

EUTROFIËRING VAN OEVERVEGETATIES IN GEÏNFILTREERDE DUINEN

door ERIK VAN DIJK en MARC JANSSEN

In de tijd dat de duinwaterleidingbedrijven ter bestrijding van de verzilting van de zoetwaterbel onder de duinen en van het achterliggende land overgingen tot het infiltreren van de duinen met oppervlaktewater werd de invloed hiervan op de natuur vaak als positief beoordeeld. Hierbij werd vooral gewezen op de grote aantallen watervogels en de hervestiging van een aantal verdwenen zeldzame plantesoorten van de vochtige duinvalleien. Van deze plantesoorten wordt voor de Haagse waterleidingduinen (Meijndel) na 1955 de hervestiging gemeld van o.a. *Parnassia*, *Strandduizendguldenkruid* en *Knopbies*. In het infiltratiegebied bij Zandvoort verschenen o.a. weer *Moeraswespenorchis* en *Rondbladig wintergroen*.

Dat de komst van grote aantallen watervogels niet zonder meer een verrijking betekende van de gehele vogelstand in de duinen werd pas kort geleden voor het eerst aangetoond (1). Voor de vegetatie werd het echter al veel eerder duidelijk dat de komst van infiltratie met oppervlaktewater eerder een verarming dan een verrijking van het ecosysteem veroorzaakte.

De hervestiging van bovengenoemde duinvalleisoorten vond namelijk slechts op zeer geringe schaal plaats: langs de infiltratieplassen en rond de door het opkwellende infiltratiewater gevormde kwelplassen in de omgeving. Verder bleek de hervestiging van de meeste plantesoorten slechts van zeer tijdelijke aard. Dit werd veroorzaakt door de snel toenemende vervuiling van het infiltratiewater en de grote snelheid waarmee het voedselrijke water door het zandpakket stroomde. Hierdoor werden voor de planten van nature beperkende voedingsstoffen (nitraat, fosfaat, kalium) in grote hoeveelheden aangevoerd en werd het oorspronkelijk voedselarme milieu in de duinen in toenemende mate voedselrijk (eutroof).

Door een aantal auteurs worden de ontwikkelingen in

flora en vegetatie als gevolg van dit proces beschreven. Allen konstateren na de eerste observatie van de vegetatie (tot ca. 1962) een afname van het aantal soorten. Londo (2) beschrijft hoe in het infiltratiegebied van de Amsterdamse Waterleiding bij Zandvoort in de loop van acht jaar ('63-'71) binnen een reeks permanente kwadraten (vaste, regelmatig bemonsterde oppervlakten) het gemiddeld aantal soorten bijna werd gehalveerd. Hij schrijft: "Ten gevolge van het zeer voedselrijke infiltratiewater worden allerlei milieuverschillen 'uitgewist'. Daarbij moet men bedenken dat de vegetaties van 1963 al vrij sterk genivelleerd waren t.o.v. de droge duinbegroeiing van vóór het begraven en infiltreren". En: "Waar eerst nog verschillen waren: hier *Harig wilgeroosje*, daar *Koninginnekruid* en elders

De tegenwoordige 'duinwaterwinning' bestaat grotendeels uit filtering en opslag van rivierwater in de bovenste zandlagen van de duinen. Dit rivierwater wordt is speciaal daarvoor aangelegde kanalen geïnfiltreerd en m.b.v. open winningskanalen (bv. in de Luchterduinen), ondiepe putten (bv. in Meijndel) of drains (o.a. Berkheide) teruggevoerd. Door de slechte kwaliteit van het infiltratiewater slibben de kanalen langzaam dicht en verstoppen 's omers soms plotseling na algenbloei, wat optreedt door fosfaatrijkdom. Alleen om deze reden wordt het rivierwater tegenwoordig vóór infiltratie-voorgezuiverd, althans in de meeste gebieden (in Berkheide nog steeds niet).

Maar ook bij voorzuivering zitten er nog heel wat stoffen in het infiltratiewater. Wat de gevolgen hiervan zijn voor de plantengroei in de duinen, wordt in dit artikel behandeld. Het onderzoek heeft m.i. plaatsgevonden in Meijndel en Berkheide.

Drs. A.W.J. van Dijk is medewerker van de vakgroep Milieubiologie van de Leidse Universiteit en werkt sinds 1975 aan het onderzoek naar de gevolgen van oppervlakte-infiltratie voor de vegetatie. Eerst in opdracht van het Ministerie van Volksgezondheid en Milieuhygiëne, sinds '79 op een universitaire promotieplaats. Marc Janssen is redacteur van dit blad.

Red.

Wolfspoot, Noordse helm of Duinriet, groeit nu overal een weinigsoortige vegetatie waarin Grote brandnetel meestal domi-

neert en Akkerdistel in de regel een belangrijk aandeel heeft". Van de Wassenaarse duinen beschrijft Van der Werf (3) eenzelfde ontwikkeling: "deze 'verruiging' (overgroeiing van een biotoop door voedselminnende concurrentiekrachtige soorten) heeft sindsdien (1963) krachtig doorgezet. Concurrentie leidt alom tot verdringing van de zwakke broeders". En: "Langs de oude plassen domineren nu rietvelden. Op de aangelegde dammen zijn de distels inmiddels vervangen door brandnetels, die nu zomen zijn gaan vormen van meestal 1-2 meter breedte, plaatselijk echter wel 10 meter".

Om deze ontwikkelingen nader te kwantificeren is in 1975 aan de Rijksuniversiteit van Leiden een onderzoek van start gegaan naar de suksessie* van de vegetaties op de oevers van de infiltratie- en kwelplassen in de duingebieden van Zuid-Holland. In dit onderzoek is getracht de effecten op de vegetaties van de verschillende door de infiltratie beïnvloede oecologische factoren zo goed mogelijk te scheiden, om op deze wijze degelijk onderbouwde voorstellen voor het natuurbeheer te

kunnen doen.

Belangrijke factoren die van invloed werden geacht op deze suksessie, zoals de concentratie van eutrofiërende stoffen (fosfaat, nitraat, kalium) werden geanalyseerd, evenals de doorstroomsnelheden van het grond- en infiltratiewater e.d. Deze factoren werden in verband gebracht met eigenschappen van de bedekking van ruigtesoorten, biomassa, aantal plantesoorten per oppervlakte-eenheid e.d. om oorzakelijke relaties aan te kunnen geven. De nadruk van het onderzoek naar de oevervegetaties van infiltratie- en kwelplassen lag op het vinden van verbanden tussen de verruiging van de vegetatie (suksessie) enerzijds en de concentratie van resp. "belasting" met eutrofiërende stoffen anderzijds (*belasting* is het produkt van de *doorstroomsnelheid* van het grondwater ter plaatse van de bewortelde bodemlaag en de *concentratie* van eutrofiërende stoffen in dit grondwater).

HYDROLOGISCH ONDERZOEK

methodiek

Bij het hydrologisch onderzoek ging het om de bepaling van

de doorstroomsnelheid (v) van het grondwater met behulp van de Wet van Darcy; hierbij is (v) gelijk aan het produkt van de doorlaatbaarheid van de bodem, het verhang van het grondwater en een korrektiefactor voor het poriënvolume (in duinzand: 3). Deze doorstroomsnelheid werd gebruikt om de belasting met eutrofiërende stoffen van de vegetatie te kunnen berekenen (zie inleiding). De doorlaatbaarheid van de bodem werd bepaald volgens de methode van Frevert & Kirkham (4) gemodificeerd door De Groot & Hakbijl (5).

Ter plaatse van de vegetatie-proefvlakken werden de verhanglijnen bepaald door plaatsing van korte stijgbuizen op $\frac{1}{2}$ of 1 meter afstand van de oeverlijn (onder de grondwaterspiegel). Gedurende perioden in het vegetatie-seizoen met weinig neerslag werd één etmaal na plaatsing het grondwaterpeil in deze stijgbuizen bepaald en vergeleken met het peil van het oppervlaktewater.

Op grotere schaal kon de doorstroomsnelheid indirect bepaald worden door de chloride-

* opeenvolging

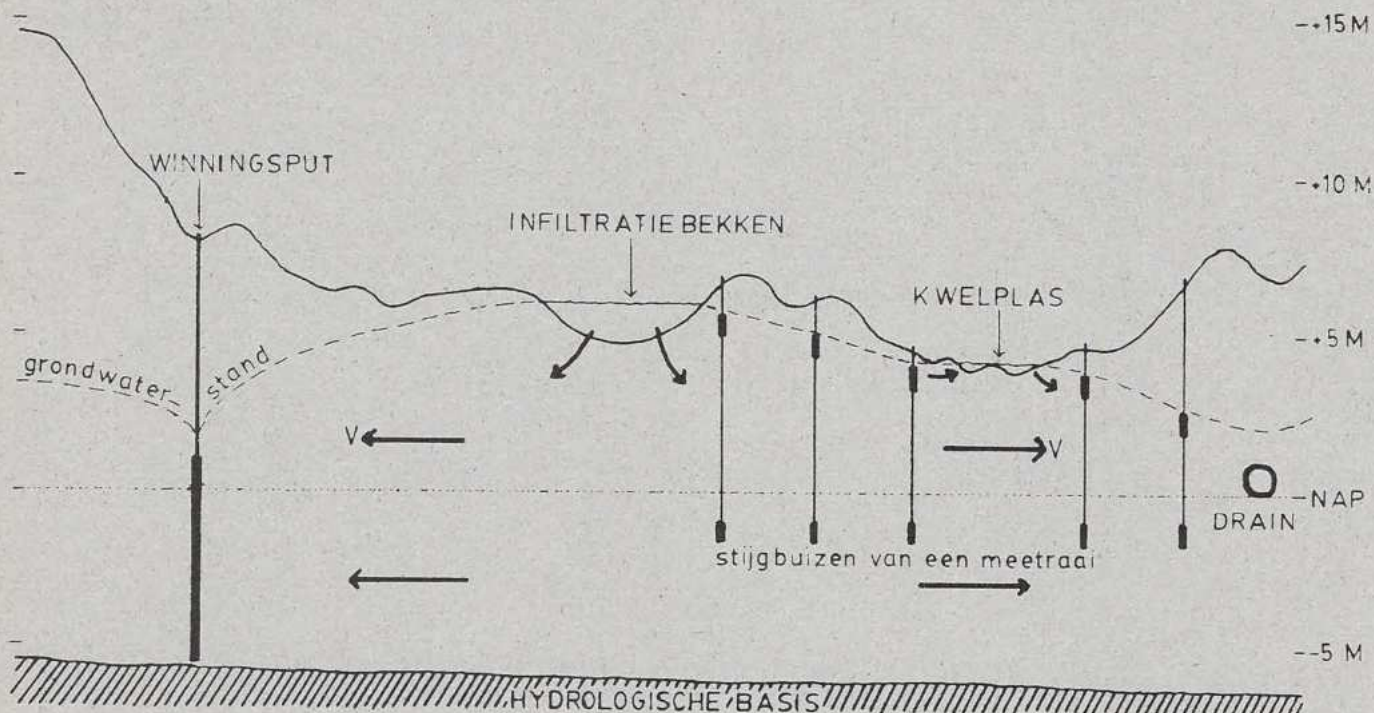


Fig. 1. Schematisch overzicht van een infiltratiebekken met drain (lage stroomsnelheden) dan wel winningsput (hoge stroomsnelheden). Tevens is aangegeven hoe een meetraai met stijgbuizen kan worden aangelegd, met filters op twee verschillende diepten (ontwerp Ton Roeloffzen).

koncentratiepieken en -dalen in het kwelwater te volgen in de tijd en dit patroon te vergelijken met de pieken en dalen van het eerder ingepompte infiltratiewater.

resultaten

De bepalingen van de verhanglijnen van het grondwater in de oevers van de kwel- en infiltratieplassen leverden geen problemen op, mits de bepalingen verricht werden gedurende perioden met weinig neerslag. Na regenbuien bleken de verhanglijnen soms tot één week nadien nog sterk verstoord te zijn en daardoor geen goed beeld te geven van de gemiddelde afstroming. Bij de infiltratieplassen bleek het nodig om het verhang tussen 0,5 en 1 meter uit de oever te meten om te kunnen corrigeren voor de vaak hoge intreeverstanden (dit "dichtslaan" van de bodem wordt o.a. veroorzaakt door kalkneerslag als gevolg van een pH-stijging bij overmatige planktongroei). Dergelijke hoge intreeverstanden werden bij de kwelplassen niet gekonstateerd.

De gevonden verhanglijnen voldeden aan de verwachting: in de oevers van infiltratieplassen die in de nabijheid van winningsmiddelen lagen zeer steil, op schiereilandjes en geïsoleerde inhammen in de infiltratieplassen zeer vlak. In de kwelplassen waren de verhanglijnen vrij steil in de afstromingsrichting van het infiltratiewater (steiler naarmate de kwelplas groter was) en vrij vlak in de richting loodrecht daarop.

CHEMISCH ONDERZOEK

methodiek

Van een groot aantal infiltratie- en kwelplassen in het geïnfilterde duingebied tussen Den Haag en Katwijk (Meijndel en Berkheide) werden gedurende minimaal één jaar maandelijks oppervlaktewater-monsters genomen. Deze monsters werden geanalyseerd op eutrofiërende stoffen zoals (vrij) orthofosfaat, nitraat, ammonium en kalium. Om het aandeel van het infiltratiewater ten opzichte van het regenwater in grond- en kwelwater te kunnen vaststellen werden tevens de concentraties van chloride en fluoride onderzocht. Deze stoffen leken om de volgende redenen

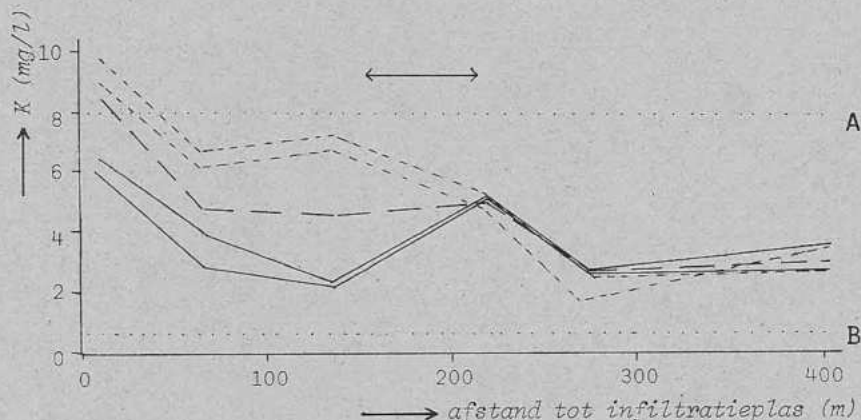


Fig. 2. De kaliumconcentratie (K) van het grondwater op verschillende afstanden van een infiltratieplas in Meijndel.

— grondwater 0-1 m diep
 --- grondwater 1-1,5 m diep
 ... grondwater 1,5-2 m diep

↔ grote kwelplas
 A puur infiltratiewater
 B puur regenwater

goed bruikbaar als "tracer" * voor het infiltratiewater: zij komen in het infiltratiewater in veel hogere concentraties voor dan in regenwater, zij worden niet vastgehouden door bodemdeeltjes en zij zijn nauwelijks betrokken bij de biologische kringloop.

Ter nadere verklaring van de kwaliteit van het oppervlaktewater in de kwelplassen werd ook het grondwater op diverse afstanden vanaf de infiltratieplassen geanalyseerd. Hiertoe werden in Meijndel 3 series stijgbuizen in de afstromingsrichting van het infiltratiewater en in de omgeving van de kwelplassen geplaatst. Per plaats waar de stijgbuizen geplaatst werden kon het grondwater op 5 verschillende diepten (vanaf de gemiddelde grondwaterspiegel steeds 50 cm dieper) worden bemonsterd. Maandelijks werd per stijgbuis een grondwatermonster geanalyseerd op dezelfde chemische stoffen als bij het onderzoek van het oppervlaktewater.

Verder werden van de oevervegetatie en van de door de oevervegetatie bewortelde bodemlaag de gehalten van fosfaat (totaal- en ortho-), stikstof en kalium bepaald.

resultaten

Voor de bepaling van de herkomst van het grond- en kwelwater werd het relatieve aandeel daarin van het infiltratiewater t.o.v. de neerslag gemeten. Het chloride-ion bleek hiervoor slechts ten dele geschikt. Zoute inwaai

vanuit zee leverde vooral op afstanden binnen 400 m vanaf zee in het bovenste grondwater en in het kwelwater moeilijk controleerbare verstoringen op. Deze verstoringen leken voor het fluoride- en kalium-ion verwaarloosbaar. Vooral via het laatste ion werd het relatieve aandeel van het infiltratiewater in het grondwater redelijk nauwkeurig bepaald.

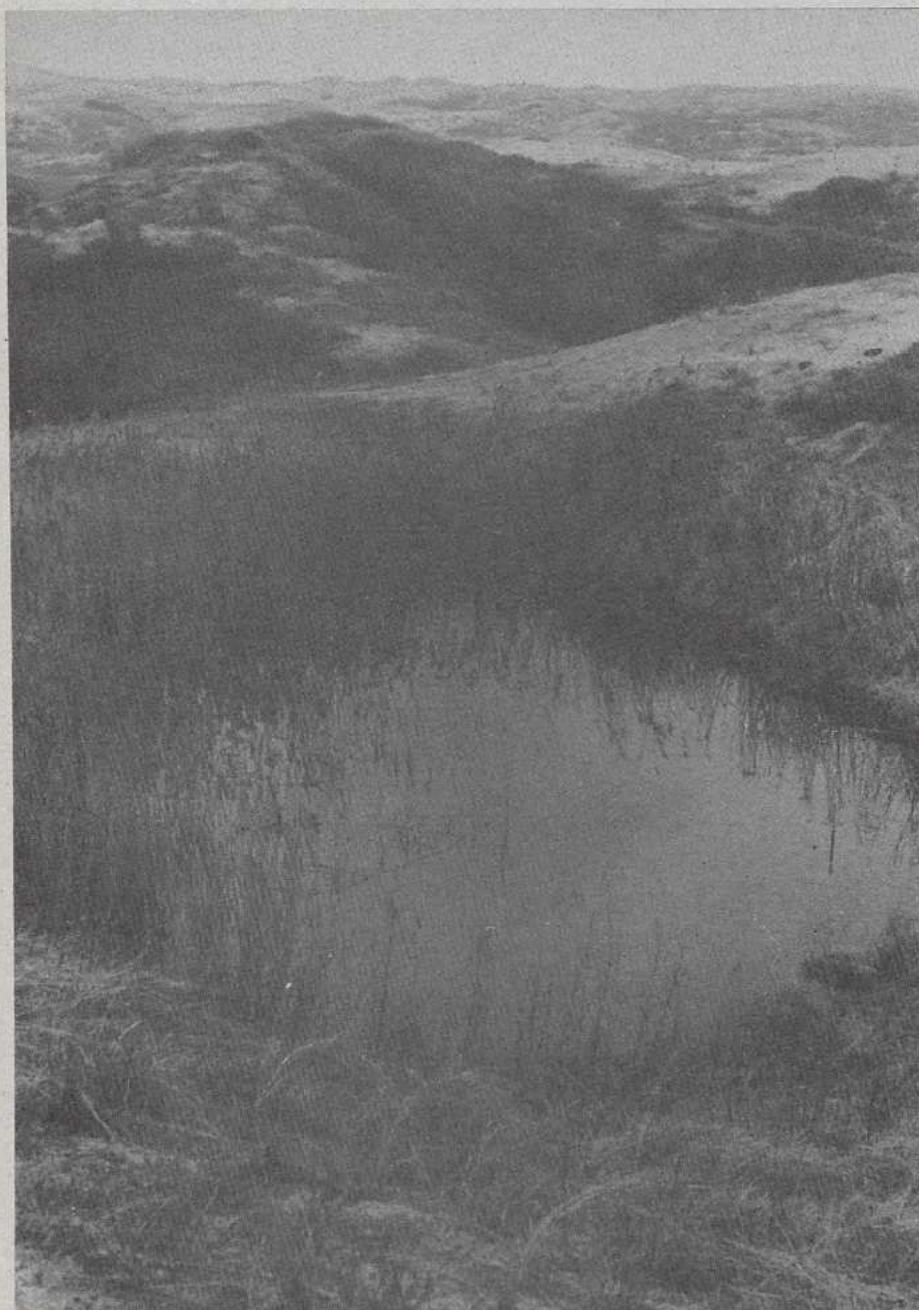
In Meijndel bleek het volgende beeld van de kalium-concentratie in relatie tot de diepte van het grondwater en de afstand tot een infiltratieplas (fig. 2). De kalium-concentratie van het infiltratiewater bedroeg zo'n 8 mg/l en die van het regenwater 0,7-0,8 mg/l.

Tot op een afstand van zo'n 100 m vanaf de infiltratieplas blijkt het aandeel van het infiltratiewater slechts weinig af te nemen, zelfs op een afstand van 150 m bestaat het grondwater op meer dan 1,5 m diepte nog uit puur infiltratiewater. Pas op 250 m vanaf de infiltratieplas blijkt (door dispersie**) volledige menging van de grondwaterlagen tussen de grondwaterspiegel en 2,5 m dieper te hebben plaatsgevonden; regenwater is het echter nog lang niet.

Uit andere metingen bleek dat dit beeld erg afhankelijk was van de doorstromingsnelheid waarmee het grondwater door het

* stof, waaraan de herkomst van water goed herkend kan worden

**menging door spontane beweging van molekulen



Matig geëutrofieerde kwelplas in Meijendel (foto Erik van Dijk)

duinzand stroomt. Bovenstaand infiltratiegebied in Meijendel werd doorstroomd met een gemiddelde snelheid van circa 0,3 m/dag. Een ander infiltratiegebied in Meijendel met een doorstroomsnelheid van het duinzand met 0,03 m/dag bleek op 300 m vanaf de infiltratieplas op 2,5 m diepte nauwelijks nog infiltratiewater te bevatten, terwijl een kwelgebied in Berkheide met een hoge doorstroomsnelheid van het duinzand met 1,2 m/dag op 300 m vanaf de infiltratieplas aan de oppervlakte nog meer dan 95% infiltratiewater bevatte.

Uit het onderzoek naar de *eutrofiërende stoffen* in het oppervlakte- en kwelwater kon het volgende gekonkludeerd worden:

fosfaat: PO_4^{3-}

Op geïsoleerde plaatsen in de *infiltratieplassen* kan de concentratie van (vrij) orthofosfaat tussen juli en september dalen tot onder de 0,03 mg/l door het optreden van planktonbloei (bij jaargemiddelden van 0,9 tot 2,2 mg/l). Deze zomer/winterfluctuatie van de fosfaatconcentratie bleek echter in tegenstelling tot de (omgekeer-

de) fluctuatie van de chlorideconcentratie niet in het afstromende grondwater terug te vinden.

In het in Meijendel bestudeerde *grondwater* bleek zelfs dat op een diepte van 0,5 tot 1,5 m in de zomer veel hogere fosfaatconcentraties voorkwamen dan in de winter, plaatselijk zelfs tot waarden die vele malen hoger lagen dan die van het infiltratiewater. Deze fosfaatconcentratiepieken verplaatsten zich in de bodem met een veel lagere snelheid dan het grondwater. De verklaring hiervoor is, dat in het verleden ophoping van fosfaten moet hebben plaatsgevonden door binding aan het duinzand. Deze ophoping wordt nu plaatselijk gevolgd door zeer sterke mobilisatie (doorslag) van het bodemgebonden fosfaat (de oorzaken hiervan zijn nog in studie). De gemiddelde waarden van de fosfaatconcentraties van het grondwater waren duidelijk hoger dan de natuurlijke waarden.

De met het afstromende grondwater gevulde *kwelplassen* vertonen in Meijendel erg lage (bijna natuurlijke) fosfaatconcentraties, ongeacht de afstand tot de infiltratieplassen (jaargemiddelden tussen 0,018 en 0,045 mg/l). In Berkheide lagen deze gehalten veel hoger (jaargemiddelden tussen 0,10 en 1,36 mg/l) en bleken bovendien een duidelijk negatief verband te hebben met de afstand tot de infiltratiegeulen (fig. 3). In het laatstgenoemde gebied is het orthofosfaatgehalte in het infiltratiewater hoger (tot voor kort 2 mg/l tegenover 0,9 mg/l in Meijendel) en is de doorstroomsnelheid van het grondwater in het algemeen hoger. De belangrijkste oorzaak is wellicht dat in Meijendel het grondwater door veel meer veenlagen stroomt dan in Berkheide. Veen kan veel meer fosfaat vasthouden dan zuiver duinzand.

nitraat: NO_3^-

De eutrofiërende stoffen nitraat en ammonium vertonen in het *infiltratiewater* globaal dezelfde seizoensgebonden fluctuatie als het orthofosfaat: pieken in de winter en dalen tot nul in de zomer. Op geïsoleerde plaatsen in de infiltratieplassen werden deze fluctuaties versterkt. Slechts plaatselijk en

Jaargem. fosfaat in % t.o.v. infiltratiewater

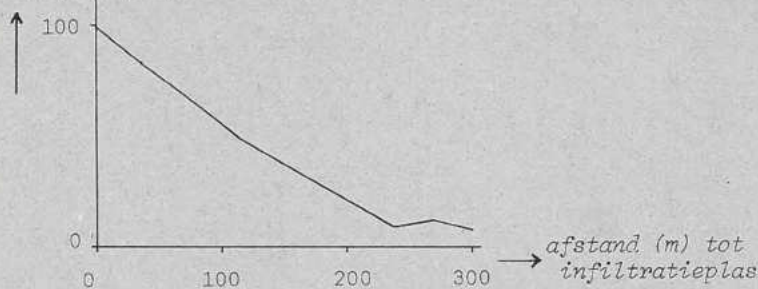


Fig. 3. Gemiddelde fosfaatconcentratie van een kwelpas in Berkheide in % t.o.v. het infiltratiewater op verschillende afstanden van de infiltratieplas (doorstroomsnelheid ca. 1,2 m/dag).

sterk afgevlakt werden deze wintertoppen van nitraten ammonium tot op 50 m van de infiltratieplas waargenomen. Verderop waren de gehalten aan stikstof (vrijwel uitsluitend aanwezig als nitraat) zowel in grond- als oppervlaktewater vaak te verwaarlozen en moet door *denitrifikatie** een sterk verlies zijn opgetreden. Plaatselijk, op grote afstand van de infiltratieplassen en in grondwater dat vrijwel geheel van de neerslag afkomstig moet zijn, kunnen echter ook zeer hoge nitraatgehalten (tot meer dan 20 mg/l) voorkomen. Analyse van de concentraties per grondwaterdiepte en het concentratieverloop in de tijd duidt op een natuurlijke herkomst van de minerale stikstof uit mineralisatie ter plaatse van struwelen en bosjes. Met name de stikstofbindende Duindoorn lijkt hierin een groot aandeel te hebben. In tegenstelling tot de orthofosfaatgehalten in de kwelplassen waren de jaargemiddelden van het nitraatgehalte van deze plassen in Meijndel in het geheel genomen hoger dan in Berkheide (1,67 tegen 1,10 mg/l). Van een nitraatconcentratiegradiënt in de kwelplassen in relatie tot de afstand tot de infiltratieplas is zowel in Berkheide als in Meijndel geen sprake.

kalium: K

Uit de metingen van de kaliumconcentraties bleek dat deze 's zomers in de kwelplassen van Meijndel tot beneden de 0,5 mg/

l kunnen dalen (bij wintergemiddelden van 2 tot 5 mg/l) en een beperkende factor voor de groei van de vegetatie zouden kunnen vormen.

BODEMONDERZOEK

methodiek

Bij doorstroming van de bodem met grondwater kunnen door mineralisatieprocessen eutrofiërende stoffen in oplossing gaan. Om bij de berekening van de belasting te kunnen corrigeren voor dit proces worden bepalingen verricht van de concentraties fosfaat, nitraat en kalium in de bodem en van het door mineralisatie vrijkomen van deze stoffen.

resultaten

Uit de bodemanalyse bleek, dat stikstof en kalium nauw gekoppeld zijn aan het humusgehalte van de bodem. De resultaten betreffende fosfaat waten interessanter.

Op grote afstand van de infiltratie- en kwelplassen vinden we in zuiver duinzand op verschillende diepten (zowel boven als onder de grondwaterstand) vrijwel gelijke gehalten aan geadsorbeerd (vastgehouden) fosfaat en aan totaal-fosfaat. Hierbij moet bedacht worden, dat de natuurlijke achtergrondwaarde van totaal-fosfaat in duinzand erg hoog is: in het kristalrooster van natuurlijk duinzand bevindt zich 12 tot 13 mg fosfaat per 100 gram droge grond. Sterke ophoping van fosfaat in de duinbodem wordt verwacht in plaatselijk aanwezige veenlagen; deze werden echter onvoldoende onderzocht.

Vlakbij de plassen echter waar zich in de vorm van oppervlakkige humus ook veel organisch materiaal (met een t.o.v. duinzand relatief grote bindingscapaciteit) bevindt, blijkt ook sterke fosfaat-ophoping op te treden. In de plasoevers van Meijndel en Berkheide werden in de zomer van 1978 voor de bovenste (humeuze en bewortelde) 3 dm de volgende fosfaatgehalten aangetroffen: (zie fig. 4)



Fig. 4. Fosfaatgehalten in de bovenste 3 dm van overs van kwel- en infiltratieplassen in Meijndel en Berkheide (zomer 1978).

Mk=Meijndel kwelplassen (17 meetpunten)

Mi=Meijndel infiltratieplassen (12 meetpunten)

Bk=Berkheide kwelplassen (16 meetpunten)

Bi=Berkheide infiltratieplassen (10 meetpunten)

* =extraheerbaar orthofosfaat volgens Olsen (1958)

* proces waarbij bacteriën nitraat omvormen tot (gasvormig) stikstof; de vrijgekomen zuurstof wordt gebruikt voor de oxydatie van organische stof

In Berkheide waar veel grote hoeveelheden fosfaat met het infiltratiewater zijn aangevoerd en waar bovendien tussen infiltratie- en kwelplas weinig veenlagen met grote bindingscapaciteit voor fosfaat in de ondergrond zitten, worden de hoogste fosfaatconcentraties in de oeverbodem aangetroffen. De waarden in de kwelplassen blijken in 1978 zelfs hoger dan die der infiltratieplassen in Meijndel (waar sinds 1976 fosfaat-arm Maaswater wordt geïnfilteerd).

Een ander duidelijk verschil tussen Meijndel en Berkheide is dat de fosfaatgehalten in de oeverbodem in het eerste gebied gedurende het seizoen konstanter zijn dan in Berkheide. In de winter worden hogere waarden dan in de zomer gevonden waarbij de winterwaarde t.o.v. de zomerwaarde met de volgende percentages stijgt:

	orthofosf.	tot. fosf.
Meijndel	8 %	1 %
Berkheide	97 %	34 %

Tabel 1. Procentuele stijging van ortho- en totaal fosfaat in de winter t.o.v. de zomer, in de bodem van kwelplassen.

De verklaring hiervoor kan liggen in de meer verruigde vegetaties van Berkheide. Deze kunnen 's zomers veel fosfaat in zich opnemen, dat 's winters na afsterven van de planten weer in de bodem terugkeert.

VEGETATIE-ONDERZOEK

methodiek

De oevervegetaties werden onderzocht ter plaatse van willekeurig gekozen proefvlakken van 1 bij 2 m evenwijdig aan de oever. Naast de bedekkingspercentages en de (maximale) hoogte per soort werd de biomassa en de concentratie aan verschillende eutrofiërende stoffen bepaald.

beschrijving

Bij onderzoek op de oevers van de kwelplassen in Berkheide bleek door de massale groei van de ruigtesoorten nog nauwelijks ruimte te zijn voor de oorspronkelijke planten van de vochtige duinvalleien (tabel 2). Hoewel Duinriet ook van nature algemeen kan voorkomen in vochtige duin-

valleien, is het hier niet als zodanig beschouwd. Als gevolg van de hoge voedselrijkdom kunnen bedekking en groeisnelheid van Duinriet namelijk dusdanig hoog worden, dat andere soorten nauwelijks nog een kans krijgen (van nature komen deze situaties slechts op kleine schaal voor bij uitdroging van de bodem gevolgd door een versnelde mineralisatie).

Op de oevers van de kwelplassen in Meijndel was de vegetatie minder verruigd, hoewel ook hier vrijwel geen soorten van de oorspronkelijke vochtige duinvalleien werd teruggevonden.

De mate van verruiging werd hierbij steeds afgeleid uit het relatieve voorkomen van de ruigtesoorten waartoe met name Duinriet, Watermunt, Wolfspoot, Akkerdistel, Koninginnekruid, Harig wilgeroosje en Grote brandnetel behoren. De laatste 4 genoemde soorten worden gerekend tot de extreme ruigtesoorten.

Ook de verruiging op de oevers van de infiltratieplassen bleek volgens verwachting al zeer ver voortgeschreden te zijn. In de vier infiltratiegebieden (tabel 2) namen de ruigtesoorten tesamen gemiddeld zo'n 70% van

de vegetatiebedekking voor hun rekening. En met name de bedekking van Grote brandnetel bleek op de oevers van de infiltratieplassen beduidend hoger dan bij de kwelplassen.

relaties met de concentratie

Bij het zoeken naar de oorzaken van deze vegetatieveranderingen is in eerste instantie gekeken naar de dosis-effekterelaties tussen de concentraties van nitraat, fosfaat en kalium van het oppervlaktewater in de infiltratie- en kwelplassen van Meijndel en Berkheide en de verruiging van de vegetatie.

Uit deze vergelijkingen kwam naar voren dat vooral het verband tussen het jaargemiddelde van het orthofosfaatgehalte en de gemiddelde bedekking van de 4 extreme ruigtesoorten per plas zeer duidelijk positief was (fig. 5). De nitraatgehalten vertoonden geen verband met de verruiging.

Bij afzonderlijke vergelijking van de proefgebieden rond de infiltratieplassen en rond de kwelplassen met de eutrofiërende stoffen werd dit positieve verband echter niet meer teruggevonden.

gebied soorten	infiltratieplassen				kwelplassen	
	Meijndel	Luchterduinen (A.W.D.)	Berkheide	Solleveld (Westlandse d)	Berkheide	Meijndel
Grote brandnetel	35	34	18	15	8	0,4
Akkerdistel	4	2	0,8	1,2	0,9	0,7
Harig Wilgeroosje	16	0	5	4	14	3
Koninginnekruid	5	0	0,3	0	4	4
4 'extreme' ruigtesoorten	60	36	24	19	28	8
Duinriet	11	19	34	43	36	28
Watermunt	2	12	5	0,4	11	14
Wolfspoot	2	5	3	1	4	5
totaal 7 soorten	75	72	68	64	79	54
totaal alle soorten	85	86	80	89	93	88

Tabel 2. Gemiddelde bedekkingspercentages van de 7 meest voorkomende oeverplanten in vier infiltratiegebieden.

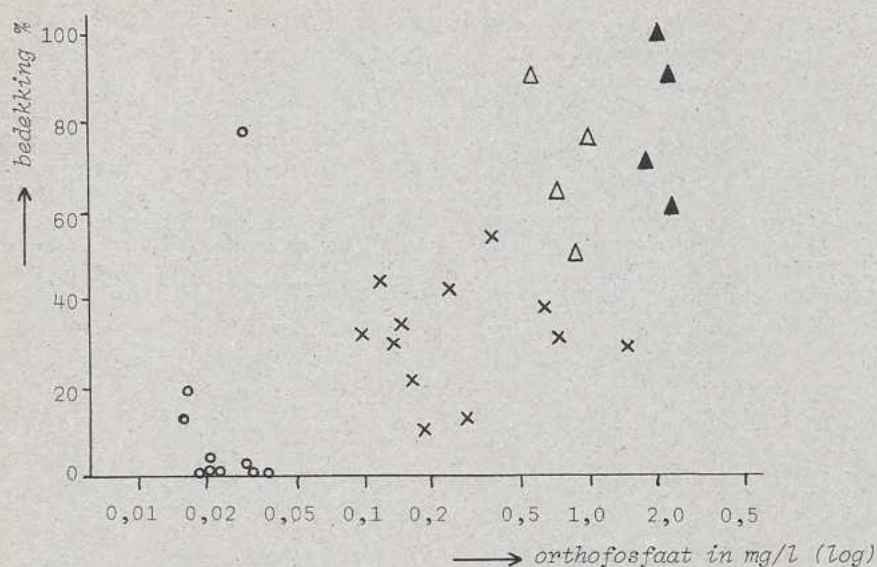


Fig. 5. De gemiddelde bedekking van vier extreme ruigtesoorten langs oevers met verschillende orthofosfaatkonzentraties (jaargemiddelden) in Meijndel en Berkheide.

○ kwelplas Meijndel
× kwelplas Berkheide

△ infiltratieplas Meijndel
▲ infiltratieplas Berkheide

Zo kon een relatie, zoals die gevonden werd bij de vergelijking van de orthofosfaatkonzentraties in het oppervlaktewater van de kwelplassen in Berkheide met de afstand tot de infiltratieplas (tabel 2), bij de vergelijking tussen de bedekkingspercentages van de extreme ruigtesoorten en de afstand tot de infiltratieplas niet worden aangetoond (fig. 6). Wel treedt aanvankelijk een daling op van het bedekkingspercentage, maar na 20 m van de infiltratieplas stijgt het bedekkingspercentage weer. Terwijl op deze afstand het orthofosfaatgehalte nauwelijks meer verandert. Het ge-

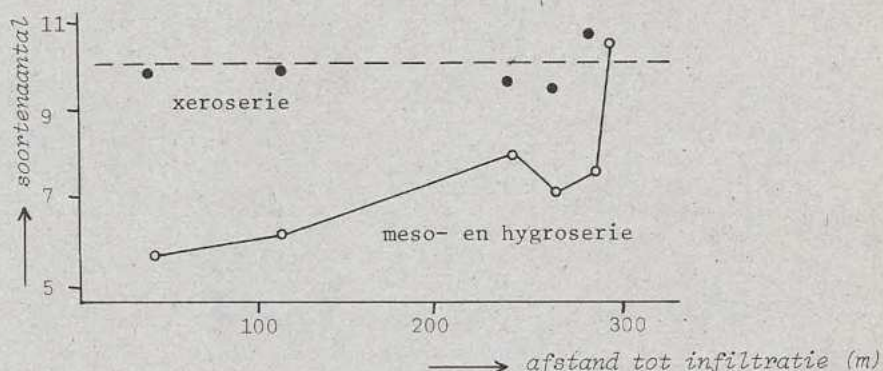


Fig. 7. Gemiddeld aantal plantesoorten per 2 m² op verschillende afstanden tot de infiltratieplas.

● xeroserie (droge vegetaties)
○ meso-/hygroserie (vochtige vegetaties)

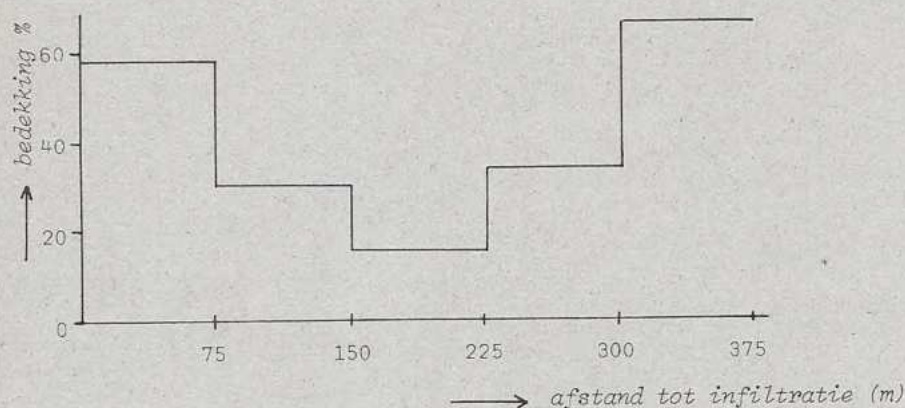


Fig. 6. Bedekkingspercentages van de vier extreme ruigtesoorten langs kwelplassen in Berkheide op verschillende afstanden tot de infiltratieplas.

middeld aantal plantesoorten uit meso- en hygroserie (waar de vegetatie matig tot sterk gebonden is aan het grondwater) bleek plaatselijk wel duidelijk toe te nemen met de afstand tot de infiltratieplas (fig. 7) en de daarmee afnemende orthofosfaatconcentratie. Ter vergelijking is ook het gemiddeld aantal plantesoorten uit de xeroserie (waar de vegetatie onafhankelijk van het grondwater is) aangegeven. Deze planten werden op dezelfde plaats opgenomen en vertonen globaal een konstant aantal soorten bij toenemende afstand van de infiltratieplas.

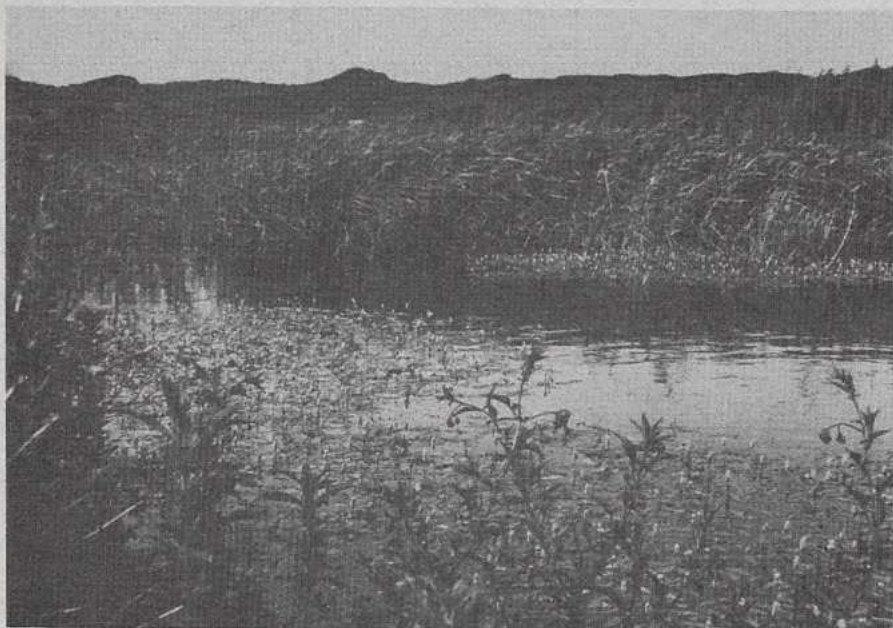
Uit de afzonderlijke vergelijking van de proefvlakken op de oevers van de infiltratieplassen kwam een grote spreiding in de verruiging binnen situaties van ongeveer dezelfde concentraties aan eutrofiërende stoffen naar voren. Zelfs bij de oudste

infiltratieplassen (nu 23 jaar oud) bleken plaatselijk situaties voor te komen waar althans de extreme verruigers niet voorkwamen.

Konkluderend kan gesteld worden dat de concentratie van de eutrofiërende stoffen weinig in verband staat met de verruigingsgraad van de vegetatie. Gezocht werd daarom naar een andere maat voor de eutrofiëring.

relaties met de belasting

Een eerste aanwijzing dat de belasting met eutrofiërende stoffen een betere maat is voor de verruigingsgraad van de vegetatie dan de concentra-



Matig geëutrofeerde kwelplas in Berkheide met o.m. Riet en Veenwortel (foto Erik van Dijk)

ties, vormde het soms op-treden van (schijn)verbanden tussen de verzuigingsgraad van de vegetaties op de infiltratie-plasoeveren en de verschillen in uitgangssituatie (bijv. vergraven resp. onvergraven oevers) of blootstelling aan de wind.

Vergraven oevers bleken duidelijk meer ruigtevegetaties te be-

vatten, maar lagen gemiddeld ook duidelijk dicht bij de win-ningsmiddelen (vergraving van de oevers geschiedt nl. vooral om de vorm van de plas aan te pas-sen aan de ligging van de win-ningsmiddelen).

Een tweede aanwijzing kwam naar voren bij vergelijking van oude en jonge infiltratieplassen

in Meijndel. De oevers van de jongste plassen, waarvan bekend was dat de doorstroomsnelheid van het grondwater groter was dan van de oude plassen, bleken ook het sterkst verzuigd.

Een derde aanwijzing voor het bestaan van een duidelijk ver-band tussen de bedekking van ruigtesoorten en de doorstroom-snelheid van het grondwater le-verde de begroeiing van de oevers van met name de grotere kwel-plassen. In de aan- en afstroom-richting van het grondwater was de verzuiging van de oevers veel sterker dan op de oevers evenwijdig aan deze stroomrich-ting.

Op de oevers van de kwel-plassen in Meijndel waar het water kwelt of wegzijgt domineer-den vaak Watermunt en Wolfspoot; in Berkheide werd deze groei-plaats vaak opgevuld met Ko-ninginnekruid, Harig wilgeroosje en Grote brandnetel. In beide gebieden overheerst op de oevers met minder doorstroming over het algemeen Duinriet. Om deze rede-nen werd verder steeds naast de konzentratie van eutrofiërende stoffen ook deze doorstroomsnel-hed in het onderzoek betrokken, om daarmee de belasting met eutrofiërende stoffen van de vegetatie te kunnen vaststellen (zie methodiek).

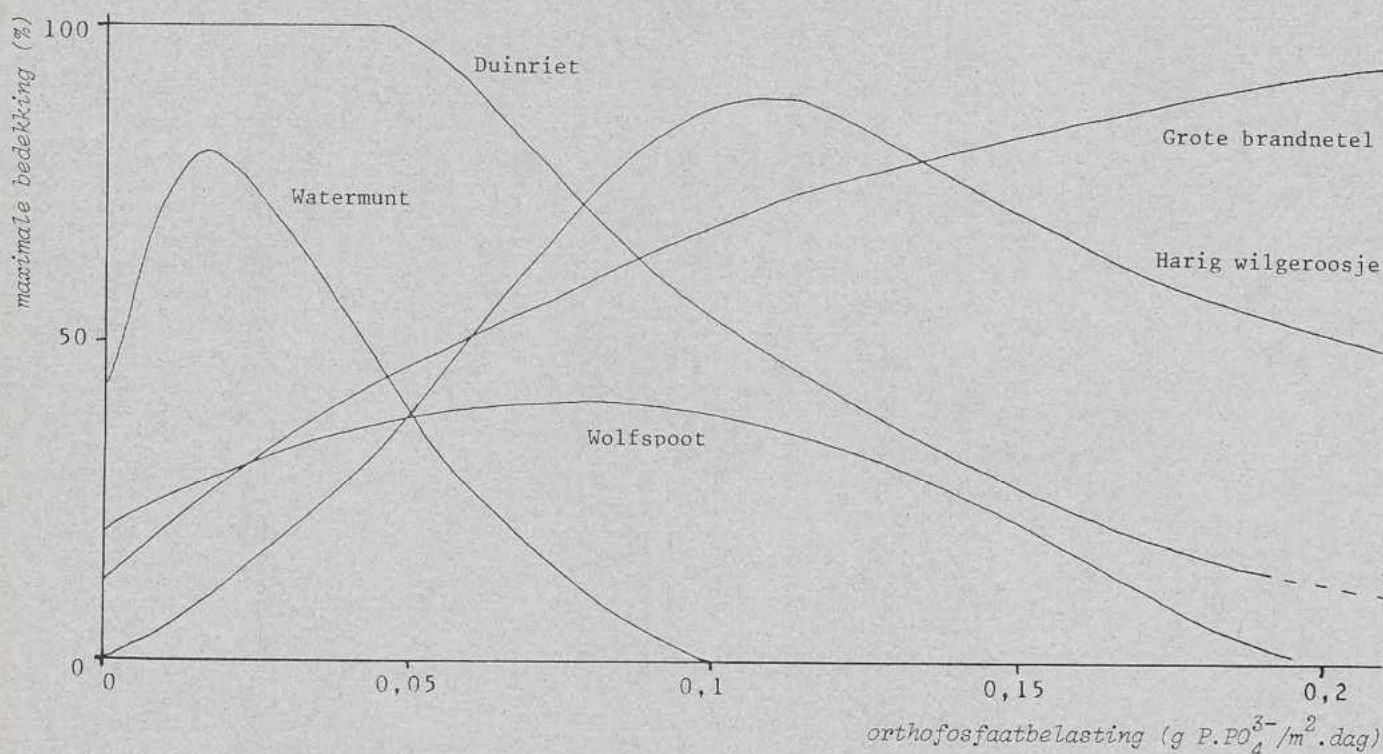


Fig. 8. Maximaal waargenomen bedekkingspercentages van veel voorkomende oeverplanten (op inzijgoevers van kwelplassen in Berkheide en Meijndel) ten opzichte van bruto orthofosfaatbelasting

resultaten

Uit globaal onderzoek van de oevervegetaties van de *infiltratieplassen in Meijndel* kwam een duidelijke positieve relatie naar voren tussen de gemiddelde verzuigingsgraad en de belasting per infiltratie-oppervlak. De bedekking van Wolfspoot, Watermunt en Duinriet loopt terug bij toenemende belasting terwijl de bedekking van de extreme ruigtesoorten sterk toeneemt.

Voorals de bedekking van de Grote brandnetel leverde ten opzichte van de belasting een vrijwel lineair verband op. Wat het (meest beperkende) orthofosfaat betreft werd bij een belasting van $a \text{ kg/ha}$ jr. een gemiddeld bedekkingspercentage van $a/4,5\%$ per infiltratieplas waargenomen. Hoe hoger dus de produktie/ha van de infiltratieplas des te hoger de bedekking met ruigtesoorten. Bestudering van de oevervegetaties in *Meijndel en Berkheide van kwel- en infiltratieplassen* op een verfijnder niveau (proefvlakken van 2 m^2) leverde zowel met de nitraat-belasting als met de orthofosfaat-belasting goede verbanden op. Gezien het feit dat de orthofosfaat-koncentra-

tie globaal een "betere" verklaring voor de verzuigingsgraad bood dan de concentratie minerale stikstof, zal in het nu volgende de belasting in eenheden orthofosfaat-aanbod worden uitgedrukt.

Op plaatselijk niveau vertoonden 5 ruigtesoorten op de inzuigoevers van de kwelplassen t.o.v. de orthofosfaat-belasting een gedrag zoals dat in fig. 8 is weergegeven (Akkerdistel kwam alleen bij pioniersituaties in hoge bedekkingen voor en vertoonde weinig relatie met de belasting; Koninginnekruid vertoonde een gedrag als dat van Grote brandnetel, maar veel minder duidelijk). Aangezien er geen aanwijzingen bestaan dat tolerantie t.o.v. de orthofosfaat-belasting het voorkomen van genoemde soorten (mede) bepaalt, kan ervan worden uitgegaan dat het voorkomen door onderlinge konkurrentie tot stand komt. Uit andere metingen bleek tevens dat de bedekking van de extreme ruigtesoorten een positief verband heeft met de bovengrondse biomassa van de desbetreffende soort en een negatief verband heeft met het aantal plantesoorten (diversi-

teit).

Bij de resultaten gepresenteerd in fig. 8 kan nog worden opgemerkt, dat deze een redelijke bevestiging en nadere kwantificering betekenen van de door Londo (2) gepresenteerde lijst van ruigtesoorten in volgorde van toenemende verzuiging en voedselrijkdom.

Ook sommering van de afzonderlijke bedekkingspercentages van de ruigtesoorten leverde duidelijke relaties met de orthofosfaat-belasting op. De 4 extreme ruigtesoorten nemen bij een stijging van de belasting van 0 tot 200 g/m^2 jr. vrijwel lineair toe met een bedekking van 0 tot 100%.

Indien de vorige 4 soorten worden samengenomen met Watermunt en Wolfspoot, wordt al tussen 20 en 50 g/m^2 jr. een bedekkingspercentage van 100% bereikt.

Duinriet, Watermunt en Wolfspoot samen hebben een maximum bedekkingspercentage bij circa 50 g/m^2 jr., boven 200 g komen zij nauwelijks meer voor in de oevervegetatie.

Authentieke vochtige duinvalleisoorten als *Parnassia*, Zeegroene zegge, Vroege zegge,



Brandnetels, eindstadium in het verzuigingsproces (foto Simon van der Zwan)

Knobbies en Moeraswespenorchis werden slechts op de oevers van 2 kwelplassen in Meijndel bij zeer lage orthofosfaat-belasting (minder dan 5 g/m² jr.) aangetroffen.

SLOT

Een van de duidelijke conclusies die uit dit onderzoek naar voren komt is dat de *belasting* met eutrofiërende stoffen van de oevervegetaties langs infiltratie- en kwelplassen een veel betere verklaring biedt voor de *mate* van verzuivering en het *voorkomen* van oorspronkelijke duinvalleisoorten dan de *konzentraties* van deze eutrofiërende stoffen.

Wanneer we dit resultaat terugkoppelen naar één van de oorspronkelijke doelstellingen van dit onderzoek: het komen tot beleidsadviezen voor een goed natuurbeheer in de duinen, dan kunnen we stellen dat een verbeterde voorzuivering (bijv. middels defosfatering) van het te infiltreren water geen vol-

doende garantie biedt voor de terugkeer van de oorspronkelijke duinvalleisoorten. Ook de doorstroomsnelheid van het grondwater zal bij het nemen van maatregelen in de afweging betrokken moeten worden.

Helaas is een hoge doorstroomsnelheid van de oevers inherent aan een qua ruimtebeslag efficiënt systeem van duininfiltratie. Voldoende verlaging van de doorstroomsnelheid om interessante vegetaties op de infiltratieplasoevers te krijgen is daarom (bij handhaving van de huidige produktiecapaciteit en waterzuiveringsmethode binnen de duinen) zowel uit natuurbehouds- als uit waterwintechnisch oogpunt niet te verwezenlijken. Slechts de kwelplassen met een gemiddeld veel geringere doorstroomsnelheid van het water zullen mogelijk profiteren van een sterke voorzuivering van het infiltratiewater.

LITERATUUR

- (1) H.A. UDO DE HAES, C.A. DRIJVER & C.T.M. VERTEGAAL, 1980. Is duininfiltratie wel zo gunstig voor de vogelstand? Duin 3 (1): 3-11.
- (2) G. LONDO, 1975. Infiltreren is nivelleren. De Levende Natuur 78 (4): 74-79.
- (3) S. VAN DER WERF, 1974. Met water meer plant. In: Meijndel, duin-water-leven. Den Haag-Baarn.
- (4) R.K. FREVERT & D. KIRKHAM, 1951. A field method for measuring the permeability of soli below a watertable. Highway Research Board Proc. 28: 433-442.
- (5) M. JANSSEN et al., 1978. Duinwaterwinning en alternatieven, p. 147-160. Centrum voor Milieukunde, Leiden.
- (6) H.W.J. van Dijk, 1980. Invloed van duininfiltratie op de vegetatie. Concept-rapportage Vakgroep Milieubiologie aan het ministerie van VoMil.

Fietsen door Duin en Kruidberg ?

door TON ROELOFFZEN

In het fietspadenplan van de provincie Noord-Holland is een voorstel opgenomen om het fietspad langs de kust in de Kennemerduinen te verlengen door Duin en Kruidberg naar IJmuiden. Dit plan is uit rekreatief oogpunt zeer aantrekkelijk, met name voor de inwoners van IJmuiden. Hierdoor dreigt echter een stil en mede daardoor zeer vogelrijk duinterrein blijvend verstoord te worden door de rekreatie. Gezien de zeldzaamheid van dergelijke terreinen in Nederland, verzet de eigenaar van Duin en Kruidberg (Natuurmonumenten) zich tegen dit plan.

HUIDIGE SITUATIE

Het gebied bestaat uit een aantal landgoederen: het nationaal park Kennemerduinen (eigenaar Stichting Kennemerduinen), Duin en Kruidberg en Heerenduinen (beiden in bezit van Natuurmonumenten). Vooral in het zuiden bij de zeeweg zijn rekreatievoorzieningen aanwezig; bovendien zijn er een aantal fietspaden in de Kennemerduinen en in

Duin en Kruidberg (zie figuur). Duin en Kruidberg en Heerenduinen zijn alleen toegankelijk voor leden van Natuurmonumenten, terwijl de Kennemerduinen voor iedereen toegankelijk zijn. Hierdoor bestaat er t.a.v. de rekreatie een zonering: het zuidelijk deel wordt zeer druk bezocht, en het noorden (d.w.z. de terreinen van Natuurmonumenten) zijn stil. In tegenstelling tot de Kennemerduinen treffen we hier daarom re-

Door de Stichting Duinbehoud is een studie uitgevoerd naar de fietsmogelijkheden in de duinen tussen IJmuiden en Den Haag. Onlangs is hierover de nota "Fietsen in de duinen" verschenen, waarin een overzicht wordt gegeven van realiseerbare fietsroutes in en rond de duinen, zonder het natuurlijk duinmilieu verder aan te tasten. Hoewel in deze nota het fietspad door Duin en Kruidberg reeds is afgevoerd, is het nuttig aan dit probleem extra aandacht te besteden, gezien de natuurbehoudsbelangen die in het geding zijn.

Red.

latief veel zeldzame grondbroedende vogels aan (wulp, bergeend, tapuit), die karakteristiek zijn voor de duinen en zeer gevoelig voor rekreatie-invloeden.