

# **Productiemetingen aan mosselzaad-invang-installaties (MZI's) 2009, 2010, 2011**

Technisch Rapport project Meerjarige effect- en  
productiemetingen aan MZI's in de Westelijke  
Waddenzee, Oosterschelde en Voordelta

Rapportnummer C093/13

Karin Troost, Emiel Brummelhuis en Eva Hartog



## **IMARES Wageningen UR**

(IMARES - Institute for Marine Resources & Ecosystem Studies)

Opdrachtgever:

Ministerie van EZ  
Directie Agro Kennis  
Postbus 20401  
2500 EK Den Haag

BAS code: BO-11-011.04-007

Publicatiedatum:

23 mei 2013

Dit onderzoek is uitgevoerd in opdracht van het Ministerie van Economische Zaken, Landbouw en Innovatie (voorheen Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit) binnen het Beleidsondersteunend Onderzoek in het kader van programma's BO-02-012-009 (2009), BO-11-007-007 (2010) en BO-11-011.04-007 (2011).

**IMARES is:**

- een onafhankelijk, objectief en gezaghebbend instituut dat kennis levert die noodzakelijk is voor integrale duurzame bescherming, exploitatie en ruimtelijk gebruik van de zee en kustzones;
- een instituut dat de benodigde kennis levert voor een geïntegreerde duurzame bescherming, exploitatie en ruimtelijk gebruik van zee en kustzones;
- een belangrijke, proactieve speler in nationale en internationale mariene onderzoeksnetwerken (zoals ICES en EFARO).

P.O. Box 68  
1970 AB IJmuiden  
Phone: +31 (0)317 480900  
Fax: +31 (0)317 48 73 26  
E-Mail: [imares@wur.nl](mailto:imares@wur.nl)  
[www.imares.wur.nl](http://www.imares.wur.nl)

P.O. Box 77  
4400 AB Yerseke  
Phone: +31 (0)317 48 09 00  
Fax: +31 (0)317 48 73 59  
E-Mail: [imares@wur.nl](mailto:imares@wur.nl)  
[www.imares.wur.nl](http://www.imares.wur.nl)

P.O. Box 57  
1780 AB Den Helder  
Phone: +31 (0)317 48 09 00  
Fax: +31 (0)223 63 06 87  
E-Mail: [imares@wur.nl](mailto:imares@wur.nl)  
[www.imares.wur.nl](http://www.imares.wur.nl)

P.O. Box 167  
1790 AD Den Burg Texel  
Phone: +31 (0)317 48 09 00  
Fax: +31 (0)317 48 73 62  
E-Mail: [imares@wur.nl](mailto:imares@wur.nl)  
[www.imares.wur.nl](http://www.imares.wur.nl)

IMARES is onderdeel van Stichting DLO  
KvK nr. 09098104,  
IMARES BTW nr. NL 8113.83.696.B16

De Directie van IMARES is niet aansprakelijk voor gevolgschade, noch voor schade welke voortvloeit uit toepassingen van de resultaten van werkzaamheden of andere gegevens verkregen van IMARES; opdrachtgever vrijwaart 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 uit dit rapport mag weergegeven en/of gepubliceerd worden, gefotokopieerd of op enige andere manier gebruikt worden zonder schriftelijke toestemming van de opdrachtgever.

A\_4\_3\_1-V12.1

© 2011 IMARES Wageningen UR

## Inhoudsopgave

Samenvatting.....	4
1. Inleiding .....	6
2. Methoden.....	6
Overzicht .....	6
Monsternamen in het veld .....	8
Verwerking van de monsters .....	14
Onderwatervideo .....	15
Statistische analyse .....	15
3. Resultaten .....	17
Ontwikkeling biomassa en dichtheden .....	17
Groei en aanwas van MZI mosselen .....	21
Weegmethode .....	24
Onderwatervideo beelden .....	26
4. Discussie en conclusies.....	27
Ontwikkeling biomassa en dichtheden .....	27
Groei en aanwas .....	27
Bedekking en aangroei .....	28
Bruikbaarheid van de weegmethode.....	28
Evaluatie gebruikte methoden .....	28
Samenwerking met de mosselsector.....	29
Schade aan MZI's .....	30
Nadere analyses .....	30
5. Zeesterrenvraat.....	31
Methode .....	31
Resultaten .....	31
Discussie en conclusies.....	34
6. Aanbevelingen.....	35
Dankwoord .....	36
Kwaliteitsborging .....	37
Referenties .....	38
Verantwoording .....	39

## Samenvatting

Ter onderbouwing van de beschrijving van de effecten van de MZI's op de ecosystemen van de Oosterschelde en Waddenzee zijn gegevens nodig van aanwas, groei, sterfte en totale biomassa van MZI-mosselen gedurende het seizoen. Deze gegevens zijn tevens nodig als input voor modelberekeningen. Met toestemming van de MZI-ondernemers zijn metingen verricht aan bestaande MZI's, met als doel:

- 1) het bepalen van individuele groei (in lengte en gewicht) van zaadmosselen;
- 2) het bepalen van de toename in aantallen en biomassa van zaadmosselen per vierkante meter net of per meter touwlengte;
- 3) het bepalen van de biomassa aan MZI-systemen gedurende het seizoen.

Deze metingen zijn verricht in de Oosterschelde en Waddenzee.

In 2009 is een methode ontwikkeld en getest die tot doel had om de biomassa aan MZI-systemen te volgen middels treksterktebepalingen. Deze methode is in 2010 verder getest en geijkt aan de meer traditionele methode van monsternamen: het verzamelen van mosselen van een bekend oppervlak net / bekende lengte touw om deze in het laboratorium te tellen, meten en wegen. De resultaten van beide methoden kwamen goed overeen, maar terwijl de treksterktemethode praktisch moeilijker uitvoerbaar was leverde de methode van mosselmonsters nemen meer informatie op. De treksterktemetingen leverden dus geen meerwaarde op. Vanwege het beperktere budget in 2011 is ervoor gekozen om in 2011 alleen gebruik te maken van de methode van mosselmonsters nemen. Aanvullend is in 2010 een onderwatercamera gebruikt om een inschatting te maken van de homogeniteit van bedekking door de mosselen op MZI-netten en -touwen. Dit leverde een kwalitatief beeld op, maar de resultaten waren niet geschikt om een kwantitatieve omrekening te maken van monsteroppervlak naar het oppervlak van een geheel net (of touw).

In 2010 bleken de schattingen van biomassa-ontwikkeling uit de mosselmonsters goed op één lijn te liggen met schattingen uit de oogstgegevens. Voor 2011 was het de verwachting dat de oogstgegevens een lagere biomassa en lagere dichtheden per meter touw of per vierkante meter net zouden laten zien, omdat juist op de diepere delen van de MZI's grote hoeveelheden zesterren gesignaleerd zijn. En, omdat de mosselmonsters alleen uit de bovenste 50 cm van de touwen en netten zijn genomen werd een grotere discrepantie tussen schattingen uit oogst en uit monsters verwacht. Toch lagen de biomassa schattingen uit de mosselmonsters en uit de oogstgegevens ook in 2011 redelijk op één lijn.

Hoewel in de huidige dataset, zonder een gedetailleerde cohortenanalyse, aanwas, groei en sterfte niet goed van elkaar te isoleren zijn, geeft het aantalverloop van zaad in de kleinste klasse (< 1,5 mm) een beeld van de aanwas. De grootste hoeveelheden klein zaad werden in de Oosterschelde aangetroffen rond week 26 in 2010 en rond week 25 in 2011. Het verloop van zaaddichtheden in de grote klasse (> 1,5 mm) zou een beeld van de sterfte kunnen geven, ware het niet dat voortdurende aanwas vanuit de kleine klasse naar de grote klasse plaatsvond. Om een inschatting van sterfte te kunnen maken dient een cohortenanalyse uitgevoerd te worden; dit is een onderdeel van het onderzoek in 2012. De lengtegroei van de mosselen volgde een "Von Bertalanffy"-groeicurve.

Inmiddels is een grote dataset aan groeigegevens van MZI-zaad verzameld. Naast de hier gerapporteerde metingen uit 2010 en 2011 zijn er aanvullend bruikbare gegevens over individuele groei van mosselen verzameld door de AiO's binnen het project. Voorafgaand aan dit project zijn ook gegevens verzameld over aanwas en groei van zaadmosselen op experimentele netten en touwen aan of in de buurt van MZI's (niet gerapporteerd). Al deze gegevens zullen in 2012 samengevoegd worden voor nadere analyse in overleg met de ecosysteemmodellisten. In deze analyses zullen aanwas, groei en

sterfte worden bepaald uit het analyseren van cohorten (lengtefrequenties), en zullen relaties gelegd worden tussen geobserveerde groei en omgevingsvariabelen zoals chlorofyl-a.

## 1. Inleiding

Ter onderbouwing van de beschrijving van de effecten van de MZI's op het ecosysteem in termen van beslag op draagkracht en effecten op de bodem op de diverse locaties zijn gegevens nodig van groei, sterfte en totale biomassa van MZI-mosselen gedurende het seizoen. Deze gegevens zijn tevens nodig als input voor, en validatie van, modelberekeningen. In overleg met MZI-ondernemers is een schema van veldbemonsteringen opgezet, waarbij door IMARES zelf monsters zijn genomen, en andere zijn aangeleverd door MZI-ondernemers en medewerkers van het ministerie van ELI.

Het doel van de metingen was:

- 1) het bepalen van individuele groei (in lengte en gewicht) van zaadmosselen;
- 2) het bepalen van de toename in aantallen en biomassa van zaadmosselen per vierkante meter net of per meter touwlengte;
- 3) het bepalen van de biomassa aan MZI-systemen gedurende het seizoen.

Dit rapport beschrijft vooral welke gegevens zijn verzameld, en op welke manier. Een eerste analyse van de groeisnelheid van individuele mosselen aan de MZI's wordt hier gerapporteerd. Een nadere analyse van de hier verzamelde data zal in overleg met de ecosysteemmodellereurs plaatsvinden in 2012. Dit zal onder andere een analyse van cohorten inhouden, om een goede schatting te krijgen van aanwas en sterfte.

Aanvullend is, middels een enquête onder mosselkwekers in 2011, informatie verzameld over de mate van zeesterrenvraat aan de MZI-systemen in Oosterschelde en Waddenzee. Predatie door zeesterren is in 2011 plaatselijk een grote oorzaak van verhoogde sterfte onder mosselzaad geweest. Methodiek, resultaten en conclusies worden in hoofdstuk 5 gegeven.

## 2. Methoden

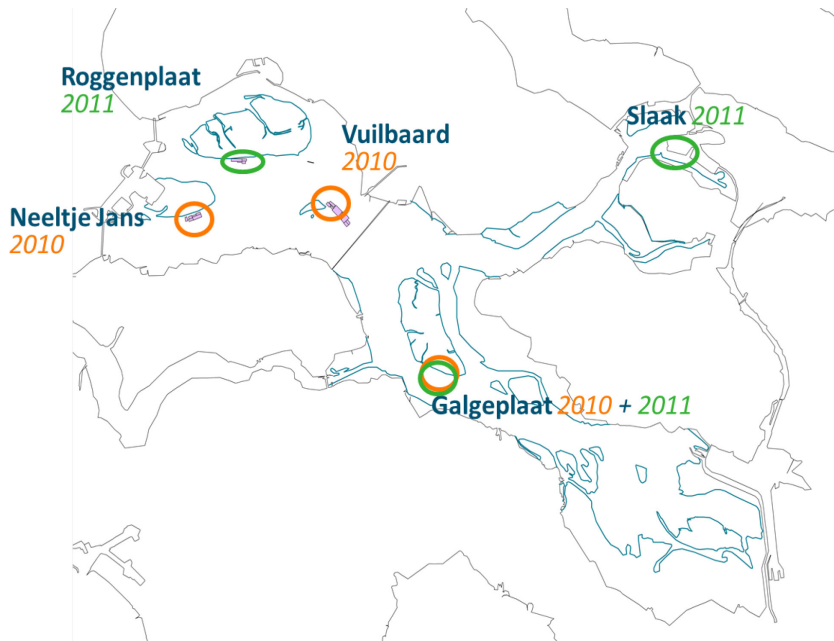
### Overzicht

In 2009 is de aandacht gericht geweest op het ontwikkelen van methoden om groei en overleving van mosselen aan de MZI's te bepalen. De werkzaamheden zijn pas laat in het seizoen gestart (aanvang project eind juni) en veel MZI's zijn vroeger dan gebruikelijk geogst. Er is een meetprotocol opgesteld dat in 2010 verder is uitgetest.

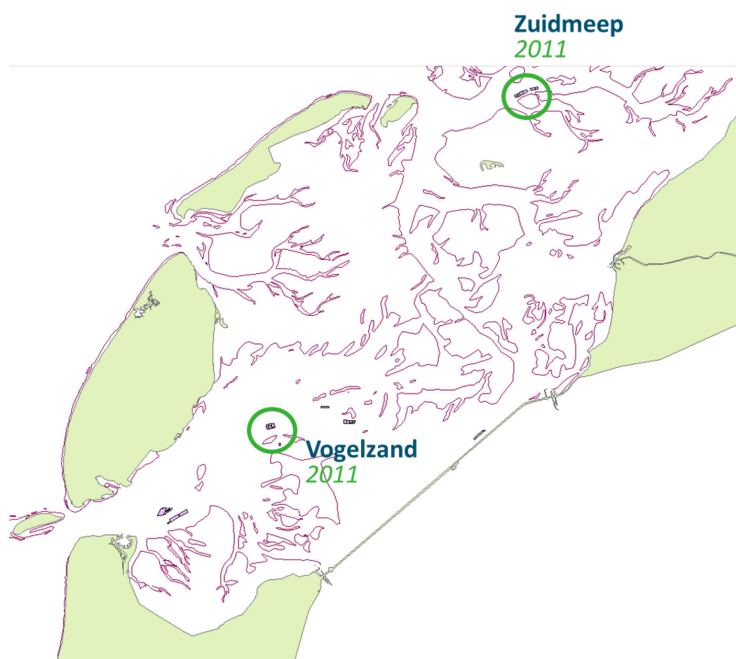
In 2010 zijn drie MZI-systemen, op verschillende locaties in de Oosterschelde (Figuur 1), regelmatig bemonsterd middels verschillende methoden: d.m.v. het nemen van mosselmonsters, de in 2009 ontwikkelde treksterktemetingen en d.m.v. onderwatervideo-opnamen. In 2010 zijn de treksterktemetingen geijkt aan de biomassa-schattingen uit submonsters, om te onderzoeken of de treksterktemethode het nemen van submonsters grotendeels overbodig kan maken. Vanwege de beperkte tijd en de, vooral aan het eind van het seizoen, moeizame bepalingen, en de grotere hoeveelheid informatie die uit de submonsters kon worden gehaald, is in 2011 geen treksterkte-meting meer gedaan.

In 2011 zijn alleen mosselmonsters genomen. Wederom zijn in de Oosterschelde 3 locaties regelmatig bemonsterd (Figuur 1). Daarnaast zijn in de Waddenzee MZI-systemen (Figuur 2: bemonsterde MZI's in de Waddenzee door medewerkers van de Waddenunit (Ministerie van ELI; MS Phoca en MS Stormvogel). Zowel in 2010 als in 2011 zijn van verschillende MZI-systemen in de Oosterschelde en Waddenzee monsters en overige gegevens aangeleverd door de kwekers zelf.

De bemonsteringen leveren gegevens over het verloop van biomassa's en dichtheden van juveniele mosselen aan de gedurende het seizoen. Hieruit is een schatting gemaakt betreffende de groei van de individuele mosselen en de aanwas van mosselzaad. Een schatting van sterfte vereist een meer uitgebreide data analyse welke in 2012 plaats zal vinden. Om nauwkeuriger aanwas (zaadval), groei en sterfte te bepalen worden in 2012 de lengtefrequentieverdelingen onderzocht middels een cohortenanalyse. Dit houdt in dat verschillende cohorten worden onderscheiden en door de tijd gevolgd, waarbij de veranderingen in aantallen en gemiddelde lengtes worden geanalyseerd.



Figuur 1: bemonsterde MZI's in de Oosterschelde in 2010 en 2011



Figuur 2: bemonsterde MZI's in de Waddenzee

## Monsternamen in het veld

In overleg met MZI-ondernemers is een programma opgesteld voor inwinning van gegevens van verschillende systemen en locaties. Tabel 1 geeft een overzicht van de betrokken ondernemers en hun MZI-systemen. De grootste inspanning heeft zich gericht op de Oosterschelde, waar in 2010 systemen op de Vuilbaard, Galgeplaat en Neeltje Jans locaties zijn gemonitord. In 2011 is wederom gekozen voor de locatie Galgeplaat (een systeem met netten aan vloten) omdat deze MZI onder de meeste weersomstandigheden goed bereikbaar was en de werkzaamheden ook praktisch goed uit te voeren waren. Voor Neeltje Jans is niet weer gekozen in 2011 omdat op deze locatie in 2010 tweemaal MZI-longlines wegspoelden. In plaats daarvan is de locatie Roggenplaat bezocht. Als derde locatie is in 2011 gekozen voor het Slaak, om ook een zeer beschutte locatie mee te kunnen nemen in de analyses.

Tabel 1: locaties en gebied met de bijhorende ondernemers en systemen.

Kweker	Clusternaam	Systeem	Locatie (OS)	Locatie (WZ)
Zoetewij/Barbé	Barbé	Longline (touw)	Neeltje Jans Roggeplaat Vuilbaard	Gat van Stompe Vogelzand Zuidmeep Malzwin
IJsseldijk	Slaak	Easyfarm (net)	Slaak3	Afsluidijk
J. Schot	MZI-combinatie NZ	Easyfarm (net)	Hammen 40-44	Afsluitdijk Scheurrak Zuidmeep
P&D	MZI-combinatie NZ	Easyfarm (net)	Fokkerpercelen	Afsluitdijk Scheurrak Malzwin
Vette	Gebr. Vette/de Jong	Longlines continuous drops (touw)	Vuilbaard	Westwal Zuidmeep Vogelzand
Jos van Damme	SMY	Longlines continuous drops (touw)	Neeltjes Jans verpacht Vuilbaard verpacht	Gat van Stompe Vogelzand Zuidmeep Malzwin/zuidwal
vd Berg	van den Berg	Vlot (net)	Galgeplaat	Gat van Stompe
Padmos	EMERGO	Emergo folding longlines (net)	Neeltje Jans Voordelta Vuilbaard Brouwershavensegat	Gat van Stompe Vogelzand Zuidmeep Malzwin
RvY	Roem van Yerseke	Longline (touw)	Neeltje Jans Schaar van Renesse	Vogelzand Gat van Stompe
Steketee	---	Longlines (touw) continuous drops	Roggeplaat Hammen 106	Vogelzand Zuidmeep

Bij de door IMARES bezochte systemen zijn, indien mogelijk, meerdere (6) deelmonsters per monsterdatum en locatie genomen. Er is gemiddeld om de drie weken gemeten tenzij uitstel nodig was vanwege te harde wind (> 4 Bft). De door de kwekers aangeleverde monsters bestonden meestal uit 1 monster per datum en locatie. Hetzelfde geldt voor de monsters genomen door de medewerkers van ELI



in de Waddenzee (Tabel 2 en 3). De door de ondernemers aangeleverde monsters zijn in tabel 2 en 3 grijs gemarkeerd.

De in 2010 en 2011 door IMARES gemonitorde MZI-systemen in de Oosterschelde waren:

- De longline-systemen van de Roem van Yerseke/Verschuure bij Neeltje Jans in 2010. Helaas zijn de longline-systemen van Roem van Yerseke/Verschuure vroeg in het seizoen op drift geraakt waardoor er, na slechts één bezoek, uitgeweken is naar de longline-systemen van Zoetewej (Figuur 3);
- Het vlottensysteem van Wout van den Berg bij de Galgeplaat in 2010 en 2011 (Figuur 3 en Figuur 4);
- De Easyfarm-systemen van EMERGO van Marinus Padmos bij de Vuilbaard in 2010 (Figuur 3);
- De longline-systemen van de Qualimer-groep, Ye 79 Jacco van Stee bij de Roggenplaat, in 2011 (Figuur 4);
- De Easyfarm-systemen van Karel-Jan van IJsseldijk in het Slaak in 2011 (Figuur 4).



*Figuur 3: Door IMARES gemonitorde MZI-systemen in de Oosterschelde in 2010: Neeltje Jans (links, Longline-systeem van Peter Zoetewej), Vuilbaard (midden, EasyFarm-systeem van EMERGO) en Galgeplaat (rechts, vlottensysteem van Wout van den Berg).*

Vanaf eind April tot aan de oogst zijn regelmatig de verschillende systemen bezocht. Biomassa's en dichtheden aan de MZI-touwen en -netten zijn in 2010 op 3 manieren geschat.

1. mosselmonsters nemen van de MZI's;
2. bedekkingsschatting m.b.v. een onderwatercamera;
3. gewichtstoename door middel van treksterktemetingen.



*Figuur 4: Door IMARES gemonitorde MZI-systemen in de Oosterschelde in 2011: de Roggeplaat (links, longline-systeem van de qualimer-groep; Ye79 Jacco van Stee), Galgeplaat (midden, vlottensysteem van Wout van den Berg) en het Slaak (rechts, EasyFarm-systeem van Karel-Jan van IJsseldijk).*

In 2011 zijn alleen mosselmonsters genomen, en is de onderwatercamera slechts een enkele maal gebruikt om een beeld te verkrijgen van de homogeniteit van bedekking door mosselen.

De data, locaties en de uitgevoerde bemonsteringen staan vermeld in Tabel 2 (2010) en Tabel 3 (2011).

*Tabel 2: Data, locaties en de uitgevoerde bemonsteringen in 2010, grijs is door de kwekers aangeleverd.*

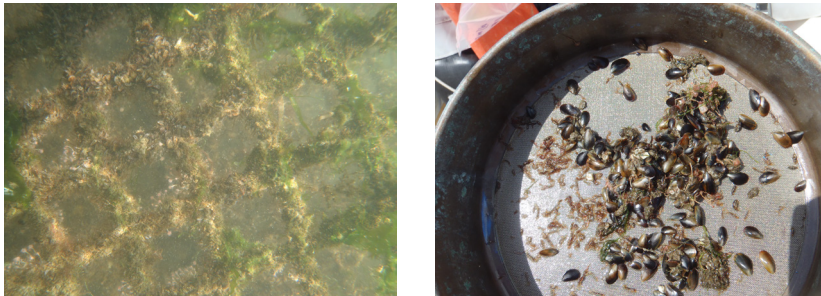
<b>datum</b>	<b>Locatie</b>	<b>net/touw</b>	<b>trekstrekte</b>	<b>gefilmd</b>	<b>monster</b>
27-apr-10	Galgeplaat	net	0	getest	0
28-apr-10	Galgeplaat	net	6	0	0
29-apr-10	Vuilbaard	net	5	getest	0
18-mei-10	Neeltje Jans 1	touw	0	getest	2
14-jun-10	Neeltje Jans 1	touw	0	3	3
22-jun-10	Galgeplaat	net	6	6	6
23-jun-10	Vuilbaard	net	6	6	6
6-jul-10	Galgenplaat	net	6	6	6
7-jul-10	Vuilbaard	net	6	6	3
8-jul-10	Neeltje Jans 1	touw	0	0	0
26-jul-10	Galgenplaat	net	6	6	6
27-jul-10	Vuilbaard	net	6	6	6
27-jul-10	Neeltje Jans	touw	0	4	4
3-aug-10	Vuilbaard	net	6	0	3
12-aug-10	Galgeplaat	net	6	0	6
13-aug-10	Neeltje Jans 2	touw	0	0	0
1-sep-10	Galgeplaat	net	0	1	1
2-sep-10	Neeltje Jans 2	touw	0	4	4
3-sep-10	Vuilbaard	net	0	6	1
13-okt-10	Vuilbaard	net	2	0	2
28-jun-10	Malzwin	net	0	0	1
13-jul-10	Vogelzand	net	0	0	4
21-jul-10	Galgeplaat	net	0	0	1
9-aug-10	Afsluitdijk	net	0	0	2
1-sep-10	Vogelzand	net	0	0	8
8-sep-10	Slaak	net	0	0	2

Tabel 3: Data, locaties en de uitgevoerde bemonsteringen in 2011. Grijs is door de kwekers aangeleverd.

Oosterschelde				Waddenzee			
datum	Locatie	net/touw	monster	datum	Locatie	net/touw	monster
11-mei-11	Roggenplaat	touw	1	10-mei-11	Vogelzand	touw	1
19-mei-11	Roggenplaat	touw	1	10-mei-11	Zuidmeep	touw	2
25-mei-11	Galgeplaat	net	6	2-aug-11	Vogelzand	net	1
25-mei-11	Roggenplaat	touw	6	3-aug-11	Zuidmeep	net	2
7-jun-11	Slaak	net	6	23-aug-11	Zuidmeep	net	1
20-jun-11	Galgeplaat	net	6	23-aug-11	Zuidmeep	touw	1
20-jun-11	Roggenplaat	net	6	24-aug-11	Zuidmeep	net	1
27-jun-11	Slaak	net	6	24-aug-11	Zuidmeep	touw	1
5-jul-11	Galgeplaat	net	6	15-sep-11	Vogelzand	net	1
5-jul-11	Roggenplaat	net	6	15-sep-11	Zuidmeep	touw	1
12-jul-11	Slaak	net	1	15-sep-11	Zuidmeep	net	1
26-jul-11	Galgeplaat	net	6	4-okt-11	Zuidmeep	touw	1
26-jul-11	Roggenplaat	net	7	18-okt-11	Zuidmeep	touw	1
3-aug-11	Slaak	net	4	28-apr-11	Vogelzand	touw	2
12-aug-11	Roggenplaat	net	6	28-apr-11	Zuidmeep	touw	4
17-aug-11	Slaak	net	4	28-apr-11	Zuidwal	net	2
28-jul-11	Galgeplaat	net	1	10-mei-11	Pijp	net	2
3-aug-11	Galgeplaat	net	1				
10-aug-11	Galgeplaat	net	1				
15-aug-11	Galgeplaat	net	1				

### *Monsternamen met de hand*

De monsters zijn vanuit een bootje met de hand genomen. Verdeeld over de locatie is een aantal plekken bemonsterd. Op de locaties waar ook treksterktemetingen zijn verricht (2010), zijn de mosselmonsters op dezelfde positie aan de MZI systemen genomen. Als meetoppervlak is dat deel van het net of touw genomen dat binnen een pvc ring met doorsnede 150 mm viel. Er is getracht het monster op 30-50 cm diepte te nemen, het net of touw is hiervoor omhoog getrokken zodat het schoonmaken boven water kon gebeuren. Met een afwasborstel werd het touw of stuk net schoongeborsteld boven een emmer. De emmer is daarna uitgespoeld boven een 0.5 mm zeef (Figuur 5) en de verzamelde mosseltjes zijn in een plastic zak gekoeld bewaard voor verdere verwerking op het lab. Door het grote gewicht was het later in het seizoen niet altijd mogelijk om het net voldoende uit het water te tillen. Er is in die gevallen vaak een kleiner oppervlak bemonsterd. In sommige gevallen werd het net met behulp van de kwekers met een kraan uit het water getrokken zodat alsnog handmatig gemonsterd kon worden (Figuur 5).



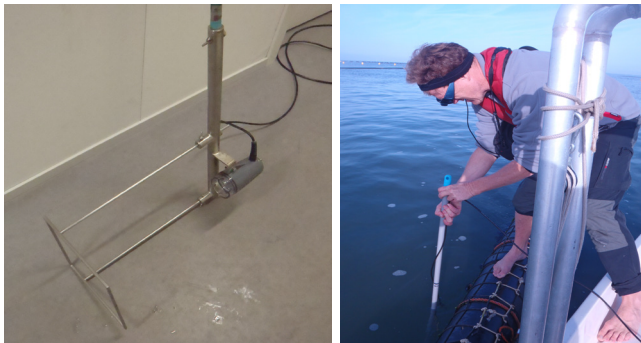
*Figuur 5: Bij het submonsternemen van touw of net werden alle mosselen van een bekend oppervlak verwijderd en meegenomen naar het lab.*



*Figuur 6: de laatste monsternamen op locatie Vuilbaard met behulp van de kraan van de BRU40.*

### *Onderwatervideo*

In 2010 is op dezelfde posities als waar de mosselmonsters werden genomen ook gefilmd. Er is gebruik gemaakt van een onderwatervideocamera (Seaviewer) aan een stok, met voor de camera een frame van 25 bij 25 cm (Figuur 7). Op de camera bevond zich een led-verlichting. Met een videobril werd het beeld gecontroleerd. Het videobeeld werd opgeslagen met een recorder. Er is gefilmd op 50 cm, 150 cm en 200 cm diepte. Er is per diepte enkele seconden stilgehouden om een zo goed mogelijk stilstaand beeld te hebben voor analyse. In 2011 is één keer gebruik gemaakt van de onderwatervideo om beelden te maken van de effecten van vraat door zeesterren.

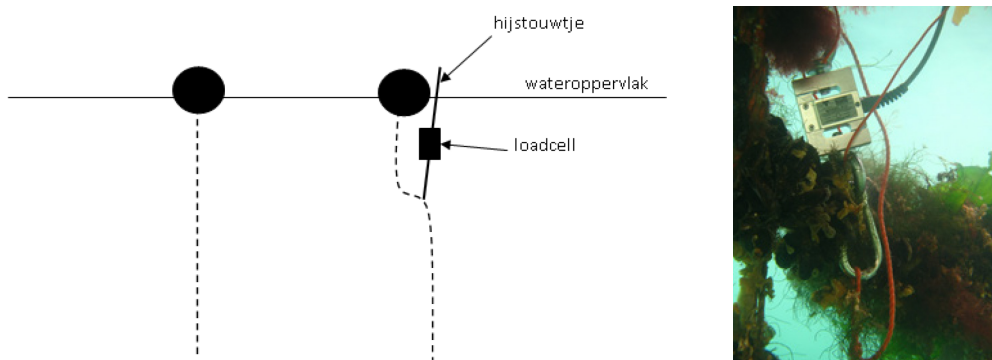


*Figuur 7: Onderwater video-camera, rechts video opnamen van de netten op de Vuilbaard.*

### Treksterkte

Treksterktemeting houden in: het bepalen van de treksterkte van een deel van een net of touw (in Newton) als maat voor de biomassa van mosselen aan het betreffende net of touw. Deze methode is ontwikkeld om te onderzoeken of de arbeidsintensieve biomassamonsters grotendeels overbodig gemaakt zouden kunnen worden (tijdwinst) en om de biomassa aan een groter oppervlak net of een grotere lengte touw te kunnen bepalen om op deze manier de variantie in de metingen te beperken (m.a.w.: effecten van ruimtelijke heterogeniteit aan de netten en touwen te beperken).

Treksterktemetingen zijn alleen uitgevoerd in 2010 en alleen aan netten. Bij het eerste bezoek aan de MZI's zijn op verspreide plaatsen per locatie trektouwjes vastgemaakt aan een maas op 65 cm diepte. Voor de meting is gebruikt gemaakt van een "loadcell" weger. De weegunit (loadcell) werd met een spanband en musketonhaak onder aan een drijver of dwarsliggers bevestigd en getarreed. Daarna werd het net met het hijstouwje opgetrokken en de maas vastgeklikt aan een tweede musketonhaak onderaan de weger (Figuur 8). De lengte van loadcell met musketonhaken was 35 cm, waarmee de maas 30 cm werd opgehesen. De gemeten waarden werden gedurende ca. 1-2 minuten gelogd met een frequentie van  $1 \text{ s}^{-1}$ . Om het effect van stroming zo klein mogelijk te houden is zo dicht mogelijk rond de kentering gemeten. Bij de Vuilbaard bleken twee netten te drijven, omdat deze van een ander materiaal (polyethyleen) waren gemaakt. Omdat we niet weten wanneer deze gezakt zijn (door aangroei van mosselen) en wat het begin gewicht van het net is hebben wij deze niet meegenomen in de wegingen.



*Figuur 8: foto loadcell en schematische opstelling weegmethode.*

## Verwerking van de monsters

De door IMARES verzamelde submonsters, en de submonsters die door verschillende ondernemers zijn aangeleverd, zijn in het lab verwerkt. Per monster is het aantal en het totale versgewicht en lengte van de mosselzaadjes (alleen zaad >1,5 mm) bepaald. Per locatie en tijdstip is de gemiddelde lengte met standaarddeviatie berekend.

Vooral in het begin van het seizoen zat er veel aangroei van andere organismen aan de touwen en de netten. Voor een betere verwerking hebben we de monsters daarom door spoelen en afgieten in 3 verschillende fracties verdeeld.

- zaad >1,5 mm, dit zijn de zaadjes die op een 1 mm zeef blijven liggen (Figuur 9), in de praktijk gingen de meeste zaadjes tot 1,5 mm lengte door de 1 mm zeef;
- zaad <1,5 mm, dit zijn de zaadjes die door de 1 mm zeef gaan maar achter blijven op de 0,5mm zeef;
- wier (als er veel wier in de monsters zat is het monster eerst in een bekersglas met zeewater gezet en is het wier hier zoveel mogelijk met de hand uit verwijderd. Hierna is het monster pas gezeefd om de beide zaad fractie te scheiden. De wierfractie is gecontroleerd op de aanwezigheid van vastgehechte mosseltjes).



Figuur 9: Mosselzaadjes uit fractie zaad >1,5mm.

In 2010 zijn, indien 6 monsters waren genomen, per monster minstens 50 mosselen gemeten. Waren 3 monsters genomen, dan zijn minstens 100 mosselen per monster gemeten. Dit is zowel voor de fracties <1,5 mm, >1,5 mm als voor de wierfractie gedaan.

In 2011 zijn alleen voor de fractie >1,5 mm minstens 100 mosseltjes gemeten.

Door het monster meerdere keren te wassen en af te gieten kon een grove scheiding worden gemaakt tussen wier (en andere aangroei) en relatief schone mosselzaadjes. In 2010 is het monster met het wier in een petrischaaltje onder de binoculair volledig nagekeken en de eventueel aanwezige mosseltjes geteld en gemeten. In 2011 is, afhankelijk van de hoeveelheid, de hele wierfractie of een deelmonster hiervan geteld en zoveel mogelijk in de 2 lengteklassen, <1,5 mm en >1,5 mm verdeeld.

Na het verwijderen van de tarra werd de rest van het monster gezeefd over 2, in elkaar passende, 1mm en 0,5 mm zeven. Hierdoor werden de < 1,5 mm en de > 1,5 mm fractie van elkaar gescheiden. Afhankelijk van de hoeveelheid werden deze fracties helemaal geteld of er werd weer een deelmonster genomen.

De gehele fractie, of een deelmonster hiervan, werd uitgespreid in een petrischaaltje of fotobak en de mosseltjes werden geteld. Van 50 tot 100 mosseltjes werd de lengte gemeten vanaf een digitale foto met behulp van een image analyse programma (Leica QWIN). Voor grote exemplaren is een digitale schuifmaat gebruikt. Bij het meten van de lengte is steeds de grootste lengte gemeten.

## Onderwatervideo

In 2010 zijn de video-opnamen van de MZI's op het lab bekeken en zijn stilstaande beelden gebruikt om een kwalitatieve schatting te maken van de bedekking met mosseltjes en met aangroei van andere organismen.

De aangroei van andere organismen is onderverdeeld in:

1. Weinig, enkel plukjes aangroei, beetje pokken
2. Matig tot veel aangroei, netstructuur goed zichtbaar
3. Veel aangroei, netstructuur slecht zichtbaar

De bedekking met mosseltjes is geschat door over de foto een raster met 100 punten te leggen en de punten met daaronder mosseltjes te tellen. Dit leidde tot een inschatting van bedekkingspercentages in vier klassen:

1. 0 - 25
2. >25 - 50
3. >50 - 75
4. >75 - 100

Deze benadering bleek alleen later in het seizoen mogelijk. In de eerste maanden waren de mosseltjes te klein om met de camera te zien. Omdat de netten ca. 20% van het beeld besloegen is dan genoteerd <20, bij de touwen was dit <50. "Niet te zien" is genoteerd als X.

In 2011 is de onderwatervideo niet gebruikt voor de bedekkingsschatting.

## Statistische analyse

Voor een inschatting van de gemiddelde groei zijn de lengtes van mosselen uit alle fracties samengevoegd. Omdat per fractie steeds een vast aantal mosselen is opgemeten, en niet alle mosselen zijn gemeten, hebben we gemiddelde lengtes per geheel monster berekend onder de aanname dat de verhouding in lengtes zoals gemeten in de submonsters representatief is voor het gehele monster. De lengtes zijn uitgezet tegen de tijd in dagen van het jaar (vanaf 1 januari). Een gemodificeerde Von-Bertalanffy-groefunctie is door de groeigegevens van de zaadmosselen gefit (Pauly et al. 1992). De Von-Bertalanffy-curve is aangepast met een sinusfunctie waardoor de groeicurve wordt gecorrigeerd voor seizoensafhankelijke verschillen in groeisnelheid. Voor een uitgebreidere beschrijving van de methodiek wordt verwezen naar De Mesel et al. (2009). De gemodificeerde Von-Bertalanffy-curve heeft de volgende vorm:

$$L_t = L_{\infty} \times \left( 1 - e^{-[k \times (t - t_0) + S(t) - S(t_0)]} \right)$$

$$S(t) = \frac{C \times k}{2\pi} \times \sin(2\pi \times (t - t_s))$$

$$S(t_0) = \frac{C \times k}{2\pi} \times \sin(2\pi \times (t_0 - t_s))$$

$L_t$  = lengte op moment  $t$  (mm)  
 $L_\infty$  = maximum lengte (65 mm)  
 $k$  = relatieve groei snelheid per dag ( $d^{-1}$ )  
 $t_0$  = theoretische starttijd groei (lengte=0)  
 $t$  = tijd (dag)  
 $C$  = spreiding groeiverschillen  
 $t_s$  = fase verschuiving

De maximale lengte die bereikt kan worden is gesteld op 65 mm (gebaseerd op De Mesel et al. 2009; welke lengte hier precies gekozen wordt blijkt echter van weinig invloed op hoe goed de curve de data volgt omdat de data slechts de eerste korte periode van het leven van de mosselen beschrijven;  $R^2$  blijft afgerond op 2 decimalen hetzelfde voor maximale lengtes variërend van 60 tot 85 mm). Het model schat de parameters  $t_0$ ,  $k$ ,  $C$  en  $t_s$ . Voor de data uit 2010 is  $t_0$  gefixeerd op dag 134, wat overeenkomt met het geschatte tijdstip van eerste broedval.

Voor een analyse van het verloop in biomassa in de tijd zijn eerst in Excel trendlijnen gefit. Vervolgens is in SPSS, na ln-transformatie van de biomassa's, een General Linear Model Univariaat (GLM) uitgevoerd. Onderzocht is of er significante verschillen waren tussen de hellingshoeken van de lineaire trendlijnen, wat duidt op een verschil in groeisnelheid. In de resultaten zijn als uitkomsten van deze statistische analyses gegeven:  $R^2$ ,  $F$  en of de p-waarde hoger of lager is dan 0.05.

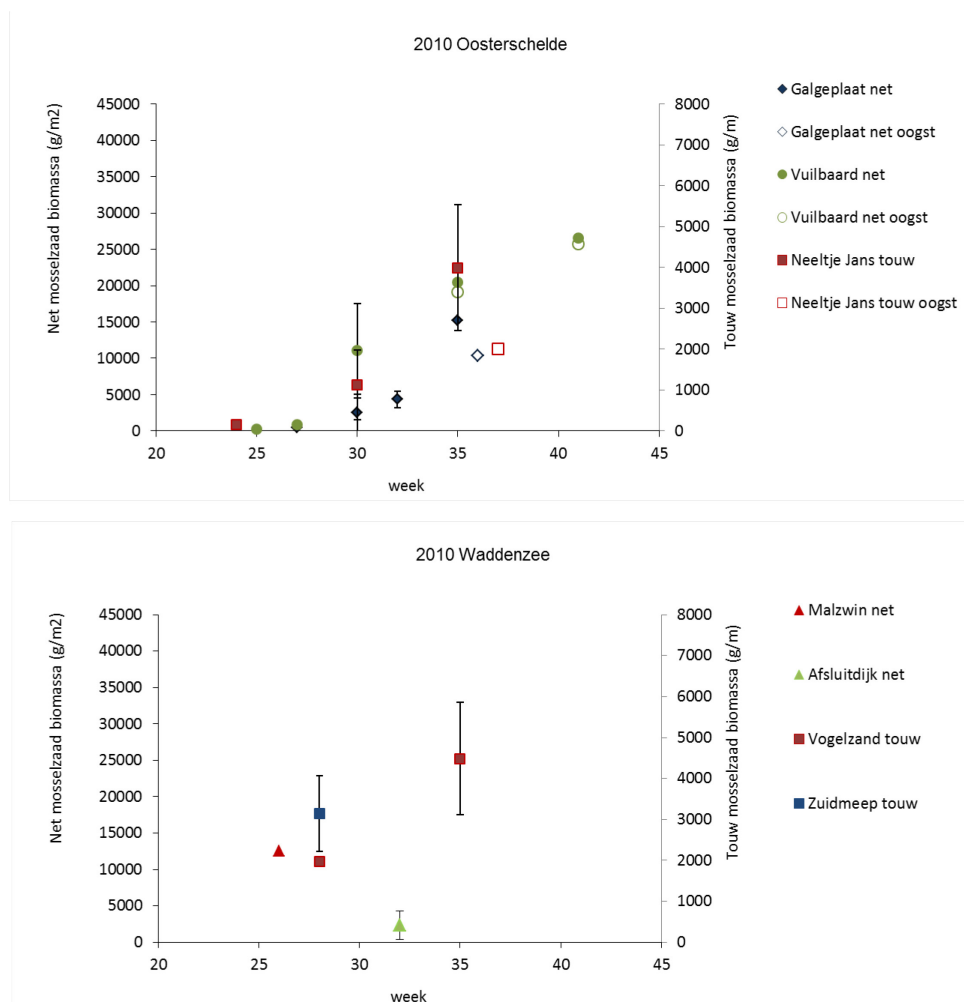


### 3. Resultaten

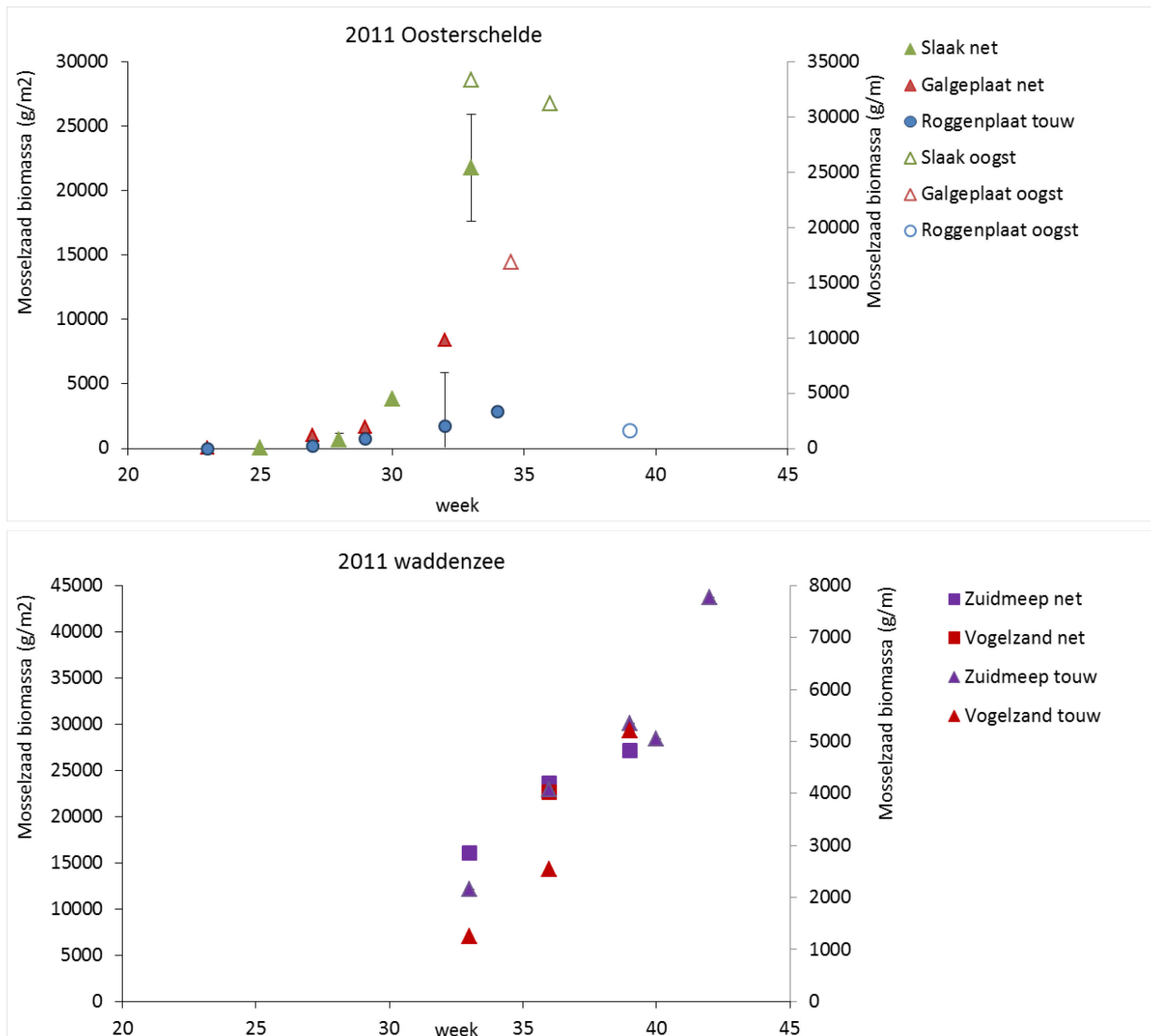
#### Ontwikkeling biomassa en dichtheden

Bij het eerste bezoek aan de locatie Neeltje Jans, op 18 mei 2010, bleek zaadval al te hebben plaatsgevonden. De zadjes waren met het blote oog niet waarneembaar, maar bij onderzoek met binoculair bleek zaad kleiner dan 1 mm reeds aanwezig te zijn. Broedval op de overige locaties heeft waarschijnlijk omstreeks dezelfde tijd, of later, plaatsgevonden.

De biomassa aan mosselzaad nam gedurende het zomerseizoen in 2010 toe tot zo'n 15 - 27 kg (versgewicht) per m<sup>2</sup> net (resp. Galgeplaat en Vuilbaard) en 4 kg per m touw (Neeltje Jans) (Figuur 10). In de Waddenzee werd in week 35 op het Vogelzand gemiddeld 4,5 kg per meter touw gemeten. In 2011 werd op de netten in de Oosterschelde maximaal 16-22 kg per m<sup>2</sup> net (resp. Galgeplaat en Slaak) aangetroffen en bij de Roggenplaat 3 kg per meter touw (Figuur 11). In de Waddenzee werd op de touwen tot 8 kg per m en op de netten tot 27 kg per m<sup>2</sup> gemeten (Zuidmeep).



Figuur 10: Biomassa ontwikkeling van mosselzaad > 1,5 mm per MZI-systeem in Oosterschelde en Waddenzee, 2010, uitgedrukt in g/m<sup>2</sup> voor de netten (linker y-as) en in g/m voor de touwen (rechter y-as). Gemiddelden met standaarddeviaties zijn gegeven. Oogstgegevens, omgerekend naar g m<sup>-2</sup> en g m<sup>-1</sup>, zijn aangegeven als open symbolen voor de Oosterschelde. Data van de Waddenzee zijn bepaald uit monsters aangeleverd door de kwekers.



Figuur 11: Biomassa ontwikkeling van mosselzaad > 1,5 mm per MZI-systeem in Oosterschelde en Waddenzee, 2011, uitgedrukt in g/m<sup>2</sup> voor de netten (linker y-as) en in g/m voor de touwen (rechter y-as). Gemiddelden en standaarddeviaties zijn gegeven. Oogstgegevens, omgerekend naar g m<sup>-2</sup> en g m<sup>-1</sup>, zijn aangegeven als open symbolen voor de Oosterschelde.

In 2010 bleef de ontwikkeling in biomassa op de netten van de Galgeplaat achter bij die op de netten van de Vuilbaard. De ingeschatte biomassa per vierkante meter Easyfarm net op de Vuilbaard in de Oosterschelde was veel hoger dan de biomassa aan de vergelijkbare netten van Van IJsseldijk op de locatie Afsluitdijk in de Waddenzee. In deze monsters werden grote hoeveelheden zeepokken aangetroffen. De biomassa aan touwen was in de Oosterschelde ongeveer gelijk aan die in de Waddenzee in 2010.

In 2010 en 2011 gaf de ontwikkeling in biomassa aan de MZI's in de Oosterschelde een goede fit met een 'power' functie ( $y = ax^b$ ) ( $R^2$ : Galgeplaat 0,65 in 2010 en 0,90 in 2011; Neeltje Jans 0,71; Roggenplaat 0,86; Slaak 0,94; Vuilbaard 0,73). De ontwikkelingssnelheid in biomassa verschilde significant tussen de locaties in de Oosterschelde in 2010 en 2011 (General Linear Model Univariaat verschil tussen hellingshoeken:  $p = 0,000$ ;  $F = 17,3$  in 2010;  $p = 0,000$ ;  $F = 85,7$  in 2011). In 2010

verliep de ontwikkeling in biomassa op de locaties Vuilbaard en Neeltje Jans even snel, met consequent hogere biomassa's op de Vuilbaard. Biomassa's op de Galgeplaat groeiden sneller aan. In 2011 trad de snelste groei op in het Slaak, gevolgd door de Galgeplaat. De biomassa-ontwikkeling op de Roggenplaat was het langzaamst.

De totale biomassa aan mosselen op de gemonitorde MZI-systemen is weergegeven in Tabel 4. In Figuur 10 en Figuur 11 is te zien hoe de oogstgegevens, omgerekend naar biomassa per m<sup>2</sup> en per m, zich verhouden tot de resultaten uit onze bemonsteringen. De oogstgegevens liggen redelijk op één lijn met de resultaten uit de mosselmonsters.

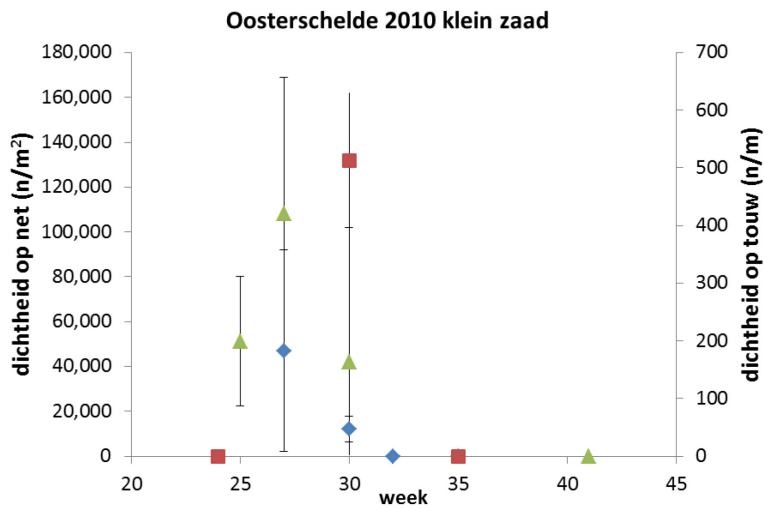
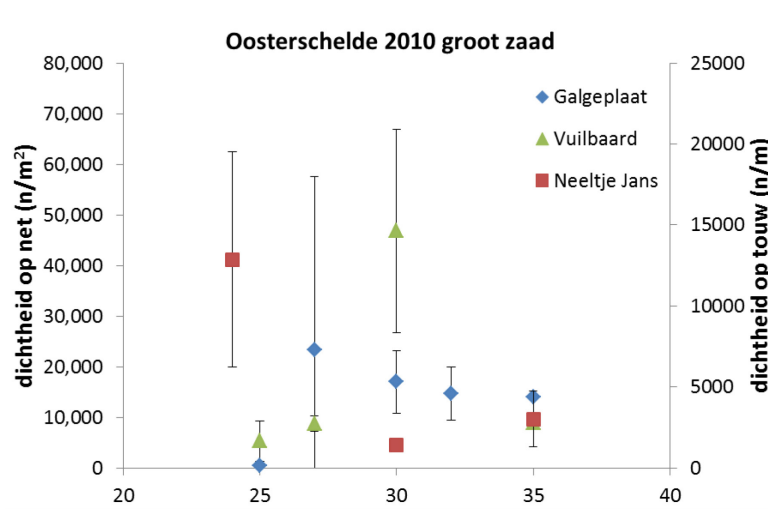
*Tabel 4. Hier wordt gegeven: de totale biomassa aan de gehele MZI-systemen ten tijde van de oogst (gegevens aangeleverd door de kwekers). Ook is te zien wat de totale lengte aan longlines, of de totale oppervlakte aan netten is per systeem.*

Jaar	Locatie	Week	lengte touw (m)	oppervlak net (m <sup>2</sup> )	biomassa g/m	biomassa g/m <sup>2</sup>
2010	Galgeplaat	34.5		17820		10381
2010	Neeltje Jans	37	10000		2000	
2010	Vuilbaard	41		2880		25694
2011	Slaak	36		4800		31250
2011	Slaak	33		2100		33333
2011	Roggenplaat	39	20000		1625	
2011	Galgeplaat	34.5		17820		16835

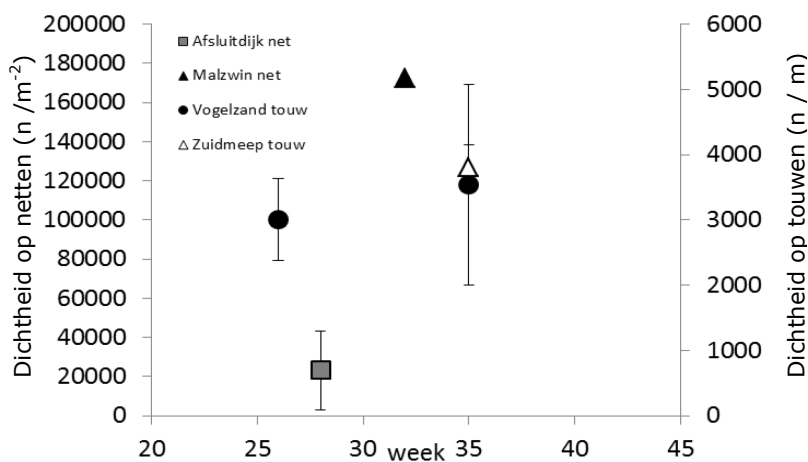
In 2010 namen bij zaadmosselen >1 mm dichtheden toe tot zo'n 25.000 per m<sup>2</sup> in week 27 op de Galgeplaat en tot zo'n 50.000 per m<sup>2</sup> in week 30 op de Vuilbaard (Figuur 12). Op de locatie Neeltje Jans werden de hoogste dichtheden al bij de eerste bemonstering in week 24 aangetroffen (zo'n 15.000 per m). Daarna namen de dichtheden af, wat veroorzaakt zal zijn door sterfte en het afvallen van mosselen (wat waarschijnlijk ook neerkomt op sterfte). Voorafgaand aan de hoogste piek in dichtheden trad natuurlijk ook sterfte onder mosselen > 1,5 mm op, maar dit is in de data niet zichtbaar door voortdurende aanwas van mosselbroed. Dichtheden groot mosselzaad aangetroffen op MZI's in de Waddenzee lagen opvallend hoger dan de Oosterschelde voor wat betreft netten (behalve locatie Afsluitdijk) maar waren vergelijkbaar als het gaat om touwen (Figuur 13).

In 2010 bereikten de dichtheden van zaad < 1,5 mm een maximum rond week 26 (gemiddeld rond de 20.000 per m<sup>2</sup> net) (Figuur 12). Daarna namen de aantallen af, wat veroorzaakt zal zijn door sterfte en het uitgroeien naar de grootteklasse >1 mm. Na week 30 zal de aanwas waarschijnlijk gering tot nihil geweest zijn.

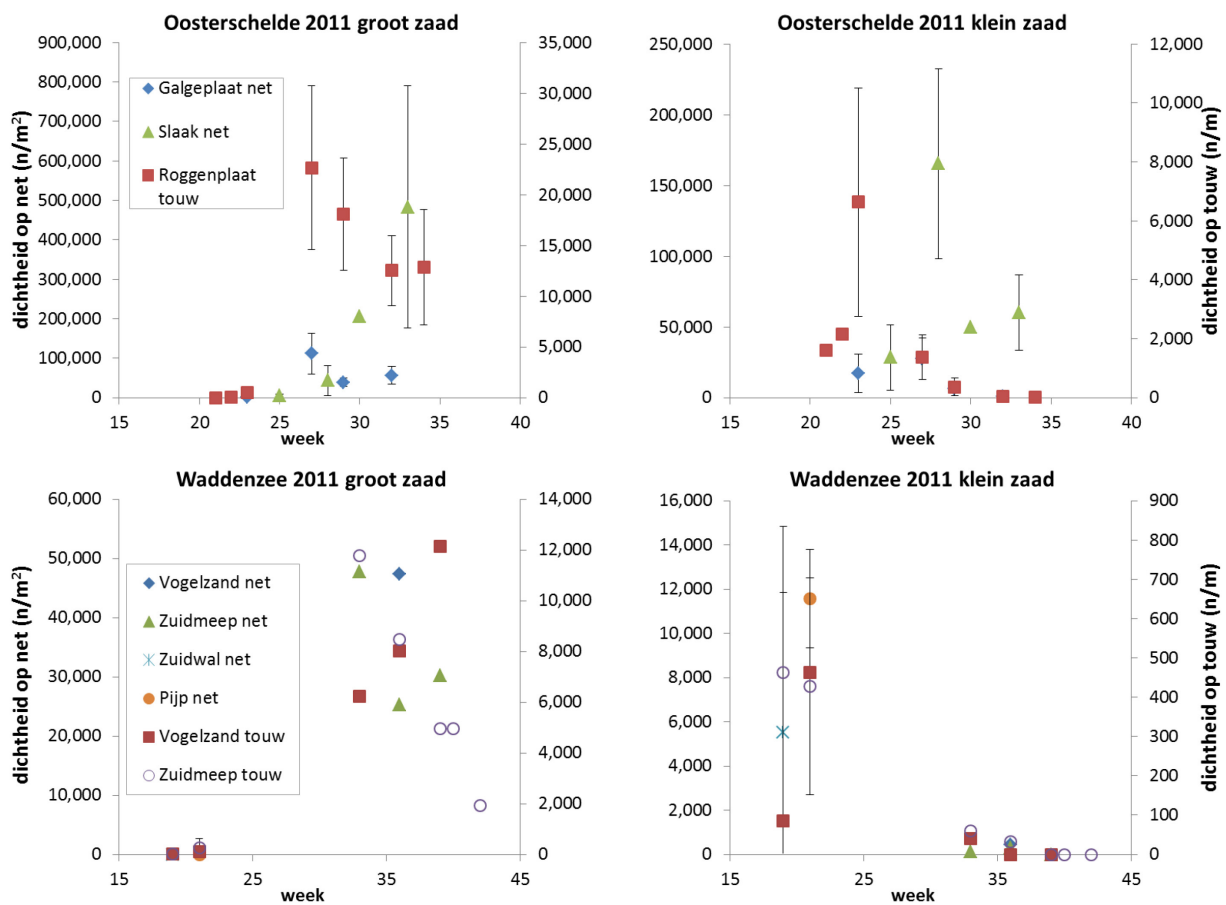
In 2011 bereikte de dichtheid aan groot zaad in de Oosterschelde een maximum in week 27 op de locaties Roggenplaat en Galgeplaat. Dichtheden aan de netten in het Slaak bleven toenemen tot en met de laatste monsterdatum in week 33 (Figuur 14). Het Slaak bereikte veel grotere dichtheden dan de Galgeplaat, ook een systeem met netten. In de Waddenzee lieten alle bemonsterde systemen globaal een maximale dichtheid zien rond week 35. Het verloop in dichtheden van klein zaad geeft een indicatie van de mate van nieuwe aanwas. Klein zaad werd in Oosterschelde en Waddenzee na week 30 nog amper aangetroffen. Het Slaak was een uitzondering. Hier werden ook na week 30 nog grote hoeveelheden kleine zaadjes aangetroffen.



Figuur 12. Ontwikkeling in dichtheden groot mosselzaad (> 1,5 mm) en klein mosselzaad (< 1,5 mm) aan MZI-systemen in de Oosterschelde in 2010. Dichtheden en standaarddeviaties zijn gegeven voor de locaties Galgeplaat (netten), Vuilbaard (netten) en Neeltje Jans (touwen).



Figuur 13: Ontwikkeling van de dichtheid (met standaard deviatie) van mosselzaadjes aan de MZI-systemen in de Waddenzee in 2010, uitgedrukt in  $n/m^2$  voor de netten en in  $n/m$  voor de touwen. Het betreft hier uitsluitend mosselen groter dan 1,5 mm, uit monsters aangeleverd door de kwekers zelf.

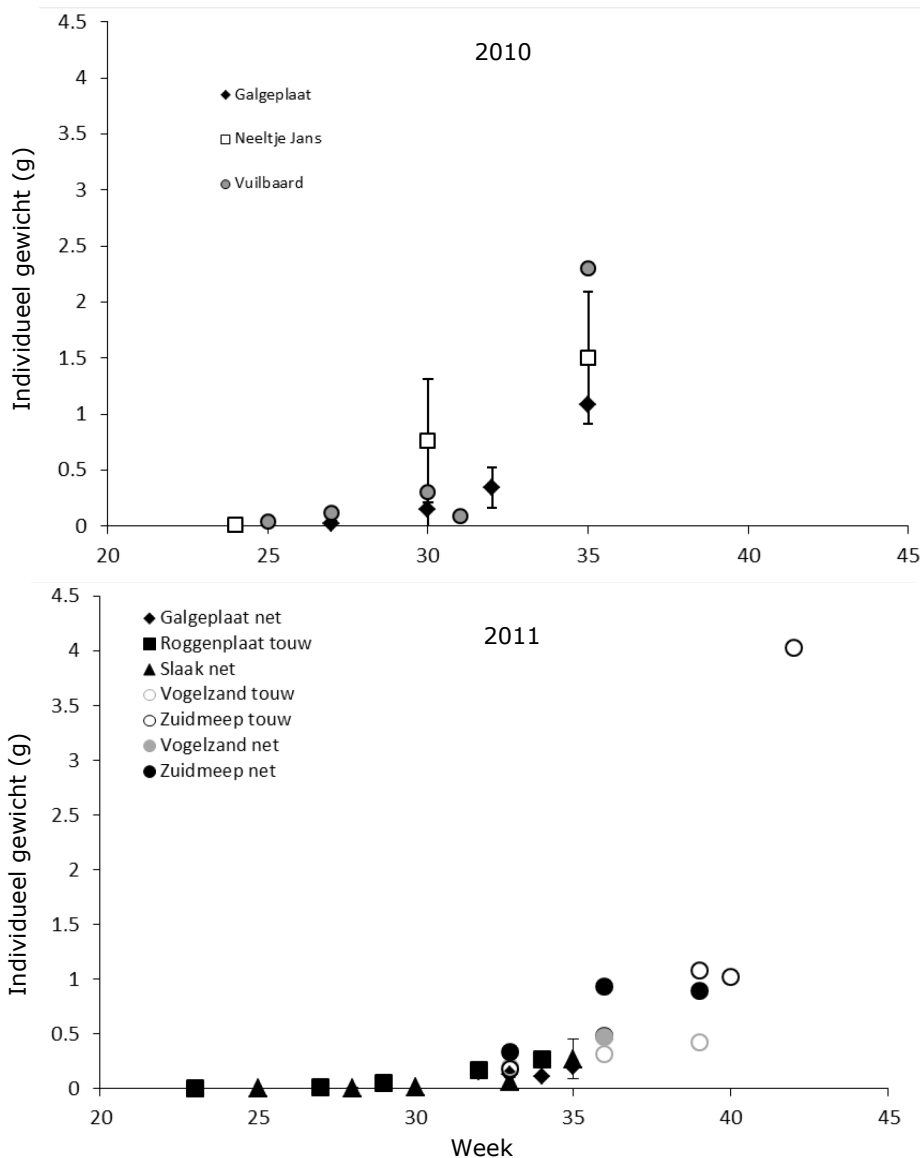


Figuur 14: Ontwikkeling van de dichtheid van mosselzadjes aan de MZI-systemen in de Oosterschelde en Waddenzee in 2011, uitgedrukt in  $n/m^2$  voor de netten van Galgeplaat, Slaak, Vogelzand, Zuidmeep, Pijp en Zuidwal en in  $n/m$  voor de touwen van Roggenplaat, Vogelzand en Zuidmeep. Grafieken (met standaard deviatie) zijn weergegeven voor de fracties: groot zaad ( $> 1,5$  mm) en klein zaad ( $< 1,5$  mm).

Door de biomassa's te delen door aantallen zijn individuele gewichten van de MZI-zaadmosselen berekend (Figuur 15). Gemiddeld waren de individuele gewichten in 2010 hoger op de locatie Neeltje Jans dan op de Vuilbaard, en hoger op de Vuilbaard dan de Galgeplaat. Deze verschillen waren significant (GLM univariaat:  $p < 0,1$ ; Galgeplaat – Vuilbaard  $p = 0,057$ ,  $F = 3,87$ ; Vuilbaard – Neeltje Jans  $p = 0,056$ ,  $F = 3,98$ ; Galgeplaat – Neeltje Jans  $p = 0,000$ ,  $F = 23,85$ ). In 2011 waren de verschillen kleiner en zijn ze niet getoetst omdat de periode van bemonstering in de Waddenzee en Oosterschelde niet goed overeen kwam en omdat voor de Waddenzee te weinig gegevens per MZI-systeem waren.

### Groei en aanwas van MZI-mosselen

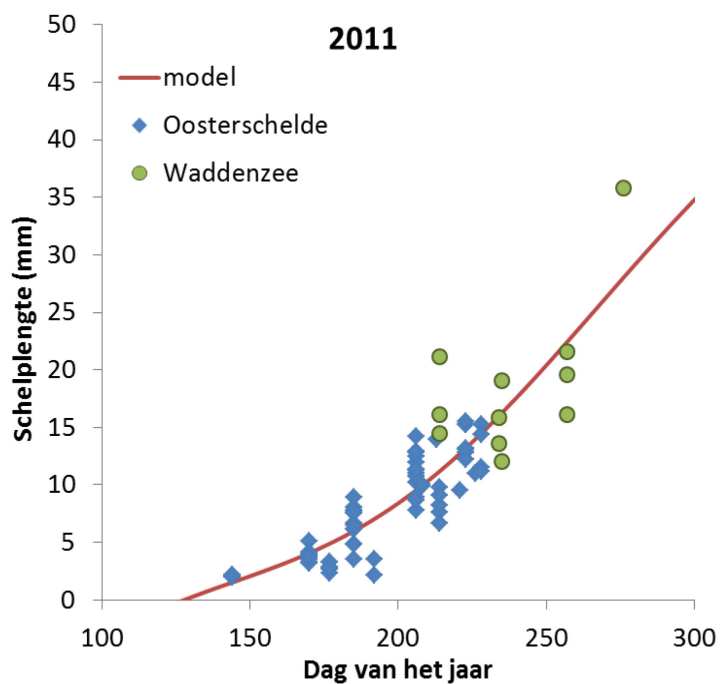
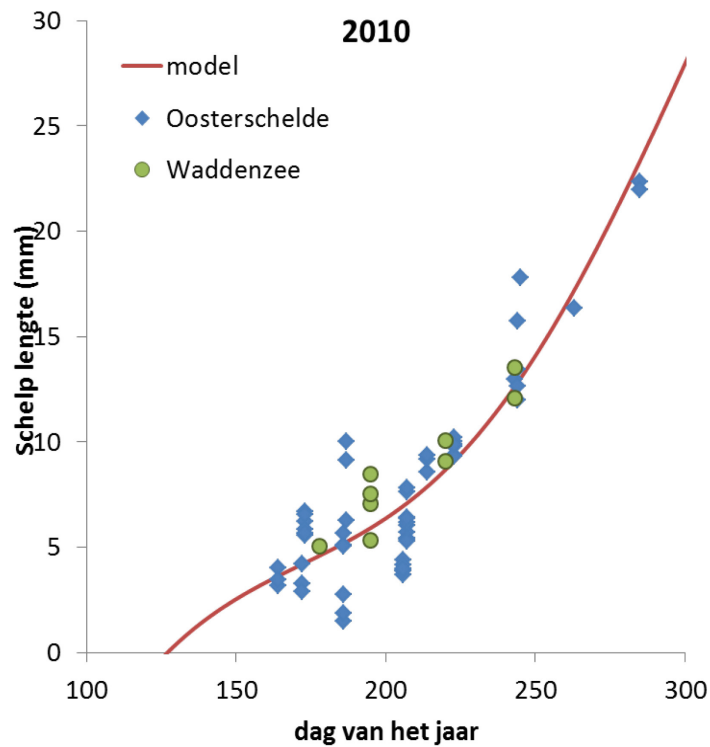
Uit de verkregen data zijn schattingen gemaakt voor de groei en aanwas van MZI-mosselen (Figuur 16). Dit zijn echter ruwe schattingen vanwege de complicerende factor van aanhoudende nieuwe aanwas waardoor gemiddelde lengtes worden verkleind. Daardoor zijn in de gegevens aanwas en sterfte niet van elkaar te onderscheiden. Door puur naar de toename in aantallen te kijken zou de aanwas onderschat worden. Hetzelfde geldt voor een inschatting van de sterfte. Door puur naar de afname in aantallen te kijken wordt de sterfte onderschat.



Figuur 15: Ontwikkeling van individuele gewichten van juveniele mosselen aan de MZI's in 2010 (boven) en 2011 (onder).

Voor 2010 moest de theoretische starttijd worden gefixeerd voor een redelijke fit van het model. Als starttijd is 15 mei aangenomen (dag 134), overeenkomend met observaties in het veld. Voor de data uit 2011 heeft het model een startdag geschat op dag 128, wat niet onrealistisch is.

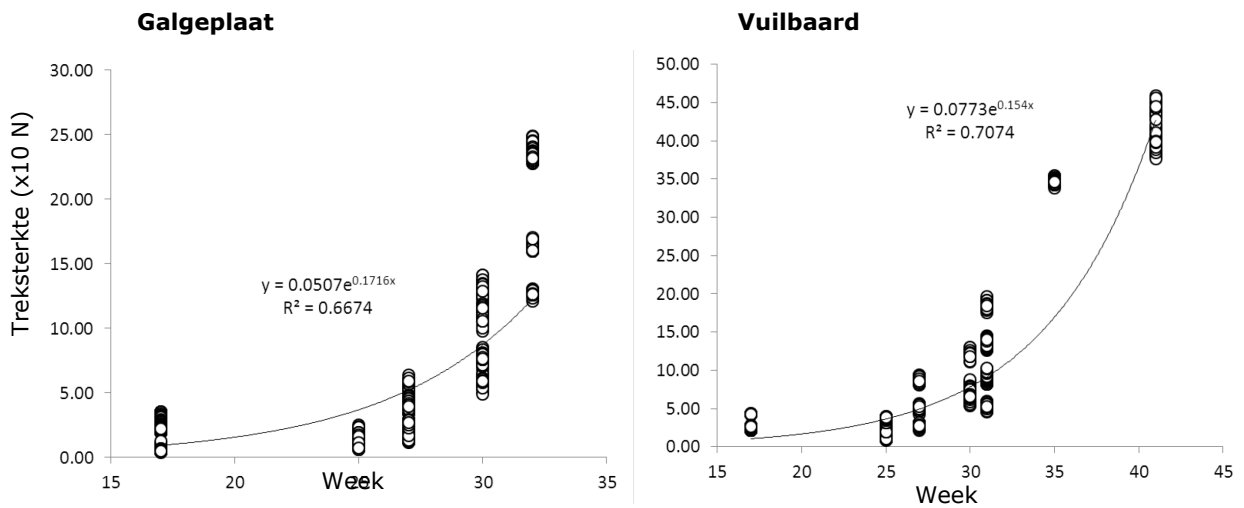
De fit van de gebruikte VonBertalanffy-groei-curve is goed:  $R^2 = 0,82$  in 2010 en  $R^2 = 0,81$  in 2011, en beter dan wanneer een lineaire trendlijn werd gefit ( $R^2$  0,74 – 0,77). Hoewel de schelpenlengte van mosselzaad in de eerste weken een lineaire toename in de tijd vertoont is dit een benadering van een klein onderdeel van de groei van een mossel tot maximale lengte. Zoals door De Mesel et al. (2009) is gedemonstreerd volgt de groei van een mossel de ook in dit rapport gebruikte VonBertalanffy-groei-curve en is het daarom beter om deze curve te fitten in plaats van de werkelijke groei te benaderen met een lineaire trendlijn. De door het model geschatte relatieve groei snelheid per dag ( $k$ ) was  $5,88 \times 10^{-3} \text{ mm d}^{-1}$  in 2010 en  $5,31 \times 10^{-3} \text{ mm d}^{-1}$  in 2011.



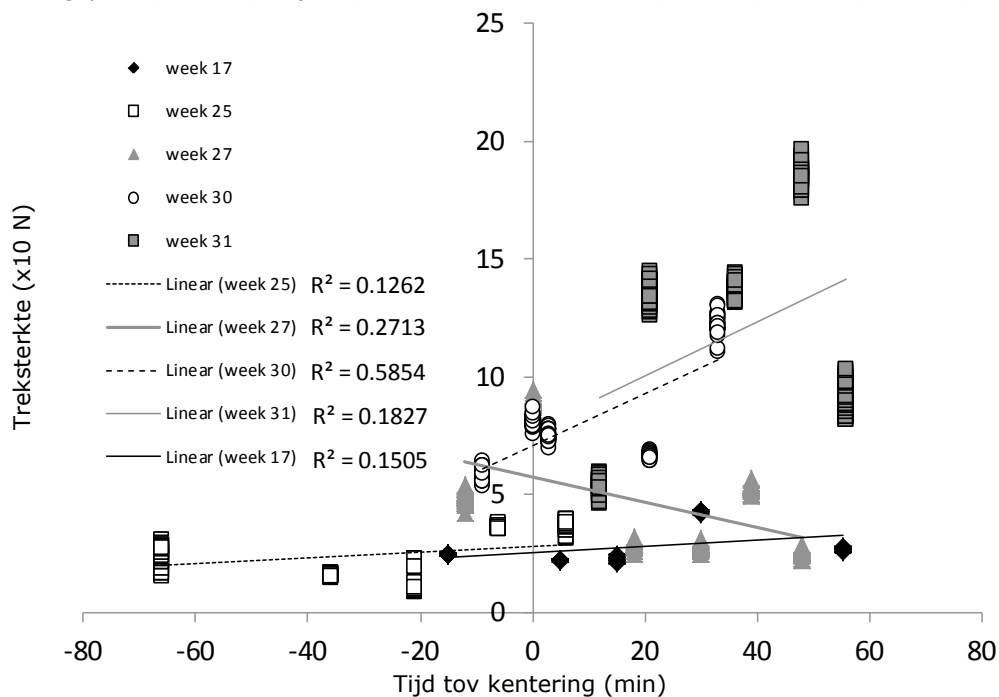
*Figuur 16: Groei van mosselen aan de MZI's in Oosterschelde en Waddenzee in 2010 en 2011. De gemiddelde lengte van de mosselen is voor alle meetpunten (1-6 per MZI) uitgezet tegen de tijd, uitgedrukt als dag van het jaar. Voor de data uit 2010 is het tijdstip waarop de lengte 0 is vastgezet op dag 134, wat overeenkomt met het geschatte tijdstip van eerste broedval. De fit van het model op de data is goed:  $R^2 = 0,82$  in 2010 en  $R^2 = 0,81$  in 2011 (berekend met een maximale lengte van 65 mm).*

## Weegmethode

De treksterktemetingen in 2010 op de Galgeplaat en de Vuilbaard lieten duidelijk een toename zien in de tijd. In Figuur 17 zijn alle metingen geplot, waarna er een exponentiële trendlijn door geplot is. Deze geven een redelijk goede fit ( $R^2 = 0,67 - 0,71$ ).



Figuur 17: De ontwikkeling van gemeten treksterktes aan de verschillende MZI-systemen met netten (A: Galgeplaat, B: Vuilbaard).

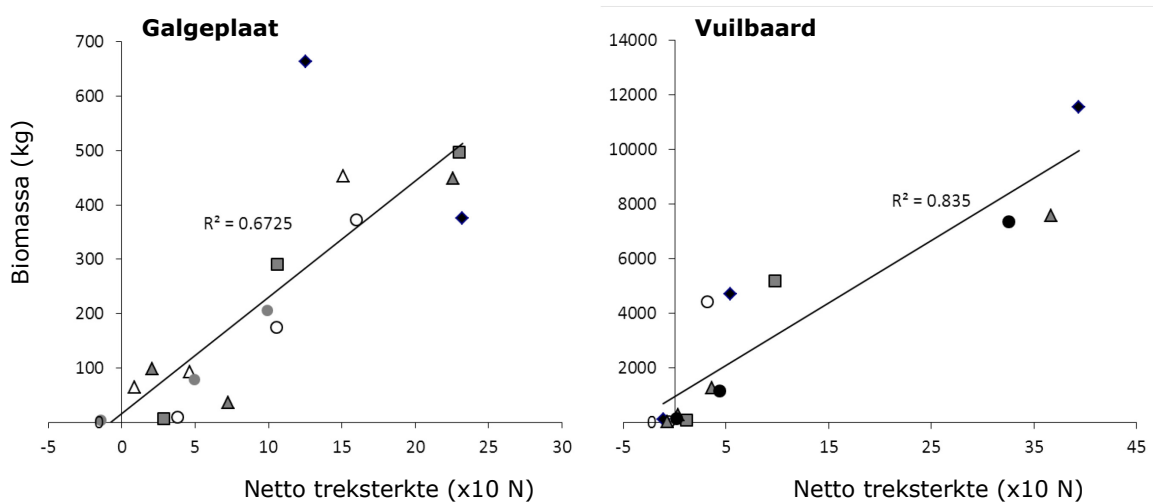


Figuur 18: treksterkte als functie van de tijd ten opzichte van de kentering. Per week zijn alle meetpunten in de MZI op de Vuilbaard uitgezet (zie legenda). Per week werd een significante relatie gevonden (lineaire regressie na ln-transformatie:  $p < 0,05$ ).



De treksterktebepalingen zijn in de tijd zo geconcentreerd mogelijk rond de kentering gedaan, omdat verwacht werd dat het trekken van de stroming aan de netten de meting zou beïnvloeden. Toch zat er al gauw een uur tussen de eerste en laatste meting op een dag aan dezelfde MZI. Figuur 18 laat zien dat dit waarschijnlijk van invloed is geweest op de verkregen treksterktes en dat een groot tijdsinterval tussen de meetmomenten vooral aan het einde van het seizoen als de biomassa hoog is voor een vergrote variatie in metingen zorgt. Op de locatie Vuilbaard werd voor elke week waarin de metingen zijn uitgevoerd een significante relatie gevonden tussen de treksterkte en tijd ten opzichte van de kentering (Figuur 18). De weken 35 en 41, waarin geoogst werd, zijn niet meegenomen omdat hier slechts 1-2 punten bemonsterd zijn. Hoewel de relatie voor de weken 17 tot en met 31 significant was, waren de absolute verschillen in de weken 17 tot en met 27 zeer klein. Pas in de weken 30 en 31 zijn de absolute verschillen een stuk groter. Dit laat zien dat hoe meer biomassa aan de MZI aanwezig is, hoe meer de getijdenstroming hier vat op heeft en hoe belangrijker het dus wordt om precies op de kentering te meten. Voor de locatie Galgeplaat wordt op basis van de variatie per monsterdatum eenzelfde relatie met de tijd ten opzichte van de kentering verwacht.

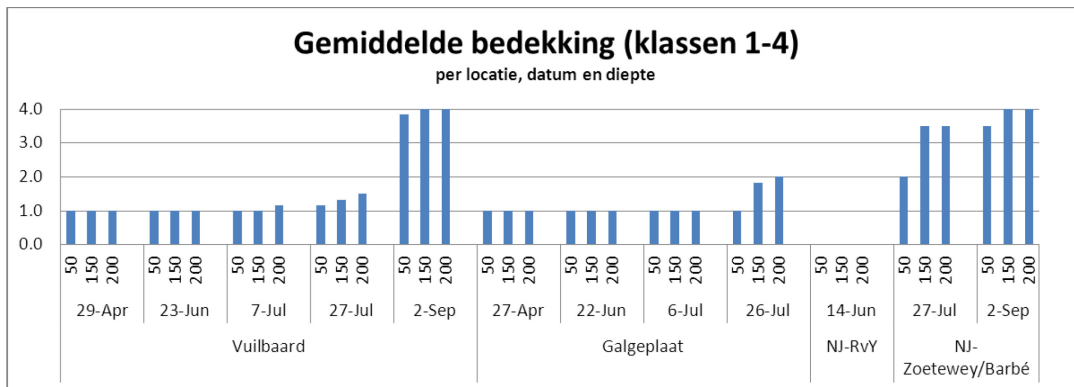
Tussen de treksterktes en biomassa bepaald uit de submonsters werd een significant lineair verband gevonden, welke gebruikt zou kunnen worden als ijklijn voor verdere treksterktmetingen (Figuur 19).



Figuur 19: Relatie tussen de gemeten netto treksterkte (treksterkte op  $t_x$  minus treksterkte op  $t_0$ ) en biomassa bepaald uit submonsters. De biomassa is hierin berekend voor een gehele MZI-unit; voor de locatie Galgeplaat een vlot (met daarin 5,5 net), voor de locatie Vuilbaard een geheel net. De verschillende meetlocaties binnen de MZI-systemen zijn weergegeven met verschillende symbolen. De lineaire trendlijn is toegepast voor de gehele dataset. Voor beide MZI-locaties werd een significant lineair verband gevonden (lineaire regressie:  $p < 0,05$ ).

## Onderwatervideobeelden

Omdat in de eerste maanden van 2010 de mosseltjes klein bleven en er sprake was van veel aangroei van andere organismen kon de bedekking met mosseltjes pas redelijk ingeschat worden aan het eind van de metingen (eind juli – september). Vóór die tijd kon alleen een zeer ruwe inschatting worden gemaakt. In de periode juli – september was de bedekking op alle locaties op een diepte van 50 cm consequent lager dan op grotere diepte (Figuur 20).

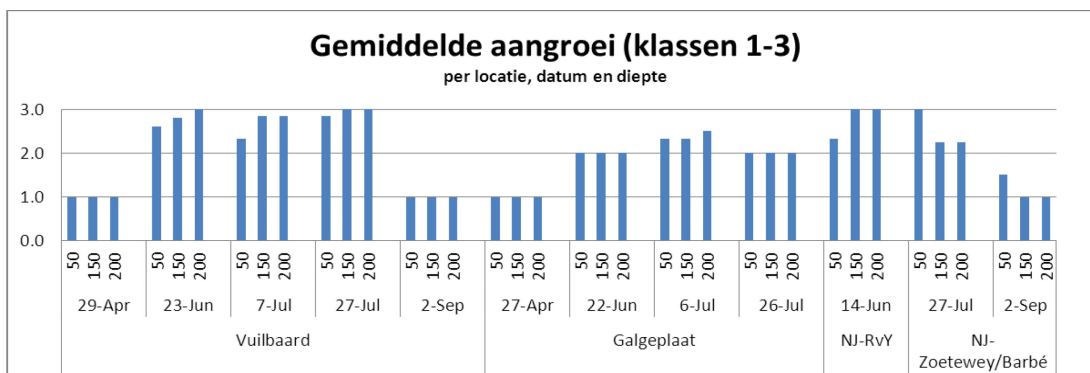


Figuur 20: gemiddelde bedekking met mosselen (in klassen) per locatie, datum en diepte

Na het uitzetten raakten de MZI's matig tot sterk begroeid met o.a. wieren en andere fouling (Figuur 21). In augustus en september was de fouling verminderd tot weinig. Bij de Vuilbaard was de hele periode op 50 cm de minste fouling terwijl bij de Neeltje Jans eind juli en september juist op 50 cm de meeste fouling was. Bij de Galgeplaat was er weinig verschil over de diepten (Figuur 22).



Figuur 21: net met weinig, matig en veel aangroei van andere organismen zoals wieren



Figuur 22: gemiddelde aangroei van andere organismen (in klassen) per locatie, datum en diepte

## 4. Discussie en conclusies

### Ontwikkeling biomassa en dichtheden

Aantallen mosselzaadjes < 1,5 mm namen vanaf het begin van de metingen toe tot en met week 27, waarna de aantallen weer afnamen. Dit geeft aan dat na week 27 geen broedval van betekenis meer is opgetreden. De toename tot en met week 27 is alleen te verklaren door broedval na week 25. In 2011 werd na week 30 geen klein mosselzaad meer aangetroffen, behalve op de locatie Slaak. De toename in aantallen zaadjes < 1,5 mm is een resultante van nieuwe aanwas, sterfte, en uitgroei naar de grootteklasse > 1,5 mm. Deze drie componenten zijn in de huidige dataset niet goed van elkaar te isoleren. Wel is na week 30 geen klein zaad meer aangetroffen (behalve in Slaak, Oosterschelde). Dus vóór week 30 is de afname in aantallen mosselzaad > 1,5 mm een resultante van aanwas vanuit de categorie < 1,5 mm en sterfte (waaronder het afvallen van de MZI), en na week 30 blijft alleen de factor sterfte over.

Hoewel mosselzaadjes < 1,5 mm in aantallen een grote component vormen van de totale mosselbiomassa, zijn ze qua gewicht verwaarloosbaar. De schattingen van totale biomassa per vierkante meter net of per meter touw uit de genomen mosselmonsters komen redelijk overeen met de schatting vanuit door de kwekers aangeleverde oogstgegevens. De lagere schatting uit de mosselmonsters in het Slaak in 2012, en op de Galgeplaat en Neeltje Jans in 2010, kunnen zijn veroorzaakt door een onderschatting als gevolg van verlies aan mosseltjes tijdens het monstereen. De oogstwaarden op de locatie Roggenplaat in 2011 zijn lager dan verwacht op basis van onze maximale aangetroffen biomassa. De oogst heeft hier echter pas een aantal weken na de laatste bemonstering plaatsgevonden, terwijl in onze laatste monsterweek al redelijke aantallen zeesterren werden waargenomen. In de periode tussen onze bemonstering en de oogst is er waarschijnlijk een aanzienlijk verlies aan mosselzaad geweest.

In individuele gewichten van de mosselen was er in 2010 een trend zichtbaar van monding naar middencompartiment van de Oosterschelde (Neeltje Jans → Vuilbaard → Galgeplaat). Dit kan te maken hebben met het voedselaanbod voor de mosseltjes, dat beter zou kunnen zijn richting monding, maar het kan ook veroorzaakt zijn doordat broedval vroeger is opgetreden dicht bij de monding van de Oosterschelde toe. Door de kwekers zelf werd opgemerkt dat broedval vroeger is op de locatie Neeltje Jans, en pas weken later helemaal in de Noordelijke Tak, in het Slaak. Bij een eerdere broedval hebben de mosseltjes langer de tijd gehad om te groeien.

### Groei en aanwas

De groei van de mosselen volgde een Von-Bertalanffy-groei-curve. De groei van individuele mosselen in onze dataset is berekend uit biomassa per monster gedeeld door het aantal mosselzaadjes per monster. Nieuwe zaadval (aanwas) op de netten en sterfte van mosseltjes aan de netten is van invloed op de gemiddelde lengtetoeename van de mosselen. De gefitte Von-Bertalanffy-curve is dus een ruwe benadering van de opgetreden groei vanwege onbekende hoeveelheden nieuw mosselzaad en een onbekend sterfte onder de verschillende grootteklassen.

Dichtheden van zaad < 1,5 mm kunnen worden gezien als representatief voor de aanwas. De aanwas bereikte een hoogtepunt rond week 26 in 2010 (22.000 per m<sup>2</sup> Galgeplaat, 97.000 per m<sup>2</sup> Vuilbaard) en rond week 27 in 2011 (28.000 per m<sup>2</sup> op de Galgeplaat en 165.000 per m<sup>2</sup> op Slaak). Klein zaad werd in Oosterschelde en Waddenzee na week 30 nog amper aangetroffen. Er zal na week 30 dus geen broedval van betekenis meer zijn opgetreden. Het Slaak was een uitzondering. Hier werden ook na week 30 nog grote hoeveelheden kleine zaadjes aangetroffen.

## **Bedekking en aangroei**

Op de kleinste waterdiepte (ongeveer 50 cm diep) werd consequent een lagere bedekking aan mosselzaad gevonden en een grotere mate van aangroei door andere organismen, zoals geschat uit de videobeelden. Of er meer aangroei van overige organismen was door lagere dichtheden aan mosselzaad, of lagere dichtheden mosselzaad door een hogere mate van aangroei is niet te zeggen. Mogelijk zorgt golfwerking in de bovenste laag ervoor dat er meer mosselen van het net vallen, wat andere organismen een kans geeft. Het is ook mogelijk dat de mosselen actief lagere dieptes opzoeken door over het net te migreren. Een derde mogelijkheid is dat algengroei in de bovenste laag meer gestimuleerd wordt doordat hier meer zonlicht doordringt, en dat de ontwikkeling van de mosselen hierdoor belemmerd wordt. Vanwege de ruwe inschatting die vanuit de videobeelden verkregen werd zijn verschillen niet getoetst op significantie en zijn de bedekkingspercentages niet verrekend in de inschatting van totale biomassa aan de MZI-systemen. Voor een inschatting van de totale biomassa aan gehele MZI-systemen kunnen daarom beter oogstgegevens gebruikt worden. Hoe de biomassa zich gedurende het seizoen heeft ontwikkeld tot de totale geogoste biomassa kan worden afgeleid uit onze resultaten.

## **Toepasbaarheid van de weegmethode**

Tussen de ontwikkeling van biomassa zoals bepaald uit submonsters en de treksterktemetingen werd een significant lineair verband gevonden, welke gebruikt kan worden als ijklijn om treksterktemetingen om te rekenen naar mosselbiomassa. Het doel waarvoor deze methode is ontwikkeld was om een meer geïntegreerd beeld te verkrijgen van de biomassa-ontwikkeling aan MZI-netten. Bij het submonsteren worden mosselen van slechts een klein oppervlak verwijderd. Bij de treksterktemeting wordt de meting gedaan aan een veel groter deel van het net. Ruimtelijke heterogeniteit zou op deze manier beter uitgemiddeld worden. De goede correlatie van biomassaschattingen met treksterktemetingen, én de goede overeenkomst tussen schattingen uit submonsters met schattingen uit oogstgegevens, scheppen echter vertrouwen in de representativiteit van de submonster-schattingen. Zowel de treksterktemethode als de submonstermethode zijn in het veld lastig uit te voeren. Daarbij geeft de submonstermethode naast een inschatting van de biomassa per oppervlakte eenheid ook informatie over groei, dichtheden en individuele gewichten.

Een tweede doel van de treksterktemethode was om het aantal bezoeken aan een MZI te kunnen beperken door op slechts enkele momenten uit de treksterktemetingen een biomassa te schatten. Daarnaast zou deze methode tijd besparen doordat niet in het laboratorium mosselmonsters uitgewerkt hoefden te worden. Het uitwerken van mosselmonsters geeft echter meer informatie over de ontwikkeling van zaadmosselen aan een MZI. Daarnaast wordt bij het reduceren van het aantal bezoeken aan een MZI de kans veel groter dat uiteindelijk de gehele meetreeks onbruikbaar is doordat de MZI wegspoelt of op andere wijze oogstgegevens niet ingewonnen kunnen worden. In 2010 is gebleken dat het losslaan en vervolgens wegspoelen of zinken van een MZI niet een onrealistisch scenario is.

Op basis van deze bevindingen is ervoor gekozen om in 2011 verder te gaan met het nemen van mosselmonsters alleen.

## **Evaluatie gebruikte methoden**

### *Mosselmonsters*

De methode van monsternamen van de MZI's ging gepaard met een hoge mate van onzekerheid die naar het eind van het seizoen toenam. De onzekerheid zat vooral in de relatie met bemonsterd oppervlak. Later in het seizoen werden de netten erg zwaar door de hoge mosselbiomassa. Hierdoor kregen we de netten handmatig niet meer boven water waardoor de pvc ring niet meer te gebruiken was om het te

bemonsteren oppervlak te bepalen. In de praktijk werd de ring alleen gebruikt om te kijken hoeveel mazen en knopen daar binnen vielen en werd vervolgens een vast aantal mazen en knopen bemonsterd. Deze methode was minder precies, en zal geleid hebben tot een grotere variatie tussen de monsters. Toen de netten te zwaar waren om aan boord te kunnen hijsen kon de bemonstering alleen nog maar onder water uitgevoerd worden. Het bemonsterd oppervlak kon niet schoon gespoeld worden en de bemonstering kon alleen uitgevoerd worden door te plukken met de vingers. Een klein deel van de mosseltjes spoelde hierdoor weg. Naar het einde van het seizoen toe zal het aantal zaadmosselen per oppervlakte eenheid hierdoor zijn onderschat. Er is geen inschatting te maken van de omvang van deze fout. Waarschijnlijk zijn met name kleinere zaadmosselen op deze manier gemist, wat consequenties heeft voor de lengtefrequentieverdeling. De standaarddeviatie varieerde van 6 tot 138% in 2010 en van 18 tot 90% in 2011. De monsternamen bij de longline-systemen was het gehele seizoen wel uit te voeren omdat de touwen nog op te hijsen waren.

#### *Onderwatervideo*

Het camera gebruik in het veld was redelijk snel uit te voeren en ook het zicht was voldoende. In de eerste maanden was de resolutie op de gebruikte afstand te klein om kleine mosseltjes te kunnen onderscheiden. Bij filmen op een kortere afstand waren door de vele algen en het tegenlicht de beelden niet bruikbaar. Een tweede sterke lamp kan misschien helpen tegen het tegenlicht maar dan wel toegepast in een hoek omdat er anders teveel reflectie van zwevend materiaal is waardoor het beeld erg vaag wordt. Hoewel er wel met stromend water gefilmd kon worden was het zicht dan minder en het filmen ging, door het bewegen van de netten en touwen, moeilijker. Filmend rond de kentering is aan te bevelen. Inschatten van de bedekking ging pas redelijk aan het eind van het seizoen als de mosselen al wat groter zijn. In 2011 is niet meer gefilmd omdat de beelden niet goed te kwantificeren waren.

#### *Treksterktemetingen*

De treksterkte meting is erg gevoelig voor stroming. Het gemeten gewicht varieert sterk met de stroming. Er moet dus zoveel mogelijk op kentering gemeten worden. Zes meetlocaties is dan te veel. Met name bij de Vuilbaard was het lastig om de weegunit recht onder de drijver te hangen omdat we hier te maken hebben met een bovenpees waar het net aan is bevestigd. Als de weegunit hierdoor schuin werd opgehesen (en iets hoger kwam te hangen) zal dat geresulteerd hebben in een hoger gewicht. Ook als door de stroming het net schuin werd getrokken was het onmogelijk om het net recht omhoog te hijsen. Later in het seizoen bleek het net te zwaar om op te hijsen voor bevestiging aan de weeg unit. Vooral op de locatie Vuilbaard was de uitvoering van de wegingen in het veld fysiek erg zwaar. Na verloop van tijd werd het hijsen gedaan met een handtakel die bevestigd was aan de boot. De netten werden echter dermate zwaar dat de boot geheel schuin werd getrokken, tot het boord bijna gelijk was aan de zeespiegel. Bij de laatste wegingen op de Vuilbaard hebben we hulp gehad van de kweker zelf, die ons assisteerde met een kraan.

### **Samenwerking met de mosselsector**

Vanuit de ondernemers waar in 2010 contact mee geweest is kwamen positieve berichten met betrekking tot de communicatie. Omdat de doelstelling van IMARES rondom de MZI-resultaten nu goed bekend is bij de ondernemers heeft er minder contact plaats gevonden dan vorig jaar. In het begin van het seizoen is er weer toestemming gevraagd voor het bemonsteren van verschillende systemen waarin alle gevraagde ondernemers toestemden. In de periode van eind juli tot half september is er wat intensiever contact geweest m.b.t. de zeesterrenenquête (zie hoofdstuk 5). Alle benaderde ondernemers hebben hier uitgebreid op geantwoord. Ook het contact rondom de oogst is iets intensiever geweest.

## Schade aan MZI's

Over het algemeen zijn er in 2010 veel berichten van schade geweest. Uitbrekende of krabbende ankers, systemen afgezonken, zakpijpen en pokkenval en afgescheurde netten door slijtage door pokken. Van de 3 locaties die gemonitord zijn bleek Neeltje Jans extreem schadegevoelig. Hier hebben wij de Longlines van de Roem van Yerseke/Verschuure slechts één keer kunnen bezoeken. Deze systemen zijn op drift geraakt en 2 km verder op de percelen van de Hammen terecht gekomen. Hierdoor hebben we moeten uitwijken naar de longlinesystemen van Zoetewijj/Barbé. Ook deze hebben aan het eind van het seizoen schade ondervonden. Twee lijnen zijn afgezonken, één lijn is in de afscheidingsbetonning van de stormvloedkering terecht gekomen en één lijn is verplaatst door krabbende ankers. Hierdoor hebben we geen eindmeting vlak voor de oogst kunnen nemen.

Ook de locatie de Galgeplaat heeft schade door storm ondervonden. Aan het eind van het seizoen is daar een lijn gebroken, zijn 2 vloten op drift zijn geraakt en hebben er ongeveer 5 vloten lekkage gehad. Hier hebben wij wel over een tijdsverloop van 4 maanden kunnen monitoren maar door de onverwachte schade hebben we helaas geen eindweging kunnen uitvoeren. Wel hebben we tijdens de oogst een laatste submonster kunnen nemen ten behoeve van de lengte/groei van het mosselzaad.

In 2011 zijn de MZI's voornamelijk getroffen door een nieuw fenomeen binnen de MZI-sector, namelijk extreme zeesterrenvraat. Eind juli, begin augustus kwamen er meerdere berichten dat de systemen roze van de zeesterren zagen, zie figuur 23.

Over het algemeen zaten de zeesterren dieper dan waar de monsters genomen zijn waardoor de effecten van zeesterrenvraat niet goed terug te vinden zijn in de dataset. Inschattingen van de totale biomassa aan MZI's over het gehele seizoen kunnen daarom beter uit de oogstgegevens gehaald worden.



Figuur 23: Links: Easyfarm-systeem van Jan Schot vol met zeesterren. Rechts: Longline-systeem van Jacco van Stee vol met zeesterren

## Nadere analyses

Tot nu toe is dit MZI-deelproject ("taak 1.3.2") vooral een beschrijvende studie geweest waarin gegevens zijn verzameld betreffende de aangroei in biomassa en aantallen mosselzaad aan MZI-systemen. De gegevens die verzameld zijn in de periode 2009-2011 zullen worden gebruikt als input en voor calibratie van de ecosysteemmodellen voor Waddenzee en Oosterschelde. In 2012 worden, in samenwerking met de modellers, de verzamelde gegevens verder geanalyseerd. Zo zullen aanwas, groei en sterfte nader worden bepaald door de lengtefrequentieverdelingen van het opgemeten mosselzaad te analyseren middels cohorten-analyse. Ook worden relaties gelegd met omgevingsvariabelen, waarover gegevens zijn verzameld door Rijkswaterstaat en het NIOO-CEME, door de laatste ook binnen dit project.

## 5. Zeesterrenvraat

### Methode

Om inzicht te krijgen welke gebieden en locaties duidelijk meer last hadden van zeesterrenpredatie dan andere, en of er een verband is tussen de mate van overlast en de periode waarin een MZI is geïnstalleerd, is een enquête opgesteld. Deze enquête bevatte de volgende vragen:

- Locatie
- Gebied (Waddenzee, Oosterschelde, Voordelta)
- Hoeveelheid zeesterren, volgens classificatie:
  - Weinig: Enkele zeesterren per strekkende m of m<sup>2</sup>
  - Matig: tientallen zeesterren per strekkende m of m<sup>2</sup>
  - Veel: honderden zeesterren per strekkende m of m<sup>2</sup>
- Uit hoeveel netten/touwen bestaat de MZI
- Aantal aangetaste netten/touwen binnen de MZI
- Locatie aantasting binnen MZI, bijvoorbeeld:
  - Buitenkant
  - Binnenkant
  - Verspreid
- Als aan buitenkant: stroomopwaarts t.o.v. vloedstroom?
- Soort systeem
- Wanneer opgehangen (weeknummer)

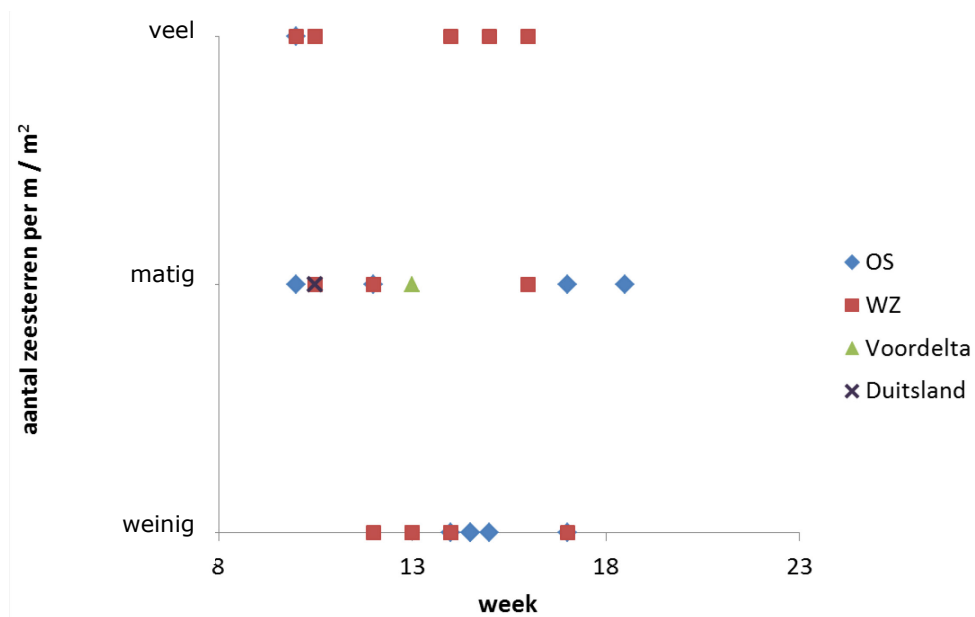
Deze enquête is onder een groep van zeven ondernemers verspreid en deze hebben de enquête ingevuld (Tabel 5). Vervolgens zijn al de resultaten in een overzicht verwerkt en is er gezocht naar een verband tussen hoeveelheden zeesterren en de periode waarin het MZI-systeem is geïnstalleerd. Ook is bekeken of de zeesterren vooral aan de buitenkant of juist aan de binnenkant van een MZI-systeem werden aangetroffen, en of er verschillen waren tussen locaties en systemen.

### Resultaten

Om na te gaan of een verschil te ontdekken was in het moment van uithangen van de systemen per gebied, is de inschatting van het aantal zeesterren uitgezet tegen de week waarin de MZI is geïnstalleerd (Figuur 24).

Tabel 5: locaties en gebied met de bijhorende ondernemers en systemen

Locatie	WZ/VD/OS	Ondernemers	Systeem
Malzwin	WZ	Marinus Padmos Jan Schot	Emergo longlines Easyfarm
Vogelzand	WZ	Marinus Padmos Jos van Damme Peter Zoeteweyj	Emergo longlines Longlines Longlines
Gat van Stompe	WZ	Marinus Padmos Peter Zoeteweyj	Emergo longlines Longlines
Zuidmeep	WZ	Marinus Padmos Jos van Damme Peter Zoeteweyj	Emergo longlines Longlines Longlines
Afsluitdijk	WZ	Karel-Jan Ijsseldijk Teun Hoogerheide Jan Schot	Easyfarm Imoth Easyfarm
Scheer	WZ	Teun Hoogerheide	Imoth
Scheurrak/omdaai	WZ	Jan Schot	Easyfarm
Schaar van Renesse	VD	Marinus Padmos	Emergo longlines
Neeltje Jans/Roggeplaat	OS	Marinus Padmos Marinus Padmos Peter Zoeteweyj Teun Hoogerheide Teun Hoogerheide	Emergo longlines Emergo longlines Longlines Longlines Imoth
Vuilbaard	OS	Peter Zoeteweyj Jan Schot Jan Schot	Longlines Easyfarm Longlines
Slaak	OS	Karel-Jan Ijsseldijk Peter Zoeteweyj	Easyfarm Longlines
Hammen	OS	Jan Schot	Easyfarm
Galgeplaat	OS	Wout van den Berg	Vlotten/netten



Figuur 24: Classificatie van de hoeveelheid aangetroffen zeesterren per m of m<sup>2</sup> uitgezet tegen het weeknummer waarin de MZI is uitgehangen, per gebied.



Het moment van uithangen lijkt geen effect gehad te hebben op de hoeveelheid zeesterren die zijn aangetroffen op de touwen en netten (Figuur 24). In de Waddenzee is vaker de score 'veel' gegeven dan in de Oosterschelde, waar vaker de score 'matig' voorkwam. Van de Voordelta en een locatie in de Duitse Waddenzee was slechts één melding.

Door de verschillende ondernemers worden verschillende soorten systemen gebruikt, waaronder: *Easyfarm*, *Emergo Folding Longlines*, *Imoth*, *Longlines*, en *Vlotten/netten*. Uit de enquête kwamen geen duidelijke verschillen naar voren tussen systemen. Tabel 6 geeft een overzicht van alle aangeleverde gegevens: hier is de classificatie van hoeveelheid aangetroffen zeesterren uitgezet per locatie per systeem.

Tabel 6: Classificatie van de hoeveelheid aangetroffen zeesterren per m of m<sup>2</sup> voor alle systemen in alle gebieden waarover middels de enquête informatie is aangeleverd.

MZI-locatie	gebied	EasyFarm	Emergo Folding Longline	Imoth	Longlines	Vlotten/netten
Galgeplaat	Oosterschelde	weinig				
Galgeplaat	Oosterschelde	veel				
Hammen	Oosterschelde		matig			
Neeltje Jans	Oosterschelde	matig				
Neeltje Jans	Oosterschelde	veel				
Neeltje Jans	Oosterschelde		weinig			
Neeltje Jans	Oosterschelde				veel	
Roggeplaat	Oosterschelde	weinig				
Slaak	Oosterschelde	weinig				
Slaak	Oosterschelde		matig			
Vuilbaard	Oosterschelde	weinig				
Vuilbaard	Oosterschelde		matig			
Vuilbaard	Oosterschelde		veel			
Schaar van Renesse	Voordelta		matig			
Afsluitdijk	Waddenzee				weinig	
Afsluitdijk	Waddenzee				veel	
Afsluitdijk	Waddenzee					matig
Duitsland	Waddenzee					matig
Gat van Stompe	Waddenzee			weinig		
Gat van Stompe	Waddenzee				veel	
Malzwin	Waddenzee		veel			
Malzwin	Waddenzee				weinig	
Scheer	Waddenzee				matig	
Scheurrak	Waddenzee				veel	
Vogelzand	Waddenzee			matig		
Vogelzand	Waddenzee				weinig	
Vogelzand	Waddenzee				matig	
Zuidmeep	Waddenzee			weinig		
Zuidmeep	Waddenzee				weinig	
Zuidmeep	Waddenzee				matig	

## Discussie en conclusies

Omdat onderzoek naar de mate van zeesterpredatie aan MZI's in relatie tot verschillende factoren geen deel uitmaakte van de deelopdracht, maar enig inzicht wel van belang lijkt voor het inschatten van ecologische effecten van MZI's en voor de inschatting van de productie van mosselzaad aan MZI's, is ervoor gekozen om middels een enquête informatie te verzamelen bij de ondernemers.

De verzamelde gegevens waren verspreid over verschillende gebieden en verschillende systemen, waardoor het lastiger wordt conclusies te trekken. We hoopten echter vooral een duidelijk verband aan te kunnen tonen met de periode waarin de MZI's te water zijn gelaten, met het idee dat er een verband zou kunnen zijn met de periode waarin de zeesterrenlarven zich vestigen op een geschikte ondergrond.

De MZI's van de ondernemers die de enquête hebben ingevuld zijn geïnstalleerd in de weken 10 tot en met 19. De onderzochte periode bestrijkt daarmee 9 weken, dus ruim twee maanden. Mocht er een verband zijn tussen aantallen zeesterren en de periode waarin de MZI te water is gelaten, dan zouden we verwacht hebben dit terug te zien in de resultaten. Dat is echter niet het geval. Dit kan verschillende oorzaken hebben. Zo kan er in de gehele periode broedval van zeesterren zijn opgetreden. Het is echter ook mogelijk dat de gemelde aantallen zeesterren niet overeenkomen met maximale opgetreden aantallen. De aanwezigheid van zeesterren zal pas opvallen zodra de zeesterren een minimale grootte bereiken, van één tot enkele centimeters, en pas bij een minimale dichtheid. Zodra het voedsel, de zaadmosselen, opraakt zullen de zeesterren weer verdwijnen. Het moment waarop de kweker zijn MZI-systeem bezoekt kan dus bepalend zijn voor het aantal zeesterren dat hij daadwerkelijk aantreft. Ook is de inschaling van de hoeveelheid geobserveerde zeesterren niet zeer precies geweest. De kwekers is om een inschatting gevraagd van weinig (enkele), matig (tientallen) en veel (honderden) zeesterren per m touw of per m<sup>2</sup> net. Deze inschatting is ten eerste onderhevig aan subjectiviteit en ten tweede verschilt deze inschaling tussen touwen en netten. Enkele zeesterren per meter touw komt niet direct overeen met enkele per vierkante meter net, qua predatiedruk op de aanwezige mosselen. Een vierkante meter net bevat immers veel meer mosselen dan een meter touw.

Over de periode van voortplanting door zeesterren *Asterias rubens* in de Waddenzee en Deltawateren is vrijwel niets bekend. Voortplanting vindt waarschijnlijk plaats rond april en wordt getriggerd door temperatuur (Barker en Nichols 1983). Ook is niet duidelijk hoe lang de larvale fase is, en of deze uitgesteld kan worden. Met andere woorden: we weten niet gedurende welke periode broedval van zeesterren op kan treden.

Aanbevolen wordt om nader onderzoek te doen naar de mate waarin MZI's zeesterren invangen, en in welke mate de populatie zeesterren in de Waddenzee wordt gestimuleerd door het opschalen van MZI-systemen.

## 6. Aanbevelingen

Aanbevolen wordt om in 2012 ten eerste zoals in dit rapport voorgesteld alle tot nu toe beschikbare en verzamelde data te analyseren op een manier dat de in ontwikkeling zijnde ecosysteemmodellen een zo realistisch mogelijke input krijgen, en goed gevalideerd kunnen worden. Daarnaast moet het doel zijn om te komen tot realistische maar robuuste inschattingen van aanwas, groei en sterfte van mosselzaad aan MZI-systemen, door het groeiseizoen heen. Groei wordt daarbij zoveel mogelijk gerelateerd aan omgevingsvariabelen. De analyses zullen worden gedaan voor het veldseizoen, zodat geïdentificeerde kennislacunes nog in het veldseizoen van 2012 alsnog gemeten kunnen worden.

In eerdere door IMARES uitgevoerde projecten, voor 2009, zijn gegevens verzameld over de groei van zaadmosselen aan netten die waren opgehangen bij MZI-systemen in de Oosterschelde en Waddenzee. Dergelijke metingen zijn praktisch goed uitvoerbaar, omdat intacte netten naar het laboratorium getransporteerd kunnen worden om daar tot in het gewenste detail geanalyseerd te worden. Daar staat tegenover dat niet uit te sluiten is dat de groei aan deze proefnetten anders verloopt dan aan 'echte' MZI-netten. Daarom is er in het huidige project voor gekozen om te meten aan de MZI's zelf. Monsternamen aan MZI's zelf is echter praktisch minder goed uitvoerbaar, met consequenties voor de dataset (zoals genoemd in de discussie). Daarnaast moet de groei van de zaadmosselen op ruimtelijk kleinere schaal worden gekoppeld aan gegevens over voedselbeschikbaarheid. De datasets van 2010 en 2011 zullen gekoppeld worden aan metingen van voedselbeschikbaarheid (chlorofyl, zwevende stof, etc.) door Rijkswaterstaat en NIOO op locaties in de buurt van de MZI-systemen. In 2012 is het nodig om groei nauwer te koppelen aan voedselbeschikbaarheid in de directe omgeving. Door in 2012 metingen te verrichten aan proeftouwen die worden opgehangen bij een MZI-systeem, hiervan regelmatig gehele touwen mee naar het lab te nemen voor analyse, en daarbij een bemonsteringsschema op te zetten voor metingen aan voedselbeschikbaarheid, moeten bovenstaande kennislacunes en problemen worden ingevuld en opgelost. De mosselzaadontwikkeling aan deze touwen wordt frequent gemonitord door om de twee weken enkele touwen te verwijderen en mee te nemen naar het lab voor analyse van aantallen, lengtes, gewichten en conditie. Door gedurende het seizoen de grotere mosselen af te borstelen wordt een tussentijdse oogst (of predatie door zeesterren) nagebootst, waarna uit de verder monitoring moet blijken hoe de groottesamenstelling en groeisnelheden van de achtergebleven mosselen veranderen. Een dergelijke studie zal meer inzicht geven in de aanwas en sterfte processen, en groei gerelateerd aan voedselaanbod, vooral op het niveau van de individuele mossel.

Aanvullend, en alvast vooruitlopend op de doelstelling om in 2012 geschikte indicatoren (voor een effect op draagkracht) vast te stellen, wordt aangeraden om in 2012 op verschillende momenten gedurende het groeiseizoen (bijv. mei, juni/juli, augustus) enkele MZI's te bemonsteren. Indien de zaadmosselen worden bemonsterd en de lengte en conditie van de zaadmosselen wordt bepaald, op verschillende locaties binnen een MZI (aan de rand en binnenin), kan duidelijk worden of er verschillen in groei of conditie zijn toe te schrijven aan de lokale biomassa van MZI-mosselen en het omringende voedselaanbod.

## **Dankwoord**

Ten eerste bedanken we de MZI-ondernemers waarmee we hebben samengewerkt en die ons van veel nuttige informatie hebben voorzien. We bedanken Wouter van Broekhoven en diens studenten voor monsternamen in het veld, de bemanning van de MS Phoca en MS Stormvogel van de Waddenunit van het ministerie van ELI voor bemonsteringen in de Waddenzee, en Tess Ysebaert voor het verwerken van een groot deel van de mosselmonsters in het lab. Aad Smaal wordt bedankt voor zijn kritische commentaar op een eerdere versie van dit rapport. Tot slot heeft Daniël Joppe in 2009 veel tijd besteed aan het uittesten van de weegmethode.

## **Kwaliteitsborging**

IMARES beschikt over een ISO 9001:2008 gecertificeerd kwaliteitsmanagementsysteem (certificaatnummer: 57846-2009-AQ-NLD-RvA). Dit certificaat is geldig tot 15 december 2012. De organisatie is gecertificeerd sinds 27 februari 2001. De certificering is uitgevoerd door DNV Certification B.V. Daarnaast beschikt het chemisch laboratorium van de afdeling Milieu over een NEN-EN-ISO/IEC 17025:2005 accreditatie voor testlaboratoria met nummer L097. Deze accreditatie is geldig tot 27 maart 2013 en is voor het eerst verleend op 27 maart 1997; deze accreditatie is verleend door de Raad voor Accreditatie.

## Referenties

Barker, M. F., & Nichols, D. (1983). Reproduction, Recruitment and juvenile ecology of the starfish, *Asterias rubens* and *Mathasterias glacialis*. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 63(4), 745-765

De Mesel I, Wijsman J, Van Gool A (2009) Onderzoeksproject Duurzame Schelpdiervisserij (PRODUS). Deelproject 1A: Groeimetingen op percelen in de westelijke Waddenzee. Metingen jaargang 2. IMARES rapport C024/09

Pauly D, Soriano-Bartz M, Moreau J, Jarre-Teichmann A (1992) A new model accounting for seasonal cessation of growth in fishes. *Austr. J. Mar. Freshwater Res.* 43: 1151-1156

## Verantwoording

Rapportnummer: C093/13  
Projectnummer: 430.83010.07

Dit rapport is met grote zorgvuldigheid tot stand gekomen. De wetenschappelijke kwaliteit is intern getoetst door een collega-onderzoeker en het betreffende afdelingshoofd van IMARES.

Akkoord: Prof. Dr. A.C. Smaal  
Onderzoeker

dr.ir. A.G. Brinkman  
onderzoeker

Handtekening:



Datum: 23 mei 2013

Akkoord: Dr. B.D. Dauwe  
Afdelingshoofd Delta

Handtekening:



Datum: 17 juni 2013