

Invloed van waterplanten op sediment



RIZA werkdocument 2002.040X
Marloes Kolen & Marcel van den Berg

April 2002

Invloed van waterplanten op sediment

RIZA werkdocument 2002.040X
Marloes Kolen & Marcel van den Berg

April 2002

Inhoudsopgave

Samenvatting	4
1 Inleiding	5
2 Materiaal en methoden	6
2.1 Data-analyse	6
2.2 Veldwerk	6
3 Resultaten	9
3.1 Gebiedsbeschrijving	9
3.2 Ondiepe monsters	9
3.3 Diepte monsters	12
3.4 Vergelijking met historische data	14
4 Discussie	16
5 Literatuur	18
Colofon en verantwoording	19
Bijlage 1	
Bijlage 2	
Bijlage 3	

Samenvatting

Dichte waterplantenbegroeiingen hebben na verloop van tijd mogelijk invloed op sedimentkarakteristieken, doordat niet of moeilijk verteerbare delen van planten accumuleren in de waterbodem. Om dit te toetsen zijn in 2000 sedimentkarakteristieken gemeten (totaal P, totaal N, organisch stof en gehalte CaCO_3) op verschillende plekken in het Wolderwijd en Veluwemeer. Van sommige plekken zijn historische data voorhanden (1990) en van alle plekken is nauwkeurig bekend hoeveel jaar waterplantenbegroeiing aanwezig is geweest. De ruimtelijke verschillen blijken alleen voor CaCO_3 gehalte heel zwak samen te hangen met het aantal jaren aanwezigheid van dichte watervegetaties (kranswieren, $R^2=0,06$; $P=0,08$, $n=31$). Indien rekening wordt gehouden met de belasting van gemaal Lovink (het punt waar calciumcarbonaat rijk polderwater wordt ingelaten) verbetert de relatie ($R^2=0,20$, $P=0,009$, $n=31$). Retentie van P of CaCO_3 kan zich ook uiten als versnelde aangroei van de bodem. De concentraties zouden dan niet of minder snel toenemen dan te verwachten is op basis van de biomassa-accumulatie van waterplanten. Vergelijkingen tussen historische gegevens van voor 1990 met 2000 liet in vijf van de zes locaties met meer dan 1 jaar begroeiing een stijging van het CaCO_3 zien met gemiddeld 5 g kg^{-1} . Er blijkt geen statistisch verband met de mate van de stijging en met het aantal jaren met dichte watervegetatie ($n=7$). De mate van accumulatie van CaCO_3 door watervegetatie aangetoond via ruimtelijke analyse (5 g kg^{-1}) kwam goed overeen met de mate van accumulatie die werd geschat op basis van historische data (ook ca. $5,5 \text{ g kg}^{-1}$ accumulatie). Dit suggereert dat waterplanten eerder de oorzaak van de stijging van het CaCO_3 gehalte dan dat het voorkomen van waterplanten gestimuleerd is door een hoog CaCO_3 gehalte. De variatie op kleine schaal is groot in sedimentgehaltenes, ondanks dat met een vijftal mengmonsters is gewerkt in 3 replica's. Omdat de verbanden statistisch zwak zijn, verdient het de aanbeveling om nog meer monsters te nemen. Omdat de verwachting is dat locaties bedekt zullen blijven met dichte watervegetaties kunnen op afzienbare termijn grotere effecten worden verwacht op het sediment.

1 Inleiding

Het voorkomen van waterplanten in het IJsselmeergebied is gecorreleerd met het sedimenttype. De meeste waterplanten (behalve *Potamogeton perfoliatus*) komen vaker voor op waterbodems met een laag lutumgehalte. Op basis van literatuur is enerzijds te verwachten dat het sedimenttype invloed heeft op het voorkomen van waterplanten, anderzijds is het ook te verwachten dat na verloop van tijd door de waterplantenontwikkeling ook het sediment zelf wordt beïnvloed door waterplanten. Het is te verwachten dat verandering in het sediment gevolgen heeft voor de successie van waterplanten. Een bekend voorbeeld is de verlandingssuccessie. De door planten geproduceerde organische stof wordt niet (meer) volledig afgebroken en accumuleert. Ophoping van organische stof in het sediment van de waterbodem en mogelijk ook accumulatie van andere stoffen kunnen een sterke invloed hebben op de verandering in de soortensamenstelling van watervegetaties. Een ander mogelijk belangrijk effect is dat door de accumulatie van organisch stof en CaCO_3 voedingsstoffen worden gebonden of vastgelegd, die daarmee niet meer beschikbaar zijn voor organismen. Ook een verandering in de oxidatie toestand als gevolg van waterplanten kan indirect de beschikbaarheid van voedingsstoffen beïnvloeden. In de stabiliteitsstudie werd reeds aangetoond dat fosfaat een hogere retentie heeft bij een hoog waterplanten bedekkingspercentage (Meier *et al.* 1999). Een voor de hand liggende verklaring kan dus opslag in het door waterplanten veranderde sediment zijn. In de Randmeren vormen kranswieren en fonteinkruiden op sommige plekken al 10 jaar dichte vegetaties. Omdat op het oog de indruk bestaat dat er effecten zijn van deze waterplanten, is het voorstel om de sedimentsamenstelling in relatie tot waterplanten te bepalen. Dit deelproject beoogt uitspraken te doen over 1: vindt accumulatie plaats van CaCO_3 en organische stof (eventueel totaal N en P, totale destructie) als gevolg van watervegetatie; en 2: welke mechanismen verklaren accumulatie van N en P in het sediment als gevolg van waterplanten? Deze rapportage over de invloed van waterplanten op het sediment is gemaakt om aan te geven of er accumulatie plaats vindt van CaCO_3 en organische stof als gevolg van de watervegetatie. Aangegeven wordt waar de bemonstering heeft plaats gevonden en welke methoden zijn gebruikt om de analyses uit te voeren. Ook wordt aangegeven wat de verschillen zijn in sedimenten in relatie tot de watervegetatie en er wordt een vergelijking gemaakt met historische gegevens. Op basis van de beschreven resultaten en de literatuur worden in de discussie effecten van de (potentiële) verandering van het sediment op de watervegetatie beschreven.

2 Materiaal en methoden

2.1 Data-analyse

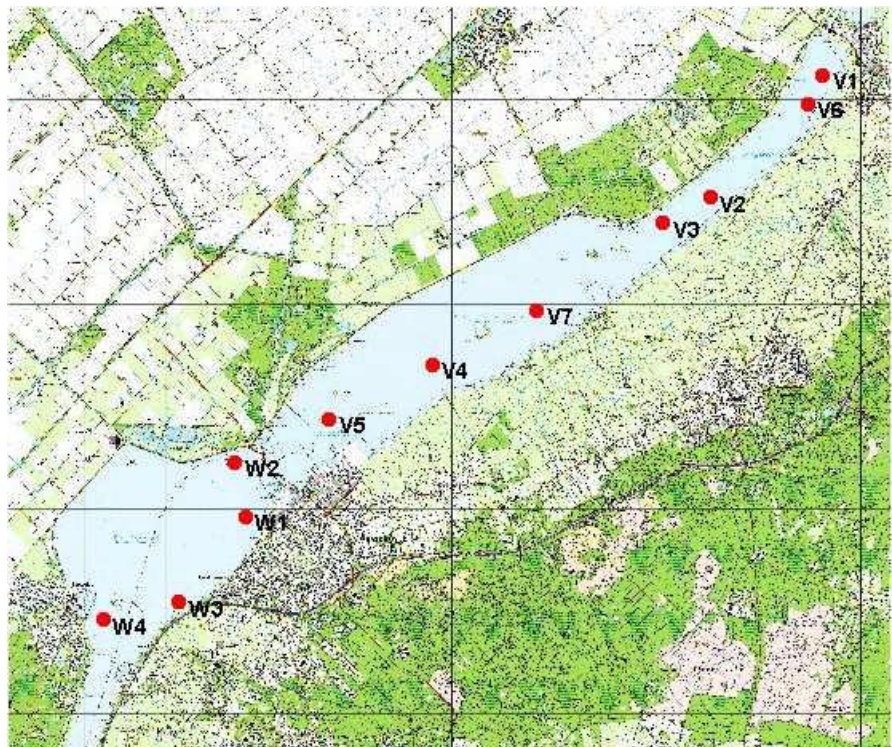
Er is een data-analyse gedaan om te zien of er verschillen zijn tussen sedimenten in relatie tot de watervegetatie en om een vergelijking met historische data mogelijk te maken. Hierbij is gebruik gemaakt van literatuur die binnen het RIZA en het RDIJ aanwezig was.

2.2 Veldwerk

In week 10 en 11, 2000 heeft de bemonstering plaats gevonden. Er zijn zeven locaties in het Veluwemeer bemonsterd en vier in het Wolderwijd (tabel 2.1, figuur 2.1). De locaties zijn gekozen aan de hand van informatie uit de literatuur (J. Postema en B.J. de Witte, 1999). Gekeken is naar hoe lang de waterplanten er staan, op welke diepte ze staan en op welk bodemtype ze staan. Per locatie zijn er 15 monsters genomen waarvan 5 werden gemengd tot 1 verzamelmonster. De monsters werden met behulp van cores (diameter 5.7 cm) genomen. De toplaag van de bodem (5 cm) werd bemonsterd. Op twee plaatsen in het Veluwemeer zijn dieptemonsters genomen van 20 cm, per locatie zijn hier drie replica's genomen van elk 10 monsters.

Figuur 2.1

De monsterlokaties van de sedimentbemonstering in het Veluwemeer en Wolderwijd, maart 2000. Op iedere locatie zijn 3 monster genomen.



De monsters van 5 cm zijn in het laboratorium per replica samengevoegd, gehomogeniseerd en verdeeld in twee delen. Deel een is gewogen (natgewicht), waarna het drooggewicht en het asvrijdrooggewicht bepaald is

Tabel 2.1 Locaties van monsterpunten in het Veluwemeer en Wolderwijd waarbij aangegeven is wat de inwendige bedekking is in de periode 1988-1999 (monsterpunten V3-V6) 1989-1999 (monsterpunten V1, V2, V7) en 1990-1999 (monsterpunten W1-W4). De inwendige bedekking is per jaar berekend als het areaal met 100% bedekking, waarbij lagere bedekkingsklasse naar rato bijdragen. Voor elke locatie is vervolgens de jaarlijkse inwendige bedekking gesommeerd van de periode 1990-1999.

Locatie	Monsterpunt	Aantal jaren met inwendige bedekking 100 % (1990-1999)	Coördinaten		Historie*	Waterdiepte cm	Bodemtype
			X	Y			
Veluwemeer	V1.1	6.2	184055	495528	1 jaar klasse 0,	62	Zand
Veluwemeer	V1.2		184085	495561	2 jaar klasse 1,		
Veluwemeer	V1.3		184103	495598	8 jaar klasse 3		
Veluwemeer	V2.1	5.3	181288	492542	1 jaar klasse 0,	74	Zand
Veluwemeer	V2.2		181327	492578	2 jaar klasse 1,		
Veluwemeer	V2.3		181388	492620	1 jaar klasse 2, 3 jaar klasse 3, 1 jaar klasse 2, 3 jaar klasse 3		
Veluwemeer	V3.1	4.5	180100	491932	6 jaar klasse 0,	75	Zand
Veluwemeer	V3.2		180161	491945	6 jaar klasse 3		
Veluwemeer	V3.3		180203	491945			
Veluwemeer	V4.1	2.3	174491	488418	9 jaar klasse 0,	98	Zand
Veluwemeer	V4.2		174517	488477	3 jaar klasse 3		
Veluwemeer	V4.3		174584	488443			
Veluwemeer	V5.1	0.2	171973	487140	9 jaar klasse 0,	99	Zand
Veluwemeer	V5.2		172000	487168	3 jaar klasse 1		
Veluwemeer	V5.3		172039	487205			
Veluwemeer	V6.1	5.4	183701	495006	1 jaar klasse 0,	53	Zand
Veluwemeer	V6.2		183702	494866	3 jaar klasse 1,		
Veluwemeer	V6.3		183711	494966	2 jaar klasse 2, 6 jaar klasse 3		
Veluwemeer	V7.1	2.7	177090	489838	6 jaar klasse 0,	77	Zand
Veluwemeer	V7.2		177076	489827	1 jaar klasse 1,		
Veluwemeer	V7.3		177035	489810	1 jaar klasse 2, 3 jaar klasse 3		
Wolderwijd	W1.1	3.7	169907	484763	3 jaar klasse 0,	106	Zand
Wolderwijd	W1.2		169936	484760	1 jaar klasse 2,		
Wolderwijd	W1.3		169965	484756	1 jaar klasse 1, 1 jaar klasse 2, 4 jaar klasse 3		
Wolderwijd	W2.1	0.7	169590	486088	8 jaar klasse 0,	157	Zand
Wolderwijd	W2.2		169677	486098	2 jaar klasse 2		
Wolderwijd	W2.3		169594	485960			
Wolderwijd	W3.1	3.9	168294	482654	2 jaar klasse 0,	72	Zand
Wolderwijd	W3.2		168310	482681	3 jaar klasse 2,		
Wolderwijd	W3.3		168322	482699	1 jaar klasse 3, 2 jaar klasse 2, 2 jaar klasse 3		
Wolderwijd	W4.1	0	166464	482282	10 jaar klasse	113	Zand
Wolderwijd	W4.2		166457	482252	0		
Wolderwijd	W4.3		166448	482221			

- In de kolom historie worden de bedekkingsklasse waterplanten weergegeven waarbij gebruik is gemaakt van de verdeling in vier klassen. Klasse 0: 0% waterplanten, klasse 1: 0-15% waterplanten, klasse 2: 15-50% waterplanten, klasse 3: 50-100% waterplanten.

om vervolgens het vochtgehalte (FW-DW) en het organisch stofgehalte (DW-AFDW) te bepalen. Deel 2 is in een sedimentpotje gedaan en in de vriezer gezet. Waarna het totaal CaCO_3 , totaal fosfaat en totaal stikstof gehalte bepaald is door Tauw. De diepte monsters (monsterpunt 6 en 7, tabel 2.1) zijn verdeeld in vijf lagen (0-1 cm, 1-3 cm, 3-5 cm, 5-10 cm en 10-20 cm). Per laag is het vochtgehalte (FW-DW) en het organisch stof gehalte (DW-AFDW) gemeten en het totaal CaCO_3 , totaal P en totaal N gehalte bepaald door Tauw.

3 Resultaten

3.1 Gebiedsbeschrijving

Het Veluwemeer is ontstaan rond 1956 door de aanleg van de dijken voor de polder oostelijk Flevoland. De aanleiding voor de aanleg en vormgeving van de randmeren was de noodzaak te grote waterstands dalingen op het oude land als gevolg van inpoldering te voorkomen. Daarnaast is het gebied van belang voor recreatie, sport- en beroepsvisserij. Ten behoeve van de scheepvaart is een vaargeul aanwezig (diepte N.A.P. -3.20 m). In het meer zijn een aantal eilanden aangelegd. Enkele hebben de bestemming natuurgebied, de overige eilanden worden door recreanten gebruikt als aanleg- en overnachtingplaats (Kayen, J.D.J.1990). Aan de landzijde van het Veluwemeer bestaat de bodem uit zand. In deze gebieden vinden ondiepe zandwinningen plaats. Voor het overige bestaat de bodem hoofdzakelijk uit zavel en klei. Zavel is een overgangsvorm van zand naar klei (Kayen, J.D.J.1990).

3.2 Ondiepe monsters

Alle monsterpunten die in het Veluwemeer en het Wolderwijd zijn genomen hadden dezelfde toplaag (bovenste 5 cm), namelijk zand. Er waren verschillen in aanwezigheid van kranswier en waterdiepte, zie tabel 2.1. De monsters zijn genomen met een steekbuis (diameter 5.7 cm).

In tabel 3.1 staat het gemiddelde vochtgehalte en het gemiddelde organisch stof gehalte vermeld van de sedimentmonsters (0-5 cm) in het Veluwemeer en Wolderwijd.

Tabel 3.1

Het vochtgehalte en organisch stof gehalte van de sediment monsters (0-5 cm) in het Veluwemeer en Wolderwijd.

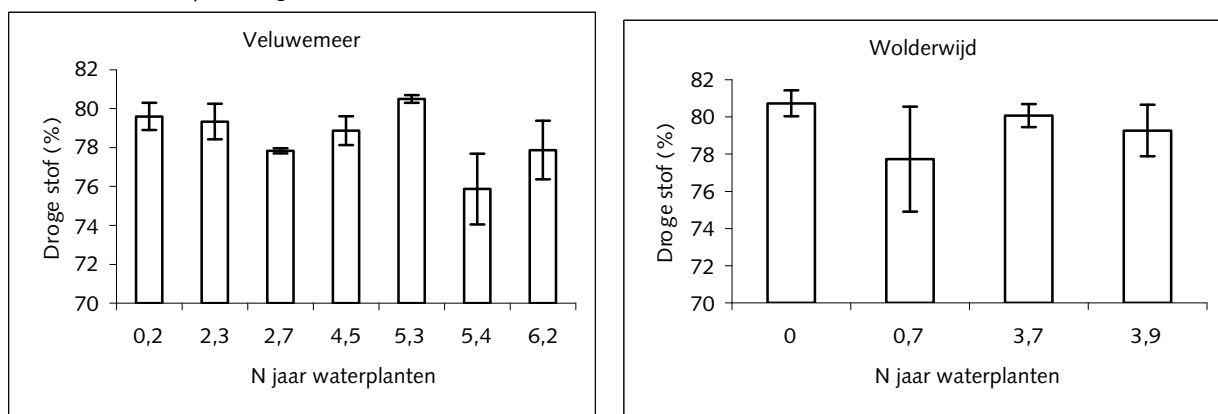
Monsterpunt	Bodemlaag	Vochtgehalte (%)	Organisch stofgehalte (%)
V1	0-5	22,1	0,4
V2	0-5	20,0	0,6
V3	0-5	21,3	0,3
V4	0-5	14,4	3,3
V5	0-5	25,7	0,8
W1	0-5	19,7	0,3
W2	0-5	23,1	0,6
W3	0-5	20,7	6,0
W4	0-5	19,9	1,0

In tabel 3.2 staan de hoeveelheden CaCO₃, Totaal Stikstof, Totaal Fosfaat en droge stof vermeld die in het sediment zijn aangetroffen.

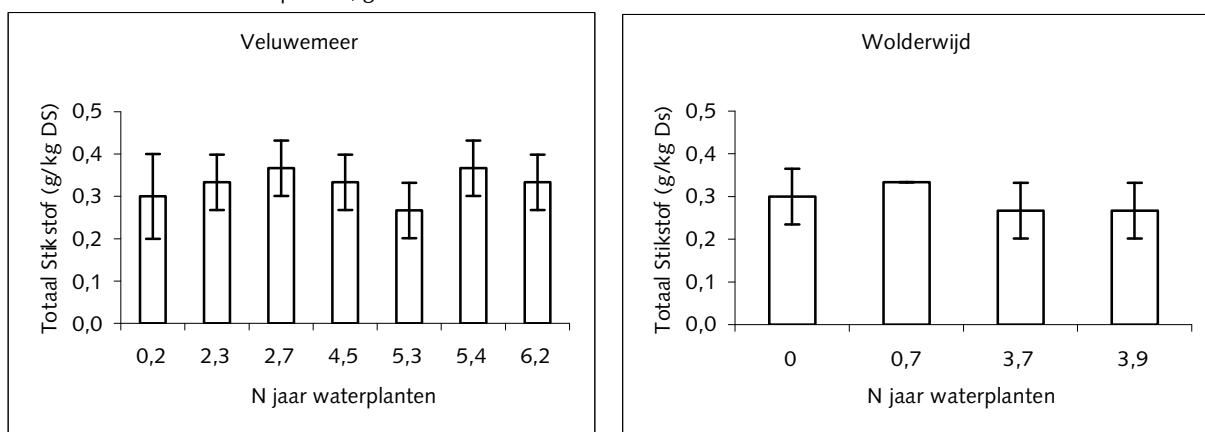
.....	Locatie	Monsterpunt	Bodem- laag (cm)	Aantal jaren met inwendige bedekking 100 % (1990-1999)	Droge stof (Ds) %	CaCO ₃ g/kg Ds	Stikstof g/kg Ds	Fosfaat g/kg Ds
Tabel 3.2 De hoeveelheden	Veluwemeer	1.1	0-5	6.2	79.0	8	0.3	<0.1
Droge stof, totaal	Veluwemeer	1.2	0-5		76.4	13	0.4	<0.1
Stikstof, totaal	Veluwemeer	1.3	0-5		78.2	19	0.3	<0.1
fosfaat en CaCO ₃	Veluwemeer	2.1	0-5	5.3	80.7	12	0.4	<0.1
die in de	Veluwemeer	2.2	0-5		80.4	14	0.2	<0.1
sedimentmonsters	Veluwemeer	2.3	0-5		80.4	14	0.2	<0.1
(0-5 cm) in het	Veluwemeer	3.1	0-5	4.5	78.2	22	0.3	<0.1
Veluwemeer en	Veluwemeer	3.2	0-5		79.5	22	0.3	<0.1
Wolderwijd	Veluwemeer	3.3	0-5		78.9	27	0.4	0.2
voorkomen bij een	Veluwemeer	4.1	0-5	2.3	79.8	20	0.3	<0.1
verschillend aantal	Veluwemeer	4.2	0-5		79.8	10	0.3	<0.1
jaren begroeid met	Veluwemeer	4.3	0-5		78.4	18	0.4	<0.1
waterplanten.	Veluwemeer	5.1	0-5	0.2	79.1	21	0.3	<0.1
	Veluwemeer	5.2	0-5		65.7	67	1.6	0.6
	Veluwemeer	5.3	0-5		80.0	5	0.2	<0.1
	Wolderwijd	1.1	0-5	3.7	80.1	3	0.2	0.1
	Wolderwijd	1.2	0-5		80.6	12	0.3	<0.1
	Wolderwijd	1.3	0-5		79.5	6	0.3	<0.1
	Wolderwijd	2.1	0-5	0.7	78.3	14	0.3	0.1
	Wolderwijd	2.2	0-5		75.0	28	0.4	0.2
	Wolderwijd	2.3	0-5		79.9	14	0.3	<0.1
	Wolderwijd	3.1	0-5	3.9	78.2	21	0.3	0.1
	Wolderwijd	3.2	0-5		80.6	<1	0.2	<0.1
	Wolderwijd	3.3	0-5		79.0	6	0.3	<0.1
	Wolderwijd	4.1	0-5	0	80.6	<1	0.3	<0.1
	Wolderwijd	4.2	0-5		81.4	2	0.3	<0.1
	Wolderwijd	4.3	0-5		80.2	<1	0.3	<0.1

Uit tabel 3.2 blijkt dat het fosfaatgehalte in het sediment in het Veluwemeer en Wolderwijd nagenoeg constant is. Het lijkt erop dat dit gehalte niet beïnvloed wordt door de waterplanten. In figuur 3.1, 3.2 en 3.3 staan de hoeveelheid CaCO₃, droge stof, en totaal stikstof ten opzichte van het aantal jaren dat de bodem bedekt is met waterplanten, in het Veluwemeer en Wolderwijd. Het percentage droge stof is zowel in het Veluwemeer als in het Wolderwijd constant (figuur 3.1). Er zijn geen verschillen aantoonbaar bij de toename van het aantal jaren dat er waterplanten staan. In figuur 3.2 is te zien dat het totaal stikstof gehalte in het Veluwemeer en Wolderwijd niet afneemt als het aantal jaar dat er waterplanten staan toeneemt. De hoeveelheid CaCO₃ varieert van plaats tot plaats sterk, maar hierin blijkt een trend waarneembaar.

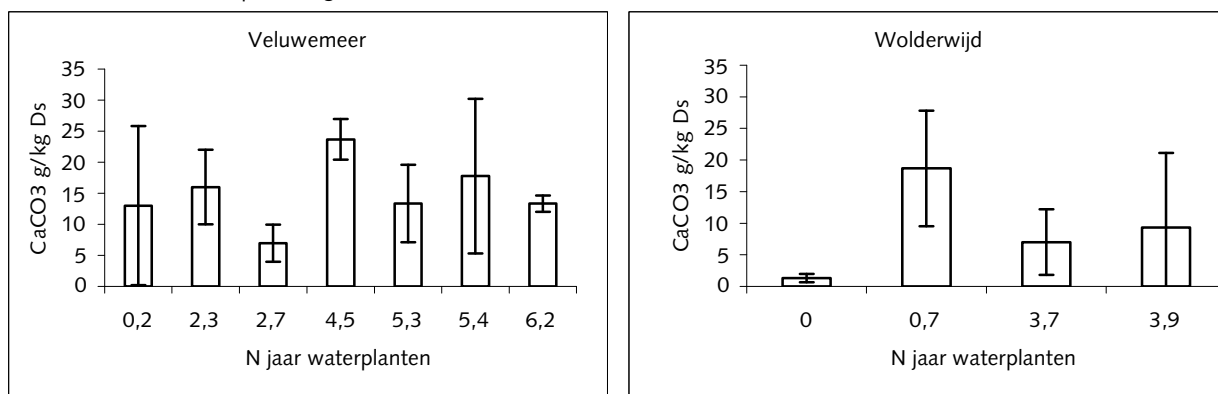
Figuur 3.1 Het percentage droge stof in het sediment van het Veluwemeer en Wolderwijd ten opzichte van het aantal jaar dat de bodem bedekt is met waterplanten, gemiddelde +- SE.



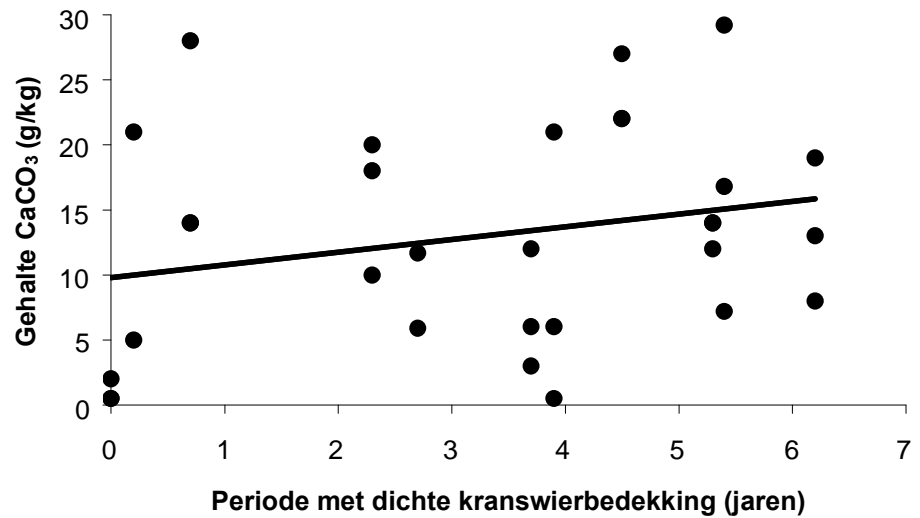
Figuur 3.2 Het totaal Stikstofgehalte (g/kg Ds) in het sediment van het Veluwemeer en Wolderwijd ten opzichte van het aantal jaar dat de bodem bedekt is met waterplanten, gemiddelde +- SE.



Figuur 3.3 De hoeveelheid CaCO₃ in het sediment van het Veluwemeer en Wolderwijd ten opzichte van het aantal jaar dat de bodem voor bedekt is met waterplanten, gemiddelde +- SE .



Figuur 3.4 Relatie tussen gehalte CaCO_3 en het aantal jaren met dichte kranwierbedekking. De uitbijter VM 5.2, zie tabel 3.2 met $67 \text{ g CaCO}_3 \text{ kg}^{-1}$ is buiten beschouwing gelaten. Na een inverse sinus wortel transformatie is er een verband tussen het gehalte CaCO_3 en aantal jaren kranwierbedekking bij $P=0.078$, zie bijlage 1.



De gehalten nemen toen naarmate een plek langer met dichte vegetatie bedekt is geweest. Als rekening wordt gehouden met de belasting van een plek met CaCO_3 rijk water dan verbetert de relatie. De belasting is geschat op basis van de calcium balans in het Veluwemeer in 1982 (Van der Molen & Boers, 1992) en de belasting te vermenigvuldigen met de inverse afstand tot het gemaal. Uit de statistische analyse (bijlage 2) blijkt de interactie tussen beide factoren (aantal jaren met dichte begroeiing en belasting met CaCO_3) de beste verklarende factor. Het CaCO_3 gehalte neemt toe bij een hoger aantal jaren begroeiing en een hoge belasting (dichtbij gemaal Lovink).

3.3 Diepte monsters

In het Veluwemeer zijn op twee plaatsen (V6 en V7, figuur 2.1) dieptemonsters gestoken in het sediment, van elk 20 cm diep. Deze monsters zijn verdeeld in 5 lagen, namelijk 0-1, 1-3, 3-5, 5-10 en 10-20 cm. In tabel 3.3 staat het vochtgehalte en het organisch stofgehalte vermeldt. In tabel 3.4 staat per bodemlaag de hoeveelheden CaCO_3 , Totaal Stikstof, Totaal Fosfaat en droge stof vermeld die in het sediment zijn aangetroffen

Tabel 3.3 Per bodemlaag is het vochtgehalte en organisch stofgehalte van de dieptemonsters in het Veluwemeer en Wolderwijd.

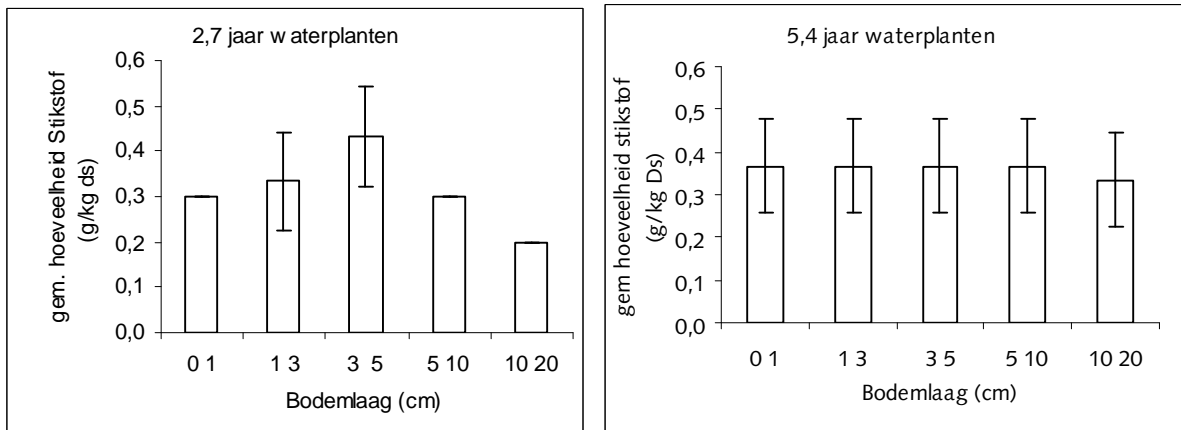
Monsterpunt	Bodemlaag (cm)	Vochtgehalte (%)	Organisch stofgehalte (%)
6	0-1	27,4	0,1
6	1 3	15,9	0,5
6	3 5	23,1	0,1
6	5 10	20,9	0,9
6	10 20	18,7	2,9
7	0-1	22,3	0,3
7	1 3	22,6	0,1
7	3 5	22,8	0,2
7	5 10	20,2	1,5
7	10 20	16,5	2,6

.....
Tabel 3.4 De hoeveelheid droge stof, CaCO₃, totaal stikstof, totaal fosfaat in de verschillende bodemlagen in het Veluwemeer, bij een begroeiing van 2.7 en 5.4 jaar met waterplanten.

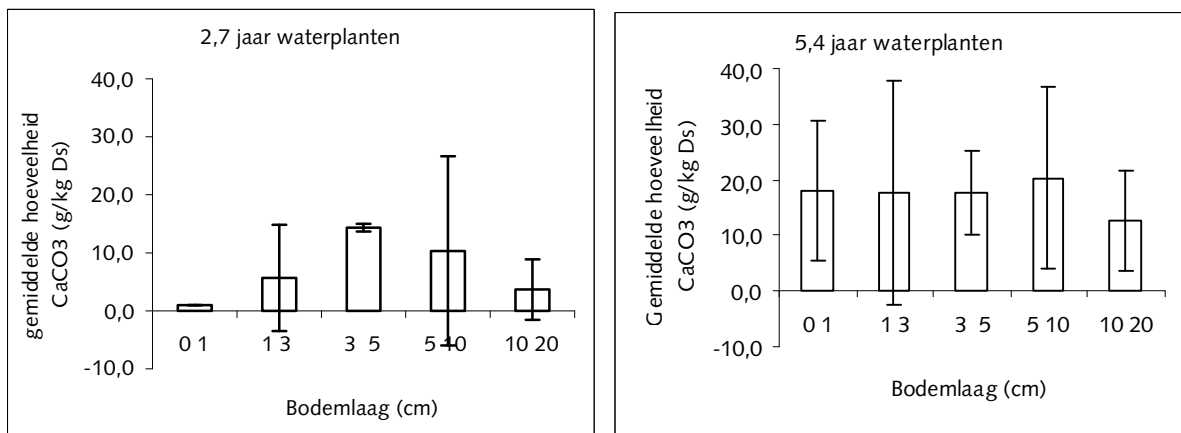
Locatie	Monsterpunt	Bodemlaag (cm)	N jaren waterplanten	Droge stof (Ds) %	CaCO ₃ g/kg Ds	Stikstof g/kg Ds	Fosfaat g/kg Ds
Veluwemeer	6.1	0-1	5.4	71.6	28	0.4	<0.1
Veluwemeer	6.1	1-3		75.2	38	0.4	<0.1
Veluwemeer	6.1	3-5		77.3	21	0.4	<0.1
Veluwemeer	6.1	5-10		78.1	37	0.3	<0.1
Veluwemeer	6.1	10-20		80.5	8	0.2	<0.1
Veluwemeer	6.2	0-1		73.2	20	0.4	0.1
Veluwemeer	6.2	1-3		76.5	10	0.4	<0.1
Veluwemeer	6.2	3-5		75.9	22	0.4	<0.1
Veluwemeer	6.2	5-10		77.3	13	0.3	<0.1
Veluwemeer	6.2	10-20		78.2	8	0.4	0.1
Veluwemeer	6.3	0-1		77.4	6	0.3	<0.1
Veluwemeer	6.3	1-3		77.5	5	0.3	<0.1
Veluwemeer	6.3	3-5		78.1	10	0.3	<0.1
Veluwemeer	6.3	5-10		78.7	11	0.5	<0.1
Veluwemeer	6.3	10-20		77.1	22	0.4	<0.1
Veluwemeer	7.1	0-1	2.7	77.9	<1	0.3	<0.1
Veluwemeer	7.1	1-3		77.7	15	0.3	<0.1
Veluwemeer	7.1	3-5		78.0	14	0.5	<0.1
Veluwemeer	7.1	5-10		79.1	2	0.3	0.2
Veluwemeer	7.1	10-20		81.2	<1	0.2	<0.1
Veluwemeer	7.2	0-1		79.5	<1	0.3	<0.1
Veluwemeer	7.2	1-3		77.8	<1	0.4	<0.1
Veluwemeer	7.2	3-5		76.4	14	0.4	<0.1
Veluwemeer	7.2	5-10		79.3	2	0.3	<0.1
Veluwemeer	7.2	10-20		81.2	9	0.2	<0.1
Veluwemeer	7.3	0-1		78.0	<1	0.3	<0.1
Veluwemeer	7.3	1-3		78.0	<1	0.3	<0.1
Veluwemeer	7.3	3-5		77.2	15	0.4	<0.1
Veluwemeer	7.3	5-10		79.1	27	0.3	<0.1
Veluwemeer	7.3	10-20		81.3	<1	0.2	<0.1

Net als bij de ondiepe monsters ligt het totaal fosfaatgehalte doorgaans onder de detectie limiet (tabel 3.4). Het percentage droge stof neemt iets toe als de bodemlaag dieper is. In figuur 3.4 staat de gemiddelde hoeveelheid stikstof bij 2.7 jaar en 5.4 jaar waterplanten voor de verschillende bodemlagen. Bij 2.7 jaar waterplanten is de gemiddelde hoeveelheid stikstof in de bodemlaag 10-20 cm minder dan in de andere bodemlagen (significant t.o.v. de 0-1, 3-5 en de 5-10 cm bodemlaag). Na 5.4 jaar waterplanten zijn er geen verschillen in de hoeveelheid stikstof in de verschillende bodemlagen. Voor CaCO₃ wordt een vergelijkbaar beeld gevonden als voor N, maar de variatie is groter en er zijn nauwelijks statistische verschillen.

Figuur 3.5 De gemiddelde hoeveelheid stikstof (g/kg droge stof) in de verschillende bodemlagen in het Veluwemeer.



Figuur 3.6 De gemiddelde hoeveelheid CaCO₃ (g/kg droge stof) in de verschillende bodemlagen in het Veluwemeer.



3.4 Vergelijking met historische data

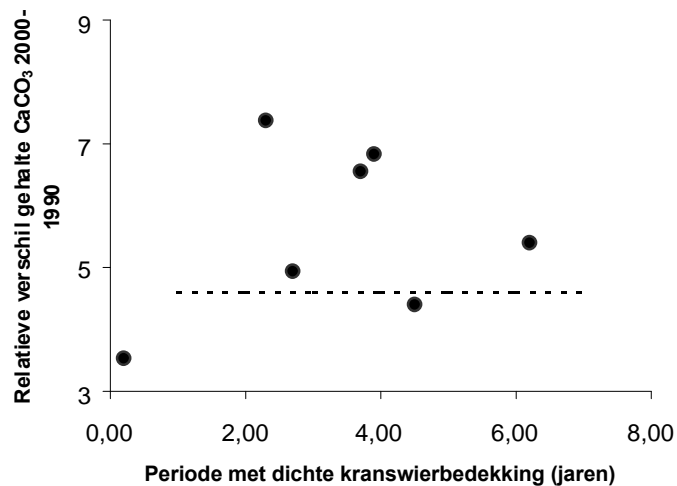
In tabel 3.5 en 3.6 staat per parameter CaCO₃ en totaal fosfaat de huidige data vermeld en ook de data van vorige bemonsteringen per monsterpunt. Voor Totaal stikstof is dit niet gedaan omdat hier geen historische gegevens van zijn gevonden. Het toename in het gehalte CaCO₃ blijkt geen statistisch verband te hebben met het aantal jaren dat dichte kranswierbegroeiing aanwezig was (figuur 3.7). Toch kan opgemerkt worden dat bij meer dan 1 jaar begroeiing er sprake is van een gemiddelde toename van het CaCO₃ gehalte in de bodem in 2000 ten opzichte van 1990. De toename bedraagt 0,55 % over de gehele periode. Dit komt overeen met 0,15 % CaCO₃ per jaar dichte begroeiing.

Tabel 3.5 De historische en huidige gegevens van CaCO₃ in het Veluwemeer en Wolderwijd.

Monsterpunt	N jaren dichte kranswierbedekking	CaCO ₃ g/kg Ds 2000	CaCO ₃ g/kg* 1990
V1	6.2	13,3	6
V2	5.3	13,3	-
V3	4.5	23,7	29
V4	2.3	16,0	1
V5	0.2	31,0	38
V6	5.4	17,8	-
V7	2.7	7,0	5
W1	3.7	7,0	1
W2	0.7	18,7	-
W3	3.9	9,3	1
W4	0	1,3	-

* Bron Vink, J & H.J. Winkels, 1990

Figuur 3.7 Relatieve toename van het CaCO₃ gehalte in het sediment in 2000 ten opzichte van 1990 in relatie tot het aantal jaren met dichte watervegetatie bedekking. Boven de stippellijn is er toename, daaronder een afname. De gegevens zijn als volgt getransformeerd: $\text{CaCO}_3 \text{ toename} = \ln((c_{2000} - c_{1990}) / c_{1990} * 100 + 100)$, waar c staat voor gehalte CaCO₃.



Tabel 3.6 De historische en huidige gegevens van Totaal fosfaat in het Veluwemeer en Wolderwijd.

Monsterpunt	Coördinaten		Fosfaat g/kg Ds 2000	Fosfaat mg/g Ds 1-05-1990*	Fosfaat mg/g Ds 22-05-1990*	Fosfaat g/100g 20-11-1990**
	X	Y				
V1	184055	495528	<0.1	-	-	0.01
V2	181288	492542	<0.1	0.099	0.240	-
V3	180100	491932	<0.1	-	-	0.01
V4	174491	488418	<0.1	0.060	0.240	0.01
V5	171973	487140	<0.1	-	0.350	0.01
V6	183701	495006	<0.1	0.160	0.300	-
V7	177090	489838	<0.1	-	-	0.01
W1	169907	484763	0.1	-	-	0.02
W2	169590	486088	0.1	-	-	-
W3	168294	482654	0.1	-	-	0.10
W4	166464	482282	<0.1	-	-	-

* Bron Kayen, J.D.J.1990

** Bron Vink, J & H.J. Winkels, 1990

4 Discussie

Voor het starten van het onderzoek “de invloed van waterplanten op sediment” was de hypothese dat een invloed meetbaar was van waterplanten op sediment. Een schatting van de maximale hoeveelheid kalk die *maximaal* per jaar kan accumuleren levert het volgende beeld op: De biomassaproductie van kranswieren bedraagt ongeveer $400 \text{ g m}^{-2} \text{ jaar}^{-1}$. Dit komt overeen met $250 \text{ g CaCO}_3 \text{ m}^{-2} \text{ jaar}^{-1}$. Voor een toplaag van 10 cm is dit: $250 \text{ g per } 0.1 \text{ m}^3 = 2.5 \text{ kg per m}^3$. 1 m^3 komt overeen met 1500 kg. Het maximaal geaccumuleerde gehalte bedraagt dan: $2.5 \text{ kg CaCO}_3 / 1500 \text{ kg} = 0.17 \%$ per jaar voor de bovenste bodemlaag van 10 cm. Als de maximale hoeveelheid inderdaad accumuleert zou dit na een aantal jaren meetbaar moeten kunnen zijn. Door de doorspoeling kan ook CaCO_3 zijn geaccumuleerd. Door Los et al. (1988) en Van der Molen & Boers (1992) wordt de retentie op 1000 en 2700 ton Ca geschat. Stel dat 2500 ton CaCO_3 accumuleert. Aannemende dat dit accumuleert en homogeen verspreid over het meer komt dit neer op $100 \text{ g m}^{-2} \text{ jaar}^{-1}$. De toevoer van CaCO_3 rijk water kan dus ook een aanmerkelijke accumulatie geven die in dezelfde orde van grootte is als de mogelijke invloed van waterplanten. In beide gevallen geldt dat een verhoging in concentratie van het sediment alleen wordt gevonden als er geen accumulatie van andere stoffen optreedt (zoals sedimentatie van slibdeeltjes). In dat geval zal de concentratie verhoging minder groot zijn. Ook door sedimentmenging (bioturbatie) kan eventuele ophoping van N, CaCO_3 of P worden verdund.

De invloed van waterplanten op sediment is klein gebleken. Voor de ondiepe monsters (0-5 cm) in het Veluwemeer en Wolderwijd is voor totaal fosfaat is geen relatie gevonden met het aantal jaar dat er waterplanten aanwezig zijn. Dit geldt ook voor hoeveelheid droge stof en het totaal stikstof gehalte. De ruimtelijke verschillen blijken alleen voor CaCO_3 gehalte zwak samen te hangen met het aantal jaren aanwezigheid van dichte watervegetaties (kranswieren, $R^2=0.06$; $P=0.08$). De relatie verbetert wanneer rekening wordt gehouden met de belasting van CaCO_3 via gemaal Lovink.

Vergelijkingen tussen historische gegevens van voor 1990 met 2000 liet in vijf van de zes locaties met meer dan 1 jaar begroeiing een stijging van het CaCO_3 zien met gemiddeld 5 g kg^{-1} . Er bleek geen statistisch verband met de mate van de stijging en met het aantal jaren met dichte watervegetatie ($n=7$). De mate van accumulatie van CaCO_3 door watervegetatie aangetoond via ruimtelijke analyse (5 g kg^{-1}) kwam goed overeen met de mate van accumulatie die werd geschat op basis van historische data (ook ca. 5.5 g kg^{-1} accumulatie). Dit suggereert dat waterplanten eerder de oorzaak van de stijging van het CaCO_3 gehalte dan dat het voorkomen van waterplanten gestimuleerd is door een hoog CaCO_3 gehalte.

De variatie op kleine schaal is groot in sedimentgehalten, ondanks dat met een vijftal mengmonsters is gewerkt in 3 replica's. Omdat de verbanden statistisch zwak zijn, verdient het de aanbeveling om nog meer monsters te nemen.

Uit de analyse van de karakteristieken van de diepteverdeling blijkt dat het droge stof gehalte van de onderste bodemlaag hoger is dan van de overige bodemlagen. De karakteristieken van de bodem lijken bij 5 jaar begroeiing anders te zijn dan bij 2 jaar begroeiing. De bodem bij 5 jaar begroeiing lijkt homogener. Bij 2 jaar begroeiing lijkt een optimum in gehalten op te treden rond de 5 cm bodemlaag. De variatie is echter groot en statistische verschillen

treden maar een enkele keer op, waardoor vergaande conclusies niet mogelijk zijn.

5 Literatuur

- Ballegooijen, L. van & D.T. van der Molen, 1991 Inventarisatie gegevens van het sediment van het Veluwemeer. RIZA werkdocument 91.036X, Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling, Lelystad.
- Danen-Louwerse, H.J., R. Portielje, L. Lijklema, 1996 Phosphorus fixation in lake sediments; The case of Lake Veluwe, The Netherlands. Agricultural University Wageningen rapport no. M274, Wageningen
- Kayen, J.D.J. 1990. Fosfaatnalevering van het Veluwemeer 1990 RIZA werkdocument 90.192X, Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling, Lelystad.
- Los, F.J., J.C. Stans & N.M. de Rooy, 1988 Eutrofieringsmodellering van de Randmeren: verslag van onderzoek, Waterloopkundig Laboratorium Projektleider: S.H. Hosper; met medewerking van J.R. Eulen, M.L. Meier, J.A.W. de Wit, E.J.B. Uunk, C. Berger, D. van Hoorn, G.I.M. van Eck en D.T. van der Molen, Waterloopkundig Laboratorium, Delft.
- Meier, M-L., R. Portielje, R. Noordhuis, W. Joosse, M. van den Berg, B. Ibelings, E. Lammens, H. Coops & D. van der Molen, 1999 Stabiliteit van de Veluwerandmeren. RIZA rapport 99.054, BOVAR rapport 99.06, ISBN 9036952832, Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling, Lelystad.
- Molen, D.T. van der & P.C.M. Boers, 1992 Fosfaatbalans over de bodem van het Veluwemeer. RIZA werkdocument 92.020X, Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling, Lelystad.
- Postema, J. & B.J. De Witte 1999 Evaluatie van de karteringsmethodiek van waterplanten in het IJsselmeergebied 1987-1998. RDIJ-rapport 99-4, Rijkswaterstaat Directie IJsselmeergebied, Lelystad.
- Topografische Dienst Emmen 1987 Inventarisatieatlas voor flora en fauna van Nederland, Utrecht, 2-de druk.
- Vink, J.P.M. & H.J. Winkels 1996 De waterbodemkwaliteit van de randmeren in Oostelijk en Zuidelijk Flevoland, Intern rapport 1996-4Li, Rijkswaterstaat Directie IJsselmeergebied, Lelystad.

Colofon en verantwoording

Dit werkdocument is een eerste verslaglegging van de veldgegevens. Voor informatie over het onderzoek zij verwezen naar de projectleider bij het RIZA Marcel van den Berg (M.vdBerg@riza.rws.minvenw.nl) en Marloes Kolen (M.Kolen@riza.rws.minvenw.nl). Bij het veldwerk werd geassisteerd door Matthijs Rutten. John van Schie hielp bij het vervaardigen van de kaarten in Figuur 1. De dia op de voorpagina is gemaakt door Roel Doef.

Bijlage 1

Lineaire regressie analyse van het getransformeerde ($\arcsin x^{0.5}$) CaCO_3 gehalte (CA2) in de bodem op basis van het aantal jaren met dichte kranswier begroeiing (jaren).

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,316 ^a	,100	,070	,12912

a. Predictors: (Constant), JAREN

ANOVA^b

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	,056	1	,056	3,337	,078 ^a
	Residual	,500	30	,017		
	Total	,556	31			

a. Predictors: (Constant), JAREN

b. Dependent Variable: CA2

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	,267	,043		6,185	,000
	JAREN	2,049E-02	,011	,316	1,827	,078

a. Dependent Variable: CA2

Bijlage 2

Lineaire regressie analyse van het getransformeerde ($\arcsin x^{0.5}$) CaCO_3 gehalte (CA2) in de bodem op basis van het aantal jaren met dichte kranswier begroeiing (jaren), de inverse afstand tot gemaal Lovink * de belasting met Ca van het meer (DMAALB) en de interactie (INTER) tussen beide. Met behulp van achterwaartse selectie is het beste model geselecteerd (model 3).

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,475 ^a	,225	,142	,12400
2	,461 ^b	,212	,158	,12288
3	,451 ^c	,204	,177	,12145

a. Predictors: (Constant), INTER, DMAALB, JAREN

b. Predictors: (Constant), INTER, JAREN

c. Predictors: (Constant), INTER

ANOVA^d

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	,125	3	,042	2,716	,064 ^a
	Residual	,431	28	,015		
	Total	,556	31			
2	Regression	,118	2	,059	3,906	,031 ^b
	Residual	,438	29	,015		
	Total	,556	31			
3	Regression	,113	1	,113	7,680	,009 ^c
	Residual	,443	30	,015		
	Total	,556	31			

a. Predictors: (Constant), INTER, DMAALB, JAREN

b. Predictors: (Constant), INTER, JAREN

c. Predictors: (Constant), INTER

d. Dependent Variable: CA2

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	,224	,051		4,421	,000
	JAREN	1,257E-02	,015	,194	,836	,410
	DMAALB	5,636E-06	,000	,139	,690	,496
	INTER	1,085E-05	,000	,321	1,439	,161
2	(Constant)	,242	,043		5,651	,000
	JAREN	6,990E-03	,013	,108	,556	,582
	INTER	1,333E-05	,000	,394	2,032	,051
3	(Constant)	,255	,036		7,153	,000
	INTER	1,526E-05	,000	,451	2,771	,009

a. Dependent Variable: CA2

Excluded Variables^f

Model		Beta In	t	Sig.	Partial Correlation	Collinearity Statistics
						Tolerance
2	DMAALB	,139 ^a	,690	,496	,129	,682
3	DMAALB	,048 ^b	,287	,776	,053	,959
	JAREN	,108 ^b	,556	,582	,103	,721

a. Predictors in the Model: (Constant), INTER, JAREN

b. Predictors in the Model: (Constant), INTER

c. Dependent Variable: CA2

Bijlage 3

Basis data voor statistische analyse van de invloed van belasting en aantal jaren van begroeiing op het CaCO₃ gehalte.

JAAR	CACO3	BELASTING	AFSTAND	D*B
jaren met dichte kranswier bedekking	gehalte CaCO ₃ (mgg-1)	schatting van jaarlijkse belasting, Ca uit gemaal lovink, 10 ^{^3} kg op basis 1981	afstand tot gemaal Lovink/inlaat water (km)	inverse afstand maal belasting van water van lovink
6,2	8	20541	17	1208,294
6,2	13	20541	17	1208,294
6,2	19	20541	17	1208,294
5,3	12	20541	12,5	1643,28
5,3	14	20541	12,5	1643,28
5,3	14	20541	12,5	1643,28
4,5	22	20541	11	1867,364
4,5	22	20541	11	1867,364
4,5	27	20541	11	1867,364
2,3	20	20541	4	5135,25
2,3	10	20541	4	5135,25
2,3	18	20541	4	5135,25
0,2	21	20541	1,5	13694
0,2	5	20541	1,5	13694
3,7	3	5227	13	402,0769
3,7	12	5227	13	402,0769
3,7	6	5227	13	402,0769
0,7	14	5227	14	373,3571
0,7	28	5227	14	373,3571
0,7	14	5227	14	373,3571
3,9	21	5227	16	326,6875
3,9	0,5	5227	16	326,6875
3,9	6	5227	16	326,6875
0	0,5	5227	17	307,4706
0	2	5227	17	307,4706
0	0,5	5227	17	307,4706
5,4	29,2	20541	16	1283,813
5,4	16,8	20541	16	1283,813
5,4	7,2	20541	16	1283,813
2,7	11,7	20541	8	2567,625
2,7	5,9	20541	8	2567,625
2,7	6,3	20541	8	2567,625

