemeenschappen van middenlopen van de Drentse beken

Veenpakket en/of pakket beekbezinksels is veel dikker dan in de bovenloop. Beekdal is hier veel breder, behalve daar waar de beek zich een weg heeft moeten zoeken door oude heuvelruggen. Het dal in zijn geheel is door lagere ligging vochtiger dan bovenstrooms. Er is vaak sprake van een grotere mate van horizontale waterstroming langs de beekdalwanden dan meer bovenstrooms. Ten tijde van de uitvoering van dit onderzoek (50 'er jaren) kon de oude "cultureelrijke" begroeiing niet meer worden gevonden.

Vroegere overstromingen (m.n. in de winter) zijn gedeeltelijk te wijten aan het in cultuur brengen van bovenstroomse gebied. Vegetaties die hier voorkwamen hoorden waarschijnlijk tot het glanshaververbond (Arrhenatherion elatioris).

Veel voorkomende vegetaties behoren nu tot het trosdravikverbond (Bromion racemosi). Enkele voorbeelden van soorten:

Festuca pratense (beemdlangbloem), Poa triviale (ruw beemdgras), Holcus lanatus (witbol) en Caltha palustris (dotterbloem).

Apart is de combinatie van:

Phyteuma nigra (zwarte rapunzel) (normaal meer in beukenbos), Carex acutiformis (moeraszegge) en Ajuga reptans (zenegroen).

Als kensoorten van het Bromion racemosi worden genoemd:

Bromus racemosus (trosdravik), Crepis paludosa (moerasstreepzaad), Myosotis scorpioides (moerasvergeetmenietje) en Caltha palustris (dotterbloem).

Direkt op de oevers van de beek vindt men dikwijls:

Anthriscus silvestris (fluitekruid) (massaal) en Urtica dioica (grote brandnetel).

Een aantal elementen van de vegetatie wijst op het vroeger (onder meer voedselarme omstandigheden) voorkomen van kleine zeggen vegetaties (Caricion fuscae). De meest karakteristieke soorten van het Bromion racemosi komen immers niet voor. Ook het ontbreken van karakteristieke soorten van de klasse der vochtige graslanden (Molinieto-Arrhenatheretea) duidt ook op het voorgaande.

Gemeenschappen van benedenlopen van de Drentse beekdalen

Ook in de benedenlopen van de meeste Drentse beken zijn oorspronkelijke cultureel-vegetaties niet of nauwelijks meer terug te vinden.

Het beekdal is hier zeer breed. Zowel 's winters als 's zomers is het land op z'n minst drassig. Men spreekt over moerasweiden. Deze moerasweiden worden vooral gekenmerkt door een massale begroeiing met verschillende soorten zeggen:

Carex acuta (scherpe zegge) (massaal) en Carex aquatilis (noordse zegge). Ook de term 'laagveen-zeggemoeras' wordt voor het aanduiden van dergelijke vegetaties wel gebruikt.

Gemeenschappen in resten van bos en in houtwallen

Uit pollen-analytisch onderzoek komt naar voren dat Drenthe in het begin van onze jaartelling bedekt moet zijn geweest met uitgestrekte eikenbossen. In de loop van de geschiedenis is door rooibouw (brandhout, bouw van huizen en vooral ook schepen !!) het bos merendeels verdwenen. In de 17e en 18e eeuw werd door de overheid de aanplant van eiken gepropageerd. In de 19e eeuw werd hiervan gebruik gemaakt als hakhout (gemalen eikeschors "run" werd gebruikt als looistof). Door de invoer van andere looimiddelen raakte het "eekschillen" echter in onbruik.

Bossen in beekdalen lagen op horsten (zandopduikingen). Slechts enkele bosjes lijken enigszins op laaggelegen beekdalbroekbossen.

Houtwallen zijn in Drenthe grotendeels verdwenen. Ze werden van oorsprong waarschijnlijk aangeplant als grensafscheidingen tussen percelen. Bovendien gaven ze bescherming tegen vraat door wild en schapen. Heel vroeger waren verschillende soorten gronden gemeenschappelijk bezit waarvan eenieder een bepaald gedeelte mocht beweiden/hooien of bebouwen. Later werden de gronden onder de z.g. markegenoten verdeeld (15e en 16e eeuw). Uit deze tijd stammen de eerste greppels, aarden wallen (drogere plaatsen) en sloten (nattere plaatsen).

Er komen drie typen houtwallen in de beekdalen voor:

grenswallen: grens tussen madeland (langs de beek) en hogergelegen essen (voorheen heide)

dwarswallen: scheiding tussen percelen dwars op de stromingsrichting van de beek.

oeverwallen: veelal wallen ontstaan door opwerpen van bagger uit de beek, die met houtige gewassen begroeid raakten.

Grenswallen geven veelal de grens van het beekdal aan d.w.z. de lijn waar de veenafzettingen of beekafzettingen ophouden (of iets daarboven: vluchtplaats voor het vee bij hoge waterstanden). Vegetatie van de grenswallen vertoont overeenkomsten met eiken-berkenbos (Querceto-Betuletum), meestal vnl. eik. Vaak werd ook hulst geplant. Daarnaast kwamen veelvuldig voor:

Frangula alnus (vuilboom), Betula pendula (ruwe berk), Sorbus aucuparia (lijsterbes) en Populus tremula (ratelpopulier)

Nog bestaande oude en soms hoog opgegroeide houtwallen lijken ook gezien

de aanwezige kruidenvegetatie op eiken-berkenbos:

Corydalis claviculata (rankende helmblom), Deschampsia flexuosa (bochtige smele), Festuca ovina (schapengras), Vaccinium vitis-idaea, V. myrtillus (rode en blauwe bosbes), Melampyrum pratense (hengel), Polygonatum multiflorum (veelbloemige salomonszegel), Majanthemum bifolium (dalkruid), Anemone nemorosa (bosanemoon) (op keileemhoudende bodem), Stellaria holostea (grootbloemmuur) (op keileemhoudende bodem) en Convallaria majalis (lelietje der dalen).

Hogere delen van de dwarswallen geven hetzelfde beeld. Naarmate men in de richting van de beek afdaalt verandert m.n. de bomen- en struikvegetatie. Kruiden reiken met hun wortels niet tot het grondwater en blijven een 'droog' karakter behouden. De meest voorkomende bomen zijn:

Fraxinus excelsior (es), Alnus glutinosa (els), Salix spp. (wilgen) en Prunus padus (troskers).

In de ondergroei komen voor:

Vaccinium spp. (bosbes), Deschampsia flexuosa (bochtige smele) en Lonicera periclymenum (wilde kamperfoelie).

Lager, daar waar ook de kruidenvegetatie invloed van het grondwater ondervindt wordt ook de eiken-berkenbos ondergroei verdrongen. Hier komen voor: Melandrium diurnum (dagkoekoeksbloem), Geranium robertianum (robertskruid), Glechoma hederacea (hondsdrif), Stachys sylvatica (bosandoorn) (soms), Fraxinus excelsior (es), Euonymus europaeus (kardinaalsmuts), Prunus padus (troskers) (vrij veel), Alnus glutinosa (els) (vrij veel) en Quercus robur (zomereik).

Dicht bij de beek gaat de vegetatie op de dwarswallen geleidelijk over in die van de oeverwallen. Naast een aantal van de bovengenoemde soorten komen op de oeverwallen vooral veel voor:

Bomen en struiken:

Sambucus nigra (vlies), Rhamnus catharticus (wegedoorn), Corylus avellana (hazelaar) en Viburnum opulus (gelderse roos).

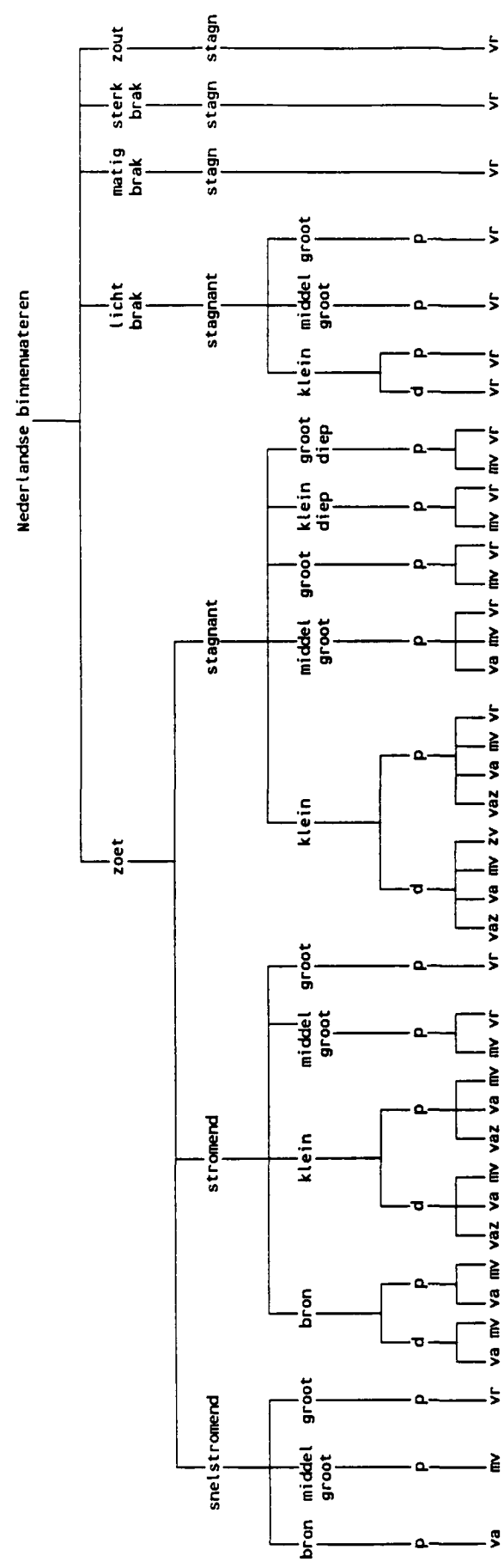
Ondergroei:

Urtica dioica (grote brandnetel) (vaak overheersend), Anthriscus sylvestris (fluitekruid), Geum urbanum (nagelkruid), Galeopsis tetrahit (hennepnetel), Rubus idaeus (framboos) en Galium aparine (kleefkruid)

De laatste vier soorten worden vaak massaal op steile wanden van het beekprofiel aangetroffen.

BIJLAGE 6 AQUATISCHE ECOTOOPTYPEN

a) HIERARCHISCHE INDELING VAN DE INDELINGSKENMERKEN



vaz = voedselarm zuur
 va = voedselarm
 mv = matig voedselrijk
 vr = voedselrijk
 d = droogvallend
 p = permanent

BIJLAGE 6b OMSCHRIJVING VAN DE AQUATISCHE ECOTOOPTYPEN EN BIJBEHORENDE (ZEER) KARAKTERISTIEKE SOORTEN

(N.B.: alleen zoete watertypen zijn weergegeven)

Q23: snelstromende, voedselarme, niet zure bron

rheocrene- en acrocrene bronnen en bronbeekjes, in het ouder dan Pleistocene deel van Nederland.

Zeer karakteristieke macrofaunasoorten

Adicella filicornis, *Apatania fimbriata*, *Crunoecia irrorata*, *Drusus annulatus*, *Drusus trifidus*, *Ernodes articularis*, *Hydraena melas*, *Metricnemus hydropetricus*, *Parachiona picicornis*, *Sigara hellensi*, *Wormaldia occipitalis*

Karakteristieke macrofaunasoorten

Agabus biguttatus, *Agabus guttatus*, *Agapetus fuscipes*, *Beraea maurus*, *Beraea pullata*, *Chaetocladus piger*, *Dicranota* sp., *Dixa maculata*, *Dugesia gonocephala*, *Elmis aenae*, *Eukiefferiella brevicar*, *Eukiefferiella claripennis* agg., *Eukiefferiella discoloripes*, *Heleniella ornaticollis*, *Nemoura cambica*, *Nemoura cinerea*, *Nemoura marginata*, *Niphargus aquilex*, *Niphargus puteanus*, *Niphargus schellenbergi*, *Orthocladus* sp., *Pedicia* sp., *Plectrocnemia conspersa*, *Satchelliella nubila*, *Tinodes assimilis*

Q62: snelstromend, klein, ondiep, voedselarm, matig zuur water

bovenlopen van beken en bronbeekjes, in het ouder dan Pleistocene deel van Nederland.

Zeer karakteristieke macrofaunasoorten

Agapetus fuscipes, *Lithax obscurus*, *Sigara hellensi*

Karakteristieke macrofaunasoorten

Brillia modesta, *Chaetopteryx villosa*, *Crunoecia irrorata*, *Eukiefferiella discoloripes*, *Gerris najas*, *Glyptotaelius pellucidus*, *Micropterna sequax*, *Nemoura cinerea*, *Plectrocnemia conspersa*, *Potamophylax cingulatus*, *Rhyacophila fasciata*, *Rithrogena semicolorata*, *Sericostoma personatum*, *Stenophylax permistus*

Q63: snelstromend, klein, ondiep, voedselarm, niet zuur water

bovenlopen van beken en bronbeekjes, in het ouder dan Pleistocene deel van Nederland.

Zeer karakteristieke macrofaunasoorten

Agapetus fuscipes, *Amphinemura standfussi*, *Apatania fimbriata*, *Brillia modesta*, *Chaetopteryx villosa*, *Dicranota bimaculata*, *Dixa maculata*, *Elodes minuta*, *Gammarus pulex*, *Halesus digitatus*, *Hexatoma* sp., *Hydropsyche fulvipes*, *Hydropsyche saxonica*, *Laccobius obscuratus*, *Lithax obscurus*, *Micropectra* sp., *Nemoura cinerea*, *Ochthebius exsculptus*, *Ochthebius gibbosus*, *Orectochilus villosus*, *Parametricnemus stylatus*, *Pedicia* sp., *Plectrocnemia conspersa*, *Polypedilum breviantennatum*, *Polypedilum laetum* agg., *Prodiamesa olivacea*, *Ptychoptera* sp., *Rheocricotopus fuscipes*, *Rheocricotopus gr fuscipes*, *Rhyacophila fasciata*, *Sericostoma personatum*, *Sperchon glandulosus*, *Sperchon squamosus*, *Stenophylax permistus*, *Tipula* sp., *Velia caprai*, *Velia saulii*, *Wormaldia occipitalis*, *Wormaldia subnigra*

Karakteristieke macrofaunasoorten

Agabus biguttatus, *Agabus guttatus*, *Conchapelopia* sp., *Crunoecia irrorata*, *Deronectes latus*, *Drusus annulatus*, *Elmis aenae*, *Esolus angustatus*, *Esolus pygmaeus*, *Eukiefferiella brevicar*, *Eukiefferiella claripennis* agg., *Eukiefferiella discoloripes*, *Gerris najas*, *Glyptotaelius pellucidus*, *Helophorus arvensis*, *Ithytrichia lamellaris*, *Lasiocephala basalis*, *Limnebius truncatellus*, *Limnius volckmari*, *Macropelopia* sp., *Micropterna sequax*, *Nais alpina*, *Ochthebius metallescens*, *Oreodytes sanmarki*, *Oulimnius tuberculatus*, *Platambus maculatus*, *Polycentropus flavomaculatus*, *Potamophylax cingulatus*, *Potamophylax latipennis*, *Potamophylax luctuosus*, *Proasellus meridianus*, *Psychoda* sp., *Rhyacodrilus coccineus*, *Rithrogena semicolorata*, *Satchelliella nubila*, *Tinodes assimilis*

Karakteristieke macrofyten

Callitriche hamulata

Q77: snelstromend, middelgroot, ondiep, matig voedselrijk water

middelgrote beken als de Geul en de Gulp, in het ouder dan Pleistocene deel van Nederland.

Zeer karakteristieke macrofaunasoorten

Agapetus ochripes, *Brychius elevatus*, *Dryops nitidulus*, *Halesus digitatus*, *Hydropsyche instabilis*, *Hydropsyche sitalai*, *Ithytrichia lamellaris*, *Lasiocephala basalis*, *Ochthebius exsculptus*, *Ochthebius gibbosus*, *Odontocerum albicorne*, *Orectochilus villosus*, *Rhyacophila dorsalis*, *Silo pallipes*, *Silo picus*, *Velia saulii*

Karakteristieke macrofaunasoorten

Agabus didymus, *Agapetus fuscipes*, *Arrenurus fontinalis*, *Athripsodes cinereus*, *Deronectes latus*, *Deronectes platynotus*, *Ecdyonurus lateralis*, *Ecdyonurus torrentis*, *Ecdyonurus venosus*, *Elmis aenae*, *Esolus angustatus*, *Esolus pygmaeus*, *Gerris najas*, *Goera pilosa*, *Helophorus arvensis*, *Hydropsyche contubernalis*, *Hydropsyche pellucidula*, *Hydropsyche saxonica*, *Limnebius truncatellus*, *Limnius volckmari*, *Nais alpina*, *Nais barbata*, *Ochthebius metallescens*, *Oreodytes sanmarki*, *Oulimnius tuberculatus*, *Platambus maculatus*, *Potamonectes depressus*, *Potamophylax latipennis*, *Stictotarus duodecimpustulatus*

Karakteristieke macrofyten

Callitriche hamulata, *Callitriche platycarpa*, *Potamogeton nodosus*,

Q88: snelstromend, groot, ondiep, voedselrijk water

grote rivieren als de Rijn en de IJssel.

Zeer karakteristieke macrofaunasoorten

Athripsodes albifrons, *Ceraclea nigronevosa*, *Ceraclea senilis*, *Chaetocladus* sp., *Cheumatopsyche lepida*, *Dicrotendipes gr nervosus*,

Dreissena polymorpha, *Hydropsyche contubernalis*, *Oecetis notata*, *Oecetis testacea*, *Oecetis tripunctata*, *Orectochilus villosus*, *Potamothenis moldaviensis*, *Psychomyia pusilla*, *Unio pictorum*

Karakteristieke macrofaunasoorten

Aphelocheirus aestivalis, *Arctonais lomondi*, *Arrenurus fontinalis*, *Atherix* sp, *Cricotopus* sp, *Cyrnus trimaculatus*, *Cystobranthus respirans*, *Esolus angustatus*, *Esolus pygmaeus*, *Piscicola geometra*, *Psammoryctides albicola*, *Psammoryctides barbatus*, *Tubifex ignotus*, *Vejdovskyaella intermedia*

F12: droogvallende, voedselarme, zure bron

helocrene bronnen, in het Pleistocene deel van Nederland.

Zeer karakteristieke macrofaunasoorten

Grammotaulius submaculatus, *Hydroporus memnonius*, *Limnophyes* sp, *Tipula* sp

Karakteristieke macrofaunasoorten

Adicella reducta, *Brillia modesta*, *Chaetocladius laminatus*, *Crenobia alpina*, *Dugesia gonocephala*, *Galba truncatula*, *Heleniella ornatocollis*, *Hydroporus nigrita*, *Limnephilus centralis*, *Limnephilus elegans*, *Micropsectra* gr *praecox*, *Micropterna lateralis*, *Parametricnemus stylatus*, *Pedicia* sp, *Polycelis felina*, *Polypedilum breviantennatum*, *Ptychoptera* sp

F17: droogvallende, matig voedselrijke bron

helocrene bronnen, in het Pleistocene deel van Nederland.

Zeer karakteristieke macrofaunasoorten

Eiseniella tetraedra, *Erioptera* sp, *Grammotaulius submaculatus*, *Hexatoma* sp, *Krenopelopia* sp, *Pedicia* sp, *Potamophylax nigricornis*, *Ptychoptera* sp, *Tipula* sp

Karakteristieke macrofaunasoorten

Adicella reducta, *Beraea pullata*, *Brillia modesta*, *Chaetocladius laminatus*, *Conchapelopia* sp, *Crenobia alpina*, *Dugesia gonocephala*, *Galba truncatula*, *Heleniella ornatocollis*, *Hydroporus memnonius*, *Hydroporus nigrita*, *Metricnemus hirticollis*, *Micropsectra* gr *praecox*, *Micropterna lateralis*, *Parametricnemus stylatus*, *Pisidium* sp, *Polycelis felina*, *Polypedilum breviantennatum*

F22: permanente, voedselarme, zure bron

limnocrene- en helocrene bronnen, in het Pleistocene deel van Nederland.

Zeer karakteristieke macrofaunasoorten

Adicella reducta, *Annitella obscurata*, *Beraea maurus*, *Beraea pullata*, *Brillia modesta*, *Dicranomyia* sp, *Dicranota bimaculata*, *Elodes minuta*, *Empididae*, *Erioptera* sp, *Heterotanytarsus apicalis*, *Hexatoma* sp, *Hydroporus memnonius*, *Krenopelopia* sp, *Laccobius atratus*, *Limnophyes* sp, *Macropelopia* sp, *Micropsectra* sp, *Muscidae*, *Nemurella pictetii*, *Parametricnemus stylatus*, *Pedicia* sp, *Pericoma* sp, *Pseudorthocladus* sp, *Psychoda* sp, *Sialis fuliginosa*, *Sperchon squamosus*, *Telmatoctopus* sp, *Zavrelimyia* sp

Karakteristieke macrofaunasoorten

Baetis rhodani, *Corynoneura* sp, *Crenobia alpina*, *Crunocelia irrorata*, *Dugesia gonocephala*, *Enicocyla pusilla*, *Gammarus pulex*, *Heleniella ornatocollis*, *Hydroporus discretus*, *Hydroporus nigrita*, *Limnephilus elegans*, *Micropterna lateralis*, *Nemoura marginata*, *Niphargus aquilex*, *Niphargus schellenbergi*, *Pisidium* sp, *Plectrocnemia conspersa*, *Proasellus cavaticus*, *Tipula* sp

F27: permanente, matig voedselrijke bron

limnocrene- en helocrene bronnen, in het Pleistocene deel van Nederland; Limburg.

Zeer karakteristieke macrofaunasoorten

Beraea maurus, *Beraea pullata*, *Brillia modesta*, *Chaetocladius laminatus*, *Dicranota bimaculata*, *Dixa maculata*, *Eiseniella tetraedra*, *Elodes minuta*, *Gammarus pulex*, *Hydraena melas*, *Hydroporus discretus*, *Nemoura cinerea*, *Plectrocnemia conspersa*, *Ptychoptera* sp, *Thaumastoptera* sp

Karakteristieke macrofaunasoorten

Agabus melanarius, *Baetis rhodani*, *Crenobia alpina*, *Crunocelia irrorata*, *Elmis aenae*, *Enicocyla pusilla*, *Heleniella ornatocollis*, *Hexatoma* sp, *Hydroporus memnonius*, *Hydroporus nigrita*, *Micropterna lateralis*, *Microtendipes* sp, *Nemoura marginata*, *Niphargus aquilex*, *Niphargus schellenbergi*

F37: stromend, klein, droogvallend, matig voedselrijk water

bovenlopen van beken en bronbeekjes, in het Pleistocene deel van Nederland.

Zeer karakteristieke macrofaunasoorten

Agabus chalconatus, *Agabus paludosus*, *Aplexa hypnorum*, *Diplocladius cultriger*, *Ephydriidae*, *Hexatoma* sp, *Ironoquia dubia*, *Natarsia* sp, *Nemoura cinerea*, *Psychoda* sp, *Scatophagidae*

Karakteristieke macrofaunasoorten

Agabus didymus, *Eiseniella tetraedra*, *Hydraena brittani*, *Hydrobaenus pilipes*, *Hydroporus discretus*, *Hydroporus memnonius*, *Hydroporus palustris*, *Hydroporus planus*, *Limnephilus auricula*, *Limnephilus elegans*, *Metricnemus hirticollis*, *Micropterna lateralis*, *Nepa cinerea*, *Orthocladus rivulorum*, *Platambus maculatus*, *Rhyacodrilus coccineus*, *Sigara nigrolineata*, *Trichostegia minor*

Karakteristieke macrofyten

Callitriche hamulata, *Callitriche platycarpa*, *Montia fontana* ssp *fontana*

F38: stromend, klein, droogvallend, voedselrijk water

bovenlopen van beken en bronbeekjes, in het Pleistocene deel van Nederland.

Zeer karakteristieke macrofaunasoorten

Diplocladius cultriger, Erioptera sp, Hexatoma sp, Ironoquia dubia, Macropelopia nebulosa, Muscidae, Nemoura cinerea, Paratendipes gr albianus, Paratendipes gr nudisquama, Psychoda sp, Smittia sp, Stictochironomus sp, Tabanidae

Karakteristieke macrofaunasoorten

Agabus didymus, Chaetocladius sp, Eiseniella tetraedra, Hydrobaenus pilipes, Hydroporus discretus, Hydroporus planus, Metriocnemus hirticollis, Micropterna lateralis, Nais elinguis, Nepa cinerea, Orthocladius rivulorum, Platambus maculatus, Psectrotanypus varius, Rhyacodrilus coccineus, Sigara nigrolineata, Tipula sp, Trichostegia minor

F62: stromend, klein, ondiep, voedselarm, matig zuur water

bovenlopen van beken en bronbeekjes, in het Pleistocene deel van Nederland.

Zeer karakteristieke macrofaunasoorten

Laccobius atratus, Limnephilus nigriceps, Sigara hellensi

Karakteristieke macrofaunasoorten

Adicella reducta, Anacaena lutescens, Beraea pullata, Drusus biguttatus, Glyptotaelius pellucidus, Hydroporus discretus, Hydroporus incognitus, Hydroporus memnonius, Limnephilus centralis, Lype reducta, Micropterna sequax, Platambus maculatus

F67: stromend, klein, ondiep, matig voedselrijk water

bovenlopen van beken en bronbeekjes, in het Pleistocene deel van Nederland.

Zeer karakteristieke macrofaunasoorten

Agabus chalconatus, Agabus didymus, Baetis vernus, Beraeodes minutus, Brilia modesta, Conchapelopia sp, Hydraena assimilis, Hydraena excisa, Hydraena pygmaea, Hydropsyche angustipennis, Hygrobatas nigromaculatus, Lebertia inaequalis, Limnophila sp, Lype reducta, Macropelopia sp, Micropsectra sp, Nemoura cinerea, Ochthebius metallescens, Odontomesa fulva, Polypedilum breviantennatum, Polypedilum laetum agg, Prodiamesa olivacea, Ptychoptera sp, Silo nigricornis, Simulium sp, Tabanidae, Tipula sp, Velia caprai

Karakteristieke macrofaunasoorten

Agapetus fuscipes, Athripsodes cinereus, Deronectes latus, Eiseniella tetraedra, Elmis senae, Glyptotaelius pellucidus, Goera pilosa, Helophorus arvensis, Hydraena melas, Hydrochus angustatus, Hydroporus discretus, Hygrobatas longipalpis, Laccobius obscuratus, Laccobius sinuatus, Laccobius striatulus, Limnebius truncatellus, Limnephilus lunatus, Limnius volckmari, Micronecta poweri, Micropterna sequax, Orectochilus villosus, Oulimnius tuberculatus, Phaenopsectra sp, Platambus maculatus, Rhyacodrilus coccineus, Sigara hellensi

Karakteristieke macrofyten

Callitriche hamulata, Callitriche platycarpa, Hottonia palustris, Montia fontana ssp fontana, Myriophyllum alterniflorum, Myriophyllum spicatum, Potamogeton alpinus, Potamogeton nodosus, Ranunculus aquatilis, Ranunculus hederaceus, Ranunculus peltatus, Sparganium emersum

F68: stromend, klein, ondiep, voedselrijk water

bovenlopen van beken en bronbeekjes, in het Pleistocene deel van Nederland.

Zeer karakteristieke macrofaunasoorten

Agabus chalconatus, Agabus didymus, Beraeodes minutus, Cladotanytarsus sp, Conchapelopia sp, Cryptochironomus sp, Dicrotendipes gr lobiger, Forelia variegator, Hygrobatas nigromaculatus, Lebertia inaequalis, Limnephilus lunatus, Limnesia koenikei, Lype reducta, Macropelopia sp, Mideopsis crassipes, Paracladopelma nigrifolia, Paratendipes gr albianus, Paratrichocladus rufiventris, Phaenopsectra sp, Prodiamesa olivacea, Silo nigricornis, Tabanidae, Velia caprai

Karakteristieke macrofaunasoorten

Anabolia nervosa, Athripsodes cinereus, Deronectes latus, Dicrotendipes bimaculata, Dicrotendipes gr notatus, Elmis senae, Erpobdella octoculata, Glyptotaelius pellucidus, Helophorus arvensis, Hexatoma sp, Hydraena excisa, Hydroporus discretus, Hygrobatas longipalpis, Laccobius obscuratus, Laccobius sinuatus, Laccobius striatulus, Limnebius truncatellus, Limnius volckmari, Limnodrilus claparedianus, Micropsectra sp, Micropterna sequax, Orectochilus villosus, Oulimnius tuberculatus, Paratanytarsus sp, Platambus maculatus, Procladius sp, Rhyacodrilus coccineus, Sigara hellensi, Tanytarsus sp

Karakteristieke macrofyten

Groenlandia densa, Myriophyllum spicatum, Potamogeton alpinus, Potamogeton crispus, Potamogeton nodosus, Ranunculus fluitans, Sparganium emersum
Callitriche platycarpa, Hippuris vulgaris, Najas marina, Nuphar lutea, Potamogeton lucens, Potamogeton pectinatus, Potamogeton perfoliatus, Ranunculus aquatilis

F77: stromend, middelgroot, ondiep, matig voedselrijk water

middenlopen van beken in het Pleistocene deel van Nederland.

Zeer karakteristieke macrofaunasoorten

Agapetus ochripes, Brachycentrus subnubilus, Brachycercus harrisella, Calopteryx virgo, Cladotanytarsus sp, Limnephilus lunatus, Orthocladus sp, Paracladopelma laminata agg, Paratendipes gr albianus, Polypedilum breviantennatum, Potthastia longimanis, Procladius bifidus, Rheotanytarsus sp, Simulium sp

Karakteristieke macrofaunasoorten

Agabus didymus, Anabolia nervosa, Aphelocheirus aestivalis, Athripsodes albifrons, Athripsodes cinereus, Autodrilus plurisetus, Ceraclea

nigronevosa, Cheumatopsyche lepida, Chironomus sp, Conchapelopia melanops, Elmis aenae, Gerris najas, Goera pilosa, Haliplus wehnkei, Helophorus arvernicus, Hydraena excisa, Hydropsyche angustipennis, Laccobius sinuatus, Laccobius striatulus, Limnebius truncatellus, Limnius volckmari, Lype phaeopa, Microtendipes sp, Mystacides azurea, Neureclepsis bimaculata, Notidobia ciliaris, Orectochilus villosus, Oulimnius tuberculatus, Physa fontinalis, Platambus maculatus, Polycentropus irroratus, Potamophylax rotundipennis, Specaria josinae, Tinodes waeneri

Karakteristieke macrofyten

Callitriche hamulata, Hottonia palustris, Myriophyllum alterniflorum, Myriophyllum spicatum, Potamogeton nodosus, Ranunculus aquatilis, Callitriche platycarpa, Ranunculus aquatilis

F78: stromend, middelgroot, ondiep, voedselrijk water

middenlopen van beken in het Pleistocene deel van Nederland.

Zeer karakteristieke macrofaunasoorten

Baetis vernus, Brachycentrus subnubilus, Cricotopus gr sylvestris, Endochironomus albipennis, Glyptotendipes sp, Hygrobatas longipalpis, Microtendipes sp, Physa fontinalis, Polypedilum gr sordens

Karakteristieke macrofaunasoorten

Agabus didymus, Anabolia nervosa, Anisus vortex, Aphelocheirus aestivalis, Athripsodes albifrons, Athripsodes cinereus, Bithynia tentaculata, Ceraclea nigronevosa, Cheumatopsyche lepida, Chironomus sp, Cloeon dipterum, Cryptochironomus sp, Elmis aenae, Erpobdella octoculata, Gerris najas, Helophorus arvernicus, Limnebius truncatellus, Limnephilus lunatus, Limnius volckmari, Limnodrilus ciaparedeianus, Lype phaeopa, Mystacides azurea, Neureclepsis bimaculata, Notidobia ciliaris, Orectochilus villosus, Oulimnius tuberculatus, Paratanytarsus sp, Polypedilum gr bicrenatum, Polypedilum gr nubeculosum, Potamophylax rotundipennis, Radix peregra, Specaria josinae, Sphaerium sp, Tinodes waeneri, Valvata piscinalis

Karakteristieke macrofyten

Myriophyllum spicatum, Ranunculus fluitans, Callitriche platycarpa, Hippuris vulgaris, Najas marina, Nuphar lutea, Potamogeton lucens, Potamogeton pectinatus, Potamogeton perfoliatus, Ranunculus aquatilis

F88: stromend, groot, ondiep, voedselrijk water

benedenlopen van beken, in het Pleistocene deel van Nederland; kleine rivieren.

Zeer karakteristieke macrofaunasoorten

Anabolia nervosa, Anodonta anatina, Calopteryx splendens, Cladotanytarsus sp, Cymus trimaculatus, Dicrotendipes gr nervosus, Haliplus fluviatilis, Hygrobatas longipalpis, Laccophilus hyalinus, Nais barbata, Nanocladius sp, Potamogeton moldaviensis, Proasellus coxalis, Thienemanniella sp, Unio pictorum

Karakteristieke macrofaunasoorten

Anodonta cygnea cygnea, Aphelocheirus aestivalis, Athripsodes albifrons, Athripsodes cinereus, Caenis horaria, Caenis luctuosa, Ceraclea nigronevosa, Cheumatopsyche lepida, Corynoneura sp, Cricotopus sp, Cryptochironomus sp, Ecnomus tenellus, Ephemerella ignita, Mideopsis orbicularis, Mystacides azurea, Nais pardalis, Neureclepsis bimaculata, Orectochilus villosus, Parachironomus gr arcuatus, Paratanytarsus sp, Phaenopsectra sp, Polypedilum brevipennatum, Psammoryctides albicola, Psammoryctides barbatus, Theodoxus fluviatilis, Tubifex ignotus, Vejdovskyella intermedia

Karakteristieke macrofyten

Callitriche platycarpa, Hippuris vulgaris, Najas marina, Nuphar lutea, Potamogeton lucens, Potamogeton pectinatus, Potamogeton perfoliatus, Ranunculus aquatilis

M31: stagnant, klein, droogvallend, voedselarm, zeer zuur water

regelmatig droogvallende geïsoleerde watertjes als poelen in veengebieden en vennetjes.

Karakteristieke macrofyten

Juncus bulbosus

M32: stagnant, klein, droogvallend, voedselarm, matig zuur water

regelmatig droogvallende geïsoleerde watertjes als poelen in veengebieden en vennetjes.

Zeer karakteristieke macrofaunasoorten

Aedes sp, Agabus labiatus, Agabus melanocornis, Argyroneta aquatica, Bidessus grossepunctatus, Bidessus unistriatus, Culiseta sp, Hagenella clathrata, Helophorus flavipes, Hydroporus erythrocephalus, Hydroporus notatus, Limnephilus auricula, Limnephilus griseus, Limnephilus luridus, Limnephilus subcentralis, Polypedilum uncinatum agg, Psectrocladius sp, Teimatopelopia nemorum, Trichostegia minor, Vejdovskyella comata

Karakteristieke macrofaunasoorten

Agabus affinis, Agabus congener, Agabus neglectus, Anacaena lutescens, Ceratopogonidae, Coquillettia richardii, Dixella amphibia, Enochrus affinis, Hebrus ruficeps, Helochares punctatus, Hydrochus brevis, Hydrochus carinatus, Hydroporus glabriusculus, Hydroporus gyllenhalii, Hydroporus incognitus, Hydroporus melanarius, Hydroporus morio, Hydroporus neglectus, Hydroporus scalesianus, Hydroporus striola, Hydroporus tristis, Hygrotus decoratus, Ilybius aenescens, Leucorhinia rubicunda, Limnephilus centralis, Limnephilus elegans, Limnephilus stigma, Limnephilus vittatus, Limnophyes sp, Mochlonyx culiciformis, Notonecta reuteri, Rhantus suturellus, Sigara nigrolineata, Stygodrilus heringianus, Sympecma fusca, Tipula sp, Zalutschia mucronata

Karakteristieke macrofyten

Juncus bulbosus, Ranunculus ololeucos

M33: stagnant, klein, droogvallend, voedselarm, niet zuur water
regelmatig droogvallende geïsoleerde poelen in veengebieden of kalkarme duinen.

Zeer karakteristieke macrofaunasoorten

Hagenella clathrata, Helophorus asperatus, Helophorus nanus, Helophorus pumilio, Hydraena riparia, Hydrochus elongatus, Hydrochus ignicollis, Hydroporus notatus, Limnephilus auricula, Limnephilus vittatus, Paracymus scutellaris, Trichostegia minor, Vejvodskyella comata

Karakteristieke macrofaunasoorten

Aedes sp., Agabus affinis, Agabus congener, Agabus labiatus, Agabus melanocomis, Agabus neglectus, Agabus striolatus, Agabus unguicularis, Anacaena lutescens, Coquillettia richardii, Culiseta sp., Cyphon sp/hydrocyphon sp/scirtes sp, Dixella amphibica, Enochrus affinis, Graptodytes granularis, Helochares punctatus, Helophorus flavipes, Helophorus strigifrons, Hydaticus seminiger, Hydaticus transversalis, Hydraena brittneri, Hydraena palustris, Hydrochus angustatus, Hydrochus brevis, Hydrochus carinatus, Hydroporus elongatulus, Hydroporus erythrocephalus, Hydroporus glabriusculus, Hydroporus melanarius, Hydroporus neglectus, Hydroporus scalesianus, Hydroporus striola, Hygrotylus decoratus, Ilybius aeneascens, Ilybius guttiger, Ilybius quadriguttatus, Ilybius subaeneus, Laccornis oblongus, Leucornhinia rubicunda, Limnebius aluta, Limnephilus elegans, Limnephilus griseus, Limnephilus stigma, Limnephilus subcentralis, Metriocnemus hirticollis, Mochlonyx culiciformis, Nartus grapii, Notonecta reuteri, Sigara nigrolineata, Sympecma fusca, Telmatopelopia nemorum, Zalutschia mucronata

Karakteristieke macrofyten

Callitriche hamulata, Echinodorus ranunculoides, Echinodorus repens, Elatine hexandra, Juncus bulbosus, Littorella uniflora, Lythrum portula, Piularia globulifera, Potamogeton coloratus, Potamogeton gramineus, Potamogeton polygonifolius, Ranunculus ololeucus

M37: stagnant, klein, droogvallend, matig voedselrijk water
regelmatig droogvallende geïsoleerde poelen.

Zeer karakteristieke macrofaunasoorten

Arenurus fimbriatus, Bathyporus contortus, Dixella amphibica, Dryops anglicanus, Hagenella clathrata, Helophorus asperatus, Helophorus croaticus, Helophorus nanus, Helophorus pumilio, Hydrochus megaphallus, Hydroporus notatus, Limnephilus incisus, Odontomyia sp., Paracymus scutellaris, Planorbis comeus, Segmentina nitida, Trichostegia minor, Xenopelopia nigricans

Karakteristieke macrofaunasoorten

Agabus affinis, Agabus congener, Agabus neglectus, Agabus striolatus, Agabus uliginosus, Agabus unguicularis, Callicorixa praeusta, Coquillettia richardii, Culiseta sp., Cyphon sp/hydrocyphon sp/scirtes sp, Dryops auriculatus, Dryops griseus, Enochrus coarctatus, Graptodytes granularis, Helophorus strigifrons, Hydaticus seminiger, Hydaticus transversalis, Hydraena brittneri, Hydraena palustris, Hydraena riparia, Hydrochus angustatus, Hydrochus carinatus, Hydrochus elongatus, Hydrochus ignicollis, Hydroporus glabriusculus, Hydroporus melanarius, Hydroporus neglectus, Hydroporus scalesianus, Hydroporus striola, Hygrotylus decoratus, Ilybius guttiger, Ilybius quadriguttatus, Laccornis oblongus, Limnebius aluta, Limnebius crinifer, Limnephilus auricula, Limnephilus elegans, Limnephilus stigma, Limnephilus vittatus, Metriocnemus hirticollis, Mochlonyx culiciformis, Nartus grapii, Nepa cinerea, Notonecta reuteri, Planorbis planorbis, Sigara nigrolineata, Stagnicola palustris, Suphrodytes dorsalis, Telmatopelopia nemorum, Zalutschia mucronata

Karakteristieke macrofyten

Callitriche hamulata, Callitriche platycarpa, Callitriche stagnalis, Montia fontana ssp fontana, Myriophyllum verticillatum, Polygonum amphibium, Potamogeton gramineus, Ranunculus aquatilis, Tolypella intricata

M38: stagnant, klein, droogvallend, voedselrijk water
regelmatig droogvallende geïsoleerde poelen en landbouwgebieden of kalkrijke duinen.

Zeer karakteristieke macrofaunasoorten

Acrictopus lucens, Hagenella clathrata, Helophorus croaticus, Hydroporus notatus, Limnephilus incisus, Macropelopia sp., Psectrotanypus varius, Trichostegia minor

Karakteristieke macrofaunasoorten

Agabus affinis, Agabus congener, Agabus neglectus, Agabus striolatus, Agabus uliginosus, Agabus unguicularis, Callicorixa praeusta, Chironomus sp., Coelambus impressopunctatus, Colymbetes fuscus, Coquillettia richardii, Culiseta sp., Dryops auriculatus, Helophorus pumilio, Helophorus strigifrons, Hydaticus seminiger, Hydaticus transversalis, Hydraena brittneri, Hydrochus carinatus, Hydrochus megaphallus, Hydroporus glabriusculus, Hydroporus melanarius, Hydroporus neglectus, Hydroporus scalesianus, Hydroporus striola, Hygrotylus decoratus, Ilybius ater, Ilybius guttiger, Ilybius quadriguttatus, Laccornis oblongus, Limnebius crinifer, Limnephilus stigma, Limnephilus vittatus, Metriocnemus hirticollis, Mochlonyx culiciformis, Nepa cinerea, Notonecta reuteri, Pisidium sp., Rhantus suturalis, Sigara nigrolineata, Suphrodytes dorsalis, Telmatopelopia nemorum, Zalutschia mucronata

Karakteristieke macrofyten

Callitriche obtusangula, Callitriche palustris, Callitriche platycarpa, Callitriche stagnalis, Hippuris vulgaris, Polygonum amphibium, Ranunculus aquatilis, Ranunculus baudotii

M47: stagnant, klein, diep, matig voedselrijk water
wielen en kolken langs de grote rivieren.

Zeer karakteristieke macrofaunasoorten

Caenis luctuosa, Cloeon simile, Erythromma najas, Gammarus pulex, Haliphus immaculatus, Hydrodroma despiciens, Limnesia undulata, Parachironomus gr arcuatus, Piona longipalpis, Polypedium gr sordens, Psectrocladius psilopterus, Tribelos intextus

Karakteristieke macrofaunasoorten

Caenis horaria, Ceratopogonidae, Chaetogaster diaphanus, Cymus crenaticomis, Cymus flavidus, Endochironomus gr dispar,

Endochironomus tendens, Enochrus melanocephalus, Gomphus pulchellus, Halipilus confinis, Halipilus flavicollis, Halipilus lineolatus, Halipilus obliquus, Halipilus varius, Hygrobatas longipalpis, Neumania limosa, Pagastiella orophila, Planorbis carinatus, Proasellus meridianus, Pseudochironomus sp, Ripistes parasita, Stictochironomus sp, Tabanidae, Tanypus kraatzii

Karakteristieke macrofyten

Myriophyllum alterniflorum, Nymphaea alba, Nymphoides peltata, Chara contraria

M48: stagnant, klein, diep, voedselrijk water

wielen en kolken langs de grote rivieren.

Zeer karakteristieke macrofaunasoorten

Arrenurus albator, Arrenurus biseissus, Arrenurus knauthi, Caenis luctuosa, Centropitulum luteolum, Chaoborus flavicans, Cloeon simile, Demicryptochironomus vulneratus, Dicrotendipes gr tritonus, Erythromma najas, Halipilus immaculatus, Hydrodroma despicens, Hygrobatas trigonicus, Stictochironomus sp, Tanytarsus sp

Karakteristieke macrofaunasoorten

Ablabesmyia longistyla, Caenis horaria, Cladotanytarsus sp, Cryptochironomus sp, Cyrnus flavidus, Ecnomus tenellus, Enochrus melanocephalus, Gomphus pulchellus, Halipilus confinis, Halipilus lineolatus, Halipilus obliquus, Halipilus varius, Mideopsis orbicularis, Neumania limosa, Pagastiella orophila, Psectrocladius psilopterus, Pseudochironomus sp, Slavina appendiculata, Stylaria lacustris

Karakteristieke macrofyten

Nuphar lutea, Nymphaea alba, Nymphoides peltata, Potamogeton lucens, Potamogeton pusillus, Chara contraria

M57: stagnant, groot, diep, matig voedselrijk water

zandwinplassen, kleiputten, grintgaten en grote kanalen.

Zeer karakteristieke macrofaunasoorten

Chaoborus flavicans, Chironomus gr plumosus, Cryptochironomus sp, Demicryptochironomus vulneratus, Harnischia sp, Piona coccinea, Piona paucipora, Potamogeton moldaviensis, Tribelos intextus

Karakteristieke macrofaunasoorten

Agabus nebulosus, Anabolia nervosa, Arrenurus biseissus, Arrenurus crassicaudatus, Aulodrilus plurisetus, Caenis horaria, Ceratopogonidae, Chaetogaster diaphanus, Chironomus gr thummi, Cladotanytarsus sp, Cristatella mucedo, Cryptotendipes sp, Halipilus confinis, Halipilus obliquus, Halipilus varius, Hydra oligactis, Hygrobatas longipalpis, Hygrobia hermanni, Ilybius fenestratus, Laccobius striatulus, Limnebius nitidus, Microtendipes gr chloris, Oecetis ochracea, Orthotrichia costalis, Paratanytarsus sp, Piona rotundoides, Polypedilum gr bicrenatum, Polypedilum nubeculosum, Potamonectes canaliculatus, Procladius sp, Psammoryctides barbatus, Ripistes parasita, Stictochironomus sp, Tanytarsus sp

M58: stagnant, groot, diep, voedselrijk water

zandwinplassen, kleiputten, grintgaten en grote kanalen.

Zeer karakteristieke macrofaunasoorten

Ablabesmyia phatta, Acentria nivea, Caenis horaria, Caenis luctuosa, Cloeon simile, Dugesia tigrina, Enallagma cyathigerum, Halipilus flavicollis, Hydrodroma despicens, Musculium lacustre, Rhyacodrilus falciformis

Karakteristieke macrofaunasoorten

Agabus nebulosus, Agralytes multipunctata, Anabolia nervosa, Chaetogaster langi, Chaoborus flavicans, Dugesia lugubris/polychroa, Halipilus confinis, Halipilus lineolatus, Halipilus obliquus, Halipilus varius, Hydrachna cruenta, Ilybius fenestratus, Laccobius striatulus, Laccophilus hyalinus, Limnebius nitidus, Limnodrilus claparedeianus, Oecetis ochracea, Ophidonais serpentina, Orthotrichia costalis, Pogonocladus consobrinus, Potamonectes canaliculatus, Procladius sp, Psectrocladius obivus, Psectrocladius psilopterus, Slavina appendiculata, Stylaria lacustris

Karakteristieke macrofyten

Nuphar lutea, Nymphaea alba, Nymphoides peltata, Chara contraria, Chara globularis, Nitella opaca

M61: stagnant, klein, ondiep, voedselarm, zeer zuur water

kleine, ondiepe poeltjes of venntjes die hydrologisch niet geïsoleerd zijn, in veengebieden.

Zeer karakteristieke macrofaunasoorten

Agrypnia obsoleta, Argynoneta aquatica, Brilia longifurca, Enallagma cyathigerum, Enochrus ochropterus, Gnaenocoris propinqua, Hebrus ruficeps, Helochares punctatus, Helophorus flavipes, Hesperocorixa castanea, Holocentropus dubius, Hydrochus brevis, Hydroporus melanarius, Leptophlebia vespertina, Leucorhinia rubicunda, Leucorhinia sp, Libellula depressa, Libellula quadrimaculata, Limnephilus luridus, Paralimnophyes hydrophilus, Phalacrocerca replicata, Rhadicoleptus alpestris, Teimatopelopia nemorum, Tipula sp

Karakteristieke macrofaunasoorten

Ablabesmyia phatta, Acilius canaliculatus, Anacaena lutescens, Arrenurus neumani, Berosus luridus, Berosus signaticollis, Ceratopogonidae, Corixa dentipes, Cymatia bonndorffi, Dytiscus lapponicus, Enochrus affinis, Enochrus coarctatus, Graphoderus zonatus, Gyrinus minutus, Hydrochus carinatus, Hydroporus erythrocephalus, Hydroporus neglectus, Hydroporus pubescens, Hydroporus tristis, Hydroporus umbrinus, Ilybius aenescens, Limnophyes sp, Oligotricha striata, Polypedilum uncinatum, Psectrocladius platypus, Psectrocladius psilopterus, Pseudochironomus prasinatus, Pseudorthocladus curtiastylus, Pseudosmittia trilobata, Rhantus suturellus, Stenochironomus sp, Sympecma fusca, Vejdvskyella comata

Karakteristieke macrofyten

Juncus bulbosus, *Utricularia minor*

M62: stagnant, klein, ondiep, voedselarm, matig zuur water

kleine, ondiepe poeltjes of vennetjes die hydrologisch niet geïsoleerd zijn, in veengebieden, of duinmeertjes in kalkarme duinen.

Zeer karakteristieke macrofaunasoorten

Acampocladius submontanus, *Agabus labiatus*, *Agabus melanocornis*, *Agrypnia obsoleta*, *Bidessus grossepunctatus*, *Bidessus unistriatus*, *Chaoborus crystallinus*, *Chaoborus obscuripes*, *Corynoneura* sp., *Dixella aestivalis*, *Enallagma cyathigerum*, *Endochironomus tendens*, *Enochrus ochropterus*, *Gerris lateralis*, *Glaenocoris propinqua*, *Hebrus ruficeps*, *Helochares punctatus*, *Helophorus flavipes*, *Hesperocorixa castanea*, *Holocentropus dubius*, *Holocentropus stagnalis*, *Hydrochus brevis*, *Hydroporus erythrocephalus*, *Limnephilus luridus*, *Limnephilus nigriceps*, *Notonecta obliqua*, *Notonecta viridis*, *Phaleococera replicata*, *Polypedium uncinatum*, *Psectrocladius platypus*, *Pyrrhosoma nymphula*, *Vejdovskyaella comata*

Karakteristieke macrofaunasoorten

Ablabesmyia longistyla, *Ablabesmyia phatta*, *Acilius canaliculatus*, *Agabus affinis*, *Agabus congener*, *Anacaena lutescens*, *Arctocoris gemari*, *Argyroneta aquatica*, *Arrenurus neumani*, *Berosus luridus*, *Berosus signaticollis*, *Ceratopogonidae*, *Ceriatrion tenellum*, *Chaoborus flavicans*, *Chironomus* sp., *Cloeon dipterum*, *Colymbetes paykullii*, *Coquillettia richardii*, *Corixa dentipes*, *Culex* sp., *Cymatia bondsdorffi*, *Cymatia coleoprata*, *Dixella amphibica*, *Dytiscus lapponicus*, *Dytiscus semisulcatus*, *Enochrus affinis*, *Enochrus coarctatus*, *Gerris gibbifer*, *Graphoderus zonatus*, *Gyrinus minutus*, *Hydrochus carinatus*, *Hydroporus gyllenhalii*, *Hydroporus incognitus*, *Hydroporus melanarius*, *Hydroporus neglectus*, *Hydroporus obscurus*, *Hydroporus pubescens*, *Hydroporus tristis*, *Hydroporus umbrosus*, *Ilybius aenescens*, *Leucomithia rubicunda*, *Microvelia umbricola*, *Notonecta reuteri*, *Polypedium gr nubeculosum*, *Polypedium gr sordens*, *Procladius* sp., *Psectrocladius psilopterus*, *Rhantus suturellus*, *Sigara distincta*, *Sigara fossarum*, *Sigara limitata*, *Sigara semistriata*, *Stylodrilus heringianus*, *Sympetma fusca*, *Xenopelopia nigricans*

Karakteristieke macrofyten

Juncus bulbosus, *Ranunculus ololeucus*, *Utricularia minor*, *Utricularia ochroleuca*, *Nitella flexilis*, *Nitella translucens*

M63: stagnant, klein, ondiep, voedselarm, niet zuur water

kleine, ondiepe poeltjes of vennetjes die hydrologisch niet geïsoleerd zijn, in veengebieden, of duinmeertjes in kalkarme duinen.

Zeer karakteristieke macrofaunasoorten

Agabus congener, *Arctocoris gemari*, *Ceriatrion tenellum*, *Cymatia bondsdorffi*, *Enochrus isotae*, *Gerris lateralis*, *Helophorus nanus*, *Helophorus pumilio*, *Hesperocorixa moesta*, *Hydrochus elongatus*, *Hydrochus ignicollis*, *Hydrochus megaphallus*, *Hydroporus erythrocephalus*, *Natarsia* sp., *Paralimnophyes hydrophilus*, *Porhydrus lineatus*, *Sigara nigrolineata*, *Sigara semistriata*, *Telmatoscopus* sp., *Vejdovskyaella comata*, *Xenopelopia nigricans*

Karakteristieke macrofaunasoorten

Acilius canaliculatus, *Acilius sulcatus*, *Aedes* sp., *Aeshna grandis*, *Agabus labiatus*, *Agabus melanocornis*, *Agabus undulatus*, *Agrypnia obsoleta*, *Bathymphalus contortus*, *Berosus luridus*, *Berosus signaticollis*, *Coenagrion puella*, *Colymbetes paykullii*, *Corixa dentipes*, *Cymatia coleoprata*, *Cyphon sp/hydrocyphon sp/scirtes sp*, *Dryops auriculatus*, *Dryops griseus*, *Dryops luridus*, *Dytiscus lapponicus*, *Dytiscus semisulcatus*, *Enochrus affinis*, *Enochrus coarctatus*, *Enochrus ochropterus*, *Enochrus quadripunctatus*, *Enochrus testaceus*, *Gerris gibbifer*, *Gerris thoracicus*, *Graphoderus bilineatus*, *Graphoderus cinereus*, *Graphoderus zonatus*, *Gyrinus caspius*, *Gyrinus minutus*, *Gyrinus suffriani*, *Haliplus heydeni*, *Haliplus mucronatus*, *Haliplus variegatus*, *Helochares lividus*, *Helochares obscurus*, *Helophorus asperatus*, *Helophorus flavipes*, *Helophorus strigifrons*, *Hirudo medicinalis*, *Holocentropus dubius*, *Holocentropus stagnalis*, *Hydaticus seminiger*, *Hydaticus transversalis*, *Hydraena assimilis*, *Hydraena brittini*, *Hydraena palustris*, *Hydrochara caraboides*, *Hydrochus angustatus*, *Hydrochus brevis*, *Hydrochus carinatus*, *Hydroporus angustatus*, *Hydroporus pubescens*, *Hygrobia hermanni*, *Ilybius subaeneus*, *Ilyocoris cimicoides*, *Laccophilus ponticus*, *Limnephilus alata*, *Limnephilus binotatus*, *Limnephilus marmoratus*, *Microvelia reticulata*, *Mystacides longicornis*, *Notonecta obliqua*, *Notonecta reuteri*, *Notonecta viridis*, *Ochthebius bicolor*, *Oecetis lacustris*, *Paracymus scutellaris*, *Polypedium uncinatum*, *Proasellus meridianus*, *Psectrocladius gr sordidellus/limbatellus*, *Psectrocladius obivius*, *Psectrocladius psilopterus*, *Pyrrhosoma nymphula*, *Segmentina nitida*, *Sigara scotti*, *Stictochironomus* sp., *Telmatogoninae*

Karakteristieke macrofyten

Callitriche hamulata, *Echinodorus ranunculoides*, *Echinodorus repens*, *Elatine hexandra*, *Isoetes echinospora*, *Isoetes lacustris*, *Littorella uniflora*, *Lobelia dortmanna*, *Luronium natans*, *Lythrum portula*, *Myriophyllum alterniflorum*, *Nitella flexilis*, *Nymphaea alba*, *Pilularia globulifera*, *Potamogeton gramineus*, *Potamogeton polygonifolius*, *Ranunculus ololeucus*, *Scirpus fluitans*, *Sparganium angustifolium*, *Sparganium natans*, *Utricularia australis*, *Utricularia intermedia*, *Utricularia minor*, *Utricularia ochroleuca*

M67: stagnant, klein, ondiep, matig voedselrijk water

kleine, ondiepe poeltjes of vennetjes die hydrologisch niet geïsoleerd zijn.

Zeer karakteristieke macrofaunasoorten

Acroloxus lacustris, *Anisus vortex*, *Anisus vorticulus*, *Armiger crista*, *Arrenurus integrator*, *Arrenurus mulleri*, *Athripsodes atremimus*, *Bathymphalus contortus*, *Callicorixa praeusta*, *Chaoborus crystallinus*, *Chaoborus flavicans*, *Chaoborus obscuripes*, *Dero digitata*, *Dixella aestivalis*, *Endochironomus gr dispar*, *Eylais tantilla*, *Guttipelopia guttipennis*, *Gyrulus riparius*, *Haliplus fulvicollis*, *Helophorus croaticus*, *Helophorus nanus*, *Helophorus pumilio*, *Hippeutis complanatus*, *Holocentropus picicornis*, *Hydroglyphus pusillus*, *Hygrotus inaequalis*, *Limnesia connata*, *Metricnemus* sp., *Midea orbiculata*, *Mystacides longicornis*, *Piona carnea*, *Piona nodata*, *Planorbis carinatus*, *Porhydrus lineatus*, *Psectrocladius psilopterus*, *Pyrrhosoma nymphula*, *Segmentina nitida*, *Tiphys ornatus*, *Valvata cristata*, *Xenopelopia nigricans*

Karakteristieke macrofaunasoorten

Acilius canaliculatus, *Acilius sulcatus*, *Agabus undulatus*, *Anopheles* sp., *Argyroneta aquatica*, *Arrenurus bifidicodulus*, *Arrenurus buccinator*, *Arrenurus cuspidator*, *Arrenurus globator*, *Aulodrilus limnobius*, *Aulophorus furcatus*, *Caenis robusta*, *Cataclysta lemnata*, *Ceraclea fulva*, *Ceraclea senilis*, *Chaetogaster diastrophus*, *Cloeon dipterum*, *Colymbetes fuscus*, *Colymbetes paykullii*, *Corixa punctata*, *Cymatia coleoprata*, *Cyphon sp/hydrocyphon sp/scirtes sp*, *Cynus crenaticornis*, *Dendrocoelum lacteum*, *Dicrotendipes gr lobiger*

Dryops auriculatus, *Dryops griseus*, *Dryops luridus*, *Dugesia lugubris/polychroa*, *Dytiscus lapponicus*, *Enallagma cyathigerum*, *Enochrus isotae*, *Enochrus quadripunctatus*, *Erpobdella testacea*, *Gerris odontogaster*, *Glyphotaelius pellucidus*, *Graphoderus bilineatus*, *Graphoderus cinereus*, *Gyraulus albus*, *Gyrinus caspius*, *Gyrinus suffriani*, *Haliplus heydeni*, *Helius* sp., *Helochares lividus*, *Helochares obscurus*, *Helophorus asperatus*, *Helophorus strigifrons*, *Hydaticus seminiger*, *Hydaticus transversalis*, *Hydraena britteni*, *Hydraena palustris*, *Hydraena riparia*, *Hydrochara caraboides*, *Hydrochus angustatus*, *Hydrochus brevis*, *Hydrochus elongatus*, *Hydrochus ignicollis*, *Hydrochus megaphallus*, *Hydrophilus piceus*, *Hydroporus angustatus*, *Hydroporus erythrocephalus*, *Hygrotus decoratus*, *Hyphydrus ovatus*, *Ilyocoris cimicoides*, *Laccophilus ponticus*, *Leptocerus tineiformis*, *Limnebius aluta*, *Limnebius crinifer*, *Limnephilus marmoratus*, *Limnephilus politus*, *Limnoxenus niger*, *Noterus crassicornis*, *Notonecta obliqua*, *Ochthebius bicolor*, *Oecetis furva*, *Paracymus scutellaris*, *Paramerina cingulata*, *Paroecetis struckii*, *Phryganea bipunctata*, *Phryganea grandis*, *Physa fontinalis*, *Pionacercus vatrax*, *Planorbis cornuus*, *Plea minutissima*, *Polycelis nigra*, *Polypedium uncinatum*, *Psectrocladius gr sordidellus/limbatellus*, *Psectrocladius obivus*, *Psectrotanytus varius*, *Ranatra linearis*, *Rhantus frontalis*, *Rhantus suturalis*, *Stagnicola palustris*, *Stictochironomus* sp., *Succineidae*, *Sympetrum sanguineum*, *Sympetrum striolatum*, *Tricholeiochiton fagesii*, *Unionicola figuralis*, *Zavreliella marmorata*

Karakteristieke macrofyten

Azolla caroliniana, *Alisma gramineum*, *Butomus umbellatus*, *Callitriche hamulata*, *Callitriche hermaphroditica*, *Callitriche platycarpa*, *Callitriche stagnalis*, *Chara aculeolata*, *Chara hispida*, *Chara contraria*, *Chara globularis*, *Hippuris vulgaris*, *Hottonia palustris*, *Hydrocharis morsus-ranae*, *Luronium natans*, *Montia fontana ssp fontana*, *Myriophyllum alterniflorum*, *Myriophyllum spicatum*, *Myriophyllum verticillatum*, *Nitella syncarpa*, *Nitella flexilis*, *Nymphaea alba*, *Nymphaeoides peltata*, *Polygonum amphibium*, *Potamogeton acutifolius*, *Potamogeton alpinus*, *Potamogeton berchtoldii*, *Potamogeton compressus*, *Potamogeton gramineus*, *Potamogeton lucens*, *Potamogeton natans*, *Potamogeton obtusifolius*, *Potamogeton perfoliatus*, *Potamogeton x zizii*, *Ranunculus aquatilis*, *Ranunculus circinatus*, *Ranunculus hederaceus*, *Ranunculus peltatus*, *Sagittaria sagittifolia*, *Sparganium angustifolium*, *Sparganium emersum*, *Stratiotes aloides*, *Tolypella glomerata*, *Tolypella intricata*, *Utricularia australis*, *Utricularia intermedia*, *Utricularia vulgaris*

M68: stagnerend, klein, ondiep, voedselrijk water

kleine, ondiepe poeltjes of vennetjes die hydrologisch niet geïsoleerd zijn, in landbouwgebieden; duinmeertjes in kalkrijke duinen; oeverzones van meren en plassen.

Zeer karakteristieke macrofaunasoorten

Ablabesmyia monilis, *Anatopynia plumipes*, *Anisus vortex*, *Arrenurus perforatus*, *Caenis robusta*, *Dero dorsalis*, *Dicrotendipes gr lobiger*, *Haemonia waldvogeli*, *Haliplus heydeni*, *Helophorus croaticus*, *Limnesia fulgida*, *Lymnaea stagnalis*, *Mystacides longicornis*, *Physa fontinalis*, *Planorbis cornuus*

Karakteristieke macrofaunasoorten

Ablabesmyia longistyla, *Ablabesmyia phatta*, *Acilius canaliculatus*, *Acilius sulcatus*, *Acricotopus lucens*, *Acroloxus lacustris*, *Agabus undulatus*, *Agrylea multipunctata*, *Agrypnia pagetana*, *Arrenurus bifidicodulus*, *Arrenurus buccinator*, *Arrenurus cuspidator*, *Arrenurus fimbriatus*, *Arrenurus globator*, *Arrenurus securiformis*, *Arrenurus sinuator*, *Arrenurus stecki*, *Asellus aquaticus*, *Athripsodes aterrimus*, *Bithynia leachi*, *Bithynia tentaculata*, *Cataclysta lemnata*, *Chaoborus flavicans*, *Clinotanytus nervosus*, *Coelambus impressopunctatus*, *Coenagrion pulchellum*, *Colymbetes fuscus*, *Coquillettidia richardii*, *Corixa punctata*, *Cryptocladopelma gr lateralis*, *Dendrocoelum lacteum*, *Dryops luridus*, *Dugesia lugubris/polychroa*, *Endochironomus gr dispar*, *Enochrus testaceus*, *Erpobdella octoculata*, *Erpobdella testacea*, *Erythromma najas*, *Gerris odontogaster*, *Gerris thoracicus*, *Graphoderus bilineatus*, *Graphoderus cinereus*, *Haliplus ruficollis*, *Helius* sp., *Helochares obscurus*, *Helophorus pumilio*, *Hemiclepis marginata*, *Hesperocorixa linnei*, *Hesperocorixa sahlbergi*, *Hippeutis complanatus*, *Holocentropus picicornis*, *Hydaticus seminiger*, *Hydaticus transversalis*, *Hydrophilus piceus*, *Hygrotus inaequalis*, *Hyphydrus ovatus*, *Ilybius ater*, *Ilyocoris cimicoides*, *Laccophilus minutus*, *Limnebius crinifer*, *Limnephilus marmoratus*, *Limnephilus politus*, *Limnoxenus niger*, *Paramerina cingulata*, *Phryganea bipunctata*, *Phryganea grandis*, *Planorbis carinatus*, *Planorbis planorbis*, *Polycelis tenuis*, *Rhantus frontalis*, *Rhantus suturalis*, *Sigara falleni*, *Slavina appendiculata*, *Sphaerium* sp., *Stagnicola palustris*, *Stylaria lacustris*, *Tanytus kraatzi*, *Tanytus vilipennis*, *Theromyzon tessulatum*, *Triaenodes bicolor*, *Tricholeiochiton fagesii*, *Valvata cristata*, *Valvata piscinalis*, *Viviparus coniectus*

Karakteristieke macrofyten

Alisma plantago-aquatica, *Azolla filiculoides*, *Azolla caroliniana*, *Butomus umbellatus*, *Callitriche obtusangula*, *Callitriche palustris*, *Callitriche stagnalis*, *Ceratophyllum demersum*, *Ceratophyllum submersum*, *Elodea canadensis*, *Groenlandia densa*, *Myriophyllum spicatum*, *Potamogeton alpinus*, *Potamogeton berchtoldii*, *Potamogeton crispus*, *Potamogeton mucronatus*, *Potamogeton pusillus*, *Potamogeton trichoides*, *Sparganium emersum*, *Vallisneria spiralis*, *Wolffia arrhiza*, *Tolypella prolifera*, *Chara vulgaris*, *Nitella capillaris*, *Nitella mucronata*

M73: stagnerend, middelgroot, ondiep, voedselarm, niet zuur water potgeten.

Zeer karakteristieke macrofaunasoorten

Arctocorixa germari, *Cymatia borsdorffi*, *Erythromma najas*, *Hesperocorixa moesta*, *Microchironomus tener*, *Paracladius conversus*, *Sigara semistriata*, *Vejdovskyella comata*

Karakteristieke macrofaunasoorten

Ablabesmyia longistyla, *Ablabesmyia monilis*, *Acilius canaliculatus*, *Acilius sulcatus*, *Agabus congener*, *Agabus labiatus*, *Agabus melanocornis*, *Agrypnia pagetana*, *Agrypnia varia*, *Anodonta anatina*, *Berosus luridus*, *Berosus signaticollis*, *Chaoborus flavicans*, *Coelambus novemlineatus*, *Coenagrion puella*, *Cordulegaster boltonii*, *Cordulia aenea*, *Corixa dentipes*, *Corixa panzeri*, *Corynoneura scutellata* agg., *Cryptocladopelma gr lateralis*, *Cybister lateralmarginalis*, *Cymatia coleoptrata*, *Cymus flavidus*, *Cymus insolutus*, *Dicrotendipes gr tritonus*, *Dytiscus circumcinctus*, *Dytiscus lapponicus*, *Dytiscus semisulcatus*, *Endochironomus tendens*, *Enochrus melanocephalus*, *Gerris gibbifer*, *Gerris thoracicus*, *Graphoderus bilineatus*, *Graphoderus cinereus*, *Graphoderus zonatus*, *Gyrinus caspius*, *Gyrinus minutus*, *Haliplus mucronatus*, *Haliplus variegatus*, *Helophorus flavipes*, *Hirudo medicinalis*, *Holocentropus dubius*, *Holoceropus stagnalis*, *Hydrochus carinatus*, *Hydroporus pubescens*, *Ilybius aenesens*, *Ilybius fenestratus*, *Ilybius subaeneus*, *Laccophilus ponticus*, *Leptophlebia vespertina*, *Limnephilus binotatus*, *Lype phaeopa*, *Musculium lacustre*, *Naucoris maculatus*, *Notonecta obliqua*, *Notonecta reuteri*, *Oecetis lacustris*, *Oulimnius rivularis*, *Phalacropera replicata*, *Polypedium gr sordens*, *Polypedium uncinatum*, *Porhydrus lineatus*, *Prodiamesa olivacea*, *Psectrocladius gr sordidellus/limbatellus*, *Psectrocladius obivus*, *Pseudochironomus* sp., *Pseudorthocladus curtistylus*

Pyrhosoma nymphula, *Rhantus exoletus*, *Rhantus suturellus*, *Sigara scotti*, *Sisyr fuscata*, *Somatochlora metallica*, *Stenochironomus* sp., *Stictochironomus* sp., *Sympetma fusca*, *Sympetrum flaveolum*, *Tribelos intextus*, *Tricholeiochiton fagesii*, *Unionicola crassipes*

Karakteristieke macrofyten

Callitriche hamulata, *Echinodorus ranunculoides*, *Echinodorus repens*, *Elatine hexandra*, *Myriophyllum alterniflorum*, *Nymphaea alba*, *Potamogeton gramineus*, *Potamogeton polygonifolius*, *Sparganium angustifolium*, *Sparganium natans*

M77: stagnant, middelgroot, ondiep, matig voedselrijk water

petgaten en meertjes in enigszins geïsoleerde gebieden.

Zeer karakteristieke macrofaunasoorten

Aeshna isocelis, *Aeshna mixta*, *Aeshna viridis*, *Agabus congener*, *Anatopynia plumipes*, *Bdellocephala punctata*, *Callicorixa praeusta*, *Cymus insolutus*, *Erpobdella nigricollis*, *Eylais extendens*, *Eylais tantilla*, *Haementeria costata*, *Holocentropus picicornis*, *Myxas glutinosa*, *Oulimnius major*, *Piona variabilis*, *Ranatra linearis*, *Ripistes parasita*, *Spercheus emarginatus*, *Tanytus kraatzi*, *Tricholeiochiton fagesii*

Karakteristieke macrofaunasoorten

Acilius canaliculatus, *Acilius sulcatus*, *Acroloxus lacustris*, *Aeshna cyanea*, *Agraylea sexmaculata*, *Agrypnia varia*, *Anisus vorticulus*, *Arrenurus claviger*, *Arrenurus knauthi*, *Arrenurus pugionifer*, *Aulophorus furcatus*, *Caenis robusta*, *Ceraclea fulva*, *Ceraclea senilis*, *Chaetogaster diaphanus*, *Chaetogaster diastrophus*, *Corixa panzeri*, *Cybister lateralmarginalis*, *Cyphon sp/hydrocyphon sp/scirtes sp.*, *Cymus crenaticornis*, *Dytiscus circumcinctus*, *Endochironomus albipennis*, *Enochrus melanocephalus*, *Erotesia baltica*, *Gerris odontogaster*, *Glossiphonia heteroclita*, *Graphoderus bilineatus*, *Graphoderus cinereus*, *Gyrinus caspius*, *Gyrinus paykulli*, *Halipilus fulvus*, *Halipilus furcatus*, *Halipilus heydeni*, *Hydrophilus piceus*, *Hydrovatus cuspidatus*, *Ilybius fenestratus*, *Laccophilus ponticus*, *Leptocerus tineiformis*, *Limnephilus binotatus*, *Limnephilus politus*, *Limnoxenus niger*, *Mesovelia furcata*, *Micronecta minutissima*, *Mystacides azurea*, *Naucoris maculatus*, *Oecetis furva*, *Oulimnius rivularis*, *Paraponyx stratiotata*, *Piona alpicola/coccinea*, *Planorbis carinatus*, *Plea minutissima*, *Polycentropus irroratus*, *Pseudochironomus* sp., *Radix auricularia*, *Rhantus exoletus*, *Sisyr fuscata*, *Tinodes waeneri*, *Tiphys ornatus*, *Tubifex ignotus*, *Zavreliella mamorata*

Karakteristieke macrofyten

Alisma gramineum, *Callitriche hamulata*, *Callitriche platycarpa*, *Chara contraria*, *Chara globularis*, *Hippuris vulgaris*, *Hottonia palustris*, *Hydrocharis morsus-ranae*, *Nitella flexilis*, *Nymphaea alba*, *Nymphoides peltata*, *Polygonum amphibium*, *Potamogeton gramineus*, *Potamogeton lucens*, *potamogeton natans*, *Potamogeton obtusifolius*, *Potamogeton perfoliatus*, *Ranunculus aquatilis*, *Ranunculus circinatus*, *Sagittaria sagittifolia*, *Stratiotes aloides*, *Tolypella glomerata*

M78: stagnant, middelgroot, ondiep, voedselrijk water

kleine kanalen, meertjes en petgaten in landbouwgebieden.

Zeer karakteristieke macrofaunasoorten

Eylais extendens, *Forelia brevipes*, *Forelia liliacea*, *Haementeria costata*, *Halipilus heydeni*, *Oulimnius major*, *Piona alpicola/coccinea*, *Piona pusilla*, *Piona variabilis*, *Pionopsis lutescens*, *Piscicola geometra*, *Polypedilum gr bicrenatum*, *Potamothrix bedoti*, *Unionicola aculeata*

Karakteristieke macrofaunasoorten

Acilius canaliculatus, *Acilius sulcatus*, *Agrypnia varia*, *Anacaena bipustulata*, *Arrenurus crassicaudatus*, *Arrenurus globator*, *Arrenurus sinuator*, *Bithynia leachi*, *Caenis horaria*, *Cladotanytarsus* sp., *Cybister lateralmarginalis*, *Dreissena polymorpha*, *Gammarus tigrinus*, *Gerris odontogaster*, *Graphoderus bilineatus*, *Graphoderus cinereus*, *Graptodytes pictus*, *Gyrinus paykulli*, *Hesperocorixa linnei*, *Hesperocorixa sahlbergi*, *Holocentropus picicornis*, *Hydrophilus piceus*, *Hydrovatus cuspidatus*, *Ilybius fenestratus*, *Limnephilus politus*, *Limnodrilus clarepedelanus*, *Limnoxenus niger*, *Mesovelia furcata*, *Mystacides azurea*, *Naucoris maculatus*, *Ophidonais serpentina*, *Oulimnius rivularis*, *Pseudochironomus* sp., *Sigara falleni*, *Slavina appendiculata*, *Stylaris lacustris*, *Tinodes waeneri*, *Trisnoides bicolor*, *Tricholeiochiton fagesii*, *Unionicola crassipes*, *Valvata piscinalis*

M87: stagnant, groot, ondiep, matig voedselrijk water

open water van meren en plassen in enigszins geïsoleerde gebieden.

Zeer karakteristieke macrofaunasoorten

Corynoneura sp., *Cryptocladopelma* gr *laccophila*, *Dicrotendipes* gr *nervosus*, *Endochironomus albipennis*, *Endochironomus tendens*, *Eylais extendens*, *Eylais hamata*, *Hydrachna globosa*, *Hydrodroma despiciens*, *Nais barbata*, *Nanocladius* sp., *Oulimnius major*, *Parachironomus* gr *arcuatus*, *Piona pusilla*, *Piscicola geometra*, *Polypedilum gr sordens*, *Psammoryctides moravicus*, *Unionicola aculeata*

Karakteristieke macrofaunasoorten

Ablabeomyia longistyla, *Agraylea multipunctata*, *Anodonta anatina*, *Arrenurus crassicaudatus*, *Arrenurus globator*, *Aulophorus furcatus*, *Brachypoda versicolor*, *Caenis horaria*, *Ceraclea fulva*, *Ceraclea senilis*, *Chaetogaster cristallinus*, *Chaetogaster diaphanus*, *Chaoborus flavicans*, *Cladotanytarsus* sp., *Cricotopus* sp., *Cryptochironomus* sp., *Cryptotendipes* sp., *Cybister lateralmarginalis*, *Cymus crenaticornis*, *Cymus flavidus*, *Demeijerea rufipes*, *Dytiscus circumcinctus*, *Ecnomus tenellus*, *Ephemera vulgata*, *Gerris paludum*, *Gomphus pulchellus*, *Gyrinus caspius*, *Gyrinus paykulli*, *Hydrovatus cuspidatus*, *Ilybius fenestratus*, *Lithoglyphus naticoides*, *Musculium lacustre*, *Mystacides azurea*, *Mystacides nigra*, *Myxas glutinosa*, *Nais pardalis*, *Naucoris maculatus*, *Orchestia cavimana*, *Orthotrichia costalis*, *Piona alpicola/coccinea*, *Piona conglobata*, *Piona variabilis*, *Planorbis carinatus*, *Pogonocladus consobrinus*, *Potamothrix bavaricus*, *Potamothrix moldaviensis*, *Proasellus coxalis*, *Procladius bifidus*, *Psammoryctides albicola*, *Psammoryctides barbatus*, *Radix auricularia*, *Sialis lutaria*, *Sisyr fuscata*, *Sphaerium comeum*, *Stagnicola palustris*, *Theodoxus fluviatilis*, *Tinodes waeneri*, *Tribelos intextus*, *Tubifex ignotus*, *Unionicola crassipes*, *Valvata macrostoma*

Karakteristieke macrofyten

Alisma gramineum, *Callitriche hamulata*, *Callitriche platycarpa*, *Chara contraria*, *Chara globularis*, *Hippuris vulgaris*, *Hottonia palustris*, *Hydrocharis morsus-ranae*, *Nitella flexilis*, *Nymphaea alba*, *Nymphoides peltata*, *Polygonum amphibium*, *Potamogeton gramineus*, *Potamogeton lucens*, *potamogeton natans*, *Potamogeton obtusifolius*, *Potamogeton perfoliatus*, *Ranunculus aquatilis*, *Ranunculus circinatus*, *Sagittaria sagittifolia*, *Stratiotes aloides*, *Tolypella glomerata*

M88: stagnant, groot, ondiep, voedselrijk water
open water van meren en plassen.

Zeer karakteristieke macrofaunasoorten

Cladotanytarsus sp, *Cryptochironomus* sp, *Einfeldia* gr *insolita*, *Fleuria lacustris*, *Forelia variegator*, *Gyraulus laevis*, *Lithoglyphus naticoides*, *Microchironomus tener*, *Mideopsis orbicularis*, *Oulimnius major*, *Paranais frici*, *Piscicola geometra*, *Psammoryctides moravicus*, *Unio pictorum*

Karakteristieke macrofaunasoorten

Anodonta cygnea cygnea, *Branchiura sowerbyi*, *Coenagrion pulchellum*, *Cybister lateralimarginalis*, *Endochironomus albipennis*, *Hydrovatus cuspidatus*, *Hygrobates nigromaculatus*, *Ilybius fenestratus*, *Limnesia maculata*, *Limnodrilus claparedeianus*, *Lipiniella arenicola*, *Mystacides azurea*, *Mystacides nigra*, *Noterus clavicomis*, *Ophidonais serpentina*, *Orchestia cavimana*, *Orthotrichia costalis*, *Parachironomus* gr *arcuatus*, *Polypedilum* gr *bicrenatum*, *Polypedilum* gr *sordens*, *Potamopyrgus jenkinsi*, *Potamothenis bavaricus*, *Potamothenis moldaviensis*, *Psammoryctides albicola*, *Psammoryctides barbatus*, *Slavina appendiculata*, *Tanytus kraatzi*, *Theromyzon tessulatum*, *Tinodes waeneri*, *Tubifex nerthus*, *Tubifex newaensis*, *Valvata macrostoma*

Karakteristieke macrofyten

Chara contraria, *Nitella hyalina*, *Nitella mucronata*, *Nitella opaca*, *Nitellopsis obtusa*

M98: stagnant, ondiep, voedselrijk water

alle stagnante, ondiepe, voedselrijke wateren, de dimensie is niet van belang (M78).

Karakteristieke macrofyten

Alisma gramineum, *Callitriche platycarpa*, *Elodea nuttallii*, *Hippuris vulgaris*, *Hydrocharis morsus-ranae*, *Lemna gibba*, *Lemna minor*, *Lemna trisulca*, *Najas marina*, *Nuphar lutea*, *Nymphaea alba*, *Nymphoides peltata*, *Polygonum amphibium*, *Potamogeton x decipiens*, *Potamogeton x fluitans*, *Potamogeton lucens*, *Potamogeton natans*, *Potamogeton pectinatus*, *Potamogeton perfoliatus*, *Potamogeton praelongus*, *Potamogeton x sparganifolius*, *Ranunculus aquatilis*, *Ranunculus baudotii*, *Ranunculus circinatus*, *Sagittaria sagittifolia*, *Salvinia natans*, *Spirodela polyrhiza*, *Stratiotes aloides*, *Zannichellia pal. ssp palustris*, *Zannichellia pal. ssp pedicellata*, *Chara globularis*

In het deelprogramma Natuurontwikkeling zijn de volgende NBP-onderzoeksrapporten verschenen:

1. H. Olf 1992. Een verkennig van modellen
2. J.G.M. Rademakers 1993. Natuurontwikkeling uiterwaarden & ecologisch onderzoek; een verkennende studie
3. W. van der Hoek & B. Higler 1993. Natuurontwikkeling in beken en beekdalen: verkennende studie naar mogelijkheden van natuurontwikkeling in beek- en beekdalsystemen in Nederland
4. C.T.M. Vertegaal e.a.1993. Natuurontwikkeling in de duinen: kennis en kennislacunes
5. A.H. Prins 1993. Laagvenen; een verkenning van mogelijkheden voor natuurontwikkeling