

Optimalisatie van het biologisch beheer van watergangen met be- hulp van graskarpers;

voortgang 1989

Rapport 91.0015

In opdracht van:
Gemeentewaterleidingen Amsterdam

Uitgevoerd door:
Dr. J.T. Meulemans (AquaSense)
Dr. E.P.H. Best (CABO-DLO)

Amsterdam, augustus 1991

Citeren als: AquaSense/CABO-DLO (1991), Optimalisatie van het biologisch
beheer van watergangen met behulp van graskarpers. AquaSense rapportnr.
91.0015/CABO-DLO rapportnr. 151.

ISBN 272 408

Samenvatting	
Voorwoord	
1.0 Inleiding	1
2.0 Materiaal en methoden	2
2.1 Opzet experiment	2
2.2 Oogst plantemassa	4
2.3 Significantie graaseffect	6
2.4 Relatieve graassnelheid	7
2.5 Gegraasde hoeveelheid plantenmassa	7
2.6 Jaarlijkse graassnelheid	7
2.7 Visvangst	7
3.0 Resultaten en Discussie	8
3.1 Significantie graaseffect	8
3.2 Gegraasde hoeveelheid plantenmassa	8
3.3 Groei van de graskarpers	12
3.4 Graasactiviteit en voedselomzettingsefficiëntie van de graskarpers ..	13
3.5 Seizoensafhankelijkheid graaseffect	13
3.6 Diepte-afhankelijkheid graaseffect	14
3.7 Groeipatronen onbegraasde en kortstondig begraasde submerse vegetatietypen	17
3.8 Effectiviteit en selectiviteit	17
3.9 Potentieel gebruik verzamelde gegevens in graasmodel	19
3.9.1 Algemeen	19
3.9.2 Amsterdamse Waterleidingen	19
3.10 Rekenvoorbeeld Van Limburg-Stirumkanaal	21
4.0 Conclusies	22
Appendix 1	23
Appendix, tabel 1	24
Appendix, tabel 2	25
Appendix, tabel 3.	26
Appendix, tabel 4.	28
Appendix, tabel 5.	31
Appendix, tabel 6.	37

Samenvatting

Het beheer van een aantal waterwinkanalen van de Amsterdamse Waterleidingen vindt reeds vanaf 1985 plaats middels een milieuvriendelijke methode, namelijk m.b.v. graskarpers. De effecten van de graskarper op de vegetatie werd in voorgaande jaren besproken aan de hand van waargenomen veranderingen in bedekking en soortensamenstelling van de vegetatie. De effectiviteit van de vis t.a.v. het verwijderen van de gewenste hoeveelheid plantemateriaal bleek wisselend. De vis veroorzaakte geen eutrofiëring in een periode van drie jaar.

Dit onderzoek was erop gericht bovengenoemde beheersmethode te optimaliseren. Hiervoor werden aanvullende gegevens verzameld t.b.v. de ontwikkeling van een beheersmodel. Een veldexperiment werd opgezet in het Westerkanaal. Hierbij werd, gebruikmakend van kooien, de veranderingen in vegetaties gevolgd die al dan niet door graskarpers in hun ontwikkeling werden gestoord. Tijdens de onderzoeksperiode werden frequent fysisch/chemische metingen verricht, noodzakelijk voor het opstellen van een te ontwikkelen simulatiemodel. Daarnaast werden dichtheid en groeikarakteristieken van de graskarper bepaald bij de aanvang en aan het eind van het experiment en werden graasactiviteiten berekend.

Uit de resultaten kwam naar voren dat tussen 1985 en 1989 een hoog percentage aan graskarpers is verdwenen, namelijk 73 %. Tijdens de onderzoeksperiode 1989 - 1990 was dit 7 %. De relatieve groeisnelheid van de 7 jaar oude graskarpers in het laatste jaar was laag, namelijk $0.0005 \text{ g versgewicht. g}^{-1} \text{ versgewicht. dag}^{-1}$.

De graskarpers in het Westerkanaal bleken het hele jaar de biomassa van de submerse waterplanten te beïnvloeden. Hun graasactiviteit in het hele graskarpervak bedroeg op jaarbasis $0.5 - 1.0 \text{ kg drooggewicht. dag}^{-1}$ of $3.6 - 7.8 \text{ g drooggewicht plant. vis}^{-1} \text{. dag}^{-1}$. Dit zijn hoge waarden, de vrij hoge leeftijd en relatief lage watertemperatuur in aanmerking nemend. Graas was seizoensafhankelijk en het hoogst in voor- en nazomer; het beïnvloedde het groeipatroon van submerse, zachte planten maar niet dat van flab, dat het meest werd gegeten.

Met behulp van de verzamelde gegevens is het mogelijk een algemeen geldend beheersmodel op te stellen. Hiervoor is het echter wel noodzakelijk dat de functie van het betreffende waterlichaam, en de daarbijbehorende bedekkingspercentages en eventuele plantensoorten zijn vastgesteld.

Voorwoord

Een algemeen voorkomend probleem waar Waterkwaliteits- en Waterkwantiteitsbeheerders mee te maken hebben, is de beheersing van vegetaties in watergangen. Veel van deze watergangen worden mechanisch geschoond om een goede doorstroming van water te garanderen. Zoals bekend zijn de kosten die hiermee gemoeid zijn aanzienlijk. Het is daarom dat reeds tientallen jaren gezocht wordt naar andere methodieken dan de traditionele schoning. Een bekend voorbeeld van een in de jaren 60 gebruikte methode is de chemische aanpak van het probleem. Van deze techniek werd echter binnen Europa snel afgestapt, toen bleek welk een verwoestende werking de bestrijdingsmiddelen kunnen hebben op het ecosysteem. Daarom werd naar andere wegen gezocht, waarbij biologische bestrijding van het probleem een goed alternatief leek. Zo werden in de eind zestiger jaren de eerste graskarpers (*Ctenopharyngodon idella* Val.) in Nederland ingevoerd. Bekend was dat de graskarper als voedselbron waterplanten en flab heeft en daarom geschikt zou kunnen zijn om de biomassa van de vegetatie in de watergangen op een aanvaardbaar nivo te houden.

Daar weinig kennis bestond omtrent de effecten van graskarper in watergangen, werd onderzoek hiernaar verricht. In 1984 is het rapport "Graskarper in Nederland" van de Werkgroep Graskarper NRLO verschenen waarin verslag wordt gedaan van de historische ontwikkeling alsmede de toepassing van de graskarper in Nederland (Werkgroep Graskarper NRLO, 1984). Uit dat rapport komt duidelijk naar voren dat het gebruik van de graskarper goede perspectieven biedt, maar dat meer onderzoek geboden is.

Vanwege de beheersbaarheid van de effecten van de graskarper op de waterplanten is het uitzetten ervan gebonden aan strenge eisen. Zo moeten watergangen waarin graskarpers zijn uitgezet goed zijn afgeschermd van andere watergangen om ontsnappen onmogelijk te maken en is de maximale hoeveelheid vis die mag worden uitgezet (uitsluitend door de OVB) gesteld op 250 kg. ha⁻¹.

Sinds 1985 voert de Gemeentewaterleidingen Amsterdam onderzoek uit naar de effecten van het uitzetten van de graskarper op de watervegetatie in enkele waterwinkanalen. Ten behoeve van waterwinning wordt voorgezuiverd Rijnwater geïnfiltreerd in de Amsterdamse Waterleidingduinen, gelegen tussen Zandvoort en Noordwijk. Na bodempassage wordt het water weer verzameld tezamen met het grondwater en afgevoerd via winkanalen naar het laagstgelegen punt, de Oran-jekom. Vaak worden de kanalen m.b.v. een maaiboot één of meerdere malen per jaar "geschoond". Het resultaat is dat het biologisch systeem schoksgewijs wordt verstoord en er bodemopwoeling optreedt. Het mechanisch schonen met behulp van een maaiboot brengt tevens het risico met zich mee dat de waterkwaliteit beïnvloed kan worden door olie.

In opdracht van de Gemeentewaterleidingen Amsterdam wordt bovengenoemd onderzoek vanaf 1988 voortgezet door AquaSense. Gezien het veelbelovend karakter van deze milieuvriendelijke beheersmethode (zij het soms met wisselend succes) is besloten de beheersvorm middels onderzoek te optimaliseren.

Een modelmatige benadering zoals toegepast bij optimalisatie van natuurtechnische begrazing m.b.v. grote grazers in terrestrische ecosystemen kan hierbij als hulpmiddel dienen. Parametrisering van dit terrestrische model dient plaats te vinden met karakteristieken van de betreffende aquatische ecosystemen. De fysisch-chemische en plant karakteristieken zijn gedeeltelijk beschikbaar (Van der Hagen, 1987; Pot & Rosielle, 1988; Meulemans, 1988; Best & Van der Zwerde, mondelinge mededeling 1988). De ontbrekende gegevens over graasactiviteit en populatiedynamiek van de graskarpers werden zoveel mogelijk in één jaar (1989) verzameld. Het onderhavige rapport is een verslaglegging en interpretatie van de in 1989 verzamelde gegevens.

Het onderzoek is uitgevoerd door AquaSense en CABO-DLO. CABO-DLO is verantwoordelijk voor de statistische verwerking van de gegevens. Modelvorming vindt in een later stadium plaats; expertise hiervoor wordt door het CABO-DLO geleverd.

1.0 Inleiding

De graskarper is een plantenetende vissoort uit het noordoosten van Azië. Het dier is daar 's zomers actief in ondiepe, plantrijke wateren, maar trekt zich 's winters, in zijn inactieve fase, terug in diepere wateren. Deze vis wordt buiten zijn oorspronkelijk verspreidingsgebied gebruikt als een biologisch bestrijdingsmiddel van waterplanten.

Twee aspecten komen in het algemeen bij het gebruik van graskarpers als beheersmethode aan de orde.

■ Wat is de effectiviteit van de vis als grazer?

Hierbij gaat het om de vraag of de vis voldoende plantemateriaal uit het betreffende waterlichaam verwijdt om dat waterlichaam aan de gestelde watertransportfunctie te laten voldoen.

■ Wat is de invloed van de vis op het ecologisch functioneren van het ecosysteem?

Hierbij gaat het om de vraag of hij, als exoot, de normale ecologische functies van het systeem niet verstoort, bijv. door selectief bepaalde plantesoorten te verwijderen of selectief op bepaalde plaatsen of diepten te grazen (waardoor andere dieren naar elders moeten uitwijken) of door veel halfverteerde plantenresten in het water te verspreiden (waardoor eutrofiëring op kan treden).

Het beheer van een aantal waterwinkanalen van de vestiging Leiduin van de Gemeentewaterleidingen Amsterdam heeft reeds enkele jaren m.b.v. graskarpers plaats. De effectiviteit van de vis t.a.v. het verwijderen van de gewenste hoeveelheid plantemateriaal varieerde sterk: zowel tussen de jaren in hetzelfde kanaal, als in hetzelfde jaar tussen de kanalen. Een beschrijving van de veranderingen in de vegetatie van de afgelopen jaren wordt gegeven in Appendix I. De vis veroorzaakte geen eutrofiëring in een periode van drie jaar (Pot & Rosielle, 1988). De vraag rees of deze milieuvriendelijke beheersmethode geoptimaliseerd kon worden, gezien het veelbelovend maar wisselend succes. Voor de ontwikkeling van een model hiervoor is het noodzakelijk goede gegevens over graas te verzamelen; tevens zijn uitgebreide fysisch/chemische analyses verricht gedurende de periode van het onderzoek.

Het voorliggende onderzoek werd uitgevoerd om antwoorden te geven op de volgende vragen:

- 1) Hoe groot is de hoeveelheid gegraasde plantemassa?
- 2) Is de gegraasde hoeveelheid plantemassa seizoensafhankelijk?
- 3) Is graas diepte-afhankelijk?
- 4) Hebben begraasde vegetatietypen een ander groeipatroon dan onbegraasde?
- 5) Is graas selectief voor bepaalde soorten waterplanten?
- 6) Bieden graskarpers, in kwalitatieve en kwantitatieve zin, goede perspectieven voor het beheer van waterwinkanalen van de Amsterdamse Waterleidingen, en - zo ja - hoe kan dit beheer met de vergaarde kennis bijgestuurd worden?

2.0 Materiaal en methoden

Het experiment werd in 1989 uitgevoerd in het Westerkanaal, dat een onderdeel vormt van een complex van onttrekkingskanalen van de Gemeentewaterleidingen Amsterdam, te Vogelenzang. Dit kanaal werd in 1985 over een lengte van 1400 m afgezet t.b.v. de introductie van graskarpers. Een representatieve doorsnede van het kanaal is te zien in Fig.3.

Het betreffende watertype is als kalkrijk, meso-eutroof te karakteriseren: pH 7.8-8.3; bicarbonaatconcentratie 180-250 mg/l; voor overige nutriënten: zie Appendix Tabel 1; Bron: Amsterdamse Waterleidingen, 1989.

2.1 Opzet experiment

Het experiment omvatte drie verschillende behandelingen van de ondergedoken vegetatie:

1. **Onbegraasd.** Permanent uitsluiten van begrazing door stukken vegetatie vanaf 22 maart 1989 (dagno 81) d.m.v. graaskooien tegen binnendringende graskarpers te beschermen. In deze kooien werden groeicurves van ongestoorde vegetaties gemeten.
2. **Permanent begraasd.** Permanent toelaten van begrazing van de vegetatie. In deze proefvakken werden groeicurves van permanent begraasde vegetatie gemeten.
3. **Kortstondig begraasd.** Kortstondig toelaten van begrazing, door stukken vegetatie gedurende een korte (bekende) periode te laten begrazen na een voorafgaande periode waarin graas werd uitgesloten door graaskooien. Door de biomassa's van deze vegetaties te vergelijken met de biomassa's van ongestoorde vegetaties werden de periodieke graasactiviteiten bepaald.

De graaskooien (zie Foto 1) werden gevormd door een buizenconstructie van 1 x 4 m met een hoogte van 60 cm. Rondom deze buizenconstructie was gaas gespannen (opening van 5 cm). De graskarpers waren niet in staat deze graaskooien binnen te dringen. De kooien werden in het kanaal geplaatst, loodrecht op de oeverlijn, zodanig dat één van de korte kanten de rand van de oever raakte, terwijl de andere korte kant van de graaskooi op een diepte van 80 cm lag. Tevens werden de kooien geplaatst op een grotere diepte. Tijdens het experiment bleek echter dat in 1989 op 2 m diepte geen plantegroei, binnen en buiten de kooi, plaatsvond. Over het hele kanaal werden op deze diepte slechts enkele klusters van planten waargenomen.

Uitgangspunt bij de opzet van het experiment was de gegevens dusdanig te verzamelen dat een redelijke kans op statistische significante resultaten gegarandeerd was. Hiertoe werd een indeling in 5 blokken gemaakt, die elk de drie behandelingen (onbegraasd, permanent begraasd en kortstondig begraasd) omvatten (Fig. 1.2). Door loting werd bepaald welke vakken per blok op de verschillende oogstmomenten moesten worden bemonsterd.

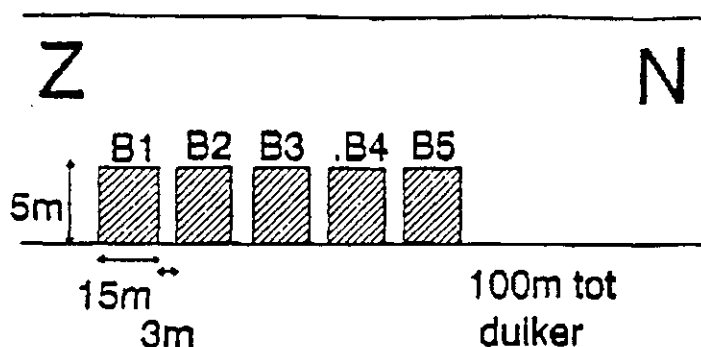


Fig.1. Ruimtelijke ligging van de blokken (B1 - B5), betrokken bij het graasexperiment.

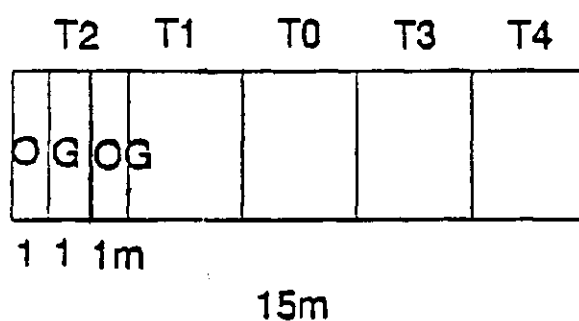


Fig.2. Verdeling van a) meettijdstippen over een blok B (T0 - T4; geloot per blok), en b) behandelingen per tijdstip T (O-ongestoord, G-permanent begraasd en OG-kortstondig begraasd; geloot per tijdstip).

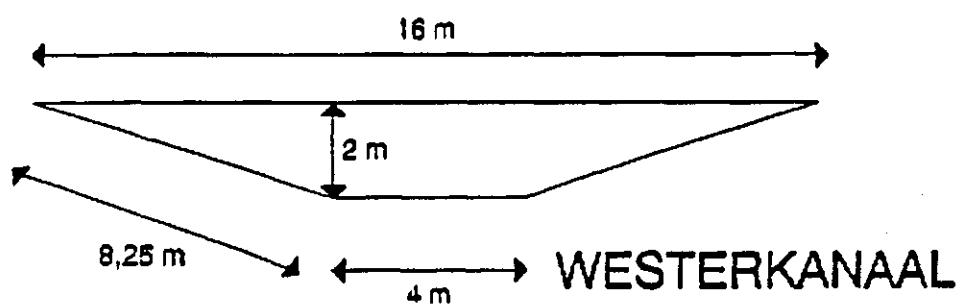


Fig.3. Representatieve doorsnede van het Westerkanaal. De lengte van het graskarperdeel van het kanaal was 1400 m. Het Westerkanaal maakt deel uit van een complex van onttrekkingskanalen van de Gemeentewaterleidingen Amsterdam.

Door de indeling in dit schema kon onderscheid gemaakt worden tussen de effecten veroorzaakt enkel en alleen door graas gedurende het gehele groeiseizoen en effecten, afkomstig van een interactie tussen kortdurende graas en verschillende leeftijden, van de vegetatie waarop graas werd toegestaan.

2.2 Oogst plantemassa

De oogstmomenten werden zodanig gekozen dat met de verzamelde gegevens een groeicurve kan worden opgesteld. Het experiment werd gestart op 22 maart (dagno 81); de bovengrondse biomassa van de planten werd vijf maal geoogst (22 maart, 7 juni, 5 juli, 6 september en 22 november; dagno's 158, 186, 249 en 326).

Tijdens de bemonstering van het plantemateriaal in de gelote vakken, werd vanaf de oever een lijn gespannen naar het laagstgelegen punt van de kooi. Langs de lijn werd elke 60 cm een quadrant van 25 x 25 cm op de bodem geplaatst. Vervolgens werd het plantemateriaal binnen het quadrant, middels SCUBA-diving, bemonsterd (zie Foto 2). Hierna werd het plantemateriaal overgebracht in een grote sorteerbak, waar de hieronder genoemde plantecategorieën afzonderlijk werden verzameld. De van elkaar gescheiden plantecategorieën werden afzonderlijk in een net gebracht, waarna ze in een droogtoeren werden gedroogd bij 80 °C tot constant gewicht.



Foto 1. Graaskooi, gevormd door een buizenconstructie van 1 x 4 m met een hoogte van 60 cm. Rondom deze buizenconstructie was gaas gespannen (opening van 5 cm). Foto: Dr. G. Baeyens



Foto 2. Quadrant waar het plantemateriaal is verwijderd. Foto: Dr. G. Baeyens

Zeven plantecategorieën kunnen worden onderscheiden met als criterium de structuur-eigenschappen en de eetbaarheid voor graskarpers, n.l.:

- 1) submers, zacht;
- 2) submers, hard en/of vezelig;
- 3) flab;
- 4) drijvend;
- 5) emers, hard;
- 6) emerse, zachte grasachtigen;
- 7) emers, kruidachtigen.

Tijdens het onderzoek in 1989 werden slechts drie plantecategorieën aangetroffen en geoogst, n.l.:

- 1) Elodea nuttallii, Potamogeton pusillus en Zannichellia palustris;
- 3) voornamelijk aan de bodem vastgehechte Enteromorpha en Hydrodictyon;
- 4) drijvende Enteromorpha.

2.3 Significantie graaseffect

Onderzocht werd of het effect van graas (d.w.z. "storing") op de oogstbare bovengrondse biomassa significant was. Hiertoe werd een variantie-analyse uitgevoerd op de plantemassa-gegevens (programma: zie Appendix Tabel 2), gebruikmakend van het statistisch pakket GENSTAT V. Een verschil werd

significant genoemd als de kans dat het in beschouwing genomen effect aan een andere factor dan de getoetste toe te schrijven was, < 5 % was (Fprob. < 0.05).

2.4 Relatieve graassnelheid

De relatieve graassnelheid, uitgedrukt in g DW. g⁻¹ DW. d⁻¹ per bemeten vegetatie, werd met de volgende formule berekend:

$$G = \frac{\ln O_{t(x+1)} - \ln O_{t(x)}}{t_2 - t_1} - \frac{\ln OG_{t(x+1)} - \ln OG_{t(x)}}{t_2 - t_1}$$

Hierin zijn $O_{t(x)}$ en $O_{t(x+1)}$ de biomassa's van vegetaties die steeds tegen graas beschermd waren, en $OG_{t(x)}$ en $OG_{t(x+1)}$ de biomassa's van vegetaties, die eerst onbegraasd zijn geweest en vervolgens gedurende een bekende meetperiode begraasd. De waarden van de relatieve groeisnelheden van de resp. vegetaties werden dus van elkaar afgetrokken. Een positieve waarde betekent dat er minder biomassa, een negatieve waarde dat er meer biomassa in het begraasde veldje is ontwikkeld dan in het onbegraasde: in het eerste geval heeft dus begrazing plaats gevonden, in het tweede geval een stimulatie van de biomassavorming.

2.5 Gegraasde hoeveelheid plantenmassa

De gegraasde hoeveelheid plantemassa werd als volgt bepaald.

Eerst werd de biomassa-toename van de onbegraasde vegetatie in een bepaalde meetperiode (in g DW. m². periode⁻¹) berekend, door de biomassa aan het eind van de meetperiode af te trekken van de biomassa aan het begin ervan. Vervolgens werd de begraasde hoeveelheid biomassa in deze meetperiode berekend door de biomassa-toename van de onbegraasde vegetatie te vermenigvuldigen met de relatieve graassnelheid in dezelfde periode voor de betreffende plantecategorie (in g DW. g⁻¹ DW. dag⁻¹).

2.6 Jaarlijkse graassnelheid

De jaarlijkse graassnelheid op de diverse plantecategorieën werd berekend door optelling van de graas in de opeenvolgende meetperiode. Verondersteld werd hierbij dat graas vòòr dagno 158 en na dagno 326, nul was, uitgaande van het feit dat plantegroei pas eind mei, vanwege de lage watertemperatuur, op gang komt en eind oktober afsterft.

2.7 Visvangst

Door medewerkers van het GWA zijn de aantallen en totaalgewichten van de graskarpers bij het begin (februari 1989) en na afloop (april 1990) van het graasexperiment bepaald. De resultaten hiervan staan in dit rapport vermeld.

3.0 Resultaten en Discussie

3.1 Significantie graaseffect

Om te toetsen of de verschillen in plantebiomassa tussen de drie varianten (onbegraasd, permanent begraasd en kortstondig begraasd) significant waren ten gevolge van de factor begrazing, werden variantie-analyses uitgevoerd. Daar tijdens het onderzoek slechts drie plantecategorieën werden onderscheiden, betreft het hier drie variantie-analyses (1 analyse per plantecategorie). Bij deze analyse werden alle tijdstippen van het jaar betrokken. Het effect van begrazing was significant voor de plantecategorieën 1 en 4 (1: submers, zacht; 4: drijvend flab). De biomassawaarden, berekend als gemiddelde over het jaar, zijn per variant van de getoetste factor begrazing uitgezet in Fig. 4 (linkerzijde; voor getallen: zie Appendix Tabel 3).

Ook werd middels variantie-analyse nagegaan of de significantie van graaseffecten beïnvloed werd door het tijdstip van het jaar (oogstdatum van het plantemateriaal). Dit zou dan een gevolg kunnen zijn van leeftijdsverschillen van de vegetatie (veroudering) of van activiteitsverschillen van de graskarpers. In dit geval is slechts het resultaat van deze processen/activiteiten gemeten, waardoor ze hier dus niet van elkaar te onderscheiden zijn. Hiertoe werd de interactie tussen leeftijd (van de plantenmassa) met de 3 varianten van de factor storing per plantecategorie getoetst. Deze interactie was ook significant voor plantecategorie 1 en 4. Het gemiddelde van de biomassa's per tijdstip is berekend; dit alles per plantecategorie. Per tijdstip is de biomassa gecorrigeerd voor de diverse graaseffecten (Fig. 4 rechterzijde; voor getallen zie: Appendix Tabel 3). Deze waarde is hier gegeven om een indruk te geven wat normale biomassavorming zou zijn zonder externe beïnvloeding.

Dit betekent dat:

- graas gedurende het hele jaar submerse, zachte waterplanten en drijvend flab aantast;
- de hoeveelheid graas afhankelijk van het groeiseizoen is.

Het jaargemiddelde in biomassa van de permanent begraasde vegetatie was hoger dan dat van de onbegraasde en van de kortstondig begraasde. Dit kan veroorzaakt zijn door een tijdelijke lichtbeperking van de vegetaties waar permanent of kortstondig een graaskooi omheen gestaan heeft. Het lichteffect was in een aantal gevallen groot, ondanks dat wekelijks de flab van de kooien werd verwijderd. Daarom zijn gegevens van de permanent begraasde vegetatie moeilijk vergelijkbaar met de overige vegetaties. Dat uitte zich in een ander groeipatroon e.d. Deze gegevens zijn bij toetsing van graaseffecten wel betrokken maar niet bij de berekeningen van de graassnelheden.

3.2 Gegraasde hoeveelheid plantenmassa

In Appendix Tabel 4 wordt de biomassatoename van de onbegraasde vegetatie in een bepaalde meetperiode gegeven, alsmede de relatieve graassnelheid. Met behulp van deze gegevens werd de gegraasde hoeveelheid plantemassa bepaald.

De totale jaarlijkse graassnelheid (voor berekening, zie methode) was $16.0^* \text{ g DW. m}^{-2} \cdot \text{j}^{-1}$ (Tabel 1; plantecategorie 1: 0.3, plantecategorie 3: 3.2, en plantecategorie 4: $12.6 \text{ g DW. m}^{-2} \cdot \text{j}^{-1}$).

De dagelijkse graassnelheid gemiddeld over een jaar was $0.044 \text{ g DW. m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$.

Indien de groeistimulatie t.g.v. graas (d.w.z. de negatieve graassnelheden en afname in biomassa van de onbegraasde vegetatie t.o.v. de biomassa in de begraasde vegetatie; zie Appendix Tabel 4) niet in de totaal graas wordt meegerekend, dan wordt de dagelijkse graassnelheid gemiddeld over een jaar $0.039 \text{ g DW. m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$ (Tabel 1). Deze waarde geeft weliswaar een beter inzicht in de activiteit van de vissen, maar niet in het effect van de vissen op de hoeveelheid biomassa van de vegetatie. Deze stimulering van de biomassavorming door graas werd ook gerapporteerd voor Hydrilla in subtropisch Florida door Gasaway, 1978.

Het is mogelijk dat de toerekening van drijvend flab tot graas een artefact is van de gebruikte meetmethode. De in de kooien gevormde flab kon niet wegdrijven. Waarneembaar was dat een deel van de buiten de kooi gevormde flab wegdreef naar de noordkant van het kanaal. Indien drijvend flab niet bij de graas gerekend wordt, dan wordt een dagelijkse graassnelheid gemiddeld over het jaar gevonden van $0.010 \text{ g DW.m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$ (Tabel 1).

* In dit verslag wordt de engelse notatie gebruikt

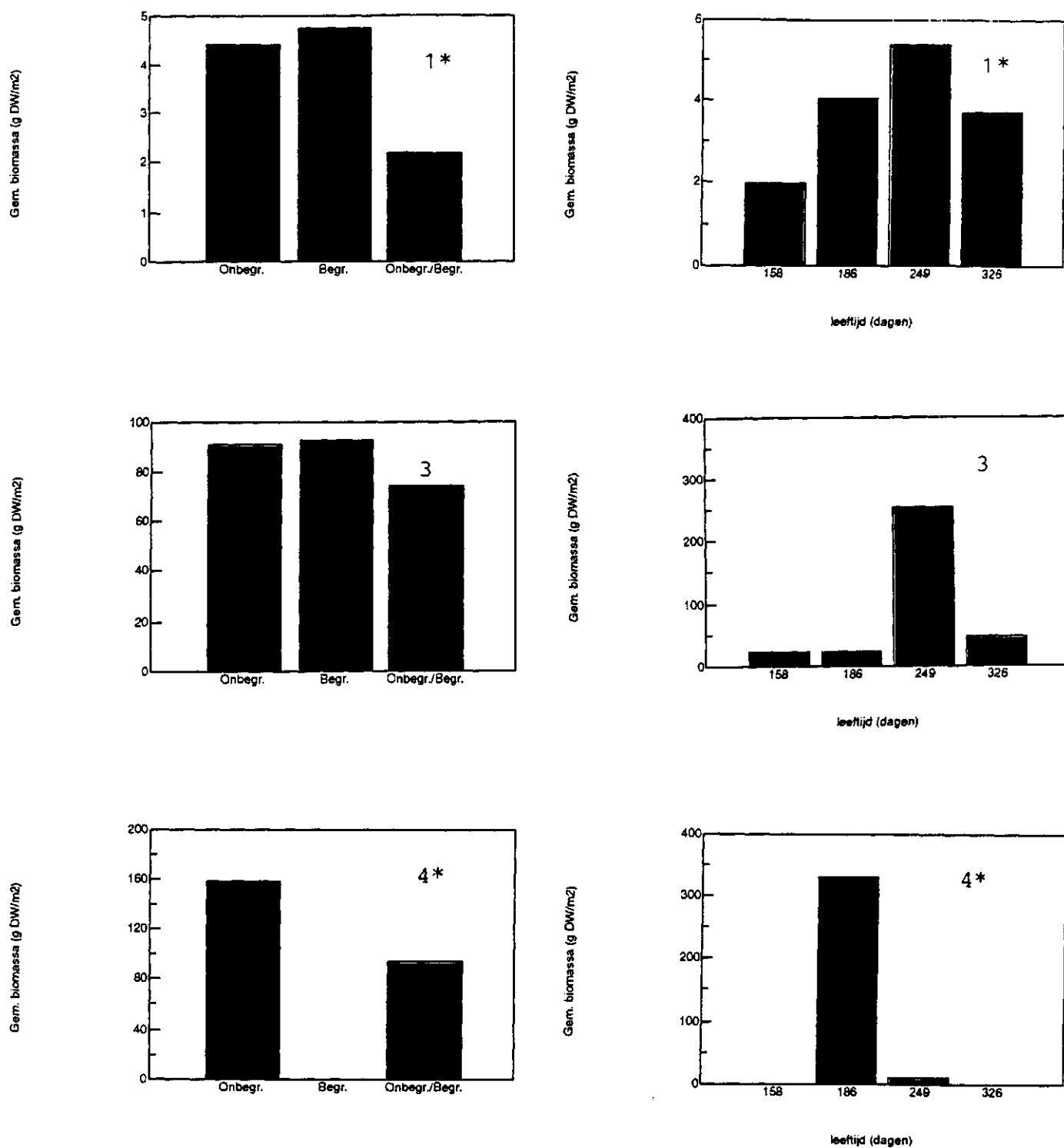


Fig. 4. Variantie-analyse om verschillen aan te tonen in de gemeten biomassa's in onbegraasde, permanent begraasde en kortstondig begraasde vegetatietypen. De bovengrondse biomassa op dagno. 81 was 0, en is buiten de analyse gehouden. De plantecategorieën 1, 3 en 4 zijn apart onderscheiden. Een * in de rechter bovenhoek geeft aan of de verschillen significant zijn. Linkerserie figuren: de plantebiomassa, gemiddeld over het jaar, onbegraasd, permanent begraasd en kortstondig begraasd, per plantecategorie. Er is getoetst op verschillen in biomassa t.g.v. begrazing. Rechterserie figuren: de plantebiomassa, gemiddeld per tijdstip en gecorrigeerd voor effecten van graas, per plantecategorie. Er is getoetst op verschillen in biomassa t.g.v. interactie tussen leeftijd en begrazing.

Tabel 1.

Totale jaarlijkse graasactiviteit en dagelijkse graasactiviteit gemiddeld over het jaar, berekend uit in het veld gemeten graasfracties per meet periode. Seizoenwaarden zijn een factor 2 hoger (groeiseizoen: april t/m september).

1, Graas gecorrigeerd voor groeistimulatie; 2, Graas zonder plantecategorie 4.

Periode	Graas			Graas	
(dagen)	(g DW/m2/periode)			(g DW/m2/d)	
	Pl.cat.1	Pl.cat.3	Pl.cat.4	Pl.cat.1+3+4	Pl.cat.1+3+4
Alle graas					
0-158	0.0	0.0	0.0	0.0	
158-186	0.163	-0.096	10.653	10.720	
186-249	0.049	3.241	2.014	5.300	
249-326	0.110	0.020	-0.109	0.021	
326-365	0.0	0.0	0.0	0.0	
0-365	0.322	3.165	12.558	16.041	0.044
Graas1					
0-158	0.0	0.0	0.0	0.0	
158-186	0.156	0.006	10.653	10.815	
186-249	0.061	3.370	0.0	3.431	
249-326	0.007	0.042	0.0	0.049	
326-365	0.0	0.0	0.0	0.0	
0-365	0.224	3.418	10.653	14.295	0.039
Graas2				3.642	0.010

3.3 Groei van de graskarpers

In Tabel 2 worden de aantallen en totaalgewichten van de graskarpers tussen 1985 en 1990 gegeven. Tussen 1985 en 1989 zijn 342 graskarpers (exclusief de 23 in 1988) uit het kanaal verdwenen (73 %). In het laatste jaar zijn er slechts 10 minder teruggevangen. Het gewicht van de vissen is in de laatste 5 jaar toegenomen van 1.15 kg tot 2.53 kg.

De groei van de graskarpers in het Westerkanaal was laag (een relatieve groeisnelheid, uitgedrukt in g versg. g^{-1} versg. d^{-1} , was 0.0003 tussen 1985 - 1986; 0.0009 tussen 1986 - 1988 en 0.0005 tussen 1989 - 1990). Het totaalgewicht van de vissen in het kanaal is echter afgenomen van 575 kg in 1985 naar 316 kg in 1990. Dit kan zijn veroorzaakt door sterfte, of door het feit dat de graskarpers zijn geconsumeerd door de nog in het kanaal aanwezige snoek of door vogels, zoals de blauwe reiger. Indien het aantal graskarpers in de tijd gelijk zou zijn gebleven met een vergelijkbaar gewicht dan zou het totaalgewicht zijn toegenomen tot 1265 kg.

Tabel 2.

Aantallen, totaalgewicht per graskarper bij het uitzetten (1985), in 1986 en 1988 en bij het begin (febr. 1989) en na afloop (apr. 1990) van het graasexperiment, alsmede de relatieve groeisnelheid.

Tijdstip	Aantal (N)	Tot.gewicht (kg)	Gewicht per vis (kg)
Mrt 1985	500	575	1.15
Mei 1986			1.3
Jul 1988			2.2
Jul 1988	-23*		
Feb 1989	135	284	2.1
Apr 1990	125	316	2.53

* In juli 1988 zijn 23 graskarpers uit het Westerkanaal verwijderd.

De groei van de graskarpers in de periode 1989/1990 in het Westerkanaal was laag t.o.v. wat in de literatuur wordt gevonden (relatief 0.0005 g versg. g^{-1} versg. d^{-1}); de seizoenswaarden zijn een factor 2 hoger. De meeste groeisnelheden uit de literatuur gelden echter voor jonge vissen die hogere groeisnelheden hebben dan oude vissen. Bovendien leefden deze vissen in warmere klimaten, waar de groei gewoonlijk sneller is dan in koele klimaten (bijv. Nederland). Mogelijke oorzaken voor de hier gevonden lage groeisnelheden zijn:

- de relatief lage watertemperatuur (het hele jaar $< 20^{\circ}C$). Het kanaal wordt aangevuld met gezuiverd infiltratiewater. De optimumtemperatuur voor graskarpers is $20 - 30^{\circ}C$, cf. Weatherley, 1972; Kilambi & Robison, 1979;
- de vrij hoge leeftijd van de vissen (6- tot 7-jarige vissen, met een vrij hoog stuksgewicht; vergelijkbare groeisnelheden werden gevonden voor ongeveer even oude, maar veel zwaardere, 11 kg, vissen in subtropisch Florida; cf. Shireman & Maceina, 1981. Jongere vissen hebben gewoonlijk hogere groeisnelheden, cf. Blackburn & Sutton, 1969;
- een slechte voedselkwaliteit;
- een te geringe voedselbeschikbaarheid.

Geen directe aanwijzingen zijn gevonden voor een slechte voedselkwaliteit en een te geringe voedselbeschikbaarheid, maar ze zijn niet uit te sluiten.

3.4 Graasactiviteit en voedselomzettingsefficiëntie van de graskarpers

In Tabel 3 staan de gegevens vermeld van de graasactiviteit en voedselomzettingsefficiëntie van de graskarpers in het Westerkanaal. Hierbij zijn de volgende aannames gedaan:

- de plantengroei op de experimentele locatie is representatief voor de plantegroei in het hele afgezette deel van het kanaal;
- het begroeide oppervlak van het afgezette deel van het kanaal is 23100 m²;
- het gemiddelde aantal vissen is 130, met een totaal gewicht van 300 kg;
- de verhouding drooggewicht/versgewicht vis = 0.2
- de verhouding drooggewicht/versgewicht plant = 0.1.

Tabel 3.

Graasactiviteit en voedselomzettingsefficiëntie, gemiddeld over het jaar, in het voor graskarpers afgezette deel van het Westerkanaal. Seizoenswaarden zijn een factor 2 hoger. 1: Graas gecorrigeerd voor groei-stimulering; 2: Graas zonder plantecategorie 4.

Bron waarde	Graas (g DW plant. GK-vak ⁻¹ . d ⁻¹)	(g DW plant. vis ⁻¹ . d ⁻¹)	(g DW plant. kg ⁻¹ vis. d ⁻¹)	Voedselomz. eff.
Graas	1016.4	7.82	3.387	0.17
Graas 1	900.9	6.93	3.002	0.15
Graas 2	462	3.55	1.539	0.08

De graasactiviteit voor de hele graskarpervak van het Westerkanaal werd berekend. Deze graasactiviteit bedroeg:

maximaal 1.0 kg DW. GK-vak⁻¹. d⁻¹; 7.8 g DW. vis⁻¹. d⁻¹ en 3.4 g DW. kg⁻¹ versg.vis. d⁻¹, vs. **minimaal** 0.5 kg DW.GK-vak⁻¹. d⁻¹; 3.6 g DW.vis⁻¹. d⁻¹ en 1.5 g DW. kg⁻¹ versg.vis. d⁻¹ (dwz als plantecategorie 4 niet meegerekend wordt en alleen negatieve biomassaproducties in begraasde vegetaties in de berekening betrokken zijn).

De voedselomzettingsefficiënties, d.i. de conversie van plantaardig versgewicht naar dierlijk versgewicht, lagen tussen 0.08 en 0.17. Deze efficiënties liggen wat lager dan waarden gevonden voor graskarpers >6 kg versg./vis (0.16-0.20) in subtropische Florida (Shireman & Maceina, 1981). Door gebrek aan ander referentiemateriaal is niet bekend of de gevonden waarden hoog of laag zijn.

Efficiënties van kleinere vissen zijn gewoonlijk veel hoger, mits er onbeperkt voedsel voorhanden is, en bleken te kunnen variëren van 1 tot 2 onder klimaatomstandigheden vergelijkbaar met die in Nederland (Polen; Opuszynski, 1972). Voedselbeperking kan de voedselomzettingsefficiëntie van kleine vissen in sterke mate reduceren: Kilambi & Robinson, 1979 vonden efficiënties van 0.004-0.018 bij vissen met een stuksgewicht van 150 g versg. vis⁻¹ uitgezet met een vrij hoge dichtheid in kleine vijvers.

3.5 Seizoensafhankelijkheid graaseffect

De relatieve graassnelheid varieerde met de tijd van het jaar, met de plantecategorie en met de diepte waarop de vegetaties groeiden (zie Tabel 4).

Tijdens de eerste meetperiode (dagno 81-158) vond in geen van de plantecategorieën waarneembare graas plaats. In plantecategorie 1 was de relatieve graassnelheid het hoogst in het begin van de zomer (dagno 158-186), nam daarna af (dagno 186-249) en was negatief in het laatste jaarkwartaal (dagno 249-326). In plantecategorie 3 was de relatieve graassnelheid negatief in het begin van de zomer en aan het eind van het jaar, maar vrij

hoog in de nazomer (dagno 186-249). In plantecategorie 4 trad alleen graas in het begin van de zomer op, niet in de tweede helft van de zomer, en was graas negatief aan het eind van het jaar.

De relatieve graassnelheid varieerde met de diepte. Bij de plantecategorieën 1 en 3 leek er geen voorkeur voor een bepaalde diepte te zijn, uiteraard bij categorie 4 wel, nl. 0.15 - 0.48 m. Bij plantecategorie 1 was er een tendens dat na een intensieve graasperiode op een bepaalde diepte vaak een vrij sterke groei op die diepte optrad (hoge negatieve graasactiviteit). Het netto resultaat gemiddeld over een raai van 0 t/m 0.79 m kon weliswaar nul zijn, maar dit hoefde niet te betekenen dat er dan geen graas had plaatsgevonden. In plantecategorie 4 was bijv. de over de raai gemiddelde relatieve graassnelheid 0 in de periode dag 186 - 249, maar op 0.31 m diepte werd gegraasd, terwijl op 0.15 en 0.48 m de begraasde vegetatie sneller groeide dan de onbegraasde.

Indien het gemiddelde van de over de diverse meetperioden gemeten relatieve graassnelheden als maat voor de jaarlijkse graasactiviteit wordt genomen, betekent dit, dat over een jaar genomen alleen plantecategorie 3 in geringe mate begraasd werd (0.2 % van de primaire productie van deze categorie; Tabel 5). Beide overige plantecategorieën werdend in hun biomassaproductie "gestimuleerd" (resp. 0.05 %, categorie 1, en 0.03 % categorie 4). Zoals uit de bovenstaande alinea blijkt werd er echter in diverse perioden van het jaar wel degelijk gegraasd.

3.6 Diepte-afhankelijkheid graaseffect

Om te toetsen of de effecten van graas per diepte verschilden werden de dieptecategorieën afzonderlijk getoetst.

Op alle bemeten diepten, uitgezonderd aan het oppervlak, was een duidelijk effect van graas waarneembaar. In de diepteklasse 0 m was geen enkel effect significant (Appendix Tabel 5). Er traden wel zeer grote variaties in biomassa op, die blijkbaar door andere factoren veroorzaakt werden. Een mogelijk belangrijke factor kan de grote variatie in waterpeil geweest zijn, die voor tijdelijk droogvallen verantwoordelijk was. In de overige diepteklassen (0.15, 0.31, 0.48, 0.62 en 0.79 m) was steeds categorie 1 of 4, of beide, significant, al dan niet beïnvloed door leeftijd.

Tabel 4.
 Relatieve graassnelheden per meetperiode, plantecategorie en waterdiepte. Voor gebruikte formule: zie tekst.

Diepte- klasse(m)	Relatieve graassnelheid (g DW· g ⁻¹ DW· d ⁻¹)			
	Periode (dagno.)			
	81-158	158-186	186-249	249-326
* Plantecategorie 1				
0	0.0	-0.010	0.036	-0.038
0.15	0.0	0.047	0.001	0.0
0.31	0.0	0.042	-0.054	-0.015
0.48	0.0	-0.038	0.009	-0.010
0.62	0.0	-0.029	0.050	-0.006
0.79	0.0	0.025	-0.032	0.043

0-0.79	0.0	0.006	0.002	-0.004
* Plantecategorie 3				
0	0.0	-0.052	0.009	0.004
0.15	0.0	-0.001	-0.002	-0.004
0.31	0.0	-0.013	-0.001	0.002
0.48	0.0	-0.006	0.008	0.005
0.62	0.0	0.029	0.091	-0.024
0.79	0.0	-0.038	0.018	0.008

0-0.79	0.0	-0.014	0.021	-0.002
* Plantecategorie 4				
0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.15	0.0	0.024	-0.034	0.019
0.31	0.0	0.016	0.036	-0.035
0.48	0.0	0.009	-0.003	0.0
0.62	0.0	0.0	0.0	0.0
0.79	0.0	0.0	0.0	0.0

0-0.79	0.0	0.008	0.0	-0.003

Tabel 5.
Hoeveelheden gegraasde ten opzichte van geproduceerde plantenmassa, gemiddeld over de bemeten waterdiepten, per dag, per meetperiode en per jaar.

Aantal dagen/ periode	Gem.per seizoen en per 6 diepten (g DW.g ⁻¹ DW.d ⁻¹)	Graasfractie Per periode (g.g ⁻¹ .d ⁻¹)	Jaargem. (g.g ⁻¹ .d ⁻¹)	 (%prim.prod.d ⁻¹)
* Plantecategorie 1				
158	0.0	0.0	-0.0005	-0.05
28	0.006	0.168		
63	0.002	0.126		
116	-0.004	-0.464		
* Plantecategorie 3				
158	0.0	0.0	0.002	0.2
28	-0.014	-0.392		
63	0.021	1.323		
116	-0.002	-0.232		
* Plantecategorie 4				
158	0.0	0.0	-0.0003	-0.03
28	0.008	0.224		
63	0.0	0.0		
116	-0.003	-0.348		

3.7 Groeipatronen onbegraasde en kortstondig begraasde submerse vegetatietypen

Graas had meestal een significant effect op de geproduceerde plantemassa. Het was echter nog niet duidelijk hoe dit effect op de groei tot uiting komt. Het effect kan gedurende een deel of het gehele jaar positief dan wel negatief zijn, maar het kan ook het verloop van de groei in de tijd beïnvloeden.

Om dit te onderzoeken werden de onbegraasde en de continu en kortstondig begraasde vegetaties gekarakteriseerd door: 1) hun maximale relatieve groeisnelheid; 2) hun maximum biomassa; 3) het tijdstip waarop de maximum biomassa optrad (Fig. 5; Appendix Tabel 6).

De vegetatie van de drie plantecategorieën reageerden verschillend op graas.

Categorie 1 vertoonde meestal: 1) een lagere maximale relatieve groeisnelheid (RGRM) op de onbegraasde dan op de begraasde veldjes, 2) een hogere maximum biomassa op ondiepe en een lagere maximum biomassa op diepe standplaatsen op de onbegraasde dan op de begraasde veldjes, 3) een later tijdstip waarop de maximum biomassa bereikt werd op de onbegraasde dan op de begraasde veldjes. Categorie 3 vertoonde geen duidelijke trend.

Categorie 4 was uitsluitend aanwezig op de onbegraasde veldjes. Dit laatste kan een artefact zijn, zoals eerder besproken.

3.8 Effectiviteit en selectiviteit

- Om vast te kunnen stellen of de graskarper effectief was t.a.v. het beheer van het Westerkanaal moeten eerst duidelijke criteria voor dit beheer vastgesteld worden, uitgedrukt in maximaal toegestane biomassa's. Deze criteria kunnen voor de Gemeentewaterleidingen zijn; hoge diversiteit in planten (soortenrijkdom) en bedekkingspercentages in de orde van 10 %.

- Met de verzamelde gegevens t.a.v. gegraasde fractie per periode, per plantecategorie (Tabel 1, 5) en visdichtheid en voedselomzettingsefficiëntie (Tabel 3) kan een prognose voor het toekomstig biologisch beheer van watertypen als het Westerkanaal worden gegeven.

- Als de hoogste fractie graas als criterium voor preferentie wordt gehanteerd prefereert de graskarper aan de bodem vastgehechte flab (plantecategorie 3; Tabel 5). Het dier kan echter ook tot deze keuze gedwongen zijn door **a)** de zeer geringe beschikbaarheid van ondergedoken, zachte waterplanten - waardoor het dier lange zoektijden zou moeten maken om deze te vinden, **b)** de lage temperatuur, waardoor het dier slechts een geringe activiteit kon ontplooien. Vermeld moet echter worden dat de graskarpers in 1985 wel een hoge biomassa van de vegetatie hadden weggegraasd. De dichtheid van de vegetatie was namelijk sterk afgenomen t.o.v. het contrôlestuk. In het algemeen wordt opgegeven dat de voedselpreferentie van het dier niet wordt beïnvloed door leeftijd, temperatuur e.d., maar dat de selectiviteit bij hogere temperaturen afneemt (het zal nooit plantensoorten eten die het niet lekker vindt, maar is minder selectief als het warmer wordt; Edwards, 1974).

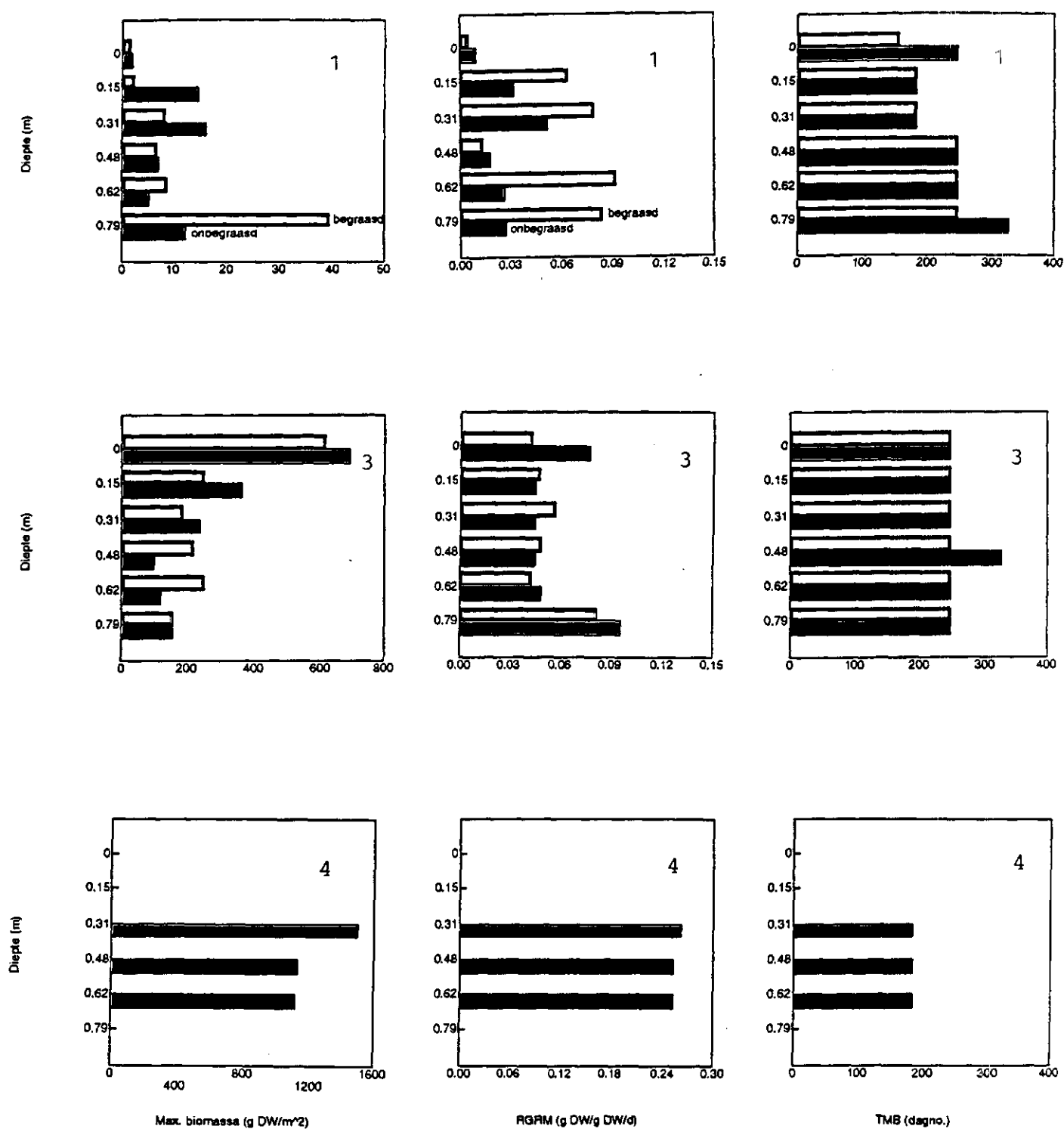


Fig. 5. Groei-karakteristieken van onbegraasde en kortstondig begraasde submerse vegetatietypen. De plantecategorieën 1, 3 en 4 zijn apart onderscheiden. RGRM, maximale relatieve groeisnelheid; TMB, tijdstip waarop de maximale biomassa werd bereikt.

3.9 Potentieel gebruik verzamelde gegevens in graasmodel

3.9.1 Algemeen

Een succesvol model voor optimalisatie van het beheer van watervegetaties met behulp van graskarpers kan ontwikkeld worden als de beheersdoelstelling van het betreffende waterlichaam duidelijk is, en de daarbij behorende bedekkingspercentages en eventuele plantesoorten vastgesteld zijn. Zo werd bijv. in de Verenigde Staten een 20-25 % bedekking voorgesteld voor water waarin op forellen gevestigd moest kunnen worden, 10-15 % bedekking in waterlichamen met vele verschillende functies, en 0-10 % bedekking voor waterlichamen die uitsluitend dienden voor opslag t.b.v. drinkwaterbereiding. Over de soortensamenstelling van de gewenste watervegetatie werd niets vermeld (Swanson & Bergersen, 1988).

3.9.2 Amsterdamse Waterleidingen

Om een uitspraak te kunnen doen over eventuele soortenverschuivingen in de aanwezige watervegetaties en eventuele vervanging van hogere waterplanten door epipelische algen dan wel draadwieren (Ewel & Fontaine, 1982), ten gevolge van graas dienen niet alleen plantensoort-specifieke eigenschappen bekend te zijn, zoals relatieve groeisnelheden, adaptatievermogen aan bijv. stress-omstandigheden, maar ook de preferentie van graskarpers voor bepaalde soorten, en de minimum hoeveelheid van een plant die nog voor graas in aanmerking komt.

Op grond van de fysisch-chemische karakteristieken van de drie kanalen, waarin beheer m.b.v. graskarpers overwogen wordt (Appendix Tabel 1) kunnen een paar relatieve uitspraken gedaan worden.

1. Het Van Limburg-Stirum kanaal heeft een wat hogere watertemperatuur, waardoor zowel de groei van de watervegetaties wat vroeger zal beginnen en er wat meer biomassa geproduceerd kan worden, maar ook de vissen aktiever zijn en dus minder efficiënt dan in het Westerkanaal. Om deze reden zou een wat hogere visdichtheid of jongere vissen nodig zijn. Het Oosterkanaal is in dit opzicht vergelijkbaar met het Van Limburg-Stirumkanaal.
2. Het Van Limburg-Stirumkanaal heeft een hoog bicarbonaat-gehalte (gegevens uit 1987). De koolstofbeschikbaarheid hoeft geen belemmering te zijn voor de groei van macrofyten. Hiermee kan met het uitzetten van graskarpers rekening worden gehouden. In het zuidelijk deel van het kanaal werd in de voorzomer een sterke daling van de bicarbonaatconcentratie waargenomen, waardoor de groei van ondergedoken waterplanten beperkt wordt (niet die van de algen, want die nemen CO₂ op!). In deze periode zullen de vissen vooral algen moeten eten.
3. Het Oosterkanaal heeft een zeer gering doorzicht (hoge extinctiecoëfficiënt). Dit betekent dat vrijwel het hele groeiseizoen geen licht op de bodem doordringt, en daarom vooral de groei van submerse hogere waterplanten maar ook die van flab onmogelijk is.

In het groeiseizoen van macrofyten zijn twee kooien in het kanaal geplaatst. Hiermee kon worden nagegaan of binnen deze kooien, waar graskarpers zijn buitengesloten, eventueel toch macrofytengroei plaatsvond. Dat was niet het geval. Pelagische algen zullen nog wel groeien en kunnen dat aan het wateroppervlak explosief doen door de hoge P-concentraties. Door lichtgebrek in de diepere waterlagen kunnen anaerobe omzettingen in water en bodem plaatsvinden, waardoor mogelijk geur en smaak van het water negatief beïnvloed worden. Dit kanaal is onder de huidige omstandigheden ongeschikt voor graskarpers. In het Wester- en Van Limburg Stirumkanaal is voldoende licht in de waterkolom

beschikbaar voor de groei van waterplanten.

4. De verzamelde gegevens zullen gebruikt worden voor berekeningen ter optimalisatie van het beheer. Hierbij kan uitsluitend gerekend worden met waarden binnen de bereiken van de gemeten grootheden (instraling, doorzicht, watertemperatuur, waterkwaliteit, plantendek en visleeftijd). Verwerking van de gegevens in een beheersmodel maakt extrapolatie buiten de gemeten bereiken mogelijk.
5. Indien de waterwinkanalen op deze wijze met graskarpers beheerd worden, dient de mate van succes door begeleidend onderzoek vastgesteld te worden. Dit onderzoek zou ondermeer inhouden;

- het volgen van fysisch-chemische parameters van belang voor waterplanten
- het steekproefsgewijs opnemen van de watervegetatie
- het steekproefsgewijs vaststellen van de graskarper-populatie
- het tijdig aanvullen van de graskarperpopulatie
- het beheersen van de predatie op graskarpers.

3.10 Rekenvoorbeeld Van Limburg-Stirumkanaal

- * Morfometrie
 - Lengte 3.7 km
 - Diepte 1.9 m
 - Door waterplanten koloniseerbaar oppervlak 30525 m²
- * Doorzicht ca. 1.3 m
- * Watertemperatuur s'zomers maximaal 20 °C
- * Waterkwaliteit eutroof, anorg. koolstof niet beperkend
- * Plantendek
 - oorspronkelijke situatie: soortensamenstelling als in Westerkanaal, bedekking ca. 100 % (standing crop begin groeiseizoen ca. 10 g AFDW. m⁻²; max. relatieve groeisnelheid 0.039 g AFDW. g⁻¹ AFDW. d⁻¹)
 - gewenste situatie: soortensamenstelling idem, bedekking ca. 10 %
- * Vis
 - ca. 7-jarig: rel. graassnelheid 3.4 g DW. kg⁻¹ versg. vis. d⁻¹ (jaargemiddelde; seizoensgemiddelde 6.8 g DW. kg⁻¹ versg. vis. d⁻¹)
 - ca. 2-3 jarig: rel. graassnelheid ca. 3.4 DW. kg⁻¹ versg. vis. d⁻¹

Om te zorgen dat planten niet volledig weggegeten worden, moet in het voorjaar minder dan 0.4 g AFDW. m⁻². d⁻¹ gegeten worden. Een gegeten hoeveelheid van ca. 0.2 g AFDW. m⁻². d⁻¹ lijkt acceptabel, omdat de planten een "patchy" groeipatroon hebben, met 50 % van totaal koloniseerbaar oppervlak begroeid. Vissen moeten 1 kg DW. ha⁻¹. d⁻¹ eten om in leven te kunnen blijven. Er moet dus 147 kg vis het hele jaar actief zijn.

4.0 Conclusies

1. De graasactiviteit in het hele graskarpervak van het Westerkanaal bedroeg 0.5-1.0 kg droogg.d⁻¹, of 3.6-7.8 g droogg.plant.vis⁻¹.d⁻¹, of 1.5-3.4 g droogg.plant.kg⁻¹ versg.vis.d⁻¹. Dit zijn hoge waarden, de vrij hoge leeftijd en relatief lage watertemperatuur in aanmerking nemend.
Na het uitzetten van graskarpers is in een periode van 4 jaar 73 % verdwenen. Dit kan zijn veroorzaakt door hoge sterfte de eerste jaren na het uitzetten of door predatie door snoek en/of vogels. Het laatste jaar bedroeg de sterfte + predatie slechts 7 %;
2. De graskarpers in het Westerkanaal tastten het grootste deel van het jaar de biomassa van de submerse waterplanten aan.
De graasintensiteit was seizoensafhankelijk: afwezig van januari tot half juni, sterk gericht op submerse zachte planten in de voorzomer, sterk gericht op aan de bodem vastgehechte flab in de nazomer, vervolgens weer afwezig. De sterke flabgroei kan mede veroorzaakt zijn door een te intensieve verwijdering van de submerse hogere waterplanten;
3. De graas was in het algemeen niet diepteafhankelijk;
4. Het groeipatroon van submerse, zachte planten werd door graas beïnvloed, dat van de flab niet;
5. Er trad selectie op voor flab;
6. Graskarpers bieden, in kwalitatieve en kwantitatieve zin, goede perspectieven voor het beheer van de waterwinkanalen vanwege het feit dat:
 - de graskarpers de soorten diversiteit van de watervegetatie niet negatief beïnvloeden (dit experiment en eerder onderzoek)
 - de graskarpers geen eutrofiëring in snelstromende kanalen veroorzaken (Pot & Rosielle, 1988).
 - de graskarpers aanzienlijke hoeveelheden plantenmateriaal kunnen verwijderen, zelfs op relatief hoge leeftijd
 - m.b.v. de verzamelde gegevens kan worden berekend hoeveel graskarpers bij een geformuleerde beheersdoelstelling nodig zijn. Hiervoor is het te ontwikkelen model een nuttig hulpmiddel, ook voor andere gebieden dan de Amsterdamse Waterleidingen.

5.0 Literatuur

- Blackburn, R.D. & Sutton, D.L. (1971): Growth of the white amur (*Ctenopharyngodon idella* Val.) on selected species of aquatic plants. Proc. Eur. Weed Res. Count. 3rd int. Symp. Aquatic weeds: 87 - 93.
- Edwards, D.J. (1974): Weed preference and growth of young grass carp in New Zealand. N.Z.J. Mar. & Freshwat. Res. 8: 341 - 350.
- Ewel, K.C. & Fontaine, T.D. (1982): Effects of white amur (*Ctenopharyngodon idella*) on a Florida lake: a model. Ecol.Modell.16: 251 -273.
- Gasaway, R.D. (1978): Growth, survival, and harvest of grass carp in Florida lakes. In: R.O. Smitherman, W.L. Shelton & J.H. Grover (eds). Culture of exotic fishes. Auburn, Alabama: Fish Culture section. Amer. Fish. Soc.
- Hagen, H. van der (1987): Winkanalen in de Amsterdamse waterleidingduinen; een graskarperproef en een floristische inventarisatie. Rapport Gemeentewaterleidingen Amsterdam, 65 pp.
- Kilambi, R.V. & Robison, W.R. (1979): Effects of temperature and stocking density on food consumption and growth of grass carpp *Ctenoppharyngodon idella*, Val.. J. Fish. Biol. 15: 337 - 342.
- Meulemans, J.T. (1988): Effecten van graasactiviteit van de graskarper op de vegetatie in enkele watergangen. AquaSense 88.007, 29 pp.
- Opuszynski, K. (1972): Use of phytophagous fish to control aquatic plants. Aquaculture 1: 61 - 79.
- Pot, R. & Rosielle, M. (1988): Graskarpers in de Amsterdamse Waterleidingenduinen, voortgang 1987. Gemeentewaterleidingen Amsterdam, 44 pp.
- Shireman, J.V. & Maceina, M.J. *1981): The utilization of grass carp, *Ctenopharyngodon idella* Val., for hydrilla control in Lake Baldwin, Florida. J. Fish Biol. 19: 629 - 636.
- Swanson, E.D. & Bergersen, E.P. (1988): Grass carp stocking model for coldwater lakes. North Amer. J. Fish. Manage. 8: 284 - 291.
- Weatherley, A.H. (1972): Growth and ecology of fish populations. Academic Press, New York, 293 pp.
- Werkgroep Graskarper NRLO, 1984. Graskarper in Nederland. Werkgroep Graskarper.

Appendix 1

WESTERKANAAL

Vòòr het uitzetten van graskarpers

In 1984 werd de vegetatie gedomineerd door Elodea nuttallii, waarbij een bedekking van 80 % geen uitzondering was. Soorten als Potamogeton crispus, P. pectinatus, P. pusillus, Callitriche cf. platycarpa, Ceratophyllum demersum en Ranunculus circinatus kwamen slechts in lage aantallen, soms zelfs sporadisch, voor.

Na het uitzetten van graskarpers

Op 19 maart 1985 werd door het OVB geleverd ongeveer 500 stuks graskarpers, met de maximaal toegestane dichtheid van 250 kg. ha⁻¹;

gedeeltelijk als 2-zomerig 35 - 40 cm (800 - 1000 g)

gedeeltelijk als 3-zomerig 40 - 45 cm (1000 - 1300 g)

De bedekking van de macrofyten in 1985 en in 1986 is sterk gereduceerd ten opzichte van 1984. Dit geldt met name voor Elodea. De bedekking van deze soort was in 1984 80 % en in de daaropvolgende periode 5 %. In het controledeel (dat is een stuk waar zich geen graskarpers bevinden) werd een hogere biomassa gevonden.

Ook in 1987 werd weer een lage dichtheid gevonden, zij het minder extreem. In tegenstelling tot het controlestuk, was de ontwikkeling van flab gering.

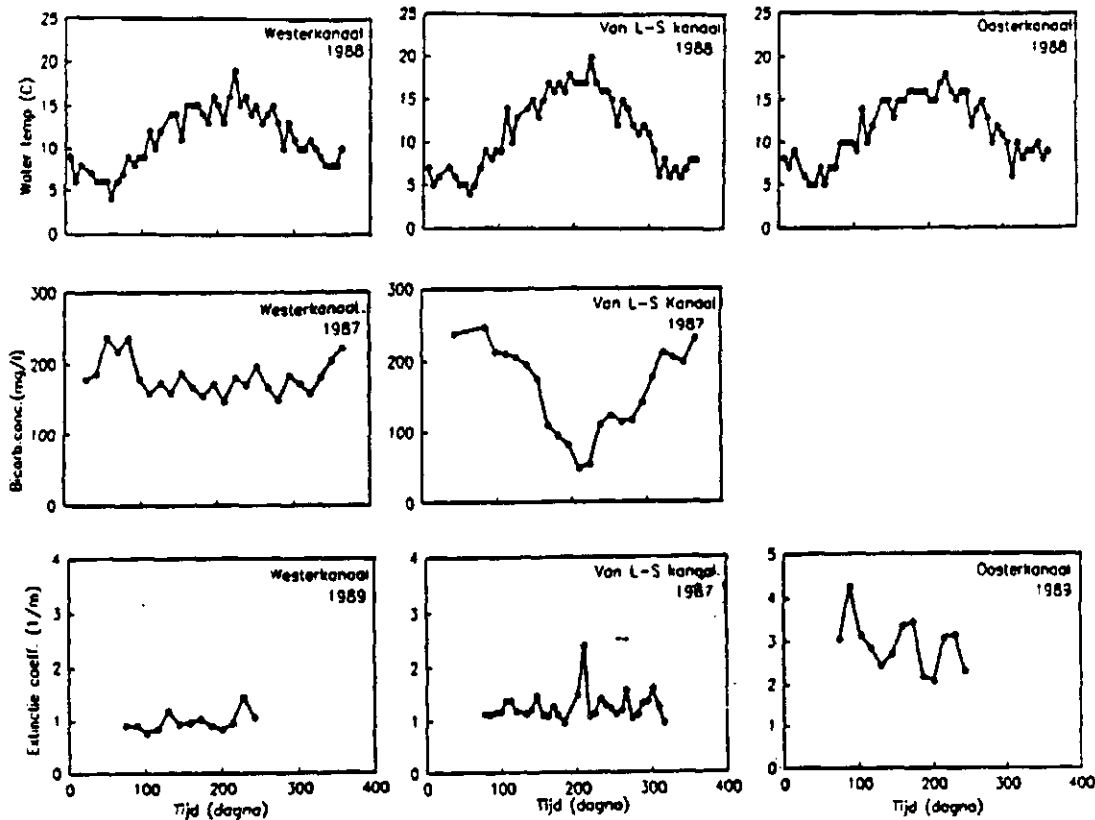
In 1988 heeft de vegetatie zich ten opzichte van voorgaande jaren enigszins hersteld. Een hogere bedekking en een toename in soorten werd gevonden. De vegetatie in het controledeel wijkt niet sterk af van dat deel van het kanaal waar graskarpers zijn uitgezet.

In juli 1988 wordt een deel van de graskarpers teruggevangen (51,5 kg).

In 1989 is de biomassa van de vegetatie sterk gereduceerd. Op de diepere plekken worden slechts enkele clusters van macrofyten aangetroffen. Grote biomassavorming van darmwier wordt aangetroffen.

Appendix, Tabel 1.

Fysisch-chemische karakterisering van het Westerkanaal, Van Limburg Stirumkanaal en Oosterkanaal. De gegevens van het Westerkanaal zijn zoveel mogelijk van het jaar waarin het graasexperiment werd uitgevoerd. De gegevens van het Van Limburg Stirumkanaal en Oosterkanaal zijn zo recent mogelijk.



KARAKTERISERING WATERKWALITEIT WINKANALEN LEIDUIN

Westerkanaal: monsterpt L0206A

Van Limburg Stirumkanaal: monsterpt L0207

Oosterkanaal: monstprt L0221 A

Jaar: 1988

Gemiddelde waarden, met () maximum en minimum; concentraties in mg. l⁻¹.

Parameter ↓	Lokatie		
	Westerkan.	Van L-S kan.	Oosterkan.
pH	8.00 (7.45-8.25)	7.85 (7.25-9.35)	7.65 (7.35-8.20)
Chloride		76 (58-149)	
Kjeldahl-N	0.42 (0.28-0.82)	0.66 (0.41-1.00)	1.00 (0.44-1.90)
Nitraat	1.2 (0.5-2.0)	1.6 (<0.2-3.0)	1.1 (<0.2-2.0)
Tot.-fosfaat	0.045 (0.025-0.065)	0.085 (0.035-0.400)	0.170 (0.035-0.450)
Opg.org.koolstof	2.7 (2.2-3.0)	4.4 (3.7-6.3)	4.8 (3.1-6.2)

Appendix, Tabel 2.

GENSTAT-hoofdprogramma waarmee de variantie-analyses uitgevoerd zijn. Voor de diverse bewerkingen werden telkens verschillende delen van de totale dataset geselecteerd (zoals boven de uitkomsten van de ANOVA's vermeld).

Genstat 5 Release 1.3 (Vax/VMS4)

Copyright 1988, Lawes Agricultural Trust (Rothamsted Experimental Station)

```

1 job 'Aquas, biomassa categorie 1-7; 123 is voor 134 oorspr.; g DW/m2'
2 unit [nval=360]
3 factor [level=360] oogstno
4 @ [level=!(90,200,260,310)] leeftijd; deci=0
5 @ [level=5] blok
6 @ [level=!(1,2...3)] storing
7 variate biomassa[1...3]
8 read oogstno, leeftijd, blok, storing, biomassa[]

```

Identiflier	Minimum	Mean	Maximum	Values	Missing	
biomassa[1]	0.000	3.771	86.810	360	0	Skew
biomassa[2]	0.00	85.59	1411.68	360	0	Skew
biomassa[3]	0.00	84.19	1030.00	360	0	Skew

381

382

383 "----- de factor EXPERIMENT wordt gehaald uit de factor LEEFTIJD "

384 factor [level=4] experiment

385 vari z1

386 calc z1 = leeftijd

387 sort [index=z1;groups=experiment]

388

389 "variantie-analyse op de biomassa,zonder onderscheid naar waterdiepte:

390 blocks experiment/blok/oogstno

391 treatments leeftijd*storing

392 anova [fprob=y] biomassa[]; residuals=rest

Appendix, Tabel 3.

Variantie-analyse om verschillen aan te tonen in de gemeten biomassa's in onbegraasde (O), permanent begraasde (G) en kortstondig begraasde (OG) vegetatietypen. De bovengrondse biomassa op dagno. 81 was 0, en is buiten de analyse gehouden. De plantencategorieën 1,3 en 4 zijn apart onderscheiden.

De kans dat de verschillen t.g.v. de invloed van een getoetste factor aan andere invloeden dan de getoetste te wijten waren, werd als maat voor significantie genomen. Als deze kans, de Fpr. < 5% was, werd de invloed van de factor significant genoemd. De Fpr. van de interactie tussen leeftijd en storing (Fpr. -Lt-st), en storing (Fpr.st) zijn afzonderlijk berekend. Een * geeft significantie aan.

Gegevens gebruikt voor rechter deel Fig. 4.

Leeftijd (dagno)	Gem.biomassa (g DW. m ⁻²)			Fpr.-lt-st		
	1	3	4	1	3	4
158	1.99	20.9	0.0	0.028*	0.717	<0.001*
186	4.03	23.7	329.0			
249	5.37	253.8	8.0			
326	3.7	44.0	0.0			

Gegevens gebruikt voor linker deel Fig. 4.

Storing	Gem.biomassa (g DW. m ⁻²)			Fpr.-st		
	1	3	4	1	3	4
O	4.40	90.5	159.0	0.042*	0.570	<0.001*
G	4.73	92.2	0.0			
OG	2.18	74.1	94.0			

Vervolg Appendix Tabel 3.

Gemiddelde biomassawaarden, niet gecorrigeerd voor effecten van leeftijd of storing

Leeftijd (dagno)	Gem.biomassa (g DW. m ⁻²)		
	O	G	OG
* Plantecategorie 1			
158	2.56	0.84	2.56
186	5.60	3.31	3.17
249	4.64	9.99	1.49
326	4.79	4.79	1.51
* Plantecategorie 3			
158	19.20	24.60	19.10
186	27.30	17.10	26.70
249	271.20	283.00	207.10
326	44.20	44.20	43.30
* Plantecategorie 4			
158	0.0	0.0	0.0
186	623.0	0.0	364.0
249	13.0	0.0	11.0
326	0.0	0.0	0.0

Appendix, Tabel 4.

Berekening graas op jaarbasis, waarbij de gegevens over de diepteklassen en graasperioden zijn gebruikt (dus geen jaargemiddelden). ΔW is de biomassa toename van de onbegraasde vegetatie in een bepaalde meetperiode. Bij graas 1 wordt groeistimulatie t.g.v. graas niet de totaal graas meegerekend.

Diepte (m)	$\Delta W(t_{x+1} - t_x)$ (g DW. m ⁻²)	Rel.graassn. (g DW. g ⁻¹ DW. d ⁻¹)	Graas (g DW.m ² .periode ⁻¹)	Graas1
* Plantecategorie 1				
Periode 0-158				
Periode 158-186				
0	-0.75	-0.01	0.0075	
0.15	8.67	0.047	0.4075	
0.31	12.48	0.042	0.5242	
0.48	-0.08	-0.038	0.0030	
0.62	-1.68	-0.029	0.0487	
0.79	-0.4	0.025	0.01	
0-0.79			0.163	0.156
Periode 186-249				
0	1.88	0.036	0.0677	
0.15	-10.79	0.001	-0.0108	
0.31	-7.89	-0.054	0.4261	
0.48	4.90	0.009	0.0441	
0.62	5.09	0.050	0.2545	
0.79	15.20	-0.032	-0.4864	
0-0.79			0.049	0.061
Periode 249-326				
0	-1.88	-0.038	0.0714	
0.15	-1.51	0.0	0.0	
0.31	-5.73	-0.015	0.086	
0.48	-2.34	-0.010	0.0234	
0.62	1.45	-0.006	0.0087	
0.79	10.90	0.043	0.4687	
0-0.79			0.06582	0.007

Diepte (m)	$\Delta W(t_{x+1} - t_x)$ (g DW. m ⁻²)	Rel.graassn. (g DW. g ⁻¹ DW. d ⁻¹)	Graas (g DW. m ⁻² .periode ⁻¹)	Graas1
* Plantecategorie 3				
Periode 0-158				
Periode 158-186				
0	-1.00	-0.052	0.052	
0.15	39.00	-0.001	-0.039	
0.31	26.00	-0.013	-0.338	
0.48	1.00	-0.006	-0.006	
0.62	-12.50	0.029	-0.363	
0.79	-3.10	0.038	0.118	
0-0.79			-0.096	0.006
Periode 186-249				
0	691.00	0.009	6.219	
0.15	295.00	-0.002	-0.590	
0.31	183.00	-0.001	-0.183	
0.48	17.00	0.008	0.136	
0.62	121.60	0.091	11.066	
0.79	155.00	0.018	2.799	
0-0.79			3.241	3.37
Periode 249-326				
0	-671.00	0.004	-2.684	
0.15	-330.00	-0.004	1.320	
0.31	-183.00	0.002	-0.366	
0.48	50.00	0.005	0.250	
0.62	-105.00	-0.024	2.520	
0.79	-144.60	0.008	-1.157	
0-0.79			-0.02	0.042

Diepte (m)	$\Delta W(t_{x+1} - t_x)$ (g DW. m ⁻²)	Rel.graassn. (g DW. g ⁻¹ DW. d ⁻¹)	Graas (g DW.m ⁻² .periode ⁻¹)	Graas1
* Plantecategorie 4				
Periode 0-158				
Periode 158-186				
0	0.0	0.00	0.00	
0.15	1494.0	0.024	35.856	
0.31	1125.0	0.016	18.00	
0.48	1118.0	0.009	10.062	
0.62	0.0	0.00	0.00	
0.79	0.0	0.00	0.00	
0-0.79			10.653	10.653
Periode 186-249				
0	0.0	0.00	0.00	
0.15	-1432.0	-0.034	48.688	
0.31	-1110.0	0.036	-39.96	
0.48	-1118.0	-0.003	3.354	
0.62	0.0	0.00	0.00	
0.79	0.0	0.00	0.00	
0-0.79			2.014	0
Periode 249-326				
0	0.0	0.00	0.00	
0.15	-62.0	0.019	-1.178	
0.31	-15.0	-0.035	0.525	
0.48	0.0	0.00	0.00	
0.62	0.0	0.00	0.00	
0.79	0.0	0.00	0.00	
0-0.79			-0.109	0

Appendix, Tabel 5.

Als Appendix Tabel 3. de diepteklassen afzonderlijk onderscheiden.

Diepteklasse 0 m

Leeftijd (dagno)	Gem.biomassa (g D.m ⁻²)			Fpr.-lt-st		
	1	3	4	1	3	4
158	1.00	3.0	0.0	0.457	0.891	0.000
186	0.26	26.0				
249	0.68	595.0				
326	0.50	21.0				

Storing	Gem.biomassa (g DW.m ⁻²)			Fpr.-st		
	1	3	4	1	3	4
O	0.66	178.0	0.0	0.790	0.785	0.000
G	0.39	171.0				
OG	0.79	134.0				

Gemiddelde biomassa waarden, niet gecorrigeerd voor effecten van
leeftijd of storing

Leeftijd (dagno)	Gem.biomassa (g DW.m ⁻²)		
	O	G	OG
* Plantecategorie 1			
158	0.75	1.51	0.75
186	0.00	0.04	0.75
249	1.88	0.00	0.15
326	0.00	0.00	1.51
* Plantecategorie 3			
158	1.0	6.0	1.0
186	0.0	41.0	37.0
249	691.0	617.0	476.0
326	20.0	20.0	23.0
* Plantecategorie 4 Gem.biomassa 0			

Diepteklasse 0.15 m

Leeftijd (dagno)	Gem.biomassa (g DW.m ⁻²)			Fpr.-lt-st		
	1	3	4	1	3	4
158	4.15	34.0	0.0	0.009	0.933	0.001
186	7.06	44.0	692.0			
249	1.67	290.0	42.0			
326	1.79	39.0	0.0			

Storing	Gem.biomassa (g DW.m ⁻²)			Fpr.-st		
	1	3	4	1	3	4
O	6.74	126.0	389.0	0.001	0.607	0.001
G	1.36	87.0	0.0			
OG	2.90	92.0	162.0			

Gemiddelde biomassa waarden, niet gecorrigeerd voor effecten van leeftijd of storing

Leeftijd (dagno)	Gem.biomassa (g DW.m ⁻²)		
	O	G	OG

* Plantecategorie 1			
158	6.01	0.42	6.01
186	14.68	2.52	3.99
249	3.89	0.11	1.00
326	2.38	2.38	0.61

* Plantecategorie 3			
158	32.0	38.0	32.0
186	71.0	19.0	42.0
249	366.0	255.0	249.0
326	36.0	36.0	45.0

* Plantecategorie 4			
158	0.0	0.0	0.0
186	1494.0	0.0	582.0
249	62.0	0.0	64.0
326	0.0	0.0	0.0

Diepteklasse 0.31 m

Leeftijd (dagno)	Gem.biomassa (g DW.m ⁻²)			Fpr.-lt-st		
	1	3	4	1	3	4
158	2.80	49.0	0.0	0.429	0.969	0.001
186	9.87	36.0	616.0			
249	4.61	210.0	5.0			
326	1.84	73.0	0.0			
Storing	Gem.biomassa (g DW.m ⁻²)			Fpr.-st		
	1	3	4	1	3	4
O	7.72	103.0	285.0	0.034	0.818	0.001
G	4.28	92.0	0.0			
OG	2.35	81.0	181.0			

Gemiddelde biomassa waarden, niet gecorrigeerd voor effecten van leeftijd of storing

Leeftijd (dagno)	Gem.biomassa (g DW.m ⁻²)		
	O	G	OG
* Plantecategorie 1			
158	3.73	0.93	3.73
186	16.21	8.41	4.99
249	8.32	5.18	0.33
326	2.59	2.59	0.34
* Plantecategorie 3			
158	32.0	81.0	32.0
186	58.0	16.0	34.0
249	241.0	191.0	196.0
326	80.0	80.0	59.0
* Plantecategorie 4			
158	0.0	0.0	0.0
186	1125.0	0.0	724.0
249	15.0	0.0	0.0
326	0.0	0.0	0.0

Diepteklasse 0.48 m

Leeftijd (dagno)	Gem.biomassa (g DW.m ⁻²)			Fpr.-lt-st		
	1	3	4	1	3	4
158	2.02	27.0	0.0	0.441	0.242	0.001
186	4.04	29.0	666.0			
249	5.08	132.0	0.0			
326	4.58	85.0	0.0			

Storing	Gem.biomassa (g DW.m ⁻²)			Fpr.-st		
	1	3	4	1	3	4
O	4.15	55.0	279.0	0.944	0.534	0.001
G	4.03	87.0	0.0			
OG	3.61	62.0	220.0			

Gemiddelde biomassa waarden, niet gecorrigeerd voor effecten van leeftijd of storing

Leeftijd (dagno)	Gem.biomassa (g DW.m ⁻²)		
	O	G	OG
* Plantecategorie 1			
158	2.35	1.37	2.35
186	2.27	3.08	6.77
249	7.17	6.83	1.24
326	4.83	4.83	4.08
* Plantecategorie 3			
158	33.0	13.0	33.0
186	34.0	10.0	43.0
249	51.0	224.0	119.0
326	101.0	101.0	53.0
* Plantecategorie 4			
158	0.0	0.0	0.0
186	1118.0	0.0	879.0
249	0.0	0.0	0.0
326	0.0	0.0	0.0

Diepteklasse 0.62 m

Leeftijd (dagno)	Gem.biomassa (g DW.m ⁻²)			Fpr.-lt-st		
	1	3	4	1	3	4
158	1.27	10.3	0.0	0.225	0.022	0.0
186	2.63	6.6				
249	4.72	140.2				
326	4.68	36.2				
Storing	Gem. biomassa (g DW.m ⁻²)			Fpr.-lt-st		
	1	3	4	1	3	4
O	3.33	37.7	0.0	0.044	0.23	0.0
G	5.30	72.5				
OG	1.35	34.8				

Gemiddelde biomassa waarden, niet gecorrigeerd voor effecten van leeftijd of storing

Leeftijd (dagno)	Gem.biomassa (g DW.m ⁻²)		
	O	G	OG
* Plantecategorie 1			
158	1.68	0.43	1.68
186	0.0	5.63	2.25
249	5.09	8.58	0.48
326	6.54	6.54	0.97
* Plantecategorie 3			
158	12.5	6.2	12.1
186	0.0	16.4	3.4
249	121.6	251.0	48.1
326	16.6	16.6	75.5
* Plantecategorie 4			
Gem.biomassa 0			

Diepteklasse 0.79 m

Leeftijd (dagno)	Gem.biomassa (g DW.m ⁻²)			Fpr.-lt-st		
	1	3	4	1	3	4
158	0.7	3.1	0.0	0.029	1.0	0.0
186	0.3	0.4				
249	15.5	156.8				
326	8.8	8.9				

Storing	Gem.biomassa (g DW.m ⁻²)			Fpr.-st		
	1	3	4	1	3	4
O	3.8	42.5	0.0	0.043	0.994	0.0
G	13.1	43.6				
OG	2.1	41.0				

Gemiddelde biomassa waarden, niet gecorrigeerd voor effecten van leeftijd of storing

Leeftijd (dagno)	Gem.biomassa (g. DW.m ⁻²)		
	O	G	OG
* Plantecategorie 1			
158	0.8	0.4	0.8
186	0.4	0.2	0.2
249	1.5	39.2	5.7
326	12.4	12.4	1.6
* Plantecategorie 3			
158	3.2	3.0	3.2
186	0.1	0.0	1.2
249	155.6	160.3	154.7
326	11.0	11.0	4.9
* Plantecategorie 4			
Gem.biomassa 0			

Appendix, Tabel 6.

Groeipatroon onbegraasde (O) en permanent begraasde (G) vegetaties. RGRM, maximale relatieve groeisnelheid; TMB, tijdstip waarop de maximale biomassa werd bereikt.

Diepte (m)	RGRM (g DW.g ⁻¹ DW.d ⁻¹)		Max.biomassa (g DW.m ⁻²)		TMB (dagno)	
	O	G	O	G	O	G
* Plantecategorie 1						
0	0.010	0.005	1.88	1.51	249	158
0.15	0.032	0.064	14.68	2.52	186	186
0.31	0.052	0.079	16.21	8.41	186	186
0.48	0.018	0.013	7.17	6.83	249	249
0.62	0.026	0.092	5.09	8.58	326	249
0.79	0.027	0.084	12.40	39.20	326	249
gem.	0.028	0.056	9.60	11.20	254	213
* Plantecategorie 3						
0	0.077	0.043	595	617	249	249
0.15	0.045	0.047	290	255	249	249
0.31	0.045	0.057	210	191	249	249
0.48	0.045	0.049	132	224	249	249
0.62	0.049	0.043	140	251	249	249
0.79	0.095	0.081	156	160	249	249
gem.	0.059	0.053	254	283	249	249
* Plantecategorie 4						
0	0	0	0	0	0	0
0.15	0.261	0	1494	0	186	0
0.31	0.251	0	1125	0	186	0
0.48	0.251	0	1118	0	186	0
0.62	0	0	0	0	0	0
0.79	0	0	0	0	0	0
gem.	0.127	0	623	0	186	0