

ecologische normdoelstellingen
voor
nederlandse oppervlaktewateren

inhoudsopgave

		III Ecologische normdoelstellingen per type oppervlaktewater	21
		1. Inleiding	21
		2. Wateren van het rivierstelsel	23
		2.1 Inleiding	23
		2.2 Bronnen	24
		2.3 Beken	29
		2.4 Rivieren	42
		3. Functionele wateren, gegraven	53
		3.1 Inleiding	53
		3.2 Drinkpoelen	54
		3.3 Stadswateren	56
		3.4 Sloten	61
		3.5 Kanalen	70
		4. Stagnante wateren, al dan niet gegraven	75
		4.1 Inleiding	75
		4.2 Vennen en pingo-ruïnes	76
		4.3 Duinmeren	82
		4.4 Wielen	87
		4.5 Zand-, grind- en kleigaten	90
		4.6 Petgaten	96
		4.7 Meren en plassen	101
		5. Brakke en zoute wateren	111
		5.1 Inleiding	111
		5.2 Dobben	112
		5.3 Kreken	115
		5.4 Getijdewateren	126
I Inleiding	5	IV Overzichten per parameter	141
II Toelichting en verantwoording	9	1. Inleiding	141
1. Voorgeschiedenis	9	2. Fysische en chemische parameters	141
2. Terminologie	10	3. Biotische parameters	150
3. Watertypen	11	4. Literatuur	152
4. Parameters, normen, normdoelstellingen	12		
5. Reacties op 7 ^e concept	14		
6. Verantwoording	16		
7. Literatuur	18		

inleiding

Oppervlaktewateren herbergen een verscheidenheid aan **waterorganismen**. Sommige daarvan zijn gemakkelijk zichtbaar, zoals drijvende of boven water uitstekende planten, watervogels en kikkers. In helder water kunnen met enige moeite ook vissen, kikkerlarven, salamanders en - in zout water - mosselen, zeesterren, krabben, kreeften en kwalen worden waargenomen. Om de vele kleinere diersoorten te kunnen zien moet men echter speciale moeite doen. Slakken, bloedzuigers, insectenlarven, waterspinnen, watervlooien e.d. zijn nog met het blote oog te zien. Voor ééncellige algensoorten, ééncellige diertjes, raderdierjes e.d. is gebruik van een microscoop nodig.

Het is daarom niet zo verwonderlijk dat oppervlaktewateren bij een oppervlakkige kennismaking meer overkomen als **vloeistof** dan als vestigingsplaats voor levensgemeen-

schappen, laat staan als "aquatische ecosystemen". Water wordt door de menselijke samenleving op grote schaal als grondstof, als vloeistof (H_2O), gebruikt, namelijk voor drinkwaterbereiding, voor zwembadwater, voor irrigatie en voor scheepvaart. Verder is in een land als Nederland een belangrijk deel van de infrastructuur bedoeld om de vloeistof water buiten te houden (dijken, polders). En tenslotte heeft deze vloeistof mensen er altijd toe verleid, hun afval erin te deponeren en er mee af te voeren. In de afgelopen 50 à 100 jaar heeft die gewoonte zelfs zodanige proporties aangenomen dat enkele van de eerder genoemde vormen van gebruik daardoor ernstig in de knel kwamen. Vooral de gezondheidsrisico's die dat voor de mens opleverde vormden eind jaren 60 de aanleiding voor het maken van wetten (in Nederland en in vele andere landen) ter bestrijding van de waterverontreiniging.

Tamelijk vroeg in de uitvoeringsgeschiedenis van de WVO (Wet verontreiniging oppervlaktewateren) uitte de rijksoverheid echter ook haar bezorgdheid over de bedreiging van in het water levende organismen. In het eerste IMP-Water (1975) werden twee groepen eisen onderscheiden die aan oppervlaktewater gesteld kunnen worden: (1) eisen gericht op de **algemene ecologische functie** van het water en (2) aanvullend te stellen eisen, afhankelijk van de **gebruiksdoeleinden**. Aan de formulering is te zien dat de gedachten toen hoofdzakelijk gingen in de richting van een algemeen beschermingsniveau. Er werd nog geen rekening gehouden met de mogelijkheid of noodzaak van verschillende eisen voor verschillende watertypen met hun karakteristieke levensgemeenschappen.

Het tweede IMP-Water (1981) deed een stap verder. Het gaf een duidelijk kader voor het formuleren van **ecologische doelstellingen** voor oppervlaktewateren. Er werden globaal drie niveaus onderscheiden, het laagste, middelste en hoogste, die oplopen van de basiskwaliteit tot de natuurlijke toestand. Gaande van laagste naar hoogste niveau zouden de doelstellingen moeten verschuiven van algemeen geldend naar meer specifiek voor watertypen of zelfs voor afzonderlijke wateren. Bij het opstellen van dit rapport is die



draad opgepakt. Het resultaat is een beschrijving van 16 typen oppervlaktewateren en per type een formulering van ecologische normdoelstellingen. Daarbij is voor wat betreft "doen en laten" ook een onderscheid gemaakt tussen de drie niveaus.

Het IMP-Water van 1981 spreekt van "het inzicht dat oppervlaktewateren ecosystemen zijn". Dit rapport gaat daar (vanzelfsprekend) ook van uit. Wat betekent het dat oppervlaktewateren als "**aquatische ecosystemen**" worden gezien?

Op de eerste plaats houdt het in dat **levende organismen** als de belangrijkste bestanddelen van het oppervlaktewater worden beschouwd. Oppervlaktewateren zijn als het ware huizen met bewoners. Vernietiging of vervuiling of verbouwing van zo'n huis leiden tot het teruglopen van aantallen en soorten bewoners.

Op de tweede plaats betekent het dat zowel de levende als de niet-levende bestanddelen van een oppervlaktewater nauwe **onderlinge relaties** hebben en niet als losse, uitwisselbare onderdelen kunnen worden beschouwd. Zonder algen en waterplanten kunnen vissen en andere diersoorten niet leven. Zonder bacteriën vindt er geen of weinig afbraak van organisch materiaal plaats. Het zuurstofgehalte van het water is afhankelijk van toevoer vanuit de lucht maar ook van de productie (door algen en waterplanten) en verbruik (door bacteriën en dierlijke organismen) in het water zelf.

De voorstelling van een oppervlaktewater als ecosysteem maakt verder de van nature bestaande grote **verschillen** in de fysische, chemische en vooral ook biologische eigenschappen van (groepen) oppervlaktewateren tot een basisgegeven. In snelstromende wateren vindt men andere vissoorten dan in langzaamstromende of stilstaande. In een kleine sloot staan in hoofdzaak waterplanten aan de basis van de voedselketen, in een wiel zijn het vooral de **planktonalgen**. Een kreek met brak tot zout water bevat een volstrekt andere gemeenschap van ongewervelde dieren dan een kreek met zoet water. Het langzaamstromende of stilstaande water van sloten en plassen heeft de neiging op den duur door aanslibbing en plantengroei te verlanden, terwijl snelstromende beekjes juist bodem meenemen en een gestadige erosie veroorzaken.

Tenslotte dwingt de toepassing van het ecosysteemdenkmodel op oppervlaktewateren tot een precieze bestudering van **stof- en energiestromen**, zowel in het oppervlaktewater zelf als tussen oppervlaktewater en omgeving (bodem, lucht). Productie en afbraak, invoer en uitvoer van organisch materiaal, fosfaatbalansen, zuurstofhuishouding en dergelijke zijn voor de toestand van een oppervlaktewater en de veranderingen daarin van groot belang en worden als vanzelfsprekend meegenomen in een ecosysteemvisie.

Miskennen van oppervlaktewateren als ecosystemen heeft er tot voor een jaar of twintig toe geleid dat de bestaande

eigenaardigheden van oppervlaktewateren slechts als lastige verschijnselen werden gezien. Bekken en rivieren werden "genormaliseerd" (uit het woordgebruik blijkt dat men de natuurlijke toestand niet de "normale" vond). Waterafvoer en -toevoer in beeksystemen en in polders werden gereguleerd om grond- en oppervlaktewaterpeilen gelijkmatiger te maken over de tijd en om periodieke overstromingen tegen te gaan. Water werd geforceerd naar plaatsen geleid waar het voor menselijke gebruiksdoelen het meest noodzakelijk was. Verder werd het "zelfreinigende vermogen" van oppervlaktewater tot in de jaren 70 als een belangrijke eigenschap beschouwd, typisch een gevolg van het feit dat oppervlaktewateren niet als ecosystemen, maar in dit geval als "zuiveringsinstallaties" werden gezien.

De ecosysteemvisie leidt niet per se tot precies tegenovergestelde wensen. Wel legt het belang van de in het water voorkomende organismen in die visie een veel groter gewicht in de schaal, waardoor de claims van de directe menselijke gebruiksbelangen in mindere mate gehonoreerd kunnen worden. Maar bovendien opent het ecosysteemmodel de ogen voor samenhangen. De neveneffecten van het omgaan met water vanuit een enge belangenbehartiging (bijv. het industriële belang van het zich gratis ontdoen van afvalstoffen, of het agrarisch belang van het in bepaalde jaargetijden snel kunnen verwijderen van overtollig water, of het belang van de overheid bij een voor goederentransport optimale infrastructuur, enz., enz.) worden beter gezien, niet alleen die in de richting van de oorspronkelijke levensgemeenschappen van het water, maar ook die in de richting van andere menselijke gebruiksbelangen. De ecosysteemvisie is niet alleen breder dan de sectoraal-technologische, maar ook dieper in de tijd: de tijdschaal die voor beslissingen worden gehanteerd is een veel langere, corresponderend met het (relatief) langzame tempo van evolutie van soorten en ecosystemen.

De wetenschap dat ecosystemen een eigen - in de loop van miljoenen jaren ontstane - ordening kennen en dat we de finesses van de werking daarvan nog maar in beperkte mate doorgronden, moet er verder toe leiden dat in het **omgaan met water** niet alleen het "**doen**" maar ook het "**laten**" een plaats krijgt. In bijna alle gevallen van "doen" gaat het tot nu toe om sectoraal handelen (zonder oog voor het ecosysteem als geheel) of om handelen dat nodig is om de effecten van eerder handelen te corrigeren. Slechts in een beperkt aantal gevallen is het "doen" uitdrukkelijk gericht geweest op een sturing van het ecosysteem als geheel. Waar het doel is om het ecosysteem zoals het is, in stand te houden (meestal met het oog op de daarin aanwezige levensgemeenschap), is "laten" op zijn plaats. Natuurlijke ecosystemen zijn uitstekend in staat zichzelf te "besturen".

In dit rapport worden de Nederlandse oppervlaktewateren in 23 typen verdeeld. Daarvan worden er 16 beschreven. Elk type is te beschouwen als een ecosysteemtype dat gekarakteriseerd kan worden door een combinatie van eigenschappen die betrekking hebben op vorm, grootte,

stroomsnelheid, stromingspatronen, fysische en chemische aspecten en de samenstelling van de levensgemeenschap.

Tussen de typen zijn er overeenkomsten en verschillen. Die kunnen niet op één as worden uitgezet. Het is dus bijvoorbeeld niet mogelijk de oppervlaktewateren met één schaal van kleurschakeringen te karakteriseren. Dergelijke methoden worden wel toegepast om een globale indruk van de kwaliteit van oppervlaktewateren te geven. Meestal betreft het dan één parameter, bijv. zuurstof, fosfaat, cadmium. Soms betreft het een uit meerdere grootheden samengestelde index, bijvoorbeeld de "IMP-index" of de klassen van het waterbeoordelingssysteem volgens Caspers en Karbe zoals dat in Noord- en Zuid-Holland wordt toegepast. Het aantal aspecten waarin typen oppervlaktewateren overeenkomen of verschillen is te groot om met één index recht te

doen aan de natuurlijke verscheidenheid. Dat werkt ook door in de normstelling. Zinnige ecologische normstelling is niet uitvoerbaar met één parameter, één index en zelfs niet met een in tabelvorm gerangschikte reeks parameters.

De **ecologische normdoelstellingen** in dit rapport hebben dan ook de vorm van een combinatie van een globale omschrijving van de levensgemeenschap en morfologische en hydrologische kenmerken, een opgave in tabelvorm van een aantal belangrijke fysische en chemische kenmerken en aanbevelingen voor doen en laten op drie niveaus. Kiezen voor het systeem als uitgangspunt in de normstelling betekent afstand doen van een eenvoudige, rechtlijnige wijze van normen formuleren. Dit nadeel moet echter worden geaccepteerd wil men werkelijk integraal milieu- en waterbeleid voeren.

*„There was a well and there was a rock.
At the well men had been drinking sweet water since that
first remote day, about a million years ago, when an apelike
man had wandered up from Africa. The watering place had
always been known in memory if not in speech as Makor,
the source.”*

James A. Michener, „The source”

toelichting en verantwoording

Met name ter voorbereiding van teksten voor het derde IMP-Water (1985-1989) besloot de CUWVO in 1980 om werkgroep V te vragen, voorstellen voor ecologische kwaliteitsdoelstellingen voor te bereiden. Subgroep 1 van CUWVO- werkgroep V heeft getracht in dit rapport voor de praktijk bruikbare, zij het nog summiere, omschrijvingen van ecologische kwaliteitsdoelstellingen te geven. De teksten waren in juni 1984 zover dat ze als "concept nr. 7" breed verspreid konden worden en samen met de daarop binnen gekomen commentaren als basis konden dienen voor gedeelten van het in 1985 verschenen IMP-Water 1985-1989 (ref. 2). Daarna is de definitieve, nu voor u liggende, versie van het rapport gemaakt.

Het IMP 1980-1984 onderscheidt drie niveaus van ecologische kwaliteitsdoelstellingen:

- het laagste, corresponderend met de basiskwaliteit, (op dit moment) zonder differentiatie naar watertype;
- het middelste, meer in de richting van de natuurlijke toestand, maar nog niet gelijk daaraan, met een differentiatie naar in Nederland voorkomende watertypen;
- het hoogste, corresponderend met de natuurlijke toestand, met een differentiatie naar afzonderlijke wateren.

1. VOORGESCHIEDENIS

In het IMP-Water 1980-1984 (ref. 1) wordt een overzicht gegeven van de eisen die gesteld worden, of zouden moeten worden, aan de kwaliteit van oppervlaktewateren. Daarbij wordt onderscheid gemaakt tussen kwaliteitseisen die voortvloeien uit functies van oppervlaktewateren (dat wil zeggen uit directe menselijke belangen) en die, welke voortvloeien uit de wens om levensgemeenschappen van waterorganismen te beschermen. Het IMP spreekt in dit verband over "mensgerichte"*) en "ecologische" waterkwaliteitsdoelstellingen, zonder hier overigens een al te scherpe scheiding in aan te brengen: "In de praktijk blijken deze twee lijnen dikwijls dicht bij elkaar te liggen of zelfs samen te vallen. Bovendien zal bij het tot gelding brengen van kwaliteitsdoelstellingen voor concrete oppervlaktewateren zoveel mogelijk een geïntegreerde benadering moeten worden toegepast,.....".

Ondanks het ontbreken van een scherpe scheiding is het, zoals het IMP zegt, nuttig om de ecologische en de mensgerichte lijn afzonderlijk te bespreken; er wordt dan ook aan het onderwerp van de "ecologische waterkwaliteitsdoelstellingen" in het IMP een afzonderlijke paragraaf (4.3) gewijd, met een korte schets van de wijze waarop dergelijke doelstellingen zouden kunnen worden geformuleerd. De betreffende tekst geeft echter geen uitgewerkte, in de praktijk toepasbare kwaliteitsdoelstellingen en verwijst daarvoor naar de mogelijkheden van uitwerking in de waterkwaliteitsplannen en naar de taak van de CUWVO-werkgroep V op dit gebied.

Van laagste naar hoogste niveau is er dus sprake van een toenemende mate van natuurlijkheid, corresponderend met een afnemende mate van menselijke beïnvloeding (door verontreiniging en andere vormen van aantasting), en tegelijkertijd een toenemende noodzaak van differentiatie (voortkomend uit de wetenschap dat de natuurlijke samenstelling van aquatische levensgemeenschappen van water tot water verschillend is en dat menselijke beïnvloeding tot nu toe meestal nivellerend gewerkt heeft).

De ecologische kwaliteitsdoelstelling van het laagste niveau, deel uitmakend van de basiskwaliteit, wordt in paragraaf 4.3 van het IMP 1980-1984 en in paragraaf 2.3 van het IMP 1985-1989 omschreven. Uit sinds ca. 1980 gevoerde discussies is wel gebleken dat ook op dit laagste niveau een zekere differentiatie gewenst is, met name in de omschrijving van het fysisch-chemische gedeelte van de kwaliteitsdoelstelling. Aan de andere kant kan het verschil in differentiatie tussen middelste en hoogste niveau meer graueel zijn dan het IMP aangeeft: ook bij het hoogste niveau kan men in bepaalde gevallen nog met typen of subtypen werken in plaats van met afzonderlijke wateren.

In dit rapport is per type steeds getracht zowel de doelstelling voor het laagste als die voor het middelste en hoogste niveau aan te geven. Daarbij worden ook overwegingen gegeven die tot een keuze van het niveau kunnen leiden. De beleidskeuze (in welke van de niveaus afzonderlijke wateren dienen te worden ingedeeld) wordt in dit rapport niet gemaakt, omdat die taak is weggelegd voor degenen die de waterkwaliteitsplannen op grond van de Wet verontreiniging oppervlaktewateren opstellen.

*) In dit rapport zal in plaats van "mensgericht" meestal de term "functioneel" gebruikt worden.

2. TERMINOLOGIE

Voordat wordt uiteengezet op welke wijze in dit rapport bij de verschillende typen oppervlaktewateren gebruik is gemaakt van de verschillende soorten parameters, en hoe vervolgens ecologische kwaliteitsdoelstellingen zijn geformuleerd, lijkt het goed, in het kort de betekenis van de begrippen "ecologische parameter", "ecologische norm", "ecologische kwaliteitsdoelstelling" en de nieuwe term "ecologische normdoelstelling" te omschrijven; daarbij wordt aangesloten op de definities in de Nota milieuhygiënische normen 1976 (ref. 4), het IMP-Water 1980-1984 (ref. 1), en het interim- advies van de Gezondheidsraad (ref. 6).

- Een *ecologische parameter* is een kwantificeerbare eigenschap waarmee een ecosysteem of een gedeelte daarvan beschreven kan worden. Men kan verschillende soorten ecologische parameters onderscheiden, bijv. fysische, chemische, morfologische, hydrologische en biologische. Behalve aan ecologische parameters zal in dit rapport ook enige aandacht worden gegeven aan "*functionele*" parameters, dat wil zeggen grootheden die kenmerkend zijn voor oppervlaktewateren uit een oogpunt van de functies die ze hebben voor de menselijke samenleving (bijv. "scheepvaartroute", "zwemwater").
- Een *ecologische norm* is een algemene regel met betrekking tot één ecologische parameter, met een bepaalde mate van bindendheid, al dan niet mede in kwantitatieve termen uitgedrukt. Voorbeeld: een bepaald type oppervlaktewater mag niet meer dan 0,1 mg fosfaat (totaal, uitgedrukt in P) per liter bevatten. Of: in de Rijn dient jaarlijks een doortrek van 100.000 individuen van de zalm (*Salmo salar*) plaats te vinden.
- Een *ecologische kwaliteitsdoelstelling* is een samenhangend geheel van normen met betrekking tot de ecologische toestand van een (stelsel van) oppervlaktewater(en), eventueel (mede) in de vorm van een verbale omschrijving. De stap die van ecologische norm naar ecologische kwaliteitsdoelstelling wordt gezet houdt bundeling én integratie van afzonderlijke normen in. Juist vanwege dat integrale aspect van de ecologische kwaliteitsdoelstelling zal deze als **belangrijkste** elementen ("kernelementen") eisen ten aanzien van het voorkomen van aquatische organismen moeten inhouden, met daaromheen gegroepeerd normen op het gebied van fysische, chemische, hydrologische en morfologische parameters.
- De Gezondheidsraad (ref. 6) heeft voorgesteld, de term "kwaliteitsdoelstelling" te vervangen door de term "*normdoelstelling*", omdat het woord "kwaliteit" al een beoordeling inhoudt, terwijl de doelstelling een omschrijving geeft van wat men wenst: de beoordeling volgt pas daarna. Deze term wordt in dit rapport overgenomen en gebruikt in plaats van de term "kwaliteitsdoelstelling" maar in dezelfde betekenis (zie boven).

3. WATERTYPEN

Als grondslag voor het formuleren van ecologische normdoelstellingen is in dit rapport gekozen voor een indeling van de Nederlandse oppervlaktewateren in een beperkt aantal (hoofd)typen die goed te definiëren en gemakkelijk te herkennen zijn.

Over de vraag met welke criteria de Nederlandse oppervlaktewateren in typen kunnen worden ingedeeld vindt, met name in kringen van hydrobiologen, een nog steeds voortdurende discussie plaats (zie ook paragraaf 5). Naar de mening van de opstellers van dit rapport kan met elk van de volgende groepen criteria: (1) fysisch/chemische, (2) morfologisch/hydrologische, (3) biologische, (4) functionele, of combinaties daarvan, in beginsel een zinvolle indeling gemaakt worden al naar gelang het doel dat men met de indeling beoogt. Er is niet zoiets als een universeel bruikbare indeling.

Voor het doel van dit rapport kan aan de keuze van criteria voor een indeling (die dus bruikbaar moet zijn in het kader van de bescherming van het oppervlaktewater tegen verontreiniging en andere vormen van aantasting) een aantal voorwaarden worden gesteld, die met name toegespitst dienen te worden op het ecologische karakter van de te formuleren doelstellingen.

De eerste voorwaarde is dat de indeling ten opzichte van maatregelen in het waterkwaliteitsbeheer redelijk stabiel moet zijn, dat wil zeggen dat veranderingen die het gevolg zijn van dergelijke maatregelen in het algemeen niet mogen leiden tot een andere classificatie van een oppervlaktewater. De doelstellingen zouden dan nl. niet aan een type kunnen worden gekoppeld, maar óf uniform worden voor alle wateren (waardoor een indeling in typen overbodig wordt), óf volstrekt arbitrair, dat wil zeggen los van de door de natuur oorspronkelijk bepaalde of door de mens in ruimtelijke ordening gewilde situatie (waardoor een indeling in typen uitsluitend een momentopname zou worden en bovendien het vaststellen van de typen in feite hetzelfde zou zijn als het vaststellen van de doelstellingen). Geen van beide kan als passend in het huidige waterkwaliteitsbeleid worden beschouwd. Deze voorwaarde betekent dat chemische parameters die direct verband houden met verontreinigende stoffen zo min mogelijk als indelingscriteria moeten worden gebruikt. Een beleid gericht op vermindering van de verontreiniging zou dan immers een ingrijpende verandering van de typen-indeling tot gevolg kunnen hebben.

Een tweede voorwaarde - samenhangend met het ecologische karakter van de indeling - is, dat deze uitdrukkelijk rekening houdt met de van nature aanwezige verschillen tussen oppervlaktewateren en in veel mindere mate met verschillen in gebruik door de mens. Dat wil zeggen dat functionele parameters (het feitelijke, huidige gebruik van oppervlaktewateren door de mens) in het algemeen niet in aanmerking komen als grondslag voor een indeling in het bovenbedoelde kader. Wel ligt het voor de hand om on-

derscheid te maken in een natuurlijke ontstaansgeschiedenis versus een doelbewuste aanleg door de mens.

Een derde en laatste voorwaarde is dat de parameters die uiteindelijk de essentie van de te formuleren normdoelstelling zullen vormen niet in eerste instantie voor de indeling in typen moeten worden toegepast, om te voorkomen dat cirkelredeneringen gaan optreden in de trant van "de ecologische normdoelstelling voor wateren waarin zalmen voorkomen is dat er (o.a.) zalmen in voorkomen". Omdat de kern van ecologische normdoelstellingen gevormd wordt door biologische normen, betekent deze voorwaarde dat biologische parameters zo min mogelijk als indelingscriteria moeten worden gebruikt.

Het zal uit het bovenstaande duidelijk zijn dat de criteria die voor het doel van dit rapport als grondslag voor een indeling gebruikt kunnen worden, vooral uit de groep van de morfologisch/hydrologische moeten komen. Deze zijn stabiel ten opzichte van (maatregelen tegen) verontreiniging, hebben een uitdrukkelijke relatie met natuurlijke ecosysteemverschillen, en vormen in dit kader niet de kern van de te formuleren normdoelstellingen.

Door toepassing van de criteria

- zout versus zoet
- stromend versus stagnant
- gegraven voor een specifiek doel versus niet gegraven of niet voor een specifiek doel gegraven

kan een indeling in vier hoofdgroepen worden gemaakt.

Door een verdere toepassing van vooral morfometrische criteria (vorm, grootte) kunnen in totaal 23 typen worden onderscheiden. Dit leidt tot de indeling van de Nederlandse oppervlaktewateren zoals die in tabel 1 wordt weergegeven. De typen kunnen in veel gevallen weer worden onderverdeeld in subtypen, bijvoorbeeld naar vorm, grootte, stroomsnelheid, ligging op een bepaalde grondsoort en zoutgehalte. In de hoofdstukken van deel III worden de belangrijkste subtypen per type beschreven. De hier gekozen indeling sluit goed aan op die welke in andere kaders is gemaakt (zie o.a. refs. 3, 10, 11, 14). Recent is een voorstel gedaan voor een indeling van Nederland in hydrobiologische districten (ref. 13). Het gaat daarbij niet zozeer om typen oppervlaktewateren als wel om gebieden die verschillen in een aantal kenmerken die voor de daar aanwezige oppervlaktewateren van belang zijn. Ook deze indeling maakt gebruik van parameters als reliëf (van belang voor morfologie, hydrologie en stroomsnelheid), grondsoort (van belang voor natuurlijke chemische samenstelling) en invloed van de zee (van belang voor zoutgehalte).

Aan 16 van de 23 typen is in deel III een hoofdstuk gewijd. Voor de overige 7 heeft de subgroep, om uiteenlopende redenen, afgezien van het produceren van een tekst. Deze zijn in tabel 1 gemerkt met een *.

Over deze 7 niet-beschreven typen kunnen nog de volgende opmerkingen worden gemaakt.

De **kleine rivieren** sluiten met een zeer geleidelijke over-

Tabel 1 Indeling van de Nederlandse oppervlaktewateren in typen

=	wateren van het rivierstelsel
-	bronnen
-	beken
-	kleine rivieren *
-	rivieren
=	functionele wateren, gegraven
-	drinkpoelen
-	stadswateren
-	sloten
-	weteringen en vaarten *
-	kanalen
-	havens *
=	stagnante wateren, al dan niet gegraven
-	vennen en pingo-ruïnes
-	duinmeren
-	wielen
-	oude rivierarmen *
-	zand-, grind- en kleigaten
-	petgaten
-	meren en plassen
=	brakke en zoute wateren
-	dobben
-	inlagen *
-	zoute meren *
-	kreken
-	getijdewateren
-	de zee *

*) Van deze typen is geen hoofdstuk in het rapport opgenomen.

gang aan op de beken. Uit het hoofdstuk BEKEN kan men al een indruk krijgen van de fysische, chemische en biologische kenmerken van kleine rivieren. Verder zijn er mogelijk redenen om in de toekomst een apart type gestuwde laaglandbeken te onderscheiden (zie hoofdstuk BEKEN, paragraaf 6). In dat geval moet zeker worden nagegaan of daarbij ook gestuwde kleine rivieren betrokken moeten worden. Het in paragraaf 5 onder d genoemde STORA-onderzoek zal daarin waarschijnlijk meer duidelijkheid verschaffen.

De **weteringen en vaarten** vormen een type tussen de sloten en de kanalen. Er lijkt voorlopig geen grote behoefte om een aparte beschrijving te geven. Voor het formuleren van concrete normdoelstellingen kan de waterbeheerder gebruik maken van de gegevens in de hoofdstukken **SLOTEN** en **KANALEN**.

De **havens** zijn voor de volledigheid in de lijst opgenomen, maar het lijkt weinig zinvol voor dit industriële watertype ecologische normdoelstellingen te formuleren.

De **oude rivierarmen** zijn door hun geïsoleerdheid vaak relatief weinig beïnvloed. Het lijkt de moeite waard, voor dit ty-

pe in de komende tijd nog een hoofdstuk te schrijven, hetgeen een taak kan zijn voor CUWVO-V. Hetzelfde zou kunnen gelden voor de **inlagen**.

De **zoute meren**, zoals de Grevelingen, vormen een categorie die uit ecologisch oogpunt erg interessant is. In die zin zou opname in het rapport van belang geweest kunnen zijn. Uit een oogpunt van het formuleren van normdoelstellingen is dat echter minder zinvol, omdat de beheersdoelen al geformuleerd zijn en omdat het hier meer om een experiment gaat dan om een groep wateren waarvoor een aantal algemene regels moeten worden geformuleerd.

De **zee** tenslotte is onderwerp van het waterkwaliteitsplan Noordzee, waarin in algemene termen een ecologische doelstelling is aangegeven en in meer specifieke zin referentiewaarden voor een aantal fysische en chemische parameters. Bovendien zal het programma Ecologisch Onderzoek Noordzee en Waddenzee (EON), dat in samenwerking tussen een aantal departementen en onderzoeksinstituten is opgezet, in de komende jaren inzichten moeten opleveren in het ecosysteem Noordzee. Daarna zal het naar verwachting mogelijk zijn ook voor de zee (in feite de Noordzee) ecologische normdoelstellingen op papier te zetten.

4. PARAMETERS, NORMEN, NORMDOELSTELLINGEN

Zoals in het vorige hoofdstuk is aangegeven kunnen voor (1) het indelen van oppervlaktewateren in typen in beginsel verschillende groepen parameters (als indelingscriteria) worden gebruikt; hetzelfde geldt voor (2) het beschrijven van de typen en de bij elk type voorkomende variaties, en (3) het formuleren van de daarbij behorende ecologische normdoelstellingen. Anders dan bij (1) zal echter bij (2) en (3) niet a priori een beperking tot een kleine groep voor het specifieke doel bruikbare parameters plaats moeten vinden, maar zullen in eerste instantie alle op oppervlaktewateren betrekking hebbende parameters (die immers in beginsel alle ecologisch relevant kunnen zijn) in beschouwing moeten worden genomen. In het proces van het beschrijven van typen en subtypen en het formuleren van praktische redenen, weer een beperking van het aantal te gebruiken parameters moeten worden doorgevoerd.

Over de vraag welke parameters het meest geschikt zijn voor ecologische normstelling vindt sinds 1981 een discussie plaats in de Commissie Ecologische Normen Waterbeheer van de Gezondheidsraad. Deze bereidt namelijk op verzoek van de toenmalige Minister van Volksgezondheid en Milieuhygiëne een advies voor over de mogelijkheden van het stellen van ecologische normen ten behoeve van het beheer van oppervlaktewateren. Genoemde commissie legt het accent op een fundamentele benadering waarin eerst wordt nagegaan welke parameters in beginsel geschikt zijn om aquatische ecosystemen zo goed mogelijk integraal te karakteriseren, zodat met een beperkt aantal parameters ecologische normen voor oppervlaktewateren

zouden kunnen worden gesteld. In 1984 is een interimadvies van de Commissie verschenen dat betrekking heeft op de definiëring en inhoud van begrippen die voor ecologische normstelling van belang zijn (ref. 6). Daarvan is in dit rapport reeds gebruik gemaakt (zie paragraaf 2). Het definitieve advies is nog niet uitgebracht. Het zal daarom nuttig zijn, de in dit rapport gekozen benadering ten aanzien van te gebruiken parameters - die hieronder is geschetst - te zijner tijd te confronteren met het advies van de Gezondheidsraad.

Het begrip "kwaliteitsdoelstelling" heeft in het waterbeheer een wettelijke status. Volgens art. 13 van de WVO kan bij algemene maatregel van bestuur worden bepaald welke kwaliteitsdoelstellingen ter bescherming van bij de kwaliteit van het water betrokken belangen moeten worden nagestreefd. In artikel 11 en 12 wordt bovendien gesteld dat in de (rijks- en provinciale) waterkwaliteitsplannen kwaliteitsdoelstellingen moeten worden aangegeven op het bereiken waarvan het beleid van de waterbeheerder gericht is. Beide artikelen van de WVO zijn op 1 januari 1982 van kracht geworden. Het in artikel 13 bepaalde heeft geleid tot een Algemene Maatregel van Bestuur (AMvB) met vijf in hoofdzaak functioneel bepaalde doelstellingen, nl. oppervlaktewater voor de bereiding van drinkwater, zwembadwater, water voor zalmachtigen, water voor karperachtigen en schelpdierwater (besluit van 3 november 1983, Staatsblad 1983, 606). Elk van deze vijf doelstellingen bestaat uit een reeks normen; meestal getalsnormen, soms echter parameters met een in woorden omschreven regel. De parameters in deze doelstellingen behoren tot de fysische en chemische categorieën, met uitzondering van enkele parameters die op bacteriën, virussen en smaak betrekking hebben. Dit ondanks het feit dat met name de kwaliteitsdoelstellingen voor karperachtigen en zalmachtigen ook ecologisch gericht zijn.

De reden dat tot nu toe voorrang gegeven is aan fysische en chemische parameters (bijvoorbeeld ook in het eerste en tweede IMP-Water) ligt gedeeltelijk in de functionele gerichtheid van de betreffende doelstellingen (bijvoorbeeld voor de drinkwaterbereiding is het op zich niet belangrijk hoe de morfologie van het oppervlaktewater is, of welke vissoorten er in voorkomen). Voorts is de relatie van deze groepen parameters met de diverse vormen van verontreiniging directer, hetgeen ze beter "stuurbaar" maakt dan biologische kenmerken waarin de effecten van verontreiniging immers pas in tweede instantie zichtbaar worden. Ook is de exactheid waarmee, in vergelijking met biologische parameters, waarden voor fysische en chemische parameters kunnen worden vastgesteld en gemeten, groter (hetgeen overigens niet betekent dat ze een oppervlaktewater beter karakteriseren). In verband met praktische overwegingen is daarom de neiging om fysische en chemische parameters te gebruiken tot nu toe zeer sterk geweest. Toch zullen ecologische kwaliteitsdoelstellingen, waartoe in het IMP 1980-1984 de eerste aanzetten werden gegeven, maar die tot nu toe niet in een stadium van bruikbaarheid in het beleid (laat staan van wettelijke status) zijn gekomen, ook en vooral in termen van biologische grootheden moeten worden geformuleerd. Deze vormen immers de "laatste toets" wanneer men wil nagaan

of maatregelen het gewenste resultaat leveren, bijvoorbeeld: of het terugdringen van een bepaald type lozingen leidt tot herstel van gedecimeerde vispopulaties. Men zou kunnen zeggen dat biologische parameters hiërarchisch boven fysisch-chemische staan.

De voorstellen in dit rapport zijn gericht op het formuleren van dergelijke kwaliteitsdoelstellingen (voortaan genoemd normdoelstellingen), waarin dus biologische elementen de kern vormen en andere, met name fysische en chemische parameters, meer de rol van randvoorwaarden spelen. Omdat, zoals boven al is opgemerkt, het minder eenvoudig is, biologische parameters van exacte regels (bijv. getalswaarden) te voorzien om er normen van te maken dan dat met fysische en chemische parameters het geval is, zullen de voorgestelde normdoelstellingen in vele opzichten geen juridisch bruikbare vorm hebben. Men zou zo'n juridische vorm wel kunnen forceren door bijvoorbeeld (1) voor een beperkt aantal parameters uitgebreide, gedetailleerde regels met talrijke "indien's" en uitzonderingsbepalingen op te stellen, óf door (2) de aandacht vooral te richten op normen voor zogenaamde systeemparameters, dat wil zeggen parameters die het ecosysteem in zijn geheel pretenderen te beschrijven (soortendiversiteit e.d.). Pogingen in die richting leken echter op het moment van het schrijven van dit rapport voorbarig, ook omdat de wenselijkheid van wettelijk vastgelegde ecologische normdoelstellingen op dit moment niet vaststaat.

Ook zonder strikt juridische vorm kunnen de normdoelstellingen voorlopig in het beleid worden toegepast. Bovendien leek het in dit pioniersstadium niet gewenst om, hangende de discussie in de Gezondheidsraad, nu al definitieve keuzes en beperkingen in te voeren. Wel had de subgroep een zekere voorkeur voor biologische deelparameters (met name betreffende afzonderlijke soorten of hogere taxa) boven systeemparameters, omdat de pretenties van deze laatste ten aanzien van beschrijving van het ecosysteem in zijn geheel naar het oordeel van de subgroep (nog) niet goed gefundeerd zijn. Om de geringe kwantificeerbaarheid enigszins te compenseren en om tegelijkertijd de relatie tussen ecologische normdoelstelling en feitelijk beheer te vergemakkelijken, werd in de formulering van de normdoelstelling een onderdeel "doen en laten" opgenomen, waarin voor het hoogste, middelste en laagste niveau wordt aangegeven welke maatregelen en activiteiten voor het behoud of terugkrijgen van bepaalde levensgemeenschappen gewenst of ongewenst zijn. Hierbij worden zowel maatregelen die onder de werkingssfeer van de WVO vallen, als maatregelen daarbuiten vermeld. Het behoeft geen betoog dat deze maatregelen in voldoende mate op elkaar afgestemd dienen te worden.

Bij het lezen van de beschrijvingen van de natuurlijke levensgemeenschappen zal men zien dat er verschillen zijn in de mate van gedetailleerdheid. Dit is gedeeltelijk een gevolg van het verschil in beschikbare kennis, maar ook van het feit dat bij sommige typen een aantal zeer specifieke kenmerkende soorten horen, terwijl andere typen slechts alge-

meen voorkomende soorten herbergen, waarvan het in dit kader niet zinvol is ze alle expliciet te vermelden.

Als **referentiekader** is in het tweede IMP duidelijk gekozen voor de mate van natuurlijkheid van oppervlaktewateren en de daarbij behorende levensgemeenschappen. Dit komt met name tot uitdrukking in de omschrijving van hoogste, middelste en laagste niveau (zie paragraaf 1). Aan dit referentiekader is vastgehouden bij het formuleren van de doelstellingen per type. In een aantal gevallen is het echter nodig geweest in afwijking daarvan een meer op de menselijke maatschappij gericht referentiekader te volgen, namelijk bij de typen die ten behoeve van een specifiek maatschappelijke functie door de mens gemaakt zijn (sloten, kanalen, stadswateren, drinkpoelen). De subgroep realiseert zich dat andere referentiekaders dan de mate van natuurlijkheid theoretisch mogelijk zijn. Te denken valt hierbij bijvoorbeeld aan de potentiële ecologische ontwikkelingsmogelijkheden. Ze heeft echter gemeend zich in deze fase niet in die mogelijkheden te moeten verdiepen, omdat dat veel tijd gekost zou hebben (er zijn op dit moment geen bruikbare andere referentiesystemen) en het totstandkomen van ecologische normdoelstellingen zou hebben vertraagd.

Van **de drie niveaus** in elke doelstellingengroep levert vooral het middelste problemen op in het aangeven van een exacte relatie tussen de gewenste levensgemeenschap en het doen en laten. In de praktijk zal hiermee ervaring moeten worden opgedaan, zodat wellicht over enige tijd een invulling van het middelste niveau voor wat betreft de omschrijving van de levensgemeenschap mogelijk is. Op dit moment is dat voor de meeste typen nog een probleem. De omschrijving van de toestand van het ecosysteem en van de levensgemeenschappen in deel III heeft dan ook steeds betrekking op het hoogste niveau (natuurlijke levensgemeenschap). Daarbij blijft het overigens de vraag of er tussen laagste en hoogste niveau steeds één precies gedefinieerd middelste niveau moet liggen, of dat men (afhankelijk van het type) met een glijdende schaal van tussenniveaus wil werken.

Bij **alle** typen is een hoogste, middelste en laagste niveau met betrekking tot doen en laten beschreven. Het zwaartepunt in de keuze voor het niveau voor afzonderlijke wateren zal echter bij het ene type anders liggen dan bij het andere. Er zijn typen waarbij eigenlijk geen laagste niveau gekozen zou mogen worden (bijv. bronnen, vennen), of waar het kiezen van het hoogste niveau maar zelden mogelijk zal zijn (bijv. stadswateren). Toch zijn ook daar alle drie de niveaus beschreven, vooral om een goede afweging mogelijk te maken.

Wanneer men voor een oppervlaktewater een niveau kiest dat hoger is dan het feitelijk aanwezige, kan dit in bepaalde gevallen inhouden dat men actief moet restaureren. Het achterwege laten van ongewenste beïnvloeding is dan niet altijd voldoende. Overigens worden in het kader van het **integraal waterbeheer** gedachten ontwikkeld over het "omgaan met water" (ref. 9) in de richting van het nastreven van ecologische normdoelstellingen juist door actief ingrij-

pen van de mens. Voor een aantal wateren biedt dat interessante perspectieven. Anders dan bij restauratie betreft dit zodanig gericht ingrijpen in een aquatisch ecosysteem dat een gewenste toestand, met name ten aanzien van het functioneren van het systeem en ten aanzien van de samenstelling van de levensgemeenschap, ontstaat. Deze kan dan eventueel "nieuw" zijn in vergelijking met natuurlijke situaties.

Voor **zware metalen, milieuvreemde stoffen en andere microverontreinigingen** is bij het beschrijven van de normdoelstellingen afgezien van het geven van expliciete voorschriften. Deze stoffen leveren in alle typen oppervlaktewateren problemen op en dienen - veelal als stoffen van de zwarte lijst - zoveel mogelijk uit het aquatisch milieu te worden geweerd. Differentiatie naar type van doen en laten ten aanzien van deze stoffen werd daarom niet zinvol geacht. Een soortgelijke benadering vindt men in de doelstelling "multifunctionaliteit" van de bodem (zie refs. 7 en 12). In de omschrijving van het laagste niveau is deze eis steeds opgenomen als "**basiskwaliteit (microverontreinigingen)**".

Ook met de beschikbaarheid van deze uitgewerkte normdoelstellingen blijft de opmerking uit het vorige IMP van kracht, dat de feitelijke hantering ervan voor concrete wateren op de eerste plaats een zaak is van de regionale instanties, namelijk de provincies die waterkwaliteitsplannen opstellen en de waterschappen die beheersplannen maken. De formulering van de doelstellingen is dan ook zodanig dat weliswaar duidelijke hulpmiddelen worden geboden voor het door de waterbeheerder te vormen beleid, en dat meestal ook wordt aangegeven in welke richting keuzen naar de mening van de opstellers zouden moeten gaan, maar dat de uiteindelijke keuze per water open wordt gelaten. De praktijkkennis die in de komende jaren zal worden opgedaan kan te zijner tijd op haar beurt weer gebruikt worden om deze ecologische normdoelstellingen aan te passen en aan te vullen, bijvoorbeeld in de tweede generatie waterkwaliteitsplannen.

5. REAKTIES OP 7e CONCEPT

Circa veertig instanties en personen (zie tabel 2) hebben commentaar geleverd op het 7e concept van het rapport, dat toen de titel droeg: "Ecologische kwaliteitsdoelstellingen voor Nederlandse oppervlaktewateren". De subgroep heeft hieruit opgemaakt dat er in den lande voor dit onderwerp veel belangstelling bestaat, hetgeen als een stimulans is opgevat bij de eindbewerking. De commentaren zijn eind 1985 gebundeld (ref. 8) en ook weer toegezonden aan degenen die commentaar hadden geleverd.

De reacties op het rapport waren overwegend positief, waarbij in menig commentaar werd opgemerkt dat dit rapport kan worden beschouwd als een eerste stap in de goede richting. Anderzijds wordt in enkele reacties ook ernstige kritiek op de opzet van het rapport gegeven. Zo wordt bij-

voorbeeld van de kant van de Werkgroep Biologische Waterbeoordeling gesteld dat een indeling in watertypen meer een eindproduct dan een uitgangspunt zou moeten zijn en dat bij die indeling biologische grootheden een hoofdrol zouden moeten spelen.

Tabel 2 Instanties en personen die commentaar hebben geleverd op het concept.

-	Ministerie van L & V,
-	Directie van de Visserij
-	Ministerie van L & V,
-	Directie Algemene Zaken, Milieu en Planologie
-	Ministerie van VROM, Rijksplanologische Dienst
-	Rijkswaterstaat, Directie Benedenrivieren
-	Rijkswaterstaat, Deltadienst
-	Provincie Noord-Holland
-	Provincie Gelderland
-	Provincie Overijssel
-	Provincie Groningen
-	Provincie Limburg
-	Provinciale Waterstaat van Friesland
-	Provinciale Waterstaat van Noord-Holland
-	Provinciale Waterstaat van Utrecht
-	Hoogheemraadschap van Rijnland
-	Hoogheemraadschap van Delfland
-	Hoogheemraadschap West-Brabant
-	Technologische Dienst Zeeuwse Waterschappen
-	Zuiveringsschap Veluwe
-	Zuiveringsschap Hollandse Eilanden en Waarden
-	Waterschap Zuiveringschap Limburg
-	Waterschap Regge en Dinkel
-	Waterschap De Aa
-	Zuiveringsschap Amstel en Gooiland
-	Waterschap De Dommel
-	Werkgroep Biologische Waterbeoordeling (WBW)
-	Subgroep Standaardisatie van de WBW
-	Limnologisch Instituut
-	Rijksinstituut voor Visserij-onderzoek (RIVO)
-	Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieuhygiëne (RIVM)
-	Rijksinstituut voor Natuurbeheer (RIN)
-	Delta Instituut voor Hydrobiologisch Onderzoek (DIHO)
-	KEMA
-	Landbouwhogeschool Wageningen
-	Nederlandse Vereniging van Sportvisserfederaties (NVVS)
-	Gezondheidsraad
-	VEWIN
-	dr. H.L.F. Saeijs
-	dr. H. Moller Pillot
-	drs. K. Everards

De meeste op- en aanmerkingen in de detailsfeer zijn in de tekst verwerkt. Op de meer principiële en ingrijpende elementen in de kritiek wordt hieronder ingegaan.

a. Samenvatting

Van enkele zijden is gevraagd een samenvatting in het rapport op te nemen. In het IMP-Water 1985-1989 is een uitgebreide samenvatting van de concept-versie van dit rapport opgenomen. Het leek niet zinvol die hier nog eens te herhalen. Anderzijds zou in een veel kortere samenvatting van de hier behandelde materie teveel infor-

matie verloren zijn gegaan. Daarom is gekozen voor het toevoegen van een inleiding die de lezer een eerste indruk geeft van waar het in dit rapport om gaat en tegelijk een introductie is in het ecosysteem-denken bij het formuleren van doelstellingen voor oppervlaktewateren.

b. Indeling in typen

Met name de Werkgroep Biologische Waterbeoordeling (WBW) heeft fundamentele kritiek geleverd op de gehanteerde type-indeling. De WBW vindt het gewenst dat een typologie van de Nederlandse oppervlaktewateren berust op de verwerking van een groot aantal abiotische en biotische gegevens. Ze is zelf al een actie in die richting gestart. In paragraaf 3 is aangegeven dat de auteurs van dit rapport van mening zijn dat een voor het beleid en beheer bruikbare indeling juist niet met alle beschikbare parameters moet worden opgezet, maar dat een selectie van parameters op grond van vooraf geformuleerde criteria dient plaats te vinden. Deze wijze van werken heeft voor dit rapport geleid tot toepassing van vooral morfologische, hydrologische en zoutgehalteparameters. De subgroep meent bovendien dat de stellingname van de WBW tot verwarring kan leiden met betrekking tot het onderscheid tussen **indeling** in typen en het formuleren van **normdoelstellingen** voor typen.

Mede naar aanleiding van de commentaren is de tekst over de watertypen aangepast. Onder andere is nu getracht een "dekkende" indeling te geven, waarin dus alle Nederlandse oppervlaktewateren kunnen worden ondergebracht. Helaas is het niet mogelijk gebleken voor alle typen ook een tekst te produceren. Van de 23 onderscheiden typen worden er 7 in dit rapport niet behandeld.

De drinkpoelen, waar in de vorige versie de zoetwaterdrinkpoelen, de dobben en de pingo-ruïnes toe werden gerekend zijn nu opgesplitst. De pingo-ruïnes zijn ondergebracht bij de vennen en van de dobben is een apart type gemaakt. In het type drinkpoelen blijven dus alleen de gegraven zoetwaterdrinkpoelen over. Verder zijn de typen hetzelfde gebleven als in de concept-versie.

c. Referentiekader

Enkele commentatoren hebben opmerkingen gemaakt over het belangrijke probleem van de keuze van het referentiekader. In dit rapport is gekozen voor "de natuurlijke toestand" als belangrijkste element van het referentiekader. Dat wil zeggen dat normen en normdoelstellingen zijn geformuleerd **ten opzichte van** de natuurlijke toestand en dat het hoogste niveau van de normdoelstelling meestal de natuurlijke toestand is.

In de commentaren worden andere mogelijkheden gesuggereerd. De belangrijkste daarvan zijn de benadering vanuit "potentiële ontwikkelingsmogelijkheden" voor ecosystemen en de "landschapsecologische" benadering. Eerstgenoemde benadering is naar de mening van de subgroep in essentie niet erg verschillend van het in dit

rapport gekozen referentiekader. De natuurlijke toestand is immers een van de belangrijkste potentiële ontwikkelingsmogelijkheden. Daarnaast kan men discussiëren over de vraag in hoeverre door de mens gecreëerde ontwikkelingsmogelijkheden als referentie **dienen** te worden gebruikt. Vast staat dat ze daarvoor nog nauwelijks **kunnen** worden gebruikt omdat de formulering ervan in de kinderschoenen staat. De tweede benadering, de "landschapsecologische", kiest als referentie optimale diversiteit. Het aantrekkelijke daarvan is de aandacht voor de vele soorten die in oppervlaktewateren kunnen voorkomen en het belang dat aan een blijvende verscheidenheid in aquatische ecosystemen wordt gehecht. Het grote probleem van deze benadering is echter de invulling. Daarbij zullen steeds beslissingen moeten worden genomen over wat optimaal is. Het zal bijzonder moeilijk zijn om daar algemene regels voor te geven (tenzij men terug zou willen vallen op de natuurlijke diversiteit!) hetgeen betekent dat men van geval tot geval beslissingen zou moeten nemen over de "optimale" diversiteit.

d. Regionale uitwerking

Van verscheidene kanten wordt gesteld, dat het rapport weliswaar een goede indicatie is voor de richting waarin voor de verschillende typen wateren moet worden gewerkt, maar dat het bij de uitvoering noodzakelijk is om in de sfeer van "doen en laten" concrete keuzes te maken in het licht van de lokale omstandigheden. De groep acht dit een goede zaak. Er wordt op gehoopt, dat de ervaringen uit de praktijk zullen leiden tot een continue verbetering van de geformuleerde doelstellingen, doen en laten etc. Overigens is het de subgroep bekend dat in STORA-verband inmiddels een onderzoek is opgezet naar een meer gedetailleerde invulling van doelstellingen en het ontwerpen van een beoordelingssysteem voor een aantal watertypen.

e. Verdere ontwikkeling ecologische doelstellingen

Van verschillende kanten is de vrees uitgesproken dat het rapport na afronding een stagnerende invloed zou kunnen hebben op de verdere ontwikkeling van ecologische doelstellingen. Hierover kan opgemerkt worden dat dit geenszins de bedoeling van de auteurs is. Integendeel: in de mate waarin er in de komende jaren meer en meer van de thans geformuleerde doelstellingen gerealiseerd zal worden, kunnen ook de formuleringen van de ecologische doelstellingen worden uitgebreid en aangescherpt, waarbij met name de ervaringen van de lokale waterbeheerders een belangrijke rol spelen.

Anderzijds zou het niet uitbrengen van dit rapport juist wel een stagnerende invloed kunnen hebben. Er wordt immers in de sfeer van waterbeheer en aquatisch-ecologisch onderzoek al jaren gezocht naar mogelijkheden om het algemene idee van ecologische normering in bruikbare instrumenten voor het waterbeheer om te zetten. Dit is de eerste keer dat concrete mogelijkheden daartoe voor het hele scala van oppervlaktewateren in Nederland op papier zijn gezet. Ondanks alle gebreken

die deze eerste poging ongetwijfeld heeft, zal ze, naar de mening van de subgroep, stimulerend werken op de verdere ontwikkeling van ecologische normdoelstellingen.

f. Doelstelling en beoordeling

In enkele commentaren wordt ingegaan op de wenselijkheid van "kwaliteitsbeoordeling" van oppervlaktewateren. Beoordeling is een proces dat plaats moet vinden nádat de bestaande toestand is beschreven en de doelstellingen zijn geformuleerd. Beoordeling houdt dus in: vergelijking van de feitelijke toestand met de gewenste toestand (= de normdoelstelling). Dit rapport beperkt zich tot het formuleren van de normdoelstellingen en gaat niet in op de methodiek van beoordeling. De vraag van o.a. de Provinciale Waterstaat van Noord-Holland naar het ontwikkelen van een beoordelingssysteem en de mogelijke rol van CUWVO-V-1 daarin kan op dit moment niet beantwoord worden omdat een en ander afhangt van de prioriteit die de CUWVO in de toekomst aan zo'n actie zal geven. Overigens heeft (zoals onder d aangegeven) de STORA een onderzoek naar onder andere een beoordelingssysteem gestart.

g. Vermelding soorten

In een aantal commentaren wordt de opsomming van voorkomende soorten aangemerkt als te uitvoerig, onvolledig, als een afspiegeling van de omvang van de onderzoeksinspanning aan bepaalde watertypen, te weinig discriminerend e.d. In veel van deze commentaren zit een kern van waarheid. Er zijn echter twee redenen om dergelijke soortenlijsten toch te handhaven: ten eerste is er de overweging dat bij weglaten van soorten het rapport al snel vervalt in vage algemeenheden en ten tweede wordt erop gehoopt dat de nog aanwezige onvolledigheid/onevenwichtigheid de onderzoekers/beheerders in den lande ertoe zullen brengen om met aanvullingen en correcties te komen, zodat uiteindelijk completere en meer uitgebalanceerde soortenlijsten ontstaan. Terzijde wordt nog opgemerkt, dat ondermeer de opmerking dat de onderzoeksinspanningen tot op heden onevenredig over de oppervlaktewateren verdeeld zijn geweest, voor met name de onderzoekers al erg interessant is en wellicht als handvat voor het stellen van prioriteiten kan dienen.

h. Binnen/buiten werkingssfeer WVO

Door de werkgroep is in het rapport al onderkend - en dit wordt naar aanleiding van de commentaren nog weer eens onderstreept - dat de maatregelen in de paragrafen "doen en laten" een goede afstemming vereisen tussen datgene wat in WVO-kader gerealiseerd kan worden en hetgeen via (vele) andere wettelijke kaders tot stand gebracht zou moeten worden. Dit integratieproces maakt het nemen van de juiste maatregelen op dit moment weliswaar niet gemakkelijker maar daar staat tegenover dat de integratiegedachte momenteel wel de wind in de rug heeft; in het IMP- Milieubeheer, in de nota "Omgaan met water" en bij de eutrofiëringsproblematiek wordt deze

benaderingswijze uitdrukkelijk nagestreefd. De subgroep beschouwt het nader vorm geven van integraal beheer, dat over de grenzen van de verschillende wettelijke kaders reikt, als een van de uitdagingen voor de komende jaren.

6. VERANTWOORDING

Dit rapport is opgesteld door subgroep 1 van CUWVO-werkgroep V (CUWVO = Coördinatiecommissie Uitvoering Wet Verontreiniging Oppervlaktewateren). De subgroep - die haar werk begon op 14 november 1980 - was als volgt samengesteld:

- dr. H.W. Kroes (voorzitter)
Ministerie van VROM
- drs. S.P. Klapwijk (secretaris)
Hoogheemraadschap van Rijnland
- drs. T. Bakker
Dienst Binnenwateren/RIZA (RWS)
vanaf oktober 1985
- drs. C.Y.I. Bootsma
Ministerie van VROM
vanaf oktober 1985
- drs. T.H.L. Claassen
Provinciale Waterstaat van Friesland
- ir. F. Dijkman
Dienst Binnenwateren/RIZA (RWS)
tot medio 1982
- ir. E.C.W.A. Geuze
Gemeenschappelijke Technologische Dienst
Oost-Brabant
- ir. D.J. Kylstra
Dienst Getijdenwateren (RWS)
vanaf 1984
- drs. P. Leentvaar
Rijksinstituut voor Natuurbeheer
vanaf 1 april 1983 gepensioneerd
- ir. N. Oskam
Provinciale Waterstaat van Zeeland
- dr. S. Parma
Limnologisch Instituut, Nieuwersluis
tot eind 1981
- drs. A.C. Smaal
Dienst Getijdenwateren (RWS)
vanaf eind 1983

drs. G. van Urk
Dienst Binnenwateren/RIZA (RWS)

dr. W. van Vierssen
Landbouwhogeschool Wageningen, Vakgroep
Natuurbeheer
vanaf medio 1982

Alle leden schreven teksten (meestal voor één of enkele typen oppervlaktewateren), of leverden teksten aan, geschreven door collega's uit hun eigen of andere diensten. Langs de laatstgenoemde weg werden bijdragen geleverd door:

ir. T.S. Blauw
Provinciale Waterstaat van Zeeland

drs. H. Heida
Gemeentelijk Centraal Milieulaboratorium, Amsterdam

drs. F.A. Kouwe
Gemeenschappelijke Technologische Dienst Oost-Brabant

ir. R. Veeningen
Limnologisch Instituut, Nieuwersluis

Bovendien werden gegevens ter beschikking gesteld door:

dr.ir. H.H. Tolkamp
Waterschap Zuiveringschap Limburg

drs. W. Oosterloo
Zuiveringsschap Veluwe

In de tweede helft van 1983 kreeg drs. Leentvaar, na zijn pensionering bij het RIN, van het ministerie van VROM een opdracht om de redactie van het concept-rapport te verzorgen. Hij deed dat in nauw overleg met voorzitter en secretaris van de subgroep en met de auteurs van de oorspronkelijke teksten. Deze redactie leidde tot concept nr. 7 dat bedoeld was om ter becommentariëring breed verspreid te worden. Na de commentaarronde (zie paragraaf 5) werd de definitieve tekst gemaakt met behulp van de suggesties van de commentatoren en (vooral voor wat betreft deel IV) met door de subgroep verder bijeengebrachte en verwerkte gegevens.

Een groot deel van het omvangrijke typewerk werd verricht door mevr. W.S. Lute (hoofdafdeling Water, VROM). De heer C.F. Pabst (bibliotheek DGMH, VROM) corrigeerde in samenwerking met drs. Leentvaar de literatuurlijsten en drs. Bootsma en dr. Kroes verzorgden de eindredactie.

Uit deze schets van de totstandkoming van het rapport zal het duidelijk zijn dat niet afzonderlijke auteurs voor afzonderlijke hoofdstukken verantwoordelijk zijn, maar dat de subgroep als geheel voor het rapport als geheel verantwoordelijk is. In de loop van het werk zijn op oorspronkelijke teksten van een auteur door anderen vaak zo-

veel aanvullingen en wijzigingen aangebracht dat het onjuist zou zijn bij de hoofdstukken van de definitieve tekst afzonderlijke auteurs te noemen.

De gegevens die bij het opstellen van dit rapport zijn gebruikt, zijn afkomstig uit ruwweg drie categorieën bronnen:

1. De persoonlijke kennis van de verschillende auteurs, al dan niet uit eigen onderzoek.
2. Publicaties en rapporten van derden over de ecologie van Nederlandse wateren; soms ook internationale publicaties over meer algemene aspecten van aquatische ecologie.
3. Tijdens de voorbereiding van het rapport verricht onderzoek waarvan de gegevens onmiddellijk werden gebruikt.

Er wordt in dit rapport in het algemeen geen gedetailleerde literatuurverantwoording gegeven met betrekking tot de herkomst van de gegevens. Het rapport is immers niet bedoeld als een kritisch literatuuroverzicht, maar als synthese van grote hoeveelheden detailkennis uitmondend in beleidsaanbevelingen. Er zijn duizenden publicaties en waarschijnlijk nog veel meer niet gepubliceerde (maar meestal wel toegankelijke) rapporten over ecologisch onderzoek aan Nederlandse wateren. Geïnteresseerden kunnen in het AGRALIN-systeem van de Landbouwhogeschool Wageningen in beginsel alle literatuur (ook niet gepubliceerde verslagen e.d.) over ecologie van oppervlaktewateren, bijvoorbeeld per type, vinden. In de tekst van deel III zijn per type slechts een beperkt aantal referenties opgenomen, namelijk die welke een meer algemeen beeld van een bepaald type of subtype geven, die waaruit gegevens (bijvoorbeeld tabellen) zijn overgenomen, en die welke expliciet worden aangehaald. Er is één publicatie die aparte vermelding verdient, namelijk het boek „Levensgemeenschappen” (RIN, diverse auteurs, ref. 5). Dit boek heeft, zeker wat opzetting betreft, in sterke mate de in dit rapport gekozen aanpak beïnvloed.

Gegevens als bedoeld onder 3. (direkt gebruikte gegevens uit lopend onderzoek) hebben een betrekkelijk geringe rol gespeeld. Een uitzondering daarop vormen echter een aantal fysisch-chemische gegevens. De fysisch-chemische gegevens die in het rapport zijn opgenomen en verwerkt, zijn namelijk uit de volgende bronnen afkomstig:

1. Waterkwaliteitsonderzoek van de verschillende instanties die in de subgroep vertegenwoordigd waren en ook wel van andere waterbeheerders (meestal niet apart vermeld).
2. Bestaande publicaties of rapporten, met name voor wat betreft gegevens over vroegere jaren (voor zover van toepassing per type aangegeven).

3. Het in 1982-1984 in opdracht van de STORA uitgevoerde onderzoek naar de kwaliteit van niet rechtstreeks door afvalwaterlozingen beïnvloede wateren (project 38 j).
4. Het gegevensbestand van prof.dr. C. den Hartog (Katholieke Universiteit Nijmegen) betreffende 600 monsterpunten in een groot aantal wateren, in opdracht van VROM in een voor dit rapport bruikbare vorm gebracht.
5. Het in computer opgeslagen gegevensbestand van het RIN, afdeling Hydrobiologie, beschikbaar gesteld via drs. Leentvaar.
4. Ministerie van Volksgezondheid en Milieuhygiëne; Nota milieuhygiënische normen 1976; 's-Gravenhage, Tweede Kamer der Staten-Generaal, 1976-1977, 14318, nrs.1-2, 1976.
5. Rijksinstituut voor Natuurbeheer; Natuurbeheer in Nederland; deel 1: Levensgemeenschappen; Wageningen, Pudoc, 392 p., 1984.
6. Gezondheidsraad; Advies inzake een begrippenlijst ten behoeve van ecologische normen waterbeheer; 's-Gravenhage, 50 p. + bijlagen, 1984.

Tenslotte nog het volgende. Weliswaar zijn een aantal leden van de subgroep specialist op een deel terrein van de aquatische ecologie, maar het bestrijken van het gehele terrein met bijbehorende beleids- en beheersaspecten, zeker voor het geheel van de in Nederland voorkomende watertypen, betekende voor alle leden en de overige schrijvers het betreden van nieuwe paden. Zij hebben dat met enige schroom, maar ook met veel enthousiasme gedaan. Ongetwijfeld zullen er in de toekomst op het geschrevene aanvullingen en correcties in wetenschappelijk opzicht kunnen worden aangebracht. Voor dat doel wordt evenals met betrekking tot de eerdere versie van het rapport (concept nr. 7) ook met betrekking tot dit definitieve rapport de kritische lezing en het inzenden van commentaar door aquatisch ecologen en andere deskundigen op watergebied zeer op prijs gesteld.

7. LITERATUUR

1. Ministerie van Verkeer en Waterstaat; Indicatief Meerjarenprogramma Water 1980-1984; 's-Gravenhage, Staatsuitgeverij, 1981.
2. Ministeries van Verkeer en Waterstaat en van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer; Indicatief Meerjarenprogramma Water 1985-1989; 's-Gravenhage, Tweede Kamer der Staten-Generaal, 1984-1985, 19153, nrs. 1-2, 1985.
3. Claassen, T.H.L.; Waterbeoordeling en normstelling op ecologische grondslag, H₂O 14, 1, p. 11-15, 1981.
7. Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer; Indicatief Meerjarenprogramma Milieubeheer 1986-1990; 's-Gravenhage, Tweede Kamer der Staten-Generaal, 1985-1986, 19204, nrs. 1-2, 1985.
8. Coördinatiecommissie Uitvoering Wet Verontreiniging Oppervlaktewateren; Commentaren op het rapport "Ecologische kwaliteitsdoelstellingen voor Nederlandse oppervlaktewateren"; Leidschendam, 83 p., 1985.
9. Ministerie van Verkeer en Waterstaat; Omgaan met water: naar een integraal waterbeleid; 's-Gravenhage, brochure, 63 p., 1985.
10. Interprovinciale Ambtelijke Werkgroep Milieukartering, subgroep Flora en Vegetatie; Interprovinciale handleiding voor vegetatieopnamen; Utrecht, 32 p., 1981.
11. Tol, J. van; Oecocode voor binnenwateren van Nederland; Leiden, Rijksmuseum voor Natuurlijke Historie, 10 p., 1980.
12. Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer; Discussienotitie bodemkwaliteit; 's-Gravenhage, 22 p. + bijl., 1986.
13. Mol, A.W.M.; Hydrobiologische districten in Nederland; De Levende Natuur, 87, 3, p. 79-86, 1986.
14. Verdonschot, P.F.M.; Ecologische karakterisering van oppervlaktewater in Overijssel; H₂O 16, 25, p. 574-579, 1983.

"That pool for instance - all the stuff that's in it. Newts, water-snails, waterbeetles, caddis-flies, leeches and God knows how many other things that you can only see with a microscope. The mystery of their lives, down there under water. You could spend a lifetime watching them, ten lifetimes, and still you wouldn't have got to the end even of that one pool. And all the while the sort of feeling of wonder, the peculiar flame inside you. It's the only thing worth having, and we don't want it."

George Orwell, "Coming up for air"

ecologische normdoelstellingen per type oppervlaktewater

1. INLEIDING

In dit deel worden beschrijvingen gegeven van 16 van de in deel II, paragraaf 3 genoemde typen oppervlaktewateren en worden per type normdoelstellingen voorgesteld. De hoofdstukken (één per type) zijn gerangschikt naar de vier hoofdgroepen. Per hoofdgroep wordt een algemene inleiding gegeven. Om het opzoeken te vergemakkelijken zijn de namen van de typen bovenaan de bladzijden gezet.

Elk hoofdstuk is volgens een vast stramien opgebouwd, namelijk uit zeven paragrafen:

1. Definiëring
2. Subtypen en voorbeelden
3. Functionele kenmerken
4. Fysische en chemische kenmerken
5. Biologische kenmerken
6. Ecologische normdoelstellingen
7. Literatuur

In paragraaf 1 wordt een definitie van het type gegeven en wordt ingegaan op geomorfologie, morfometrie, ontstaanswijze, ouderdom en hydrologie.

In paragraaf 2 worden onderverdelingen van het type behandeld en worden Nederlandse oppervlaktewateren genoemd die tot het betreffende type behoren.

In paragraaf 3 wordt ingegaan op de functies die oppervlaktewateren van het betreffende type voor de menselijke maatschappij hebben en wordt iets gezegd over het beheer.

In de paragrafen 4 en 5 wordt getracht een benadering te geven van de fysische, chemische en biologische kenmerken van de natuurlijke en van de huidige toestand van de betreffende wateren.

In paragraaf 6 worden de voorstellen voor ecologische normdoelstellingen gepresenteerd. Deze paragraaf is zo opgebouwd dat de ecologische normdoelstelling als een kernachtige samenvatting van de paragrafen 1 t/m 5 naar voren komt.

In paragraaf 7 worden publicaties en rapporten genoemd die een overzichts karakter hebben of die in de tekst zijn aangehaald.

De tekst van paragraaf 6, die beschouwd kan worden als de ecologische normdoelstelling voor het betreffende type, is als volgt opgebouwd:

a. Natuurlijke toestand van het ecosysteem

Beschrijving van de abiotische en biotische systeemkenmerken van het watertype in onbeïnvloede toestand, dus op het hoogste niveau. Voor functionele gegraven wateren wordt getracht een aan de "natuurlijke" toestand analoge toestand te omschrijven. Deze wordt aangeduid als "gewenste toestand van het ecosysteem".

b. Natuurlijke levensgemeenschap

Beschrijving van de van nature bij het type behorende levensgemeenschap in termen van organismengroepen (soorten of hogere taxa). Vormt samen met a. als streefdoel de kern van de ecologische normdoelstelling en hoort eveneens bij het hoogste niveau.

c. Criteria handhaving van het type

Voorwaarden die essentieel zijn voor de handhaving van het type (vergelijk de kenmerken die voor definiëring van het type zijn gebruikt in de paragrafen 1 van elk hoofdstuk), met name op het gebied van :

- stroming, beweging
- wijze van voeding (mate van geïsoleerdheid)
- vorm (lijn, rond, meanderen, oevervorm)
- diepte (absoluut of in verhouding tot oppervlakte)
- saliniteit.

d. Criteria abiotisch optimum van het type

De waarden van abiotische parameters waarbij het ecologisch optimum binnen het type wordt bereikt (vergelijk de fysische en chemische kenmerken in de paragrafen 3 van elk hoofdstuk) met name:

- fysische en chemische kenmerken
- hydrologische en morfologische kenmerken voorzover niet onder b. bedoeld.

Betreft in feite de abiotische toestand die hoort bij het hoogste niveau.

e. Doen en laten

Omschrijving van de consequenties van keuze van laagste, middelste en hoogste niveau voor respectievelijk waterstaatkundige en cultuurtechnische activiteiten, lozingen, verontreiniging op diffuse wijze, biologisch beheer (oogsten en/of uitzetten van organismen) en functies.

f. Overwegingen voor keuze van het niveau

Overwegingen die van belang zijn voor het kiezen van een ecologische doelstelling op het laagste, middelste of hoogste niveau bijvoorbeeld in relatie tot de functionele kenmerken en in relatie tot het belang van het behoud van soorten en levensgemeenschappen.

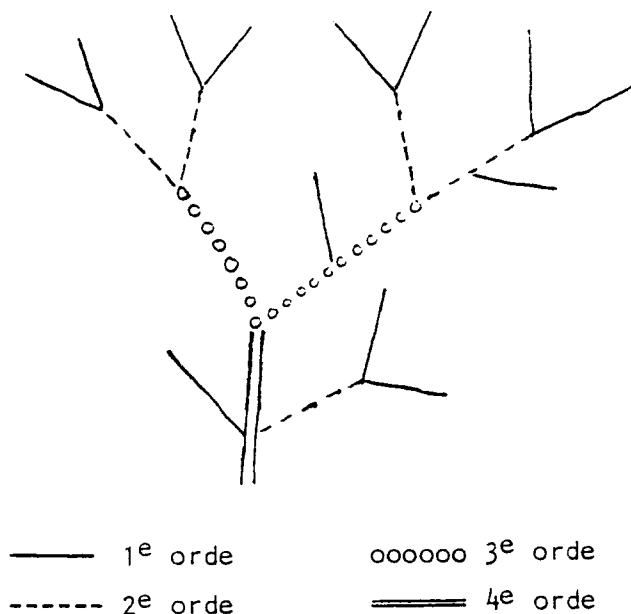
"De Maas ligt langs dit dorp. Zij komt er naar toe gestroomd. Zij vloeit er vriendelijk langs. Zij buigt zich er weer van af. Zij ligt in de blanke boorden der verzandingen in hare bochten, in het fluwelen groen van vlak gevlijde uiterwaarden, tussen de welige ruigten der grienden."
Antoon Coolen, "Dorp aan de rivier"

2. WATEREN VAN HET RIVIERSTELSEL

2.1 Inleiding

De watertypen in deze groep zijn bronnen, beken en rivieren. Afzonderlijke wateren van deze typen zijn steeds onderdeel van een rivierstelsel.

Een rivierstelsel kan vanaf de bron(nen) tot aan de monding beschouwd worden als één ecosysteem. Binnen dit systeem zijn er gradiënten in de milieucondities, zoals breedte van de stroom, diepte, stroomsnelheid, afvoer, temperatuur en transport van materiaal. Een rivierstelsel is van monding naar bronnen steeds fijner vertakt; een stroom zonder zijtakken wordt een "1e orde stroom" genoemd ("first order stream"); waar twee 1e orde stromen samenkomen ontstaat een 2e orde stroom ("second order stream"), enzovoorts; waar een 1e orde stroom in een 2e orde stroom uitmondt verandert de orde- grootte van de 2e orde stroom niet. Zie figuur 1.



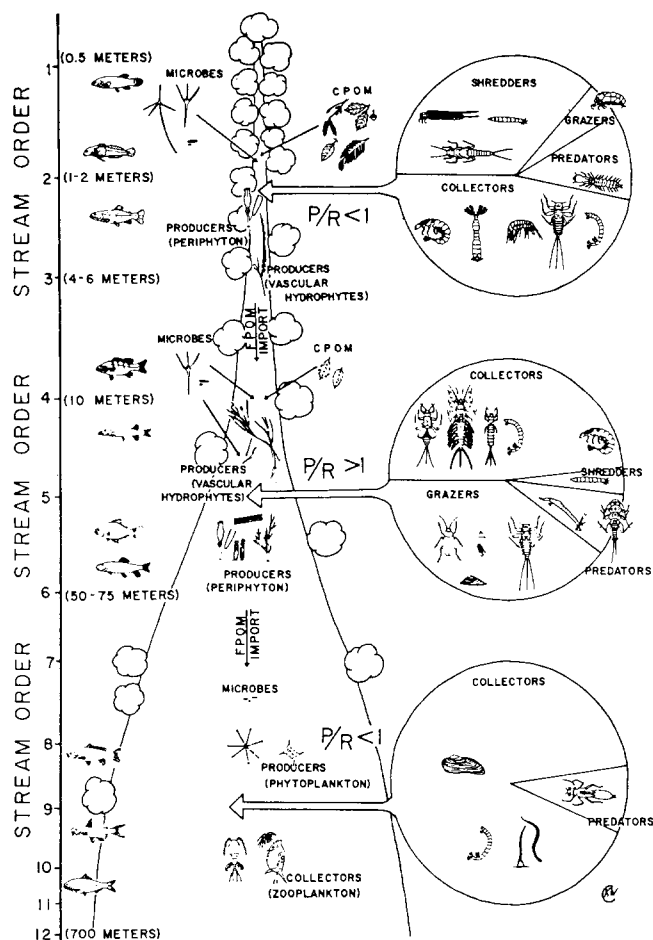
Figuur 1 Stromen van verschillende orde in een rivierstelsel (volgens Horton; zie p. 12 e.v. in ref. 4 van hoofdstuk **rivieren**).

De orde-grootte levert een mogelijke basis voor een indeling van de wateren in een rivierstelsel in verschillende typen, bijvoorbeeld:

- | | |
|------------------|----------------------------------|
| 1e orde | : bronnen en bronbeken |
| 2e - 3e orde | : beken |
| 4e - 6e orde | : kleine en middelgrote rivieren |
| 7e orde en hoger | : grote rivieren |

Het karakter van de stroom wordt behalve door de plaats in het stroomstelsel overigens ook bepaald door de aard van het stroomgebied (hoogteverschillen, grondsoort, bodemgebruik, enzovoorts). Figuur 2 geeft een schematisch overzicht van de veranderingen in de levensgemeenschappen welke in een rivierstelsel van bron tot monding kunnen optreden.

De watertypen van het rivierstelsel zijn alle van natuurlijke oorsprong, ook al zijn ze in Nederland in veel gevallen morfologisch en hydrologisch "aangepast" aan de wensen van de maatschappij. De verschillende soorten bronnen, bronbeken en beken (1e t/m 3e orde) worden behandeld in hoofdstukken 2.2 en 2.3. De kleine en middelgrote rivieren (4e t/m 6e orde) in Nederland (bijv. Eem, Vecht, Roer, Dieze, Linge) worden niet behandeld omdat nog geen vergelijkende studie is gemaakt. Het is bijvoorbeeld nog niet duidelijk of deze sterk afwijken van bijvoorbeeld laaglandbeken. Daarom wordt in hoofdstuk 2.4 (**rivieren**) uitsluitend ingegaan op de beide grote rivieren Rijn en Maas.



Figuur 2 Samenstelling van de levensgemeenschappen in de trajecten van een rivierstelsel (naar Cummins, ref. 14 in hoofdstuk **rivieren**).

2.2 Bronnen

1. DEFINIËRING

Bronnen zijn plaatsen waar met een meestal permanente toevoer grondwater aan de oppervlakte komt en die beginpunten vormen van een rivierstelsel.

Onder bronnen worden in dit rapport niet verstaan plaatsen waar in wateren zoals sloten en plassen kwel optreedt.



Foto 1

Bron van de Hermensbeek, een zijbeek van de Mechelbeek in Zuid-Limburg; een voorbeeld van een akrokrene bron.

2. SUBTYPEN EN VOORBEELDEN

Naar de wijze waarop water uit de bodem uittreedt kunnen verschillende typen worden onderscheiden (figuur 3).

Limnokrenen: trechtervormige bronnen ("bronzijvers"), die op de bodem met water gevuld worden en overlopend een beekje vormen. In Zuid-Limburg komen vijf duidelijke limnokrenen voor, o.a. langs de Noor, de Terzieterbeek en de Vliekerwaterlossing.

Rheokrenen: het water treedt uit op een min of meer vertikaal vlak en stort daarlangs naar beneden. Enkele restanten van rheokrenen zijn te vinden in Zuid-Limburg in de bronnen van de Hermensbeek bij Einrade en de Fröschebron bij Terziet.

Puntbronnen (door Tolkamp, ref. 1, akrokrenen genoemd): in of aan de voet van een min of meer vertikaal staand vlak treedt op één punt vrij krachtig water uit. Dit is een veel voorkomend brontype (op de Veluwe en in Limburg). In Limburg onder meer bronnen aan de voet van de Keutenberg, langs de Geul, de Schoonbron te Schin op Geul, de Bermentijnbron aan de Mechelderbeek en bronnen van de Hemelbeek bij Elsloo.

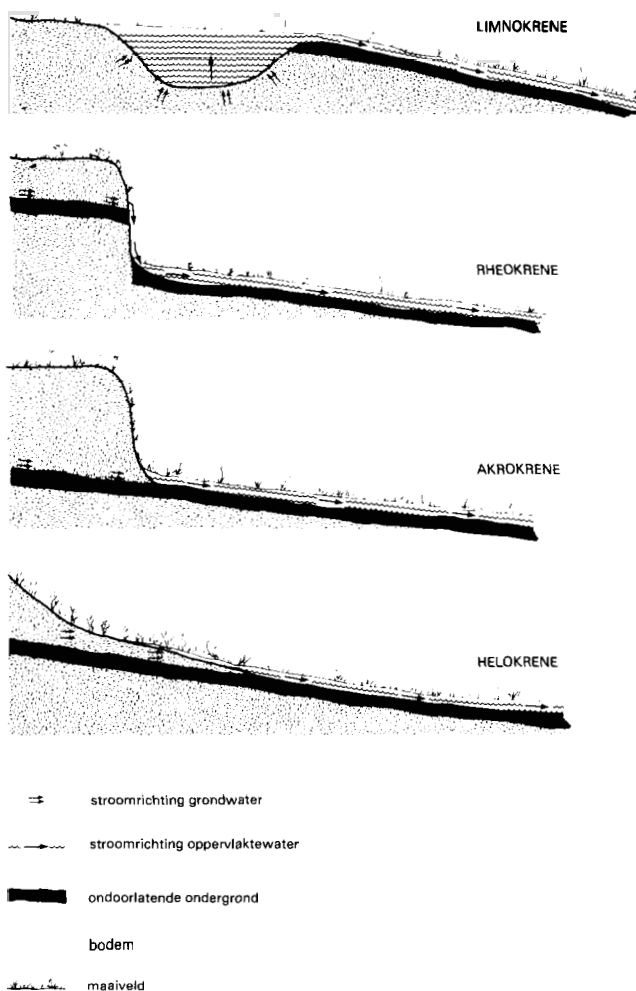
Helokrenen: het grondwater treedt diffuus aan de oppervlakte door een soms dunne, soms vrij dikke zandlaag, zodat het hele kwelgebied tot een poel of moeras wordt, waaruit het water slechts langzaam afstroomt. Dit brontype

is in Zuid-Limburg zeer talrijk (Mergelland en langs de Geleenbeek) en wordt tevens op de Veluwe, in de Achterhoek, bij Nijmegen en in Twente aangetroffen.

Een combinatie van verschillende brontypen in één beek-systeem komt vaak voor.

3. FUNCTIONELE KENMERKEN

Van bronnen wordt tegenwoordig in het algemeen geen rechtstreeks gebruik gemaakt door de mens. Bronnen werden vroeger veel gebruikt voor melkkoeling, drinkwater, het voeden van kasteelvijvers en het voeden van kweekvijvers van forel.



Figuur 3 Verschillende typen bronnen (naar Tolkamp, ref. 1)

4. FYSISCHE EN CHEMISCHE KENMERKEN

Over het algemeen worden lage waarden voor BZV, NH_4^+ en Cl^- als kenmerkend beschouwd. Lage gehalten aan ⁴

chloride wijzen erop dat bronwater niet vervuild is door gebruik van dierlijke meststoffen in de omgeving van de bronnen. Hetzelfde kan worden gesteld ten aanzien van het gebruik van kunstmeststoffen. De ervaring wijst namelijk uit dat het gebruik van deze stoffen zich duidelijk kenbaar maakt door zeer hoge nitraat-gehalten in het grondwater (bronwater). Maas (1959) beschrijft de bronbodem van Zuid-Limburg als neutrale tot zwak basische, kalkhoudende, zeer voedsel- en humusrijke klei- of veenbodems. Dit verklaart wellicht tevens de relatief hoge gehalten aan orthofosfaat. De bronbodem voor de Veluwezoom en Twente worden aangeduid als zwak zure tot neutrale, tamelijk voedselrijke venige zandbodems.

De temperatuur van bronnen is relatief laag en vertoont in vergelijking met andere watertypen weinig spreiding. De zuurgraad in de bronnen fluctueert over het algemeen niet veel en ligt iets boven het neutrale punt (pH ca. 7,5). Uit de gegevens van Limburgse bronnen blijkt dat de hardheid sterk fluctueert: van 1,1 - 3,6 mmol/l (matig hard tot zeer hard). Als gevolg van ontwijken van CO₂ uit het water vindt stroomafwaarts van bronnen vaak neer slag van CaCO₃ plaats, dat als korst op het substraat wordt teruggevonden. De bronnen op de Veluwe en in de Achterhoek zijn kalkarmer.

Wat de watervoeding betreft kan worden gesteld dat deze voor bronnen constant is. De hoogte van waterafvoer is echter variabel. Bij vorst houden bronnen lange tijd open water.

Zie voor de natuurlijke trajecten van een aantal parameters deel IV.

5. BIOLOGISCHE KENMERKEN

In bronnen komen een aantal macrofauna-soorten voor die tevens in bergbeken en in beken van het Geul-type worden aangetroffen. Dit zijn onder andere de beekvlokreeft *Gammarus fossarum* (niet in Overijsselse bronnen), de platwormen *Crenobia alpina* en *Dugesia gonocephala*, de larven van de haft *Baetis rhodani*, de kriebelmug *Simulium ornatum* en de vedermug *Eukiefferiella discoloripes*. In Zuid-Limburg zijn karakteristieke soorten de platwormen *Crenobia alpina* en *Polycelis felina*, de blinde vlokreeften *Niphargus schellenbergi* en *N. aquilex* en nog enkele andere in tabel 1 genoemde soorten.

In tabel 3 wordt een uitgebreider overzicht gegeven van soorten die karakteristiek zijn voor de vier brontypen in Zuid-Limburg (ref. 1). Dit wil niet zeggen dat de hier genoemde soorten beperkt zijn tot dit deel van het land. Voor zover mogelijk is in de tabel bij het type helokreen aangegeven of de soort ook elders wordt aangetroffen. In tabel 2 zijn een aantal gegevens opgenomen betreffende kenmerkende soortencombinaties van chironomidenlarven voor Zuid-Limburgse rheokreenen en helokreenen (ontleend aan ref. 5). Voor wat het eerste brontype betreft wordt opgemerkt dat de gegeven soortencombinatie over het algemeen

Tabel 1 Macrofauna van bronnen

1. Stenotherme koudwaterdieren

platwormen	: <i>Crenobia alpina</i> * + <i>Polycelis felina</i> * +
slakken	: <i>Bythinella</i> sp.
steenvliegen	: <i>Nemurella pictetii</i> +
kokerjuffers	: <i>Agapetus ochripes</i> <i>Rhyacophila fasciata</i> <i>Wormaldia occipitalis</i> <i>Chimarra marginata</i> <i>Ptilocolepus</i> <i>Drusus annulatus</i> <i>Drusus trifidus</i> <i>Potamophylax nigricornis</i> <i>Parachiona picicornis</i> <i>Ernodes articularis</i> <i>Adicella reducta</i> x <i>Adicella filiformis</i> x <i>Crunoecia irrorata</i> x <i>Beraea maurus</i> + x <i>Beraea pullata</i> + x
kevers	: <i>Helodes minuta</i> + <i>Elmis aenae</i> +
vliegen en muggen	: (<i>Dixidae</i>) <i>Dixa maculata</i> <i>Dixa dilatata</i> (Chironomiden) <i>Chaetocladius piger</i> + <i>Chaetocladius</i> gr. <i>vitellinus</i> <i>Heleniella ornatocollis</i> <i>Krenopelopia</i> +

2. Stygobionten

Proasellus hermallensis (blinde waterpissebed)
Niphargus schellenbergi (blinde vlokreeft)
Niphargus aquilex

3. Hygropetrische fauna: \$

Thaumalea sp. (mug) +

x = ook buiten Zuid-Limburg;
* = ontbreken in Twente;
+ = in Veluwe bronbeken;
\$ = karakteristiek voor Zuid-Limburg

gegevens kokerjuffers: L.W.G. Higler (pers. med.)

verklaring van enkele termen:

stenotherm	: slechts geringe temperatuurschommelingen verdragend
stygobiont	: in onderaards water levend
hygropetrisch	: voorkomend op stenen die onafgebroken door een dun laagje stromend water worden overspoeld

Beraea maurus komt bij Nijmegen en in Twente voor. Daar worden tevens *Plectrocnemia conspersa* en *Sericostoma personatum* gevonden. Verder komt *Beraea pullata* in Twente voor en *Crunoecia irrorata* bij Nijmegen.

Tabel 2 Kenmerkende chironomidenlarven-combinaties (gegevens van Moller- Pillot en Krebs, ref. 5)

rheokrenen	: Chaetocladius-perennis-combinatie
	Chaetocladius gr. vitellinus Metriocnemus gr. hygropetricus Orthocladius subg. eudactylocladius (ook in bergbeken) (Thaumaleidae)
helokrenen	: Rheocricotopus-atripes-combinatie
	Chaetocladius dentiforceps agg. Macropelopia notata Parametriocnemus stylatus Rheocricotopus atripes Rheocricotopus effusus Zavrelimyia melanura
	Krenopelopia-combinatie
	Krenopelopia
	Chaetocladius-piger-combinatie
	Chaetocladius piger Natarsia punctata Zavrelimyia nubila

niet fraai ontwikkeld is. Gegevens voor bronnen bij Nijmegen zijn ontleend aan ref. 4 en voor Overijssel aan ref. 3.

In het hoofdstuk **beken** zijn verkorte soortenlijsten weergegeven voor een aantal bronnen (en beken) in Limburg. Daarbij is de nadruk gelegd op de voor enige niet verontreinigde punten karakteristieke macrofauna.

Over de bronnen in Overijssel wordt voor wat betreft de macrofauna het volgende vermeld. De meeste en best ontwikkelde bronnen in Overijssel komen op de stuwwal van Oldenzaal en Ootmarsum voor. Slechts enkele bronnen komen op de Lemeler- en Archemerberg voor. Het type van een Twentse bron heeft een helokreen karakter, het kenmerkt zich door ligging in een erosiedal en de aanwezigheid van kussens van met water verzadigd organisch materiaal waar tussendoor stroomgeulen lopen; het debiet van de bronnen is gering. De fauna die in de bronnen gevonden wordt kan als mengfauna beschouwd worden. Verschillende milieutypen komen naast elkaar voor, elk milieutype wordt bewoond door karakteristieke organismen. De karakteristieke stenotherme bronfauna is in Overijssel zwak aanwezig. Dit wil echter niet zeggen dat de Overijsselse bronnen geen karakteristieke fauna herbergen. Er zijn enkele typische bronbewoners zoals *Helodes minuta*, *Krenopelopia* species, *Hydroporus nigrita*, met daarnaast karakteristieke bewoners van bovenlopen zoals *Beraea maurus*, *B. pullata*, *Dugesia gonocephala*, *Sialis fuliginosa*, *Plectrocnemia conspersa* en *Sericostoma personatum*. Deze soorten komen ook in Veluwe bronnen voor. Een duidelijk onderscheid tussen bron, bronbeek en bovenloop is zowel fysiognomisch als biologisch niet altijd aanwezig.

Opmerkelijk voor de Overijsselse bronnen zijn de moerasbewonende organismen zoals *Enchytraeidae*, *Eiseniella tetra-*

dra, *Herpobdella lineata*, *Tipulidae* en *Ptychoptera* species en de bewoners van vochtige bodems of van de grens tussen land en water als *Dixidae*, *Cyphonidae*, *Helophorus brevipalpis* en *H. grandis*. Alhoewel dit geen bronfauna is, zijn deze organismen wel voor de omgeving van de Overijsselse bronnen kenmerkend (ref. 3).

In de bronnen zelf komen vrijwel geen karakteristieke hogere waterplanten voor. Doordat in de directe nabijheid van bronnen de bodem zeer vochtig is, komen daar karakteristieke plantengemeenschappen voor uit de klasse der brongemeenschappen (Montio-Cardamineae). Genoemd worden verspreidbladig en paarbladig goudveil (*Chrysosplenium alternifolium* en *C. oppositifolium*), bittere veldkers (*Cardamine amara*) en waterbronnkruid (*Montia fontana*). Binnen deze klasse der Brongemeenschappen is het verbond van bittere veldkers en bronnkruid karakteristiek (Cardamino - Montion) met ondermeer de bronnkruidassociatie (Philonotido fontanae - Montietum). In sommige gevallen is het brongebied begroeid met elzenbronnbossen (*Carici elongatae* - Alnetum).

Van de algen die in bronnen leven worden hier nog genoemd de diatomee *Meridion circulare* en enkele pennate diatomeeën die zich op de bodem ophouden. Karakteristiek zijn voorts de roodwieren *Batrachospermum* (kikkerdrilwier) en *Hildenbrandtia*.

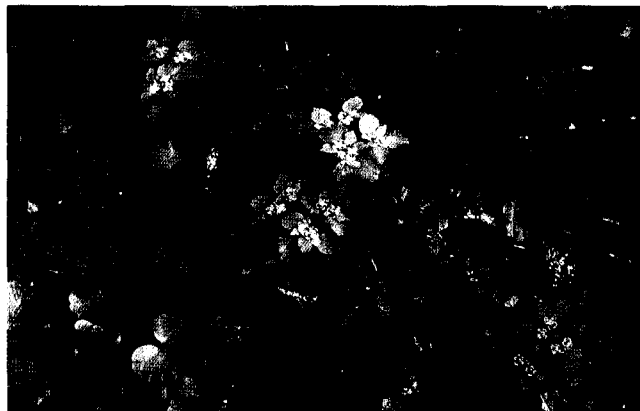


Foto 2
Goudveil (*Chrysosplenium spec.*) langs en in de Belletbeek bij de Heimansgroeve. (Overijssel)

6. ECOLOGISCHE NORMDOELSTELLINGEN

Natuurlijke toestand van het ecosysteem

De levensgemeenschap in en bij een bron wordt sterk bepaald door de geringe omvang van dit watertype, de enge verbinding of zelfs vermenging van vloeibare en vaste fase (water en land), de (lage), vrij constante temperatuur van het water alsmede de samenstelling ervan (afhankelijk van het intrekgebied). Dit uit zich in de afwezigheid van grotere diersoorten (bv. vissen) en in het voorkomen van karakte-

Tabel 3 Conceptlijst van enkele soorten macro-evertebraten karakteristiek voor de vier brontypen in Zuid-Limburg (in bewerking, Tolkamp).

	Limnokrene	Rheokrene	Akrokrene	Helokrene
<i>Pedicia rivosa</i>	+		+	+ o
<i>Niphargus aquilex</i>	+	+	+	
<i>Niphargus schellenbergi</i>	+	+	+	
<i>Nemoura marginata</i>	+		+	*
<i>Thaumalea</i> spp.		+	+	
<i>Orthocladus</i> spp.		+		
<i>Metriocnemis</i> gr. <i>hygropetricus</i>		+		
<i>Dixa maculata</i> gr.		+		x o *
<i>Crenobia alpina</i>			+	o *
<i>Dugesia gonocephala</i>			+	
<i>Agapetus fuscipes</i>			+	
<i>Drusus annulatus</i>			+	
Elminthidae spp.			+	*
<i>Dicranota</i> spp.			+	o *
<i>Polycelis felina</i>				+ x *
<i>Nemurella picteti</i>				+ x o
<i>Helodes</i> sp.				+ x o *
<i>Heleniella ornaticollis</i>				+
<i>Glossiphonia complanata</i>				+ x o
<i>Nepa rubra</i>				+ o
<i>Ptychoptera</i> spp.				+ x o
<i>Micropectra</i> gr. <i>praecox</i>				+ o
<i>Rheocricotopus</i> sp.				+
Psychodidae spp.				+ o
<i>Polypedium</i> <i>breviantennatum</i>				+ o
<i>Laccobius bipustulatus</i>				+
<i>Pisidium personatum</i>				+
<i>Crunoecia irrorata</i>				+ x
<i>Sericostoma</i> sp.				+ x
<i>Notidobia ciliaris</i>				+
<i>Parametricnemis stylatus</i>				+
<i>Galba trunculata</i>				+
<i>Brillia modesta</i>				+ o
<i>Chaetocladius</i> gr. <i>laminatus</i>				+

- + : in dit type karakteristiek
 * : als begeleidende soort aanwezig
 o : ook in Overijssel
 x : ook bij Nijmegen

ristieke plantengemeenschappen in de onmiddellijke nabijheid van de bron. Primaire produktie vindt bijna uitsluitend plaats door wortelende waterplanten en wiersoorten. Typische stenotherme, stygobionte en hygropetrische soorten komen voor. Het chlorofylgehalte (plankton) is praktisch nihil.

Natuurlijke levensgemeenschap

Kenmerkende organismen zijn o.a. de kreeftachtigen blinde waterpissebed (*Proasellus hermannensis*) en blinde vlokreeft (*Niphargus schellenbergi*), verschillende soorten kokerjuffers (waarvan een aantal alleen in Zuid-Limburgse bronnen voorkomt), verscheidene soorten muggelarven in karakteristieke combinaties, de kever *Helodes minuta*, de steenvlieg

Nemurella picteti, de slak *Bythinella* sp. en de platwormen *Crenobia alpina* en *Polycelis felina* (beide laatste niet in Twentse bronnen). Van de planten kunnen genoemd worden waterbronkruid, goudveil, diverse mossoorten en enige roodwiersoorten.

Criteria handhaving van het type

Onbelemmerde uitstroming. Voeding uit grondwater. Direct contact bodem-water. Niet gedraineerd:

Criteria abiotisch optimum van het type

Constance watertoevoer uit grondwater. Geen overkluizing of

BRONNEN

geleiding van de uittreding van het water. Relatief lage en constante temperatuur, constante zuurgraad, saliniteit en hardheid.

Natuurlijke trajecten voor een aantal parameters:

temperatuur	max.	10 - 15	°C
pH	gem.	7 - 8	
chloride (Cl^-)	gem.	0 - 20	mg/l
sulfaat (SO_4^{--})	gem.	0 - 40	mg/l
calcium (Ca^{++})	gem.	10 - 100	mg/l
fosfaat (ortho)-P	max.	0 - 0,1	mg/l
nitraat-N	max.	0 - 1	mg/l
zuurstof	min.	6 - 9	mg/l
	gem.	8 - 11	mg/l

Doen en laten

Hoogste niveau	= beperkt en extensief grondgebruik in de omgeving, zodat de natuurlijke grondwaterkwaliteit gehandhaafd wordt = geen onttrekking van grondwater of andere vormen van beïnvloeding van de grondwaterstand = geen lozingen = geen menselijke activiteiten in onmiddellijke omgeving bron (regelmatige controle)
Middelste niveau	= geen beperking aan grondgebruik in omgeving, voorzover daardoor de natuurlijke grondwaterkwaliteit gehandhaafd wordt = onttrekking van grondwater uitsluitend buiten bufferzone en niet in water voerend pakket van de bron = geen lozingen = onmiddellijke omgeving bron niet verstoren
Laagste niveau	= geen beperking aan grondgebruik in omgeving, tenzij daardoor in het bronwater de basiskwaliteit (microverontreinigingen) niet gehandhaafd kan worden = geen zodanige grondwateronttrekking dat de bron droog komt te staan = geen lozingen, vuil- of puinstort

Overwegingen voor keuze van het niveau

Bronnen zijn zo oorspronkelijk ("oer", "sprong"; vergelijk ook woorden in andere talen die te maken hebben met bodem, tevoorschijn komen, enz.: Lat. "fons", Fr. "source", Eng. "spring") dat het handhaven van een natuurlijk niveau voor dit watertype van groot belang is. Dat houdt in dat bijna altijd gekozen dient te worden voor het hoogste niveau en dat een keuze voor het laagste niveau niet voor mag komen.

7. LITERATUUR

1. Tolkamp, H.H.;
Beken in Zuid-Limburg; Natura 80, 1, p. 102-108, 1983.
2. Maas, F.M.;
Bronnen, bronbeken en bronbossen van Nederland, in het bijzonder die van de Veluwezoom: een plantensociologische en oecologische studie; Wageningen, Landbouwhogeschool, Dissertatie LH-270, 166 p. + bijl., 1959.
3. Notenboom, J.;
Macrofauna-gemeenschappen in bronnen; deel 2: Typering; Wageningen, Landbouwhogeschool, Vakgroep Natuurbeheer, Basisrapport Project E.K.O.O., nrs. 3 en 4, 1982.
4. Verweij, G.C.G.;
Hydrobiologisch onderzoek aan bronnen en bronbeken in het stuwwallengebied ten Z.O. van Nijmegen: macrofauna inventarisatie, chemische bemonstering, bedreigingen en beheersadviezen; Wageningen, Landbouwhogeschool, Vakgroep Natuurbeheer, Verslag nr. 593, 67 p., 1981.
5. Moller Pillot, H.K.M., en B. Krebs;
Concept van een overzicht van de oekologie van chironomidelarven in Nederland; 41 p., 1981.

2.3 Beken

1. DEFINIËRING

Een beek is een lijnvormig en - voor zover niet door menselijk handelen beïnvloed - meanderend landschapselement, dat gevoed wordt door grondwater en, door een natuurlijk hoogteverschil in het land, water afvoert van hoger gelegen gebieden naar lagere delen. De beek wordt tevens gekenmerkt door een van boven naar benedenstrooms toenemende breedte en diepte en afnemende stroomsnelheid. In samenhang daarmee treedt meestal in benedenstroomse richting een afname op van de grootte van de sedimentfracties, hetgeen van invloed is op de benthische levensgemeenschap.

Beken en bronnen worden over het algemeen aangetroffen op de pleistocene gronden en in het krijtgebied. De bodem bestaat voornamelijk uit zand en/of grind en is in het krijtgebied sterk kalkhoudend. In de benedenlopen kan de bodem evenwel uit leem of klei bestaan, terwijl in sommige gevallen sprake kan zijn van een steenachtige of een veenachtige bodem.

Het kaartje van figuur 4 geeft de hoogtelijnen weer van het grondwater in Nederland. Duidelijk herkenbaar hierin is de

aparte situatie in Zuid-Limburg en op de Veluwe, waar het verval in de grondwater-hoogtelijnen groot is en overeenkomt met een groter verval van het terrein. Samenhangend hiermede treden verschillen op in stroomsnelheid.

De watervoering (hydrologie) is afhankelijk van de wijze van voeding. Bij bron-, kwel- en sprengbeken is de afvoer vrij constant, bij overige typen is ze afhankelijk van neerslag. Bovenlopen van neerslagafhankelijke beken, met name laaglandbeken, kunnen in droge zomers droogvallen. De hydrologie is sterk afhankelijk van de mate van menselijke beïnvloeding (stuwen, afsnijden van bochten, verbreden van profiel, vergroten van diepte, cultuurtechnische ingrepen) en van geologische storingen in de ondergrond (kwel, wegzijging). Stroomsnelheid is primair afhankelijk van verval.

Behalve de sprengbeken en molenbeken zijn alle hierondergenoemde beektypen van natuurlijke oorsprong en ontstaan daar waar in lage delen het freatisch grondwater het bodemoppervlak snijdt of waar dieper grondwater van onder een ondoorlatende laag door drukverschillen plaatselijk aan het oppervlak treedt.

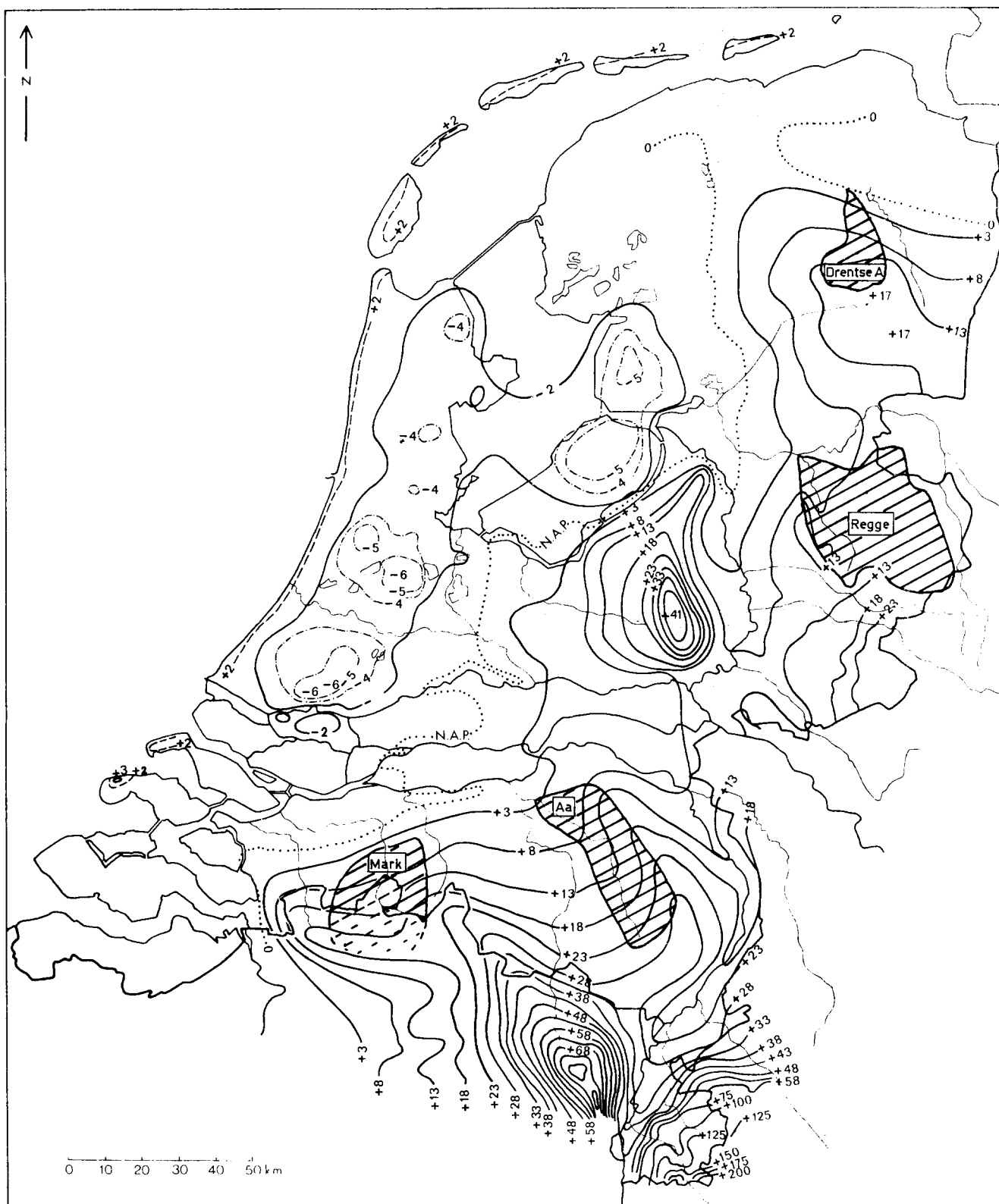
2. SUBTYPEN EN VOORBEELDEN

Er kunnen verschillende typen beken worden onderscheiden.



Foto 3

De Rodebeek in Midden-Limburg op de grens met Duitsland; een voorbeeld van een sterk meanderende snelstromende zandbeek.



CONTOURS IN m ± NAP

Figuur 4 Hoogtelijnen van het grondwater in Nederland en de Belgische Kempen (naar Faber, ref. 1).

Bronbeken: dit beektype wordt gevoed door water uit een of meerdere bronnen. Het wordt aangetroffen in Overijssel, Gelderland (voornamelijk langs de zuidelijke Veluwezoom tussen Doorwerth en Ellecom en plaatselijk op de Oost-Veluwe) en Limburg. Bronbeken worden gevoed vanuit het (diepe) grondwater, waardoor een permanente, zeer constante watertoevoer optreedt.

Bergbeken: de beken van dit type onderscheiden zich van het voorgaande type primair door de gemiddeld hogere stroomsnelheid (vaak 100 cm/sec) als gevolg van een relatief groter verval (1 - 2,5%) en diensgevolge door een harde bodem met grover substraat (stenen en keien in plaats van zand en grind). Bergbeken kunnen in hun benedenloop overgaan in het laaglandtype. Dit type komt voor in Zuid-Limburg.

Beken van het Geul-type: deze houden het midden tussen een bergbeek en een snelstromende laaglandbeek. Ze worden gekenmerkt door een sterk wisselend waterniveau, een stroomsnelheid van ca. 1 m/sec en een verval van 0,3 - 1% (Geul, Gulp, Jeker).

Snelstromende zandbeken: dit beektype komt in Limburg voor. Een voorbeeld is de bovenloop van de Rodebeek bij Brunssum en vele trajecten bij Vlodrop. Het type valt tussen de beken van het Geultype en het type laaglandbeek.

Laaglandbeken: bij dit type is er geen sprake van één bron, maar van een oorspronggebied. De watertoevoer bestaat voornamelijk uit via sloten en greppels afstromende neerslag en uittredend oppervlakkig grondwater. Daar de stand van het oppervlakkige grondwater afhankelijk is van de neerslag is dit beektype een "regenbeek", waarvan de bovenlopen in zomers met weinig neerslag kunnen droogvallen. Zowel uit biologisch, fysisch als chemisch oogpunt is een onderscheid in boven-, midden- en benedenloop zinvol. Het verval is gering waardoor de laaglandbeek een betrekkelijk lage stroomsnelheid heeft (50 cm/sec, doorgaans tussen 20 en 40 cm/sec). Het laaglandbeektype wordt op landschappelijk-ecologische basis wel onderscheiden in: rietbeken (met riet of riete wordt een erosiedal met steile randen in heuvelachtig gebied bedoeld), heidebeken, houtwalbeken, weilandbeken en bosbeken (met als bijzondere vorm de moerasbeken) (ref. 13). Bij sterk geregleerde/genormaliseerde laaglandbeken wordt ook wel gesproken over sloot-, kanaal- en rivierbeken, die als gevolg van stuwing zomers tijdelijk (vrijwel) stagnerend water kunnen bevatten. Een bijzondere vorm van het type laaglandbeek zijn de in de Achterhoek voorkomende, periodiek droogvallende (bovenloopjes van) laaglandbeken. Het zijn langzaam stromende beekjes die in de zomermaanden geheel of gedeeltelijk droogstaan. Vroeger in grote aantallen aan te treffen in delen van Brabant, Twente en de Achterhoek. Als gevolg van regulatie is deze vorm zeer zeldzaam geworden. Voorkomen van laaglandbeken: Drenthe, Overijssel, Gelderland, Noord-Brabant en Limburg.

Veenbeken: dit beektype (Drenthe), dat wordt gekenmerkt door zijn dystroof karakter, is grotendeels verdwenen als gevolg van het afgraven van het hoogveen. Onder meer de Reest, de Hunze en het Schoonebeekerdiep behoorden tot dit type.

Duinbeken: beken van dit type komen hoofdzakelijk in gegraven dan wel in sterk vergraven vorm voor. De natuurlijke duinbeek is zeldzaam en wordt nog bij Groet en Kamperduin aangetroffen. Ze zijn qua ontstaansgeschiedenis en macrofaunasamenstelling vergelijkbaar met sprengenbeken (zie hieronder).

Kwelbeken: een op een laaglandbeek gelijkend type dat voorkomt op de Oost-Veluwe tussen Epe en Apeldoorn (Egelbeek, Smallertsche Beek, Rode beek en Verlorenbeek) en op de Noordwest-Veluwe (bijv. Bijsselse beek en Varelse beek). De beken worden gevoed door relatief diep grondwater, waardoor de afvoer vrij constant is. De afvoer is veel constanter dan die van laaglandbeken en tendeeft naar de afvoerregimes van bron- en sprengenbeken. De stroomsnelheid is vrij hoog. Doordat dit beektype geen "regenbeek" is, vallen de bovenlopen vrijwel nooit droog. Er is sprake van ondermeer voeding uit terreindepressies aan de rand van de stuwwal waar water opkwelt.

Sprengenbeken: sprengenbeken zijn (deels) gegraven beken, die worden gevoed door grondwater uit sprengen. Sprengen zijn gegraven beekkoppen, die een watervoerende grondlaag aansnijden. De waterafvoer is redelijk constant. De eerste sprengenbeken op de Veluwe werden in de 11^e eeuw gegraven, het merendeel in 16^e en 17^e eeuw. Voorkomen: de Veluwe (voornamelijk oostelijke Veluwerand en bij Renkum), bijvoorbeeld Nieuwe beek, Geelmolenbeek, Koppelsprengen, Nijmolense beek, Zwaanspreng en Veldhuizerspreng.

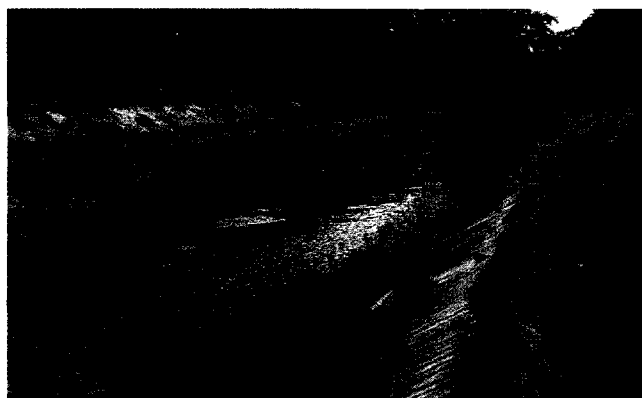


Foto 4

De Schipbeek, nabij Buurse in Twente; een voorbeeld van een gekanaliseerde beek.

Overigens gaan sommige van de genoemde subtypen over in het type "kleine rivieren", met name de laagland- en veenbeken.

BEKEN

Per provincie kan hierbij nog het volgende worden opgemerkt.

Limburgse beken

In de provincie Limburg vinden we de grootste verscheidenheid aan beektypen. Dit houdt niet alleen verband met de grote hoogteverschillen in Zuid-Limburg, maar ook met de aard van de bodem, die de samenstelling van het water beïnvloedt en die sterk verschilt van de bodems in andere provincies. De beken van Mergelland en Krijtland onderscheiden zich van die van het Geultype en van de zandbeken, o.a. door kalkgehalte. Door Tolkamp wordt een typologie van de Limburgse beken voorbereid.

Brabantse beken

De meeste Brabantse beken zijn genormaliseerd. Een onderscheid in groepen van beken is mogelijk. Voor Midden- en Oost-Brabant kan bijvoorbeeld een indeling gemaakt worden in de relatief grote beeksystemen van Midden-Brabant (o.a. Beerze en Reusel) gelegen in de Centrale Slenk, de zogenaamde Peelbeken met humusachtig water (o.a. Soeloop, Eeuwelse loop) op de Peelhorst, de beken die ontstaan in België in een gebied met een groot verval in de hoogtelijnen van het grondwater (o.a. Boven Dommel, Tongelreep). Verder zijn er nog de Zuid-West Brabantse beken (o.a. Bovenmark) en de Kempense Horst (o.a. de Donge). Ten aanzien van de Peelbeken wordt opgemerkt, dat het karakter van het water gedurende het zomer-halfjaar in grote mate mede wordt bepaald door de inlaat van Maaswater via het kanaal van Deurne. Als gevolg van de Peelrandbreuk en verschillende andere geologische storingen doen zich de verschijnselen van kwel en wegzijging voor, waardoor de watervoering van de beken in betekende mate wordt beïnvloed.

Drentse beken

Over het algemeen is de hydrobiologische betekenis van de Drentse beken (hoofdzakelijk behorend bij het type laaglandbeek) in de afgelopen tientallen jaren door normalisatie sterk achteruitgegaan. Volgens een vrij recent rapport (ref. 5) is de hydrobiologische waarde, beoordeeld naar de macrofauna van het Looner Diep, hoog en van het Gasterense Diep en de Drentse Aa vrij hoog. Volgens floristische gegevens is de hydrobiologische waarde van de Reest zeer hoog en de Steenwijker Aa hoog. Naast het laaglandbeektype wordt in Drenthe het veenbeektype of Reesttype aangetroffen, waarvan het water dystroof is door hoogveen. Naast de Reest kan de Hunze genoemd worden.

Veluwe beken

Het Veluwemassief wordt gekenmerkt door zandgrond en daarmee samenhangend door een grote grondwaterbel,

met een grondwaterstroming naar de randen van het massief. De Veluwe beken ontspringen daardoor aan de randen van het Veluwemassief. Er worden vier typen onderscheiden: laaglandbeken, kwelbeken, sprengbeken en bronbeken. Voor de laaglandbeken is een volgende indeling mogelijk (ref. 15):

- a. laaglandbeken in de Gelderse vallei
- b. wettingen tussen het Apeldoorns Kanaal en de IJssel
- c. een aantal verspreid gelegen beken zoals de Hierdense beek, Schuitemébeek en Veldbeek.

De sprengbeken zijn voornamelijk te vinden op de oostelijke en zuidelijke Veluwezoom. Bronbeken worden aangetroffen aan de zuidkant van de Veluwezoom en plaatselijk op de Oost-Veluwe. Kwelbeken worden op de Oost-Veluwe tussen Epe en Apeldoorn en op de Noordwest-Veluwe (tussen Elburg en Harderwijk) aangetroffen. Oosterloo heeft een typologie van de Veluwe beken in bewerking.

Door de "Werkgroep Sprengen en Beken" ingesteld door de "Begeleidingscommissie Nationaal Landschap Veluwe" werd belangrijk werk verricht naar de mogelijkheden voor herstel en behoud van de Veluwe beken (ref. 8). Macrofauna-gegevens werden in het kader van de werkzaamheden van de werkgroep verwerkt tot een typologie (ref. 9).

Overijsselse beken

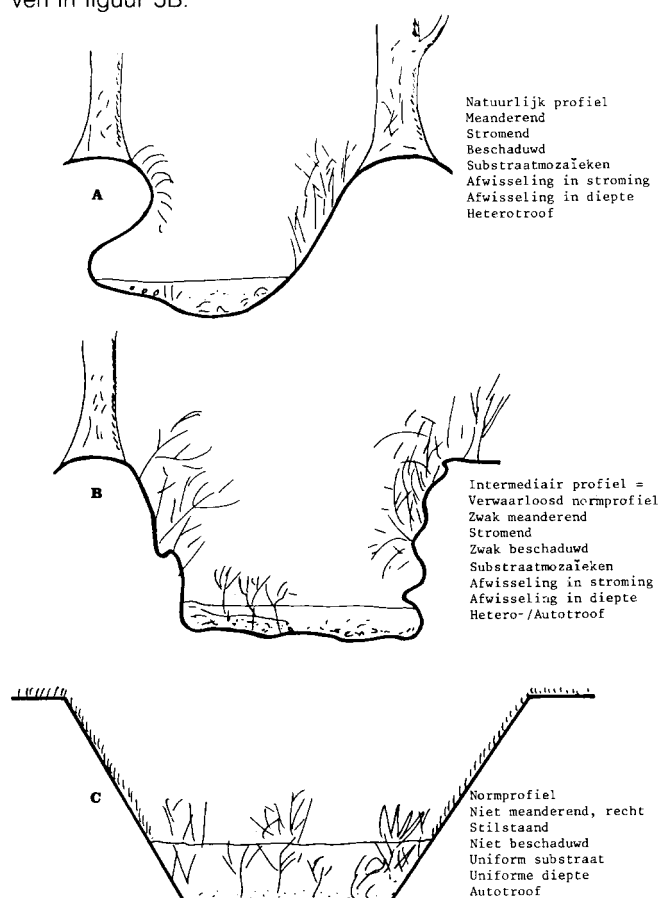
De stuwwal Ommen-Nijverdal-Holten en de stuwwal Ootmarsum-Oldenzaal-Enschede verdelen de provincie Overijssel in drie gebieden, namelijk Salland, het Reggegebied en het Dinkelgebied. De Sallandse wettingen zijn alle genormaliseerd. In Twente, omvattende het Regge- en Dinkelgebied zijn de meeste beken ook genormaliseerd; uit onderzoek in het kader van het streekplan Twente is vastgesteld dat van de onderzochte waterlopen, met een totale lengte van bijna 2.000 km, 5% een nagenoeg natuurlijk beekarakter en 12% een potentieel natuurlijk beekarakter hebben. De nagenoeg natuurlijke en potentieel natuurlijke waterlopen liggen voornamelijk in het oostelijk deel van Twente. Het betreft het gebied ten noorden en westen van Ootmarsum, het Dinkeldal, op de Dinkel afvoerende waterlopen en bovenlopen van waterlopen die op de Regge afwateren in de omgeving van Oldenzaal en Enschede.

3. FUNCTIONELE KENMERKEN

Van nature vervullen beken in de waterkringloop de functie van het afvoeren van (overtollig) water uit een bepaald gebied. Door ingrijpen van de mens hebben vele beken ten behoeve van landbouw en veeteelt een grondwaterstand-regulerende functie gekregen, die wordt bewerkstelligd door een actief waterkwantiteitsbeheer met behulp van stuwen en soms waterinlaatwerken. De functie van de gegraven sprengbeken en molentakken was het aandrijven van waterraden van de watermolens, onder andere graanmolens. Later kwamen hier papierfabricage en wasserijen bij. Ook

andere beektypen werden veelvuldig gebruikt voor watermolens, waaronder kopermolens in Limburg.

Het beheer van genormaliseerde laaglandbeken - die gekenmerkt worden door het ontbreken van meandering, vergraving van het profiel volgens standaardnormen, een symmetrisch profiel en veelal het ontbreken van houtwallen op de oever - bestaat uit het op diepte houden van het profiel (figuur 5), het onderhoud van schouwpaden, taluds, oeverbeschoeiingen, bodemverharding bij kunstwerken, het vegen of maaien van waterplanten en het verwijderen van drijvend vuil. Tot het onderhoud van taluds behoort eveneens het maaien van de begroeiing. Dit beheer is overwegend mechanisch. Dit in tegenstelling tot het beheer van de natuurlijke beken, dat door de vorm van de beek met de hand gebeurt (het verwijderen van takken, blad, bomen, zandbanken, maai en of harken van waterplanten, herstel van oevers, etc.). Een natuurlijke beek vergt in totaal minder onderhoud dan een niet-natuurlijke, bijv. een sprengbeek of een geregleerde beek. Het profiel van de natuurlijke beek is meestal asymmetrisch van vorm met een hellende en overhangende oever (figuur 5A). De kleinschalige, genormaliseerde laaglandbeek heeft een profiel zoals weergegeven in figuur 5B.



Figuur 5 Beekprofielen:
A: Natuurlijke, meanderende beek.
B: Genormaliseerde beek ("ouderwetse" normen).
C: Genormaliseerde beek ("moderne" normen).
(naar Tolkamp, ref. 7).

4. FYSISCHE EN CHEMISCHE KENMERKEN

Deze worden primair bepaald door grondwater. In sommige gebieden kan een relatief lage pH (3-4) voorkomen (zie bijvoorbeeld de Groote Beerze). Over het algemeen varieert de pH tussen 6 en 8. Onder invloed van benthische algen (diatomeeën) kunnen zich reeds in het vroege voorjaar relatief grote schommelingen voordoen in het zuurstofgehalte. Het Cl-gehalte varieert over het algemeen tussen 10 en 40 mg/l. Door Fe-houdend grondwater kan roestbruine ijzerafzetting plaats vinden op planten en op de bodem. In gebieden met een kalkrijke bodem kunnen hoge Ca-gehalten voorkomen. De natuurlijke fysische en chemische samenstelling van het water wordt bepaald door de samenstelling en opbouw van de bodem, waar doorheen het grondwater naar de beek stroomt en is van invloed op de flora en de fauna van de beken. Zo zullen in kalkarme beken diersoorten ontbreken die kalk nodig hebben om een schelp of pantser op te bouwen.

Zie voor de natuurlijke trajecten van een aantal parameters deel IV.

5. BIOLOGISCHE KENMERKEN

In natuurlijke beken bepalen stroming, meandering en daarmee samenhangend verschillen in stroomsnelheid in binnen- en buitenbocht (respectievelijk laag en hoog), waardoor verschillen in bodemopbouw ontstaan (respectievelijk van fijn naar grof materiaal), een selectie in organismen en verschil in zuurstofgehalte op verschillende plekken. In het algemeen ontstaat door meandering veel ruimtelijke variatie. Beschaduwing door oeverbegroeiing beperkt de plantengroei en de opwarming van het water.

In geregleerde en genormaliseerde beken wordt de stroming negatief beïnvloed; er is geen meandering, waardoor eenzijdige bodemopbouw optreedt met - afhankelijk van de mate van stroming - weinig of veel slib. Er is weinig ruimtelijke variatie en over het algemeen geen oeverbegroeiing. Deze beken bevatten veel waterplanten en zomers zijn relatief hoge temperaturen mogelijk.

Behalve in traagstromende beken is er over het algemeen geen sprake van een (duidelijke) fytoplankton-ontwikkeling. In droge tijden kan zich bij lage afvoeren tijdelijk algenontwikkeling voordoen. Er vindt ontwikkeling van benthische diatomeeën en draadwieren plaats en er is een aan de mate van stroomsnelheid aangepaste macrofauna en macroflora. Naast de stroomsnelheid is ook het natuurlijk verloop in de voedselrijkdom van invloed op diatomeeën en macrofauna en macroflora.

In tabel 1 en 3 zijn een aantal karakteristieke biologische kenmerken weer gegeven voor de bergbeek, beken van het Geultype en de laaglandbeek. Naast de genoemde organismen komen ook andere organismen voor. Zo hebben laaglandbeken veel soorten waterplanten gemeen met stilstaande wateren (lentische soorten): het voorkomen van

de gele plomp (*Nuphar lutea*) in de benedenloop is een goed voorbeeld. Het aantal soorten dieren dat zowel in laag landbeken als in stilstaand water voorkomt is relatief groot. Door normalisatie van veel laaglandbeken is dit aantal toegenomen. Hieronder bevinden zich veel insecten en insectenlarven, wormen en weekdieren (slakken, mosselen). In tabel 2 zijn tevens een aantal gegevens opgenomen betreffende kensoorten of kenmerkende combinaties van chironomidenlarven, ontleend aan Moller-Pillot en Krebs (ref. 3). Over de algemene geldigheid van tabel 1 dient wel te worden opgemerkt, dat regionale verschillen kunnen optreden. Dit kan nader worden geïllustreerd met het voorkomen van de vlokreeft *Gammarus roesseli* die in Brabant nauwelijks voorkomt, maar in de laaglandbeken van de Achterhoek veelvuldig wordt aangetroffen.

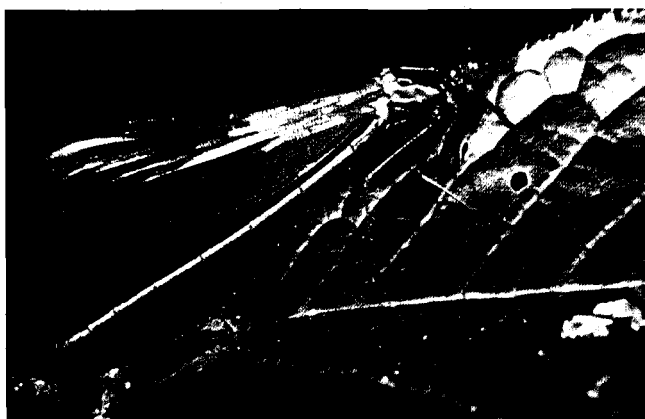


Foto 5
Gebandeerde beekjuffer (mannetje) (*Calopteryx splendens*).

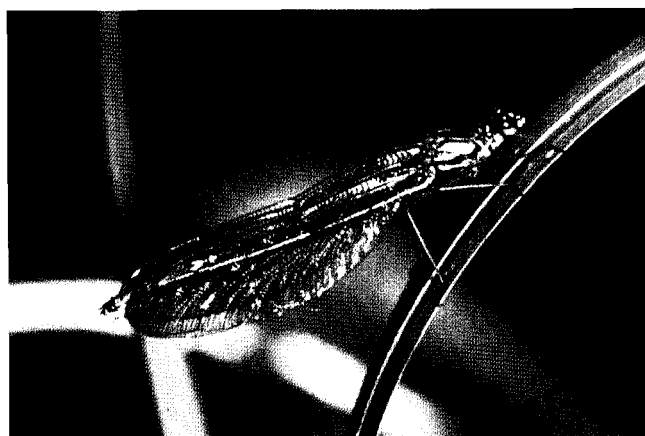


Foto 6
Gebandeerde beekjuffer (vrouwje) (*Calopteryx splendens*).

In laaglandbeken komen ook rheofiele organismen voor. Dit watertype biedt echter geen mogelijkheid voor optimale ontwikkeling. Die is er wel voor de zogenaamde sub-rheofiele organismen. In bergbeken worden rheofiele vormen aangetroffen van waterplanten die kenmerkend zijn voor stilstaand water. Daar waar bronnen in de oever van beken voorkom-

men kan men in die beken bronbewoners aantreffen. De grenzen liggen dus niet scherp. Om dit in zijn algemeenheid nog nader toe te lichten dienen de volgende gegevens (ref. 2) Het aantal gespecialiseerde diersoorten in de Europese stromende wateren bedraagt voor bronnen 465, in beken 1581 en in rivieren 234. Veel soorten komen echter voor in meer dan 1 type: 128 in grondwater en bronnen, 412 in bronnen en beken, 334 in beken en rivieren.

In tabel 5 zijn een aantal gegevens opgenomen betreffende het voorkomen van kokerjuffers in Zuid-Limburg (Higler, pers. med.). Voor wat betreft het voorkomen van libellen specifiek voor stromend water wordt volstaan met de constatering dat hier in Nederland tot voor kort twee soorten waterjuffers (*Zygoptera*) en zes soorten glazenmakers (*Anisoptera*) voorkwamen (ref. 4) De twee waterjuffers betreffen *Calopteryx splendens* en *C. virgo*, de enige soorten die aan beken zijn gebonden. De zes glazenmakers behoren tot de families Gomphidae en Cordulegasteridae. Alleen *Cordulegaster boltoni* komt hier en daar in het zuiden van het land nog voor.

Voor wat betreft de macrofauna van duinbeken kan nog worden opgemerkt dat deze relatief arm zijn aan soorten en individuen. Dit vindt zijn oorzaak in de lage graad van verscheidenheid in milieu, een zanderige eenvormige bodem en het bijna ontbreken van plantengroei, terwijl de beek smal en ondiep is. Naarmate het slootkarakter verder benedenstrooms toeneemt (in het cultuurland) treedt hierin verandering op.

In tabel 3 zijn een aantal verkorte soortenlijsten weergegeven voor een aantal bronnen, bergbeken, beken van het Geul-type en een snelstromende laaglandbeek. In deze lijsten ligt de nadruk op de karakteristieke macrofauna voor een aantal volledig onvervuilde punten.

De macrofauna van goed onderhouden en niet verontreinigde sprengbeken met een goede watervoering kenmerkt zich in de sprengen, in de boven- en middenlopen (behalve in opgeleide trajecten) en soms in benedenlopen door het voorkomen van vrij veel rheofiele en koudstenotherme soorten. Het aantal soorten behorend tot deze groepen organismen is ongeveer even groot als in Veluwe bronbeken en is groter respectievelijk veel groter dan de aantallen van genoemde groepen organismen in kwelbeken, respectievelijk laaglandbeken. Ook de abiotische karakteristieken van sprengen- en bronbeken komen sterk overeen. Door het achterwege blijven van periodiek onderhoud treedt vermindering op van het aantal rheofiele en koudstenotherme organismen. In tabel 4 is een soortenlijst weergegeven van rheofiele en/of koudstenotherme soorten macrofauna en enkele vissen uit sprengenbeken als de Nieuwe beek, Koppelsprengen, Spreng van Geurts, Geelmolenbeek, Zwaanspreng en Veldhuizer- en Vrijbergerspreng.

Zoals reeds elders naar voren werd gebracht kunnen de bovenlopen van vooral laaglandbeken regelmatig droog vallen. In deze beken komen een aantal organismen voor die aangepast zijn aan de veranderende omstandigheden, het-

Tabel 1 Biologische kenmerken beken

a. bergbeken		c. laaglandbeken	
hogere waterplanten:	vlottende waterranonkel (<i>Ranunculus fluitans</i>) Zannichellia palustris bronmos (<i>Fontinalis antipyretica</i>)	hogere waterplanten:	teer vederkruid (<i>Myriophyllum alterniflorum</i>) klimpwaterranonkel (<i>Ranunculus hederaceus</i>); wordt wel karakteristiek genoemd voor de duinbeken bij Groet en Camperduin
algen:	roodwieren: <i>Batrachospermum moniliforme</i>	algen:	pennate diatomeeën
vissen + rondbekken:	beekforel (<i>Salmo trutta fario</i>) elrits (<i>Phoxinus phoxinus</i>)	vissen + rondbekken:	beekprik (<i>Lampetra planeri</i>) bermpje (<i>Noemacheilus barbatulus</i>)
macrofauna:	overwegend rheofiele organismen <i>Gammarus fossarum</i> <i>Gerris najas</i> <i>Ancylus fluviatilis</i> <i>Simulium costatum</i> (kriebelmug) Plecoptera (steenvliegen): <i>Protonemoura</i> Trichoptera (kokerjuffers): <i>Rhyacophila fasciata</i> <i>Agapetus fuscipes</i> Ephemeroptera (haften): <i>Rhithrogena semicolorata</i> <i>Heptagenia lateralis</i>	macrofauna:	overwegend sub-rheofiele organismen <i>Gammarus pulex</i> (gewone vlokreeft) <i>Gammarus roesseli</i> (riviervlokreeft) Trichoptera (kokerjuffers): <i>Ironoquia dubia</i> Ephemeroptera (haften): <i>Caenis</i> (langzaam stromend) <i>Ephemera danica</i> (snel stromend) <i>Ephemera vulgata</i> (langzaam stromend) Odonata (libellen): <i>Calopteryx</i> Plecoptera (steenvliegen): <i>Nemoura cinerea</i>
b. beken Geul-type		d. droogvallende beekjes	
hogere waterplanten:	vlottende waterranonkel (<i>Ranunculus fluitans</i>) Zannichellia palustris bronmos (<i>Fontinalis antipyretica</i>)	macrofauna:	Gastropoda (slakken): <i>Aplexa hypnorum</i> <i>Lymnaea glabra</i> <i>Lymnaea truncatula</i> Trichoptera (kokerjuffers): <i>Stenophylax permistus</i> <i>Micropterna lateralis</i> <i>Limnephilus bipunctatus</i> <i>Ironoquia dubia</i> <i>Chaetopteryx villosa</i>
algen:	roodwieren: <i>Batrachospermum moniliforme</i>		
vissen + rondbekken:	beekforel (<i>Salmo trutta fario</i>) elrits (<i>Phoxinus phoxinus</i>)		
macrofauna:	overwegend rheofiele organismen <i>Gammarus fossarum</i> <i>Gerris najas</i> <i>Ancylus fluviatilis</i> Plecoptera (steenvliegen): *) <i>Perlodes microcephala</i> Trichoptera (kokerjuffers): <i>Hydropsyche</i> spp. Ephemeroptera (haften): <i>Ephemerella ignita</i> Diptera (vliegen): <i>Atherix</i> sp.		
vogels:	een bijzondere relatie met de beken hebben de ijsvogel, de grote gele kwikstaart en de waterspreeuw		

*) nader onderzoek van deze groep zal naar verwachting nog andere kenmerkende soorten opleveren

geen niet wil zeggen dat ze niet in andere beken kunnen voorkomen (tabel 1).

Omstreeks 1900 kwamen in beken en kleine rivieren op vrij grote schaal otters voor (ref. 15). Op dit moment beperkt hun verspreiding zich tot de meren en plassen in Friesland, Holland en Utrecht en de grote rivieren.

6. ECOLOGISCHE NORMDOELSTELLINGEN

Natuurlijke toestand van het ecosysteem

Het ecosysteem van beken wordt van nature gekenmerkt door soorten die aan relatief sterke stroming zijn aangepast,

Tabel 2 Kenmerkende Chironomidenlarven-combinaties**1. Specifiek voor zure bovenlopen die een deel van de zomer stilstaan of droogvallen:***Macropelopia-goetghebueri-combinatie*

Chaetocladius spec. Herkenbosch
 Chironomus
 Macropelopia goetghebueri
 Macropelopia nebulosa
 Polypedilum cf. uncinatum
 Psectrocladius platypus

alleen in combinatie
 specifiek

2. Specifiek vooral in middenlopen van de natuurlijke laaglandbeek:*Eukiefferiella-combinatie*

Apsectrotanytus trifascipennis
 Brilia longifurca
 Brilia modesta
 Demicryptochironomus vulneratus
 Eukiefferiella brevicar
 Eukiefferiella claripennis
 Eukiefferiella gr. discoloripes
 Nanocladius pectinervis
 Odontomesa fulva
 Orthocladius cf. thienemanni
 Paracladopelma camptolabis agg.
 Polypedilum breviautennatum
 Polypedilum pedestre
 Potthastia longimanus
 Prodiamesa olivacea
 Rheocricotopus fuscipes
 Rheotanytarsus photophylus
 Tanytarsus curticornis
 Thienemaniella flaviforceps
 Zavrelimyia barbatipes

(ook in plassen)

(zelden in plassen)

(zelden in plassen)
 (zelden in plassen)

Cricotopus tibialis
 Cryptotendipes cf. holsatus
 Eoicocladius flavens
 Heterotrissocladius marcidus
 Paracladopelma laminata agg.
 Polypedilum laetum agg.
 Rheocricotopus chalybeatus?

alleen tot deze combinatie
 te rekenen voor uiterste
 oosten van het land en Veluwe

c. Waarschijnlijk typerend voor de genormaliseerde laaglandbeek:

Conchapelopia melanops
 Cricotopus bicinctus
 Diplocladius cultriger
 Macropelopia goetghebueri
 Macropelopia nebulosa
 Nanocladius bicolor
 Micropsectra gr. praecox
 Paratendipes albimanus

b
 b
 a
 a
 a
 b
 a
 b
 Macropelopia-nebulosa-
 combinatie

Cricotopus sylvestris
 Procladius
 Psectrotanytus varius

stilstaand-watersoorten die veelal in
 genormaliseerde beken voorkomen

Clinotanytus nervosus
 Glyptotendipes
 Polypedilum

a = vooral bovenlopen
 b = vooral benedenlopen

d. Specifiek voor de bergbeek:

Cardiocladius capucinus
 Chaetocladius spec. Veluwe
 Diamesa insignipes
 Heliophila cf. ornaticollis
 Orthocladius subg. eudactylocladius
 Orthocladius cf. rubicundus

alleen gevonden
 onder stuwen
 (in Nederland krenofiel?)

e. Specifiek voor sprengen:*Heterotanytarsus-combinatie*

Heterotanytarsus apicalis
 Heterotrissocladius marcidus
 Micropsectra gr. trivialis
 Stempellinella gr. brevis
 Trissopelopia longimanus

(tevens in enkele bovenloopjes in Zuid-Limburg)

d.w.z. ofwel vastzitten aan oever en bodem, ofwel in staat zijn zich actief te verplaatsen (bv. vissen). Planktonsoorten komen niet of in beperkte mate voor (chlorofylgehalte 5 - 10 µg/l). Er vindt geen ophoping van dood organisch materiaal op de bodem plaats: er is zelfs sprake van een netto-export stroomafwaarts van organisch materiaal. Sommige vissoorten voltooien slechts een deel van hun levenscyclus in beken (paaieren, kuitschieten, eerste ontwikkelingsstadia). De Nederlandse beken kunnen overigens in een aantal subtypen worden verdeeld, met variaties op de hier gegeven algemene beschrijving van het ecosysteem.

Natuurlijke levensgemeenschap

Van de in en bij beken voorkomende diersoorten kunnen genoemd worden: ijsvogel, grote gele kwikstaart, beekforel, elrits, bierpje, beekprik, blankvoorn, grondel, rivierkreeft, diverse vlokreeften, waterpissebed, een grote verscheidenheid aan muggelarven en kokerjuffers (combinaties kenmerkend voor subtypen), waterwantsen, kevers, steenvliegen, verscheidene soorten haften (sommigen kenmerkend voor het subtype), libellen, gaasvliegen, bloedzuigers, slakken, tweekleppigen en platwormen. Van de algen komen vooral diatomeeën en draadwieren voor op de bodem of op waterplanten; ook het kikkerdrilwier (een roodwier) kan gevonden worden. Waterplanten in beken zijn: bronmos, teer vederkruid, klimopwaterranonkel, vlottende waterranonkel en Zannichellia.

Criteria handhaving van het type

Permanente stroming, soms tijdelijk (afhankelijk van het subtype). Voeding uit bronnen, grondwater, neerslag of lagere orde-beken. Lijnvormig, meanderend. Oever zonder kunstmatige bescherming. Aanwezigheid oeverbegroeiing.

Criteria abiotisch optimum van het type

Permanente watertoevoer en stroming. Natuurlijke meanders en natuurlijke oevers. Niet gestuwd.

Natuurlijke trajecten voor een aantal parameters:

temperatuur	max. 15 - 20 °C
pH	gem. 6 - 8
chloride (Cl ⁻)	gem. 10 - 40 mg/l
sulfaat (SO ₄ ⁻)	gem. 0 - 40 mg/l
calcium (Ca ⁺⁺)	gem. 10 - 100 mg/l
fosfaat (ortho)-P	max. 0 - 0,1 mg/l
nitraat-N	max. 0 - 1 mg/l
zuurstof	min. 6 - 9 mg/l
zuurstof	gem. 8 - 11 mg/l

Doen en laten

Hoogste niveau

- = geen beïnvloeding morfologie
- = geen stuwen, geen wateronttrekking
- = grondwaterpeil in gebied handhaven en ook anderszins watervoe- ring in beekdal niet beïnvloeden
- = geen lozingen of verontreiniging door afspoeling e.d.
- = houtopstanden niet verwijderen, beperkt onderhoud (voor zover problemen in omgeving zouden ontstaan)

Middelste niveau

- = geen beïnvloeding morfologie
- = wateronttrekking beperken, zodat watervoering gehandhaafd blijft
- = grondwaterpeil en watervoering in beekdal slechts beperkt beïnvloeden
- = geen directe lozingen
- = oeverbescherming hooguit plaatselijk met stortsteen
- = geen chemisch onderhoud

BEKEN

Tabel 3 Voorkomen van diverse makro-evertebraten in enkele Limburgse bron/beektypen. Uit: „Typologie van de Zuid-Limburgse beken”, H.H. Tolkamp (nog te publiceren).

	bron		bergbeek					beek van het Geultype		snelstromende laaglandbeek
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>Crenobia alpina</i>	+	+	+							
<i>Polycelis felina</i>		+								
<i>Niphargus schellenbergi</i>		+								
<i>Nemoura marginata</i>	++	++	++		+					
<i>Drusus annulatus</i>	++									
<i>Chaetocladius piger</i>		+								
<i>Pericoma pulchra</i>	+	++								
<i>Thaumalea</i> sp.	++	++								
<i>Chaetocladius vitellinus</i>					+					
<i>Beraea maurus</i>		+								
<i>Silo nigricornis</i>		+								
<i>Enoicyla pusilla</i>		+								
<i>Heleniella ornitacollis</i>		+								
<i>Albgamus suricollis</i>			+							
<i>Crunoecia irrorata</i>		++	++							
<i>Wormaldia occipitalis</i>		+	+							
<i>Plectrocnemia conspersa</i>			+	+						
<i>Stenophylax permistus</i>	+									
<i>Parametrioctenus stylatus</i>			+			+				
<i>Rhitrogena semicolorata</i>			++	+++	++	++	++		++	
<i>Eukiefferiella brevicar</i>	+	+				+	+			
<i>Sericostoma personatum</i>		++	++	+	+	+	+		+	
<i>Dugesia gonocephala</i>	+	++	+++	+++	+	+++	++			++
<i>Gammarus fossarum</i>	++	++	+++	+++	+	+++	+++	+++	+++	++
<i>Baetis rhodani</i>	+	+	+	+++	++	+++	+++	+++	+++	
<i>Simulium ornatum</i>	+	+		+++	++	+	++	+++	+++	++
<i>Elmis aenea</i>		++		++		+	+	++		
<i>Eukiefferiella discoloripes</i>	+	+	+	++		+	+	+	++	+
<i>Rheocricotopus fuscipes</i>				+		++			+	
<i>Ancyclus fluviatilis</i>				+		+		+		+
<i>Heptagenia lateralis</i>			+		++	++				
<i>Polypedilum laetum</i>			+			++		+	+	+
<i>Hydropsyche fulvipes</i>						++				
<i>Rhyacophyla fasciata</i>			+		+		++			
<i>Brillia modesta</i>			+			++	+			
<i>Silo pallipes</i>			++		++	+		+++		++
<i>Eukiefferiella claripennis</i>		+				+			++	
<i>Agapetus fuscipes</i>		++	+++							++
<i>Simulium costatum</i>		+	++		++					
<i>Ephemerella ignata</i>							++		++	
<i>Hydropsyche saxonica</i>							+	+++	++	
<i>Hydropsyche pellucidula</i>								++	++	
<i>Gammarus pulex</i>								+		++
<i>Hydropsyche instabilis</i>								++		
<i>Chaetopteryx villosa</i>					++					+++
<i>Limnius volckmari</i>						+		+	+	++
<i>Tinodes pallidula</i>							+			
<i>Cottus gobio</i>							+			
<i>Hydropsyche siltalai</i>									++	
<i>Atherix</i>									++	
<i>Ephemera danica</i>									+	
<i>Potamophylax latipennis</i>					+				+	
<i>Potamophylax cingulatus</i>			+		+					
<i>Lype reducta</i>										+
<i>Lasiocephala basalis</i>										+
<i>Sialis fuliginosa</i>										+
<i>Polypedilum breviantennatum</i>										+

+ = een of enkele exemplaren
 ++ = meerdere of veel exemplaren
 +++ = massaal of zeer veel exemplaren

1. Hermansbeek bron
 2. Hemelbeek bronnen
 3. Belletbeek bron + beekloop
 4. Hermansbeek, benedenloop
 5. Hemelbeek
 6. Belletbeek, benedenloop
 7. Zieversbeek Schuurmolen
 8. Gulp Waterup

9. Geul Cotesse
 10. Rode beek Vlodrop

Tabel 4 Karakteristieke soorten macrofauna en vissen, voor niet verontreinigde vrij continu watervoerende en goed onderhouden sprengbeken

Tricladida (platwormen) <i>Polycelis felina</i>	Diptera (tweevleugeligen) <i>Chironomidae (vedermuggen)</i> <i>Trissopelopia longimanus</i> <i>Heterotrissocladius marcidus</i> <i>Heterotanytarsus apicalis</i> <i>Heleniella cf. ornaticollis</i> <i>Stempellinella brevis</i> <i>Micropsectra fusca</i> <i>Micropsectra junci</i> <i>Micropsectra gr. praecox</i> <i>Micropsectra trivialis</i> <i>Chaetocladius piger</i> <i>Eukiefferiella gr. discoloripes</i>
Plecoptera (steenvliegen) <i>Nemurella pictetii</i>	<i>Overige Diptera</i> <i>Dixa dilatata</i> <i>Dixa maculata</i> -groep <i>Dixaella filicornis</i> <i>Pedicia rivosa</i>
Coleoptera (kevers) <i>Helodes minuta</i> <i>Agabus paludosus</i> <i>Agabus guttatus</i> <i>Platambus maculatus</i>	Pisces (vissen) <i>Noemacheilus barbatulus</i>
Megaloptera (slijkvliegen) <i>Sialis fugiliosa</i>	Cyclostomata (rondbekken) <i>Lampetra planeri</i>
Heteroptera (wantsen) <i>Velia caprai</i>	
Ephemeroptera (eendagsvliegen) <i>Ephemera danica</i> <i>Procladius pseudorufulum</i>	
Trichoptera (kokerjuffers) <i>Plectrocnemia conspersa</i> <i>Halesus radiatus/digitatus</i> <i>Chaetopteryx villosa</i> <i>Beraea maurus</i> <i>Beraea pullata</i> <i>Bereodes minutus</i> <i>Sericostoma personatum</i> <i>Silo nigricornis</i> <i>Notidobia ciliaris</i> <i>Agapetus fuscipes</i>	

Tabel 5 Karakteristieke kokerjuffers (Trichoptera) voor de Zuid-Limburgse beken (Higler, pers. med.).

<i>Glossosoma conformis</i> <i>Rhyacophila dorsalis</i> <i>Rhyacophila fasciata</i> <i>Rhyacophila nubila</i> <i>Rhyacophila vulgaris</i> <i>Oxyethira falcata</i> <i>Hydropsyche siltalai</i> <i>Hydropsyche instabilis</i> <i>Hydropsyche saxonica</i> <i>Hydropsyche fulvipes</i> <i>Odontocerum albicorne</i> <i>Leptocerus interruptus</i> <i>Setodes argentipunctelles</i> <i>Litax obscurus</i> <i>Silo pallipes</i> <i>Silo piceus</i>	<i>Limnephilus ignavus</i> <i>Chaetopteryx major</i> <i>Annitella obscurata</i> <i>Potamophylax latipennis</i> <i>Halesus digitatus</i> <i>Halesus tessellatus</i> * <i>Melampophylax mucoreus</i> <i>Allogamus auricollis</i> <i>Hydatophylax infumatus</i> * <i>Oligoplectrum maculatum</i> <i>Micrasemodes minimus</i> <i>Lepidostoma hirtum</i> * <i>Lasiocephala basalis</i> <i>Sericostoma timidum</i> <i>Sericostoma turbatum</i>
---	--

* = ook (zelden) buiten Limburg

- Laagste niveau = normaliseren toegestaan, mits enige voorwaarden m.b.t. profiel en meandering in acht worden genomen
 = geen stuwing bij bergbeken; bij laaglandbeken toelaatbaar
 = lozingen aanvaardbaar mits niet in strijd met stand- still, basiskwaliteit (microverontreinigingen) en beste uitvoerbare technieken
 = waar mogelijk natuurlijke oeverbegroeiing handhaven

Overwegingen voor keuze van het niveau

Bij de keuze van het niveau speelt het beheer van het gehele beekdal een rol, o.a. in verband met het onttrekken en toevoeren van grond- en oppervlaktewater en in verband met het grondgebruik (bemesting enz.). Omdat in Nederland een groot deel van de beken in hydrologisch, morfologisch en kwalitatief opzicht de laatste honderd jaar al sterk is veranderd, dikwijls ook moeilijk omkeerbaar, is het van groot belang om in elk geval voor de beken die in hydrologisch en morfologisch opzicht nog relatief natuurlijk zijn, het hoogste niveau te kiezen. Waar dat niet voor het gehele beekdal mogelijk is, zal getracht moeten worden in elk geval voor de bovenloop het hoogste niveau en voor de benedenloop het middelste niveau te kiezen. Nagegaan zou moeten worden of voor een aantal beken die zich nu op het laagste niveau bevinden "restauratie" tot een hoger niveau mogelijk is.

Anderzijds doet het grote aantal genormaliseerde laaglandbeken de vraag rijzen of deze niet als apart subtype zouden moeten worden beschouwd met een eigen ecologische normdoelstelling. Vóór zo'n benadering zou de betere aansluiting bij de huidige toestand in Nederland pleiten. De mogelijkheid om voor een genormaliseerde beek, ondanks zijn morfologische aanpassingen, toch een middelste of hoogste niveau te kunnen nastreven, zou een ecologisch gericht beheer misschien méér kunnen stimuleren dan een grote kloof tussen huidige en na te streven toestand. Tegen zo'n benadering pleit het risico dat het beeld van de natuurlijke beek zou vervagen, terwijl veel organismen toch juist van de omstandigheden in zo'n natuurlijke beek afhankelijk zijn om te kunnen leven. De opstellers van dit rapport menen dat het zinvol is om te trachten deze vraag over enige tijd te beantwoorden, wanneer enige ervaring in de praktijk, respectievelijk resultaten uit onderzoek, beschikbaar zullen zijn.

7. LITERATUUR

1. Faber, Th.;
Regimes and regime-related properties of some Dutch small rivers; Amsterdam, Vrije Universiteit, Dissertatie, 186 p. + bijl., 1972.
2. Brehm, J., en M.P.D. Meijering;
Fließgewässerkunde: Einführung in die Limnologie der Quellen, Bäche und Flüsse; Heidelberg, Quelle & Meyer, Biologische Arbeitsbücher nr. 36, 311 p., 1982.
3. Moller Pillot, H.K.M., en B. Krebs;
Concept van een overzicht van de oekologie van chironomidlarven in Nederland; 41 p., 1981.
4. Rijksinstituut voor Natuurbeheer;
Natuurbeheer in Nederland; deel 1: Levensgemeenschappen; Wageningen, Pudoc, 392 p., 1984.
5. Mol, A.W.M.;
Drentse beken: overzicht en interpretatie van hydrobiologische gegevens verzameld in 1976 en eerder; Assen, Provinciale Planologische Dienst, 57 p., 1979.
6. Tolkamp, H.H.;
Beken in Noord- en Midden Limburg; Natura 80, 1, p. 94-101, 1983.
7. Tolkamp, H.H.;
Beken in Zuid-Limburg; Natura 80, 1, p. 102-108, 1983.
8. Kant, G.R., e.a.;
Beken op de Veluwe: onderzoek naar de mogelijkheden voor herstel en behoud; Arnhem, Werkgroep Sprengen en Beken op de Veluwe, Laboratorium voor Aquatische Oecologie van de Katholieke Universiteit Nijmegen, Doctoraalverslag nr. 137, 112 p. + bijl., 1982.
9. Popma, J.;
Beken op de Veluwe: onderzoek naar de mogelijkheden voor herstel en behoud; basisrapport 2: Numerieke classificatie van macrofaunagemeenschappen van sprengen en beken op de Veluwe; Arnhem, Werkgroep Sprengen en Beken op de Veluwe, Laboratorium voor Aquatische Oecologie van de Katholieke Universiteit Nijmegen, Doctoraalverslag nr. 137, 1982.
10. Heijndeman, B., en A. Peters;
Twente: een hydrobiologisch onderzoek van de beken; deel 4: Aanvullend onderzoek en aanbevolen beheersmaatregelen; Wageningen, Landbouwhogeschool, Onderzoekrapport Provinciale Planologische Dienst Overijssel, 1978-1981.
11. Beken en beekdalen;
Amsterdam, Nederlandse Natuurhistorische Vereniging, Themanummer Natura, 110 p., 1983.

12. Latour, P.;
Macrofaunagemeenschappen in kanaalbeken;
Landbouwhogeschool, Vakgroep Natuurbe-
heer, Verslag nr. P-85, Basisrapport E.K.O.O.
nr. 7, 32 p., 1983.
13. Westhoff, V.;
Beken en beekdalen in Twente;
In: Besemer, A.H.F., K. Hana en N. Tinbergen;
In het voetspoor van Thijssen: een reeks bijdra-
gen over veldbiologie, natuurbescherming en
landschap; Wageningen, Veenman, p. 36-64,
1949.
14. Smitsaert, H.R.;
Limburgse beken; Natuurhistorisch Maandblad
48, 1/2, p. 7-78, R.I.V.O.N. Mededeling no. 52,
1959.
15. Oosterloo, W.;
Het Veluwe Bekenboekje; Apeldoorn, Zuive-
ringsschap Veluwe, 58 p., 1981.
16. Hilder, L.W.G., en A.W.M. Mol;
*Ecological types of running water based on
stream hydraulics in the Netherlands*; Hydrobio-
logical Bulletin 18, 1, p. 51-57, 1984.

2.4 Rivieren

1. DEFINIËRING

Evenals een beek is een rivier een lijnvormig, meanderend landschapselement dat water afvoert van hoger naar lager gelegen gebieden. In het rivierstelsel (zie hoofdstuk 2.1) zijn rivieren echter componenten van de hoogste orde (4 en hoger), d.w.z. meer stroomafwaarts gelegen. Rivieren zijn breder en dieper dan beken en hebben een grotere afvoer, waarbij in de winter bij hoge afvoeren het winterbed zich over een grote breedte uitstrekt (in het huidige Nederland over de uiterwaarden) en in de zomer bij lage afvoeren een smal zomerbed overblijft met restanten water in de strangen van de uiterwaarden. In dit hoofdstuk worden op praktische gronden alleen de grote rivieren (orde 7 en hoger), te weten de Rijn en de Maas, behandeld. Kleine rivieren (Vecht, e.d.) liggen op de overgang van beek naar grote rivieren (4^e t/m 6^e orde) zowel qua grootte als qua kenmerken e.d. Ze vertonen echter ook wel een zekere overeenkomst met kanalen als gevolg van de omvangrijke menselijke beïnvloeding in de loop der tijden. De discussie over de indeling van deze wateren is nog niet afgerond.

2. SUBTYPEN EN VOORBEELDEN

Hoe hoger de orde van de rivier, des te geringer het aantal voorbeelden. Doordat geen twee stroomgebieden gelijk zijn, hebben grote rivieren in principe elk hun eigen karakteristieken wat betreft afvoer, morfologie van de stroomgeul, sedimentsamenstelling, etc. Nederland kent twee voorbeelden

van grote rivieren, namelijk de Rijn en de Maas. De Maas heeft een langer traject binnen Nederland en heeft potentieel een grotere differentiatie in levensgemeenschappen dan het Nederlandse gedeelte van de Rijn. De Grensmaas (tussen Borgharen en Stevensweert) heeft namelijk de kenmerken van de middenloop van een rivier, de zgn. barbeelzone. Helaas zijn vrijwel geen grote rivieren in hun oorspronkelijke staat beschreven.

De orde-grootte van Rijn en Maas verandert in Nederland niet meer en beide vertonen, na vertakking (karakteristiek voor rivierdelta's, hoewel het huidige vertakkingspatroon door menselijk ingrijpen bepaald is), een geleidelijke overgang naar getijdewateren en stagnante afgedamde wateren (IJsselmeer, Oude Maas, Nieuwe Maas, Hollands Diep - Harinrvliet, Oude Maas, Nieuwe Maas). De riviertrajecten zijn in Nederland zeker niet homogeen. Bovendien zijn in ieder riviertraject verschillende habitats te onderscheiden, nl.:

- plaatsen waar erosie optreedt
- plaatsen waar afzetting (sedimentatie) optreedt
- plaatsen waar erosie en afzetting elkaar ongeveer in evenwicht houden.

Dat in de benedenloop ook erosie plaatsvindt, is misschien niet onmiddellijk duidelijk. In de natuurlijke situatie moet hierbij gedacht worden aan meandervorming; in de huidige situatie treedt oevererosie op door golfslag, veroorzaakt door scheepvaart. Er zijn door de normalisatie van de rivieren nog maar weinig plaatsen waar regelmatig afzetting van materiaal optreedt. Een en ander maakt het uiterst moeilijk aan te geven wat op een bepaalde plaats in de Nederlandse rivieren "van nature" thuisheert.



Foto 7
De Nederrijn bij Rhenen.

3. FUNCTIONELE KENMERKEN

Onderstaand worden de belangrijkste functies van Rijn en Maas puntsgewijs weergegeven.

	Rijn	Maas
Scheepvaart:	belangrijke scheepvaart-route (ca. 500 schepen per dag; jaartonnage ca. 130×10^6 ton)	belangrijke scheepvaart-route
Drinkwater-voorziening:	onttrekkingen t.b.v. Watertransport Mij Rijn-Kennemerland voor Amsterdam nabij Jutphaas; voor Dordrecht bij Wantij (tot medio 1982)	onttrekkingen aan Andelse Maas voor 's-Gravenhage en aan Amer t.b.v. Waterwinbedrijf Brabantse Biesbosch (o.a. voor Rotterdam)
Viswater:	geen beroepsvisserij van betekenis meer; potentieel belangrijke functie	geen beroepsvisserij van betekenis; wel ontwikkeling van sportvisserij
Landbouw:	grote delen van Nederland zijn in droge perioden wat betreft watervoorziening in de landbouw op Rijnwater aangewezen	alleen regionaal van betekenis (vooral de Peel)
Recreatie:	nauwelijks langs de rivier zelf; wel in grind-, zand- en kleigaten langs de rivier	nauwelijks langs de rivier zelf; wel in grindgaten langs de rivier

Tot slot dienen de grote rivieren als afvoerroute voor afvalwater en koelwater voor industrieën, effluënten van rioolwaterzuiveringsinrichtingen en elektriciteitscentrales.

Gemiddelde afvoer	2200 m ³ sec ⁻¹	(bij Lobith)
Hoogste afvoer	13000 m ³ sec ⁻¹	(bij Lobith)
Laagste afvoer	620 m ³ sec ⁻¹	(bij Lobith)

4. FYSISCH EN CHEMISCH KENMERKEN

Stroomsnelheid bij gemiddelde afvoer 0,5 tot 1,1 m sec⁻¹, bij hoge afvoer iets groter. Het rivierbed heeft weinig obstakels, zodat de stroom vrij gelijkmatig is.

Hydrografie rivieren

Van beide grote Nederlandse rivieren zijn zeer gedetailleerde hydrografische gegevens bekend.

Voor de **Maas** zijn deze gegevens als volgt:

Stroomgebied: 33.000 km²

Voor de **Rijn** worden hier een aantal karakteristieken vermeld:

Lengte van de rivier: 925 km, in Nederland ca. 300 km.

Stroomgebied: 185.000 km² waarvan 25.000 km² in Nederland.

Gemiddelde afvoer	325 m ³ sec ⁻¹	(bij Lith)
Hoogste afvoer	2800 m ³ sec ⁻¹	(bij Lith)
Laagste afvoer	5 m ³ sec ⁻¹	(bij Lith)

Lengte van de rivier:	Konstanz-Lobith	862 km
	Lobith-Kampen (IJssel)	133 km
	Lobith-Gorkum (Waal)	93 km
	Gorkum-Hoek van Holland	75 km

De Maas is in het Nederlandse traject gestuwd, uitgezonderd de Grensmaas tussen Borgharen en Stevensweert die een meer natuurlijk stromingspatroon heeft. De stroomsnelheid varieert in de Maas daardoor sterk. Bij hoge afvoeren

zijn de stroomsnelheden ongeveer even groot als in de Rijn. Van de Rijn zijn twee takken (Waal en IJssel) vrij stromend; de Nederrijn is bij lage afvoer gestuwd.

Door aanleg van kribben en strekdammen en door het aanbrengen van oeverbeschermingen is de stroomgeul vrijwel gefixeerd in tegenstelling tot de natuurlijke situatie waarbij voortgaande meandering zou optreden. Het rivierbed bestaat uit grind, zand en klei, met een relatief groter aandeel van de fijne fracties in stroomafwaartse richting en naar de oevers toe.

Fysische kenmerken

Een belangrijke fysische parameter is de temperatuur: de zonatie van levensgemeenschappen in een rivierstelsel wordt mede door de temperatuur bepaald. In een rivier in de gematigde zone is de maximum temperatuur in de zomer doorgaans niet meer dan 20°C en in elk geval minder dan 25°C. Rijn en Maas vormen hierop geen uitzondering. De natuurlijke temperatuur van rivierwater kan gewijzigd worden door:

- aanleg van stuwen en stuwdammen
- koelwaterlozingen, bijv. van elektriciteitscentrales.

Voor de Maas ontbreken gegevens over de watertemperatuur in de periode voor de aanleg van de stuwen. In het Limburgse gedeelte van de Maas (Grensmaas) is de gemiddelde temperatuur thans 2 à 3° C hoger dan ca 20 jaar geleden. De centrales Maasbracht en Buggenum veroorzaken eveneens een duidelijke temperatuurverhoging van het Maaswater. De Rijn is, afhankelijk van de afvoer, maximaal 1 à 2°C in temperatuur verhoogd ten opzichte van de natuurlijke temperatuur. De onzekerheidsmarges van de temperatuurverhoging zijn vrij groot, omdat de natuurlijke temperatuur niet eenvoudig is vast te stellen.

De lichtdoordringing in het rivierwater bedraagt 50-75 cm (Secchi-waarden). In de rivieren wordt de instraling overigens niet beperkt door oevervegetatie zoals in veel beken.



Foto 8
De Maas bij Arcen in Midden-Limburg.

Chemische kenmerken

De natuurlijke chemische samenstelling van Rijn- en Maaswater vertoont veel overeenkomst. Het voornaamste verschil is gelegen in het natuurlijke gehalte aan natriumchloride dat in de Maas hoger is dan in de Rijn, omdat het stroomgebied van de Maas meer zeeinvloed heeft dan dat van de Rijn. Eenvoudigheidshalve worden daarom onderstaand alleen de gemiddelde natuurlijke samenstelling op 2 punten in de Maas weergegeven (gegevens ontleend aan Zuurdeeg, ref. 8, die dit baseerde op metingen in niet-verontreinigd water in het stroomgebied van de Maas).

	Eijsden	Kerksloot
pH	7,5	7,2
Na+ mg/l	7,3	9,1
K+ "	3,7	4,2
Ca ²⁺ "	59	55
Mg ²⁺ "	5,7	5,6
HCO ₃ ⁻ "	172	150
F ⁻ "	0,077	0,090
Cl ⁻ "	14,9	18,5
SO ₄ ²⁻ "	28	35
PO ₄ -P "	0,22	0,21
Fe tot. "	0,12	0,30
Mn tot. "	0,054	0,071
Cu tot. "	0,004	0,004
Zn tot. "	0,024	0,062

Van andere zware metalen is het gehalte niet-verontreinigd water beneden de detectiegrens van conventionele analysetechnieken (AAS). Daarom moet volstaan worden met een ruwe schatting, zonder differentiatie naar plaats:

Hg tot. mg/l	0,00003
Cd tot. "	0,0001
Ni tot. "	0,004
Cr tot. "	0,001

Wat betreft synthetische organische microverontreinigingen is het gehalte in de natuurlijke situatie gelijk aan nul. Dat geldt weer niet voor (som-) parameters, waarbij ook van nature voorkomende stoffen gemeten worden, zoals b.v. fenolen, olie, polycyclische aromaten en aromatische amines.

Voor het natuurlijk gehalte aan chlorofyl, DOC en TOC (opgeloste en totaal organische koolstof) kunnen eveneens nauwelijks getalswaarden gegeven worden. Dit hangt sterk af van het functioneren van het natuurlijk ecosysteem in het hele rivierstelsel, met name de produktie van macrofyten en het nutriëntengebruik van macrofyten en de sedimentatie van zwevende stof in de rivier, die ook weer sterk wordt beïnvloed door de aanwezigheid van macrofyten.

Het O₂-gehalte zal doorgaans tegen de verzadigingswaarde aan liggen. Oorzaken van afwijkingen kunnen zijn:

- afvoergolven en daarmee gepaard gaande aanvoer van organische stoffen,
- ijsbedekking,

dag-nacht fluctuaties op plaatsen waar uitbundige groei van macrofyten aanwezig is.

De ecologische konsekwenties van deze verschillende oorzaken van daling van O_2 -gehalten kunnen sterk verschillen: het minimum O_2 -gehalte dat organismen kunnen tolereren hangt af van de duur van de periode met lage O_2 -gehalten en van andere milieufactoren zoals de temperatuur.

Zie voor de natuurlijke trajecten van een aantal parameters ook deel IV.

5. BIOLOGISCHE KENMERKEN

Systeemkenmerken

Het rivierecosysteem wordt in hoge mate gekenmerkt door allochtone toevoer van detritus uit de bovenloop, dat naast het fytoplankton de basis van de voedselketen vormt. Macrofyten en perifyton spelen in dat opzicht een beperkte rol. Tabel 1 geeft een overzicht van de groepen organismen die thans in het voedselweb van het rivierecosysteem een belangrijke rol spelen. Tabel 2 geeft een overzicht van de zones in een rivierstelsel voorzover gekenmerkt door vissoorten.

In het onderstaande wordt op de soortensamenstelling van de belangrijkste componenten van de levensgemeenschap ingegaan. Om praktische redenen worden daarbij niet de specifieke levensgemeenschappen van de uiterwaarden behandeld.

Plankton

In de benedenloop van een rivier is plankton aanwezig. Hoeveelheid en soorten hangen sterk af van de fysiografie van de rivier. Voor de Rijn kunnen de Zwitserse meren en de gestuwde zijrivieren in Duitsland als bronnen worden aangemerkt; het aandeel van deze verschillende bronnen is sterk afhankelijk van de relatieve afvoer. Omstreeks het begin van deze eeuw kwamen bijvoorbeeld tot aan de monding van de Rijn het blauwwier *Oscillatoria rubescens*, de diatomee *Tabellaria fenestrata* f. *asterionelloides* en *Melosira islandica* var. *helvetica* voor door massaal optreden in de Zürichersee.

Het fytoplankton bestaat voornamelijk uit diatomeeën en groenwieren. Van de diatomeeën komen zeer frequent voor o.a. *Asterionella formosa*, *Cyclotella meneghiniana*, *Diatoma* sp., *Melosira* sp., *Nitzschia* sp. en *Stephanodiscus hantzschii*. Frequent voorkomende groenwieren zijn o.a. *Actinastrum hantzschii*, *Ankistrodesmus* sp., *Coelastrum microporum*, *Dictyosphaerium* sp. en *Scenedesmus* sp. Van de blauwwieren komt *Oscillatoria* sp. in meer dan 80% van de monsters voor, maar ze is nooit dominant.

In de Maas ontwikkelt fytoplankton zich in de stuwpannen. Vaak is slechts één soort dominant, vrijwel altijd een diato-

meeënsoort. Het meest frequent is dit *Melosira granulata*. Minder vaak zijn dit *Diatoma elongatum*, *Asterionella formosa*, *Stephanodiscus hantzschii*, *Synedra acus*.

In het zoöplankton overheersen zowel in de Rijn als in de Maas de raderdiertjes (Rotatoren). In de Maas komen soms ook watervlooien (*Bosmina* sp.) massaal voor.

Om een goed beeld te krijgen van de plankton-ontwikkeling zou eigenlijk het gehele rivierstelsel bekeken moeten worden. Dergelijk onderzoek is slechts incidenteel gedaan, bijvoorbeeld in de Maas in september 1982 (zie ook hoofdstuk **zand-, grind- en kleigaten**). De invloed van de verblijftijd als sturende faktor bij de planktonontwikkeling bleek in dit onderzoek niet zo duidelijk te zijn als doorgaans wordt verondersteld. De hoeveelheid plankton kan in bepaalde stroomgedeelten vrij snelle wijzigingen ondergaan, afhankelijk van de lokale omstandigheden.

In hoeverre in Rijn en Maas lokale verschillen in hoeveelheid plankton optreden is onvoldoende bekend. De globale soortensamenstelling is van jaar tot jaar nagenoeg dezelfde.

Fytobenthos

In het zomerbed van de rivier zijn weinig macrofyten aanwezig. De meest opvallende soort is het rivierfonteinkruid (*Potamogeton nodosus*). Vooral in de benedenloop zijn ook andere soorten aanwezig, zoals gele plomp (*Nuphar lutea*) maar deze zijn niet specifiek voor rivieren. De stenen van kribben en oeverbestortingen zijn meestal dicht begroeid met mossen en draadalgen. Hierbij zijn specifieke soorten voor de rivieren zoals: *Fissidens crassipes*, *Cinclidotus riparius*, *Cinclidotus fontinaloides*. Aspectbepalend is echter vooral *Leptodictyum riparium*. Specifieke draadalgen komen vooral voor in het getijdengebied. Tussen mossen en draadalgen komen vele soorten eencellige algen voor; ten dele zijn dit dezelfde soorten die in het plankton voorkomen.

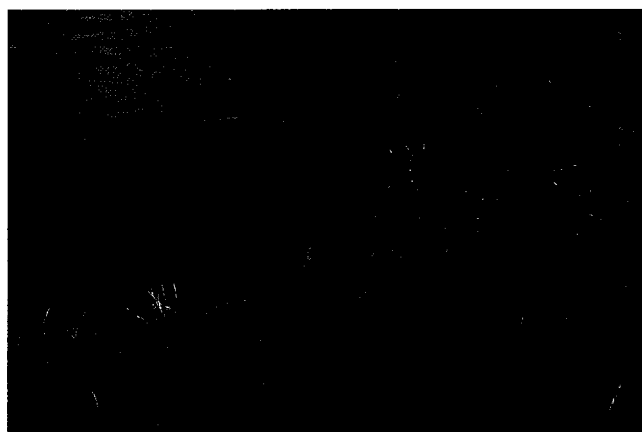


Foto 9
Otter (*Lutra lutra*).

Tabel 1 Trofische structuur van rivierecosystemen

1.	basisniveau voedselketen:	1.1	fytoplankton (ook macrofyten, perifyton)		
		1.2	detritus uit bovenloop		
2.	tweede niveau voedselketen:	2.1	collectors	=	Hydropsychidae
			- filter feeders	=	Rheotanytarsus
				=	Unionidae
				=	Dreissena
			- deposit feeders	=	Orthocladinae (Cricotopus, Nanocladus)
				=	Chironomidae (Dicrotendipes, Chironomus, Cryptochironomus)
				=	Ephemeroptera
				=	Tubificidae
				=	Naididae
		2.2	shredders	=	Asellus
				=	Gammarus
		2.3	grazers	=	Ancylidae
3.	derde en hoger niveau voedselketen:	3.1	evertebraten	=	Cyrnus
				=	Tanipodinae
				=	Hirudinea
				=	Tricladida
		3.2	vertebraten	=	barbeel e.a. vissen

Macro-evertebraten

Tabel 3 geeft een selectie van macro-evertebraten die kenmerkend zijn voor grote rivieren, maar vaak ook voorkomen in kleinere stromende wateren. Met een * zijn de soorten aangegeven die recent in de rivieren zijn gevonden.



Foto 10
Onderwateropname van een snoek (*Esox lucius*).

Over specifieke keversoorten van grote rivieren is maar heel weinig bekend. Er zijn vele rheofiele soorten onder de Coleoptera, bijv. in de familie Elmidae, maar hun voorkomen in verschillende zones in een rivierstelsel is onduidelijk. De verschillende soorten komen vrijwel nooit massaal voor en zijn minder bepalend voor het systeem dan bijv. haften of kokerjuffers.

Vissen

Tabel 4 is een soortenlijst van vissen die in de periode 1980-1982 op de koelwaterzeven van de elektriciteitscentrales aan de grote rivieren terecht zijn gekomen. Deze uitgezeefde vis weerspiegelt globaal de vissamenstelling in de grote rivieren (naar Hadderingh, ref. 13).

6. ECOLOGISCHE NORMDOELSTELLINGEN

Natuurlijke toestand van het ecosysteem

De definiëring van een rivier als hogere-orde-stroom in een rivierstelsel geeft aan dat het ecosysteem van een rivier niet los kan worden gezien van de stroomopwaarts gelegen delen van het stelsel (lagere-orde-stromen). Van beek naar rivier is er een geleidelijke toename van meer eurytherme* soorten en soorten die minder aan stromend water zijn aan-

* eurytherm = in een breed temperatuurtraject voorkomend

Tabel 2 Zones in rivierstelsels met name in verband met het voorkomen van vissoorten (naar Whitton, ref. 1).

Illies (1961a)	Illies & Botosaneanu (1963)	Müller (1951) Illies (1953) Schmitz (1957) R. Fulda, Germany	Ricker (1934) Ontario streams	Harrison & Elsworth (1958) Great Berg River, S. Africa	Huet (1954) W. European rivers	Thieneman (1925) W. Europe	Carpenter (1928) (G. Britain)
(Eucrenon)*	Zone I	Quellezone		Zone I source		Quellen	Head stream
(Hypocrenon) *	Zone II		Spring creeks			Quellrinnale	
Ephirithron	Zone III	Obere Salmonidenregion	Swift trout stream	Zone II mountain torrent			
Metarhithron	Zone IV	Mittlere Salmonidenregion	Slow trout stream	Zone III/ upper foothill	Zone à truite	Region der Bachforelle	Trout beck
Hyporhithron	Zone V	Untere Salmonidenregion		Zone IIIB lower foothill hard bottom zone	Zone à Ombre	Region der Asche	Minnow reach
			Warm rivers				
Epipotamon	Zone VI	Barbenregion		Zone IV lower foot- hill soft bottom	Zone à Barbeau	Barbenregion	Upper reach
Metapotamon	Zone VII						
				Zone V flood plain	Zone à Brème	Brassenregion	Lower reach
Hypopotamon						Brackwasser- region	Brackish estuarly

* Added later by Illies & Botosaneanu (1963).

gepast (en die ook voorkomen in stilstaande grote wateren). Het ecosysteem rivier (benedenloop) wijkt van de beek af in de volgende opzichten:

- er is plankton (fyto- en zoö-) aanwezig, dat zich kan vermenigvuldigen
- er is veel fijn anorganisch slib en organische detritus** aanwezig, waardoor het water troebel is
- mede daardoor groeien macrofyten uitsluitend in de oeverszone
- tweekleppige weekdieren (Unio, Anodonta, Sphaerium, Pisidium) spelen een belangrijke rol in de groep secundaire producenten.

** detritus = kleine deeltjes dood organisch materiaal

tuurlijke levensgemeenschap worden genoemd: visotter, vissen van barbeelzone (barbeel, meun, sneep, houting, serpeling) en trekvisen (zalm: paait in bovenloop, elft en fint: paaien in benedenloop; steur). Snoekbaars, baars, voorn en brasem vormen in de Rijn en in een groot gedeelte van de Maas 75 à 90% van de totale vispopulatie. Verder komen voor de rivierkreeft, tweekleppige weekdieren (Unio crassus batavus, Anodonta anatina, Sphaerium solidum, Sphaerium rivicola, Pisidium moitessierianum), de kokerjuffer Hydropsyche contubernalis, verscheidene kenmerkende soorten muggelarven en haften (Ephoron virgo, Palingenia longicauda, Oligoneuriella sp.), de libellen Gomphus flavipes en Calopteryx splendens en de wants Aphelocheirus aestivalis. Verder zijn kenmerkend de mossen soorten Cinclidotus fontinaloides, C. riparius en Fissidens

Tabel 3 Macro-evertebraten in de grote rivieren

	in sediment	op hard substraat
Mollusken:	Unio sp. (crassus *pictorum) Anodonta sp. Sphaerium sp. (solidum, rivicola) Pisidium sp. (henslowianum, moitessierianum)	* Ancyclus fluviatilis Theodoxus fluviatilis
Insekten:		
Libellen:	Gomphus flavipes Ophiogomphus cecilia	* Calopteryx splendens
Haften:	Ephoron virgo Palingenia longicauda Potamanthus luteus Ephemera sp.	* Caenis spp. * Heptagenia sulphurea * Paraleptophlebia submarginata
Wantsen:		Aphelocheirus aestivalis
Kokerjuffers:	Molanna angustata	* Hydropsyche sp. Cheumatopsyche lepida Psychomyia pusilla * Ceraclea spp. * Ecnomus tenellus * Cyrnus sp.
Stenvliegen:		Isogenus nubecula Isoperla grammica
Vliegen en muggen, Chironomidae:	* Chironomus sp. * Cryptochironomus sp. * Harnischia sp. * Cladopelma virescens * Lipinella arenicola * Microchironomus tener * Kloosia pusilla * Tripodura scalaenum	* Rheotanytarsus sp. * Xenochironomus xenolabis * Parachironomus sp. * Micropsectra atrofasciata * Rheopelopia ornata

* recent in Maas of Rijn takken aangetroffen.

Natuurlijke levensgemeenschap

Voor de Nederlandse grote rivieren (Rijn en Maas) kunnen de volgende soorten organismen als behorend tot de na-

tuurlijke levensgemeenschap worden genoemd: visotter, vissen van barbeelzone (barbeel, meun, sneep, houting, serpeling) en trekvisen (zalm: paait in bovenloop, elft en fint: paaien in benedenloop; steur). Snoekbaars, baars, voorn en brasem vormen in de Rijn en in een groot gedeelte van de Maas 75 à 90% van de totale vispopulatie. Verder komen voor de rivierkreeft, tweekleppige weekdieren (Unio crassus batavus, Anodonta anatina, Sphaerium solidum, Sphaerium rivicola, Pisidium moitessierianum), de kokerjuffer Hydropsyche contubernalis, verscheidene kenmerkende soorten muggelarven en haften (Ephoron virgo, Palingenia longicauda, Oligoneuriella sp.), de libellen Gomphus flavipes en Calopteryx splendens en de wants Aphelocheirus aestivalis. Verder zijn kenmerkend de mossen soorten Cinclidotus fontinaloides, C. riparius en Fissidens

Tabel 4 Soortenlijst van vissen die in de periode 1980-1982 op de koelwaterzeven van de elektriciteitscentrales aan de grote rivieren in Nederland terecht zijn gekomen (naar Hadderingh, ref. 13).

<i>Petromyzon marinus</i>	(zeeprik)
<i>Lampetra fluviatilis</i>	(rivierprik)
<i>Anguilla anguilla</i>	(aai)
<i>Coregonus lavaretus</i>	(grote marene)
<i>Salmo trutta</i>	(forel)
<i>Osmerus eperlanus</i>	(spiering)
<i>Esox lucius</i>	(snoek)
<i>Cyprinus carpio</i>	(karper)
<i>Carassius carassius</i>	(kroeskarper)
<i>Tinca tinca</i>	(zeelt)
<i>Abramis brama</i>	(brasem)
<i>Blicca bjoerkna</i>	(blei)
<i>Alburnus alburnus</i>	(alver)
<i>Gobio gobio</i>	(riviergondel)
<i>Leuciscus leuciscus</i>	(serpeling)
<i>Idus melanotus</i>	(winde)
<i>Leuciscus cephalus</i>	(kopvoorn)
<i>Leuciscus rutilus</i>	(blankvoorn)
<i>Scardinius erythrophthalmus</i>	(rietvoorn)
<i>Cobitis taenia</i>	(kleine modderkruiper)
<i>Misgurnus fossilis</i>	(grote modderkruiper)
<i>Silurus glanis</i>	(meerval)
<i>Gasterosteus aculeatus</i>	(driedoornige stekelbaars)
<i>Pungitius pungitius</i>	(tiendoornige stekelbaars)
<i>Cottus gobio</i>	(rivierdonderpad)
<i>Perca fluviatilis</i>	(baars)
<i>Acerina cernua</i>	(pos)
<i>Stizostedion lucioperca</i>	(snoekbaars)
<i>Platessa flesus</i>	(bot)
<i>Pholis gunnellus</i>	(botervis)

Criteria handhaving van het type

Permanente stroming, lijnvormig, meanderend, niet gekanaliseerd. Zomer- en winterbed, met strangen in de uiterwaarden.

Criteria abiotisch optimum van het type

Natuurlijke meanders; stroming met plaatselijk neren. Niet gestuwd. Oevers zonder kunstmatige beschoeiing, periodiek overstroomd waarbij meegevoerd slib achterblijft. Permanente of periodieke verbinding met strangen in de uiterwaarden (paai- en broedplaatsen voor vis en fourageer- en broedplaatsen voor vogels).

Natuurlijke trajecten voor een aantal parameters:

temperatuur	max.	20	-	25	°C
pH	gem.	7	-	8	
chloride (Cl^-)	gem.	10	-	40	mg/l
sulfaat (SO_4^{--})	gem.	0	-	40	mg/l
calcium (Ca^{++})	gem.	50	-	60	mg/l
fosfaat (ortho)-P	max.	0,1	-	0,2	mg/l
nitraat-N	max.	0	-	1	mg/l
zuurstof	min.	6	-	9	mg/l
zuurstof	gem.	8	-	11	mg/l

Doen en laten

Hoogste niveau

- = geen beïnvloeding morfologie (afsnijden bochten e.d.)
- = geen kunstmatige oeverbescherming
- = geen stuwen
- = geen onttrekking merkbaar deel van de afvoer (bijv. t.b.v. waterhuishouding andere wateren of gebieden)
- = het toelaten van periodieke overstromingen van de uiterwaarden met het oog op een optimale ontwikkeling van het natuurlijke milieu
- = beperkte beroepsscheepvaart
- = geen lozingen van bedrijven of bevolkingscentra
- = strangen niet dempen

Middelste niveau

- = beperkte beïnvloeding morfologie (maar geen bochtafsnijdingen t.b.v. de scheepvaart; uitsluitend indien hiermee een potentieel waardevol natuurgebied wordt gecreëerd in het vrijgekomen gebied)
- = geen stuwen
- = beperkte onttrekkingen van water
- = het toelaten van periodieke overstromingen van de uiterwaarden met het oog op een optimale ontwikkeling van het natuurlijke milieu
- = lozingen van bedrijven en bevolkingscentra uitsluitend na vergaande zuivering (o.a. defosfatering)
- = strangen niet dempen

Laagste niveau

- = morfologische veranderingen beperkt aanvaardbaar
- = stuwen en wateronttrekking aanvaardbaar
- = lozingen aanvaardbaar, mits niet in strijd met standstill, basiskwaliteit (microverontreinigingen) en beste uitvoerbare technieken

Overwegingen voor keuze van het niveau

Door afvalwaterlozingen en morfologische veranderingen op de meeste riviertrajecten, met name als gevolg van de aanleg van stuwen en kribben, is het rivier-ecosysteem in Rijn-takken en Maas sterk nadelig beïnvloed. Ondanks deze beïnvloeding komen nog steeds typische rivierorganismen voor, die nergens anders een geschikte habitat hebben. Het behoud van deze soorten en het creëren van randvoorwaarden voor de terugkeer van andere soorten moeten doelstellingen bij het rivierbeheer vormen. Onderzocht moet worden in hoeverre veranderingen in de morfologie en de waterkwaliteit kunnen worden aangebracht, die gunstiger rand-

voorwaarden betekenen. De situatie in de Grensmaas, waar geen scheepvaart hoeft plaats te vinden, is in dit opzicht het gunstigst wat betreft de morfologie, maar ongunstig voor wat betreft de waterkwaliteit.

Eén en ander houdt niet in dat binnen redelijke termijn het hoogste niveau zal kunnen worden bereikt. Voor rivieren die van begin tot eind door dicht bevolkt en geïndustrialiseerd gebied stromen is een andere doelstelling dan het middelste niveau voorlopig niet realiseerbaar. Op deeltrajecten is een zekere differentiatie denkbaar die tot verbetering van de leefmogelijkheden van enkele soorten kan leiden.

7. LITERATUUR

1. Hawkes, H.A.;
River zonation and classification;
In: Whitton, B.A.; River ecology; Berkeley, University of California Press, Studies in Ecology, vol. 2, 725 p., 1975.
2. Klink, A.G., en H. Moller Pillot;
Onderzoek aan de macro-evertebraten in de grote Nederlandse rivieren; Wageningen, 57 p., 1982.
3. Urk, G. van;
Veranderingen in de macro-invertebraten-fauna van de IJssel; H₂O 14, 21, p. 494-499, 1981.
4. Hynes, H.B.N.;
The ecology of running waters; Liverpool, 555 p., 1970.
5. Hekstra, G.P., en W. Joenje;
Rijnwater in Nederland: ecologische consequenties in het benedenstroomse gebied van de verontreinigde Rijn; Arnhem, Oecologische Kring, 140 p., 1983.
6. Soet, F. de;
De waarden van de uiterwaarden: een milieukartering en -waardering van de uiterwaarden van IJssel, Rijn, Waal en Maas; Wageningen, PUDOC, 89 p. + bijl., 1976.
7. Wolff, W.J.;
The degradation of ecosystems in the Rhine;
In: Holdgate, M.W., en M.J. Woodman; The breakdown and restoration of ecosystems; New York, Plenum Press, p. 169-191, 1978.
8. Zuurdeeg, B.W.;
De natuurlijke samenstelling van de Nederlandse wateren; Utrecht, Rijksuniversiteit, Vening Meinesz Laboratorium voor Geochemie, 107 p., 1979.
9. Leentvaar, P.;
Stiefvader Rijn, kunstmoeder Maas; Natura 60, 4, p. 50-56, 1963.
10. Leentvaar, P.;
Presentie en preferentie van plankters in wieden, oude rivierlopen en meren; Water, 50, p. 16-18, 1966.
11. Hawkes, H.A.;
Invertebrates as indicators of river water quality;
In: James, A., en L. Evison; Biological indicators of water quality; Chichester, Wiley, p. 2/1-2/45, 1979.
12. Oomen, H.C.J., en C.J.A. van Wijck;
De visfauna van de Waal boven Nijmegen; De Levende Natuur 81, 4, p. 160-171, 1978.
13. Hadderingh, R.H., et al.;
Fish impingement at power stations situated along the rivers Rhine and Meuse in the Netherlands; Hydrobiological Bulletin 17, 2, p. 129-141, 1983.
14. Cummins, K.W.;
The natural stream ecosystem;
In: Ward, J.V., en J.A. Stanford; The ecology of regulated streams; New York, Plenum Press, 398 p., p. 7-24, 1979.
15. Smit, H.;
Het ecosysteem van de Nederlandse grote rivieren; De Levende Natuur 86, 5, p. 162-167, 1986.
16. Peeters, J.C.H., en W.J. Wolff;
Macrobenthos and fishes of the rivers Meuse and Rhine, the Netherlands; Hydrobiological Bulletin 7, p. 121-126, 1973.
17. Peelen, R.;
Changes in the composition of the plankton in the rivers Meuse and Rhine in the Netherlands during the last fifty-five years; Verhandlungen der internationalen Vereinigung für theoretische und angewandte Limnologie 19, p. 1997-2009, 1975.
18. Kinzelbach, R.;
Veränderungen der Fauna des Oberrheins; Beihefte Veröffentlichung Naturschutz und Landschaftspflege 11, p. 291-301, 1978.

*"Je kan wel een weggooi-kerstboom uit de gracht opvissen,
maar die drijven pas rond als Kerstmis achter de rug is."
Joop Waasdorp, "Het lot van de kunst"*

3. FUNCTIONELE WATEREN, GEGRAVEN

3.1 Inleiding

De watertypen in deze groep zijn drinkpoelen, stadswateren, sloten, weteringen en vaarten, kanalen en havens. Het gemeenschappelijke kenmerk van deze wateren is dat ze gegraven zijn met het doel om **als water** door de mens gebruikt te worden. De vorm van de wateren is dan ook door hun functie bepaald. In laatstgenoemd opzicht verschillen ze van andere wateren die als "restprodukt" ontstaan zijn (bijv. petgaten, zand-, grind- en kleigaten, laagveenplassen) en hooguit secundair als water door de mens worden gebruikt. Dit onderscheid is in het kader van het formuleren van ecologische normdoelstellingen belangrijk, omdat voor de wateren uit de eerstgenoemde groep niet alleen geen natuurlijke referentietoestand in de eigenlijke zin van het woord kan worden beschreven, maar bovendien in het merendeel der

gevallen regelmatig menselijk ingrijpen per definitie inherent is aan het handhaven van de gewenste toestand. Ze verschillen in dit opzicht van alle andere watertypen, zowel de van nature ontstane als de gegraven, waar het menselijk ingrijpen op het hoogste niveau van ecologische doelstelling geen regel maar uitzondering dient te zijn.

Overigens geldt voor een beperkt deel van de wateren uit deze typen dat hun oorspronkelijke functie is vervallen zodat "natuurlijke" ontwikkelingen daar wel gewenst kunnen zijn. Dit betreft bijvoorbeeld niet meer in gebruik zijnde kanalen, sloten in natuurgebieden, en niet meer gebruikte drinkpoelen.

Van de genoemde typen worden weteringen en vaarten (die het midden houden tussen sloten en kanalen) en havens (die in ecologisch opzicht weinig interessant zijn) niet in dit rapport beschreven.



Foto 11
Drinkpoel in beweide vroongrasland op Walcheren.

3.2 Drinkpoelen

1. DEFINIËRING

Drinkpoelen zijn meestal door de mens gemaakte en in stand gehouden, relatief kleine, rondachtige oppervlaktewateren, die dienen als drinkplaats voor het vee.

2. SUBTYPEN EN VOORBEELDEN

Een aantal gebieden in Nederland wordt gekenmerkt door de aanwezigheid van grote aantallen gegraven poelen. In de binnendijkse gebieden van Zeeland komen veel brakke en zoetwaterpoelen voor. In Zuid-Limburg en oostelijk Twente (omgeving Enschede en Losser) treffen we veel zoetwaterpoelen aan. Met betrekking tot de Zeeuwse situatie kan gesteld worden dat veel poelen zijn aangetast door de intensieve landbouw en de ruimte die het toerisme vraagt. In Zuid-Limburg is het aantal poelen vanaf 1962 tot 1980 gehalveerd. Waren er in 1962 nog 1000, thans zijn er nog ruim 400 over. De watertoevoer is grotendeels afhankelijk van de neerslag en het oppervlakkig toestromen van regenwater. Kwel ontbreekt meestal.

Overigens worden brakke drinkpoelen (dobben) als apart type in dit rapport beschreven.

3. FUNCTIONELE KENMERKEN

De functie van drinkpoelen is duidelijk gericht op de drinkwatervoorziening van het vee. Gezien het feit dat er de laatste jaren veelal is overgeschakeld op mechanische drinkwatervoorziening dreigen veel drinkpoelen een vervangende functie te krijgen als vuilstortplaats. Ook verlanden veel poelen of worden zij opgevuld met aarde.

4. FYSISCH EN CHEMISCH KENMERKEN

Voor gegevens betreffende fysisch-chemische parameters wordt verwezen naar deel IV.

5. BIOLOGISCHE KENMERKEN

De drinkpoelen in Zuid-Limburg, Oost-Twente en Zeeuws-Vlaanderen zijn bekend om hun rijke en/of specifieke amfibieën-fauna.

In Zuid-Limburg komen in en rond deze poelen 10 soorten amfibieën voor. De drinkpoelen worden in de meeste gevallen slechts in de voortplantingstijd bezocht. Het meest algemeen zijn de kleine watersalamander (*Triturus vulgaris*), de alpenwatersalamander (*Triturus alpestris*) en de bruine kikker (*Rana temporaria*). Plaatselijk komt de gewone pad (*Bufo bufo*) algemeen voor. Wat minder frequent komen de groene kikker (*Rana esculenta* complex), de vinpootsala-

mander (*Triturus helveticus*) en de grote watersalamander (*Triturus cristatus*) voor. De geelbuikvuurpad (*Bombina variegata*) en de vroedmeesterpad (*Alytes obstetricans*) worden met uitsterven bedreigd. Over de aanwezige vegetatie en de waterbewonende organismen is weinig bekend. Het fytoplankton van de poelen is rijk aan kleine beweeglijke soorten. Het zoöplankton bestaat vooral uit Rotatoria.

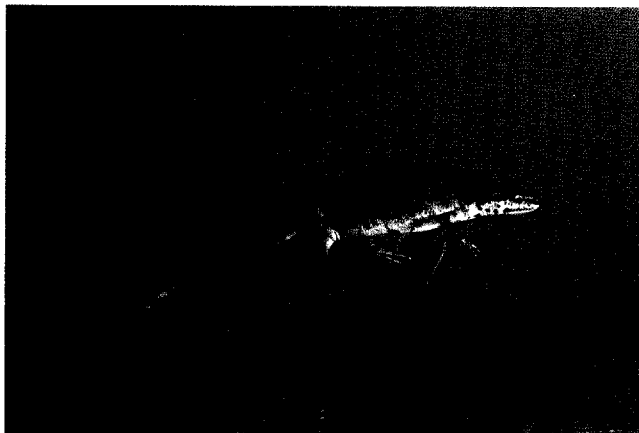


Foto 12

Kleine watersalamander (*Triturus vulgaris*) (mannetje).

Voor Oost-Twente kunnen de volgende soorten genoemd worden: de boomkikker (*Hyla arborea*), de groene kikker (*Rana esculenta* complex), de bruine kikker (*Rana temporaria*), de gewone pad (*Bufo bufo*), de rugstreeppad (*Bufo calamita*), de kleine watersalamander (*Triturus vulgaris*) en de grote watersalamander (*Triturus cristatus*). Uit het verleden zijn tevens de heikikker (*Rana arvalis*) en de knofflookpad (*Pelobates fuscus*) bekend. De waterplantenvegetatie in poelen kan in veel gevallen tot het Callitriche-Batrachion gerekend worden. Met betrekking tot de waterfauna is verder weinig bekend.

In Zeeuws-Vlaanderen komt de boomkikker (*Hyla arborea*) eveneens voor. Het voorkomen van deze soort is beperkt tot zoetwaterpoelen.

Gesteld kan worden dat de aanwezigheid van het voortplantingsbiotoop van de genoemde amfibieën slechts een deel van de levensvoorwaarden voor deze organismen is. Het behoud en beheer van de omringende ecosystemen en de mogelijkheid zich tussen de verschillende poelen veilig te verplaatsen is van essentieel belang (refs. 3 en 4).

6. ECOLOGISCHE NORMDOELSTELLINGEN

Natuurlijke levensgemeenschap

De natuurlijke levensgemeenschappen van gegraven zoetwaterpoelen zijn nog onvoldoende onderzocht. Verscheide-

ne soorten amfibieën, waterinsecten en hogere waterplanten maken er in elk geval een belangrijk deel van uit.

Criteria handhaving van het type

Hiervoor zijn het handhaven van de vorm, het periodiek uitdiepen en verwijderen van waterplanten en het voorkómen van uitdroging van belang.

Criteria abiotisch optimum van het type

Nutriëntengehalte beperken. Voldoende drinkpoelen per oppervlakte-eenheid handhaven in verband met de grootte van de biotoop en de migratie van soorten.

Natuurlijke trajecten voor een aantal parameters:

temperatuur	max.	15 - 25	°C
pH	gem.	7 - 8	
chloride (Cl ⁻)	gem.	10 - 40	mg/l
sulfaat (SO ₄ ⁻)	gem.	0 - 40	mg/l
calcium (Ca ⁺⁺)	gem.	40 - 50	mg/l
fosfaat (ortho)-P	max.	0 - 0,1	mg/l
nitraat-N	max.	0 - 1	mg/l
zuurstof*)	min.		
zuurstof	gem.	8 - 11	mg/l

*) onvoldoende gegevens

Doen en laten

Hoogste niveau

- = morfologie handhaven
- = bufferzone rond poelen (inclusief vegetatie)
- = beheer omringend landschap in verband met uitwisseling populaties amfibieën
- = geen lozingen of diffuse verontreiniging
- = voorkómen uitdroging
- = periodiek uitdiepen en overtollige vegetatie verwijderen
- = zekere dichtheid aan poelen per gebied handhaven; zo nodig op-nieuw aanleggen

Middelste niveau

- = morfologie handhaven
- = beheer omringend landschap in verband met uitwisseling populaties amfibieën

- = geen lozingen
- = voorkómen uitdroging
- = periodiek uitdiepen en vegetatie verwijderen

Laagste niveau

- = morfologie handhaven
- = lozingen aanvaardbaar, mits niet in strijd met stand still, basiskwaliteit (microverontreinigingen) en beste uitvoerbare technieken
- = periodiek uitdiepen en vegetatie verwijderen

Overwegingen voor keuze van het niveau

Weliswaar zijn drinkpoelen, in tegenstelling tot bijvoorbeeld bronnen en vennen, niet van natuurlijke oorsprong, maar ze zijn door hun ligging, kleinschalige karakter en wijze van beheer in een groot aantal gevallen ontwikkeld tot oppervlaktewateren met een duidelijke natuurwaarde. Ze zijn vooral van belang voor het voortbestaan van amfibieënpopulaties. Om deze reden zou voor dit type oppervlaktewateren minimaal het middelste niveau moeten worden nagestreefd.

7. LITERATUUR

1. Sinke, J.J., J.O. van der Zande en S. Parma;
Morfometrische en chemische inventarisatie van veedrinkputten op Walcheren; Yerseke, Delta Instituut voor Hydrobiologisch Onderzoek, Rapport nr. 7, 10 p., 1978.
2. Dresscher, Th.G.N., en L.R. Mur;
Een onderzoek naar de micro-organismen van enkele poelen in Zuid- Limburg; Mededelingen van de Hydrobiologische Vereniging 5, 4, p. 181-202, 1971.
3. Zuiderwijk, A.;
Hoe redden we de kamsalamander?; De Levende Natuur 85, 3, p. 67- 71, 1985.
4. Werkgroep Amfibieën en Reptielen Nederland (WARN);
Samenvattingen van voordrachten, gehouden op de Poelendag (8 oktober 1983, Nijmegen); Arnhem, 11 p., 1983.

3.3 Stadswateren

1. DEFINIËRING

Stadswateren zijn gegraven wateren in stedelijk gebied: grachten, singels, overstortvijvers, ondiepe plassen en siervijvers. Ze zijn vergelijkbaar met polderwateren (sloten), boezemwateren en kanalen aangezien zowel de oorsprong (door de mens gegraven) als de primaire functie (waterberging en scheepvaart) met die van polder- en boezemwateren overeenstemmen. Sommige grachten hadden overigens eertijds een verdedigingsfunctie (vestingsteden). Ook morfologisch is er veel overeenkomst: vooral de oudere stadswateren zijn recht en hoekig met steile, meestal met steen beschoeide oevers. De nieuwe stadswateren daarentegen, zoals siervijvers in de na-oorlogse uitbreidingswijken, hebben vaak een meer afgeronde vorm en meer glooiende oevers, soms met een half-natuurlijke begroeiing van allerlei water- en oeverplanten.

Grachten in steden in laaggelegen gedeelten van het land zijn meestal eeuwenoud. De snelle groei van de stedelijke bebouwing in de afgelopen 100 jaar en met name in de jaren sinds de Tweede Wereldoorlog, leidde tot een grote uitbreiding van het aantal stadswateren, vooral in de laaggelegen delen van Nederland, waar kunstmatige beheersing van het waterpeil vereist is. De vormgeving van deze nieuwe wateren is duidelijk anders dan de strakke lijnen van de oorspronkelijke grachten, enerzijds omdat scheepvaart in deze wateren nauwelijks een rol speelt en anderzijds omdat de na-oorlogse stadsuitbreidingen van meer ruimte, meer "groen" en meer "natuur" zijn voorzien. Vele stadswateren die de laatste tientallen jaren zijn aangelegd hebben zelfs de vorm van vijvers gekregen. Ze worden daarom veelal aangeduid als siervijvers, overstortvijvers, speelvijvers e.d. Onderlinge verbindingen zijn vaak niet zichtbaar, zoals bij de oude binnenstadgrachten, doch bevinden zich ondergronds, bijvoorbeeld in de vorm van duikers.

Meer nog dan de polderwateren zijn de stadswateren van oudsher bestemd en gebruikt voor de opvang en afvoer van afvalwater. Er bestaat dan ook in veel opzichten een nauw verband tussen deze stelsels en de latere rioolstelsels. Men zou zelfs kunnen zeggen, dat de grachten vroeger de rioolstelsels waren van steden in laaggelegen gebieden. De gevolgen daarvan zijn in sommige binnensteden nog altijd merkbaar in de achterstand die zij in "echte" rioolstelsels hebben. Maar ook de nieuwere stadswateren hebben een onmiskenbare samenhang met het rioolstelsel: ze dienen vaak als overstortvijvers voor de enkele malen per jaar, dat het (gemengde) rioolstelsel onvoldoende snel het regenwater kan verwerken. Bovendien dragen ze ook in tijden van geringe neerslag bij aan de waterafvoerende werking van het rioolstelsel, namelijk door rechtstreekse opvang van regenwater en door afwatering van de bodem. In stadswateren met een overstortfunctie treedt regelmatig vissterfte op.

In hydrologisch opzicht zijn de stadswateren, evenals pol-

derwateren, onderworpen aan een regiem van peilbeheersing, doorspoelen, e.d. Als gevolg daarvan treedt er onregelmatige afwisseling van stilstand en stroming, stromingsrichting en snelheid op. Een aantal stadswateren, bijvoorbeeld de binnenstadgrachten in Amsterdam, worden in verband met de grote mate van verontreiniging door ongezuiverd rioolwater, ieder etmaal doorgespoeld met relatief schoon oppervlaktewater van het IJmeer.

2. SUBTYPEN EN VOORBEELDEN

Er kan heel algemeen gesproken een onderscheid worden gemaakt tussen twee soorten stadswateren: grachten en sierwateren. Voor de volledigheid zou er nog een derde categorie moeten worden genoemd, namelijk alle wateren die tot een ander type behoren, en tevens gedeeltelijk in stedelijk gebied liggen, zoals rivieren, beken, kanalen en plassen. Deze wateren zullen echter voor het "stadsgedeelte" niet afzonderlijk worden behandeld.

Er is in beginsel nog een ander onderscheid mogelijk, namelijk tussen stadswateren waarop overstorten van een gemengd rioolstelsel plaatsvinden en stadswateren waarop lozingen van een regenwaterriool van een gescheiden stelsel plaatsvinden.

Belangrijke voorbeelden van oorspronkelijke, vaak nog uit de late middeleeuwen stammende stadsgrachten zijn: de grachten van Amsterdam, Den Haag, Utrecht, Leeuwarden, Leiden, Delft, Alkmaar en vele andere kleine steden in de laaggelegen delen van Nederland. De oude muren van de stadsgrachten kunnen begroeid zijn met een bijzondere flora, zoals muurvaren en muurleeuwebek (ref. 7).

Voorbeelden van de eigentijdse sierwateren zijn te vinden in de na-oorlogse nieuwbouwwijken van zeer veel steden en dorpen.

3. FUNCTIONELE KENMERKEN

Van oudsher en ook tegenwoordig nog is de hoofdfunctie van stadswateren het beheersen van de waterhuishouding van het bebouwde gebied, dat wil zeggen opvang en afvoer van overtollig regenwater en van ongezuiverd rioolwater. Daarnaast waarborgen de stadswateren in droge tijden handhaving van een zeker grondwaterpeil.

In beperkte mate vindt in de stadswateren (met name in de binnenstadgrachten) scheepvaart plaats, o.a. bij het rondvaren van toeristen. De belangrijke vervoersfunctie die de grachten in vroeger dagen hadden is echter vrijwel volledig verdwenen.

Van de derde oorspronkelijke functie, namelijk de opvang, "verwerking" en afvoer van afvalwater is nog een aantal niet onbelangrijke voorbeelden te geven (bijvoorbeeld in Amsterdam). De als gevolg daarvan nog in de vijftiger jaren bestaande soms zeer slechte toestand van het stadsgrach-



Foto 13
Hindelopen, grachtje achter de sluis.

tenwater behoort echter vrijwel geheel tot het verleden door de aanleg van nieuwe en de verbetering van bestaande rioolstelsels.

De vierde oorspronkelijke functie van een aantal grachten, stadsverdediging, is in de vorige eeuw reeds komen te vervallen.

Nieuwe functies die stadswateren hebben gekregen liggen vooral in de sfeer van recreatie: verfraaiing van parken, open badplaats, hengelsportgelegenheid, schaatsen e.d. De stadswateren werden voor die doeleinden weliswaar niet gemaakt, immers op de eerste plaats stond steeds de waterbergingstaak, doch bij de inrichting van de nieuwere stadswateren werd er dikwijls wel rekening mee gehouden (groene, glooiende oevers, soms parkachtige omgeving).

De eisen die de oorspronkelijke functies aan de waterkwaliteit stellen zijn gering, en vallen in het niet bij de eisen die vanuit het gezichtspunt van algemene milieuhygiëne en gezondheidsbescherming aan wateren in de onmiddellijke woonomgeving moeten worden gesteld. En die eisen worden nog weer verscherpt door het huidige gebruik dat van de stadswateren wordt gemaakt, zoals zwemmen en vissen.

Het zal duidelijk zijn, dat de oorspronkelijke en de nieuwe functies van stadswateren betrekkelijk weinig ruimte laten voor de ontwikkeling van evenwichtige ecosystemen of van storingsgevoelige waterorganismen. Het hydrologische regime is daarvoor immers te onregelmatig, de verontreinigingsgraad dikwijls te hoog en te wisselvallig en de oevers (vooral bij grachten) te steil. Deze eigenschappen maken het water in de binnenstadsgrachten tot een bij uitstek storingsrijk milieu waar alleen enkele weinig kieskeurige en algemeen voorkomende waterorganismen het kunnen uithouden. Voorbeelden zijn blankvoorn en paling.

4. FYSISCH EN CHEMISCH KENMERKEN

Een "natuurlijke" hoedanigheid van stadswateren kan moeilijk worden aangegeven. Enerzijds omdat stadswateren door de mens zijn gegraven en aangelegd, anderzijds omdat de aard van het water zich niet onderscheidt van dat van andere wateren in de omgeving waar het mee in verbinding staat. Met andere woorden: een kenmerkende, niet-verontreinigde toestand voor stadswateren als zodanig kan niet worden aangegeven. De toestand zal steeds worden bepaald door de eigensoortige beïnvloeding van het desbetreffende gebied.

Toch zijn er ten aanzien van enkele kenmerken wel grenzen aan te geven waarbuiten de niet-verontreinigde toestand van een stadswater zich nooit zal kunnen bevinden. Zo zijn er, om een extreem voorbeeld te geven, geen oligotrofe (voedselarme) stadswateren bekend. Ook zoute stadswateren ontbreken vrijwel in de huidige tijd, in tegenstelling tot vroeger toen bijvoorbeeld de Amsterdamse grachten met het sterk brakke Zuiderzeewater werden doorgespoeld.

De mate van verontreiniging van stadswateren, vooral in de oude stadskernen, is soms hoog. Gering doorzicht, lage zuurstofgehalten, drijvend en gezonken vuil zijn daarvan de meest opvallende kenmerken. Een enkele maal treedt stankontwikkeling en vissterfte op. Veel van deze wateren voldoen overduidelijk niet aan de normen van de basiskwaliteit. Aan de andere kant zijn er ook stadswateren, vooral stadsvijvers, die maar weinig verontreinigd zijn, hoewel de eutrofiëring door allerlei oorzaken vrijwel overal zodanig ver is voortgeschreden, dat helder en op het oog schoon water eigenlijk nergens voorkomt.

Meetgegevens naar de samenstelling van stadswateren zijn schaars. Veel gegevens zijn van een beperkt aantal wateren afkomstig. Een uitzondering vormt Amsterdam, waar reeds sinds het begin van de twintiger jaren stelselmatig onderzoek naar de waterkwaliteit wordt verricht. Het ontbreken van meetgegevens van voldoende omvang en de meestal sterke verontreiniging van stadswateren maken het feitelijk erg moeilijk om zoiets als een "natuurlijke toestand" van stadswateren te kunnen bepalen. Gelijktijdig daarmee wordt ook de deugdelijke onderbouwing van een meest gewenste toestand zeer bemoeilijkt. Uit een recent rapport (ref. 8) over stadswateren in een aantal gemeenten in Amstel- en Gooiland blijkt dat de verontreiniging van deze wateren bij een aanwezigheid van gescheiden rioolstelsels duidelijk minder is dan bij gemengde.

5. BIOLOGISCHE KENMERKEN

Het gezichtspunt van waaruit het ecosysteem van stadswateren dient te worden bekeken is anders dan dat van waaruit de meeste aquatische ecosystemen in dit rapport worden gezien.

De bescherming van ecosystemen en de daarin van nature voorkomende organismen is een zelfstandige doelstelling van het huidige milieubeleid. Ook voor oppervlaktewateren geldt dat de daarin voorkomende levensgemeenschappen een eigen recht van bestaan (naast de door de mens beïnvloede omgeving) hebben. Het oppervlaktewater biedt levensvoorwaarden voor vele soorten waterorganismen die èn afzonderlijk (als soort) èn als geheel (als levensgemeenschap) bescherming verdienen. In het bijzonder voor de van nature aanwezige oppervlaktewateren geldt daarom dat het streefdoel is: het behouden of terugverkrijgen van de natuurlijke toestand met de daarbij behorende soorten waterorganismen. Hoe de verschillende typen oppervlaktewateren daarbij als systeem (ecosysteem) functioneren volgt dan als het ware vanzelf: het functioneren als zodanig is ook

geen einddoel, maar een onherroepelijk gegeven dat vastzit aan een bepaald soort ecosysteem, dat onlosmakelijk bij een bepaald type oppervlaktewater behoort. Hier dient, om misverstanden te voorkomen, wel de kanttekening te worden gemaakt, dat in zulke natuurlijke omstandigheden variaties in de tijd optreden, dus dat er geen sprake is van een onveranderlijke, statische toestand.



Foto 14
Wilde eenden (*Anas platyrhynchos*) in park Rusthout te Leidschendam.

Stadswateren vormen echter een opzettelijk en noodzakelijk onderdeel, althans in de laaggelegen delen van Nederland, van een volledig door de mens gemaakte omgeving, namelijk de stad, het "urbane ecosysteem". Het lijkt daarom voor de hand te liggen, stadswateren niet zozeer als zelfstandige ecosystemen te bekijken, maar als onderdeel van een groter geheel, waarin de mens centraal staat (ref. 5). Vanuit zo'n benadering staat het mensgerichte functioneren van stadswateren voorop en is de aan- of afwezigheid van bepaalde soorten of levensgemeenschappen niet onbelangrijk doch komt pas op de tweede plaats.

Belangrijke vragen zijn dan in dat verband of een stelsel van stadswateren zodanig werkzaam is en kan zijn, dat bijvoorbeeld geen anaërobe afbraakprocessen met bijbehorende stank en geen vissterfte optreden. Belangrijk is ook de vraag of stadswateren, gegeven de onmiddellijke nabijheid van woon- en werkomgeving van mensen, een bijdrage kunnen leveren aan de belevingswaarde van die omgeving. Daarbij gaat het niet alleen om het water in engere zin, maar ook om de oevers en aansluitende omgeving. Van minder belang lijkt de vraag of stadswateren een bijdrage kunnen leveren aan het behoud van natuurlijke aquatische levensgemeenschappen respectievelijk daarin optredende soorten.

Gegevens over de soortensamenstelling van stadswateren zijn overigens tamelijk schaars. Enige informatie is te vinden in refs. 1, 3, 4, 6 en 8.

Uitgaande van deze gedachten zijn voor stadswateren daarom de algemene systeemkenmerken van groot belang: pri-

maire produktie, algendichtheid, zuurstofhuishouding, afbraakprocessen, enzovoorts. Ook de bestrijding van ziekteverwekkende kiemen of hinder veroorzakende organismen (virussen, bacteriën, Schistosoma, muggen, etc.) dient in het onder woorden brengen van normdoelstellingen een belangrijke rol te spelen.

Een goede grondslag voor een bevredigende toestand van stadswateren vormt de basiskwaliteit (tweede en derde IMP-Water), met name voor zover deze betrekking heeft op belevingswaarde, op kenmerken betreffende de zuurstofhuishouding en voedingszouten, en op kenmerken betreffende het verband tussen primaire produktie (trofie) en afbraak van organische stoffen (saprobie).

Belevingswaarde-eisen zouden overigens niet uitsluitend in negatieve zin moeten worden geformuleerd, zoals in de omschrijving van de basiskwaliteit (afwezigheid van drijvend vuil, van stank, enz.) doch ook in positieve zin, bijvoorbeeld: aanwezigheid van drijvende en ondergedoken waterplanten en oevervegetatie langs een deel van de oevers, speelse vormgeving, scheppen van levensvoorwaarden voor watervogels en vissen.

Het betrekken van ontwikkelings- en verspreidingsmogelijkheden van ziekte- en hinderverwekkende organismen bij de normdoelstellingen vereist een wetenschappelijk meer onderbouwde aanpak dan de hierboven genoemde eisen van basiskwaliteit en belevingswaarde. Het zal daarbij soms ook lastiger zijn om aan te geven welke beheersmaatregelen dienen te worden genomen om ook voor die hoedanigheden tot een aanvaardbare toestand te kunnen komen. Toch is het van belang deze kant van meet af aan in de overwegingen te betrekken en zorgvuldig na te gaan welk menselijk doen en laten tot bevordering of onderdrukking van bedoelde organismen zal kunnen leiden.

6. ECOLOGISCHE NORMDOELSTELLINGEN

Gewenste toestand van het ecosysteem

Omdat stadswateren uitsluitend door de mens gemaakte en in stand gehouden wateren zijn, kan voor dit type moeilijk een natuurlijke toestand beschreven worden. Een gewenste levensgemeenschap, passend in het urbane ecosysteem, wordt gekenmerkt door een algenbiomassa van $< 50 \mu\text{g}$ chlorofyl-a per liter met in het geval van stadsvijvers hogere waterplanten. Aanwezigheid van enige vissoorten (bijv. karpertjes) en watervogels zoals het waterhoen is gewenst. De aantallen stadseenden dienen beperkt te blijven ter voorkoming van overbelasting van het water met uitwerpselen.

Als deel van het urbane ecosysteem dienen stadswateren ook met het oog op ecologische relaties tussen water en stadsomgeving bekeken te worden. Uit dat oogpunt zijn, anders dan bij de meeste andere watertypen, ziekteverwekkende en ziekte-overbrengende organismen van be-

lang. In de levensgemeenschap dienen dan ook soorten als ratten, muggelarven (steekmug, malariamug), Schistosoma (en slakken als gastheren van Schistosoma), Clostridium, Salmonella en andere pathogene bacteriën tot een minimum beperkt te blijven.

Criteria handhaving van het type

Geen bijzondere criteria. Wel is het aanhouden van enige variatie binnen het type (typische grachten, typische vijvers) gewenst.

Criteria abiotisch optimum van het type

Geen bijzondere eisen ten aanzien van hydrologie. Bij type stadsvijvers oevers glooiend met mogelijkheden voor oeverbegroeiing. Geen zichtbare en ruikbare verontreiniging.

Trajecten voor een aantal parameters in niet-verontreinigde toestand:

temperatuur	max.	15	-	25	°C
pH	gem.	7	-	8	
chloride (Cl^-)	gem.	20	-	80	mg/l
sulfaat (SO_4^{2-})	gem.	0	-	40	mg/l
calcium (Ca^{++})	gem.	30	-	150	mg/l
fosfaat (ortho)-P	max.	0	-	0,1	mg/l
nitraat-N	max.	0	-	1	mg/l
zuurstof	min.	2	-	7	mg/l
zuurstof	gem.	8	-	11	mg/l

Doen en laten

Hoogste niveau	=	regelmaat in hydrologisch regiem
	=	geen lozingen of overstorten uit rioolstelsels
	=	verwijderen van vuil
	=	bevorderen groeimogelijkheden van drijvende en ondergedoken waterplanten en oevervegetatie; schonen in het najaar
	=	strenge beperking watervogelstand, met name door voederverbod
Middelste niveau	=	geen directe lozingen; overstorten beperken en onder water laten uitkomen
	=	verwijderen van vuil
	=	regelmatig wegbaggeren sediment
	=	beperking watervogelbestand
Laagste niveau	=	lozingen en overstorten beperken en onder water laten uitkomen; niet in strijd handelen met standstill, basiskwaliteit (microverontreinigingen) en beste uitvoerbare technieken
	=	verwijderen van vuil
	=	regelmatig wegbaggeren sediment

Overwegingen voor keuze van het niveau

Het niveau dat gehaald kan worden is afhankelijk van de aanleg en het beheer van rioolstelsels, de plaats van het water in het waterhuishoudkundig stelsel en het onderhoud van het water. Daarnaast zijn stedenbouwkundige inrichting en factoren als de afstand van de bebouwing tot het water en de bereikbaarheid voor het publiek van belang. Directe lozingen op stadswateren dienen zoveel mogelijk vermeden te worden. Het gebruik van deze wateren als opvang voor overstorten en regenwater is echter meestal een belangrijke functie en zal dan ook in veel gevallen niet vermeden kunnen worden. Wel zal getracht kunnen worden de overstort-frequentie, de plaats en de wijze van overstorten, enz. te optimaliseren. Het middelste niveau moet daarom voor veel stadswateren als een bereikbaar doel gezien worden.

7. LITERATUUR

1. Dresscher, Th.G.N.;
Description of a community of micro-organisms in purified sewage mixed with rainwater from stormsewers: method for the determination of micro-biocoenoses; *Hydrobiologia* 14, p. 189-204, 1959.
2. Bovée-Meijn, N.P.;
Onderzoek naar de mogelijkheid van verbetering van de esthetische waarde van de siervijvers op het campusterrein van de Technische Hogeschool Twente; Wageningen, Landbouwhogeschool, Vakgroep Natuurbeheer, Verslag nr. 33, 22 p., 1969.
3. Everards, K.;
Biologische en chemische onderzoeken in de Slotterplas 1975- 1976: deel I en II; Amsterdam, Gemeentelijk Centraal Milieulaboratorium, 59 en 113 p., 1978.
4. Nadort, W.;
Amsterdam's planktoncrustacea in het jaar 1941; *De Levende Natuur* 48, 4, p. 45-51, 1943.
5. Kroes, H.W.;
Management of water in the urban ecosystem; In: *Water in urban areas: proceedings of technical meeting 42, April 1985; The Hague, Commissie voor Hydrologisch onderzoek TNO, Verslagen en Mededelingen, nr. 33, p. 171-187, 1985.*
6. Heinen, M.;
Het voorkomen van waterplanten in de vijvers van Apeldoorn; Apeldoorn, regionale Milieuraad Oost-Veluwe, 44 p., 1982.
7. Maes, N.C.M.;
Natuur en landschap in de stedelijke omgeving in Utrecht: een beschouwing over het natuur- en milieubeheer en -beleid in de stad Utrecht; Utrecht, Rapport Werkgroep Milieubeleidsplan, 1984.
8. Zuiveringschap Amstel- en Gooiland;
Verslag onderzoek stadswateren 1984-1985; rapport, 25 p. + bijlagen, 1986.
9. Otto, J.P.;
Bacteriologisch onderzoek van de Sneeker grachten; *Vanellus* 29, 5, 1976.

3.4 Sloten

1. DEFINIËRING

Een sloot is een kunstmatig, lijnvormig, watervoerend lichaam. Sloten zijn zelden zelfstandige watereenheden: ze zijn onderling verbonden en vormen zo een netwerk (zie figuur 6). Het watervoeren is een meer of minder permanent aanwezige eigenschap. De sloot onderscheidt zich van morfologisch identieke wateren door afmetingen: gewoonlijk niet breder dan 6 tot 8 meter en niet dieper dan 1,5 meter. Stroming van water is meestal niet zichtbaar en vaak van tijdelijke of periodieke aard. De stroomrichting kan wisselen.

Zoals de definitie aangeeft zijn sloten gegraven of vergraven (b.v. oude kreekresten) en wel ten behoeve van verschillende oorspronkelijke functies. Deze functies zijn vaak regio-gebonden:

- de vermindering van de wateroverlast
- de waterbeheersing in polders
- ontwatering van bossen
- waterbeheersing in beekdalen
- combinatie van waterbeheersing en erf- en/of eigendoms-grenzen
- ontwatering van hoogveen en afvoer van turf
- infiltratie en onttrekking in de duinen
- veedrenking en veekering.

De sloten met de grootste ouderdom (qua ligging) worden gevonden in de gebieden waar tegen wateroverlast moest worden gevochten, dus het laaggelegen deel van Nederland. In het algemeen bleef het patroon en de ligging van de sloten door de eeuwen heen identiek. Alleen bij ruilverkavelingen en andere cultuurtechnische ingrepen worden sloten gedicht en nieuwe gegraven of vergraven. Jonge sloten komen voor in de jonge polders, in recente ruilverkavelingen en bij civiele werken (wegaanleg, spoorlijnen, rioolwaterzuiveringsinstallaties e.d.). Ouderdom van sloten is echter een relatief begrip. Men kan beweren dat iedere sloot na een grondige schoningsbeurt een nieuwe sloot is.

Sloten komen voor op vrijwel elk bodemtype in Nederland behalve in zeer ge accidenteerde terreinen (Zuid-Limburg) en woeste gronden als op de Veluwe. Soms verschilt de bodem van de sloot van de grondsoort van het omliggende land. De dichtheid van het sloten-net hangt nauw samen met de grondsoort en de hoogte-ligging van het gebied.

De morfometrische eigenschappen van de sloot zijn opgenomen in de definitie: rechthoekig, onderling verschillend qua diepte, breedte, lengte en taludhelling, maar meestal niet dieper dan 1,5 m en met een breedte tot 6 à 8 m. Een belangrijke morfometrische eigenschap die resulteert uit de dimensies is de relatief hoge waarde van de verhouding tussen enerzijds de oppervlakte van het bodem-water en het lucht-water grensvlak en anderzijds het volume. Even bijzonder in vergelijking met andere wateren is de hoge waarde van de verhouding tussen het oeveroppervlak en het volume.

Sloten kunnen worden beschouwd als de basis-eenheid in de waterhuishouding van een gebied. In gebieden waar het waterpeil kunstmatig in stand wordt gehouden (zoals in polders) zijn sloten permanent watervoerend. In gebieden waar het waterpeil meer door natuurlijke oorzaken wordt bepaald komen sloten voor die grote delen van het jaar geen water doorvoeren (droogvallen). Dit komt bijvoorbeeld in Zeeland en op de zandgronden in Noord-Brabant, Gelderland en Overijssel voor. Anderzijds wordt steeds vaker "drooglegging" toegepast waarbij sloten 's winters geen of vrijwel geen water bevatten. De waterbalans van een sloot kent de volgende componenten:

- aan- en afvoer vanuit en naar grotere wateren (b.v. boezem)
- neerslag en verdamping
- toevoer vanaf aangrenzend land (afspoeling of uitspoeling, al dan niet via drainagebuizen of greppels)
- wegzijging of kwel
- kunstmatige onttrekking (sproeien en gebruik als veedrenkwater)
- infiltratie naar aangrenzend land.

Stroming in sloten is meestal niet visueel waarneembaar, doch waterverplaatsing is onmiskenbaar. Het schone van de sloten is vooral gericht op het instandhouden van een adequate doorstroom-mogelijkheid. Stroming treedt vooral op bij intensieve bemaling (in polders) en na hevige neerslag en de daarop volgende verhoogde drainwerking.

2. SUBTYPEN EN VOORBEELDEN

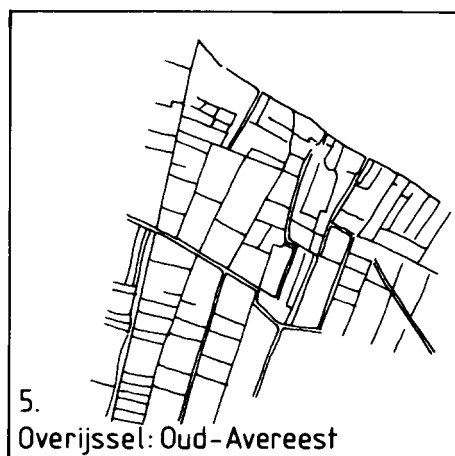
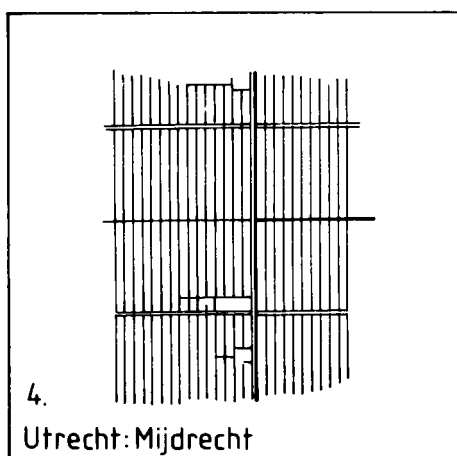
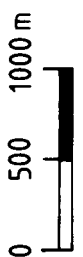
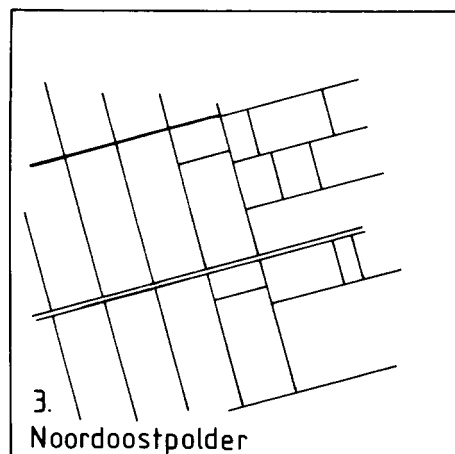
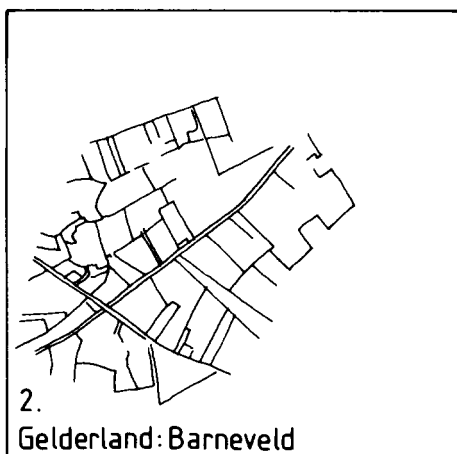
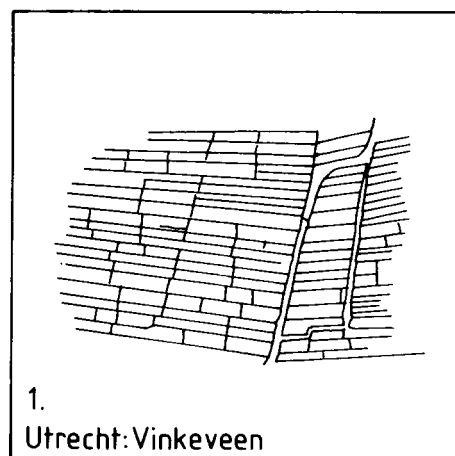
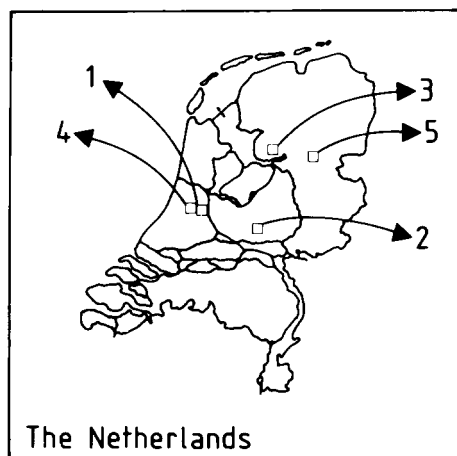
Sloten zijn het meest algemeen voorkomende watertype in Nederland. De dichtheid van het slotennet varieert per regio. De dichtheid is in het hoger gelegen deel van Nederland (Pleistocene) lager dan in het gedeelte van Nederland dat zonder dijken onder water zou stromen (Holoceen). In de recente IJsselmeerpolders is de slootdichtheid omgekeerd evenredig met de kavelgrootte. Hoewel de kavelgrootte op de holocene gronden kleiner is dan op de pleistocene gronden wordt de begrenzing in de eerste gebieden tevens gevormd door bijvoorbeeld palen-afrasteringen in plaats van sloten. Op gronden die niet in cultuur zijn gebracht ontbreken sloten nagenoeg.

Loorij (ref. 12) vermeldt een totale lengte van watergangen in Nederland van 250.000 à 300.000 km. Tevens geeft hij een tabel per provincie. De hoogste dichtheid aan sloten is te vinden in Friesland, namelijk 12,3 km lengte per km² geografisch oppervlak.

De dichtheid van sloten uitgedrukt in wateroppervlak in verhouding tot geografisch oppervlak varieert van 1 tot 10%.

De gebieden met de grootste dichtheid aan sloten zijn de provincies Friesland, Zuid-Holland, Utrecht en Noord-Holland. Sloten in de provincies Noord- en Zuid-Holland en Utrecht zijn het meest intensief onderzocht (zie ref. 2).

Voor het onderscheid van slootachtige waterlichamen in een



Figuur 6 Verschillende soorten netwerken van sloten in Nederland (Topografische Dienst).



Foto 15
Poldersloot bij Vinkeveen met o.a. Krabbescheer (*Stratiotes aloides*).

bepaald gebied zou een indeling plaats kunnen vinden volgens de hiërarchie in het waterhuishoudkundig systeem (primaire, secundaire en tertiaire waterlopen). Voor het onderscheiden van subtypen over heel Nederland zou de bodem, de morfometrie en het chloride-gehalte kunnen worden gebruikt. Dit soort onderscheidingen zal vak blijken arbitrair en niet genuanceerd genoeg te zijn (denk aan beschaduwing en al dan niet droogvallen).

3. FUNCTIONELE KENMERKEN

De oorspronkelijke functies zijn agrarisch:

- in stand houden van een optimale waterhuishouding
- drinkwater voor het vee
- veekering en perceel- en kavelscheiding
- transport van oogst, vee, werktuigen etc.

De laatste jaren wordt slootwater in toenemende mate gebruikt voor het besproeien van akkers en weiden.

Naast deze agrarische functies onderscheiden we:

- functies ten behoeve van de visstand en visserij
- drinkwaterfunctie in waterwingebieden.

Tot het beheer van de sloot behoort ten eerste het garanderen van de waterhuishoudkundige functie, hetgeen neerkomt op het regelmatig schonen van de sloot, c.q. het verwijderen van de vegetatie en een deel van de bodem, of soms uitdiepen. De frequentie waarmee geschoond wordt is afhankelijk van de regels van de waterbeheerder (waterschap) en de financiële mogelijkheden en mentaliteit van de eigenaar of gebruiker. Hetzelfde geldt voor de manier waarop er geschoond wordt (met de hand, mechanisch, chemisch of biologisch). Bij het beheer hoort eveneens het regelen van de wateraf- en toevoer. Het beheer van de sloten beperkt zich meestal tot deze twee genoemde taken. In de praktijk komt het er op neer dat het beheer van de sloot in handen is van boeren en dat de regels daarvoor worden bepaald door een waterschap (refs. 13 en 14).

Sloten worden door menselijke handelingen op verschillende wijzen beïnvloed die in de volgende alinea's kort worden beschreven.

Tot de morfologische ingrepen kunnen gerekend worden het grondig schonen, verbreden en verdiepen, en het dichtgooien van sloten. Het opheffen van een sloot (dempen) geschiedt soms bij ruilverkavelingen wanneer kavels worden vergroot of bij toepassing van drainagesystemen (buizen).

Het handhaven van het waterhuishoudkundig systeem in poldergebieden middels inlaat en uitslag van water is ook een menselijke beïnvloeding. Bovendien vindt bij het inlaten van water meestal introductie van systeemvreemd en soms vervuild water plaats, bijvoorbeeld Rijn- en IJsselmeerwater. Met name in droge perioden kunnen aanzienlijke hoeveelheden vreemd en vervuild water worden ingelaten. Tot de hydrologische ingrepen behoort tevens de polderpeilverlaging en peil inversie. Het bewerkstelligen van een bepaald peil heeft effecten als dat gepaard gaat met ongebruikelijk snelle waterbeweging of (bijna) droogmalen van de poldersloot. Wateronttrekking door spoeiwagens kan plaatselijk het waterpeil sterk beïnvloeden.

Alle sloten staan te allen tijde bloot aan de activiteiten op de aangrenzende landerijen waaronder het bemesten met dierlijke en kunstmest. Door uit- en afspoeling kunnen nutriënten als N en P en in veengebieden ook humus, in het slootwater terecht komen (ref. 10). De mate van uit- en afspoeling is afhankelijk van ondermeer de grondsoort en waterhuishoudkundige toestand van het gebied en de periode waarin de bemesting wordt uitgevoerd. Kunstmest en dierlijke mest kunnen ook door onzorgvuldige verspreiding direct in het water terecht komen. De natuurlijke mest is soms verontreinigd met (resten van) geneesmiddelen of groeistimulerende middelen (bijv. Cu in varkensmest).

Op het land toegepaste bestrijdingsmiddelen of afbraakproducten daarvan kunnen op verschillende wijzen in het slootwater terechtkomen. De toepassing van chemische bestrijdingsmiddelen in de watergangen zelf vormt tevens een bedreiging.

Sloten in de nabijheid van agrarische bedrijven worden vaak verontreinigd door huishoudelijk en bedrijfsafvalwater (spoel-, koel- en desinfectiewater) en door lekkage vanuit mestvaalten. Doorgaans zijn die afvalstromen niet op de rioering aangesloten. Door geringe verdunning kunnen ernstige verontreinigingen optreden. Verontreiniging door ander dan huishoudelijk en agrarisch afvalwater is veel zeldzamer, maar kan desalniettemin tot ernstige problemen leiden. Voorbeelden hiervan zijn lozingen van afvalwater en van drainwater van vuilnis-storten op sloten of verontreiniging van grondwater door stortplaatsen van huishoudelijk of chemisch afval.

4. FYSISCHE EN CHEMISCHE KENMERKEN

De fysische en chemische kenmerken van het water in sloten worden bepaald door:

- de oorsprong van het water (zie hydrologie)
- de aard en intensiteit van het gebruik van het omringende land
- directe lozingen
- het fysisch-chemisch-biologisch gebeuren in de sloot zelf
- de bodemgesteldheid.

Deze beïnvloedingen, tezamen met het relatief geringe volume, de grote verhouding tussen bodem-water en lucht-water

grensvlak enerzijds en het volume anderzijds zijn zeer karakteristiek voor het slootmilieu. Ze geven tevens aanleiding tot grote tijdelijke en ruimtelijke variaties van de waarden van de fysische en chemische kenmerken.

Vanwege de geografische verspreiding van sloten lopen de fysisch-chemische kenmerken sterk uiteen. Sloten kunnen zoet, brak of zout water bevatten. Het zoutgehalte kan door het jaar heen en van jaar tot jaar sterk variëren. Het hangt nauw samen met de waterhuishouding en de geografische ligging. Door intense zoute kwel kan stratificatie optreden.

Vanwege de morfometrie is de beïnvloeding door de klimatologische omstandigheden heel direct en intensief. Met name in de zomer treden sterke dagelijkse variaties op van de temperatuur (tot 10°C). Hoewel vanwege de morfometrie de watermassa gemakkelijk in beweging wordt gebracht door wind kan ook thermische stratificatie optreden (kortdurende tijdens zomer; continu invers onder ijs). Ruimtelijke variaties in temperatuur kunnen ook veroorzaakt worden door beschaduwing van oevervegetatie, door de vegetatie in de sloot en door kwel. Alweer vanwege de specifieke morfometrie heeft een ijs dek grote invloed op het gebeuren in de sloot, niet alleen vanwege de uitsluiting van de lucht-water uitwisseling (O₂) maar ook vanwege het bevroren van een aanzienlijk volume van het water, waarbij opgeloste stoffen worden uitgevroren, dat wil zeggen: in het niet bevroren water geconcentreerd worden (50% volume-reductie is niet zeldzaam). Zie Veeningen (ref. 6).

In veengebieden is het slootwater gekleurd door humusachtige stoffen. Deze stoffen dragen bij aan de vermindering van de licht met korte golflengte ($\lambda < 500$ nm). Continue troebelheid in sloten is zeldzamer dan in grote wateren vanwege de geringe turbulentie. In kleigebieden komt plaatselijk troebelheid voor door lichte kleideeltjes en/of ijzerhydroxyde-complexen. Troebelheid door colloïdale uitvloeking treedt bijvoorbeeld op bij menging van brak kwelwater en minder brak slootwater. Het lichtklimaat in de sloot wordt echter voornamelijk bepaald door de aanwezige soorten en hoeveelheid macrofyten en in het bijzonder door drijvende soorten zoals kroos en dekens van draadalg, waardoor troebelheid kan optreden. Door de macrofyten zoals gele plomp en waterlelie, worden micro-milieus geschapen met zeer uiteenlopende lichtomstandigheden. Door de geringe diepte is volledige duisternis op de bodem zeldzaam.

De nutriëntenhuishouding wordt niet alleen sterk beïnvloed door de waterhuishouding maar ook door de bodem en de opbouw en afbraak van biologisch materiaal. De wortelende waterplanten betrekken de N en P uit de bodem. Deze kunnen o.a. bij mineralisatie van organisch materiaal in het water en vervolgens in de bodem terechtkomen.

De pH en de zuurstofconcentraties vertonen grote tijdelijke en ruimtelijke variaties; deze zijn voornamelijk biologisch van oorsprong (zie biologische kenmerken). Behalve door de BOD van het water wordt de zuurstofhuishouding tevens sterk bepaald door opname en productie van O₂ aan de

bodem en door de gemeenschap van hogere waterplanten (indien aanwezig). De BOD is daardoor geen kenmerk van de sloot als geheel, maar uitsluitend van het "vrije" water.

Per definitie kan bij een sloot niet gesproken worden van een natuurlijke toestand. Immers een sloot is een kunstmatig waterlichaam dat in stand gehouden wordt door periodiek ingrijpen (schonen). Een zekere vorm en omvang van beïnvloeding door activiteiten op het aangrenzende land en door waterhuishoudkundige ingrepen zijn een gegeven. Bij de normale toestand van een sloot horen de ingrepen en de beïnvloeding die direct noodzakelijk zijn voor de instandhouding van de sloot. Er zijn wel gradaties aan te brengen wat betreft de aard en omvang van het "normale beheer"; in het algemeen kan gesteld worden dat in de loop van de tijd de ingrepen steeds intensiever zijn geworden. Enig houvast biedt de definitie van biologisch gezond oppervlaktewater van de Provinciale Waterstaat van Zuid-Holland: "Een sloot bevindt zich in een natuurlijke toestand wanneer het een kwaliteit vertoont, waarbij met een minimum aan (menselijke) ingrepen zich een aan de geografische situatie aangepaste evenwichtige flora en fauna kan handhaven". Als extra voorwaarde wordt toegevoegd dat de flora en fauna van die sloot jaar in jaar uit globaal hetzelfde beeld te zien geven (ref. 3). Naast dit beheer ter instandhouding van sloten is er de afgelopen decennia ook sprake van bepaalde vormen van beïnvloeding (uit- en afspoeling overbemeste landbouwgronden, inlaat vervuild water, e.d.) waardoor de waterkwaliteit in veel sloten aanzienlijk is verslechterd en de natuurlijkheid bijgevolg achteruit is gegaan.

Er is veel tijdelijke en ruimtelijke variatie van de fysische en chemische kenmerken en er zijn veelsoortige vormen van beheer en beïnvloedingen. Toch is het mogelijk een lijst met waarden voor verschillende fysische en chemische parameters op te stellen, die aangeven in welk traject de waarden zich bij een niet-verontreinigde toestand van sloten bewegen. Zie voor zuurstof bijv. ref. 6 en zie verder deel IV.

5. BIOLOGISCHE KENMERKEN

Systeemkenmerken

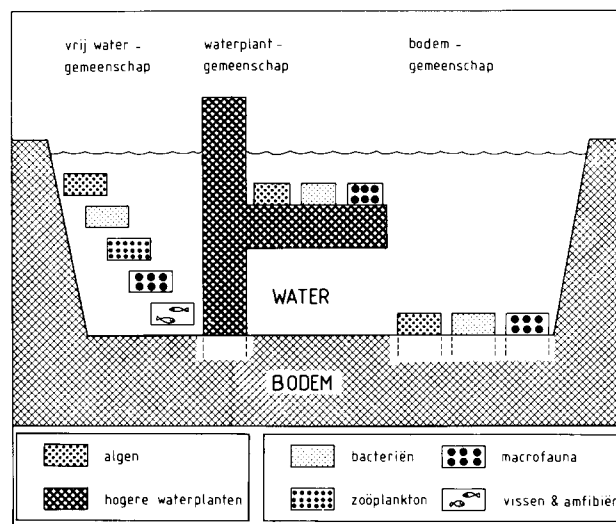
In een sloot wordt vaak de totale levensgemeenschap opgedeeld in drie subgemeenschappen: zie figuur 7.

De onderlinge verhoudingen wat betreft aantallen, soorten en activiteiten kunnen tijdelijk en ruimtelijk (zowel per m³ sloot als geografisch verspreid) zeer uiteenlopen. Over het algemeen komen in brakke sloten (meso- tot polyhalien) veel minder soorten macrofyten voor dan in zoete sloten. In zwak brakke (oligohaliene) en zoete sloten vormen de macrofyten een in diverse opzichten belangrijke organismengroep:

- de massa is meestal vele malen groter dan van enige andere component
- ze bepalen een groot deel van het fysieke milieu: hechttingsplaats voor andere organismen, een licht-filter, op-

pervlaktevergroting, een filter voor uitzakkend materiaal, schuilplaats, paaiploot
ze scheiden nutriënten uit en nemen ze op; bij afsterving komen nutriënten beschikbaar.

De hoeveelheid fytoplankton is vaak kwantitatief van minder belang dan de hoeveelheid epifytische en epipelische algen in sloten.



Figuur 7 Subgemeenschappen van de levensgemeenschap in een sloot (naar Veeningen, ref. 6).

Bij het gebruik van procesparameters als ecosysteemkenmerk wordt vaak gedacht aan de aspecten van de zuurstofhuishouding. Omzettingssnelheden met betrekking tot anorganische en organische nutriënten horen daar ook bij. Als aspecten van de zuurstofhuishouding zijn te noemen de temporele en ruimtelijke variatie van het zuurstofgehalte, maar ook onderdelen van de zuurstofbalans, zoals de primaire productie en respiratie. De temporele en ruimtelijke variatie van het zuurstofgehalte is de weerslag van het totale gebeuren in de sloot, omdat alle organismen deelnemen aan de zuurstofhuishouding. Doordat die variatie door uitwisseling van zuurstof met de lucht wordt beïnvloed is het niet eenvoudig het totaal metabolisme te meten. Bovendien wordt de waarde van de parameter sterk beïnvloed door milieufactoren als temperatuur en licht die het beschouwde systeem grotendeels van buitenaf worden "opgelegd". Desondanks bleek het mogelijk aspecten van de zuurstofhuishouding in verband te brengen met de opbouw van de levensgemeenschap in de sloot (met name vegetatie-typen), met bijzondere milieuomstandigheden zoals een ijsdek, met het schoningsregime en met een verandering in de fosfaatbelasting van het inlaatwater (ref. 6). Ook de relatieve bijdragen aan de zuurstofproductie en -consumptie van water- en bodemfase kunnen als ecosysteemkenmerk worden gebruikt; uitkomsten daarvan geven slechts informatie over dat specifieke proces of compartiment.

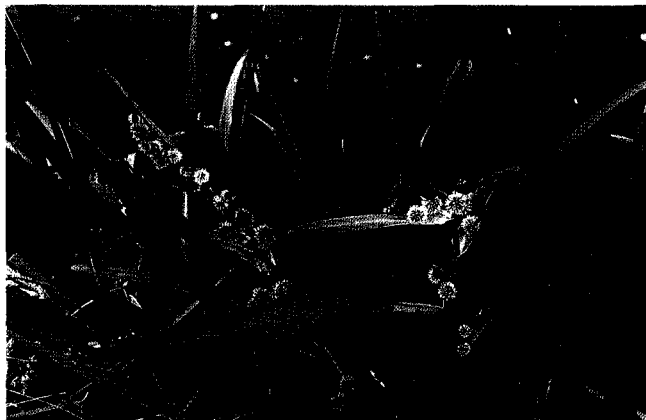


Foto 16
Grote egelskop (*Sparganium erectum*) aan een slootkant.

Soortensamenstelling

Voor alle organismen geldt in meer of mindere mate dat hun aanwezigheid afhankelijk is van een scala van andere kenmerken van de sloot. Bij elk van de genoemde groepen organismen volgen een aantal opmerkingen over hun relaties met één of meerdere kenmerken van de sloot, met name:

- organische en anorganische vervuiling
- onderhoud en beheersvormen (schoningsregime)
- morfometrie en ligging (beschaduwing) en stroming
- bodemsoort, zoutgehalte, seizoen.

HOGERE WATERPLANTEN (MACROFLORA)

De macrofyten zijn door hun levenscyclus indicatief voor veranderingen van kenmerken van de sloot op langere termijn. Door hun proporties is er in de sloot een intense wisselwerking met zowel de bodem en de waterfase als met andere organismen.

Dat in veel sloten macrofyten een dominante groep organismen vormen wil niet zeggen dat de massa en soortensamenstelling sterk beïnvloed worden door de toestand van het water. Ze zijn veel meer afhankelijk van de aard van de grondsoort waarop de sloten voorkomen. Er kan bijvoorbeeld een duidelijk onderscheid tussen de plantengemeenschappen van sloten op klei, veen en zand worden gevonden (ref. 11). Daarbij moet bedacht worden dat macrofyten tot ontwikkeling kunnen komen onder gunstige omstandigheden die echter in de loop van het seizoen geheel veranderen. De nieuwe omstandigheden kunnen zodanig zijn dat de reeds aanwezige macrofyten niet tot ontwikkeling hadden kunnen komen. Dit geldt bijvoorbeeld voor poldergebieden waar in de zomer vanwege het karakteristieke waterbeheer heel ander water aanwezig is dan in het voorjaar wanneer de macrofyten tot ontwikkeling komen. Deze overwegingen maken duidelijk dat de (aanwezigheids-)waarde van macrofyten als biologisch kenmerk genuanceerd moet worden. Dit geldt overigens voor alle organismengroepen met een levensduur langer dan circa 3 maanden. Tenslotte zij opgemerkt dat er gebieden zijn waar de sloten gekenmerkt zijn door de afwezigheid van macrofyten.

Het vele onderzoek aan macrofyten heeft geleid tot verschillende classificaties (o.a. refs. 3 en 4).

MACROFAUNA

Macrofauna wordt beschouwd eerder beïnvloed te worden door de belasting met organisch materiaal dan door die met minerale voedingsstoffen en eerder door het substraat dan door de waterfase. Vaak blijken de betreffende soorten indirect afhankelijk van de vegetatie. Uit uitgebreid onderzoek van Beltman (ref. 5) bleek dat het mogelijk was een typologie voor sloten op te stellen aan de hand van de macrofauna. Daarbij waren de typen gecorreleerd met abiotische factoren, de begroeiing en slootschoning, maar in zeer geringe mate met fysisch-chemische kenmerken.

FYTOPLANKTON (MICROFLORA)

Over de aard en de hoeveelheid van fytoplankton als biologisch kenmerk van een sloot wordt door Gonggrijp (ref. 3) opgemerkt:

- de groep is relatief onafhankelijk van bodem en oever en eerder een af geleide van de vrije waterfase
- de korte reproductietijd heeft zowel voor- als nadelen bij het gebruik als kenmerk
- de aanwezigheid van fytoplankton wordt soms sterk beïnvloed door de concurrentie met macrofyten om nutriënten en licht
- bij zware regenval en sterke uitmaling kan de concentratie sterk verminderen.

Of het fytoplankton kenmerkend is voor het milieu zal ook afhangen van de verblijftijd van het water. Dat fytoplankton vaak slechts in geringe mate voorkomt in de kleinere zoete sloten is op zich een bijzonder kenmerk. In de bredere zoetwatersloten en met name ook in de brakwatersloten treedt als regel een omvangrijke fytoplanktonontwikkeling op. Dit wordt wellicht veroorzaakt door het feit dat in grotere sloten en in de brakke sloten relatief weinig macrofyten voorkomen met als gevolg dat er relatief veel nutriënten overblijven voor de ontwikkeling van omvangrijke algenpopulaties. De omvang van het onderzoek aan fytoplankton is gering in vergelijking met dat aan makrofyten en macrofauna; de ontwikkeling van een typologie is dan ook nog niet vervolgd.

Met betrekking tot de epifytische en epipelische algen als kenmerk van sloten is nog maar weinig ervaring opgedaan, maar deze is wel belangrijk. De organismen hebben vaak uitsluitend uitwisseling met een beperkt deel van het slootmilieu (bodem of waterplant).

ZOÖPLANKTON (MICROFAUNA)

Met zoöplankton is nog weinig gewerkt aan typologie. Ook hier zou de vraag beantwoord moeten worden of het niet te zeer door een enkel compartiment van de sloot wordt beïnvloed.

OVERIGE GROEPEN

Tenslotte moet worden opgemerkt, dat vissen, amfibieën en vogels een essentieel onderdeel van het systeem uitmaken, vaak als predatoren.



Foto 17

Groene kikker (*Rana esculenta*) in de tuin van het provinciehuis te Rijnsweerd, Utrecht.

6. ECOLOGISCHE NORMDOELSTELLINGEN

Gewenste toestand van het ecosysteem

Omdat sloten gegraven wateren zijn, kan van een natuurlijke toestand in de eigenlijke zin van het woord niet gesproken worden. Naar analogie met natuurlijke wateren kan toch een ecosysteem beschreven worden dat, binnen de criteria voor handhaving van de sloot als sloot, als zo natuurlijk mogelijk kan worden bestempeld. Belangrijk aspect is de macrofytenvegetatie die met het ritme van het schonen verdwijnt en weer aangroeit; het betreft zowel ondergedoken, drijvende als boven water uitstekende planten. Chlorofyl- gehalte (plankton): 10 - 50 µg/l.

Natuurlijke levensgemeenschap.

De soortensamenstelling van sloten wordt gekenmerkt door het voorkomen van praktisch alle belangrijke groepen waterorganismen. De soortendiversiteit kan zeer groot zijn. Er komen echter geen kenmerkende slootsoorten voor. Van de diersoorten kunnen genoemd worden vogels (bijv. reiger, waterhoen, wilde eend, taling, dodaars), reptielen (ringslang in sommige gebieden), amfibieën (kikkers, padden, salamanders, met eieren en larven), vissen (stekelbaars, zeelt, modderkruiper, baars, snoek, blankvoorn, rietvoorn, brasem, kroeskarper, karper, paling), vele groepen micro- en macro-evertebraten (protozoa, bloedzuigers, wormen, slakken, raderdieren, insectenlarven, watertorren, waterwantsen, mijten, watervlooien, waterpissebedden, vlokreeften; sommige groepen met name op planten).

Een "natuurlijke" slootvegetatie wordt niet gedomineerd door een drijflaag van kroos of door ondergedoken soorten. Van de voorkomende soorten kunnen genoemd worden: watergentiaan, fonteinkruiden, waterpest, waterlelie, gele plomp, watereppe, kikkerbeet, kroossoorten, vederkruiden, krabbescheer, waterviolier, waterscheerling, gele lis en

kranswieren. Er komen veel epifytische algen (bijv. diatomeeën) en draadalgen (bijv. *Cladophora*, *Vaucheria*, *Spirogyra*, *Stigeoclonium*, *Oedogonium* en *Hydrodictyon*) voor.

Criteria handhaving van het type.

Overwegend stilstaand. Onderdeel van groter stelsel. In sommige gebieden tijdelijk droog vallend. Langgerekte vorm, strakke lijnen. Diepte in orde van grootte van 1 meter. Regelmatig schonen (vegetatie en/of sediment verwijderen). Niet dempen.

Criteria abiotisch optimum van het type

Geen peilinverse ('s zomers hoog, 's winters laag). Variatie in diepteprofielen. Op juiste tijdstippen mechanisch schonen (verwijderen submerse en emerse vegetatie) en baggeren.

Al naar gelang het gebied kunnen sloten zoet, brak of zout zijn, respectievelijk matig of zeer voedselrijk.

Helder water (doorzicht tot bodem).

Natuurlijke trajecten voor een aantal parameters voor zoete sloten:

temperatuur	max.	15	-	25	°C
pH	gem.	6	-	8	
chloride (Cl^-)	gem.	10	-	40	mg/l
sulfaat (SO_4^{--})	gem.	0	-	40	mg/l
calcium (Ca^{++})	gem.	10	-	60	mg/l
fosfaat (ortho)-P	max.	0	-	0,1	mg/l
nitraat-N	max.	0	-	1	mg/l
zuurstof	min.	2	-	7	mg/l
zuurstof	gem.	8	-	11	mg/l

Natuurlijke trajecten voor sloten die onder invloed van kwel of van menging met zeewater brak zijn, liggen voor een aantal parameters anders:

chloride (Cl^-)	gem.	10	-	10.000	mg/l
sulfaat (SO_4^{--})	gem.	50	-	200	mg/l
calcium (Ca^{++})	gem.	90	-	150	mg/l
fosfaat (ortho)-P	max.	0	-	0,2	mg/l

Doen en laten

Het doen en laten met betrekking tot sloten zal in de meeste gevallen gericht moeten zijn op gebieden en niet zozeer op afzonderlijke sloten.

- Hoogste niveau
- = regelmatige schoning die open water, verspreide waterplantenbestanden en diepte handhaaft, bij voorkeur in het najaar (mechanisch)
 - = geen peilwijziging, tenzij uit oogpunt van natuurbeheer gewenst
 - = geen aanvoer van gebiedvreemd water

SLOTEN

	= geen lozingen = geen bemesting omliggende landerijen = functie watervoering
Middelste niveau	= regelmatige schoning die open water, verspreide waterplantenbestanden en diepte handhaaft (mechanisch) = peilwijzigingen in relatie tot agrarisch beheer tot op zekere hoogte aanvaardbaar = beperkte lozingen (individuele woningen, bedrijven); geen bedrijfsmatige lozingen (bijv. bio-industrie) = bemesting omliggende landerijen beperken = functies watervoering, agrarisch gebruik, viswater
Laagste niveau	= regelmatig schonen (mechanisch) = peilwijziging en inlaat van gebiedsvreemd water toegestaan = lozingen voor zover niet in strijd met stand-still, basiskwaliteit (micro-verontreinigingen) en beste uitvoerbare technieken

Overwegingen voor keuze van het niveau.

Sloten vormen door mensen gemaakte onderdelen van agro-ecosystemen of van andere cultuurtechnische systemen zoals spoor- en dijksloten. De mate van natuurlijkheid van de erin voorkomende levensgemeenschappen is daarom in belangrijke mate een functie van wat er in het gehele systeem gebeurt. Het hoogste niveau kan daarom slechts gerealiseerd worden in een beperkt aantal gebieden waar met opzet geen moderne (intensieve) landbouwmethoden worden toegepast of in gebieden waar bijvoorbeeld een kwelsituatie gehandhaafd blijft. Het middelste niveau kan echter met enige inspanning, ook in modern beheerde gebieden, gehaald worden, en zou dan ook nagestreefd moeten worden.

7. LITERATUUR

Bij de beschrijving van het type sloot is veelvuldig gebruik gemaakt van het werk van Gonggrijp (ref. 3). Voor een overzicht van de literatuur voor het watertype "sloot" wordt verwezen naar een literatuurlijst opgesteld door Veeningen en Van Kleinwee (ref. 2) met behulp van de leden van de Slotengroep van de Werkgroep Biologische Waterbeoordeling.

1. Rijksinstituut voor Natuurbeheer;
Natuurbeheer in Nederland; deel 1: Levensgemeenschappen; Wageningen, PUDOC, 392 p., 1984.
2. Veeningen, R., en J. van Kleinwee;
Lijst van rapporten, verslagen en publikaties over onderzoek in sloten; Nieuwersluis, Limnologisch Instituut, Nota 1981-7, 22 p. + bijl., 1981.
3. Gonggrijp, A.;
Biologische beoordeling van slootkwaliteit: een literatuurstudie en een voorstel voor onderzoek in Zuid-Holland; Leiden, Hoogheemraadschap van Rijnland, Technische Dienst, afdeling Chemie en Technologie, 93 p., 1981.
4. Lange, L. de;
An ecological study of ditch vegetation in the Netherlands; Amsterdam, Universiteit van Amsterdam, Dissertatie, 112 p. + bijl., 1972.
5. Beltman, G.H.J.;
Van de wal in de sloot: een typologisch onderzoek aan makrofauna processen; Wageningen, Landbouwhogeschool, Dissertatie LH-955, 435 p., 1983.
6. Veeningen, R.;
Zuurstofhuishouding in poldersloten: eindrapport; Nieuwersluis, Limnologisch Instituut, 79 p. + bijl., 1985.
7. Willemsen, G.;
Macrofyten- en macrofaunagemeenschappen in laagveensloten; Wageningen, Landbouwhogeschool, Basisrapport Project E.K.O.O. nr. 5, Provinciale Waterstaat in Overijssel, 92 p., 1983.
8. Moolenaar, J.G. de;
Bemesting, waterhuishouding, intensivering in de landbouw en het natuurlijk milieu; Hoofdstuk VIII.4: Sloten; Leersum, Rijksinstituut voor Natuurbeheer, p. 253-271, 1980.
9. Gijsen, M.E.A. van, en T.H.L. Claassen;
Integraal Structuurplan Noorden des Lands, Landsdelig milieu- onderzoek; deelrapport 2: Biologisch wateronderzoek: macrofyten en macrofauna; Leersum, Rijksinstituut voor Natuurbeheer, 121 p. + bijl., 1978.
10. Werkgroep Fosfaten uit de Landbouw;
De fosfaatbelasting van het oppervlaktewater vanuit de landbouw: een eerste inventarisatie van gegevens over het aandeel van de landbouw aan de fosfaatbelasting van de Nederlandse oppervlaktewateren en van mogelijke maatregelen ter vermindering hiervan; 's-Gravenhage, Ministeries van VROM, L&V en V&W, 38 p. + bijl., 1985.

11. Claassen, T.H.L.;
Typologie en normstelling: een aquatisch ecologisch onderzoek in Friesland; Meppel, Krips
Repro, Dissertatie, 1987.
12. Looij, T.P.J.;
Waterschappen gebruiken steeds minder
bestrijdingsmiddelen; Waterschapsbelangen 70,
20, p. 487-490, 1985.
13. Symposium beheer en onderhoud;
Themanummer; Waterschapsbelangen 71,
p. 2-30, 1986.
14. Werkgroep Graskarper NRLO;
Graskarper in Nederland; Wageningen, NRLO,
144 p., 1984.
15. Rietveld, W., e.a.;
Typologie van sloten: een evaluatie; Apeldoorn,
Werkgroep Typologie van Sloten, 17 p. + bijl.,
1985.

3.5 Kanalen

1. DEFINIËRING

Kanalen zijn gegraven lijnvormige landschapselementen van tamelijk grote omvang (breedte veelal groter dan 8 m, diepte veelal groter dan 1,5 à 2 m). Grote kanalen hebben een breedte van 30 tot 60 m met een diepte van 3,5 m (vaargeul). De oevers kunnen al dan niet beschoeid zijn. In landelijk gebied zijn de aanliggende oeverlanden veelal onbebouwd.

De oeverconstructie verdeelt men in verticale (damwand, palenrij, schotten wal, azobémat, etc.) en in taludverdediging (puin of stortsteen, asfaltslab, etc.). Niet beschoeide oevers bestaan meestal uit een min of meer ontwikkelde oevervegetatie, opgebouwd uit diverse soorten helofyten (ref. 8).

De bodem van kanalen wordt bepaald door de plaatselijk voorkomende grondsoorten en kan dus uit verschillend ma-

teriaal bestaan (zand, veen, klei, etc.). Het bodemtype kan soms verschillen met dat van de nabije omgeving, bijv. als een kanaal tot op zandlagen is uitgegraven in een overwegend kleigebied. De sapropeliumlaag kan zeer sterk van dikte verschillen, zowel in één kanaal (oeverzone-vaargeul) als in verschillende kanalen onderling.

Kanalen bevatten permanent water. Ze behoren in principe niet tot de stromende wateren. Kanaalbeken en rivierbeken - rechte stromende wateren van minstens 10 m breed - rekent men tot het beektype (zie hoofdstuk BEKEN). Weteringen, veenwijken en waterlossingen vormen een categorie tussen sloten en kanalen (zie hoofdstuk 3.1) en worden hier verder niet behandeld. Omdat het water in kanalen zich periodiek verplaatst (dit kan afwisselend in beide richtingen, afhankelijk van aanvoer, lozing, spui of wind) spreekt men van semistagnante wateren. Kanalen kunnen zowel behoren tot boezemsystemen, als gelegen zijn in polders. Zoals reeds blijkt uit de definitie zijn kanalen gegraven, veelal ten behoeve van de waterbeheersing en/of de scheepvaart. Enkele voorbeelden: het Apeldoornsch Kanaal is in de vorige eeuw gegraven ter ontsluiting van de oostelijke Veluwezoom. Tot vrij recent had het kanaal een belangrijke scheepvaartfunctie. Vele kanalen zijn gegraven ten behoeve van de ontginning van zogenaamde woeste gronden, bijv. de Cornelisgracht en Thijssegracht (reeds vóór 1776) in Noordwest-Overijssel.

Tot kanalen kunnen eventueel (als subtype) voormalige riviertakken gerekend worden, zoals de Utrechtse Vecht, het Gein, de Gouw, de Amstel. Ze verschillen in hun minder rechtlijnig verloop en de plaatselijk nog herkenbare morfologie van het gebied in de directe omgeving.

2. SUBTYPEN EN VOORBEELDEN

Voorbeelden van kanalen in Nederland zijn:

Apeldoornsch Kanaal	Tjongerkanaal
Cornelisgracht en Thijssegracht	Kanaal Buinen-Schoonoord
Waardkanaal-Groetkanaal	Inundatiekanaal
Valleikanaal	Hoofdwatgang in bemalen gebied Oostermoerse Vaart
Delftsche Schie	Amsterdam-Rijnkanaal
Wilhelminakanaal	Noordzeekanaal
Maas-Waalkanaal	Noordhollandsch kanaal
Prinses Margrietkanaal	Twente-Rijnkanaal
Kanaal Almelo-Nordhorn	

3. FUNCTIONELE KENMERKEN

Kanalen zijn meestal multifunctioneel, zij kunnen o.a. gebruikt worden als:

- scheepvaartwater voor groot vrachttransport (hiervoor kunnen kanalen ingedeeld worden in zogenaamde internationale klassen); tevens transport-waterweg voor agrarisch gebruik en recreatie

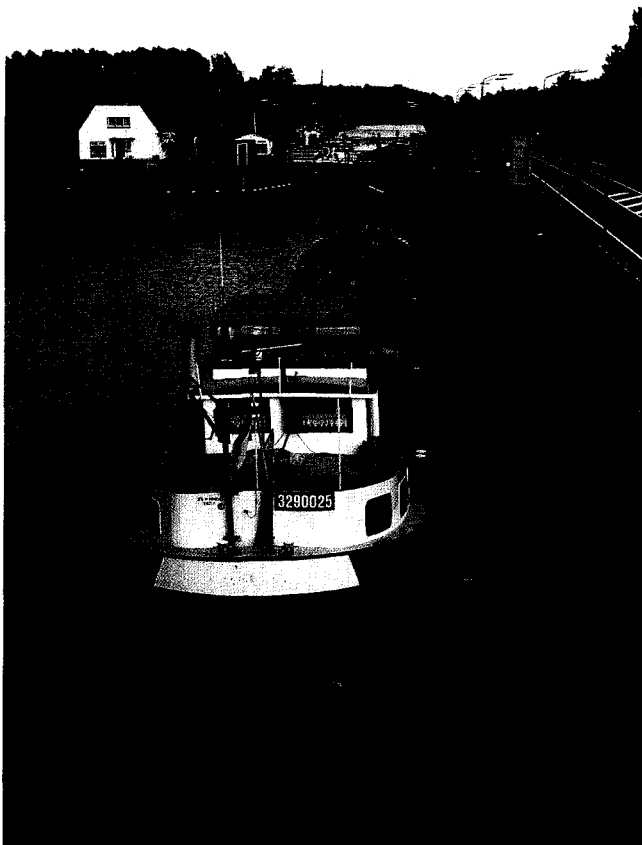


Foto 18
Zuid Willemsvaart.

- waterbeheersing, doorvoer van water, opvang en afvoer van respectievelijk tekort en teveel aan water, tijdelijke bergingsfunctie (boezemwater)
- viswater voor zowel beroepsvisserij als sportvisserij
- opvangfunctie van afvalwaterstromen (koelwater, effluënten, rioolwater overstorten, etc.)
- recreatiewater (pleziervaart, vissen, zwemmen, etc.).

Het beheer vindt hoofdzakelijk plaats in het kader van bovenstaande functies, waarvan de scheepvaartfunctie en waterbeheersingsfunctie de belangrijkste zijn. Het beheer zal zich veelal beperken tot het op diepte houden van de vaargeul (middels baggeren) en in sommige gevallen tot het maaien van watervegetatie, eveneens in de vaargeul. Kanalen welke deze functies verloren hebben kunnen door achterstallig onderhoud een dikke sapropeliumlaag bevatten. Maatregelen welke de (recente) vervuiling aanpakken worden gezien als sanering, niet als beheer.

4. FYSISCH EN CHEMISCH KENMERKEN

Kanalen kunnen zoet, brak of zout water bevatten, waarbij het zoutgehalte in de loop van de tijd sterk kan fluctueren. Van oorsprong zijn de meeste kanalen metatroof, waarbij in situaties van afvalwaterlozingen of langer durende stilstand sprake kan zijn van eu- of hypertrofie (bijvoorbeeld het 5^e pand van het Apeldoornsch Kanaal). In de regel kan, afgezien van plaatselijke verontreiniging, de zuurstofhuishouding als voldoende worden beschouwd. Natuurlijke trajecten voor een aantal fysische en chemische parameters zijn opgenomen in deel IV.

5. BIOLOGISCHE KENMERKEN

Er is een aquatische flora en fauna aanwezig die sterk gestoord kan worden en die als zodanig structureel en functioneel moeilijk te karakteriseren is. Als criteria die de biologische structuur en functie beïnvloeden, kunnen genoemd worden: permanente watervoering en onregelmatige afwisseling van stromend (bewegend) en stilstaand water. De "natuurlijke" levensgemeenschap is hierdoor metatroof, dat wil zeggen afhankelijk van de verblijftijd van het water kan de levensgemeenschap in korte tijd tot rijping komen.

De aquatische flora is evenals de ermee samenhangende fauna veelal gering ontwikkeld door het meer of minder intensieve verkeer te water. Behalve autochtone kan het kanaal ook allochtone flora- en fauna-elementen bevatten. Het fytoplankton kan zich - bij beperkte waterbeweging - massaal ontwikkelen en eutroof van karakter zijn met veel blauwalgen. De verspreiding van de macrofauna zal zich veelal beperken tot benthos (voornamelijk chironomiden, tubificiden en mollusken) of tot de oeverzone. Deze oeverzone bestaat uit een soortenarme helofytenvegetatie. De visstand omvat onder meer: blankvoorn, brasem, aal, baars, snoekbaars en snoek.

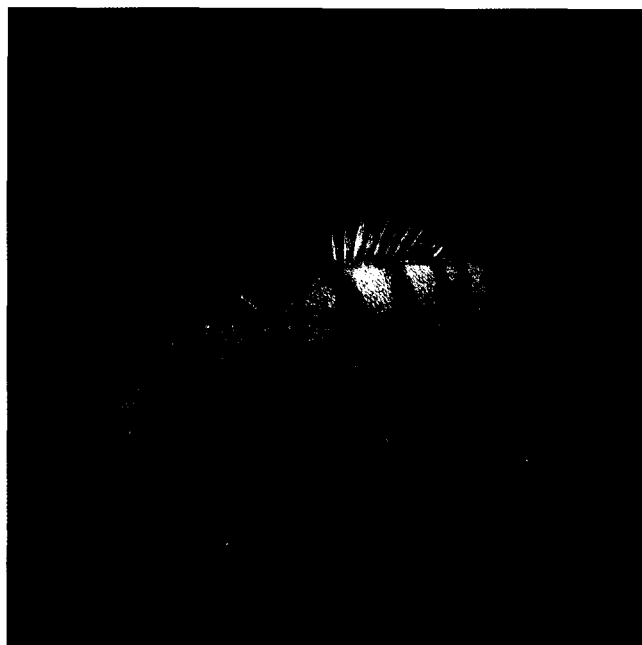


Foto 19
Onderwateropname van een baars (*Perca fluviatilis*).

Kenmerkende organismengroepen zijn:

- epifytische algen, met name diatomeeën
- macrofauna-benthos (chironomiden, tubificiden, mollusken)
- vissen (zie boven).

Open systeem, instabiel karakter, primaire produktie voornamelijk bepaald door fytoplankton (blauwalgen). Weinig zoöplankton. Mede hierdoor typerende voedselpyramide.

De diversiteit is in alle opzichten zeer beperkt. Kanalen zijn wel onderling te vergelijken binnen een beperkte groep van organismen. Enkele voorbeelden: bentische diatomeeën, macrofaunabenthos (mollusken, chironomiden), vissen (zowel soortensamenstelling als populatie-opbouw der soorten).

Over de kwetsbaarheid kan nog het volgende worden opgemerkt:

Visstand: afhankelijk van goed ontwikkelde oevervegetatie (schuilplaats, paaipplaats, etc.) en enigszins helder water (visuele jacht snoek). Stuwten en sluizen kunnen de trek bemoeilijken.

Macrofyten: mechanische schade zowel aan echte waterplanten (fonteynkruiden losgeslagen door zuiging en golflslag, drijfplanten bladschade door scheepsroer) als aan oevervegetatie (riet kan slecht tegen mechanische schade van boten enerzijds of vertrapping - oeverrecreatie - anderzijds).

KANALEN

Algen en macrofauna: zware metalen, pesticiden en oliën (impregneermiddelen walbeschoeiing, anti-fouling op boten, gritstralen van bruggen, schonen van scheepsruimen, etc.).

6. ECOLOGISCHE NORMDOELSTELLINGEN

Gewenste toestand van het ecosysteem

Van natuurlijke levensgemeenschap in de strikte zin van het woord kan bij dit door de mens gemaakte watertype niet gesproken worden. Wel kan gesteld worden dat een gewenste levensgemeenschap zo is opgebouwd dat de primaire produktie vrijwel geheel bepaald wordt door fytoplankton (chlorofyl-gehalte: 25 - 50 µg/l). Bepalend voor de levensgemeenschap is o.a. dat voedings stoffen in hoofdzaak van allochtone oorsprong zijn en dat de waterbeweging onregelmatig is.

In het algemeen zijn de dichtheden van de verschillende organismengroepen relatief gering (bijv. vissen, macrovertebraten), met name in de intensief bevaren kanalen.

Natuurlijke levensgemeenschap

De volgende diersoorten komen o.a. voor: vissen (blankvoorn, baars, snoekbaars (in plantenarme kanalen), snoek (in plantenrijke kanalen), brasem, karper, voorn, stekelbaars, paling), macro-vertebraten (muggelarven, vlokreeft, weekdieren, wormen, bloedzuigers) zoöplankton (Daphnia, Bosmina, Cyclops, raderdieren).

Van de planten ontbreken ondergedoken en drijvende soorten (behalve enige ongevoelige soorten). Wel zijn aanwezig de helofyten riet, lisdodde, pitrus e.d. Kanalen die niet meer voor de scheepvaart gebruikt worden ontwikkelen een vegetatie waarin wel ondergedoken en drijvende soorten voorkomen (ook de fauna verandert daarbij). Relatief belangrijker dan de planten zijn de algen, waarvan de groepen blauwwieren, groenwieren, diatomeeën en cryptophyten (de laatste twee vaak kenmerkend) voorkomen; desmidia-ceeën ontbreken meestal.

Criteria handhaving van het type

Stilstaand of periodiek langzaam stromend (niet per se in één richting) door bemaling, spuien, enz. Voeding vooral bepaald door kunstmatige inlaat (boezem, polders, enz.). Lijnvormige, vrij rechte oevers. Relatief diep, breed en lang. Constante watervoeding op vrij constant (streef)peil.

Criteria abiotisch optimum van het type

Oeverconstructie met oversteekplaatsen en uitklimmogelijkheden voor terrestische fauna. Uitwijkplaatsen voor ontwikkeling helofyten, paaien van vis en broeden van vogels.

Trajecten voor fysische en chemische kenmerken in niet verontreinigde toestand:

temperatuur	max.	20	-	25	°C
pH	gem.	7	-	8	
chloride (Cl^-)	gem.	10	-	40	mg/l
sulfaat (SO_4^{2-})	gem.	0	-	40	mg/l
calcium (Ca^{++})	gem.	10	-	40	mg/l
fosfaat (ortho)-P	max.	0	-	0,1	mg/l
nitraat-N	max.	0	-	1	mg/l
zuurstof	min.	6	-	9	mg/l
zuurstof	gem.	8	-	11	mg/l

De natuurlijke trajecten voor kanalen die onder invloed van zoute kwel of van menging met zeewater brak zijn, liggen voor een aantal parameters anders:

chloride (Cl^-)	gem.	100	-	10.000	mg/l
sulfaat (SO_4^{2-})	gem.	50	-	200	mg/l
calcium (Ca^{++})	gem.	80	-	200	mg/l

Doen en laten

Hoogste niveau = geen kunstmatige beschoeiingen ('natuurlijke' oevers)
= grotere peilfluctuaties toelaten
= beperkte toevoer van vreemd water
= geen directe lozingen (slechts huishoudelijk afvalwater in geringe hoeveelheden)
= niet meer voor scheepvaart (in elk geval niet gemotoriseerd)

Middelste niveau = beschoeiingen over beperkte lengte
= matige peilfluctuaties toelaten
= directe lozingen slechts van gedefosfateerd effluent
= matige scheepvaartdrukke, snelheidsbeperking

Laagste niveau = beschoeiingen over gehele lengte
= geen peilfluctuaties
= lozingen voor zover niet in strijd met stand-still, basiskwaliteit (microverontreinigingen) en beste uitvoerbare technieken
= scheepvaartdrukke niet gelimiteerd

Overwegingen voor keuze van het niveau

De primaire functies van kanalen (scheepvaart, waterbeheersing) leggen beperkingen op aan de mogelijkheden om een hoog niveau voor de ecologische normdoelstelling te hanteren. Toch moet het bij veel kanalen mogelijk zijn om het middelste niveau te halen. In sommige gevallen (niet meer voor scheepvaart gebruikte kanalen) zal het hoogste niveau als doelstelling kunnen gelden. Eventueel kunnen voor verschillende zones in een kanaal verschillende niveaus worden aangehouden.

7. LITERATUUR

1. Klaver, E.;
Vergelijkend floristisch en oecologisch onderzoek van de Cornelisgracht en de Thijssegracht nabij Giethoorn (Overijssel); Amsterdam, Hugo de Vries Laboratorium, Intern rapport nr. 68, 161 p., 1979.
2. Oosterloo, B.;
Een limnologische studie van het Apeldoorns kanaal; Vaassen, Rijksuniversiteit Utrecht, Verslag onderzoek M.O. Biologie, 42 p. + bijl., 1978.
3. Schaap, L.A.;
De visstand in het Noordzeekanaal; IJmuiden, Rijksinstituut voor Visserijonderzoek, Rapport nr. ZS 81-06, 10 p., 1981.
4. Schaap, L.A.;
De visstand in het Amsterdam-Rijnkanaal; IJmuiden, Rijksinstituut voor Visserijonderzoek, Rapport nr. ZS 81-07, 6 p., 1981.
5. Stock J.H., en A. Mulder;
De Noordzeekanaalinventarisatie; Het Zeepaard 13, 2, p. 19-31, 1953 + 13, 3, p. 35-37, 1953.
6. Claassen, T.H.L.;
Biologisch wateronderzoek 1976-1980; Leeuwarden, Provinciale Waterstaat van Friesland, 60 p. 1981.
7. Klapwijk, S.P.;
Hydrobiologisch onderzoek naar de uitwerking van het waterkwaliteitsklassensysteem van Caspers en Karbe voor grotere wateren in Zuid-Holland; Leiden, Hoogheemraadschap van Rijnland, 118 p. + bijl., 1982.
8. Schotsman, N., en Y. Roukema;
Ecologische inventarisatie van de Friese vaarwegen; Leeuwarden, PPD in Friesland, Nota nr. 273, 1983.

*"Zoo'n waterplas heeft 't maar goed, die golft maar en
weerspiegelt de wolken, is aldoor anders en blijft toch gelijk.
Heeft nergens last van."
Nescio, "De uitvreter"*

4. STAGNANTE WATEREN, AL DAN NIET GEGRAVEN

4.1 Inleiding

De watertypen in deze groep zijn vennen en pingo-ruïnes, duinmeren, wielen, oude rivierarmen, zand-, grind- en kleigaten, petgaten en meren en plassen. Het gemeenschappelijk kenmerk van deze groep is een breedte/lengte verhouding die de orde van grootte van 1 nadert en een beperkt voorkomen of afwezigheid van stroming. Overigens kunnen zeer veel variaties in vorm, grootte, diepte en hydrologie optreden.

Wat betreft ontstaanswijze is deze groep niet homogeen. De vennen, pingo-ruïnes en duinmeren zijn grotendeels van na-

tuurlijke oorsprong. Tot op zekere hoogte geldt dit ook voor wielen en oude rivierarmen. De zand-, grind- en kleigaten en de petgaten zijn gegraven, echter niet (zoals de wateren van hoofdstuk 3) met het doel om ze als water te gebruiken: ze zijn overgebleven na de winning van zand, grind, klei of veen. Dit geldt ook voor een deel van de meren en plassen, met name de laagveenplassen. Tot de meren en plassen worden daarnaast ook gerekend door afdamming van getijdewateren ontstane zoetwatermeren zoals het IJsselmeer, de Randmeren, het Haringvliet, de Zeeuwse meren, het Brielse meer, Eeën en Dieën. De morfologie van laatstgenoemde wateren is gedeeltelijk nog van natuurlijke oorsprong.

Van deze groep wateren worden alleen de oude rivierarmen niet beschreven. Het lijkt de moeite waard, dat in de toekomst nog te doen.



Foto 20
Molenvén bij Gassel.

4.2 Vennen en pingo-ruïnes

1. DEFINIËRING

Vennen zijn van oorsprong voedselarme en kalkarme, ondiepe, geïsoleerde wateren, gelegen in voedsel- en kalkarme zandgronden. De meeste bevinden zich op de zandgronden in het binnenland, maar waar duinzanden langs de kust voedsel- en kalkarm zijn komen ook duinvennen voor.

De meeste vennen zijn voor hun watervoorziening afhankelijk van de regenval, maar veel vennen staan ook onder invloed van het grondwater. De waterstand is wisselend door afhankelijkheid van de nuttige neerslag, zodat oeverzones periodiek kunnen droogvallen. Door hun ondiepte kunnen vennen in sommige zomers geheel uitdrogen. Vennen die afhankelijk zijn van grondwater kunnen bij grondwateronttrekking geheel verdwijnen.

Vennen kunnen op verschillende wijzen ontstaan, maar in principe door verzameling van voedsel- en kalkarm water in laagten van de zandbodem. De laagten kunnen hun oorsprong vinden in wind-, water- of gletscherwerking. Recent zijn ook door uitgravingen vennen ontstaan. Als gevolg van zandverstuivingen zijn veel vennen verdwenen maar door vastlegging van stuifzanden door beplanting is dit tegenwoordig niet meer het geval. Het water blijft in die laagte staan doordat er een ondoorlatende laag onder het ven aanwezig is. Deze laag kan gevormd zijn door dichtslibbing van het zand door sediment, door een oerbank, een veen- of leemlaag. Ontbreekt de ondoorlatende of moeilijk doorlatende laag, dan wordt het waterpeil in evenwicht gehouden met de grondwaterspiegel. De oppervlakte van vennen varieert van enkele m² tot enkele ha. Het grootste oligotrofe ven was tot voor enige tijd het Grote Meer bij Ossendrecht (ca. 70 ha). Thans is het wateroppervlak als gevolg van de drinkwaterwinning geslonken tot 15 ha; de toevoer van landbouwwater vanuit België bedreigt bovendien het oligotrofe karakter.

Pingo-ruïnes zijn op het eind van de laatste ijstijd ontstane depressies van geringe omvang in het landschap. In het zuid-oosten van Friesland komt nog een relatief groot aantal (ca. 300) pingo-ruïnes voor (ook wel zoetwaterdobben genoemd). Het ontstaan dateert van zo'n 15.000 jaar geleden (zie ref. 10). Van oorsprong werden zij slechts door regenwater gevoed en waren gekenmerkt door oligotrofe levensgemeenschappen. De doorsnede van de pingo-ruïnes kan variëren van twintig tot een paar honderd meter. Na de ontginningen aan het begin van deze eeuw en het gebruik van kunstmest in het oorspronkelijk voedselarme, heideachtige milieu hebben deze pingo-ruïnes hun voedselarme karakter verloren. Mede door verlandings dreigen veel pingo-ruïnes te verdwijnen.

2. SUBTYPEN EN VOORBEELDEN

De volgende soorten vennen kunnen worden onderscheiden:

- *Voedselarme vennen*
De vegetatie bestaat uit oeverkruid, waterlobelia en soms biesvaren en pilvaren en vaak veel moerasrus. Voorbeeld: Ganzenpoel bij Diever; vennen op Hoge Veluwe, onder andere de Gerritsfles en vennen in Noord-Brabant (thans met degeneratieverschijnselen door zure regen?).
- *Dystrofe vennen*
Vennen met veel veenvorming (Sphagnum) en bruin gekleurd water door opgeloste humuszuren. De hogere planten zijn vooral snavelzegge en wollegras. Voorbeelden: vennen bij Wijster.
- *Mesotrofe vennen*
Deze vennen zijn iets voedselrijker dan de vorige. Met vegetatie van veelstengelige waterbies, naaldwaterbies, moerashertshooi. De mesotrofe-dystrofe variant heeft onder andere kleine zegge, waterdrieblad en wateraardbei. Voorbeelden: vennen bij Oisterwijk; Kliplo en Schurenberg in Drenthe.
- *Hoogveenvennen*
In uitgestrekte gebieden met hoogveenvorming van hoge ouderdom kunnen waterplassen voorkomen die alleen gevoed worden door regenwater (Blanken). Deze vennen zijn voedselarm. Voorbeeld: Meerstalblok bij Emmen.
- *Ringvennen*
Door bultvormige groei van Sphagnum kan een ringven ontstaan, met in het centrum een trilveen. Voorbeeld: Goudsbergven (N.Br.)



Foto 21
Palingven bij Boxtel.

Door menselijke activiteit gestoorde vennen worden soms metatroof genoemd. Hierin komen relatief weinig soorten in grote aantallen voor, meestal soorten van voedselrijk (eutroof) milieu die van elders worden aangevoerd. Vaak is er veel flap, blauwwieren en bijvoorbeeld veel Volvox. Voor-

beelden: Beuven (Noord Brabant), Mekelermeer (Drenthe). Het Beuven is onlangs gerestaureerd.

3. FUNCTIONELE KENMERKEN

Veel vennen hebben geen gebruiksfunctie. Sommige worden voor recreatie gebruikt, onder andere als ijsbaan. Pingo-ruïnes zijn vaak in gebruik als drinkpoel voor het vee.

4. FYSISCHE EN CHEMISCHE KENMERKEN

Het water van een ven heeft een laag gehalte aan mineralen. Het chloridegehalte is lager dan 20 mg/l voor vennen in het binnenland; aan de kust kan dit hoger zijn door seaspray (zie hoofdstuk **duinmeren**). Het kalkgehalte is laag, evenals het bicarbonaat. De pH ligt beneden 7, in den regel tussen 4 en 6. Er zijn duidelijke aanwijzingen dat veel vennen de laatste tientallen jaren als gevolg van luchtverontreiniging (SO_2 , NH_3 , NO_x) zuurder geworden zijn (ref. 11). Nitraat en fosfaat zijn in zeer geringe hoeveelheden aanwezig. Vaak geven humusstoffen of ijzerverbindingen het water een bruine kleur. In deel IV worden natuurlijke trajecten voor een aantal parameters gegeven.



Foto 22
Infiltratievijver ten behoeve van de drinkwaterwinning in Meijendel.

5. BIOLOGISCHE KENMERKEN

Systeemkenmerken

Kenmerk van het ven-ecosysteem vanuit het oogpunt van materie- en energiestromen is de geringe toevoer van voedingsstoffen uit ondergrond en neerslag, waardoor er een lage primaire productie optreedt annex lage dichtheden van consumenten, terwijl aan het eind van de voedselketen geen vertebraten staan maar evertrebraten, met name insecten en hun larven. De primaire producenten vertonen aan-

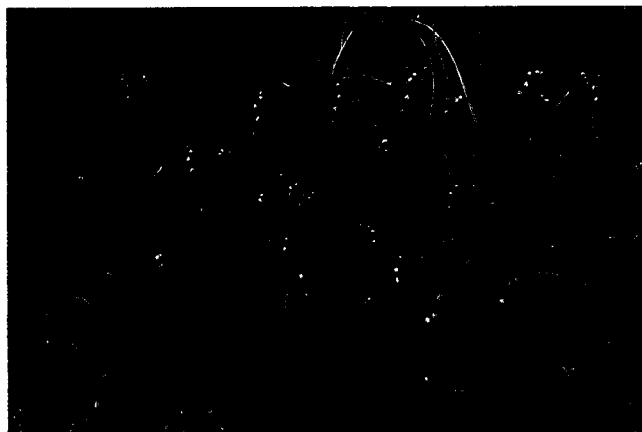


Foto 23
Zonnedaauw (*Drosera rotundifolia*).

passingen aan voedselarmoede (N en P). Kenmerkend is verder dat door de lage pH de bacteriële processen geremd zijn waardoor afbraak van organische stoffen langzaam verloopt (sapropeel- en hoogveenvorming). Het ven-ecosysteem vertoont geen grote fluctuaties in fysisch-chemische omstandigheden, behalve door droogvallen bij extreme droogte waardoor tijdelijk concentratie-verhoging van mineralen en voedingsstoffen optreedt. Ditzelfde treedt jaarlijks in mindere mate op in de zomer door droogvallen van oevergedeelten als verdamping de neerslag overtreft.

Door kalkarmoede van het water is de buffering gering zodat de zuurgraad hoog is en de beschikbaarheid van bicarbonaat voor primaire producenten gering. Hierdoor zijn soorten die vrij koolzuur kunnen opnemen kenmerkend voor de vegetatie, zoals mossen, isoëtide waterplanten, en sommige draadalgen.

Ook onder de dierlijke organismen vinden we kenmerkende aangepaste soorten van zuur-oligotroof of oligotroof milieu. De soortenrijkdom is minder dan in eutroof milieu, (ref. 14).

De pingo-ruïnes in Oost-Friesland zijn de laatste 50 jaar aanmerkelijk met voedingsstoffen "verrijkt". Voordat de grootschalige ontginningen plaatsvonden lagen de genoemde habitats veelal in voedselarme heidevelden. In de door regenwater gevoede pingo-ruïnes trof men soorten aan als *Littorella uniflora*, *Eleocharis multicaulis*, *Juncus bulbosus* en *Eriophorum angustifolium*. Ze leken daarom sterk op vennen. De huidige situatie toont een in cultuur gebrachte land-schap met pingo-ruïnes die gelegen zijn in bemeste graslanden waardoor inspoeling van nutriënten plaatsvindt. De oevervegetatie van veel pingo-ruïnes bestaat tegenwoordig uit *Phragmites australis* en *Typha latifolia*. In het water zijn soorten als *Spirodela polyrrhiza*, *Lemna gibba* en *Lemna trisulca* indicatief voor de voedselrijke situatie. Ook zijn *Nymphaea alba* en *Nuphar lutea* aan te treffen.

Een indicatie omtrent de aanwezige macrofauna is in tabel

2 gegeven. Het is duidelijk dat de vermelde soorten een relatief voedselrijke situatie indiceren.

Veel pingo-ruïnes zijn als aquatische habitat overigens nauwelijks meer te herkennen vanwege de optredende verlandings en vanwege het gebruik als stortplaats voor afval.

Soortensamenstelling

De levensgemeenschap van een ven wordt gekenmerkt door zuur-oligotrofe of oligotrofe soorten. Inheemse vissoorten, slakken, bloedzuigers en grote kreeftachtigen ontbreken in zure vennen. In voedselarme vennen komen deze daar-

Tabel 1 Voorkomen van organismen in verschillende soorten vennen (ref. 12).

typen:	oligo- troof	dys- troof	meso- troof	hoogveen vennen	ring- vennen
Hogere planten					
waterlobelia	+				
biesvaren	+				
pielvaren	+				
moerasrus	+				
veenmos	+	+	+	+	+
veelstengelige waterbies			+		
naaldwaterbies			+		
moerashertshooi			+		
wollegras	+	+			
Watervlooien					
Acantholeberis curvirostris	+	+	+	+	+
Bosmina longispina	+	+	+	+	
Raderdieren					
Keratella serrulata	+	+	+	+	+
Lecane ligona	+	+	+	+	+
Wormen					
Vejdovskyella comata	+	+	+	+	+
Protozoa					
Rhipidodendron huxleyi	+	+		+	+
Desmidiaceeën					
Closterium lunula	+				
Euastrum ansatum	+				
Micrasterias rotata	+				
Staurastrum margaritaceum		+			
Micrasterias truncata		+			
Closterium striolatum		+			
Euastrum binale		+			
Micrasterias jenneri				+	+
Closterium ulna				+	+
Euastrum insigne				+	+
Closterium ralfsii			+		
var. hybridum					
Cosmarium turgidum			+		
Cosmarium debaryi			+		
Staurastrum polytrichum			+		
Diatomeeën					
Eunotia spp.	+	+			
Frustulia spp.	+	+			
Pinnularia spp.	+	+			
Wantsen					
Notonecta obliqua	+	+	+		
Sigara scotti	+	+	+		
Hesperocorixa castanea	+	+	+		
Libellen					
Leucorrhinia pectoralis	+	+			

In gestoorde, metatrote vennen komen de in de tabel genoemde soorten niet of weinig voor. Daarentegen vindt men er wel de goudwieren Tribonema en Characiopsis en het groenwier Volvox.

entegen wel voor en is de medicinale bloedzuiger (*Hirudo medicinalis*) zelfs specifiek. Kenmerkend is verder een sterke ontwikkeling van desmidiaceeën, bepaalde flagellaten, ijzerbacteriën, raderdieren en watervlooien van zuur milieu. Van de mossen moet *Sphagnum* als typisch genoemd worden en van de hogere planten zeggen, russen, wollegras, oeverkruid, terwijl er meestal veel groei van draadalggen optreedt. Globaal kunnen de organismen bij ventypen worden onderscheiden als in tabel 1 aangegeven.

Tabel 2 Macrofauna in pingo-ruïnes

Tricladida	
Hirudinea:	Trichoptera:
<i>Helobdella stagnalis</i>	<i>Holocentropus picicornis</i>
<i>Herpobdella octoculata</i>	<i>Arthripsodes aterrimus</i>
	<i>Limnephilus flavicornis</i>
	<i>Cyrnus flavidus</i>
Oligochaeta:	Heteroptera:
<i>Stylaria</i> spec.	<i>Sigara distincta</i>
<i>Lumbriculus variegatus</i>	<i>Sigara falleni</i>
<i>Tubifex</i> spec.	<i>Callicorixa praeusta</i>
	<i>Sigara striata</i>
Gastropoda:	<i>Cymatia coleoptrata</i>
<i>Lymnaea peregra</i>	
Lamellibranchia:	Diptera:
<i>Pisidiidae</i> indet.	<i>Chironomus</i> spec.
	<i>Procladius</i> spec.
Crustacea:	<i>Psectrotanypus varius</i>
<i>Asellus aquaticus</i>	<i>Cryptotopus sylvestris</i>
<i>Asellus meridianus</i>	<i>Dicortendipes nervosus</i>
	<i>Endochironomus albipennis</i>
Ephemeroptera:	<i>Glyptotendipes</i> spec.
<i>Cloeon dipterum</i>	<i>Parachironomus arcuatus</i>
<i>Caenis horaria</i>	<i>Polypedium nubeculosum</i>
	<i>Cladotanytarsus</i> spec.
Odonata	<i>Cryptochironomus</i> spec.
	<i>Endochironomus dispar</i>
Megaloptera:	<i>Tanytarsus</i> spec.
<i>Sialis lutaria</i>	<i>Polypedium sordens</i>
	<i>Corynoneura</i> spec.
Coleoptera:	<i>Diptera</i> (pupae) indet.
<i>Halipus</i> spec.	<i>Bezzia</i> spec.
	<i>Chaoborus flavicans</i>
	<i>Chaoborus crystallinus</i>

6. ECOLOGISCHE NORMDOELSTELLINGEN

Natuurlijke toestand van het ecosysteem

Als gevolg van het zure en voedselarme karakter van venen verlopen vele processen relatief traag. Er is een geringe primaire productie, langzame afbraak. Dichtheden van plankton en macro-evertelaten zijn gering. Soms zijn zgn. drijftillen aanwezig (drijvende, langzaam aangroeiende maten van *Sphagnum* en andere planten). Chlorofylgehalte (plankton): 0 - 10 µg/l.

Natuurlijke levensgemeenschap

In vennen komen van nature de volgende diergroepen voor: waterspitsmuis, larven van kikkers en padden, sala-

manders, verschillende soorten raderdieren, wantsen, kevers, libellen, haften en mijten. Van de hogere planten zijn kenmerkend veenmos (*Sphagnum*), zeggen, russen, oeverkruid, pijpestrootje, waterlobelia en, in de vochtige overgangszone tussen water en land, wollegras, zonnedaauw en beenbreek. Opvallend onder algen zijn de desmidiaceeën in een grote verscheidenheid; verder komen kenmerkende soorten diatomeeën, draadalggen, jukwieren en euglenophyten voor. Ook ijzerbacteriën zijn dikwijls in vennen te vinden.

Het zure en voedselarme karakter van vennen leidt tot de afwezigheid van een aantal groepen waterorganismen. De meeste vissoorten ontbreken (lage pH), evenals slakken en andere schelpdieren (kalkgebrek), bloedzuigers en grotere kreeftachtigen (ook *Daphnia*'s). In een ven komen geen kroos, waterpest en hoornblad voor.

De natuurlijke levensgemeenschappen van pingo-ruïnes zijn nog onvoldoende onderzocht.

Criteria handhaving van het type

Geïsoleerd ten opzichte van andere wateren. Voeding uitsluitend door regen- en/of grondwater. Ronde vorm. Geringe diepte (minder dan ca 3 meter).

Voor pingo-ruïnes bovendien: handhaven vorm, periodiek uitdiepen en verwijderen van waterplanten, voorkomen van uitdroging.

Criteria abiotisch optimum van het type

Voedselarm, lage pH, laag zoutgehalte, geringe hardheid (gevoelig voor verzuring). Doorzicht en kleur afhankelijk van subtype. Soms kleurloos, helder water, soms bruinegekleurd, humus- en/of ijzerrijk water.

Natuurlijke trajecten voor een aantal parameters (vennen):

temperatuur	max.	20	-	25	°C
pH	gem.	3,5	-	6	
chloride (Cl^-)	gem.	0	-	20	mg/l
sulfaat (SO_4^{2-})	gem.	0	-	40	mg/l
calcium (Ca^{++})	gem.	0	-	10	mg/l
fosfaat (ortho)-P	max.	0	-	0,1	mg/l
nitraat-N	max.	0	-	1	mg/l
zuurstof*)	min.				
zuurstof	gem.	8	-	11	mg/l

*) onvoldoende gegevens

Doen en laten (vennen)

- Hoogste niveau = geen handelingen die hydrologie en morfologie beïnvloeden
 = geen lozingen
 = geen diffuse verontreiniging via bodem of lucht (verzuring)

	= geen oogsten of uitzetten van organismen = geen functies
Middelste niveau	= handelingen die hydrologie en/of morfologie beïnvloeden uitsluitend ter compensatie van invloeden die al plaats vinden of gevonden hebben, of handelingen met zo beperkte gevolgen dat het type gehandhaafd blijft = geen lozingen = diffuse verontreiniging door lokale activiteiten vermijden = geen oogsten of uitzetten van organismen = geen functies
Laagste niveau	= geen beperkingen ten aanzien van handelingen die hydrologie en/of morfologie beïnvloeden = lozingen, voor zover niet in strijd met stand-still, basiskwaliteit (microverontreinigingen) en beste uitvoerbare technieken = idem ten aanzien van diffuse verontreiniging = oogsten of uitzetten van organismen geen bezwaar = zwemmen geen bezwaar

in strijd met stand-still, basiskwaliteit (microverontreinigingen) en beste uitvoerbare technieken
= geen bufferzones noodzakelijk

Overwegingen voor keuze van het niveau

Vennen vormden tot voor kort, vooral door hun geïsoleerdheid, een nog relatief onaangetaste groep wateren. Een recente bedreiging is verzuring via de lucht. In kwantitatieve zin (volume) spelen ze nauwelijks een rol in de waterhuishouding van Nederland. Biologisch zijn ze echter van groot belang omdat vooral het lage trofieniveau en de lage pH levensvoorwaarden voor een aantal organismengroepen zijn die elders niet kunnen leven.

In de huidige situatie worden vennen niet voor een groot aantal doeleinden gebruikt, met andere woorden specifieke functies spelen een beperkte rol (zwemmen, schaatsen).

Gezien het bovenstaande is het gewenst voor vennen waar mogelijk het hoogste niveau te kiezen en elk geval het middelste. Het laagste niveau is onaanvaardbaar.

Ook voor pingo-ruïnes zou, gezien de historische waarde van dit watertype het hoogste, oligotrofe, niveau moeten gelden.

Natuurlijke trajecten voor een aantal parameters (pingo-ruïnes):

temperatuur	max.	15	-	25	°C
pH	gem.	7	-	8	
chloride (Cl ⁻)	gem.	10	-	40	mg/l
sulfaat (SO ₄ ⁻)	gem.	0	-	40	mg/l
calcium (Ca ⁺⁺)	gem.	40	-	50	mg/l
fosfaat (ortho)-P	max.	0	-	0,1	mg/l
nitraat-N	max.	0	-	1	mg/l
zuurstof*)	min.				
zuurstof	gem.	8	-	11	mg/l

*) onvoldoende gegevens

Doen en laten (pingo-ruïnes)

Hoogste niveau	= morfologie handhaven = geen lozingen en diffuse verontreiniging (instellen bufferzones) = in kleinere pingo-ruïnes periodiek vegetatie en sediment verwijderen
Middelste niveau	= morfologie handhaven = geen lozingen en diffuse verontreiniging (instellen bufferzones)
Laagste niveau	= morfologie handhaven = inspoeling aanvaardbaar, mits niet

7. LITERATUUR

1. Coesel, P.F.M., en H.D.W. Smit;
Jukwieren in Drenthe, vroeger en nu: veranderingen in de Desmidiaceënfloora van enige Drentse vennen gedurende de laatste 50 jaar; De Levende Natuur 80, 2, p. 34-44, 1977.
2. Dam, H. van., en H. Kooyman-van Blokland;
Man-made changes in some Dutch moorland pools, as reflected by historical and recent data about diatoms and macrophytes; Internationale Revue der gesamten Hydrobiologie 63, p. 587-607, 1978.
3. Geelen, J.F.M.;
Vergelijkend planktononderzoek in twee Hatertse vennen; Dissertatie, Nijmegen, Katholieke Universiteit, 111 p., 1969.
4. Higler, L.W.G.;
Limnological data on a Dutch moorland pool through sixty years; Hydrobiological Bulletin 13, 2/3, p. 138-143, 1979.
5. Leentvaar, P.;
Observations in guanotrophic environments; Hydrobiologia 29, p. 441-489, 1967.

6. Notenboom-Ram, E.;
Hydrobiologisch onderzoek in een aantal
stilstaande wateren op de Veluwe: periode mei
1973 - mei 1975; Leersum, Rijksinstituut voor
Natuurbeheer, 103 p., 1976.
7. Dijk, J. van, F. de Graaf en W. Graafland;
Hydrobiologie van de Oisterwijkse vennen;
Amsterdam, Hydrobiologische Vereniging, Pu-
blicatie nr. 5, 90 p., 1960.
8. Heyligers, W., en C. Liebrand;
Macrofyten- en macrofaunagemeenschappen in
vennen: een onderzoek naar de biologische
waterkwaliteit op basis van macrofauna en
-flora van een aantal Overijsselse vennen; Wa-
geningen, Landbouwhogeschool, Vakgroep Na-
tuurbeheer, Verslag nr. 762. Basisrapport
Project E.K.O.O. nr. 8, 94 p., 1984.
9. Dam, H. van;
Vennen in midden-Brabant; Leersum, Rijksinsti-
tuut voor Natuurbeheer, RIN-rapport nr. 83/23,
125 p., 1983.
10. Claassen, T.H.L.;
Limnological characteristics of some small eu-
trophicated Late-Glacial pools; Verhandlungen
der internationalen Vereinigung für theoretische
und angewandte Limnologie 22, p. 1681-1686,
1984.
11. Leuven, R.S.E.W., en J.A.A.R. Schuurkes;
Effecten van zure neerslag op zwak gebufferde
en voedselarme wateren; 's-Gravenhage, Mi-
nisterie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Orde-
ning en Milieubeheer, Publicatiereeks Lucht nr.
47, 131 p., 1985.
12. Rijksinstituut voor Natuurbeheer;
Natuurbeheer in Nederland; deel 1: Levensge-
meenschappen; Wageningen, PUDOC, 392 p.,
1984.
13. Leentvaar, P.;
Nationale park de Hoge Veluwe: hydrobiolo-
gisch onderzoek; De Schouw 31, 4, p. 86-93,
1984.
14. Leuven, R.S.E.W. en J.A.A.R. Schuurkes.
Verzuring van oppervlaktewateren. Ministerie
van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en
Milieubeheer, Publicatiereeks Lucht nr. 53, 87
p, 1986.

4.3 Duinmeren

1. DEFINIËRING

Een definitie van het watertype duinmeer sluit aan op de algemene definitie van een meer (zie het hoofdstuk **meren en plassen**). Het zijn ondiepe, geïsoleerde oppervlaktewateren gelegen in duinrandgebieden langs de zee kust, die ontstaan zijn in primaire of secundaire duinvalleien. Het ondiepe duinmeer zoals dat in ons land voorkomt zou, gezien de geringe diepte (ca 1 meter) en eventueel kortstondig bestaan, wellicht beter duinplas genoemd kunnen worden. In het buitenland treft men duinmeren met een diepte van 10 meter aan, echte meren dus, maar door zandverstuiving vaak evenmin permanent in bestaan en vorm.

Hydrologisch is het duinmeer een opvallend fenomeen. Zand is immers doorlaatbaar voor water en er moeten dus bijzondere omstandigheden zijn waardoor het duinmeer zich als oppervlaktewater manifesteert. Dit kan, zoals bekend is van vennen op zandgronden in het binnenland, veroorzaakt worden door aanwezigheid van een ondoorlatende laag in de bodem of door een hoge grondwaterstand. Er zijn daarom typen duinmeren die niet in verbinding staan met grondwater en typen die er wel mee in verbinding staan. In het eerste geval worden waterkwantiteit en kwaliteit voornamelijk beheerst door de mate en aard van regenval; in het tweede geval speelt het grondwater mede een rol. Voor de kwaliteit is ook de invloed van de bodem van veel betekenis, zodat er bijvoorbeeld verschil is in duinmeren van kalkarm en kalkrijk zand (zacht- en hardwaterduinmeren).

In hydrologisch en morfologisch opzicht lijken duinmeren dus veel op vennen; verschillen zijn vooral chemisch: pH, hardheid, chloride-gehalte en biologisch.

2. SUBTYPEN EN VOORBEELDEN

Het duinmeer van het regenwatertype ontvangt hoofdzakelijk neerslag maar kan ook deels vanuit de omgeving gevoed worden. Het duinmeer van het grondwatertype wordt gevoed door grondwater en regenwater. Door ligging aan de kust is de samenstelling van het toegevoerde regenwater anders dan in het binnenland. Zo is bijvoorbeeld waargenomen dat het chloridegehalte in het type regenwater-duinmeer aan onze kust zelden minder dan 20 mg/l, maar ook zelden meer dan 50 mg/l is. In het binnenland hebben ongestoorde plassen op de zandgronden (de vennen) meestal een Cl-gehalte <20 mg/l. Hierdoor zal het voorkomen van bepaalde zoutgevoelige micro-organismen beïnvloed worden.

Het duinmeer van het grondwatertype kan zoet zijn (met een minimaal Cl⁻-gehalte van ca. 50 mg/l), oligohalien of mesohalien. Doordat het grondwater landinwaarts zoeter is, kan men een chloridegehalte van ca. 50 mg/l in het grondwatertype verwachten. In Denemarken gelden de waarden van 20 mg voor regenwatertypen en 50 mg voor grondwa-

terttypen op dezelfde wijze. Wanneer een bepaald duinmeer ca. 50 mg Cl⁻/l bevat, is het moeilijk uit te maken of het een grondwatertype of een regenwatertype is. Volgens Redeke (ref. 7) ligt de grens voor zoet water bij 100 mg Cl⁻/l, voor oligohalien bij 100 - 1000 mg/l en voor mesohalien bij 1000 - 10.000 mg/l. Van de Nederlandse duinmeren zijn het Quackjeswater op Voorne, het Oerd op Ameland en de Van Hunenplak op Terschelling zoet; het Zwanenwater bij Callantsoog en de Muy op Texel zijn oligohalien.

Samenvattend kunnen de volgende kenmerken van de twee categorieën duinmeren genoemd worden:

1. <i>Regenwatertype</i>	(suppletie alleen regenwater)
aan de kust:	zoet, Cl ⁻ tussen 20 en 50 mg/l
continentaal:	zoet, Cl ⁻ kleiner dan 20 mg/l
2. <i>Grondwatertype</i>	(suppletie grondwater + regenwater)
aan de kust:	zoet, maar Cl ⁻ groter dan 50 mg/l
continentaal:	zoet, Cl ⁻ ca 50 mg/l

Dit overzicht is samengesteld op grond van vele Cl⁻ bepalingen in diverse duinmeren en poelen, en internationale literatuur.

Het continentaal gelegen regenwatertype kan in ons land vereenzelvigd worden met wat we gewend zijn 'ven' te noemen. Er zijn vennen op de zandgronden in ons land, die qua ontstaanswijze vergelijkbaar zijn met duinmeren.

De ontstaanswijze is ook van belang om de voorgestelde hydrologische categorieën nader toe te lichten. In het kader van de vegetatiekunde worden in ons land twee hoofdtypen onderscheiden: primaire en secundaire duinvalleien. Eerstgenoemde zijn ontstaan doordat een duinreep met er achter gelegen sluffer werd afgesneden van de zee; laatstgenoemde duinvallei werd gevormd door uitstuiving in reeds bestaande meestal oudere duinen. Als de valleien oppervlaktewater bevatten kan men dus spreken van primaire en secundaire duinvalleimeren overeenkomstig hun ontstaan. Op deze wijze zijn het Brede Water, Zwanenwater en de Muy primaire duinvalleimeren, de plassen op het Oerd secundaire duinvalleimeren. Het Vogelmeer in de Kennemerduinen en de Van Hunenplak op Terschelling zijn gegraven. Men kan zich nu voorstellen, dat de vaak meer aan de kust gelegen primaire duinvalleimeren als grondwatertype beïnvloed worden door zout of brak grondwater terwijl de secundaire duinvalleimeren al naar gelang de diepte tot waar zij uitgestoven zijn, wel of niet in contact staan met grondwater. Afhankelijk van de ligging van de uitstuiving kan er dan contact zijn met meer of minder zoet grondwater zoals de hydrologische categorie aangeeft. Met de wijze van ontstaan hangt samen het feit dat primaire duinvalleimeren parallel aan de kust verlopen terwijl secundaire een vorm hebben afhankelijk van de overheersende windrichting.

Voor de volledigheid dienen hier nog de kunstmatige plas-

sen in de duinen te worden genoemd die dienen voor de infiltratie van oppervlaktewater voor de drinkwatervoorziening (bij Den Haag, Leiden en Haarlem).

3. FUNCTIONELE KENMERKEN

Natuurlijke duinmeren hebben geen gebruiksfunctie. De kunstmatige infiltratieplassen in de duinen hebben een functie voor de drinkwatervoorziening.

4. FYSISCH EN CHEMISCH KENMERKEN

Belangrijk verschil met vennen is dat deze een laag calciumgehalte hebben, terwijl de duinmeren, ook op de eilanden, een hoog calciumgehalte hebben. Uitzondering is de Van Hunenplak, die gegraven is in kalkarm zand ter vervanging van de sterk gestoorde Dodemanskisten. Tevens is de pH en de HCO_3^- -concentratie in de duinmeren hoog ten opzichte van die van vennen.

De minimale en maximale waarden voor HCO_3^- -verschillen in deze plassen tonen aan dat er verschil is in biogene ont-kalking. NO_3^- komt in lage concentraties voor, evenals orthofosfaat dat alleen in de herfst in grotere hoeveelheden aanwezig is. De duinmeren zijn stikstof-oligotroof terwijl het aanwezige plankton en de macroflora op eutroof water wijzen. Het Zwanenwater vertoont hoge NH_4 -gehalten door de aanwezigheid van de vogelkolonies die het water bemesten. Opgelost N en P zijn echter soms niet aan toonbaar door opslag in grote blauw- en groenwierbiomassa.

Gegevens over de chemische samenstelling van het water van de natuurlijke duinmeren zijn schaars. In 1970/71 analyseerde Visser (ref. 1) tal van duinmeren op Terschelling. Voor fosfaat werd een nauwkeurige bepalingmethode tot op 0,001 mg/l gebruikt. Hij vond in de meeste gevallen waarden lager dan 0,006 mg/l. Ook voor nitraat vond hij waarden lager dan 0,05 mg/l.

In de TNO-studie 'duinen en duinvalleien' (ref. 2) werd een analyse gemaakt van het grondwater in vochtige duinvalleien. Het bleek dat Cl^- , Ca^{++} , PO_4^{---} en NO_3^- hoger waren dan in het oppervlaktewater van natuurlijke duinmeren. Door suppletie met regenwater worden zowel bodem als oppervlaktewater uitgeoogd en het grondwater verrijkt met de meegevoerde elementen. De relatief geringe hoeveelheden N en P in het water van het natuurlijke duinmeer worden gedeeltelijk geadsorbeerd door de biomassa en gedeeltelijk vastgelegd in het detritus, maar ook door infiltratie afgevoerd naar het grondwater.

5. BIOLOGISCHE KENMERKEN

Systeemkenmerken

Kenmerk van het duinmeer-ecosysteem vanuit het oogpunt

van materie- en energiestromen is de geringe toevoer van voedingsstoffen uit neerslag en ondergrond. Door de aanwezigheid van veel kalk is veel HCO_3^- beschikbaar en is de pH ongeveer neutraal. Waterplanten die HCO_3^- assimileren zijn daarom in het voordeel boven de soorten die op CO_2 zijn aangewezen. De pH is gunstig voor mineralisatieprocessen zodat C als bron voor de primaire productie in de kringloop optimaal functioneert. Bij de omstreken neutrale pH kunnen bacteriële processen optimaal verlopen, is de sapropeel- en hoogveenvorming gering en manifesteert de primaire productie zich in dichte vegetaties van waterplanten en geringe dichtheid van plankton. De voedselketen is opgebouwd uit producenten en consumenten met aan het eind vissen en vogels. De invloed van de zee uit zich in een relatief hoger zoutgehalte van het water naarmate de afstand tot de zee kleiner is. Ook de P/N verhouding kan hierdoor beïnvloed worden. In oude uitgeoogde duinen met weinig kalk kan de pH laag zijn. Het duinmeer vertoont dan de kenmerken van het ven-ecosysteem, uitgezonderd wat betreft de component seaspray.

Soortensamenstelling

Duinmeren veranderen door zandverstuiving van vorm en kunnen geheel onderstuiven tenzij de omgeving door vegetatie is vastgelegd. De historie en ouderdom van het duinmeer zijn van belang voor de ontwikkeling van de aquatische flora en fauna. De Nederlandse duinmeren zijn geen van alle oud te noemen. Het oudste duinmeer is het Quackjeswater (ca 1600); het Brede Water werd in 1926 afgesnoerd van de zee; het Zwanenwater werd in de eerste helft van de 18^e eeuw gevormd; Vogelmeer en Van Hunenplak werden in respectievelijk 1952 en 1951 gegraven. De duinmeren in ons land zijn dus van historische en niet van prehistorische ouderdom. Dit kan een reden zijn waarom de duinmeren zich in een bepaald opzicht hydrobiologisch niet bijzonder onderscheiden van andere vergelijkbare eutrofe oppervlaktewateren, afgezien van soorten die voorkeur in hun verspreiding vertonen voor kustwateren. Bij de Australische duinmeren van prehistorische ouderdom ziet men wel een bijzonderheid door het optreden van endemen (soorten van organismen die uitsluitend op die plaats voorkomen).

Het Quackjeswater als oudste duinmeer in ons land heeft zich ontwikkeld tot het type eutrofe-mesotrofe laagveenplas met moerasbos. Jac. P. Thijsse (ref. 3) maakte melding van een prehistorisch duinmeer bij Vogelenzang dat door klimaatverandering en zandverstuiving was verdwenen. Analyse van sedimenten bracht in de onderste laag zeewaterorganismen met daarbovenop tal van zoetwaterplanten en -dieren aan het licht. Hieronder waren mesotrofe soorten zoals waterdriblad en ook kranswieren en fontein-kruiden e.d., maar opvallend was dat ook de waterlelie, gele plompen en de vlokreeft gevonden werden, die thans in geen enkel duinmeer aangetroffen worden. Andere waterplanten die volgens de beschikbare gegevens ontbreken, zijn: krabbescheer (*Stratiotes aloides*), waterviolier (*Hottonia palustris*), Lobelia, Isoetes, kikkerbeet (*Hydrocharis morsus ranae*), kroosvaren (*Azolla*) en watervorkje (*Riccia fluitans*).



Foto 24
Libelle *Sympetrum spec.*

De samenstelling van de flora en fauna wordt beïnvloed door vogels (vogeltrekroute), en door droogvallen in bepaalde jaren en geïsoleerde ligging, waardoor de opbouw van de levensgemeenschap onevenwichtig kan zijn. Een duinmeer wordt gekenmerkt door een weelderige plantengroei en helder water. Wanneer door de aanwezigheid van een vogelkolonie het water bemest wordt, ontwikkelen zich veel groen- en vooral blauwwieren die het water vertroebelen, waardoor hogere waterplanten ontbreken. Dit is het geval in het Zwanenwater waarin ook vis is uitgezet.

In tabel 1 wordt een overzicht gegeven van de waterplanten die in de duinmeren worden aangetroffen.

Behalve veel waterplanten vindt men in het duinmeer ook veel evertrebraten, zoals waterkevers, waterwantsen, larven van kokerjuffers, libellen en eendagsvliegen. Bij droogvallen van een duinmeer zullen de soorten met vliegvermogen het eerste de plas weer kunnen gaan bevolken. Dit is gedurende een aantal jaren nagegaan in een nieuw gegraven duinplas bij het Brede Water, waaruit bleek dat eerst waterwantsen, waterkevers, vliegen en muggelarven verschenen, gevolgd door eendagsvliegen, libellen, bloedzuigers, kokerjuffers, amfibieën en slakken. We moeten aannemen dat een 'transportgastheer' de plas voor de niet-vliegende soorten als slakken, bloedzuigers en mijten bereikbaar maakt. Hiervan zijn wel waarnemingen gedaan bij watervogels en insecten.

De grote mobiliteit van de vliegende soorten maakt dat het verloop in de fauna van een plas groot kan zijn. Soorten die het ene jaar aanwezig zijn ontbreken het volgende jaar of op nog korter termijn zodat er geen vaste samenstelling is aan te geven. Van betekenis is ook, dat aan de kust en op de Waddeneilanden gelegen duinmeren in de vogeltrekroute liggen. Aanvoer van niet-inheemse soorten is daardoor mogelijk. In de duinmeren van Denemarken en onze Waddeneilanden wordt het voorkomen van sommige circumbo-reale soorten watervlooien hieraan toegeschreven. Het water

Tabel 1 Waterplanten aangetroffen in de duinmeren Quackjeswater (1) en Breede Water (2) op Voorne, Vogelmeer (3) in de Kennemerduinen, Zwanenwater (4), bij Callantssoog, de Muy (5) op Texel, het Oerd (6) op Ameland, het Meeuwenduin (7) op Vlieland en de Van Hunenplak (8) op Terschelling (naar Leentvaar, in druk).

	1	2	3	4	5	6	7	8
<i>Chara sp.</i>	x	x	x		x	x	x	
<i>Fontinalis antipyretica</i>	x	x			x			
<i>Myriophyllum spicatum</i>	x	x	x		x	x	x	
<i>Myriophyllum alternifolium</i>	x							
<i>Potamogeton natans</i>					x			
<i>P. polygonifolius</i>						x		
<i>P. lucens</i>					x			
<i>P. pectinatus</i>					x			
<i>P. gramineus</i>	x						x?	
<i>P. pusillus</i>	x	x	x					
<i>P. crispus</i>	x							
<i>Acrocladium</i>						x		
<i>Littorella</i>	x	x						x
<i>Ranunculus</i>	x				x			
<i>Polygonum amphibium</i>	x					x		
<i>Hippuris vulgaris</i>	x							
<i>Elodea canadensis</i>		x	x		x			
<i>Utricularia neglecta</i>	x							
<i>Utricularia vulgaris</i>	x					x		
<i>Lemna minor</i>					x			
<i>Lemna trisulca</i>					x			
<i>Enteromorpha</i>			x				x	
<i>Pilularia</i>								x
<i>Sphagnum</i>								x
<i>Eleocharis palustris</i>								x
<i>Callitriche</i>								x
<i>Ceratophyllum demersum</i>			x					

Ceratophyllum submersum werd in poelen op Schouwen gevonden.

dient als milieu tevens geschikt te zijn voor de aangevoerde soort. Het is waargenomen dat de vlokreeft *Gammarus lacustris* zich (in tegenstelling tot *G. pulex*) aan poten van watervogels vasthecht en dan gemakkelijk naar ander water vervoerd kan worden. In Denemarken komt *G. lacustris* voor in de oligotrofe duinmeren en zelden in een kalkrijk duinmeer. Dit kan de reden zijn dat *G. lacustris* bij ons niet voorkomt daar onze duinmeren kalkrijk en eutroof zijn. Een aanwijzing van transport door vogels vindt men verder in de aanwezigheid van de brakwatergarnaal *Neomysis integer* in het oligohaliene Zwanewater, die aan gevoerd kan zijn uit sloten van Noord-Holland door de aanwezige kolonie lepe-laars. Een levende bot in het zoete Brede Water kan een 'dropping' zijn van een zeemeeuw.



Foto 25
Lepelaar (*Platalea leucorodia*) voorkomend in een enkel duinmeer, o.a. in het Zwanewater.

Het plankton van de geïsoleerd liggende duinmeren zal grotendeels door de lucht worden aangevoerd. Over de samenstelling kan worden opgemerkt dat er in hoofdzaak eutrofe zoetwatersoorten voorkomen, wat ook geldt voor de hogere waterplanten. Van een plas op zandgronden had men in eerste instantie kunnen verwachten dat er meer overeenkomst zou zijn met vennen, die oligotroof-mesotroof van karakter zijn.

Vissen ontbreken, behalve een enkele tiendoornige stekelbaars en een zeelt. De oorzaak van het ontbreken van sommige soorten kan samenhangen met droogvallen van het duinmeer in sommige jaren, maar dit kan niet alles verklaren. Er zijn bijvoorbeeld duinmeren die permanent water houden (grondwatertype), waar genoemde soorten ook niet voorkomen. Deze duinmeren vertonen in de zomer ondanks de verdamping een minder sterke stijging van het chloridegehalte dan het regenwatertype. Dit zou eveneens een factor kunnen zijn ten voordele van sommige thans ontbrekende soorten.

6. ECOLOGISCHE NORMDOELSTELLINGEN

Natuurlijke toestand van het ecosysteem

In het algemeen is er een rijke groei van ondergedoken waterplanten en een rijke macrofauna. Chlorofyl-gehalte (plankton): 0 - 10 ug/l.

Natuurlijke levensgemeenschap

In duinmeren zijn dikwijls kolonies van verschillende soorten watervogels aanwezig. Verder komen voor: rugstreeppad, gewone pad, kikkers en watersalamander, zeelt, tiendoornstekelbaars, slakken, haften, kokerjuffers, watertorren, waterwantsen en libellen. Van de hogere waterplanten kunnen vooral de ondergedoken soorten worden genoemd.

Afwezig zijn alle vissoorten behalve de bovengenoemde, en de waterplanten watergentiaan, krabbescheer, waterlelie en gele plomp.

Criteria handhaving van het type

Stilstaand. Geïsoleerd ten opzichte van andere wateren. Voeding uit regen- en/of grondwater. Geringe diepte (<3m). Ronde of meer langwerpige vorm.

Criteria abiotisch optimum van het type

Voedselarm. Zuurgraad: pH 7-8. Hardheid: matig.

Natuurlijke trajecten voor een aantal parameters:

temperatuur	max.	20	-	25	°C
pH	gem.	7	-	8	
chloride (Cl^-)	gem.	40	-	200	mg/l
sulfaat (SO_4^{2-})	gem.	0	-	40	mg/l
calcium (Ca^{+2})	gem.	0	-	60	mg/l
fosfaat (ortho)-P	max.	0	-	0,1	mg/l
nitraat-N	max.	0	-	1	mg/l
zuurstof	min.	6	-	9	mg/l
zuurstof	gem.	8	-	11	mg/l

Doen en laten

Hoogste niveau	= geen verandering morfologie = geen grondwateronttrekking en andere hydrologische ingrepen = geen lozingen en diffuse verontreiniging = niet oogsten of uitzetten van organismen = beperking omvang watervogelbestand = geen gebruiksfuncties
Middelste niveau	= morfologische en hydrologische ingrepen uitsluitend voorzover type gehandhaafd blijft = geen toevoer van water dat chemisch afwijkt van de natuurlijke samenstelling voor het type = lozingen uitsluitend individueel-huishoudelijk = niet oogsten of uitzetten van organismen = geen gebruiksfuncties
Laagste niveau	= geen beperkingen aan hydrologische of morfologische ingrepen = lozingen voor zover niet in strijd met stand-still, basiskwaliteit (microverontreinigingen) of beste uitvoerbare technieken = oogsten en uitzetten vis geen bezwaar = gebruiksfuncties mogelijk

Overwegingen voor keuze van het niveau

Duinmeren vormen, vooral door hun geïsoleerde ligging, een nog relatief onaangetaste groep natuurlijke wateren. In volume spelen ze geen rol in de waterhuishouding van een groter gebied. In deze opzichten zijn ze vergelijkbaar met vennen. Biologisch zijn ze bijzonder door invloed van "seaspray". Het is daarom gewenst, voor duinmeren waar mogelijk het hoogste niveau te kiezen en minstens het middelste. Het laagste niveau is onaanvaardbaar.

7. LITERATUUR

1. Visser, G.;
Chemische samenstelling, flora en fauna van binnendijks water op Terschelling, speciaal met betrekking tot duinplassen; Oosterend, Biologisch Station Oosterend Terschelling, 103 p., 1973.
2. Bakker, T.W.M., J.A. Klijn en F.J. van Zadelhoff;
Duinen en duinvalleien: een landschapsecologische studie van het Nederlandse duingebied; Wageningen, PUDOC, 201 p. + bijl., 1979.
3. Thijsse, Jac. P.;
Een voorhistorisch duinmeer; De Levende Natuur 32, 10, p. 324-326, 1928.
4. Leentvaar, P.;
Dune waters in the Netherlands; I: Quackjeswater, Breede Water and Vogelmeer; Acta Botanica Neerlandica 12, p. 498-520, 1963.
5. Leentvaar, P.;
Duinmeren II: Zwanenwater, Muy, Oerd en Van Hunenplak; Biologisch Jaarboek 35, p. 228-266, 1967.
6. Dijk, H.W.J. van, en T.W.M. Bakker;
Duininfiltratie: invloed op balans en concentraties van voedingsstoffen; H₂O 17, 25, p. 597-600, 1984.
7. Redeke, H.C.;
Hydrobiologie van Nederland: de zoete wateren; Amsterdam, Bachhuys & Meesters, 580 p., 1975.
8. Leentvaar, P.;
Hydrobiology of Dune waters;
In: Smit, C.J., J. den Hollander en W.K.R.E. van Wingerden; Terrestrial and freshwater fauna of the Wadden Sea area; Leiden, Stichting Veth tot Steun aan Waddenonderzoek, p. 128-147, 1981.
9. Dijk, H.W.J. van;
Duininfiltratie: invloed op watervegetaties; Duin 7, 1, p. 22-25, 1984.

4.4 Wielen

1. DEFINIËRING

Wielen zijn geïsoleerde wateren langs rivier- of zeedijken van beperkte oppervlakte, maar als regel met een grote diepte. Wielen zijn ontstaan bij de doorbraak van rivier- of zeedijken. Door de kracht van het water werd veel grond verzet of achter de dijk geworpen (overslaggronden) waarbij zeer diepe gaten werden uitgekolk. Het ontstane gat in de dijk werd gedicht waarbij de dijk met een boog om de gevormde diepe kolk heen werd gelegd. Zo ontstonden er binnendijkse en buitendijkse wielen.

De diepste wielen zijn ongeveer 25 m diep; de oppervlakte is zelden meer dan enkele ha. In Noord-Holland noemt men ze braken; in Zeeland weelen en elders ook wel kolken of waaïen.

De oudste wielen stammen uit de middeleeuwen. Recent zijn wielen in de Wieringermeer en een aantal in Zeeland en Zuid-Holland ontstaan bij de stormvloed van 1953.

Het wiel heeft vaak een ronde vorm maar kan ovaal zijn, soms met uitlopers landinwaarts. Aan de rivier- of zeezijde vindt men een steil aflopende oever. Het littoraal bestaat daardoor slechts uit een smalle gordel van riet, biez en andere waterplanten. Het wiel heeft meestal open water door de grote diepte in het midden.

Buitendijkse wielen liggen in de uiterwaarden; binnendijkse in polders.

Wielen kunnen zoet, brak of zout water bevatten. Afhankelijk van de ligging en de ondergrond kan het water geheel of gedeeltelijk afgesloten zijn van de waterhuishouding van de omgeving, dan wel door het grondwater beïnvloed worden. In sommige wielen gaat de waterspiegel op en neer met die van de rivier. De waterhuishouding is dus vaak gecompliceerder dan die van een geïsoleerd oppervlaktewater op ondoorlatende bodem. De bodem van wielen bestaat uit zeeklei, rivierklei, zavel of zand. Meestal is er een flinke laag zwarte modder aanwezig die 's zomers bij aanwezigheid van een spronglaag, eventueel aanzienlijk versterkt door anaerobe kwel, sterk reducerende eigenschappen heeft.

2. SUBTYPEN EN VOORBEELDEN

Wielen langs de Diefdijk bij Gorinchem met onder andere "de Kruithof" bij Schoonrewoerd; wielen in de Betuwe; kolken en braken langs de voormalige Zuiderzeekust; de Erpenwaaïen bij Heumen; Appense kolken bij Deventer; Barlose kolk; wielen op de Waddeneilanden.

3. FUNCTIONELE KENMERKEN

Het wiel heeft landschappelijke waarde en soms een gebruiksfunctie voor beperkte recreatie en hengelsport.

4. FYSISCH EN CHEMISCH KENMERKEN

Behalve processen die samenhangen met de aanwezigheid van een chemische en fysische spronglaag zijn er verschillen in chemische samenstelling van wielen. pH-metingen aan wielen langs de Linge, Waal, Rijn en IJssel, gaven waarden tussen 7 en 8, terwijl wielen langs de Maas een pH tussen 5 en 6 hadden. Laatstgenoemde hadden ook een Cl-gehalte van minder dan 20 mg/l. Waarnemingen in 1977 bij het Haarsteegse wiel (ref. 5) doen vermoeden, dat door de geïsoleerde ligging van wielen ook weinig verandering in de globale chemische samenstelling is gekomen in de laatste tientallen jaren. Wielen langs de grote rivieren hebben meestal een lager chloride-gehalte dan de rivier zelf. De kolken en braken langs de vroegere Zuiderzeekust zijn na de afsluiting van de Zuiderzee verzoet. Kolken langs de Maas die op zandgrond liggen hebben een zeer laag chloride-gehalte en zijn wat voedselrijkdom betreft minder eutroof dan de wielen elders, die voor het merendeel eutroof zijn.

Wielen met een diepte van meer dan 6 meter vertonen in den regel in de zomer een stratificatie in epi-, meta- en hypolimnion. Bij de herfstcirculatie worden de lagen dooreen gemengd waardoor het zuurstofgehalte in de hele waterkolom tijdelijk lage waarden kan krijgen. Tijdens de stagnatie is er in het hypolimnion zuurstofuitputting waarbij in sommige gevallen door sulfaatreductie sterke zwavelwaterstofontwikkeling kan plaatsvinden.



Foto 26
Wiel, Erpenwaaï bij Heumen, ten zuiden van Nijmegen.

5. BIOLOGISCHE KENMERKEN

Systeemkenmerken

Kenmerkend voor het wiel-ecosysteem vanuit het oogpunt van materie- en energiestromen is de aanwezigheid van een thermische en chemische spronglaag die de watermassa verdeelt in een bovenlaag (epilimnion), waarin opbouwprocessen overheersen en een onderlaag (hypolimnion) waarin afbraakprocessen overheersen. De stabiliteit van de sprong-

laag bepaalt de ontwikkeling van het chemische milieu en de levensgemeenschap. Strijklengte van de wind over het wateroppervlak, vorm en grootte van het oppervlak en de seizoenswisselingen in de loop van het jaar bepalen de diepteligging en de stabiliteit van de spronglaag en de dikte van epi- en hypolimnion. Kenmerkend is verder dat door de grote diepte en steile oevers het bodemeffect op het open water geringer is dan in ondiepe wateren. Als gevolg hiervan is het metabolisme min of meer beperkt tot processen in het open water, met name van het plankton. De biomassa van plankton is geringer dan in ondiepe wateren en door bezinking van dode materie heeft het water een groter doorzicht.

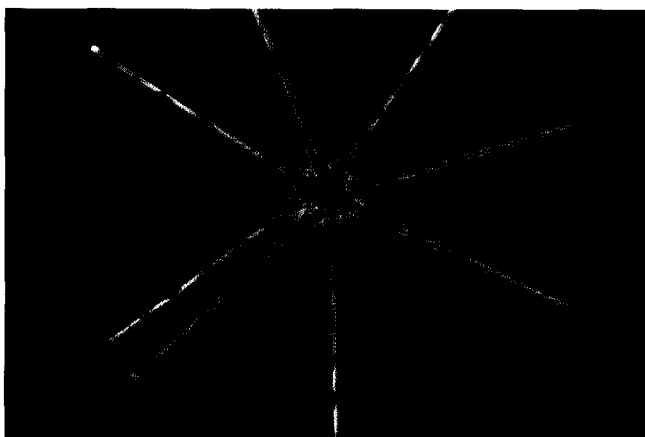


Foto 27
Planktonische kiezelwieren (*Asterionella formosa*).

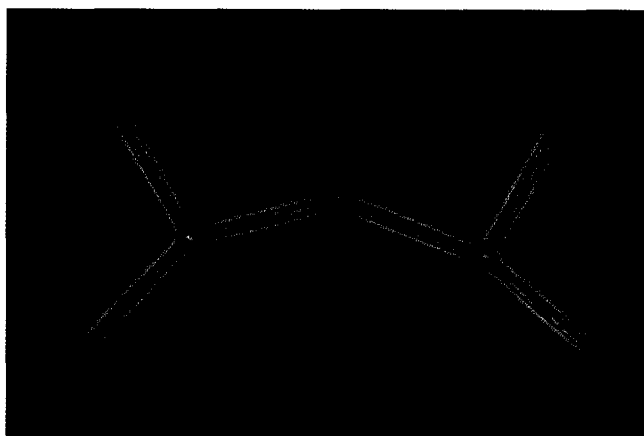


Foto 28
Planktonische kiezelwieren (*Diatoma elongatum*).

Soortensamenstelling

Door de grote diepte en de steile oevers is de littorale flora en fauna beperkt tot een smalle zone. Riet, mattenbies, waterlelie, gele plomp en fonteinkruiden zijn de meest voorkomende soorten, zonder karakteristiek te zijn voor het wiel, hetgeen ook geldt voor de macrofauna-elementen. In de diepe zone kunnen kranswieren voorkomen. Karperachtigen

zijn beperkt tot het littoraal. Het plankton van het epilimnion kenmerkt zich door grote aanpassingen als doorzichtigheid en zweefvermogen, terwijl dode partikels bezinken. De dino-flagellaat *Ceratium hirundinella* is een typische spronglaag-bewoner. Ook zijn hoge dichtheden van andere soorten zoals wormachtigen, protozoa, ijzerbacteriën, kleine flagellaten in de spronglaag typisch. In het hypolimnion komen alleen reducenten voor zoals zwavelbacteriën, methaanbacteriën, kleurloze flagellaten en blauwwieren.

6. ECOLOGISCHE NORMDOELSTELLINGEN

Natuurlijke toestand van het ecosysteem

Kenmerkend is de gelaagdheid van het water als gevolg van de grote diepte. Er is een smalle zone met littorale flora en fauna. In het diepe, open water ontbreken wortelende waterplanten. Wel is er een goed ontwikkeld plankton (in het epilimnion). Zowel in de littorale zone als in het epilimnion komen diverse vissoorten voor. Chlorofyl-gehalte (plankton): 0 - 10 µg/l.

Natuurlijke levensgemeenschap

Langs de oever riet, mattenbies, waterlelie, gele plomp, fonteinkruiden, krabbescheer en kranswier. In het open water fytoplankton (diatomeeën, groenwieren, goudwieren, blauwwieren) en zoöplankton (de kreeftachtigen *Bosnia*, *Daphnia*, *Cyclops*, *Diaptomus* en de raderdieren *Keratella*, *Filinia*). Als macrofauna komen voor: driehoeksmosselen, zwanemosselen, slakken, wormen en insectenlarven. Visfauna: snoek, baars, diverse karperachtigen.

Criteria handhaving van het type

Stilstaand. Voeding in hoofdzaak met grondwater; isolatie ten opzichte van rivierwater zoveel mogelijk handhaven. Ronde tot ovale vorm. Grote diepte (> 6 m) en steile oevers.

Criteria abiotisch optimum van het type

Spronglaag aanwezig. Zoet, brak of zout. Voedselarm tot voedselrijk.

Natuurlijke trajecten voor een aantal parameters:

temperatuur	max.	20	-	25	°C
pH	gem.	7	-	8	
chloride (Cl ⁻)	gem.	10	-	40	mg/l
sulfaat (SO ₄ ⁻)	gem.	0	-	40	mg/l
calcium (Ca ⁺⁺)	gem.	10	-	60	mg/l
fosfaat (ortho)-P	max.	0	-	0,1	mg/l
nitraat-N	max.	0	-	1	mg/l
zuurstof *	min.				
zuurstof	gem.	8	-	11	mg/l

*onvoldoende gegevens

Doen en laten

Hoogste niveau	= geen handelingen die morfologie en hydrologie beïnvloeden = geen lozingen, storten van vast afval of diffuse verontreiniging = geen recreatie
Middelste niveau	= geen handelingen die morfologie en hydrologie beïnvloeden = geen lozingen = beperkte recreatie (zwemmen, kanoën)
Laagste niveau	= morfologische en hydrologische ingrepen beperkt toelaatbaar = lozingen niet in strijd met standstill, basiskwaliteit (microverontreinigingen) en beste uitvoerbare technieken = recreatie en hengelsport mogelijk

Overwegingen voor keuze van het niveau

Wielen zijn hydrologisch betrekkelijk geïsoleerd en spelen geen rol in de waterhuishouding van een groter gebied. Het is daarom mogelijk en wenselijk het hoogste niveau of in elk geval het middelste niveau als doelstelling te hanteren. Dit temeer omdat ze ecologisch interessant zijn doordat de aanwezigheid van een spronglaag tot een specifieke levensgemeenschap leidt.

7. LITERATUUR

1. Heusden, G.P.H. van;
Waarnemingen in eenige "Wielen" in de Betuwe; Tijdschrift van het Koninklijk Nederlandsch Aardrijkskundig Genootschap, II^e reeks, deel 62, p. 118-141, 1945.
2. Leentvaar, P.;
Observations on the plankton of some inland waters, especially "wielen" in the Netherlands; Beaufortia 6, 73, p. 171-197, 1958.
3. Leentvaar, P.;
Presentie en preferentie van plankters in wielen, oude rivierlopen en meren; Water 50, p. 16-18, 1966.
4. Leentvaar, P.;
Opmerkingen bij de Erpewaaien; De Levende Natuur 73, 6, p. 129-135, 1970.
5. Meis, S., en G. van Nuland;
Kwantitatief en kwalitatief planktononderzoek van het Haarsteegse Wiel in 1977; Nijmegen, Katholieke Universiteit, Laboratorium voor Aquatische Oecologie, Doctoraalverslag nr. 59, 97 p., 1977.
6. Dresscher, Th., en J. Ringelberg;
Verslag aangaande de in de Barlose Kolk bij Wijhe waargenomen micro-organismen; Amsterdam, Universiteit van Amsterdam, Vakgroep Aquatische Oecologie, 1973.

4.5 Zand-, grind-, en kleigaten

1. DEFINIËRING

Zandgaten zijn kunstmatige waterbekkens die resteren na afgraving van de delfstof. Vorm en oppervlak kunnen daarvoor sterk variëren. Technisch is het mogelijk tot 60 meter diepte zand te winnen, waardoor bij eenzelfde volume zandverwijdering een kleiner wateroppervlak resulteert dan bij ondiepe winning. Grindgaten bevinden zich in rivierdalen en staan vaak in verbinding met de rivier. Langs de Maas zijn zij thans uitgegroeid tot grote watervlakten - de Maasplassen. Kleigaten zijn ondiep en uitgegraven in uiterwaarden - voor steenfabricage.

De oever van een ongronding heeft meestal een steile helling (1:3 of 1:5), tenzij de inrichting andere eisen stelde. De diepe ontgronding komt daarom als milieu overeen met dat van een wiel: aanwezigheid van een spronglaag en een beperkt littoraal.

De meeste diepe ontgrondingen zijn van een recente oorsprong, zeker in vergelijking met de meeste wielen. Ondiepe ontgrondingen kunnen enige eeuwen oud zijn en dan met handkracht gegraven doordat geavanceerde technische

werktuigen toen nog niet tot ontwikkeling waren gekomen. Klei- (en leem)gaten zijn vermoedelijk het oudst (pottenbakkerij, steenfabricage).

Afhankelijk van de structuur van de (onder)grond kan de ontgronding gevoed worden met regenwater, diep of ondiep grondwater of oppervlakkige afstroming. In samenhang met het grondwater kan onderscheid gemaakt worden in de ontgronding als hydrologisch inzig- of kwelsysteem. In het eerste geval is de grondwaterstand of het omringende oppervlaktewaterpeil hoger dan de waterspiegel in de put en zal er water toe kunnen vloeien; in het tweede geval is dit andersom.

Na de zand-, grind- of kleiwinning blijft een put over waarvan de bodem een onregelmatig reliëf kan vertonen, tenzij bij de afwerking voorwaarden zijn gesteld om de bodem vlak te maken om een goede circulatie van het water te bevorderen. De aard van de bodem is meestal zandig; bij een kleiput kan er ook een andere grondsoort resteren. Ook kan er de aanvankelijk verwijderde bovengrond in teruggebracht zijn of al dan niet verontreinigde baggerspecie in gestort zijn, waardoor de waterkwaliteit beïnvloed kan worden. Sediment in de vorm van modder is aanvankelijk in recent gegraven putten van geringe dikte, maar kan op den duur in dikte toenemen, zoals in de meeste wielen die van hoge ouderdom zijn.



Foto 29
Zandafraving ten behoeve van de rondweg bij 's-Hertogenbosch.

De diepe zandwinputten in de grote binnenwateren blijven hier verder buiten beschouwing omdat zij deel uitmaken van die grote wateren. In IJsselmeer en sommige Randmeren vindt zandwinning plaats tot op grote diepte. Ook in de Kagerplassen, het Braassemermeer, het Alkmaardermeer, Zuidlaardermeer en een aantal Vechtplassen werd zand gewonnen.

2. SUBTYPEN EN VOORBEELDEN

Voorbeelden van diepe zandputten zijn de beide Maarsseveense plassen, de Weypoort bij Bodegraven, de Sloterplas, de Noord-Aa plas bij Zoetermeer en putten in Overijssel. Voorbeelden van ondiepe zandputten die vaak voor recreatie zijn ingericht zijn: Busloo bij Voorst; Kibbelkoele bij Sleen; plassen bij Vught; Lonnekermeer bij Enschede. Voorbeeld van een klei- of tichelgat zijn de tichelgaten in de Mijntjes bij Terwolde (ref. 2).

3. FUNCTIONELE KENMERKEN

Na zandwinning heeft de put geen vanzelfsprekende functie. De bestemming die er dikwijls aan gegeven wordt betreft recreatie, sportvisserij of natuurgebied, waarvoor voorzieningen getroffen moeten worden. De koelcapaciteit is te gering voor lozing van koelwater.

4. FYSISCHE EN CHEMISCHE KENMERKEN

Evenals in diepe wielen is er in de diepe putten in de zomer een spronglaag aanwezig. De processen die zich in het water afspelen zijn vergelijkbaar met die van wielen. Uitvoerig onderzoek van diepe putten is verricht in de Maarsseveense plassen, plas Vechten, de Maasplassen en putten in Zuid-Holland en Overijssel. Bij zandwinning in bestaande meren heeft de diepe put invloed op onder andere de fosfaathuishouding van resterende ondiepere water, zoals het onderzoek in IJsselmeer en Randmeren aantoonde (ref. 16).

Er moet rekening worden gehouden met invloed van grondwater op de fysische en chemische samenstelling van het water. In de diepe putten kan daardoor de ligging van de spronglaag beïnvloed worden. In de meeste putten is het water eutroof zodat het hypolimnion tijdens de stagnatie anaeroob kan zijn of althans een zeer laag zuurstofgehalte kan hebben. Zandwinputten van oligotroof-mesotroof karakter zijn zeldzaam in ons land. Voorbeelden hiervan zijn de grote Maarsseveense plas en de glauconietputten bij Vlagwedde die ook bij stagnatie zuurstof houden in het hypolimnion. Het doorzicht in deze putten is groot door de helderheid van het water. Bij een vergelijkend onderzoek van diepe putten in Overijssel is gebleken dat in 18 van de 21 putten een spronglaag aanwezig was (zie figuur 8). Deze waren dieper dan 5 meter.

Natuurlijke trajecten voor een aantal fysische en chemische parameters worden gegeven in deel IV.

5. BIOLOGISCHE KENMERKEN

Systeemkenmerken

Kenmerkend voor het diepe-zandput-ecosysteem uit het oogpunt van materie- en energiestromen is de aanwezigheid van een thermische en chemische spronglaag die de watermassa verdeelt in een bovenlaag (epilimnion), waarin opbouwprocessen overheersen en een onderlaag (hypolimnion) waarin afbraakprocessen overheersen. In ondiepe putten (< 6 m) ontbreekt de gelaagdheid meestal. De stabiliteit van de spronglaag bepaalt meestal de ontwikkeling van het chemische milieu en de levensgemeenschap. Strijklengte van de wind over het wateroppervlak, vorm en grootte van het oppervlak en de ontwikkeling van het klimaat in de loop van het jaar bepalen de diepteligging en de stabiliteit van de spronglaag en de dikte van epi- en hypolimnion.

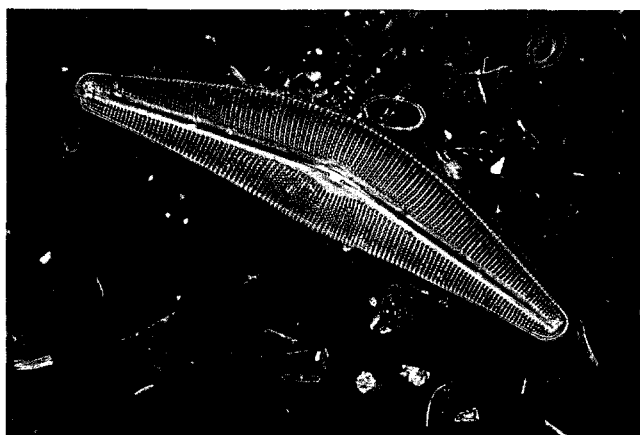


Foto 30
Bentische kiezelwieren (*Cymbella aspera*).

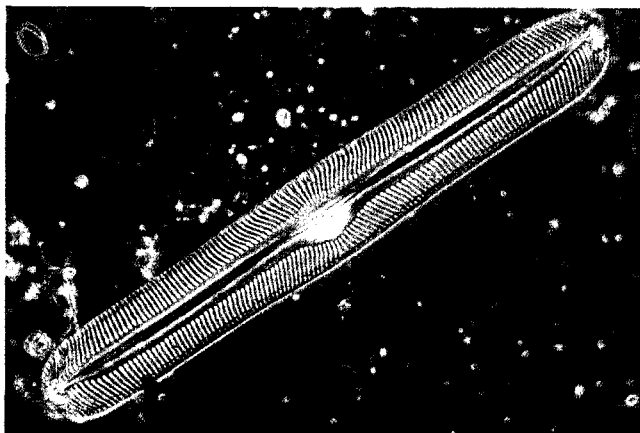


Foto 31
Bentische kiezelwieren (*Pinnularia nobilis*).

Kenmerkend is verder dat door de grote diepte en steile oevers het bodemeffect op de open waterkolom geringer is

dan in ondiepe putten. Als gevolg hiervan is het metabolisme dan min of meer beperkt tot processen in de open waterkolom, met name van het plankton. Het doorzicht is in diepe putten groter dan in ondiepe door bezinking van dode materie en de geringere plankton-biomassa.

Soortensamenstelling

In diepe zand- en grindputten met steile oevers is de littorale flora en fauna beperkt tot een smalle zone. In de ondiepe kan de littorale flora en fauna zich over het gehele bodemoppervlak uitbreiden. Riet, mattenbies, waterlelie, gele plomp, fonteinkruiden, waterpest, veenwortel, waterranonkel, hoornblad en vederkruid zijn zowel in diepe als ondiepe putten aanwezig. In de diepste zone kunnen kranzwieren voorkomen.

Karperachtigen zijn grotendeels beperkt tot het littoraal. Evenals in de diepe wielen kunnen in of nabij de sprong-



Foto 32

De Blauwe Kamer aan de voet van de Grebbeberg, een oud kleigat dat begint te verlanden.

laag grote dichtheden van plankton geconcentreerd zijn; met name de dinoflagellaat *Ceratium hirundinella* is een typische spronglaagbewoner.

In het hypolimnion komen in hoofdzaak reducenten en consumenten voor. De planktonsamenstelling van het epilimnion komt overeen met vergelijkbare eutrofe waterplassen.

Van 21 zandwinputten in Overijssel is in juli 1977 (ref. 5) een vergelijkend onderzoek gedaan naar zuurstofgehalte, aanwezigheid van een spronglaag, chemische- en plankton-samenstelling, waterplanten, bodemfauna en vissoorten. Het relatieve aandeel van groepen van het fytoplankton in het epilimnion was als volgt:

aandeel in %	putten met spronglaag			putten zonder spronglaag		
	min.	max.	gem.	min.	max.	gem.
Chrysophyceae	1	87	8	1	5	3
Dinophyceae	1	32	11	1	38	15
Diatomeae	1	32	12	9	18	13
Euglenophyceae	1	4	1	1	13	6
Cyanophyceae	1	64	19	3	24	12

Van de waterplanten werd veenwortel overal aangetroffen. De bodemfauna bestond uit wormachtigen (Tubificiden) en muggelarven (Chironomiden en Chaoborus). Voorkomende vissoorten zijn: baars, snoekbaars, snoek, blei, karper, paling, rietvoorn, zeelt. Zandwinputten in andere provincies zoals bij Maarsseveen en Zoetermeer, de Maasplassen bij Mook en ook de ondiepe tichelgaten bij Terwolde kunnen hiermede vergeleken worden, maar karakteristieke structuren voor de putten kunnen nog niet worden aangegeven. Vergelijk bijvoorbeeld de structuur van het plankton in onderstaande gevallen:

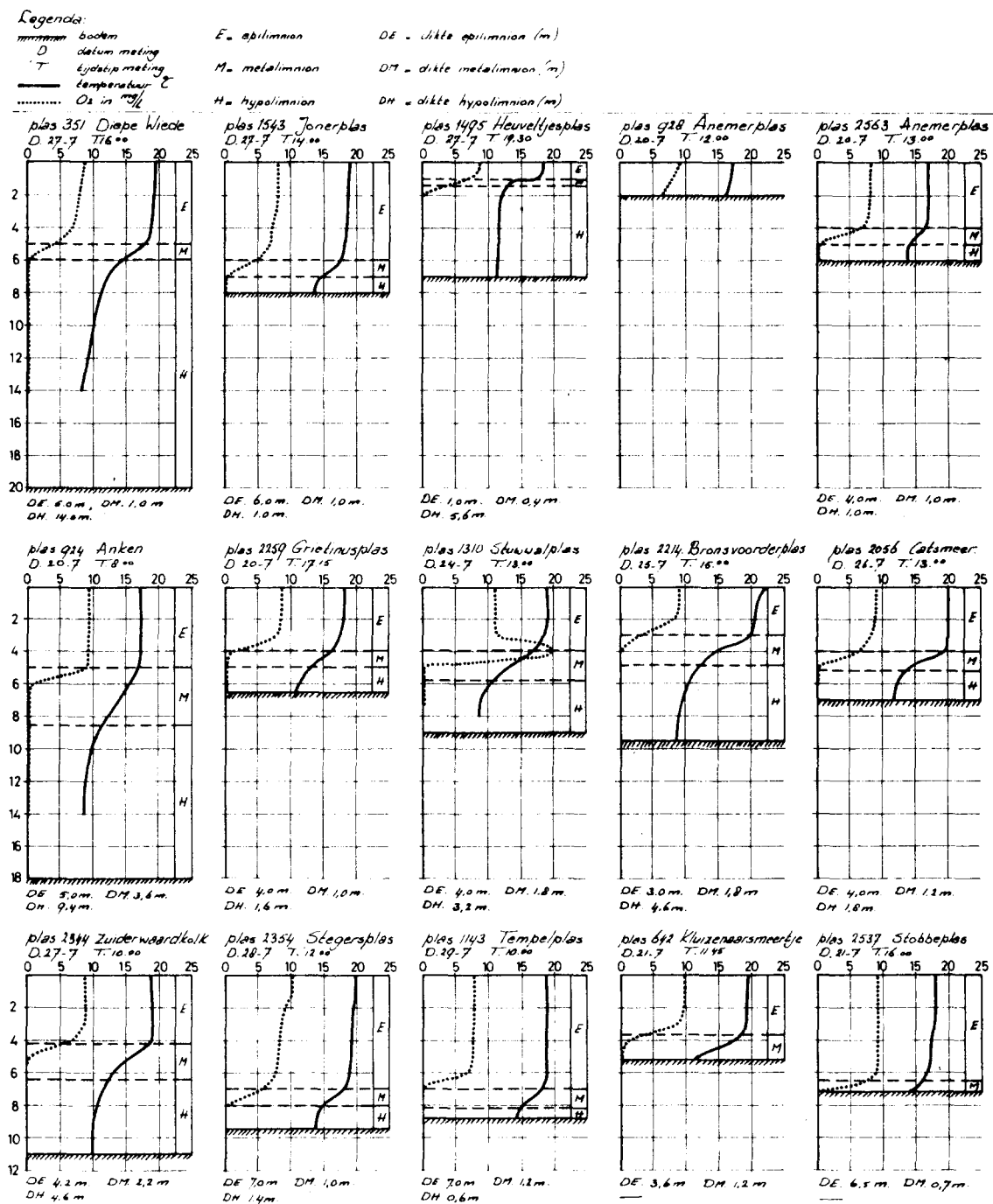
juli 1978 aandeel in %	Maarsseveen diep		Tichelgat de Mijntjes ondiep	
	1 (klein)	2 (groot)	1 (1955)	2 (1910)
Chlorophyceae	56	14	17	19
Chrysophyceae +	3	14	31	4
Dinophyceae				
Diatomeae	19	36	21	37
Euglenophyceae	3	5	10	15
Cyanophyceae	11	9	7	11
Desmidiaceae	3	9	0	4

Maarsseveen 1 is verontreinigd; Mijntjes 2 sterk verland + modder.

6. ECOLOGISCHE NORMDOELSTELLINGEN

Natuurlijke levensgemeenschap

Bij de diepere wateren van dit type lijkt de levensgemeenschap op die van wielen. Er is een smalle zone met littorale flora en fauna, afwezigheid van wortelende waterplanten in het diepe open water en een goed ontwikkeld plankton in het epilimnion. Zowel in de littorale zone als in het epilimni-



Figuur 8 Temperatuur- en zuurstofprofielen in zandwinputten in Overijssel, juli 1977 (naar Van Acht en Jansen, ref. 5).

on van het open water komen diverse vissoorten voor. In de ondiepe wateren van dit type ontbreekt de spronglaag en komen in het gehele water wortelende planten (in successiereksen) voor; er is een rijke macrofauna en er zijn diverse vissoorten. Met name bij de bodemfauna vindt men veelal grote verschillen tussen de fauna boven en beneden de spronglaag. In de golfslagzone kunnen soorten voorkomen die ook in beken worden aangetroffen. Chlorofyl-gehalte (plankton): 0 - 10 $\mu\text{g/l}$.

Criteria handhaving van het type

Zijn voor dit op vele manieren gegraven type water weinig relevant.

Criteria abiotisch optimum van het type

Spronglaag aanwezig (diep) of afwezig (ondiep). Oeverhelling bij voorkeur ca. 1:10. Zoet, brak of zout.

ZANDGATEN

Natuurlijke trajecten voor een aantal parameters:

temperatuur	max.	20 - 25	°C
pH	gem.	7 - 9	
chloride (Cl^-)	gem.	10 - 40	mg/l
sulfaat (SO_4^{--})	gem.	0 - 40	mg/l
calcium (Ca^{++})	gem.	0 - 20	mg/l
fosfaat (ortho)-P	max.	0 - 0,1	mg/l
nitraat-N	max.	0 - 1	mg/l
zuurstof	min.	6 - 9	mg/l
zuurstof	gem.	8 - 11	mg/l

Het calcium (Ca^{++}) gehalte in kalkrijkere zand-, grind- en kleigaten varieert van 40-50 mg/l.

Doen en laten

Hoogste niveau	= veranderingen in bestaande morfologie en hydrologie indien biologische rijkdom wordt bevorderd = geen lozingen, storten van vast afval of diffuse verontreinigingen = geen gebruiksfuncties
Middelste niveau	= geen veranderingen in bestaande hydrologie en morfologie = slechts beperkte (huishoudelijke-individuele) lozingen = beperking van gebruiksfuncties
Laagste niveau	= geen beperking aan hydrologische en morfologische ingrepen = lozingen voorzover niet in strijd met stand-still, basiskwaliteit (microverontreinigingen) en beste uitvoerbare technieken = recreatie en hengelsport aanvaardbaar

Overwegingen voor keuze van het niveau

De keuze van het niveau hangt bij dit type sterk af van het individuele geval. Zand-, grind- of kleigaten die lange tijd ongestoord en zonder verontreiniging zijn geweest kunnen van belang zijn als refugium, paaiplaats, broedplaats enz. Andere zijn vaak ingericht voor recreatie. Per water zal daarom, geheel afhankelijk van de omstandigheden, het niveau gekozen moeten worden. Bij het inrichten van een pas ontstane put kan gemakkelijker het hoogste niveau worden nagestreefd dan bij een bestaande put die bijvoorbeeld een aantal functies heeft.

7. LITERATUUR

1. Provinciale Waterstaat Limburg;
Het Maasplassenwater: rapport inzake de waterkwaliteit in de door zand- en grindwinning ontstane plassen; Maastricht, 68 p., 1976.
2. Repko, F.F., en J.A. Sinkeldam;
Hydrobiologisch onderzoek in twee tichelgaten van het CRM-reservaat De Mijntjes (Terwolde): plankton, macrofauna en fysisch- chemische factoren; Arnhem, Rijksinstituut voor Natuurbeheer, Rapport nr. 81/15, 133 p., 1981.
3. Coesel, P.F.M., en H. Kooyman-van Blokland;
Bijdragen tot de kennis der Nederlandse Desmidiaceëenflora; 4: De leemputten bij Sta-verden; Gorteria 8, 4, p. 61-69, 1976.
4. Voo, E.E. van der;
De plantengroei van de Leemputten bij de Kleine Meer onder Ossendrecht; De Levende Natuur 69, 11, p. 253-259, 1966.
5. Acht, W. van, en W. Jansen;
Ecologische kwaliteiten van zandwinplassen in Overijssel: vooronderzoek; Wageningen, Landbouwhogeschool, Vakgroep Natuurbeheer, Verslag nr. 430, 89 p. + bijl., 1978.
6. Blauw, T., en J. Meijer;
Hydrobiologisch onderzoek van het Alkmaardermeer in 1972; Wageningen, Landbouwhogeschool, Vakgroep Natuurbeheer, Verslag nr. 188, 64 p. + bijl., 1974.
7. Bolier, G.;
De samenstelling van het fytoplankton in diepe plassen in West Nederland; Delft, Technische Hogeschool, Laboratorium voor Gezondheidstechniek, Rapport nr. 80-6, 12 p., 1980.
8. Everards, K.;
Biologische, chemische en fysische waarnemingen in de Sloterplas 1975-1976: deel I en II; Amsterdam, Gemeentelijk Centraal Milieulaboratorium, 59 en 113 p., 1978.
9. Higler, L.W.G.;
Bottom fauna and littoral vegetation fauna in Lake Maarsseveen; Hydrobiological Bulletin 15, 1/2, p. 82-86, 1981.
10. Kersting, K.;
Annual and diel oxygen and temperature regime of the Lakes Maarsseveen; Hydrobiological Bulletin 15, 1/2, p. 10-28, 1981.
11. Technische Hogeschool Delft, Laboratorium voor Gezondheidstechniek;
Een limnologisch onderzoek van enige kunstmatig gevormde watervoorkomens in Zuid-Holland; Delft, Technische Hogeschool, Rapport nr. 75-10, 39 p., 1975.
12. Leentvaar, P.;
Diepe plassen; Visserij 26, 1, p. 32-38, 1973.

13. Leentvaar, P.;
De invloed van de zandwinning op het milieu van de Vinkeveense Plassen;
In: Bakker, P.A., C.A.J. van der Hoeven-Loos en L.R. Mur; De noordelijke Vechtplassen; Loenen, Stichting Commissie voor de Vecht en het Oostelijk en Westelijk Plassengebied, p. 361-369, 1976.
14. Leentvaar, P.;
Biologische consequenties van zandwinning; Natuur en Landschap 25, 3/4, p. 116-124, 1971.
15. Ringelberg, J. (ed.);
Limnological research in the Maarsseveen Lakes; Amsterdam, University of Amsterdam, Vakgroep Aquatische Oecologie, 299 p., 1980.
16. Begeleidingscommissie "onderzoek diepe putten IJsselmeer en Randmeren";
Zandwinning IJsselmeer en Randmeren: toetsing aan de resultaten van het diepe puttenonderzoek uit de periode 1976-1980; 33 p. + bijl. 1984. (Verkrijgbaar bij Rijkswaterstaat, Directie Zuiderzeewerken).

4.6 Petgaten

1. DEFINIËRING

Petgaten (trekgaten of weren) zijn min of meer langgerekte stroken open water, ontstaan bij natte vervening c.q. turfwinning. Deze petgaten zijn onderling gescheiden door smalle al dan niet oorspronkelijke veenstroken (legakkers of zetwallen). In een petgatencomplex zijn deze legakkers nog vrijwel volledig intact, zij het veelal begroeid met opgaand moerasbos. Daar waar op grote schaal door wind- en waterwerking (golfslag) de legakkers zijn weggeslagen, ontstonden laagveenplassen (zie het hoofdstuk **meren en plassen**). Hoewel hier en daar het veen vrijwel tot op de zandbodem is weggehaald, bestaat de bodem uit weinig materiaal: de bovenste laag van het oorspronkelijke veengebied (bonkaarde), welke ongeschikt was voor turf, werd namelijk teruggestort in het (open) water.

ter en ontstond er een landschapspatroon van petgaten en legakkers, weren en ribben. Het uitgegraven veen lag geheel of grotendeels beneden de grondwaterspiegel. Deze vervening begon in de Middeleeuwen (begin 16^e eeuw) en had reeds in de 17^e eeuw een grote omvang aangenomen. In een aantal gebieden is deze vervening tot in het begin van deze eeuw doorgegaan en op beperkte schaal zelfs nog in de jaren 1940-1945.

Mede door de (snelle) verlanding door waterplanten is de ouderdom van de afzonderlijke petgaten veelal betrekkelijk gering. Binnen een moerasgebied wordt de verspreiding van het water in hoge mate bepaald door de ligging van open watergangen. Wanneer sloten of vaarten dichtslibben of dichtgroeien heeft het water de neiging voor een groot gedeelte zijn weg te zoeken door het veen. Van oorsprong vormden petgaten-complexen een eigen, min of meer geïsoleerd en stagnant watertype. Het spreekt vanzelf dat de laaggelegen petgaten in de omgeving van hogere zand-

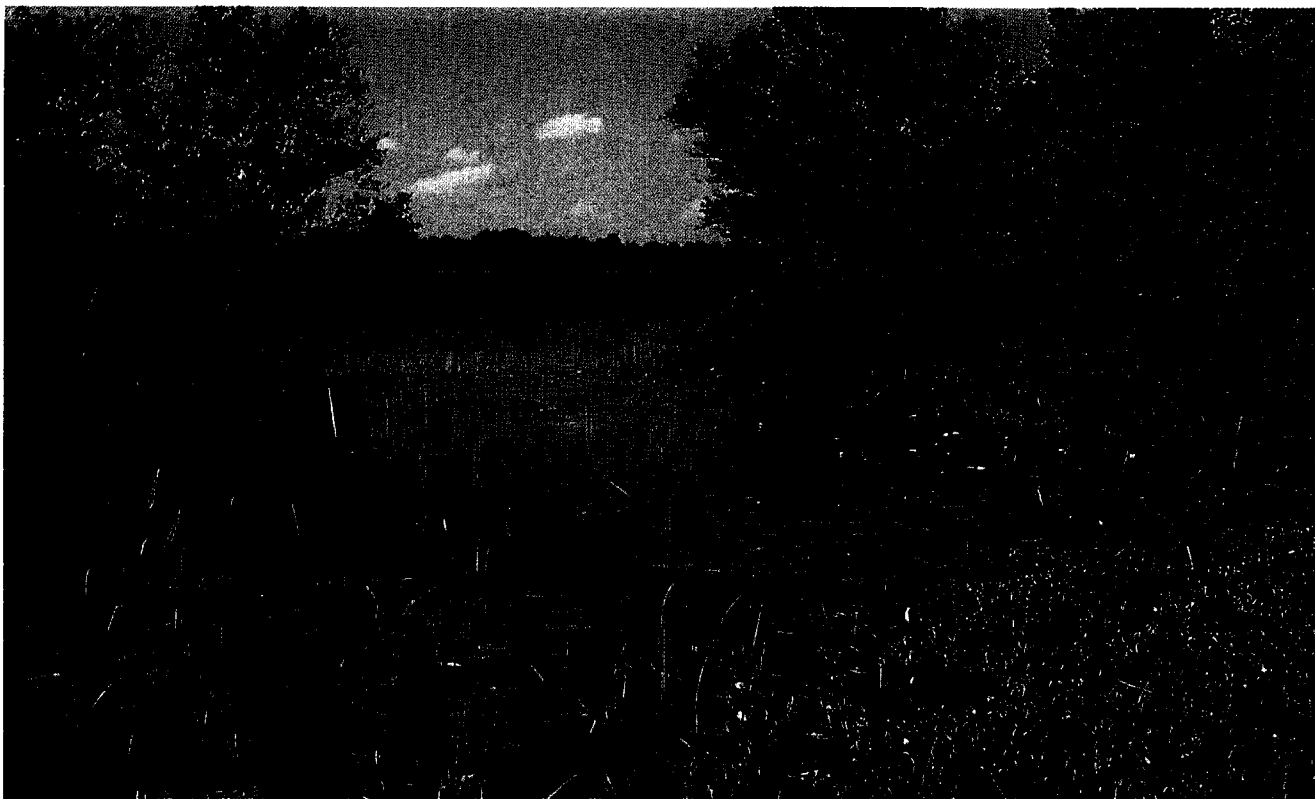


Foto 33
Petgat.

De breedte van de petgaten varieert, maar bedraagt meestal zo'n 20 tot 50 m, terwijl de lengte enige honderden meters kan bedragen. De diepte is gering, globaal variërend van 0,5 tot 2 m. Van oorsprong en daar waar de verlanding nog van zeer beperkte omvang is, is de overgang water-land vrij abrupt en steil. Door baggerwerkzaamheden middels de zgn. natte vervening veranderde het land in wa-

gronden onder invloed van kwel kunnen ontstaan. Deze kwel is (was) van grote betekenis voor water en levensgemeenschap. Momenteel is echter, hoofdzakelijk als gevolg van ruilverkaveling en diepontwatering in de omringende gronden (en de aanleg van de Noordoostpolder voor Noordwest-Overijssel en Zuid-Friesland) deze kwelstroom verminderd of verdwenen en treedt zelfs inzijsing op (ref. 8).

Voor handhaving van een voldoende waterpeil in het zomerhalfjaar is het nu noodzakelijk water van buiten in te laten. Afhankelijk van de samenstelling van het in te laten water en de weg waarlangs dit water het petgat bereikt, is deze maatregel sterk bepalend voor de waterkwaliteit van het petgat. Een van de gevolgen kan zijn dat de van nature karakteristieke verlanding wordt geremd.

2. SUBTYPEN EN VOORBEELDEN

De Nederlandse laagveenmoerassen (daarin zijn de petgaten aan te treffen) concentreren zich vooral in een 5-tal streken:

- a. Noordwest-Overijssel
- b. het lage midden van Friesland
- c. het Hollands-Utrechtse Vechtplassengebied
- d. Waterland en Zaanstreek (Noord-Holland)
- e. rondom Nieuwkoop en Noorden (Zuid-Holland)

Vele van de petgatencomplexen zijn momenteel als natuurgebied bestemd en in beheer. Enkele voorbeelden hiervan zijn:

- ad a. De Wieden, de Weerribben
- ad b. Lindevallei, Rottige Meente, De Delen, Oude Venen/Princenhof
- ad c. Westbroek, Loosdrecht, Naardermeer, Kortenhoef, Ankeveen
- ad d. Jisperveld, Oostzanerveld
- ad e. De Haak, Noordwesthoek van het Oude Miland.

3. FUNCTIONELE KENMERKEN

Voor de meeste petgaten-complexen zijn functies secundair ten opzichte van natuurbehoud. Veelal hebben ze de status van natuurreservaat.

De volgende functies komen voor:

- Oogst van biezzen (*Scirpus lacustris*) ten behoeve van meubelindustrie, en van krabbescheer (*Stratiotes aloides*) ten behoeve van bemesting van omringende graslanden. Beide activiteiten zijn momenteel vrijwel geheel verleden tijd. Riet oogsten en veenmos trekken geschieden niet primair in de petgaten zelf.
- Viswater, zowel voor de beroepvisserij als voor de sportvisserij, al dan niet verpacht aan personen of verenigingen.
- Drinkwaterwinning (in het kader van een plassencomplex, bijv. de Loosdrechtse plassen).
- Recreatie. Van de maatschappelijke invloeden (buitengesloten de noodzakelijk geworden waterinlaat) heeft met name de pleziervaart waarschijnlijk de meest funeste invloed voor de ecologische betekenis en waarde van de eens zo fraaie (ontoegankelijke) petgaten-complexen.
- Daar waar petgaten een onderdeel uitmaken van een

boezemwaterstelsel vervullen ze mede een tijdelijke bergingsfunctie.

- Kweekvijvers (onder andere voor rose waterlelies).

Bij het beheer van petgaten (-complexen) kan men onderscheid maken in uitwendig en inwendig beheer. Afhankelijk van de beheersdoelstelling voor een bepaald gebied zullen c.q. kunnen maatregelen genomen worden. Met betrekking tot de ecologische uitwerking zullen uitwendige beheersmaatregelen veelal domineren over inwendige. Het uitwendige beheer kan gericht zijn op bijvoorbeeld:

- tegengaan of voorkómen van waterverontreiniging en eutrofiëring; lozen van afvalstoffen dient in alle gevallen te worden voorkómen
- handhaven of herstellen van de natuurlijke toestand met een hoog winterpeil en een minder hoog zomerpeil
- indien waterinlaat nodig is (isolatie = uitdroging), dit zoveel mogelijk indirect, via sloten of rietvelden, realiseren
- bufferzones rondom de petgaten creëren
- recreatie, met name pleziervaart, zoveel als mogelijk weren.

Als inwendige beheersmaatregelen wordt tegen verdergaande verlanding in bepaalde gevallen de watervegetatie gemaaid met behulp van een maaiboot. Om de legakkers tegen verzakking en afslag te beschermen, vooral in het geval er sterke golfslag door recreatievaart aanwezig is, wordt bijvoorbeeld aan de steile oevers wilgentenenenvlechtwerk aangebracht.



Foto 34
Binnenvisserij in een petgat in de Weerribben.

4. FYSISCHE EN CHEMISCHE KENMERKEN

De fysische en chemische geaardheid van het petgat hangt in belangrijke mate samen met hydrologische en morfologische eigenschappen zoals:

- mate van isolatie, hydrologie
- aard van de ondergrond, bodem
- optreden van kwel en samenstelling van kwelwater (ijzer-fosfaat)
- diepte en uitgestrektheid van het petgat
- expositie aan het klimaat (beperkte windwerking en golfslag).

Verder heeft recreatie invloed (bijv. op het doorzicht).

De meeste petgaten staan in verbinding met ander oppervlaktewater, zoals vaarten en plassen. Naarmate deze verbinding korter en directer is, verliest het petgat zijn eigen karakter zodat de chemische en biologische samenstelling van het water eerder overeenkomt met die van het buitenwater. Er kan een gradiënt gevonden worden in chemische samenstelling en plankton samenstelling gaande vanuit het buitenwater het petgat in. Sterke ontwikkeling van submerse en emerse vegetatie kan communicatie verhinderen, zodat het petgat dan een eigen karakter behoudt.

In deel IV worden voor een aantal fysische en chemische parameters de natuurlijke trajecten gegeven.

5. BIOLOGISCHE KENMERKEN

Systeemkenmerken

Vanuit het oogpunt van materie- en energiestromen is bij een geïsoleerd liggend petgat het overheersen van rottingsslibvorming door verlanding als lange-termijn-proces het belangrijkste kenmerk. De primaire productie door hogere planten overheerst in sterke mate de primaire productie door fytoplankton. Het plankton in het systeem is betrokken in korte-termijn-processen waarbij opbouw en afbraak met elkaar vrijwel in evenwicht zijn en de energiestroom naar het lange-termijn-proces slechts weinig beïnvloeden. Bij open verbinding met buitenwater kan primaire productie van het plankton toenemen zodat deze parameter van meer betekenis wordt voor het lange-termijn-proces.

Soortensamenstelling

Kenmerkende c.q. belangrijke organismengroepen zijn vooral de macrofyten en de macro-evertebraten.

Een uitgebreide beschrijving van macrofyten-vegetaties zou hier te ver voeren, zeker gezien de vele mogelijke successtadia in het verlandingsproces. Globaal is een 5-tal vegetatietypen die in petgaten aangetroffen kunnen worden vermeldenswaard:

- Kranswiervegetaties. Heldergeroene kranswieren bedekken soms als velden grote oppervlakten van de bodem. Ook bronmos kan hier vermeld worden.
- Fonteinkruidenvegetaties. Oorspronkelijk waren in voedselrijke laagveengebieden de Potamogetons rijk vertegenwoordigd, alsmede bijvoorbeeld aarvederkruid, veenwortel, waterviolier en kleinste egelskop.
- Krabbescheervegetaties. De meest karakteristieke soort van dit milieu gaat sterk achteruit, alsmede begeleidende soorten, zoals diverse soorten blaasjeskruid, kikkerbeet en Lemnasoorten.
- Nymphaeiden, zoals waterlelie en gele plomp kunnen zich nog het langst handhaven in een eutrofiërend pet-

gat. Tegen mechanische schade zijn ze minder bestand. Helofytenvegetatie. Riet, kleine lisdodde en mattenbies zijn hier de meest abundante soorten. Er zijn echter vele andere soorten zoals grote egelskop, pijlkruid, grote waterweegbree, grote watereppe, gele lis en kalmoes, alsmede diverse zegge-soorten.



Foto 35

Krabbescheer (*Stratiotes aloides*) en Kikkerbeet (*Hydrocharis morsus-ranae*) in petgat.

Typisch voor het verlandingsproces is dat er op de lange termijn geen evenwicht is tussen afbraak- en opbouwprocessen. De definitie voor "biologisch gezond" oppervlaktewater zoals gehanteerd in het systeem volgens Caspers en Karbe heeft betrekking op korte-termijn-processen, waarbij gesteld wordt dat afbraak en opbouw met elkaar in evenwicht zijn. Het natuurlijke verlandingsproces past, gezien het langetermijn aspect, niet in dit systeem.

Er is in petgaten een rijke fauna waarvan diverse soorten veelal gebonden zijn aan bepaalde plantensoorten zoals krabbescheer en Nymphaeiden. Met name komen voor: insecten en hun larven, zoals kokerjuffers, libellen, muggen en vliegen, wantsen, torren, haften en slijkvliesen. Verder spinnen, vlinders, slakken, bloedzuigers, wormen, platwormen, kreeftachtigen en diverse vissoorten. Van de zoetwatermossels houden de schildersmossels zich ingegraven in de vaak steile veenwanden van de petgaten op. Zie tabel 1.

Het plankton van petgaten is vaak gekenmerkt door de overheersing van soorten die zich in rustig water kunnen handhaven, met name beweeglijke flagellaten. Kenmerkend is verder de relatief sterke ontwikkeling van desmidiaceën in samenhang met de begroeiing van waterplanten. Afhankelijk van de hydrologie kunnen zich in het petgat vertegenwoordigers ophouden van voedselarme milieus.

Veel voorkomende algen in petgaten zijn:

- Cryptophyceae Cryptomonas, Rhodomonas (beide het gehele jaar door), Synura sp. en Mallomonas akrokomos (beide periodiek veel voorkomend)

- Chlorophyceae Scenedesmus quadricauda (hele jaar door), Dictyosphaerium pulchellum (tijdelijk vrij veel), Tetraedron minimum, Ankistrodesmus falcatus
- Diatomeae Pennales (regelmatig gehele jaar door), Centrales (o.a. Melosira)
- Chrysophyceae Dinobryon sp.
- Desmidiaceae Closterium, Cosmarium, Staurastrum

Op zeer veel plaatsen is het laatste 10-tal jaren veel van de natuurlijke verscheidenheid verdwenen. Deze achteruitgang betreft zowel flora als fauna. Daar waar de eutrofiëring sterk is toegenomen komen momenteel (te) hoge algenbiomassa's, uitgedrukt in chlorofylgehalte voor. Dit alles beziend, kan men stellen dat de kwetsbaarheid van petgaten groot is, waarbij in eerste instantie gedacht wordt aan uitwendige invloeden. De biologische betekenis in ruimer verband kan als zeer groot worden betiteld, daar dit milieu-type in West-Europa uniek is. Enkele soorten, welke bijzondere aandacht krijgen, zijn bijvoorbeeld de grote vuurvlieder, de visotter, de zwarte stern, buidelmees, roerdomp en purperreiger.

Tabel 1 Macro-evertebraten in petgaten.

Hirudinea (bloedzuigers):	Herpobdella octoculata, H. testacea, Helobdella stagnatis
Gastropoda (slakken):	Bithynia tentaculata
Lamellibranchia (tweekleppigen):	Pisidiidae, Unionidae
Crustacea (kreeftachtigen):	Asellus aquaticus, A. meridianus, Gammarus pulex, G. tigrinus
Ephemeroptera (haften):	Caenis horaria, Cloëon dipterum
Odonata (libellen):	Erythromma najas, Coenagrionidae soorten
Diptera (vliegen en muggen):	Chironomus, Endochironomus, Glyptotendipes
Trichoptera (kokerjuffers):	Limnephilus flavicornis, L. marmor, L. decipiens, L. rhombicus, Holocentropus dubius, H. picicornis, Cyrtus flavidus, C. ornaticornis, Athripsodes aterrimus

Natuurlijke levensgemeenschap

De diversiteit aan diersoorten is vaak erg groot. Vrijwel alle groepen zijn vertegenwoordigd. Te noemen vallen: visotter, roerdomp, puperreiger, fuut, bruine kiekendief, zwarte stern, ringslang, kikkers, vele soorten micro- en macro-evertebraten uit de groepen kokerjuffers, libellelarven, mug-gelarven, kevers, wormen, bloedzuigers, platwormen, slakken, kreeftachtigen, raderdieren, snoek, baars, karper, voorn en aal.

De voorkomende macrofyten zijn afhankelijk van het verlandingsstadium. In de natuurlijke situatie komen geen soorten van voedsel(stikstof)rijke milieus voor (zoals lisdodde, brandnetel), maar evenmin soorten van zeer voedselarme milieus (vergelijk vennen). Draadvormige en planktonische algen, met name blauwwieren komen niet voor; wel zijn bentische algen, vooral diatomeeën en desmidiaceeën te vinden.

Criteria handhaving van het type

Stilstaand water. Voeding hoofdzakelijk door regen- en grondwater; wanneer oppervlaktewater wordt toegevoerd mag dit niet verontreinigd zijn. Karakteristiek patroon van evenwijdige, lijnvormige geulen. Verlanding afremmen of periodiek nieuwe petgaten graven (vervenen); diepte tot ca. 2 m. Relatief steile oevers.

Criteria abiotisch optimum van het type

Rondom petgaten bufferzones (moerassen). Meso-eutroof, oligosaprob.

Natuurlijke trajecten voor een aantal parameters:

temperatuur	max.	20	-	25	°C
pH	gem.	7	-	8	
chloride (Cl ⁻)	gem.	0	-	50	mg/l
sulfaat (SO ₄ ²⁻)	gem.	0	-	40	mg/l
calcium (Ca ²⁺)	gem.	10	-	30	mg/l
fosfaat (ortho)-P	max.	0	-	0,1	mg/l
nitraat-N	max.	0	-	1	mg/l
zuurstof *	min.				
zuurstof	gem.	8	-	11	mg/l

*onvoldoende gegevens.

Doen en laten

- Hoogste niveau
- = geen handelingen die oorspronkelijke morfologie veranderen
 - = geen handelingen die hydrologie beïnvloeden (bijv. diepontwatering in omgeving)
 - = geen toevoer van gebiedsvreemd water
 - = geen lozingen
 - = niet uitzetten van systeemvreemde soorten

6. ECOLOGISCHE NORMDOELSTELLINGEN

Natuurlijke toestand van het ecosysteem

De levensgemeenschap wordt gekenmerkt door een evenwicht tussen macrofyten en algen ten aanzien van de primaire produktie. De voedingsstoffen in het systeem zijn grotendeels van autochtone oorsprong. Chlorofyl-gehalte (plankton): 0 - 10 µg/l.

PETGATEN

	= geen functies
	= bufferzones aanwezig
Middelste niveau	= toevoer van gebiedsvreemd water via vóórzuivering of ontharding (bijv. via rietvegetatie of sloten)
	= geen lozingen
	= beperkte, niet-gemotoriseerde recreatie-vaart toegestaan
	= bufferzones aanwezig
Laagste niveau	= directe waterinlaat toegestaan
	= lozingen voor zover niet in strijd met stand-still, basiskwaliteit (microverontreiniging) en beste uitvoerbare technieken
	= recreatievaart toegestaan
	= geen bufferzones noodzakelijk

Overwegingen voor keuze van het niveau

Petgaten vormen een uniek watertype, zelfs in Europees verband. Hoewel ze niet van natuurlijke oorsprong zijn, is handhaving zeer gewenst met het oog op de levensgemeenschappen die er in voorkomen. Daarom dient zo mogelijk het hoogste niveau gekozen te worden. In beperkte mate, respectievelijk tijdelijk, is het middelste niveau aanvaardbaar. Het laagste niveau dient voor dit type niet gekozen te worden.

7. LITERATUUR

- Boonman, A.P.H.M.;
Enige chemische en fysische bepalingen in de Lindevaallei; Mededelingen van de Hydrobiologische Vereniging 4, 2, p. 70-76, 1970.
- Meijer, W., en R.J. de Wit;
Kortenhoef: een veldbiologische studie van een Hollands verlandingsgebied; Amsterdam, Stichting Commissie voor de Vecht en het Oostelijk en Westelijk Plassengebied, 128 p., 1955.
- Creutzberg, F., P. Leentvaar en R. Rense;
De Zuidelijke Vechtplassen: flora en fauna; Weesp, Stichting Commissie voor de Vecht en het Oostelijk en Westelijk Plassengebied, 205 p. + bijl., 1969.
- Leentvaar, P., en J. Sinkeldam;
De waterkwaliteit in het CRM-reservaat De Rottige Meente, 1975; Arnhem, Rijksinstituut voor Natuurbeheer, 6 p. + bijl., 1976.
- Gielen, F.;
Inleidend onderzoek naar de faunistische samenstelling van waterplantenvegetaties met *Zannichellia palustris* L.; Nijmegen, Katholieke Universiteit, Laboratorium voor Aquatische Oecologie, Doctoraalverslag nr. 148, 31 p., 1983.
- Higler, L.W.G.;
Macrofauna-cenoses en Stratiotes plants in Dutch broads; Dissertatie, Leersum, Rijksinstituut voor Natuurbeheer, Verhandeling nr. 11, 86 p., 1977.
- Held, J.J. den, en A.J. den Held;
Het Nieuwkoopse plassengebied; Zutphen, Thieme, 312 p., 1976.
- Verstraelen, M.;
Micro- en macrofytengemeenschappen in petgaten; Zwolle, Provinciale Waterstaat in Overijssel, Basisrapport Project E.K.O.O. nr. 6, 43 p. + bijl., 1982.
- Claassen, T.H.L.;
Biologisch wateronderzoek 1976-1980; Leeuwarden, Provinciale Waterstaat van Friesland, 60 p., 1981.
- Fahner, F.;
Waterkwaliteitsaspecten van de Rottige Meente; Wageningen, Landbouwhogeschool, 75 p., 1985.

4.7 Meren en plassen

1. DEFINIËRING

Een meer is een waterlichaam in een depressie van de aardkorst met een meestal grote diepte en grote uitgestrektheid, gevuld met stilstaand water waarvan de oppervlakte door ongehinderde strijklengte van de wind meer of minder golfbeweging kan vertonen. Er is een meer of minder uitgestrekte ondiepe oeverzone waar plantengroei kan voorkomen die in de diepere delen ontbreekt door afwezigheid van voldoende licht. De fauna kan zich over de gehele bodem van het meer uitstrekken maar is ook aanwezig in het vrije open water tezamen met vrijzwevende plantaardige organismen.

Er zijn grote en kleine meren en het onderscheid dat gemaakt wordt tussen meer, plas, vijver en poel is slechts graadueel. Het berust voornamelijk op de dimensies van diepte en oppervlakte. Ook kunnen kleine wateren onderdelen van meren zijn of ontwikkelingsstadia van een meer. Een meer wordt in de loop van de tijd opgevuld met erosiemateriaal en verlandt via moeras tot bos. Een meer kan verder zoet, brak of zout water bevatten, maar staat nooit onder invloed van zeewater (in tegenstelling tot bijv. getijdewateren).

In de ondiepe meren zoals die in ons land voorkomen, strekt de oeverzone - het littoraal - zich met plantengroei uit tot midden in het meer. Door de mate van begroeiing vertoont het overeenkomst met een vijver of moeras, maar er is verschil in windwerking. Een vijver heeft ondiep, rustig water wat aanleiding geeft tot de ontwikkeling van een andere levensgemeenschap dan in een meer. In een (ondiep) meer kan door de grote strijklengtes van de wind het water tot op de bodem gemengd worden en opwerveling van sediment veroorzaken.

In het buitenland noemt men zulke ondiepe meren Flachgewässer (Duitsland), meres of broads (Engeland), étangs of lagunes (Frankrijk). In ons land spreken we ook van plas. Dit woord brengt eigenlijk goed tot uitdrukking dat het een begrensde ondiepe watervlakte betreft. Onze meren en plassen zouden relatief snel verlanden als we ze ongestoord zouden laten. Kenmerkend voor de plassen en meren in Nederland is dus dat ze ondiep zijn en daardoor geheel kunnen verlanden, in tegenstelling tot de grote diepe meren in het buitenland, die pas kunnen verlanden wanneer zij door sedimentatie ondiep zijn geworden.

Een aantal meren en plassen dankt zijn ontstaan aan de afsluiting van zeearmen en oude krekken, zoals het IJsselmeer, de Randmeren, de Eeën en Dieën van Waterland. Andere, namelijk de laagveenplassen zijn ontstaan door verving t.b.v. turfwinning in vorige eeuwen. Het veen werd dan meestal tot op het zand afgegraven, respectievelijk uitgebaggerd en op legakkers te drogen gelegd. Hierdoor ontstond een landschap van legakkers en petgaten (zie het hoofdstuk **petgaten**). Door wind en golfslag verdwenen de vaak te smalle legakkers onder water, waardoor een grote wateroppervlakte, een plas, ontstond.

Tenslotte ontstonden plassen met laagveenvorming ook door aantasting bij storm. Soms werd bij het droogleggen een ondiep gedeelte aan de rand van het meer afgesloten, waardoor een laagveenplas ontstond. Recente ondiepe plassen met laagveenvorming zijn ontstaan door afsluiting van de zeearmen in het Deltagebied en het Lauwersmeergebied. De meeste van deze meren hebben een functie als tijdelijke waterberging (boezem).

De ouderdom van de meeste meren en plassen bedraagt enkele eeuwen (Kagerplassen, Tjeukemeer) tot enkele tientallen jaren (Randmeren, Brielse meer).

De hydrologie van meren en plassen loopt nogal uiteen en is veelal historisch bepaald als gevolg van ontstaanswijze en functie van de betreffende wateren:

- Een groot aantal meren maakt van oudsher onderdeel uit van een boezemstelsel, zoals de Kagerplassen, de Westeinderplassen, het Nieuwe Meer en het Braassemermeer in de boezem van Rijnland en het Tjeukemeer, het Slotermeer, het Sneekermeer en de Fluessen in de boezem van Friesland en de Beulaker- en Belterwijde in Noordwest-Overijssel. Dergelijke boezemsystemen dienen voor aanvoer van water in droge perioden (zomer) en voor opslag van water in natte perioden (winter). De verblijftijd van het water in dergelijke meren varieert van enkele weken tot meestal enkele maanden.

Een betrekkelijk klein aantal meren fungeert als afzonderlijke boezem, zoals de Rottemeren in Schieland, de Binnenbedijkte Maas in de Hoekse Waard en het Lauwersmeer.



Foto 36
De Fluessen in Friesland.

Ook het IJsselmeer, het IJmeer, het Markermeer en de Randmeren kunnen als zodanig worden beschouwd, hoewel ze niet alleen dienen als boezems voor de poldergebieden, maar ook voor de opvang van water uit rivieren (Ketelmeer) en beken (Randmeren). De verblijftijd van het water in de meren is sterk afhankelijk van het volume en varieert van enkele maanden (Binnenbedijkte Maas) tot een half jaar (Klein IJsselmeer).

De tweede categorie meren en plassen ligt min of meer geïsoleerd in poldergebieden, zoals de verschillende Vechtplassen, de Langerse plassen, de Nieuwkoopse plassen, de Reeuwijkse plassen en enkele kleinere meren in Friesland. De plassen in deze laatste categorie zijn veelal door vervening ontstaan en hebben soms een verblijftijd van enkele jaren. In enkele van deze meren en plassen vindt voortdurend aan vulling plaats met grond- c.q. kwelwater, zoals in het Naardermeer en de andere Vechtplassen.

2. SUBTYPEN EN VOORBEELDEN

Zoals in paragraaf 1 reeds is aangegeven, kunnen de Nederlandse meren en plassen worden ingedeeld onder andere op grond van hun hydrologie en ontstaanswijze.

a. Meren en plassen ontstaan door afsluiting van zee- of rivierarmen.

- voorbeelden:
- Eeën en Dieën in Waterland;
 - IJsselmeer;
 - Brielse Meer;
 - Zoommeer;
 - Lauwersmeer;
 - Binnenbedijkte Maas.

b. Laagveenplassen ontstaan door vervening ten behoeve van turfwinning.

- voorbeelden:
- Vechtplassen (Loosdrecht, Vinkeveen);
 - Langerse plassen;
 - Nieuwkoopse plassen;
 - Reeuwijkse plassen;
 - plassen in Noord-West-Overijssel (Beulaker- en Belterwijde);
 - De Leyen (Friesland).

c. Meren en plassen ontstaan door oeveraantasting bij storm.

- voorbeelden:
- Kagerplassen;
 - Braassemermeer;
 - Nieuwe Meer;
 - Amstelmeer;
 - Friese Meren (Fluessen, Tjeukemeer, Slo-termeer).

d. Meren en plassen die (aan de rand) overbleven bij de drooglegging van een meer.

- voorbeelden:
- Westeinderplassen;
 - Molenplas;
 - Randmeren van het IJsselmeer.

Verder kunnen de meren en plassen in ons land worden onderscheiden naar zoutgehalte van het water:

- *zoete plassen* ($Cl^- < 100 \text{ mg/l}$): bijvoorbeeld van Loosdrecht, Noord-West-Overijssel, het Paterswoldsemeer, het Leekstermeer en het Zuidlaardermeer;
- *zwak brakke plassen* ($Cl^-: 100 - 1000 \text{ mg/l}$): zoals de Nieuwkoopse plassen en de Botshol, de Friese Meren en het Schildmeer;
- *brakke plassen* ($Cl^- > 1000 \text{ mg/l}$): zoals de wateren in de Wormer, het Jisper- en IJperveld.

3. FUNCTIONELE KENMERKEN

Functies

De volgende functionele aspecten kunnen aan meren en plassen worden onderkend:

a. Boezemfunctie

Meren en plassen die zelf een boezem vormen of die onderdeel uitmaken van een boezemsysteem, hebben van oudsher een belangrijke hydrologische functie, namelijk aanvoer van water naar en afvoer van water van poldergebieden en buffering van water ten behoeve van de peil-beheer.

b. Visserijfunctie

De meeste meren en plassen zijn in toenemende mate in gebruik genomen ten behoeve van de sport- en beroepsbinnenvisserij.

c. Recreatiefunctie

Dit geldt evenzeer voor andere recreatiedoeleinden: varen, zwemmen, surfen, zeilen, etc.

d. Scheepvaartfunctie

Sommige meren dienen als scheepvaartweg. Veelal zijn hiertoe in de meren speciaal vaargeulen gegraven.

e. Ontvangwater van afvalstromen (koelwater, effluënten, rioolwateroverstorten, enz.)

f. Drinkwaterbereiding

Uit sommige meren wordt water onttrokken ten behoeve van de drinkwaterbereiding, direct of indirect via infiltratie in de duinen.

g. Andere gebruiksfuncties

In sommige plaatsen wordt op beperkte schaal nog turf gestoken of wordt gebaggerd voor het verkrijgen van zwarte grond. Elders worden riet en biezengemaaid voor menselijk gebruik of wordt er zand of grind gezogen. De diepe meren die door dit laatste kunnen ontstaan worden behandeld in het hoofdstuk **zand-, grind- en kleigaten**.



Foto 37

De Kleine Belt in Noordwest Overijssel.

Bepaalde meren en plassen zijn geheel of gedeeltelijk voor menselijke toegang afgesloten met het oog op bestemming als natuur- of vogelreservaat en hebben dus geen gebruiksfunctie.

Beheer

Bij het beheer van meren en plassen komen de volgende aspecten aan de orde:

Peilbeheersing

Door het inlaten van water en het uitmalen c.q. aflaten van water wordt het waterpeil in het meer of de plas in stand gehouden. Soms is er sprake van een wisselend zomer- en winterpeil.

Doorspoeling

Extra inlaten van water wordt in boezemgebieden vaak toegepast om de verzilting te bestrijden en het oppervlaktewater te verversen.

Bescherming van de oevers tegen afslag is soms noodzakelijk met name aan de oost- en noordoostkant. Deze bescherming kan plaatsvinden door het maken van houten beschoeiingen, het storten van puin, het planten van riet, etc.

Baggeren

In de meeste meren en plassen beperkt het baggeren zich tot het op diepte houden van de vaargeul, tenzij de bagger om bepaalde redenen gewild is (N.B.: de Aalsmeerse tuinders halen bagger uit de Westeinderplassen ten behoeve van de seringencultuur). In Nederland is het nog niet voorgekomen dat een meer ten behoeve van de waterkwaliteit in zijn geheel werd uitgebaggerd.

Maaien

Op plaatsen waar men open water wil houden is het mogelijk waterplanten te maaien met behulp van een maaiboot. Voor het behoud van riet- en biezen gordels is het gewenst deze eens in de twee jaar te maaien. De toepassing van graskarpers is in afgesloten wateren eveneens een mogelijkheid.

Beperken van de verontreiniging door het saneren van rechtstreekse lozingen, het aansluiten van lozingen op een riolering, het maken van goede toelievoorzieningen in recreatiegebieden en opvang van olieresten.

Het beperken van de (nutriënten-)belasting van een meer of plas door het tertiair zuiveren van effluentlozingen of van het in te laten water (Loosdrechtse plassen) en door afleiding van effluënten via rioleringen.

Niets doen

Als beheersmaatregel voor plassen betekent dit in het algemeen dat men de natuurlijke successie haar gang laat gaan. Dit betekent dat na verloop van tijd zich in de meeste gevallen een moerasvegetatie, rietland en soms bos ontwikkelen. De snelheid waarmee dit gebeurt is sterk afhankelijk van de grootte van de plas, van de geïsoleerdheid ervan ten opzichte van de omgeving, de heersende windrichting, enz. Men moet zich dan ook realiseren dat door "niets doen" een bepaalde waterplas soms zeer lang kan standhouden. Het is wenselijk om bij het beheer van wateren voor elk speciaal geval ter plaatse te bepalen welke maatregelen het gunstigst zijn.

Morfologische/hydrologische ingrepen

De morfologie van meren en plassen wordt door de mens onder andere beïnvloed door bescherming van de oevers, door het baggeren van vaargeulen en door het uitdiepen van meren ten behoeve van zandwinning (zie ook het hoofdstuk **zand-, grind- en kleigaten**). In sommige gevallen worden bovendien reeds aanwezige diepe zandwinnings in meren aangewend voor het storten van baggerspecie en puin. De hydrologie van meren en plassen hangt, zo als hiervoor is aangegeven, in hoge mate af van de ontstaanswijze van het meer en van het hydrologisch gebruik van het meer. Veelal is dit door de historie bepaald en zijn hierin betrekkelijk weinig veranderingen te brengen. Enige beïnvloeding van hydrologie is mogelijk door middel van extra doorspoeling en door peilvariaties (bijvoorbeeld verschuivend zomer- en winterpeil).

Lozingen van afvalwater

Meren en plassen kunnen beïnvloed worden door het uitslaan van polderwater en door overstorten van rioleringsstelsels en door lozingen van onder andere effluënten van afvalwaterzuiveringsinrichtingen (direkt op het meer of indirect

via het inkomende water), van industrieën (onder andere van koelwater) en van bebouwing in de omgeving. Daarnaast speelt op veel meren de belasting door (verspreide) lozingen van recreanten en huishoudens een aanzienlijke rol naast diffuse lozingen van mest en kunstmest uit de landbouw.

4. FYSISCHE EN CHEMISCHE KENMERKEN

Chemische samenstelling van het water

De Nederlandse meren en plassen zijn in het algemeen voedselrijk (eutroof). De aanwezigheid en combinatie van anorganische stoffen in het water hebben grote betekenis voor de soortensamenstelling van flora en fauna. Het gehalte aan opgeloste zouten wordt in zekere mate door de organismen zelf beïnvloed. Voorbeelden hiervan zijn fosfaten en nitraten, die als voedingsstoffen de belangrijkste groeibepalende factoren zijn van het plantaardig leven. In het vegetatie seizoen kunnen fosfaten en stikstofverbindingen in het water in zeer lage concentraties aanwezig zijn, omdat zij grotendeels in het plankton en in de vegetatie zijn vastgelegd. In de winter zijn de concentraties veel hoger, doordat het plankton en de vegetatie afsterven en de daarin vastgelegde fosfor- en stikstofverbindingen door mineralisatie vrijkomen. Is er in de zomer veel fosfaat in het water aanwezig, dan kan dit aanleiding geven tot algenbloei, waarmee een explosieve ontwikkeling van algen bedoeld wordt.

De meeste grote Nederlandse meren en plassen zijn op dit moment zwak brak (oligohalien), dat wil zeggen hebben een chloridegehalte van meer dan 100 mg/liter. Dit is (bijv. in het geval van het IJsselmeer) gedeeltelijk te wijten aan de hoge zoutbelasting van de Rijn. In zoete plassen is het chloridegehalte lager dan 100 mg/l, mede als gevolg van een groot aandeel van regenwater in de waterbalans. Het calciumgehalte, de pH, de geleidbaarheid en ook het gehalte aan fosfaat kunnen eveneens lager liggen dan in oligohalene plassen, zoals bijvoorbeeld in de Loosdrechtse plassen van nature het geval is. Voor brakke plassen, zoals in Noord-Holland ten noorden van het Noordzeekanaal, is een chloridegehalte groter dan 1000 mg/l de natuurlijke waarde. Ook geleidbaarheid, sulfaat- en kalkgehalte zijn in deze plassen hoog. Het fosfaat heeft hier hogere waarden door natuurlijke nalevering uit veenbodems.

In plassen waar kwel een belangrijk aandeel in de waterbalans heeft, wijkt de samenstelling eveneens af. Kennis van de waterbalans van een laagveenplas is dus vereist voor een goed waterbeheer. Bij kwel van ijzerhoudend zoet grondwater vindt men dan hogere ijzergehalten. Chemische processen als gevolg hiervan veroorzaken een laag fosfaatgehalte. Deze laagveenplassen zijn van bijzondere waarde door hun voedselarmoede en daarmee samenhangende kenmerkende levensgemeenschappen. In het algemeen zijn de meren en plassen in ons land voedselrijk. De voedselrijk-

dom wordt vooral gemeten aan de hand van het fosfaat- en nitraatgehalte, omdat deze stoffen, zoals in het voorgaande ook is opgemerkt, vooral bepalend zijn voor de biologische produktie in het water en voor de samenstelling van de levensgemeenschappen.

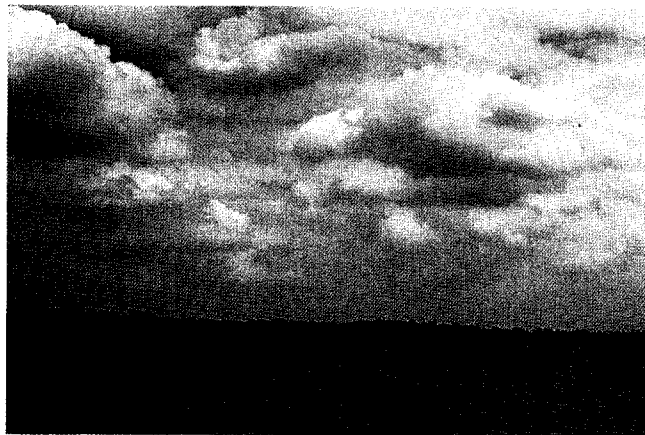


Foto 38
Het Naardermeer.

In deel IV wordt voor een aantal parameters aangegeven hoe de natuurlijke trajecten liggen.

Organische stof

Meren en plassen en met name de door vervening ontstane laagveenplassen vormen een milieu dat van nature rijk is aan organische stof. Door bacteriële omzetting wordt deze organische stof afgebroken (gemineraliseerd), waardoor het open water voortdurend opnieuw wordt voorzien van minerale voedingsstoffen. Het water van laagveenplassen blijft onder andere door deze kringloop eutroof. Bij de verlanding wordt veen gevormd uit plantedenen die jaarlijks afsterven en zich op de bodem verzamelen, maar die slechts onvolkomen worden afgebroken. Periodiek afstervend plankton in het open water levert een afzetting (sediment) op die echter bij de ophoging van de bodem slechts een ondergeschikte rol speelt.

De afbraak van de organische stof tot mineralen is niet altijd volledig. Er kunnen humuszuren en humuscolloïden ontstaan, die het water een bruine kleur geven. Bij verzuring van het water wordt de bacteriële afbraak geremd en wordt deze tevens onvollediger. In een laagveengebied treedt deze verzuring op boven het grondwaterniveau, waar mineraalarm regenwater de voornaamste bron van watervoorziening is. Dit geeft aanleiding tot het ontstaan van hoogveen (voedselarm) boven de waterspiegel van de overigens eutrofe laagveenplas. Aangezien er thans slechts resten van het oligotrofe hoogveen aanwezig zijn en de naaste omgeving door ontginning eutroof is geworden, is de natuurlijke toestand vrijwel nergens meer aanwezig. Door afstroming wordt de laagveenplas dientengevolge verrijkt met minerale en organische stoffen.

Het open water van een zwak brakke veenplas is van nature zuurstofrijk en kalkrijk, terwijl de pH ervan relatief hoog is. Daardoor is de afbraak van organische stof door bacteriën hier zeer intensief in tegenstelling tot die in kalkarme zure milieus.

Onderwaterbodem

Op en nabij de bodem in een eutrofe veenplas is het water vaak zuurstofarm, waardoor de afbraak van organisch stof slechts onvolledig plaatsvindt. Het rottingslik (sapropeel) dat zich hierbij vormt, heeft een reducerende (zuurstofbindende) werking. In dit zuurstofarme milieu leven onder andere bacteriën, oerdiertjes, muggelarven en wormen van de verdere omzetting van de organische stof. Wanneer het veen niet is weggespoeld of weggegraven tot op de kale zand- of kleibodem, kan het water een zuur karakter hebben.

5. BIOLOGISCHE KENMERKEN

Systeemkenmerken

De samenhang van organismen onderling en de wisselwerking met de milieufactoren komen in het meer-ecosysteem duidelijk tot uiting. Als afgesloten bekken met aan het water gebonden levensvormen en de zich vooral in de voedselcyclus afspelende interne processen is het min of meer een gesloten autonoom systeem. Dit is echter betrekkelijk omdat ook externe factoren erop inwerken zoals in- en uitstromende beken en rivieren, doorspoeling via kanalen en vaarten, uitslagwater van gemalen, inspoeling van materie door regen vanaf het omringende land, kwel van grondwater, transport van organisch materiaal (vissen) via visetende vogels naar elders.

Levensgemeenschap

Door de aanwezigheid in meren en plassen van vrij veel organische stof in de vorm van deeltjes, plantenresten en humusstoffen, vinden we in het plankton en onder de vissen soorten, die in een meso-saproob milieu kunnen leven, zoals de karperachtigen. In het plankton komen soorten voor die hun energie zowel van het zonlicht als van opgeloste organische stof kunnen verkrijgen (mixotrofe soorten). De levensgemeenschap heeft eigenlijk een groot incasseringsvermogen en kan ondanks korte verstoringen (windwerking, troebeling, turbulentie) blijven functioneren.

Een bepaalde planktonsoort zal in het ene meer in geringe aantallen voorkomen, in een andere in grote aantallen, terwijl ook periodiciteit in de soortensamenstelling optreedt.

In de vegetatie van ongestoorde meren en plassen vindt men een aantal gordels. Langs de oever is een gordel van riet en biezen, waarin onder andere grote egelskop, grote

watereppe, waterscheerling, gele lis, pijlkruid en grote zegesoorten voorkomen. In iets dieper water komen onder andere krabbescheer, drijvend fonteinkruid en kikkerbeet voor. In nog dieper water vindt men waterlelie, gele plomp, watergentiaan, veenwortel, ondergedoken fonteinkruidsoorten en bronmos. Waar het water te diep en te open is voor waterlelie en gele plomp, is de bodem vaak bedekt met kranswieren.

In sommige zoete laagveenplassen groeien onder andere bijzondere soorten, zoals groot nimfkruid in de noordelijke en drijvende egelskop in de zuidelijke Vechtplassen. In brakke laagveenplassen ontbreekt gele plomp. Hier vindt men schedefonteinkruid, dat vooral in brak water veel voorkomt, en *Zannichellia*, dat vrijwel uitsluitend in brak water groeit. In mesotrofe laagveenplassen kan men onder andere waterdrieblad, wateraardbei en soms slangewortel aantreffen.

Kenmerkende vissen van meren en plassen zijn onder andere karperachtigen, baars, snoek, snoekbaars en paling; in het plankton treft men kreeftjes, raderdieren, kiezelwieren, groen- en blauwwieren aan. Veel soorten uit deze groepen leven eveneens op de bodem (benthos). De bodemfauna is sterk afhankelijk van de aanwezige plantengroei; kenmerkende bodemorganismen zijn bijvoorbeeld zoetwatermosselen, de driehoeksmossel, vlokreeften, muggelarven en wormen. In de zeer brakke laagveenplassen kunnen bovendien specifieke brakwaterorganismen voorkomen, zoals de aasgarnaal en raderdier van het geslacht *Brachionus* en kiezelwieren van het geslacht *Coscinodiscus*. Een specifiek kenmerk is een hoog gehalte aan veendeeltjes (detritus) en het voorkomen van veel micro-organismen uit littoraal en bodem.



Foto 39

Futenpaartje (*Podiceps cristatus*) bij nest.

Kenmerkende vogels van het open water zijn onder andere fuut, dodaars, meerkoet, waterhoen en verscheidene soorten eenden. Op drijvende plantenmassa's en krabbescheer-vegetaties broedt de zwarte stern. In riet en mattenbiesvegetaties broeden onder andere grote en kleine

karekiet, snor, rietzanger, waterral en porseleinhoen. In uitgestrekte rietvelden zijn roerdomp, bruine kiekendief en wouwaapje karakteristiek.

Als laagveenplassen opgenomen zijn in grotere natuurgebieden, waarin voldoende schuilgelegenheid is, bijvoorbeeld een complex van legakkers met struwelen, bieden zij een optimaal biotoop voor otters.

Eutrofiëring

Eutrofiëring is het proces van het verrijken van wateren met voedingsstoffen (vooral P en N) met als gevolg een verhoging van de primaire produktie, die leidt tot algenbloei. Het werd het eerst waargenomen bij meren. Omstreeks het begin van deze eeuw deed zich in verschillende kleine Zwitserse meren het verschijnsel voor dat het water door algenbloei verkleurd werd. Men sprak van "Burgunderblut" vanwege de rode kleur van de algen. Het betrof de eerste waarneming van het thans algemeen voorkomende eutrofiëringsproces onder invloed van de mens. Het natuurlijk karakter van vele meren wordt dus aangetast.

In ons dichtbevolkte land, dat bovendien ligt in de delta van de rivieren de Rijn en de Maas, zijn hoogstwaarschijnlijk geen meren en plassen meer te vinden die niet door eutrofiëring zijn aangetast. De mate waarin kan echter sterk verschillen en hangt af van onder andere de hydrologische situatie, de belasting met al dan niet gezuiverd afvalwater en de recreatiedruk.

Eutrofiëring van een meer of plas kan zich op de volgende wijze uiten:

1. toename van de algenbiomassa geeft biologische troebeling van het water;
2. afname van het aantal (submerse) waterplanten;
3. onderdrukking van de "normale" planktonperiodiciteit (diatomeeën in voorjaar; groenwieren in voorzomer; eventueel blauwwieren in nazomer) door een soms permanente dominantie van blauwwieren;
4. toename in de hoeveelheid nutriënten, de zuurstofproduktie en de dagelijkse schommelingen in het zuurstofgehalte en stijging van de pH;
5. wijzigingen in het visbestand; zogenaamde verbruising.

De eutrofiëring heeft in sommige meren geleid tot een totale verdwijning van de submerse waterplantenvegetaties. Zo zijn sinds 1961 de kranswierenvegetaties in de Loosdrechtse plassen nagenoeg geheel verdwenen en zijn de krabbescheervegetaties bijvoorbeeld in de Reeuwijkse plassen eveneens gedecimeerd.

Het duidelijkst heeft de eutrofiëring in ons land zich gemanifesteerd in de Veluwe-randmeren. In 1960 vertoonden deze meren nog een zeer uitbundige bodembegroeiing van fonteinkruiden (*Potamogeton* spp.), aarvederkruid (*Myriophyllum spicatum*), brede waterpest (*Elodea canadensis*), stijve waterranonkel (*Ranunculus circinatus*), smalbladige waterweegbree (*Alisma gramineum*) en kranswieren (*Characeae*).

Deze vegetatie is in de jaren tot 1970 geleidelijk in de jaren 1970 tot 1975 zeer snel achteruit gegaan. Dit ging gepaard met een achteruitgang in de diversiteit van het fytoplankton, de hier en daar nog aanwezige waterplanten en de bodemfauna.

In de periode 1970-1975 is op alle Randmeren tussen Muiderberg en Roggebotsluis de blauwalg *Oscillatoria agardhii* de dominante soort geworden. Dit ging gepaard met de overgang van een groenwieren- naar een blauwwierenfytoplankton alsmede met een toename van de biomassa en een daling van het doorzicht van het water. De biomassa uitgedrukt als asvrij drooggewicht, is momenteel het hoogste in het Drontermeer. In het IJmeer en het Markermeer zijn de groenalgen van het geslacht *Scenedesmus* dominant.

Op alle Randmeren is de begroeiing met hogere waterplanten sterk achteruitgegaan. Het verminderde doorzicht van het water zal hierbij een rol hebben gespeeld. In het Drontermeer en het Veluwemeer zijn de ondergedoken hogere waterplanten op enige velden met kamfonteinkruid en aarvederkruid na sterk achteruitgegaan. In het Wolderwijd is de achteruitgang relatief het minste.

De visstand in de Randmeren is vrij goed. Het verdwijnen van gunstige paaiplaatsen waar ook de jonge vis kan opgroeien (ondiepe delen met hogere waterplanten) leidt tot een betrekkelijk lage blankvoornstand in de meren tussen Muiderberg en Roggebotsluis. In het Dronter- en Veluwemeer is de snoek hierdoor vrijwel verdwenen. In tegenstelling tot de Randmeren is, na pos, spiering de belangrijkste vissoort in het IJmeer en Markermeer. Ook de overige visstand in deze meren is redelijk. In het IJmeer en het Gooimeer worden de door zandwinning ontstane diepe delen tijdens het groeiseizoen door de vissen gemeden. Het verdwijnen van de hogere waterplanten en de verarming van de bodemfauna heeft de Randmeren minder geschikt gemaakt als voedselgebied voor verschillende watervogels. Het IJmeer en het Markermeer zijn van groot belang als fourageergebied voor aalscholvers en als pleisterplaats voor duikeenden. Gevreesd wordt dat een sterkere blauwwiergroei in het Klein IJsselmeer en mogelijk ook in het Markermeer een afname van de biomassa van driehoeksmosselen tot gevolg zal hebben, die in deze meren de belangrijkste voedselbron voor duikeenden vormen (ref. 9).

6. ECOLOGISCHE NORMDOELSTELLINGEN

Natuurlijke toestand van het ecosysteem

Er is een meer of minder uitgestrekte ondiepe oeverzone waar plantengroei kan voorkomen die in de diepere delen ontbreekt door afwezigheid van voldoende licht. De fauna kan zich over de gehele bodem van het meer uitstrekken maar is ook aanwezig in het vrije open water tezamen met vrijzwevende plantaardige organismen.

De levensgemeenschap wordt bij de oevers gedomineerd door macrofyten; naar het midden toe vormen fytoplankton en ondergedoken macrofyten de basis van de voedselketen. De betrekkelijk grote omvang van meren en plassen maakt de aanwezigheid van een gevarieerde vogel- en visfauna mogelijk. Veel vissoorten kunnen hun hele levenscyclus in een meer voltooien. De Nederlandse meren en plassen zijn van nature oligo- tot β -mesosaproob. De algen-dichtheid ligt, uitgedrukt in chlorofylgehalte, van nature tussen de 25 en 50 $\mu\text{g/l}$ (zomergemiddelde).

Natuurlijke levensgemeenschap

De diversiteit van het fytoplankton is relatief groot (enkele tientallen soorten). Over het jaar treedt dikwijls een opeenvolging op van diatomeeën (voorjaar), groenwieren (zomer) en blauwwieren (nazomer/herfst). Er is van nature geen permanente dominantie van blauwwieren.

De meeste diergroepen zijn in meren en plassen vertegenwoordigd. De volgende diersoorten kunnen met name genoemd worden: visotter, fuut, dodaars, meerkoet, waterhoen, eenden (verschillende soorten), bruine kiekendief, zwarte stern, blauwe reiger, purperreiger, roerdomp, wouwaapje, waterral, porseleinhoen, zangvogels, vissoorten inclusief snoek en baars, vele soorten rotatoren, copepoden en cladoceren (zij het in lage dichtheden) in het plankton, benthische organismen als muggelarven, driehoeksmossels en zwanemossels; kokerjuffers, slakken, kreeftachtigen en bloedzuigers. Vooral in diepe plassen met een goede zuurstofhuishouding kan de bodemfauna rijk ontwikkeld zijn.

Aan de oevers komen hogere waterplanten uit de Fonteinkruidenklasse voor: bies, lisdodde en riet. Op de bodem of in het open water komen voor: fonteinkruiden, waterlelie, gele plomp, waterpest, vederkruid en kranswieren.

Criteria handhaving van het type

Stilstaand of slechts geringe stroming. Voeding met zoet water, door regen, uit ander oppervlaktewater, uit grondwater. Niet droogleggen of volstorten. Oevers niet steil afgraven; niet verder dan 7 à 8 m uitdiepen. Eventueel plaatselijk/incidenteel baggeren en waterplanten verwijderen (bij sterke verlanding).

Criteria abiotisch optimum van het type

Afhankelijk van functie en ligging zoveel mogelijk hydrologische isolatie, mits nutriëntenbelasting ontbreekt. Verlanding slechts tegengaan voor zover overmatig (baggeren, waterplanten verwijderen). Beperkte recreatie en sportvisserij.

Chloridegehalte constant (zoet tot brak, afhankelijk van het subtype). Mesotroof tot matig eutroof. Oligosaproob.

Natuurlijke trajecten voor een aantal parameters:

temperatuur	max.	20 - 25	°C
pH	gem.	7,5 - 8,5	
chloride (Cl^-)	gem.	20 - 80	mg/l
sulfaat (SO_4^{--})	gem.	0 - 40	mg/l
calcium (Ca^{++})	gem.	10 - 30	mg/l
fosfaat (ortho)-P	max.	0 - 0,1	mg/l
nitraat-N	max.	0 - 1	mg/l
zuurstof	min.	6 - 9	mg/l
zuurstof	gem.	8 - 11	mg/l

De natuurlijke trajecten voor meren en plassen die onder invloed van kwel of menging met zeewater brak zijn, liggen voor enkele parameters anders:

chloride (Cl^-)	gem.	100 - 10.000	mg/l
sulfaat (SO_4^{--})	gem.	50 - 200	mg/l
calcium (Ca^{++})	gem.	50 - 80	mg/l

Doen en laten

Hoogste niveau

(natuurlijke oevers, voorzover niet geëxponeerd, met waterplanten uit Fonteinkruidentklasse; chlorofyl-a < 25 µg/l; grote diversiteit in fytoplanktonsoorten; saprobie-indicatie volgens Pantle & Buck < 1,5)

- = geen handelingen die het natuurlijk niveau van hydrologische isolatie verminderen
- = geen zandwinning of onnatuurlijke oeverbescherming
- = slechts bij te sterke verlanding waterplanten verwijderen en/of baggeren
- = geen lozingen
- = beperking nutriëntentoevoer
- = geen uitheemse (graskarpers) of inheemse (pootvis, glasaal) vissoorten of planten uitzetten
- = rust bevorderen, beperken recreatiedruk (inclusief hengelsport en surfen)
- = eventueel actief restaureren (o.a. door verwijderen bodemslib en losse spoelbagger)

Middelste niveau

(half-natuurlijke oevers met begroeiing van riet of biez; chlorofyl-a < 50 µg/l; matig grote diversiteit in fytoplanktonsoorten; saprobie-indicatie volgens Pantle & Buck < 2,0).

- = het natuurlijk niveau van hydrologische isolatie mag slechts in beperkte mate verminderd worden
- = beperking waterstandsfluctuaties
- = geen zandwinning of onnatuurlijke oeverbescherming
- = aangepast beheer: alleen bagge-

- ren, waterplanten maaien en verwijderen, oevers beschermen
- = waar nodig riet- en biezengordels frequent maaien
- = beperkte lozingen, geen bedrijfsmatige
- = nutriëntentoevoer beperken
- = geen uitheemse vissoorten (graskarpers) en planten uitzetten; beperking uitzetten inheemse vissoorten (pootvis, glasaal)
- = geen massale recreatie

Laagste niveau

(chlorofyl-a < 100 µg/l; saprobie-indicatie volgens Pantle & Buck < 2,5)

- = hydrologische isolatie niet noodzakelijk
- = geen beperking waterstandsfluctuaties
- = zandwinning en onnatuurlijke oeverbescherming mogelijk
- = lozingen en nutriëntentoevoer voor zover niet in strijd met standstill, basiskwaliteit (microverontreinigen) en beste uitvoerbare technieken
- = uitzetten van soorten mogelijk
- = beheer gericht op recreatie en andere functies

Overwegingen voor keuze van het niveau

Voor een aantal, hydrologisch geïsoleerd liggende, meren en plassen is het mogelijk het hoogste niveau te halen; het middelste niveau moet daar wel als een minimum beschouwd worden. Voor de overige meren en plassen, die bijvoorbeeld boezem- en scheepvaartfuncties vervullen, zal het hoogste niveau meestal niet haalbaar zijn; het middelste is daarvoor een goed streefniveau. Voor het bereiken van een hoger niveau dan het huidige zal voor sommige meren en plassen een actieve "restauratie" nodig zijn.

7. LITERATUUR

1. Klapwijk, S.P.;
Hydrobiologisch onderzoek naar de uitwerking van het waterkwaliteitsklassensysteem van Caspers en Karbe voor grotere wateren in Zuid-Holland; Leiden, Hoogheemraadschap van Rijnland, 118 p. + bijl, 1982.
2. Hooghart, J.C.;
Waterkwaliteit en waterkwantiteit in het IJsselmeergebied: verslag van de 2^e CHO-studiebijeenkomst, 2 en 3 november 1981; Delft, T.N.O., Commissie voor Hydrologisch

- Onderzoek, Rapporten en nota's nr. 9, 230 p., 1982.
3. Leentvaar, P.;
Resultaten van het hydrobiologisch onderzoek van oppervlaktewater in 1960; Water 47, 16, p. 203-207, 1963.
 4. Gijsen, M.E.A. van, en T.H.L. Claassen;
Integraal Structuurplan Noorden des Lands, landsdelig milieu- onderzoek; deelrapport 2: Biologisch wateronderzoek: macrofyten en macrofauna; Leersum, Rijksinstituut voor Natuurbeheer, 121 p. + bijl., 1978.
 5. Claassen, T.H.L.;
Archiefgegevens en literatuuroverzicht over de waterkwaliteit van Friesland; Leeuwarden, Provinciale Waterstaat van Friesland, 20 p., 1979.
 6. Liere, L. van, et al.;
Loosdrecht Lakes restoration project, an introduction; Verhandlungen der internationalen Vereinigung für theoretische und angewandte Limnologie 22, p. 829-834, 1984.
 7. Brocades Zaalberg, R.W.,
Het ecosysteem van het IJsselmeer, opbouw en bedreigingen; Utrecht, Stichting Natuur en Milieu, 215 p., 1985.

*"La mer était distinctement visible dans un rayon d'un mille
autour du Nautilus. Quel spectacle! Quelle plume le pourrait
décrire!"*

Jules Verne, "Vingt mille lieues sous les mers"

5. BRAKKE EN ZOUTE WATEREN

5.1 Inleiding

De watertypen in deze groep zijn dobben, inlagen, zoute meren, kreken, getijdewateren en de zee. Het gemeenschappelijke kenmerk van deze wateren is het hoge zoutgehalte. De beschrijvingen in de nu volgende hoofdstukken beperken zich echter tot de dobben, kreken en getijdewateren. Van de vier in dit rapport onderscheiden groepen oppervlaktewateren is daarom deze laatste het minst volledig behandeld. Toch geven de beschrijvingen van dobben en kreken, maar met name die van getijdewateren een duidelijk zicht op de grote verschillen die er in fysisch, chemisch en biologisch opzicht zijn tussen zoete en zoute wateren. Het interessante van de dobben en kreken is daarnaast ook de schakering in zoutgehalten en de daarmee gepaard gaande verschillen in levensgemeenschappen.

De meeste wateren uit deze groep zijn van natuurlijke oorsprong, maar een deel ervan heeft, meestal als gevolg van afdamming, drastische veranderingen in zoutgehalte of in waterbeweging ondergaan. Aan de morfologie blijft meestal de natuurlijke oorsprong te herkennen. Als interessant experiment op grote schaal kan het zout houden van de Grevelingen worden gezien. Hiermee is een voor Nederland geheel nieuw type water, het zoute meer, gecreëerd.

Voor wat betreft de zee, die in dit rapport niet verder wordt

behandeld, kan voorlopig verwezen worden naar het waterkwaliteitsplan Noordzee, waarin een beschrijving van de fysische, chemische en biologische kenmerken wordt gegeven (zie ref. 11 in het hoofdstuk **getijdewateren**).

Inlagen zijn gebieden ontstaan door de aanleg van een slaperdijk als extra beveiliging op enige afstand landinwaarts van de bestaande zeedijk. Inlagen bevinden zich langs de dijken van de Zeeuwse eilanden. Voor de aanleg van deze inlaagdijken werd grond gebruikt uit de inlaag zelf, zodat in de inlaag ondiepten overbleven in de vorm van sloten en kleinere en grotere plassen naast meer of minder weidegrond. Het water en land zijn als gevolg van kwel brak tot zeer zout. De watertemperatuur kan in de zomermaanden hoog oplopen. De plassen en sloten kunnen door indamming tijdelijk droog komen te liggen.

Als gevolg van het hoge zoutgehalte is er een karakteristieke brak- of zelfs zoutwaterflora en -fauna aanwezig, met een grote vogelrijkdom. Vele inlagen zijn daarom tot een vogelreservaat verklaard. Het agrarisch gebruik is beperkt tot enige beweiding. In recente tijd is de groei van waterplanten zoals *Ruppia* achteruit gegaan, terwijl daarnaast het water een sterke groei van fytoplankton te zien geeft. Deze recente ontwikkeling in de inlagen moeten worden toegeschreven aan invloed van meststoffen uit omringend hoger gelegen landbouwgrond.

Het verdient aanbeveling, te proberen in de toekomst nog een hoofdstuk over inlagen en een over de zee te schrijven.



Foto 40
Een buitendijkse ringdobbe in Friesland, gemeente Ferwerderadeel.

5.2 Dobben

1. DEFINIËRING

Dobben zijn door de mens aangelegde, relatief kleine, veelal buitendijks gelegen, brakke oppervlaktewateren, die dienen als drenkplaats voor het vee.

2. SUBTYPEN EN VOORBEELDEN

In het buitendijkse gebied van Noord-Friesland (Ferwerderadeel) bevinden zich een vijftigtal dobben. De oudste dateren uit de 19^e eeuw. Deze dobben zijn meestal ovaal of rond van vorm. De grootte varieert van circa 40 m² tot zo'n 2500 m², met een gemiddelde van circa 350 m². De hoogte van de omringende wallen varieert van 0,7 m tot circa 3 m. Het merendeel is tussen de 1,2 m en 1,5 m hoog. Bij zeer hoge waterstanden worden de buitendijkse, langs de kust gelegen dobben niettemin overspoeld met zeewater. Daarnaast worden zij gevoed met regenwater.

Naar het zich laat aanzien zullen de meeste dobben binnenkort binnendijks komen te liggen ('plan B'), waardoor het oorspronkelijk karakter verloren zal gaan. Ter compensatie van dit verlies zijn er plannen om buitendijks enkele nieuwe dobben aan te leggen.

3. FUNCTIONELE KENMERKEN

Drenkplaats: een beperkt aantal dobben is nog als drenkplaats voor het vee in gebruik. Gezien deze gebruiksfunctie wordt zoet water ingebracht wanneer het Cl⁻-gehalte te hoog oploopt en het water bijgevolg ongeschikt dreigt te worden voor het vee. De wal rond de dobbe dient tevens als hoogwatervluchtplaats voor het vee.

Natuurbehoud: de betekenis van brakke dobben voor het natuurbehoud is vergelijkbaar met die van kreken (zie volgend hoofdstuk).

4. FYSISCH EN CHEMISCH KENMERKEN

In het algemeen kan men opmerken dat het chloridegehalte en de wisselingen over de seizoenen (verdamping) kenmerkend zijn. Het water is veelal eutroof tot hypertroof. Zoals in veel brakke wateren is het fosfaatgehalte hoog, doch de gehalten aan N-verbindingen zijn veelal veel lager en dan ook vaak limiterend voor de groei van autotrofe organismen.

Er bestaat een duidelijke relatie tussen het doorzicht van het water en het fosfaatgehalte. Bij een waardering van het doorzicht in drie categorieën (helder, intermediair, troebel) blijkt bij de laagste fosfaat-P gehalten (fosfaat-P < 1,0 mg/l) zo'n 65% van de dobben helder water met een groot doorzicht te bezitten (minder dan 10% troebel water). Vanaf 2,0 mg P/l is het hoogste percentage van de dobben (steeds

meer dan 60%) gevuld met troebel water. Er bestaat een omgekeerde evenredigheid tussen het percentage bedekking door macrofyten en het helder c.q. troebel zijn van het water.

Gezien het feit dat deze wateren relatief ondiep zijn treden er grote wisselingen in temperatuur op. Op ondiepe plaatsen zijn in de zomer temperaturen van 35°C geen uitzondering.

Door de aanwezigheid van veel fytoplankton en macrofyten kunnen de zuurstofpercentages hoog oplopen. In vergelijkbare gemeenschappen zijn waarden variërend van 20% (3 mg/l) tot 190% (20 mg/l) binnen 24 uur waargenomen.

Brak water is in het algemeen hard. Samenhangend hiermee zien we veelal hoge pH waarden. Carbonaat/bicarbonaat evenwichten hangen nauw samen met de pH. In de hier beschreven systemen fluctueren zowel de pH als ook de carbonaat/bicarbonaat gehalten aanzienlijk. Er dient opgemerkt te worden dat een hoge autotrofe biomassa deze fluctuaties aanzienlijk versterkt. Binnen 24 uur zijn pH-fluctuaties van 1,5 niet ongebruikelijk. HCO₃⁻ concentraties liggen in de orde van 500 mg/l. CO₂ en CO₃⁻ wisselen sterk in concentratie al naar gelang de opname van CO₂ door autotrofen. De concentraties van CO₂ en CO₃⁻ liggen vaak tussen de 0 en 50 mg/l.

Er bestaat een duidelijke relatie tussen het gemiddelde chloride-gehalte (x) dat in de zomer in de dobben gevonden wordt (juli-september) en het gemiddelde verschil tussen het maximum en het minimum in deze periode (y) ($y = 0.11x^2 + 0.42$). Wisselingen in het chloride-gehalte hebben grote invloed op de levensgemeenschap. De meeste dobben hebben een gemiddeld chloride-gehalte dat ligt tussen 3 en 8 g/l.

5. BIOLOGISCHE KENMERKEN

Voor de rijkdom van de fauna spelen twee factoren een grote rol: de bedekking van de waterplanten en het zoutgehalte. De eerste faktor is gekoppeld aan het fosfaatgehalte via een relatie met het doorzicht van het water. In tabel 1 wordt een overzicht gegeven van de macrofyten die bij verschillende Cl⁻ gehalten voorkomen.

De soortensamenstelling van de fauna wordt door een aantal factoren bepaald die slechts gedeeltelijk ook rechtstreeks verantwoordelijk zijn voor de samenstelling van de macroflora. De volgende groepen organismen zijn vertegenwoordigd: Coleoptera (18 soorten), Heteroptera (12 soorten), Crustacea (7 soorten), Pisces (2 soorten), Mollusca (4 soorten), Odonata (2 soorten), Hydracarinae (3 soorten) en Hirudinea (1 soort). Het is duidelijk dat de groep der aquatische en semi-aquatische Coleoptera het sterkst vertegenwoordigd is, gevolgd door die der Heteroptera. Voor de eerste groep geldt dat er een duidelijk positieve correlatie bestaat tussen het aantal soorten en de totale bedekking aan aquatische macrofyten.

Tabel 1 Voorkomen van macrofyten in dobben volgens Cl^- gehalte.

	categorieën dobben volgens Cl^- gehalte			
	1.	2.	3.	4.
a.	5 - 6	10 - 11	11 - 12	28
b.	3 - 4	5 - 6	7,4	9,2
c.	2,8	4,2	6,0	6,5
soort				
Potamogeton pectinatus	f	f	f	-
Zannichellia pedunculata	f	f	-	-
Ranunculus baudotii	f	f	-	-
Ceratophyllum submersum	z	-	-	-
Lemna trisulca	z	-	-	-
Lemna gibba	z	-	-	-
Myriophyllum spicatum	z	-	-	-

a. = hoogste maximum Cl^- gehalte (g/l) over juli-september in een groep dobben

b. = gemiddelde van de maxima over juli-september van een groep dobben

c. = gemiddelde van de gemiddelden over juli-september van een groep dobben

f = frequent

z = zeldzaam

Verder is duidelijk dat boven 6 à 7 g/l Cl^- de soortenrijkdom snel afneemt. Het voorkomen van de aquatische Heteroptera hangt ook nauw samen met het Cl^- gehalte en de bedekking door macrofyten. De grootste soortenrijkdom treedt op bij hoge macrofytbedekkingen en Cl^- gehalten tot zo'n 4 à 5 g/l, hoewel de zouttolerantie der afzonderlijke soorten veelal hoger ligt dan 10 à 12 g/l Cl^-).

Mollusken en Hirudinea zijn nauwelijks vertegenwoordigd. Eenerzijds is dit te wijten aan de te hoge (en wisselende) Cl^- gehalten, anderzijds aan de geïsoleerde ligging en het regelmatig uitdrogen van de dobben. Het dynamische karakter van dit soort ecosystemen blijkt duidelijk uit de aanwezigheid van fauna die, hoewel aquatisch, zeer mobiel is.

6. ECOLOGISCHE NORMDOELSTELLINGEN

Natuurlijke levensgemeenschap

De fauna van brakke drinkpoelen (dobben) bestaat voor ca. 90% uit soorten met een brede zouttolerantie en voor ca. 10% uit brakwatersoorten. In totaal kunnen 15 soorten kevers, 8 soorten wantsen en 3 soorten kreeftachtigen ver-

wacht worden in een onaangestaste dobbe. Kenmerkende hogere waterplanten zijn Potamogeton pectinatus, Zannichellia pedunculata, Ranunculus baudotii, Ceratophyllum submersum, Lemna trisulca, L. gibba en Myriophyllum spicatum, in deze volgorde minder voorkomend naarmate het chloridegehalte hoger is. Bedekking van macrofyten in de zomer minimaal 50%.



Foto 41
Zilte waterranonkel (*Ranunculus baudotii*).

Criteria handhaving van het type

Periodiek aanvoer van zeewater (overspoeling) en zoetwater (regen of kunst matig), aarden wal onderhouden, waterplanten verwijderen en uitdiepen (bijv. per 5 jaar).

Criteria abiotisch optimum van het type

Natuurlijke trajecten voor een aantal parameters:

temperatuur	max.	15	-	25	°C
pH	gem.	7	-	8	
chloride (Cl ⁻)	gem.	100	-	10.000	mg/l
sulfaat (SO ₄ ⁻)	gem.	50	-	1.000	mg/l
calcium (Ca ⁺⁺)	gem.	100	-	200	mg/l
fosfaat (ortho)-P	max.		-	1	mg/l
nitraat-N	max.	0	-	1	mg/l
zuurstof *	min.				
zuurstof	gem.	8	-	11	mg/l

*onvoldoende gegevens

Doen en laten

Hoogste niveau	= geen inpoldering omringend land zoals gepland (tracé B) periodiek overspoeling door zee = morfologie en een groot aantal bijeen gelegen dobben handhaven = geen lozingen of diffuse verontreiniging = periodiek zoet water toevoeren = periodiek uitdiepen en vegetatie verwijderen (eens per 5 jaar)
Middelste niveau	= morfologie handhaven = periodiek uitdiepen en vegetatie verwijderen = geen lozingen
Laagste niveau	= morfologie handhaven = lozingen aanvaardbaar, mits niet in strijd met stand-still, basiskwaliteit en beste uitvoerbare technieken

7. LITERATUUR

1. Leentvaar, P.;
Hydrobiologische waarnemingen aan de buitendijkse ringdobben van de Friese Westkust (gem. Ferwerderadeel); Leersum, Rijksinstituut voor Natuurbeheer, Rapport nr. 50906, 7 p., 1975.
2. Jansen Duijghuizen, G., en G. Scheperboer;
Een vergelijkend hydrobiologisch onderzoek aan de ringdobben in Friesland; Nijmegen, Katholieke Universiteit, Laboratorium voor Aquatische Oecologie, Doctoraalverslag nr. 75, 32 p., 1977.
3. Voo, E.E. van der;
Geomorfologie en plantengroei van dobben bij Ureterp (Fr.); 1962.
4. Vierssen, W. van, en J.T.A. Verhoeven;
Plant and animal communities in brackish supra-littoral pools ("dobben") in the northern part of the Netherlands; Hydrobiologia 98, 2, p. 203-221, 1983.
5. Gijssels, A. van;
Dobben in Opsterland; Culturele Raad van Opsterland, 32 p., 1983.
6. Verhoeven, J., e.a.;
Flora en fauna in de brakke ringdobben op de Friese kwelder; Waddenbulletin 13, 3, p. 567-572, 1978.
7. Claassen, T.;
Ringdobben; Waddenbulletin 18, 5, p. 203-206, 1983.

5.3 Kreen

1. DEFINIERING

Kreen zijn resten van zeearmen die door inpoldering binnendijks zijn komen te liggen. Oorspronkelijk was het woord "kreen" de benaming voor die buitendijkse zeearmen. De wateren die in dit hoofdstuk "kreen" worden genoemd zijn eigenlijk "binnendijkse kreekrestanten".

De meeste kreen zijn gelegen in Z.W.-Nederland, vooral in Zeeuwsch-Vlaanderen. Op de Waddeneilanden kunnen de Bol op Texel en het Nieuwlandsreid op Ameland genoemd worden. De ontstaanswijze van de kreen is het kenmerk dat deze wateren van andere oppervlaktewateren onderscheidt. De ontstaanswijze heeft een natuurlijk element (het ontstaan van de zeearm) en een kunstmatig element (de inpoldering). Het natuurlijk element komt vooral in de morfologie tot uitdrukking, terwijl de hydrologie sterk beïnvloed wordt door menselijke ingrepen.

Hoewel de inpoldering ook van invloed is geweest op de morfologie, is in het algemeen de oorspronkelijk langgerekte en grillige vorm van de kreen nog te herkennen. Door het wegvallen van de getijdebeweging neemt de depositie van organisch materiaal toe, waardoor de diepte van de kreek in de loop der tijd afneemt. Ook erosie van de oevers kan een verondieping van de kreen in de hand werken. De meeste kreekrestanten zijn ondiep, afgezien van de recente (bijvoorbeeld Westkapelse Kreek, Kreek bij Veere, Kreen bij Ouwerkerk, Dijkwater).

De ouderdom van een kreek is gelijk aan die van de polder waarin deze is gelegen, en kan aanzienlijk variëren. Van de kreen waarvan de ouderdom bekend is, stammen de oudste uit de 14^e eeuw. Het merendeel is echter niet ouder dan 300-400 jaar.

De kreen liggen in het algemeen beneden NAP en staan daardoor meestal onder invloed van zoute kwel. De kwelintensiteit hangt af van de afstand tot de zee, de doorlatendheid van de bodem en van het waterpeil in de kreek en zijn omgeving. Daar meestal geen wateraanvoer plaatsvindt van elders naar de polder waarin de kreek is gelegen, wordt de hydrologie van de kreek bepaald door het samenspel van kwel, neerslag en verdamping. De mate waarin één der factoren overheerst, is sterk afhankelijk van het seizoen en van de maatregelen waarmee de mens de afwatering beïnvloedt. Daarbij is de plaats van de kreek binnen het afwateringsstelsel mede bepalend voor de verblijftijd van het water. Ligt de kreek aan de periferie van het afwateringsstelsel of geheel geïsoleerd, dan watert een relatief gering oppervlak op of door de kreek af, dan wanneer deze "verder stroomafwaarts" is gelegen.

De bodem van het gebied waar de kreen liggen, bestaat voornamelijk uit jonge zeekleigronden in alle variaties van kleiarm zand tot en met zware klei, voornamelijk Ca-houdend tot Ca-rijk. Ook komt op vele plaatsen veen in de

ondergrond voor, dat plaatselijk aan de oppervlakte komt. De bodem van de kreen zelf bestaat uit zavel of fijn zand met een sterk uiteenlopend gehalte aan humus. Alle bodems zijn kalkrijk en alkalisch en bevatten een hoog gehalte aan uitwisselbaar fosfaat.



Foto 42
De Plaskreek (brak) bij Hoofdplaat in West Zeeuws-Vlaanderen.

2. SUBTYPEN EN VOORBEELDEN

Kreen kunnen aan de hand van meerdere kenmerken ingedeeld worden. De voornaamste zijn:

- Het zoutgehalte (zie tabel 1). De meeste kreen zijn mesohalien of oligohalien. Zeer weinig zijn zoet; deze zijn in Zeeuwsch-Vlaanderen gelegen (bijv. de Zestigvoet Kreek). Enkele kreen zijn polyhalien. De meeste daarvan zijn recent ontstaan (bijv. de kreen bij Ouwerkerk en de Schelphoek).
- De diepte. Er kan een onderscheid gemaakt worden tussen recent ontstane, diepe kreen en oudere, meestal ondiepe kreen. Voorbeelden van recent ontstane, diepe kreen zijn de kreen bij Ouwerkerk (ontstaan in 1953), de kreek bij de Schelphoek (1953), de kreen bij Veere, Westkapelle en Ritthem (1944) en het Dijkwater (1954).
- De plaats van de kreek in het afwateringsstelsel. Er kan een onderscheid gemaakt worden tussen kreen met een geïsoleerde of perifere ligging en kreen, die een wezenlijk onderdeel vormen van het afwateringsstelsel. Voorbeelden van geïsoleerd of perifeer gelegen kreen zijn het Dijkwater, de Zwaakse Weel, Westeindse Weel en Vlaamse Kreek. Voorbeelden van kreen, die een onderdeel vormen van het afwateringsstelsel zijn de kreen bij Veere, de Westerschenge, de Groot Vogel.

Hieronder volgen enige voorbeelden van kreen. Ze zijn zodanig gekozen, dat een zo groot mogelijke variatie van de hierboven genoemde kenmerken aanwezig is. Tevens is een indicatie van de verontreiniging gegeven.

KREKEN

1. Graauwsche kreek : - afwaterend oppervlak 260 maal groter dan de kreek zelf;
- ondiep, oud;
- oligohalien;
- tot najaar 1978 belast met huishoudelijk afvalwater.
2. Zwaakse Weel : - afwaterend oppervlak driemaal groter dan de kreek zelf;
- ondiep, oud;
- oligohalien;
- grote "internal loading".
3. Zestigvoet : - afwaterend oppervlak 30 maal zo groot als de kreek zelf;
- ondiep, oud;
- oligohalien;
- onbelast, afgezien van diffuse bronnen.
4. Westkapelse kreek : - afwaterend oppervlak driemaal kleiner dan de kreek zelf;
- diep, jong;
- mesohalien;
- tot voor kort belast met huishoudelijk afvalwater.
5. Kreek bij Schelphoek : - afwaterend oppervlak ongeveer even groot als de kreek zelf;
- diep, jong;
- polyhalien;
- onbelast.
6. Braakman : - afwaterend oppervlak 34 ('s zomers) tot 146 ('s winters) maal zo groot als het eigen oppervlak;
- diep, jong;
- mesohalien;
- belast door diffuse bronnen en verspreide lozingen, met name in de winter.
7. Oostelijke kreek bij Ouwerkerk : - afwaterend oppervlak 93 maal zo groot als de kreek zelf;
- diep, jong;
- mesohalien;
- belast door diffuse bronnen en versprei de lozingen.
8. Westerschenge : - afwaterend oppervlak 155 maal zo groot als de kreek zelf;
- ondiep, oud;
- oligo-mesohalien;
- belast door diffuse bronnen en versprei de lozingen.

3. FUNCTIONELE KENMERKEN

Viswater: in vele krekken wordt zowel door beroeps- als sportvissers gevisst.

Recreatie: enkele krekken worden ten behoeve van de watersport gebruikt. Vanwege hun landschappelijke waarde vervullen alle krekken een rol in vormen van recreatie die niet op het water zelf plaatsvinden, zoals wandelen en fietsen.

Afwatering: vele krekken zijn opgenomen in het afwateringsstelsel van de polder.

Natuurbehoud: de meeste krekken hebben in bestemmingsplannen de bestemming natuurbehoud. Landschappelijk hebben krekken grote waarde als natuurlijke elementen in een meestal uniform cultuurlandschap. De krekken herbergen een grote variatie aan brakwaterlevensgemeenschappen, die op nationaal en internationaal niveau een zeldzaamheidswaarde hebben. Voor vele vogels (voor namelijk eendachtigen) dienen krekken als rust-, fourageer- en broedgebied. Als natuurlijk element in een cultuurlandschap hebben krekken een reservoïrfunctie. Zie verder paragraaf 5.

Het beheer van de krekken is veelal afgestemd op de afwaterende functie van de krekken. Daar de krekken meestal in landbouwgebieden zijn gelegen is het peilbeheer hierop afgestemd. Slechts in enkele krekken zijn zodanige voorzieningen getroffen, dat een peilbeheer onafhankelijk van het aangrenzende landbouwgebied gevoerd kan worden.

4. FYSISCH EN CHEMISCH KENMERKEN

Van oorsprong zijn alle krekken met zeewater gevuld geweest, maar door het verbreken van het contact met de zee daalde het zoutgehalte tot een niveau dat door samenspel van zoute kwel en neerslagoverschot bepaald wordt. Dientengevolge daalt het zoutgehalte in de winter en stijgt het weer in de zomer. De meeste krekken zijn mesohalien of oligohalien (zie tabel 1). Zeer weinige zijn zoet, terwijl enkele krekken polyhalien zijn. Het merendeel van de oligohaliene is in Zeeuwsch-Vlaanderen gelegen.

Naarmate de kreek dieper is en het afwateringsgebied kleiner, is het chloridegehalte stabiel, evenals dat van K^+ en Na^+ . In ondiepe krekken en krekken die een onderdeel vormen van het afwateringsstelsel zijn de schommelingen van Cl^- , K^+ en Na^+ zeer groot, met maxima in de zomer of nazomer en minima in de winter. De krekken zijn in het algemeen rijk aan K^+ , Ca^{++} , Na^+ en Mg^{++} . De concentraties vertonen een zekere correlatie met het zoutgehalte. Verdonschot (ref. 20) meldt Ca^{++} -gehalten, variërend van 102 tot 694 mg/l met een mediane waarde van 266 mg/l. Door de Paul et al. (ref. 14) zijn in Zeeuwsch-Vlaanderen de volgende waarden gemeten (mg/l):

	min.	max.	mediaan
Ca^{++}	25,9	338,7	145
Mg^{++}	16,5	287,3	85,5
K^+	10,3	414	41
Na^+	84,6	2640	543

Het brakke binnenwater wijkt qua samenstelling af van verdund zeewater. Brak binnenwater bevat vooral relatief meer Ca^{++} , maar ook relatief meer K^+ , Mg^{++} en SO_4^{--} .

Het zoute kwelwater treedt aan de oppervlakte via vaak zeer voedselrijke veen- en kleilagen. Het bevat dan ook in vele gevallen zeer hoge P- en N- concentraties (bijv. 5 mg/l P_{tot} en 25 mg/l N_{tot}), zodat de nutriëntenbelasting zeer hoog is. Het P_{tot} -gehalte is hoog (1 mg P/l is geen uitzondering) en dikwijls gecorreleerd met het zoutgehalte, het-

Tabel 1 De indeling van een aantal krekken naar zoutgehalte en ligging, gebaseerd op gegevens van De Munck et al (ref. 11).

	zoutgehalte (mg Cl ⁻ /l)							Totaal
	300 - 3.000	300 - 10.000	300 - 10.000	3.000 - 10.000	3.000 - 16.500	10.000 - 16.500	300 - 16.500	
Zeeuwsch-Vlaanderen	2	10	7		1			20
Walcheren			1	2	2			5
Zuid-Beveland		2	3	1	1			7
Noord-Beveland							1	1
Tholen en St. Philipsland			1		1			2
Schouwen-Duiveland			1	3		2		6
Goeree-Overflakkee			2		2			4
Totaal	2	12	15	6	7	2	1	45

geen er op wijst dat de P-belasting voornamelijk uit het kwelwater afkomstig is. De P_{TOT} -concentratie is dan ook in de zomer hoger dan in de winter. Het stikstofgehalte vertoont geen correlatie met het zoutgehalte. De N/P-verhouding van het kwelwater en daardoor in het algemeen ook van het water in de krekken is veel lager dan 10. Dit heeft als gevolg dat de primaire produktie eerder door N dan door P beperkt wordt. De nitraatconcentraties in de zomer zijn dan ook in de regel laag (< 1 mg/l nitraat-N).

Ten gevolge van de zoute kwel of het nog aanwezige zee-water is in veel diepe krekken een permanente, chemische stratificatie aanwezig. Het permanente hypolimnion, ofwel monimolimnion, is anaeroob en kan zeer hoge concentraties H_2S bevatten. In de kreek bij Ritthem werd een concentratie van 630 mg S^{2-} /l gemeten.

Daar de krekken als type een deels kunstmatige ontstaanswijze hebben, kan hier geen beschrijving van de natuurlijke toestand in de eigenlijke zin van het woord gegeven worden. De hydrologie en daarmee onder andere de zout- en nutriëntenbelasting wordt sterk beïnvloed door het gevoerde beheer (peil, wel of geen deel van het afwateringssysteem). Elke vorm van beheer heeft zijn eigen "natuurlijke" toestand, namelijk een toestand, waarbij het kwantiteits- en peilbeheer als een gegeven, als een randvoorwaarde voor het ecosysteem kreek worden beschouwd.

5. BIOLOGISCHE KENMERKEN

Systeemkenmerken

Uit veel onderzoek, vooral van de macrofauna, is komen vast te staan, dat het zoutgehalte de sterkst discriminerende milieufactor is. Daarnaast speelt de geografische ligging een rol. Wateren in Zeeuwsch-Vlaanderen bevatten relatief meer (zoete) soorten dan vergelijkbare wateren op de (geïsoleerde) eilanden. Daar het zoutgehalte de dominerende milieu-

faktor is, kunnen in het algemeen geen voor krekken kenmerkende soorten genoemd worden, maar wel voor binnenwater met een bepaalde mate van brakheid. Het hiernavolgende overzicht betreft dan ook de brakke binnenwateren in het algemeen.

De in het brakke binnenwater voorkomende organismen kunnen onderverdeeld worden in drie hoofdgroepen:

1. limnische organismen, die in meer of mindere mate een hoger zoutgehalte dan ca. 0,3 g/l Cl kunnen verdragen;
2. mariene organismen, die in meer of mindere mate een lager zoutgehalte dan 16,5 g/l Cl kunnen verdragen;
3. brakwaterorganismen, die hun optimum in het brakke water hebben.

Het aantal mariene en brakwaterorganismen neemt af met afnemend mediaan chloridegehalte, het aantal limnische organismen met toenemend mediaan chloridegehalte. Grote fluctuaties van het chloridegehalte hebben eveneens een afname van limnische en mariene soorten ten gevolge. Het brakke binnen water is relatief erg soortenarm.

Soortensamenstelling

FYTOPLANKTON

Slechts weinig onderzoek is verricht naar de samenstelling van het fytoplankton. De Pauw et al. (ref. 14) namen een afname van het aantal blauw- en groenalgen en een toename van kiezelwieren waar van licht brak naar zout water. De samenstelling wordt evenals bij de macrofauna bepaald door het zoutgehalte, zij het in mindere mate. Het meest komt de brakheid tot uiting in de samenstelling van de diatomeënfloora. Karakteristiek is ook dat Desmidiaceae praktisch ontbreken.

ZOOPLANKTON

Ook naar de verspreiding van zoöplankton is weinig onderzoek gedaan. De Pauw et al. (ref. 14) stelden een teruggang van Cladocera en een toename van Copepoda met

Tabel 2 Fauna van 19 brakke krekens en inlagen (naar Heerebout, ref. 31).

	Kreek Schelphoek	Inlaag 1953 Ouwerkerk	Kreek Westkapelle	Dijkwater	Grote Kreek Nollebos	Bij brug Nollebos	Kreek Rammekens	Oost-Flauwersinlaag	Suzanna inlaag	Tertluchtse Weel	Kreek Quarlespolder	Kaaskenswater	Kreek Oosterland	Oosterschinge	Kreek Veere	Fortgracht Rammekens	Westende Weel	Nollebos vuile plas	Polderhuis Borssele
Mariene soorten:																			
<i>Elminius modestus</i> Darwin	+																		
<i>Gammarus locusta</i> L.		+																	
<i>Palaemon adspersus</i> Ratki			+																
<i>Palaemon elegans</i> Ratki			+																
<i>Metridium senile</i> (L.)	+	+																	
<i>Nereis virens</i> Sars			+																
<i>Arenicola marina</i> (L.)	+																		
<i>Hydrobia ulvea</i> (Pennant)	+	+																	
<i>Littorina littorea</i> (L.)	+																		
<i>Barentsia gracilis</i> (Sars)	+	+																	
<i>Bowerbankia gracilis</i> Leidy	+	+																	
<i>Carcinus maenas</i> (L.)	+																		
<i>Diadumene concta</i> Steph.				+															
<i>Pleuronectes flesus</i> L.	+	+	+	+															
<i>Gobius microps</i> Kroyer	+	+	+	+	+	+													
<i>Mya arenaria</i> L.	+	+	+	+	+	+	+	+											
<i>Melita palmata</i> (Mont.)				+	+	+	+												
<i>Mytilus edulis</i> (L.)	+																		
Brakwatersoorten:																			
<i>Sphaeroma rugicauda</i> Leach	+			+															
<i>Conopeum seurati</i> (Canu)	+	+	+	+	+	+	+												
<i>Cardium lamarcki</i> Reeve	+	+	+	+	+	+	+												
<i>Laomedea loveni</i> Allman	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+									
<i>Idotea chelipes</i> (Pallas)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+								
<i>Hydrobia stagnorum</i> (Gmelin)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+							
<i>Jaera albifrons</i> Leach	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+									
<i>Sphaeroma hookeri</i> Leach				+	+	+	+			+	+	+	+	+	+	+	+		
<i>Gammarus salinus</i> Spooner				+															
<i>Neomysis integer</i> (Leach)	+	+	+	+				+				+	+					+	
<i>Electra crustulenta</i> (Pallas)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
<i>Palaemonetes varians</i> (Leach)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
<i>Nereis diversicolor</i> O.F. Muller	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+			+	
<i>Gammarus zaddachi</i> Sexton	+	+	+	+	+	+	+			+	+	+	+	+		+		+	
<i>Gammarus duebeni</i> Liljeborg	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

toenemend zoutgehalte vast. De Ridder (ref. 32) noemt als typische brakwatermacrofauna: *Ascomorpha saltans*, *Brachionus plicatilis*, *Keratella eichwaldi*, *Notholca striata*, *Colurella dicentra* en *Testudinella clypeata*.

MACROFAUNA

Tabel 2 geeft een overzicht van het voorkomen van mariene en brakwater macrofaunasoorten in enkele krekens, welen en inlagen. Tabel 3 geeft een lijst van indicatorsoorten waar met behulp van clusteranalyse een groep zout en een groep brak kon worden onderscheiden. De grens tussen deze twee hoofdclusters ligt ongeveer bij 2,8 g/l Cl⁻. Tabel 4 geeft een overzicht van soorten die indicatief zijn voor verbanden met zoet resp. marien milieu. In tabel 5 is een overzicht gegeven van de verspreiding van oligochaeten in relatie tot het zoutgehalte. De chironomidengemeenschappen van de binnendijkse wateren zijn verdeeld in 6 groepen (ref. 29). Met toenemend zoutgehalte neemt het aantal soor-

ten af. Kenmerkende zouttolerante zoetwatersoorten zijn: *Chironomus piger*, *Glyptotendipes barbipes* en *Cricotopus ornatus*. Echte brakwatersoorten zijn: *Chironomus halophilus*, *Chironomus salinarius*, *Holocladus varians* en *Microchironomus deribal*.

MACROFYTEN

Het brakke binnenwater is arm aan waterplantensoorten. In vele oppervlaktewateren ontbreken met name submerse waterplanten. De laatste decennia is een sterke achteruitgang van deze planten waar te nemen samengaan met een sterke overheersing van het fytoplankton. De door Den Hartog (ref. 28) aangetroffen soorten zijn vermeld in tabel 6.

Verhoeven (refs. 23, 24 en 25) en Van Vierssen (refs. 26 en 27) bestudeerden een groot aantal brakke wateren in West Europa. Er werd een classificatie gemaakt op basis van zo-

Tabel 3 Indicatorsoorten van zoete en brakke groepen monsterplaatsen (naar Weeber, ref. 30).

brakke cluster		zoete cluster	
Palemonetes varians		Asellus aquaticus	x
Gammarus duebeni		Watervlooien (Calyptomera)	
Gammarus zaddachi			
Corophium sp.	x	Laccophilus minutus	x
		Hydroporus palustris	
Nereis diversicolor	x	Hydroporus nigrita	x
		Hygrotus inaequalis	x
Chironomus salinarius	x	Agabus bipustulatus	x
		Anacaena globulus	
Enochrus halophilus		Anacaena limbata	
		Ochthebius minimus	
		Laccobius minut./bipunctat.	
		Helochaetes lividus	
		Hydrobius fuscipes	
		Haliphus lineatocollis	
		Haliphus cf. ruficollis	
		Hydroporinae larven	x
		Ilybius sp.-larven	x
		Chironomus piger	
		Psectrotanipus varius	x
		Glyptotendipes barbipes	
		Chironomus annularius	
		Cricotopus sylvestris	
		Radix peregra	
		Stagnicola	x
		Planorbis planorbis	x
		Anisus vortex	x
		Corixa punctata	x
		Sigara striata	
		Nepa rubra	x
		Plea leachi	x
		Cloeon dipterum	x
		Padden (Bufo)	x

x = zeer goede indicatorsoort (komt uitsluitend in één van beide clusters voor)

Tabel 4 Soorten indicatief voor verbindingen met respectievelijk zoete en mariene milieus (naar van Vierssen, ref. 27).

Verbindingen met	
zoete milieus	mariene milieus
Helophorus aquaticus	Platichthys flesus
Helophorus brevipalpus	Mytilus edulis
Hydrobius fuscipes	Mya arenaria
Haliphus lineatocollis	Carcinus maenas
Gyrinus caspius	Crangon crangon
Lymnaea peregra	Assiminea grayana
Sigara lateralis	
Corixa punctata	
Sigara striata	
Sigara stagnalis	
Cricotopus ornatus	
Chironomus halophilus	

wel de waterplanten als ook op basis van de aanwezige fauna. Wat betreft de Nederlandse situatie kan het volgende opgemerkt worden. De morfologie van het habitattype heeft

weinig invloed op de vegetatie. Het chloridegehalte is de meest dominante faktor. Daarnaast kan gesteld worden dat de Ca/Mg en de K/Mg verhouding van het water aan bepaalde criteria moeten voldoen. De vegetaties in brakwaterkreeken kunnen als volgt worden beschreven voor de Nederlandse situatie:

1. Gemeenschap van Zannichellia pedunculata Rchb.(dominant), Potamogeton pectinatus, Ranunculus baudotii, Myriophyllum spicatum, Callitriche obtusangula Le Gall., Lemna gibba en Lemna trisulca. Het maximum Cl^- gehalte bedraagt ca 1000 mg/l, en het minimum ca 700 mg/l.
2. Gemeenschap van Zannichellia pedunculata Rchb., Potamogeton pusillus, Potamogeton pectinatus, Lemna gibba en Lemna trisulca. Het maximum Cl^- gehalte bedraagt ca 5000 mg/l, en het minimum ca 700 mg/l.
3. Gemeenschappen met Ruppia maritima var. maritima, Zannichellia pedunculata, Potamogeton pectinatus. Cl^-

gehalte fluctueert in één seizoen tot zo'n 4 g/l. De maxima liggen rond de 5 à 6 g/l. Het jaargemiddelde (maandelijks waarnemingen) bedraagt 3 - 3,5 g/l Cl^- .

4. Gemeenschappen met *Ruppia maritima* var. *maritima*, *Potamogeton pectinatus* en *Ruppia cirrhosa*. Cl^- gehalte fluctueert en bereikt waarden tussen 8 en 15 g/l Cl^- .
5. Gemeenschappen met alleen *Ruppia maritima* var. *maritima*. Relatief laag Cl^- gehalte doch hoge maxima (tot 14 g/l).
6. Gemeenschappen met *Ruppia cirrhosa* en *Potamogeton pectinatus* in permanente wateren met een maximum Cl^- gehalte van 15 g/l en relatief hoge minima (> 5 g/l).

7. Gemeenschappen met *Ruppia cirrhosa*, *Chaetomorpha linum* en *Ulva lactuca* in permanente wateren met een maximum Cl^- gehalte tussen 12 en 20 g/l.

8. Gemeenschappen met alleen *Ruppia cirrhosa* in grote hoeveelheden in water met een maximum Cl^- gehalte boven 20 g/l dat tevens wisselt.

De gemeenschappen 3 t/m 5 worden tot het *Ruppium maritima* (Iversen 1934, non Béquinot 1941) gerekend. Gemeenschappen 4 t/m 6 tot het *Ruppium cirrhosa* (Iversen 1934). Beide groepen van gemeenschappen behoren tot het *Ruppium* verbond (klasse der *Ruppia* J. Tüxen, 1960).

Tabel 5 Verspreiding van enkele Oligochaeta in relatie tot fluctuaties in het zoutgehalte en het mediane zoutgehalte (naar Verdonschot, ref. 20).

Soorten	Zoutgehalte (g/l Cl^-)															tot
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
<i>Limnodrilus claparédianus</i>	—															
L. hoffmeisteri	—															
L. profundicola	—															
L. udekemianus	—															
<i>Peloscolex benedeni</i>															..	25
<i>Potamogeton bavaricus</i>	—															
P. hammoniensis	—															
<i>Tubifex costatus</i>															..	39
T. tubifex	—															
T. pseudogaster															..	25
<i>Amphichaeta sannio</i>																19
<i>Chaetosaster diaphanus</i>	—															
C. diastrophus	—															
<i>Nais barbata</i>	—															
N. communis	—															
N. elinguis																19
N. variabilis	—															
N. sp.	—															
<i>Paranais litoralis</i>															..	39
<i>Pristina bilobata</i>	—															
<i>Stylaria lacustris</i>	—															
<i>Uncinialis uncinata</i>	—															
<i>Eiseniella tetraedra</i>	—															
<i>Lumbriculus variegatus</i>	—															

----- = mediaan zoutgehalte

..... = fluktuaties in het zoutgehalte

Een overzicht van de waterplantengemeenschappen in relatie tot het zoutgehalte, de Ca/Mg en de K/Mg verhouding wordt gegeven tabel 7.

Tabel 6 Overzicht van de waterplanten in Zeeland (naar Den Hartog, ref. 5).

Zoutmijdende zoetwatersoorten

In de duinstrook en andere zoete enclaven:
Polygonum amphibium, *Potamogeton berchtoldii*,
Lemna gibba.

Alleen in de duinstrook:
Potamogeton natans, *P. crispus*, *Spirodela polyrrhiza*,
Wolffia arrhiza.

Door de mens geïmporteerd:
Eleodea canadensis, *Ranunculus aquatilis*, *Nymphoides peltata*, *Nymphaea alba*.

Zouttolerante zoetwatersoorten

Ubiquisten:
Potamogeton pectinatus, *Myriophyllum spicatum*,
Lemna minor, *L. trisulca*.

Maritieme soorten:
Callitriche obtusangula, *Ranunculus baudotii*, *Ceratophyllum submersum*, *Zannichellia pedunculata*.

Brakwatersoort

Ruppia spiralis



Foto 43
Kluut (*Recurvirostra avosetta*).

Relatie tussen de waterplantengemeenschap en de macrofauna, kwalitatieve aspecten

WATERPLANTENGEMEENSCHAP 1 EN 2

Voor de verschillende diergroepen kan het volgende als globale indicatie gelden.

Coleoptera: het totaal aan te treffen aantal soorten kan tot zo'n 40 oplopen. Het aantal soorten dat met een grotere frequentie dan 50% in dit soort gemeenschappen voorkomt is vaak groter dan 7. Tussen 25% en 50% gaat het om zo'n 12 soorten. De rest komt met een frequentie lager dan 25% procent voor. Soorten uit de hoogste frequentieklasse zijn: *Hygrotus inequalis*, *Laccobius minutus*, *Helophorus aquaticus*, *Helophorus brevipalpus*, *Hydrobius fuscipes*, *Halplus apicalis*, *Hydroporus planus*, *Hydroporus palustris*, *Laccophilus minutus* en *Noterus crassicornis*.

Heteroptera: totaal aan te treffen aantal soorten kan tot zo'n 20 oplopen. Met frequentie van meer dan 50% zijn aan te treffen: *Sigara lateralis*, *Sigara striata*, *Corixa punctata* en *Sigara stagnalis*.

Mollusca: totaal aan te treffen aantal soorten kan oplopen tot zo'n 15. Karakteristieke soorten zijn *Lymnaea peregra*, *Planorbis planorbis* en *Lymnaea palustris*. Het gemiddelde aantal soorten mollusken bedraagt 6, waarbij *Potamopyrgus jenkinsi*, *Armiger crista*, *Bithynia tentaculata*, *Gyraulus albus* en *Physa fontinalis* regelmatig voorkomen.

Van de overige soorten die voorkomen kan opgemerkt worden dat de vissen *Pungitius pungitius*, *Gasterosteus aculeatus* en *Anguilla anguilla* zeer frequent in grote aantallen aanwezig zijn. Bovendien komen de gammariden *Gammarus zaddachi* en *Gammarus duebeni* zeer frequent voor.

Het totaal aantal diersoorten in een habitattype met bovenbeschreven waterplantenvegetaties bedraagt minimaal 15 en maximaal ca. 70.

WATERPLANTENGEMEENSCHAP 3 T/M 8

Het aantal soorten van de overige, alle tot het Ruppion behorende gemeenschapstypen is relatief laag te noemen. Hoewel het Ruppium *cirrhosae* bij hogere zoutgehaltes voorkomt dan het Ruppium *maritimae*, zien we toch in de eerstgenoemde gemeenschap meer soorten behorende tot de groep der insecten. Dit soort effecten treden op wanneer er vaste verbindingen bestaan tussen brakwatermilieus en zoete wateren waarin insecten domineren. Een constante kolonisatie vindt dan plaats.

De fauna bestaat hoofdzakelijk uit echte brakwaterbewoners. In het Ruppium *cirrhosae* komen bovendien nog een aantal euhaliene mariene organismen voor.

Op een totaal van 59 soorten binnen het Ruppion is 22% aan te merken als euryhaliene zoetwatersoort, 7% als holeuryhalien, 31% als echte brakwatersoort en 41% als euhaliene soort.

Tabel 7 Overzicht van de waterplantengemeenschappen in krekken in relatie tot het zoutgehalte, de Ca/Mg en K/Mg verhouding.

Karakterisering: maximum Cl ⁻ gehalte (mg/l)	Waterplanten- gemeenschap	Molaire verhouding Ca/Mg	Molaire verhouding K/Mg
700 - 1000	Zannichellia pedunculata Potamogeton pectinatus Ranunculus baudotii Myriophyllum spicatum Callitriche obtusangula Lemna gibba Lemna trisulca	1	0,5
700 - 5000	Zannichellia pedunculata Potamogeton pectinatus Potamogeton pusillus Lemna gibba Lemna trisulca	1	0,5
5000 - 10500	Ruppia maritima Zannichellia pedunculata Potamogeton pectinatus	0,8	0,3
10500 - 22000	Ruppia cirrhosa Ruppia maritima Zannichellia pedunculata Potamogeton pectinatus Chaetomorpha linum Ulva lactuca	0,8	0,3

Als karakteristieke soortencombinatie voor het Ruppion kan genoemd worden: *Hydrobia ventrosa* - *Nereis diversicolor* - *Chironomus salinarius* - *Palaemonetes varians*. Aanvullend in meer dan 90% van de monsterpunten: *Corophium volutator* - *Electra crustulenta* - *Tubifex costatus* - *Conopeum seurati*.

Relatie tussen waterplantengemeenschap en de macrofauna, kwantitatieve aspecten.

WATERPLANTENGEMEENSCHAP 1 EN 2

Een minimale massa van de macrofauna uitgedrukt in asvrij drooggewicht is ongeveer 1 à 2 gram/m². Een gemiddelde is 7 à 8 gram/m², terwijl als maximum ca. 25 gram/m² kan gelden. De waarden gelden voor de maand augustus wanneer de biomassa op z'n hoogst is.

Voor de aantallen organismen per m² kan een minimum van zo'n 900 genoemd worden en een maximum van zo'n 23.000. Een gemiddelde hiervoor is ongeveer 10.000.

Relatief belangrijke soortengroepen in de systemen zijn wat betreft de biomassa *Lymnaea peregra* (Mollusca), die in het algemeen zorgen voor een aandeel tussen de 20% en 50% van de totale biomassa en de groep der Chironomidae (aandeel tussen 30% en 40%). Wat betreft de aantallen kan gesteld worden dat de groepen van de Chironomidae, de Mollusca en Oligochaeta minimaal zo'n 60% van de aantallen uitmaken. Om te beoordelen of er kwantitatief (aantallen en biomassa) sprake is van een gelijkmatige verdeling van

de soorten kan gebruik gemaakt worden van de Shannon index H' . Voor genoemde systemen geldt als norm: $1,2 < H'$ biomassa $< 2,7$ en $0,6 < H'$ aantallen $< 2,4$.

WATERPLANTENGEMEENSCHAP 3 T/M 8

Opgemerkt kan worden dat in het algemeen geen correlatie bestaat tussen individuen aantal van de macrofauna en de biomassa van de macrofyten. Slechts enkele soorten komen in grote aantallen voor en leveren ook vaak het grootste aandeel in de totale biomassa. *Nereis diversicolor* en *Tubifex costatus* spelen vaak een belangrijke rol. Ook *Chironomus salinarius* en *Hydrobia ventrosa* zijn belangrijk. Dit zijn echter ook de soorten die in een kenmerkende combinatie altijd voorkomen. De geproduceerde maximale biomassa is hoog te noemen, doch niet veel hoger dan in een productieve sloot. De diversiteit volgens Shannon is erg laag voor de biomassa vergeleken met zoetwater systemen. Dit geldt in vele gevallen ook voor de diversiteit op basis van het aantal organismen.

6. ECOLOGISCHE NORMDOELSTELLINGEN

Natuurlijke levensgemeenschap

Er zijn géén soorten die kenmerkend zijn voor het type kreek: de voorkomende soorten zijn wel kenmerkend voor een bepaald zoutgehalte. Dit geldt zowel voor de macrofyten als voor de macro-evertebraten. In geïsoleerde, diepe krekken onder rechtstreekse invloed van kwel blijft het chlo-

rofygehalte (ondanks het hoge gehalte aan nutriënten van het water) onder 50 µg/l.

In brakke krekken (Cl⁻ tot 1,5 à 3,0 g/l) komen voor: driedoorn- en tiendoornstekelbaars, aal, de kreeftachtige *Asellus aquaticus*, de kevers *Laccobius minutus*, *Hydroporus palustris*, *H. planus* en *Hygrotus inaequalis*, de muggelarven *Chironomus piger*, *C. annularius* en *Glyptotendipes barbipes*, de wantsen *Sigara striata*, *Corixa punctata* en de slak *Planorbis planorbis*. Er komen ondergedoken waterplanten voor: o.a. *Zannichellia*, *Ruppia*.

In zoute krekken (Cl⁻ vanaf 1,5 à 3 g/l) komen voor: driedoorn- en tiendoornstekelbaars, aal, de kreeftachtigen *Gammarus zaddachi*, *G. duebeni*, *Palaemonetes varians* en *Corophium volutator*, de muggelarv *Chironomus salinarius*, de worm *Nereis diversicolor*, het mosdiertje *Electra crustulenta* en ondergedoken waterplanten.

Vlak achter de zeedijken komen dikwijls echte mariene organismen voor die zich binnendijs soms langdurig kunnen handhaven.

Criteria handhaving van het type

Overwegend stilstaand. Geïsoleerd of deel van afwateringsstelsel. Grillige, langgerekte vorm. Zoutgehalte afhankelijk van ligging.

Criteria abiotisch optimum van het type

Eutroof, stikstof limiterende factor. Helder water. Geen optimum voor het zoutgehalte (zoutgehalte bepaalt subtypen).

Natuurlijke trajecten voor een aantal parameters:

temperatuur	max.	20	-	25 °C
pH	gem.	8	-	9
chloride (Cl ⁻)	gem.	100	-	10.000 mg/l
sulfaat (SO ₄ ⁻)	gem.	50	-	200 mg/l
calcium (Ca ⁺)	gem.	50	-	150 mg/l
fosfaat (ortho)-P	max.	-	-	1 mg/l
nitraat-N	max.	0	-	1 mg/l
zuurstof	min.	6	-	9 mg/l
zuurstof	gem.	8	-	11 mg/l

Doen en laten

Hoogste niveau

- = morfologie niet beïnvloeden
- = geen inlaat van gebiedsvreemd water
- = geen lozingen
- = geen diffuse verontreiniging
- = onderhoud waterplanten-vegetaties niet chemisch
- = vissen toelaatbaar (niet uitzetten)
- = geen recreatie

= peilbeheer uitsluitend op het ecologisch belang van de kreek zelf afstemmen

Middelste niveau

- = morfologie niet beïnvloeden
- = beperkte lozingen; geen bedrijfsmatige
- = onderhoud waterplanten-vegetaties niet chemisch
- = vissen toelaatbaar
- = zwemmen in beperkte mate
- = peilbeheer zoveel mogelijk op het ecologisch belang van de kreek zelf afstemmen

Laagste niveau

- = geen beperkingen in beïnvloeding morfologie en hydrologie
- = lozingen voor zover niet in strijd met stand-still, basiskwaliteit (microverontreinigingen) en beste uitvoerbare technieken
- = onderhoud van waterplanten-vegetaties slechts chemisch indien mechanisch onmogelijk is
- = vissen en zwemmen geen bezwaar

Overwegingen voor keuze van het niveau

Krekken zijn enerzijds, qua morfologie, van natuurlijke oorsprong en hebben hier ook nog de kenmerken van, maar zijn anderzijds in veel gevallen opgenomen in het afwateringsstelsel van landbouwgebieden. Daarom kan voor geïsoleerd liggende krekken met geen of een beperkte functie in de afwatering, het hoogste niveau worden nagestreefd en voor de overige krekken in elk geval het middelste niveau.

7. LITERATUUR

1. Bogaards, R.H., J.W. Francke en S. Parma;
Fysisch, chemisch, biologisch en morfometrisch onderzoek in Nederlandse brakwaterplassen; deel 1: De Kreek bij Westkapelle; Yerseke, Delta Instituut voor Hydrobiologisch Onderzoek, Rapporten en verslagen nr. 1978-10, 1978.
2. Bogaards, R.H., J.W. Francke en S. Parma;
Morfometrisch, chemisch en biologisch onderzoek in Nederlandse brakwaterplassen; deel 2: De krekken bij Vlissingen, Rithem en Veere; Yerseke, Delta Instituut voor Hydrobiologisch Onderzoek, Rapporten en verslagen nr. 1981-3, 1981.
3. Boogert, J.J. van den;
Klassificatie van brakke binnenwateren in Zeeland op grond van hun macrofauna; Yerseke, Delta Instituut voor Hydrobiologisch Onderzoek, Studentenverslagen nr. D5-1979, 36 p., 1979.

4. Dumont, H.J., et H. Gysels;
Etude faunistique et écologique sur les criques de la Flandre orientale et le long de l'Escaut: considérations sur leur chimisme, leur faune planktonique et entomologique et malacologique et discussion de leur état biologique actuel; Annales de la société royale zoologique de Belgique 101, p. 157-182, 1979.
5. Hartog, C. den;
Enige brakke binnenwateren op Schouwen; Het Zeepaard 21, 6, p. 94-100, 1961.
6. Heerebout, G.R.;
Hydrobiologie van de brakke kreek Schelp-hoek; De Levende Natuur 72, 12 (december), p. 284-287, 1969.
7. Langeveld, M.J.M.;
De veranderingen in kwel en de invloed daarvan op de soortensamenstelling en diversiteit van de aquatische macrofauna in de Westgeul (Zeeuwsch-Vlaanderen); Yerseke, Delta Instituut voor Hydrobiologisch Onderzoek, Studenten-verslagen nr. D5-1978, 62 p., 1978.
8. Leentvaar, P.;
Planktonwaarnemingen in oude kreken en enige kolken in Zeeuws- Vlaanderen op 29 en 30 augustus 1957; RIVON-rapport, 5 p., 1958.
9. Maas, P.;
De aquatische macrofauna van de Ortheense Kreek; Yerseke, Delta Instituut voor Hydrobiologisch Onderzoek, Studentenverslagen nr. D4-1979, 29 p., 1979.
10. Meel, L. van;
Etudes hydrobiologiques sur les eaux saumâtres de la Belgique; IV: Les criques au nord de la province de Flandre orientale (période 1951-1958); Kon. Belg. Instit. v. Natuurwetenschappen, 58, 1960.
11. Munck, W. de, A.J.J. Sandee en J.M. Verschuure;
Chloridegehalte, peilvariatie en zuurgraad van een aantal binnenwateren in het Deltagebied gedurende de periode 1968-1975; Yerseke, Delta Instituut voor Hydrobiologisch Onderzoek, Rapporten en verslagen nr. 1978-8, 51 p., 1978.
12. Nooren, M.J.;
Ruppia-gemeenschappen in Zeeland: een faunistisch en floristisch onderzoek gedurende lente en zomer 1975; Nijmegen, Katholieke Universiteit, Laboratorium voor Aquatische Oecologie, Doctoraalverslag nr. 47, 44 p., 1977.
13. Parma, S.;
Kreken en welen in Zeeland; Zeeuwsch Nieuws over Natuur, Landschap, Milieu 3, 4, p. 5-10, 1978.
14. Pauw, N. de, e.a.;
Onderzoek naar de waterkwaliteit in Noord- en Zeeuwsch-Vlaanderen; De Gouden Delta 3, p. 50-88, 1977.
15. Peters, A.J.G.P.;
Epiphytische algengemeenschappen op macrophyten in aquatische systemen gedomineerd door Zannichellia palustris L. en Potamogeton pectinatus L. in het Ilperveld (Noord-Holland) en Zeeuws- Vlaanderen; Nijmegen, Katholieke Universiteit, Laboratorium voor Aquatische Oecologie, Doctoraalverslag nr. 83, 65 p. + bijl, 1977.
16. Peters, A.J.G.P.;
Enkele kwantitatieve bepalingen betreffende de macroflora en de macrofauna in aquatische systemen gedomineerd door Zannichellia palustris L. en Potamogeton pectinatus L. in het Ilperveld (Noord-Holland) en Zeeuws- Vlaanderen; Nijmegen, Katholieke Universiteit, Laboratorium voor Aquatische Oecologie, Doctoraalverslag nr. 97, 46 p., 1978.
17. Polderman, P.J.G., en G. van der Velde;
Enige opmerkingen over de Nollekreken bij Vlissingen; Het Zeepaard 30, 6, p. 95-96, 1970.
18. Polderman, P.J.G., en G. van der Velde;
Waarnemingen aan de Nollekreken bij Vlissingen; Het Zeepaard 31, 1, p. 6-9, 1971.
19. Velde, G. van der, en P.J.G. Polderman;
Enige notities over de entomofauna van de Nollekreken bij Vlissingen; Entomologische Berichten 34, p. 126-130, 1974.
20. Verdonshot, P.F.M.;
Aquatische oligochaeta II. Brakke binnenwateren; Yerseke, Delta Instituut voor Hydrobiologisch Onderzoek, Rapporten en verslagen nr. 1980-11, 128 p., 1980.
21. Visscher, H.A.;
Binnendijkse kreekrestanten; Tijdschrift der Koninklijke Nederlandsche Heidemaatschappij 87, p. 26-33, 1976.
22. Wolff, W.J.;
Enige brakke binnenwateren van Walcheren en Zuid-Beveland; Het Zeepaard 26, 4, p. 85-88, 1966.

23. Verhoeven, J.T.A.;
The ecology of *Ruppia* dominated communities in Western Europe; I: Distribution of *Ruppia* representatives in relation to their autecology; Aquatic Botany 6, p. 97-268, 1979.
24. Verhoeven, J.T.A.;
The ecology of *Ruppia* dominated communities in Western Europe; II: Synecological classification: structure and dynamics of the macroflora and macrofauna communities; Aquatic Botany 8, p. 1-85, 1980.
25. Verhoeven, J.T.A.;
The ecology of *Ruppia* dominated communities in Western Europe; III: Aspects of production, consumption and decomposition; Aquatic Botany 8, p. 209-253, 1980.
26. Vierssen, W. van;
The ecology of communities dominated by *Zannichellia* taxa in western Europe; I: Characterization and autecology of the *Zannichellia* taxa; Aquatic Botany 12, p. 103-155, 1982.
27. Vierssen, W. van;
The ecology of communities dominated by *Zannichellia* taxa in western Europe; II: Distribution, synecology and productivity aspects in relation to environmental factors; Aquatic Botany 13, p. 385-483, 1982.
28. Hartog, C. den;
Enige waterplantengemeenschappen in Zeeland; Gorteria, deel 1, p. 155-164, 1963.
29. Moller Pillot, H.K.M., en B. Krebs;
Concept van een overzicht van de oekologie van chironomidelarven in Nederland; 41 p., 1981.
30. Weeber, I.J.;
Typologie van een aantal Zeeuwse binnenwateren, voornamelijk sloten en watergangen, op grond van de soortensamenstelling van hun makrofauna; Yerseke, Delta Instituut voor Hydrobiologisch Onderzoek, Rapporten en verslagen nr. 1979-2, 102 p., 1979.
31. Heerebout, G.R.;
A classification system for isolated brackish inland waters, based on median chlorinity and chlorinity fluctuation; Netherlands Journal of Sea Research 4, 4, p. 494-503, 1970.
32. Ridder, M. de;
Onderzoekingen over Brakwaterrotatoriën; IX: De "Boerekreek" en de "Oostpolderkreek" te St. Jan in Eremo (O.VI.); Biologisch Jaarboek Dodonaea 30, p. 60-69, 1962.

5.6 Getijdewateren

1. DEFINIËRING

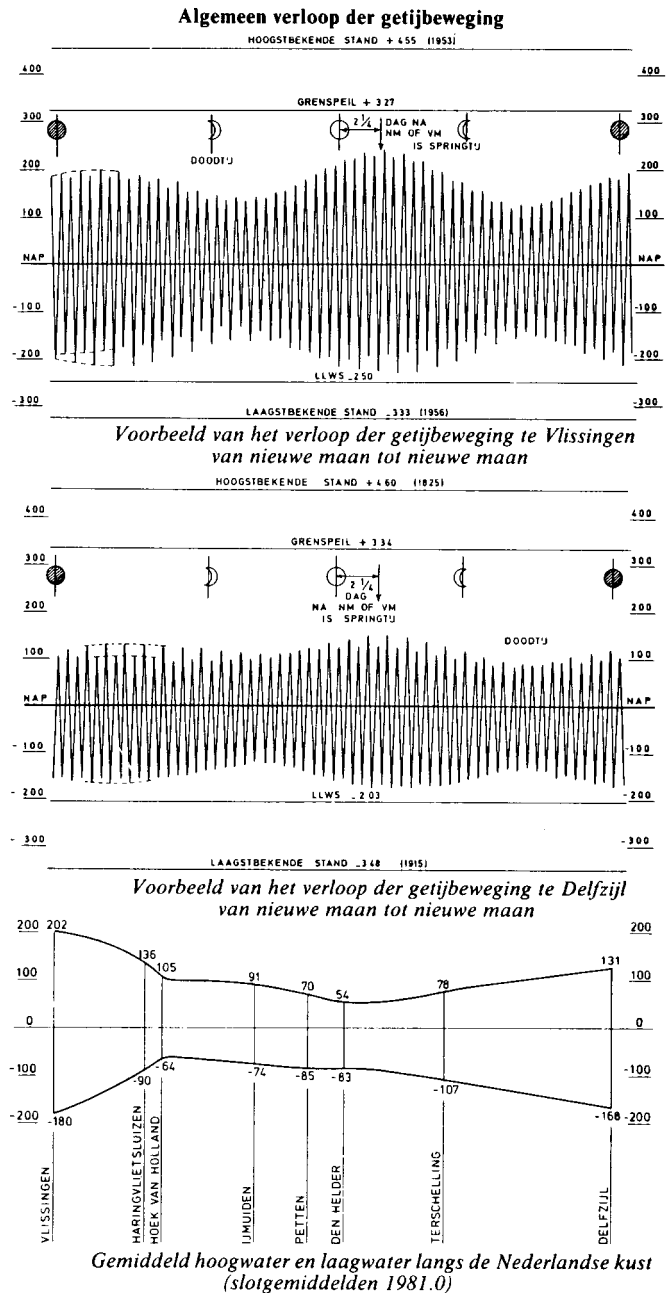
Getijdewateren zijn, zoals de naam aangeeft, de oppervlaktewateren in de overgangszone tussen het land en de zee die onder invloed staan van de twee maal per etmaal op en neer gaande getijdebeweging van de zee. Karakteristiek voor getijdewateren is dan ook het strakke ritme van verticale en horizontale pendelbeweging - dat overigens gesuperponeerd wordt op andere bewegingen die aanwezig kunnen zijn (zie figuur 9). Een veel voorkomende superpositie is die van getijdebeweging op een éénrichtingstroom van een in de zee uitstromende rivier. De resultante van deze bewegingen kan zeer ingewikkeld zijn, mede door de dichtheidsverschillen van zout en zoet water. Dit geldt eveneens voor de invloed van de wind. In het getijdegebied zelf kunnen door de wind aangedreven stromingen optreden. Bij storm kunnen aanzienlijke afwijkingen ontstaan van het gemiddelde eb- en vloedniveau, o.m. door opstuwing van Noordzeewater.

De horizontale getijdebeweging zorgt voor transport van materiaal, waaronder zand, slib, voedsel en organismen, en voor een kenmerkende verblijftijd van watermassa's in een bepaald gebied. De verticale component leidt tot overspoeling van intergetijdegebieden met een bepaalde frequentie en duur. Beide bewegingen zorgen voor stroming en golfslag, en daarmee voor processen als opwerveling en sedimentatie, aangroei en afslag van platen e.d.

Een tweede, van de eerste afgeleide, karakteristiek van getijdewateren is het meestal hoge zoutgehalte. De directe nabijheid van de zee en de menging van de zee en zoet water als gevolg van de getijdebeweging veroorzaakt ook landinwaarts een verhoging van het zoutgehalte. Daarin is overigens wel een grote variatie; er zijn in Nederland zelfs zoete getijdewateren, zoals nu nog de Oude Maas en vroeger de Biesbosch. Het zoutgehalte speelt dan ook in de getijdewateren enerzijds een grote rol bij de subtypologie en is anderzijds door zijn variatie binnen het hoofdtype oorzaak van een, vooral biologisch, geleidelijke overgang naar zoetwatertypen.

Getijdewateren kennen een grote (geo)morfologische verscheidenheid. Voor getijdewateren als groep is er slechts één gemeenschappelijke morfologische karakteristiek: de aanwezigheid van een intergetijdezone. De morfologie speelt voorts een rol bij de verdere onderverdeling. De meeste getijdewateren - ook in Nederland - zijn van natuurlijke oorsprong. Veranderingen in de loop van de tijd treden op als gevolg van geologische processen (bijvoorbeeld relatieve daling of stijging van de zeespiegel). Ook door menselijk handelen treden veranderingen op (bijvoorbeeld bij wateren die aan de getijde-invloed worden onttrokken). De vorm (in drie dimensies) van deze wateren is dikwijls zeer grillig.

Kenmerkend voor de getijdewateren is het overwegend grootschalige karakter vergeleken met het merendeel der



Hieruit blijkt dat langs de Nederlandse kust te Vlissingen het tijverschil het grootst is, het neemt af tot ongeveer bij Den Helder, om daarna tot Delfzijl weer regelmatig toe te nemen.

Figuur 9 Getijbeweging aan de Nederlandse kust (ref. 12).

Nederlandse binnenwateren. Dit heeft ondermeer als consequentie dat de gevolgen van milieuverontreiniging pas laat kenbaar worden, terwijl ongewenste effecten moeilijk zijn te bestrijden. De beheersbaarheid van de getijdewateren, zowel in kwalitatief als in kwantitatief opzicht, vormt een apart probleem.

De ouderdom van de huidige Nederlandse getijdewateren

heeft de orde van grootte van een aantal eeuwen. Er is in de afgelopen 1500 jaar nogal wat veranderd aan de vorm en grootte van de getijdenwateren, samenhangend met dalingen en stijgingen van de zeespiegel ten opzichte van het land. Ook hebben activiteiten van de mens hierbij een ingrijpende rol gespeeld. Door ontwatering en vervening van het achter de oorspronkelijke schoorwallen - die tot het Vlie een vrijwel gesloten kustlijn vormden - gelegen hoogveen is er sedert ca. 1000 jaar een voortdurende daling van het land opgetreden. Dit vormde de basis van vele doorbraken en stormrampen, en daarmee van het ontstaan van een groot areaal aan getijdegebied (Braakman, Dollard, Land van Saeftinge, Markiezaat van Bergen op Zoom, Reimerswaal, Zuiderzee, Biesbosch). De precieze vorm van de huidige getijdewateren is vaak slechts enkele decennia geleden tot stand gekomen (vooral door afsluiting en inpolderingen), terwijl thans in het kader van het Deltaproject nog een aantal werken gaande is dat onder andere resulteert in een meer definitieve vorm van het Oosterscheldebekken.

Het oppervlak getijdegebied is tot op heden gestaag gereduceerd. Tot het begin van deze eeuw was ca. 5500 km² land aangewonnen, waarvan echter in de loop der tijd ook weer 5000 km² verloren was gegaan. In de 20^e eeuw bedraagt de landaanwinning tot nu toe ca. 4500 km². Deze is het resultaat van de volgende afdammingen: Braakman (1952), IJsselmeer (1932), Sloegebied (1949 en 1965), Brielse Maas (1950), Veerse Meer (1961), Brielse Gat (1966), Lauwersmeer (1969), Haringvliet (1970), Biesbosch (1970), Grevelingen (1971), Markiezaat (1983), Krammer-Volkerak en Zoommeer (1987). Deze tendens heeft zijn keerpunt gevonden in de beslissing de Oosterschelde open te houden (1976), hoewel er nog plannen bestaan voor indijkingen, nl. Slufterplan bij Voorne-Putten, Plan Waterman tussen Hoek van Holland en Scheveningen, in de Waddenzee (tracé B) en in de Dollard (Dollarthafen).

De voormalige getijdewateren die nu afgedamd zijn, worden in dit hoofdstuk niet behandeld. Voor zover ze nu zoet zijn worden ze gerekend tot het type **meren en plassen** (zie het betreffende hoofdstuk). De zoute Grevelingen en het brakke Veerse Meer vormen een apart type (zoute meren) dat in dit rapport niet behandeld wordt.

2. SUBTYPEN EN VOORBEELDEN

Op grond van een aantal hydrologische en geomorfologische kenmerken kunnen de Nederlandse getijdewateren nader worden onderscheiden in de estuaria van Zuidwest-Nederland, waddengebied en kustzone. Er zijn verschillende opvattingen over de mogelijkheden van indeling van getijdewateren. Saeijs (ref. 13) gaat bijvoorbeeld in op de verschillende definities van het begrip estuarium. Zelf definieert hij estuaria als gedeeltelijk door land ingesloten getijdewateren met een open verbinding met de zee en met zoetwatertoevoer van het land. Deze wateren staan meer of minder onder getij-invloed en het zoete water dat van het land afstroomt wordt er meetbaar in gemengd.

De *riverdelta-estuarium* van Zuid-West-Nederland zijn (althans van oorsprong) uitmondingen van rivieren in zee. Ze hebben dan ook meestal nog de langgerekte vorm van de rivier, zij het dat de breedte aanzienlijk groter is. De getijdebeweging strekt zich vaak nog uit tot in het zoete gedeelte van de rivier en de hydrologische kenmerken worden, vooral aan de landzijde, sterk bepaald door de éénrichtingsstroom van de rivier. De grote zoetwaterbelasting is kenmerkend voor deze estuaria. De zoetwaterbelasting van de Westerschelde bedraagt gemiddeld 70 m³/s (met een tamelijk grote variatie). Het oppervlak is 32.900 ha waarvan 3.282 ha boven de hoogwaterlijn ligt, terwijl 8.983 ha dagelijks bij eb droogvalt. De Oosterschelde heeft een gereguleerde zoetwaterbelasting van 50 m³/s. Het oppervlak bedraagt thans nog 45.470 ha waarvan ca. 1.500 ha schor-gebied en 17.000 ha intergetijdezone. Na 1986 wordt het totale oppervlak 35.000 ha waarvan 9.400 ha intergetijdegebied. De zoetwaterbelasting van de Nieuwe Waterweg bedraagt 1.500 m³/s. Het oppervlak is 1.000 ha terwijl er bij een getijverschil van gemiddeld 2 m vrijwel geen gebied droogvalt vanwege de strakke oeverconfiguratie. Het Eems-Dollard estuarium heeft een zoetwaterbelasting van 105 m³/s en een oppervlakte van 50.000 ha waarvan gemiddeld 50% droogvalt bij laagwater.

Het *Waddengebied* (de Waddenzee) heeft weliswaar connecties met rivieren (IJssel, via IJsselmeer, andere Rijn-taken via de Noordzee, en Eems) maar verschilt morfologisch en hydrologisch aanzienlijk van de bovengenoemde estuaria: het is een gebied met groot oppervlak dat tot op zekere hoogte van de volle zee is afgeschermd door de Waddeneilanden. De vorm en hydrologie worden, behalve door de getijdebeweging, in hoofdzaak bepaald door het stelsel van geulen, platen en wantijen en de zojuist genoemde zeefachtige verbinding met de volle zee, en niet door uitmondende rivieren. Het totale oppervlak bedraagt 222.600 ha waarvan gemiddeld 60% droogvalt.



Foto 44
De Boschplaat op Terschelling.

Volledigheidshalve worden hier nog gememoreerd het Zwin en de Zwarte Polder in Zeeuwsch-Vlaanderen en de Slufter op Texel. Dit zijn grotendeels tot schor ontwikkelde interge-

tijdengebieden die alleen bij extreem hoogwater worden overspoeld.

3. FUNCTIONELE KENMERKEN

De getijdewateren vormen een open verbinding tussen zee en achterland. Ze hebben van oudsher een belangrijke rol gespeeld als scheepvaartroute. Deze functie is in de Nederlandse economie van eminent belang gebleken. De Nieuwe Waterweg is zelfs voor dit doel gegraven.

Er worden in Westerschelde en Eems-Dollard t.b.v. van de scheepvaart continu op vrij grote schaal onderhoudsbaggerwerkzaamheden uitgevoerd. De Waddenzee en de Oosterschelde hebben voornamelijk een lokale scheepvaartfunctie.

Voor de visserij zijn de getijdewateren op verschillende manieren van belang. Er is vangst op garnalen, met name in de Waddenzee, terwijl er bijv. in de Oosterschelde en in de Waddenzee ook een bescheiden weer-, kuil- en fuikvisserij wordt gepleegd en er visserij plaatsvindt op onder meer platvis en harders. Van belang voor een veel groter gebied is de functie als paaiplaats en vooral "kinderkamer" van meerdere soorten Noordzeevis. De Westerschelde is vooral van belang voor tong, de Oosterschelde voor schol, terwijl bot, kabeljauw en andere in alle deltawateren voorkomen. De Waddenzee is daarnaast nog van belang als groei- en paaigebied voor o.a. haring en kabeljauw. De getijdegebieden die relatief weinig verontreinigd zijn hebben grote betekenis voor de schelpdiercultuur en schaaldierenhandel. De mosselcultuur vindt plaats in Waddenzee en Oosterschelde, met dien verstande dat in de Waddenzee mosselzaad, halfwas en rijpe exemplaren worden gekweekt en opgevisst, terwijl verdere bewerking in de Oosterschelde plaatsvindt. De handel en in samenhang daarmee het verwateren is rond Yerseke geconcentreerd. De oesterteelt vindt plaats in de Grevelingen en in principe in de Oosterschelde voorzover deze vrij is van parasieten. De kreeftenhandel en -opslag vindt bij en in de Oosterschelde plaats. Kokkelvisserij is er in de Waddenzee, in de kustzone (Voorne en Goeree) en in de Oosterschelde. De commerciële schelp- en schaaldierenactiviteiten zijn gebonden aan voedselrijk en schoon water met betrekkelijk hoge, stabiele zoutgehalten. Tenslotte kan worden gemeld dat in de Deltawateren en in de Waddenzee de teelt van vis (zalmachtigen) in kooien in ontwikkeling is.

De recreatie is vrij omvangrijk op de Waddenzee en de Oosterschelde, en komt ook voor bij, op en in de andere getijdewateren - hoewel hier de scheepvaart sterk domineert. De uitgestrekte natuur, het grootschalige karakter en het uitgebreide vogelleven trekt vele natuurliefhebbers aan. Ook voor de watersport zijn de getijdegebieden attractief. In de Oosterschelde is de onderwatersport van belang. Te noemen zijn verder: sportvisserij, oeverrecreatie, wadlopen, pieren spitten en zwemmen.

Delfstoffenwinning vindt vooral plaats in het Waddengebied. Het gaat hier om zand, gas en enige schelpwinning. In verband met delfstofwinning in de getijdegebieden of in de

Noordzee worden diverse off-shore activiteiten uitgevoerd, waarvan het leggen van pijpleidingen de belangrijkste is.

De verontreiniging van met name de estuaria in Zuidwest-Nederland is omvangrijk. Overigens vindt in bijna alle getijdewateren nog steeds op vrij uitgebreide schaal opvang en transport van afvalstoffen plaats. De meeste daarvan zijn afkomstig van lozingen die elders plaatsvinden. Zo zijn de lozingen in de Rijn verantwoordelijk voor een belangrijk deel van de verontreiniging van de Waddenzee (via stromingen langs de kust en via IJssel en IJsselmeer). Op sommige plaatsen vinden in estuaria lozingen van grote omvang plaats (Dollart, Westerschelde, Nieuwe Waterweg). Dit kan leiden tot aanzienlijke verontreiniging, ook van de bodem. De Oosterschelde is vrijwel gevrijwaard van lozingen van afvalstoffen.

Waterhuishoudkundig beheer is vanouds gericht geweest op beveiliging van het achtergelegen land, op afwatering en op verziltingsbestrijding. De functie van de gebieden waar getijdewateren deel van zijn (inclusief het land) heeft geleid tot de aanleg van waterbouwkundige werken, nl. dijken en dammen. Deze functie heeft er voorts toe geleid dat landaanwinningswerken zijn uitgevoerd in de getijdewateren. Gezien recente plannen (zie paragraaf 1) is hieraan nog geen einde gekomen, hoewel er inmiddels sprake is van een restrictief beleid daar de natuurwaarde van de nog overgebleven getijdewateren inmiddels wordt onderkend.

Wateronttrekking ten behoeve van landbouw of drinkwatervoorziening vindt nauwelijks plaats (het hoge zoutgehalte is een belemmering); wel wordt op verschillende plaatsen water onttrokken en weer geloosd voor koeldoeleinden (enige elektriciteitscentrales en enige industrieën).

In het Waddengebied bevinden zich militaire oefenterreinen. Naar de aard van dit gebruik gaat dit met een aanzienlijk ruimtebeslag en met geluidhinder gepaard.

Een belangrijke functie, tenslotte, vervullen de getijdewateren ten behoeve van wetenschappelijk onderzoek.

Het geheel van de functionele aspecten overziend kan men zeggen dat de grootste invloeden vanuit de functies van de getijdewateren op de ecologische structuren en processen betrekking hebben op (1) land-water-scheiding, afdamming e.d., (2) indirecte en directe verontreiniging (met vrij grote variaties) en (3) de risicofactor die het gevolg is van intensieve zeescheepvaart en van olie- en gaswinning en -transport. De invloeden van andere functies zijn meestal van lokale aard, of lopen min of meer parallel met de ecologische belangen (nl. bij de visserijfunctie).

4. FYSISCH EN CHEMISCH KENMERKEN

In paragraaf 1 is al gewezen op de ingewikkelde hydrologie van de meeste getijdewateren. Weliswaar is algemeen het vaste ritme der getijden aanwezig (zie figuur 9), maar de stromingspatronen die zich (in drie dimensies) voordoen bij

opkomend en afgaand getij zijn, in samenhang met stelsels van geulen en ondiepten, zeer grillig. Als gevolg daarvan is er ook een grote ruimtelijke variatie in (sub)biotopen en daarbij behorende levensgemeenschappen (geringe of grotere diepte, wel of niet droogvallen, grote of kleinere stroomsnelheden).

Het meest in het oog springende chemische kenmerk van getijdewateren is het meestal hoge zoutgehalte. Dit (uitgedrukt als chloride) kan variëren van meer dan 17 g/l (euhalien) tot minder dan 0,2 g/l (zoet). Het grootste deel van de getijdewateren heeft een zoutgehalte dat niet beneden 10 g/l komt. Binnen elk estuarium is er een gradiënt van hoog naar laag van zee naar landinwaarts. De brakwaterzone (0,3 tot 7 g/l) pendelt vanwege de horizontale getijbeweging in het estuarium heen en weer; daardoor treden lokaal in deze zone grote zoutfluctuaties op.

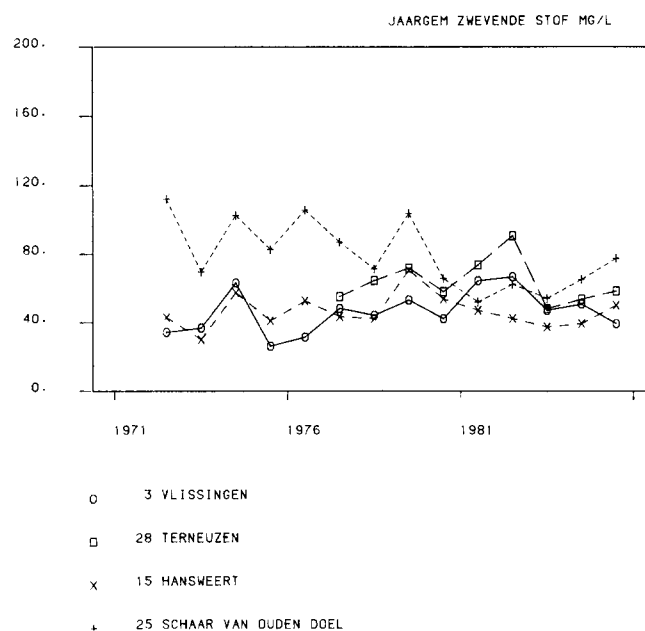
Het hoge zoutgehalte - dat voor het gemak wordt uitgedrukt in chloridegehalte - houdt in : hoge gehalten aan de anionen Cl^- en SO_4^{2-} en aan de kationen Na^+ , K^+ , Ca^{++} en Mg^{++} .

Gegevens over de zoutgehalten in de verschillende gebieden zijn samengevat in tabel 1.

Er is een zeer grote verscheidenheid aan bodems van getijdewateren. Op de eerste plaats zijn er korter of langer droogvallende bodems en steeds onder water blijvende bodems. Op de tweede plaats is de aard van die bodems verschillend: variërend van zuiver zand tot fijn slib of veenachtig materiaal. Van nature komen in Nederlandse getijdewateren geen rotsachtige bodems voor. Op bepaalde plaatsen vindt men ophopingen van dode schelpen of keileem formaties. Voorts is er een ruim areaal aan hard substraat gecreëerd in de vorm van waterbouwkundige werken - dijken, brugpijlers, golfbrekers, pieren. Dit is van belang voor organismen die hieraan specifiek gebonden zijn, zoals zee-anemomen, sponzen en zeewieren.

Het getijdegebied bestaat in hoofdzaak uit **geulen**, die een aanzienlijke diepte kunnen bereiken (tot 60 m in de Westerschelde), waar grote watermassa's zich verplaatsen, met een grove min of meer permanent bewegende bodemstruc-

tuur. Deze worden afgewisseld met **platen** (zandbakken, slikken) die ten dele bij laag water droogvallen en zeer karakteristiek zijn. De platen hebben de grootste verscheidenheid aan bodemmateriaal. Tenslotte zijn er de hoger gelegen delen die minder frequent overspoelen en met een kenmerkende vegetatie zijn bedekt: de **schorren** of **kwelders**.



Figuur 10 Zwevend stof in de Westerschelde.

typerend voor getijdewateren is het vrij grote gehalte aan zwevend materiaal (seston) dat vanuit zee binnen wordt gebracht. Dit bestaat uit algen, bacteriën, dood organisch materiaal (detritus), veenresten, slib en zand. Het verteerbare gedeelte vormt een belangrijk deel van de basis van de voedselketens in deze wateren. Het doorzicht in de rustiger gedeelten (bijv. van de Oosterschelde) kan echter groot zijn. Er treedt met betrekking tot slibgedeeltes zowel een beweging richting zee op (vanuit het zoete water van de rivieren) als een beweging van zeeslib terug richting land.

Tabel 1 Huidige waarden van enige parameters (naar: RIZA-rapporten, o.a. ref. 15).

	WADDENZEE				EEMS—DOLLARD		OOSTERSCHELDE	
	west		oost		buiten	binnen		
saliniteit ‰	30		34-30		34-30	zoet	34 - 30	
zuurstof	mg/l	8,0 - 9,4	7,6	- 8,0	7,6 - 8,0	9,4	7,6	- 8,0
chloride (Cl^-)	g/l	17	17	- 20	17	0,3	15,5	- 20
fosfaat (ortho)-P	mg/l	0,006 - 0,022	0,019	- 0,022	0,022	0,04	0,019	- 0,022
nitraat-N	mg/l	0,18 - 0,70	0,13	- 0,18	0,13	0,70	0,13	- 0,18
silicaat-Si	mg/l	0,7 - 1,1	0,3	- 0,7	0,3 - 0,7	3,9	0,3	- 0,7
DOC	mgC/l	2 - 3	2	- 3	1,5 - 2	2-5	1,5	- 2

Waar in getijdewateren netto sedimentatie optreedt heeft deze vaak betrekking op marien slib.

In estuaria is er uiteraard ook aanvoer van slib van de rivieren. Op de grens van zoet en zout treedt er ophoping en vlokvorming op van seston, zodat de troebelheid daar meestal groot is evenals de zwevend-stofgehalten, zoals blijkt uit fig. 10 voor de Westerschelde.

Er wordt in dit verband op gewezen dat de morfologie van de getijdegebieden zoals die op zeker moment wordt aangetroffen, moet worden beschouwd als resultante van processen als opwerveling en sedimentatie, die zich voortdurend afspelen (zie figuur 11) en die deels onder invloed van menselijke activiteiten staan. Dit is eveneens af te lezen aan de fluctuaties van het sestongehalte.

Over het algemeen kan worden gesteld dat de zwevend-stofgehalten sterk fluctueren. Daarbij wordt nog opgemerkt dat bijv. baggeractiviteiten en zandwinning invloed hebben op de waargenomen gehalten. De Oosterschelde is in de mond troebel en voedselrijk en achterin juist helder en voedselarm. Bij de Waddenzee is dit omgekeerd.

De aanvoer van zwevend materiaal vanuit zee of vanaf het land - en dan vooral het verteerbare gedeelte - is van groot belang voor de voedselvoorziening van vele organismen. De getijdegebieden herbergen hoge dichtheden van verschillende soorten, mede dankzij de aanvoer van materiaal dat van een veel groter aantal areaal afkomstig is. Deze vormen de basis van de verdere voedselketen (vogels, vissen), terwijl er via mineralisatie nutriënten vrijkomen die voor algengroei nodig zijn. Bij deze mineralisatie (o.a. door bacteriën) wordt zuurstof gebruikt. Dit kan bij intensieve mineralisatie, o.a. door toevoer van afbreekbaar materiaal van elders, m.n. in de estuaria, plaatselijk leiden tot zuurstofloosheid, waardoor rottingsprocessen gaan optreden. Overigens vindt men dat ook algemeen in slikkige bodems van intergetijdegebieden.

Verhoogde toevoer van nutriënten (P, N, Si) kan tot algenbloei leiden. Dit doet zich (nog) niet algemeen voor in getijdewateren, waarschijnlijk omdat de factor licht als gevolg van de troebelheid beperkend is voor algengroei. De gehalten aan minerale nutriënten worden enerzijds bepaald door mineralisatie-activiteit in het systeem en anderzijds door toevoer vanuit het achterland, respectievelijk toevoer vanuit zee en afvoer naar zee.

De ontmoeting van zoet en zout water in de estuaria heeft gevolgen voor de binding van zware metalen aan met water, meegevoerd slib: in het zoute milieu worden metalen in meerdere of mindere mate losgemaakt (gemobiliseerd) van de slibdeeltjes.

Onlangs is er een voorstel gereed gekomen betreffende referentiewaarden van fysische en chemische parameters voor de Nederlandse zoute wateren (ref. 5). Een samenvattende tabel daaruit is opgenomen in dit hoofdstuk (tabel 2). Het

betreft waarden die de niet door verontreiniging beïnvloede situatie zoveel mogelijk benaderen.

De mate van verontreiniging van de Nederlandse getijdewateren is zeer verschillend. Het meest verontreinigd zijn de Westerschelde (met name het oostelijk deel), de Nieuwe Waterweg en de Eems-Dollard. Relatief schoon is de Oosterschelde. De Waddenzee ontvangt, als gevolg van een noordelijke stroming in zee langs de Nederlandse kust, indirect een vrij grote hoeveelheid verontreiniging die van de Rijn afkomstig is (vooral de meer persistente verbindingen). In tabel 1 zijn de huidige waarden voor enkele getijdewateren vermeld. Zie ook ref. 15.

In deel IV zijn de natuurlijke trajecten van een aantal parameters weergegeven.

5. BIOLOGISCHE KENMERKEN

De getijdewateren worden gekenmerkt door grote verschillen in abiotische variabelen als morfologie en zoutgehalte. Ze kunnen worden gekenschetst als een in dit opzicht zeer dynamisch milieu, omdat deze abiotische aspecten aan wisselingen onderhevig zijn ten gevolge van de getijdebeweging en de uitstroom vanuit rivieren.

Voor de biologische kenmerken is een onderscheid relevant in geulen, platen en schorren, en in zones met verschillende zoutgehalten, namelijk euhalien, polyhalien, mesohalien en oligohalien.

In de permanent overspoelde delen - **geulen en ondiep-watergebieden** - die direct aan de Noordzee grenzen - het euhaliene milieu - treft men een soortensamenstelling aan die overeenkomt met die in de Noordzee. Het fytoplankton bestaat grotendeels uit kiezelwieren (diatomeeën) zoals *Asterionella glacialis*. Algemeen voorkomende zoöplanktonsoorten zijn *Acartia clausii* en *Temora longicornis*. Voorts kunnen velerlei vissoorten worden aangetroffen zoals haring (*Clupea harengus*) en schol (*Pleuronectes platessa*). Bodemdieren van deze gebieden zijn bijv. kokkels (*Cerastoderma edule*) en wormen als schelpkokerworm (*Lanice conchilega*). Ook komt er meiofauna voor (bodemdieren < 1 mm) bestaand uit velerlei harpacticoide copepoden en nematoden.

De brakke overgangszone (poly- en mesohalien) in de estuaria wordt er vooral door gekenmerkt dat er slechts weinig soorten zijn die zich daar kunnen handhaven. Dit hangt nauw samen met de in deze zone optredende schommelingen in zoutgehalte. Typisch brakwater-planktonsoorten zijn van het zoöplankton: *Tintinnopsis fimbriata* en *Eurytemora affinis* en van fytoplankton de diatomee *Coscinodiscus comutatus*. Te noemen is voorts de brakwatergrondel (*Pomatoschistus microps*).

De **platen** van de getijdewateren zijn gekenmerkt door hoge biomassa's aan bodemdieren. Bekende soorten zijn schelpdieren als kokkel (*Cerastoderma edule*), mossel (*Mytilus edulis*), wadslakje (*Hydrobia ulva*), nonnetje (*Macoma*

Tabel 2 Referentiewaarden Nederlandse zoute wateren (naar: Van Eck, Van 't Sant en Turkstra, ref. 5).

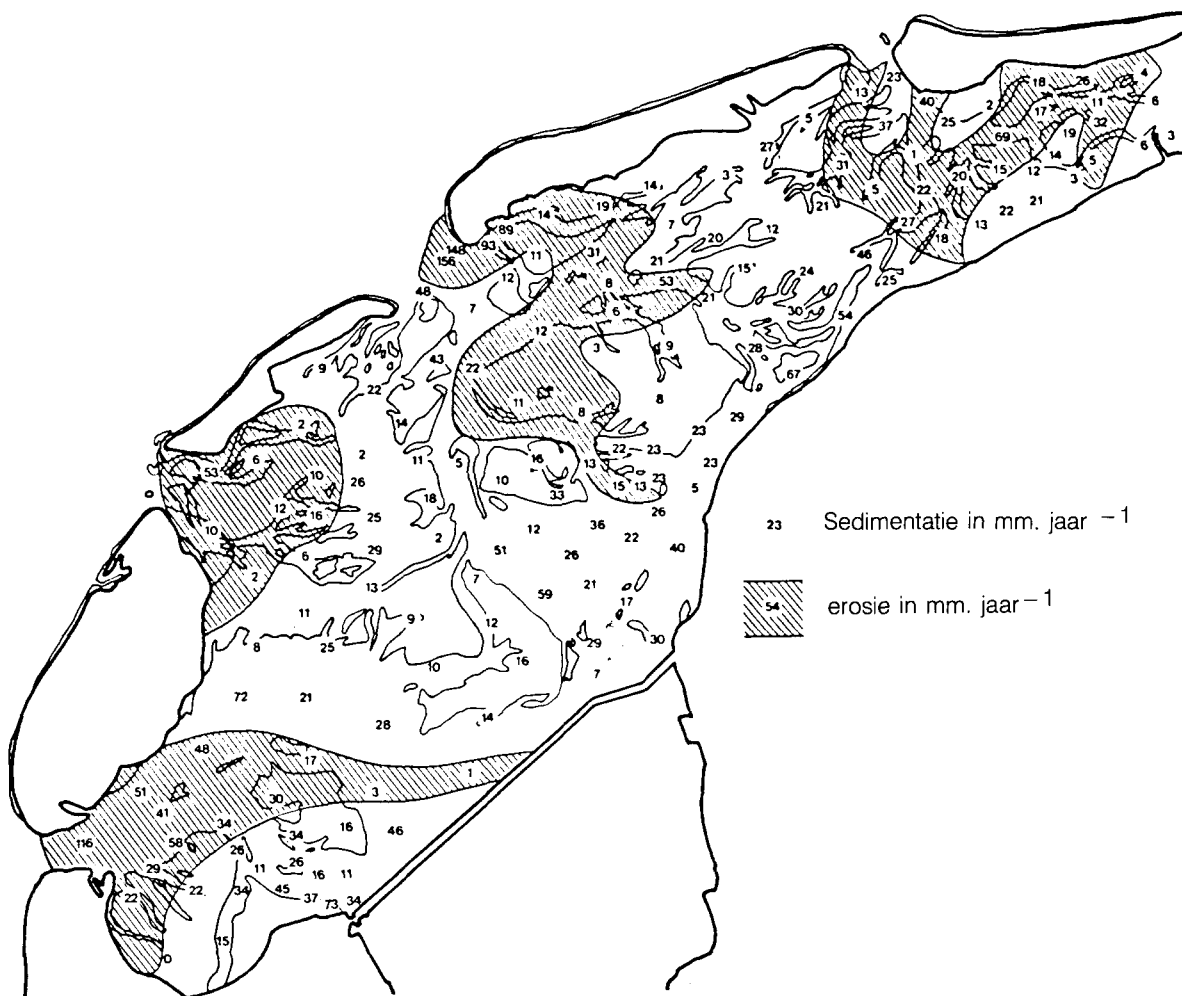
NOORDZEE					
VARIABELEN			saliniteit 34 ‰	saliniteit 34-30 ‰	saliniteit 30-25 ‰
1. Algemeen					
Zuurstof	mgO ₂ /l		7,6	7,6 - 8,0	8,0 - 8,2
Opgelost org. koolstof	mgC/l		1 - 1,5	1,5 - 2	2 - 3
2. Voedingsstoffen					
Ammonium	ugN/l		7	7 - 20	20 - 40
Nitraat + nitriet	ugN/l		125	125 - 200	200 - 300
Orthofosfaat	ugP/l		13	18 - 20	20 - 25
Silicaat	ugSi/l		300	300 - 700	700 - 1300
3. Anorganische microverontreinigingen *)					
Arseen (As)	ug/l		1 - 1,5	1 - 1,5	1 - 1,5
Cadmium (Cd)	ug/l		0,02 - 0,03	0,02 - 0,04	0,02 - 0,05
Chroom (Cr)	ug/l		0,15 - 0,6	0,15 - 0,7	0,2 - 1,0
Koper (Cu)	ug/l		0,2 - 0,4	0,2 - 0,7	0,3 - 1,1
Kwik (Hg)	ng/l		2,5 - 3,5	2,5 - 6,5	3,5 - 10,5
Nikkel (Ni)	ug/l		0,3 - 0,45	0,3 - 0,55	0,35 - 0,70
Lood (Pb)	ug/l		0,025 - 0,035	0,03 - 0,10	0,05 - 0,15
Zink (Zn)	ug/l		0,3 - 0,7	0,35 - 1,75	0,55 - 3,2

WADDENZEE					
VARIABELEN			West.Waddenzee saliniteit 34-10 ‰	Oost.Waddenzee saliniteit 34-30 ‰	Buitengebied saliniteit 34-30 ‰
1. Algemeen					
Zuurstof	mgO ₂ /l		7,6 - 8,7	7,6 - 8,0	7,6 - 8,0
Opgelost org. koolstof	mgC/l		2 - 4	2 - 3	2 - 3
2. Voedingsstoffen					
Ammonium	ugN/l		7 - 90	7 - 20	7 - 20
Nitraat + nitriet	ugN/l		125 - 525	125 - 200	124 - 200
Orthofosfaat	ugP/l		17 - 10	18 - 20	18 - 20
Silicaat	ugSi/l		200 - 850	300 - 700	300 - 700
3. Anorganische microverontreinigingen *)					
Arseen (As)	ug/l		1 - 1,5	1 - 1,5	1 - 1,5
Cadmium (Cd)	ug/l		0,02 - 0,07	0,02 - 0,04	0,02 - 0,04
Chroom (Cr)	ug/l		0,15 - 1,6	0,15 - 0,70	0,15 - 0,70
Koper (Cu)	ug/l		0,2 - 2,2	0,2 - 0,7	0,2 - 0,7
Kwik (Hg)	ng/l		2,5 - 22	2,5 - 6,5	2,5 - 6,5
Nikkel (Ni)	ug/l		0,3 - 1,2	0,3 - 0,55	0,3 - 0,55
Lood (Pb)	ug/l		0,03 - 0,35	0,03 - 0,10	0,03 - 0,10
Zink (Zn)	ug/l		0,35 - 7,25	0,35 - 1,75	0,35 - 1,75

EENS-DOLLARD					
VARIABELEN			Middengebied saliniteit 30-15 ‰	Binnengebied saliniteit 15-0 ‰	
1. Algemeen					
Zuurstof	mgO ₂ /l		8,0 - 8,5	8,5 - 9,2	
Opgelost org. koolstof	mgC/l		3 - 4	4 - 5	
2. Voedingsstoffen					
Ammonium	ugN/l		20 - 75	75 - 125	
Nitraat + nitriet	ugN/l		200 - 450	450 - 700	
Orthofosfaat	ugP/l		20 - 30	30 - 40	
Silicaat	ugSi/l		700 - 2350	2350 - 4000	
3. Anorganische microverontreinigingen *)					
Arseen (As)	ug/l		1 - 1,5	1 - 1,5	
Cadmium (Cd)	ug/l		0,02 - 0,06	0,03 - 0,08	
Chroom (Cr)	ug/l		0,20 - 1,4	0,35 - 2	
Koper (Cu)	ug/l		0,3 - 1,8	0,7 - 0,3	
Kwik (Hg)	ng/l		3,5 - 18	7 - 30	
Nikkel (Ni)	ug/l		0,35 - 1,0	0,4 - 1,5	
Lood (Pb)	ug/l		0,05 - 0,30	0,10 - 0,5	
Zink (Zn)	ug/l		0,55 - 6,0	1,3 - 10	

DELTAGEBIED					
VARIABELEN			Westerschelde saliniteit 34-30 ‰	Oosterschelde saliniteit 34-30 ‰	Grevelingen saliniteit 34-30 ‰
1. Algemeen					
Zuurstof	mgO ₂ /l		7,6 - 8,0	7,6 - 8,0	7,6 - 8,0
Opgelost org. koolstof	mgC/l		2 - 3	2 - 3	2 - 3
2. Voedingsstoffen					
Ammonium	ugN/l		7 - 20	7 - 20	7 - 20
Nitraat + nitriet	ugN/l		125 - 200	125 - 200	125 - 200
Orthofosfaat	ugP/l		18 - 20	18 - 20	18 - 20
Silicaat	ugSi/l		300 - 700	300 - 700	300 - 700
3. Anorganische microverontreinigingen *)					
Arseen (As)	ug/l		1 - 1,5	1 - 1,5	1 - 1,5
Cadmium (Cd)	ug/l		0,02 - 0,04	0,02 - 0,04	0,02 - 0,04
Chroom (Cr)	ug/l		0,15 - 0,7	0,15 - 0,7	0,15 - 0,7
Koper (Cu)	ug/l		0,2 - 0,7	0,02 - 0,7	0,02 - 0,7
Kwik (Hg)	ng/l		2,5 - 6,5	2,5 - 6,5	2,5 - 6,5
Nikkel (Ni)	ug/l		0,3 - 0,55	0,3 - 0,55	0,3 - 0,55
Lood (Pb)	ug/l		0,03 - 0,10	0,03 - 0,10	0,03 - 0,10
Zink (Zn)	ug/l		0,35 - 1,75	0,35 - 1,75	0,35 - 1,75

*) opgelost



Figuur 11 Erosie en sedimentatie in de Waddenzee. De data zijn het resultaat van de vergelijking van echometingen in de jaren 1963-1968 en 1970-1973. In de figuren zijn geen absolute waarden aangegeven. Alleen de gebieden met erosie of sedimentatie zijn aangegeven. (Van der Goes et al., 1980)

balthica), strandgaper (*Mya arenaria*), wormen als wadpier (*Arenicola marina*), zager (*Nereis virens*), wapenworm (*Scoloplos armiger*), kreeftachtigen als noordzeegarnaal (*Cragon crangon*) en strandkrab (*Carcinus maenas*). Tevens komen op de platen dichtbedekte matten van bodemdiatomeeën voor en kunnen zich er zeewieren als zeesla (*Ulva lactuca*) vestigen en hogere planten als zeegras (*Zostera marina*). Platen vormen vanwege de hoge biomassa fourageergebied voor uitgebreide vogelpopulaties zoals van verschillende ganzen (rotgans) en eendensoorten (eidereend, bergeend, smient) en steltlopers (scholekster, strandlopers, plevieren, kluut, wulp, ruiters). Bij hoogwater worden de platen gebruikt als fourageergebied van diverse vissoorten,

met name platvissen als schol en bot, doch ook harder, grondel, e.d.

Naarmate deze intergetijdegebieden meer in het brakke gebied liggen treft men er minder soorten aan. Typische brakwatersoorten van de platen bestaan in feite niet. Wel zijn er enige soorten die minder gevoeligheid vertonen voor de lage en fluctuerende zoutgehalten. Te noemen zijn de zeeduizendpoot (*Nereis diversicolor*), de aasgarnaal (*Neomysis integer*) en - op het schor - het slakje *Assiminea grayana*.

De **schorren of kwelders** zijn de hoger gelegen gebieden die derhalve (veel) minder vaak worden overspoeld. Hoewel

dit milieu meer terrestrisch dan aquatisch is, zijn de karakteristieke zo bepaald door het periodiek optreden van overspoeling dat schorren of kwelders als onlosmakelijk onderdeel van het ecosysteem getijdewater moeten worden beschouwd. Ze worden allereerst gekenmerkt door het voorkomen van een dicht plantendek. De verdeling schorren en slikken dient als een dynamisch geheel te worden gezien: naarmate slikken hoger in de getijdzone (komen te) liggen kan zich vegetatie vormen die de schorvorming inzet, tot er een bepaald evenwicht van sedimentatie en overspoeling tot stand komt.

Voor het zoute schor zijn de volgende planten kenmerkend: slijkgras (*Spartina townsendii*), lamsoor (*Limonium vulgare*), schorrekruid (*Sueda maritima*), zeeaster (*Aster tripolium*), strandkweek (*Elytrichia pungens*) en zeekraal (*Salicornia europaea*). Met betrekking tot het voorkomen van dierlijke organismen kan worden gesteld dat ook hier de aanwezigheid van de vegetatie een belangrijke invloed uitoefent: er zijn met bepaalde planten geassocieerde insecten en het vrijliggende areaal voor bodemdieren is geringer. In de geulen van de schorren komen wel bodemdieren voor doch niet in hoge dichtheden, onder andere het wadslakje (*Hydrobia ulva*). Wel kunnen er op de geulranden hoge dichtheden van jonge bodemdieren worden aangetroffen.

De brakwater-schorgebieden, waarvan het Land van Saeftinge veruit het belangrijkste is, worden gekenmerkt door het voorkomen van een vegetatie die ofwel tolerant is voor lagere zoutgehalten, ofwel bestand is tegen kleinere fluctuaties van het zoutgehalte. Karakteristieke soorten zijn: heemst (*Althaea officinalis*), zilt torkruid (*Oenanthe lachenalii*), zeebies (*Scirpus maritimus*), zilte schijnspurrie (*Spergularia marina*) en selderij (*Apium graveolens*).

Tot slot wordt nog een categorie genoemd die van nature niet in de Nederlandse getijdewateren voorkomt, doch die zonder meer als karakteristiek kan worden aangemerkt, namelijk de soorten van het **harde substraat**. Dit substraat is aangebracht voor dijkbescherming etc. en herbergt een soortenrijke levensgemeenschap bestaande uit onder meer in de intergetijdzone diverse wiersoorten en voorts zeepokken (*Balanus balanoides*) en dieper manteldieren (*Styela clava*, *Ciona intestinalis*), sponzen (*Halichondria panicea*), anemonen (*Metridium senile*).

Het relatief open karakter van getijdewateren kan verder worden geïllustreerd aan de hand van de volgende voorbeelden van **exotische soorten** die zich hier hebben gevestigd (zie ref. 4). Wat de flora betreft is er de enorme uitbreiding van Engels slijkgras (*Spartina anglica*) bekend,



Foto 45
Zeehonden (*Phoca vitulina*) op een zandplaat



Foto 46
Zeekraal (*Salicornia europaea*).

dat na de actieve aanplant in 1925 al snel de naam slijkpēst verwierf. Van recentere datum is de spontane vestiging van Japans bessenwier (*Sargassum muticum*) dat sedert 1980 in de Grevelingen en Oosterschelde voorkomt. Wat betreft fauna is te noemen de Chinese wolhandkrab (*Eriocheir sinensis*) die sedert 1912 de Europese wateren bevolkt, doch slechts voor de voortplanting het (estuairien) getijdewater aandoet. Een obligate zoutwatersoort is het uit Japan afkomstige kruiskwallekje (*Gonionemus vertens*) dat sedert 1976 regelmatig in de Grevelingen wordt waargenomen. Eveneens van Japanse oorsprong is de Japanse oester (*Crassostrea japonica*), die bij wijze van proef in 1964 in de Oosterschelde is geïntroduceerd door de oesterkwekers en zich sindsdien als een voedselconcurrent van de meer gewaardeerde platte oester (*Ostrea edulis*) heeft doen kennen. Van Amerikaanse oorsprong zijn de Amerikaanse boormossel (*Petricola pholadiformis*), de slipper (*Crepidula fornicata*) - beide sedert begin deze eeuw - en de Amerikaanse zwaardschede (*Ensis directus*) die in 1981 voor het eerste werd waargenomen in de Waddenzee (ref. 7). Ook de strandgaper (*Mya arenaria*) is van Noord Amerikaanse herkomst, zij het al sedert 16^e of 17^e eeuw.

Naast een biologische karakteristiek, uitgedrukt als soortensamenstelling, is het van belang de meest in het oog springende **processen** in de ecosystemen van de getijdewateren kort te beschrijven; daarbij kan de invalshoek van de koolstof- en nutriëntenbalans worden gekozen. De primaire produktie door fytoplankton is in de getijdewateren in veel gevallen beperkt door de troebeling van het water die de lichtdoordringing in diepere delen verhindert. Door de getijbeweging is er evenwel veelal een situatie waarbij de algen een vertikaal op en neer gaande beweging vertonen, waardoor ze zich gedurende korte tijd in lichtverzadigde omstandigheden bevinden. Dit resulteert voor sommige gebieden in een hoge bruto primaire produktie van 200-400 g C/m²/jr. Naast het fytoplankton is het microfytobenthos (bodemalgen, vooral op de platen en in de ondiepwatergebieden) een bij uitstek karakteristieke groep voor de getijdewateren. De primaire produktie van microfytobenthos kan waarden bereiken vergelijkbaar met het fytoplankton, dat wil zeggen 200-400 g C/m²/jr. Zie o.a. ref. 3. Met nadruk wordt hierbij opgemerkt dat dit van plaats tot plaats sterk kan verschillen in verband met de verschillende mate van troebelheid. Zo geldt voor de poly- en mesohaliene zone een aanzienlijk lagere waarde omdat juist in deze gebieden waar zoet en zout elkaar ontmoeten een sterke troebeling optreedt als gevolg van de vorming van aggregaten van slib en detritus.

Omtrent de produktie door hogere planten en zeewieren kan worden opgemerkt dat de bijdrage hiervan aan de totale produktie beperkt is doordat de gemiddelde dichtheid relatief gering is. Lokaal echter treedt hoge produktie op van bijv. zeesla.

De secundaire produktie, dat wil zeggen de vorming van biomassa door herbivoren zoals zoöplankton en bodemdieren, is in de getijdewateren opmerkelijk hoog. Dit hangt samen met het feit dat deze niet alleen worden bepaald door de lokale primaire produktie doch ook doordat met name bodemdieren leven van - veelal gesedimenteerd - materiaal dat door de getijdestromen van elders wordt aangevoerd. De vooral op de platen zeer hoge dichtheden aan bodemdieren zijn hierdoor bepaald. Suspensie-eters zoals mosselen, die leven van materiaal in de waterkolom, zetten bij dichtheden van honderden grammen drooggewicht/m² enorme hoeveelheden materiaal om. Andere - min of meer - herbivore bodemdieren die leven van het materiaal in de bodem (sedimenteters) zetten eveneens veel materiaal om en zorgen voor interactie van de bovenste bodemlaag en het bovenstaande water (bioturbatie). Een weinig bekende categorie vormt het meiobenthos waarvan kan worden verondersteld dat het - vanwege de hoge turnover - een tot nu toe onderschatte bijdrage levert aan de secundaire produktie.

Het zoöplankton vormt in de getijdewateren doorgaans een relatief onbelangrijke categorie met betrekking tot de produktie. In gebieden met hoge troebeling zoals in de brakwaterzone van de estuaria en in de kustzone speelt zoöplankton wel een belangrijke rol in de omzetting van materiaal, omdat daar veel (eetbaar) detritus aanwezig is.

De hogere trofie-niveaus zijn in de getijdewateren eveneens van belang. De geproduceerde massa aan bodemdieren is een essentiële voedselfactor voor vissen, vogels en andere predatoren zoals zeesterren en krabben. Voorts wordt opgemerkt dat ook de mens een deel oogst van de kokkel-, mossel- en oesterproductie. Een veelmeer kwalitatief dan kwantitatief relevante groep betreft de zeezoogdieren die thans zonder speciale maatregelen nauwelijks ontwikkelingskansen lijken te hebben in de Nederlandse getijdewateren.

Tenslotte wordt nog de categorie gememoreerd die het sluitstuk vormt van deze kringloop van minerale stoffen als C, N, Si etc. namelijk het mineralisatiecompartiment. Niet duidelijk is in hoeverre voor de getijdewateren geldt dat bacteriën - in het vrije water, gebonden aan zwevende deeltjes, of in de bodem - de belangrijkste categorie vormen. Vastgesteld kan worden dat er in samenhang met de hoge produktie in getijdewateren ook een hoge mineralisatie-activiteit optreedt.

Samenvattend kan worden gesteld dat de biologische kenmerken van getijdewateren vooral bestaan uit een hoge biologische activiteit op alle trofieniveaus en lokaal hoge dichtheden van bepaalde groepen zoals bodemdieren en vogels.

6. ECOLOGISCHE NORMDOELSTELLINGEN

Natuurlijke toestand van het ecosysteem

De getijdenwateren zijn te onderscheiden in verschillende subtypen zoals rivierdelta-estuarium, zeearmen en waddengebied. Deze gebieden herbergen verschillende levensgemeenschappen. De levensgemeenschappen zoals wij die thans aantreffen hebben een historie die niet alleen door natuurlijke processen is beïnvloed; de bestaande levensgemeenschappen, zoals die hier kort worden aangeduid, kunnen dus slechts als een benadering van de natuurlijke worden beschouwd.

De levensgemeenschappen van het getijdemilieu staan onder invloed van abiotische factoren als stroming, bodemvorm en -type, zoutgehalte, waterkwaliteit e.d. Voorts spelen invloeden van het land en de instromende rivieren en van de verschillende maatschappelijke functies een rol. Van nature worden deze wateren gekenmerkt door sterke wisselingen van een aantal abiotische variabelen zoals zoutgehalte, stroming, aangroei en afslag van platen e.d. Er is sprake van een zeer dynamisch milieu. In deze omstandigheden blijken zich produktieve en - in het zoute milieu - soortenrijke levensgemeenschappen te kunnen ontwikkelen.



Foto 47
Grutto (*Limosa limosa*).

Natuurlijke levensgemeenschap

Belangrijke primaire producenten zijn kiezelwieren van het plankton (bijv. *Asterionella glacialis*) en de bodem (bijv. *Odontella aurita*), flagellaten (bijv. *Phaeocystis pouchetii*), grote wieren zoals blaaswier (*Fucus vesiculosus*) en de hogere planten zoals zeegras (*Zostera marina*) en slijkgras (*Spartina anglica*).

De kleinere dieren, die in het water zweven (zoöplankton) bestaan onder andere uit roeipootkreeftjes (bijv. *Acartia clausii*) en op bepaalde momenten in het jaar uit grote aantallen larven van schelpdieren en wormen.

De getijdewateren herbergen vele vissoorten terwijl bepaalde gebieden speciaal van belang zijn als paaigebied of kinderker. Soorten van het open water (pelagiaal) zijn onder andere paling (*Anguilla anguilla*) en makreel (*Scomber scombrus*) terwijl tot de bodemvissen onder andere behoren tong (*Solea solea*) en schol (*Pleuronectes platessa*). Ook een kreeftachtige als de Noordzeegarnaal (*Crangon crangon*) is van de bodem afhankelijk.

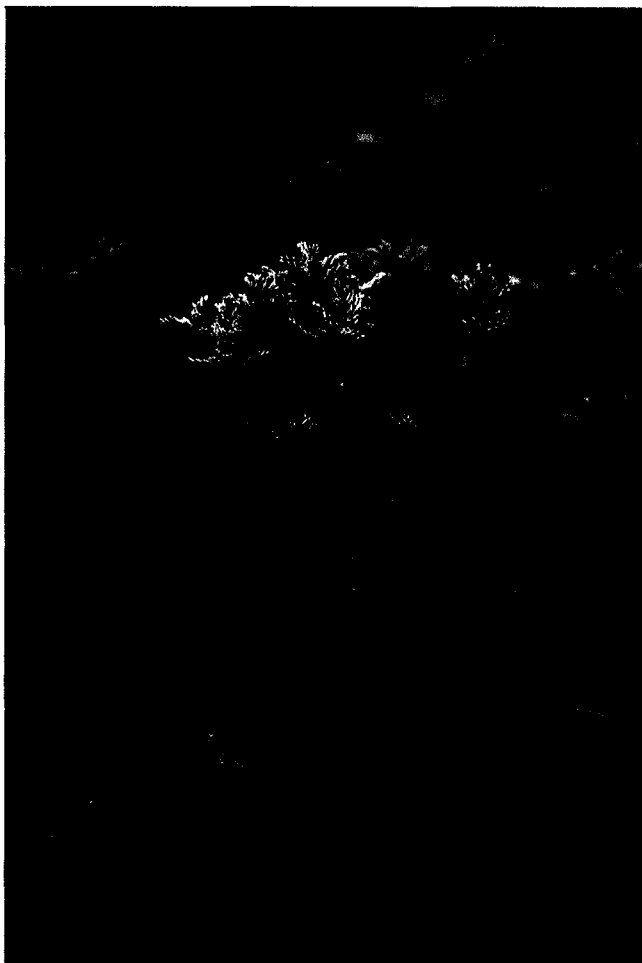


Foto 48
Lamsoor (*Limonium vulgare*).

Voorts is een kenmerk van de minder diepe getijdewateren de omvangrijke bodemdierengemeenschap. Het stelsel van geulen en omvangrijke zandplaten, slikken en ondiepwatergebieden, die ten dele droogvallen en van voedsel worden voorzien via de waterstromen, maakt het mogelijk hier een uiterst produktieve levensgemeenschap tot ontwikkeling te laten komen, waarvan door de schelpdiercultuur op uitgebreide schaal gebruik wordt gemaakt. Er wordt onderscheid gemaakt naar grootte (macro-, meso- en microbenthos) en naar leef- en eetwijze; suspensie-eters die voornamelijk op de bodem leven, veelal op een harde ondergrond: oester (*Ostrea edulis*), mossel (*Mytilus edulis*), Tunicaten (*Ciona intestinalis*) of in zandplaten zoals de kokkel (*Cerastoderma edule*) en hun voedsel uit het water zeven en sedimenteters die in de bodem leven: wadpier (*Arenicola marina*), zager oftewel zeeduizendpoot (*Nereis virens*), nematoden, kleine kreeftachtigen. Deze soorten onttrekken hun voedsel aan de bodem of het bodemoppervlak. Daarnaast zijn de vlees- en aaseters van belang zoals krabben (*Carcinus maenas*), zeesterren (*Asterias rubens*) en zagers.

De activiteit van bacteriën is van belang in verband met de mineralisatie. Wat betreft de anaërobe mineralisatie in de bodem zijn ten opzichte van zoetwater in zout water de sulfaatreducerders meer actief, hetgeen hier en daar kan leiden tot hoge H_2S gehalten in bodem en water. Dit is op de slikken veelal goed waarneembaar.

Van de zoogdieren is de gewone zeehond (*Phoca vitulina*) een bekende (en bedreigde) bewoner van het getijdegebied, die de droogvallende zandplaten als rustplaats gebruikt. Ook de bruinvis (*Phocoena phocoena*) en de tuimelaar (*Tursiops truncatus*) kwamen voor.

Getijdewateren herbergen belangrijke vogelpopulaties. Het intergetijdengebied is van essentieel belang voor grote aantallen steltlopers (scholekster, kluut, grutto, tureluur, plevier), eenden (eidereend, bergeend, zaagbek, zwarte zee-eend), en ganzen (kolgans, brandgans, grauwe gans, rietgans). Vele soorten overwinteren in en rondom de intergetijdengebieden. Tijdens trek herbergen getijdewateren soms (vrijwel) de gehele populatie van bepaalde vogelsoorten. De hoge produktie aan bodemdieren levert voedsel voor deze grote aantallen vogels.

Voorts worden schorren of kwelders genoemd, die slechts bij hoogwater worden overspoeld. Zij hebben een typerende vegetatie bestaande uit onder meer lamsoor (*Limonium vulgare*), schorrekruid (*Sueda maritima*), zeeaster (*Aster tripolium*) en strandkweek (*Elytrigia pungens*).

In de estuaria is er een brakke overgangszone tussen het zoute getijde- en het zoete riviermilieu met zoutgehalten tussen 0,2 en 17 g Cl^-/l . Deze zone pendelt met het getij heen en weer, hoewel de grenzen niet scherp zijn. Door allerlei ingrepen in het verleden is vooral deze zone sterk in omvang afgenomen. Typische brakwatersoorten zijn er weinig. Te noemen zijn de vissoorten brakwatergrondel (*Pomatoschistus microps*) en driedoornige stekelbaars (*Gasterosteus aculeatus*); de bodemdieren brakwaterpok

(*Balanus improvisus*) de garnaal (*Palaemon longirostis*) en de steurkrab; het planktonische roepootkreeftje *Eurytemora affinis*, het trilhaardiertje *Tintinnopsis fimbriata* en het kiezelwier *Coscinodiscus commutatus*. Op het brakke schor, zoals Saeftinge, vindt men als typische brakke soorten onder meer heemst (*Althaea officinalis*), zilt torkruid (*Oenanthe lachenalii*), zeebies (*Scirpus maritimus*) en zilte schijnspurrie (*Spergularia marina*).

Criteria handhaving van het type

Voor de getijdewateren gelden als type-bepalende kenmerken de getijdebeweging en daarmee samenhangend het intergetijdelandchap met z'n schorren, slikken, platen en geulen. Ten aanzien van het water is het - soms wisselende - zoutgehalte en het voedselgehalte essentieel. Niet in de laatste plaats is in Nederland de uitgebreidheid en relatieve ongereptheid kenmerkend.

Opgemerkt wordt dat met de horizontale en verticale getijdenbeweging factoren samenhangen als stroming, transport van water en voedingsstoffen, bodemsamenstelling, golfwerking en overspoeling van het intergetijdegebied. Belangrijke veranderingen van deze factoren leiden tot wijziging van het type of in de verhouding van subtypen.

Criteria abiotisch optimum van het type

Natuurlijke trajecten voor een aantal parameters:

temperatuur	max.	15	-	20	°C
pH	gem.	8	-	9	
chloride (Cl^-)	gem.	1000	-	18000	mg/l
sulfaat (SO_4^{2-})	gem.	100	-	2500	mg/l
calcium (Ca^{++})	gem.		-	100	mg/l
fosfaat (ortho)-P	max.	0	-	0,1	mg/l
nitraat-N	max.	0	-	1	mg/l
zuurstof	min.	6	-	9	mg/l
zuurstof	gem.	8	-	11	mg/l

Benaderingen voor natuurlijke waarden voor een aantal parameters worden verder gegeven in tabel 2.

Doen en laten

- Hoogste niveau
- = getijdewerking handhaven
 - = geen beïnvloeding morfologie in nivellerende richting; voorwaarden scheppen door verschillende typen bodemmateriaal en bij kustverdedigingswerken diverse biotopen te creëren
 - = zoutgehalte niet verlagen; gradiënten handhaven; brakwaterzone (ruimtelijk beperkt) handhaven.
 - = landschappelijke verscheidenheid uitbreiden door beschermen en laten aangroeien van schorren, slik-

ken en platen; nivellering (bijv. door baggeren) tegengaan

- = rustgebieden creëren ten behoeve van zeezoogdieren en vogels
- = functies strak reguleren of terughouden
- = terugbrengen van lozingen van zuurstofbindende stoffen, nutriënten en giftige stoffen tot referentiewaarden bereikt worden, ook voor de bodem
- = getijdewerking handhaven
- = morfologie zoveel mogelijk handhaven
- = saneren van verontreinigde bodems
- = in elk geval polyhalien traject (10.000-17.000 mg Cl⁻/l) handhaven
- = handhaven landschappelijke i.c. biotoop-verscheidenheid
- = terugbrengen van lozingen van toxische en zuurstofbindende stoffen zó, dat referentiewaarden worden nagestreefd
- = functies ruimtelijk reguleren

Middelste niveau

Laagste niveau

- = getijdewerking en morfologie zo veel mogelijk handhaven
- = landschappelijke verscheidenheid handhaven
- = reduceren lozingen van toxische en N-houdende stoffen

Overwegingen voor keuze van het niveau

- In tegenstelling tot vele zoete wateren geldt voor getijdewateren de combinatie van grootschaligheid en relatief geringe beheersbaarheid. Dit betekent dat de relatie tussen ingreep en effecten veelal moeilijk is in te schatten en bovenal dat met name onverwachte effecten moeilijk beheersbaar c.q. terug te draaien zijn.
- Het getijdemilieu heeft betekenis m.n. voor vissen, vogels en zoogdieren voor een veel groter gebied dan het oppervlak van het gebied zelf. Ingrenen hier kunnen leiden tot gevolgen op heel andere plaats.
- Er is in toenemende mate sprake van beheersing van getijdewateren, met name in de Zuidwest-Nederland, hetgeen een integraal ecosysteembeheer noodzakelijk maakt. Daarin zijn duidelijke keuzen nodig voor ecologische doelstellingen.
- Er komt meer en meer oog voor de rijkdom en natuurlijke produktiviteit van met name de intergetijdegebieden.

7. LITERATUUR

1. Abrahamse, J., W. Joenje en N. van Leeuwen-Seelt; Waddenzee: natuurgebied van Nederland,



Foto 49
Melkkruid (*Glaux maritima*).

- Duitsland en Denemarken; Harlingen, Landelijke Vereniging tot Behoud van de Waddenzee, 368 p. + bijl., 1976.
2. De levensgemeenschappen van harde substraten in Oosterschelde en Grevelingenmeer; Deltawerken 100, p. 548-554, 1982.
3. BOEDE-groep; Biologisch Onderzoek Eems-Dollard Estuarium; Den Burg, Nederlands Instituut voor Onderzoek der Zee, BOEDE publicaties en verslagen 1983-1, 267 p., 1983.
4. Duursma, E.K., e.a.; De Nederlandse delta: een compromis tussen milieu en techniek in de strijd tegen het water; Maastricht, Natuur en Techniek, 511 p., 1982.
5. Eck, G.Th.M., H. van 't Sant en E. Turkstra; Voorstel referentiewaarden fysisch-chemische waterkwaliteitsparameters Nederlandse zoute wateren; Leidschendam, Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, Directoraat-Generaal voor de Milieuhygiëne, 85 p. + bijl., 1985.
6. Elgershuizen, J.H.W.B., C. Bakker en P.H. Nienhuis; Inventarisatie van aquatische planten en dieren in de Oosterschelde; Yerseke, Delta Instituut voor Hydrobiologisch Onderzoek, Verslagen en Rapporten nr 1979-3, 105 p., 1979.
7. Essink, K; De Amerikaanse zwaardschede *Ensis directus* (Conrad, 1843): een nieuwe soort voor de Waddenzee; Het Zeepaard 44, 3, p. 68-71, 1984.
8. Kogel, T.J., de, en D.J. de Jong; Vegetatiekartering van de schorren in de Oosterschelde en het Krammer-Volkerak, 1978; Middelburg, Rijkswaterstaat, Deltadienst, Hoofdafdeling Milieu en Inrichting, Nota 80-20, 63 p. + bijl., 1983.
9. Kooij, L.A. van der; De waterkwaliteit van de Westerschelde in de periode 1964-1981; Lelystad, Rijksinstituut voor Zuivering van Afvalwater, Nota nr. 82-063, 111 p., 1982.
10. Redeke, H.C.; Zur Biologie der Niederländischen Brachwas-

- sertypen; Bijdragen tot de Dierkunde 22, p. 329-335, 1922.
11. Rijkswaterstaat, Directie Noordzee;
Harmonisatie Noordzeebeleid: Waterkwaliteitsplan Noordzee(ontwerpplan); Rijswijk, 85 p., 1985.
 12. Rijkswaterstaat, Directie Waterhuishouding en Waterbeweging;
Getijtafels voor Nederland 1982;
's-Gravenhage, Staatsuitgeverij, 141 p., 1981.
 13. Saeijs, H.L.F.;
Changing estuaries: a review and new strategy for management and design in coastal engineering; Dissertatie, Leiden, Rijksuniversiteit, Rijkswaterstaat, Communications nr. 32, 412 p., 1982.
 14. Stortelder, P.B.H., J.S.L. Vink en P.F. Havermans;
Waterkwaliteitskenmerken van de Oosterschelde en de Schelde- Rijnverbinding; Middelburg, Deltadienst, Hoofdafdeling Milieu en Inrichting, Nota DDMI 83-13, 1984.
 15. Wit, J.A.W. de, F.M. Schotel en L.E.J. Bekkers;
De waterkwaliteit van de Waddenzee: 1971-1981; Lelystad, Rijksinstituut voor Zuivering van Afvalwater, Nota nr. 82-065, 67 p., 1982.
 16. Wolff, W.J.;
Wadden en estuariën;
In: Rijksinstituut voor Natuurbeheer, Natuurbeheer in Nederland; deel 1: Levensgemeenschappen; Wageningen, PUDOC, p. 79-89, 1984.
 17. Wolff, W.J.;
Ontwikkeling en betekenis van de Nederlandse kust;
In: Wolff, W.J., et al.; Wadden, duinen, delta: de verantwoordelijkheid van wetenschap en beleid voor ons kustgebied; Wageningen, PUDOC, p. 11-31, 1982.
 18. Wolff, W.J.;
Ecology of the Waddensea; Rotterdam, A.A. Balkema, Volume 1, 1983.
 19. Rijksinstituut voor Zuivering van Afvalwater;
Waterkwaliteit in het Eems-Dollard estuarium 1972-1978; Lelystad, RIZA nota nr. 77-005, 1977.

*"Polonius: though this be madness, yet there is method in
't..."*
William Shakespeare, "Hamlet Prince of Denmark"

overzichten per parameter

1. INLEIDING

In dit deel worden overzichten gegeven van de waarden die fysische, chemische en biotische parameters van nature aannemen in de diverse typen oppervlaktewateren. Terwijl in deel III de ingang het type is, is in deel IV de ingang de parameter. Dit deel is enerzijds bedoeld als toelichting op de schattingen die voor de natuurlijke waarden van een aantal parameters in deel III zijn gemaakt en anderzijds - vooral door de samenvattende tabellen - als directe ingang tot een aantal belangrijke kenmerken van de verschillende typen.

De nadruk ligt op fysische en chemische parameters. De gegevens daarover zijn het gemakkelijkst tabellarisch te rangschikken. Het hoofdstuk over biotische parameters blijft beperkt tot een tabel met chlorophylgehalten (als maat voor de algendichtheden) en een tabel met een overzicht van de belangrijkste organismengroepen in de verschillende typen oppervlaktewateren. De subgroep meent dat er voldoende materiaal is om ook voor biotische parameters meer gedetailleerde overzichten te maken, maar is daar zelf niet aan toe gekomen.

Over de betekenis van het woord "natuurlijk" moet nog het volgende worden opgemerkt. Voor een aantal watertypen (met name de bronnen, beken, rivieren, vennen, duinmeren, wielen en getijdewateren) betekent "natuurlijk": de toestand zoals die zou zijn zonder enige menselijke invloed. Naar analogie hiervan is "natuurlijk" voor andere watertypen, die door menselijk handelen zijn ontstaan of in hun morfologie en hydrologie zijn beïnvloed, gebruikt in de zin van: de toestand zoals die zou zijn zonder directe of indirecte toevoer van afvalstoffen uit de menselijke samenleving (lozin-

gen, diffuse verontreiniging). Dit betreft de typen sloten, kanalen, stadswateren, drinkpoelen, zand-, grind- en kleigaten, petgaten, meren en plassen, dobben en kreken. Sommige van deze typen (bijv. de stadswateren en de kanalen) staan zover af van van nature voorkomende wateren dat men in plaats van over de "natuurlijke" misschien beter over de "normale" of "referentie"-toestand zou kunnen spreken. Voor de eenheid van terminologie is echter in dit rapport en in de tabel toch gekozen voor gebruik van het woord "natuurlijk".

2. FYSISCHE EN CHEMISCHE PARAMETERS

2.1. Inleiding

De navolgende tabellen met toelichting vormen de basis voor de schattingen die in dit rapport zijn gemaakt van de trajecten waarbinnen de natuurlijke waarden van een aantal fysische en chemische parameters zich voor de verschillende watertypen bewegen.

De tabellen zijn samengesteld op basis van de gegevens uit de bronnen die in deel II, paragraaf 6 zijn genoemd. De basisgegevens zelf zijn, in verband met hun grote omvang, niet in dit rapport opgenomen, maar zijn voor belangstellenden beschikbaar. Het betreft in het algemeen de resultaten van metingen over een periode van een jaar, met een frequentie van ca. 12x per jaar, gedaan aan diverse wateren behorende tot de verschillende typen.

Hoewel in de betreffende verzameling wateren getracht is met name ook niet of weinig verontreinigde op te nemen (dit geldt bijvoorbeeld voor de wateren die door de STORA in de periode 1982-1984 zijn onderzocht, zie ref. 7) is het merendeel van de wateren min of meer verontreinigd. Dit betekent dat de tabellen waarin per parameter een overzicht van de gevonden, dus feitelijke, trajecten wordt gegeven, vertaald moeten worden naar natuurlijke trajecten. Dit is gedaan door een combinatie van methoden te gebruiken:

- de "clustering" in de tabellen zelf geeft vaak aanwijzingen,
- soms zijn historische gegevens als vergelijkingsmateriaal beschikbaar,
- bij bepaalde typen kan de (natuurlijke) samenstelling van grondwater aanwijzingen geven (of de geologische gesteldheid van het gebied).

Bij de werkwijzen die onder het tweede en derde gedachtenstreepje zijn aangegeven is gebruik gemaakt van refs. 1, 2, 3 en 4.

Het zal duidelijk zijn dat de zo geschatte trajecten als benaderingen moeten worden beschouwd die soms tamelijk betrouwbaar en in andere gevallen tamelijk onzeker zijn. Toch wordt hiermee waarschijnlijk voor de eerste keer een min of meer compleet, zij het globaal, beeld gegeven van de natuurlijke fysische en chemische toestand van de verschillen-

de typen Nederlandse oppervlaktewateren. De conclusies die per parameter over de natuurlijke trajecten worden getrokken zijn op het eind van dit hoofdstuk nog eens in één tabel samengevat (paragraaf 2.10).

De gegevens van pingo-ruïnes zijn in de tabellen niet verwerkt. Het type "vennen en pingo-ruïnes" is dus alleen door de vennen vertegenwoordigd.

2.2 Temperatuur

Zie tabel 1.

De temperatuurtrajecten van de diverse typen geven een duidelijk beeld te zien. Voor de meeste typen ligt het jaar-maximum in het traject van 20-25°C. Enkele typen zijn kouder: bronnen (10-15°C), beken (15-20°C) en getijdewateren (15-20°C). Stadswateren, sloten en drinkpoelen variëren van 15-25°C.

Opvallend is de lage maximumtemperatuur van een aantal sloten (voornamelijk sloten in Friesland). Voor deze wateren met gering volume zou men een hogere maximumtemperatuur verwachten. Sloten in Zuid-Holland blijken inderdaad hogere temperaturen te hebben.

Bij de rivieren moet men er rekening mee houden dat een kunstmatige opwarming door lozingen van elektriciteitscentrales plaatsvindt (bijvoorbeeld in de Rijn met 2 à 3°C). In de vrij ruim gekozen trajecten is dat echter niet terug te vinden.

De hierboven aangegeven trajecten kunnen daarom als de natuurlijke beschouwd worden.

Tabel 1 Temperatuur (in °C; jaarmaximum).
Aantal wateren per watertype dat in de aangegeven trajecten valt.

traject	5-10	10-15	15-20	20-25	25-30	totaal aantal wateren
BRONNEN	0	7	2	0	0	9
BEKEN	0	1	15	8	2	26
RIVIEREN	0	0	0	2	0	2
DRINKPOELEN	0	0	0	0	0	0
STADSWATEREN	0	0	7	8	0	15
SLOTEN	0	0	31	6	3	40
KANALEN	0	0	3	5	2	10
VENNEN	0	0	0	3	1	4
DUINMEREN	0	0	2	4	1	7
WIELEN *)	0	0	0	2	0	2
ZANDGATEN *)	0	0	3	7	2	12
PETGATEN	0	0	0	0	0	0
MEREN EN PLASSEN	0	0	3	14	1	18
DOBBERN	0	0	2	2	0	4
KREKEN	0	0	2	6	1	9
GETIJDWATEREN	0	0	12	1	0	13

*) temperatuur van het epilimnion

2.3 Zuurgraad (pH)

Zie tabel 2.

Evenals de temperatuur geeft de zuurgraad een vrij duidelijk beeld te zien. Een zeer lage pH hebben de vennen (3-5). De meeste watertypen liggen in het traject van 7-8, waarbij het traject van de beken en sloten zich ook nog naar beneden (tot 6) uitstrekt, dus aan de zure kant is, terwijl zand-, grind- en kleigaten juist de neiging tot hogere pH (8-9) hebben. Tenslotte zijn er enkele watertypen die een relatief hoge pH (8-9) hebben, namelijk de meren en plassen, de kreken en de getijdewateren.

Er zijn weinig aanwijzingen dat de pH in sterke mate door lozingen wordt bepaald. Er zijn echter wel andere verontreinigende invloeden die de pH doen afwijken van natuurlijke waarden. Op de eerste plaats is dat het verzurende effect van stoffen als SO₂, NO_x, NH₃ die in de lucht worden gemiddeld en daarna in water en bodem terecht komen. Het is aannemelijk dat met name de pH van vennen (die een geringe alkaliniteit hebben) daardoor in de laatste tien à twintig jaar in zure richting is verschoven (ref. 1). De natuurlijke pH van deze vennen ligt waarschijnlijk in het traject 4-6. Historische gegevens van betrouwbare pH-metingen zijn er echter niet: de aanwijzingen zijn indirect (diatomeeënflora). Er zijn geen aanwijzingen dat de pH van andere watertypen al merkbaar door verzurende stoffen is beïnvloed.

Aan de andere kant heeft eutrofiëring een pH-verhogende invloed. Grote algendichtheden of waterplantenbestanden onttrekken bij fotosynthese koolzuur aan het water, waardoor een verschuiving in het carbonaat-bicarbonaat evenwicht en het daarmee samenhangende H⁺ - OH⁻ evenwicht in de richting van hogere pH optreedt. Dit effect zou verantwoordelijk kunnen zijn voor de relatief hoge gemiddelde pH van de meren en plassen en de zand-, grind- en kleigaten en de duinmeren. De natuurlijke pH van deze typen zal wat lager liggen dan de nu gemeten waarden en wel in het traject 7,5 - 8,5.

De hoge gemiddelde pH van de kreken en de getijdenwateren heeft te maken met een geheel andere ionensamenstelling van brak en zout water (bijv. zeer hoog Ca⁺⁺-gehalte).

2.4 Chloride

Zie tabel 3.

In grote lijnen kunnen drie groepen onderscheiden worden: (1) een aantal typen met laag chloride-gehalte, waarbij de spreiding ook gering is, namelijk de bronnen, beken, vennen, (ondiepe) zandgaten, (2) een aantal typen met een middelmatig chloride-gehalte, waarin de spreiding groot is, namelijk de rivieren, sloten, kanalen, stadswateren, drinkpoelen, duinmeren, wielen, petgaten en meren en tenslotte (3) twee typen met een hoog zoutgehalte en een grote spreiding (deze laatste is in de tabel niet goed zichtbaar), namelijk de kreken en getijdewateren.

Tabel 2 Zuurgraad (pH; jaargemiddelde).

Aantal wateren per watertype dat in de aangegeven trajecten valt.

traject	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	totaal aantal wateren
BRONNEN	0	0	0	0	1	8	0	0	9
BEKEN	0	0	2	4	37	35	2	0	80
RIVIEREN	0	0	0	0	0	2	0	0	2
DRINKPOELEN	0	1	0	4	6	8	6	3	28
STADSWATEREN	0	0	0	0	4	9	5	2	20
SLOTEN *)	0	0	4	24	122	145	29	2	326
KANALEN	0	2	1	7	14	26	3	0	53
VENNEN	1	20	22	6	8	6	0	0	63
DUINMEREN	0	0	0	1	2	4	6	0	13
WIELEN	0	0	0	0	4	9	4	0	17
ZANDGATEN	0	0	1	1	9	17	15	0	43
PETGATEN	0	1	0	0	4	10	2	0	17
MEREN EN PLASSEN	0	0	0	0	1	11	20	1	33
DOBBEN	0	0	0	0	0	4	0	0	4
KREKEN	0	0	0	0	0	1	8	0	9
GETIJDewateren	0	0	0	0	0	2	9	0	11

*) gemiddelde pH berekend via gemiddelde van H⁺-concentraties**Tabel 3** Chloride (Cl⁻ in mg/l; jaargemiddelde).

Aantal wateren per watertype dat in de aangegeven trajecten valt.

traject	0 - 10	10 - 20	20 - 30	30 - 40	40 - 50	50 - 60	60 - 70	70 - 80	80 - 90	90 - 100	100 - 200	200 - 300	300 - 400	400 - 500	500 - 600	600 - 700	700 - 800	800 - 900	900 - 1.000	1.000 - 10.000	V	10.000	totaal aantal wateren
BRONNEN	5	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9
BEKEN	2	15	17	14	9	8	2	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	70
RIVIEREN	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
DRINKPOELEN	2	3	3	6	3	0	1	2	2	0	2	2	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	28
STADSWATEREN	0	0	0	0	0	0	1	0	2	1	6	3	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	15
SLOTEN	0	11	34	33	26	30	22	27	16	15	62	20	10	2	1	4	2	3	1	12	0	331	
KANALEN	1	5	6	8	10	3	2	3	3	2	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	49
VENNEN	17	31	8	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	61
DUINMEREN	0	0	0	0	1	1	0	3	1	3	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13
WIELEN	0	3	4	1	1	3	2	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18
ZANDGATEN	0	4	10	2	7	3	2	0	1	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	33
PETGATEN	1	2	0	4	4	2	2	1	0	1	0	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	20
MEREN EN PLASSEN	0	0	1	1	2	0	2	7	2	2	15	3	1	0	0	0	0	0	0	1	0	37	
DOBBEN	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	44	0	48	
KREKEN	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	1	0	0	0	5	1	9	
GETIJDewateren	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	4	7	

Van groep 1 mag worden aangenomen dat de gevonden trajecten dicht in de buurt van het natuurlijke niveau liggen. In groep 2 bevat één type (de rivieren) een water waarvan bekend is (ref. 2) dat het chloride-gehalte aanzienlijk boven het natuurlijke niveau ligt (de Rijn). Opvallend is, dat een groot aantal van de meren en plassen in hetzelfde traject ligt (100-200 mg/l). Deze worden in belangrijke mate door Rijnwater gevoed; men mag dus aannemen dat het feitelijke gehalte hier niet het natuurlijke is. Een aantal meren en plassen zou ten gevolge van kwel bij niet-toevoer van rivierwater méér chloride bevatten, andere zouden juist een geringer chloride-gehalte hebben, al naar gelang de ligging in gebieden met zoute of zoete kwel. Dit geldt (zij het in mindere mate) ook voor de kanalen. Van andere typen uit groep 2, bijv. de sloten, wordt een aantal door zoute kwel beïnvloed. Over het natuurlijke gehalte aan chloride van dergelijke typen is dan ook in z'n algemeenheid weinig te zeggen. Per gebied zou kunnen worden nagegaan in hoeverre het feitelijke gehalte door lozingen is beïnvloed.

Voor de trajecten in het chloride-gehalte (in mg Cl⁻/l) worden ook wel de volgende termen gehanteerd:

zoet	van	0	tot	100
oligohalien	van	100	tot	1.000
mesohalien	van	1.000	tot	10.000
polyhalien	van	10.000	tot	17.000
euhalien	boven	17.000		

Per type kunnen nog de volgende conclusies worden getrokken:

Bronnen. Natuurlijk traject 0-20 mg/l.

Beken. Natuurlijk traject 10-40 mg/l. Waar hogere gehalten voorkomen mag worden aangenomen dat deze of door lozingen van effluënten of door af- en uitspoeling van landbouwgronden zijn veroorzaakt.

Rivieren. Op grond van historische gegevens mag worden aangenomen dat het natuurlijk chloride-gehalte van Maas en Rijn in het traject van 10-40 mg/l ligt. Het natuurlijke gehalte in de Maas is overigens hoger dan dat in de Rijn (ref. 2).

Sloten. Er is een grote spreiding in natuurlijke gehalten. Voor de hogere delen van Nederland zal het natuurlijke gehalte in het traject van 10-40 mg/l liggen. Voor de lagere gedeelten kunnen, afhankelijk van de mate van zoute kwel, gehalten van 10 tot meer dan 10.000 mg/l gelden.

Kanalen. Het "natuurlijk" chloride-gehalte is een afgeleide van het gehalte van het (bijv. door rivieren) aangevoerde water. Met uitzondering van enkele kanalen in de nabijheid van de zee en kanalen die "gevoed" worden door brak kwelwater (100-10.000 mg/l) zal daarom een natuurlijk traject van 10-40 mg/l gelden.

Stadswateren. Hiervoor gelden in eerste instantie dezelfde overwegingen als voor kanalen. Voor stadswateren als onderdeel van het urbane ecosysteem mag echter een zekere mate van antropogene belasting als normaal beschouwd worden. Het "natuurlijk" traject zou 20-80 mg/l kunnen zijn.

Drinkpoelen. Het natuurlijk traject is breed. Dezelfde overwegingen als voor sloten leiden tot een traject van 10-40 mg/l in hogere delen van Nederland en een traject van 10 - 10.000 mg/l voor lagere delen.

Vennen. Vennen hebben ongeveer dezelfde natuurlijke range als bronnen: 0-20 mg/l.

Duinmeren. De ligging vlak bij de zee veroorzaakt (via de neerslag en de droge depositie) een verhoging van het zoutgehalte vergeleken met bijv. vennen. Natuurlijk traject is ongeveer 40-200 mg/l.

Wielen. Wielen langs de Maas hebben een traject van 10-30 mg/l, die langs de Linge van 50-70 mg/l, en die langs de Waal en de IJssel 90-200. De invloed van het rivierwater is evident. De natuurlijke gehalten kunnen dan ook gelijk worden gesteld aan die van rivieren.

Zand-, grind- en kleigaten. Een laag chloride-gehalte hebben leemputten (20-30 mg/l). Hogere gehalten hebben tichel- en grindgaten die vlak bij rivieren liggen (vergelijk wielen). Het natuurlijke gehalte kan gesteld worden op 10-40 mg/l.

Petgaten. Naarmate een petgat meer geïsoleerd is, is het chloride-gehalte lager. De invloed van grotere plassencomplexen leidt tot ten opzichte van het natuurlijk niveau duidelijk verhoogde waarden. Natuurlijk traject: 0-50 mg/l. Petgatencomplexen in gebieden met kwel-invoed kunnen een natuurlijk gehalte tot enkele honderden mg/l hebben.

Meren en plassen. Zie de algemene opmerkingen in begin van deze paragraaf. Invloed van rivierwater (met name Rijn) is groot, zodat de feitelijke gehalten relatief hoog zijn. Natuurlijk traject te schatten op 20-80 mg/l; in gebieden met zoute kwel op 100 - 10.000 mg/l.

Kreken. De kreken behoren tot de zoute typen oppervlaktewateren ook al zijn sommige "verzoet" tot maximaal enkele honderden mg/l. Een groot deel ligt in het traject van 100 - 10.000 mg/l.

Getijdewateren. Het natuurlijk traject begint met ca. 1000 mg/l. Het grootste deel van de estuaria en de Waddenzee heeft echter door de directe invloed van de zee chloride-gehalten tot 18.000 mg/l.

2.5 Sulfaat

Zie tabel 4.

Sulfaat geeft bij bijna alle typen een sterke spreiding te zien: binnen de typen zijn weinig uitgesproken "voorkeursttrajecten". Toch zijn er wel enige voorzichtige conclusies te trekken.

Relatief lage gehalten (0 - 40 mg/l) komen voor in de typen duinmeren, wielen, petgaten. Bovendien liggen subgroepen van de typen rivieren (Maas), sloten, drinkpoelen, vennen en zand-, grind en kleigaten ook in dat lage traject (0 - 40 mg/l). Een voorzichtige conclusie kan zijn dat zoet water (oorsprong regenwater en grondwater) in de meeste gevallen een natuurlijk traject binnen de range van 0 - 40 mg/l heeft. De Nederlandse wateren die niet in dit gebied liggen hebben waarschijnlijk of een grote mate van belasting door lozingen, of worden beïnvloed door brak of zout water, dat van nature een hoog sulfaatgehalte heeft. Deze gedachte wordt bevestigd door de gehalten die in grondwater onder "natuurlijke" omstandigheden worden gevonden: deze liggen bij alle grondsoorten meestal lager dan 40 mg/l (ref. 3).

Door zee of brak water beïnvloede typen of subtypen zijn: een deel van de sloten, een deel van de drinkpoelen, een deel van de meren en plassen, de kreken en de getijdewateren. De natuurlijke gehalten kunnen in deze gevallen 50-200 mg/l zijn (in zeewater tot ca. 2,5 g/l).

Van de overige watertypen waarvan de tabel aangeeft dat ze vaak een hoog sulfaatgehalte hebben (beken, één rivier, namelijk de Rijn, en een aantal sloten, kanalen, stadswateren, vennen, zandgaten en meren) moet worden verondersteld dat ze relatief sterk verontreinigd zijn (door lozingen of door uitspoeling van langbouwgronden) of onder invloed

Tabel 4 Sulfaat (SO₄— in mg/l; jaargemiddelde).
Aantal wateren per watertype dat in de aangegeven trajecten valt.

traject	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	80-90	90-100	> 100	totaal aantal wateren
BRONNEN	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BEKEN	0	3	3	5	6	1	3	5	4	4	10	44
RIVIEREN	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	2
DRINKPOELEN	4	2	3	2	2	5	2	0	1	1	6	28
STADSWATEREN	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	1	4
SLOTEN	3	12	27	35	23	20	26	18	12	19	93	288
KANALEN	1	5	4	4	10	5	7	7	9	5	3	60
VENNEN	7	6	9	6	5	12	4	2	2	1	2	56
DUINMEREN	3	8	6	5	2	2	2	0	0	0	0	28
WIELEN	0	0	7	1	3	3	3	1	0	1	0	19
ZANDGATEN	2	1	3	6	1	3	2	2	2	1	5	28
PETGATEN	1	3	6	1	1	0	0	0	0	0	0	12
MEREN EN PLASSEN	0	4	4	4	5	2	1	1	2	2	5	30
DOBBEN	0	0	1	0	1	2	0	0	0	0	44	48
KREKEN	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
GETIJDewateren	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabel 5 Calcium (Ca⁺⁺ in mg/l; jaargemiddelde).
Aantal wateren per watertype dat in de aangegeven trajecten valt.

traject	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	80-90	90-100	> 100	totaal aantal wateren
BRONNEN	1*)	0	0	0	0	0	2	1	1	3	2	10
BEKEN	2	14	20	7	5	2	2	5	2	3	6	68
RIVIEREN	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	2
DRINKPOELEN	4	2	6	3	8	2	1	1	0	1	0	28
STADSWATEREN	0	0	1	1	2	1	0	0	0	1	5	11
SLOTEN	10	41	80	49	40	37	28	21	11	18	31	366
KANALEN	5	7	11	8	5	3	0	0	4	3	0	46
VENNEN	46	10	3	3	1	0	0	0	0	0	0	63
DUINMEREN	3	0	1	4	0	2	1	0	0	0	0	11
WIELEN	1	3**)	2	2	2	3***)	1	0	0	0	0	14
ZANDGATEN	7****)	6	3	2	7	2	2	0	2	0	0	31
PETGATEN	2	6	5	1	2*****)	1	0	0	0	0	1	18
MEREN EN PLASSEN	0	3+)	5+)	1	1	5	4	4	2	3	1	29
DOBBEN	0	0	2	1	1	0	0	0	0	0	44	48
KREKEN	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	2	4
GETIJDewateren	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	5

opmerkingen:

*) betreft bron in Twente; overige bronnen in Limburg

**) betreft wielen langs Maas

***)) betreft wielen langs Rijn

****)) betreft leemputten

*****)) betreft gemiddelde van groot aantal objecten

+)) betreft petgatachtige plassen

staan van brak kwelwater. Dit laatste kan gelden voor een aantal wateren die behoren tot de typen sloten, kanalen, stadswateren, zandgaten en meren.

Een recente, nog niet te kwantificeren bron van verhoogde sulfaat-gehalten is de SO₂-emissie van raffinaderijen, elektriciteitscentrales, enz., die via de lucht voor een deel in op-pervlaktewateren terecht komen.

2.6 Calcium

Zie tabel 5.

Enkele typen vertonen een neiging tot tweetoppigheid in de verdeling over de trajecten. Dit kan een uiting zijn van de invloed van de bodemsamenstelling die van gebied tot gebied verschilt.

Een nauw traject van Ca⁺⁺-gehalten hebben de vennen, de petgaten, de rivieren en de getijdewateren (van respectievelijk zeer laag tot zeer hoog). Bij de overige typen is de totale spreiding groot.

Met name voor de typen met grote spreiding is het moeilijk na te gaan in hoeverre de Ca⁺⁺-gehalten van de wateren die in de tabel zijn verwerkt, door verontreiniging (lozingen) of door inlaat van gebiedsvreemd water worden veroorzaakt, respectievelijk in hoeverre ze natuurlijk zijn.

Per type kunnen nog de volgende conclusies worden getrokken:

Bronnen. Natuurlijk traject zeer breed. Misschien per gebied aan te geven, bijvoorbeeld voor bronnen in Limburg 60-100 mg/l.

Beken. Een groot deel van de beken ligt in het traject van 10-40 mg/l. Er zijn echter ook nogal wat beken met kalkrijk water (tot > 100 mg/l).

Rivieren. De Maas en Rijn hebben beide een matig hoog Ca⁺⁺-gehalte. Gegevens uit ref. 1 wijzen erop dat het natuurlijk traject voor de Maas 50-60 mg/l zou zijn.

Sloten. Deze vertonen een grote spreiding. Opvallend is dat tamelijk veel sloten een zeer hoog calciumgehalte hebben (> 100 mg/l). Het natuurlijk traject zou 10-60 mg/l, respectievelijk 90-150 mg/l kunnen zijn.

Kanalen. Twee trajecten: 10-40 mg/l, respectievelijk 80-100 mg/l.

Stadswateren. Twee trajecten: 30-50 mg/l en 100-150 mg/l.

Drinkpoelen. Zeer grote spreiding. Grootste groep in traject 40-50 mg/l. Maar ook een top bij 90-100 mg/l.

Vennen. Zeer laag kalkgehalte. Natuurlijk traject 0-10 mg/l.

Duinmeren. Calciumgehalte middelmatig (tegen verwachting in niet hoog!). Natuurlijk traject 0-60 mg/l.

Wielen. De wielen langs de Maas hebben een duidelijk lager kalkgehalte dan die langs de Rijn: 10-20, respectievelijk 50-60 mg/l.

Zand-, grind- en kleigaten. Er is een groep met een zeer laag kalkgehalte (leemputten): 0-20 mg/l, en een groep met matig kalkgehalte: 40-50 mg/l.

Petgaten. Kalkgehalte laag, maar minder extreem dan de vennen: 10-30 mg/l.

Meren en plassen. De groep petgatachtige plassen heeft een laag kalkgehalte (10-30 mg/l). De overige meren en plassen hebben een grote spreiding in kalkgehalte in het traject van 50-100 mg/l, met een natuurlijk traject in de buurt van 50-80 mg/l.

Kreken. Hoog kalkgehalte, maar vrij grote spreiding. Natuurlijk traject 50-150 mg/l.

Getijdewateren. Hoog kalkgehalte: > 100 mg/l.

2.7 Fosfaat

Zie tabel 6.

Tabel 6 Fosfaat (ortho-fosfaat als P, in mg/l; jaarmaximum).
Aantal wateren per watertype dat in de aangegeven trajecten valt.

traject	✓																				totaal aantal wateren	
	0,05	0,05 – 0,10	0,10 – 0,15	0,15 – 0,20	0,20 – 0,25	0,25 – 0,30	0,30 – 0,35	0,35 – 0,40	0,40 – 0,45	0,45 – 0,50	0,50 – 0,55	0,55 – 0,60	0,60 – 0,65	0,65 – 0,70	0,70 – 0,75	0,75 – 0,80	0,80 – 0,85	0,85 – 0,90	0,90 – 0,95	0,95 – 1,00	1,00	
BRONNEN	1	1	1	3	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	9
BEKEN	12	12	9	6	2	1	3	2	1	1	1	1	0	1	1	1	0	0	2	0	12	68
RIVIEREN	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
DRINKPOELEN	1	8	2	1	0	1	3	0	1	1	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	7	28
STADSWATEREN	2	4	0	1	2	0	0	1	1	0	0	1	2	0	1	1	1	0	0	0	3	20
SLOTEN	36	34	24	18	12	12	16	15	6	10	7	7	12	4	6	2	5	2	2	3	92	323
KANALEN	8	10	4	4	1	1	2	0	0	0	2	1	1	2	1	1	1	0	1	3	6	49
VENNEN	26	9	1	3	2	1	0	0	1	1	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	5	53
DUINMEREN	3	4	0	2	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	12
WIELEN	5	3	1	1	0	0	2	0	1	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	16
ZANDGATEN	22	5	4	3	0	2	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	39
PETGATEN	3	2	1	0	1	0	1	2	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	13
MEREN EN Plassen	7	3	3	3	0	0	1	0	1	1	0	1	1	0	1	0	1	2	0	0	7	32
DOBBEREN	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	47	48
KREKEN	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	6	8
GETIJDewateren	1	4	2	2	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	14

Uit de verschillende mogelijkheden om een karakterisering van het fosfaatgehalte te geven (bijv. minimum, gemiddelde, maximum, of opgelost fosfaat vs. totaal fosfaat) is gekozen voor het jaarmaximum opgelost fosfaat. Dit geeft de beste karakterisering van het abiotische substraat met betrekking tot het aspect fosfaat (zie o.a. het hoofdstuk "Trofie" in ref. 6). Hierin is namelijk niet (zoals bij totaal-fosfaat) het in levende organismen (bijv. algen) geboden fosfaat mee betrokken en is bovendien (door de keuze van het jaarmaximum) het effect van het periodieke "verdwijnen" van fosfaat door opname in algen in voorjaar en zomer uitgeschakeld. De lage gehalten die bij een groot aantal wateren van bijna alle typen worden gevonden (minder dan 0,05 mg/l) zijn dus niet het gevolg van een tijdelijke opname in algenbiomassa, maar vormen een waarschijnlijk redelijk betrouwbare indicatie van de toestand van het substraat "water" in die gevallen.

Zeer opvallend is de tweetoppige verdeling die bij de meeste watertypen in de tabel te zien is: een top bij de laagste trajecten (0,00-0,15 mg/l) en een top bij het hoogste traject (>1 mg/l). Deze laatste is echter kunstmatig omdat alle waarden van >1 mg/l bij elkaar zijn gevoegd en niet in trajecten werden gedifferentieerd. In feite is de verdeling beter te karakteriseren als een curve met één top geheel links en een zeer lange staart die zich tot in het gebied van meerdere miligrammen per liter uitstrekt.

De "staart" bij de verdelingen kan voor de meeste typen geïnterpreteerd worden als veroorzaakt door verontreiniging (lozingen en/of diffuse toestroming). Een uitzondering hierop vormen mogelijk de krekens en de sloten (de laatste voorzover gelegen in gebieden met zoute kwel).

De fosfaatgehalten in grondwater ("totaalfosfaat, opgelost") liggen in zand- en veengebieden op een gemiddeld natuurlijk niveau van 0,1 - 0,2 mg/l. In kleigebieden zijn de waarden duidelijk hoger (0,5 - 0,6 mg/l) (ref. 3). Deze concentraties liggen in het algemeen wat hoger dan de modale concentraties opgelost fosfaat in oppervlaktewater. Dit kan het gevolg zijn van (1) verdunning met regenwater en/of (2) omstandigheden die tot een lagere oplosbaarheid van fosfaten in oppervlaktewater leiden.

De natuurlijke trajecten voor het merendeel der watertypen kunnen op 0 - 0,10 mg/l gesteld worden. Voor enkele typen ligt het waarschijnlijk wat hoger: rivieren (0,10 - 0,20 mg/l), sloten in kwelgebieden (> 0,2 mg/l), krekens (> 1,00 mg/l).

2.8 Nitraat

Zie tabel 7.

Evenals bij fosfaat is hier (om dezelfde redenen) het jaarmaximum als basis genomen.

Tabel 7 Nitraat₃₋ als N, in mg/l; jaarmaximum)
Aantal wateren per watertype dat in de aangegeven trajecten valt.

traject	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	> 10	totaal aantal wateren
BRONNEN	0	1	0	2	0	0	0	1	1	0	5	10
BEKEN	5	7	9	5	3	3	2	5	6	2	24	71
RIVIEREN	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	2
DRINKPOELEN	25	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	28
STADSWATEREN	5	6	1	3	1	0	1	2	0	0	3	22
SLOTEN	103	50	45	24	20	6	9	6	6	6	51	326
KANALEN	10	3	1	5	4	4	4	1	0	3	13	48
VENNEN	36	7	3	1	1	1	0	0	0	0	1	50
DUINMEREN	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	11
WIELEN	7	7	1	0	0	0	0	0	0	1	0	16
ZANDGATEN	22	3	0	2	1	0	0	0	1	0	6	35
PETGATEN	11	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	13
MEREN EN PLASSEN	9	9	5	3	2	0	0	0	0	0	0	28
DOBBEREN	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	1	4
KREKEN	2	0	0	0	2	0	0	1	1	1	0	7
GETIJDEWATEREN	5	3	2	1	0	2	0	0	0	0	0	13

Tabel 8a Zuurstof (opgelost O₂ in mg/l; **jaarminimum**.
Aantal wateren per watertype dat in de aangegeven trajecten valt.

traject	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	> 14	totaal
BRONNEN	0	0	0	0	0	2	1	3	3	0	0	0	0	0	0	9
BEKEN	2	0	1	2	2	3	6	8	7	2	1	0	0	0	0	35
RIVIEREN	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2
DRINKPOELEN	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
STADSWATEREN	1	1	1	3	2	2	1	1	1	0	0	2	0	0	0	15
SLOTEN	8	9	12	2	2	2	1	2	2	0	0	0	0	0	0	40
KANALEN	1	0	1	1	1	2	2	1	1	0	0	0	0	0	0	10
VENNEN	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
DUINMEREN	1	1	0	1	0	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	6
WIELEN	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
ZANDGATEN	0	1	1	0	0	0	1	2	4	2	0	0	0	0	0	13
PETGATEN	1	0	1	1	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	4
MEREN EN PLASSEN	1	0	0	2	1	1	2	5	8	1	1	0	0	0	0	22
DOBBEN	0	2	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	4
KREKEN	0	0	1	0	1	1	4	1	0	0	0	0	0	0	0	8
GETIJDWATEREN	0	1	0	0	0	0	5	5	0	0	0	0	0	0	0	11

Tabel 8b Zuurstof (opgelost O₂ in mg/l; **jaargemiddelde**.
Aantal wateren per watertype dat in de aangegeven trajecten valt.

traject	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	> 14	totaal
BRONNEN	0	0	0	0	0	0	2	1	1	1	3	0	0	0	0	9
BEKEN	0	1	0	0	1	1	0	3	4	9	14	2	0	0	0	35
RIVIEREN	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	2
DRINKPOELEN	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
STADSWATEREN	0	0	0	0	0	0	1	1	3	3	4	1	1	1	0	15
SLOTEN	0	0	0	0	4	4	6	7	8	2	3	1	2	0	3	40
KANALEN	0	0	0	0	1	1	2	1	1	4	0	0	0	0	0	10
VENNEN	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	2
DUINMEREN	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	3	0	0	0	6
WIELEN	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	2
ZANDGATEN	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	8	0	0	0	0	13
PETGATEN	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	1	0	1	0	4
MEREN EN PLASSEN	0	0	0	0	1	0	0	1	2	3	12	3	0	0	0	22
DOBBEN	0	0	0	0	0	0	2	0	1	1	0	0	0	0	0	4
KREKEN	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	4	0	0	0	0	8
GETIJDWATEREN	0	0	0	1	0	0	0	0	5	4	1	0	0	0	0	11

Het verdelingspatroon lijkt op dat van de fosfaten: een top bij de lage gehalten (0 - 1 mg/l) en een bij de zeer hoge gehalten (>10 mg/l); laatstgenoemde is in werkelijkheid meer een staart dan een top. Overigens is hier duidelijker dan bij de fosfaten dat het gehalte bij de meeste watertypen in het laagste traject (0 - 1 mg/l als N) ligt.

De natuurlijke trajecten kunnen voor de meeste typen dan ook op 0 - 1 mg/l (als N) geschat worden.

Bij de bronnen, de beken, de rivieren, de sloten en de zandgaten worden in veel wateren zeer hoge gehalten gevonden. Gezien de zeer lage gehalten van nitraat en ammonium in grondwater (ref. 3), namelijk in de orde van grootte van 1 mg/l (als N) of minder, moeten die hoge gehalten in de meeste gevallen aan verontreiniging worden toegeschreven: bij beken en rivieren vooral lozingen, bij bronnen, sloten en zandgaten diffuse verontreiniging door uitspoeling. Ook voor deze typen zou toch voorlopig een natuurlijk nitraatgehalte van <1 mg/l (als N) kunnen gelden.

Anders dan fosfaat is nitraat weinig persistent. Omzettingen van ammonium in nitraat, van nitraat in gasvormige stikstof of van stikstof in organische N-verbindingen kunnen door een aantal soorten organismen (bacteriën, blauwwieren) worden uitgevoerd. De relaties tussen gehalten in grondwater, oppervlaktewater, regen, enz. zijn daardoor zeer ingewikkeld en hangen behalve van verspreiding ook van bovengenoemde omzettingen af.

2.9 Zuurstof

Zie tabellen 8a en 8b.

De *gemiddelde* zuurstofgehalten liggen bij bijna alle watertypen in het traject van 8-11 mg/l. Een duidelijke uitzondering vormen de sloten met een traject van 6-9 mg/l. Ondanks het feit dat bij alle watertypen zowel meer als minder verontreinigde voorbeelden in de tabel zijn verwerkt liggen de gemiddelden dus toch in een gebied dat weinig van het verwachte natuurlijke traject (rondom verzadigingswaarden voor zuurstof) afwijkt.

De jaargemiddelde waarde zegt echter nog weinig over (al dan niet door verontreiniging veroorzaakte) schommelingen in zuurstofgehalten. De trajecten voor de *jaarminima* in de tabel geven daar - in samenhang met die voor de jaargemiddelden - wel een idee van. Bij de watertypen sloten, kanalen, stadswateren, vennen, duinmeren, wielen en kreken liggen de trajecten voor minimum en gemiddelde meer dan 3 mg/l uit elkaar. Bij die typen treden dus in veel gevallen grote schommelingen (in de loop van het jaar of in de loop van de dag) op. Vooral bij de sloten, stadswateren, vennen en wielen komen zeer lage minima (minder dan 5 mg/l) voor. Het aantal gegevens voor vennen en wielen is echter te gering om enigszins betrouwbare conclusies te kunnen trekken.

Een uitgebreide studie naar de zuurstoftrajecten voor de

meeste van de hier behandelde watertypen is in 1985 in het kader van CUWVO-V-I gedaan ten behoeve van de normstelling van de basiskwaliteit. Een van de resultaten daarvan is een indicatie van de trajecten van zuurstofgehalten in de diverse watertypen op basis van een statistische analyse van een grote hoeveelheid gegevens door Haskoning (ref. 5). Figuur 12 geeft een samenvatting van het resultaat. In grote lijnen komt dat overeen met het beeld dat uit de tabellen 8a en 8b naar voren komt.

Voor het jaargemiddelde kan geschat worden dat het natuurlijk niveau voor alle watertypen (ook sloten) in het traject (ruim begrensd) van 8-11 mg/l ligt. Dit komt overeen met de verzadigingswaarden voor opgeloste zuurstof bij temperaturen van ca. 10 tot 25° C. Dergelijke waarden zijn te verwachten in een situatie waarin zuurstofproductie en zuurstofconsumptie door de organismen in het water gering zijn ten opzichte van het fysische proces van uitwisseling van zuurstof tussen water en atmosfeer, met andere woorden bij een beperkte belasting met afbreekbare organische stoffen en met voedingsstoffen voor algen en hogere waterplanten en een globaal evenwicht tussen beide.

Het jaarminimum ligt in de hier gebruikte gegevens voor de modale wateren van de meeste typen niet lager dan 5 mg/l. De typen met lagere minima zijn dezelfde als waarvoor (zie boven) het verschil tussen gemiddelde en minimum groot is. Dit zou er op kunnen wijzen dat de lage minima bij deze typen veroorzaakt worden door een kwalitatief andere natuurlijke zuurstofhuishouding, nl. grotere fluctuaties in netto zuurstofproductie en netto zuurstofconsumptie, m.a.w. afwisseling van perioden van grote zuurstofoverschotten met perioden van grote zuurstoftekorten. Dergelijke fluctuaties kunnen optreden bij een combinatie van de volgende factoren: gering watervolume, enige belasting met organisch materiaal (hoewel niet bijzonder hoog: in dat geval zou immers het gemiddelde zuurstofgehalte sterker verlaagd moeten zijn) en relatief grote dichtheid van algen en/of hogere waterplanten.

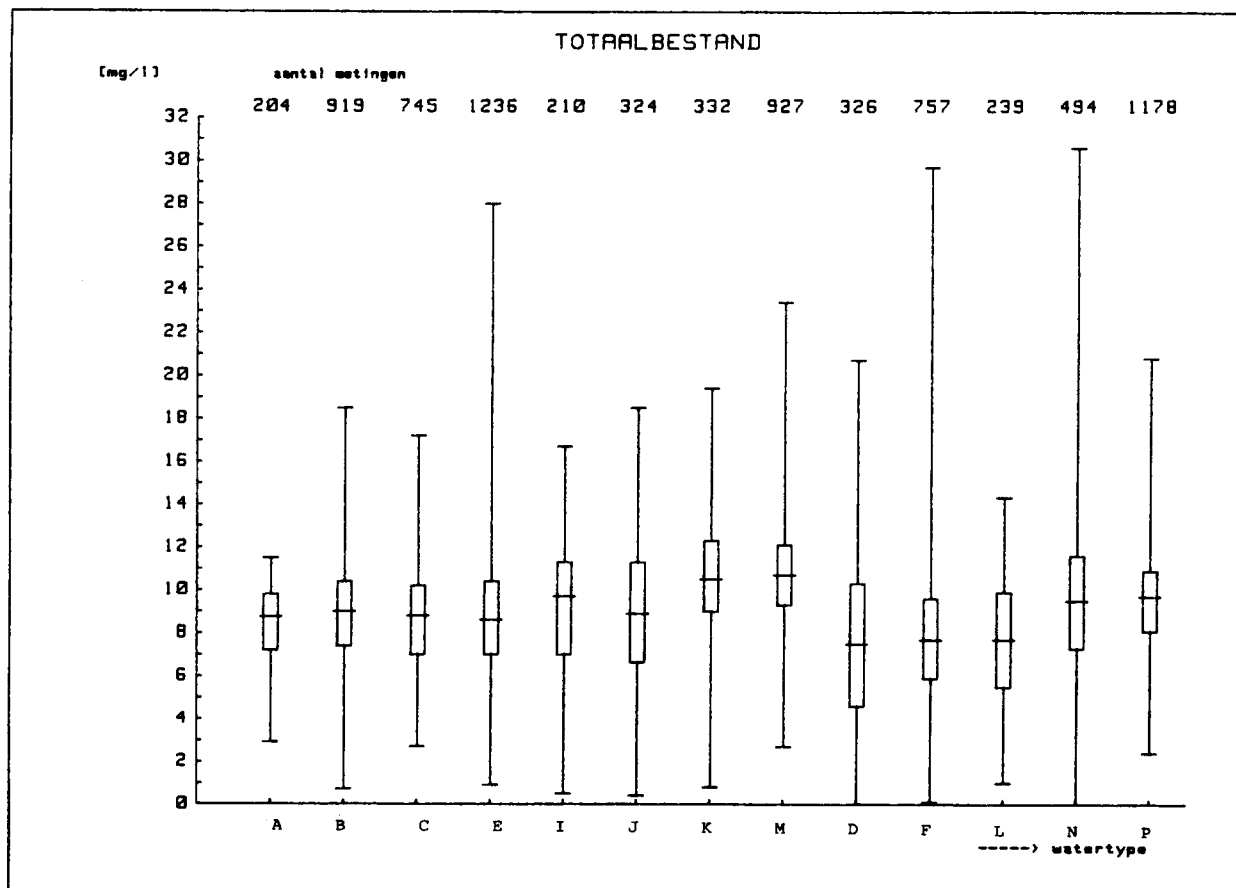
Voorzichtig kan worden geschat dat voor de watertypen sloten en stadswateren het "natuurlijke" minimum-zuurstofgehalte zich in het traject van 2 tot 7 mg/l bevindt. Voor de drinkpoelen, de wielen, de vennen en petgaten zijn er te weinig gegevens om conclusies te kunnen trekken. Voor de overige negen watertypen lijkt een traject van 6-9 mg/l voor het natuurlijk minimum-zuurstofgehalte op grond van de op dit moment beschikbare gegevens het meest waarschijnlijk.

2.10 Natuurlijke trajecten: overzicht

In tabel 9 worden schattingen van de natuurlijke trajecten van de hier besproken parameters samengevat.

Bij de tabel dient nog de volgende toelichting te worden gegeven:

1. De temperatuur is uitgedrukt in °C, de pH in standaard-eenheden en alle overige parameters in mg/l.



- | | |
|-------------------------------|-------------------------------|
| A. BRONNEN | I. DUINMEREN |
| B. BEKEN | J. WIELEN |
| C. RIVIEREN (grote en kleine) | K. ZAND-, GRIND- EN KLEIGATEN |
| D. SLOTEN | L. PETGATEN |
| E. KANALEN | M. MEREN EN PLASSEN |
| F. STADSWATEREN | N. KREKEN |
| | P. GESTUWDE BEKEN |

Figuur 12 Zuurstofgehalten (in mg/l) van een aantal typen oppervlaktewateren. Weergegeven zijn: mediaan, 25- en 75-percentielen, maximum en minimum. Samengesteld uit maandgegevens over een periode van 5 jaar. Naar Haskoning (ref. 5).

- Betekenis afkortingen: min. = jaarminimum, gem. = jaargemiddelde, max. = jaarmaximum.
- Bij enkele watertypen zijn voor enkele parameters twee trajecten aangegeven. Bij de sloten, kanalen en meren en plassen staat 1 voor de subgroep met zoet water en 2 voor de subgroep die door kwel of menging met zee-water brak zijn. Bij de zand-, grind- en kleigaten betreft 1 de kalkarme en 2 de kalkrijkere wateren.
- Niet-ingevulde velden duiden op onvoldoende informatie. Bij de onder 3 genoemde watertypen betekenen niet-ingevulde velden in de 2^e reeks echter dat het betreffende traject gelijk is aan dat van de 1^e reeks.

3. BIOTISCHE PARAMETERS

Zoals in de inleiding van dit deel al is gezegd, beperkt het overzicht van de biotische parameters zich tot twee tabellen. Tabel 10 geeft een overzicht van de natuurlijke dichtheden van algen in oppervlaktewatertypen, uitgedrukt in chlorofyl-gehalte. Tabel 11 geeft een zeer globaal overzicht van de (grotere) organismengroepen die in de diverse typen voorkomen.

Voor het bepalen van de natuurlijke soortensamenstelling van de verschillende typen oppervlaktewateren kunnen in

Tabel 9 Schatting van natuurlijke trajecten voor enkele fysische en chemische kenmerken van de verschillende wassertypen.

	temp. max.	pH gem.	Cl ⁻ gem.	SO ₄ ⁻ gem.
BRONNEN	10 - 15	7 - 8	0 - 20	0 - 40
BEKEN	15 - 20	6 - 8	10 - 40	0 - 40
RIVIEREN	20 - 25	7 - 8	10 - 40	0 - 40
DRINKPOELEN	15 - 25	7 - 8	10 - 40	0 - 40
STADSWATEREN	15 - 25	7 - 8	20 - 80	0 - 40
SLOTEN	1 15 - 25	6 - 8	10 - 40	0 - 40
	2		10 - 10.000	0 - 40
KANALEN	1 20 - 25	7 - 8	10 - 40	0 - 40
	2		100 - 10.000	50 - 200
VENNEN	20 - 25	4 - 6	0 - 20	0 - 40
DUINMEREN	20 - 25	7 - 8	40 - 200	0 - 40
WIELEN	20 - 25	7 - 8	10 - 40	0 - 40
ZAND-, GRIND- EN KLEIGATEN	1 20 - 25	7 - 9	10 - 40	0 - 40
	2			
PETGATEN	20 - 25	7 - 8	0 - 50	0 - 40
MEREN EN PLASSEN	1 20 - 25	7,5 - 8,5	20 - 80	0 - 40
	2		100 - 10.000	50 - 200
DOBBEN	15 - 25	7 - 8	100 - 10.000	50 - 1.000
KREKEN	20 - 25	8 - 9	100 - 10.000	50 - 200
GETIJDEWATEREN	15 - 20	8 - 9	1.000 - 18.000	100 - 2.500

	Ca ⁺⁺ gem.	opgelost PO ₄ -P max.	NO ₃ -N max.	O ₂ min.	O ₂ gem.
BRONNEN	10 - 100	0 - 0,1	0 - 1	6 - 9	8 - 11
BEKEN	10 - 100	0 - 0,1	0 - 1	6 - 9	8 - 11
RIVIEREN	50 - 60	0,1 - 0,2	0 - 1	6 - 9	8 - 11
DRINKPOELEN	40 - 50	0 - 0,1	0 - 1		8 - 11
STADSWATEREN	30 - 150	0 - 0,1	0 - 1	2 - 7	8 - 11
SLOTEN	1 10 - 60	0 - 0,1	0 - 1	2 - 7	8 - 11
	2 90 - 150	> 0,2			
KANALEN	1 10 - 40	0 - 0,1	0 - 1	6 - 9	8 - 11
	2 80 - 100				
VENNEN	0 - 10	0 - 0,1	0 - 1		8 - 11
DUINMEREN	0 - 60	0 - 0,1	0 - 1	6 - 9	8 - 11
WIELEN	10 - 60	0 - 0,1	0 - 1		8 - 11
ZAND-, GRIND- EN KLEIGATEN	1 0 - 20	0 - 0,1	0 - 1	6 - 9	8 - 11
	2 40 - 50				
PETGATEN	10 - 30	0 - 0,1	0 - 1		8 - 11
MEREN EN PLASSEN	1 10 - 30	0 - 0,1	0 - 1	6 - 9	8 - 11
	2 50 - 80				
DOBBEN	100 - 200	> 1,0	0 - 1		8 - 11
KREKEN	50 - 150	> 1,0	0 - 1	6 - 9	8 - 11
GETIJDEWATEREN	> 100	0 - 0,1	0 - 1	6 - 9	8 - 11

grote lijnen dezelfde methoden worden gehanteerd die in hoofdstuk 2.1 voor de fysische en chemische parameters worden genoemd. Een relatief recente methode van historisch onderzoek is de palaeolimnologie (ref. 8). Dode resten van bijvoorbeeld algen en macrofauna in sedimenten worden daarbij gebruikt als indicaties voor de soortensamenstelling zoals die vroeger was.

Omdat het aantal relevante biotische parameters minstens een orde van grootte hoger ligt dan het aantal fysische en chemische, en ook de variabiliteit in de soortensamenstelling groter is, is de te bereiken exactheid op dit moment aanzienlijk geringer. Ondanks dat moet het met de beschikbare, o.a. in dit rapport samengebrachte, gegevens mogelijk zijn uitgebreidere overzichten van de natuurlijke soortensamenstelling te maken dan hier gebeurd is.

Tabel 10 Natuurlijke fytoplanktondichtheid per type oppervlaktewater, uitgedrukt in chlorofyl-a gehalte (µg/l; gemiddelde in zomerhalfjaar).

BRONNEN	0
BEKEN	5 - 10
RIVIEREN *)	
DRINKPOELEN *)	
STADSWATEREN	50
SLOTEN	10 - 50
KANALEN	25 - 50
VENNEN EN PINGO-RUÏNES	0 - 10
DUINMEREN	0 - 10
WIELEN	0 - 10
ZAND-, GRIND- EN KLEIGATEN	0 - 10
PETGATEN	0 - 10
MEREN EN PLASSEN	25 - 50
DOBBEN *)	
KREKEN	50
GETIJDEWATEREN *)	

*) onvoldoende gegevens

Tabel 11 Voorkomen van groepen organismen in de verschillende watertypen.

	BRONNEN	BEKEN	RIVIEREN	DRINKPOELEN	STADSWATEREN	SLOTEN	KANALEN	VENNEN EN PINGO-RUÏNES	DUINMEREN	WIELEN	ZAND-, GRIND- EN KLEIGATEN	PETGATEN	MEREN EN PLASSEN	DOBBEN	KREKEN	GETIJDWATEREN
zoogdieren (grote)	-	e	e	-	-	e	e	e	e	e	e	e	e	-	e	+
vogels	-	+	o	e	o	o	o	e	+	o	o	+	+	e	o	o
amfibieën	o	o	o	+	o	+	e	+	+	o	o	+	o	-	-	-
vissen	-	+	*	e	o	o	o	-	e	o	o	o	o	e	+	+
kreeftachtigen	+	+	o	o	e	o	o	-	-	o	o	o	o	o	+	+
insecten																
vliegen, muggen	+	+	+	+	+	o	o	+	o	o	o	o	o	e	+	+
wantsen	e	+	+	o	e	o	o	+	*	o	o	o	o	+	+	-
kevers	+	+	e	o	e	o	o	+	o	o	o	o	o	+	+	-
steenvliegen	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
kokerjuffers	+	+	+	o	e	o	o	+	o	o	o	o	o	-	+	-
eendagsvliegen	e	+	+	o	e	o	o	+	o	o	o	o	o	-	-	-
libellen	e	+	+	o	-	o	o	+	o	o	o	o	o	o	-	-
weekdieren																
slakken	+	+	+	o	o	o	o	-	o	o	o	o	o	o	+	+
mossels	-	+	+	o	e	o	o	-	o	o	o	o	o	o	+	+
zoöplankton	-	-	e	o	o	e	o	+	o	+	o	o	+	o	+	+
waterplanten																
wortelend	-	+	+	o	e	+	e	+	o	e	e	+	*	+	+	+
drijvend	-	-	-	o	e	o	-	-	-	o	o	*	o	+	-	-
algen (fytoplankton)																
blauwwieren	-	e	o	o	o	e	o	e	e	o	o	e	o	o	o	o
groenwieren	-	e	o	o	o	e	o	e	o	o	o	o	o	o	+	+
flagellaten	-	-	-	o	o	e	e	+	o	o	o	+	o	o	+	+
kieselwieren	-	+	*	o	o	e	o	+	o	o	o	o	o	o	+	+
sierwieren	-	e	e	e	-	e	-	+	o	o	o	+	e	o	-	-
aantal + en *:	6	14	11	2	1	2	0	12	3	1	0	6	3	4	13	11

- + = is typisch voor het systeem; de groep heeft specifieke soorten in het systeem
 * = gewone maar ook typische soorten
 o = maakt deel uit van het systeem zonder daarvoor typisch te zijn
 e = maakt incidenteel of niet-belangrijk deel uit van het systeem; of is twijfelachtig
 - = maakt geen of vrijwel geen deel uit van het systeem.

4. LITERATUUR

- Leuven, R.S.E.W., en J.A.A.R. Schuurkes;
Effecten van zure neerslag op zwak gebufferde en voedselarme wateren; 's-Gravenhage, Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, Publikatiereeks Lucht nr. 47, 131 p., 1985.
- Zuurdeeg, B.W.;
De natuurlijke samenstelling van de Nederlandse wateren; Utrecht, Rijksuniversiteit, Vening Meinesz Laboratorium voor Geochemie, 107 p., 1979.
- Duijvenbouden, W. van, J. Taat en L.F.L. Gast;
Landelijk meetnet grondwaterkwaliteit: eindrap-

port van de inrichtingsfase; Leidschendam, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieuhygiëne, Rapport nr. 840382001, 129 p., 1985.

4. Eck, G.Th.M., H. van 't Sant en E. Turkstra;
Voorstel referentiewaarden fysisch-chemische
waterkwaliteitsparameters Nederlandse zoute
wateren; Leidschendam, Ministerie van Volks-
huisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieube-
heer, Directoraat-Generaal voor de
Milieuhygiëne, 85 p. + bijl., 1985.

5. Haskoning;
Inventarisatie zuurstofgehalten in ecologische
watertypen; Nijmegen, 18 p. + bijl., 1986.

6. Bloemendaal, F.H.J.L. en J.G.M. Roelofs (red.)

Waterkwaliteit en waterplanten; Nijmegen, Ka-
tholieke Universiteit, rapport in opdracht van
het ministerie van VROM, 1986.

(binnenkort verschijnend in de KNNV reeks).

7. STORA;

Kenmerken van niet rechtstreeks door afvalwa-
ter beïnvloed binnenwater; Rijswijk, interim-
verslag, 105 p., 1984.

8. Klink, A.G.;

Studie over de toepasbaarheid van paleolimno-
logisch onderzoek in riviersedimenten. Een
middel om biologische beoordeling van rivieren
te onderbouwen?; Wageningen, Hydrobiolo-
gisch Adviesbureau ir. A.G. Klink, Rapporten
en mededelingen 7, 27 p. + bijlagen, 1983.

Foto's afkomstig van:

dr. ir. H.H. Tolkamp v/h Waterschap Zuiveringschap Limburg;
nrs.: 1, 2, 3

dhr. H. Hobbelink v/h NIOZ
nrs.: 4, 13

dhr. F. Hodzelmans te Breda
nrs.: 5, 6

ir. D. de Bruin v/h Ministerie V & W
nrs.: 7, 18

dhr. F. van Gogh te Amsterdam
nrs.: 10, 19

ir. A.F. Feith v/h Ministerie L&V
nrs.: 22, 32, 36 blz. 19, 109

drs. C.Y.I. Bootsma v/h Ministerie VROM
nrs.: 14, 38

drs. C.M.G. van der Sandt te Botswana
nrs.: 16, 23, 39, 43, 48

drs. K. Everards v/d Provinciale Waterstaat Utrecht
nrs.: 17, 30, 31

drs. P. Leentvaar te Hoevelaken
nrs.: 8, 20, 37

dhr. H.L. Hoogveld v/h Limnologisch Instituut Oosterzee
nrs.: 27, 28

mw. Braad-Koopmans v/h SBB, De Weerribben
nr. 34

dr. T.H.L. Claassen v/d Provinciale Waterstaat Friesland
nrs.: 33, 35, 41

dhr. J. de Boer v/d Zeehondencrèche te Pieterburen
nr.: 45

dr. ir. W. van Vierssen v/d Landbouw Hogeschool Wageningen
nr.: 42

RIN, diverse fotografen
nrs.: 9, 11, 12, 15, 21, 24, 25, 29, 40, 44, 46, 47