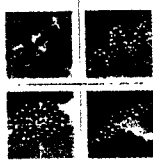


 **bkh adviesbureau**
raadgevende ingenieurs
milieu bouw infrastructuur

Kroos nader beschouwd

Data analyse
Ecologie



*Bundeling van recent kroosonderzoek
in Nederland*



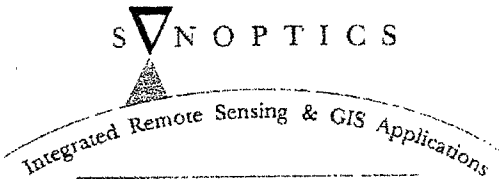
HOOGHEEMRAADSCHAP
**DE STICHTSE
RIJNLANDEN**


onderzoek in dienst
van mens en milieu

RIJKSINSTITUUT VOOR VOLKSGEZONDHEID EN MILIEU



Dienst Landbouwkundig Onderzoek
Staring Centrum, Instituut voor Onderzoek van het Landelijk Gebied


SYNOPTICS
Integrated Remote Sensing & GIS Applications

ZUIVERINGSSCHAP

HOLLANDSE
EILANDEN EN WAARDEN



kiwa

KOA 98.091

Kroos nader beschouwd

Bundeling van recent kroosonderzoek in Nederland

RAPPORTNUMMER

KOA 98.091

AUTEURS (met huidige werkkring)

P.L.G.M. Hesen (Kiwa Onderzoek & Advies) – Redactie

J.H. Boeyen (Zuiveringsschap Hollandse Eilanden en Waarden)

J. Drent (DLO-Staring Centrum)

C.A.M. van Helmond (Arcadis Heidemij Advies BV)

P. Heuts (Hoogheemraadschap de Stichtse Rijnlanden)

J.H. Janse (RIVM)

L.S.M. Schouten (Synoptics)

O.F.R. van Tongeren (Adviesbureau Data-analyse Ecologie)

W. van der Velden (NV Sturing Afvalverwijdering Noord-Brabant)

Nieuwegein, juli 1998

Onderzoek en Advies

Groningehaven 7

Postbus 1072

3430 BB Nieuwegein

Telefoon (030) 606 95 11

Telefax (030) 606 11 65

kiwa

KOA 98.091

Voorwoord

Omvangrijke bedekking met eendenkroos of kroosvaren leidt al tientallen jaren tot problemen in de regionale wateren van ons land. Vooral in de min of meer stagnante wateren van polders en stedelijke gebieden veroorzaken de kroosdekken op grote schaal slechte waterkwaliteit en sterk gereduceerde biodiversiteit. Het is daarom niet verwonderlijk dat er in het verleden al veel onderzoek is gedaan naar dit fenomeen.

In dit rapport is een groot deel van de kennis over kroos bijeengebracht, die de afgelopen vijf jaar is vergaard door Nederlandse onderzoeksinstituten, waterschappen en adviesbureaus. Het betreft een inventarisatie van de huidige problematiek, modellering van kroosgroei, monitoring van kroosdekken, maatregelen tegen kroosdekken en methoden om kroos te verwerken. De onderwerpen worden in deze notitie kort beschreven met verwijzing naar achterliggende rapportages.

Dank gaat uit naar de auteurs van de verschillende hoofdstukken voor hun belangeloze bijdrage en naar Kiwa Onderzoek & Advies voor de ondersteuning bij het samenstellen en drukken van dit rapport. Zij die contact willen opnemen met de auteurs kunnen de adresgegevens vinden in de bijlage.

Inhoud

1. De kroosdek-problematiek	3
2. Simulatie van kroosgroei door twee eutrofiëringsmodellen	8
3. Monitoring van kroos met remote sensing	13
4. Maatregelen tegen kroosdekken	16
5. Verwerking van kroos	20

Bijlage: Adressen van auteurs

1. De kroosdek-problematiek

C.A.M. van Helmond
BKH Adviesbureau
Thans: Arcadis Heidemij Advies BV

P. Heuts
Hoogheemraadschap de Stichtse Rijnlanden

J.H. Boeijen
Zuiveringsschap Hollandse Eilanden en Waarden

Samenvatting

In een groot deel van Nederland komen problemen voor met waterkwaliteit als gevolg van overmatige kroosgroei. De waterbeheerders werken aan terugdringing van de voedselrijkdom, de belangrijkste oorzaak van de kroosoverlast. Waar dit (nog) niet voldoende resultaat oplevert, wordt kroos verwijderd, met name bij gemalen, maar ook in sloten en vaarten. Voor de Lopikerwaard en de Krimpenerwaard wordt de problematiek nader toegelicht.

Algemene problematiek

De overmatige groei van eendenkroos en kroosvaren wordt in een groot deel van ons land als een probleem ervaren. Eén van de nadelen van kroosdekken is dat ze het wateroppervlak afsluiten, waardoor lichtinval en zuurstofdiffusie naar het onderstaande water sterk wordt belemmerd. Daarnaast leidt de afbraak van afgestorven kroos tot een aanzienlijke zuurstofvraag onder het kroosdek, wat een verdere reductie van de zuurstofconcentratie tot gevolg heeft. Deze effecten resulteren in slechte waterkwaliteit en soortenarme levensgemeenschappen, met name in stilstaande of langzaam stromende, ondiepe wateren zoals poldersloten. Een ander probleem ontstaat door transport van het kroos door wind en waterstroming naar hoofdwatgangen. Hierdoor vindt ophoping en verstopping plaats bij duikers, stuwen en gemalen (zie afbeelding 1).

Sterke kroosgroei ontstaat met name als gevolg van grote voedselrijkdom, bijvoorbeeld veroorzaakt door het vrijkomen van voedingsstoffen uit de waterbodem, ongezuiverde lozingen, inlaat van voedselrijk water en niet te vergeten de uit- en afspoeling van meststoffen uit de bodem [STOWA, 1992a; 1992b].

In het kader van een onderzoek naar maatregelen tegen kroosdekken is door BKH Adviesbureau in opdracht van de STOWA en de Provincie Utrecht onderzocht op welke plaatsen in ons land overlast door kroos voorkomt. Dit is gedaan met een enquête onder alle waterschappen in Nederland [STOWA, 1997]. Afbeelding 2 laat zien waar in Nederland zoveel kroos voorkomt dat de waterbeheerders zich genoodzaakt zien om het te verwijderen. Verwijdering vindt tot dusver hoofdzakelijk plaats bij gemalen, waarbij gebruik wordt gemaakt van een krooshekreiniger, grijper of kraan. Wanneer kroos in watgangen wordt geruimd, gebeurt dit vaak met maaiboot, maaikorf of de hand. Recent heeft een loonbedrijf een apparaat ontwikkeld om kroos uit sloten te scheppen. Het bestaat uit een platte, in de breedte verstelbare bak die aan de werkarm

van een trekker of boot kan worden bevestigd.

Gegevens over de terugkeer van kroosdekken na verwijdering zijn vrij summier. Afhankelijk van ondermeer het verwijderingstijdstip, de restpopulatie, de temperatuur en de voedselrijkdom kan het kroos al dan niet op korte termijn voor nieuwe overlast zorgen.

Bij het oplossen van de kroosproblematiek blijft het zaak dat de waterbeheerders doorgaan met de aanpak bij de bron, namelijk reductie van voedselrijkdom. Daarnaast kan in poldersloten het beheer rond schonen en baggeren worden aangepast (zie hoofdstuk 4). Daar waar de maatregelen (nog) tekortschieten blijft directe verwijdering van kroos de enige oplossing.



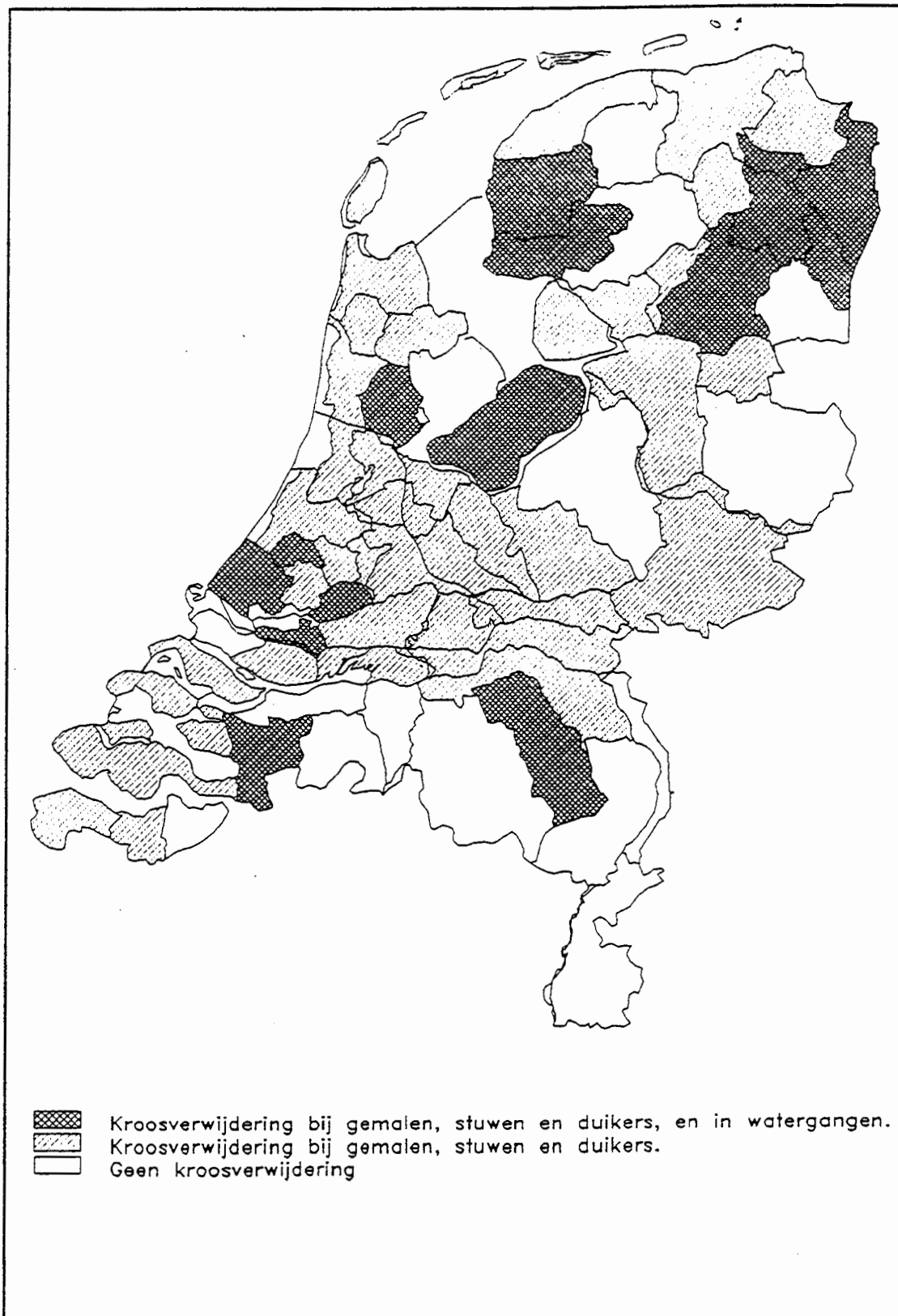
Afbeelding 1 - Ophoping van kroos bij een stuw

Kroosproblematiek in de Lopikerwaard

De polder Lopikerwaard, gelegen in het zuidwesten van de provincie Utrecht, is een open weidepolder met een uitgebreid netwerk van watergangen. Het oppervlaktewatersysteem bestaat uit enkele hoofdwatergangen, zoals de Benschopper- en Lopikerwetering, en een netwerk van kavel- en scheisloten. De polder wordt in het noorden en oosten begrensd door de Gekanaliseerde Hollandse IJssel, in het zuiden door de Lek en in het westen door de Vlist. Het gebied heeft vrijwel overal een agrarische functie, met als belangrijkste activiteit veeteelt. Nevenfuncties zijn natuur en landschap alsmede voorziening van bedrijfswater en drinkwater. Verder wordt op kleine schaal fruitteelt en akkerbouw uitgeoefend. In de grote wateren van de polder vindt beroeps- en sportvisserij plaats. In het noorden van de Lopikerwaard bevinden zich twee natuurreservaten, verder liggen er een aantal gebieden met waardevolle sloot- en oevervegetaties en waardevolle hydrobiologische kenmerken [Provincie Utrecht, 1992a; 1992b]. Ook liggen er een aantal ecologische verbindingzones in het gebied [Provincie Utrecht, 1994].

Een groot deel van het oppervlaktewater in de Lopikerwaard is in de zomer en herfst bedekt met kroos. De Provincie Utrecht is in 1994 gestart met een project om inzicht te krijgen in de kroosoverlast in de polder. De Provincie heeft een enquête gehouden onder belanghebbenden in het gebied, zoals het Hoogheemraadschap de Stichtse Rijnlanden, de beroepsvisserij en hengelsportverenigingen [van Doorn, 1994]. In deze enquête werd geïnformeerd naar de locatie van kroosdekken, de aard van de problemen en de periode wanneer deze zich voordoen. In de zomer van 1994 is een veldonderzoek in de polder uitgevoerd, waarbij de kroosbedekking en de waterkwaliteit is bepaald [BKH Adviesbureau, 1995]. Het onderzoek werd verricht in polderwater (sloten, vaarten etc.) en in het boezemwater.

Uit het onderzoek en de enquête volgt dat kroos in mei-juni begint te groeien en dat de kroosbedekking tot in de herfst kan toenemen. Ophoping van kroos vindt plaats bij gemalen, dammen, duikers en muskusrattenkooien, met als gevolg vissterfte, stankproblemen en een algehele achteruitgang van het



Afbeelding 2 - Kroosverwijdering in Nederland

aquatische milieu. De problemen met kroosbedekking treden op in de hele Lopikerwaard, met uitzondering van het noordoosten. Het uitslaan van zuurstofarm water als gevolg van opgestuwde kroosdekken bij gemalen kan leiden tot zuurstofproblemen in de boezem.

Op plekken waar kroos leidt tot acute problemen, bijvoorbeeld in de Benschopper- en Lopikerwetering of bij gemalen, wordt het met behulp van grijpers of krooshekreinigers verwijderd. Op de lange termijn wordt verbetering van waterkwaliteit voorzien als gevolg van ingrepen in het peilbeheer. Dit kan leiden tot minder kroosbedekking. Ook een strenger baggerregime zou kunnen bijdragen aan het terugdringen van de kroosdekken.

Kroosproblematiek in de Krimpenerwaard

De Krimpenerwaard is een veenweidegebied in het zuidoosten van de provincie Zuid-Holland. De polder wordt in het zuiden begrensd door de Lek, in het westen en noorden door de Hollandse IJssel en in het oosten door de Vlist. Het gebied wordt gekenmerkt door een relatief geringe drooglegging (gemiddeld ca. 40 cm) en een grote oppervlakte open water (ca. 15 %). Dit komt vooral door het dichte patroon van doorgaans brede sloten. In het zuiden treedt in een smalle zone enige kwel vanuit de Lek op. De rest van het gebied is een inzigtgebied waarbij vooral in het noordwesten veel water ondergronds wegstroomt naar de diepliggende Zuidplaspolder. Het grote verdampende oppervlakte aan water en de geringe mate van kwel maken dat in droge perioden grote hoeveelheden water vanuit de Lek en de Vlist moeten worden ingelaten voor peilhandhaving. Het waterkwantiteitsbeheer wordt uitgevoerd door het Hoogheemraadschap van de Krimpenerwaard. Het waterkwaliteitsbeheer is in handen van het Zuiveringsschap Hollandse Eilanden en Waarden.

In de periode vóór 1985 was er nog op grote schaal sprake van ongezuiverde lozingen. Waar al wel riolering lag werd het rioolwater gezuiverd in niet-toereikende inrichtingen. Het effluent, het restproduct van de zuivering, liet nog veel te wensen over. Inmiddels is het aantal ongezuiverde lozingen sterk verminderd en zijn de waterzuiveringsinrichtingen verbeterd. Het vieze stinkende water verdween met deze maatregelen. Toch zijn de waterbeheerders in dit gebied nog niet van de problemen af. Het water is nog steeds zo voedselrijk dat in veel sloten een kroosdek tot ontwikkeling kan komen dat het water volledig afsluit. Ook komt in het najaar veelvuldig de kroosvaren op, die hetzelfde effect heeft.

Om de waterkwaliteit te verbeteren en de overmatige groei van het kroos terug te dringen ondernemen de waterbeheerders in de Krimpenerwaard gezamenlijk en met andere partijen in het gebied actie. In de hele Krimpenerwaard wordt een meerjaren baggerprogramma uitgevoerd, waarbij alle hoofdwatertgangen op een diepte van minimaal 1 meter worden gebracht. De voedselrijke bagger wordt hierbij opgeruimd en de waterdiepte wordt structureel vergroot. Dit is gunstig voor de waterkwaliteit [Boeijen et al., 1992]. De laatste jaren begint het effect van deze maatregel ook zichtbaar te worden in de vorm van verminderde kroosgroei. In het zuidoostelijk deel van de Krimpenerwaard, in peilgebied Bergambacht, wordt samen met de agrariërs en de gemeenten nog een groot aantal andere maatregelen getroffen om de waterkwaliteit te verbeteren [Drent et al., 1997]. Deze maatregelen beginnen aantoonbare veranderingen in de waterkwaliteit teweeg te brengen. Toch zal er nog een lange weg te gaan zijn voordat het kroosprobleem zich in geen enkele sloot meer voordoet.

Literatuur

- BKH Adviesbureau (1995). *Onderzoek naar strategische maatregelen ter bestrijding van kroos in de Lopikerwaard. Rapport. Provincie Utrecht.*
- Boeijen, J.H., Beljaars, C.N. en Gerve, R. van (1992). *Vergroten van waterdiepte in sloten heeft een positief effect op de waterkwaliteit. H₂O 25, 3: 432-437, 440.*
- Doorn, N. van (1994). *Inventarisatie kroosproblematiek in de Lopikerwaard. Rapport. Provincie Utrecht*

- Drent J., Hendriks R.F.A., Kolk, J.W.H. van der en Groen, R.D. (1997). *Maatregelen ter verbetering van de kwaliteit van het oppervlaktewater in Bergambacht*. *H₂O* 30, 3: 70-73, 90.
- Provincie Utrecht (1992a). *Beleidsplan natuur en landschap*.
- Provincie Utrecht (1992b). *Waterhuishoudingsplan*.
- Provincie Utrecht (1994). *Plan van Aanpak; Ecologische verbindingzones provincie Utrecht*.
- STOWA (1992a). *Ontstaan en bestrijden van deklagen van kroos. 1 Literatuur. Rapport nr. 92-9 (BKH Adviesbureau). Utrecht*.
- STOWA (1992b). *Ontstaan en bestrijden van deklagen van kroos. 2. Modelmatige benadering van de kroosontwikkeling en beoordeling van potentiële beheersmaatregelen. Rapport nr. 92-10 (BKH Adviesbureau). Utrecht*.
- STOWA (1997). *Ontstaan en bestrijden van deklagen van kroos, 4. Praktijkonderzoek naar maatregelen tegen kroosdekken. Rapport nr. 97-18 (BKH Adviesbureau). Utrecht*.

2. Simulatie van kroosgroei door twee eutrofiëringsmodellen

J.H. Janse
RIVM

J. Drent
DLO - Staring Centrum

Samenvatting

Inzicht in de relatie tussen omgevingsfactoren en de groei van kroos in poldersloten vormt de basis voor de aanpak bij de bestrijding van kroosdekken. Een belangrijk middel om dit inzicht te verkrijgen is de simulatie van kroosgroei met computermodellering. Momenteel zijn er in Nederland twee eutrofiëringsmodellen, waarin de kroosgroei is opgenomen. Dit zijn PCDitch van het RIVM en NUSWA van DLO-Staring Centrum. Met beide modellen kan de kroosgroei in een poldersloot redelijk goed berekend worden.

Inleiding

Voor het beleid ten aanzien van kroosbestrijding in poldersloten bestaat behoefte aan kwantitatief inzicht in de relatie tussen omgevingsfactoren en de groei van kroos. Dit inzicht kan onder andere worden verkregen met behulp van modellering. Een eerste model voor kroosgroei in Nederlandse poldersloten zag begin jaren negentig het licht [STOWA, 1992]. Intussen is simulatie van kroosgroei ook in twee Nederlandse eutrofiëringsmodellen opgenomen, namelijk in PCDitch van het RIVM en in NUSWA van DLO-Staring Centrum. De onderstaande beschrijving van PCDitch gaat vooral in op de relatie tussen kroos en andere waterplanten, terwijl bij NUSWA met name aandacht wordt geschonken aan de specifieke groeiparameters van kroos.

Kroosgroeisimulatie in PCDitch

Karakter en begrenzing van het model

Met het door RIVM ontwikkelde PCDitch, een specifiek model voor het slootecosysteem [Janse en Van Puijenbroek, 1997], wordt onderzocht bij welke nutriëntenbelasting in poldersloten een omslag optreedt van de dominantie door ondergedoken waterplanten naar een gesloten dek van kroos of flab. Het model beschrijft dynamisch de nutriëntenhuishouding in de sloot, met inbegrip van de sedimenttoplaag en de vegetatie, alsmede de competitie tussen algen en verschillende groepen waterplanten (ondergedoken, drijvend of emers, al dan niet wortelend). De voornaamste variabelen die worden berekend zijn de biomassa's of bedekkingspercentages en nutriëntengehalten van de verschillende vegetatiegroepen, totaal-algen en de stikstof- en fosforgehalten in water en sediment. Als modelinvoer moeten waterdebiet en nutriëntenbelasting worden opgegeven of worden berekend met een uit- en afspoelingsmodel.

Modelstructuur

Het model is opgezet als een geïntegreerd ecosysteemmodel op basis van functionele plantengroepen, met sluitende nutriëntenkringlopen. Het omvat een waterlaag en een sedimentlaag, beide homogeen. De modelcomponenten zijn: anorganisch materiaal, detritus, anorganische nutriënten, zuurstof, algen en zes functioneel-ecologische groepen waterplanten:

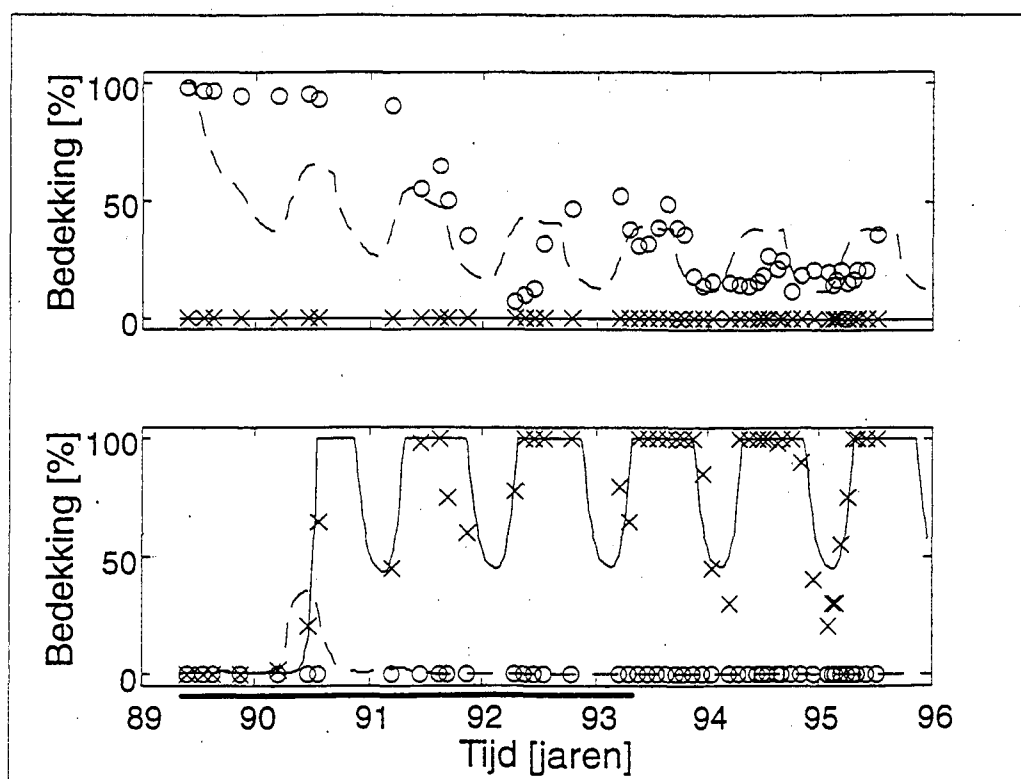
1. Wortelende, submerse hogere planten
2. Kranswieren
3. Niet-wortelende, submerse planten
4. Drijvende, niet wortelende planten (eendenkroos en kroosvarenfamilie)
5. Wortelende planten met drijfbladeren
6. Emerse planten (helofyten)

De zes groepen waterplanten zijn ontstaan door aggregatie van de 16 groeivorm/vegetatie structuurgroepen die worden onderscheiden door Den Hartog en Van der Velde [in Bloemendaal en Roelofs, 1988]. Een van de criteria bij de aggregatie van de plantengroepen is de laag (of lagen) waarin de planten groeien, of waaruit ze hun voedingsstoffen betrekken. De groep van de losdrijvende planten (eendenkroos en kroosvarenfamilie) is een belangrijke doelvariabele. Kroos is voor zijn nutriënten aangewezen op de waterkolom, waar het moet concurreren met ondergedoken planten. Deze zijn afhankelijk van het lichtklimaat onder water, dat weer door kroos wordt beïnvloed. De uitkomst van de competitie tussen de plantengroepen wordt vooral bepaald door hun intrinsieke groeisnelheid en door de concurrentie om licht, ruimte en nutriënten.

Voor elke plantengroep zijn de volgende processen beschreven: nutriëntenopname, productie, respiratie en sterfte. Voor kroos en algen is ook de uitspoeling (migratie uit de sloot) opgenomen in het model. Deze uitspoeling is gekoppeld aan waterstroming, met verwaarlozing van de invloed van de wind.

IJking en toepassing

Het model PCDitch is toegepast en deels geijkt op de gegevens van acht experimentele, vrijwel stagnante sloten, waarvan vier kleisloten en vier zandsloten, op de Sinderhoeve te Renkum [Eugelink et al. 1997]. Van elk bodemtype waren er een onbelaste controlesloot en drie niveaus van nutriëntentoeiding. In de controles en de laag en middelbelaste sloten ontwikkelde zich een ondergedoken vegetatie, terwijl de hoogbelaste sloten al vanaf het tweede jaar werden gedomineerd door kroos. De waarnemingen konden in grote lijnen door het model worden gereproduceerd (afbeelding 1).



Afbeelding 1 - Bedekkingsgraad van kroos (—, x) en ondergedoken waterplanten (- - -, o) in twee proefsloten, respectievelijk een onbelaste kleisloot (boven) en een hoogbelaste zandsloot (onder). De symbolen geven de waarnemingen aan, de lijnen de simulaties met PCDitch. De lijn onder de x-as geeft de periode van nutriëntenbelasting aan.

Een ander voorbeeld van een rekenresultaat van het model betreft de dosis-effect relatie tussen nutriëntenbelasting en kroosbedekking in een (fictieve) gemiddelde sloot. Het model voorspelt het bestaan van een "kritische" belasting waarboven een overgang van een submerse vegetatie naar kroosdominantie waarschijnlijk is. De kritische belasting is lager naarmate de watertoevoer geringer en/of de sloot ondieper is. De afgeleide dosis-effect relaties zullen nog verder worden getoetst.

Vervolg

In een vervolgproject zal de calibratie van PCDitch op de gegevens van de experimentele sloten worden voltooid door het meenemen van meer variabelen, gecombineerd met gevoeligheidsanalyse en vaststelling van de restspreiding van de resultaten. Ten tweede is een toetsing van het model voorzien in enkele proefgebieden in het veld. Tenslotte zal PCDitch gebruikt worden voor scenarioanalyses en onderbouwing van watergerichte normstelling.

Kroosgroeisimulatie in NUSWA

Module voor kroosgroei

In een modelstudie [Hendriks et al., 1994] naar de effecten van beheersmaatregelen ter verlaging van de nutriëntenconcentraties in het oppervlaktewater is de groei van kroos gesimuleerd met een speciaal ontwikkelde module. Deze is ingebouwd in het door DLO-Staring Centrum ontwikkelde eutrofiëringsmodel NUSWA, waarmee op regionale schaal de nutriëntenconcentratie in oppervlaktewater kan worden voorspeld [van der Kolk en Drent, 1996].

Als uitgangspunt voor de beschrijving van de groei van kroos is genomen dat kroos mag worden gezien als een standaardgewas volgens een fotosynthesemodel [De Wit, 1965]. Volgens dat model groeit een standaardgewas (P_{st}) op basis van de relatieve zonneshijnduur en de geografische ligging:

$$P_{st} = (161 + 159 \frac{n}{N}) + (118 + 92 \frac{n}{N}) \sin \left(\frac{t + 284}{365} 2\pi \right)$$

waarin:

- P_{st} = bruto productie (g per m² per dag)
- n/N = relatieve zonneshijnduur
- t = dagnummer van het jaar

Het groeiemodel voor kroos is afgeleid van dit productiemodel, rekening houdend met de beschikbaarheid van nutriënten en afhankelijk van temperatuur, lichtintensiteit, concurrentie, onderhoudsademhaling en sterfte. Verondersteld is dat de groei niet wordt beperkt door een tekort aan koolstof in de waterkolom. Op grond hiervan is de volgende modelvergelijking voor de groei van kroos afgeleid:

$$G_t = F_n F_T F_\alpha P_{st} (1 - e^{-\alpha G_{t-1}}) \frac{1}{k} + (G_{t-1} - F_n F_T F_\alpha P_{st} (1 - e^{-\alpha G_{t-1}}) \frac{1}{k}) e^{-k}$$

waarin:

- G_t = hoeveelheid kroos op tijdstip t (g droge stof per m²)
- G_{t-1} = hoeveelheid kroos op tijdstip $t-1$ (g droge stof per m²)
- F_n = correctiefactor voor nutriëntenaanbod
- F_T = correctiefactor voor temperatuur
- F_α = correctiefactor voor onderhoudsademhaling
- α = correctiefactor voor concurrentie
- k = sterftcoëfficiënt

De correctiefactor F_n is gebaseerd op de theorie van Michaëlis-Menten en afgeleid uit ICM, 1992. F_T is herleid uit kroosonderzoek van Landolt en Kandeler, 1987. De factor α is ontwikkeld uit gegevens van STOWA, 1992, met als veronderstelling dat kroos een gesloten dek vormt bij een hoeveelheid droge stof van 60 g per m². De ademhalingsfactor F_α is afgeleid uit kennis over energiebalansen, waaruit blijkt dat de onderhoudsenergie circa 20% is van de beschikbare energie [Rijtema, 1994]. De sterfte-coëfficiënt k is afgeleid uit de levenscyclus van het kroosplantje [Landolt, 1980].

Calibratie van kroosgroeimodule

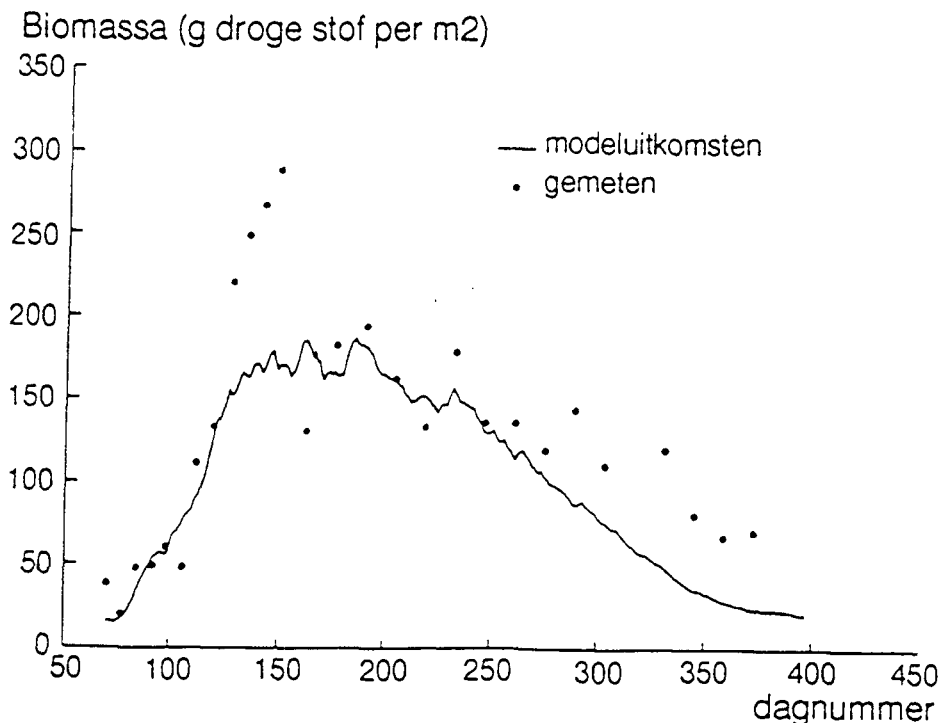
Ook deze module is gekalibreerd met meetgegevens van het eutrofiëringsonderzoek in de proefsloten van DLO-Staring Centrum op de Sinderhoeve te Renkum [Drent en Kersting, 1992]. Voor deze calibratie zijn in de meest geëutrofiëerde sloot, met kroos als dominante biomassa, 20 drijvende rechthoeken geplaatst met een open bodem en een oppervlak van 1 m². De vrijwel stagnante sloot had een waterdiepte van 0,5 m.

Gedurende het groeiseizoen is achtereenvolgend de biomassa bepaald van het kroos in de twintig compartimenten. Parallel daaraan zijn metingen verricht aan de temperatuur van water en lucht, de lichtintensiteit en de stikstof- en fosforgehalten van het water. In afbeelding 2 zijn de gemeten kroosbedekkingen van kroos weergegeven en de uitkomsten van de modelberekening.

Conclusies

Uit het onderzoek kan het volgende worden geconcludeerd:

- de modeluitkomsten komen redelijk tot goed overeen met de gemeten waarden;
- de hoge meetwaarden (in juni) zijn veroorzaakt door het lokaal opdrijven van sedimentmateriaal als gevolg van gasvorming in het sediment;
- de sterfte van kroos in de sloot verloopt wat trager dan door het model wordt gesimuleerd.



Afbeelding 2 - Biomassa van kroos in groeicompartimenten in een proefslot, gemeten en berekend met de kroosgroei module van NUSWA

Literatuur

- Bloemendaal, F.H.J.L. en Roelofs, J.G.M. (1988). *Waterplanten en waterkwaliteit*. KNNV Utrecht.
- Drent, J. en Kersting, K. (1992). *Experimental ditches for ecotoxicological experiments and eutrophication research under natural conditions*. Report 65. DLO-Staring Centrum, Wageningen.
- Eugelink, A.H., Roijackers, R.M.M. en Lijklema, L. (1997). *Responses of vegetation on nutrient loading in shallow aquatic ecosystems*. *Aquat. Bot.*, in press.
- Hendriks, R.F.A., Kolk, J.W.H. van der en Oosterom, H.P. (1994). *Effecten van beheersmaatregelen op de nutriëntenconcentraties in het oppervlaktewater van peilgebied Bergambacht; een modelstudie*. Rapport 272, DLO-Staring Centrum, Wageningen.
- ICIM (1992). *DUFLOW, A micro-computer package for the simulation of one-dimensional unsteady flow and water quality in open water channels*. Version 2.0. ICIM, Rijswijk
- Janse, J.H. en Puijtenbroek, P.J.T.M. van (1997). *PCDitch, een model voor eutrofiëring en vegetatieontwikkeling in sloten*. Rapport nr. 703715004, RIVM, Bilthoven.
- Kolk, J.W.H. van der en Drent, J. (1996). *NUSWA A mathematical model to predict the fate of nutrients in surface water systems*. Interne Mededeling 402, DLO-Staring Centrum, Wageningen.
- Landolt, L. (1980). *Biosystematische Untersuchungen in der Familie der Wasserlinsen, Volume 1*. Veröffentlichungen des Geobotanischen Institutes der Eidg. Techn. Hochschule, Stiftung Röbel, Zürich.
- Landolt, L. en Kandeler, R. (1987). *Biosystematic investigations in the family of duckweed (Lemnaceae). The family of Lemnaceae a monographic study*. Veröffentlichungen des Geobotanischen Institutes der Eidg. Techn. Hochschule, Stiftung Röbel, Zürich.
- Rijtema, P.E. (1994). *Mondelinge mededeling*.
- STOWA (1992). *Ontstaan en bestrijden van deklagen van kroos. 2. Modelmatige benadering van de kroosontwikkeling en beoordeling van potentiële beheersmaatregelen*. Rapport nr. 92-10 (BKH Adviesbureau). Utrecht.
- Wit, C.T. de (1965). *Photosynthesis of leaf canopies*. Institute for Biological and Chemical Research on Field Crops and Herbage. Wageningen.

3. Monitoren van kroos met remote sensing

L.S.M. SCHOUTEN
Synoptics

Samenvatting

Kroosdekken vormen een goede indicator voor hoge nutriëntenconcentraties in het water van sloten en vaarten. Daarom zijn waterbeheerders gebaat bij adequate informatie over kroosbedekking in deze wateren. Met video-opnamen vanuit de lucht, gevolgd door beeldverwerking met de computer, kan een goede schatting worden gegeven van de bedekkingsgraad van kroos. De beelden zijn niet geschikt om een eenduidig onderscheid te maken tussen kroos en overige watervegetatie. Daarvoor is false color fotografie meer geschikt.

Inleiding

De kwaliteit van de oppervlaktewateren is al jarenlang speerpunt van het Nederlandse milieu- en natuurbeleid. In de Derde Nota Waterhuishouding is als één van de einddoelen geformuleerd dat de emissie van nutriënten vanuit huishoudens, industrie en landbouw met tenminste 70% moet afnemen ten opzichte van de situatie in 1985. Ook in de Vierde Nota wordt het beleid voor emissiereductie sterk doorgezet. Voor uitvoerders van dit beleid is het zaak eenvoudige parameters te vinden waarmee een indruk van de waterkwaliteit kan worden verkregen. Een goede indicator voor de kwaliteit van water in sloten en vaarten is kroos. Kroosplantjes zijn voor hun nutriëntenvoorziening geheel afhankelijk van de voedingsstoffen die zich in het water bevinden. Hierdoor komen kroosdekken alleen tot ontwikkeling in (zeer) voedselrijke oppervlaktewateren. Indien de locaties waar kroos voorkomt bekend zijn, zijn tevens die plekken bekend waar de belasting met nutriënten (mogelijk) te hoog is.

Naast de indicatorwaarde die kroos heeft voor voedselrijke wateren zijn er additionele redenen waarom kennis omtrent het voorkomen van kroos van belang is. Bij het afsterven van kroosdekken wordt zoveel zuurstof aan het water onttrokken dat dit kan leiden tot vissterfte en stankoverlast. Bovendien kunnen ophopingen van kroos problemen veroorzaken bij de waterafvoer, omdat zij de doorstroming kunnen beletten (zie hoofdstuk 1).

Zowel waterkwaliteits- als waterkwantiteitsbeheerders zijn derhalve gebaat bij goede informatie over het voorkomen van kroos. Deze informatie kan worden verschaft door uitgebreide veldwaarnemingen te verrichten. Een andere methode wordt geboden door moderne aardobservatie (of *remote sensing*) technieken. Dit hoofdstuk geeft een overzicht van de ervaringen die tot op heden gedaan zijn met deze technieken.

Selectie van de sensor

Om kroosdekken waar te nemen staan momenteel verschillende sensoren ter beschikking. Voorbeelden hiervan zijn: fotocamera's, multispectrale scanners en videocamera's. Het gebruik van satellietbeelden kan momenteel nog worden uitgesloten, omdat op de huidige satellietbeelden afzonderlijke sloten niet onderscheiden kunnen worden. De keuze voor een sensor wordt vaak bepaald door de eisen die vooraf aan de waarnemingen gesteld worden. Enkele belangrijke vragen in dit verband zijn:

- wat moet er precies worden waargenomen, hoe groot is het en waar moet het van onderscheiden kunnen worden?
- onder welke omstandigheden dient het kroos waargenomen te worden?
- wat zijn de economische aspecten van het monitoren?

In het geval van kroosmonitoring gaat het om de kroossoorten die op het wateroppervlak voorkomen, dat wil zeggen vooral om soorten van de eendenkroos- en kroosvarenfamilie (respectievelijk Lemna en Azolla soorten). Zij moeten onderscheiden kunnen worden van open water, van grasland en ander cultuurland, van oevervegetatie en van andere waterplanten. Voorts gaat het vooral om de *kroosdekken*. Dat wil zeggen

dat individuele plantjes niet belangrijk zijn. Een resolutie in de orde van centimeters is dus niet nodig. De atmosferische omstandigheden zijn van grote invloed op de inzetbaarheid van de technieken. Om goede luchtfoto's of multispectrale scans te kunnen maken dienen de lichtomstandigheden welhaast ideaal te zijn, omdat de beelden van grote hoogten worden gemaakt. Video-opnamen kunnen van een geringe hoogte worden gemaakt. Hierdoor hoeven de lichtomstandigheden niet optimaal te zijn. Wel is de windkracht bij deze vluchten eerder beperkend, omdat er bij sterke wind problemen kunnen ontstaan met het op koers blijven van het vliegtuig.

Vanzelfsprekend speelt de prijs-kwaliteit verhouding een belangrijke rol bij de keuze van de manier waarop het voorkomen van kroos zal worden onderzocht. Op voorhand is vaak al aan te geven welke manieren van monitoren niet in aanmerking komen vanwege de kosten die ermee gemoeid zijn. Multispectrale scanners zullen om deze reden al in een vroegtijdig stadium afvallen. Vervolgens kan gekeken worden of de overige technieken aan de kwaliteitseisen voldoen. Indien verschillende technieken hieraan voldoen, zullen economische motieven de doorslag gaan geven bij de definitieve keuze.

Ervaringen met kroosmonitoring

In de afgelopen jaren zijn er enkele studies uitgevoerd naar de mogelijkheden om kroosdekken met remote sensing technieken waar te nemen. Van der Does en Klink [1991] maakten bij hun onderzoek gebruik van een false color fotocamera, dat wil zeggen een camera die gevoelig is voor het groene, het rode en het nabij-infrarode licht. De luchtfoto's werden gemaakt van een hoogte van 1,5 km. Zij wilden vaststellen of het mogelijk was om *Lemna/Azolla* soorten spectraal te onderscheiden van andere waterplanten. Zij concludeerden dat dit inderdaad mogelijk was. Helaas ontbreken verdere bijzonderheden over de toegepaste techniek en analyse methoden. Ook in de Verenigde Staten zijn al succesvolle onderzoeken uitgevoerd met false color camera's om watervegetaties te karteren [Martyn et al., 1986]. Hoewel het hier niet om kroos ging, maar met name om *Hydrilla verticillata*, geeft deze studie wel aan dat het mogelijk is om op false color foto's verschillende watervegetaties op basis van hun reflectie-eigenschappen te onderscheiden.

Recent heeft Synoptics een studie afgerond naar de nauwkeurigheid van schattingen van kroosdekken op basis van lucht-videobeelden in vergelijking met in het veld uitgevoerde schattingen [Synoptics, 1997]. De veldschattingen zijn gedaan door BKH Adviesbureau (zie hoofdstuk 4 en STOWA, 1997) met hooguit een dag verschil ten opzichte van de videovlucht. Bij de studie van Synoptics werd gebruikt gemaakt van een moderne, digitale videocamera, waarmee opnamen werden gemaakt op een hoogte van ongeveer 400 meter. De omvang van de kroosdekken werd geschat door op een digitaal videobeeld (zie voorbeeld in afbeelding 1) - imaginaire - transecten te trekken over een waterloop van een bepaalde lengte. De reflectiewaarden binnen een dergelijk transect werden uitgelezen, waarna met behulp van drempelwaarden de beeldelementen worden toegedeeld aan 'open water', 'kroos', of een eventuele tussenvorm (zie ook Bakker et al., 1996). Vervolgens zijn de resultaten vergeleken met de in het veld gedane schattingen voor precies dezelfde sloottrajecten. De overeenkomsten tussen de twee schattingsreeksen waren zeer groot, wat de potenties van waarnemingen vanuit de lucht benadrukte. Een nadeel was evenwel dat op de videobeelden de *Lemna* en *Azolla* soorten niet eenduidig konden worden onderscheiden van andere waterplanten. Dat het inderdaad om kroos ging, was alleen bekend uit de veldwaarnemingen.

Conclusies

De ervaringen met het waarnemen van kroosdekken met behulp van aardobservatietechnieken geven aan dat er goede perspectieven zijn voor deze toepassingsmogelijkheid. Het verzamelen van het basismateriaal kost relatief weinig tijd, waarbij bereikbaarheid van waterlopen geen criterium meer is. Zelfs met eenvoudige videotechnieken is het mogelijk om kwalitatief goede schattingen te maken van de bedekking van waterlopen met waterplanten en op false color foto's zijn *Lemna/Azolla*soorten van andere waterplanten te onderscheiden.

Wel hebben de genoemde technieken enkele beperkingen. Het maken van luchtfoto's vereist bijvoorbeeld

zeer helder weer; met name in de periode september-oktober (wanneer de kroosdekken hun maximale omvang bereikt hebben) kan het weer van dien aard zijn dat goede omstandigheden uitblijven. Lucht video opnamen zijn onder niet-optimale lichtomstandigheden ook nog goed te maken. De mogelijkheid om op de videobeelden kroos van andere watervegetatie te onderscheiden is echter geringer dan bij luchtfoto's. Op de computer zijn de video opnamen wel sneller en eenvoudiger te analyseren dan luchtfoto's.



Afbeelding 1 - Voorbeeld van een videobeeld uit de polder Hoenkoop (in het westen van de Lopikerwaard). De kroosdekken zijn duidelijk herkenbaar aan hun lichtgroene kleur, terwijl open water (bijna) zwart toont.

Literatuur

- Bakker, J.G.M., Schouten, L.S.M. en Huisling, E.J. (1996). *Monitoren van kroosbedekking in binnenwateren met behulp van video luchtopnamen*. BCRS rapport 95-18. Delft.
- Does, J. van der en Klink, F.J. (1991). *Excessive growth of Lemnaceae and Azolla in ditches observed by false colour teledetection*. In: *Verhandlungen der Internationale Verein f. Limnologie; XII Ecology of aquatic organisms, 2. Algae and Macrophyta (continued)*. pp. 2683-2688. Stuttgart.
- Martyn, R.D., Noble R.L., Bettoli P.W. en Maggio, R.C. 1986). *Mapping aquatic weeds with aerial color infrared photography and evaluating their control by grass carp*. *Journal of Aquatic Plant Management* 24, pp 46-56.
- STOWA (1997). *Ontstaan en bestrijden van deklagen van kroos. 4. Praktijkonderzoek naar maatregelen tegen kroosdekken*. Rapport nr. 98-18 (BKH Adviesbureau). Utrecht.
- Synoptics (1997). *Schatting van kroosdekken op basis van video luchtopnamen*. Wageningen.

4. Maatregelen tegen kroosdekken

P.L.G.M. HESEN
BKH Adviesbureau
Thans: Kiwa Onderzoek & Advies

O.F.R. VAN TONGEREN
Adviesbureau Data-analyse Ecologie

C.A.M. VAN HELMOND
BKH Adviesbureau
Thans: Arcadis Heidemij Advies BV

Samenvatting

Een uitgebreid praktijkonderzoek heeft aangetoond dat de combinatie van baggeren en kroosverwijderen zorgt voor een aanzienlijk lagere kroosbedekking in poldersloten gedurende een groot deel van het groeiseizoen. Ook elke maatregel afzonderlijk leidt tot een significante reductie van de bedekking. Het laat schonen van sloten, dat wil zeggen in oktober in plaats van augustus/september, heeft tot gevolg dat het kroos langer op de sloten wordt "vastgehouden" door de overige vegetatie, waardoor naar verwachting minder kroosophoping plaatsvindt bij duikers, stuwen en gemalen.

Maatregelen

In een aanzienlijk deel van het Nederlandse oppervlaktewater, en met name in poldergebieden, leiden kroosdekken tot slechte waterkwaliteit en geringe natuurwaarde. Deze dekken kunnen bestaan uit soorten van de eendenkroos familie of de kroosvaren familie. Maatregelen tegen kroos zijn al lange tijd gewenst, maar tot dusver was het inzicht in het proces van kroosdekvorming te gering om met voldoende zekerheid maatregelen voor te kunnen stellen. Om meer duidelijkheid te krijgen over het totale proces van groei en verspreiding van kroos en om aangrijpingspunten voor maatregelen te vinden zijn begin jaren negentig enkele studies uitgevoerd [STOWA, 1992a, STOWA, 1992b, Hesen et al., 1994].

In een vervolgonderzoek [STOWA, 1997] zijn in poldersloten de effecten van maatregelen onderzocht die in één van de eerdere studies werden aanbevolen. Ook is onder waterbeheerders geïnventariseerd of zij kennis hebben over de effecten van deze ingrepen. Het betreft de volgende maatregelen:

- A. Baggeren (in het vroege voorjaar).
- B. Vroeg verwijderen van kroos (aan het begin van het groeiseizoen).
- C. Laat verwijderen van kroos (wanneer de bedekkingsgraad het maximale niveau heeft bereikt).
- D. Laat schonen van de sloot (in oktober).

De eerste drie maatregelen zijn er op gericht om de kroosbedekking op poldersloten terug te dringen. De laatste is bedoeld om de - wortelende - vegetatie, die het kroos "vasthoudt", langer in de sloten te laten staan. Op deze wijze wordt het wegdrijven van kroos belemmerd en ontstaat minder ophoping en dus geringere overlast bij duikers, stuwen en gemalen. Uiteraard heeft deze laatste maatregel wel negatief effect op de waterkwaliteit en natuurwaarde van de poldersloten.

Proefopzet en verwerking meetgegevens

Het onderzoek werd uitgevoerd in 92 sloottrajecten van 50 meter lengte, verdeeld over vier locaties in Zuid-Holland en Utrecht. De maatregelen gericht op het voorkómen van kroosdekken op poldersloten werden zowel afzonderlijk als in combinatie uitgevoerd. De sloottrajecten waar deze ingrepen werden getest waren op de waterlijn afgesloten met planken (zie afbeelding 1), om te voorkomen dat het kroos zou wegdrijven. Het effect van de maatregel "laat schonen" werd onderzocht in sloottrajecten die niet waren afgesloten met planken. Hier werd immers getest in hoeverre het wegdrijven van kroos voorkomen kon worden door de overige vegetatie langer te laten staan.



Afbeelding 1 - Sloottraject voor testen van maatregelen, op de waterlijn afgesloten met planken (foto: M. Edelman, BKH Adviesbureau)

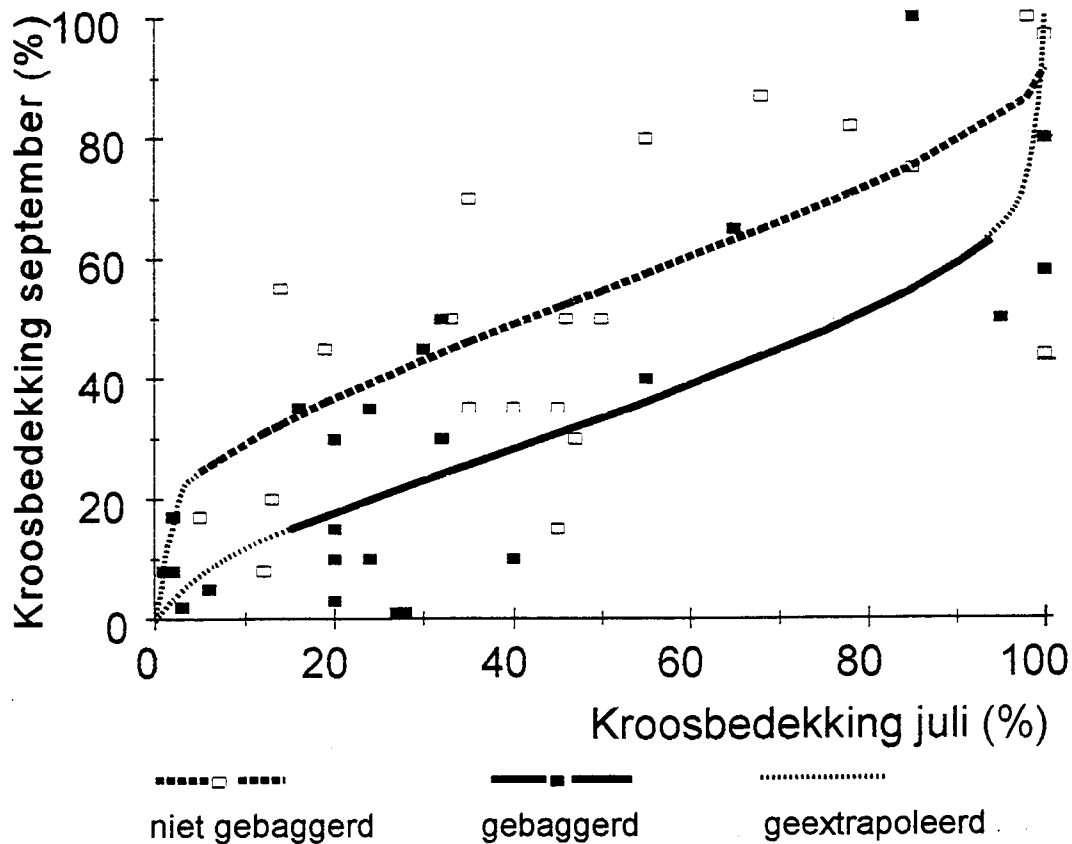
Het baggeren zou volgens de aanbevelingen [STOWA, 1992b] moeten worden uitgevoerd in de winterperiode. Dit bleek echter niet mogelijk, omdat het verspreiden van slib op het grasland in die tijd van het jaar gewasschade zou kunnen veroorzaken. De maatregel werd daarom uitgevoerd in april (1996). Het vroeg en laat verwijderen van kroos gebeurde later dan aanbevolen in de eerdere studie, omdat de groei van kroos vanwege het koude voorjaar in 1996 pas laat op gang kwam. De hoeveelheid (eenden)kroos die werd verwijderd, was bij een gesloten dek per vierkante meter zo'n twee kilo aan versgewicht (circa 65 gram drooggewicht). In de sloottrajecten werd nauwelijks kroosvaren weggenomen, omdat deze ten tijde van de ingreep nog niet sterk tot ontwikkeling was gekomen.

In de periode van juni tot november van 1996 werden de kroosbedekkingen in de sloottrajecten vijf keer gemeten. Op basis van de meetgegevens werden de effecten van maatregelen berekend met behulp van regressie-analyse. Daarbij deed zich het probleem voor dat de variantie in de bedekking van het kroos afhankelijk is van de ontwikkelingsfase van de bedekking. Deze bedekking wordt gekenmerkt door langzame groei in het voorjaar, zeer snelle toename in de vroege zomer, stagnatie bij een bepaalde maximum (vaak 100% bedekking) en afname in het najaar. Het verschil in variantie houdt dan bijvoorbeeld in dat tijdens de fase van langzame groei de verschillen in bedekking tussen sloten klein zijn en in de fase van zeer snelle groei juist erg groot. Aangezien dergelijke verschillen ongewenst zijn bij regressie-analyse, werden ze zo veel mogelijk geëlimineerd door op de bedekkingspercentages van kroos vóór de berekening een (arcsinuswortel) transformatie uit te voeren [Oude Voshaar, 1994].

Effecten van maatregelen

Voor alle vier de maatregelen konden significante effecten worden aangetoond, hetgeen ook werd ondersteund door de resultaten van de inventarisatie onder de waterbeheerders. Baggeren in het voorjaar

leidde tot een 15 à 20% lagere bedekking in september (zie afbeelding 2). Het verwijderen van kroos heeft altijd enkele weken effect en bij ongunstige groeiomstandigheden houdt dit effect langer aan. Zo had het vroeg verwijderen van kroos (aan het begin van het groeiseizoen) een 10 tot 15% lagere bedekking in september tot gevolg.



Afbeelding 2 - Effect van baggeren op de kroosbedekking van sloottrajecten in september in relatie tot de kroosbedekking in juli (de lijnen geven de bedekking die wordt verwacht in september op grond van de waargenomen bedekking in juli)

De combinatie van de maatregelen "baggeren", "vroeg verwijderen" en "laat verwijderen" zorgde in september voor een kroosbedekking die 40 à 50% lager was. Op grond van literatuurgegevens [STOWA, 1992a] wordt aangenomen dat zowel het effect van het baggeren als het effect van de combinatie van maatregelen waarschijnlijk meerdere groeiseizoenen zichtbaar blijft. Omdat de proef beperkt was tot sloottrajecten van 50 meter kon bij de maatregel "laat schonen" alleen worden waargenomen dat er significant meer kroos op de sloten bleef liggen en niet of daardoor minder kroosophoping plaatsvond bij duikers, stuwen en gemalen. Voor een nadere toelichting op de resultaten wordt verwezen naar het desbetreffende STOWA rapport [STOWA, 1997].

Belangrijke conclusies van het onderzoek zijn verder:

- onder gunstige omstandigheden neemt de kroosbedekking op poldersloten zeer snel toe tot een bepaald maximum, zowel in de vroege zomer als na het vroeg of laat verwijderen; bij het onderzoek zijn in juli verdubbelingstijden waargenomen van minder dan drie dagen;
- maatregelen tegen kroosdekken leveren wellicht het meeste rendement op in sloten waar de bedekking minder is dan 100%. Daar is mogelijk sprake van een nutriëntenlimitatie, waardoor het kroosdek zich minder snel en tot minder hoge bedekking herstelt.

Aanbevelingen

Er wordt aanbevolen om de combinatie van de maatregelen "baggeren" en "kroos verwijderen" op grote schaal toe te passen en over een langere periode dan één jaar, bijvoorbeeld in een (deel van een) peilgebied gedurende vijf jaar. Het verwijderen van kroos dient dan plaats te vinden voordat zich een onacceptabele bedekkingsgraad heeft gevormd, maar zo laat mogelijk in het groeiseizoen, zodat het herstel van de bedekking minimaal is en het effect zo langdurig mogelijk. Het baggeren en verwijderen van kroos kan eventueel gecombineerd worden met normaal schonen of met laat schonen, al naar gelang de wensen omtrent ophoping van kroos bij duikers, stuwen en gemalen. Als tegelijkertijd ook (andere) maatregelen worden ingezet tegen eutrofiëring kan een optimaal resultaat worden bereikt. Verwijderen zal elk jaar moeten plaatsvinden, eventueel zelfs meerdere malen per jaar. Baggeren kan minder frequent gebeuren, wat ook beter is voor de ontwikkeling van het aquatisch ecosysteem.

Belangrijke aanbevelingen voor verder onderzoek zijn:

- uitzoeken hoe de maatregelen het best kunnen worden afgestemd op de actuele nutriëntenhuishouding in de sloot;
- apparatuur voor verwijderen van kroos zodanig verbeteren dat de bedekking tot minder dan 5% kan worden gereduceerd.

Opdrachtgevers en begeleidingscommissie

Het onderzoek, dat werd uitgevoerd voor de STOWA en de Provincie Utrecht, werd inhoudelijk begeleid door een commissie bestaande uit B. Specken (voorzitter), J.H. Boeyen, G. Bolier, L.J.J. Frinking, P. Heuts, G.L. van Hiele, I.R.M. Hovenkamp-Obbema en S.P. Klapwijk.

Literatuur

- *Hesen, P.L.G.M., Buijs, J.N.J. en Blok, J. (1994). Kroos onder controle? H₂O (27) nr. 1, 12-15, 24.*
- *Oude Voshaar, J.H., 1994. Statistiek voor onderzoekers. Wageningen Pers. Wageningen, 253 pp.*
- *STOWA (1992a). Ontstaan en bestrijden van deklagen van kroos. 1 Literatuur. Rapport nr. 92-9 (BKH Adviesbureau). Utrecht.*
- *STOWA (1992b). Ontstaan en bestrijden van deklagen van kroos. 2. Modelmatige benadering van de kroosontwikkeling en beoordeling van potentiële beheersmaatregelen. Rapport nr. 92-10 (BKH Adviesbureau). Utrecht.*
- *STOWA (1997). Ontstaan en bestrijden van deklagen van kroos. 4. Praktijkonderzoek naar maatregelen tegen kroosdekken. Rapportnr. 97-18 (BKH Adviesbureau). Utrecht.*

5. Verwerking van kroos

P.L.G.M. HESEN
BKH Adviesbureau
Thans: Kiwa Onderzoek & Advies

W. VAN DER VELDEN
BKH Adviesbureau
Thans: NV Sturing Afvalverwijdering Noord-Brabant

Samenvatting

Kroos dat door waterbeheerders in Nederland wordt verwijderd van oppervlaktewater, komt meestal terecht op een stortplaats of in een composteringsinstallatie. Een inventarisatie en beoordeling van verwerkingsmethoden laat zien dat kleinschalige verwerkingsmethoden, waarvoor zo min mogelijk transport van kroos hoeft plaats te vinden, in feite het meest geschikt zijn. Deze methoden zijn: "verspreiden op het land", "composteren op kleine schaal" en "vers voeren aan vee". Van de grootschalige methoden komt "natte vergisting" als beste uit de vergelijking.

Een nieuw vraagstuk?

Uitkijkend over uitgestrekte kroosdekken op poldersloten en stadswateren heeft menigeen zich wel eens afgevraagd of er geen goede verwerkingsmethode bestaat voor deze groene massa. Zeker als u weet dat momenteel door 81% van de Nederlandse waterbeheerders kroos wordt verwijderd bij gemalen, stuwten, duikers en uit watergangen (zie hoofdstuk 1 en [STOWA, 1997a]). Wellicht wordt deze maatregel in de toekomst zelfs uitgebreider toegepast om het negatieve effect van kroosdekken op de kwaliteit en natuurwaarde van wateren verder terug te dringen (zie hoofdstuk 4 en [STOWA, 1997b]).

Het vraagstuk kroosverwerking is overigens niet nieuw. Dat blijkt onder meer uit een artikel in de Algemeene Landhuishoudelijke Courant van zaterdag 17 juni 1848, met als titel: "Over Eendekroos-Bemesting, en de verbouwing van vroege Peulvruchten te Roelofs-arendsveen" [Wittewaall, 1848]. Uit dit artikel komt naar voren dat het kroos al in de vorige eeuw met succes werd toegepast als additionele meststof, al dan niet na compostering. Het kroos dat tegenwoordig door waterbeheerders wordt verwijderd, eindigt vrijwel altijd op een stort of in een composteringsinstallatie. Slechts een klein deel van het verwijderde kroos wordt verspreid op het land.

Om te achterhalen welke bestaande of potentiële methoden het meest geschikt zijn om kroos te verwerken, is in opdracht van de STOWA een inventarisatie uitgevoerd en heeft een beoordeling plaatsgevonden van de toepasbaarheid van een aantal methoden [STOWA, 1997a]. Waar relevant is daarbij onderscheid gemaakt tussen eendekroos (*Lemnaceae*) en kroosvaren (*Azollaceae*).

Samenstelling van kroos

De samenstelling van het kroos, zowel qua organische verbindingen als eventuele verontreinigingen, is van groot belang voor de toepasbaarheid van een verwerkingsmethode. Kenmerkend voor kroos is een hoog gehalte aan gemakkelijk afbreekbare organische verbindingen en een gering percentage vezels (tabel 1). Over de verontreiniging van kroos met zware metalen kan alleen een indicatieve uitspraak worden gedaan op basis van metingen aan eendekroos op elf locaties in de provincies Zuid-Holland en Utrecht. Een algemeen referentiekader voor toetsing van deze verontreinigingen bestaat niet, maar omdat een groot deel van het kroos in de waterbodem terecht komt, is een vergelijking gemaakt met de normen voor waterbodem. Deze, uiteraard arbitraire, toetsing geeft als indicatie dat bij kroos zware metalen niet leiden tot normoverschrijding en dat organische microverontreinigingen zorgen voor lichte verontreiniging.

In verhouding tot de concentratie in water is de concentratie van zware metalen in kroos zeer hoog. Er is duidelijk sprake van accumulatie. Op grond van de beschikbare gegevens is het echter niet mogelijk om de concentratie zware metalen in kroos met voldoende betrouwbaarheid af te leiden uit de concentratie in het water.

Tabel 1 - Gehalte organische verbindingen en gloeirest van kroos [STOWA, 1992]

Component	Gehalte (percentage van drooggewicht)	
	Eendenkroos	Kroosvaren
Eiwit	6,8 - 45,0%	13,0 - 23,4%
Koolhydraten	14,1 - 43,6%	6,4 - 61,0%
Vet	1,8 - 9,2%	4,4 - 6,3%
Vezels	5,7 - 16,2%	9,5 - 24,5%
Gloeirest	8,0 - 27,6%	9,7 - 23,8%

Verwerkingsmogelijkheden

In principe komen voor kroos de volgende verwerkingsmethoden in aanmerking:

- verspreiden op gras- of akkerland (voor bemesting en algemene grondverbetering; zie afbeelding 1);
- voeren aan vee:
 - als droog voer (ontwaterd, met drogestofgehalte van 88%);
 - als vers voer (niet ontwaterd, direct na het "oogsten");
- composteren:
 - op kleine schaal (in open lucht);
 - op omvangrijke schaal (met grote installatie);
- grootschalig vergisten:
 - met droog procédé (ontwaterd kroos, batchgewijs in één reactor);
 - met nat procédé (niet ontwaterd kroos, continu proces in twee gescheiden tanks, één verzuringstank en één methaantank);
- grootschalig storten;
- grootschalig verbranden.

Beoordeling van verwerkingsmogelijkheden

In tabel 2 zijn de waarderingen weergegeven van de verschillende verwerkingsmethoden. De beoordeling heeft plaatsgevonden met behulp van criteria uit vier categorieën, namelijk "transport en opslag", "eigenschappen van het materiaal", "emissies bij verwerking" en "verwerkingskosten".

In het algemeen valt het op dat het transport van vers kroos niet erg efficiënt is en daardoor erg kostbaar. Dit komt omdat het kroos zeer veel water bevat, zo'n 95%, terwijl men bij de verwerking vooral is geïnteresseerd in de fractie drogestof. Voor een regionale rit, d.w.z. enkele tientallen kilometers, kan de prijs oplopen tot f 100,- per ton vers materiaal, dat wil zeggen circa f 2000,- per ton drogestof. Voor verwerkingsmethoden in de directe omgeving van kroosdekken, zoals verspreiden op het land, composteren op kleine schaal en vers voeren aan vee, vormen de transportkosten niet zo'n groot probleem. Composteringsinstallaties en stortplaatsen zijn in Nederland in redelijke aantallen aanwezig, zodat men hiervoor over het algemeen in de regio terecht kan. De transportkosten blijven dan nog enigszins binnen de perken. Het aantal verbrandingsinstallaties is echter gering en installaties voor vergisting en verwerking tot veevoeder zijn er nog minder. Voor deze laatste drie methoden is daarom sprake van aanzienlijke kosten voor transport.



Afbeelding 1 – Verspreiden van kroos op grasland (foto: J. Corporaal, Praktijkonderzoek Rundvee, Schapen en Paarden, Lelystad)

Tabel 2 - Waardering van de verwerkingsmethoden voor kroos

Verwerkingsmethode	Waardering
Verspreiden op het land	zeer goed
Kleinschalig composteren	goed
Grootschalig vergisten met nat procédé	goed
Vers voeren aan vee	goed
Grootschalig composteren	matig
Grootschalig vergisten met droog procédé	matig
Droog voeren aan vee	matig
Grootschalig storten	matig
Grootschalig verbranden	slecht

Het lage gehalte aan drogestof zorgt er voor dat kroos niet zo geschikt is voor een aantal methoden, tenzij vergaande ontwatering wordt toegepast. Deze methoden zijn composteren, droog vergisten, droog voeren aan vee, verbranden en storten. Verder kunnen bij composteren en voeren aan vee te hoge concentraties zware metalen een enkele keer tot problemen leiden vanwege normoverschrijding. De emissies van stoffen naar het milieu bij de verschillende verwerkingsmethoden vallen over het algemeen mee, omdat deze vrijwel altijd op een adequate manier kunnen worden behandeld. Voor de grootschalige verwerkingsmethoden, dat wil zeggen grootschalig composteren, vergisten, verbranden en storten, liggen de verwerkingskosten zeer hoog, namelijk in het bereik van f 75,- tot f 250,- per ton vers materiaal. Voor andere verwerkingsmethoden zijn de kosten naar verwachting veel lager; er is echter nog geen of nauwelijks praktijkervaring mee opgedaan.

Conclusies en aanbevelingen

Kroos dient bij voorkeur lokaal verwerkt te worden, dat wil zeggen in een straal van enkele kilometers rond de plek waar het is verwijderd. Verspreiden op het land, vers voeren aan vee of kleinschalig composteren zijn daarbij de opties. Van de grootschalige methoden komt het procédé van natte vergisting het meest in aanmerking, met name omdat hiervoor geen ontwatering van het kroos nodig is en de emissies naar het milieu relatief gering zijn.

Het verdient aanbeveling om de lokale verwerkingsmethoden op kleine schaal te testen in de praktijk en te onderzoeken in hoeverre deze kunnen worden ingebouwd in de agrarische bedrijfsvoering. Verder zou de praktische haalbaarheid van grootschalige natte vergisting verder onderzocht kunnen worden.

Opdrachtgevers en begeleidingscommissie

Het onderzoek naar verwerkingsmethoden, dat werd uitgevoerd voor de STOWA, werd inhoudelijk begeleid door een commissie bestaande uit B. Specken (voorzitter), J.H. Boeyen, G. Bolier, L.J.J. Frinking, P. Heuts, G.L. van Hiele, I.R.M. Hovenkamp-Obbema, S.P. Klapwijk en O.F.R. van Tongeren.

Literatuur

- STOWA (1992). *Ontstaan en bestrijden van deklagen van kroos. 1 Literatuur. Rapport nr. 92-9 (BKH Adviesbureau). Utrecht.*
- STOWA (1997a). *Ontstaan en bestrijden van deklagen van kroos. 3. Inventarisatie en beoordeling van verwerkingsmogelijkheden voor kroos. Rapport nr. 98-17 (BKH Adviesbureau). Utrecht.*
- STOWA (1997b). *Ontstaan en bestrijden van deklagen van kroos. 4. Praktijkonderzoek naar maatregelen tegen kroosdekken. Rapport nr. 98-18 (BKH Adviesbureau). Utrecht.*
- Wittewaall, B.W. (1848). *Over EendekroosBemesting, en de verbouwing van vroege Peulvruchten te Roelofsarendsveen. Algemeene Landhuishoudelijke Courant 2, 25: -3.*

Bijlage

Adressen van auteurs

Adressen van auteurs

De heer drs. J.H. Boeijen
Zuiveringsschap Hollandse Eilanden en
Waarden
Postbus 469
3300 AL Dordrecht
Tel. 078-6397100

De heer ir. J. Drent
DLO-Staring Centrum
Postbus 125
6700 AC Wageningen
Tel. 0317-474378

De heer drs. C.A.M. van Helmond
Arcadis Heidemij Advies BV
Regio West
Postbus 410
2130 AK Hoofddorp
Tel. 023-5668441

De heer drs. P.L.G.M. Heslen
Kiwa Onderzoek & Advies
Postbus 1072
3430 BB Nieuwegein
Tel. 030-6069718

De heer P. Heuts
Hoogheemraadschap de Stichtse Rijnlanden
Postbus 550
3990 GJ Houten
Tel. 030-6345700

De heer drs. J.H. Janse
RIVM
Postbus 1
3720 BA Bilthoven
Tel. 030-2743136

De heer ir. L.S.M. Schouten
Synoptics Integrated Remote Sensing & GIS
Applications
Postbus 117
6700 AC Wageningen
Tel. 0317-421221

De heer O.F.R. van Tongeren
Adviesbureau Data-analyse Ecologie
Waemelslant 27
6931 HS Westervoort
Tel. 026-3117129

De heer W. van der Velden
NV Sturing Afvalverwijdering Noord-Brabant
Postbus 733
5000 AS Tilburg
Tel. 013-5800400