



Waterplanten in het Wolderwijd en het Veluwemeer (1990-1993)

Notanr. 94.046

riza

rijksinstituut
voor integraal zoetwaterbeheer
en afvalwaterbehandeling
tel. 03200-70411, fax. 03200-49218

directie flevoland

tel. 03200-99111, fax. 03200-34300

Waterplanten in het Wolderwijd en het Veluwemeer (1990-1993)

NOTA

ISBN

auteurs

94.046

9036903440

R.W. Doef, H. Coops, M.L. Streekstra
& L.H.C.A. Hector

Datum

juli 1994

INHOUDSOPGAVE

SAMENVATTING	III	
SUMMARY	III	
1	INLEIDING	1
2	MATERIAAL EN METHODEN	3
2.1	Gebiedsbeschrijving en lokaties	3
2.2	Veldkartering	3
2.3	Biomassa	7
2.4	Biomassa in relatie tot andere parameters	8
2.5	Biomassaverloop in het groeiseizoen	10
2.6	Trends in waterplantenbegroeiing	11
3	RESULTATEN	13
3.1	Veldkartering	13
3.2	Relatie tussen bedekking en biomassa	19
3.3	Biomassa per meer	22
3.4	Biomassaverloop in het groeiseizoen	23
3.5	Trends in oppervlaktes en biomassa's van waterplantensoorten in het Wolderwijd en Veluwemeer tussen 1987 en 1993	29
3.6	Samenvattende resultaten	32
4	DISCUSSIE	33
4.1	Methoden	33
4.2	De watervegetatie in Veluwemeer en Wolderwijd	35
4.3	Zijn de ontwikkelingen van de watervegetatie het gevolg van het gevoerde beheer?	35
4.4	Mogelijke invloed van de veranderende watervegetatie op het watersysteem	36
4.5	Vergelijking met andere grote zoete wateren	37
5	AANBEVELINGEN	41
6	DANKWOORD	41
7	LITERATUUR	43
BIJLAGEN		
1	Lijst van figuren, tabellen en kaarten	
2	Methodiek van biomassa-monsternamen: hark, steekbuis en kosbox	
3	Relatie diepte, bedekking en biomassa	
4	Relaties tussen vers-, droog- en asvrijdrooggewicht	
5	Relatie jaarcyclus en karteringsperiode	
6	Luchtfotokartering in vergelijking met de veldkartering	
7	Beschrijving van de kaarten	
8	Kaarten 0 tot en met 64	

III	ZAKENVERVALTING	1
IV	SAMENVATTING	1
V	INLEIDING	1
VI	MATERIAAL EN METHODEN	1
VII	1.1. Beschouwing van de literatuur	1
VIII	1.2. Veldonderzoek	1
IX	1.3. Interview	1
X	1.4. Documentatie van de literatuur	1
XI	1.5. Onderzoeksmethoden in het onderzoek	1
XII	1.6. Ethiek en wetenschappelijke integriteit	1
XIII	2. RESULTATEN	1
XIV	2.1. Beschouwing van de literatuur	1
XV	2.2. Veldonderzoek	1
XVI	2.3. Interview	1
XVII	2.4. Documentatie van de literatuur	1
XVIII	2.5. Onderzoeksmethoden in het onderzoek	1
XIX	2.6. Ethiek en wetenschappelijke integriteit	1
XX	3. DISCUSSIE	1
XXI	3.1. Inleiding	1
XXII	3.2. De achtergrond van de onderzoeksvraag	1
XXIII	3.3. Het onderzoeksveld	1
XXIV	3.4. De onderzoeksmethoden	1
XXV	3.5. De resultaten	1
XXVI	3.6. Conclusies en aanbevelingen	1
XXVII	3.7. Verantwoordingsaanpak	1
XXVIII	4. AANBEVELINGEN	1
XXIX	5. CONCLUSIE	1
XXX	6. BIBLIOGRAFIE	1
XXXI	7. BIJLAGEN	1
XXXII	8. LITERATUUR	1
XXXIII	9. INDEX	1
XXXIV	10. SAMENVATTING	1
XXXV	11. AANKOMST	1

SAMENVATTING

Waterplanten in het Wolderwijd/Nulder nauwen het Veluwemeer (1990 - 1993).

De watervegetatie in twee ondiepe geëutrofeerde meren in Nederland, het Wolderwijd en het Veluwemeer, wordt sinds 1987 gekarteerd. Deze nota behandelt de periode van 1990 tot en met 1993. Aanvullend onderzoek over de relatie tussen de biomassa en het bedekkingspercentage, en de seizoencyclus van de biomassa, is uitgevoerd voor de meest relevante soorten; Schedefonteinkruid, Doorgroeid fonteinkruid, Aarvederkruid en de kranwiersoort *Chara contraria*.

Met de beschreven methoden werd de bovengrondse biomassa geschat en is de ontwikkeling hiervan over de jaren berekend. In het Veluwemeer en het Wolderwijd trad een verschuiving op van een door fonteinkruiden gedomineerde vegetatie naar een door kranwieren gedomineerde vegetatie. Deze ontwikkeling begon in 1989 in het Veluwemeer en in 1991 in het Wolderwijd. De gegevens worden gebruikt voor de evaluatie van het waterbeheer van de meren (doorspoeling in beide meren en Actief Biologisch Beheer (ABB) in het Wolderwijd) dat wordt uitgevoerd door Rijkswaterstaat Directie Flevoland. Natuurwaarden en het belang van de vegetatie in de meren voor bijvoorbeeld watervogels worden besproken.

SUMMARY

Aquatic macrophytes in Lake Wolderwijd/Nulder nauwand Lake Veluwemeer, The Netherlands (1990 - 1993).

The macrophyte vegetation in two shallow eutrophic lakes in The Netherlands, Lake Wolderwijd and Lake Veluwemeer, has been mapped since 1987. This study deals with the period from 1990 to 1993. Additional determinations of both the relationship between biomass and cover percentage, and of the seasonal cycle of biomass, of the most relevant species (*Potamogeton pectinatus*, *Potamogeton perfoliatus*, *Myriophyllum spicatum* and *Chara contraria*) were made.

Total lake above-ground biomass was estimated and the development over the years was evaluated. Lake Veluwemeer and Lake Wolderwijd both changed from *Potamogeton*-dominated to Charophyte-dominated lakes. This development started in 1989 in Lake Veluwemeer and in 1991 in Lake Wolderwijd. The data are used in evaluations of the lake management measures (flushing in both lakes and biomanipulation in Lake Wolderwijd) which are conducted by the water management authority, the Directorate-General for Public Works and Water Management Directorate Flevoland. Natural values and the importance of the vegetation in these lakes for e.g. waterfowl are discussed.

SAMENVATTING

1. Beschleunigung in der Wirtschaftswachstum im Zeitraum 1990 - 1993

The main objective of this study is to analyze the economic growth in the period 1990-1993. The study is based on the data of the National Bureau of Economic Research (NBER) and the Bureau of Economic Analysis (BEA). The results show that the economy grew at an average rate of 3.5% per year during this period. The main factors contributing to this growth were the increase in private consumption and investment. The government spending also played a significant role in the growth process. The study also discusses the role of monetary policy in the growth process. The Federal Reserve implemented a tight monetary policy in the early 1990s, which led to a recession. However, the economy recovered in 1992 and 1993, and the growth rate increased significantly. The study concludes that the economy is on a growth path and that the growth rate is expected to remain high in the future.

2. LITERATUUR

The literature review discusses the economic growth in the period 1990-1993. The study is based on the data of the National Bureau of Economic Research (NBER) and the Bureau of Economic Analysis (BEA). The results show that the economy grew at an average rate of 3.5% per year during this period. The main factors contributing to this growth were the increase in private consumption and investment. The government spending also played a significant role in the growth process. The study also discusses the role of monetary policy in the growth process. The Federal Reserve implemented a tight monetary policy in the early 1990s, which led to a recession. However, the economy recovered in 1992 and 1993, and the growth rate increased significantly. The study concludes that the economy is on a growth path and that the growth rate is expected to remain high in the future.

1 INLEIDING

Door middel van doorspoelingsmaatregelen en actief biologisch beheer (ABB) in het Wolderwijd/Nuldernauw¹ streeft de waterbeheerder Rijkswaterstaat Directie Flevoland in samenwerking met RIZA ernaar dat dit door blauwalgen gedomineerd watersysteem overgaat naar een stabiele toestand gekenmerkt door helder water met waterplanten (Meijer *et al.*, 1990). Het doel van de maatregelen was dat door het heldere water de bedekking door waterplanten zou toenemen, het groeiseizoen langer zou worden en de biomassa van de waterplanten groter zou worden. Tevens zou in de loop der tijd de soortenrijkdom aan waterplanten groter worden. Dat waterplanten een essentiële functie vervullen in het herstel van aquatische ecosystemen wordt steeds duidelijker (Phillips *et al.*, 1978; Hootsmans & Breukelaar, 1990; De la Haye & Meijer, 1991; Scheffer *et al.*, 1993). De ABB-maatregel in het Wolderwijd (2700 ha) bestond uit reduceren van de vispopulatie tot 50 kg/ha, uitzetten van snoek en doorspoelen met het relatief nutriëntenarme water uit de Flevopolder (Meijer *et al.*, 1990). Kartering van de watervegetatie is een belangrijk middel om de gevolgen van het beheer op termijn te kunnen evalueren.

Verspreiding, soortensamenstelling en biomassagegevens van de watervegetatie in het Wolderwijd zijn verzameld in 1987 en 1989 (Doef *et al.*, 1991). Door het uitvoeren van soortgelijke monitoring vlak voor de ABB-ingreep in 1990 en in de jaren na de ingreep in 1991, 1992 en 1993 kunnen effecten van ABB en doorspoeling op de waterplantenbegroeiing nader bepaald worden. Hiertoe worden de resultaten van waterplantenonderzoek in het Wolderwijd en het Veluwemeer van 1990 tot en met 1993 gepresenteerd. De waterplantengroei in het Veluwemeer, waar wel doorspoeling, maar geen afwissing heeft plaatsgevonden, dient als referentie. Korte termijn-trends worden in de waterplantenpopulaties aangegeven, en de uitwerking van de ABB- en doorspoelingsmaatregel op de watervegetatie wordt geëvalueerd.

In deze nota worden de toegepaste methodieken voor het bepalen van de bedekking en de biomassa gepresenteerd en vergeleken met eerder uitgevoerd onderzoek (Doef *et al.*, 1991). Er wordt gewezen op oriënterende vegetatievluchten die voorafgaande aan de veldkartering worden uitgevoerd. Er wordt uitgelegd hoe tijdens de veldkartering de bedekking wordt geschat, hoe een opname genomen wordt, en hoe de ingewonnen veldgegevens verwerkt worden tot vegetatiekaarten.

In bijlage 6 wordt een rechtstreekse vergelijking gemaakt tussen een door de Meetkundige Dienst uitgevoerde luchtfotokartering en een veldkartering. Zo wordt een indruk verkregen van de waarde van een luchtfotokartering als aanvulling op, of als alternatief voor veldkarteringen.

De resultaten van de veldkarteringen leverden vegetatiekaarten per meer op waarin verschillende bedekkingen per dichtheidsklasse worden uitgedrukt in oppervlakten in hectaren (zie bijlage 7 en 8). Aanvullend biomassa-onderzoek werd uitgevoerd om de

¹ Het Wolderwijd/Nuldernauw wordt in het vervolg afgekort tot Wolderwijd.

genoemde oppervlakten te vertalen naar een gewichtsmaat (ton per meer). Om deze te kunnen berekenen werden voor Schedefonteinkruid, Doorgroeid fonteinkruid, Aarvederkruid, Smalle waterweegbree en kranswier (*Chara contraria*) ijklijnen berekend die de relaties tussen biomassa en bedekking aangeven.

In bijlage 2 wordt de methodiek van biomassa-bepalingen onder de loep genomen. In bijlage 4 worden relaties tussen biomassagrootheden onderling (versgewicht, drooggewicht en asvrijdrooggewicht) weergegeven. Ook werd de relatie tussen de waterdiepte en de biomassa voor een aantal soorten berekend (zie bijlage 3).

Naast bovengenoemd biomassa-onderzoek is het biomassaverloop van de boven- en ondergrondse plantendelen voor een aantal soorten over het jaar gevolgd. Deze jaarcyclus-gegevens zijn gebruikt om uitspraken te kunnen doen over de lengte van het boven- en ondergrondse groeiseizoen. Tevens geven deze jaarcyclusgegevens een indruk waar de piek van het bovengrondse groeiseizoen lag (bijlage 5).

De combinatie van veldkarteringen, het onderzoek naar de relatie tussen bedekking en biomassa en de het onderzoek aan de biomassa-jaarcyclus leverde een uitgebreide set aan gegevens op. Deze gegevens worden gebruikt om veranderingen van watervegetaties in de verschillende meren in de loop der tijd te volgen.

2 MATERIAALEN METHODEN

2.1 Gebiedsbeschrijving en lokaties

Voor een overzicht van de ligging van de verschillende randmeren wordt verwezen naar kaart 0 en voor meer gedetailleerde kaarten van het Wolderwijd en het Veluwe-meer wordt verwezen naar de kaarten 1 t/m 64 (voor kaarten zie bijlage 8). Ten behoeve van de veldkartering is binnen het te karteren gebied de vegetatie bepaald op een groot aantal ingemeten raaipunten. Tabel 1 geeft hiervan een overzicht en toont eveneens enige afwijkingen in de uitvoering per jaar.

Voor het volgen van het seizoensverloop van de waterplantenbiomassa werden in 1991, 1992 en 1993 op vergelijkbare lokaties in het Wolderwijd permanente proefvlakken (p.q.'s) van 20 x 20 m uitgezet. De ligging van de proefvlakken is weergegeven in figuur 2.

2.2 Veldkartering

Algemeen

Rijkswaterstaat RIZA en Directie Flevoland hebben in de periode 1987-1989 een inventarisatiemethode ontwikkeld en toegepast (Doef *et al.*, 1991). Deze inventarisatiemethode is op dit moment gestandaardiseerd voor het IJsselmeergebied (Hector *et al.*, 1993).

In 1990, 1991 en 1992 zijn veldkarteringen uitgevoerd door Rijkswaterstaat Directie Flevoland. In deze jaren zijn het Wolderwijd en het noordelijke deel van het Veluwe-meer opgenomen. In 1993 is het gehele Veluwemeer en het Wolderwijd gekarteerd. Voorafgaande aan de veldkarteringen zijn oriënterende vegetatievluchten uitgevoerd om een globaal overzicht van de aanwezige vegetatie te verkrijgen (zie tabel 2). Daarnaast zijn in 1991, 1992 en 1993 aparte vluchten uitgevoerd om de groei van de waterplanten in het Wolderwijd en het Veluwemeer te volgen, en de verspreiding van plekken met helder water vast te leggen (Breukelaar *et al.*, 1994²).

² Boven het Wolderwijd en het Veluwemeer zijn in 1993 in de periode van mei t/m juli 10 vluchten in het kader van Actief Biologisch Beheer uitgevoerd.

Tabel 1:

Overzicht van de in het Wolderwijd en Veluwemeer gemaakte aantal opnamen tijdens de veldkartering en het geïnterpoleerde aantal hectaren.

lokatie	jaar	aantal opnamen	aantal hectaren	opmerkingen	aanvullende informatie
Wolderwijd	1990 ³	1841	1859	incomplete dataset als gevolg van plaatsbepalingsfout	OVV ⁴ 15 juni
Wolderwijd	1991	1764	2367	gebiedsdekkende kartering	OVV 17 juni luchtfoto's MD ⁵ 22 juli
Wolderwijd	1992	1980	2335	gebiedsdekkende kartering	OVV 15 juni MWTL ⁶
Wolderwijd	1993	3695	2394	gebiedsdekkende kartering toename datasets door verbetering van de plaatsbepaling en databeheer veldgegevens (dGPS ⁷ , AutoCAD ⁸)	OVV 23 juni MWTL
Veluwemeer	1990 ³	919	1475	tussen Pierland en De Kluut is niet gekarteerd, de hiaten in de dataset zijn veroorzaakt doordat de afstand tussen de raaien te groot was	OVV 15 juni
Veluwemeer	1991	839	1061	ten zuiden van De Snip is niet gekarteerd	OVV 17 juni luchtfoto's MD 31 augustus
Veluwemeer	1992	797	734	ten zuiden van De Kwak is niet gekarteerd	OVV 15 juni MWTL
Veluwemeer	1993	4088	2998	gebiedsdekkende kartering	OVV 23 juni luchtfoto's MD 30 juni MWTL

³ In 1990 is in tegenstelling tot de daaropvolgende jaren in het veld geen schatting gemaakt van de totale bedekking van de vegetatie, maar alleen van de aanwezige soorten.

⁴ OVV = oriënterende vegetatievlucht.

⁵ MD = luchtfotokartering Meetkundige Dienst

⁶ MWTL = monitoring van de waterstaatkundige toestand des lands. In dit kader wordt in een aantal vastgestelde raaien jaarlijks de vegetatie beschreven.

⁷ dGPS = differential Global Positioning Systeem (satelliet-plaatsbepalingssysteem)

⁸ Auto CAD = grafisch computerprogramma

Tabel 2:

Overzicht van oriënterende vegetatievluchten voor Wolderwijd en Veluwemeer.

jaar	datum	referentie
1990	15 juni	(Doef, 1990)
1991	17 juni	(Doef, 1992)
1992	15 juni	(Coops <i>et al.</i> , 1992)
1993	23 juni	(Van Assen <i>et al.</i> , 1994)

Bedekking

De bedekking van de watervegetatie is tijdens de kartering geschat door de aanwezige planten in een vlak van circa 5 x 5 m denkbeeldig van bovenaf te projecteren op de bodem. De definitie van bedekking: "verticale projectie van alle plantendelen tezamen op het bodemoppervlak" kan bij waterplanten in het veld wel eens moeilijk toepasbaar zijn door beperkt doorzicht van de waterkolom. In troebele wateren waar bodemzicht ontbreekt, is een hark een onmisbaar hulpmiddel. In heldere wateren kan gesnorkeld worden of een onderwaterkijker gebruikt worden. Het schatten van bedekkingen van waterplanten is vooral een zaak van ervaring en vergt overleg over de te volgen methodiek. De mate van bedekking wordt uitgedrukt in percentage-klassen.

Verderop in deze nota worden de termen inwendige- en uitwendige bedekking gehanteerd. Onder **inwendige bedekking** wordt verstaan het totale oppervlak dat binnen de proefvlakken bedekt is door watervegetatie, terwijl bij **uitwendige bedekking** het totale oppervlak aan proefvlakken met watervegetatie (ongeacht de dichtheid van de vegetatie) wordt verstaan.

Opname

Bij de kartering van een gebied werd in een aantal raaien de watervegetatie genoteerd. Deze raaien stonden haaks op de oever en reikten tot aan de 2-meter dieptelijn; voor de smalle delen van meren liepen de raaien van oever tot oever met onderbreking door de vaargeul. Overigens gold deze waarnemingsgrens bij 2 meter diepte alleen als er geen waterplanten waargenomen werden: onder gunstige omstandigheden bleek groei mogelijk tot op grotere diepte, in welk geval de bedekking ook in het diepere water werd geregistreerd. In GIS⁹ (Geografisch Informatie Systeem) werd vegetatie in de vaargeul, 'ontstaan' na interpolatie geschoond. Er is namelijk aangenomen dat de diepte van de vaargeul in combinatie met het heersende doorzicht, plantengroei onmogelijk maakte.

⁹ GIS = Geografisch Informatie Systeem (computerprogramma)

De afstand tussen de raaien bedroeg voor een nauwkeurige kartering¹⁰ (gridverdeling van 50 x 50 m) circa 100 m. Varend over deze raaien werd met een tussenafstand van 50 m een 5 x 5 m vlak de aanwezige soorten bepaald, het totale oppervlak bedekt met waterplanten alsmede de bedekking van de afzonderlijke soorten geschat. De bedekking werd ingedeeld in volgende vier klassen: klasse 0 (geen waterplanten); klasse 1 (0 tot 15%); klasse 2 (15 tot 50%); klasse 3 (50 tot 100%). Bij berekeningen is gewerkt met klasse-gemiddelden (7.5%, 32.5% en 75%) van de respectievelijke klassen.

De onderlinge afstanden van de opnamen binnen een raai zijn korter gekozen dan die tussen de raaien, in verband met de vegetatiezonering parallel aan de hoogtegradiënt langs de raai.

Bij sterk wisselende dichtheden (velden-patroon) werd de afstand tussen de meetpunten verkleind. Daar de gebruikte celgrootte van ARC-INFO (GIS) een dimensie van 10 x 10 m had, was het echter zinloos om meerdere monsterpunten binnen een gebiedje van 10 x 10 m te nemen.

De veldgegevens werden vanuit motorbootjes, ingewonnen en via een radioverbinding doorgegeven naar een centraal onderzoekvaartuig. Het onderzoekvaartuig coördineerde de opnamestrategie, en tevens werden hier de coördinaten bepaald en de velddata verwerkt (Hector *et al.*, 1993). Om tijdens de kartering een indruk te krijgen van de in het veld aanwezige patronen werd per meer en per soort een AutoCad-tekening uit DBase-bestanden uitgeplot.

Randvoorwaarden bij de uitvoering

Voorwaarde voor een goede waarneming is dat de vegetatie voor minimaal 50 % van haar maximale bedekking ontwikkeld is. Het begin en de duur van de periode waarin dit het geval is, zijn soort-afhankelijk en hangen verder samen met onder meer de weersomstandigheden in het late voorjaar. In de praktijk geldt globaal dat vanaf eind juni met de bemonstering kan worden begonnen. Door het relatief korte groeiseizoen in het Wolderwijd en Veluwemeer kan er na medio augustus en in sommige jaren (afhankelijk van de weersomstandigheden) al na eind juli niet meer gekarteerd worden. Egale bewolking, matige neerslag en temperatuur beïnvloeden de kartering op zich weinig of niet. Echter bij een windkracht groter dan 4-5 Beaufort neemt de betrouwbaarheid van de waarnemingen zo sterk af, dat karteren dikwijls geen zin meer heeft. Natuurlijk is de invloed van de wind in sterke mate afhankelijk van de strijklengte. De meest betrouwbare opnamen kunnen worden verricht bij windstil en geheel onbewolkt of egaal bewolkt weer. Het Wolderwijd en het Veluwemeer (noordelijk deel) worden in het kader van het project BOVAR¹¹ jaarlijks gekarteerd;

¹⁰ Een minder nauwkeurige karteringsgrid is toegepast voor gebieden waar watervegetatie in voorafgaande jaren en tijdens de oriënterende vegetatievlucht geheel ontbrak. De raaiafstand was dan 300 m.

¹¹ BOVAR = Bestrijding Overmatige Algen groei in de Randmeren. In dit kader is Actief Biologisch Beheer toegepast in het Wolderwijd. Waterplanten spelen hierbij een belangrijke rol.

voor een optimale vergelijkbaarheid wordt 1 juli als aanvangsdatum gehandhaafd. De kartering van deze randmeren vraagt een totale inspanning van circa 2 weken.

Verwerking van de veldgegevens

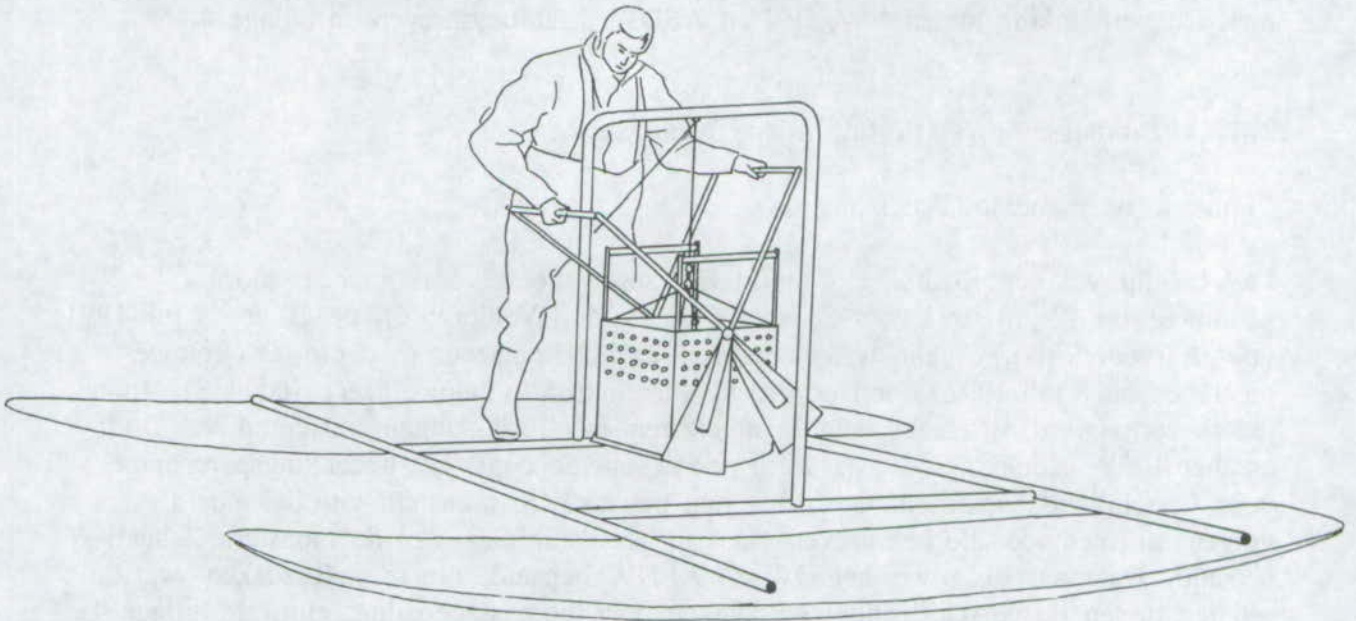
De DBase-bestanden werden na validatie per soort in ASCII-bestanden omgezet. Deze ASCII-bestanden werden via een lokaal netwerk van een pc naar een Unix-machine gestuurd. Op deze machine was een GIS-programmapakket (ARC/INFO) geïnstalleerd. Binnen dit GIS-pakket vond de uiteindelijke verwerking plaats (Hector *et al.*, 1993). Deze verwerking is gebaseerd op de verwerking zoals die voorheen bij RIZA plaatsvond (De Redelijkheid, 1989).

2.3 Biomassa

Biomassa is een maat voor de hoeveelheid levend plantenmateriaal per oppervlakte-eenheid. De biomassa is uitgedrukt in grammen versgewicht (FW), drooggewicht (DW) en asvrijdrooggewicht (AFDW) per m^2 .

Verzamelmethode

Het materiaal voor de biomassa-bepalingen werd verzameld met een "Kosbox" (zie figuur 1), waarmee de planten binnen een oppervlakte van $0.16 m^2$ (40×40 cm) inclusief de ondergrondse delen in de bovenste bodemlaag van ± 25 cm werden bemonsterd.



Figuur 1:
Schematische tekening van een "Kosbox". Tekening Ruurd Noordhuis.

De met de Kosbox verzamelde monsters zijn in plastic zakken opgeslagen en ingevroren. Na het veldseizoen is het verzamelde materiaal uitgespoeld over een zeef met een maaswijdte van 2 mm. Bij het verwerken van de monsters zijn de volgende aannames gemaakt: Materiaal dat gedeeltelijk verteerd was, werd tot de biomassa gerekend als het niet geheel "zwart" of onherkenbaar geworden was. Het plantenmateriaal afkomstig uit de proefvlakken in het Wolderwijd werd opgesplitst in bovengrondse delen (stengels en bladeren, en bloeiaar met zaden) en ondergrondse delen (wortels en tubers). Of plantendelen tot de boven- of ondergrondse delen behoorden werd vooral bepaald door de morfologische structuur. Indien de grens tussen boven- en ondergrondse delen morfologisch niet duidelijk was, werd gekeken naar de kleur van de plantendelen. Alle delen met bladgroen werden als bovengrondse delen (stengels) beschouwd.

Berekening van biomassa

Het asvrijdrooggewicht (AFDW) is als volgt berekend:

$$\text{AFDW} = \text{DW} - \text{Gewicht van de asrest}$$

Het drooggewicht (DW) van de plantendelen is bepaald door het materiaal gedurende minimaal 48 uur te drogen bij 105 °C en vervolgens te wegen. De verassing vond plaats door het gedroogde materiaal gedurende 4 uur in een oven bij 550 °C te verhitten. Ter vergelijking is bij een aantal monsters voorafgaande aan DW- en AFDW-bepaling het versgewicht (FW) bepaald op een bovenweger nadat het gezeefde plantenmateriaal was uitgeknepen zodat het aanhangend water was verdwenen. De vergelijking tussen FW, DW en AFDW staat beschreven in bijlage 4.

2.4 Biomassa in relatie tot andere parameters

Biomassa in relatie tot bedekking

Met behulp van een Kosbox zijn monsters van de meest voorkomende soorten genomen; op 12 juli 1991 voor Schedefonteinkruid (Wolderwijd), op 10 en 11 juli 1991 voor Aarvederkruid, Smalle waterweegbree en het kranwier *C. contraria* (Veluwemeer) en op 8 juli 1992 voor Doorgroeid fonteinkruid (Veluwemeer) (tabel 3). Voor iedere soort werd een reeks veldjes uitgekozen met bedekkingen variërend van 0 tot en met 100% bedekking. Steeds werd vooraf aan de oogst het bedekkingspercentage door verschillende waarnemers op het oog geschat. De monsters zijn behandeld volgens de methode die beschreven staat in hoofdstuk 2.3. Van de monsters is het FW bepaald. Daarnaast is zowel het DW als AFDW bepaald, om te onderzoeken wat de relaties tussen de verschillende methodieken van biomassabepaling zijn (zie bijlage 4).

Voor de regressiefunctie van bedekking en bovengrondse biomassa (AFDW) werden beide variabelen log-getransformeerd waarna een lineaire regressiefunctie werd afgeleid. Deze werd omgerekend:

$$\ln W = z_0 + z_1 \ln B \Rightarrow W = e^{z_0 + z_1 \ln B} \Rightarrow W = e^{z_0} \cdot B^{z_1}$$

waarin $W = \text{AFDW (g m}^{-2}\text{)}$, $B = \text{bedekking (\%)}$. De Z -waarden voor de verschillende soorten staan in tabel 7.

Voor de jaren waarin per soort en per bedekkingsklasse de begroeide oppervlakte per meer vastgesteld is, is met behulp van bovenstaande relatie een grove schatting van de totale biomassa (standing crop) gemaakt. Hierbij is de aanname gemaakt dat de bepaalde relatie extrapoleerbaar is naar andere randmeren en andere jaren dan die waarin de monsters werden genomen. Hierbij werd van iedere bedekkinigsklasse de biomassa behorende bij de klassegemiddelde bedekkingsgraad (resp. 1=7.5%; 2=32.5% en 3=75%) berekend.

Biomassa in relatie tot waterdiepte

Er is getracht een correlatie te vinden tussen de dichtheid van de bedekking, de hoeveelheid biomassa en de waterdiepte. Hiertoe werd een variantie-analyse uitgevoerd met als afhankelijke parameter de waterdiepte en de bedekking als covariaat (zie bijlage 3).

Tabel 3:

Overzicht van (Kosbox)biomassamonsters voor de soorten en de plantendelen.

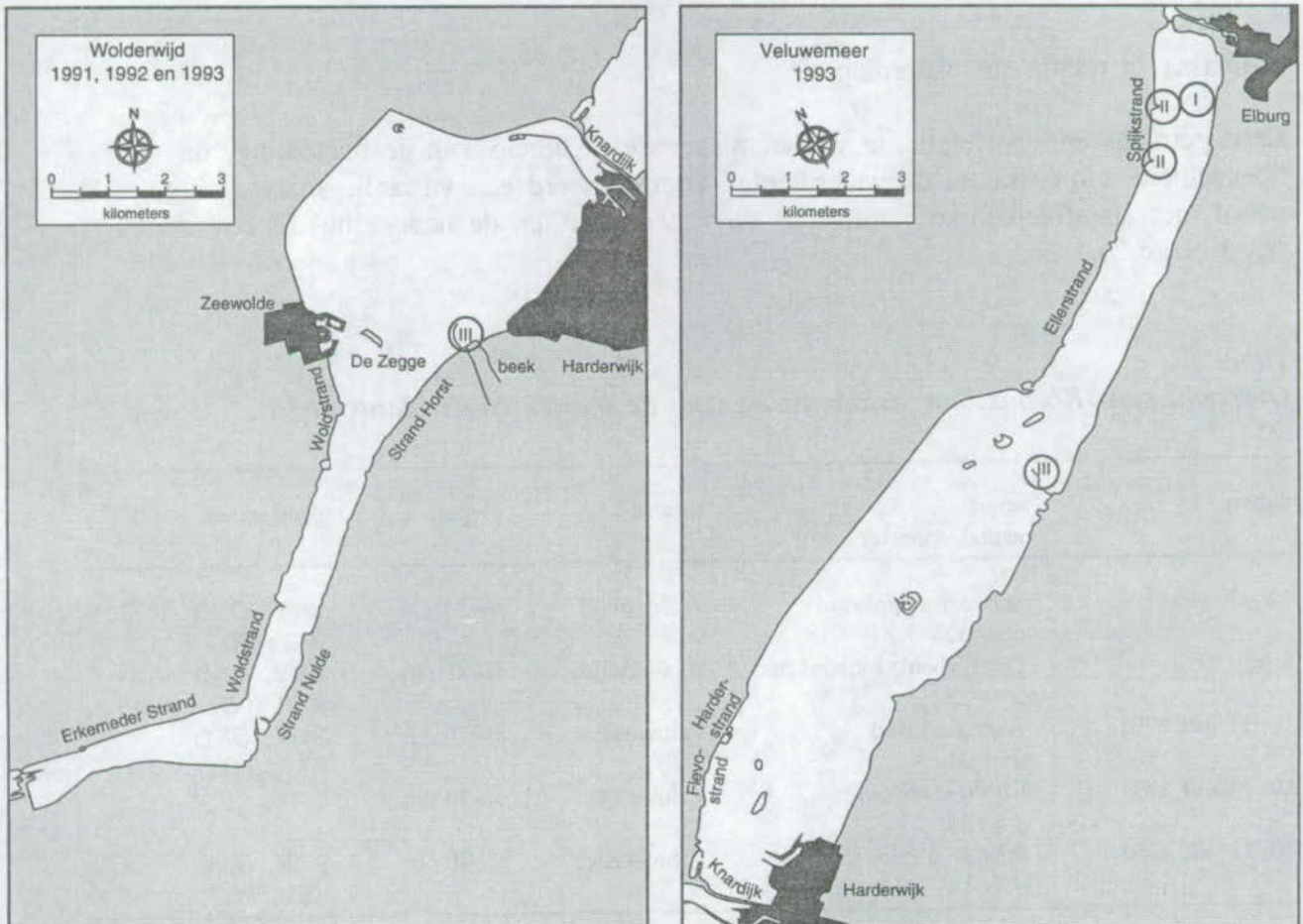
datum	soort aantal monsters	locatie	diepte	plantendeel
12 juli 1991	Schedefonteinkruid n = 32	Wolderwijd	60-80 cm	BOV, OND, TUB, REP, TOT
8 juli 1992	Doorgroeid fonteinkruid n = 22	Wolderwijd	50-75 cm	BOV, OND, REP, TOT
10, 11 juli 1991	Aarvederkruid n = 21	Veluwemeer	40-70 cm	BOV, OND, REP, TOT
10, 11 juli 1991	<i>Chara contraria</i> n = 25	Veluwemeer	50-70 cm	TOT
10, 11 juli 1991	Smalle waterweegbree n = 11	Veluwemeer	65-70 cm	BOV, OND, REP, TOT

BOV=bladen en stengels, OND=wortels, TUB=tubers, REP=voortplantingsorganen en TOT=totale plant.

2.5 Biomassaverloop in het groeiseizoen

Om het biomassaverloop van de watervegetatie in het seizoen te volgen, zijn op data, verspreid over het groeiseizoen monsters genomen in de proefvlakken (zie figuur 2). Tabel 4 geeft een overzicht van de uitgevoerde biomassa-jaarcyclus bemonsteringen in de jaren 1991, 1992 en 1993. In 1990 zijn geen monsters genomen. In 1991 werden monsters met een Kosbox en met een hark genomen (zie bijlage 2). In 1992 werd uitsluitend met een Kosbox gemonsterd. In 1993 is in het Wolderwijd bemonsterd met een Kosbox. In het kader van onderzoek aan kranswieren werd in 1993 in het Veluwemeer het biomassaverloop van kranswieren en van Schedefonteinkruid gevolgd gedurende het seizoen (Van den Berg, 1993). Tijdens deze bemonsteringen is op een aantal data gebruik gemaakt van een Kosbox en verder is gewerkt met een steekbuis.

Biomassa-monsterlokaties



Figuur 2:

Ligging van biomassa-proefvlakken in het Wolderwijd/Nuldernaauw en het Veluwemeer
Wolderwijd III=dam bij strand Horst, Vel I=Riv. camping oudelandzijde, Vel II=Riv.
camping nieuwelandszijde, Vel III=dam bij Polsmaten.

Tabel 4:

Overzicht van biomassabemonsteringen voor de bepaling van de waterplanten seizoencyclus.

jaar	periode	bemonsteringsdagen	lokatie	methode
1990	-	0	geen	geen
1991	26/4 - 22/11	10	Wolderwijd	Kosbox/hark
1992	23/4 - 24/11	10	Wolderwijd	Kosbox
1993	20/4 - 26/8	8	Wolderwijd	Kosbox
1993	21/4 - 26/10	10	Veluwemeer	Kosbox/steekbuis

In 1991 zijn in drie gemarkeerde proefvlakken van 20 x 20 m Kosboxmonsters genomen. Per proefvlak werd op tien data, vanaf april tot en met november, steeds vijf maal een oppervlakte van 0.16 m² over de gehele waterkolom en de bodem (tot een diepte van circa 25 cm) bemonsterd. De waterdiepte van deze proefvlakken was circa 60 cm. In 1992 en 1993 zijn op vergelijkbare wijze respectievelijk twee en vier proefvlakken bemonsterd. In figuur 2 zijn de lokaties weergegeven waar biomassa-monsters genomen zijn in het Wolderwijd in 1991, 1992 en 1993. Voor de verschillende biomassacomponenten (BOV, OND, TUB, REP) wordt het biomassaverloop aangegeven (DW en AFDW). De biomassa's van de tien verschillende monsters (uit twee vergelijkbare proefvlakken) zijn voor elke bemonsteringsdatum samengenomen.

2.6 Trends in waterplantenbegroeiing

Voor het Wolderwijd en het Veluwemeer werden de oppervlakten bedekt door watervegetatie voor de jaren 1987, 1988 (Veluwemeer), 1989, 1990, 1991, 1992 en 1993 met elkaar vergeleken. Naast het totale oppervlak bedekt door waterplanten werd de oppervlakte per soort en per klasse in de verschillende jaren met elkaar vergeleken. Zo werden ook de jaarlijkse maximale hoeveelheden biomassa's van de totale watervegetatie en apart per soort met elkaar vergeleken. Hierbij werd niet gecorrigeerd voor het seizoensverloop (proportie biomassa op het meettijdstip ten opzichte van de piekbiomassa)¹².

¹² Om toch een indruk te geven van de correctie die toegepast zou kunnen worden wordt verwezen naar bijlage 5.

3 RESULTATEN

3.1 Veldkartering

De tijdens de oriënterende vegetatievluchten ingewonnen informatie is op kaarten ingetekend en voorzien van begeleidende tekst. Deze gegevens (Doef, 1990; Doef, 1992; Coops *et al.*, 1992; Van Assen *et al.*, 1994) zijn gebruikt als voorbereiding op en als controle van de veldkarteringen. De kaarten van de veldkarteringen staan in bijlage 8 en de beschrijvingen van deze kaarten zijn weergegeven in bijlage 7. In tabel 5 is voor het Wolderwijd en het Veluwemeer aangegeven welke arealen van het meer bedekt (uitwendige bedekking) werden door watervegetatie in de jaren 1987-1993. Oppervlakten per bedekkingsklasse, per soort staan vermeld in tabel 6. De gegevens van de 1987, 1988 en 1989 zijn ontleend aan Doef *et al.* (1991). De tabel geeft voor het Veluwemeer een vertekend beeld daar in de jaren 1990, 1991 en 1992 slechts het noordelijke smalle deel van het meer gekarteerd is, zodat dit deel moeilijk te vergelijken is met de voorafgaande jaren. Voor het Wolderwijd zijn ook niet alle jaren met elkaar vergelijkbaar. In 1987 zijn de gebieden in het westelijke deel dieper dan 2 m niet in kaart gebracht, terwijl in 1988 het meer geheel niet gekarteerd is. In 1990 is een deel van het Nulder nauw niet in kaart gebracht.

Tabel 5:

*Oppervlakte (ha) bedekt door watervegetatie (inclusief draad- en darmwieren) in het Wolderwijd/Nulder nauw en het Veluwemeer (1987-1993), *=gedeeltelijk gekarteerd **=gedeeltelijk gekarteerd en geschat uit soortenbedekking.*

Meer	Jaar	Klasse 0	Klasse 1 (0-15%)	Klasse 2 (15-50%)	Klasse 3 (50-100%)	Areaal watervegetatie
Wolderwijd	1987	≤ 2006	225	141	21	≥386*
Wolderwijd	1989	1387	630	339	37	1006
Wolderwijd	1990	973	583	261	42	≥886**
Wolderwijd	1991	1081	975	262	50	1287
Wolderwijd	1992	1197	978	95	64	1137
Wolderwijd	1993	1409	661	162	162	985
Veluwemeer	1987	2038	524	352	89	966
Veluwemeer	1988	1977	580	388	58	1030
Veluwemeer	1989	1930	589	303	181	1072
Veluwemeer (N)	1990	555	816	100	3	919**
Veluwemeer (N)	1991	274	368	230	189	787
Veluwemeer (N)	1992	138	324	98	174	596
Veluwemeer	1993	1539	1092	161	205	1458

N=noordelijk deel. Bij de berekening van de getallen voor klasse 0 voor is uitgegaan van een oppervlakte van het Wolderwijd/Nulder nauw van 2393 ha en het Veluwemeer 3003 ha dus exclusief vaargeulen en havens. Deze getallen zijn ontleend aan de vegetatiekaarten (zie bijlage 7). Het totale meeroppervlak van het Wolderwijd/Nulder nauw is 2700 ha en van het Veluwemeer 3400 ha.

Tabel 6: Oppervlakten (in ha) van het Wolderwijd en Veluwemeer bedekt door soorten waterplanten of macroalgen in 1987-1993. *=gedeeltelijk gekarteerd. nb=niet bepaald.

Soort	kl	Wol 1987	Wol 1989	Wol* 1990	Wol 1991	Wol 1992	Wol 1993	Vel 1987	Vel 1988	Vel 1989	Vel* 1990	Vel* 1991	Vel* 1992	Vel 1993
Schedefonteinkruid	1	102	420	158	442	492	457	334	352	377	528	516	273	464
	2	94	86	130	111	25	11	165	168	178	64	11	17	5
	3	16	22	33	22	1	0	17	42	35	6	1	1	0
	T	212	527	321	575	518	468	517	561	590	598	528	291	469
Doorgroeid fonteinkruid	1	177	649	543	846	848	545	596	695	772	442	290	142	712
	2	30	65	149	91	12	11	52	60	60	70	9	1	2
	3	5	7	21	7	0	0	28	7	6	3	0	0	0
	T	212	721	713	944	860	556	676	762	837	515	299	143	714
Kranswier (<i>Chara contraria</i>)	1	.	.	1	27	66	177	78	8	46	207	297	164	342
	2	.	.	.	1	25	124	24	.	12	80	125	66	112
	3	.	.	.	.	50	137	14	.	5	62	121	155	195
	T	.	.	1	28	141	438	116	8	63	349	543	385	649
Tenger fonteinkruid	1	.	4	4	6	60	7	.	8	110	223	228	28	0
	2	.	.	1	0	0	.	.	2	6	44	.	.	.
	T	.	4	5	6	60	7	.	8	112	229	232	28	0
Aarvederkruid	1	.	.	.	.	.	.	.	31	149	339	509	306	374
	2	.	.	.	.	.	.	.	.	1	17	19	0	1
	3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0	1	0	0
	T	.	.	.	.	0	.	.	31	150	356	529	306	375
Gekroesd fonteinkruid	1	.	20	1	29	1	1	.	3	15	2	1	1	0
Zittende zannichellia	1	.	4	nb	29	35	17	.	2	26	52	11	1	9
Smalle waterpest	1	.	3	2	0	2	3	.	2	5	14	7	0	3
Brede waterpest	1	.	.	.	8	73	15	.	.	.	.	0	1	0
Draadwier	1	.	2	1	305	261	58	0	0	0	19	17	50	311
	2	.	.	.	17	16	1	.	.	.	.	.	0	5
	3	.	.	.	1	3	0	.	.	.	.	.	0	0
	T	.	2	1	323	280	59	0	0	0	19	17	50	316
Darmwier	1	.	.	5	69	217	7	.	.	.	69	39	41	77
	2	.	.	0	0	1	0	.	.	.	.	.	.	0
	T	.	.	5	69	218	7	.	.	.	69	39	41	77
Waternetje	1	.	4	.	1	1	.	.	.	.	0	.	8	
Smalle waterweegbree	1	.	.	.	.	.	.	1	5	29	22	nb	83	
Veenwortel	1	.	8	.	2	.	.	.	.	.	.	.	.

Bedekkingsklassen: 1 (0-15%), 2 (15-50%) en 3 (50-100%). Wol=Wolderwijd/Nuldernauw, Vel=Veluwemeer, kl=bedekkingsklasse, T=totaal, 0=>0 en <0,5, .=wel gekarteerd maar niet aangetroffen.

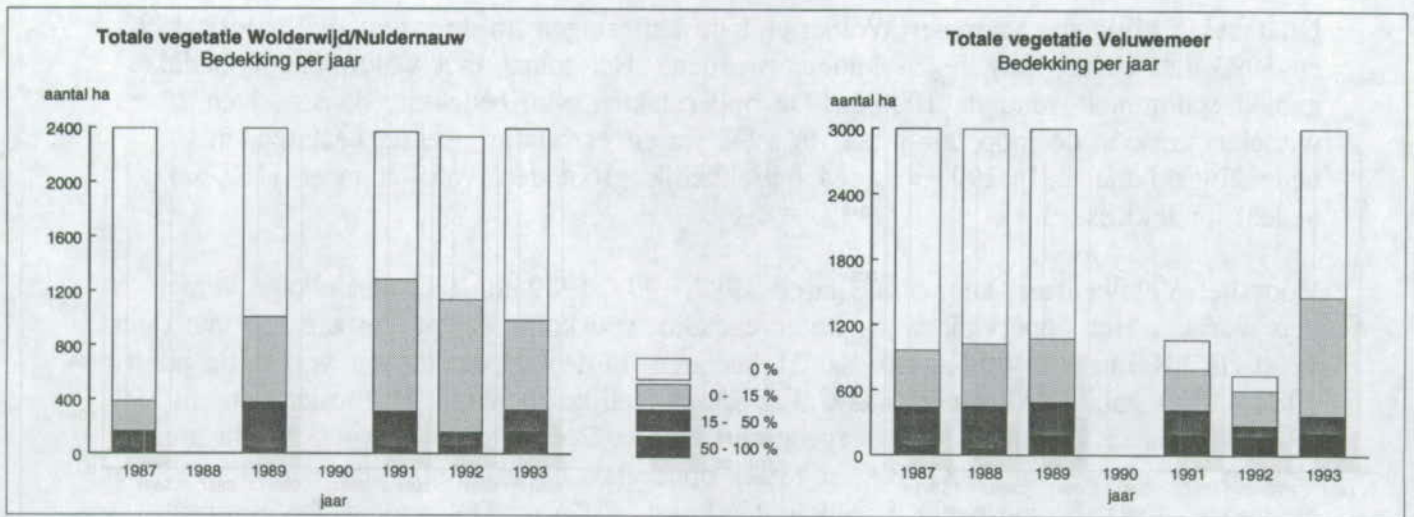
Uit tabel 5 blijkt dat voor het Wolderwijd de karteringen in de jaren 1989, 1991, 1992 en 1993 met elkaar vergeleken kunnen worden. Het totaal met waterplanten bedekte gebied schommelt rond de 1000 ha. De oppervlakten van bedekkingsklasse 1 en 2 wisselen sterk in de loop der jaren. In 1992 waren er relatief weinig hectaren met bedekkingsklasse 2. In 1993 was een betrekkelijk groot deel van het meer (162 ha) bedekt met klasse 3.

Voor het Veluwemeer kunnen de jaren 1987, 1988, 1989 en 1993 met elkaar vergeleken worden. Het oppervlak waar watervegetatie voorkomt neemt gestaag toe van circa 1000 via 1100 naar 1400 ha. Het aantal hectaren in de laagste klassen was in de jaren 1987 - 1989 stabiel. Alleen in klasse 3 is een duidelijke toename te constateren. In 1993 was klasse 1 relatief sterk toegenomen, klasse 2 nam af en klasse 3 handhaafde zich op het niveau van 1989. Bij het totaal oppervlak bedekt door klasse 1 (0 - 15%) is het mogelijk dat bijvoorbeeld Schedefonteinkruid (5%) en Doorgroeid fonteinkruid (5%) beiden in klasse 1 op dezelfde lokatie aanwezig zijn. Dit verklaart waarom de totale oppervlak bedekt door vegetatie dus lager uitvalt dan de som van de klassen van de afzonderlijke soorten. Om de resultaten uit tabel 6 wat overzichtelijker te presenteren zijn van de watervegetatie in het geheel en van de belangrijkste soorten de gegevens in de figuren 3, 4, 5 en 6 vastgelegd.

Uit tabel 6 blijkt dat in de periode van 1987- 1989 Schedefonteinkruid en Doorgroeid fonteinkruid de twee meest voorkomende soorten waterplanten in beide gebieden waren. Eveneens blijkt dat in jaren 1990 en 1991 het areaal (dichtbegroeide) fontein-kruidenvelden sterk is afgenomen, terwijl het areaal kranswieren sterk toenam. Dit proces manifesteerde zich eerst in (1987) en 1989-1991 in het Veluwemeer terwijl het zich in het Wolderwijd pas in 1991-1993 voltrok.

In figuur 3a is de oppervlakte bedekt door watervegetatie per klasse in het Wolderwijd tijdens de waterplantenkarteringen weergegeven. De totale oppervlakte van het meer (exclusief havens en vaargeulen) was bijna 2400 ha. De gestapelde balken geven aan welk deel van het meer in kaart gebracht is. In 1988 is in het geheel niet gekarteerd en in 1990 is slechts de oppervlakte van de afzonderlijke soorten in kaart gebracht. In 1991 was ongeveer de helft (1200 ha) van het totale oppervlak bedekt door watervegetatie met een bedekking van 0-100%. In de andere jaren was dit minder. In 1993 was een relatief groot deel bedekt met klasse 3 (50-100%).

Figuur 3b toont aan dat in het Veluwemeer in 1990 de oppervlakte die bedekt was door watervegetatie in het algemeen, niet in kaart gebracht is, en dat in de jaren 1991 en 1992 slechts het noordelijke deel gekarteerd is. De jaren 1987, 1988 en 1989 komen uitwendige bedekking (ca. 1000 ha) redelijk met elkaar overeen. In 1989 was een groter deel bedekt door klasse 3. Ondanks de beperkte karteringen in 1991 (ca. 1050 ha) en 1992 (ca. 700) is toch te zien dat de hoogste bedekkingsklassen meer voorkwamen dan in de jaren 1987-1989. De oppervlakten met klasse 2 en 3 zijn voor 1991, 1992 en 1993 vergelijkbaar. De laagste bedekkingen (klasse 1 en 0) waren in 1991 en 1992 ten opzichte van de andere jaren relatief duidelijk ondervertegenwoordigd. In het noordelijke deel kwamen in vergelijking met het zuidelijke deel meer dichte watervegetaties voor. Uit de gegevens van 1993 blijkt dat ten opzichte van vergelijkbare karteringen in 1987-1989 meer klasse 1 en 3, en minder klasse 0 en 2 voorkwamen.



Figuur 3a,b:

Bedekking door watervegetatie in het Wolderwijd (3a) en het Veluwemeer (3b) in 1987 - 1993.

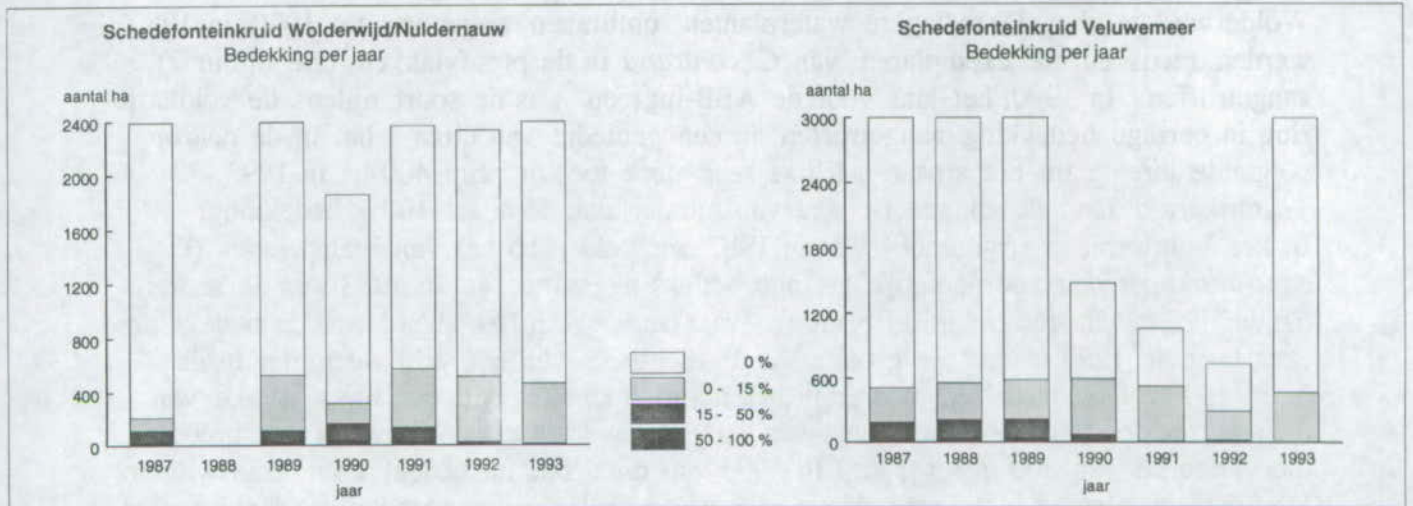
Schedefonteinkruid

Figuur 4a laat zien dat het gebied dat bedekt is met Schedefonteinkruid in de loop der jaren (vanaf 1989) schommelt rond de 500 ha (zoals reeds vermeld zijn de karteringen van 1987 en 1990 niet goed vergelijkbaar omdat bepaalde gebieden niet gekarteerd zijn). Na de ABB-ingreep in 1991 is een geringe toename van het aantal bedekte hectaren te constateren. Het aantal hectaren met bedekkingen van 15 - 100% was echter in 1992 sterk afgenomen en in 1993 kwamen hoge bedekkingen zelfs niet meer voor. Figuur 4b vertoont voor het Veluwemeer een vergelijkbaar beeld met de voorgaande figuur. Ook hier schommelt in de periode van 1987 - 1993 het aantal hectaren dat bedekt is door Schedefonteinkruid rond 500. In dit meer zette het teruglopen van de hogere bedekkingen reeds in 1990 in.

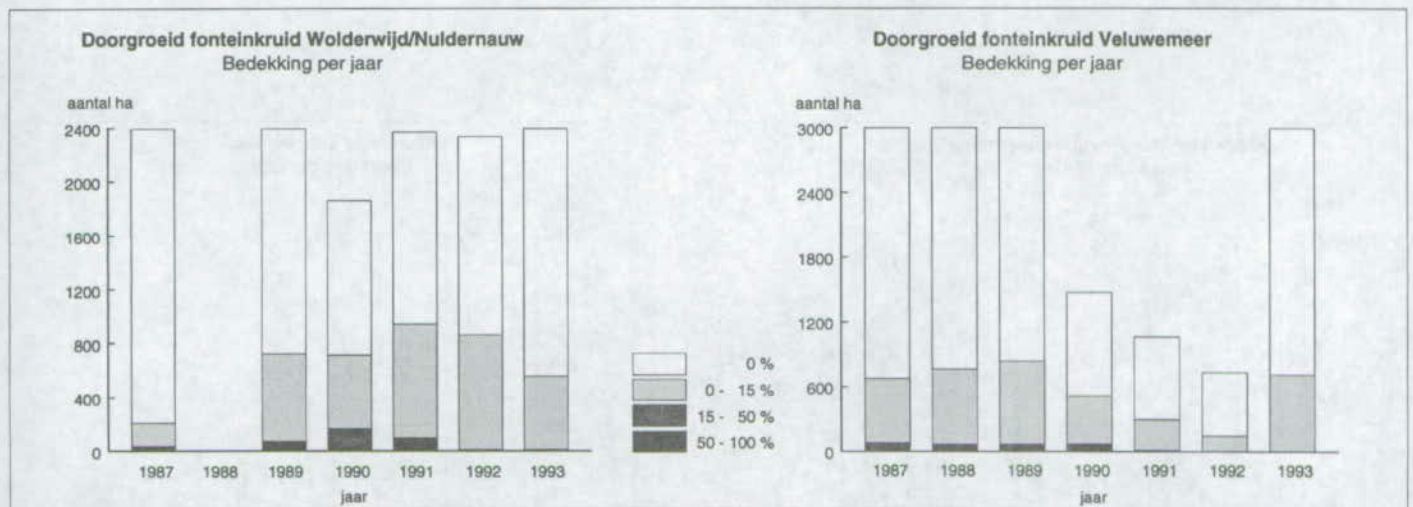
Doorgroeid fonteinkruid

Figuur 5a laat zien dat het aantal hectaren dat bedekt is met Doorgroeid fonteinkruid in het Wolderwijd in de periode 1989 - 1993 ongeveer 800 ha was. Voor deze soort was 1991 nog een relatief goed jaar. Waar in de jaren voor en kort na de ABB-ingreep nog hoge bedekkingen voorkwamen, ontbraken deze in de jaren daarna geheel of gedeeltelijk. In 1992 en 1993 ontbreken bedekkingen hoger dan 50% geheel.

Uit figuur 5b blijkt dat in het Veluwemeer de oppervlakte bedekt door Doorgroeid fonteinkruid voor de methodisch vergelijkbare jaren vrij constant was. Op ongeveer 700 hectaren kwam de soort voor, de dichtheid nam in de loop der jaren af. De verminderde oppervlakten in 1991 en 1992 zijn te wijten aan het feit, dat alleen het noordelijke deel en dus een kleiner oppervlak is gekarteerd.



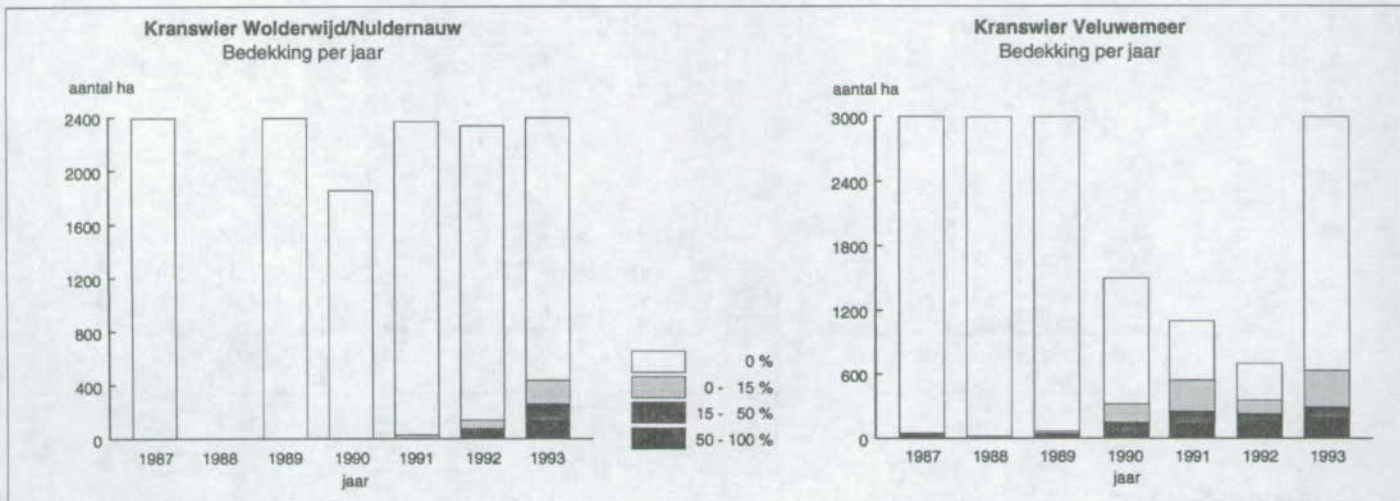
Figuur 4a,b:
Bedekking door Schedefonteinkruid in het Wolderwijd (4a) en het Veluwemeer (4b) in 1987 - 1993.



Figuur 5a,b:
Bedekking door Doorgroeid fonteinkruid in het Wolderwijd (5a) en het Veluwemeer (5b) in 1987 - 1993.

Kranswieren

In figuur 6a is de spectaculaire toename aan bedekking door kranswieren in het Wolderwijd te zien. Deze lagere waterplanten ontbraken nagenoeg tot 1990. In 1989 werden reeds enkele exemplaren van *C. contraria* in de proefvlakken (zie figuur 2) aangetroffen. In 1990, het jaar vóór de ABB-ingreep was de soort tijdens de veldkartering in geringe bedekking aangetroffen in een gebiedje van circa 1 ha. In de daarop volgende jaren nam het areaal jaarlijks zeer sterk toe tot ruim 400 ha in 1993. Tegelijkertijd nam de abundantie toe van minder dan 15% tot 100% bedekking. In het Veluwemeer (figuur 6b) was in 1987 een veld (116 ha) van kranswieren (*C. contraria*) met een voornamelijk geringe bedekking aanwezig. In 1988 was de soort nauwelijks te vinden, en op de plaatsen waar ze aangetroffen werd was de bedekking zeer laag. In 1989 namen de grootte en de dichtheid van het veld weer toe. In de jaren 1990 tot en met 1993 was er in het noordelijke deel van het meer sprake van dichtbegroeide "Chara-weiden" met een lengte van omstreeks 10 km en een breedte die varieerde van 300 m tot 1 km. In 1993 was circa 650 ha bedekt door kranswieren. Doordat de lokaties met kranswieren zich grotendeels in het noordelijke deel van het Veluwemeer bevonden, is ook in 1990, 1991 en 1992 een vrij volledig beeld van het totale areaal van de kranswieren beschikbaar.



Figuur 6a,b:

Bedekking door kranswier (*Chara contraria*) in het Wolderwijd (6a) en het Veluwemeer (6b) in 1987 - 1993.

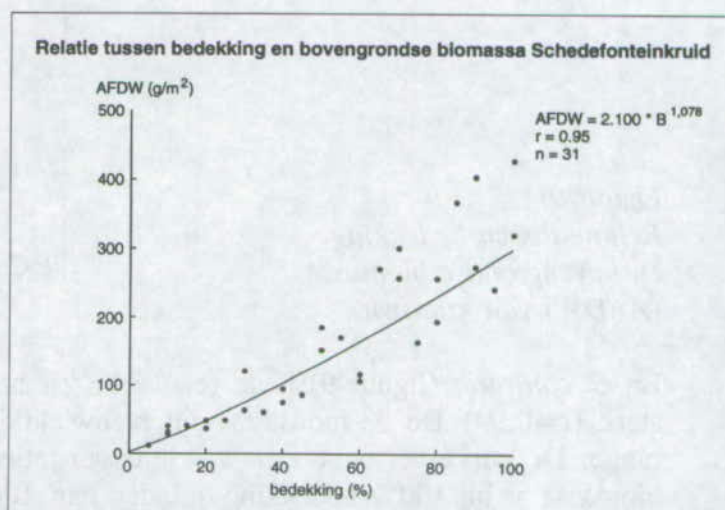
De overige soorten

Tenger fonteinkruid komt in het Wolderwijd in vergelijking met Schedefonteinkruid in geringe mate voor en dan ook nog in lage bedekkingen. In het Veluwemeer en Wolderwijd speelde Tenger fonteinkruid in de jaren 1989 - 1992 een begeleidende rol. De soort kwam veelvuldig in lage bedekkingen voor. In 1993 was Tenger fonteinkruid in het Veluwemeer vrijwel verdwenen. Aarvederkruid nam in het Veluwemeer tot aan 1991 flink toe. Aarvederkruid en Smalle waterweegbree kwamen niet in het Wolderwijd voor. Voor de soorten Gekroesd fonteinkruid, Zittende zannichellia, Smalle waterpest, Brede waterpest, darmwier, Waternetje en Veenwortel geldt dat ze in beide meren per jaar in wisselende doch lage bedekkingen voorkwamen en soms zelfs ontbraken. Draadwier en darmwier kwamen in het Wolderwijd in de jaren 1991 en 1992 juist na de ABB-ingreep in wat hogere bedekkingen voor. Smalle waterweegbree kwam alleen voor in het Veluwemeer, maar was dikwijls over het hoofd gezien tijdens de kartering van de ondergedoken waterplanten. Doordat ze in (zeer) lage dichtheden voorkwamen is het beeld van de overige soorten vrij onvolledig.

3.2 Relatie tussen bedekking en biomassa

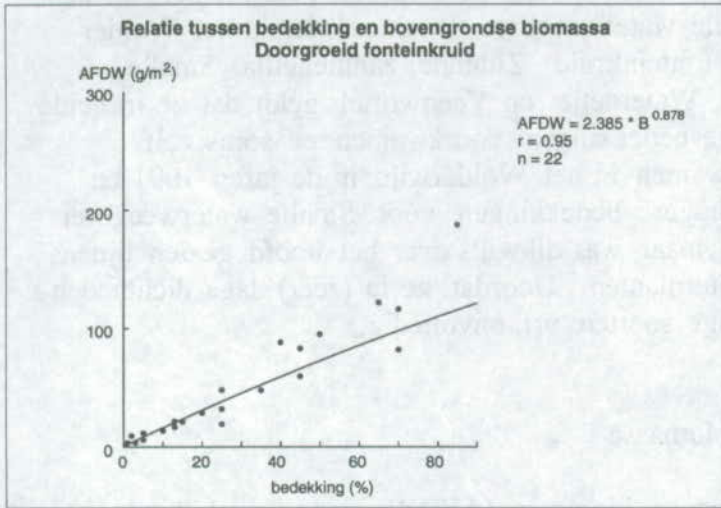
Relaties tussen bedekking en bovengrondse biomassa (AFDW) voor verschillende soorten

In de figuren 7 t/m 11 zijn voor Schedefonteinkruid, Doorgroeid fonteinkruid, kranwier (*C. contraria*), Aarvederkruid en Smalle waterweegbree relaties tussen bedekking en bovengrondse biomassa (AFDW) weergegeven. De vergelijkingen van de exponentiële functies zijn verkregen door dubbel-logaritmische transformatie van de betrokken variabelen (AFDW en bedekkingspercentage). De exponentiële relatie tussen bedekkingspercentage en AFDW kan verklaard worden doordat de biomassa bij een hogere bedekking (oppervlakte) ook in de hoogte zal toenemen. De biomassa is in dit geval een soort inhoudsmaat van de vegetatie.



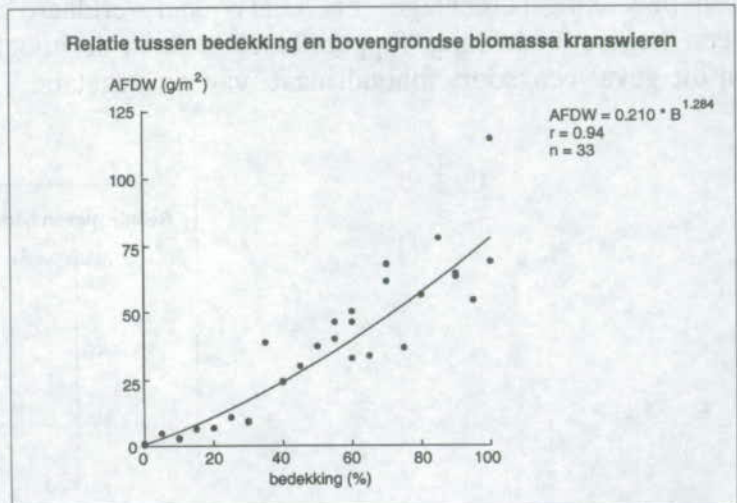
Figuur 7:
Relatie tussen bedekking
en bovengrondse biomassa
(AFDW) van Schedefonteinkruid.

De relatie tussen bedekking en bovengrondse biomassa van Schedefonteinkruid is weergegeven in figuur 7. De correlatiecoëfficiënt is hoog (0.95), hetgeen duidt op een sterke relatie tussen bedekking en biomassa. De vergelijking is gebaseerd op 31 monsters die verspreid genomen zijn over de verschillende bedekkingspercentages. Bij maximale bedekking is de biomassa ruim 300 g AFDW/m².



Figuur 8:
Relatie tussen bedekking en
bovengrondse biomassa
(AFDW) van Doorgroeid
fonteinkruid.

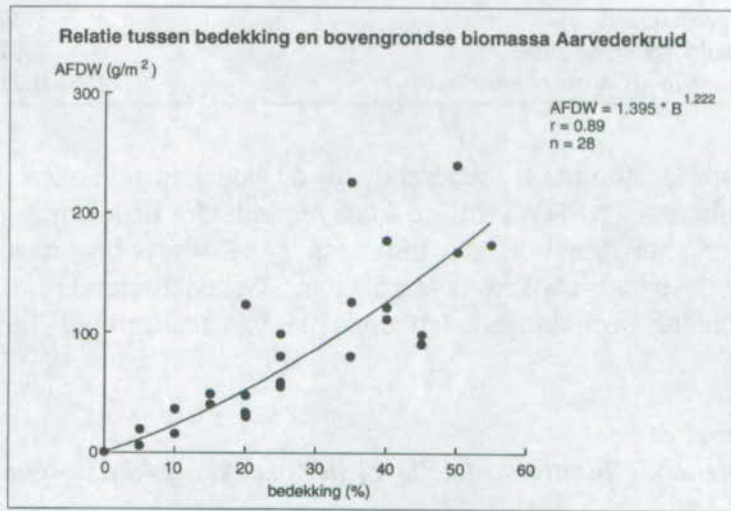
Figuur 8 toont de exponentiële relatie tussen bedekking en bovengrondse biomassa voor Doorgroeid fonteinkruid. De relatie is gebaseerd op 22 monsters met bedekkingen die voornamelijk onder de 50% lagen. De grafiek ($r=0.91$) is bij hogere bedekkingen boven de 50% minder betrouwbaar dan bij lagere bedekkingen.



Figuur 9:
Relatie tussen bedekking
en bovengrondse biomassa
(AFDW) van kranzwier

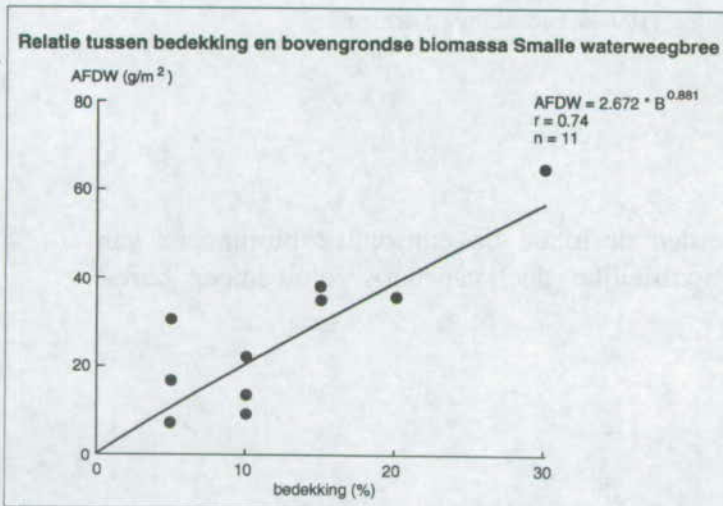
Bij *C. contraria* (figuur 9) is de relatie tussen bedekking en bovengrondse biomassa sterk ($r=0.94$). De 33 monsters zijn evenwichtig verspreid over de gehele bedekkingsrange. De curve vertoont een weinig exponentieel karakter. De bovengrondse biomassa is bij 100% bedekking minder dan 100 g AFDW/m².

Voor Aarvederkruid (figuur 10) is de relatie tussen bedekking en bovengrondse biomassa vrij sterk ($r=0.89$). De 28 monsters kwamen allen uit veldjes met bedekkingpercentages tussen de 0 en 55%. Slechts dit gebied is dus interpreteerbaar. Bij een bedekking van 50% is er een bovengrondse biomassa van ruim 165 g AFDW/m².



Figuur 10:
Relatie tussen bedekking
en bovengrondse biomassa
(AFDW) van Aarvederkruid.

Figuur 11 toont aan dat voor de grafiek van Smalle waterweegbree slechts 11 monsters genomen zijn, allen met lage bedekkingen. De correlatie is significant ($r=0.74$) maar is niet erg sterk.



Figuur 11:
Relatie tussen bedekking
en bovengrondse biomassa
(AFDW) van Smalle water-
weegbree.

Tabel 7:

Regressiefuncties van bedekking (B, %) en bovengrondse biomassa (W, g AFDW/m²).

soort	regressiefunctie
Schedefonteinkruid	$W = 2.100 * B^{1.078}$
Doorgroeid fonteinkruid	$W = 2.385 * B^{0.878}$
Aarvederkruid	$W = 1.395 * B^{1.222}$
Smalle waterweegbree	$W = 2.672 * B^{0.881}$
kranswier (<i>Chara contraria</i>)	$W = 0.210 * B^{1.284}$

Voor de biomassa behorend bij de bedekkingsklassen 1 - 3 werd uit deze functies de biomassa (AFDW) bij de klassgemiddelde bedekking (resp. 7.5 % , 32.5 % en 75 %) berekend (tabel 8). De biomassa (AFDW) is bij kranswier duidelijk een stuk lager dan bij de ondergedoken waterplanten. Schedefonteinkruid en Aarvederkruid hebben bij dichtere bedekkingen ten opzichte van Doorgroeid fonteinkruid een hoger biomassa.

Tabel 8:

Berekende biomassa (AFDW) per bedekkingsklasse (g/m²).

soort	klasse 1	2	3
Schedefonteinkruid	18.4	89.5	220.6
Doorgroeid fonteinkruid	14.0	50.7	105.6
Aarvederkruid	16.4	98.2	nb
Smalle waterweegbree	15.8	57.4	nb
kranswier (<i>Chara contraria</i>)	2.8	18.3	53.7*

nb Klasse 3 valt buiten het extrapoleerbare gebied.

* Met name voor kranswier lijkt dit een onderschatting op te leveren, omdat kranswieren klasse 3 vaak bodembedekkende vegetaties (100 % bedekking) vormen.

3.3 Biomassa per meer

Uit de gegevens in de tabellen 5 en 8 werden de totale bovengrondse biomassa's van waterplanten in het Wolderwijd en het (noordelijke deel van het) Veluwemeer berekend. Deze staan in tabel 9.

Tabel 9:

Berekende bovengrondse biomassa (AFDW) in tonnen per soort en voor de totale watervegetatie per meer.

Tonnen bovengrondse biomassa g AFDW/m ² in het Wolderwijd/Nuldernauw (in 1987 en 1990 slechts ten dele en in 1988 niet gekarteerd).					Tonnen bovengrondse biomassa g AFDW/m ² in het Veluwemeer (in 1990, 1991 en 1992 is slechts het noordelijke deel in kaart gebracht).				
jaar	SF	DF	KW	totaal	SF	DF	KW	AV	totaal
1987	138	45	0	183	247	139	14	0	400
1988					308	135	0	5	448
1989	203	131	0	334	306	145	6	25	482
1990	218	174	0	392	168	100	54	72	394
1991	229	172	1	402	107	45	96	105	353
1992	115	125	33	273	68	20	100	50	238
1993	94	82	101	277	90	101	135	62	388

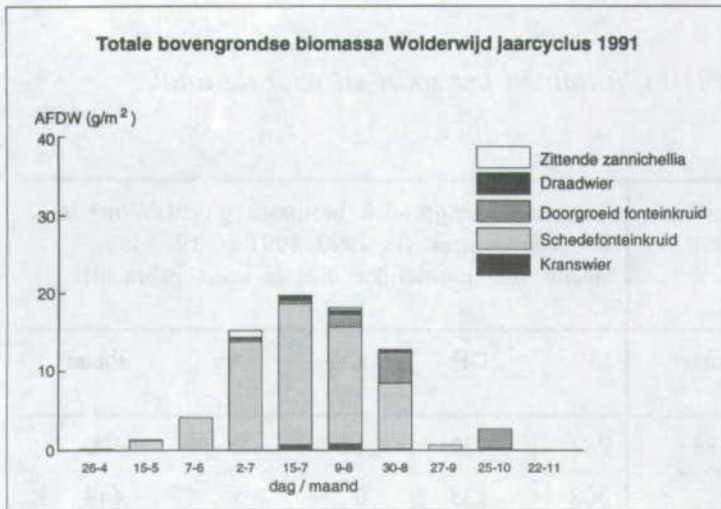
SF = Schedefonteinkruid, DF = Doorgroeid fonteinkruid, KW = kranswier (*Chara contraria*), AV = Aarvederkruid. Voor het totaal is slechts gerekend met de kwantitatief belangrijkste soorten.

3.4 Biomassaverloop in het groeiseizoen

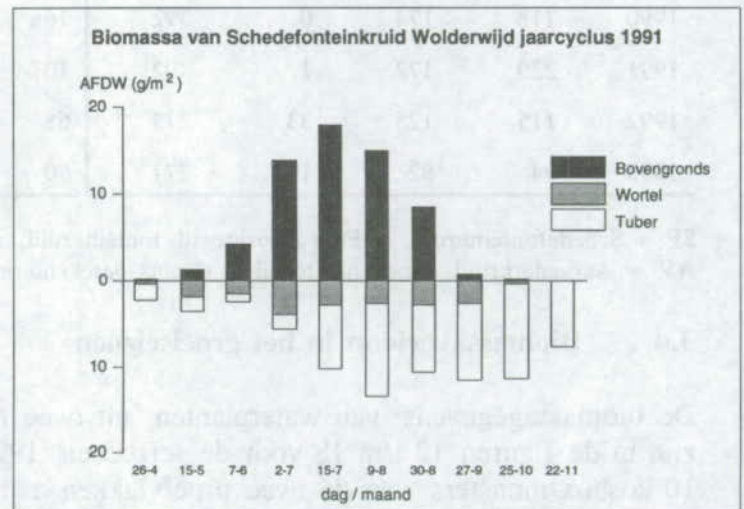
De biomassagegevens van waterplanten uit twee met elkaar vergelijkbare proefvlakken zijn in de figuren 12 t/m 18 voor de seizoenen 1991, 1992 en 1993 gepresenteerd. De 10 kosbox-monsters van de twee proefvlakken zijn gemiddeld en per datum gepresenteerd. De totale aanwezige bovengrondse biomassa van de watervegetatie is weergegeven. Daarnaast worden de meest voorkomende soorten apart gepresenteerd.

Jaarcyclus 1991

Figuur 12 en 13 geven de resultaten weer van de bemonstering van de proefvlakken in het Wolderwijd in 1991. Figuur 12 toont de resultaten voor de totale watervegetatie en figuur 13 die voor Schedefonteinkruid. In alle proefvlakken was Schedefonteinkruid met een bedekking van klasse 2 (15-50%) de dominante soort. Doorgroeid fonteinkruid was in klasse 1 (0-15% bedekking) aanwezig. Doorgroeid fonteinkruid vormde in augustus een maximale bovengrondse biomassa van 4 g AFDW/m². De overige soorten (kranswier, Gekroesd fonteinkruid, Tenger fonteinkruid, Zittende zannichellia en waterpest) waren aanwezig maar leverden geen substantiële bijdrage (< 1 g AFDW/m²) aan de totale biomassa. Uit figuur 13 blijkt dat op 19 juli de hoogste bovengrondse biomassa aan Schedefonteinkruid (18 g AFDW/m²) aangetroffen werd, terwijl begin september vrijwel alles verdwenen was. Begin juli was de hoogste wortelbiomassa aanwezig. Deze nam in de loop van het seizoen geleidelijk af. De tuberbiomassa was het minst in juni en liep in augustus sterk op tot 10 g AFDW/m².



Figuur 12:
Totale vegetatie jaarcyclus
Wolderwijd 1991.

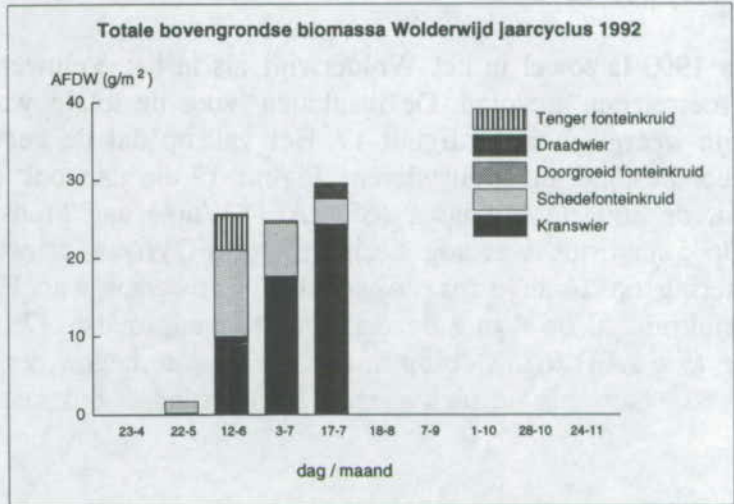


Figuur 13:
Schedefonteinkruid
jaarcyclus Wolderwijd 1991.

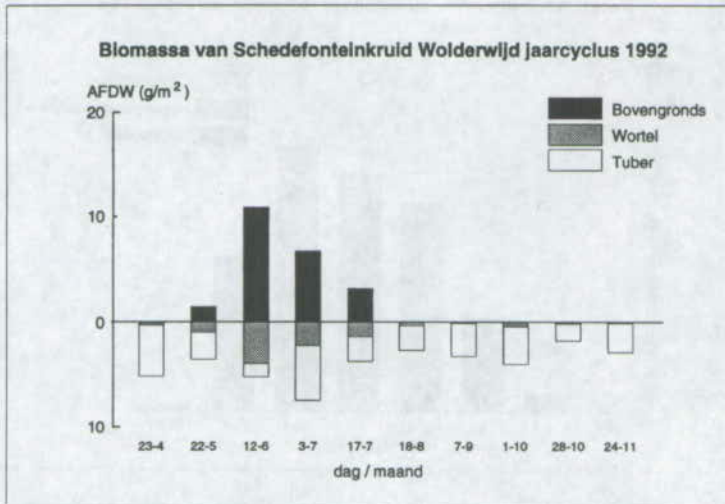
Jaarcyclus 1992

Het verloop van de biomassa van de waterplanten in de monsters van 1992 is weergegeven in figuur 14. De hoogste biomassa werd gevonden op 17 juli, terwijl reeds op 18 augustus alle waterplanten verdwenen waren.

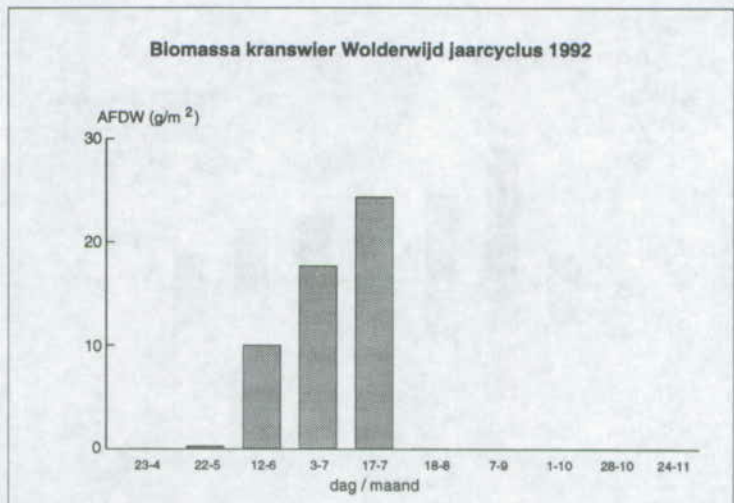
Het hoofdbestanddeel van de watervegetatie bestond in het voorjaar uit Schedefonteinkruid (11 g AFDW/m²) (zie ook figuur 15); later in het jaar werd deze rol overgenomen door kranswieren (*C. contraria*) (24.5 g AFDW/m²) (zie ook figuur 16). Draadwier, darmwier, Doorgroeid fonteinkruid, Tenger fonteinkruid en waterpest speelden een ondergeschikte rol. Uit figuur 15 wordt duidelijk dat het verloop van de wortelbiomassa ongeveer parallel liep aan die van de bovengrondse biomassa. De tuberbiomassa nam af tijdens het toenemen van de bovengrondse biomassa, en nam kort daarna weer toe. In juni nam de biomassa van de kranswieren snel toe (figuur 16). Na de piek op 17 juli is de soort tijdens de bemonsteringen niet meer aange troffen.



Figuur 14:
Totale vegetatie jaarcyclus Wolderwijd 1992.



Figuur 15:
Schedefonteinkruid jaarcyclus Wolderwijd 1992.

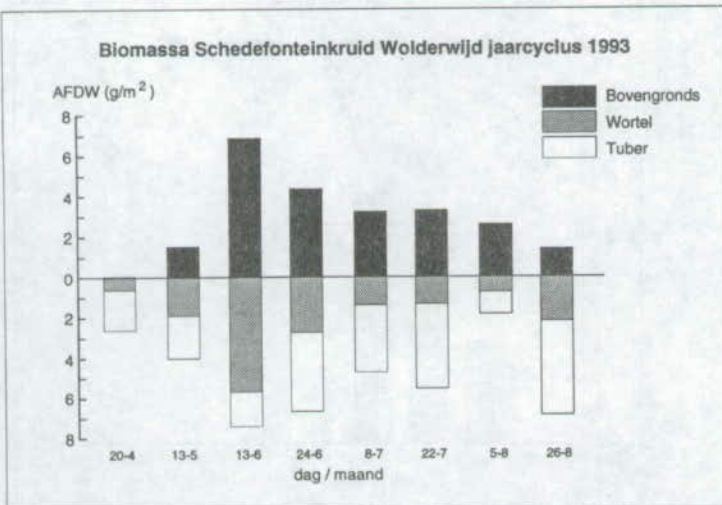
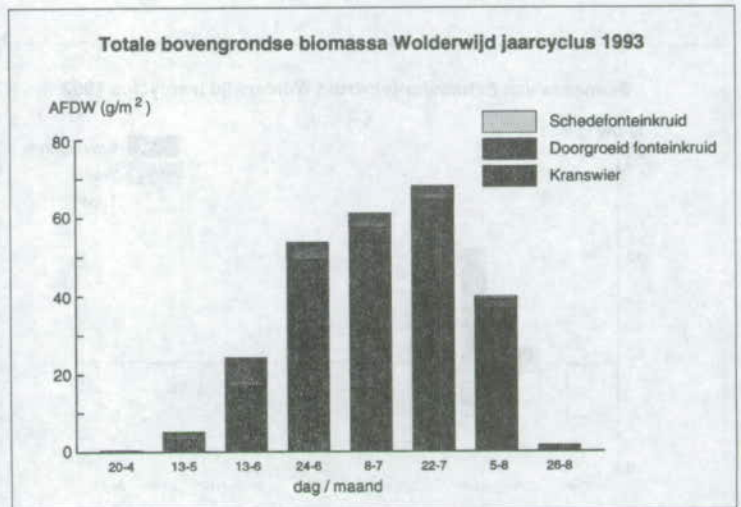


Figuur 16:
Kranswier (*Chara contraria*) jaarcyclus Wolderwijd 1992.

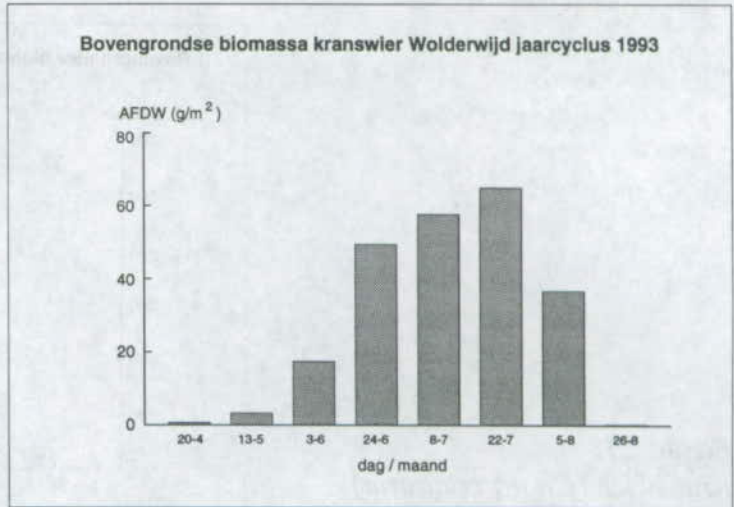
Jaarcyclus 1993

In 1993 is zowel in het Wolderwijd als in het Veluwemeer de biomassa tijdens het groeiseizoen gevolgd. De resultaten voor de totale watervegetatie in het Wolderwijd zijn weergegeven in figuur 17. Het valt op dat de vegetatie voor verreweg het grootste deel bestond uit kranswieren. Figuur 19 die dan ook sterk lijkt op figuur 17, laat zien dat de hoogste biomassa (65 g AFDW/m²) aan kranswieren gevonden werd op 22 juli. Op 5 augustus was nog slechts 37 g AFDW/m² aanwezig, terwijl tijdens de bemonstering op 24 augustus vrijwel alles verdwenen was. Figuur 18 geeft aan dat Schedefonteinkruid al op 3 juni de maximale bovengrondse (7 g AFDW/m²) en ook ondergrondse (5 g AFDW/m²) biomassa had. Daarna begon een geleidelijk afname. De tuberbio-massa nam na de piek van de bovengrondse biomassa toe.

*Figuur 17:
Totale vegetatie jaarcyclus
Wolderwijd 1993.*

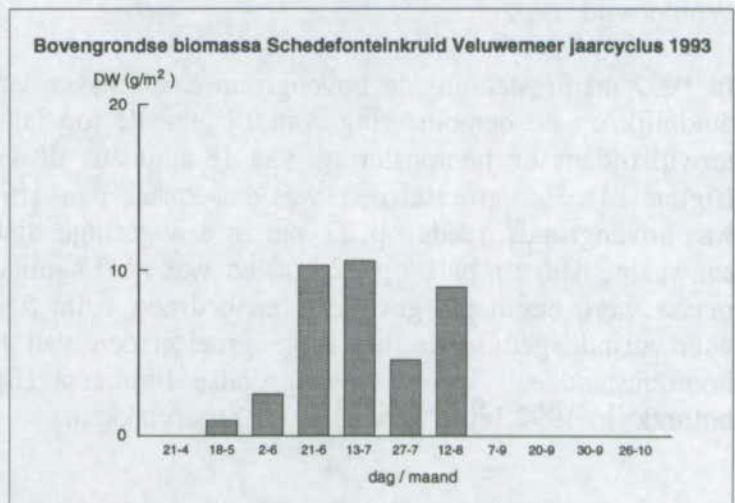


*Figuur 18:
Schedefonteinkruid jaarcyclus
Wolderwijd 1993.*



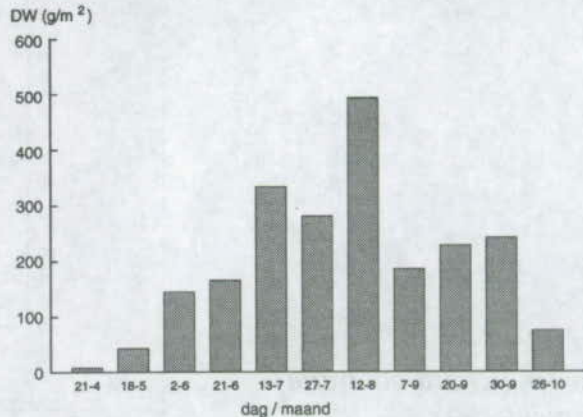
Figuur 19:
Kranswier (*Chara contraria*)
Wolderwijd 1993.

In 1993 is in het kader van kranswieronderzoek in het Veluwemeer onderzoek gedaan naar het biomassaverloop (alleen DW) van kranswieren en Schedefonteinkruid tijdens het groeiseizoen. De gegevens zijn deels met een kosbox en deels met een steekbuis verzameld, en zijn daardoor onderling niet geheel vergelijkbaar. Wel geven de resultaten een inzicht in het bovengrondse biomassaverloop. Figuur 20 toont aan dat rond 13 juli de maximale biomassa (10 g DW/m²) in een Schedefonteinkruidveld aanwezig was, terwijl na 12 augustus de Schedefonteinkruidvegetatie was ingestort. Het verloop van een nabij gelegen kranswiervegetatie bereikte juist haar piek op 12 augustus (ruim 500 g DW/m²) (figuur 21). Zelfs op 21 oktober was nog een deel van de bovengrondse vegetatie aanwezig. Het groeiseizoen van kranswieren is veel langer (meer dan 5 maanden) dan het groeiseizoen van Schedefonteinkruid (circa 3 maanden).



Figuur 20:
Schedefonteinkruid jaarcyclus
Veluwemeer 1993.

Bovengrondse biomassa kranswieren Veluwemeer jaarcyclus 1993



Figuur 21:
Kranswier (Chara contraria)
Veluwemeer 1993.

De lengte van het groeiseizoen

Uit de figuren 12 - 21 blijkt dat de lengte van het groeiseizoen van jaar tot jaar kan verschillen.

Wolderwijd 1991

In de proefvlakken van het Wolderwijd stonden in 1991 gedurende ruim 3½ maand bovengrondse delen van waterplanten (Schedefonteinkruid) in een bedekking van minimaal 4 g AFDW/m². De piek (ca. 20 g AFDW/m²) van de bovengrondse biomassa lag rond half juli. Doorgroeid fonteinkruid is weinig aangetroffen (maximaal 4 g AFDW/m²). Overigens was op 25 oktober nog 2.5 g AFDW/m² Doorgroeid fonteinkruid aanwezig (figuur 12). De maximale tuberbiomassa van Schedefonteinkruid (bijna 11 g AFDW/m²) was op 9 augustus al aanwezig (figuur 13).

Wolderwijd 1992

In 1992 manifesteerde de bovengrondse biomassa van de watervegetatie zich pas duidelijk op de bemonstering van 12 juni, de top lag op 17 juli (30 g AFDW/m²) terwijl tijdens de bemonstering van 18 augustus de vegetatie geheel verdwenen was (figuur 14). Het groeiseizoen was dus korter dan 1,5 - 2 maanden. Schedefonteinkruid was bovengronds reeds op 22 mei in een geringe dichtheid van 1,5 g AFDW/m² aanwezig, had z'n piek op 12 juni en was na 17 juli verdwenen. De maximale tuberbiomassa werd begin juli gevonden en bedroeg ruim 5 g AFDW/m² (figuur 15). Kranswier vormde gedurende het korte groeiseizoen van 12 juni tot en met 17 juli het hoofdbestanddeel van de bovengrondse biomassa (figuur 16). Doorgroeid fonteinkruid ontbrak in 1992 bijna geheel in de proefvlakken.

Wolderwijd 1993

Begin juni was er reeds meer dan 20 g AFDW/m² watervegetatie aanwezig, terwijl de piek van bijna 70 g AFDW/m² pas 22 juli gemeten werd (figuur 17). Begin augustus was de biomassa tot bijna tweederde gereduceerd, terwijl eind augustus vrijwel alles verdwenen was. Het groeiseizoen had ongeveer 3 maanden geduurd. Schedefonteinkruid was gedurende deze hele periode in geringe hoeveelheden aanwezig. De bovengrondse biomassa piek (7 g AFDW/m²) was begin juni al aanwezig, terwijl eind juni nog of alweer 4 g AFDW/m² aanwezig was (figuur 18). Het biomassaverloop van de dominante soort (*C. contraria*) (figuur 19) vertoonde vrijwel een zelfde verloop als de totale vegetatie (figuur 17).

Veluwemeer 1993

Uit figuur 20 blijkt dat de lengte van het groeiseizoen voor Schedefonteinkruid in het Veluwemeer liep van 18 mei tot en met 12 augustus. De piek van het groeiseizoen lag rond eind juni tot half juli. Uit figuur 21 blijkt dat het groeiseizoen voor kranwier in het Veluwemeer liep van einde april tot en met eind oktober. De lengte van het groeiseizoen was dus een half jaar. De hoogste biomassa (circa 95 g AFDW/m²) werd aangetroffen op 12 augustus.

3.5 Trends in oppervlaktes en biomassa's van waterplantensoorten in het Wolderwijd en Veluwemeer tussen 1987 en 1993.

Uit tabel 10 valt af te lezen dat de soortenrijkdom in het Wolderwijd varieert van 9 tot 12 soorten. De resultaten van 1987 zijn niet goed vergelijkbaar met de andere jaren, omdat toen geen uitgebreide veldkartering heeft plaatsgevonden. Voor de berekening van de inwendige bedekking van de totale watervegetatie is de gemiddelde bedekking per klasse genomen (voor klasse 1 7.5 %, voor klasse 2 32.5 % en voor klasse 3 75 %). Deze percentages zijn vermenigvuldigd voor het aantal waargenomen hectaren per klasse. Vervolgens zijn de drie getallen van de verschillende klassen opgeteld. De uitwendige bedekking gaat uit van het aantal hectaren wat bedekt is door watervegetatie ongeacht de dichtheid van de bedekking. Het valt op dat er in 1993 t.o.v. de voorafgaande jaren iets minder uitwendige bedekking was, maar meer inwendige bedekking. Het dichte kranwieveld was hiervoor verantwoordelijk. De totale watervegetatie (AFDW) was lager in 1992 en 1993 dan in de voorafgaande jaren. Dit heeft te maken met het relatief grote verschil tussen DW en het AFDW bij kranwieren.

Tabel 10:

Overzicht van veranderingen in soortenrijkdom, bedekking en bovengrondse biomassa (AFDW) van waterplanten (Schedefonteinkruid (SF), Doorgroeid fonteinkruid (DF) en kranwier (KW)) in het Wolderwijd, 1987 t/m 1993; in 1988 zijn geen gegevens verzameld.

jaar	aantal soorten	soort	inwendige bedekking in ha	uitwendige bedekking in ha *	bovengrondse biomassa (AFDW) in tonnen
1987	≥ 2	SF	50	212	138
		DF	27	212	45
		KW			
		som	77	> 386	183
1989	10	SF	76	527	203
		DF	75	721	131
		KW			
		som	151	1006	334
1990	9	SF	79	321	218
		DF	105	713	174
		KW		1	
		som	184	> 886	392
1991	12	SF	86	575	229
		DF	98	944	172
		KW	2	28	1
		som	186	1287	402
1992	12	SF	46	518	115
		DF	68	860	125
		KW	51	141	33
		som	164	1137	273
1993	10	SF	38	468	94
		DF	44	556	82
		KW	156	438	101
		som	239	985	277

* De som van de uitwendige bedekking is de niet optelsom van de afzonderlijke soorten. De getallen zijn ontleend aan tabel 5 en vormen de som van de verschillende klassen waar watervegetatie voorkwam.

Tabel 11:

Overzicht van veranderingen in soortenrijkdom, bedekking en bovengrondse biomassa (AFDW) van waterplanten (Schedefonteinkruid (SF), Doorgroeid fonteinkruid (DF), kranswier (KW) en Aarvederkruid (AV)) in het Veluwemeer, 1987 t/m 1993.

jaar	aantal soorten	soort	inwendige bedekking in ha	uitwendige bedekking in ha *	bovengrondse biomassa (AFDW) in tonnen
1987	≥ 2	SF	91	517	247
		DF	83	676	139
		KW	24	116	14
		AV			
		som	198	966	400
1988	nb	SF	113	561	308
		DF	77	762	135
		KW	1	8	
		AV	2	31	5
		som	192	1030	448
1989	10	SF	112	590	306
		DF	82	837	145
		KW	11	63	6
		AV	12	150	25
		som	217	1072	482
1990	9	SF	65	598	168
		DF	58	515	100
		KW	88	349	54
		AV	31	356	72
		som	242	919	394
1991	12	SF	43	528	108
		DF	25	299	45
		KW	154	543	96
		AV	45	529	105
		som	266	787	353
1992	12	SF	27	291	68
		DF	11	143	20
		KW	150	385	100
		AV	23	306	50
		som	211	596	238
1993	10	SF	36	469	90
		DF	54	714	101
		KW	208	694	135
		AV	28	375	62
		som	327	1458	388

* Zie * bij tabel 10.

Uit tabel 11 valt af te lezen dat de soortenrijkdom in het Veluwemeer varieert van 10 tot 12 soorten. Het relatieve verschil tussen de inwendige bedekking en uitwendige bedekking veranderde in de loop der jaren niet veel. Het aantal tonnen AFDW aan biomassa totale watervegetatie in 1993 is ten opzichte van de (methodisch vergelijkbare) voorafgaande jaren niet veel veranderd.

3.6 Samenvattende resultaten

- Kranswiervegetaties (gedomineerd door de soort *C. contraria*) zijn zowel in het Veluwemeer als het Wolderwijd in de periode van 1987 - 1993 sterk toegenomen en vormden dichtbegroeide tapijten op de bodem van de ondiepe delen van beide meren.
- De dichte fonteinkruidvelden van met name Schedefonteinkruid en in mindere mate Doorgroeid fonteinkruid zijn in de periode dat de kranswieren sterk toegenomen zijn, juist sterk afgenomen. Het verspreidingsgebied (uitwendige bedekking) is niet veel veranderd, maar de dichtheid (inwendige bedekking) is sterk afgenomen.
- Draadwieren en darmwieren lijken in de loop der jaren wat te zijn toegenomen.
- Grote veranderingen in de samenstelling van de watervegetatie traden eerst in het Veluwemeer op in 1987. In 1988 waren vrijwel alle kranswieren verdwenen. Maar sinds 1989 nam de uit- en inwendige bedekking van kranswieren sterk toe. Pas in 1992 werd de grote veranderingen in het Wolderwijd waargenomen.
- Qua bedekking speelden kranswier (*C. contraria*), Schedefonteinkruid en Doorgroeid fonteinkruid de belangrijkste rol in het Veluwemeer het Wolderwijd. Alhoewel Aarvederkruid in het Veluwemeer en draad- en darmwier lokaal in het Wolderwijd duidelijk aanwezig waren, speelden deze en de overige aangetroffen soorten een ondergeschikte rol ten opzichte van kranswier, Schedefonteinkruid en Doorgroeid fonteinkruid.
- In de periode van 1990 - 1993 is de uitwendige bedekking van de watervegetatie afgenomen. De oppervlakte met bedekkingsklasse 1 en 2 is iets afgenomen, maar de sterke toename van klasse 3 maakte dat de inwendige bedekking is toegenomen. Het nettoresultaat is dat er in de loop der jaren meer watervegetatie is gekomen. Deze watervegetatie was echter geconcentreerd op een kleinere gebied.
- De piek van het groeiseizoen lag gemiddeld rond half juli en de lengte was 2 tot 3 maanden in het Wolderwijd.
- Het groeiseizoen van waterplanten (voornamelijk kranswieren) was in alle jaren in het Wolderwijd veel korter dan in het Veluwemeer (6 maanden met een piek rond half augustus).
- Aarvederkruid en Smalle waterweegbree komen voor in het Veluwemeer maar niet in het Wolderwijd.
- Het aantal waargenomen soorten waterplanten in het Veluwemeer en het Wolderwijd is in de periode 1990 - 1993 niet toegenomen.
- Er zijn sterke relaties tussen de biomassabepalingen van AFDW, DW en FW gevonden.
- Voor de meeste soorten bestaat er een duidelijke relatie tussen bedekking en biomassa.

4 DISCUSSIE

4.1 Methoden

Vergelijking tussen verschillende karteringsmethoden geeft het volgende algemene inzicht: oriënterende vluchten geven een heel globaal beeld van het voorkomen van lokaties waar waterplanten groeien, zonder verdere kwalitatieve en kwantitatieve details. Deze vluchten zijn belangrijk om aan het begin van het groeiseizoen, voorafgaand aan de veldkartering, een indruk te krijgen van lokaties en het ontwikkelingsstadium van de vegetatie.

Luchtfotokartering geeft kwantificeerbare informatie over de totale vegetatie (Van Oirschot *et al.*, 1989); maar doordat meestal geen onderscheid tussen soorten kan worden gemaakt levert deze methode van kartering zonder aanvullend veldwerk niet de gewenste informatie op. Vergelijking met de veldkartering (zie bijlage 6) bracht aanzienlijke verschillen aan het licht, maar dit kan mede het gevolg zijn van het tijdsverschil tussen de opnames. De vraag is of vergelijking wel echt mogelijk was gezien de afwijkende tijdstippen. Een tweede beperking van luchtfotokartering is de afhankelijkheid van weersomstandigheden en doorzicht. Geschikte condities doen zich niet elk jaar voor en vragen daarom een grote alertheid van de uitvoerenden. Luchtfoto's worden bij de kartering van de water- en oevervegetaties in het gehele IJsselmeergebied gebruikt in het kader van MWTL (landelijk meetnet Rijkswateren) in aanvulling op raaigegevens. Daarbij wordt ernaar gestreefd eenmaal per 4 jaar de Randmeren te fotograferen.

Veldkartering, de meest intensieve methode, levert bevredigende resultaten op. Patronen van afzonderlijke soorten kunnen worden bepaald. De betrouwbaarheid is echter niet goed na te gaan, want de methode is sterk afhankelijk van de waarnemers, de dichtheid van het grid, en de interpolatiemethode van de kaarten. Er zijn tal van mogelijke foutenbronnen aanwezig, zoals de wijze van schatting van de bedekking en de determinatie van soorten. Ook de mate waarin de uit de interpolatie berekende oppervlakten per soort overeenkomen met de werkelijkheid is niet duidelijk. De controlemogelijkheden in het veld zijn echter in de loop der jaren sterk toegenomen. Zo is het sinds 1991 mogelijk om tijdens de veldkartering met behulp van AutoCad de vegetatiegegevens van de verschillende raaien in kaartvorm te presenteren. Eventuele direct zichtbare fouten kunnen ter plekke worden opgespoord en zo mogelijk worden gecorrigeerd. Door het gebruik van het satelliet-plaatsbepalingssysteem dGPS (differential Global Positioning System) is de plaatsbepaling sterk verbeterd. Als gevolg hiervan kon in 1993 het aantal opnamen sterk vergroot worden, hetgeen de nauwkeurigheid van de oppervlakteberekeningen ten goede komt. Hoe groot de nauwkeurigheid in zowel de 'oude' als in de 'nieuwe' situatie is, is echter niet exact bekend.

Een watervegetatie die uiteenvalt in vele kleine pollen waterplanten op korte onderlinge afstand zal bij luchtfotokartering als één geheel met lage dichtheid worden gekarteerd. In de veldkartering zal de gridafstand de oppervlakte bepalen en zullen zeker niet alle pollen opgemerkt dan wel ingemeten worden.

Ondanks de nogal grove benadering lijkt het schatten van de totale biomassa aan waterplanten in de meren zinnig om iets over de betekenis van de vegetatie voor het

ecosysteem te kunnen zeggen. Het is van belang een goede inschatting te kunnen maken van de relatie tussen oppervlakte en dichtheid met de biomassa. Hiertoe zijn in de loop van de jaren verschillende methoden toegepast. Diverse middelen zijn toegepast om biomassa-monsters te nemen: een Kosbox, een steekbuis en een hark. Met een Kosbox en een steekbuis worden zowel boven- als ondergrondse delen bemonsterd, terwijl bij bemonstering met hark slechts een deel van de ondergrondse biomassa oplevert. In verhouding tot een Kosbox (1600 cm²) bemonstert een steekbuis (68 cm²) slechts een klein oppervlak. Er is dan feitelijk een veelvoud van het aantal monsters nodig om een gelijke mate van representativiteit te bereiken. Bovendien zijn fonteinkruiden met een vegetatiestructuur van lange stengels met "uitwaaierende" delen in de bovenste waterkolom, moeilijk met een steekbuis te bemonsteren. Een Kosbox wordt gemakkelijker boven zo'n vegetatie geplaatst. Een alternatief voor het vergroten van het monsteroppervlak is het nemen van meer monsters, hetgeen een tijdrovende bezigheid is. Een ander alternatief is het bemonsteren van een vastomlijnd oppervlak met een hark. Gebleken is dat ook dit de nodige onvolkomenheden oplevert. Het was moeilijk om systematisch het hele oppervlak (1 m²) zo te harken dat vrijwel alle (bovengrondse) vegetatie los kwam. Vervolgens kostte het veel tijd om alle loszwevende delen te verzamelen.

Biomassa kan in verschillende parameters worden uitgedrukt, nl. versgewicht (belangrijk als 'oogstparameter', bijvoorbeeld als waterplanten gemaaid zouden worden), drooggewicht en asvrijdrooggewicht (de beste maat voor de biomassa en belangrijk om de rol van de vegetatie voor de stofbalans, bijv. bij berekeningen aan nutriënten, in uit te drukken). Het bepalen van de totale biomassa (AFDW) zou minder intensief kunnen worden uitgevoerd door deze m.b.v. een correctiefactor uit DW of zelfs AFDW te berekenen.

Het tijdstip van kartering is uiteraard beslissend voor de bepaalde biomassa van een soort binnen het gebied. Daarom is het noodzakelijk de maximale bovengrondse biomassa (per soort verschillend) vast te stellen, door de geschatte biomassa te corrigeren voor het verschil tussen het karteringstijdstip en het tijdstip waarop het werkelijk biomassa-maximum optreedt. Het is nodig daarvoor de seizoenscyclus van afzonderlijke soorten in permanente proefvlakken te volgen. De biomassapijk is duidelijk verschillend per jaar en per gebied, afhankelijk van o.a. de temperatuur en waterkwaliteit in het voorafgaande groeiseizoen en de concurrentie tussen soorten onderling. De berekening van biomassa op meer-niveau aan de hand van bovengenoemde elementen, en de nauwkeurigheid van uitspraken op dit gebied, is een van de punten die nog nadere aandacht verdienen.

In de bijlagen 2, 3, 4 en 5 wordt een aantal methodische aspecten nader uitgewerkt. Voor een betere - statistisch verantwoorde - onderbouwing van biomassabepaling is een nadere analyse nodig.

4.2 De watervegetatie in Veluwemeer en Wolderwijd

De kaarten en biomassagegevens leveren het beeld op van jaar op jaar sterk fluctuerende watervegetaties; er zijn echter ook een aantal duidelijke trends te onderkennen. Zo is de afname van de Schedefonteinkruid en Doorgroeid fonteinkruid en opkomst van soorten als het kranswier *C. contraria*, Aarvederkruid, Smalle waterweegbree in het Veluwemeer en *C. contraria* in het Wolderwijd een duidelijk herkenbare ontwikkeling. De ontwikkeling in beide meren verloopt niet op gelijke wijze en niet tegelijkertijd. Zo ontbreken de soorten Aarvederkruid en Smalle waterweegbree geheel in het Wolderwijd. Daarnaast is de ontwikkeling van 'charaweiden', grote aaneengesloten velden van kranswieren, in het Wolderwijd zeker twee jaar later op gang gekomen dan de sterke toename van de kranswieren die in het Veluwemeer plaatsvond. Binnen de meren zijn er ook duidelijke verschillen. Verschillen in waterdiepte, bodemtype, waterkwaliteit, golfwerking, en mogelijk vraat door watervogels kunnen deze verschillen veroorzaken. In het Veluwemeer is helaas alleen het noordelijk deel jaarlijks gekarteerd. De kranswiervegetatie is in dit deel geconcentreerd. In het Wolderwijd is duidelijk, dat er grote verschillen zijn in deelgebieden: het open Wolderwijd tegenover het smallere Nuldernauw, de ondiepe oudelandzijde (Veluwemassief) tegenover de diepere polderzijde (Flevopolder). Alleen in 1991, het groeiseizoen na de ABB-ingreep, waren er tijdens de heldere periode relatief veel draad- en darmwieren op de ondiepe delen van het Wolderwijd en met name in het Nuldernauw. In 1991 waren in het Veluwemeer echter niet opvallend veel meer draad- en darmwieren aanwezig. In tegenstelling tot voorafgaande jaren zijn in 1992 en 1993 draadwieren aanwezig op de stenen oeverbeschoeiing in kaart gebracht. Dit geeft een enigszins vertekend beeld in vergelijking met andere jaren.

4.3 Zijn de ontwikkelingen van de watervegetatie het gevolg van het gevoerde beheer?

De watervegetatie van het Wolderwijd en het Veluwemeer varieert van jaar tot jaar sterk in samenstelling, oppervlakte en locatie. Deze dynamiek wordt veroorzaakt door verschillen in temperatuur, wind, begrazing door watervogels en kolonisatie van onbegroeide bodem door middel van zaden en tubers (De Redelijkheid & Scheffer, 1990; Scheffer *et al.*, 1992). Tussen 1987 en 1993 is een trendmatige ontwikkeling waarneembaar: een plotselinge toename van de oppervlakte bedekt met kranswieren, in het Veluwemeer vanaf 1989 en in het Wolderwijd vanaf 1991. De totale biomassa aan waterplanten is ongeveer op hetzelfde niveau gebleven. Mogelijk hangt in het Veluwemeer de 'omslag' samen met het doorspoelen met fosfaatarm, calciumrijk polderwater (Van der Molen *et al.*, 1993). In het Wolderwijd is een relatie met het afvissen in het kader van de ABB-maatregelen niet uitgesloten. In ieder geval is het lichtklimaat in het voorjaar als gevolg van deze maatregelen gunstiger voor kranswieren geworden (Van Nes *et al.*, 1992).

Veranderingen van de watervegetatie als gevolg van ABB in de vorm van witvisstandreductie in het Wolderwijd zijn moeilijk te bepalen. Dit is het gevolg van gelijktij-

dig uitvoeren van de ABB-maatregel en het doorspoelen van relatief fosfaatarm en bicarbonaatrijk water viaemaal Lovink.

Grote veranderingen in de samenstelling van de watervegetatie traden eerst in het Veluwemeer op in 1990. Pas in 1992 werd de grote veranderingen in het Wolderwijd en het Nuldernauw waargenomen. Dit duidt erop dat het doorspoelen relatief grote invloed op de watervegetatie heeft.

In andere delen van het IJsselmeergebied treden ook veranderingen in de watervegetatie op (zie 4.5). Dit is waarschijnlijk het gevolg van algemene waterkwaliteitsverbeteringen in de vorm van lagere nutriëntenbelastingen.

In het algemeen lijkt het dat de watervegetatie voor wat betreft areaal en abundantie zich nog steeds uitbreidt. De prognose van de ontwikkeling van de watervegetatie in het IJsselmeergebied volgens Doef *et al.* (1991) (b)lijkt realistisch.

Het kranswierveld in het Veluwemeer lijkt zich in recente jaren uit te breiden naar het Drontermeer en ook naar de zuidelijke delen van het Veluwemeer. Een relatie met het beheer lijkt voor de hand te liggen, waarbij aangetekend moet worden dat ook in andere delen van het IJsselmeergebied (Makkum) een uitbreiding van kranswiervelden optreedt. De kranswierexplosie in het Veluwemeer en Wolderwijd is, zo het zich laat aanzien, nog niet ten einde. Kranswieren vestigden zich namelijk in 1993 op een groot aantal nieuwe lokaties.

4.4 Mogelijke invloed van de veranderende watervegetatie op het watersysteem.

Op grond van de resultaten kan een aantal voor het water- en natuurbeheer relevante gevolgtrekkingen worden gemaakt. De verschuiving van fonteinkruidvegetaties naar kranswiervegetaties kan gevolgen hebben voor de verschillende functies van het water.

De recreatie (surfers, zeilers) kan baat hebben bij een laagblijvende kranswiervegetatie in plaats van de net tot aan het wateroppervlak zwevende fonteinkruidtoppen. Een verdere uitbreiding van de kranswiervegetatie in zuidelijke richting is dan ook wenselijk in beide meren. Versnelde introductie van kranswieren door middel van enten van sporen is mogelijk. Mogelijk kan gericht wegmaaien van fonteinkruiden opkomende kranswiervegetatie bevorderen; duidelijkheid hierover is niet te geven aangezien door de slechte ontwikkeling van Schedefonteinkruid in 1993 een geplande maaiproef niet kon plaatsvinden.

Voor watervogels kan de huidige ontwikkeling grote gevolgen hebben. Door de achteruitgang van Schedefonteinkruid is de productie van tubers, een belangrijke voedselbron voor de Kleine zwaan, in de Randmeren verminderd. Daarentegen zijn kranswieren - mede doordat de biomassa, die tot laat in de herfst aanwezig is, - een voedselbron voor Meerkoeten en Tafeleenden. Krooneenden, die voornamelijk op kranswieren foerageren en in de Gouwzee in verband daarmee sterk zijn toegenomen, zijn ook in het Veluwemeer in 1993 in klein aantal gesignaleerd (Ruiters, 1994).

Door de toegenomen variatie in vegetatiestructuur is ook de diversiteit en dichtheid

van de macrofauna in zowel het Veluwemeer als in het Wolderwijd in enkele jaren tijd toegenomen (Noordhuis *et al.*, in voorbereiding). Ook zijn er enige aanwijzingen dat de visstand onder invloed van de veranderingen in de vegetatie gewijzigd is.

Een vraag die met name in het kader van het actief biologisch beheer en de eutrofiëringsbestrijding in de Randmeren van belang is, is of de helderheid van het water toeneemt. Uit veldwaarnemingen blijkt dat met name in de kranswiervelden een groter doorzicht heerst dan daarbuiten, waardoor in bepaalde delen van het jaar zgn. 'heldere plekken' ontstaan. Het mechanisme hierbij is niet geheel duidelijk (verminderde opwerveling van sediment, meer watervlooiën, allelopathische effecten) en zal de komende jaren onderwerp van studie worden.

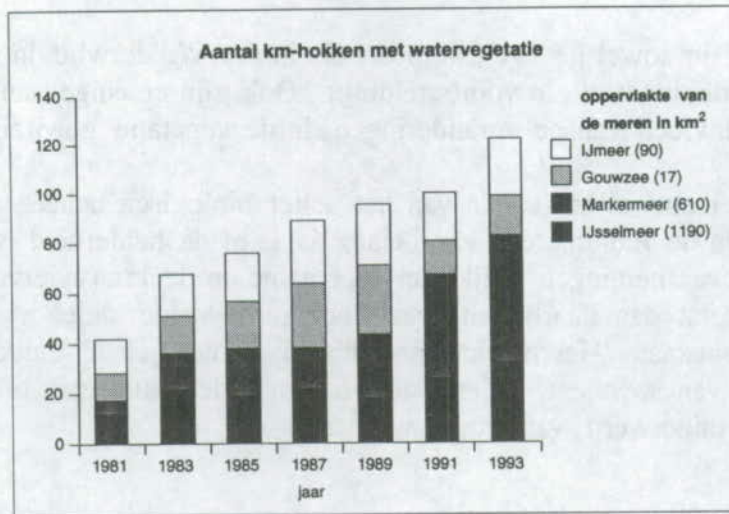
4.5 Vergelijking met andere grote zoete watersystemen

Overige randmeren

In het relatief ondiepe Drontermeer (600 ha) en het Vossemeer (400 ha) was in 1993 meer dan de helft van het oppervlak begroeid met een ijle watervegetatie (bedekingsklasse 1) (ongepubliceerde gegevens RWS directie Flevoland). In het Drontermeer kwamen bedekkingen hoger dan 15% vrijwel niet voor. In het Vossemeer waren echter wel enkele lokaties waar bedekkingen in de klassen 2 en 3 voorkwamen. De meest algemene soort was Schedefonteinkruid, die in beide meren frequent voorkwam. Doorgroeid fonteinkruid kwam in beide meren verspreid voor in lage bedekking. De soorten Gekroesd fonteinkruid, Smalle waterpest, Brede waterpest, Kranswier (*Chara contraria*) kwamen in beide meren in lage bedekking voor, maar leverden geen kwantitatieve bijdrage aan de totale bedekking. Tenger fonteinkruid werd slechts op twee lokaties in het Drontermeer aangetroffen. Draadwieren en darmwieren speelden in het Drontermeer geen belangrijke rol, terwijl in het noordelijke deel van het Vossemeer beide groepen macro-algen regelmatig in geringe bedekking voorkwamen. In de watervegetatie in het Drontermeer en Vossemeer kwam in 1993 qua soortensamenstelling goed overeen met het Wolderwijd. Smalle waterweegbree en Aarvederkruid zijn in het Veluwemeer wel en in het Drontermeer en Vossemeer niet aangetroffen. De inwendige bedekking was in de laatstgenoemde meren echter beduidend lager. Van het Nijkerkernauw, Eemmeer en het Gooimeer was geen recent gedetailleerd vergelijksmateriaal beschikbaar. De oriënterende vegetatievluchten gaven echter geen grote veranderingen te zien ten opzichte van de kartering van 1987 (Doef *et al.*, 1991).

IJsselmeer, Markermeer, Gouwee en IJmeer

Als gevolg van de eutrofiëringsbestrijding lijkt de watervegetatie in het IJsselmeergebied de laatste jaren ook te veranderen. De ontwikkeling van de watervegetatie in het IJsselmeergebied kan eveneens worden afgelezen uit de gegevens die tijdens de vogeltellingen verzameld zijn (zie figuur 22). Tijdens de oriënterende vegetatievluchten (zie tabel 2 bladzijde 5) zijn eveneens veranderingen in de watervegetatie van het IJsselmeergebied geconstateerd.



Figuur 22:

Aantal km-hokken waarin waterplanten zijn aangetroffen in het IJsselmeer, Markermeer, Gouwzee en IJmeer in de periode 1981 tot en met 1993 (naar Van Eerden ongepubliceerd en Doef & Van Eerden, 1991).

Met name de ontwikkeling in de Gouwzee, het Markermeer nabij de Noord-Hollandse kust en het IJmeer vertoonden een beeld van herstel van de watervegetatie. De watervegetatie in de Gouwzee schijnt af te nemen. Waarschijnlijk is een verandering van de soortensamenstelling van fonteinkruiden naar kranswieren hier de oorzaak van. Vanuit de lucht zijn de fonteinkruiden, die groeien tot aan het wateroppervlak, goed zichtbaar. Dit in tegenstelling tot kranswieren (*Nitellopsis obtusa*) die slechts een deel van de waterkolom vullen, en dus vanuit de lucht moeilijker te onderscheiden zijn.

Volkerak-Zoommeer

Tussen het Volkerak-Zoommeer enerzijds en het Veluwemeer, Wolderwijd/Nulderdernaau anderzijds zijn een aantal sterke overeenkomsten. Zo is de oppervlakte van het Volkerak-Zoommeer (6000 ha) nagenoeg hetzelfde als de totale oppervlakte van het Veluwemeer en het Wolderwijd/Nulderwijd samen (6100 ha). Beide meersystemen waren voorheen zout, maar na de afsluiting van de Afsluitdijk (1932) en de Philipsdam (1987) zijn ze verzoet. Het Wolderwijd en Veluwemeer zijn relatief ondiep (gemiddeld 1.5 m) met een gemiddeld zomerdoorzicht van 0.4 m terwijl in het Volkerak-Zoommeer ongeveer de helft van het wateroppervlak dieper is dan 5 m met een gemiddeld zomerdoorzicht van 1.5 m. De gemiddelde zomerwaarden (1990-1993) van chlorofyl- en totaal P-concentraties in het Volkerak-Zoommeer waren respectievelijk 13 $\mu\text{g/l}$ en 0.10 mg/l en in het Veluwemeer-Wolderwijd 40 $\mu\text{g/l}$ en 0.08 mg/l. De diepte en het doorzicht zijn duidelijk verschillend in beide meersystemen, en maken een vergelijking moeilijk.

In het Volkerak-Zoommeer is een andere methode van karteren toegepast (Van Dam, 1994). Met behulp van snorkelen is op circa 350 vakken van 10 bij 10 m de soortensa-

menstelling en de bedekking per soort en de totale vegetatie bepaald. De geschatte bedekkingen zijn per diepteklasse geëxtrapoleerd naar het gehele meeroppervlak. Nadere statistische analyse zal moeten uitwijzen of en zo mogelijk hoe de bedekkingen (inwendig en uitwendig) van het Volkerak-Zoommeer met die van het Wolderwijd en het Veluwemeer te vergelijken zijn. De soortensamenstelling in beide meren verschilde wel enigszins. In het Volkerak-Zoommeer kwamen sinds 1990 naast de brakwatersoorten Zilte waterranonkel (1990) Snavelruppia en Gesteelde zannichellia, Gewoon sterrekroos, Stijve waterranonkel, Grof Hoornblad en Haarfonteinkruid (1990) voor (Schutten & Van der Velden, 1990; Van Dam, 1994).

In Veluwemeer kwamen Smalle waterweegbree en Brede waterpest voor die in het Volkerak-Zoommeer niet aangetroffen zijn.

Het verdient aanbeveling om de beide meersystemen goed met elkaar te vergelijken. Hierbij kan de ontwikkeling van de waterplanten (inclusief draad-, darm- en kranswieren) een indicatie geven over de ecologische ontwikkelingen. Het proces van de verzoeting, de eutrofiëring en de fase van herstel van de randmeren kan mogelijk goed gebruikt worden bij het beleid en beheer van het Volkerak-Zoommeer. De huidige situatie in het Volkerak-Zoommeer met helder water en een gevarieerde flora en fauna, en de ontwikkelingen als gevolg van de uitgevoerde maatregelen (strekdammen, peilbeheer, oeverbeheer) bieden mogelijk vergelijkingsmateriaal voor de Randmeren.

5 AANBEVELINGEN

Tussen FW, DW en AFDW blijken sterke correlaties te bestaan. Tijdens de verwerking van de monsters kan daarom volstaan worden met het bepalen van DW. Er dienen steekproefsgewijs enkele monsters verast worden voor de bepaling van het AFDW-percentagte ten opzichte van het FW. Inkrimping van de AFDW-bepaling kan een besparing van monsterverwerkingsinspanning betekenen.

De luchtfotokartering blijkt tot nu toe als methode voor een jaarlijkse waterplantenkartering niet haalbaar, zowel wegens organisatorische-, als wegens technische beperkingen en/of problemen.

De relatie tussen bedekking en bovengrondse biomassa werd in de periode van 1987 - 1989 (Doef *et al.*, 1991) bepaald door per bedekkingsklasse het gemiddelde van een aantal biomassamonsters uit die klasse te bepalen. De biomassamonsters waren toen echter niet evenredig verspreid over de breedte van de bedekkingsklasse. In 1991 en 1992 is gekozen voor een andere benadering. Er zijn bedekkingen gezocht evenredig verspreid tussen de 0% en de 100%. In deze bedekkingen zijn biomassamonsters genomen. Door de fijnere bedekkingsschaal bij de gegevens in 1991 en 1992 was het mogelijk een naar verwachting niet lineaire regressievergelijking af te leiden van de bovengrondse biomassa als functie van het bedekkingspercentage. Vertaling naar de drie bedekkingsklassen vond plaats door het klassegemiddelde van de bedekking (resp. 7.5% voor klasse 1, 32.5% voor klasse 2 en 75% voor klasse 3) in deze vergelijking in te vullen.

Een nadere analyse van de bemonsteringsstatistiek en de mogelijkheden de resultaten te vergelijken wordt zeer nuttig geacht. Hiertoe dienen de bij de karteringen en de biomassa-onderzoek toegepaste technieken geëvalueerd te worden. Wellicht kan daarmee iets meer over de significantie van de verschillen en de trends worden aangegeven.

Monitoring is nodig om te volgen wat er in het systeem gebeurt. Om veranderingen te kunnen verklaren en op het beheer in te spelen is nader onderzoek veelal nodig.

6 DANKWOORD

De auteurs zijn de medewerkers van Rijkswaterstaat Directie Flevoland en RIZA erkentelijk voor de hun assistentie bij de veldinventarisaties. Medewerkers van verschillende laboratoria worden bedankt voor het vele werk dat ze verricht hebben. In dit opzicht willen we speciaal Marco Arends bedanken. De afdelingen presentatie van Rijkswaterstaat Directie Flevoland en RIZA worden bedankt voor hun vakkundige inbreng. Frans Kerkum, Ed van der Goes en Gert Butijn hebben op de achtergrond een belangrijke rol gespeeld bij de totstandkoming van deze nota. Marita Cals, Ruurd Noordhuis, Thea Helmerhorst en Michelle de la Haye worden bedankt voor het kritisch doorlezen van het concept.

PROBLEM

The first part of the paper discusses the importance of the problem and the need for a solution. It also discusses the current state of the art and the limitations of existing solutions.

The second part of the paper describes the proposed solution and its advantages. It also discusses the implementation details and the results of the experiments.

The third part of the paper discusses the conclusions and the future work. It also discusses the limitations of the proposed solution and the need for further research.

The fourth part of the paper discusses the implementation details and the results of the experiments. It also discusses the advantages of the proposed solution and the need for further research.

The fifth part of the paper discusses the conclusions and the future work. It also discusses the limitations of the proposed solution and the need for further research.

The sixth part of the paper discusses the implementation details and the results of the experiments. It also discusses the advantages of the proposed solution and the need for further research.

REFERENCES

- [1] Author, "Title of Reference 1", Journal Name, Year.
- [2] Author, "Title of Reference 2", Journal Name, Year.
- [3] Author, "Title of Reference 3", Journal Name, Year.
- [4] Author, "Title of Reference 4", Journal Name, Year.
- [5] Author, "Title of Reference 5", Journal Name, Year.

7 LITERATUUR

- Assen van A., A. Grul, L.H.C.A. Hector & R.W. Doef, 1994. Werkdocument oriënterende vegetatievlucht IJsselmeergebied 1993, 23 juni 1993. Werkdocument 1994 -16 ANM Rijkswaterstaat Directie Flevoland, Lelystad.
- Berg, van den M.S., 1993. Kranswieren in de Randmeren: onderzoek naar kiem- en groeibepalende factoren. RIZA werkdocument 93.140X, Lelystad.
- Breukelaar, A.W., R.W. Doef, J. van der Hout & M.-L. Meijer, 1994. ABB-vluchten Wolderwijd en Veluwemeer mei t/m juni 1993. RIZA werkdocument 94.047X, Lelystad.
- Coops, H., C. Berkeveld & A. Grul, 1992. Waterplantenvlucht Randmeren 15 juni 1992. RIZA & Dir. Flevoland Interne Notitie 92.17 AOBL, Lelystad.
- Dam, E.M. van, 1994. Waterplanten in het Volkerak-Zoommeer in 1993. RIZA werkdocument 94.091X, Lelystad.
- Doef, R.W., 1990. Oriëntatievlucht waterplantenkartering. Verslag fotovlucht 15 juni 1990. DBW/RIZA Interne Notitie 90.17 AOBL, Lelystad.
- Doef, R.W., 1992. Oriënterende vegetatievluchten IJsselmeergebied 1991. RIZA werkdocument 092.028X, Lelystad.
- Doef, R.W. & M.R. van Eerden, 1991. Watervegetatie in het IJsselmeer, Markermeer, Gouwee en IJmeer 1981, 1983, 1985, 1987 en 1989 (inclusief Randmeren 1987 en 1989). RIZA Werkdocument 91.061x, Lelystad.
- Doef, R.W., A.J.M. Smits & F.C.M. Kerkum, 1991. Water- en oeverplanten in het IJsselmeergebied (1987-1989). RIZA nota 90.015, Lelystad.
- Haye, M.A.A. de la & M.-L. Meijer, 1991. Bepalende factoren voor een succesvol Actief Biologisch Beheer. RIZA nota 91.016, Lelystad.
- Hector, L.H.C.A., E.R.F. van der Goes & G.D. Butijn, 1993. Kartering waterplanten IJsselmeergebied. Opzet en methodiek. Werkdocument Directie Flevoland Nr. 8ANM/ANW, Lelystad.
- Hootsmans, M.J.M. & A.W. Breukelaar, 1990. De invloed van waterplanten op de groei van algen. *H₂O* 23: 264-266.
- Meijer, M.-L., M.P. Grimm, E. Jagtman & S.H. Hosper, 1990. Toepassing van actief biologisch beheer op grote schaal. Voorbereidingen voor de afwissing van het Wolderwijd (2.700 hectaren). *H₂O* 24: 652-657.
- Molen, D.T. van der, L. van Ballegooijen & P.C.M. Boers. 1993. Worden de waterkwaliteitsdoelstellingen van het Veluwemeer gehaald? Modelonderzoek naar enkele beheersscenario's. RIZA nota 93.034, Lelystad.
- Nes, E.H. van, M.L. Meijer, A.W. Breukelaar, P. Hollebeek, R.W. Doef, E.H.R.R. Lammens, H. Coops, R. Noordhuis & E.C.L. Marteiijn, 1992. Wolderwijd-Nulder-nauw 1991. Gevolgen van uitdunning van de visstand. RIZA nota 92.063, Lelystad.
- Noordhuis, R., J. van Schie, A. Naber & P. Hollebeek, in voorbereiding. Macrofauna in de Randmeren, 1985-1992. RIZA nota, Lelystad.
- Oirschot, M. van, C. Meulstee, E.C.L. Marteiijn & G.N.M. Stokman, 1989. Monitoring waterplanten IJsselmeergebied I: advies monitoring waterplanten IJsselmeergebied. DBW/RIZA nota 89.039/MD-LKRS-R-8930, Lelystad/Delft.
- Phillips, G.L., D. Eminson, & B. Moss, 1978. A mechanism to account for macrophyte decline in progressively eutrophicated freshwaters. *Aquatic Botany* 4:103-126.

- Redelijkheid, M. de, 1989. Handleiding voor het digitaliseren en analyseren van waterplantkaarten. DBW/RIZA werkdocument 89.062x, Lelystad.
- Redelijkheid, M. de & M. Scheffer, 1990. Verspreiding en dynamiek van ondergedoken waterplanten in de randmeren. DBW/RIZA nota 89.036, Lelystad.
- Ruiters, P.S., 1994. Een oriënterend onderzoek naar de relatie tussen het voorkomen van Krooneenden en Kranswieren in de Gouwzee, 1993. Bureau Waardenburg bv, Culemborg.
- Scheffer, M., M.R. de Redelijkheid & F. Noppert, 1992. Distribution and dynamics of submerged vegetation in a chain of shallow eutrophic lakes. *Aquatic Botany* 42: 199-216.
- Scheffer, M., S.H. Hosper, M.-L. Meijer, B. Moss & E. Jeppesen, 1993. Alternative equilibria in shallow lakes. *Trends in Ecology and Evolution* 8: 275-279.
- Schutten, J. & J.A. van der Velden, 1991. Waterplanten-onderzoek in het Volkerak-Zoommeer 1990. RIZA nota 91.087, Dordrecht.

BIJLAGEN

BIJLAGE 1A

LIJST VAN FIGUREN

Figuurnummer:		pag.
1	Tekening van een Kosbox	7
2a,b	Ligging van de biomassa-proefvlakken Wolderwijd/Nuldernauw en Veluwemeer	10
3a,b	Bedekking door watervegetatie in het Wolderwijd (3a) en het Veluwemeer (3b) in 1987 -1993	16
4a,b	Bedekking door Schedefonteinkruid in het Wolderwijd (4a) en het Veluwemeer (4b) in 1987 - 1993	17
5a,b	Bedekking door Doorgroeid fonteinkruid in het Wolderwijd (5a) en het Veluwemeer (5b) in 1987 - 1993	17
6a,b	Bedekking door kranwier in het Wolderwijd (6a) en het Veluwemeer (6b) in 1987 - 1993	18
7	Relatie tussen bedekking en bovengrondse biomassa van Schedefonteinkruid	19
8	Relatie tussen bedekking en bovengrondse biomassa van Doorgroeid fonteinkruid	20
9	Relatie tussen bedekking en bovengrondse biomassa van kranwier	20
10	Relatie tussen bedekking en bovengrondse biomassa van Aarvederkruid	21
11	Relatie tussen bedekking en bovengrondse biomassa van Smalle waterweegbree	21
12	Totale vegetatie jaarcyclus Wolderwijd 1991	24
13	Schedefonteinkruid jaarcyclus Wolderwijd 1991	24
14	Totale vegetatie jaarcyclus Wolderwijd 1992	25
15	Schedefonteinkruid jaarcyclus Wolderwijd 1992	25
16	Kranwier jaarcyclus Wolderwijd 1992	25
17	Totale vegetatie jaarcyclus Wolderwijd 1993	26
18	Schedefonteinkruid jaarcyclus Wolderwijd 1993	26
19	Kranwier jaarcyclus Wolderwijd 1993	27
20	Schedefonteinkruid jaarcyclus Veluwemeer 1993	27
21	Kranwier jaarcyclus Veluwemeer 1993	28
22	Aantal km-hokken waarin waterplanten zijn aangetroffen in het IJsselmeer, Markermeer, Gouwzee en IJmeer in de periode 1981 tot en met 1993	38

BIJLAGE 1B**LIJST VAN TABELLEN**

Tabelnummer:		pag.
1	Overzicht van de in het Wolderwijd en Veluwemeer gemaakte aantal opnamen tijdens de veldkartering en het berekend aantal hectaren bedekking	4
2	Overzicht van oriënterende vegetatievluchten voor het Wolderwijd en het Veluwemeer	5
3	Overzicht van biomassamonsters voor de soorten en de plantendelen	9
4	Overzicht van biomassabemonsteringen voor de bepaling van de waterplanten seizoencyclus	11
5	Oppervlakte bedekt door watervegetatie (inclusief draad- en darmwieren) in het Wolderwijd en het Veluwemeer (1987-1993)	13
6	Oppervlakten van het Wolderwijd en Veluwemeer bedekt door soorten waterplanten of macro-algen in 1987-1993	14
7	Regressiefuncties van bedekking en bovengrondse biomassa	22
8	Berekende biomassa per bedekkingsklasse	22
9	Berekende bovengrondse biomassa per meer per soort en voor de totale watervegetatie	23
10	Overzicht van veranderingen in soortenrijkdom, bedekking en bovengrondse biomassa van waterplanten in het Wolderwijd, 1987 t/m 1993	30
11	Overzicht van veranderingen in soortenrijkdom, bedekking en bovengrondse biomassa van waterplanten in het Veluwemeer 1987 t/m 1993	31

BIJLAGE 1C

LIJST VAN KAARTEN

KAARTNUMMER:

0	Overzichtskaart van het IJsselmeergebied
1	Wolderwijd 1990 Schedefonteinkruid
2	Wolderwijd 1990 Doorgroeid fonteinkruid
3	Wolderwijd 1990 Kranswier, Draadwier en Smalle waterpest
4	Wolderwijd 1990 Darmwier, Tenger - en Gekroesd fonteinkruid
5	Wolderwijd 1991 Totale bedekking
6	Wolderwijd 1991 Schedefonteinkruid
7	Wolderwijd 1991 Doorgroeid fonteinkruid
8	Wolderwijd 1991 Kranswier
9	Wolderwijd 1991 Draadwier
10	Wolderwijd 1991 Tenger - en Gekroesd fonteinkruid
11	Wolderwijd 1991 Zittende zannichellia, Waternetje en Veenwortel
12	Wolderwijd 1991 Darmwier en Brede waterpest
13	Wolderwijd 1992 Totale bedekking
14	Wolderwijd 1992 Schedefonteinkruid
15	Wolderwijd 1991 Doorgroeid fonteinkruid
16	Wolderwijd 1992 Kranswier
17	Wolderwijd 1992 Draadwier
18	Wolderwijd 1992 Tenger - en Gekroesd fonteinkruid
19	Wolderwijd 1992 Zittende zannichellia, Waternetje en Aarvederkruid
20	Wolderwijd 1992 Darmwier
21	Wolderwijd 1992 Smalle waterpest en Brede waterpest
22	Wolderwijd 1993 Totale bedekking
23	Wolderwijd 1993 Schedefonteinkruid
24	Wolderwijd 1993 Doorgroeid fonteinkruid
25	Wolderwijd 1993 Kranswier
26	Wolderwijd 1993 Draadwier en Gekroesd fonteinkruid
27	Wolderwijd 1993 Tenger fonteinkruid, Brede waterpest en Darmwier
28	Wolderwijd 1993 Smalle waterpest en Zittende zannichellia
29	Veluwemeer 1990 Schedefonteinkruid
30	Veluwemeer 1990 Doorgroeid fonteinkruid
31	Veluwemeer 1990 Kranswier
32	Veluwemeer 1990 Draadwier
33	Veluwemeer 1990 Tenger- en Gekroesd fonteinkruid
34	Veluwemeer 1990 Zittende zannichellia
35	Veluwemeer 1990 Aarvederkruid
36	Veluwemeer 1990 Darmwier
37	Veluwemeer 1990 Smalle waterweegbree, Waternetje en Smalle waterpest
38	Veluwemeer 1991 Totale bedekking
39	Veluwemeer 1991 Schedefonteinkruid
40	Veluwemeer 1991 Doorgroeid fonteinkruid
41	Veluwemeer 1991 Kranswier
42	Veluwemeer 1991 Draadwier en Darmwier
43	Veluwemeer 1991 Tenger- en Gekroesd fonteinkruid
44	Veluwemeer 1991 Aarvederkruid
45	Veluwemeer 1991 Smalle -, Brede waterpest en Waternetje
46	Veluwemeer 1991 Smalle waterweegbree
47	Veluwemeer 1992 Totale bedekking
48	Veluwemeer 1992 Schedefonteinkruid
49	Veluwemeer 1992 Doorgroeid fonteinkruid
50	Veluwemeer 1992 Kranswier
51	Veluwemeer 1992 Draadwier
52	Veluwemeer 1992 Tenger - en Gekroesd fonteinkruid
53	Veluwemeer 1992 Zittende zannichellia, Brede - en Smalle waterpest
54	Veluwemeer 1992 Darmwier
55	Veluwemeer 1992 Aarvederkruid
56	Veluwemeer 1993 Totale bedekking
57	Veluwemeer 1993 Schedefonteinkruid
58	Veluwemeer 1993 Doorgroeid fonteinkruid
59	Veluwemeer 1993 Kranswier
60	Veluwemeer 1993 Draadwier
61	Veluwemeer 1993 Darmwier en Tenger fonteinkruid
62	Veluwemeer 1993 Aarvederkruid
63	Veluwemeer 1993 Zittende zannichellia, Waternetje en Smalle waterpest
64	Veluwemeer 1993 Smalle waterweegbree

BIJLAGE 2

Methodiek van biomassa-monstername: hark, steekbuis en kosbox

Er zijn verschillende methodieken om biomassamonsters te nemen. Sinds 1989 is er veelal gewerkt met de kosbox-methode (Doef et al., 1991). Daarnaast is in 1991 bij wijze van experiment door middel van harken alle bovengrondse delen van de waterplanten binnen een oppervlak van 1 m² bemonsterd. In 1993 zijn voor kranswieronderzoek biomassamonsters met een steekbuis genomen (Van den Berg, 1993).

De harkmethode leek een goed alternatief te zijn voor Kosboxbemonstering bij het bemonsteren van een vegetatie gedomineerd door Doorgroeid fonteinkruid. Toepassing leverde echter niet het gewenste resultaat op.

*Tabel 1:
Overzicht van biomassa-monstermethodieken.*

methode	hark	steekbuis	kosbox
bemonsterd oppervlakte	1 m ² of meer	68 cm ² , 165 cm ²	1600 cm ²
oppervlakte altijd gelijk	nee	ja	ja
trek kans per monster op kleine individuele planten	relatief klein	klein, maar met meerdere monsters groot	redelijk
trek kans per monster op grote individuele planten	relatief groot	relatief klein	redelijk
completeheid monster	soms incompleet	meestal compleet	compleet
bovengronds (B) ondergronds (O)	alleen B	B en O	B en O
transporteerbaarheid van bemonsterings-apparatuur	eenvoudig	eenvoudig	zwaar, moeilijk mee te nemen. Extra auto nodig.
combinatie met macrofauna monster	alleen kwalitatief	kwalitatief en kwantitatief	kwalitatief en kwantitatief

In tabel 1 staan enige karakteristieken die wellicht enige verduidelijking vereisen.

- de oppervlakte die per monster genomen wordt is bij de hark meestal het grootst en bij een steekbuis het kleinst.
- een kosbox heeft een vaste oppervlakte en een steekbuis ook. Met een hark moet steeds een frame uitgezet worden, hetgeen een kleine fout kan veroorzaken. Een

voordeel is dat het bemonsterde oppervlakte naar wens vergroot of verkleind kan worden.

- met een hark is de trefkans om bijvoorbeeld Doorgroeid fonteinkruid, een soort die veelal in verspreid voorkomende veldjes staat, relatief groot. De kans om kleine ondergedoken soorten als zannichellia en waterpest naar boven te harken is relatief klein. Voor de andere bemonsteringstechnieken geldt het tegenovergestelde, vooral wanneer er voldoende monsters genomen worden.
- met een kosbox en een steekbuis wordt het bemonsterde oppervlak volledig bemonsterd, zelfs zo dat het monster tegelijkertijd als een kwantitatief en kwalitatief macrofaunamonster kan dienen.
- met een hark worden slechts de bovengrondse delen van de planten bemonsterd, terwijl met de twee andere methoden zowel de boven- als ondergrondse delen bemonsterd worden.
- een kosbox is moeilijk te transporteren (extra auto) en het vereist de nodige kracht om de kosbox te bedienen, terwijl een hark en een steekbuis zeer eenvoudig te vervoeren, en te gebruiken zijn.

Afhankelijk van de gestelde onderzoeksvragen, en de beschikbare menskracht, kan een keuze van bemonsteringsmethode gekozen worden. Voor een snel een oppervlakkig bovengrondse biomassamonster is een hark te gebruiken. Voor een kwalitatief beter monster is de meer arbeidsintensieve kosboxmethode een goede oplossing. Een tussenliggend alternatief is een steekbuismonster. Een nadeel van de een steekbuismonster is dat er een grote kans bestaat dat de steekbuis plantendelen wegdrukt, zodat slechts een deel van een plant bemonsterd wordt. Los daarvan zullen meerdere monsters genomen moeten worden om een representatief beeld van de vegetatie te verkrijgen.

BIJLAGE 3

Relatie diepte, bedekking en biomassa

Vóór het vaststellen van de relatie tussen bedekking en biomassa werd eerst gekeken of de factor waterdiepte, voorzover tussen de monsters variërend, invloed uitoefende op de biomassa, onafhankelijk van de factor bedekking. Met bedekking als covariaat van biomassa, bleek de waterdiepte in de meeste gevallen niet van significante invloed op de biomassa (tabel 1). Alleen voor schedefonteinkruid-tubers en kranswieren bleek een duidelijk effect te bestaan.

Tabel 1:

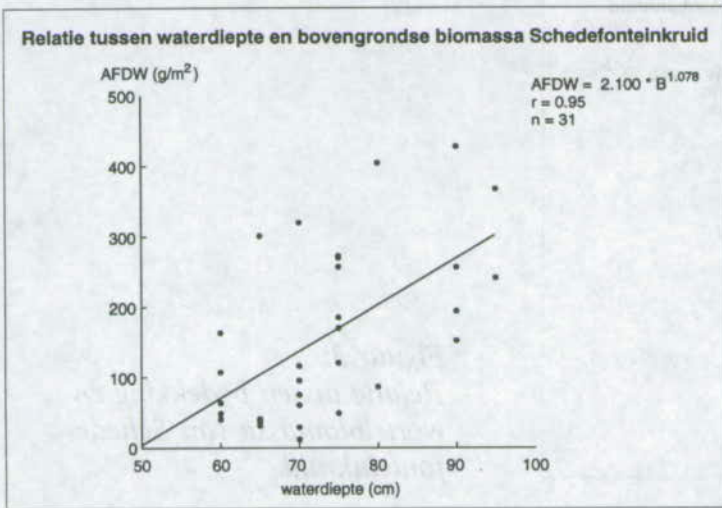
Effecten van diepte en bedekking op de AFDW bepaald met behulp van covariantie-analyse.

soort	deel	hoofdeffect waterdiepte	effect covariaat bedekking
Schedefonteinkruid n = 32	BOV	0.786 ^{NS}	123.600 ^{***}
	OND	0.693 ^{NS}	31.114 ^{***}
	REP	0.379 ^{NS}	50.972 ^{***}
	TUB	9.537 ^{***}	16.513 ^{**}
	TOT	0.835 ^{NS}	136.530 ^{***}
Doorgroeid fonteinkruid n = 22	BOV	0.446 ^{NS}	150.255 ^{***}
	OND	0.350 ^{NS}	32.987 ^{***}
	TOT	0.359 ^{NS}	136.535 ^{***}
Aarvederkruid n = 21	BOV	0.372 ^{NS}	56.927 ^{***}
	OND	2.271 ^{NS}	8.647 ^{**}
	REP	0.840 ^{NS}	8.202 ^{**}
	TOT	1.152 ^{NS}	55.331 ^{***}
Smalle waterweegbree n = 15	BOV	1.131 ^{NS}	28.845 ^{**}
	OND	0.587 ^{NS}	4.657 ^{NS}
	REP	6.291 [*]	0.925 ^{NS}
	TOT	0.261 ^{NS}	23.396 ^{**}
Kranswier n = 25	TOT	5.464 ^{**}	253.634 ^{***}

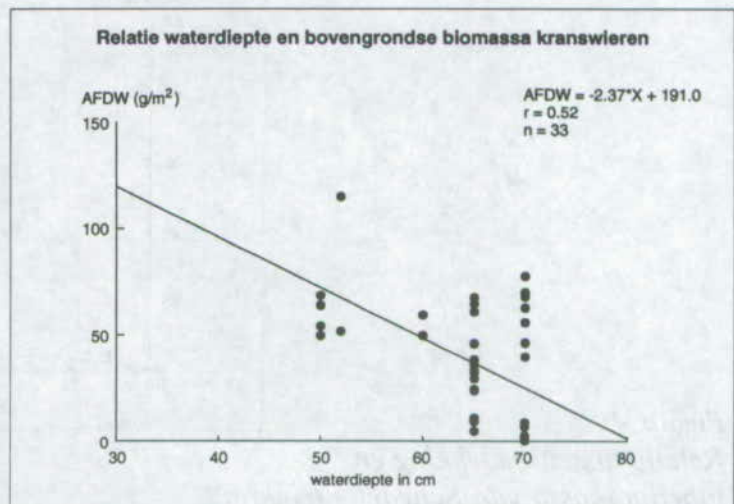
BOV=bladen en stengels, OND=wortels, TUB=tubers, REP=voortplantingsorganen en TOT=totale plant.

R² van correlaties en significantie (*** P < 0.001, ** P < 0.01, * P < 0.05, NS niet significant).

In de figuren 1 en 2 van deze bijlage worden relaties tussen waterdiepte en bovengrondse biomassa respectievelijk voor Schedefonteinkruid en kranswier weergegeven.

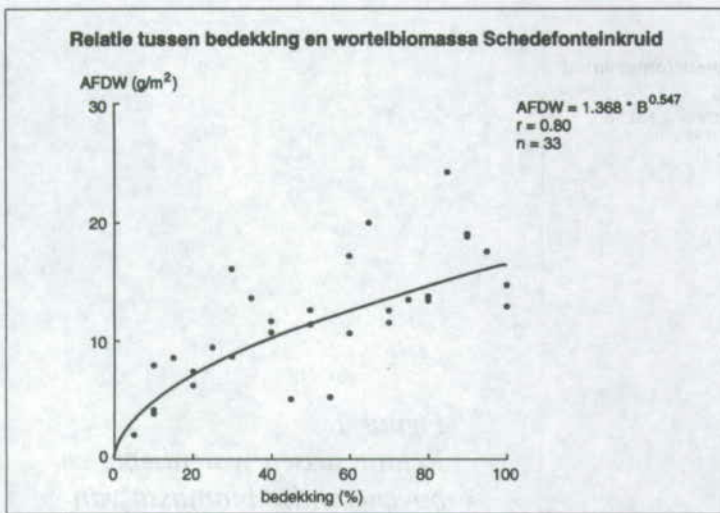


*Figuur 1:
Relatie tussen waterdiepte en
bovengrondse biomassa van
Schedefonteinkruid.*

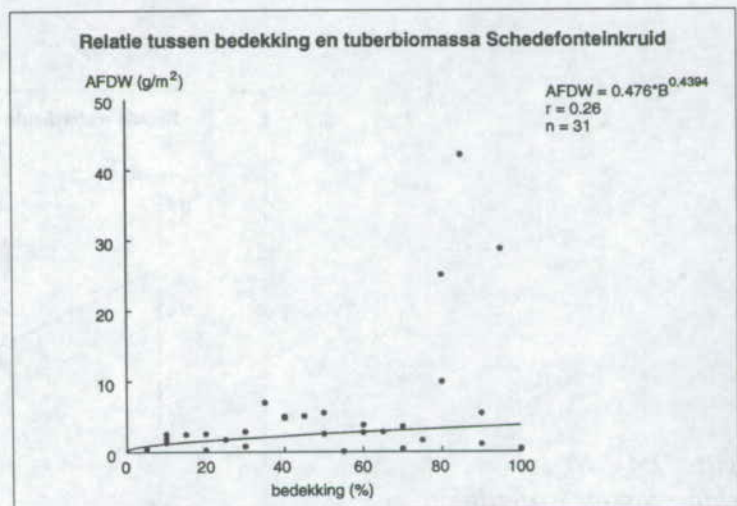


*Figuur 2:
Relatie tussen waterdiepte en
bovengrondse biomassa van
kranswieren (*Chara contraria*).*

In de figuren 3 en 4 worden relaties tussen bovengrondse bedekking en respectievelijk de wortel- en tuberbiomassa van Schedefonteinkruid aangegeven.



*Figuur 3:
Relatie tussen bedekking en
wortelbiomassa van Schede-
fonteinkruid.*



*Figuur 4:
Relatie tussen bedekking en
tuberbiomassa van Schedefonteinkruid.*

BIJLAGE 4

Relaties tussen vers-, droog- en asvrijdrooggewicht

Omdat van de biomassamonsters achtereenvolgens FW, DW en AFDW zijn bepaald, kan gezocht worden naar mogelijke relaties tussen deze biomassamaten. Daartoe werden eerst de correlaties tussen FW, DW en AFDW van de verschillende onderdelen van de soorten vastgesteld (tabel 1).

Tabel 1:

Correlatie tussen resp. FW, DW, ADW van verschillende soorten per onderdeel.

	deel	DW-FW	AFDW-FW	AFDW-DW
Schedefonteinkruid n = 32	BOV	.9676 ***	.9732 ***	.9971 ***
	OND	.9206 ***	.9267 ***	.9976 ***
	REP	.9749 ***	.9807 ***	.9992 ***
	TUB	.9304 ***	.9422 ***	.9980 ***
	TOT	.9604 ***	.9655 ***	.9973 ***
Doorgroeid fonteinkruid n = 22	BOV	.9895 ***	.9935 ***	.9979 ***
	OND	.9903 ***	.9888 ***	.9990 ***
	REP	.4333 NS	-.0185 NS	.8690 ***
	TOT	.9904 ***	.9936 ***	.9984 ***
Aarvederkruid n = 21	BOV	.9691 ***	.9764 ***	.9887 ***
	OND	.9793 ***	.9865 ***	.9909 ***
	REP	.9776 ***	.9780 ***	.9999 ***
	TOT	.9689 ***	.9778 ***	.9933 ***
Smalle waterweegbree n = 11	BOV	.9851 ***	.9931 ***	.9850 ***
	OND	.9650 ***	.9372 ***	.9845 ***
	REP	.9590 ***	.9915 ***	.9697 ***
	TOT	.9758 ***	.9924 ***	.9658 ***
kranswier n = 25	TOT	.9795 ***	.9712 ***	.9930 ***

R² van correlaties en significantie (*** P < 0.001, ** P < 0.01, * P < 0.05, NS niet significant).

In tabel 1 worden correlaties gegeven voor de parameters FW, DW en AFDW van de soorten. De correlaties tussen deze parameters hebben, zoals te verwachten, een hoge R². De verhouding tussen FW, DW en AFDW is dus binnen soort en plantendeel zeer constant. Gebruik van dit verhoudingsgetal als correctiefactor maakt bijv. het verassen van grote aantallen monsters overbodig. Een hoge correlatiecoëfficiënt geeft aan, dat

de (bewerkelijke) AFDW bepaling in de toekomst wellicht ingeperkt kan worden. Vervolgens werd een lineaire regressie uitgevoerd van de AFDW op FW resp. DW van de soorten en plantendelen. De verhoudingsgetallen staan in tabel 2.

Tabel 2:

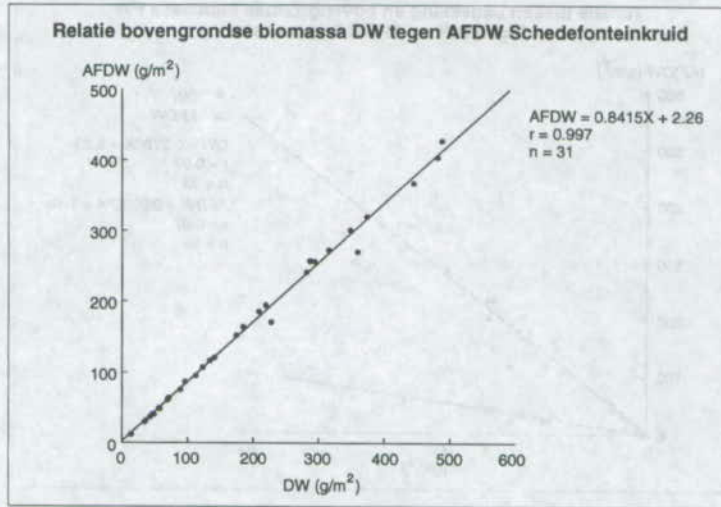
Percentage van DW respectievelijk FW ten opzichte van het ADW op basis van lineaire regressie.

		DW	FW
Schedefonteinkruid	BOV	84.16	7.17
	OND	88.09	6.82
	REP	90.65	7.19
	TUB	94.69	22.70
Doorgroeid fonteinkruid	BOV	82.55	8.13
	OND	91.96	5.65
	REP	---	---
Aarvederkruid	BOV	72.49	9.05
	OND	73.91	9.82
	REP	90.43	8.68
Smalle waterweegbree	BOV	76.87	5.81
	OND	41.04	6.22
	REP	40.94	6.47
kranswier	TOT	19.21	5.37

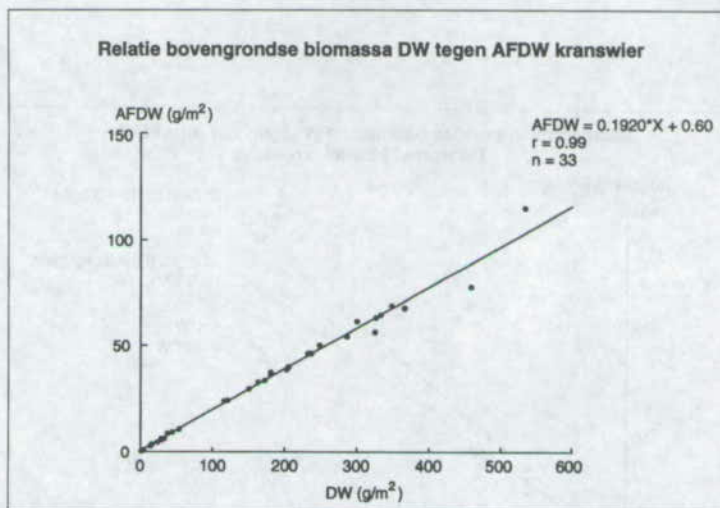
De verschillende biomassamaten zijn onderling gecorreleerd. Binnen een bemonsteringstijdstip en een meer, zijn drooggewicht en AFDW zeer sterk lineair gecorreleerd. Bepaling van alleen drooggewicht zou een aanzienlijke besparing van werk kunnen opleveren; in dat geval dient alleen per meer, per tijdstip en per soort van slechts één of enkele (meng)monsters een AFDW bepaald te worden, waarna de correctiefactor AFDW:DW berekend kan worden.

Op de volgende pagina's staan een viertal voorbeelden van relaties tussen verschillen biomassagrootheden:

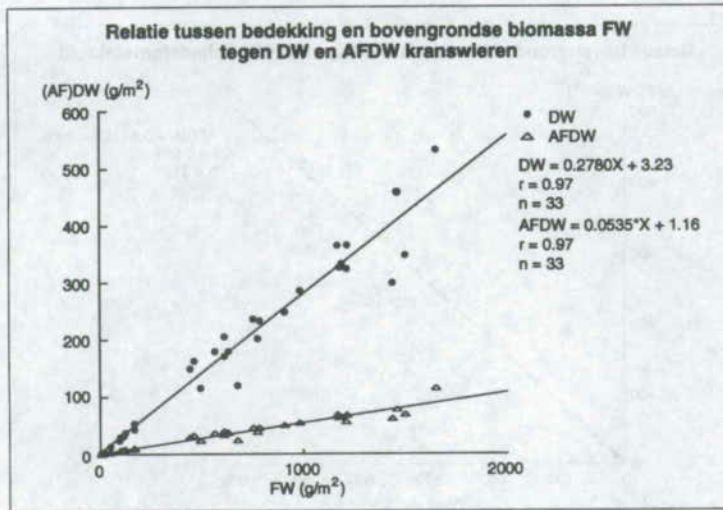
Figuur 1 van bijlage 4 geeft de zeer sterke relatie tussen DW en AFDW voor bovengrondse delen van Schedefonteinkruid weer. In figuur 2 is een vergelijkbaar sterk relatie voor kranswier weergegeven. De figuren 3 en 4 geven de relaties tussen DW en AFDW ten opzichte van FW respectievelijk voor bovengrondse delen van kranswier en Doorgroei fonteinkruid weer.



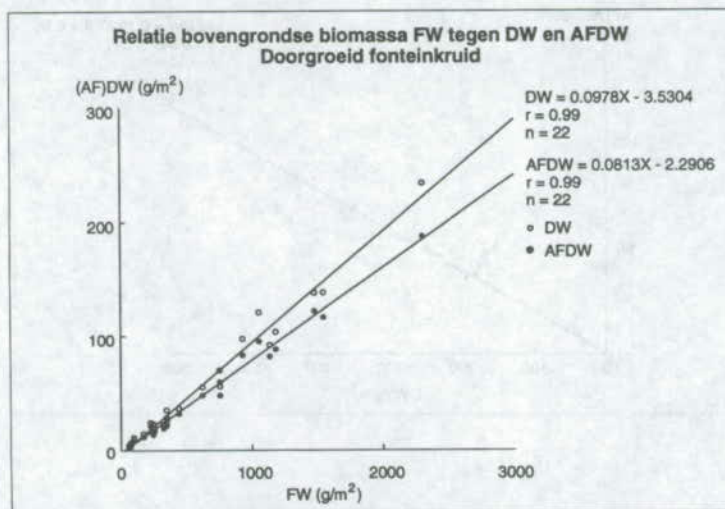
Figuur 1:
Relatie bovengrondse biomassa
DW tegen AFDW Schedefon-
teinkruid.



Figuur 2:
Relatie bovengrondse biomassa DW
tegen AFDW kranwier (*Chara contraria*).



Figuur 3:
 Relatie tussen bedekking en
 bovengrondse biomassa FW tegen
 DW en AFDW van kranswier (*Chara contraria*).



Figuur 4:
 Relatie bovengrondse biomassa FW
 tegen DW en AFDW Doorgroeid fonteinkruid.

BIJLAGE 5

Relatie jaarcyclus en karteringsperiode

De berekende biomassawaarden zijn tot stand gekomen door de berekende bedekte oppervlakten te vermenigvuldigen met de biomassa uit de ijklijnen. Hierbij is er vanuit gegaan dat tijdens de kartering de maximale bedekking aanwezig was. Uit de gegevens van de biomassa-jaarcyclus blijkt dat de piek soms niet samenviel met het tijdstip van karteren. In 1991, 1992 en 1993 zijn biomassa-jaarcyclus gegevens in het Wolderwijd verzameld (zie figuren 12 - 19 in deze nota). Gekoppeld aan onderzoek naar populaties van kranswier en Schedefonteinkruid in het Veluwemeer zijn in 1993 biomassa-jaarcyclus inventarisaties gedaan (zie figuren 20 en 21 in deze nota).

In 1990 is in beide meren in het geheel geen biomassa-onderzoek verricht.

Uit de jaarcyclusgegevens zijn alleen voor Schedefonteinkruid en kranswier (*C. contraria*) voldoende data beschikbaar om een uitspraak te kunnen doen over het verloop van de biomassa tijdens het groeiseizoen. Doorgroeid fonteinkruid en Tenger fonteinkruid werden dikwijls maar onregelmatig in de monsters gevonden. Overige soorten als Smalle waterpest, Brede waterpest, Zittende zannichellia en draadwier werden sporadisch aangetroffen.

Tabel 1:

Relatie jaarcyclus en karteringsperiode Wolderwijd en Veluwemeer 1991-1993. In de tabel zijn weeknummers weergegeven.

Locatie	karterings-periode	piek bovengrondse biomassa Schedefonteinkruid	piek bovengrondse biomassa kranswier <i>Chara contraria</i>
Wolderwijd			
1991	27	29-30	-
1992	27	24	29
1993	24-27	22	29
Veluwemeer			
1991	28	-	-
1992	28	-	-
1993	27-29	25-28	30

Tabel 2:

Op basis van de jaarcyclus-bemonsteringen geschat percentage van de piek-biomassa van Schedefonteinkruid en kranswier dat op het tijdstip van kartering aanwezig was in 1991-1993.

Locatie	Schedefonteinkruid	kranswier <i>Chara contraria</i>
Wolderwijd		
1991	80 %	-
1992	60 %	75 %
1993	60 %	80 %
Veluwemeer		
1991	-	-
1992	-	-
1993	100 %	90 %

Alleen van Schedefonteinkruid en *C. contraria* zijn voldoende monsters verzameld tijdens de jaarcyclus bemonsteringen om een uitspraak te kunnen doen over het tijdstip waarop de meeste bovengrondse biomassa aanwezig is.

Uit tabel 1 blijkt dat de piek van de bovengrondse biomassa voor Schedefonteinkruid meestal eerder in het jaar is dan de piek van *C. contraria*. Eveneens blijkt dat het tijdstip van de pieken voor dezelfde soort per meer kunnen verschillen. De figuur geeft ook aan dat het tijdstip van de kartering niet altijd valt in de periode dat de meeste bovengrondse biomassa aanwezig is.

Uit tabel 1 valt af te leiden dat op de biomassa monsterlokaties in het Wolderwijd op het tijdstip van de kartering Schedefonteinkruid en in 1991 nog niet geheel ontwikkeld was, terwijl in 1992 en 1993 juist hun piek gehad hadden. Kranswier was tijdens de kartering ook nog niet ten volle ontwikkeld. In het Veluwemeer viel de karteringsperiode wel ongeveer gelijk met de biomassa-piek.

Volgens deze gegevens was in periode 1991 - 1993 slechts 80% tot 60% van de biomassa in het Wolderwijd aanwezig, terwijl 75% tot 80% van de kranswierbiomassa aanwezig was. In het Veluwemeer was 90 tot 100% van de biomassa aanwezig op het tijdstip van karteren.

Op de lokaties in het Wolderwijd waar biomassa-monsters genomen zijn (zie figuur 2 in deze nota), trad in 1992 en 1993 concurrentie op tussen Schedefonteinkruid en *C. contraria*. Het is niet bekend of deze concurrentie representatief is voor het hele gebied. Het is mogelijk dat de biomassa van Schedefonteinkruid op andere delen in het meer op een later tijdstip in het seizoen de grootste bovengrondse biomassa vertoonde.

BIJLAGE 6

Luchtfotokartering in vergelijking met de veldkartering

In 1991 zijn de waterplanten in de Randmeren met behulp van luchtfoto's¹³ gekarteerd. Op 22 juli 1991 zijn van de Gouwzee, IJmeer, Gooimeer, Eemmeer/Nijkerker-nauw en Wolderwijd luchtfoto's gemaakt. Op 31 augustus 1991 zijn van het Veluwe-meer en een deel van het Gooimeer alsnog luchtfoto's gemaakt.

De luchtfoto-interpretatie van het Wolderwijd is gedigitaliseerd voor vergelijking met de veldkartering. De tijdstippen van de veldkartering (1 t/m 4 juli 1991) en de luchtfotokartering (22 juli 1991) verschilden enige tijd. In 1992 is boven een beperkt deel van het IJsselmeergebied (Markermeer) wel gevlogen maar zijn er alleen overzichtsfoto's (1:20.000) gemaakt die niet verder verwerkt zijn. Op 30 juni 1993¹⁴ is een deel van het IJsselmeergebied onderworpen aan een luchtfotokartering. Zo is het Veluwemeer en een deel van het Drontermeer, een deel van de Friese-kust (Makkum-Hindeloopen, het IJsselmeer tussen Medemblik en Andijk en het Markermeer, inclusief Gouwzee, vanaf de Hoornse Hop tot en met het IJmeer gevlogen.

De resultaten van de luchtfotokartering en de veldkartering in het Wolderwijd 1991 zijn op een aantal gelokaliseerde punten vergeleken op overeenkomst in bedekkingsklassen. Voor deze vergelijking is de volgende indeling gemaakt van wel of geen overeenkomst:

Tabel 1:

Beoordelingscriteria voor vergelijking van klasse-indeling van veldkartering en luchtfotokartering. Een acceptabele overeenkomst wordt aangegeven met een (+) terwijl onvoldoende overeenkomst met een (-) wordt aangegeven.

		veldkartering			
klasse		0	1	2	3
luchtfoto- kartering	0	+	+	-	-
	1	-	+	+	-
	2	-	+	+	+
	3	-	-	-	+

Tabel 1 geeft aan of de klasse-indelingen van een gebied gekarteerd m.b.v. luchtfotokartering en met een veldkartering voldoende overeenkomen met elkaar. Te verwachten is dat klasse 0 overeenkomt met klasse 0, klasse 1 met klasse 1 etc. In vier gevallen worden verschillend beoordeelde klasse-indelingen toch als acceptabel overeenkomend beoordeeld. Klasse 1 bij een veldkartering kan tamelijk gemakkelijk als klasse 0 of klasse 2 bij een luchtfoto-kartering beoordeeld worden. Klasse 2 en 3 bij een veldkartering kan t.o.v. een luchtfoto-kartering overschat worden.

¹³ Uitgevoerd door de Meetkundige Dienst (MD) van Rijkswaterstaat, Delft, afdeling Remote Sensing. Het beschikbare materiaal bestaat uit "true-colour" luchtfoto's.

¹⁴ Op 1 juli 1993 is in opdracht van dir. Flevoland een gebiedsinventariseerde fotovlucht (schaal 1:25.000) uitgevoerd voor alle Randmeren.

De gedigitaliseerde kaart van de interpretatie van luchtfoto's van het Wolderwijd (22 juli 1991) is opgenomen in deze bijlage. Er zijn duidelijke verschillen tussen de kaarten op basis van veldkartering en kaartinterpretaties van de luchtfoto's. De overeenkomsten en verschillen in bedekkingsklassen staan in de matrix van tabel 2.

Tabel 2:

Matrix die de overeenkomst en verschillen in ha bedekkingsklassen aangeeft tussen veldkartering 1-4 juli 1991 en luchtfotokartering 22 juli 1991 in het Wolderwijd.

De veldgegevens zijn ontleend aan kaart 5 (zie bijlage 8).

	klasse	veldkartering			
		0	1	2	3
luchtfoto- kartering	0	975	517	97	22
	1	77	240	53	7
	2	7	41	13	4
	3	22	176	99	18

Het aantal hectaren met werkelijk overeenstemmende klassen bedroeg 1247 ha van de totale 2396 ha, een percentage van 52%. Indien we echter met de beoordelingscriteria van tabel 1 werken zijn 1862 ha van 2396 ha juist beoordeeld, en percentage van 78%. In het eerste geval is 48% niet overeenkomstig en met de criteria van tabel 1 is 22% onjuist beoordeeld.

Totale waterplantenbedekking volgens de veldkartering: 1316 ha.

Totale waterplantenbedekking volgens de luchtfotokartering: 761 ha.

Tabel 3:

Matrix die de overeenkomst en verschillen in ha bedekkingsklassen aangeeft tussen veldkartering 1-4 juli 1991 en luchtfotokartering 22 juli 1991 in het Veluwemeer-Noord. De gegevens zijn ontleend aan kartering nrddt9110150.grid-code.

		veldkartering			
		0	1	2	3
luchtfoto- kartering	klasse				
	0	90	220	117	32
	1	1	34	66	79
	2	0	0	8	8
	3	0	1	13	63

Het aantal hectaren met werkelijk overeenstemmende klassen bedroeg 195 ha van de totale 732 ha, een percentage van 27%. Indien we echter met de beoordelingscriteria van tabel 3 werken zijn 489 ha van 732 ha juist beoordeeld, en percentage van 67%. In het eerste geval is 63% niet overeenkomstig en met de criteria van tabel 1 is 33% onjuist beoordeeld.

Totale waterplantenbedekking volgens de veldkartering: 643 ha.

Totale waterplantenbedekking volgens de luchtfotokartering: 275 ha.

De bedekkingen op veld- en luchtfoto-kaarten konden ook door het vergelijken van gridpunten met punten op de luchtfotokaart vergeleken worden. Dit leverde de matrix uit tabel 4 op. Van de 85 punten bleken er 45 overeenkomend; hierbij was echter geen rekening gehouden met het verschil in tijdstip en met de interpolatiemethodes bij beide karteringen. Vooral in het noordelijk deel van het Wolderwijd zijn de resultaten daardoor sterk verschillend: het gaat er om zeer vele, kleine veldjes die in de luchtfotokartering als grote eenheid met de uniforme bedekkingsklasse 1 worden geïnterpreteerd, maar in feite vele dichte (klasse 2 - 3) punten met grote, lege tussenruimten (klasse 0) zijn. Als dit gebied niet wordt meegerekend zijn er van de 37 punten 27 "wel overeenkomend". Overigens is de overeenkomst dan weliswaar duidelijk groter dan wanneer het op toeval berust, maar is er nog steeds een opmerkelijk verschil.

Tabel 4:

Overeenkomst Wolderwijd 1991 tussen beoordeling klasse-indeling n.a.v. luchtfoto's en een aantal in het veldbemonsterde gridpunten.

		veldkartering				
	klasse	0	1	2	3	totaal
	0	13 (3)	16 (0)	0 (0)	1 (1)	30 (4)
	1	4 (3)	7 (5)	0 (0)	3 (3)	14 (11)
luchtfoto-	2	3 (1)	9 (3)	0 (0)	9 (9)	21 (13)
kartering	3	4 (1)	9 (1)	1 (1)	6 (6)	20 (9)
	totaal	24 (8)	41 (9)	1 (1)	19 (19)	85 (37)





Samenvattend kan gesteld worden dat de overeenkomst tussen veld- en luchtfotokartering slechts gering is. Oorzaken hiervoor kunnen ten dele in het niet overeenkomende tijdstip van opname gezocht worden. Ook worden met name de lage bedekkingen in de luchtfotokartering gemist. Daarnaast is de definitie van "bedekking" voor de twee methoden verschillend. Bij veldkartering wordt een inwendige bedekking gesommeerd, terwijl bij luchtfotokartering een uitwendige bedekking wordt geïnterpreteerd.

Waterplantenkartering 1991

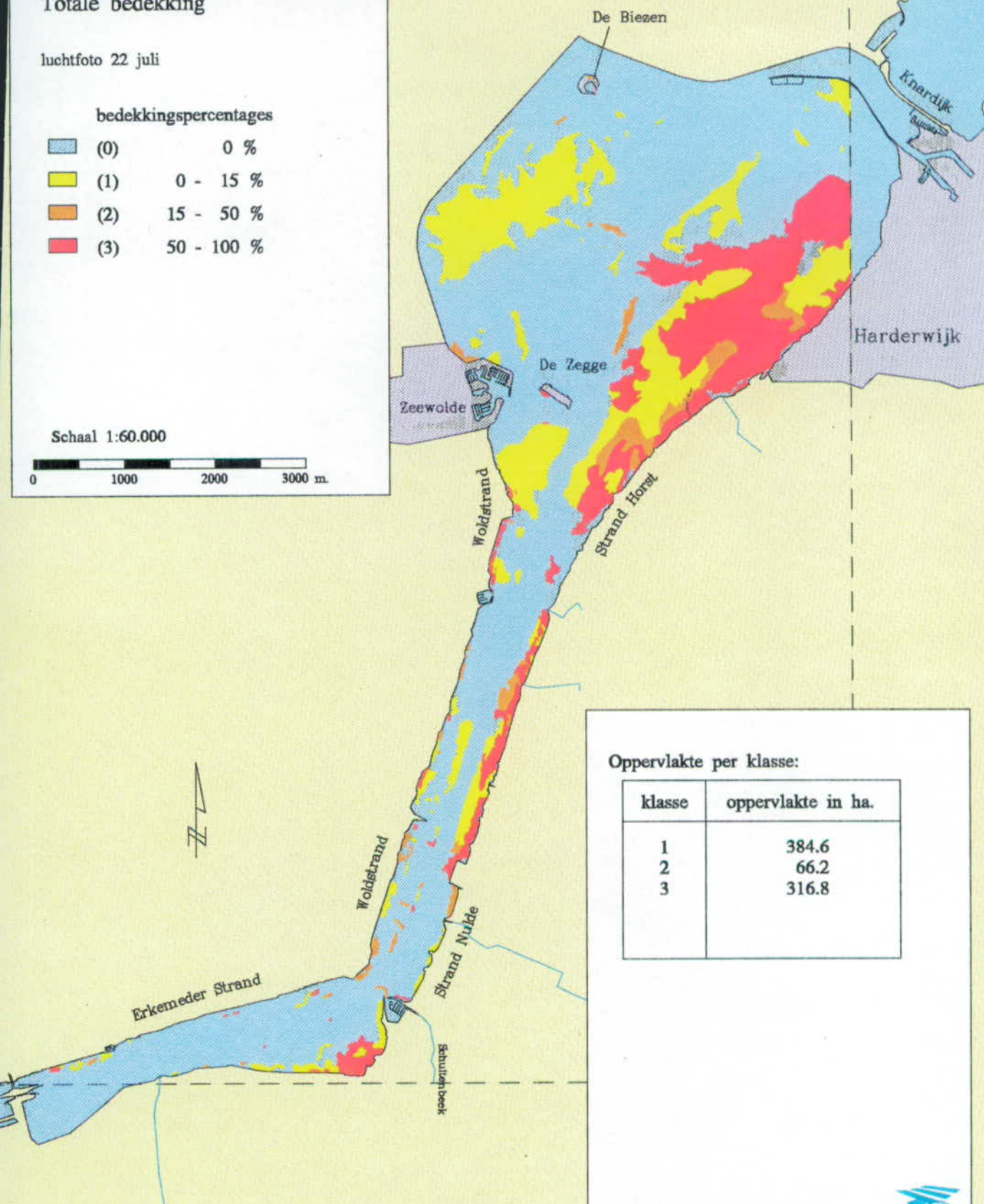
Wolderwijd/Nuldernaauw
Totale bedekking

luchtfoto 22 juli

bedekkingspercentages

	(0)	0 %
	(1)	0 - 15 %
	(2)	15 - 50 %
	(3)	50 - 100 %

Schaal 1:60.000



Oppervlakte per klasse:

klasse	oppervlakte in ha.
1	384.6
2	66.2
3	316.8

RWS, Dir. Flevoland, afd. ANM.

