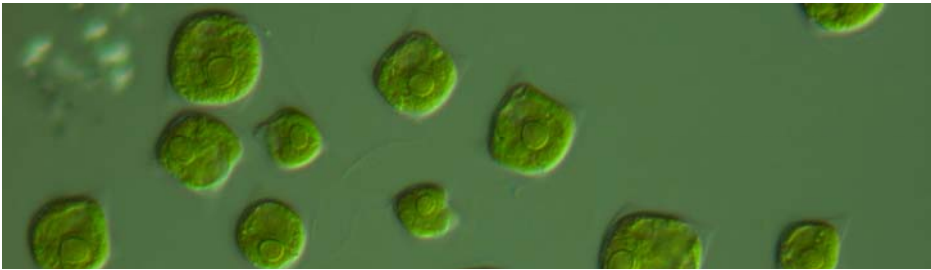


# Draining Sustainable Profit Fase 1: deskstudie naar mogelijkheden voor benutting van drainwater voor het kweken van algen voor oesterteelt

Pauline Kamermans, Ainhoa Blanco & Marnix Poelman

Rapport C043/08



Institute for Marine Resources and Ecosystem Studies

# Wageningen *IMARES*

Vestiging Yerseke

Opdrachtgever: Stichting H2Organic  
Groeneweg 28  
2691 MP 's Gravenzande

Publicatiedatum: mei 2008

- Wageningen **IMARES** levert kennis die nodig is voor het duurzaam beschermen, oogsten en ruimte gebruik van zee- en zilte kustgebieden (Marine Living Resource Management).
- Wageningen **IMARES** is daarin de kennispartner voor overheden, bedrijfsleven en maatschappelijke organisaties voor wie marine living resources van belang zijn.
- Wageningen **IMARES** doet daarvoor strategisch en toegepast ecologisch onderzoek in perspectief van ecologische en economische ontwikkelingen.

© 2007 Wageningen **IMARES**

Wageningen IMARES is een samenwerkingsverband tussen Wageningen UR en TNO.  
Wij zijn geregistreerd in het Handelsregister Amsterdam nr. 34135929,  
BTW nr. NL 811383696B04.



A\_4\_3\_1-V4

De Directie van Wageningen IMARES is niet aansprakelijk voor gevolgschade, alsmede voor schade welke voortvloeit uit toepassingen van de resultaten van werkzaamheden of andere gegevens verkregen van Wageningen IMARES; opdrachtgever vrijwaart Wageningen IMARES van aanspraken van derden in verband met deze toepassing.

Dit rapport is vervaardigd op verzoek van de opdrachtgever hierboven aangegeven en is zijn eigendom. Niets van dit rapport mag weergegeven en/of gepubliceerd worden, gefotokopieerd of op enige andere manier zonder schriftelijke toestemming van de opdrachtgever.

# Inhoudsopgave

Inhoudsopgave .....	3
Samenvatting .....	4
1. Inleiding .....	5
2. Kennisvraag .....	7
3. Methoden.....	8
4. Resultaten.....	9
4.1. Selectie algensoorten .....	9
4.2. Productiepotentie algen.....	14
4.2.1. Literatuur gegevens .....	14
4.2.2. Inschatting op basis van drainwater .....	16
4.3. Productiepotentie oesters .....	17
4.3.1. Literatuur gegevens .....	17
4.3.2. Inschatting op basis van algen gekweekt met drainwater.....	19
4.4. Risico's voedselveiligheid.....	19
4.4.1. Metalen .....	20
4.4.2. Gewasbeschermingsmiddelen.....	20
4.4.3. PCBs en Dioxinen.....	22
4.4.4. Micro-organismen .....	22
5. Conclusies .....	23
5.1. Selectie algensoorten .....	23
5.2. Productiepotentie algen.....	23
5.3. Productiepotentie oesters .....	23
5.4. Risico's voedselveiligheid.....	23
Kwaliteitsborging .....	24
Referenties .....	25
Verantwoording .....	29

# Samenvatting

Drainwater dat vrij komt in de glastuinbouw bevat zouten en voedingsstoffen die bij lozing een belasting op de watersystemen geven, hetgeen lozingsheffingen met zich meebrengt en waardoor tevens waardevolle nutriënten verloren gaan. De uitdaging van het reduceren van de milieubelasting ligt in het hergebruiken van de nutriënten, waardoor een kostenpost kan worden omgezet in een renderende reststroom. Het (beperkte) zoutgehalte (3 ppt of in geconcentreerde vorm 12 ppt) van het drainwater maakt het water mogelijk geschikt voor de kweek van brakwater (en adaptieve mariene) algensoorten. Hierdoor worden waardevolle nutriënten onttrokken en wordt de anorganische belasting van het drainwater lager. Het gekweekte algenproduct kan geschikt zijn voor een aanvullende teelt van een aquacultuurproduct zoals schelpdieren, deze kunnen aan elkaar gekoppeld worden. Aangezien dergelijke mogelijkheden nieuw zijn, bestaan er nog een aantal onbekende factoren, zoals het selecteren van geschikte soorten algen voor kweek, de voedingswaarde van de oester en voedselveiligheidsrisico's. Deze parameters worden aan de hand van een desk studie gekoppeld aan laboratorium experimenten onderzocht. De huidige rapportage betreft Fase 1, de deskstudie.

De selectie van de algensoorten gebaseerd op de saliniteit van het drainwater, gebruik in aquacultuur, voedingswaarde, grootte, dikte celwand en beschikbaarheid in een algenbibliotheek heeft zes potentiële soorten opgeleverd: *Skeletonema subsalsum*, *Brachiomonas submarina*, *Chaetoceros muelleri*, *Thalassiosira pseudonana*, *Chlamydomonas pulsatilla* en *Dunaliella tertiolecta*. Het drainwater bevat een overmaat aan alle nutriënten die in een regulier kweekmedium aanwezig zijn. De productie potentie van de geselecteerde algen soorten in de kas hangt sterk af van de omstandigheden aldaar en zal proefondervindelijk moeten worden vastgesteld. De algen kunnen potentieel de nutriënten uit het drainwater verwijderen, omdat ook de verhouding tussen de verschillende componenten gunstig lijkt. Concentratie van drainwater niet nodig. Opname van de nutriënten in verschillende stappen lijkt een optie. Dat houdt in algen laten groeien en oogsten en het medium opnieuw gebruiken voor een tweede productie, enzovoort tot de nutriënten limiterend worden. Drie van de geselecteerde algensoorten worden al gebruikt in schelpdier hatcheries (*Chaetoceros muelleri*, *Thalassiosira pseudonana* en *Dunaliella tertiolecta*). De andere drie soorten lijken ook geschikt als voer voor oesters. Dit betekent dat, als de algensoorten succesvol in drainwater gekweekt kunnen worden, de productie van oesters ook succesvol kan zijn. Momenteel is nog weinig bekend over aanwezigheid van toxische stoffen in drainwater. In een pilot project is het raadzaam mogelijke accumulatie van gewasbeschermingsmiddelen, zware metalen, metaalsporen, PCB en dioxinen in oesters en effecten op de gezondheid bij de waargenomen gehalten te monitoren.

# 1. Inleiding

In de glastuinbouw bestaat een wettelijk voorschrift over wateropslag, watergebruik en wateremissie, zowel bij in de grond geteelde – als op substraat geteelde gewassen. Een groot aantal bedrijven zonder voldoende opslag past het gebruik van omgekeerde osmose apparatuur toe. De reststroom afvalwater (brijn) pompt men terug in de bodem. In de toekomst vervalt die mogelijkheid. Daarnaast is het spuien/lozen van drainwater (proces water dat uit het substraat loopt) op het oppervlaktewater uit bemestings- en hygiëneogpunt niet wenselijk. Dit is eveneens ontoelaatbaar in de toekomst. Het drainwater en het brijn bevatten zouten en voedingsstoffen die bij lozing een belasting op de watersystemen geven, hetgeen lozingsheffingen met zich meebrengt en waardoor tevens waardevolle nutriënten verloren gaan. Het geloosde volume van drainwater in de tuinbouw is momenteel onbekend.

Vanuit het waterbeheer is het wenselijk de lozing volledig te stoppen, het is echter niet mogelijk het volume tot nul terug te brengen. De uitdaging van het reduceren van de milieubelasting ligt dan ook in het hergebruiken van de nutriënten, waardoor een kostenpost kan worden omgezet in een renderende reststroom. Verzamelen van reststromen en centraal verwerken kan de uitstoot van drainwater tot “nul” terug brengen. In het Westland is een aantal Centrale Afvoer voor Drainage en tuinbouw afvalwater (CAD) systemen aangelegd. In het oppervlakte water komen dan geen overtollige meststoffen en andere restproducten meer uit de glastuinbouw terecht. Door het bijeenbrengen van een groot volume drainwater komen grootschalige technieken in beeld voor het zuiveren van het drainwater. Op dit moment zijn dat invangen van slib, voorzuiveren en ontzouten. De zoutrest + water bevat de stikstof, sulfaat en fosfaat en andere mineralen. Als stikstof, sulfaat en fosfaat zijn verwijderd en geen resten van bestrijdingsmiddelen aanwezig zijn, is het water geschikt voor lozen op zee.

Het (beperkte) zoutgehalte (3 ppt of in geconcentreerde vorm 12 ppt) van het drainwater maakt het water mogelijk geschikt voor de kweek van brakwater (en adaptieve mariene) algensoorten. Hierdoor worden waardevolle nutriënten onttrokken en wordt de anorganische belasting van het drainwater lager. Het gekweekte algenproduct kan geschikt zijn voor een aanvullende teelt van een aquacultuurproduct zoals schelpdieren, deze kunnen aan elkaar gekoppeld worden. Aquacultuur is een gestaag groeiende bedrijfstak. De jaarlijkse globale groei van de aquacultuur is omstreeks 11 %. Dit is veel, vooral vergeleken met de globale jaarlijkse toename van de vleesproductie die 3 % is. De redenen hiervoor zijn o.a. de groeiende vraag naar dierlijk eiwit, toenemende vraag naar aquacultuurproducten, technologische doorbraken, stagnerende opbrengst van de visserij en de gunstige bijdrage aan de gezondheid. Globaal is 30 % van de mondiale productie van de vis, schaal en schelpdieren afkomstig van aquacultuur, in 2030 verwacht men een aandeel van 50 %. De visteelt is een van de snelst groeiende voedselproducerende sectoren in de wereld.

Als aquacultuurproduct is de platte oester een interessante soort. De productie van platte oesters (*Ostrea edulis*) in de Nederlandse buitenwateren is teruggelopen van 1992 tot 2003 tot 1,5 mln stuks, met name door het

voorkomen van een oesterziekte genaamd *Bonamia*. De vraag naar de platte oester is groter dan het huidige aanbod. Door het kweken van platte oesters (vanaf zaad) in een *Bonamia*-vrije omgeving krijgt de oester geen kans om *Bonamia* te ontwikkelen, waardoor een volwaardig kwaliteitsproduct geleverd kan worden. Echter, omdat er gewerkt wordt met een nieuwe kweekmethode is het van groot belang dat de voedselveiligheidsrisico's voldoende worden belicht. Er wordt voor oester immers met grondstoffen (drainwater) gewerkt die andere risico's met zich mee kunnen brengen dan in de gangbare kweek beschikbaar zijn, b.v. de aanwezigheid van bestrijdingsmiddelen. Aangezien dergelijke mogelijkheden nieuw zijn, bestaan er nog een aantal onbekende factoren, zoals het selecteren van geschikte soorten algen voor kweek, de voedingswaarde van de oester en voedselveiligheidsrisico's. Deze parameters worden aan de hand van een desk studie gekoppeld aan laboratorium experimenten onderzocht.

## 2. Kennisvraag

Het doel van dit verkennende project is een studie uit te voeren naar de mogelijkheden voor benutting van drainwater voor het kweken van algen gekoppeld aan een oesterteelt. De hoofdvragen zijn:

1. kunnen algen gekweekt worden met drainwater als nutriënten bron
2. kunnen oesters gekweekt worden met de geproduceerde algen
3. hoeveel nutriënten worden onttrokken aan het drainwater

De studie bestaat uit twee delen. Het eerste deel (Fase 1 deskstudie) zal gevolgd worden door een tweede deel (Fase 2 laboratoriumexperimenten).

In Fase 1 bestaat uit de selectie van algensoorten die kweekbaar zijn op drainwater en geschikt zijn als voer voor oesters plaats op basis van literatuur onderzoek. Ook is een inschatting gemaakt van de productiepotentie van algenkweek en oesterkweek op basis van drainwater. Gegevens over de samenstelling van het drainwater zijn aangeleverd door de Stichting H2Organic. En tenslotte is aandacht besteed aan de risico's voor de voedselveiligheid aan de hand van gegevens over de aanwezigheid van bestrijdingsmiddelen in het drainwater.

In Fase 2 wordt de kweek van de in Fase 1 geselecteerde algen soorten getest op basis van en lokale omstandigheden. De algensoorten zullen op laboratoriumschaal worden gekweekt. Daarnaast zal een analyse van de voedingswaarde van de algen plaats vinden. Ook zullen voedingsproeven met oesters worden uitgevoerd. De resultaten van de deskstudie en de experimenten zullen inzicht geven over de potentie voor algen- en oesterkweek op basis van drainwater in de praktijk.

Bij een gunstige uitkomst zal een pilot project worden gestart waarbij de integratie van fase 1 en 2 zal plaatsvinden met een test in de praktijk. De huidige rapportage betreft Fase 1, de deskstudie.

### 3. Methoden

Voor de deskstudie is gebruik gemaakt van literatuur die aanwezig is in de databases van Wageningen UR, zoals the Web of Science en de bibliotheken van IMARES Yerseke en NIOO-CEME. Algensoorten zijn geselecteerd op basis van hun zouttolerantie, voedingswaarde en gebruik in de aquacultuur. Gegevens over de productie potentie zijn indien mogelijk gebaseerd op groeiwaarden uit de literatuur bij een zoutgehalte van 2-12 ppt. Daarnaast is de samenstelling van het drainwater zoals die is aangeleverd door de Stichting H2Organic vergeleken met een regulier kweek medium. Hier op is een inschatting van de productiepotentie op drainwater gebaseerd. Ook worden eventuele behandelingen van het drainwater, zoals het aanpassen van de verhouding tussen stikstof en fosfaat, om het geschikter te maken als kweek medium voor de algen aangegeven. Uit deze informatie is een productiviteitsrange en voedingsrange van deze algensoorten af te leiden. Een inschatting van de productiepotentie van oesters is gebaseerd op gegevens uit de literatuur over de groei van oesters bij verschillende soorten algen, waaronder, bij aanwezigheid van voldoende gegevens, ook de geselecteerde algen soorten.



## 4. Resultaten

### 4.1. Selectie algensoorten

Het doel van de literatuur studie is te komen tot een selectie van algensoorten die kweekbaar zijn op drainwater en geschikt zijn als voedselbron voor de teelt van oesters. Algensoorten zijn geschikt voor schelpdieren als ze aan de volgende eisen voldoen (1) de afmeting moet liggen tussen de 2 en 20 µm (Robert and Trintignac, 1997), (2) de celwand moet dun zijn in verband met de vertering (Robert 1998; Muller-Feuga *et al.*, 2003a), (3) de algen moeten een goede voedingswaarde bezitten (Brown *et al.*, 1997, Knauer and Southgate, 1999 ; Muller-Feuga *et al.*, 2003b; Robert *et al.*, 2004) en (4) ze moeten relatief eenvoudig in grote hoeveelheden kunnen worden gekweekt (Day *et al.*, 1991; Donalson, 1991; Robert and Trintignac, 1997). Drainwater uit de glastuinbouw heeft specifieke eigenschappen: een lage saliniteit (2-4 ppt ongeconcentreerd en 12 ppt geconcentreerd), een zwak zure pH (5.5) en hoge gehalten aan nutriënten (Tabel 1). De selectie van de algensoorten is in eerste instantie gebaseerd op de saliniteit van het drainwater. Daarnaast is gekeken of de soorten eerder gebruikt zijn in aquacultuur (bij voorkeur, soorten met een hoge voedingswaarde) en of ze de bovengenoemde eigenschappen hebben om als voer voor oesters te kunnen dienen. Ook is gekeken of de soorten beschikbaar zijn in een algenbibliotheek. Dat wil zeggen dat ze als stock cultuur kunnen worden aangeschaft en niet hoeven te worden geïsoleerd uit het veld.

Tabel 1. Samenstelling drainwater van verschillende gewassen. Bron: Phytocare.

streefwaarden in drain																				
Gewas					mmol/l										umol/l					
	EC(c)	EC	ppt	pH	NH <sub>4</sub>	K	Na	Ca	Mg	NO <sub>3</sub>	Cl	SO <sub>4</sub>	P	Si	Fe	Mn	Zn	B	Cu	Mo
<b>komkommer</b>	2.7	2.8	3.0	5.2	0.1	8	2	6.5	3	18	1	3.5	0.9	5	25	7	7	50	1.5	1
<b>tomaat</b>	3.7	3.9	4.0	5.5	0.1	8	2	10	4.5	16	9	6.8	1	1	25	7	7	50	1	1
<b>paprika</b>	2.7	2.8	3.0	6.2	0.1	5	2	8.5	3	17	1	3	1.2	0.7	15	5	7	80	0.7	0.5
<b>roos</b>	2	2.1	2.2	5.2	0.1	5	2	5	2.5	13	1	2.5	0.9	1	25	3	3.5	20	1	1
<b>gerbera</b>	2	2.3	2.2	5.2	0.1	6	2	5	2	13	4	2.5	1	0.2	40	3	5	40	1	1
<b>gemiddeld</b>	2.79	2.9	3.1	5.49	0.1	6.6	2	7.5	3.3	16	3.7	4.1	1	1.7	25	5.4	6.1	49	1	0.9
<b>geconcentreerd</b>	11.16	11.7	12.21	5.5	0.2	26	8.0	30	13	62	15	16	4.0	7	98	22	24	49	4	4

Zoetwater algensoorten kunnen zout water tolereren, maar de zoutgehaltenes zijn nooit zo hoog als de zoutgehaltenes die brakwater soorten kunnen weerstaan (Hasle and Evensen, 1976). Zoetwater soorten zijn dus niet geschikt. Voor de selectie zullen we ons beperken tot de soorten die kunnen groeien in brakwater. Brakwater heeft een saliniteit van 0.5 tot 30 ppt (Unesco, 1985), dus soorten die groeien bij deze saliniteit zijn geschikt voor kweek op drainwater. Verschillende diatomeeën en flagelaten soorten die aanwezig zijn in brakwater zijn

voorgeselecteerd als potentiële soorten voor dit project. Hierbij werd niet alleen naar saliniteit tolerantie gekeken maar ook naar eerder gebruik in aquacultuur en naar de grootte van de algencellen. Tabel 2 geeft een overzicht van de algensoorten die werden geselecteerd.

Tabel 2. Geselecteerde algensoorten op basis van zout tolerantie en voedingswaarde voor de aquacultuur.

Groep	Soort	Toepassing			Literature
		Zoutgehalte	Optimaal Zoutgehalte	Voedingswaarde	
Diatomeeën	<i>Mastoglora smithii</i>	5-30 ppt	5-10 ppt	Onbekend	Hemphill-Haley and Lewis, 2003
	<i>Cyclotella cryptica</i>	1-35 ppt	20 ppt	Onbekend	Grün and Loewus, 1984; Hellebust, 1985
	<i>Thalassiosira bramaputrae</i>	5-30 ppt		Onbekend	Hemphill-Haley and Lewis, 2003
	<i>Chaetoceros muelleri</i>	5-30 ppt	20-25 ppt	Hoge voedingswaarde	Fujii et al., 1995
	<i>Thalassiosira pseudonana</i>	5-35 ppt	20 ppt	Hoge voedingswaarde	Helm et al, 2004
	<i>Skeletonema subsalsum</i>	0-20 ppt	>10 ppt	Onbekend	Sarno et al., 2005
	<i>Skeletonema costatum</i>	15-45 ppt	25 ppt	Hoge voedingswaarde	Brand, 1984; Walne,1974
Flagelaten	<i>Nannochloris bacillaris</i>	0-30 ppt		Lage voedingswaarde	Brown, 1982
	<i>Platymonas suecica</i>	1-15 ppt		Hoge voedingswaarde	Hellebust,1985; Walne,1974
	<i>Chlorella autotrophica</i>	0-40 ppt	15-20 ppt	Lage voedingswaarde	Hellebust,1985; Walne,1974
	<i>Poterioochromonas malhamensis</i>	0-40 ppt	20-25 ppt	Onbekend	Hellebust,1985
	<i>Chlamydomonas pulsatilla</i>	0-30 ppt	10 ppt	Lage voedingswaarde	Hellebust,1985
	<i>Brachiomonas submarina</i>	1-30 ppt	10 ppt	Hoge voedingswaarde	Hellebust 1985; Engström et al,2001
	<i>Dunaliella tertiolecta</i>	0.5-70 ppt	30 ppt	Lage voedingswaarde	Hellebust,1985; Walne,1974; Borowitzka and Siva, 2007

Om de meest geschikte soorten te selecteren is gekeken of deze soorten gebruikt kunnen worden voor het voeren van de oesters. De algen zullen op drainwater groeien bij lage saliniteit (2-12 ppt; Tabel 1). Daarna worden ze geïntroduceerd in bassins met oesters waar de saliniteit veel hoger is (22 ppt; Hutchinson & Hawkins, 1992). De soorten die goed omgaan met deze osmotische stress hebben de voorkeur. Hierbij moet ook gekeken worden naar de voedingswaarde van de soorten en of ze al eerder als voedselbron gebruikt zijn in aquacultuur. Soorten met een hoge voedingswaarde bevatten relatief hoge percentages van de onverzadigde vetzuren EPA of

DHA (Helm *et al.*, 2004). Een mix van een diatomee en een flagelaat wordt over het algemeen aangeraden voor de teelt van schelpdieren (Helm *et al.*, 2004). Wij hebben 3 diatomeeën en 3 flagelaten geselecteerd. Hieronder zijn de soorten beschreven in volgorde van geschiktheid met de reden waarom ze geselecteerd zijn.

**1. *Skeletonema subsalsum*** (Fig. 1): Dit is een zoet tot brakwater soort die meestal voorkomt bij een saliniteit tot 15 ppt in kustwateren, estuaria en schoren en geassocieerd wordt met nutriëntrijke condities. Deze soort gaat goed om met osmotische stress (Paasche *et al.*, 1975). Er is geen literatuur beschikbaar over de voedingswaarde van *S.subsalsum*, maar een nauw verwante soort *Skeletonema costatum* heeft een hoge voedingswaarde voor schelpdieren (Walne, 1974). Cel lengte: 5-13  $\mu\text{m}$ ; Cel breedte: 5-7  $\mu\text{m}$ . De soort is aanwezig bij de Provasoli-Guillard National Center for Culture of Marine Phytoplankton (CCMP).



Fig. 1. *Skeletonema subsalsum*.

**2. *Brachiomonas submarina*** (Fig. 2): Dit is een euryhaline marine flagelaat met een goede osmoregulate over een groot bereik in saliniteit (Ahmad & Hellebust, 1985). Het is een van de organismen die voorgesteld worden als geschikt voor aquacultuur door zijn hoge voedingswaarde (Tsavalos & Day, 1994). Cel lengte: 6-18  $\mu\text{m}$ ; Cel breedte: 5-10  $\mu\text{m}$ . De soort is geïsoleerd door IMARES i.s.m. NIOO-CEME.

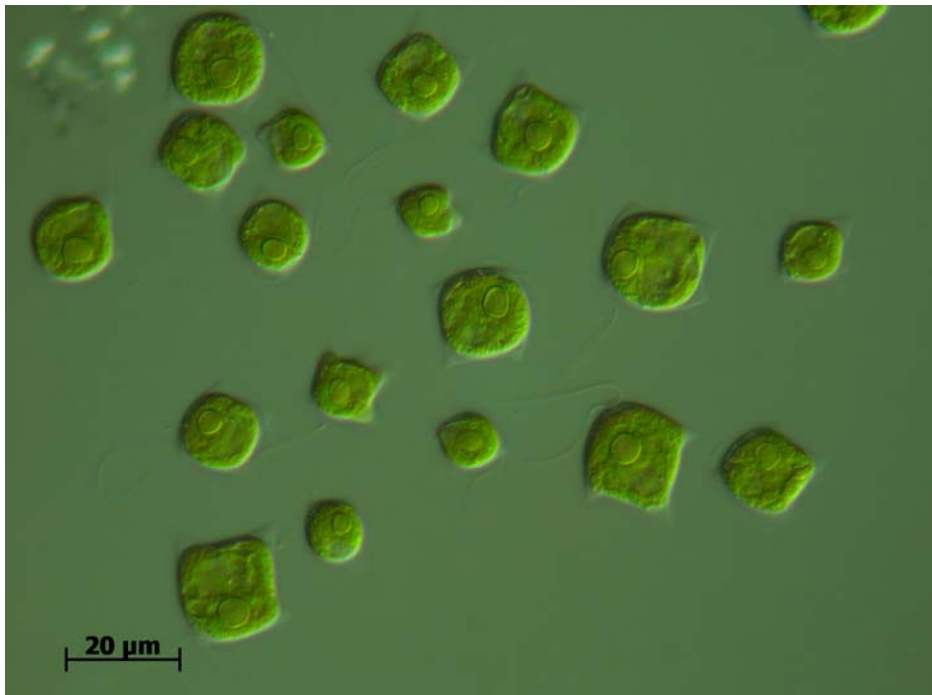


Fig. 2. *Brachiomonas submarina* (foto NIOO-CEME).

**3. *Chaetoceros muelleri*** (Fig. 3): Deze soort is een brak tot zoutwater diatomee. De soort groeit goed binnen een wijd saliniteit bereik (Fujii et al., 1995). De soort wordt vaak gebruikt in aquacultuur vanwege zijn hoge voedingswaarde (Helm et al., 1994). Cel lengte: 4-9  $\mu\text{m}$ ; Cel breedte: 4-10  $\mu\text{m}$ . De soort is aanwezig bij CCMP en reeds in kweek bij IMARES.

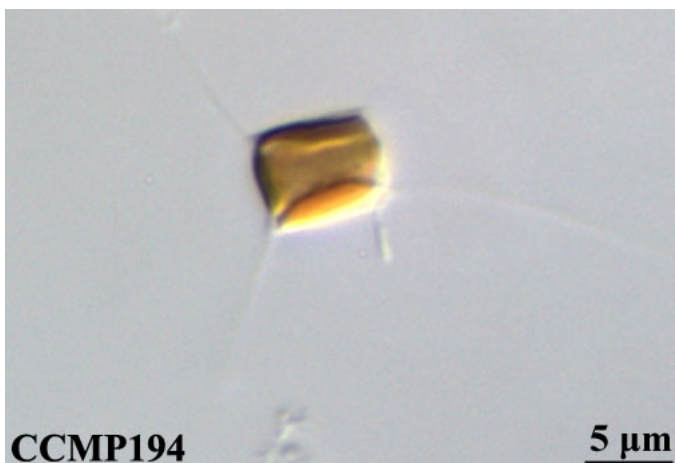


Fig. 3. *Chaetoceros muelleri*.

**4. *Thalassiosira pseudonana*** (Fig. 4): Dit is een brak tot zoutwater soort. *Thalassiosira* is een bekende soort in aquacultuur. Door de hoog voedingswaarde wordt die soort gebruikt als voedsel voor verschillende schelpdieren

(Helm et al, 2004). Er is geen literatuur beschikbaar over hoe deze soort omgaat met osmotische stress. Cel lengte: 4-6  $\mu\text{m}$ ; Cel breedte: 3-4  $\mu\text{m}$ . De soort is aanwezig bij CCMP en reeds in kweek bij IMARES.

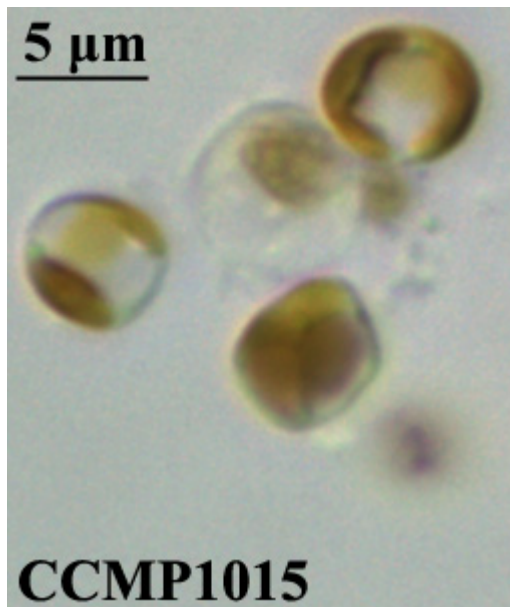


Fig. 4 *Thalassiosira pseudonana*.

**5. *Chlamydomonas pulsatilla*** (Fig. 5): Dit is een ééncellige groene flagellaat die wijd verspreid is in kust gebieden. Grote osmotische verschillen hebben weinig effect op de fotosynthese van deze microalgen (Hellebust, 1985). Er is maar weinig bekend over de voedingswaarde van de soort, maar soorten van hetzelfde genus worden vermeld als laag in voedingswaarde (Walne, 1974). Cel lengte: 14-32  $\mu\text{m}$ ; Cel breedte: 11-24  $\mu\text{m}$ . De soort is niet aanwezig bij CCMP.

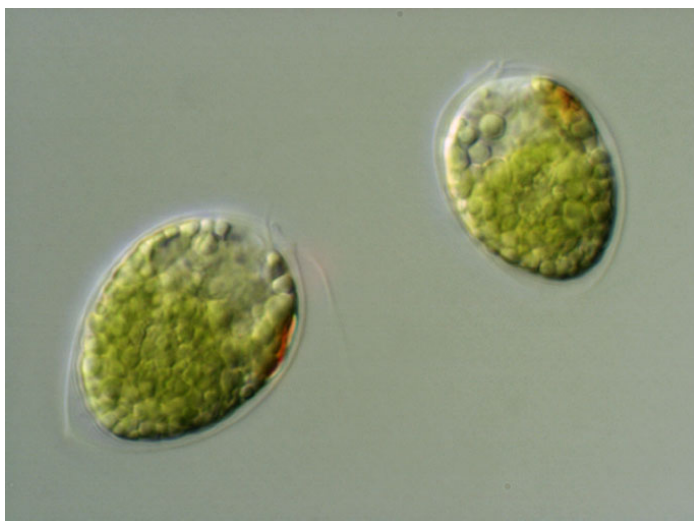


Fig. 5. *Chlamydomonas pulsatilla*.

**6. *Dunaliella tertiolecta*** (Fig. 6): Dit is een euryhaline marine flagelaat die groeit binnen een breed saliniteits bereik. Een van de opmerkelijke eigenschappen van *Dunaliella* is zijn vermogen om te overleven met veel osmotische stress (Borowitzka and Brown, 1974; Gilmour et al, 1982; Goyal, 2007). Ondanks de lage voedingswaarde wordt deze soort veel gebruikt in aquacultuur van schelpdieren (Helm et al, 1994). Cel lengte: 5-8  $\mu\text{m}$ ; Cel breedte: 5-6  $\mu\text{m}$ . De soort is aanwezig bij CCMP en reeds in kweek bij IMARES.



Fig. 6. *Dunaliella tertiolecta*.

## 4.2. Productiepotentie algen

### 4.2.1. Literatuur gegevens

De productiviteit van algen hangt af van de kweekomstandigheden. Temperatuur en licht zijn de belangrijkste bepalende factoren (Eppley, 1972). Het aanbod van nutriënten bepaalt de groeisnelheid binnen de grenzen van licht en temperatuur (Lefebvre et al., 2004). Daarnaast zijn zuurstof, kooldioxide en het zoutgehalte limiterende factoren (Tzovenis et al., 1997; Zhu et al., 1997; Taradsvik & Myklestad, 2000; Yan & Zhou, 2002).

Van de geselecteerde soorten zijn alleen voor *Chaetoceros muelleri*, *Thalassiosira pseudonana* en *Dunaliella tertiolecta* groeigegevens gevonden (Tabel 3). De groeisnelheid  $\mu$  wordt berekend met de volgende formule:  $\mu = (\ln N_t - \ln N_0)/t$ . Hierin is  $N_0$  de celconcentratie aan het begin en  $N_t$  de celconcentratie op tijdstip  $t$ .

Tabel 3. Literatuurgegevens over groeisnelheden algensoorten.

Algensoort	groeisnelheid ( $\mu$ in $d^{-1}$ )	celdichtheid (cel / ml)	omstandigheden	referentie
<i>Chaetoceros muelleri</i>	1.4	1.1 miljoen	25 mS/cm 30 °C	McGinnis et al., 2004
<i>Thalassiosira pseudonana</i>	0.9-1.1		15-25 °C	Miao & Wang, 2006
<i>Dunaliella tertiolecta</i>	0.6	2000	26 ppt, 12 °C	Andreasson KIM, S-A Wangberg (2007)

Uit tabel 3 blijkt dat de groeisnelheid van de algen varieert van 0.6  $d^{-1}$  tot 1.4  $d^{-1}$ . De informatie over celdichtheid is niet de hoogst bereikbare, want de gevonden studies waren niet opgezet om dit te bepalen. De potentie tot opname van nutriënten van de algen kan worden geïllustreerd aan de hand een voorbeeld. *Skeletonema costatum* is gekweekt in zout grondwater. Na 6 dagen was de concentratie aan stikstof afgenomen van 700  $\mu\text{mol/l}$  stikstof tot 0  $\mu\text{mol/l}$ , terwijl de algendichtheid was toegenomen van 40.000 tot 1.4 miljoen cellen per ml. (Fig. 7).

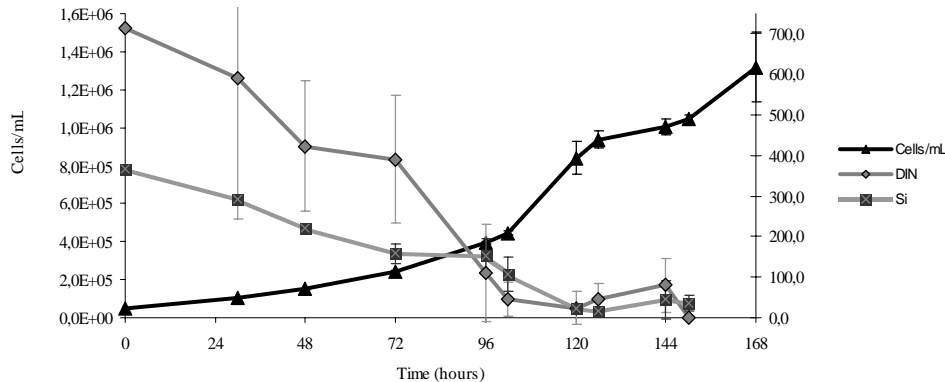


Fig. 7. Opname van nutriënten door *Skeletonema costatum*. Gemiddelde celdichtheid (cellen/mL) en opgelost anorganisch stikstof (DIN) en silicaat (Si) concentraties ( $\mu\text{mol/l}$ ) gedurende de kweekperiode. Standaard deviatie is weergegeven ( $n=3$ ). Uit Batista (2007).

Een studies naar de opname van stikstof en fosfaat uit afvalwater van landgebonden viskwekerijen door middel van de teelt van microalgen lieten ook aanzienlijke afnamen zien; de stikstof concentratie nam af van meer dan 250  $\mu\text{mol/l}$  tot nul en fosfaat van 8  $\mu\text{mol/l}$  tot 0.5  $\mu\text{mol/l}$  (Lefebvre et al 1996).

#### 4.2.2. Inschatting op basis van drainwater

De productie potentie van de geselecteerde soorten in de kas hangt sterk af van de omstandigheden aldaar en zal proefondervindelijk moeten worden vastgesteld. Om een indruk te krijgen van de geschiktheid van drainwater als kweekmedium is de samenstelling van het drainwater vergeleken met een regulier medium dat wordt toegevoegd aan zeewater (Walne, 1970). Deze vergelijking wordt weergegeven in tabel 4a en 4b. Hierin is te zien dat het drainwater alle nutriënten bevat die in een regulier kweekmedium aanwezig zijn en daarnaast nog enkele extra stoffen calcium, kalium en magnesium (Tabel 4a). Het reguliere kweekmedium bevat kobalt en EDTA. De concentratie aan nutriënten is altijd hoger dan in het reguliere medium, behalve voor borium. Dit betekent dat er een overmaat aan nutriënten aanwezig is.

Tabel 4a. Vergelijking van de nutriëntensamenstelling van het drainwater met het Walne algenkweek medium.

streefwaarden in drain																
Gewas	mmol/l										umol/l					
	NH <sub>4</sub>	K	Na	Ca	Mg	NO <sub>3</sub>	Cl	SO <sub>4</sub>	P	Si	Fe	Mn	Zn	B	Cu	Mo
komkommer	0.05	8.0	2.0	6.5	3.0	18.00	1.0	3.5	0.9	5.0	25	7.0	7.0	50	1.5	1.0
tomaat	0.05	8.0	2.0	10.0	4.5	16.00	9.0	6.8	1.0	1.0	25	7.0	7.0	50	1.0	1.0
paprika	0.05	5.0	2.0	8.5	3.0	17.00	1.0	3.0	1.2	0.7	15	5.0	7.0	80	0.7	0.5
roos	0.05	5.0	2.0	5.0	2.5	12.50	1.0	2.5	0.9	1.0	25	3.0	3.5	20	1.0	1.0
gerbera	0.05	6.0	2.0	5.0	2.0	13.00	4.0	2.5	1.0	0.2	40	3.0	5.0	40	1.0	1.0
gemiddeld	0.05	6.6	2.0	7.5	3.3	15.60	3.7	4.1	1.0	1.7	25	5.4	6.1	49	1.0	0.9
geconcentreerd	0.20	26.4	8.0	30.0	13.0	62.40	14.8	16.4	4.0	6.6	98	21.6	24.4	49	4.2	3.6
samenstelling Walne medium in algencultuur																
algen medium	0.000001	x	1.3	x	x	1.18	0.01	0.00001	0.1	0.3	5	1.8	0.02	542	0.01	0.001

Tabel 4b. Vergelijking van de nutriëntenratio van het drainwater met het Walne algenkweek medium.

streefwaarden in drain					
Gewas	N/Si/P/Fe/Mn ratio				
	N	Si	P	Fe	Mn
komkommer	10	2.8	0.5	0.01	0.00
tomaat	10	0.6	0.6	0.02	0.00
paprika	10	0.4	0.7	0.01	0.00
roos	10	0.8	0.7	0.02	0.00
gerbera	10	0.2	0.8	0.03	0.00
gemiddeld	10	1.1	0.6	0.02	0.00
samenstelling Walne medium in algencultuur					
algen medium	10	2.6	1.1	0.04	0.02

Ook de verhouding tussen enkele nutriënten is van belang. Hussenot et al (1997) hebben vastgesteld dat een ratio van 10/4/1/0.7/0.1 voor N/Si/P/Fe/Mn optimaal is voor grootschalige buitenkweek van diatomeeën. Het drainwater heeft een andere verhouding tussen genoemde stoffen (Tabel 4b). Silicaat, fosfaat, ijzer en mangaan lijken relatief minder aanwezig te zijn. Silicaat zal het eerste limiterend worden voor de diatomeeën. Voor de kweek van de flagelaten is deze stof niet nodig.



Een behandeling van het drainwater lijkt dus waarschijnlijk wel nodig. Er zal silicaat moeten worden toegevoegd aan de cultures met diatomeeën. Alleen drainwater van komkommerteelt lijkt geschikt. Daarnaast is een verschil met het reguliere medium dat er geen vitaminen aanwezig zijn. Dit zou enige groeivertraging kunnen opleveren. Het Walne medium bevat vitamine B<sub>1</sub>, B<sub>12</sub> en H.

### 4.3. Productiepotentie oesters

#### 4.3.1. Literatuur gegevens

Oesters nemen voedsel op door algencellen uit het water te filtreren met hun kieuwen. De filtratiesnelheid is afhankelijk van de temperatuur en de concentratie aan algencellen in het water. De optimale opname van oesterbroed vindt plaats bij 26 °C en 200.000 deeltjes per ml (Beiras et al., 1994; 1995). Daarnaast is ook het soort algencellen van belang. Oesters kunnen selectief bepaalde algensoorten opnemen (Shumway et al., 1985). De in de aquacultuur gebruikelijke voederconversiefactoren gaan uit van de omzetting van een bepaalde hoeveelheid voer (uitgedrukt in droge stof) in een bepaalde hoeveelheid product (uitgedrukt in versgewicht). Een garnaal heeft bijvoorbeeld een voederconversie van 1.5 (Browdy & Moss, 2006). Hierop kan de hoeveelheid voer die nodig is om een bepaalde productie te halen worden gebaseerd. Bij schelpdieren ligt het bepalen van de benodigde hoeveelheid voer gecompliceerder. Om 22 g versgewicht (schelp en vlees!) te groeien heeft een oester van 41 mm 8.7 g droge stof aan algen nodig (Baud et al., 1997). De voederconversie is dan 0.4. Echter, om de benodigde cellen op te nemen zijn extra algencellen nodig om de concentratie op het optimale nivo te houden. In dit voorbeeld is een concentratie van 200.000 cellen per ml gebruikt, afkomstig van Beiras et al. (1994), die dit heeft vastgesteld voor oesterbroed van 0,58 tot 7 mg. De concentratie kan anders zijn voor grotere oesters. De extra hoeveelheid algen is daarnaast afhankelijk van het volume van het kweekstelsel en het aantal oesters dat in dit systeem wordt gehouden. In dit specifieke voorbeeld was het systeem 2 m<sup>3</sup> met 200 oesters. Dat levert een extra voerbehoefte van 17.4 g. Wanneer hiervoor wordt gecorrigeerd wordt de voederconversie 1.2.

Verscheidende studies geven een overzicht van groeisnelheden van oesters (Tabel 5). Claus et al (1983) hebben de overwintering van oesterbroed met en zonder verwarming en bijvoeren getest. Ze vonden de hoogste groeisnelheden met bijvoeren en verwarmen van het water. Spencer (1988) en Spencer & Cough (1978) bestudeerden het effect van temperatuur en dichtheid op de groei van oesterbroed. In Zeeland (bij Neeltje Jans) is ervaring opgedaan met de opkweek van broed tot zaai-oesters door Mariconsult (1991, 1992). Broed werd gekweekt in de Franse hatchery Satmar uit ouderoesters van de Yerseke Bank. De broedjes werden op gaas in zgn. opstroomcontainers geplaatst. Deze containers werden voorzien van natuurlijk zeewater. In de periode van week 24 tot week 37 nam het gewicht toe van 0,1 tot 2 gram.

Tabel 5. Studies naar groeisnelheden van oesters. De relatieve groei per dag is berekend met  $(\ln W_t - \ln W_0)/t$ . Hierin is  $W_0$  het versgewicht aan het begin en  $W_t$  het versgewicht op tijdstip  $t$ .

algen soorten	temperatuur	dichtheid oesters	begin gewicht	duur experiment	eind gewicht	relatieve groei per dag	referentie
<i>Skeletonema costatum</i>	12-18 °C	37 ind/cm <sup>2</sup>	14.4 mg vers	1 mnd	40.0 mg vers	0.03	Claus et al, 1983
vijvers met nutriënten	13.2-13.3 °C	12000/10 cm diameter	2.2 mg vers	6 weken	60 mg vers	0.08	Spencer, 1988
	14.5-15.0 °C	4500/10 cm diameter	12 mg vers	6 weken	220 mg vers	0.07	
	18.6-18.9 °C	2600/10 cm diameter	6.1 mg vers	6 weken	300 mg vers	0.09	
bassin met zeewater	12-18 °C	2.1 cm <sup>2</sup> /ind	62 mg vers	4.5 mnd	380 mg vers	0.01	Spencer & Cough, 1978
			28 mg vers	4 md	320 mg vers	0.02	
			38 mg vers	3.5 mnd	240 mg vers	0.02	
			40 mg vers	3 mnd	220 mg vers	0.02	
			39 mg vers	2.5 mnd	120 mg vers	0.01	
			66 mg vers	2 mnd	140 mg vers	0.01	
natuurlijk zeewater	13-20 °C	20.000 per container van 2 m <sup>2</sup>	10 mg vers	14 weken	200 mg vers	0.03	mariconsult1991, 1992
<i>Skeletonema costatum</i>	10-20 °C	100 oesters per m <sup>3</sup>	8 gram vers	300 dagen	30 gram vers	0.004	Baud et al., 1997
<i>Skeletonema costatum</i>	10-20 °C	685 oesters per m <sup>3</sup>	30 gram vers	312 dagen	55 gram vers	0.002	Naciri-Graven et al., 1999
<i>Bellerrochea</i> , <i>Chaetoceros</i> ,							
<i>Thalassiosira</i>	22-29 °C	geen informatie	3 mm	16 mnd	consumptie formaat		Sundelin et al 1976

Er zijn weinig voorbeelden van kweek van platte oesters tot consumptie formaat in een kwekerij. De meeste hatcheries en nurseries hebben allen een laatste groeifase in het buitenwater. Opgroei tot consumptie formaat duurt dan 3 jaar. De hoeveelheden algen die als voedsel dienen worden steeds groter, wat binnendijkse kweek steeds moeilijker maakt. Onderzoek op de Virgin Islands (Verenigde Staten) heeft laten zien dat binnendijkse kweek tot consumptieformaat echter wel mogelijk is. Hier werd een algencultuur van 45.000 liter gebruikt waarmee *Ostrea edulis* in 16 maanden van 3-mm tot markt-grootte kon worden opgekweekt (Sunderlin *et al.*, 1976). En in Frankrijk (IFREMER) kweekten Baud *et al.* (1994, 1997) en Naciri-Graven *et al.* (1999) in twee jaar tijd zaaioesters van 8 gram tot oesters van 55 gram. De oogst was 28 kg/m<sup>2</sup>. Hierbij werd gebruik gemaakt van bassins waar continu algen aan werden toegevoegd. De bassins werden met lucht doorborreld om de algen goed over het water te verdelen. Figuur 8 toont de relatie tussen schelpenlengte en versgewicht. De schelp is 65-71 % van dit gewicht (Baud et al, 1997 en Naciri-Graven et al., 1999).

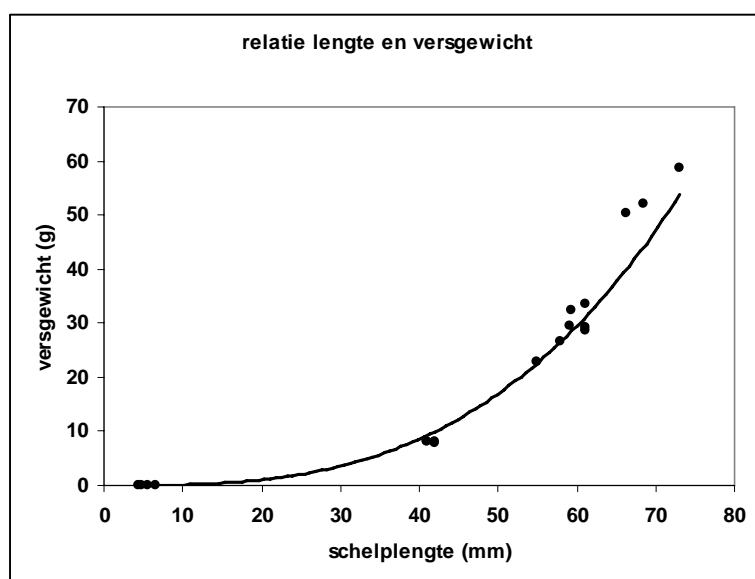


Fig. 8. Relatie tussen schelpenlengte en versgewicht gebaseerd op gegevens uit Claus *et al.*, 1983; Baud *et al.*, 1997 en Naciri-Graven *et al.*, 1999.

#### 4.3.2. Inschatting op basis van algen gekweekt met drainwater

Walne (1974) heeft de groeipotentie van platte oesters voor verschillende algensoorten bestudeerd. Hij vergeleek de groei van oester broed gedurende 3 weken met een controle dieet van *Isochrysis galbana*. Tabel 6 geeft de vergelijking weer voor een aantal van de voor de huidige studie geselecteerde soorten of nauw verwante soorten. Hieruit valt af te leiden dat *Chaetoceros* en *Skeletonema* betere soorten zijn als voer voor platte oesters dan *Dunaliella*.

Tabel 6. Relatieve voedingswaarde van verschillende algensoorten voor *Ostrea edulis* (Walne, 1974).

Algensoort	Voedingswaarde t.o.v <i>Isochrysis</i>
<i>Chaetoceros calcitrans</i>	1.28
<i>Tetraselmis suecica</i>	1.20
<i>Skeletonema costatum</i>	1.01
<i>Nannochloris atomus</i>	0.54
<i>Dunaliella tertiolecta</i>	0.39

Als voorbeeld van de productiepotentie van oesters is de volgende berekening uitgevoerd voor *Chaetoceros muelleri*. Onder geschikte groeiomstandigheden wat betreft licht, temperatuur en nutriënten kunnen we een celdichtheid aannemen van 7 miljoen algencellen per ml met een gewicht van 0.0458 mg drooggewicht voor 1 miljoen cellen (ongepubliceerde data IMARES). Bij een voederconversie van 1.2 is dan 168 liter aan algencultuur nodig voor de productie van een zaaioester van 8 gram naar een consumptiefomaat oester van 55 gram.

#### 4.4. Risico's voedselveiligheid

Gedurende de kweekcyclus worden schelpdieren blootgesteld aan verschillende substanties en organismen, die de voedselveiligheid nadelig kunnen beïnvloeden. Schelpdieren zijn "filter-feeders", hetgeen betekent dat alle voeding inclusief water door de kieuwen van het schelpdier wordt gepompt, waarna de geschikte voeding (algen) wordt opgenomen. Hierbij worden echter ook spoorelementen/contaminanten, zoals metalen, dioxinen, PCBs en gewasbeschermingsmiddelen en micro-organismen opgenomen. Spoorelementen worden hierbij veelal in het maag-darmstelsel, vetweefsel en/of andere weefsels opgeslagen. De verblijftijd van spoorelementen in schelpdieren is afhankelijk van de eigenschappen van de verontreinigende stof en van de fysiologische gesteldheid van het schelpdier (seizoen). Wanneer onder geconditioneerde kweekomstandigheden wordt gewerkt zullen er beperkte fluctuaties in de fysiologische omstandigheid van het schelpdier zijn.

Spoorelementen kunnen door het schelpdier zelf worden uitgescheiden, de snelheid waarmee dit gebeurt is echter afhankelijk van de stof en het weefsel waarin de stof is opgenomen. Voor stoffen die in het vetweefsel

worden opgeslagen, zoals PCBs en dioxinen zijn de verblijftijden in schelpdieren zeer hoog (tot enkele jaren), hierom is het relevant is gedurende het gehele productieproces (of tenminste vanaf de laatste reproductiecyclus) te borgen dat verontreinigingen niet via de voeding (opgenomen in algen) of via het water (via productiewater) in de schelpdieren terecht komen.

Om voor de productie van oesters in kassen een eerste evaluatie te maken van de te verwachten voedselveiligheidsrisico's wordt beschreven welke stoffen/stofgroepen in drainwater aanwezig zijn en in welke mate deze de oester kunnen verontreinigen. De informatie die gebruikt is voor de gehalten van verschillende sporelementen in drainwater is aangeleverd door de opdrachtgever.

#### 4.4.1. Metalen

Bij productie van oesters in drainwater worden geen problemen verwacht op het gebied van verontreiniging spoormetalen. In de Europese verordening 466/2001/EC (geamendeerd door Verordening 221/2002/EC) worden limieten gesteld voor kwik, cadmium en lood in tweekleppige weekdieren waarbij de limieten resp. 0.5mg/kg, 1mg/kg, and 1.5mg/kg natgewicht bedragen. Er bestaan geen limieten voor overige metalen. Er zijn echter geen waarden aangeleverd voor de gehalten aan gereguleerde metalen (kwik, cadmium en lood) in drainwater. Er mag echter worden aangenomen dat de waarden zeer laag zijn, doordat deze afkomstig zijn van een gecontroleerde productie van voedingsmiddelen. Hierdoor lijkt er geen risico te zijn op accumulatie van de in Europese regelgeving opgenomen metalen.

Metaalsporen als ijzer (15-98  $\mu\text{mol/l}$ ), mangaan (3-21  $\mu\text{mol/l}$ ), boor (50  $\mu\text{mol/l}$ ), koper (0.7-4  $\mu\text{mol/l}$ ) en molybdeen (1-3.6  $\mu\text{mol/l}$ ) werden in het drainwater waargenomen (Tabel 1). Het is onbekend welke effecten dergelijke gehalten in water hebben op de accumulatie in oesters. Er is onvoldoende data beschikbaar over de accumulatie van deze stoffen in schelpdieren om daar een uitspraak over te doen. Aangezien bekend is dat schelpdieren verschillende metalen kunnen concentreren mag ervan uitgegaan worden dat de gehalten in oesters boven de gehalten in het omringende water uit kunnen komen. Hierom wordt het aanbevolen een blootstellingproef en/of periodieke monitoring op te zetten, waarbij de gehalten aan ijzer, mangaan, boor, koper en molybdeen gemonitord worden om zekerheid te hebben over de verontreinigingsrisico's. Echter, aangezien er geen normen voor voedselveiligheid voor deze metalen bestaan is het voornamelijk wenselijk om in een toekomstig productieplan aandacht te besteden aan de mogelijke risico's.

#### 4.4.2. Gewasbeschermingsmiddelen

Voor de beoordeling van de mogelijke risico's met betrekking tot gewasbeschermingsmiddelen is gebruik gemaakt van de analyses en beoordelingen die uitgevoerd zijn ten behoeve van het vaststellen van gewasbeschermingsmiddelen in oppervlakte water in Delfland (Tauw, 2005). De analyses, die uitgevoerd zijn in

het kader van die studie zijn afkomstig uit het oppervlaktewatermetingen, hetgeen een vertekend beeld geeft ten opzichte van het drainwater. De stoffen zullen bij aanwezigheid in drainwater eerst verdund worden in het oppervlaktewater, waarna de metingen zijn uitgevoerd. Echter, wegens gebrek aan gegevens afkomstig van drainwater worden deze waarden als uitgangspunt genomen. In de studie van Tauw (2005) worden 40 stoffen gerapporteerd die (mogelijk) problemen veroorzaken in het oppervlakte water (overschrijding Maximaal Toelaatbare Risico waarde). Van deze stoffen zijn er 13 die per 31-12-2004 nog gebruikt mogen worden, hetgeen betekent dat deze nog steeds in het drainwater dat gebruikt kan worden voor oesterteelt aanwezig kunnen zijn. De stoffen die geen probleem vormden voor de oppervlaktewateren zijn in deze studie niet verder behandeld. De geselecteerde stoffen zijn weergegeven in tabel 7. Naast de selectie van kritieke stoffen zijn tevens toxiciteitgegevens voor oesters en algen opgezocht (via [www.pesticideinfo.org](http://www.pesticideinfo.org)) en werd de accumulatiepotentie in oesters opgezocht, welke tevens in tabel 7 zijn opgenomen.

*Tabel 7. Overzicht probleemstoffen en toxiciteitgegevens. De stoffen zijn geselecteerd op basis van analyses in oppervlaktewater en mogen per 31-12-2004 nog steeds gebruikt mogen worden. \* wordt niet meer verkocht.*

<b>Probleemstof</b>	<b>Toxiciteit bij oesters</b>	<b>Accumulatie in tweekleppigen/oesters</b>	<b>Toxiciteit bij Algen</b>
Chloorfenvinfos	Beperkt	Onbekend	Onbekend
Tolclofosmethyl	Onbekend	Onbekend	Onbekend
Pyrimifos-methyl	Onbekend	Onbekend	Zeer beperkt
Chloorthalonil	Beperkt	Beperkt	Accumulatie
Pirimicarb	Onbekend	Onbekend	Onbekend
Carbofuran	Zeer beperkt	Zeer beperkt	Beperkt
Pyrimethanil	Onbekend	Onbekend	Onbekend
Malathion (grensgeval)	Beperkt	Beperkt	Beperkt
Tolyfluanide (grensgeval)	Onbekend	Onbekend	Onbekend
Vinchlozolin (grensgeval) *	Beperkt	Onbekend	Beperkt
Chloorpyrifos-ethyl (Mogelijke probleemstof)	Onbekend	Onbekend	Zeer beperkt
Esfenvaleraat (Mogelijke probleemstof)	Onbekend	Beperkt	Accumulatie
I-cyhalothrin (Mogelijke probleemstof)	Onbekend	Onbekend	Onbekend

De gegevens laten zien dat er ten aanzien van de gewasbeschermingsmiddelen een groot aantal onbekenden bestaan over de toxiciteit voor en accumulatie in oesters. Een aantal stoffen, waaronder Chloorthalonil, Pirimicarb, Carbofuran, Malathion en Esfenvaleraat hebben een zeer beperkt tot beperkt vermogen om in oesters te accumuleren, waardoor aandacht aan deze stoffen besteed dient te worden. De stoffen zijn niet opgenomen in

regelgeving voor voedingsmiddelen (met name voor tweekleppige weekdieren), waardoor normen ontbreken. Hierom is het raadzaam om bij toekomstige ontwikkelingen aandacht te besteden aan de mogelijke accumulatie van de stoffen in oesters en aan de effecten op de gezondheid bij de waargenomen gehalten.

Naast de mogelijke accumulatie van bepaalde stoffen in oesters zijn de gewasbeschermingsmiddelen via een quickscan beoordeeld op mogelijke toxische effecten tijdens de productie van oesters. Er dient aandacht besteed te worden aan stoffen met een beperkte toxiciteit voor oesters en aan stoffen met een beperkte toxiciteit voor algen. De stoffen met toxische effecten kunnen tijdens een productieproces (oesters of algen) de groei remmen, waardoor het systeem minder rendabel draait. Daarnaast dient tijdens onderzoeken/monitoring de mogelijkheid van mogelijke effecten van toxiciteit door gewasbeschermingsmiddelen meegenomen te worden. Ook kan getracht worden om via technische ingrepen de aanwezigheid van de stoffen tot een minimum te beperken.

#### 4.4.3. PCBs en Dioxinen

Er zijn geen gegevens bekend over de gehalten aan PCB en dioxinen in het drainwater. Hierdoor kan er geen beoordeling gemaakt worden van de mogelijke effecten op de voedselveiligheid. Er bestaan mogelijkheden dat de gehalten aan PCBs en dioxinen, ondanks het feit dat het gebruikte water afkomstig is van gewasproductie voor menselijke consumptie, hoog genoeg zijn om tot hoge waarden in oesters te accumuleren. Het lijkt echter onwaarschijnlijk dat deze stoffen in het drainwater aanwezig zullen zijn (mondelinge mededeling Tom de Bruin).

#### 4.4.4. Micro-organismen

Bij de productie van schelpdieren is het risico op aanwezigheid van pathogene micro-organismen hoog. De pathogene micro-organismen, zoals *Salmonella sp.*, *Vibrio sp.*, *E. coli*, en tal van anderen vormen een risico bij aanwezigheid tijdens consumptie. Echter, de pathogene bacteriën kunnen in de laatste fase van het productieproces uit de schelpdieren worden verwijderd door een zuiveringsstap in het proces te implementeren. De zuiveringsstap kan worden uitgevoerd door de oesters onder optimale omstandigheden met voldoende zuiver water te houden. Deze stap zal in het managementplan van een productiefaciliteit ingevoegd dienen te worden. Naast een zuiveringsstap dienen ten aller tijden hygiënische procedures in het productieproces te worden opgenomen, zodat microbiële verontreiniging zoveel mogelijk voorkomen wordt.

## 5. Conclusies

### 5.1. Selectie algensoorten

De selectie van de algensoorten gebaseerd op de saliniteit van het drainwater, gebruik in aquacultuur, voedingswaarde, grootte, dikte celwand en beschikbaarheid in een algenbibliotheek heeft zes potentiële soorten opgeleverd: *Skeletonema subsalsum*, *Brachiomonas submarina*, *Chaetoceros muelleri*, *Thalassiosira pseudonana*, *Chlamydomonas pulsatilla* en *Dunaliella tertiolecta*.

### 5.2. Productiepotentie algen

De productie potentie van de geselecteerde soorten in de kas hangt sterk af van de omstandigheden aldaar en zal proefondervindelijk moeten worden vastgesteld. Literatuur gegevens laten zien dat de groeisnelheid van een aantal van deze soorten algen varieert van 0.6 d<sup>-1</sup> tot 1.4 d<sup>-1</sup>. Het drainwater bevat een overmaat aan alle nutriënten die in een regulier kweekmedium aanwezig zijn. De algen kunnen potentieel de nutriënten uit het drainwater verwijderen, hoewel de verhouding tussen de verschillende componenten mogelijk aangepast dient te worden door toevoeging van silicaat aan de diatomeeën cultures. Concentratie van drainwater niet nodig. Opname van de nutriënten in verschillende stappen lijkt een optie. Dat houdt in algen laten groeien en oogsten en het medium opnieuw gebruiken voor een tweede productie, enzovoort tot de nutriënten limiterend worden.

### 5.3. Productiepotentie oesters

Drie van de geselecteerde algensoorten worden al gebruikt in schelpdier hatcheries (*Chaetoceros muelleri*, *Thalassiosira pseudonana* en *Dunaliella tertiolecta*). De andere drie soorten lijken ook geschikt als voer voor oesters. Dit betekent dat, als de algensoorten succesvol in drainwater gekweekt kunnen worden, de productie van oesters ook succesvol kan zijn. Voor de teelt tot consumptieformaat zijn veel algen nodig. Berekeningen geven aan dat 168 liter aan algencultuur nodig is voor de productie van een zaaioester van 8 gram versgewicht naar een consumptieformaat oester van 55 gram versgewicht.

### 5.4. Risico's voedselveiligheid

Gegevens over gewasbeschermingsmiddelen en metaalsporen zijn in deze studie gebaseerd op aanwezigheid in het oppervlakte water en niet in het drainwater. Er zijn geen waarden aangeleverd voor de gehalten aan zware metalen, PCB en dioxinen in drainwater. De kweek van oesters op basis van algen gekweekt met drainwater is een nieuwe teeltvorm. Momenteel is nog weinig bekend over de toxiciteit voor en accumulatie in oesters van gewasbeschermingsmiddelen, zware metalen, metaalsporen, PCB en dioxinen. Een oxidatie en UV behandeling breekt bestrijdingsmiddelen af. Dit kan een technologische oplossing zijn. In een pilot project is het raadzaam mogelijke accumulatie van de stoffen in oesters en effecten op de gezondheid bij de waargenomen gehalten te monitoren.

## Kwaliteitsborging

IMARES beschikt over een ISO 9001:2000 gecertificeerd kwaliteitsmanagement systeem (certificaatnummer: 08602-2004-AQ-ROT-RvA). Dit certificaat is geldig tot 15 december 2009. De organisatie is gecertificeerd sinds 27 februari 2001. De certificering is uitgevoerd door DNV Certification B.V. Het laatste controle bezoek vond plaats op 16-22 mei 2007. Daarnaast beschikt het chemisch laboratorium van de afdeling milieu over een NEN-EN-ISO/IEC 17025:2000 accreditatie voor testlaboratoria met nummer L097. Deze accreditatie is geldig tot 27 maart 2009 en is voor het eerst verleend op 27 maart 1997, deze accreditatie is verleend door de Raad voor Accreditatie. Het laatste controlebezoek heeft plaatsgevonden op 12 juni 2007.



## Referenties

- Ahmad, I. and Hellebust, J.A., 1985. Osmoregulation in the euryhaline flagellate *Brachiomonas submarina* (Chlorophyceae). *Marine Biology*, vol 87. 245-250
- Ahmad, I. and Hellebust, J.A., 1985. Salinity responses of the marine microalga *Brachiomonas submarina* Bohlin
- Andreasson KIM, S-A Wangberg (2007) Reduction in growth rate in *Phaeodactylum tricornutum* (Bacillariophyceae) and *Dunaliella tertiolecta* (Chlorophyceae) induced by UV-B radiation *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology* 86: 227–233.
- Batista, I. (2007). Outdoor mass production of marine diatoms with ground water from Roem van Yerseke, The Netherlands. Essays on its feasibility. IMARES Report 06.016.
- Baud, J.P., Gérard, Y. Naciri-Graven (1997). Comparative growth and mortality of *Bonamia ostreae*-resistant and wild flat oysters, *Ostrea edulis*, in an intensive system. I. First year of experiment. *Mar. Biol.* 130: 71-79.
- Beiras, R., A. Pérez Camacho, M. Albentosa (1994). Comparison of the scope for growth with the growth performance of *Ostrea edulis* seed reared at different food concentrations in an open-flow system. *Mar. Biol.* 119: 227-233.
- Beiras, R., A. Pérez Camacho, M. Albentosa, 1995. Short-term and long-term alterations in the young oyster *Ostrea edulis* L. in response change energy budget of to temperature. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 186: 221-236.
- Borowitzka, M.A. and Brown, A.D., 1974. The salt relations of Marine and Halophilic Species of the unicellular green alga, *Dunaliella*. *Archives of Microbiology*, vol 96. 37-52
- Borowitzka, M.A. and Siva, C.J., 2007. The taxonomy of the genus *Dunaliella* (Chlorophyta, Dunaliellales) with emphasis on the marine and halophilic species. *Journal of Applied Phycology*, vol 19. 567-590
- Brand, L.E. 1984. The salinity tolerance of forty-six marine phytoplankton isolates. *Est. Coast. Shelf Sci.* 18: 543-556.
- Browdy, C. L. and S. M. Moss (2006). Shrimp Culture in Urban, Super-intensive Closed Systems. Urban Aquaculture. B. A. Costa-Pierce, A. Desbonnet, P. Edwards and D. Baker. Oxfordshire, UK, CABI: 285.
- Brown, L.M., 1982. Photosynthetic and growth responses to salinity in a marine isolate of *Nannochloris bacillaris* (Chlorophyceae). *Journal of Phycology*, vol 18. 483-488
- Brown, MR., Jeffrey, SW., Volkman, JK., Dunstan, GA., 1997. Nutritional properties of microalgae for mariculture. *Aquaculture* 151, 315-331.
- Claus, C., H. Maeckelberghe and N. de Pauw (1983). Onshore Nursery Rearing of Bivalve Molluscs in Belgium. *Aquacultural Engineering* 2: 13-26.
- Day, JD., Edwards, AP., Rodgers, GA., 1991. Development of an industrial-scale process for the heterotrophic production of a micro-algal mollusc feed. *Biosource Technology* 38: 245-249.
- Donalson, J., 1991. Commercial production of microalgae at Coast Oyster Company. *Proceeding of US-Asia Workshop on Rotifer and microalgae Culture*, Honolulu, Hawaii. The Oceanic Institute, HI, USA, pp. 229-236.

- Engström, J., Viherluoto, M., Viitasalo, M., 2001. Effects of toxic and non-toxic cyanobacteria on grazing, zooplanktivory and survival of the mysid shrimp *Mysis mixta*. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, vol 257. 269-280
- Eppley, R.W. 1972. Temperature and phytoplankton growth in the sea. *Fish. Bull.* 70: 1063-1085.
- Fujii, S., Nishimoto, N., Notoya, A. and Hellebust, J.A., 1995. Growth and osmoregulation of *Chaetoceros muelleri* in relation to salinity. *Plant and Cell Physiology*, vol 36. 759-764
- Gilmour, D.J., Hipkins, M.F. and Boney, A.D., 1982. The effect of salt stress on the primary processes of photosynthesis in *Dunaliella tertiolecta*. *Plant Science Letters*, vol 26. 325-330
- Goyal, A., 2007. Osmoregulation in *Dunaliella*, Part I: Effects of osmotic stress on photosynthesis, dark respiration and glycerol metabolism in *Dunaliella tertiolecta* and its salt-sensitive mutant (HL 25/8). *Plant Physiology and Biochemistry*, vol 45. 696-704
- Grün, M. and Loewus, F.A., 1984. L-Ascorbic-acid biosynthesis in the euryhaline diatom *Cyclotella cryptica*. *Planta*, vol 160. 6-11
- Hasle, G.R. and Evensen, D.L., 1975. Brackish water and fresh water species of the diatom genus *Skeletonema*. Part II *Skeletonema potamos*. *Journal of Phycology*, vol 12. 73-82
- Hasle, G.R. and Evensen, D.L., 1975. Brackish water and fresh water species of the diatom genus *Skeletonema*. Part I *Skeletonema subsalsum*. *Phycologia*, vol 14. 283-297
- Hazen, T.E., 1922. The Phylogeny of the Genus *Brachiomonas*. *Bulletin of the Torrey Botanical Club*, vol 49. 75-92
- Hellebust, J.A., 1985. Mechanisms of response to salinity in halotolerant microalgae. *Plant and Soil*, vol 89. 69-81
- Helm, M.M. and Bourne, N., 2004. The hatchery culture of bivalves: a practical manual. *FAO Fisheries Technical Paper* 471
- Hemphill-Halley, E. and Lewis, R.C., 2003. Diatom data from Bradley Lake, Oregon: Downcore analyses. *U.S. Geological Survey Open-File Report* 03-190
- Hussenot, J., N. Brossard, S. Lefebvre (1997). Mise au point d'un enrichissement de l'eau de mer pour produire en masse des microalgues diatomées comme fourrage pour les huîtres affines ou stockées en claires. In: Buchet, V, J. Hussenot (Ed.), *Marais maritimes et aquaculture: préservation et exploitation des zones humides littorales*. IFREMER, pp. 107-115.
- Hutchinson, S. & L.E. Hawkins, 1992. Quantification of the physiological responses of the European flat oyster *Ostrea edule* L. to temperature and salinity. *J. Moll. Stud.* 58: 215-226.
- Knauer, J., Southgate, P.C., 1999. A review of the nutritional requirements of bivalves and the development of alternative and artificial diets for bivalve aquaculture. *Reviews in Fisheries Science* 7 (3-4), 241-280.
- Lefebvre, S., J. Hussenot, N. Brossard (1996). Water treatment of land-based fish farm effluents by outdoor culture of marine diatoms. *J. Applied Phycol.* 8: 193-200.
- Lefebvre, S., I. Probert, C. Lefrançois, J. Hussenot 2004. Outdoor phytoplankton continuous culture in a marine fish-phytoplankton-bivalve integrated system: combined effects of dilution rate and ambient conditions on growth rate, biomass and nutrient cycling. *Aquaculture* 240: 211-241.

- mariconsult (1991). Voortgangsrapport van het onderzoek naar de opkweek van zaaioesters; periode tweede kwartaal 1991. rapport 44S28, 8 pp.
- mariconsult (1992). Voortgangsrapport van het onderzoek naar de opkweek van zaaioesters; periode juli – december 1991. rapport 46S30, 8 pp.
- Muller-Feuga, A., Robert, R., Cahu, C., Robin, J., Divanach, P., 2003a. Uses of microalgae in aquaculture. In: Strøttrup, J.G., McEvoy, L.A. (Eds.), Live Feeds in Marine Aquaculture. Blackwell Publishing, Oxford, UK. pp. 253-299.
- Muller-Feuga, A., Moal J., Kaas R., 2003b. The microalgae of aquaculture: In: Strøttrup, J.G., McEvoy, L.A. (Eds.), Live Feeds in Marine Aquaculture. Blackwell Publishing, Oxford, UK. pp. 206-251
- Naciri-Graven, Y., Haure, J., Gerard, A., Baud, J.P. (1999). Comparative growth of *Bonamia ostreae* resistant and wild flat oyster *Ostrea edulis* in an intensive system - II. Second year of the experiment. Aquaculture 171: 195-208.
- Paasche, E., Johansson, S. and Evensen, D.L., 1975. An effect of osmotic pressure on the valve morphology of the diatom *Skeletonema subsalsum*.
- Robert, R., 1998. Nutritional inadequacy of *Nannochloris atomus* and *Stichococcus bacillaris* for the oyster *Crassostrea gigas* (Thunberg) larvae. Haliotis 27, 29-34
- Robert R., Trintignac P. (1997) Substitutes for live microalgae in mariculture: a review. Aquatic Living resources 10, 315-327
- Robert, R., Chrétiennot-Dinet, M.J., Kaas, R., Martin-Jézéquel, V., Moal, J., Le Coz, J.R., Nicolas, J.L., Bernard, E., Connan, J.P., Le Dean, L., Gourrierc, G., Leroy, B., Quéré, C., 2004. Amélioration des productions phytoplanctoniques en éclosion de mollusques : caractérisation des microalgues fourrage, RI DRV/RA-2004-05, 149 pp.
- Sarno, D., Kooistra, W.H.C.F., Medlin, L.K., Percopo and I., Zingone, A., 2005. Diversity in the genus *Skeletonema* (Bacillariophyceae). II. An assessment of the taxonomy of *S. costatum* like species with the description of four new species. Journal of Phycology, vol 41. 151-176
- Shumway, S.E., T. L. Cucci, R. C. Newell, C. M. Yentsch 1985, Particle selection, ingestion, and absorption in filter feeding bivalves. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, Vol. 91, pp. 11-92
- Sunderlin, J.B., W.J. Tobias, O.A. Roels (1976). Growth of the European oyster, *Ostrea edulis* Linne, in the St. Croix artificial upwelling mariculture system and in natural waters. Proc. natl. Shellfish. Assoc. 65: 43-48.
- Spencer, B.E. (1988) Growth and Filtration of Juvenile Oysters in Experimental Outdoor Pumped Upwelling Systems. Aquaculture 75: 139-158.
- Spencer, B.E. and C.J. Gough (1973). The growth and survival of experimental batches of hatchery-reared spat of *Ostrea edulis* L. and *Crassostrea gigas* Thunberg, using different methods of tray cultivation. *Aquaculture*, 13: 293-312 293
- Taraldsvik, M., S.M. Myklestad, 2000. The effect of pH on the growth rate, biochemical composition and extracellular production of the marine diatom *Skeletonema costatum*. Eur. Jour. Phycol. 35: 189-194.
- Tauw, 2005. Glastuinbouw rapportage Delfland 2001-2004, 48 pp.

- Tsavalos, A.J. and Day, J.G., 1994. Development of media for the mixotrophic/heterotrophic culture of *Brachiomonas submarina*. *Journal of Applied Phycology*, vol 6. 431-433
- Tzovenis, I., N. De Pauw, P. Sorgeloos., 1997. Effect of different light regimes on the docosahexaenoic acid (DHA) content of *Isochrysis aff. galbana* (clone T-ISO). *Aquaculture International* 5: 489-507.
- Unesco, 1985. El Sistema Internacional de Unidades (SI) en Oceanografía. Technical Paper Marine Sciences, vol 45. 145 pp
- Walne, P.R., 1970. Studies on the food value of nineteen genera of algae to juvenile bivalves of the genera *Ostrea*, *Crassostrea*, *Mercenaria*, and *Mytilus*. *Fish. Invest.* 26: 1-62.
- Walne, P.R., 1974. Culture of Bivalve Molluscs. 50 years experience at Conwy. Fishing News Books Ltd. Farnham, UK, 189 pp.
- Yan, T. & M. Zhou, 2002. Combined effects of temperature, irradiance and salinity on the growth of the diatom *Skeletonema costatum*. *Chinese Journal of Oceanology and Limnology* 20: 237-243.
- Zhu, C.J., Y.K. Lee, T.M. Chao, 1997. Effects of temperature and growth phase on lipid and biochemical composition of *Isochrysis galbana* TK1. *Journ. Applied Phycol.* 9: 451-457.

# Verantwoording

Rapport C043/08  
Projectnummer: 439.41046.01

Dit rapport is met grote zorgvuldigheid tot stand gekomen. De wetenschappelijke kwaliteit is intern getoetst door een collega-onderzoeker en beoordeeld door of namens het Wetenschapsteam van Wageningen IMARES.

Akkoord: Ir. Henk van der Mheen  
Afdelingshoofd Aquacultuur

Handtekening:



Datum: april 2008

Aantal exemplaren:	10
Aantal pagina's:	29
Aantal tabellen:	7
Aantal figuren:	8
Aantal bijlagen:	0