

Zeeuwse tong

Eindverslag mosselpilot KMWP Neeltje Jans

Inhoudsopgave

Inleiding	3
1. Beschrijving teelt/bedrijfsvorm.....	4
1.1 Proefbedrijf opbouw fase 1.....	4
1.2 Proefbedrijf opbouw fase 2.....	4
1.3 Monitoring.....	6
2. Samenvatting van de resultaten.	7
2.1 Monitoring mosselen fase 1 (2009-2011)	7
2.2 Bemestingsproef en algenenten 2010	8
2.3 Monitoring fyto- en zooplankton fase 1 (2009-2011).....	9
2.4 Kwaliteit van pilot mosselen	10
2.5 Overzicht metingen mosselgroei 2013.....	10
2.6 Bemestingsproef en algenenten 2013	12
2.7 Bijgroei: kokkels en draadwier	13
3. Evaluatie van de technische haalbaarheid	16
4. Economische analyse	18
5. Risico's en onzekerheden.....	19
6. Kennislacunes.....	20
7. In hoeverre biedt de ontwikkeling kansen voor akkerbouwers of andere ondernemers?.....	21
8. In hoeverre kan ontwikkeling leiden tot het ontstaan van een nieuwe economische sector?	21
Bijlage 1 foto's Ligging Pilot.....	22
Bijlage 2 foto's uitbreiding	23
Bijlage 3 Grafieken Resultaten	26
Bijlage 4 foto's vissen proef.....	37
Bijlage 5 Scenarioberekeningen uit het Businessplan.....	38
Bijlage 6 geïdentificeerde risico's.....	39
Bijlage 7 Schematische weergaven resultaten en plannen mosselpilot	40
Bijlage 8 Lijst met figuren en tabellen.....	41

Inleiding

In 1999 heeft de Wilhelminapolder een bedrijfsvisie opgesteld, met een verkenning van toekomstige mogelijkheden voor het grond bezit. Aquacultuur was één van de mogelijkheden. In 2006 is een beleidsplan opgesteld en in werking getreden, onderzoek van binnendijkse schelpdierteelt was hier een onderdeel van. In 2006 / 2007 is een businessplan en daarna pilot plan opgesteld, op basis hiervan is begonnen met de voorbereiding voor een pilot.

Hierna is er door Stichting Zeeuwse Tong aan het maatschap de Wilhelminapolder een samenwerkingsverband voorgesteld, wat betrekking zou hebben op de jaren die volgden. In het najaar van 2008 is het vijversysteem aangelegd. Vanaf februari 2009 heeft het systeem vrijwel continu gedraaid.

Met het proefbedrijf in de Wilhelminapolder werd onderzoek uitgevoerd naar het kweken van schelpdieren op het land. De uitvoering lag bij schelpdierkweekbedrijf Wilhelminapolder-Neeltje Jans V.O.F., waarbij een samenwerking was aangegaan met stichting Zeeschelp voor de monitoring van mosselen en het voedselaanbod, onderzoeksinstituut IMARES voor inhoudelijke begeleiding, Hogeschool Zeeland voor het meten van de grondwaterhuishouding, nutriënten en chlorofyl en met Grontmij, team Ecologie, voor analyses aan algen- en zoöplankton.

Door praktijkervaring op te doen en deze te koppelen met andere studies en literatuur kunnen de aannames en vragen uit het businessplan geëvalueerd en onderbouwd worden. Op basis van dat rapport kan een opzet gegeven worden naar opschaling- en rendementcijfers.

Dit eindrapport beschrijft de inzichten en metingen vanaf voorjaar 2009 tot en met zomer 2013. Na een korte methodebeschrijving wordt ingegaan op meetresultaten, waarbij stapsgewijs verder op de materie wordt ingegaan. De resultaten beginnen met een beschrijving van de waterkwaliteit, gevolgd door een beschrijving van het verloop in de tijd van de nutriënten en algen in de algenvijver. Vervolgens wordt het voedselaanbod voor de mosselen besproken en wat de opname door de mosselen is geweest. De effecten van bemestings- en algengroeistimulatie proeven op het voedselaanbod worden besproken, als ook de ontwikkelingen binnen het plantaardig en dierlijk plankton in de vijver. Met deze informatie wordt de relatie tussen de algensamenstelling en de groei van de mosselen verder uitgewerkt, waarna er een opzet gemaakt is voor een maximale productie van algen en mosselen met de huidige capaciteit van de algenvijver.

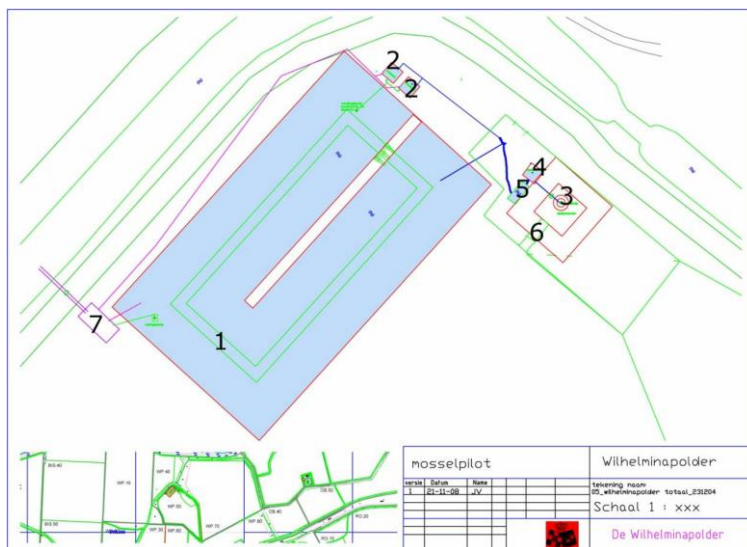
Tot slot worden de technische en economische haalbaarheid van dit systeem op basis van de huidige ervaring en kennis geëvalueerd. Hieruit volgen de risico's en kennis lagunes die er nu nog zijn. Deze worden afgezet tegen de verwachtingen die we vooraf hadden bij planning van het proefbedrijf. Tot slot volgt een conclusie over waar wij op dit moment staan tegenover de nieuwe economische tak door middel van een sterkte zwakte analyse.

1. Beschrijving teelt/bedrijfsvorm

1.1 Proefbedrijf opbouw fase 1

Het proefbedrijf bestond in de periode 2008 t/m 2012 uit een samenstel van voorzieningen, zie Verschoore 2010 en Figuur 1 voor gedetailleerde omschrijvingen:

1. Een gegraven vijver voor algenproductie (wateroppervlak 0,43 hectare)
2. Twee rvs putten (1,4 x1,4 x2,4m) voor huisvesting schelpdieren
3. Bron grondwater (filterbuis 12-22 meter diep in grofzandig schelpenpakket, 30 m³/uur)
4. Beluchtingbassin voor grondwaterontijzering
5. Bezinking neerslag uit grondwater
6. Zeecontainer met aggregaat en meetapparatuur
7. Zandlichaam met ringdijkje voor infiltratie looswater richting sloot



Figuur 1. Opbouw systeem mosselproefbedrijf.

Het mosselproefbedrijf ligt in de bedding van een oude kreekgeul (zie bijlage 1). Het dwarsprofiel van de U-vormige vijver was een flauwe V-vorm. Door inspoeling van zand is in de loop van de tijd een meer S-vormig profiel ontstaan. De diepte is maximaal 2 meter en gemiddeld circa 1 meter.

In de dam, midden in de vijver, waren doorlaatbuizen, met venturiepomp, aangebracht zodat het water door de vijver kon circuleren. De RVS mosselputten werden gevoed met zwembadpompen van 14 en 28 m³/uur. De verblijftijd van het water in de mosselput was circa 3 kwartier.

1.2 Proefbedrijf opbouw fase 2

Op basis van de resultaten en ervaringen was een ontwerp gemaakt voor fase 2 van het proefbedrijf. Dit ontwerp is in 2012 aangelegd.

De uitbreiding van het proefbedrijf bestond uit 8 PE bakken of 'tanks' van 20 m³ elk, deze waren volledig in de grond ingegraven. Ter vergelijking had het proefbedrijf in fase 1 maar twee tanks van 3,5 m³ elk. In fase 2 werd het mogelijk om 8 tot 10 ton mosselen te huisvesten, nodig voor draagkracht onderzoek. Deze tanks werden in twee rijen van 4 opgesteld en onderling verbonden door buizen van rond 300 mm.

Elke rij heeft zijn eigen pomp van 150 m³/uur en bij storing kunnen de pompen elkaar vervangen. Het systeem is in duplo aangelegd. De pompen halen water uit de noord poot van de U vormige vijver, vanaf daar wordt het water naar de eerste tank verpompt. Vervolgens stroomt het water naar de tweede tank, door naar de 3^{de} en uiteindelijk via de 4^{de} tank terug naar de zuid poot van de vijver.

Het water stroomt aan de onderzijde de bakken in. Via een standpijp loopt het water er door middel van overstort aan de boven zijde weer uit. Aan de instroomopening is een plaat bevestigd om het water richting te geven en zo door de bak rond te laten draaien in een opwaarts spiraliserende beweging.

Er is een raceway geplaatst waar algen konden worden opgekweekt van een cultuur met hoge concentratie en een volume van 0.5 m³ naar een cultuur van hoge concentratie en een volume van 15 m³. Vanuit de raceway zou de vijver op regelmatige basis ingezaaid kunnen worden met algen. Door in te zaaien word er getracht de natuurlijke populaties algen te beïnvloeden en zo een meer groeizaam algen mengsel te realiseren. Het inzaaien van de vijver met algen vanuit de raceway word 'enten' genoemd.

Bij het enten daalt het water volume in de raceway. Door deze weer aan te vullen kunnen de achtergebleven algen weer uitgroeien om wederom tot de gewenste concentratie te komen. Zo kunnen we met heel weinig inkoop van algen toch langdurig de vijver be-enten. (Zie bijlage 2 voor foto's uitbreiding). De raceway ent zou in theorie bij verdunning in een grotere vijver wederom vermenigvuldigen om zo tot een optimale dichtheid voor de mosselen uit te groeien. Het water uit de vijver stroomt door in de bakken met mosselen die de algen uit het water filteren om er van te groeien.

Als laatste waren twee nieuwe ontijzeringstorens geplaatst om het grondwater in kwaliteit te verbeteren . (Het grondwater bevat van zichzelf teveel ijzer). De huidige ontijzering met druppelblokken, ook wel 'trickling' blokken genoemd, werd vervangen door een nieuwe ontijzering met eveneens trickling blokken. De werking is volgens hetzelfde principe maar met een meer solide bouw en eenvoudiger in onderhoud en gebruik.. Deze nieuwe ontijzering is hoger dan de raceway geplaatst zodat het water onder vrij verval overal naar toe verdeeld kan worden. Via een injectie pompje kan ook mest aan het water worden toegevoegd. Dit was nodig voor een geoptimaliseerde algen teelt.

Ook de meet en regel techniek van Priva werd aangepast (foto 5 bijlage 2), de nieuwe lijnen werden van sensoren voorzien. Hiermee werden O₂, geleidbaarheid, pH en temperatuur van het water gemeten. Daarnaast werden de mosseltanks uitgerust met een stroomsnelheidsmeter. Ook de uitstroom en het vullen van de raceway en de verdeel kleppen van de ontijzering werden in het Priva software systeem opgenomen om op afstand en automatische gestuurd te kunnen worden.

De drie buizen in de tussen dam van de vijver zijn afgesloten met deksels. Bij de algen ent proeven ontstond het idee dat er een kortsluitstroom was van de inlaat van ent naar de aanzuigpompen van de mosselbakken. Of wel de verse algen gingen niet rond door de vijver maar van inlaat direct naar de mossels. De rondstroom pomp die in deze buizen zat was al geruime tijd stuk., waardoor deze buizen ook geen functie meer hadden. .

1.3 Monitoring

Sinds 2009 werd de waterkwaliteit fysisch, chemisch en biologisch gevolgd, alsook de voedselopname en groei van de mosselen (zie bijlage 3 voor grafieken).

De gehanteerde bemonstering en analyse van water en biota was om de week.

De waterkwaliteit (temperatuur, O₂, pH, saliniteit, doorzicht) werd ter plaatse gemeten bij de inname van de pomp (circa 0,8 meter diepte), aan de oppervlakte van de vijver en in de mosselput.

Bij de instroom van de pomp en de uitstroom van de mosselput werd 5 liter water bemonsterd voor analyse aan fyto- en zooplankton, partikels zwevend stof, particulier organisch materiaal (POM), nutriënten en chlorofyl-a. Van de mosselen werden monsters genomen voor lengte – en gewicht bepalingen, volume en as vrij droog gewicht bepalingen.

Fytoplankton monsters werden geconserveerd met acetaat gebufferde lugol, voor zooplanktonmonsters werd 5 liter water door een 30 µm filter gefiltreerd en geconserveerd met formaline tot circa 4%. Partikeltellingen werden uitgevoerd met een CoulterCounter, die per micrometer de deeltjesgrootte kon bepalen.

Zwevend stof, POM, nutriënten en chlorophyll werden bepaald door filtratie over GF/C filters. Voor de zwevend stof- POM analyse werden de filters nagespoeld met ammoniumformiaat om zoutresten te verwijderen. De filters werden gedurende 24 uur gedroogd bij 60°C en vervolgens verast gedurende 4 uur bij 520°C. Het filter voor chlorophyll werd na filtratie ingevroren.

Na filtratie werd het filtraat aangezuurd met zwavelzuur tot pH 2 en ingevroren tot moment van analyse. De nutriënten SiO₂, NH₄-N, NO₂⁻-N en ortho-PO₄³⁻ werden geanalyseerd met de HACH kit DR2400 volgens voorschrift. NO₃⁻ werd gemeten met behulp van spectrofotometer in het UV spectrum, waarbij m.b.v. een calibratie reeks de factor bepaald was aan de hand van de absorptie op 220nm en 275nm. $Factor = abs(220nm) - 2 * abs(275nm)$.

De factor uit de absorptie van de monsters was m.b.v. de lineaire functie van de ijklijn teruggerekend naar de bijbehorende NO₃⁻ concentraties.

De gefiltreerde monsters werden van het chlorofyl-a (op de filters) ontdaan d.m.v. ethanol en het gehalte was middels een formule bepaald naar gelang de gemeten absorptie.

Per 2010 was een continu online meet- en regelsysteem operationeel dat de waterkwaliteit (O₂, pH, geleidbaarheid en temperatuur) van de uitstroom van de mosselbakken en de instroom van de mosselbakken in de vijver meten. Ook werd het waterpeil geregistreerd en automatisch op peil gehouden. Het systeem werd sindsdien steeds verder uitgebouwd; alle beslisregels zijn in het systeem verwerkt waarmee het proefbedrijf geautomatiseerd draaide. Als er afwijkingen optreden regelt het systeem zelf de kleppen of pompen en wanneer de waterkwaliteit verder afwijkt, krijgt de beheerder een e-mail.

2. Samenvatting van de resultaten.

Het eerste deel van het proefproject was vooral een technisch onderzoek, samengevat waren de voornaamste resultaten:

- De mosselen bleven leven op het grondwater en het vijverwater;
- Er werd een goede groei geconstateerd, consumptie maat in ongeveer 14 maanden;
- Het geteelde product was van hoge kwaliteit en had een betrekkelijk hoog visgewicht.

We hebben de in het businessplan benoemde risico's in de praktijk bekeken (Zie bijlage 3). Het merendeel van de tijd hebben de mossels gegroeid op een spontaan ontstane algen groei. Daarnaast hebben we proefondervindelijk vast gesteld dat de algenteelt sterk verhoogd kan worden door een combinatie van enten en bemesting.

In 2011 is van de eerste proeven een wetenschappelijke rapportage gemaakt (Verschoore et al. 2011).

Met deze proeven hebben we ook veel geleerd over het kweekstelsel. Dit heeft geresulteerd in het ontwerp en aanleg van een uitbreiding. Na de uitbreiding is eerst een paar maanden proef gedraaid, waarna in het voorjaar van 2013 weer verder is gegaan met de de volgende onderzoeksvragen uit het business plan.. We spreken dan over de draagkracht analyse. Dit moet tevens resulteren in de eerste kennis voor een ontwerp van een commercieel kweekstelsel.

2.1 Monitoring mosselen fase 1 (2009-2011)

Begin juni 2009 is mosselbroed uit het broedhuis in de mosselputten gehangen. In het broedhuis zijn mosselarven opgekweekt tot een grootte van circa 0,3 mm. Hierna zijn de mosselarven in bassins met touw gebracht, waarna ze zich aan het touwwerk hebben gehecht. Circa 6 weken na de voortplanting waren ze ongeveer 1 mm groot en zijn ze met het touw 'droog' naar het mosselproefbedrijf gebracht. Hier zijn de touwen in het water gehangen, waarna de mosselen het water zijn gaan filteren en zijn gaan groeien. (Zie bijlage 3 Figuur 5) Over langere periode (2009-2011) is de groei van de mosselen vrij constant. In 2 jaar tijd is een gemiddelde lengte van 6 cm bereikt, wat een voorspoedige groei is te noemen. Over kortere periodes gemeten is de groei in lengte regelmatig wisselend, periodes met relatief hoge groei worden afgewisseld met periodes die gekenmerkt zijn door relatief lage groei. Dit komt zeer waarschijnlijk door een wisselende samenstelling in de algensoorten in de vijver en / of storing in de waterstroom, waardoor voedsel, of erger, zuurstof te kort optreedt. De mossels moeten zich daarna duidelijk herstellen.

Als de groeilijn (2009-2011) van mosselen uit de Wilhelminapolder vergeleken wordt met de groei van mosselen uit het broedhuis in buitenwater hangcultuur (Figuur 6), dan valt op dat de groei in buitenwater in de eerste helft van de groeiperiode een steiler verloop heeft en in de tweede periode een vlakker verloop. De groeisnelheid van de mosselen in de Wilhelminapolder is gelijkmatiger. Uiteindelijk is de gemiddelde lengte na circa 100 weken vrijwel gelijk.

Het voedselaanbod bestaat grotendeels uit partikels van 2-3 μm (76,5%), gevolgd door partikels van 3-4 μm (12,1%). Het aandeel deeltjes van 4-5 μm en >5 μm is gering: resp. 4,4 en 7,1%. Op het eerste gezicht lijkt er sprake van een niet selectieve voedselopname, d.w.z. dat alle partikels >2 μm gelijkmatig lijken te worden opgenomen. In bijlage 3 Figuur 7 is de gemiddelde afname van de grootteklassen weergegeven. Hieruit valt af te leiden dat vanaf 3 μm er geen verschil lijkt te zijn in filtratie. In de grootteklasse 2-3 μm lijkt gemiddeld iets minder opgenomen te worden, maar deze

klasse is wel dominant in de waterkolom aanwezig, waardoor de mossel ook hiervan een aanzienlijk deel opneemt, ook al is het voedselvolumen van de kleine algencellen gering t.o.v. de grotere klassen.

Tijdens het mosselproefbedrijf is bij vrijwel elke monsternamenname gekeken naar het filtratiegedrag van de mosselen. Geen enkele keer is een pseudofaecesproductie waargenomen, er was bij alle waarnemingen alleen sprake van faecesproductie. Dit geeft aan dat de mosselen al het gefiltreerde materiaal opnemen waarbij geen 'verspilling' optreedt..

2.2 Bemestingsproef en algenenten 2010

Om te ondervinden of algenenten en bemesten enig effect resulteert in de algenvijver van circa 4300 m³ is een proef uitgevoerd.

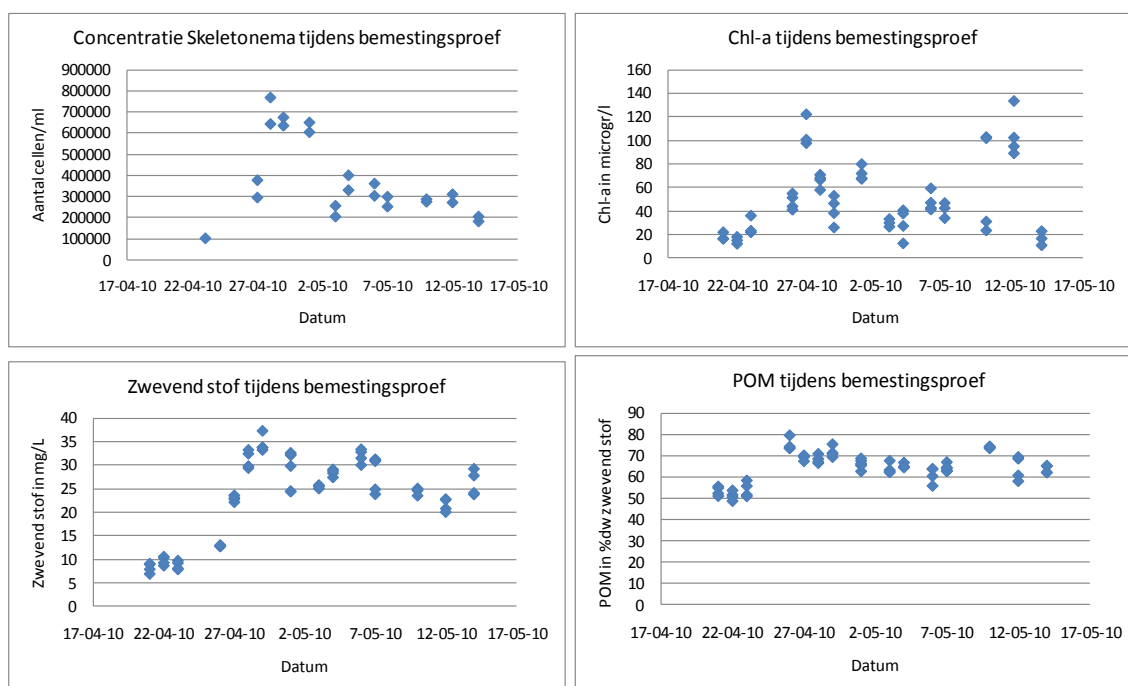
Om de algenproductie te sturen is in de tweede helft van maart 2750 liter *Phaeodactylum* ($5,07 \cdot 10^6$ cellen/ml) en 2150 liter *Skeletonema* ($3,46 \cdot 10^6$ cellen/ml) aan de vijver toegevoegd.

Op 21 april 2010 is gestart met het toedienen van ammoniumnitraat 18%N aan het inkomende grondwater. Het ammonium en nitraat gehalte van het grondwater is met bijmesten aangevuld tot 10 mg N/l.

Van april tot en met mei 2010 is een monitoring naar de resultaten van deze proef uitgevoerd.

Op 23 april waren er cellen *Skeletonema sp.* in het water aanwezig, de geschatte dichtheid was circa $0,1 \cdot 10^6$ /ml. Er was geen *Phaeodactylum sp.* aanwezig.

Onderstaand Figuur 2 geven de ontwikkelingen in de vijver weer voor de periode eind april tot en met eind mei 2010. Duidelijk is een opkomende en neergaande bloei van *Skeletonema sp.* te zien, dat zich door vertaalt in chlorofyl-a, zwevend stof en POM.



Figuur 2. Kenmerken van het voedselaanbod in de algenvijver tijdens de bemestingsproef met algenenten.

In een tijd van enkele dagen groeide *Skeletonema sp.* uit tot een dichtheid van 0,7 miljoen cellen per ml. Na een week begon de dichtheid af te nemen en de bloei van deze diatomee was over op 25 mei. Uit de figuren komt naar voren dat chlorofyl-a, zwevend stof en POM verhoogd bleven. Dit komt doordat er in de loop van mei tevens een groen alg tot ontwikkeling kwam en gedurende enige tijd vrij stabiel bleef.

2.3 Monitoring fyto- en zooplankton fase 1 (2009-2011).

Het fytoplankton (plantaardig plankton) en zooplankton (dierlijk plankton) is met 'quick-scans' gescreend op algemeen voorkomende soorten. Juist de algemeen voorkomende soorten algen bepalen het voedselaanbod van de mosselen en de algemeen voorkomende rotiferen, copepoden e.d. bepalen in grote lijnen de graasdruk van de algen uit de waterkolom. Daarnaast vindt aanvullende graasdruk plaats vanuit organismen die op of in de bodem leven, zoals wormen en kokkels die spontaan in de vijver opkomen.

De resultaten uit de quick-scans zijn gebruikt in een clusteranalyse, welke het mogelijk maakt om bepaalde groepen algen die tegelijkertijd voorkomen te relateren aan de groei van de mosselen. Zo kan een uitspraak gedaan worden of het mogelijk is om bepaalde algen(groepen) te benoemen die bijdragen aan de groei van de mosselen en welke niet.

Samengevat ziet de samenstelling van de algen gemeenschappen per groep er als volgt uit:

- Groep A: Vooral overige algen, kiezelwieren en lage aantallen dinoflagelaten (10 duizenden cellen per ml)
- Groep B: Vooral groenwieren, kiezelwieren en overige algen (100 duizenden cellen per ml)
- Groep C: Vooral overige algen en lage aantallen kiezelwieren, groenwieren en dinoflagelaten (enkele 10 duizenden cellen per ml)
- Groep D: Vooral overige algen en lage aantallen kiezelwieren, groenwieren en dinoflagelaten (enkele 100 duizenden cellen per ml)
- Groep E: Groenwieren, blauwwieren, kiezelwieren en overige algen (100 tal cellen per ml)
- Groep F: Vooral dinoflagelaten, kiezelwieren en overige algen (enkele duizenden cellen per ml)

Met de voorgaande gegevens is het mogelijk een koppeling te maken tussen het voorkomen van bepaalde groepen algen en de groei van de mosselen, Figuur 8. Als er sprake is van een meer of mindere voedingswaarde van bepaalde algengemeenschappen zal zich dit door vertalen in de groeimomenten van de mosselen.

In bijlage 3 Figuur 8 is per fytoplanktongroep de groei per dag berekend, over de periode(s) dat deze fytoplanktongroep in de waterkolom aanwezig was. Aangezien groep A, E en F maar eenmalig zijn voorgekomen kunnen hier geen betrouwbare schattingen voor gegeven worden. Tussen de groepen B, C en D lijken er verschillen te zijn.

Groep B (kiezelwieren en groenwieren) lijkt de meeste voedingswaarde te geven, gevolgd door groep C (groenwieren en overige wieren). Groep D bestaat voornamelijk uit 'Plantae' (uiteengevallen structuren van algen oorsprong) en geeft de minste lengtetoeename te zien.

De groepen B, C en D hebben zich over periodes van respectievelijk circa 80, 330 en 180 dagen gemanifesteerd en de groei van de mosselen bepaald.

Al met al blijkt de aanwezigheid van kiezelwieren de beste opties te geven. Bij een groei van 0.116 mm per dag (groep B) wordt na een jaar een gemiddelde lengte van circa 45 mm bereikt, rekening houdend met een beginlengte van 1-2 mm vanuit het broedhuis. Een gemiddelde lengte van 60 mm wordt na circa 16 maanden bereikt.

2.4 Kwaliteit van pilot mosselen .

De kwaliteit van de mosselen in termen van visgewicht (% gekookt vlees t.o.v. natgewicht van de mossel) is eind 2010 en begin 2011 diverse keren bepaald. In de nazomer zijn naast de mosselen uit het broedhuis tevens mosselen uit bodemcultuur uit de Oosterschelde in de mosselputten gehangen. De uitkomsten van de visgewichten vertonen eenzelfde patroon, Figuur 9.

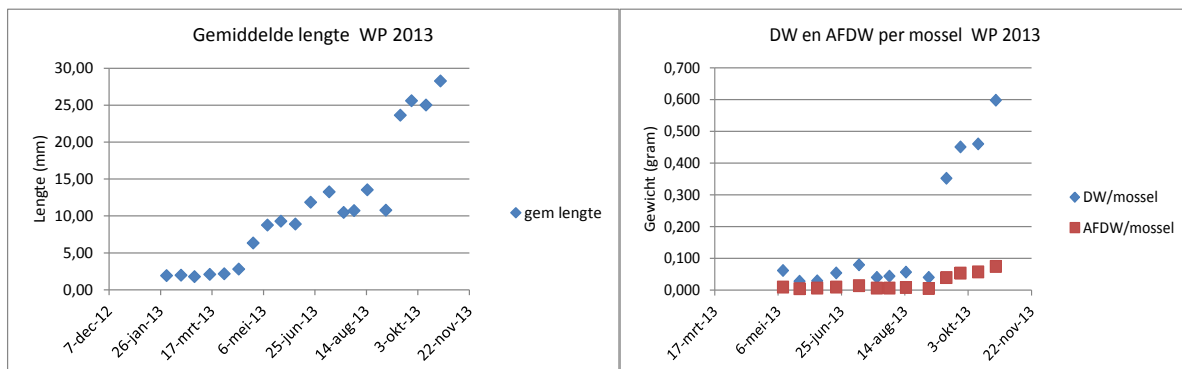
Gebruikelijke visgewichten uit de bodemcultuur van de Oosterschelde zijn 20-25% en uit hangcultuur liggen deze in de regel hoger met 25-35%. De visgewichten van de mosselen die enkele maanden in het mosselproefbedrijf zijn gehangen, zijn dan ook (erg) hoog. Kennelijk is het voedselaanbod (Groep C, vooral overige algen en lage aantallen kiezelwieren, groenwieren en dinoflagelaten (dichtheid van enkele 10 duizenden cellen per ml)) geschikt om tot deze hoge waarden te komen. Er zijn geen simultane visgewichten van dezelfde groep mosselen in de originele cultuur.

2.5 Overzicht metingen mosselgroei 2013

In 2012 zijn er geen proeven uitgevoerd. In het eerste half jaar hebben er wel mossels gehangen, maar tijdens de verbouwing in de zomer / najaar 2012 is het onderzoek stilgezet.

In december zijn mossel touwen met MZI zaad in de tweede lijn bakken gehangen. In januari zijn mosseltouwen met mosselbroed uit de hatchery in het nieuwe systeem gehangen. In de middelste put samen met mzi-mosselen en in de laatste put alleen broedtouwen uit de hatchery. Hierna is de monitoring hervat. De opzet is om volgens het gezamenlijk opgestelde productieplan mosselen op te kweken in groepen, om een evenwichtige graas van algen te krijgen in relatie tot de productie in de vijver.

De mosselen groeiden aanvankelijk weinig, maar de groei kwam in april op gang. Figuur 3



Figuur 3 groei van mosselen in de nieuwe bakken in 2013

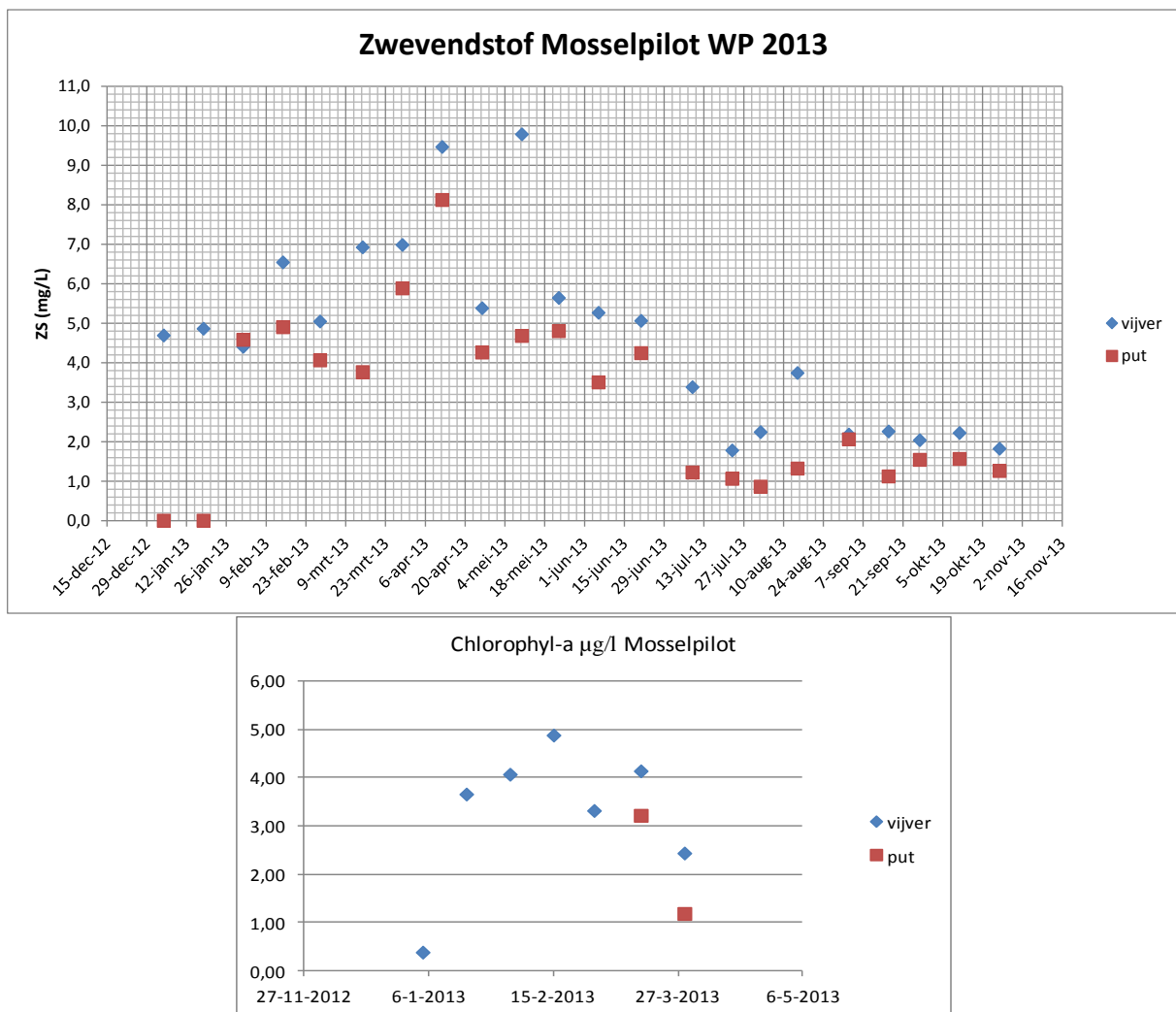
De waterkwaliteit in de vijver is doorgaand gelijkwaardig aan die van voorgaande jaren, Figuur 11. In de mosselputten ligt het zuurstofgehalte en ook de pH meestal iets lager. De temperatuur ligt de laatste maand ruim boven 20 graden. In Augustus 2013 zijn Transsecten over de bodem uitgezwommen, hieruit blijkt dat met warm weer en met weinig wind de stratificatie hevig is. Indicator voor weinig verticale menging.

De graas van de aanwezige mosselen (halfwas en broed) is te zien aan de afname aan zwevend stof (en chlorophyl). De afname aan zwevend stof en chlorophyl lijken acceptabel om over de gehele put voldoende verdeling van voedsel te houden. Het zwevend stofgehalte in de vijver bedraagt

gemiddeld 6,0 mg/l en ligt daarbij op een voor mosselen geschikt gehalte zonder productie van pseudofaeces. Uit deeltjesgroottetellingen komt duidelijk naar voren dat partikels in de grootte van 2-3 μm dominant aanwezig zijn ten opzichte van grotere deeltjes. Af en toe is een toename in grovere deeltjes te zien, waarschijnlijk als gevolg van een algenbloei. Dit is vooral in de periode april-mei-juni gemeten (zie vorige voortgangsmemo). In de periode vanaf juli zijn er relatief weinig partikels groter dan 3 μm . Uit de metingen blijkt dat partikels na passage van de mosselputten fors zijn afgenomen. Deze partikels worden kennelijk door de mosselen opgenomen.

De chlorophyll gehalten zijn met gemiddeld 3 $\mu\text{g/l}$ (Figuur 4) wel een stuk lager dan in de berekening voor mosselproductie wordt aangehouden voor een goede groei en productie van enkele tonnen mosselen: circa 20-100 $\mu\text{g/l}$. Sestonanalyses laten zien dat het grootste deel van vooral deeltjes vanaf 3-4 micron worden weggevangen in de mosselputten, Figuur 12.

Vooralsnog lijkt de hoeveelheid algen in het vijverwater te laag om de productiedoelen te halen.



Figuur 4 zwevende stof versus chlorofyl a in vijver en bakken

Eind juli begin augustus is door het uitvoeren van een aantal experimenten (zie par 3.7) in combinatie met een menselijke fout een periode van zuurstofloosheid opgetreden in de mossel bakken. Dit heeft geleid tot sterfte en stress bij de mosselen. Door de sterfte vielen vooral de grotere mosselen uit. Hierdoor leek er een afname te zijn in schelp lengten. Door de stress voor de mosselen die het wel

overleefden raakte de groei verstoort en die kwam ook maar heel langzaam weer op gang. Het tweede deel van de zomer en herfst hebben dan ook geen direct bruikbare getallen opgeleverd. put liet een verdergaande groei zien, die ook in de eerste rij verwacht mocht worden. In het late najaar is een lengte bereikt die vergelijkbaar is met mzi-zaad in buitenwater. Figuur 3

2.6 Bemestingsproef en algenenten 2013

In april 2013 is de raceway in gebruik genomen. Met een Algae Online Analyser (AOA)¹, is het chlorophylgehalte gemeten in de raceway en in de vijver vanaf 8 plaatsen langs de kant. Door middel van een microscoop is een ijklijn gemaakt tussen AOA waarden en aantal cellen.

Eerst zijn een aantal proeven uitgevoerd om de productiviteit van de raceway te bepalen en te optimaliseren, Figuur 13. Hierbij moesten nog een aantal praktische problemen rondom de waterkwaliteit (ontijzering) en automatisch vullen worden overwonnen. Kortom: er zaten nog wat kinderziektes in het nieuwe systeem.

De raceway is in de begin fase steeds met 50 % ververs. Elke verversing vond plaats wanneer de algen weer aangegroeid waren tot ongeveer 300 µg/l chlorofyl-a. Nadat 50 % van het volume in de vijver gelopen was werd de raceway weer aangevuld met ontijzerd grondwater. Dit is 6 keer herhaald zie Figuur 14 in bijlage 3. Hierbij is wel 1 keer een nieuwe start gemaakt. In de zomer is het toch vrij moeilijk om de *Skeletonema sp.* langere tijd in de raceway te houden. In het najaar lijkt dat veel makkelijker te gaan. De raceway heeft toen meerdere maanden achter elkaar gedraaid op 1 start ent, met een vaste regelmaat werd 50 % ververs en automatisch weer aangevuld met ontijzerd grondwater.

De temperatuur range van *Skeletonema sp.* is groot genoeg om ook in de zomer in de vijver te groeien was het idee. Het is max. 24 °C, in de vijver geworden, en de temperatuur range van deze alg is 0-24 °C. Er is echter een grote kans dat het op zonnige dagen in de raceway net nog wat warmer wordt. In de eind gebieden van de temperatuur range lijkt de alg ook vrij stress gevoelig.

Daarnaast is er eenmaal een 3 daagse proef gedaan met een continue verversing van 5 a 6 % maar voor die omstandigheden was dat te hoog, de algen spoelden harder weg dan ze aangroeiiden.

In Figuur 15 van bijlage 3 is te zien dat, op een aantal lokale uitschieters na, het chlorofyl gehalte in de vijver redelijk constant is tussen de 5-10 µg/l. Er is in deze periode geen pseudofaeces productie waargenomen.

Begin juni is gestart met het toevoegen van nutriënten aan de vijver om de geënte alg een groei boost te geven. Gemiddeld 1 liter 18 % ammoniumnitraat per dag. Tijdens zonnig weer zijn een aantal goede enten achter elkaar in de vijver gezet. In deze periode is op 21-juni en 3-juli twee keer een kleine bloei van 10 tot 13 µg/l *Skeletonema* waargenomen, in combinatie met 5 a 6 µg/l groen algen. De productiviteit van de vijver hangt niet af van de concentratie, als de aangroei immers direct opgegeten wordt is deze er wel maar niet meetbaar. De mossels groeien wel hard in deze periodes, maar deze groei kan toch niet echt verklaren dat de concentratie algen in de vijver niet toe neemt.

¹ (<http://www.bbe-moldaenke.de/chlorophyll/algaeonlineanalyser/>)

Na drie weken bemesten is er een duidelijke toename in het apenhaar te zien, terwijl een echte algen bloei uit blijft. Om de groei van apenhaar niet weer oncontroleerbare vormen aan te laten nemen is de bemesting weer gestopt.

Conclusie van het raceway experiment is dat het een aantrekkelijke methode is om de vijver een duw in de goede richting te geven, mits de bediening van de raceway goed en geautomatiseerd verloopt. Nu is dat nog een handbediening wat te arbeidsintensief is, 7 dagen in de week. Verder moet de gekweekte soort goed zijn afgestemd op de dan heersende temperatuur en licht regiem (zout gehalte, pH, etc. zijn vrij constant over het jaar).

2.7 Bijgroei: kokkels en draadwier

Nadat de algenvijver in 2009 in gebruik is genomen werden al vrij snel nieuwe organismen in de vijver gezien, die spontaan in de vijver zijn gekomen. Allereerst werd een bijgroei van hydroïdpoliepen en kokerbouwende wormen op de mosseltouwen gezien. Na enkele maanden bleken ook driedoornige stekelbaarzen en zagers aanwezig en vanaf 2010 werden ook wadpieren en brakwaterkokkels in de vijver waargenomen. Tijdens de inventarisatie zijn ook wadslakjes en enkele grondels gezien de foto's in bijlage 4 geven hiervan een beeld. Naast brakwaterkokkels in de bodem komen ze ook voor in het apenhaar, dat de bodem bedekt. Deze kokkels zijn in de inventarisatie van 2010 niet meegenomen, maar compenseren wellicht voor de bedekte zandbodem waar geen kokkels in voorkomen als gevolg van zuurstoftekorten (visuele waarneming). In de oeverzone zwemmen vele scholen driedoornige stekelbaarzen en in de diepere delen (waar geen groenwier voorkomt) is de bedekking aan brakwaterkokkels plaatselijk hoog.

In augustus 2013 zijn een aantal krabben (*Carcinus maenas*) gezien in het systeem, een op de steenstort en een in de mosselbakken.

In augustus 2011 is een inventarisatie uitgevoerd naar de brakwaterkokkel in de vijver, door met steekbuizen de bodem te bemonsteren. Op 4 plaatsen is met een zestal steekbuizen tot circa 15 cm diep in de bodem gestoken, zodat $4 \times 0.02 \text{ m}^2$ werd bemonsterd. In Tabel 1, 2 en 3 en Figuur 16 staan de resultaten van de inventarisatie. Uit deze gegevens blijkt dat de biomassa aan brakwaterkokkels in de vijver zeker een rol speelt bij de begrazing aan algen, en doorwerkt in voedselconcurrentie met de mossel. Uit de lengtefrequentie blijkt duidelijk dat er reeds twee jaarklassen aanwezig zijn, dus voorplanting in de vijver. Een natgewicht van 433 gram/m^2 aan brakwaterkokkels geeft, rekening houdend met weinig kokkels in de oeverzone (hier vooral wadpieren), omgerekend voor 3000 m^2 1300 kilo brakwaterkokkels in de vijver. In de potentiële opbrengstberekening van de algenvijver is deze biomassa niet meegenomen, en zal een deel van de niet gerealiseerde groei van de mosselen kunnen verklaren.

In februari 2012 is met een kraan met lange giek het grootste deel van het apenhaar (*Chaetomorpha linum*) verwijderd. In de zomer is dit niet terug gekomen, daarbij dient opgemerkt te worden dat er die zomer ook niet veel gebeurde. Door de bemestingsproef en hoge watertemperatuur in juli 2013 is het apenhaar weer sterk gaan groeien. Bemesting is stopgezet en proeven voor een continue bestrijding van het apenhaar zijn opgestart. Het wier (*Chaetomorpha linum*) zit wel 'vast' in de bodem. Het lijkt er op dat door de activiteiten van de bentische fauna de wier draden in het zand worden in gegraven. Dit is met name duidelijk te zien voor de zand hoopjes die worden gevormd door *Arenicola marina*. Het wier is daardoor verankerd. In bakken waar het gehouden werd bij

hevige beluchting en dus sterke verticale waterverplaatsing kon het zich niet vestigen en werd verdrongen door een opbloeiende algencultuur (*Skeletonema sp.*).

Door het verwijderen van het apen haar zijn ook de meeste kokkels verwijderd. Door de bronering, gebruikt voor het plaatsen van de nieuwe bakken, is ook de vijver half droog komen te staan waardoor de kokkel populatie nog verder is afgenomen. In december 2012 zaten er 28.477 kokkels van 9 mm in de vijver (studenten rapport HZ 31-1-2013).

In oktober 2013 is er opnieuw een kokkel inventarisatie uitgevoerd. Met de zelfde steekbuizen (oppervlak 33,2 cm²) zijn weer 5 raaien met 5 monsters per raai genomen. Daaruit bleek dat er gemiddeld 5 gram/per monster aan kokkels aanwezig is. De spreiding is echter groot. Op 1 raai is 60 gram aanwezig op een andere raai net 5 gram. Per m² zijn 614 kokkels aanwezig. Als we de bemonsterde oppervlakte door rekenen naar de hele vijver komen we aan 277.580 kokkels is 6,8 ton natgewicht aan kokkels. Nu zitten er niet overal kokkels, sommige stukjes vijver vallen wel eens droog. Vorige keer is een schatting gemaakt dat er op 3.000 m² kokkels aanwezig zijn. Daarmee zou de vijver ruim 4,5 ton aan kokkels herbergen.

Na het stopzetten van de bemestingsproef in juli 2013 zijn een aantal proeven opgestart om de "onkruidbestrijding" ter hand te nemen. Er zijn wat pogingen gedaan het draad wier mechanisch te verwijderen, als aanzet tot een methode om de vijver te kunnen "schoffelen". Het blijkt dat het draad wier erg lastig te verwijderen is. Of er schieten plukken los / je "schoffel" rolt er overheen, of je neemt wel al het wier mee en daarmee wordt het veel te zwaar om het wier op de kant te krijgen. Maar het verwijderen van het wier blijkt lastig omdat de resterende plukjes wier snel weer uitgroeien tot grote bossen, vooral in het ondiepe water.

Naast de mechanische bestrijding is ook een proef met vissen ingezet als biologische onkruidbestrijders. De proef met de vissen in kooien heeft maar een paar weken geduurd. Er kan dan ook alleen maar wat indicatief over gerapporteerd worden. In twee kooien zijn dorade (*Sparus aurata*) uitgezet en in 1 kooi diklipharders (*Chelon labrosus*). Één kooi is leeg gelaten. Er is een indicatie dat de dorades in staat zijn het wier te verplaatsen in hun zoektocht naar voedsel. Het is echter niet duidelijk of het wier daarbij wordt gegeten of alleen verplaatst. In de kooi met de diklip harders lijkt niets te gebeuren met het wier, maar deze vissen zijn dan ook een stuk kleiner dan de Dorades.

In twee kooien was wier aanwezig, in twee andere kooien niet. In de kooi waar geen wier in zat, is ook geen wier gekomen, dit geldt voor zowel de kooi met vis als de kooi zonder vis.. In de kooien met wier is het wier verder gegroeid, deze vissen lijken dus niet geschikt om dit wier op te ruimen. Dit in tegenstelling tot ervaring bij aquaria en dolfinarium.

Feit is wel dat de dorade kokkels eet. Vanuit het oogpunt van bestrijding van tussen de 3 en 5 ton 'ongewenste' kokkels zouden deze dieren nuttig kunnen blijken.

Er zijn, in een eerder stadium, ook experimenten uit gevoerd om het wier te bestrijden met zagers *Nereis virens*. Het wier dat in de vijver groeit is helaas geen "gewoon zeewier" maar "apenhaar" *Chaetomorpha linum*.

Er zijn een aantal experimenten uitgevoerd om te kijken hoe we het apenhaar kunnen bestrijden. Bert Meijering heeft het apen haar gevoerd aan volwassen zagers. In eerste instantie eten de zagers niet van het wier, pas als ze echt honger krijgen en niks anders te eten hebben dan beginnen de zagers aan het wier te eten. Daarbij blijkt dat de cellen van het wier goed deels onverteerd terug gevonden worden in de faces van de zagers. Dat zelfde beeld komt naar voren uit het onderzoek van de HZ. Zagers eten wel van het wier maar de zagers nemen uiteindelijk af in gewicht.

Kort om, in de vijver is genoeg ander voer, dus de zagers zullen het apenhaar ongemoeid laten. Als er onvoldoende ander voer is zullen de zagers apenhaar gaan eten maar dan verteren ze het niet en dus zullen de zagers op termijn niet overleven. Deze resultaten kloppen met de waarnemingen in de vijver. In de vijver komen slikzagers, en leeglopers voor maar ook gewone zagers *Nereis virens*. De dichtheid van deze laatste is de laatste tijd afgenomen is in plaats van toe genomen. Op plaatsen waar het apenhaar groeit verdwijnen ook de leeglopers. Zelfs in heel hoge dichtheden worden die overgroeit door het wier.

Conclusie: *Chaetomorpha linum* is een erg taai wier, dat niet te verwijderen is met zagers. Een mechanische verwijdering lijkt de enige optie. Dit is echter door de hoge arbeidskosten niet erg bevredigend voor het economische plaatje van deze pilot.

3. Evaluatie van de technische haalbaarheid

Het eerste gedeelte van onze proeffase was vooral een technische haalbaarheidsanalyse. Zodoende lag in het eerste seizoen de focus vooral op de techniek en werd de natuurlijke algen groei gevolgd. In het tweede seizoen lag de focus op het verbeteren van de techniek, het aanbrengen van het Priva systeem en is een begin gemaakt met het sturen van de algen groei. De voornaamste resultaten waren:

- Het blijven leven van de mosselen op het grondwater en het vijverwater;
- De goede groei (van omgerekend 14 maanden);
- Hoge kwaliteit en het mooie vis gewicht;
- Daarnaast hebben we proefondervindelijk vastgesteld dat de algenteelt (het voedsel voor de mossels) sterk verhoogt kan worden door enten (zaaien) en bij bemesting.

Op basis van de resultaten van 2009 tot 2011 is in 2012 een tussen evaluatie gedaan en zijn er model berekeningen gemaakt. Deze model berekeningen hebben geleid tot een theoretische kilogram opbrengst mosselen voor de bestaande vijver. Op basis van de modelberekeningen werd een ontwerp gemaakt voor een uitbreiding van de mossel huisvesting. 2012 was vooral een jaar van voorbereiding, in dit jaar werd een plan voor uitbreiding gemaakt en uitgevoerd.

Conclusie van de tussen evaluatie in 2012 was dat het mogelijk geacht werd een hogere productiviteit aan algen teelt in de vijver te behalen die op zijn beurt zou resulteren in een productie van 5 tot 10 ton mosselen per jaar in deze vijver, uitgaande van de gestelde aannames. 2013 en de verdere toekomst zijn bedoeld om deze aannames te toetsen en de productie ook daadwerkelijk te realiseren.

Om de algenproductie van de vijver te maximaliseren en stabiliseren is een verdere uitwerking van bemesten en enten nodig. De tussen evaluatie geeft aan dat de beste groei valt te bereiken bij een voedselaanbod waarbij kiezelwieren domineren. De bemesting en beënting van de vijver zal op deze groep wieren gericht moeten zijn.

Hoewel er bronwater wordt gebruikt dat vrij is van allerlei contaminerende organismen (denk aan larven van krabben en zeesterren) zijn er toch een heel scala aan planten en dieren in de vijver terecht gekomen. In de tweede helft van 2011 kwam het bodembedekkende macrowier *Chaetomorpha linum* op. Het bedekt momenteel, in de eerste poot van de U vormige vijver, het overgrote deel van de waterbodem. Het draadwier is ontzettend hardnekkig en te vergelijken met een hardnekkig onkruid in de landbouw. Dit macrowier lijkt de groei van de pelagische algen te remmen en onttrekt in ieder geval veel nutriënten uit de waterfase. Regelmatig schonen van de vijver is nodig, alleen al om de water stroming te vrijwaren. In het kader van een ecologisch verantwoorde, maar economisch interessante teelt van schelpdieren binnendijks, zijn wij opzoek naar een biologische onkruidbestrijdingstechniek. Dit zou kunnen op het vlak van mechanisch schoffelen, als bestrijding door vissen. Het voordeel van vissen is dat zij continu bestrijden en daarnaast als bijproduct zouden kunnen gaan dienen. Dit moet dan wel zonder een nadeel zijn voor de schelpdierteelt.

Hetzelfde geldt voor brakwaterkoksels, die inmiddels algemeen in de vijverbodem voorkomen en met hun filtratiecapaciteit concurreren met de mosselen om voedsel.

Kortom: nog niet alle vooraf gestelde onderzoeksvragen zijn beantwoord, daarvoor loopt fase twee ook nog te kort. We hebben ook nog geen productie van 5 á 10 ton schelpdieren kunnen realiseren. Al hoewel, als de 4,5 ton kokkels mee geteld worden wel. Ook het apenhaar vormt een praktisch probleem wat om oplossingen vraagt. Ideeën genoeg voor oplossingen, maar het praktisch testen kost tijd, of vergt een ander vijver ontwerp. Daarnaast is er met het nieuwe systeem al wel weer veel geleerd voor verbeteringen van het ontwerp. Steeds meer aannamen worden onderbouwt, er komt steeds meer bewijs dat het technisch kan, maar aangetoond is het nog niet.

4. Economische analyse

Op basis van de eerste resultaten uit het proefbedrijf is samen met Prof. Aad Smaal en Marco Dubbeldam een model gemaakt om de opbrengst uit te rekenen. In het kader van Zeeuwse Tong zijn, samen met de andere proefbedrijven, onderzoeken uitgevoerd om te komen tot een verfijning van dit model (zie rapporten andere pilots en werkpakket 2).

Fase 2 van de pilot in Wilhelminadorp is bedoelt om onderzoek te doen naar de aannamen in het groeimodel. Onderzoeksvraag is: Kunnen we de algen teelt zo ver optimaliseren dat het lukt economisch levensvatbaar mosselen te telen. In het businessplan dat werd geschreven voorafgaand aan het bedrijfsplan zijn een aantal scenario berekeningen uitgevoerd, met verschillende variabelen voor de aannamen (zie bijlage 2).

Toen der tijd zijn we uitgegaan van het midden scenario. De aannamen die daarvoor gedaan zijn, zijn nog steeds aannemelijk of zelfs geheel of gedeeltelijk bevestigd.

- Zo hebben we gezien dat we in 14 maanden hoge kwaliteit mossels kunnen kweken;
- De aangenomen 20.000 kg mosselen/ha wordt door de nieuwe berekeningen gestaafd, maar moet nog bewezen worden dit hangt vooral af van de hoeveelheid algen die we kunnen kweken;
- De kg prijs is ongewijzigd;
- Kostprijs berekeningen moeten geoptimaliseerd, maar lijken te vallen binnen bandbreedte midden scenario (zie bijlage 2)

Het proefbedrijf is bedoeld om op gronden waar het niet mogelijk is de bekende hoog salderende landbouwgewassen te telen een andere goed salderende teelt te vinden.

Er zitten echter nog steeds grote aannames in de economische analyse. Zo is er nog geen goede bouwtekening voor een opschaling naar 10 á 15 hectare. Daarom is er bij de kostprijs berekening uitgegaan van ervaring op het proefbedrijf. Maar door de kleinere schaal worden hier andere technische oplossingen gekozen dan op grote schaal gebruikt zouden worden. Ook is de arbeid lastig in te schatten, hoeveel tijd gaat op aan proeven doen en welke tijd gaat op aan arbeid voor productie.

Ook zijn er nog een aantal aannames gedaan in de berekening van de opbrengst. De groeisnelheid is bepaalt met een kleine hoeveelheid mossels, maar geldt deze ook voor grotere hoeveelheden? De hoeveelheid die het systeem kan opleveren is berekend uit een aantal kort durende proeven. Deze hoeveelheid is nog niet geproduceerd.

Ook is gerekend met een stock management, meerdere cohorten verdeeld over het jaar kweken, maar deze cohorten moeten de markt volgen. Ook is er nog geen ervaring opgedaan met de productie van algen gerelateerd aan de consumptie van algen door de verschillende mosselgroottes

Er kan dan ook op dit moment nog niet met zekerheid gezegd worden of de kweek van mossels / schelpdieren, in een kweek systeem zoals gebruikt op deze pilot, economisch interessant is.

5. Risico's en onzekerheden.

- Het huidige systeem is niet aangesloten op het licht net, de stroomvoorziening is een duidelijk risico, maar ook met een lichtnet en noodaggregaat is het systeem kwetsbaar. Met de warmte van de afgelopen tijd is een storing in de waterstroming heel snel fataal voor de mosselen.
- Een te hoge kost prijs is een groot risico, maar allerlei problemen worden snel opgelost met het toevoegen van technisch vernuft. Het kost echter geld en is dus kostprijs verhogend. Dat lijkt een opendeur, maar met de potentie die het systeem heeft is het een wezenlijke valkuil.
- De "onkruid"-problemen zijn een wezenlijk risico voor het behalen van de berekende opbrengst blijkt uit deze proef. Als we inderdaad 5 ton brakwaterkokkels gekweekt hebben, die van generlei waarde zijn, zijn de model berekeningen niet fout, maar is het economisch perspectief erg laag.
- De groeisnelheid van de mosselen is over de diverse jaren niet erg gelijkmatig geweest. Er is dus een behoorlijke onzekerheidsmarge over de realistisch te halen groeisnelheid. De verschillen zijn wel verklaarbaar, maar we hebben de bruikbare groeisnelheid niet voldoende aangetoond.
- Pas dit jaar zijn er proeven gedaan met meer mossels. Gegevens over de draagkracht betreffen dus maar een paar maanden. De draagkracht van het systeem is dus gestoeld op berekeningen en aannamen.

6. Kennislacunes.

Uit de resultaten van de pilot van Firma Schot en Wilhelminapolder, zoals verwoord in dit rapport, blijkt dat er nog de nodige vragen zijn. Deze vragen moeten eerst beantwoord worden alvorens er iets met zekerheid te zeggen is over de economische perspectieven voor ondernemers.

- Tijdens een indicatieve proef in kuubsbakken om apenhaar te bestrijden met garnalen werd mogelijk een interessante ontdekking gedaan. Een uitgelekte en afgewogen hoeveelheid apenhaar was in de tank met garnalen toegevoegd bij een sterke beluchting. De eerste paar dagen gebeurde er ogenschijnlijk niet veel en het leek er al snel op dat de garnalen het wier niet zouden gaan eten. Na het weekend bleek er echter iets heel anders te zijn gebeurd, er was spontaan een behoorlijk dichte populatie algen gegroeid. Na analyse is gebleken dat de alg in kwestie *Skeletonema* sp. betrof. Deze alg werd al geruime tijd in de raceway geteeld om vervolgens te enten in de vijver. In water monsters uit de vijver werd deze alg niet meer aangetroffen. Uit dit voorval blijkt dat de alg wel duidelijk in de vijver aanwezig is. De meest aannemelijke verklaring is dat de alg door het wier uit de waterstroom werd “gefilterd”. Door de sterke verticale menging in de kuubsbak is de alg waarschijnlijk terug in de waterkolom gekomen. De licht blokkade, die ontstond uit de algengroei, samen met de hoge turbulentie heeft ervoor gezorgd dat het draadwier verdween. Met andere woorden: het lijkt erop dat door de sterke verticale stroming de alg een concurrentie voordeel heeft gekregen. De (verticale) stroming in de hoofdvijver is relatief laag. Er is gebleken dat er een stevige stratificatie is in de vijver. Dit duidt eens te meer aan dat er te weinig verticale menging is in de hoofdvijver. Het gebrek aan menging zou tot gevolg kunnen hebben dat de alg bezinkt en dus niet opbloeit in de vijver. Daarnaast zou het heel goed kunnen dat door een gebrek aan alg er veel licht naar de bodem gaat en zo de groei van wieren als apenhaar bevordert. Veel beweging in het water lijkt het wier ook weer te remmen, wat tot gevolg kan hebben dat het apenhaar meer kans krijgt. Het wier blokkeert de circulaire stroming door als filterwatten op de bodem te liggen. Het feit dat het wier in de garnalen proef vrijwel verdwenen is suggereert dat turbulent water de groei van de alg bevordert en zeer duidelijk de groei van het wier benadeelt. De grote vraag is of het in dergelijke grote vijvers (en na opschaling zullen de vijvers nog veel groter worden), mogelijk is om op een economische manier voldoende stroming te garanderen zonder dat er te veel partikels/slibdeeltjes in de waterkolom komen die het zonlicht verdrukken. Kortom, hoe kunnen we onder water onkruid bestrijden? Ofwel moet dat boven water gebeuren, of zou de vijver droog gelegd moeten worden om de bestrijding ter hand te nemen.
- In de vijver is 4,5 of meer ton aan brak water kokkels aanwezig. Deze kokkels concurreren met de te kweken mossels om voedsel. Een optie is natuurlijk om deze kokkels dan maar te gaan kweken, maar dan is de vraag hoe vermarkten we deze kokkel soort, en hoe oogsten we bodem gebonden dieren in een dergelijk vijver systeem. Als we ze niet willen kweken, hoe gaan we deze onkruid kokkel dan bestrijden? Om het in boeren termen te houden is de grootste kennis lacune nog wel de onkruidbestrijding, zowel dierlijk “onkruid” zoals bijvoorbeeld brak waterkokkels, krabben etc., als plantaardig onkruid zoals apenhaar.
- Er zijn wat indicatieve proeven met vissen uitgevoerd, voor de wier bestrijding lijkt het geen optie, voor de bestrijding van kokkels wel. In de situatie dat de goudbrasem zou worden los gelaten zou het heel goed kunnen dat zij de populatie stekelbaars sterk uitdunnen. Zeker als dit in combinatie gaat met het verwijderen van het apenhaar. Het apenhaar dient in het

geval van loslaten namelijk als vluchthaven voor de stekelbaars die een positieve invloed uitoefent op de alg etende zooplankton. Ook hier zijn nog veel vragen over de combinatie vis- en schelpdier kweek.

- Als je ook in een meer natuurlijk systeem algen enten gebruikt om de algen populatie te sturen, is het de vraag welke alg je in welk seizoen goed kan gebruiken, makkelijk te kweken is in de race way en goede groei heeft in de vijver. Andere algensoorten zouden de diatomeeën Chaetoceros en de groenalg Phaeodactylum kunnen zijn. Als deze soorten in bulk gekweekt kunnen worden zouden de mosselen in ieder geval een constante aanvoer van voedsel hebben, in plaats van geen aanvoer in het huidige geval.
- Een ander optie is om heel specifieke algen apart te kweken (buizen reactor) en deze bij te voeren, direct aan de mossel in de mosselbakken, ook hier is nog geen kennis en ervaring mee opgedaan.
- Verbeteringen in het ontwerp. Het ontwerp van de vijver kan beter. De onkruiden zouden wellicht vrij gemakkelijk kunnen worden geëlimineerd door de vijver droog te leggen en de grond te bewerken met een tractor. Echter kan de huidige vijver niet in zijn geheel worden drooggelegd. Ook zijn er nog diverse zaken te bedenken om energie zuiniger grotere hoeveelheden water te verplaatsen, en stromingsroutes van water slimmer in te richten. Ook veiligheidsvoorzieningen voor de mosselgroei moeten nog veel robuuster worden. Denk hier bijvoorbeeld aan een tank vloeibare zuurstof die bij een totale uitval door zijn overdruk vanzelf zuurstof in de kweek tanks brengt.

7. In hoeverre biedt de ontwikkeling kansen voor akkerbouwers of andere ondernemers?

Indien een ondernemer grond heeft waarop geen hoog salderende akkerbouw gewassen geteeld kunnen worden, dan lijkt aquacultuur een interessant alternatief. Uit de ervaringen met deze proef blijkt wel dat een ondernemer het niet moet zien als een kleine bij zaak, zoals thuis verkoop. Er is kennis en aandacht nodig om aquacultuur goed uit te voeren, het wordt een heel andere bedrijfstak.

Voor er echter een nieuw bedrijf gestart kan worden zijn er nog wel de nodige vragen om te komen tot een bedrijfszekere teelt. Op dit moment kun je eigenlijk alleen nog op kleine schaal experimenteren, zodat je ervaring opdoet, maar een misser niet direct fataal is. Het is dus van groot belang om nu door te zetten en de kennis te vergroten om te komen tot een bedrijfszekere teelt.

8. In hoeverre kan ontwikkeling leiden tot het ontstaan van een nieuwe economische sector?

Op deze vraag is op dit moment geen antwoord te geven. Dat heeft met economie te maken. Landbouw prijzen stijgen en het sentiment in de markt verschuift daarbij mee. Aquacultuur is vooral een optie voor slechte grond. Mits de bedrijfszekerheid groot genoeg is. Aquacultuur is niet geschikt als kleien neven tak op een agrarische bedrijf, maar wel als hoofdtak. Daarmee moet het een nieuwe economische sector kunnen worden.

Bijlage 1 foto's Ligging Pilot



Bijlage 2 foto's uitbreiding



Foto 1. Zeven van de acht tanks in twee rijen opgesteld. Binnen de rij onderling verbonden door grote buizen. In de grond ingegraven voor stevigheid en koeling.



Foto 2. De twee aanzuigleidingen en de pompen die de mossels van zuurstof en algen rijk water voorzien.



Foto 3. Het water komt onder in de tank binnen en wordt dan 1 kant op gericht. Boven in in het midden van de tank stroomt het water er weer uit. Hierdoor draait het water van beneden naar boven en van binnen naar buiten, zodat de verdeling van zuurstof en voedsel over de mossels altijd voldoende is.



Foto 4. De algen raceway in winterse omstandigheden, maar volledig operationeel, zelf een eerste proef met algen kweek loopt goed.

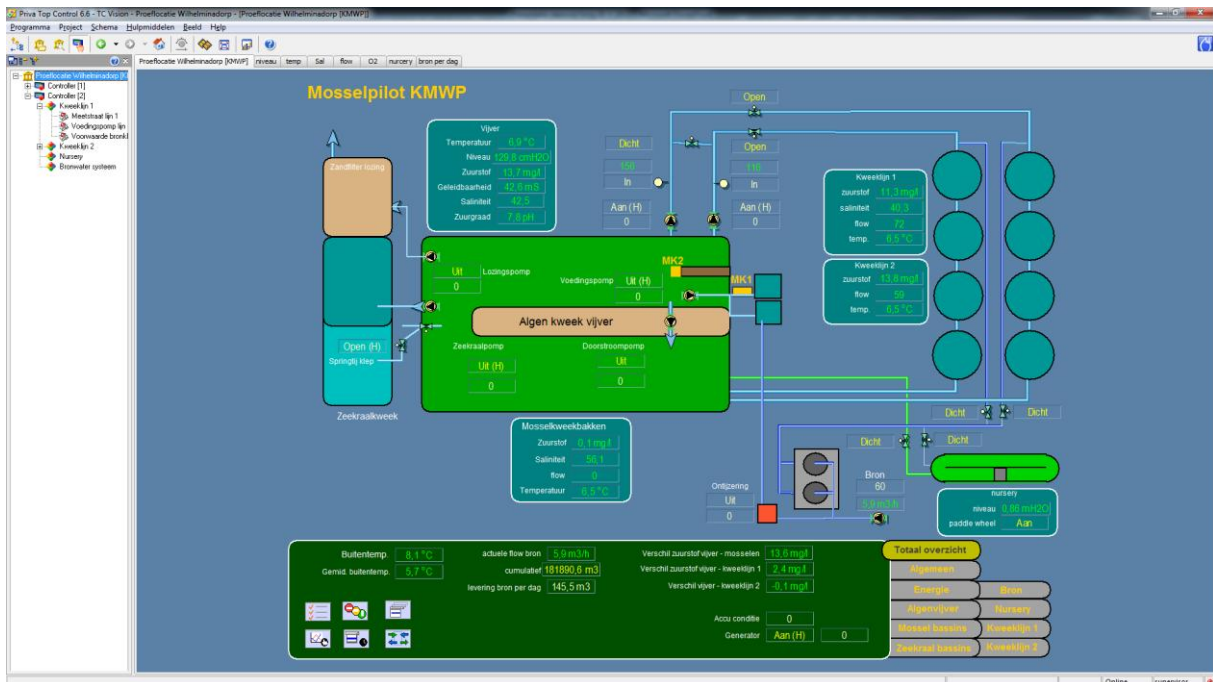
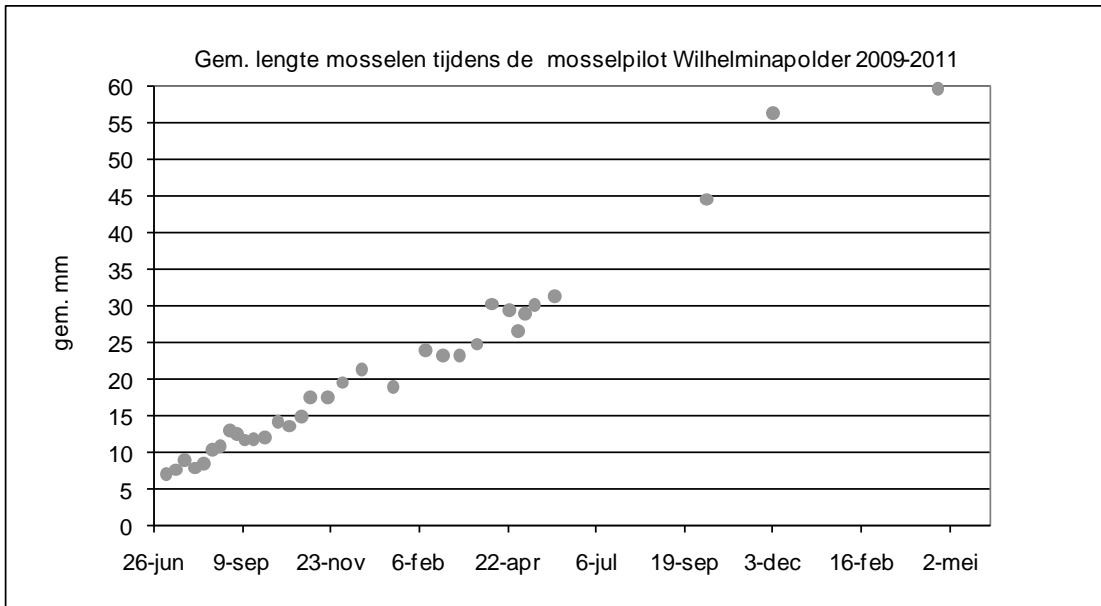
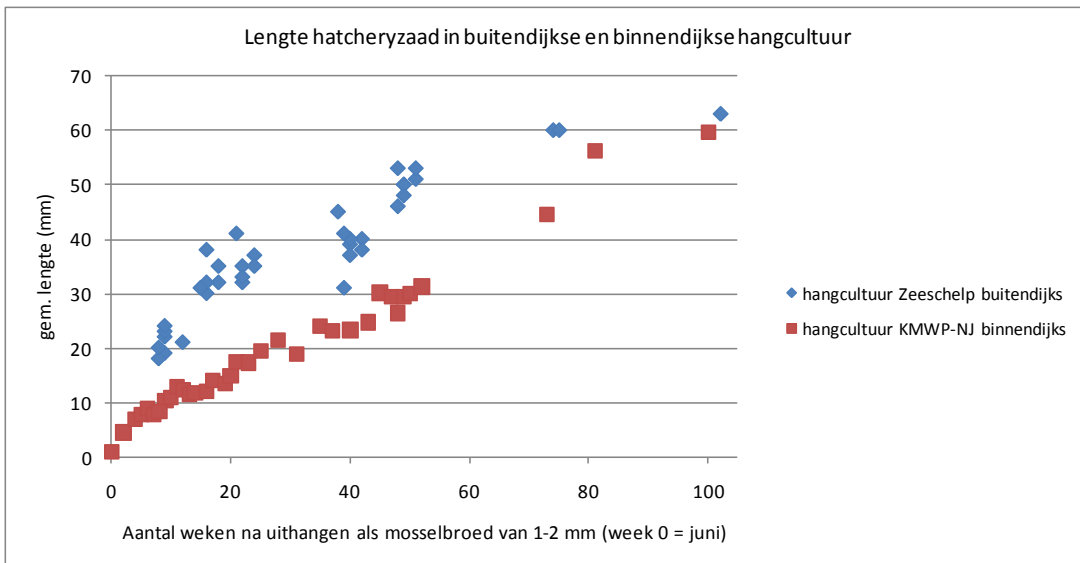


Foto 5. Het hoofdscherm van het monitorings- en besturingsysteem. Realtime worden de meetwaarden en instellingen weergegeven, in grafieken is 24 uur terug te kijken, alle meetwaarden en instellingen worden in een data base opgeslagen voor later gebruik.

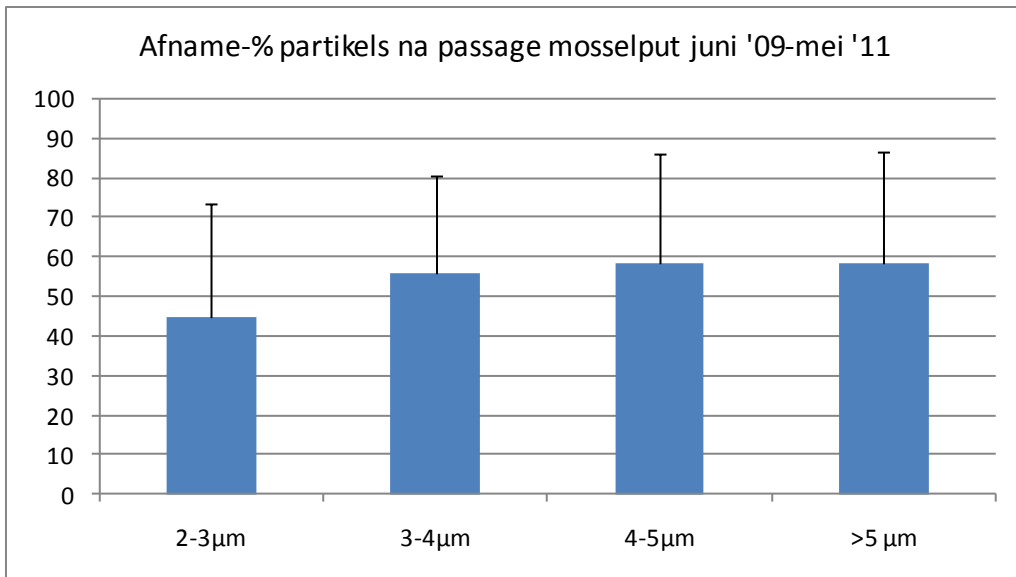
Bijlage 3 Grafieken Resultaten



Figuur 5. De groei in lengte van de mosselen uit een broedhuis in de mosselpilot in de Wilhelminapolder.



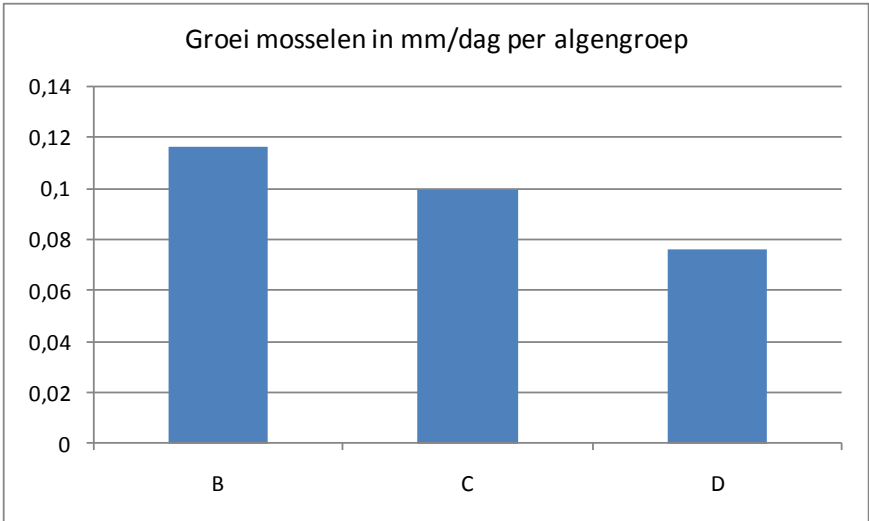
Figuur 6. De groei van mosselen uit het broedhuis in binnendijkse en buitendijkse kweek.



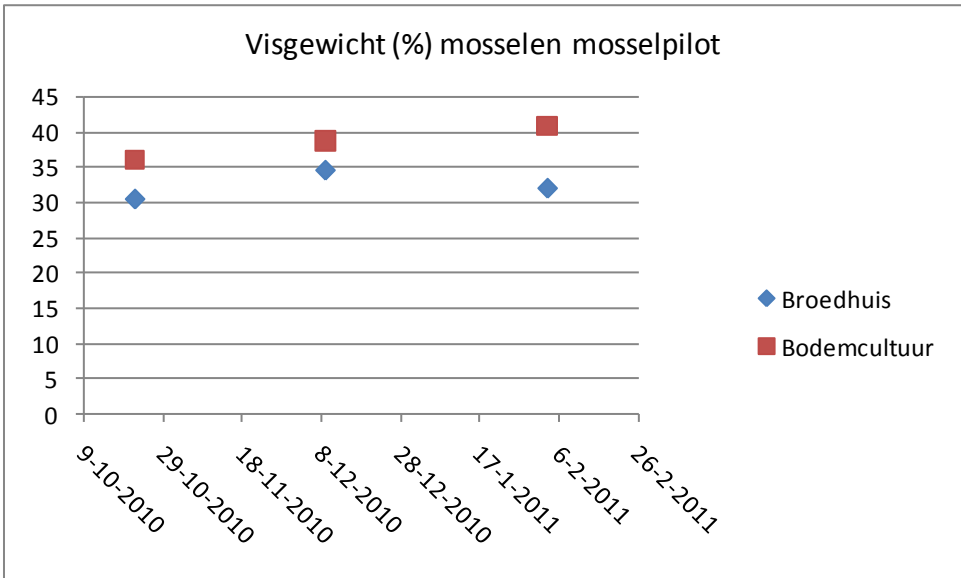
Figuur 7 Vermindering percentage partikels na passage door de mosselput.



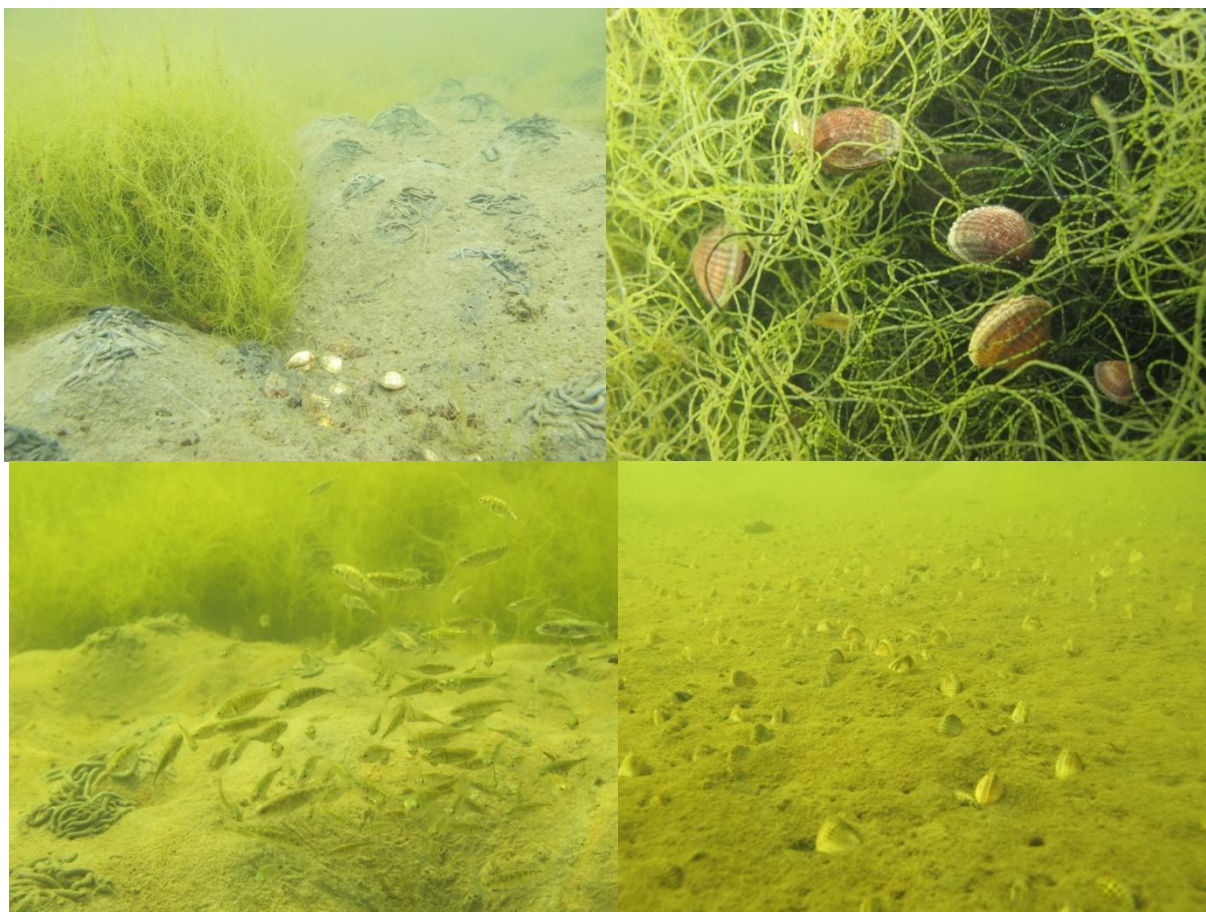
Foto 6. De diatomee *Skeletonema* kenmerkt zich door ketenvorming, de kolonies zijn te zien als langwerpige ketens, preparaat 27 april 2010.



Figuur 8. Groeisnelheid van mosselen bij verschillende algengroepen.



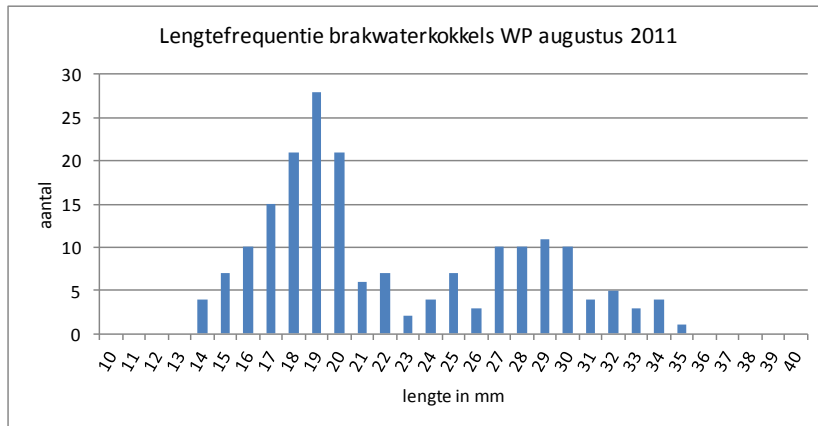
Figuur 9. Visgewichten van mosselen van diverse oorsprong in de mosselpilot najaar/winter 2010-2011.



Foto's 7, 8, 9 en 10. Met de klok mee: Het macrogroenwier *Chaetomorpha linum* met brakwaterkokkels en wadpierhoopjes in de oeverzone, brakwaterkokkels in het groenwier, driedoornige stekelbaarzen en brakwaterkokkels in diepere delen van de vijver.

Tabel 1 Resultaten steekbuis inventarisatie brakwaterkokkel algen vijver KMWP, augustus 2011

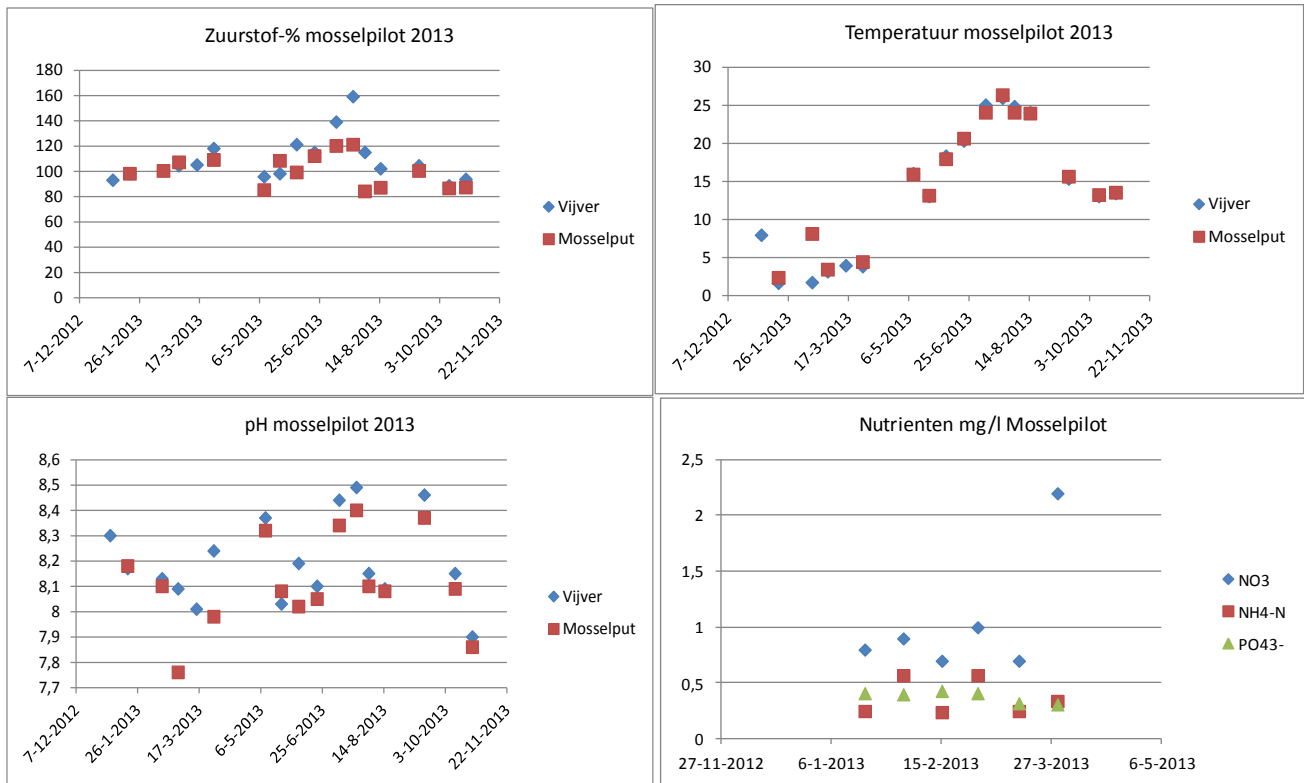
Aantal/m ²	225
Gemiddelde lengte in mm	18,7
Natgewicht in gram per kokkel	1,9263
Drooggewicht in gram per kokkel	1,2659
As vrij drooggewicht in gram per kokkel	0,6235
Natgewicht in gram/m ²	433
Drooggewicht in gram/m ²	285
As vrij drooggewicht in gram/m ²	140



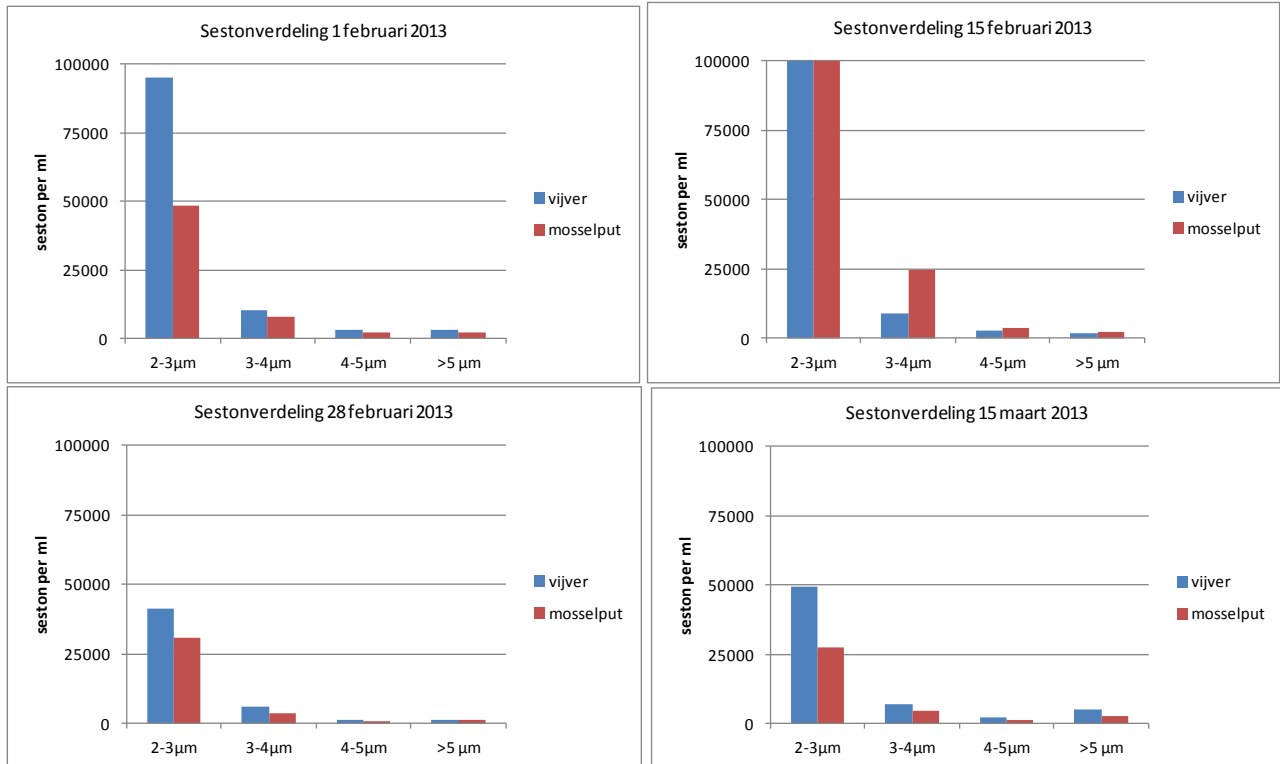
Figuur 10. Lengtefrequentie van een apart monster brakwaterkoksels, waarbij ook koksels uit het groenwier zijn verzameld.

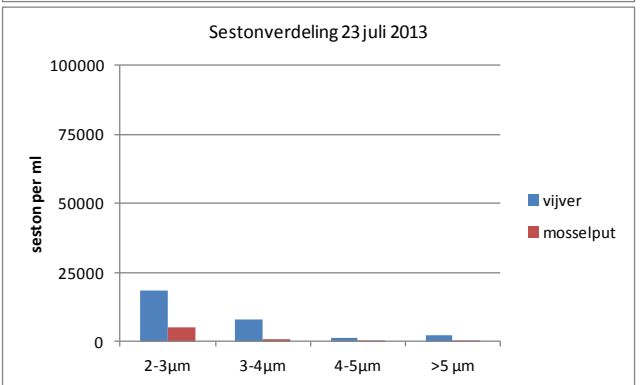
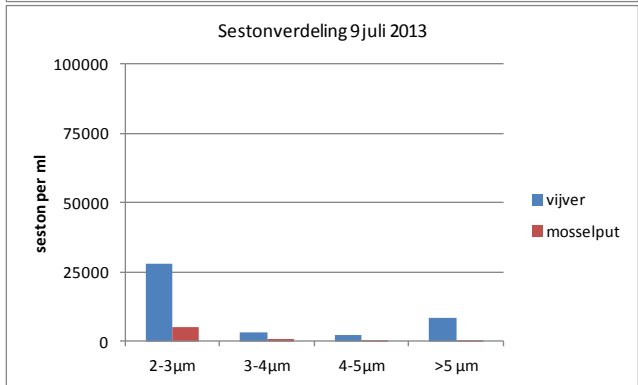
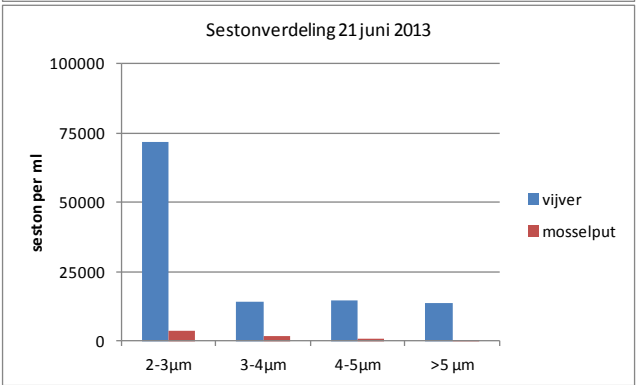
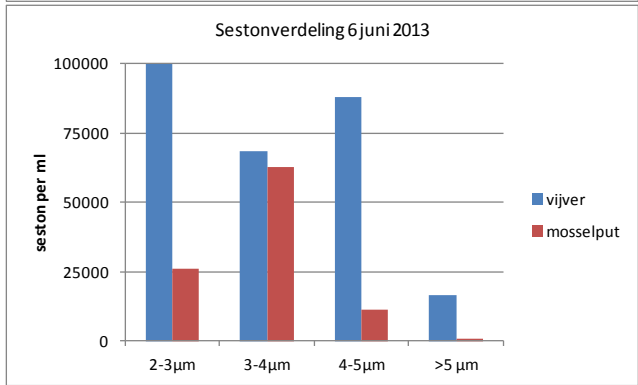
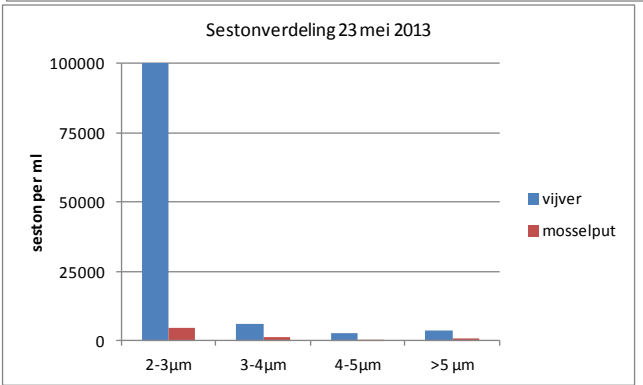
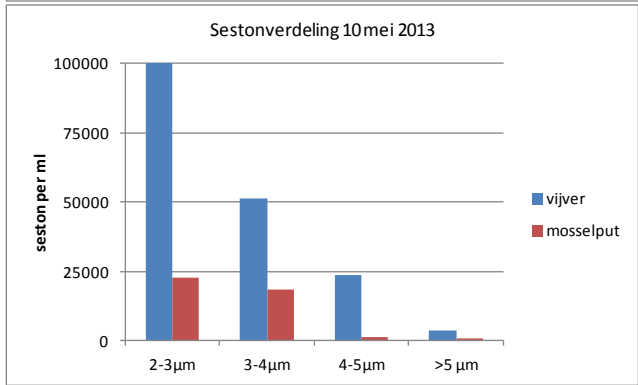
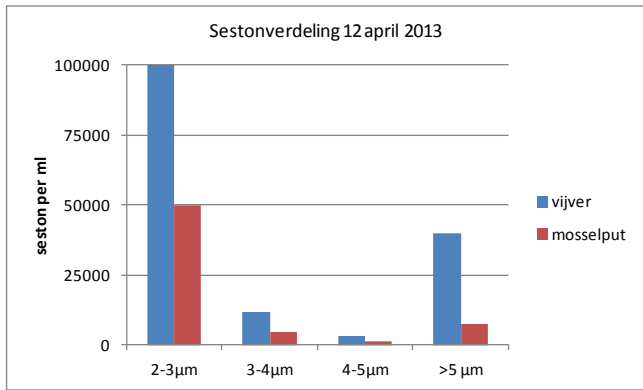
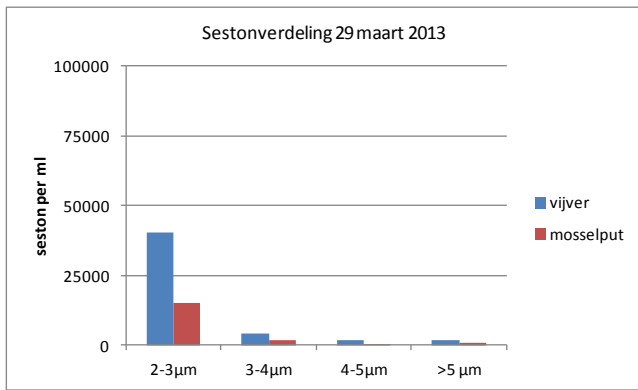


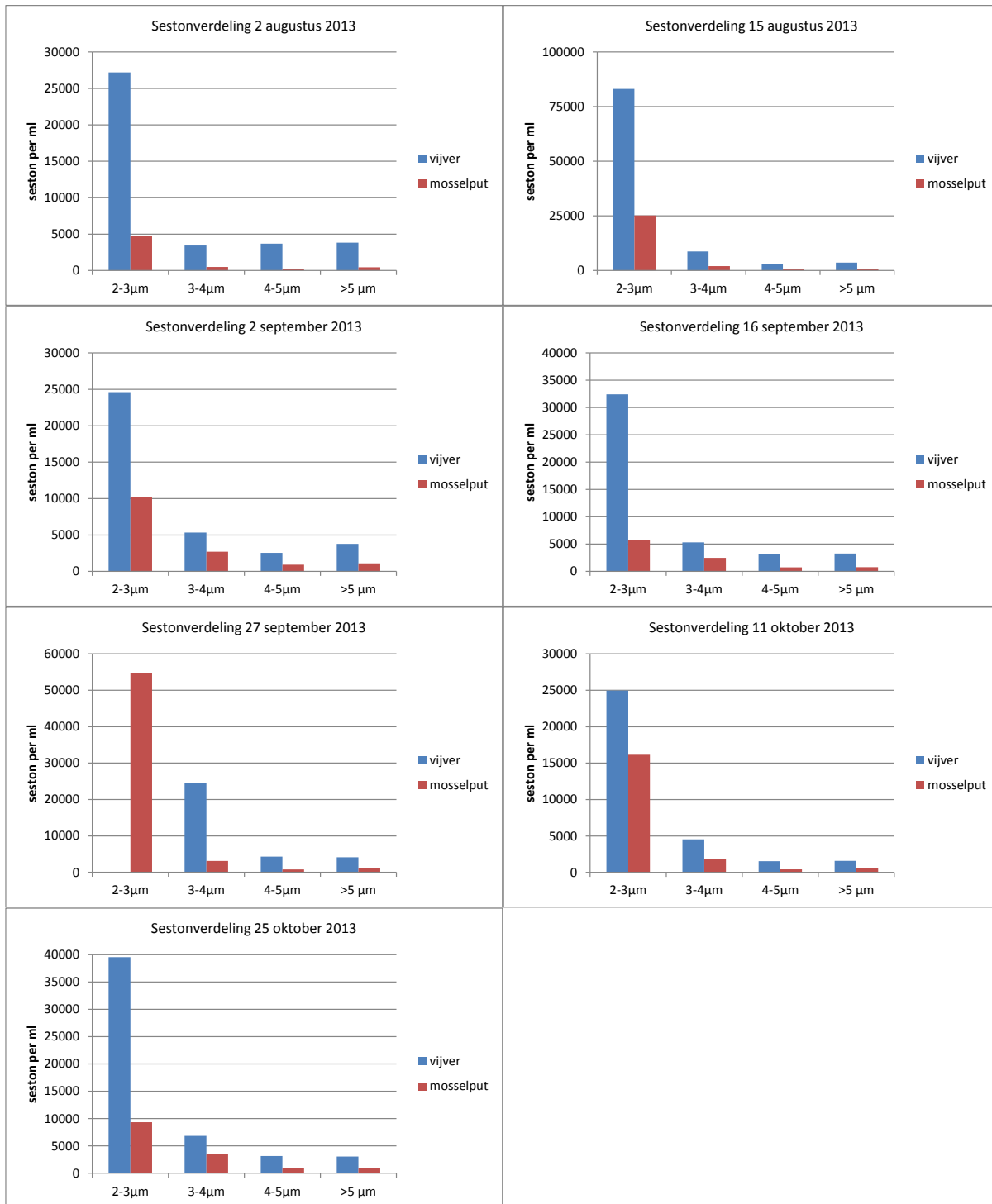
Foto 11 'mechanisch schoffelen' van apenhaar



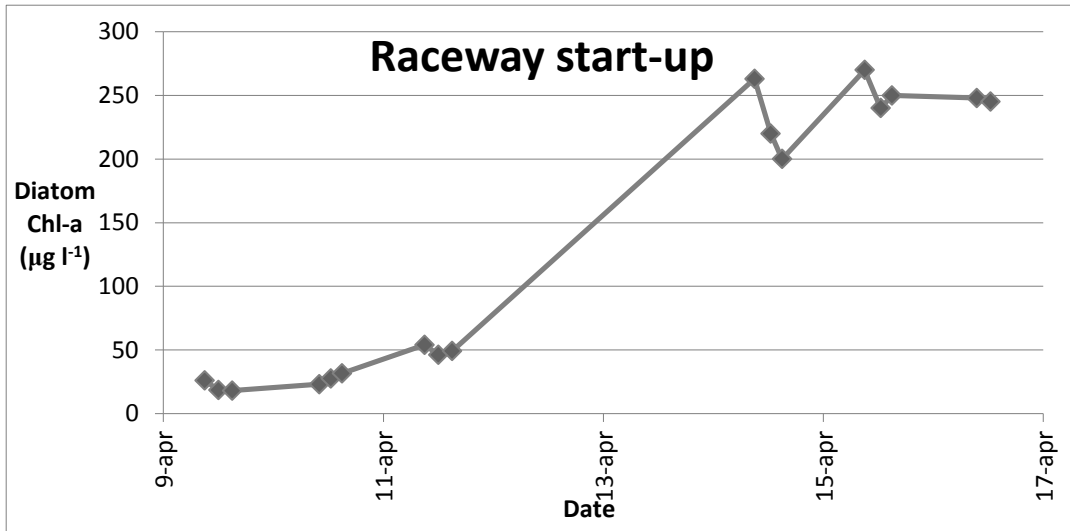
Figuur 11. Zuurstof, pH temp en nutriënten vijver 2013



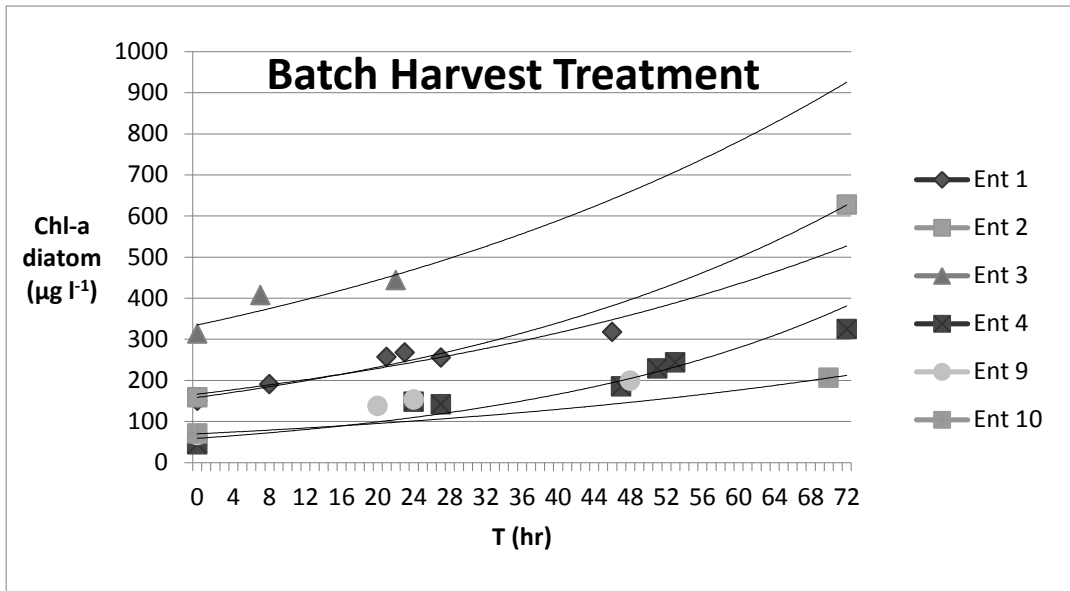




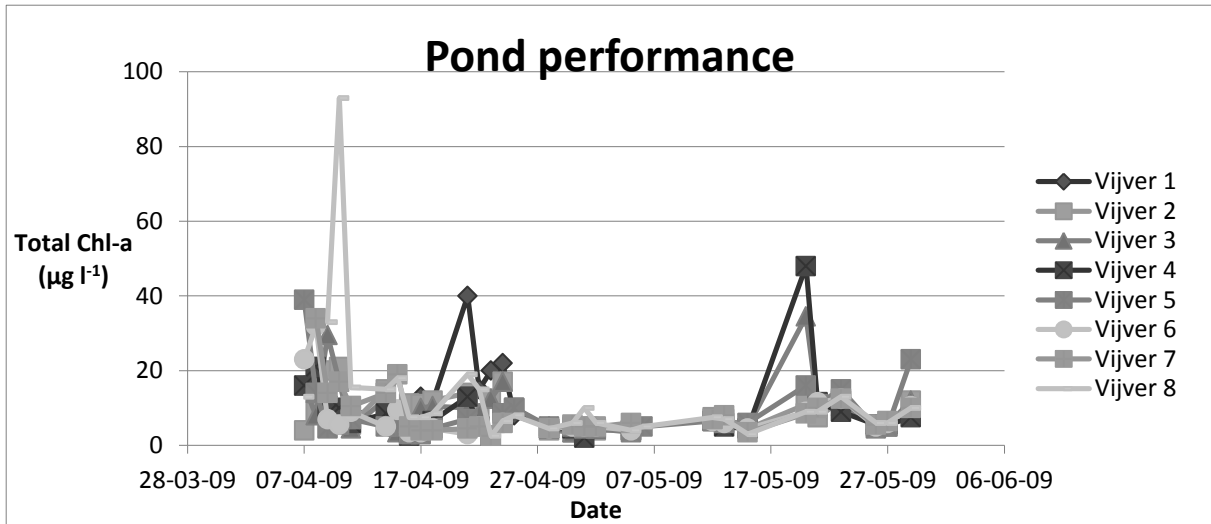
Figuur 12. Seston verdeling op diverse data



Figuur 13. Chlorophyll-a concentrations for *S. costatum* in the raceway after inoculation with a sample of 300 I with a concentration of $1,5 \times 10^6$ cells ml⁻¹.



Figuur 14. Chlorophyll-a concentrations for *S. costatum* in the raceway after inoculation of the pond.



Figuur 15. Total chlorophyll-a concentrations in the pond at 8 different sample sites.

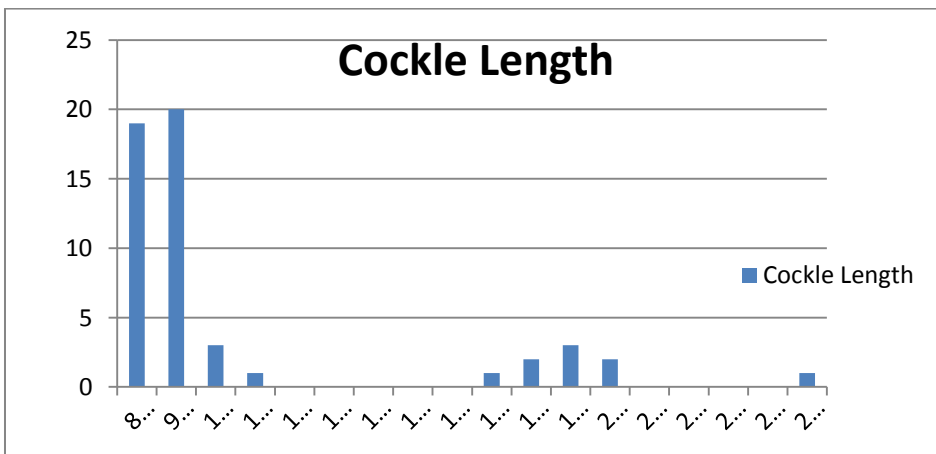
Tabel 2: Amounts of cockles

Average sampling tubes	33.183 cm2	2.08 cockles
Average square meter	1m2	6.26 cockles
Cockles in the hole pond	4543 m2	28477 cockles

Tabel 3: Length and quantity of the cockles

Length in mm	quantity	Length in mm	Quantity
8	19	17	1
9	20	18	2
10	3	19	3
11	1	20	2
12	0	21	0
13	0	22	0
14	0	23	0
15	0	24	0
16	0	25	1

Graph 1: Cockle length



Figuur 16. Verdeling kokkel lengte jan 2013

Bijlage 4 foto's vissen proef

Indicatieproef biologische bestrijding van *Chaetomorpha linum* met diklippharder (*Chelon labrosus*) en goudbrasem (*Sparus aurata*).



Figuur 17: Fotocollage. Linksboven de diklippharder, rechtsboven de goudbrasem, links onder het plaatsen van de kooien, rechtsonder *C. linum* op het gaas van een kooi.

http://www.maestropescador.com/Fichas_peces/Dorada.html

http://rieg.blogspot.nl/2009_07_01_archive.html



Figuur 18: Een foto van de opengesperde bek van *S. auratus*. Naast de scherpe grijptanden op de bovenkaak is het duidelijk te zien dat de vis beschikt over grote maal platen op beide kaken.

Bijlage 5 Scenarioberekeningen uit het Businessplan

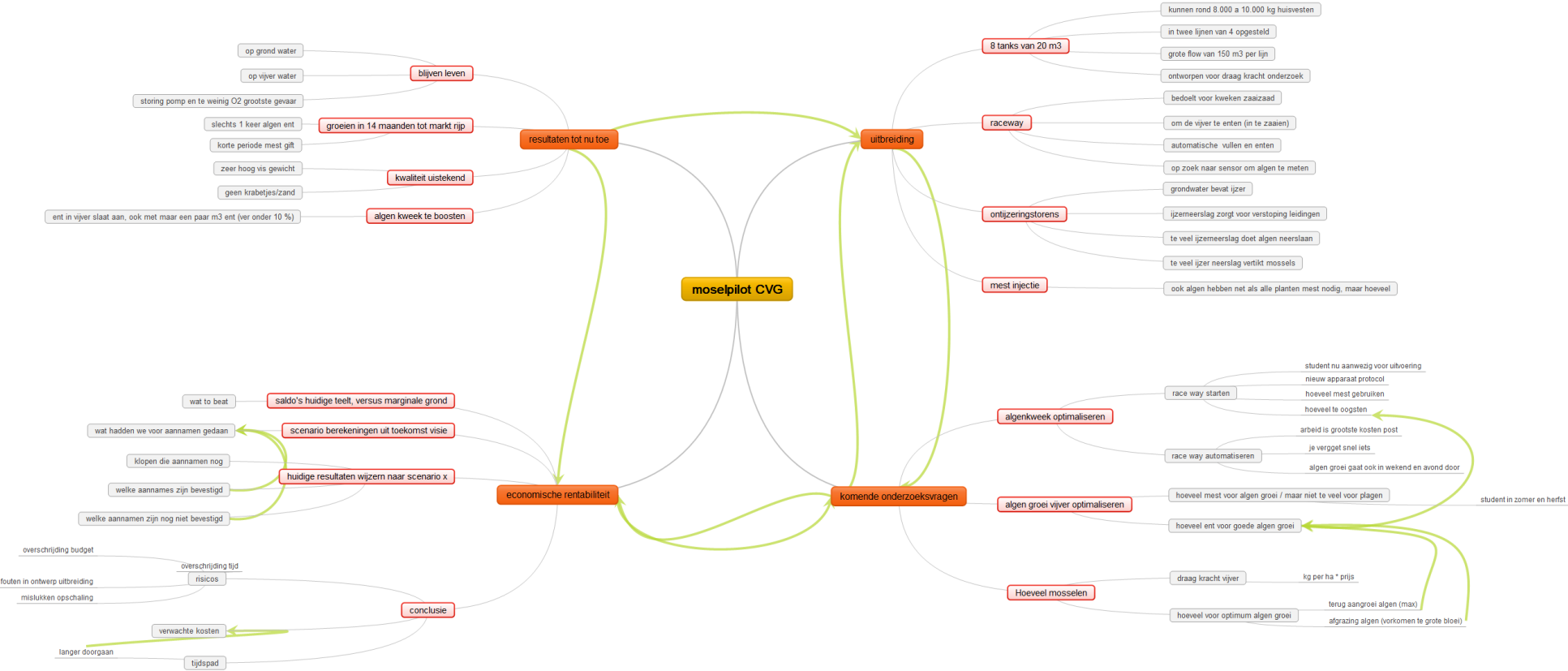
Scenario's mosselteelt								
scenario 1 midden scenario								
verhouding algen / mosselen		4	teeltduur	12	prijs	€ 2,25		
benodigd voor	benodigde oppvl. In Ha	productie kg/m2	teeltduur maanden	kg prijs mosselen	opbrengst per Ha cultuur	kosten per ha bandbreedte	netto resultaat	
algen	8,75							
mosselen	2,19	10	12	€ 2,25	€ 45.000	min € 25.000	€ 20.000	
totaal oppvl	10,94					max € 42.128	€ 2.872	
scenario 2 positief realistische scenario								
verhouding algen / mosselen		3	teeltduur	12	prijs	€ 2,50		
benodigd voor	benodigde oppvl. In Ha	productie kg/m2	teeltduur maanden	kg prijs mosselen	opbrengst per Ha cultuur	kosten per ha bandbreedte	netto resultaat	
algen	8,75							
mosselen	2,92	10	12	€ 2,50	€ 62.500	min € 25.000	€ 37.500	
totaal oppvl	11,67					max € 42.128	€ 20.372	
scenario 3 positief scenario								
verhouding algen / mosselen		3	teeltduur	12	prijs	€ 2,75		
benodigd voor	benodigde oppvl. In Ha	productie kg/m2	teeltduur maanden	kg prijs mosselen	opbrengst per Ha cultuur	kosten per ha bandbreedte	netto resultaat	
algen	8,75							
mosselen	2,92	10	12	€ 2,75	€ 68.750	min € 25.000	€ 43.750	
totaal oppvl	11,67					max € 42.128	€ 26.622	
scenario 4 conservatief scenario								
verhouding algen / mosselen		4	teeltduur	16	prijs	€ 2,25		
benodigd voor	benodigde oppvl. In Ha	productie kg/m2	teeltduur maanden	kg prijs mosselen	opbrengst per Ha cultuur	kosten per ha bandbreedte	netto resultaat	
algen	8,75							
mosselen	2,19	10	16	€ 2,25	€ 33.750	min € 25.000	€ 8.750	
totaal oppvl	10,94					max € 42.128	€ 8.378-	
scenario 5 negatief scenario								
verhouding algen / mosselen		4	teeltduur	16	prijs	€ 1,50		
benodigd voor	benodigde oppvl. In Ha	productie kg/m2	teeltduur maanden	kg prijs mosselen	opbrengst per Ha cultuur	kosten per ha bandbreedte	netto resultaat	
algen	8,75							
mosselen	2,19	10	12	€ 1,50	€ 30.000	min € 25.000	€ 5.000	
totaal oppvl	10,94					max € 42.128	€ 12.128-	
scenario 6 negatief scenario								
verhouding algen / mosselen		5	teeltduur	12	prijs	€ 1,50		
benodigd voor	benodigde oppvl. In Ha	productie kg/m2	teeltduur maanden	kg prijs mosselen	opbrengst per Ha cultuur	kosten per ha bandbreedte	netto resultaat	
algen	8,75							
mosselen	1,75	10	12	€ 1,50	€ 25.000	min € 25.000	€ -	
totaal oppvl	10,50					max € 42.128	€ 17.128-	

Bijlage 6 geïdentificeerde risico's

nr	hodstuk 5.6 Risico's	uitwerking
1	aan names in kosten en opbrengsten	hiervoor wordt pilot uitgewerkt en in Zeeuwse Tong samen gewerkt
2	ruimtelijke ordenings problematiek	onze pilot dient als voorbeeld voor o.a Zeeuws Tong en Stichting Zeeuwse Landschap
3	vergunning	deze is voor de pilot verkregen en Provincie en Gemeente werken aan inpassing in vergunningstelsel
4	te veel infiltratie	uit de pilot blijkt dat dit geen probleem is
5	te veel zoet water	uit de pilot blijkt dat dit probleem beheersbaar is
7	bevriezing	ondanks de strenge winters geen probleem
6	te hogen temp	geen heel hete zomers geweest, maar kritieke grens is niet gehaald
8	zuurstofgebrek	dit is het meest reelee probleem, hiervoor is de pilot nu beveiligd
9	vergiftiging	Zeeuwse tong heeft voor ons een aantal jaren onderzoek gedaan naar de algen soorten en er zijn geen giftige algen agetroffen
10	infectie en ziekten	het systeem lijkt reboest genoeg om dit te voor komen, maar moet in opschaling blijken
11	instortingprijs	de prijs ontwikkeling verloopt zoals verwacht

Tabel 4 geïdentificeerde risico's uit businessplan

Bijlage 7 Schematische weergaven resultaten en plannen mosselpilot



Figuur 19 mind map mossel pilot 2013

Bijlage 8 Lijst met figuren en tabellen

Figuur 1. Opbouw systeem mosselproefbedrijf.	4
Figuur 2. Kenmerken van het voedselaanbod in de algenvijver tijdens de bemestingsproef met algenenten.....	8
Figuur 3 groei van mosselen in de nieuwe bakken in 2013	10
Figuur 4 zwevende stof versus chlorofyl a in vijver en bakken.....	11
Figuur 5. De groei in lengte van de mosselen uit een broedhuis in de mosselpilot in de Wilhelminapolder.....	26
Figuur 6. De groei van mosselen uit het broedhuis in binnendijkse en buitendijkse kweek.....	26
Figuur 7 Vermindering percentage partikels na passage door de mosselput.....	27
Figuur 8. Groeisnelheid van mosselen bij verschillende algengroepen.....	28
Figuur 9. Visgewichten van mosselen van diverse oorsprong in de mosselpilot najaar/winter 2010-2011.	28
Figuur 10. Lengtefrequentie van een apart monster brakwaterkokkels, waarbij ook kokkels uit het groenwier zijn verzameld.....	30
Figuur 11. Zuurstof, pH temp en nutriënten vijver 2013	31
Figuur 12. Seston verdeling op diverse data	33
Figuur 13. Chlorophyll-a concentrations for <i>S. costatum</i> in the raceway after inoculation with a sample of 300 l with a concentration of $1,5 \times 10^6$ cells ml^{-1} . ..	34
Figuur 14. Chlorophyll-a concentrations for <i>S. costatum</i> in the raceway after inoculation of the pond.	34
Figuur 15. Total chlorophyll-a concentrations in the pond at 8 different sample sites.....	35
Figuur 16. Verdeling kokkel lengte jan 2013	35
Figuur 17: Fotocollage. Linksboven de diklipharder, rechtsboven de goudbrasem, links onder het plaatsen van de kooien, rechtsonder <i>C. linum</i> op het gaas van een kooi.	37
Figuur 18: Een foto van de opengesperde bek van <i>S. auratus</i> . Naast de scherpe grijptanden op de bovenkaak is het duidelijk te zien dat de vis beschikt over grote maal platen op beide kaken.....	37
Figuur 21 mind map mossel pilot 2013	40
Tabel 1 Resultaten steekbuis inventarisatie brakwaterkokkel algen vijver KMWP, augustus 2011.....	29
Tabel 2: Amounts of cockles.....	35
Tabel 3: Length and quantity of the cockles	35
Tabel 4 geïdentificeerde risico's uit businessplan.....	39