

**Een prehistorisch Perspektief als Basis bij het
formuleren van ecologische Normdoelstellingen voor
het zoete Nederlandse Oppervlaktewater**

Voordracht gehouden op het Symposium Biologische Waterbeoordeling 2 en 3 april 1987 te
Wageningen

Alexander Klink

**Hydrobiologisch Adviesburo Klink bv Wageningen
Rapporten en Mededelingen 31 (3 april 1987)**

Inhoudsopgave	pagina
Samenvatting	3
1. Analyse van ecologische normdoelstellingen en de invulling daarvan	5
2. Voorbeelden van veranderingen aan sturende factoren in een ecosysteem	7
3. Hoe kunnen we ecologische normdoelstellingen inhoud geven?	12
4. Diskussie	17
5. Literatuur	19

Figuren

1. Chemische samenstelling van enige grote rivieren in verschillende delen van de wereld	9
2. De "natuurlijke" ionensamenstelling van een aantal Nederlandse wateren	10
3. Vergelijking van de ionenbalans van "natuurlijke" wateren met een aantal stromende en stilstaande wateren in Nederland	11
4. Verandering van het chloridegehalte van het Rijnwater in de afgelopen 110 jaar	11
5. Ionensamenstelling van het water in een aantal Veluwe sprengbeken en beken in de rest van de provincie Gelderland	14

Samenvatting

In deze voordracht wordt ingegaan op factoren die een ecosysteem sturen. Het belang van het achterhalen van deze factoren is evident. Ecologische normdoelstellingen kunnen pas uitgevoerd worden indien de kennis aanwezig is om daadwerkelijk een ecosysteem in een bepaalde richting te sturen.

Omdat sturende factoren de richting van de evolutie hebben bepaald is het een voorwaarde dat ze overal op aarde werkzaam zijn en dat al gedurende vele honderden miljoenen jaren.

Een belangrijke konklusie die hieruit getrokken wordt is dat de mens geen enkele invloed op de soortsvorming van (aquatische) organismen heeft uitgeoefend en dat vanzelfsprekend in de door de mens aangelegde ecosystemen (bv. sloten) geen soorten zijn ontstaan die alleen in deze ecosystemen voorkomen.

De factoren die een ecosysteem sturen zijn:

1. Geografische ligging
2. Reliëf
3. Klimaat
4. Dimensie
5. Aan- en afvoer van het water
6. Chemische samenstelling van het water

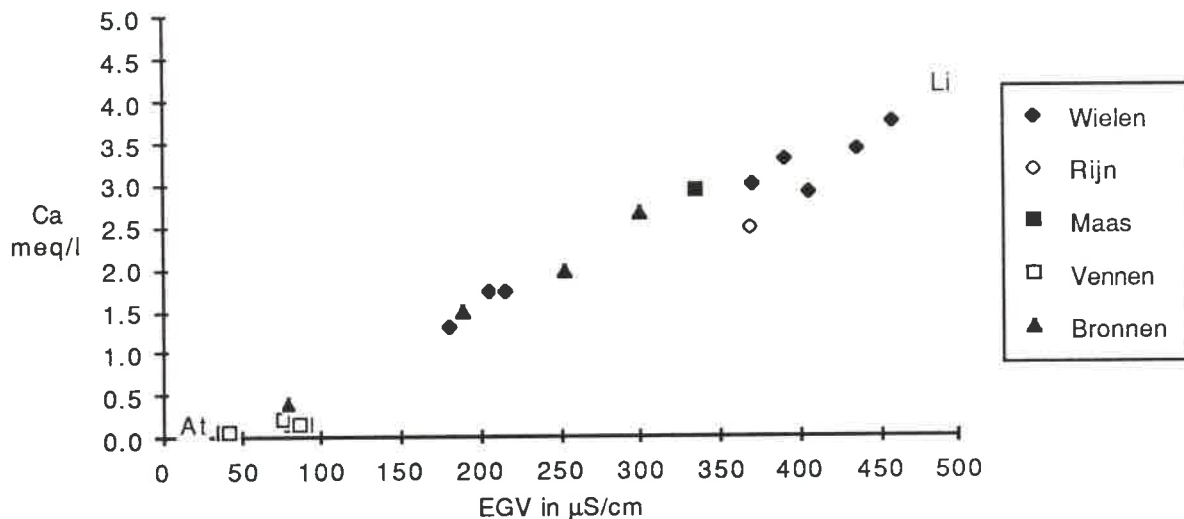
Van deze zes factoren zijn de laatste drie door de mens beïnvloed of te beïnvloeden. Met deze factoren kan dus door de mens gemanipuleerd worden om een ecosysteem naar een hoger niveau sturen.

Op de faktor chemische samenstelling wordt de meeste nadruk gelegd. Enerzijds omdat op zeer verschillende wijze wordt gedacht over het belang van de chemische samenstelling van water, anderzijds omdat het veelal een grote inspanning vergt om deze faktor in de natuurlijke staat terug te brengen.

In tegenstelling tot vele vakgenoten wordt onder de sturende faktor chemische samenstelling de ionenbalans van het water verstaan en niet de trofie of saprobiegraad. De trofiegraad van een water is afhankelijk van de ionensamenstelling en is derhalve een afgeleide hiervan. De saprobiegraad is een maat voor de menselijke beïnvloeding die in het verloop van de evolutie geen rol van betekenis heeft gespeeld, getuige het uiterst gering aantal organismen dat karakteristiek wordt geacht voor verontreiniging.

De ionenbalans echter is een faktor die afhankelijk is van een aantal in de natuur voorkomende verschijnselen, zo oud is als het water zelf en uiteraard alom aanwezig. In het kort wordt ingegaan op de chemische samenstelling van zoet water op mondiaal niveau. Hieruit blijkt dat het noordelijk halfrond zich onderscheidt van het zuidelijk halfrond door de hogere ionenrijkdom van het water. Dit hangt ten nauwste samen met het verschil in leeftijd tussen deze gebieden.

"Natuurlijke" ionensamenstelling in enige oppervlaktewateren



De "natuurlijke" ionensamenstelling in een aantal Nederlandse oppervlaktewateren

Voorts wordt van een aantal verschillende Nederlandse oppervlaktewateren een karakteristieke natuurlijke ionenbalans gegeven (zie de figuur). Gesteld wordt dat de verandering van de chemische samenstelling van het water leidt tot onnatuurlijke situaties en dus tot genivelleerde ecosystemen. In verband hiermee wordt de natuurlijke samenstelling van een aantal Nederlandse wateren vergeleken met de huidige. Hierin valt de dramatische verandering op die de Rijn in de afgelopen eeuw heeft doorgemaakt. Dit heeft als ingrijpende konsekwentie dat in gebieden waar Rijnwater wordt ingelaten ook een onnatuurlijke ionensamenstelling aanwezig is.

Vervolgens worden enige voorbeelden uitgewerkt om ecosystemen naar een hoger ecologisch niveau te sturen, met behulp van de drie factoren waarop de mens invloed kan uitoefenen. In de discussie wordt bij het toekennen van ecologische normdoelstellingen de prioriteit gelegd bij de natuurlijke ecosystemen, omdat dit de ecosystemen zijn die aktueel of potentieel de leveranciers zijn van organismen voor alle aanwezige ecosystemen (natuurlijk of niet natuurlijk). Tevens wordt bij het inschalen van een ecologisch niveau een absolute en een glijdende schaal voorgesteld. De absolute schaal dient om de natuurlijke ecosystemen op hun niveau te beoordelen. De glijdende schaal dient om een ecologisch optimum vast te stellen voor de niet natuurlijke ecosystemen. Ten slotte wordt het begrip basiskwaliteit omschreven als het ecologische niveau van een ecosysteem, waarbij door gerichte manipulatie van de sturende factoren een ecosysteem naar het gewenste niveau kan worden gestuurd. Dit houdt in dat nivellerende elementen als organische vervuiling (saprobie) of verhoogde gehalten aan zware metalen dusdanig zijn uitgebannen dat een ecosysteem weer een interne structuur bezit en dus bestuurbaar wordt.

1. Analyse van ecologische normdoelstellingen en de invulling daarvan

Ecologische normdoelstellingen zijn beschreven resultaten die bij uitvoering van maatregelen moeten leiden tot de ecologische verbetering van een ecosysteem. Wat ecologische verbetering inhoudt zal hier ter sprake worden gebracht in combinatie met de maatregelen die nodig zijn om deze verbeteringen te bewerkstelligen. Allereerst moeten hiervoor de volgende vragen worden beantwoord:

- Wat is een ecosysteem van het hoogste niveau?

Een ecosysteem van het hoogste niveau is een gebied (in dit geval een combinatie van oppervlaktewater en omringend land) waar de sturende factoren in hun natuurlijke hoedanigheid aanwezig zijn.

- Wat zijn sturende factoren voor een ecosysteem?

Sturende factoren voor een ecosysteem zijn die factoren die gedurende de evolutie van de organismen altijd hun invloed hebben uitgeoefend op het ecosysteem. Factoren die altijd en overal aanwezig zijn geweest hebben de initiatie en ontwikkeling van de biologische evolutie bewerkstelligd. Dit in tegenstelling tot factoren die in het gehele evolutieproces slechts zeer sporadisch of kortstondig werkzaam zijn geweest (bv. vulkaaneruptions).

De evolutie van soorten is een proces geweest dat honderden miljoenen jaren heeft geduurd. De snelheid van de recente evolutie is af te lezen aan de affiniteit tussen de Chironomidae (dansmuggen) van het palaearctisch gebied en die van het nearctische gebied. De geslachten zijn identiek (uitzonderingen minder dan 5%), de soorten echter vertonen in de meeste gevallen marginale verschillen (Wiederholm, 1983). De periode waarin deze verschillen hebben kunnen ontstaan bedraagt ca. 50 miljoen jaar. Dit is de periode dat het Noord Amerikaanse continent zich splitste van het Eurazische continent (Owen, 1983).

Eenzelfde biogeografische affiniteit is aangetroffen tussen Zuid Amerika, Australië en Nieuw Zeeland. Deze gebieden zijn al meer dan 100 miljoen jaar van elkaar gescheiden (Brundin, 1966). De soorten die in Nederland in afzettingen van 100.000 jaar oud zijn aangetroffen zijn nog steeds in Nederland aanwezig (bv. van Geel e.a., 1986).

De soortsvorming is derhalve een zeer langdurig proces waarop de mens geen invloed heeft uitgeoefend. Hierbij laten we het kweken van rassen voor de voedselvoorziening buiten beschouwing. Het is van belang op te merken dat ecosystemen die door de mens zijn aangelegd een biologische invulling krijgen van soorten die in natuurlijke ecosystemen voorkomen, maar dat deze nieuwe ecosystemen niet leiden tot nieuwe soorten.

In dit raamwerk kunnen de volgende factoren beschouwd worden als sturende factoren voor een ecosysteem:

1. Geografische ligging

De wereld is op te splitsen in een beperkt aantal biogeografische gebieden. Binnen een dergelijk gebied bestaat grote overeenkomst tussen flora en fauna. De oorzaak hiervan is de gemeenschappelijke geschiedenis die deze gebieden hebben doorgemaakt en de aanwezigheid van vroegere landverbindingen.

2. Reliëf

In een biogeografisch gebied is de gebergtevorming vaak een van de belangrijkste factoren die bepaald welke ecosystemen ontstaan. Door de differentiatie in het reliëf ontstaan gradiënten van stijl en hoog naar vlak en laag.

3. Klimaat

Binnen een biogeografisch gebied en een gegeven reliëf is het klimaat de volgende sturende factor voor de ecosystemen. In ruimtelijke zin wordt het klimaat bepaald door de geografische ligging en het reliëf. Op een tijdelijke schaal kan het klimaat hiervan min of meer onafhankelijk worden gezien (bv. ijstijden).

De eerste drie factoren moeten in het huidige Nederland als de prehistorische basis gezien worden voor onze natuurlijke ecosystemen.

De volgende factoren zijn verantwoordelijk voor de kleinschaligere differentiatie van de ecosystemen in Nederland. Tevens zijn dit de factoren die door toedoen van de mens te veranderen zijn, met als gevolg een achteruitgang in de kwaliteit van het ecosysteem. In de hier gepresenteerde filosofie leidt de menselijke verandering van de sturende factoren tot het ontstaan van onnatuurlijke combinaties van factoren. Als gevolg hiervan ontstaan onnatuurlijke ecosystemen die uiteraard minder van kwaliteit zijn dan natuurlijke ecosystemen.

4. Dimensie

Dimensie is een factor die menselijk gezien kan worden vertaald in mate van evenwicht. De omvang van een ecosysteem kan dusdanig zijn dat een ecosysteem in de loop van miljoenen jaren niet of nauwelijks verandert. Een voorbeeld hiervan is het Bajkalmeer met een grootste diepte van 1620 m en een oppervlakte groter dan Nederland. Als ander uiterste is een poeltje te beschouwen dat slechts na forse regenval enige weken als aquatisch ecosysteem funktioneert. In beide gevallen treft men er een karakteristieke levensgemeenschap aan.

5. Aan- en afvoer van water

In alle wateren vindt aanvoer plaats via de regen, soms in vertraagde vorm via het grondwater. In stromende wateren vindt de meeste afvoer plaats door middel van afstroming. In stilstaande wateren wordt het water voornamelijk via de verdamping afgevoerd.

6. Chemische samenstelling van het water

De chemische samenstelling van het natuurlijke oppervlaktewater wordt bepaald door de geschiedenis van het water vanaf het moment dat het als regen neervalt tot aan het moment dat het deel van het oppervlaktewater uitmaakt. Als zodanig dus sterk afhankelijk van factor 5. Indien het contact van het regenwater met de bodem langer duurt zullen meer ionen oplossen en verandert het water van samenstelling. Deze ionenconcentratie wordt dus sterk bepaald door de verblijftijd in de bodem, maar uiteraard ook door de chemische gesteldheid van de bodem.

Omdat de factoren 4, 5 en 6 door de mens zijn beïnvloedt heeft dit geleid tot de bovengenoemde onnatuurlijke combinaties van sturende factoren die een verarming van het ecosysteem tot gevolg hebben gehad. Bij het sturen van een ecosysteem in de richting van het optimum zijn dit dus de factoren die in aanmerking komen bij het formuleren van ecologische normdoelstellingen. In het onderstaande worden enige voorbeelden gegeven hoe de mens deze factoren heeft veranderd.

2. Voorbeelden van veranderingen aan sturende factoren in een ecosysteem

- Dimensie

Deze faktor is tweeledig. Ten eerste is het graven van een nieuw ecosysteem te beschouwen als een ingreep in de dimensie. Het resultaat is een aquatisch ecosysteem in plaats van een overwegend terrestrisch ecosysteem. Een andere wijze van ingrijpen op de dimensie is het aanpassen van natuurlijke ecosystemen ten behoeve van bijvoorbeeld de afvoer.

In de faktor dimensie heeft de mens al vroeg in de middeleeuwen allerlei veranderingen aangebracht. Een voorbeeld is het graven van sloten voor ontginning van de laagveengebieden. Dit heeft tot gevolg gehad dat ecosystemen zijn ontstaan die geen natuurlijke equivalent kennen. De flora en fauna in een sloot laten zich typeren als een eigenaardige soortkombinatie van stilstaand water. De levensgemeenschap in een sloot is biologisch op te vatten als die in een meer, waarin de oevervegetatie een abnormaal grote invloed heeft en waarvan de sublittorale en profundale flora en fauna ontbreekt. Kenmerkend voor dit gegraven ecosystem is voorts de onderhoudsbehoefte om het systeem in stand te houden.

Een laagveenplas die ontstaan is door ontginning is biologisch eveneens te vergelijken met een meer. Door de geringe diepte is slechts de sublittorale flora en fauna komponent vertegenwoordigd. Wielen en zandwinputten tenslotte komen qua dimensie het meest overeen met meren, die veelal diep zijn en een aanzienlijke oppervlakte hebben. Deze overeenkomst met een natuurlijk meer komt ook duidelijk tot uitdrukking in de biologische rijkdom van deze wateren. Ook de stromende wateren hebben dimensieverandering ondergaan, te beginnen bij de grote rivieren die in de middeleeuwen al van een winterdijk zijn voorzien. In de meer recente geschiedenis is ook het zomerbed ingepakt door kribben en dijken. Als gevolg hiervan zijn de oevervegetatie en de daarbij behorende fauna verdwenen.

Een ander voorbeeld van een onnatuurlijke dimensie is een Veluwe sprengenbeek. De meeste van deze beken zijn enige eeuwen geleden gegraven voor industriële doeleinden. Het water diende als energiebron en werd gebruikt bij het productieproces (papierfabrieken en wasserijen). Door de onnatuurlijke dimensie moet ook aan deze beken onderhoud worden verricht omdat ze anders verstopt raken. De soortkombinatie van makro-evertebraten is voor Europa uniek te noemen. De meeste componenten zijn in bovenlopen van beken aan te treffen. Opmerkelijk is echter dat eveneens soorten voorkomen die karakteristiek zijn voor kalkarme diepe meren. De genormaliseerde beek als ecosysteem is een verarmde variant van een natuurlijke beek met enige componenten van stilstaande water.

- Aan- en afvoer

Een voorbeeld van het veranderen van de aan- en afvoer van water is het inlaten van rivierwater. In de zomer wordt water ingelaten en het uitmalen van gebiedseigen water gebeurt in de winter. Deze ingreep wordt toegepast in grote delen van West en Noord Nederland. Los van de veranderingen in de ionensamenstelling van het betreffende ecosysteem (zie hieronder), treden allerlei onnatuurlijke fluktuaties op in het waterpeil. Van nature is de waterstand in de winter hoger dan in de zomer (door het verschil in neerslagoverschot in ons klimaat). De geschetste situatie is echter precies omgekeerd. In de winter wordt het peil kunstmatig laag gehouden terwijl 's zomers een hoge waterstand aanwezig is. De gevolgen voor het ecosysteem zijn nog niet in te schatten maar zijn uiteraard negatief.

Een andere ingreep op deze faktor is grondwateronttrekking. Door grondwateronttrekking krijgen beken nabij het onttrekkingspunt minder grondwater toegevoerd, waardoor de natuurlijke afvoer afneemt, hetgeen in extreme gevallen kan leiden tot een periodiek of permanent droogstaande beek. Indien een beek periodiek droogvalt (wat ook in een natuurlijk ecosysteem kan gebeuren) vestigt zich een soortenarme, maar karakteristieke levensgemeenschap. Indien een beek permanent droogstaat is in het geheel geen sprake meer van een aquatisch ecosysteem.

Van de grote Nederlandse rivieren wordt de Maas het meest beïnvloed in haar afvoer. De stuwen die vroeg in deze eeuw in de rivier zijn geplaatst zijn er de oorzaak van dat veel organismen behorend bij een natuurlijk rivier ecosysteem zijn vervangen door organismen die van nature in meren voorkomen. De meeste grotere beken in Nederland zijn eveneens gestuwd en hier kan hetzelfde gekonstateerd worden.

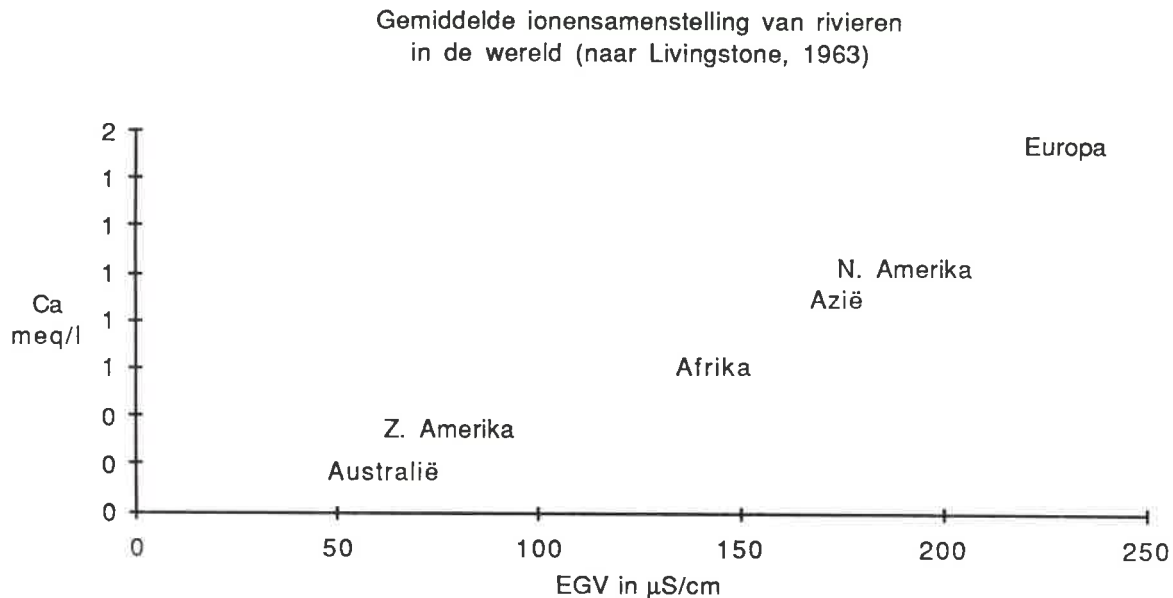
- Chemische samenstelling van het water

Bij deze voorbeelden zal wat dieper op de effecten worden ingegaan, aangezien deze faktor wellicht de meest ingrijpende veranderingen heeft ondergaan.

De anionen die in het zoete oppervlaktewater een belangrijke rol spelen zijn HCO_3^- , Cl^- en SO_4^{2-} . De voornaamste kationen zijn Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ en in mindere mate K^+ . Deze makro-ionen bepalen de osmotische waarde van het water. Van de effecten van verandering in osmotische waarde is weinig meer bekend dan dat altijd een mooie gradiënt in de levensgemeenschap optreedt van zoet via brak naar zeewater. Dit is kenmerkend voor de werking van een sturende faktor.

Op wereldniveau is de ionensamenstelling van grote rivieren weergegeven in figuur 1. De rivieren in de noordelijke hemisfeer zijn rijker aan ionen dan de rivieren op het zuidelijk halfrond. Dit wordt veroorzaakt door het kalkgehalte. Op het noordelijk halfrond bestaat de bodem voor een groot deel uit jonge (kalkrijke) afzettingen. Op het zuidelijk halfrond vinden we hoofdzakelijk de oudere kleien (kaolinet of tropische ziekte) waaruit de kalk is verweerd (naar Pannekoek en van Straaten, 1982). Deze samenstelling kan evenals de geografische ligging, klimaat en reliëf worden opgevat als de chemische basis.

Een afwijkende ionensamenstelling hebben enige rivieren die in aride gebieden liggen (Midden Oosten en het Zuiden van de Verenigde Staten), hierin kan door verdamping de ionenconcentratie zeer hoog worden (Salt River). De benedenloop van de Jordaan heeft bijvoorbeeld een EGV van ca. 7500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Ortal en Por, 1978).



Figuur 1. Chemische samenstelling van enige grote rivieren in verschillende delen van de wereld

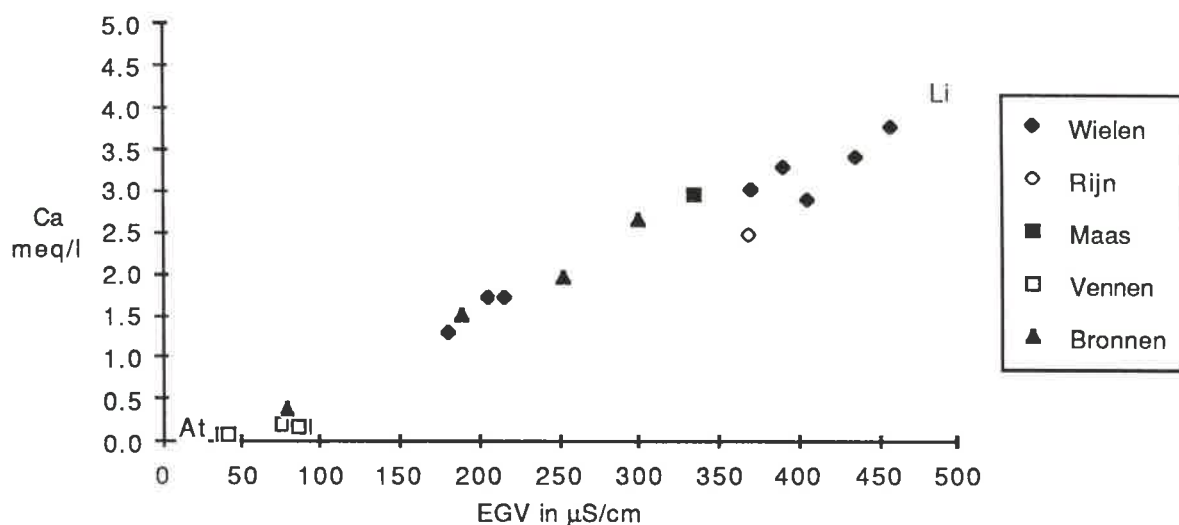
In het zoete water van Nederland is de ionenconcentratie natuurlijk ook afhankelijk van het kalkgehalte en de verblijftijd in de bodem. Regenwater dat nog niet in contact is geweest met de bodem heeft nog geen ionen kunnen opnemen en wordt derhalve gekenmerkt door een zeer laag geleidingsvermogen ($\text{EGV} = 50 \mu\text{S/cm}$), afwezigheid van Ca^{2+} en HCO_3^- , derhalve een lage pH met Cl^- en SO_4^{2-} als voornaamste anionen. Indien water langer de kans heeft gekregen om ionen uit de bodem op te nemen, blijft de hoeveelheid Cl^- en SO_4^{2-} gelijk. Het gehalte aan Ca^{2+} , Mg^{2+} en HCO_3^- neemt echter sterk toe.

In figuur 2 is de "natuurlijke" chemische samenstelling van een aantal verschillende Nederlandse wateren weergegeven. De gegevens van de bronnen zijn recent. Die van de overige wateren dateren uit de vorige eeuw of het begin van deze eeuw.

Het meest opmerkelijke in deze figuur is het lineaire verband tussen het kalkgehalte en het geleidingsvermogen. Belangrijk is verder dat het geleidingsvermogen niet hoger is dan $500 \mu\text{S/cm}$. Deze eigenschap van het zoete Nederlandse water laat zich uitstekend gebruiken om de mate van antropogene verandering vast te stellen. In de hier gepresenteerde voordracht wordt gesteld dat zoetwater-ecosystemen met een ionensamenstelling die sterk afwijkt van de te trekken lijn in figuur 1 geen natuurlijke ionensamenstelling bezitten en derhalve ook geen karakteristieke levensgemeenschappen zullen herbergen. De uitzondering is ook hier het droogvallend ecosysteem waarvan de biologische component juist is aangepast aan deze extreme omstandigheden (zie bij de voorbeelden dimensie en aan- en afvoer).

Zouden we de klassieke indelingen naar trofiegraad hebben gevolgd, dan zijn in figuur 2 ook de trofische potenties van de wateren terug te vinden. De ionen- en kalkarme wateren zijn de oligotrofe wateren (dit is onafhankelijk van de concentraties van N en P zoals blijkt uit de sterke oligotrofiëring van verzuurde vennen met zeer hoge input aan voedingsstoffen). De wateren die een EGV bezitten van $150\text{--}250 \mu\text{S/cm}$ zijn de potentieel mesotrofe wateren, terwijl de potentieel eutrofe wateren gekenmerkt worden door een $\text{EGV} > 300 \mu\text{S/cm}$.

"Natuurlijke" ionensamenstelling in enige oppervlaktewateren

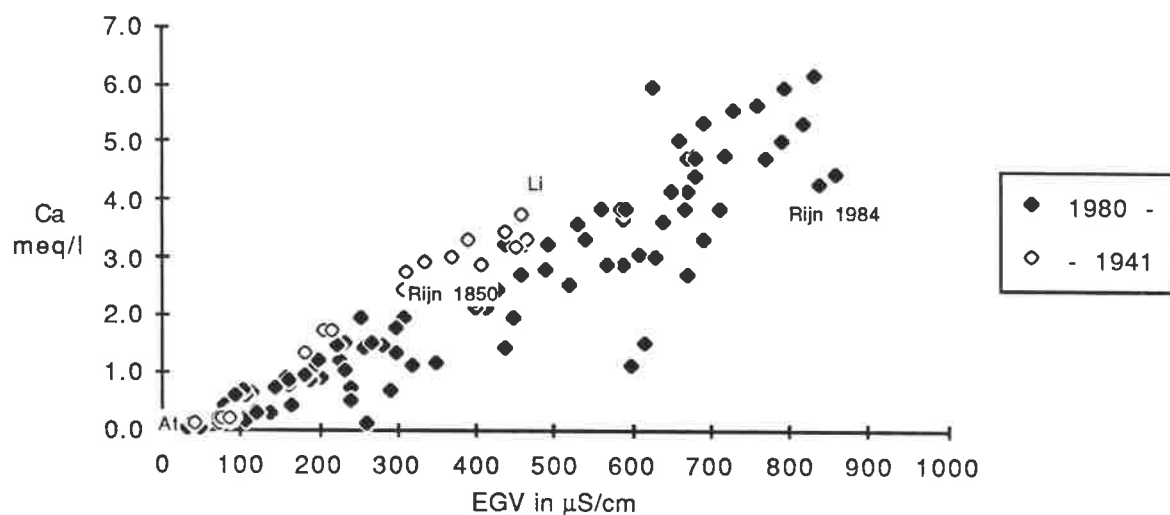


Figuur 2. De "natuurlijke" ionensamenstelling van een aantal Nederlandse wateren. Bron: Redeke (1948); Molt (1961); Zuurdeeg (1980). In navolging van van Wirdum (1980) staat Li(thosferotroof) voor de grondwater-referentie en At(mosferotroof) voor de regenwater-referentiewaarde

In figuur 3 is de verandering van ionensamenstelling van een aantal wateren ten opzichte van de natuurlijke situatie weergegeven (de bronnen in figuur 2 zijn hier als recent ingetekend). In de figuur zijn de "zoete" wateren weggelaten met een EGV >1000 μS/cm.

Een opvallend groot aantal van deze wateren bezit inmiddels een geleidingsvermogen dat ruim boven de 500 μS/cm ligt. Voor bijna alle huidige wateren geldt dat de punten onder de lijn van natuurlijke wateren zijn gelegen. Dit betekent dat het gehalte aan antropogene ionen zoals Na^+ als voornaamste kation en Cl^- en SO_4^{2-} als voornaamste anionen zijn toegenomen ten opzichte van de natuurlijke samenstelling. Met andere woorden de osmotische waarde van de wateren is gestegen en in veel gevallen verdubbeld. In dit verband is het zinvol om te memoreren dat Redeke (1948) bij zijn typologie de grens tussen het zoete en brakke water stelt op 100 mg Cl/l. Dit komt ongeveer overeen met een EGV van 800 μS/cm.

Ionensamenstelling van een aantal stromende en stilstaande wateren

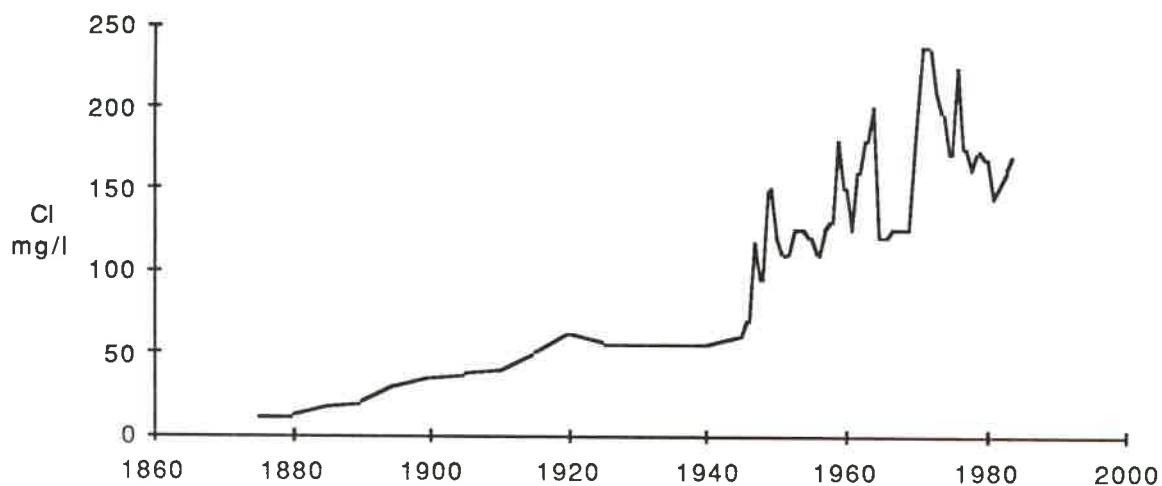


Figuur 3. Vergelijking van de ionenbalans van "natuurlijke" wateren met een aantal stromende en stilstaande wateren in Nederland (voornamelijk gelegen in het pleistocene gedeelte)

Als voorbeeld van de verandering in chemische samenstelling van de Rijn is in figuur 4 het verloop van het chloridegehalte uitgezet tegen de tijd.

De genoemde grens tussen zoet en brakwater van 100 mg Cl/l is direct na de tweede wereldoorlog doorbroken. Vermoedelijk ligt ook rond deze waarde de tolerantiegrens voor de kasplanten uit het Westland. Een belangrijke implicatie van deze ionentoeename is uiteraard de verandering van de ionensamenstelling van wateren die gevoed worden door Rijnwater.

Verloop van het chloride-gehalte in de Rijn
over de afgelopen 110 jaar



Figuur 4. Verandering van het chloridegehalte van het Rijnwater in de afgelopen 110 jaar

3. Hoe kunnen we ecologische normdoelstellingen inhoud geven?

In deze voordracht worden een aantal factoren belicht die mijns inziens sturend zijn voor een ecosysteem. Van deze factoren zijn er drie genoemd waarmee te manipuleren is.

Willen we op een zinvolle wijze inhoud geven aan ecologische normdoelstellingen dan zal voor de drie factoren afzonderlijk bepaald moeten worden wat de huidige score van deze factoren is voor een te herstellen ecosysteem. Met een score wordt dan een zekere maat voor de deviatie van de natuurlijke waarde bedoeld. Indien we de driedeling van de CUWVO (1984) hanteren dan zou een sloot die gevoed wordt met Rijnwater de volgende score kunnen hebben:

Dimensie	laag
Aan- en afvoer	laag
Chemische samenstelling	laag

Hierbij is de faktor dimensie laag ingeschaald omdat het immers een gegraven ecosysteem betreft. Wil men toch de dimensies van deze nieuwe ecosystemen als sturende parameter gebruiken dan zal voor de verschillende sloottypen een ecologisch optimale dimensie moeten worden vastgesteld. In dit verband zou men kunnen denken aan een dimensie waarin oevervegetatie wordt gepropageerd.

Indien men het erover eens is dat dit ecosysteem in kwaliteit moet toenemen, maar wel haar huidige functie voor de landbouw moet blijven vervullen dan kunnen los van de dimensie de volgende maatregelen worden uitgevoerd:

De aan- en afvoer als fysische grootheid kan wellicht zorgvuldiger plaatsvinden zodat het inlaten en uitmalen van water een proces van weken is en niet van uren. Hierdoor ontstaan minder sterke wisselingen in de ionenbalans.

De chemische samenstelling van het water is in deze de minst hanteerbare faktor. Allereerst moet uiteraard gewerkt worden aan de verlaging van de ionenconcentratie in de Rijn.

Tegelijkertijd kan gepoogd worden om op lokaal niveau maatregelen te treffen ten aanzien van de hoeveelheid en zorgvuldigheid waarmee mest (toevoeging van ionen) op het land wordt gebracht. Indien deze maatregelen zijn gerealiseerd dan zou dezelfde sloot na verloop van tijd misschien als volgt kunnen worden ingeschaald:

Dimensie	?
Aan- en afvoer	midden
Chemische samenstelling	midden

De maatregel die getroffen moet worden om een sloot naar het hoogst bereikbare niveau te sturen is het stoppen van inlaten en uitmalen van water. Dit kan wenselijk en haalbaar zijn in gebieden waar ecologische aandacht op gevestigd is en waarvan het grondwater een kwaliteit heeft die niet of weinig afwijkt van de natuurlijke samenstelling. Tevens zal waarschijnlijk het landgebruik gewijzigd moeten worden. In de meest uitgesproken vorm van natuurbouw zou besloten kunnen worden om representatieve sloottypen te graven in de daarvoor in aanmerking komende gebieden. Zodoende kan het ecosysteem sloot in haar meest optimale vorm bewaard worden. Tevens heeft een dergelijke opzet als voordeel dat het ecosysteem goed beheerd en bestudeerd kan worden. Indien ook het omliggende grasland naar een ecologisch optimum wordt gestuurd dan heeft het geheel als openluchtmuseum een edukatieve functie voor breder publiek.

Een volgend voorbeeld voor stilstaand water is een geïsoleerd ven, gelegen in een natuurgebied. Dit ven scoort als volgt op de schaal van sturende factoren:

Dimensie	hoog
Aan- en afvoer	hoog
Chemische samenstelling	laag

Hier zijn de dimensies en de aan- en afvoer van water veelal in overeenstemming met de natuurlijke situatie. Hier is het de chemische samenstelling van het water die belet dat het hoogste ecologische niveau wordt gerealiseerd. In dit geval is sprake van verzuring, ofwel wegtitreren van Ca^{2+} (Henriksen, 1979).

Uiteraard moeten maatregelen worden genomen die de atmosfeer weer een natuurlijke samenstelling geven. Maar misschien is het mogelijk om ook op andere manieren dit ecosysteem alvast in de goede richting te sturen.

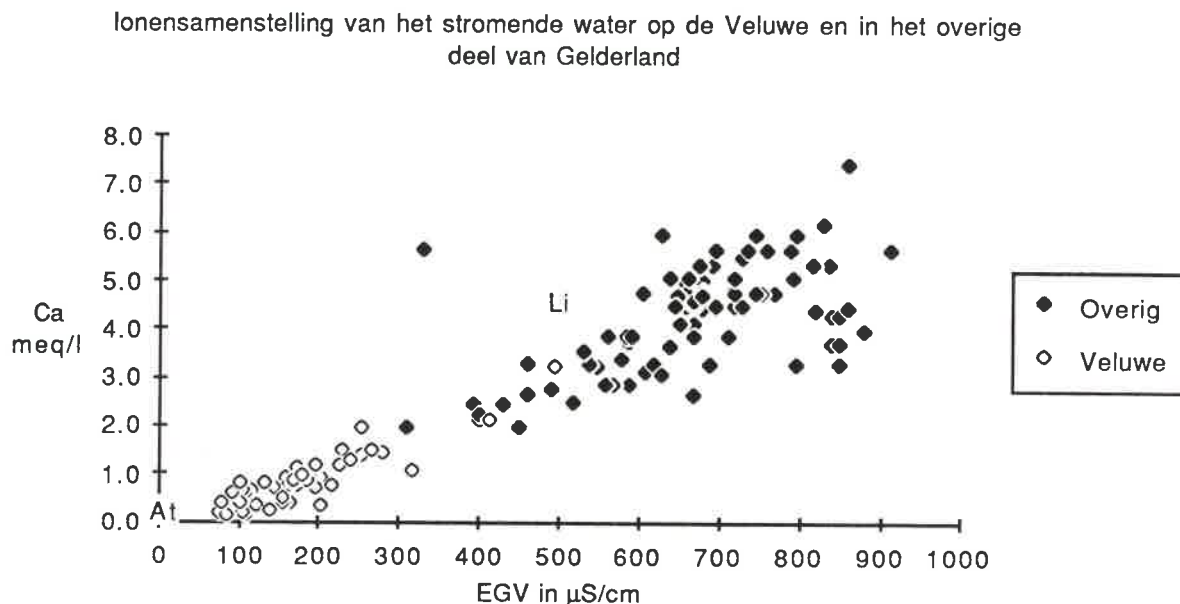
Bekalken is niet de juiste maatregel omdat hierdoor de ionensamenstelling van het water eveneens afwijkt van de natuurlijke situatie. Dit zou leiden tot mobilisatie van N en P verbindingen waardoor het ven eutroof wordt. Een oplossing zou kunnen zijn om het organische sediment uit te baggeren (en daarmee de vastgelegde nutriënten). Dit is veelal nodig omdat door de verzuring geen afbraak van organisch materiaal meer optreedt en het materiaal zich ophoopt. Vervolgens moet het ven worden doorgespoeld met zeer kalkarm grondwater. Het op deze wijze gestuurde ecosysteem zal door de ingreep een chemische samenstelling van een hoger niveau krijgen. Wat betreft aan- en afvoer zal misschien tijdelijk iets lager worden gescoord. Na sanering van atmosferische depositie kan het ven wederom worden geïsoleerd. De zin van een dergelijke tussenstap is dat er vestigingsplaatsen blijven voor de organismen die aan een dergelijke ionensamenstelling zijn gebonden. Als alleen maar wordt gewacht op verbetering van de atmosferische depositie dan verdwijnen deze tussenstations, terwijl alsnog dezelfde maatregelen moeten worden genomen om de zure erfenis weg te werken.

Als voorbeeld van invullen van ecologische normdoelstellingen in stromend water kan de eerder genoemde Veluwe sprengbeek dienen. Vanwege de ligging op kalkarme zandgronden en voeding door jong grondwater is het EGV in veel van deze beken laag ($75\text{--}250\ \mu\text{S}/\text{cm}$). In dit voorbeeld is het EGV hoger omdat het ondiepe grondwater verontreinigd is. Ter illustratie is in figuur 5 een vergelijking gemaakt tussen dit soort beken (Veluwe) en beken in het overige gedeelte van de provincie (voor zover de ionenbalans kon worden achterhaald). Uit de afwijkende ligging van de lijn At-Li is de mate van beïnvloeding af te lezen, evenals uit het hoge EGV in een groot aantal beken.

Een ecosysteem met de chemische samenstelling als de twee afwijkende sprengbeken in figuur 5 scoort als volgt:

Dimensie:	laag
Aan- en afvoer	hoog
Chemische samenstelling	laag

Omdat dit systeem gegraven is en dus geen natuurlijke dimensie heeft zou de beek op de faktor dimensie laag scoren. Evenals bij sloten zou men ook hier kunnen zoeken naar de ecologisch optimale dimensie of liever de optimale combinatie van dimensies (combinatie van sprengkop, bovenloop, molenvijver, opgeleid gedeelte, waterval). Gegeven het gegraven karakter is ook de aan- en afvoer kunstmatig. Binnen deze groep beken is de waarde van het ecosysteem er echter mee gediend indien een continue voeding vanuit het grondwater plaatsvindt. Tevens moet regelmatig blad uit de beek worden verwijderd omdat de beek anders verstopt, hetgeen uiteindelijk leidt tot het verdwijnen van het ecosysteem.



Figuur 5. Ionensamenstelling van het water in een aantal Veluwse sprengbeken en beken in de rest van de provincie Gelderland

Evenals voor sloten geldt ook hier dat de mens een potentieel waardevol nieuw ecosysteem heeft aangelegd. Indien het grondwater in staat blijft om de beek van voldoende water te voorzien en de beek wordt regelmatig geschoond dan scoort de aan- en afvoer faktor optimaal. Echter in dit voorbeeld is de chemische samenstelling de beperkende faktor voor het optimale ecologische niveau. Zinvol zijn slechts die maatregelen waardoor de ionenconcentratie van het grondwater verlaagd wordt. In het geval van plaatselijke verhoging van de ionenconcentratie door de landbouw kunnen wellicht nog persoonsgerichte maatregelen tot een oplossing leiden. Moeilijker wordt het indien het regionale grondwater een afwijkende chemische samenstelling heeft. Men zal er dan beter aan doen om synchroon aan het landelijke beleid ter bestrijding van grondwaterverontreiniging, een minder belast gebied waar dit beektype ook voorkomt te bestemmen als bewaarplaats voor deze ecosystemen. Indien het normale beheer op de chemisch belaste beek gehandhaafd blijft dan zal na verbetering van de grondwaterkwaliteit het ecosysteem zich weer herstellen.

Omdat sprengbeken qua ligging beperkt zijn tot de stuwwallen van Utrecht, Gelderland en Overijssel (een combinatie van een reliëfrijk gebied met kalkarm grondwater), is het in een sombere visie niet ondenkbaar dat het totale eerste watervoerende pakket chemisch ongeschikt wordt voor het optimale ecosysteem. Wil men toch dit ecosysteem behouden dan kan een sprengbeek die (door grondwateronttrekking) al lange tijd geen water meer voert worden gevoed met kalkarm grondwater uit een dieper watervoerend pakket, zodat ook in dit geval tenminste één ecosysteem onder optimale omstandigheden kan blijven functioneren.

De natuurlijke beken in Nederland hebben van oudsher zeer in de belangstelling gestaan van de biologische waterbeoordeling. Dit heeft echter niet verhinderd dat de meeste van deze ecosystemen qua dimensie, afvoer en chemische samenstelling in de laatste decennia sterk zijn achteruitgegaan.

Beken die nu nog hoog scoren op de drie factoren moeten uiteraard gekonserveerd worden. Zijn deze beken niet meer te vinden dan zal een selectie moeten plaatsvinden op grond van twee sturende factoren die nog natuurlijk zijn. In veel gevallen zal blijken dat de chemische samenstelling de minst beheersbare factor is, zodat deze factor in ieder geval deel van het selectiekriterium moet uitmaken. Zijn representatieve beken gevonden, dan dienen ze allereerst chemisch in stand te blijven. In tweede instantie kan een ecologische normdoelstelling voor deze beken worden toegekend door de dimensie en afvoer weer natuurlijk te maken.

Vervolgens kan analoog aan de gegraven ecosystemen, zoals de sloot en de sprengenbeek, ook aan de gestuwde of genormaliseerde beek een normdoelstelling worden toegekend. Indien de score op de factor chemische samenstelling hoog is dan is het zeker niet uitgesloten dat waardevolle niet natuurlijke ecosystemen tot ontwikkeling komen.

De meest opzienbarende ecologische normdoelstelling die recent in het nieuws is gekomen is de zalm terug in de Rijn in het jaar 2000. In mijn optiek hoeft hierbij de Rijn niet hoog te scoren voor de factor afvoer omdat de op en aftrekkende zalm ook met enige voorzieningen aan de stuwen deze hindernissen kan passeren. Ten aanzien van de ecosystemen waar gepaaid wordt en de jonge par opgroeit zal dimensie zowel als aan- en afvoer en chemische samenstelling hoog moeten scoren. Dit leidt in eerste instantie niet tot een wezenlijke verbetering van de Rijn in Nederland, maar tot een marginale fysische verbetering van de Rijn in Duitsland en een sterke verbetering in de paaigebieden. Wat betreft de chemische samenstelling van de Rijn is een hoog chloride gehalte niet beperkend voor deze zeevis met een uitstekende osmoregulatie. Tevens kan de lozing van de chemische industrie even worden opgehouden tot de zalm voorbij gezwommen is. Derhalve had ik voor de Nederlandse situatie graag naast de zalm nog *Ephoron virgo* en *Palingenia longicauda* in de normdoelstelling opgenomen willen zien. Beide eendagsvliegen bewonen uitsluitend grote rivieren. De eerste graaft in de zandbodem, terwijl de tweede gangen maakt in de kleioevers. Deze soorten zijn, evenals een groot aantal andere karakteristieke rivierbewoners in het begin van deze eeuw verdwenen uit Nederland. Indien politiek behoefte bestaat aan rivierdelen die gelijkenis vertonen met de Nederlandse rivieren van weleer dan kan worden overwogen om beide eendagsvliegen in een ecologische normdoelstelling op te nemen. Voor de eerste soort kunnen overlevingskansen in de Grensmaas worden geschapen. Dit riviertraject tussen Borgharen en Maasbracht heeft grotendeels haar oorspronkelijke grindbedding en is daardoor onbevaarbaar. De factor dimensie is derhalve redelijk natuurlijk. De factoren aan- en afvoer en chemische samenstelling dienen in nauw overleg met onze zuiderburen in een meer natuurlijke hoedanigheid te worden gebracht. De remigratie kan op natuurlijke wijze geschieden vanuit de Maas ter hoogte van de Frans-Belgische grens.

Voor de eendagsvlieg *Palingenia longicauda* zal op de sturende factoren dimensie en chemische samenstelling van de Rijn moeten worden ingegrepen alvorens over te gaan tot herintroductie. De soort graaft gangen in kleioevers. Deze habitat is volledig verdwenen met het leggen van kribben en dijken. Voorts wordt verwacht dat ook de chemische samenstelling van de Rijn debet is aan het verdwijnen van deze soort. In dit geval kan worden overwogen om een afgesloten meander in het lage gedeelte van Nederland (klei) te openen. De dimensie kan geoptimaliseerd worden door alleen het winterbed vast te leggen en de rivier vrij door het nieuwe zomerbed te laten stromen. Hierdoor ontstaan de natuurlijke insnijdingen in de kleioevers die voor de soort essentieel zijn.

In verband met verhoogde golfslag en afkalving van de oevers is beroepsscheepvaart ongewenst. Nadat ook de chemische samenstelling van de Rijn gaat gelijken op de natuurlijke samenstelling, kunnen de larven worden geherintroduceerd. Natuurlijke remigratie is onmogelijk omdat de volwassenen slechts enige uren leven en de soort in haar huidige verspreiding in Europa is teruggedrongen tot een zeer beperkt gedeelte van het stroomgebied van de Donau (Landa en Soldan, 1985).

4. Diskussie

In het bovenstaande zijn enige Nederlandse ecosystemen in verband gebracht met hun sturende factoren. Duidelijk is dat ten aanzien van de fysische factoren dimensie en aan- en afvoer veel ecosystemen niet natuurlijk zijn. Dat deze ecosystemen toch waardevol kunnen zijn is naar ik hoop een ieder duidelijk. In eerste instantie moet echter bij het invullen van ecologische normdoelstellingen de aandacht gericht zijn op de natuurlijke ecosystemen. Dit zijn namelijk de leveranciers van de soorten die ook in de niet natuurlijke ecosystemen een levensmogelijkheid vinden. Uiteraard zijn dit de ecosystemen waar een ook groot aantal soorten voorkomen of voorkwamen die niet in staat zijn om de nieuwe ecosystemen te bewonen.

Deze natuurlijke ecosystemen moeten worden onderzocht en ingedeeld naar de te onderscheiden levensgemeenschappen. Tevens zullen ze naar de niveaus van de diverse factoren moeten worden ingedeeld. In de volgende fase zal een keuze moeten worden gemaakt welke systemen wel en welke niet te sturen zijn naar het hoogste ecologische niveau. Dit laatste niet alleen in technische zin maar ook in politiek opzicht. Indien er voldoende vertegenwoordigers van de afzonderlijke natuurlijke ecosystemen zijn gekonserveerd, dan is het belangrijkste doel verwezenlijkt en kan het niveau van de niet natuurlijke ecosystemen worden ingeschaald om vervolgens naar hun ecologisch optimum te worden gestuurd. In deze procesgang is de volgorde van de werkzaamheden niet naar tijd maar naar prioriteit gerangschikt.

Bij het toekennen van ecologische niveaus en daaraan gekoppelde normdoelstellingen kunnen twee principieel verschillende maten worden gehanteerd. De eerste en wetenschappelijk het best te funderen schaal is die waarbij alleen aan de natuurlijke ecosystemen de hoogste ecologische normdoelstelling kan worden toegekend. Dit zou als konsekwentie hebben dat bijna al het stilstaande water in Nederland en de sprengbeken nooit een normdoelstelling van het hoogste niveau toegekend krijgen. In het voorafgaande is gewezen op het feitelijke bestaan van waardevolle ecosystemen die door de mens zijn aangelegd, zodat het wenselijk is om een tweede, glijdende schaal toe te voegen. Deze glijdende schaal dient voor de niet natuurlijke ecosystemen die hierin gestuurd kunnen worden naar hun ecologisch optimum. In het geval van de gekanaliseerde en genormaliseerde beek kan het politiek niet haalbaar blijken om deze fysische ingrepen ongedaan te maken. Er kan echter wel behoefte bestaan om binnen de gegeven voorwaarden het optimale niveau te bereiken. Bijvoorbeeld door verbetering van de faktor chemische samenstelling en door zorgvuldiger met het stuwbeheer om te gaan, zodat het peil in de beek niet binnen een uur een meter zakt. Op de glijdende schaal kunnen dan ook probleemloos de sloten naar de voor hun omschreven ecologische niveaus worden ingedeeld.

Bij deze voordracht zijn de natuurlijke sturende factoren als uitgangspunt gebruikt, omdat ze geschikt zijn om er ecologische normdoelstellingen mee te formuleren en die ook in te vullen. Hierdoor is een (ook voor dit symposium) aktuele zaak als saprobie niet ter sprake gekomen. Men zou dit een faktor van nivellering kunnen noemen. In de natuurlijke situatie is de saprobie een zeer verspreid voorkomende en vaak kortstondig werkende faktor zodat hij nooit tot sturende faktor is uitgegroeid. Als zodanig te vergelijken met vulkaaneruptions. Het bewijs wordt in het heden geleverd door de makro-evertebraten die in deze extreme omstandigheden nog worden aangetroffen in ecosystemen die niet organisch zijn belast door de mens.

Ten eerste is het slechts een zeer gering aantal soorten die in deze ecosystemen worden aangetroffen, waaruit gekonkludeerd moet worden dat saprobie niet differentiërend is en dus geen sturende faktor. Ten tweede worden de ecosystemen gekenmerkt door hun geringe dimensie, hetgeen erop wijst dat de organismen bestand zijn tegen of aangepast zijn aan sterk wisselende of extreme omstandigheden.

Voorbeelden van dergelijke ecosystemen zijn:

Een regenton met de deksel erop zodat zuurstofuitwisseling alleen via het gat voor de pijp kan optreden (Eristalis larven).

Een poeltje in de Mariapeel met 5 cm water en daaronder rottend blad (Acilius larven)

Een fruitschaal in de tuin die volgeregend is en waarin een paar bladeren zijn gevallen (Culicidae larven).

In de door de mens extreem organisch belaste ecosystemen zijn deze organismen de meest notoire bewoners. De waarde van een saprobiesysteem is mijns inziens gelegen in de informatie die het verstrekt over de verbeteringen die nog moeten plaatsvinden alvorens de sturende factoren werkelijk vat krijgen op het ecosysteem. Dit houdt in dat nivellerende elementen als organische verontreiniging of verhoogde gehalten aan zware metalen dusdanig zijn uitgebannen dat een ecosysteem weer enige structuur heeft kunnen opbouwen.

De sturende factor chemische samenstelling heeft dan weer een niveau bereikt dat van nature niet zeldzaam is. Het lijkt me het meest voor de hand te liggen om dit punt te omschrijven als de basiskwaliteit. De kwaliteit die minimaal vereist is om het ecosysteem gericht te kunnen sturen naar een hoger niveau.

5. Literatuur

Brundin, L., 1966

Transantarctic relationships and their significance as evidenced by chironomid midges
Kungl. Svenska Vetensk. Handlingar 11(1): 1-472

CUWVO Werkgroep 5 Subgroep 1, 1984

Ecologische kwaliteitsdoelstellingen voor Nederlandse oppervlaktewateren
Rapp. CUWVO concept 5: 1-111

Henriksen, A., 1979

A simple approach for identifying and measuring acidification of freshwater
Nature 278: 542-545

Landa, V., Soldan, T., 1985

Distributional pattern, chorology and origin of the Czechoslovak fauna of mayflies
(Ephemeroptera)
Acta ent. bohemoslov. 82: 241-268

Livingstone, D.A., 1963

Chemical composition of rivers and lakes
U.S. Geol. Surv. Prof. Paper 440: 1-64

Molt, E.L., 1961

Verontreiniging van het Rijnwater. In: Drinkwatervoorziening 13e vakantiecursus
Moormans periodieke pers Den Haag p: 46-71

Ortal, R., Por, F.D., 1978

Effect of hydrological changes on aquatic communities in the lower Jordan river
Verh. internat. Verein. Limnol. 20: 1543-1551

Owen, H.G., 1983

Atlas of continental displacement, 200 million years to the present
Cambridge University Press p: 1-159

Pannekoek, A.J., van Straaten, L.M.J.U. (eds.), 1982

Algemene geologie (derde herziene en uitgebreide druk)
Wolters Noordhoff, Groningen p: 1-598

Redeke, H.C., 1948

Hydrobiologie van Nederland. De zoete wateren
C.V. Uitg. v/h C. de Boer Jr., A'dam p: 1-580

Wiederholm, T. (ed.), 1983

Chironomidae of the holarctic region. Keys and diagnoses part 1. Larvae
Ent. Scand. Suppl. 19: 1-457

Zuurdeeg, B.W., 1980

De natuurlijke chemische samenstelling van het Maaswater
H₂O 1: 1-7

van Geel, B., Klink, A.G., Pals, J.P., Wiegers, J., 1986

An upper Eemian Lake deposit from Twente, eastern Netherlands
Rev. Palaeobot. Palynol. 47: 31-61

van Wirdum G., 1980

Eenvoudige beschrijving van de waterkwaliteitsverandering gedurende de hydrologische
kringloop ten behoeve van natuurbescherming
CHO/TNO Versl. Nota's 5: 118-143