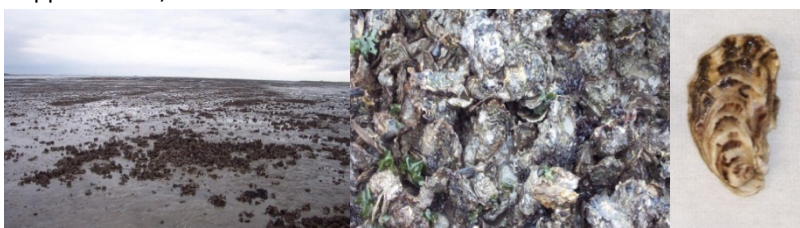


# Verkenning van de effecten van toelaten nutriënten en verwijderen van wilde oesters op de productie van Kweekoesters in de Kom van de Oosterschelde

Wijsman, J.W.M.<sup>1</sup>, M. Poelman<sup>1</sup>, A. Blanco<sup>1</sup>, T. Troost<sup>2</sup>,  
T. Schellekens<sup>1</sup>, W.J. Strietman<sup>3</sup> en K. Hamon<sup>3</sup>  
Rapport C010/13



## IMARES Wageningen UR

<sup>1</sup> IMARES - Institute for Marine Resources & Ecosystem Studies Wageningen UR

<sup>2</sup> Deltares

<sup>3</sup> LEI Wageningen UR

Opdrachtgever:

Nederlandse Oestervereniging  
Postbus 124  
4400 AC Yerseke

Publicatiedatum:

18 januari 2013

**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

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

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

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

www.imares.wur.nl

© 2011 IMARES Wageningen UR

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-V12.2

## Inhoudsopgave

Inhoudsopgave.....	3
Samenvatting.....	5
1 Inleiding.....	7
1.1 Aanleiding .....	7
1.2 Draagkracht Japanse oesters.....	7
1.3 Kennisvraag.....	8
1.4 Aanpak .....	8
2 Huidige status van de Nederlandse oestersector .....	9
2.1 Factoren die de opbrengsten voor de sector bepalen .....	10
2.1.1 De prijs per oester .....	10
2.1.2 Veranderingen in het productievolume .....	12
2.1.3 Veranderingen in de productiekosten .....	12
3 Methoden .....	13
3.1 Onderzoeksgebied en -locaties.....	13
3.2 Beschrijving scenario's .....	13
3.2.1 Referentie.....	14
3.2.2 Oesterscenario: Wegvissen wilde Japanse oesters.....	14
3.2.3 Spuisceenario: Toelaten van nutriëntenrijk zoetwater vanuit Volkerak-Zoommeer .....	14
3.3 Waterkwaliteit- en hydrodynamisch model.....	14
3.3.1 Model opzet .....	14
3.3.2 Schematisatie .....	15
3.3.3 Hydrodynamisch model (Delft3D-FLOW).....	16
3.3.4 Generiek Ecosysteem Model (Delft3D-BLOOM/GEM) .....	16
3.3.5 Modelleren van grazers .....	17
3.3.6 Validatie referentiescenario .....	19
3.3.7 Modelleren oesterscenario .....	19
3.3.8 Modelleren spuisceenario .....	20
3.4 Fysiologisch model kweekoesters .....	21
3.4.1 Parameterisatie .....	21
3.4.2 Datakeuze en -aanpassing .....	21
3.4.3 Simulatie.....	22
3.4.4 Klasse verdeling .....	24
3.4.5 Vastlegging van veldgegevens door monitoring .....	25
4 Resultaten .....	26
4.1 Waterkwaliteit .....	26
4.2 Groei en ontwikkeling kweekoesters .....	30
4.2.1 Vergelijking scenario's met referentie .....	32
4.2.2 Relatieve effecten t.o.v. referentie situatie.....	34
4.2.3 Effecten afhankelijk van zaadval .....	34
4.2.4 Ruimtelijke effecten .....	37

4.3	Economische effecten .....	38
4.3.1	Effecten maatregelen op de productietijd van oesters.....	38
5	Conclusies en discussie .....	42
5.1	Conclusies .....	42
5.2	Discussie .....	42
	Kwaliteitsborging .....	45
	Referenties .....	46
	Verantwoording .....	48
	Bijlage A. Overzicht percelen en meetlocaties, hun RD-coördinaten, en hun coördinaten in het Deltakennismodel.....	49
	Bijlage B. Tijdreeksen nutriënten – T <sub>0</sub> Validatie meetgegevens.....	50
	Bijlage C. Tijdreeksen chlorophyl-a per locatie.....	54
	Bijlage D. Ratio's tussen scenario's en autonome situatie per locatie.....	64
	Bijlage E. Resultaten veld monitoring oesters op percelen 2011. ....	67



## Samenvatting

Naar aanleiding van een slechtere groei van kweekoesters in de Oosterschelde heeft de oestersector de vraag gesteld of het toelaten van nutriëntenrijk zoetwater uit het Volkerak-Zoommeer ( $10 \text{ m}^3 \text{ sec}^{-1}$ ) of het wegvangen van de helft van de wilde oesters in de Kom van de Oosterschelde een positief effect zou kunnen hebben op de kweekoesters in dat gebied. De extra nutriënten uit het Volkerak-Zoommeer zouden moeten leiden tot een hogere productie van fytoplankton wat zou kunnen leiden tot meer voedsel voor de kweekoesters. Ook het wegvissen van de wilde Japanse oesters, voedselconcurrent voor de kweekoesters zou kunnen leiden tot meer voedsel. De voedseltoename zal leiden tot een snellere groei van de kweekoesters waardoor deze eerder geschikt zijn voor consumptie. Ook zal de kwaliteit van de oesters toenemen.

Voor het beantwoorden van deze vraag hebben IMARES, Deltares en LEI door middel van modelberekeningen voor een jaar bepaald wat de effecten zijn van deze twee scenario's op de groeisnelheid, het vleesgewicht en de economische potentie van de kweekoesters op de percelen. Dit onderzoek laat zien dat er duidelijke verschillen optreden ten opzichte van de situatie waarin geen maatregelen genomen worden. Dit geldt voornamelijk voor het scenario waarbij nutriëntenrijk zoetwater uit het Volkerak-Zoommeer wordt toegelaten. Het effect is echter wel afhankelijk van de locatie en de tijd van het jaar.

De effecten van het toelaten van nutriëntenrijk zoetwater uit het Volkerak-Zoommeer zijn over het algemeen sterker zijn dan de effecten van het wegvissen van een deel van de wilde oesters. Het wegvissen van wilde oesters leidt voornamelijk tot een verhoging van de fytoplanktonpiek in het vroege voorjaar, terwijl het toelaten van nutriëntenrijk zoetwater uit het Volkerak-Zoommeer leidt tot een verhoging van het fytoplankton gedurende de hele zomerperiode. Dit heeft direct effect op de groei en ontwikkeling van de kweekoesters. De hogere fytoplanktonconcentraties in de zomer bij het toelaten van nutriëntenrijk zoetwater uit het Volkerak-Zoommeer leidt tot een snellere groei van de oesters waardoor deze eerder een bepaalde marktcategory bereiken. Extra toevoer van nutriëntenrijk zoetwater in de late zomer heeft vooral effect op het vleesgewicht en daarmee de kwaliteit van de oesters. De kweekoesters profiteren minder van de korte toename in fytoplanktonconcentratie in het vroege voorjaar ten gevolge van het wegvissen van een deel van de wilde oesters.

Een snellere groei van de oesters leidt tot een kortere productiecycclus van de oesters. Hierdoor gaan er ook minder oesters verloren als gevolg van sterfte waardoor het rendement toeneemt. Tevens zijn de kwekers minder tijd kwijt aan het (periodiek) sorteren van de oesters, wat een kostendaling met zich meebrengt. De exacte economische effecten hiervan kunnen niet in kaart worden gebracht.

De berekeningen die zijn uitgevoerd in deze studie zijn gebaseerd op het jaar 2002, een jaar dat qua weersomstandigheden gemiddeld en dus representatief was. Jaarlijkse variaties in omgevingscondities zijn echter groot. Dit betekent dat hierdoor de eventuele effecten van maatregelen in specifieke jaren tenietgedaan of versterkt kunnen worden. Zo zijn bijvoorbeeld de oesters van het jaar 2012 door de weersomstandigheden van zeer goede kwaliteit. Een andere belangrijke aanname is dat er is uitgegaan van een positief scenario, namelijk dat alle extra nutriënten die vanuit het Zoommeer in de Kom verspreid worden, ten goede komen aan algensoorten die als voedsel dienen voor oesters (en niet aan picoplankton of macroalgen die geen voedsel voor oesters zijn). Ook is ervan uitgegaan dat er geen verschillen in stroming, temperatuur of saliniteit plaatsvinden als gevolg van het toelaten van zoetwater in de Oosterschelde. In werkelijkheid kan dit wel het geval zijn, ook omdat het relatief zoete water uit het Zoommeer een lagere dichtheid heeft dan het zoute Oosterschelde water. Dit kan effect hebben op

de verspreiding van de nutriënten en algen door de kom. Door deze aannamen geven de verkregen resultaten een overschatting van het effect van de maatregelen weer.

# 1 Inleiding

## 1.1 Aanleiding

Het jaar 2008 is voor veel ondernemers in de oestersector een slecht jaar geweest. De kwaliteit van de oesters was minder, de verkopen stagneerden, de prijzen daalden, en de kosten, in het bijzonder de brandstofkosten, schoten omhoog. Naar aanleiding hiervan heeft de oestersector de vraag gesteld of het toelaten van extra spuiwater ( $10 \text{ m}^3 \text{ sec}^{-1}$ ) uit het nutriëntrijke Volkerak-Zoommeer en het wegvangen van de helft van de wilde oesters in de Kom van de Oosterschelde een positief effect zou kunnen hebben op de kweekoesters in dat gebied. Voor het beantwoorden van deze vraag hebben IMARES, Deltares en LEI via een modelberekening voor vier locaties over het jaar heen bepaald wat de effecten zijn van deze twee scenario's op de groeisnelheid, het vleesgewicht en de economische potentie van de kweekoesters op de percelen.

Dit rapport is het resultaat van het onderdeel "Draagkracht: Mogelijkheden en beperkingen van het ecosysteem voor oesterkweek" van het VIP project "Samen Verduurzamen".

## 1.2 Draagkracht Japanse oesters

Observaties van kwekers geven aan dat de gekweekte Japanse oesters (*Crassostrea gigas*) in de Kom van de Oosterschelde (en het Grevelingenmeer) de afgelopen jaren zijn afgenomen in kwaliteit. Dit heeft negatieve effecten op de marktpotentie van de Nederlandse oestersector. Een mogelijke oorzaak van deze achteruitgang is een afname van de hoeveelheid voedsel voor gekweekte oesters, specifiek in de Kom van de Oosterschelde (Malkin e.a., in prep): deze hoeveelheid voedsel zou inmiddels te beperkt zijn voor een goede kweek van de oesters. Een van de onderliggende hypothesen is dat de hoeveelheid primaire productie in toenemende mate wordt beperkt door de aanvoer van nutriënten, maar ook kan het zijn dat de wilde Japanse oesterpopulatie in toenemende mate een beslag legt op het beschikbare voedsel. Oplossingen zouden dus mogelijk gevonden kunnen worden in het verrijken van de Oosterschelde met nutriëntrijk water vanuit het Zoommeer (Van Herk e.a., 2010) en/of in het actief wegvissen van een deel van de wilde Japanse oesterpopulatie (Wijsman e.a., 2008). Zo wordt er op dit moment de mogelijkheden onderzocht van het toelaten van zoet water uit het Volkerak-Zoommeer en het wegvissen van een deel van de wilde Japanse oesters in het kader van de Green Deal. In dit project zoeken visserijondernemers, natuurorganisaties en overheden gezamenlijk naar oplossingen om zowel de schelpdierteelt als de natuur in de kom van de Oosterschelde te versterken.

In de aanloop naar een mogelijke pilot in het kader van de Green Deal, wordt in deze studie een eerste verkenning uitgevoerd naar de effecten van toelaten van extra nutriënten en het wegvissen van een deel van de wilde Japanse oesters op de ecologische draagkracht van de Oosterschelde. Hierbij wordt specifiek gekeken naar de effecten die dergelijke ingrepen kunnen hebben op de commerciële oesterpopulatie en de kweekpotentie. Een model dat zich richt op de huidige en toekomstige mogelijkheden voor commerciële oesterbestanden, kan een globale inschatting geven van de effecten mogelijke maatregelen, zoals het verwijderen van een deel van de wilde Japanse oesters en het toelaten van voedselrijk water vanuit het Zoommeer. Dit eenvoudige model, dat gebaseerd is op enerzijds de ecologische draagkracht en anderzijds de afzetpotentie, kan de oestersector inzicht geven in de mogelijkheden en beperkingen voor een toekomstige vitale oestersector.

### 1.3 Kennisvraag

In deze studie is onderzocht wat het effect is van het toelaten van  $10 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$  nutriëntenrijk zoetwater vanuit het Volkerak-Zoommeer en het wegvissen van de helft van de wilde Japanse Oesters op de kweek van Japanse oesters op de percelen in de kom van de Oosterschelde.

### 1.4 Aanpak

In deze studie is het effect van toelaten van nutriënten uit het Volkerak-Zoommeer én het verwijderen van een deel van de wilde Japanse oesters op de draagkracht van commerciële Japanse oesters onderzocht. De groei en ontwikkeling van de gekweekte Japanse oesters is beschreven door middel van een dynamic energy budget (DEB) model (Pouvreau e.a., 2006; Kooijman, 2010). Dit model berekent de groei en ontwikkeling van oesters als functie van het voedsel (hoeveelheid en kwaliteit) en de temperatuur (e.g. Wijsman en Smaal, 2011).

Het voedsel (fytoplankton), dat als invoer voor het DEB model nodig is, is door Deltares berekend met behulp van een fjnschalig 3D hydrodynamisch- en waterkwaliteitsmodel voor de Oosterschelde (Deltakennis model). Met dit model zijn berekeningen uitgevoerd voor een "gemiddeld" jaar (2002) wat betreft hydrodynamische randvoorwaarden en nutriënten input. Tevens zijn er twee scenario's doorgerekend, één waarbij de wilde Japanse oesters zijn verwijderd uit de kom en één waarbij extra nutriënten worden toegevoerd vanuit het Zoommeer via een doorlaatmiddel in de Oesterdam. In deze eerste verkenning is er voor gekozen om de beide maatregelen op een eenvoudige wijze op te nemen in de modellering. Als gevolg hiervan moeten de resultaten worden geïnterpreteerd met enige terughoudendheid. Met name voor het spuiscenario geven de modelresultaten hierdoor niet een nauwkeurige voorspelling, maar eerder een grove schatting van de bovengrens voor de te verwachten effecten. De resultaten van de modelberekeningen zijn ruimtelijk geaggregeerd tot op het niveau van perceelblok en deelgebieden.

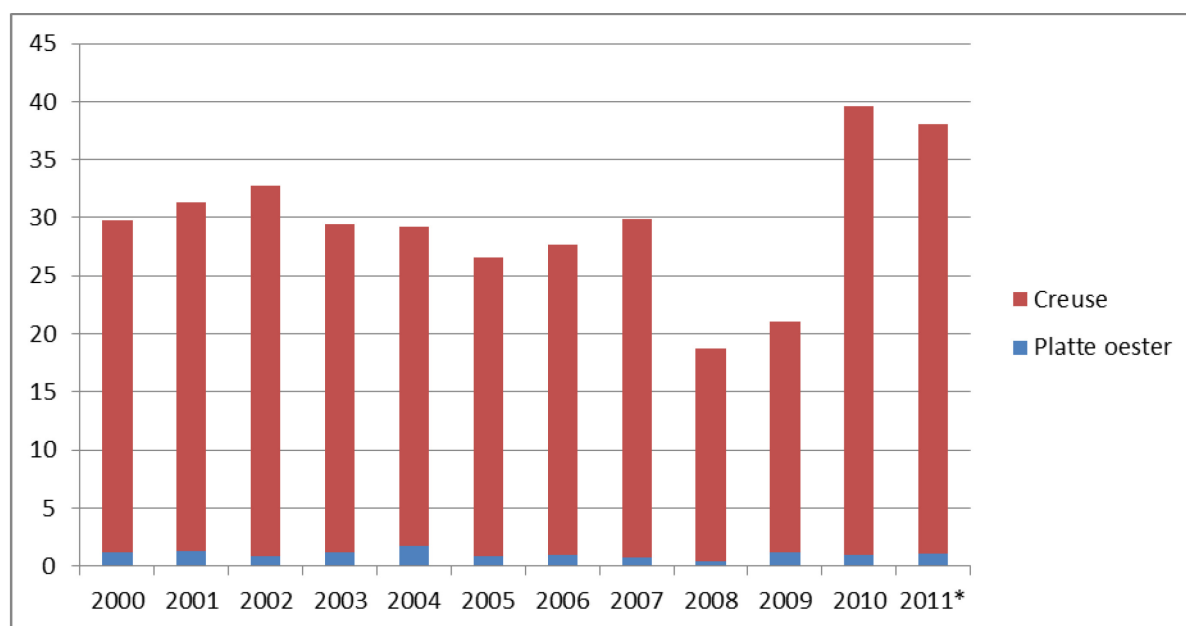
Door IMARES is vervolgens het DEB model toegepast voor verschillende locaties en deelgebieden in de kom van de Oosterschelde. De resultaten van het DEB model zijn gebruikt als invoer voor een economische analyse door het LEI. Hiermee zijn de economische consequenties van de verschillende scenario's voor de kwekers doorgerekend. Er is daarbij geen rekening gehouden met de kosten voor de scenario's (aanleg doorlaatmiddel en wegvissen van oesters).

In het doorrekenen van de economische effecten van de maatregelen wordt vooral rekening gehouden met het verschil in productiekosten en het geproduceerde volume. Het verschil in (markt)opbrengsten is van zoveel externe factoren afhankelijk dat het onmogelijk is om de totale economische effecten van de in dit rapport besproken maatregelen te bepalen. Kort gezegd: het is niet mogelijk om te zeggen maatregel X is verantwoordelijk voor Y% van de opbrengst van oesters. Omdat gegevens over de totale hoeveelheid oesters in de Oosterschelde en een model om de populatie te bepalen ontbreken is het niet mogelijk om door te rekenen wat het effect zal zijn op de hoeveelheid oesters (wild en kweek). Daarom focust dit rapport zich bij het beschrijven van de economische effecten uitsluitend op veranderingen in groeisnelheid en vleesgewicht en de consequenties daarvan voor de oestersector in termen van kostenbesparingen.

## 2 Huidige status van de Nederlandse oestersector

In de Oosterschelde worden oesters ingevangen en gekweekt op oesterpercelen, die door oesterkwekers gepacht worden van de overheid. Op de Oosterschelde worden Zeeuwse Creuses (Japanse oesters) gekweekt. Op de Grevelingen worden zowel Creuses als platte oesters gekweekt. De oesterkweeksector is geconcentreerd in en rondom Yerseke. De sector is relatief klein en bestaat uit ongeveer 20 ondernemingen. Samen verkopen zij jaarlijks tussen de 20 en 30 miljoen oesters per jaar. Ter vergelijking: in Frankrijk worden door 4.800 bedrijven ongeveer 1,5 miljard oesters per jaar verkocht (Aard Cornelisse, pers. comm.).

Alhoewel de jaarproductie normaal de laatste tien jaar fluctueert tussen de 20 en 30 miljoen stuks, waren 2010 en 2011 wat dat betreft een uitzondering (Figuur 1). In deze jaren zijn er maar liefst respectievelijk 39,6 en 38 miljoen oesters verkocht (Productschap Vis, 2012). De redenen hiervoor waren voldoende aanbod en een terugval in het Franse aanbod door de uitbraak van een virus onder de oesters. Om deze terugval te compenseren ontstond er in 2010 vanuit Frankrijk maar ook uit andere Europese landen extra vraag naar Nederlandse oesters.



Figuur 1: Aanvoer van creuses tussen 2000 en 2011 (in mln. stuks). Bron: Productschap Vis (2012). \*Schatting (J. de Rooij, pers. comm.)

De oestermarkt is een echte seizoensmarkt. Dit betekent dat het grootste deel van de oesters verkocht wordt van november t/m januari, met een piek rondom de feestdagen. De oogst start grotendeels in oktober. De meeste oesters worden geëxporteerd. België is de belangrijkste exportmarkt, met ruim 50% van de geëxporteerde oesters. Andere belangrijke exportlanden zijn: Duitsland (8%), Frankrijk (6%) en Italië (16%) (CBS, 2011).

De precieze opbrengsten van de oesterverkoop zijn niet beschikbaar (er is immers geen veiling plicht, waardoor gegevens over verkoopprijzen ontbreken). Wat wel bekend is, is de aanvoerwaarde. De aanvoerwaarde is het bedrag dat de kwekers ontvangen voor aangeleverde kweekoesters. Deze waarde wordt bepaald door het aantal aangevoerde oesters te vermenigvuldigen met de forfaitaire waarde. De forfaitaire waarde is de waarde die het Productschap Vis hanteert om haar productschap heffingen op te

baseren. Deze waarde komt in de buurt van de werkelijke verkoopwaarde voor kwekers. De forfaitaire waarde voor Zeeuwse Creuse is momenteel vastgesteld op €0.10 (Productschap Vis, 2012).

## **2.1 Factoren die de opbrengsten voor de sector bepalen**

Verskillende factoren kunnen de economische situatie van de oestersector beïnvloeden. Om de opbrengsten te verhogen zijn er twee opties: het verhogen van de totale inkomsten en het verminderen van de productiekosten. Zowel de inkomsten als de kosten zijn afhankelijk van een aantal factoren. Hieronder gaan wij daar verder op in.

### 2.1.1 De prijs per oester

Een verhoging in de prijs per oester kan leiden tot een verhoging van de inkomsten. De prijs hangt daarbij af van de volgende factoren:

1. Het gewicht: de relatie tussen gewicht en prijs hangt af van het type markt (het ene land prefereert een ander type gewicht dan een ander land).
2. De vorm: over het algemeen kan gesteld worden dat hoe ronder en gaver de schelp is, des te hoger de prijs die de consument ervoor betaalt. De vorm van de oester is alleen belangrijk voor de verse oestermarkt. Voor gekookte oesters is dat anders omdat die over het algemeen niet met een schelp verkocht of geconsumeerd worden. Deze markt is echter gering in vergelijking met de verse oestermarkt.
3. De inhoud: Meer vlees en/of vet kan in sommige (deel)markten een hogere prijs tot gevolg hebben.
4. De markt vraag: afhankelijk van de vraag uit de markt en het aanbod van oesters kan hetzelfde type oester een verschillende prijs opleveren, met name als vraag en aanbod niet gelijk oplopen.

Van deze bovenstaande factoren zijn de eerste drie in combinatie met elkaar belangrijk. Zo combineren de meest bekende oestermerken (o.a. Gillardeau en Divine) een specifieke vorm met gewicht en vleesinhoud. Hieronder gaan wij nader in op deze factoren.

#### *Factor 1: het gewicht*

Het gewicht van oesters is de eerste factor die van invloed is op de prijs. Het is echter niet zo dat bij bepaalde gewichten dezelfde standaardprijzen gehanteerd worden. Hier zijn twee redenen voor. Ten eerste dat exportlanden vaak verschillende gewichtsklassen hanteren voor de marktcategoryën. Ten tweede worden oesters per stuk of per kilo verhandeld. Per stuk leveren grotere oesters over het algemeen meer op dan kleinere. Maar per kilo leveren kleinere oesters juist meer op.

In Nederland worden de volgende marktcategoryën gehanteerd:

- cat 0 >200g
- cat I 150 – 200g
- cat II 120 – 150g
- cat III 80 – 120g
- cat IV 60-80g

In andere landen worden andere groottecategoryën gehanteerd. In dit onderzoek houden wij de Nederlandse marktcategoryën aan. (bron: [http://www.zeeuwseoesters.nl/visserij\\_en\\_teeltFR.html](http://www.zeeuwseoesters.nl/visserij_en_teeltFR.html) en Aard Cornelisse, *pers. comm.*).

Grotere oesters worden vooral verkocht aan Italië en Spanje (waar ze gekookt of gebakken worden) en de kleinere vooral aan Frankrijk. In België en Nederland heeft men geen voorkeur qua grootte (Tabel 1). Kleinere oesters kosten minder tijd om te kweken dan grotere oesters. Sinds de uitbraak van het herpesvirus in Franse oesters is de vraag naar kleinere oesters iets groter geworden. Nederlandse kwekers hebben daarom aan Frankrijk relatief meer oesters van categorieën III en IV verkocht om daar verder opgekweekt te worden.

Tabel 1: Markten en consumptievoorkeuren (2011, Aard Cornelisse, *pers. Comm.*)

Land	Voorkeursgrootte	Consumptiewijze	Productie
<b>Frankrijk</b>	50 – 120g	Vers, rauw	400t
<b>Italie &amp; Spanje</b>	>100g	Vers, gekookt	1500t
<b>Nederland</b>	80 – 180g	Vers, gekookt/gebakken	600t
<b>Belgie</b>	80 – 180g	Vers, rauw	2000t

#### *Factor 2: de vorm*

Oesters met een ronde kuipvorm leveren het meeste op. Om deze gelijkmatige vorm te bereiken moet een oester alle kanten op groeien. Om dit effect te bereiken worden kweekoesters regelmatig gekeerd. Op de Oosterschelde gebeurt dit door ze op te vissen met korren en deze vervolgens weer over het perceel te verspreiden. Aan deze handeling zijn gedurende de productietijd kosten verbonden. Hierbij geldt: des te korter de productietijd, des te minder handelingen er per oester verricht hoeven te worden en daardoor des te lager de handelingskosten per oester. Echter, als de oesters sneller groeien moeten ze mogelijk vaker worden opgevisst om de gewenste ronde kuipvorm te verkrijgen.

#### *Factor 3: de inhoud*

De verhouding tussen vlees- en totaalgewicht (inclusief de schelp) is belangrijk voor de waarde van de oester. Oesters met een hoger vleesgehalte worden ook wel 'vette' oesters genoemd. In bepaalde marktsegmenten leveren deze meer geld op, maar niet iedereen houdt van dit type oesters. Het is daarmee geen 'wet' dat een hoger vleesgehalte per se leidt tot een hogere prijs. Zo wordt de bekende "Gillardeau" oester genoemd om zijn hoge kwaliteit, waarbij het vleesgehalte een belangrijk element is.

#### *Factor 4: de marktvraag*

Als er in de markt sprake is van een overaanbod (er is meer aanbod dan vraag), dan is de kwaliteit van de oester een belangrijk element in de prijsvorming. Als er in de markt sprake is van een onderaanbod (zoals in 2011 vanwege de uitbraak van het herpes virus in Franse oesterkweek gebieden) dan is de kwaliteit minder van belang en wordt kwantiteit belangrijker. Dit betekent dat de prijs per oester lager is, maar omdat de hoeveelheden zo groot zijn is er voldoende winstmarge. Omdat precieze gegevens over marktprijzen van oesters ontbreken is het niet mogelijk om het effect van maatregelen door te rekenen op de productiewaarde (marktwaarde). Daarom hanteren wij de eerder genoemde forfaitaire waarde als uitgangspunt bij de berekeningen.

### 2.1.2 Veranderingen in het productievolume

Zowel de groeisnelheid als de natuurlijke sterfte hebben een effect op het geproduceerde volume. De tijd die nodig is om een oester te kweken die verkocht kan worden op de markt hebben we berekend in ons model. Als de productietijd van een oester versneld wordt (snellere groei) dan zal door de lagere sterfte de totale hoeveelheid oesters verhoogd worden. Uitgaande van een sterftecijfer van 20% per jaar (pers. Comm. Aart Cornelisse), zal een snellere groei waarbij oesters een jaar eerder de gewenste marktgrootte bereiken, leiden tot 25% meer oesters. Zie het rekenvoorbeeld hieronder.

Aantal oesters in jaar X: 100                      Sterfte: 20 oesters  
Aantal oesters in het daaropvolgende jaar:  $100 - 20 = 80$   
-> Toename in productie als geogst wordt in jaar X i.p.v. het daaropvolgende jaar:  $(100-80)/80 = 25\%$

### 2.1.3 Veranderingen in de productiekosten

Een verlaging van de productiekosten kan ook leiden tot een verhoging van de inkomsten. Een belangrijk onderdeel binnen de kostenstructuur van de kweeksector zijn de verwerkingskosten per oester. Dit zijn de kosten voor het onderhouden van de oesterpercelen en het sorteren en keren van de oesters. Een ander belangrijk onderdeel zijn de kosten voor het marktklaar maken van de oesters. Hierbij gaat het om het verpakken van de oesters aan wal. Dit kan in grote volumes (in big bags voor o.a. Frankrijk) of het in mandjes doen (o.a. voor Italië, België en Spanje). Daarbij is de manier van transport ook belangrijk: worden de oesters bijvoorbeeld met een grote partij mosselen verzonden of worden ze afzonderlijk bezorgd. Van deze kosten kunnen vooral de verwerkingskosten bij de percelen beïnvloed worden. Met name als oesters sneller groeien, waardoor de overlevingskans groter wordt en er minder dode exemplaren op de percelen liggen. Dit scheelt tijd en daarmee kosten tijdens het sorteren.

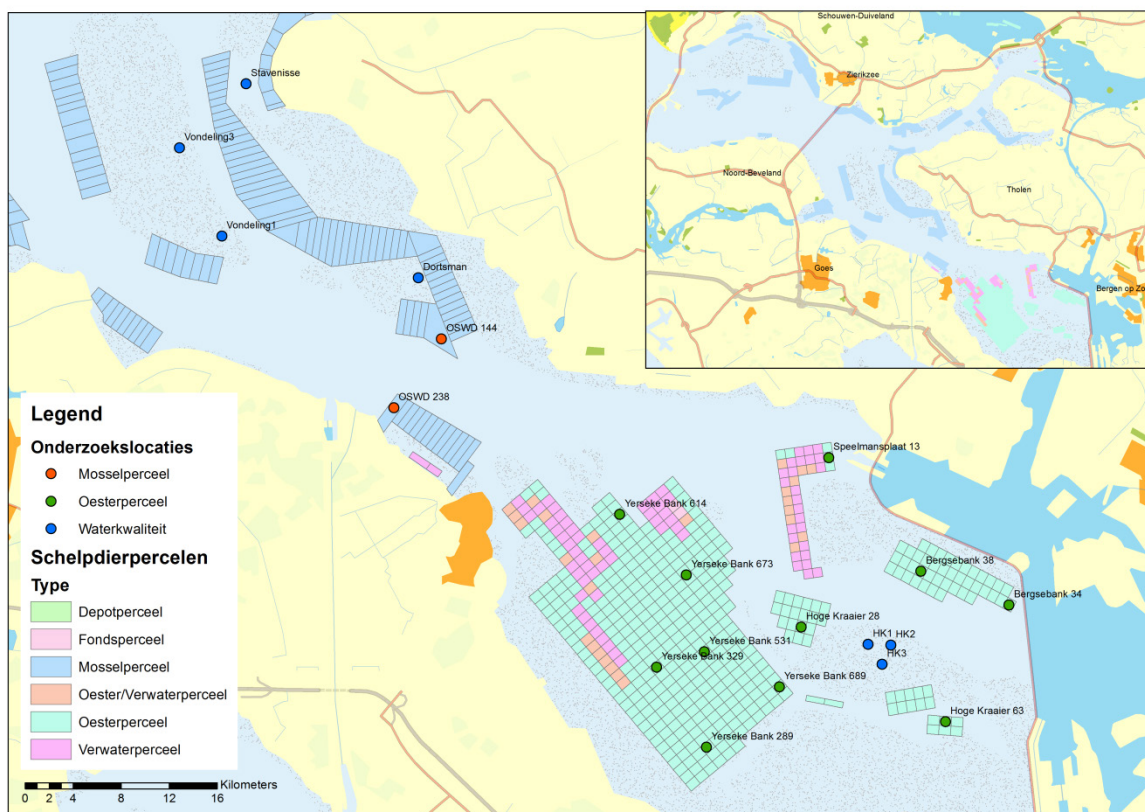


### 3 Methoden

#### 3.1 Onderzoeksgebied en -locaties

Het onderzoeksgebied is de Kom van de Oosterschelde (Figuur 2). Dit is de Zuidoostelijke tak van de Oosterschelde die in het oosten wordt begrensd door de oesterdam. De Kom is een belangrijk gebied voor de oesterkweek. Alle commerciële oesterpercelen liggen in dit gebied. Ook wordt het gebied gebruikt als verwaterplaats voor de mosselen. Voor de kweek van mosselen is het gebied minder van belang. Alleen ten westen van de lijn Yerseke-Gorishoek liggen mosselpercelen.

In het gebied zijn een aantal onderzoekslocaties gespecificeerd. Een deel van deze locaties zijn gelegen op mossel- en oesterpercelen (respectievelijk rode en groene stippen in Figuur 2), en een aantal van de locaties zijn gelegen op locaties waar in het verleden waterkwaliteit is gemeten (blauwe stippen in Figuur 2). Voor alle onderzoekslocaties is modeluitvoer gegenereerd alsmede voor de gehele kom (gebied ten oosten van de denkbeeldige lijn Yerseke-Gorishoek).



Figuur 2: Overzichtskartaal van het onderzoeksgebied de kom in de Oosterschelde. Aangegeven zijn de schelpdierpercelen en de onderzoekslocaties.

#### 3.2 Beschrijving scenario's

In deze studie zijn drie scenario's doorgerekend

1. **Referentie:** Geen ingreep
2. **Oesterscenario:** Wegvissen deel van de Japanse oesters
3. **Spuiscenario:** Toelaten van nutriëntenrijk zoetwater vanuit het Volkerak-Zoommeer

### 3.2.1 Referentie

Als referentie is het jaar 2002 gekozen. Meteorologisch gezien kan dit jaar worden beschouwd als een redelijk gemiddeld jaar. Tevens vertoont 2002 een mooie cycliciteit in de nutriëntenconcentraties, d.w.z. dat de nutriëntenconcentraties aan het begin en het eind van het jaar overeenkomen.

### 3.2.2 Oesterscenario: Wegvissen wilde Japanse oesters

Het idee van dit scenario is dat de gekweekte oesters last hebben van concurrentie door de wilde Japanse oesters die massaal aanwezig zijn op de wilde oesterbanken in het gebied. Dit komt doordat de wilde oesters een aanzienlijk deel van het beschikbare voedsel weg eten waardoor er voor de gekweekte oesters minder overblijft. Door het wegvissen van een deel van de wilde Japanse oesters zal de concurrentiepositie van de gekweekte oesters verbeteren waardoor deze meer voedsel tot hun beschikking hebben. Dit moet ten goede komen aan de groei en ook de vleesgewichten van de oesters.

Dit scenario is identiek aan het referentiescenario, alleen is de hoeveelheid wilde Japanse oesters in de kom van de Oosterschelde gehalveerd. Dit scenario simuleert dus de effecten van het wegvissen van de helft van de wilde Japanse oesterbanken. Het wegvissen van de Japanse oesters kan worden gedaan door oesterkwekers met behulp van korren. De wilde oesters zijn in het algemeen niet bruikbaar voor consumptie vanwege de afwijkende vorm en de lage visgewichten. Wel kan het kalk uit de schelpen worden gebruikt in de schelpen industrie (Wijsman e.a., 2008). Omdat kan worden aangenomen dat de weggevluste oesterbanken zich weer zullen herstellen zal het wegvissen geen eenmalige actie zijn, maar zal het dienen te worden bijgehouden.

### 3.2.3 Spuisscenario: Toelaten van nutriëntenrijk zoetwater vanuit Volkerak-Zoommeer

Door de afsluiting van de Oosterschelde van de rivieren door middel van de compartimenteringdammen is de toevoer van nutriënten aanzienlijk verminderd (Geurts van Kessel, 2004). Deze nutriënten zijn nodig voor de productie van algen, het voedsel voor de schelpdieren. Door extra nutriënten toe te voeren vanuit het nutriëntenrijke Volkerak-Zoommeer zou de productie van algen in het gebied mogelijk toenemen waardoor de kweekoesters sneller zullen groeien.

In de modelberekening is, in overleg met de oestersector, gekozen om de extra nutriënten niet via de Bergse Diepsluis in de Oosterschelde toe te voeren maar via een doorlaatmiddel in de Oesterdam in het Marollegat (ten zuiden van de locatie Bergsebank 34, Figuur 2). Het is de verwachting van de kwekers dat de toename in algen als gevolg van de verhoogde nutriënten concentraties op deze locatie beter beschikbaar zouden komen voor de gekweekte oesters op de percelen. Bij een toevoer via de Bergse Diepsluis zouden de algen meer ten goede komen aan de wilde Japanse oesters. In de modelberekeningen is rekening gehouden met een toevoer van nutriënten die overeenkomt met een doorlaatmiddel met een constant debiet van  $10 \text{ m}^3 \text{ sec}^{-1}$ . De eventuele effecten op de hydrodynamica in het gebied zijn in deze studie buiten beschouwing gelaten.

## 3.3 Waterkwaliteit- en hydrodynamisch model

### 3.3.1 Model opzet

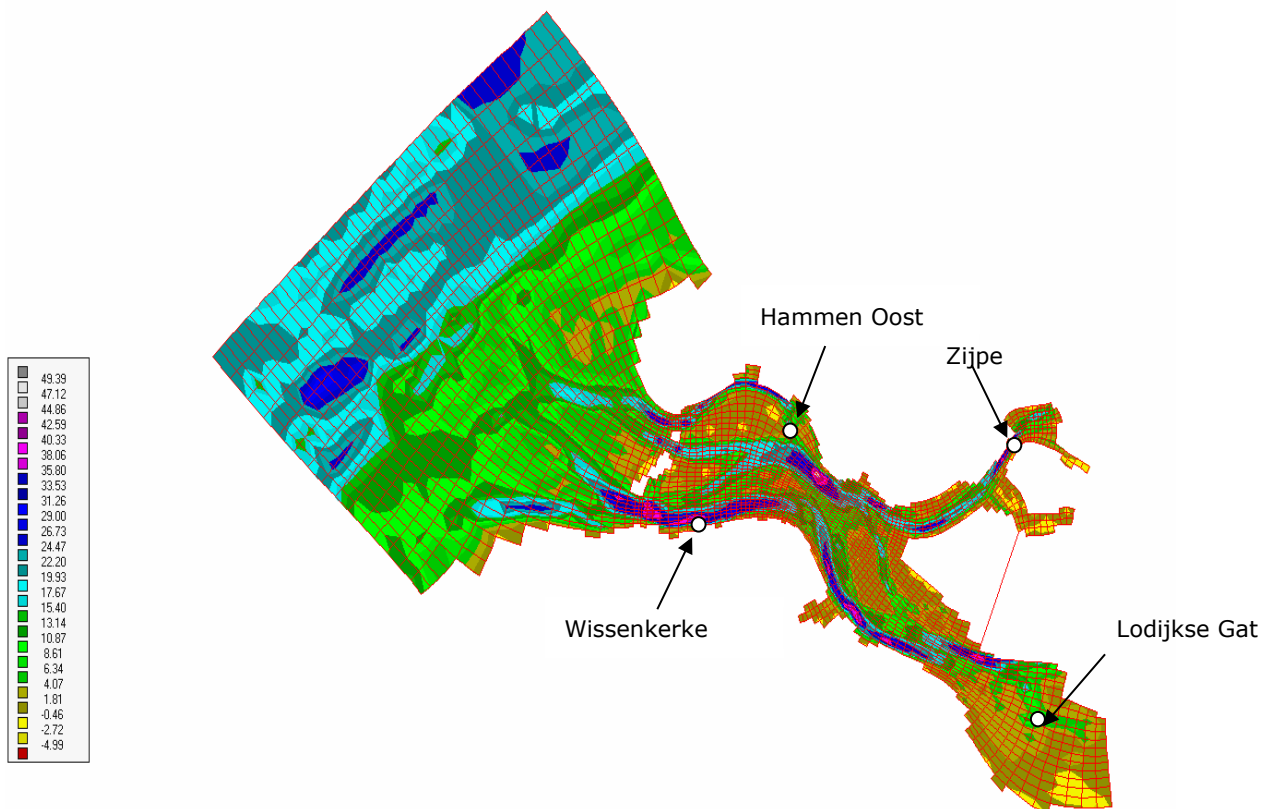
Het Deltakennis model is een specifieke toepassing van de Delft3D-software, bestaande uit een hydrodynamisch model (Delft3D-FLOW), en een generiek ecosysteem model (Delft3D-BLOOM/GEM) dat is uitgebreid met een grazer module. Het Deltakennis model is in eerste instantie opgezet voor de

Oosterschelde, maar kan in principe ook in andere watersystemen worden toegepast. De opzet van het Deltakennis model is uitgebreid beschreven in (Troost, 2009; Troost, 2010).

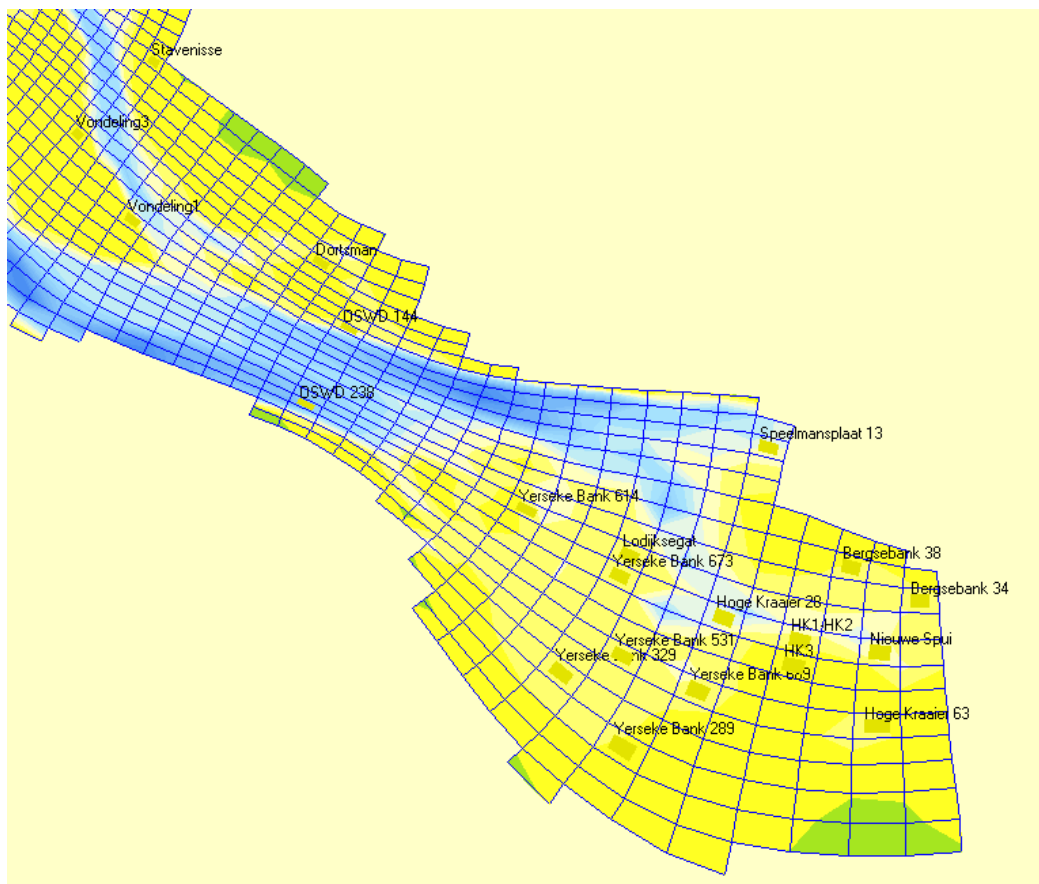
### 3.3.2 Schematisatie

Figuur 3 geeft de schematisatie en bathymetrie van het Deltakennis-model weer over de Oosterschelde en een deel van de Voordelta, bestaande uit 3277 (actieve) horizontale gridcellen. De afmetingen van de gridcellen in de Oosterschelde variëren van zo'n 0.25 bij 0.25 km (in de Monding) tot zo'n 0.5 bij 0.5 km in de Kom. Zoals in de figuur te zien is, is ook een gebied buiten de Oosterschelde (de Voordelta) meegenomen in de schematisatie. Dit is gedaan omdat de Oosterschelde en de Voordelta elkaar wederzijds beïnvloeden. Een groot volume water wordt met het getij heen en weer getransporteerd tussen de Oosterschelde en Voordelta. De processen die plaatsvinden in de Voordelta hebben daarmee invloed op de waterkwaliteit in de Oosterschelde en omgekeerd. De meetlocaties in de Oosterschelde die in de figuur zijn aangegeven zijn gebruikt om het model te valideren.

Figuur 4 geeft een uitvergroting van het komgebied weer, met daarin de locaties van de perceel- en meetlocaties, alsmede de locatie van de spui zoals gebruikt in het spuiscenario (oostelijk gelegen in het Marollegat). Een overzicht van deze locaties en hun coördinaten wordt gegeven in bijlage A.



Figuur 3: Model schematisatie en bathymetrie (in meter beneden NAP) van het Oosterschelde model. Aangegeven zijn ook de 4 MWTL-meetlocaties in de Oosterschelde.



Figuur 4: Uitvergroting van het Komgebied van het Oosterschelde model. Aangegeven zijn de meet- en onderzoekslocaties, alsmede de locatie van de spui zoals gebruikt in het spuisceario (Nieuwe Spui gelegen ten oosten van Hoge Kraaijer).

### 3.3.3 Hydrodynamisch model (Delft3D-FLOW)

De waterbeweging in het systeem is gemodelleerd m.b.v. Delft3D-FLOW. Deze software simuleert non-steady stromings- en transport fenomenen als resultante van getijdenbewegingen, meteorologische forceringen en rivierafvoeren. De precieze processen en opzet van dit model zijn uitgebreid beschreven in Deltares (2012a). De waterbeweging is gemodelleerd op een 3D-grid met 10 verticale lagen. Voor de waterkwaliteitsberekeningen zijn de 3D-resultaten met betrekking tot de waterbeweging omgezet in 2D, door verticale aggregatie over de waterkolom. Eerdere modelberekeningen hebben laten zien dat verschillen tussen 2D en 3D resultaten voor de waterkwaliteit in de hele Oosterschelde geen wezenlijk andere of betere uitkomsten geven. Dit is te verklaren doordat het water in de Oosterschelde over het algemeen genomen goed gemengd is. De meteorologische forceringen (windsnelheid, luchttemperatuur, neerslag, verdamping) zijn gebaseerd op KNMI-metingen bij Wilhelminadorp en kunnen als representatief worden beschouwd voor de hele Oosterschelde. De randvoorwaarden met betrekking tot stroming zijn gegenereerd met het ZUNO-grof model voor de Noordzee (Los e.a., 2008).

### 3.3.4 Generiek Ecosysteem Model (Delft3D-BLOOM/GEM)

Als overkoepelend waterkwaliteit en ecosysteem model is gebruik gemaakt van het Delft3D-BLOOM/GEM model. Dit model berekent de concentraties van opgeloste nutriënten (nitraat, ammonium, fosfaat, en

silica), opgelost zuurstof en zout, fytoplankton (diatomeeën, flagellaten, dinoflagellaten, en *Phaeocystis*), en detritus. De beschikbare processen zijn:

- Fytoplankton processen: primaire productie, respiratie, mortaliteit
- Licht extinctie over de waterkolom
- Afbraak van organisch materiaal in het water en de zeebodem
- Nitrificatie en denitrificatie
- Re-aeratie
- Sedimentatie en resuspensie
- Begraving van organisch materiaal

Deze processen en de opzet van het GEM model zijn uitgebreid beschreven in Deltares (2012b; 2012c). Voor de huidige toepassing van het GEM-model worden de slibconcentraties beschreven met opgelegde functies op basis van MWTL-metingen. Evenals bij de hydrodynamica, zijn de meteorologische forceringen (lichtintensiteit, windsnelheid) gebaseerd op KNMI-metingen bij Wilhelminadorp voor het jaar 2002. Fosfaatnalevering wordt beschreven met een ruimtelijk homogene functie die is overgenomen uit het Deltamodel (Meijers en Groot, 2007), welke is gekalibreerd op basis van fosfaatconcentraties. Resuspensie wordt verdisconteerd in de sedimentatiesnelheid. De bodem bestaat uit één laag. Het detritus bestaat uit één enkele fractie maar met een variabele nutriëntensamenstelling en afbraaksnelheid.

Het gesimuleerde jaar is 2002, omdat dit meteorologisch gezien als een redelijk gemiddeld jaar beschouwd kan worden. Tevens vertoont 2002 een mooie cycliciteit (d.w.z. dat de begin- en eindwaarden van de nutriëntenconcentraties gelijk zijn). Dit is tevens een indicatie voor gemiddelde omstandigheden.

Parameterwaarden zijn gebaseerd op de standaardwaarden zoals die gebruikt worden in het ZUNO-grof Noordzee model (Los e.a., 2008). Wel zijn de maximale groeisnelheden van *Phaeocystis* verlaagd, waardoor deze algen minder dominant worden en de diatomeeën toenemen. Hierdoor verbetert de fit met gemeten siliciumconcentraties aanzienlijk. Deze aanpassing is wellicht nodig door de afwezigheid van benthische diatomeeën in het model. Benthische diatomeeën ontwikkelen zich op droogvallende slikken en platen en kunnen door resuspensie in de waterkolom terecht komen. Er is een inspeelperiode van een jaar gehanteerd om het model overal met realistische startcondities te laten beginnen. In beide scenario's is met deze zelfde startcondities gewerkt, zodat een goede vergelijking kan worden gemaakt met de referentierun.

### 3.3.5 Modelling van grazers

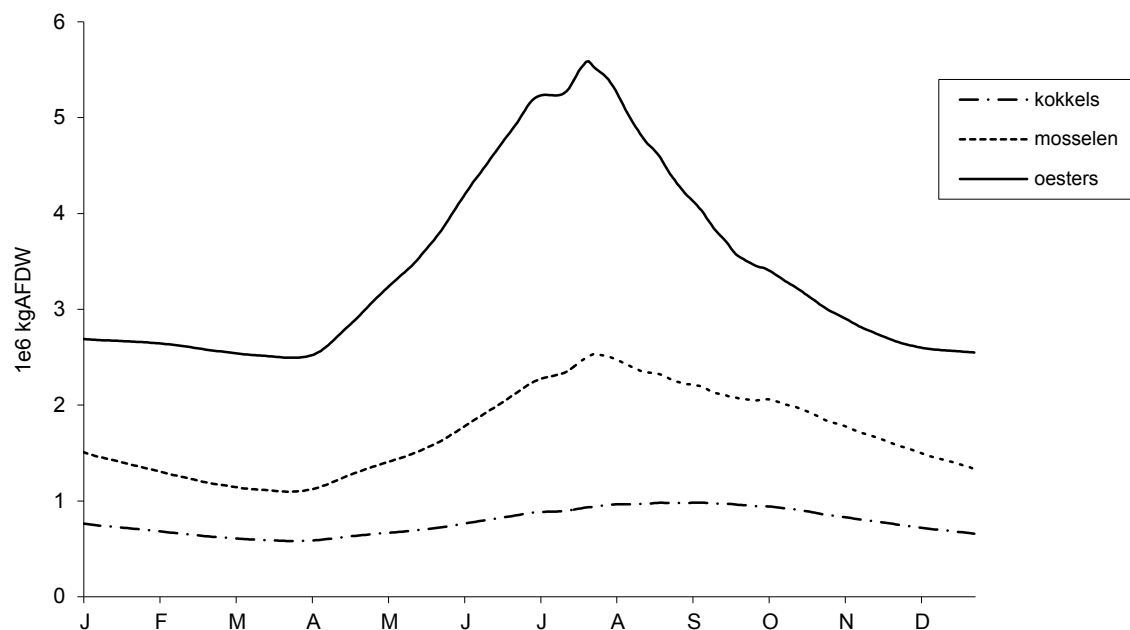
In het Deltakennis-model worden 3 soorten grazers gemodelleerd. De gebruikte grazermodule is een populatie-dynamisch model gebaseerd op bestaande Dynamic Energy Budget (DEB) modellen voor schelpdieren (Bacher en Gangnery, 2006; Pouvreau e.a., 2006; Rosland e.a., 2009; Wijsman en Smaal, 2011). Deze modellen beschrijven de opname en het gebruik van energie voor groei, onderhoud en reproductie op basis van de DEB-theorie (Kooijman, 2010). Deze grazermodule is opgezet in het Deltakennis project, en uitgebreid beschreven in rapporten behorende bij dat project (Troost e.a., 2010).

De grazermodule is flexibel van aard, en er kan gekozen worden voor meer of minder complexiteit van de grazers in het model. In de onderliggende toepassing is gekozen voor de minder complexe aanpak, namelijk door gebruik te maken van zgn. V1-morfen (Kooijman, 2010). Met deze aanpak wordt de populatie van grazers als één geheel gemodelleerd, wat een aantal modelmatige voordelen oplevert. Hiervoor is er van uitgegaan dat de grootte-verdeling van de grazerpopulatie niet verandert door de tijd

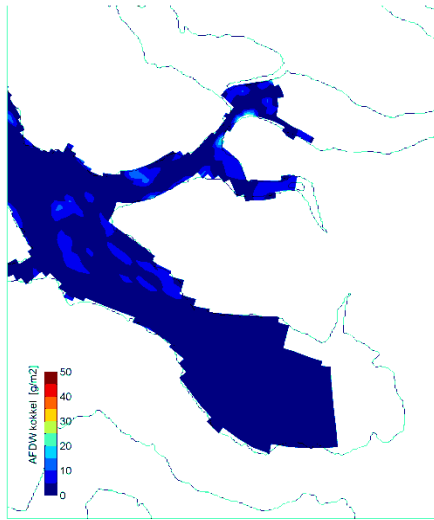
heen en dus zijn ook de eventuele effecten hiervan op de graasdruk niet meegenomen. Wel varieert de totale biomassa van de populatie door toe- of afname in aantal individuen, hun gonaden en/of reserves.

Voor het modelleren van de bestaande grazer populaties in de Oosterschelde (oesters, mosselen, kokkels, Ensis, zoöplankton, etc.) is gekozen voor 3 verschillende soorten (oesters, kokkels, mosselen). Ensis, zoöplankton, en andere grazers zijn niet expliciet meegenomen, maar impliciet wordt er wel rekening met hen gehouden, doordat het modelsysteem is gekalibreerd op veldmetingen welke vanzelfsprekend wel door deze grazers worden beïnvloed. Verder is er bij de modellering van de bestaande grazers van uitgegaan dat elk van de 3 populaties over het hele jaar gezien stabiel is, dat wil zeggen dat zij aan het eind van het jaar eenzelfde samenstelling en biomassa hebben als aan het begin van het jaar.

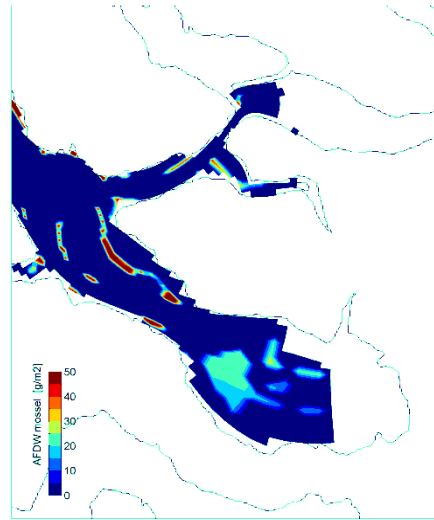
Parameters en initialisatie van de grazers in het model is uitgebreid beschreven in Troost e.a. (2010). Figuur 5 laat zien hoe de populaties kokkels mosselen en oesters variëren gedurende het jaar. Figuur 6 (A-D) laat zien hoe de 3 soorten grazers in eenheden van asvrij drooggewicht per m<sup>2</sup> zijn geïnitialiseerd in het model.



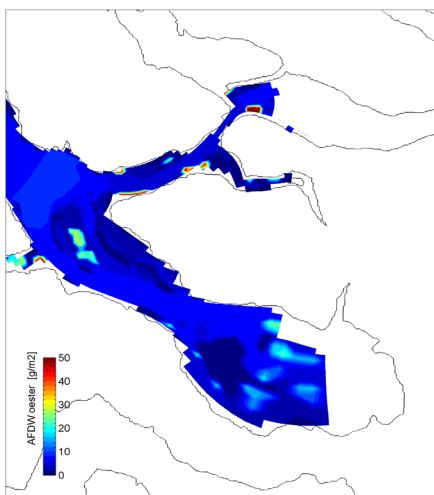
Figuur 5: Totale biomassa in 10<sup>6</sup> kg AFDW van de populatie oesters (doorgetrokken lijn), mosselen (gestippelde lijn), en kokkels (gestreepte lijn) in de gehele Oosterschelde.



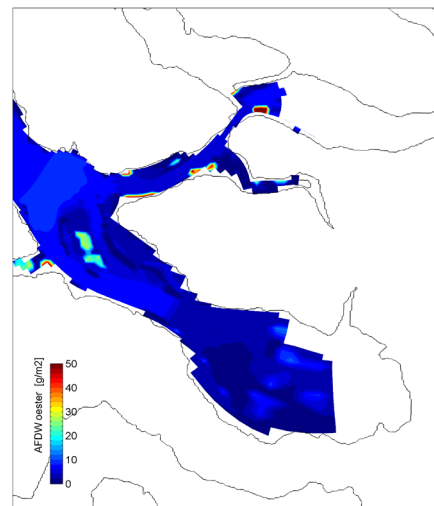
**A**



**B**



**C**



**D**

Figuur 6: Initiële hoeveelheden en verspreiding van (A) kokkels, (B) mosselen en (C) oesters (sublitoraal en litoraal) in het model. In het oesterscenario (D) is de initiële dichtheid van oesters in het komgebied (ten oosten van de lijn Yerseke-Gorishoek) gehalveerd. Weergegeven zijn de initiële g AFDW m<sup>-2</sup>.

### 3.3.6 Validatie referentiescenario

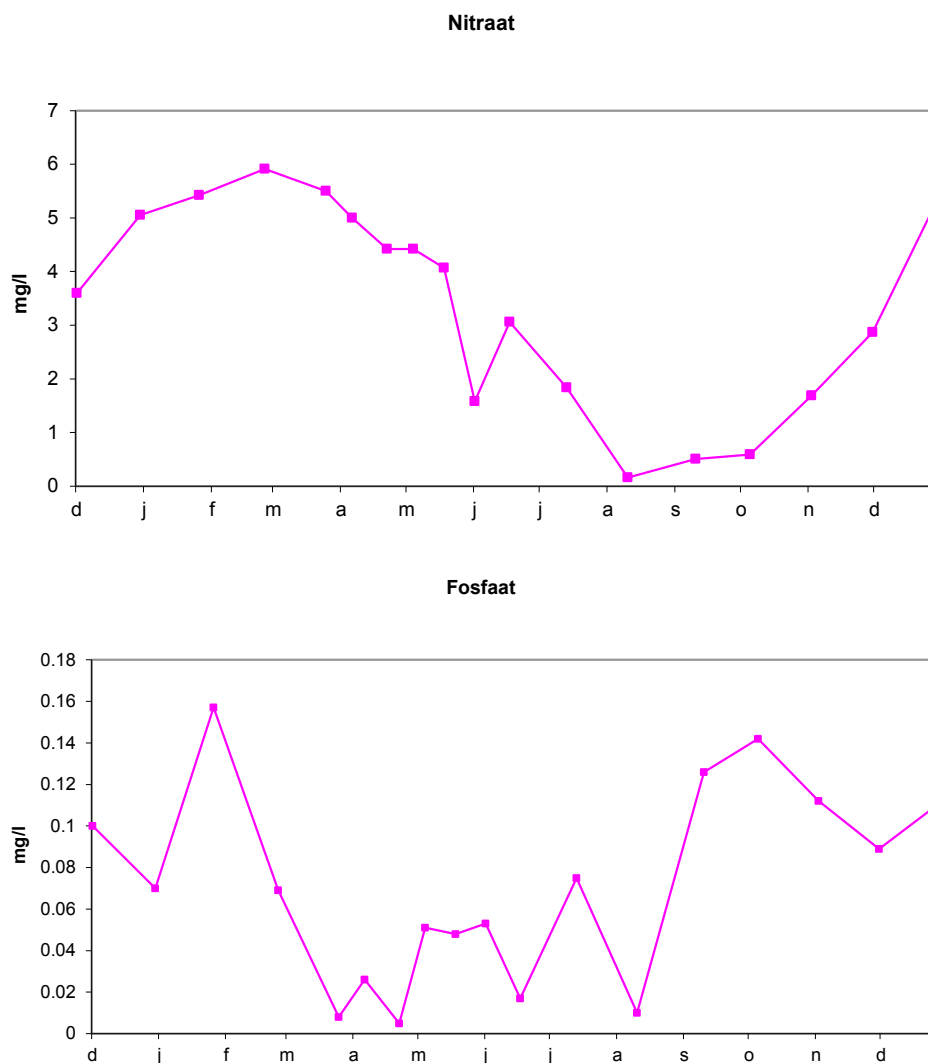
Het model is gevalideerd op basis van metingen van nutriënten en primaire productie (Troost, 2011). Een indruk van de overeenkomsten van de modelresultaten met de gemeten nutriëntenconcentraties op de locaties Wissenkerke, Hammen-Oost, Zijpe en Lodijkse Gat (zie Figuur 3) wordt gegeven in bijlage B.

### 3.3.7 Modellering oesterscenario

In het oesterscenario is de initiële oesterdichtheid in het komgebied gehalveerd (zie Figuur 6D). Verder is deze modelrun identiek aan de referentie-run.

### 3.3.8 Modelling spuisceario

In het spuisceario is een extra nutriëntenlozing aan het modelsysteem toegevoegd in het Marollegat (zie Figuur 4, "Nieuwe spui"). Verder is deze modelrun identiek aan de referentie-run. In deze sceariorun is uitgegaan van een constant debiet van  $10 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ . De hydrodynamica is hierbij niet opnieuw berekend, waardoor de stroming en het zoutgehalte in het spuisceario niet veranderen ten opzichte van de referentie run, wat de betrouwbaarheid van de uitkomsten beperkt. Dit leidt waarschijnlijk tot een overschatting van het effect. Verder is er is aangenomen dat het gespuide water afkomstig is uit het Volkerak-Zoommeer, waarbij de nutriëntenconcentraties ( $\text{NO}_3$ ,  $\text{PO}_4$ , en Si) zijn gebaseerd op de concentraties zoals die in 2002 gemeten zijn in RWS-meetlocatie Steenberg (zie Figuur 7). Deze metingen zijn mogelijk niet representatief voor de concentraties in het hele bekken, maar liggen waarschijnlijk hoger, wat ook weer tot een overschatting van het effect leidt. De totale toevoer in kg (N en P) per dag is uit deze figuren te berekenen door de concentraties te vermenigvuldigen met  $864 \text{ m}^3 \text{ dag}^{-1}$ .



Figuur 7: Stikstof en fosfaatconcentraties van het spuiwater in 2002 op meetlocatie Steenberg.



### 3.4 Fysiologisch model kweekoesters

In dit project is het effect van het verwijderen van wilde oesters en een inlaat van nutriënten van het Volkerak-Zoommeer op de groei van *Crassostrea gigas* berekend d.m.v. een Dynamic Energy Budget model (Kooijman 2010, hierna te benoemen als DEB-model) toegepast op drie locaties in de Kom van de Oosterschelde (kweeklocaties Yerseke bank 614 en Bergsebank 34) en waterkwaliteitslocatie HK2 (zie Figuur 2) en over de gehele Kom. De veranderingen in algenconcentraties zijn door Deltares in het kader van dit project berekend met het Delft-3D instrumentarium (zie paragraaf 3.3).

De groei van oesters in de drie verschillende scenario's is bepaald met een DEB-model (Wijsman en Smaal, 2011) aangepast met de specifieke parameters voor Japanse oesters uit Pouvreau e.a. (2006) (zie Tabel 2). De opname van voedsel wordt weergegeven als functie van voedsel en slib in een zogenaamde functionele respons (eq. 1). Er wordt aangenomen dat oesters gebruik maken van POM (Particulair Organisch Materiaal, detritus), dat voornamelijk bestaat uit dode algen, om in de energie voor groei te kunnen voorzien. De functionele respons  $f$  krijgt door deze aannamen de volgende vorm:

$$f = \frac{\text{voedsel}}{X_k + \text{voedsel}} \quad (\text{eq. 1})$$

Waarbij

$$\text{voedsel} = \text{chl}a + \alpha * \text{POM} \quad (\text{eq. 1})$$

De parameter  $X_k$  is hier de half-saturatie constante en  $\alpha$  is een parameter die het relatieve belang van POM ten opzichte van Chl-a als voedsel voor de oesters.

#### 3.4.1 Parameterisatie

$\alpha$  verhaalt wat het aandeel POM is, relatief tot Chl-a, dat voor groei gebruikt wordt. De waarde van  $\alpha$  is gezet op 0.1. Met deze waarde van  $\alpha$  wordt verwacht 10 mg POM nodig is om 1  $\mu\text{g}$  Chl-a te vervangen om dezelfde groei voor de oester mogelijk te maken. Mogelijk wordt door oesters helemaal geen POM gebruikt voor groei omdat ze het selectief verwijderen in de vorm van pseudo-faeces. Door aan te nemen dat oesters toch enigszins gebruik maken van POM kan het voor komen dat in tijden van lage Chl-a en hoge POM (door hoge sterfte van algen) de productie van oesters voornamelijk draait op POM. Door uitkomsten van het model met  $\alpha = 0.1$  te vergelijken met die met  $\alpha = 0.0$  is echter gebleken dat er in de praktijk geen noemenswaardige verschillen in conditie of groei plaatsvinden als individuen zich kunnen handhaven. Bovendien blijft Chl-a gemiddeld verreweg de belangrijkste voedselbron (Chl-a / totaal voedsel > .95). Wel kan de setting  $\alpha = 0.1$  ervoor zorgen dat de individuen persisteren waar dit met  $\alpha = 0.0$  niet langer kan omdat POM in tijden van schaarste (weinig Chl-a) in de metabole behoefte kan voorzien.

$X_k$  is een half-saturatie constante voor de opname van Chl a en POM. Hier is deze parameter gezet op 2.5  $\mu\text{g L}^{-1}$ . In vergelijking met dat van de kokkel ( $X_k$  van kokkel is in de Oosterschelde 2.74  $\mu\text{g L}^{-1}$  (Troost e.a., 2010; Wijsman en Smaal, 2011), is dit een waarde van de half-saturatie constante die bij lage voedselconcentraties een iets hogere functionele respons veroorzaakt. In Tabel 2 zijn alle parameters gebruikt in het DEB-model terug te vinden.

#### 3.4.2 Datakeuze en -aanpassing

Groei van oesters is berekend op 3 individuele punten en voor de gehele kom over een periode van 5 jaar. De groei in het oester- en spuiscenario is vergeleken met de groei die op zou treden in het referentiescenario. Ook in het referentie scenario is de groei berekend over een periode van 5 jaar.

Voor alle scenario's is door het Deltakennis model (zie paragraaf 3.3) de dagelijkse concentratie POM, chlorofyl-*a* en temperatuur van het water berekend in de Kom (als gemiddelde) en voor alle locaties zoals aangegeven in Figuur 2. De locatie van de inlaat van nutriënten in het spuiscenario is bepalend geweest voor de keuze van de drie locaties waarop groei van oesters berekend wordt. De 3 locaties zijn in oplopende afstand tot de inlaat gekozen: HK2, Bergsebank 34, Yersekebank 614. Ook is de groei berekend aan de hand van door het Deltakennis model berekende gemiddelde dynamiek in de gehele Kom. Vervolgens zijn de groei in de verschillende scenario's per locatie en over de Kom met elkaar vergeleken om een relatief effect van nutriënten toevoer en het wegvissen van wilde oesters te laten zien. Omdat de relatieve verschillen tussen de scenario's niet wezenlijk verschillen tussen locaties is gekozen om de resultaten van de gehele Kom te presenteren in de hoofdtekst en de resultaten op overige locaties te plaatsen in de bijlage D. Ter verduidelijking: de resultaten voor de gehele Kom zijn geen gemiddelden van de drie locaties maar een gemiddelde voor het hele gebied.

#### 3.4.3 Simulatie

Gedurende de simulaties voor elk scenario is in het eerste jaar begin juni, begin augustus en begin oktober een zaadval van *oesters* veronderstelt op elke locatie. De conditie of kwaliteit van de verschillende cohorten wordt bijgehouden door deze te meten in indices zoals de ratio tussen as-vrij drooggewicht en volume. De simulaties zijn over 5 jaar doorgerekend met een jaarlijks herhalende forcing van omgevingscondities die zijn berekend met het waterkwaliteitsmodel.

Tabel 2: Parameters van het DEB-model voor Oesters (*Crassostrea gigas*) (Pouvreau e.a., 2006; Wijsman en Smaal, 2011).

Parameter	waarde	eenheid	omschrijving
shape	0.175	-	Shape factor delta_m
JXm_L2	420	J cm <sup>-2</sup> d <sup>-1</sup>	Maximum surface-specific ingestion rate
Pm_L3	24	J cm <sup>-3</sup> d <sup>-1</sup>	Volume-specific maintenance costs
Em_L3	2295	J cm <sup>-3</sup>	Maximum storage density
Eg_L3	1900	J cm <sup>-3</sup>	Volume-specific costs of growth
Ev_L3	1350	J cm <sup>-3</sup>	Volume-specific energy-content of structural tissues
Kappa	0.45	-	Fraction of catabolic energy used for Maint+Growth
Kappa_R	0.7	-	Fraction of reproductive power that goes to reproductive reserves
Lb	0.01	cm	Length at embryo -> juvenile transition
Lp	1.74	cm	Length at juvenile -> adult transition
SpecMass	1	g cm <sup>-3</sup>	Specific mass of body structure
Mu_E	17500	J g <sup>-1</sup>	Energy content of reserves (in ash-free dry mass)
Ta	5800	K	Arrhenius temperature
Tl	281	K	Lower boundary of tolerance range
Th	305	K	Upper boundary of tolerance range
Tal	75000	K	Arrhenius temperature for rate of decrease at lower boundary
Tah	30000	K	Arrhenius temperature for rate of decrease at upper boundary
MinSPtemp	18	°C	Minimum temperature for spawning
GSI_upper	0.035	-	Upper GSI boundary to trigger spawning
GSI_lower	0.005	-	Lower GSI boundary to stop spawning
DoSpawn	0	-	At start of simulation there is no spawning
rSpawn	0.1	d <sup>-1</sup>	Rate of gonad release Fraction of gonads per day
Xk	2.5	ug Chla_l <sup>-1</sup>	Half saturation constant Functional response
Alpha	0.1	Chla*POM <sup>-1</sup>	Replacement ratio POM for Chlorophyll
AE	0.65	-	Assimilation efficiency (1-fraction loss due to digestion)
AFDW_WW	0.05	-	Conversion factor WW (flesh) to AFDW (g AFDW / g WW)

### 3.4.4 Klasse verdeling

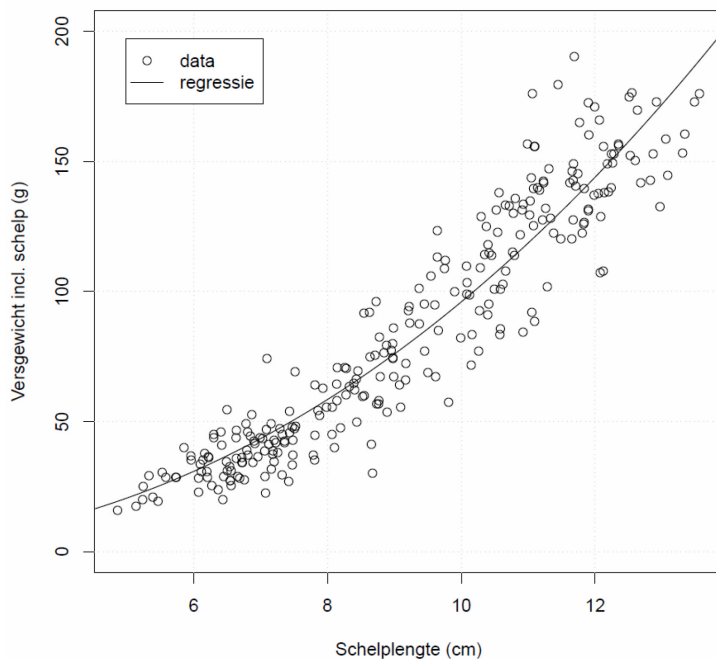
Op de markt zijn de Japanse oesters onder verschillende grootte klassen te koop. De grootte van de oester bepaald ten dele ook de prijs. De grootte klassen worden weergegeven door middel van romeinse cijfers. Hoe hoger het romeinse cijfer hoe kleiner de oester (Tabel 3).

Tabel 3: Grootte klassen consumptie oesters. De klassegrenzen voor de schelp lengtes zijn berekend aan de hand van de gewichten door middel van de regressievergelijking (Figuur 8)

Klasse	gewicht (g)	Schelp lengte (cm)
0	>200	>15.3
I	150 – 200	13.6 – 15.3
II	120 – 150	12.5 – 13.6
III	80 – 120	10.7 – 12.5
IV	60 – 80	9.5 – 10.7

Om de klasse grenzen om te zetten in schelp lengtes is er een lengte-gewicht regressie (Figuur 8) uitgevoerd op 270 kweekoesters (Schaap, 2012). De relatie tussen schelp lengte (L, cm) en versgewicht (W, g) is:

$$W = 0.192 * L^{2.55} \quad (R^2 = 0.90)$$



Figuur 8: Relatie tussen versgewicht (g, inclusief schelp) van consumptie oesters (*Crassostrea gigas*) en schelp lengte (cm) (Schaap, 2012).

Deze relatie is in het model gebruikt om de lengte van een gekweekte oester (een van de uitvoeren van het DEB model) om te rekenen naar versgewicht (inclusief schelp, g).

### 3.4.5 Vastlegging van veldgegevens door monitoring

De kwaliteit van oesters is op enkele locaties in de Kom van de Oosterschelde gemonitord. Hiertoe zijn de volgende locaties bemonsterd;

- BB 38
- HK 28 en 63
- YB 329, 531, 614 en 673/674

Bemonstering vond maandelijks plaats door het ministerie van Economische Zaken (voorheen EL&I) en de Rijksrederij (Vaartuig MS Valk) gedurende de periode april t/m december 2010. Tijdens iedere monsternamen is per locatie een sleep met de een bemonsterkor (1 meter) kor gedaan. De inhoud van de kor is aan boord van het schip geleegd, waarna een tiental oesters met een maatvoering van ongeveer 10 cm gesorteerd werden. De oesters zijn verzameld en doorgemeten door het Productschap Vis, mosselkantoor, Yerseke.

De volgende procedure is vastgesteld.

- a) Door weging is het versgewicht vastgesteld;
- b) Met een oestermes is vervolgens het scharnierpunt en de aanhechtingen van de sluitspijeren bij de schelp doorgesneden;
- c) Het overtollige schelpdiervocht verwijderd door het geheel gedurende 10 seconden uit te laten lekken;
- d) Het vlees is uit de schelp losgemaakt;
- e) Het schelpdiervlees- en het schelpgewicht is vastgesteld door weging.

Het vleesgewicht percentage is bepaald als percentage vleesgewicht van het versgewicht (schelpdiervlees + schelp).

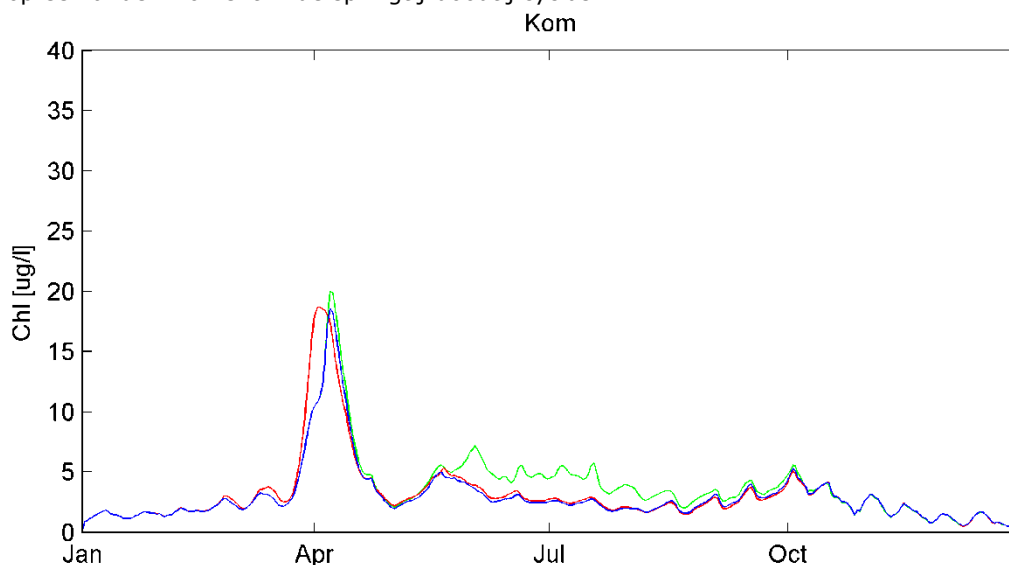
De data zijn opgeslagen en bewerkt in een spreadsheet programma (MS Excel). De data zijn gebruikt om een referentiekader vast te stellen voor toekomstig onderzoek. De data van 2010 kunnen niet gebruikt worden ter validatie van voorliggende studie, aangezien het jaar 2010 een andere fytoplanktondynamiek vertoonde dan de gehanteerde scenario's.

De resultaten zijn gepresenteerd in bijlage E.

## 4 Resultaten

### 4.1 Waterkwaliteit

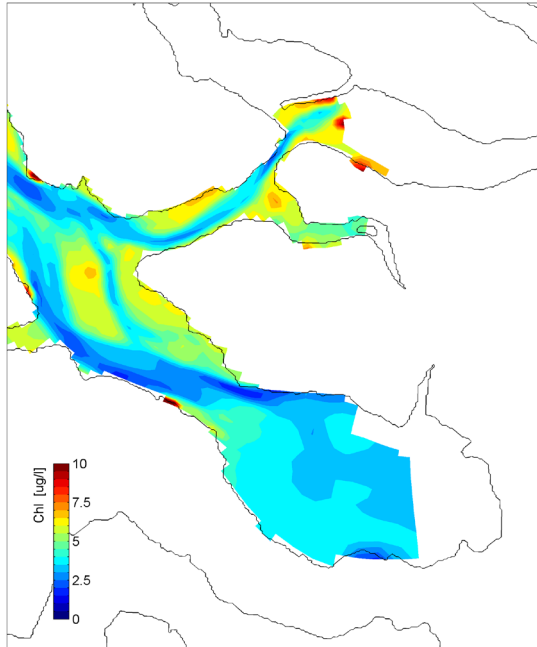
Figuur 9 laat zien hoe de twee scenario's verschillen van de referentie met betrekking tot de gemiddelde chlorofylconcentratie in het hele komgebied. Modelresultaten laten zien dat beide scenario's leiden tot een kleine toename in chlorofylconcentratie. Het wegvissen van wilde Japanse oesters (rode lijn) lijkt vooral effect te hebben op de voorjaarspiek, terwijl het toelaten van nutriëntrijk water vanuit het Volkerak-Zoommeer meer effect lijkt te hebben op een verhoging van de zomerconcentraties. De tweewekelijkse schommelingen in de grafiek komen grotendeels voort uit een sampling-effect: de modelresultaten worden steeds op hetzelfde tijdstip van de dag weggeschreven, maar vallen hierdoor steeds op een ander moment in de springtij-doodtij cyclus.



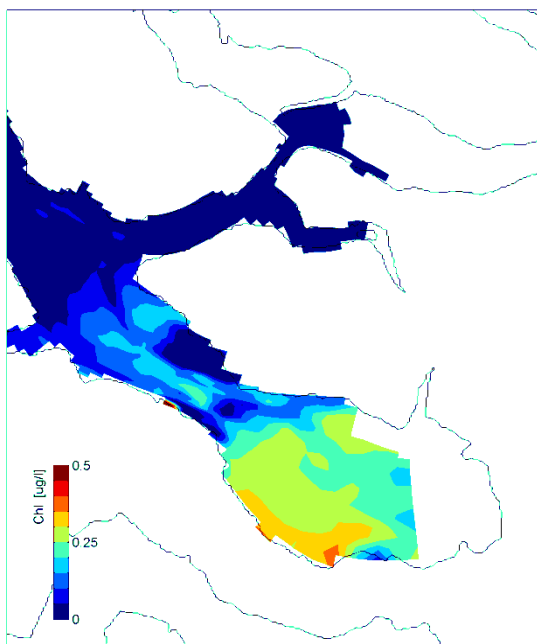
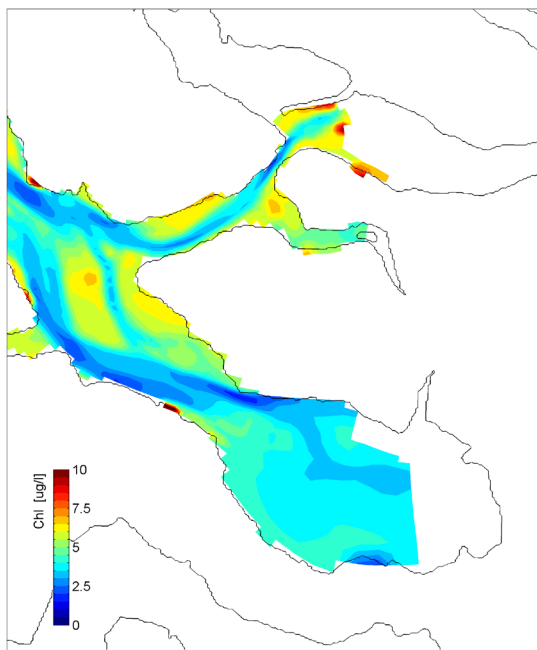
Figuur 9: Chlorofylconcentraties ( $\mu\text{g l}^{-1}$ ) gemiddeld over het hele komgebied in de referentie-situatie (blauwe lijn), in het oester-scenario (rode lijn) en in het spui-scenario (groene lijn).

In bijlage C worden de chlorofylconcentraties in de referentie-run en in de twee scenario's getoond per locatie. Deze resultaten sluiten aan bij het algemene beeld voor het hele komgebied zoals hierboven beschreven is. Wel zijn de effecten van het spuiscenario op de meer oostelijke locaties groter dan die op de meer centraal gelegen locaties. Dit is te verklaren doordat beide maatregelen (het inlaten van water uit het Volkerak-Zoommeer en het wegvissen van de oesters) plaatsvinden in het komgebied, en niet in het centrale deel van de Oosterschelde.

Om de verschillen tussen de verschillende locaties nader te onderzoeken geeft Figuur 10 een indruk van de ruimtelijke verspreiding van de chlorofylconcentratie in het komgebied. Figuur 11 en Figuur 12 tonen vervolgens de gemiddelde chlorofylconcentraties in het oester- en spuiscenario, alsmede de verschillen in gemiddelde chlorofylconcentratie van beide scenario's ten opzichte van de referentie-situatie. De ruimtelijke verspreiding van de toename in chlorofylconcentratie in het spuiscenario is duidelijk gekoppeld aan de locatie van de spui in het Marollegat. De ruimtelijke verspreiding van de chlorofyltoename in het oesterscenario is niet erg duidelijk te koppelen aan de ruimtelijke verspreiding van de oesters, maar lijkt enigszins gecorreleerd te zijn aan diepte. Een mogelijke verklaring hiervoor zou kunnen zijn dat er op ondiepe locaties sprake is van een hogere graasdruk dan op diepere locaties.

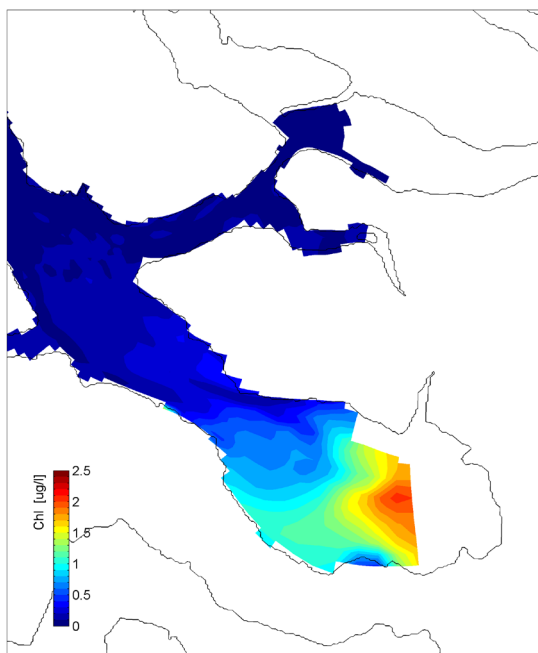
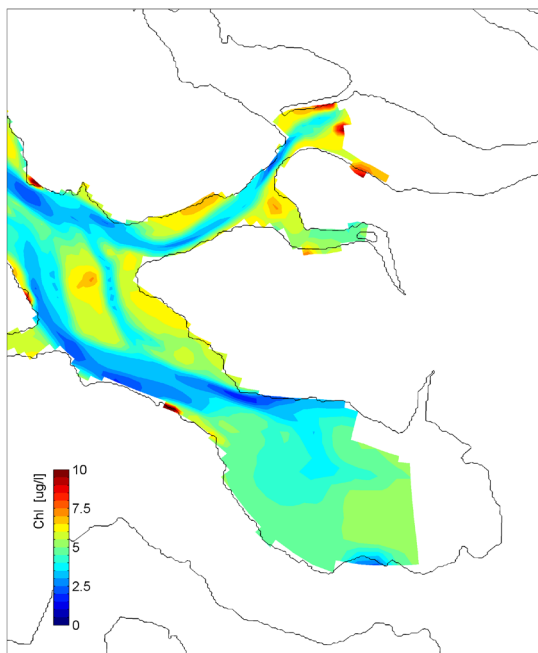


Figuur 10: Jaargemiddelde chlorofylconcentratie ( $\mu\text{g l}^{-1}$ ) in het Oostelijk deel van de Oosterschelde voor de referentie-situatie.



Figuur 11: Jaargemiddelde chlorofylconcentratie in het Oostelijk deel van de Oosterschelde ( $\mu\text{g l}^{-1}$ , boven) voor het oesterscenario. In het onderste deel is het verschil in chlorofylconcentratie ten opzichte van de referentie weergegeven ( $\mu\text{g l}^{-1}$ ). De positieve waarden geven aan dat er in alle gevallen een toename is in jaargemiddelde chlorofylconcentratie ten opzichte van de referentie. NB: de range van getoonde waardes verschilt tussen de beide figuren (zie legenda).

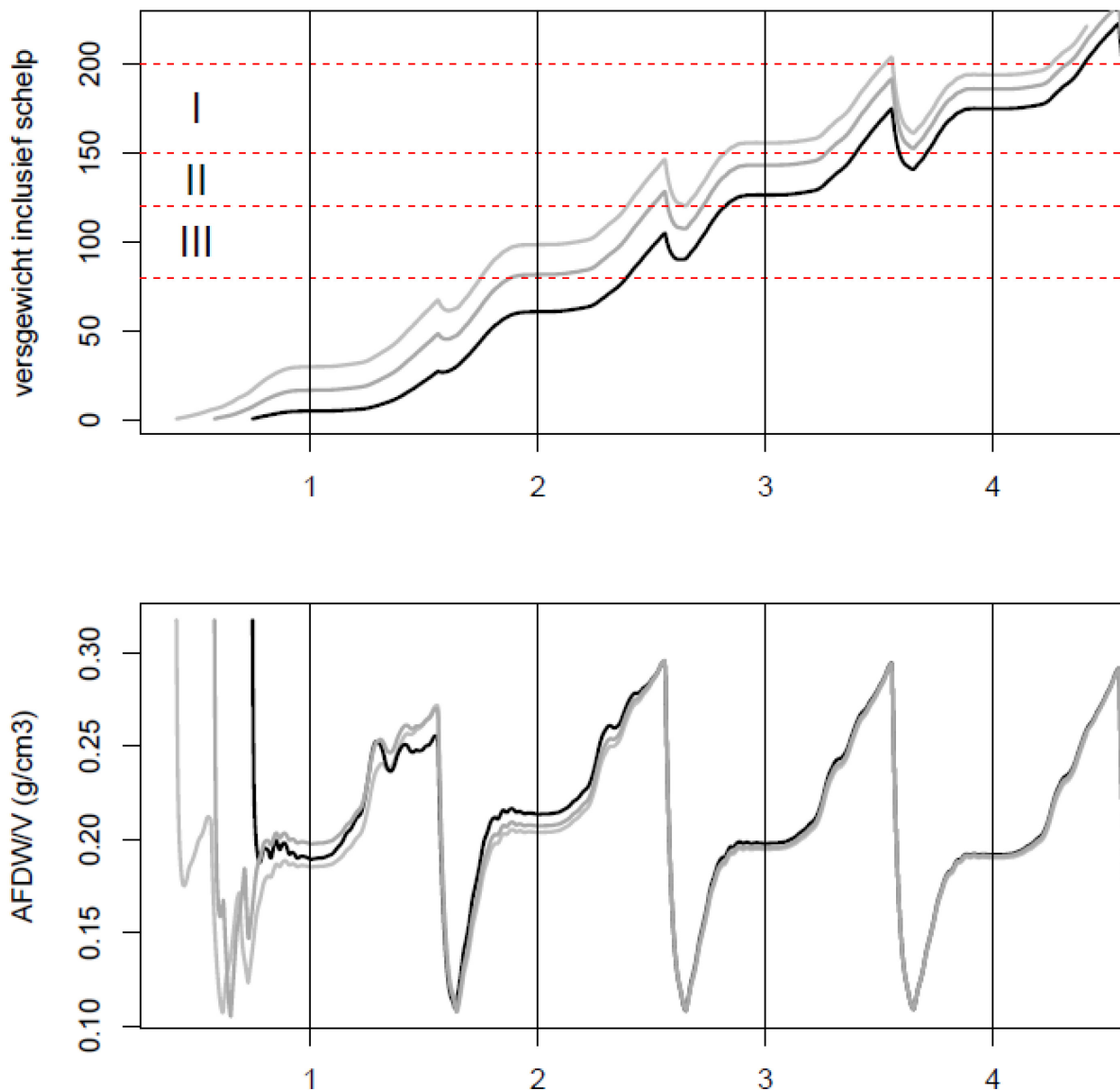




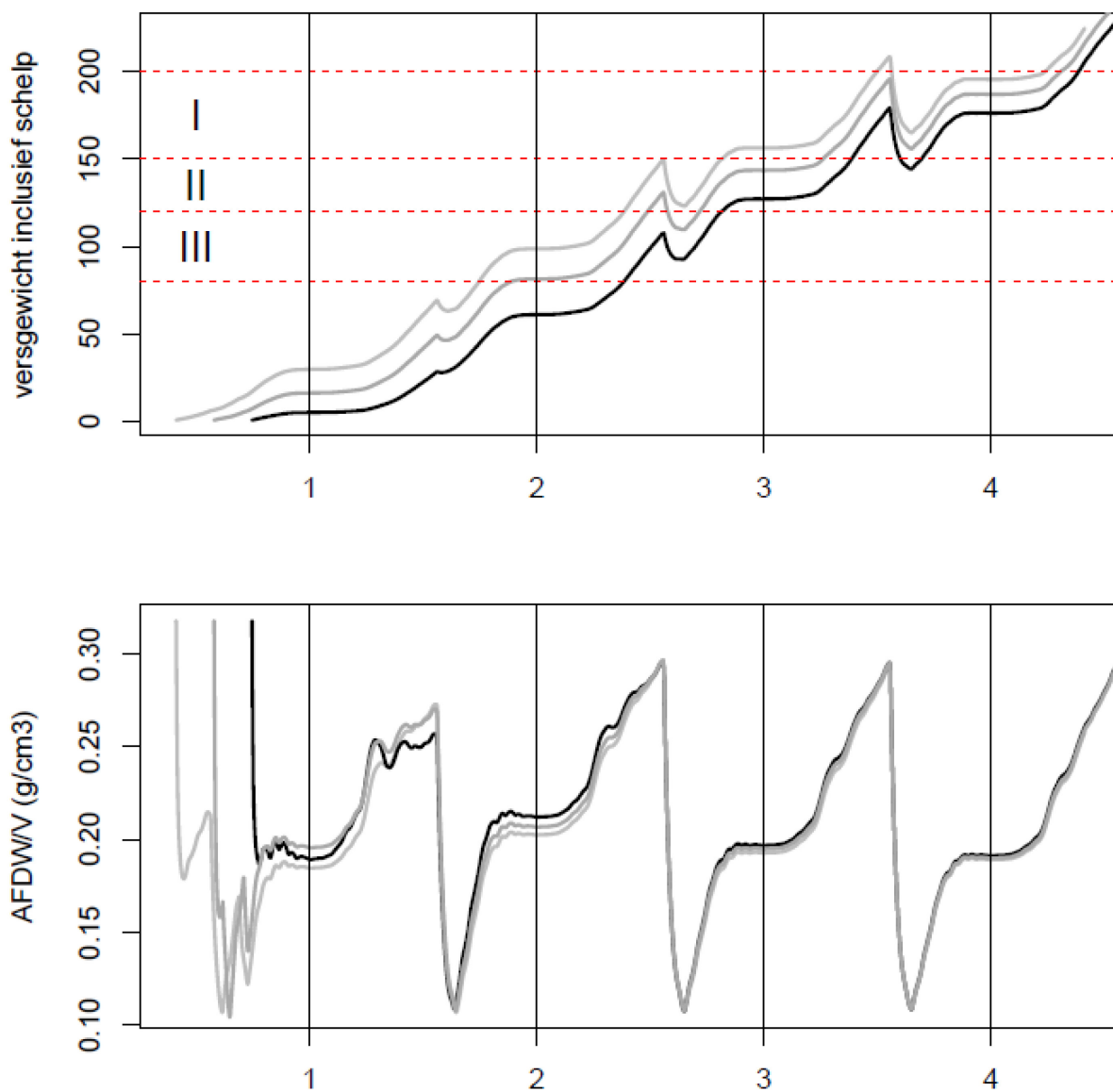
Figuur 12: Jaargemiddelde chlorofylconcentratie in het Oostelijk deel van de Oosterschelde ( $\mu\text{g l}^{-1}$ , boven) voor het spuisceario. In het onderste deel is het verschil in chorofylconcentratie ten opzichte van de referentie weergegeven ( $\mu\text{g l}^{-1}$ ) Positieve waarden zijn een toename in jaargemiddelde chlorofylconcentratie ten opzichte van de referentie. NB: de range van getoonde waardes verschilt tussen de beide figuren (zie legenda).

## 4.2 Groei en ontwikkeling kweekoesters

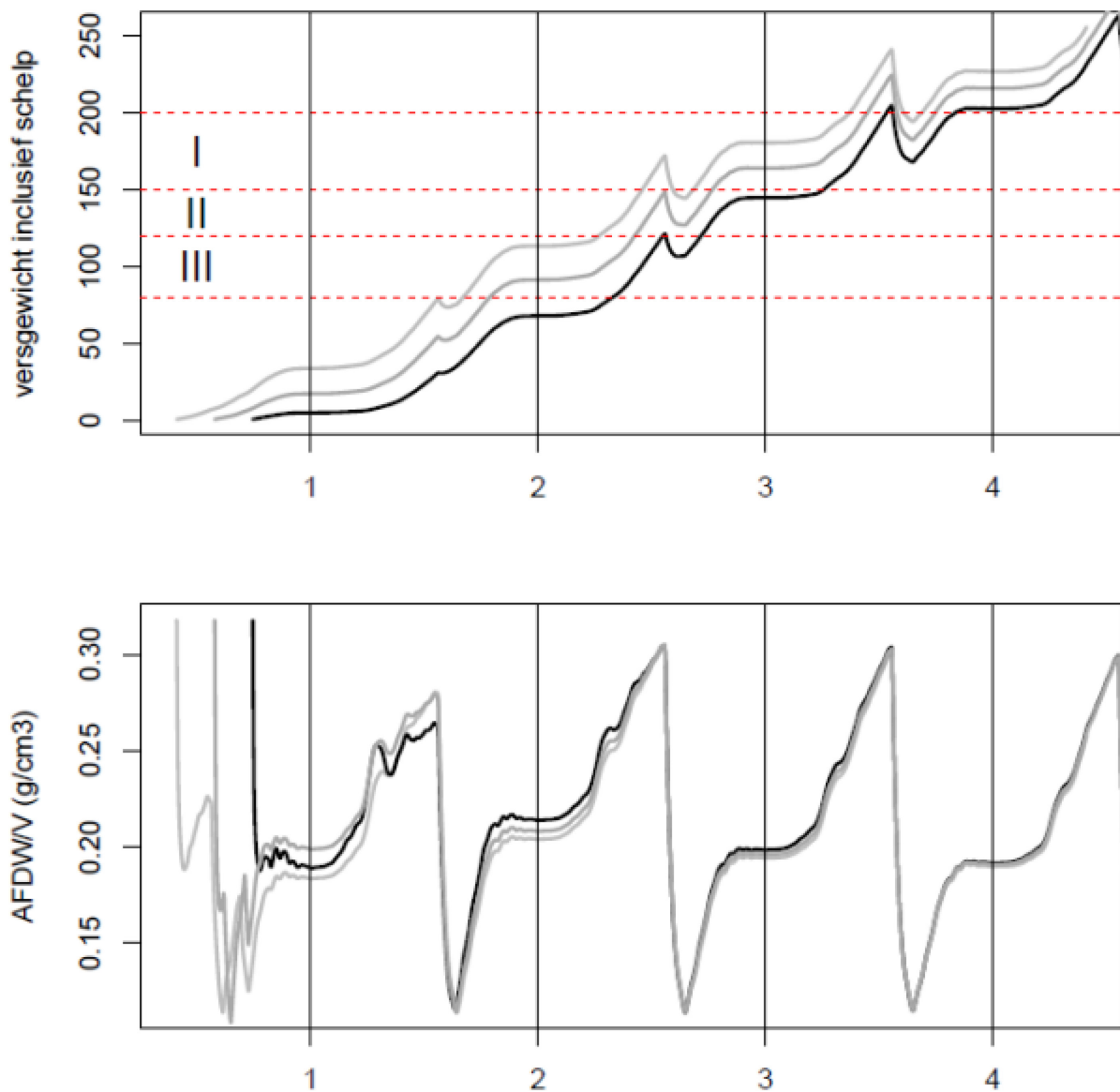
Figuur 13 tot en met Figuur 15 laten de ontwikkeling van versgewicht (g) en de verhouding tussen asvrij-drooggewicht en het structurele volume (g AFDW  $\text{cm}^{-3}$ ) over de jaren zien. Deze laatste variabele kan gezien worden als een maat voor de conditie van de oesters. In deze figuren worden alleen de resultaten getoond van de berekeningen over de hele kom van de Oosterschelde. Om een beeld te krijgen van de variatie zijn er telkens drie simulaties uitgevoerd waarbij is gevarieerd met het moment van broedval. Berekeningen zijn uitgevoerd met de broedval op 1 juni, 1 augustus en 1 oktober. De simulaties zijn drie jaar doorgerekend met een herhalende forcing van omgevingscondities.



Figuur 13: **Referentie:** Bovenste paneel, de groei van oesters in de kom van de Oosterschelde, geboren op 1 juni (licht grijs), 1 augustus (donker grijs) en 1 oktober (zwart) in g versgewicht (I: 150-200 gram, II: 120-150 gram, III: 80-120 gram) en kwaliteit (onderste paneel) uitgedrukt als asvrij-drooggewicht per volume (g AFDW  $\text{cm}^{-3}$ ). Verticale lijnen geven van elk jaar 31 december weer.



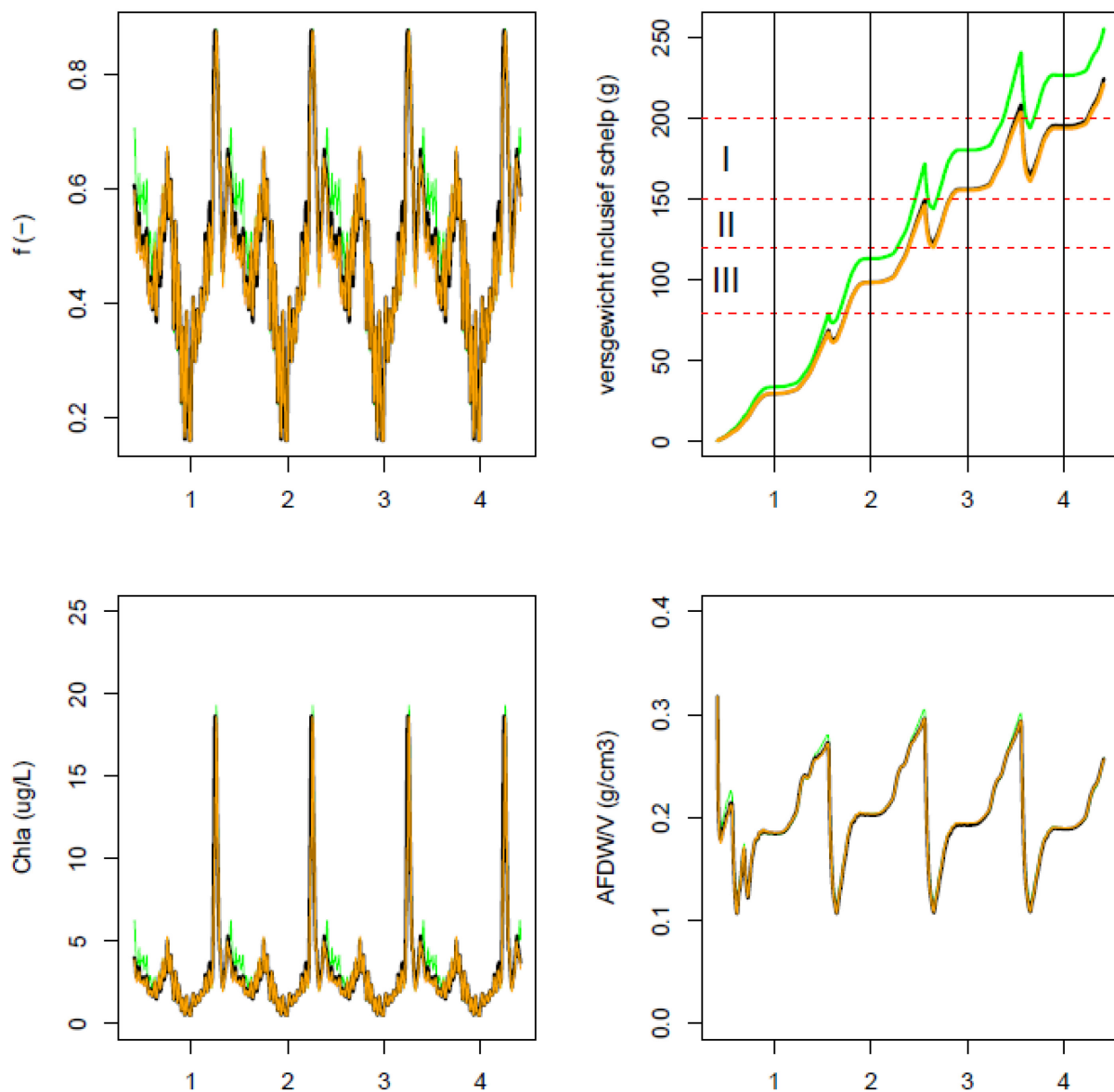
Figuur 14: **Oesterscenario:** Bovenste paneel, de groei van oesters in de kom van de Oosterschelde, geboren op 1 juni (licht grijs), 1 augustus (donker grijs) en 1 oktober (zwart) in g versgewicht (I: 150-200 gram, II: 120-150 gram, III: 80-120 gram) en kwaliteit (onderste paneel) uitgedrukt als asvrij-drooggewicht per volume (g AFDW  $\text{cm}^{-3}$ ). Verticale lijnen geven van elk jaar 31 december weer.



Figuur 15: **Spuisscenario** Bovenste paneel, de groei van oesters in de kom van de Oosterschelde, geboren op 1 juni (licht grijs), 1 augustus (donker grijs) en 1 oktober (zwart) in g versgewicht (I: 150-200 gram, II: 120-150 gram, III: 80-120 gram) en kwaliteit (onderste paneel) uitgedrukt als asvrij-drooggewicht per volume (g AFDW  $\text{cm}^{-3}$ ). Verticale lijnen geven van elk jaar 31 december weer.

#### 4.2.1 Vergelijking scenario's met referentie

Als we van alle scenario's (ook de referentie) de individuen van de broedval van 1 juni bij elkaar zetten krijgen we een beeld van de relatieve verschillen tussen de scenario's en de referentie (Figuur 16). In Figuur 16 wordt het verschil in versgewicht tussen de scenario's steeds groter de oesters in het spuisscenario harder groeien. Om de verschillen explicieter over de tijd uit te drukken zijn in Figuur 17 tot en met Figuur 19 de ratio's tussen scenario's en de referentie situatie weergegeven.



Figuur 16: Vergelijking tussen scenario's voor de gehele Kom over de tijd in jaren. Oranje: referentie. Zwart: oesterscenario en Groen: spuisscenario. Links boven: functionele response  $f$  (eq. 1). Links onder: chlorofyl a concentratie. Rechts boven: versgewicht (I: 150-200 gram, II: 120-150 gram, III: 80-120 gram). Rechts onder: kwaliteit uitgedrukt als asvrij-drooggewicht per volume. Verticale lijnen geven van elk jaar 31 december weer.

#### 4.2.2 Relatieve effecten t.o.v. referentie situatie

Figuur 17 tot en met Figuur 19 laten, respectievelijk, voor oesterbroed dat is gevallen op 1 juni, 1 augustus en 1 oktober in het eerste jaar, de relatieve verschillen tussen het oester- en spuiscenario's en het referentiescenario over de tijd. Uit deze figuren wordt het duidelijk dat vooral het spuiscenario het meeste effect heeft op de ontwikkeling van de oesters. De oesters in het spuiscenario zijn gemiddeld zo'n 5% groter (schelplengte) dan de oesters in de referentiesituatie en het oesterscenario. Dit verschil wordt al na de eerste zomer bereikt. Indien de broedval pas in oktober plaatsvindt duurt het dus nog tot de volgende zomer voordat het verschil wordt bereikt. De relatieve verschillen in schelplengte zijn het grootst aan het eind van de zomer.

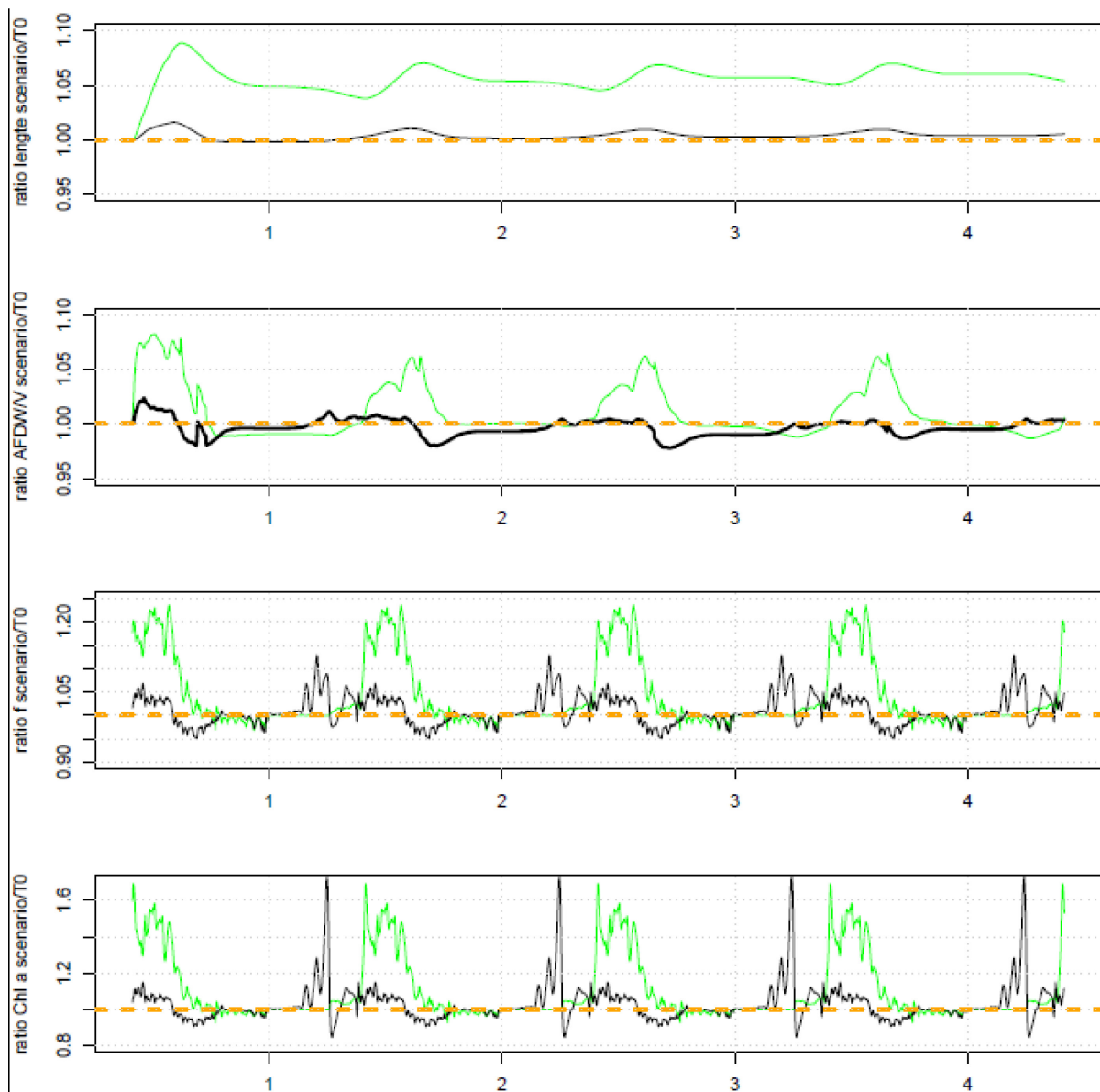
Hoewel oesters in het spuiscenario groter zijn (in cm), is het effect op de kwaliteit van de oesters (hier uitgedrukt als AFDW/V) subtieler. In het vroege voorjaar en de zomer is de kwaliteit van de oesters in het spuiscenario beter. Dit is het gevolg van de hogere concentraties voedsel (Chl-*a*) in het water en de groei van de gonaden. In de winterperiode, het belangrijkste levermoment van de oesters, is er echter geen groot verschil meer in de vleespercentages van de oesters. Het oesterscenario leidt zelfs tot een lagere conditie dan het referentiesituatie aan het eind van de zomer. De reden hiervoor is dat er in deze periode er minder voedsel kan worden opgenomen door de oesters in het oesterscenario dan in het referentie situatie. Voedsel. Dit is terug te vinden in de lagere *f* waarde.

#### 4.2.3 Effecten afhankelijk van zaadval

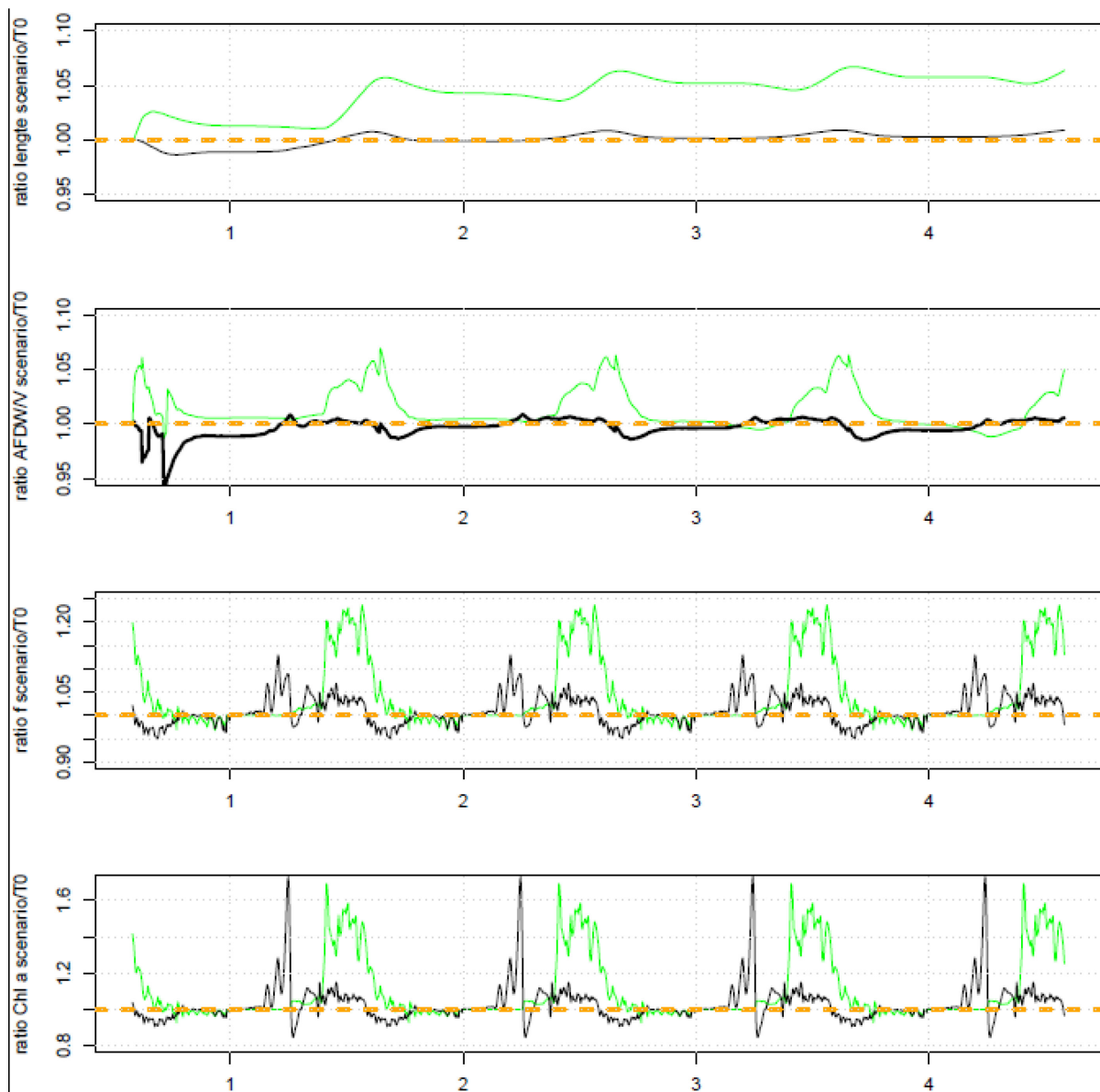
Figuur 17 tot en met Figuur 19 laten zien dat het effect van de maatregelen in de scenario's afhangt van de timing van zaadval. De figuren verschillen van elkaar in moment van zaadval, respectievelijk 1 juni, 1 augustus en 1 oktober. Vooral in het eerste jaar zijn verschillen te bespeuren in het effect van de maatregelen tussen de oesters die zijn gevallen op 1 juni en in vergelijking tot de oesters die zijn gevallen op 1 augustus en 1 oktober. Daar waar de maatregelen van het oesterscenario gedurende het eerste jaar geen duidelijke effect heeft op oesters die gevallen zijn op 1 juni heeft het licht negatieve gevolgen voor oesters die gevallen zijn op 1 augustus en geen gevolgen voor oesters van 1 oktober. Ook de omvang van het effect van de maatregelen in het spuiscenario verschillen tussen de oesters met verschillende data van zaadval. De effecten zijn het grootst voor oesters uit een vroege zaadval omdat de effecten van de zomer sterker doorspelen.

De verschillen tussen oesters met andere timing in zaadval zijn een resultaat van de verwachte verandering in chlorofyl *a* (onderste paneel Figuur 17 tot en met Figuur 19). Zo worden de oesters van de zaadval op 1 juni geboren tijdens, of vlak voor een toename in chlorofyl veroorzaakt door de maatregelen. De zaadval van 1 augustus valt samen met een beperkte relatieve verlaging van chlorofyl in het scenario t.o.v. de referentie situatie. Op 1 oktober is de chlorofylconcentratie in de scenario's weer grotendeels gelijk aan die in de referentie situatie en is de verlaging voorbij.

Zoals ook te zien in de Figuur 13 tot en met Figuur 15 worden de verschillen kleiner tussen de oesters van verschillende timing van zaadval naarmate de ontwikkeling vordert, ook al blijven verschillen met de referentie situatie vaak (periodiek) voortbestaan.

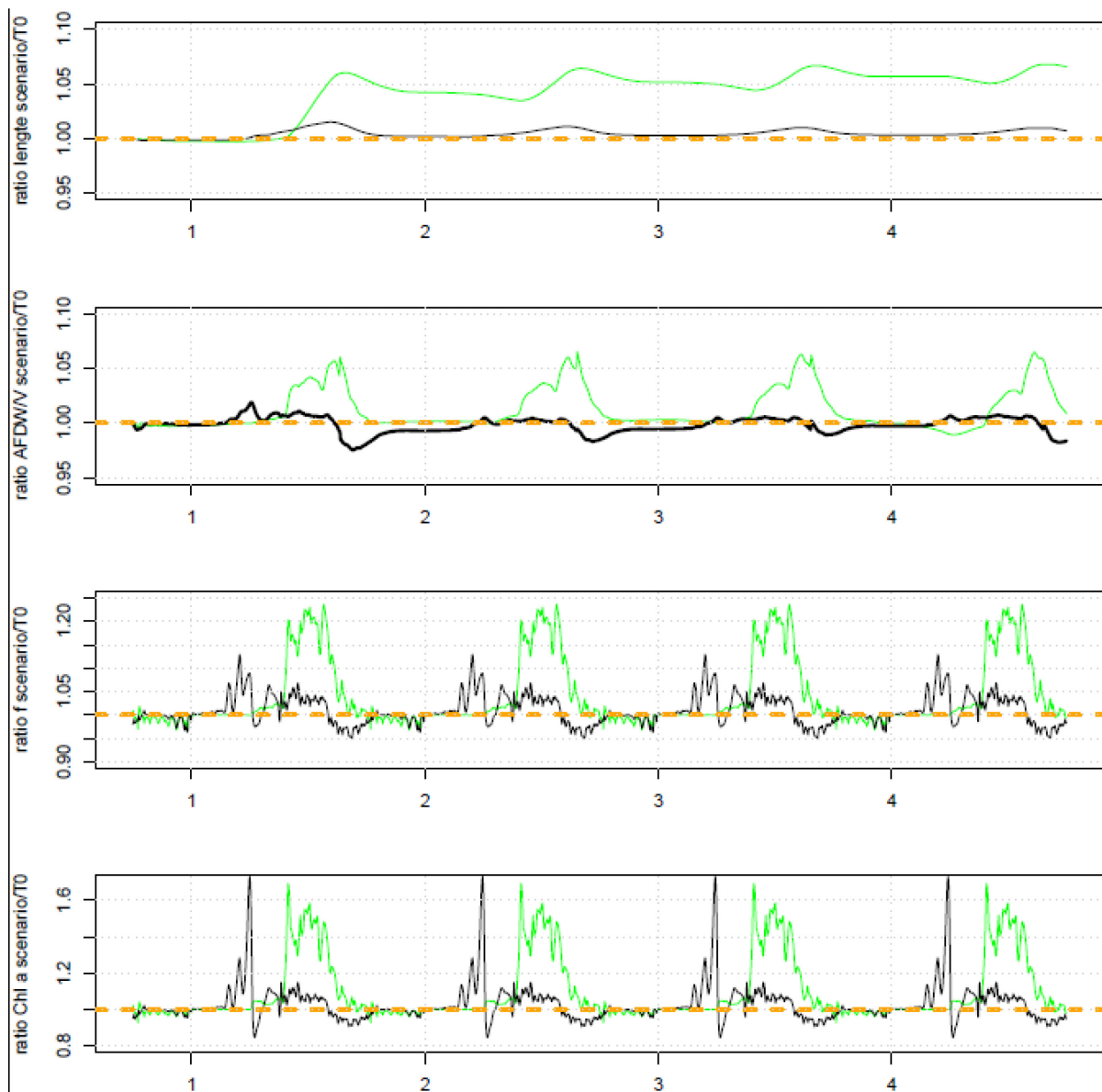


Figuur 17: Ratio's tussen referentie en referentie (oranje gestreept), oesterscenario en referentie (zwart) spuiscenario en referentie (groen) over de tijd in jaren voor oesters die zijn gevallen op 1 juni. Cijfers op de x-as geven van elk jaar 31 december weer.



Figuur 18: Ratio's tussen referentie en referentie (oranje gestreept), oesterscenario en referentie (zwart) spuiscenario en referentie (groen) over de tijd in jaren voor oesters die zijn gevallen op 1 augustus. Cijfers op de x-as geven van elk jaar 31 december weer.





Figuur 19: Ratio's tussen referentie en referentie (oranje gestreept), oesterscenario en referentie (zwart) spuisscenario en referentie (groen) over de tijd in jaren voor oesters die zijn gevallen op 1 oktober. Cijfers op de x-as geven van elk jaar 31 december weer.

#### 4.2.4 Ruimtelijke effecten

Het spuisscenario veronderstelt een inlaat van nutriënten gelijk aan dat wat binnen zou komen met gemiddeld  $10 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$  vanuit het Volkerak-Zoommeer. Deze inlaat vormt een puntbron van nutriënten. Afhankelijk van de hydrodynamiek worden nutriënten vanuit deze puntbron verspreid. Dientengevolge is het effect van dit scenario ten opzichte van de referentie situatie ook afhankelijk van de afstand tot de inlaat. In bijlage D is te zien dat de locaties Bergsebank 34, HK2 en Yerseke bank 614 in diezelfde rangorde profijt hebben van de inlaat. Het effect op de Yerseke bank, het verst gelegen van de inlaat, is slechts in het eerste jaar van ontwikkeling verschillend (ratio boven de 1.05) van de referentie situatie,

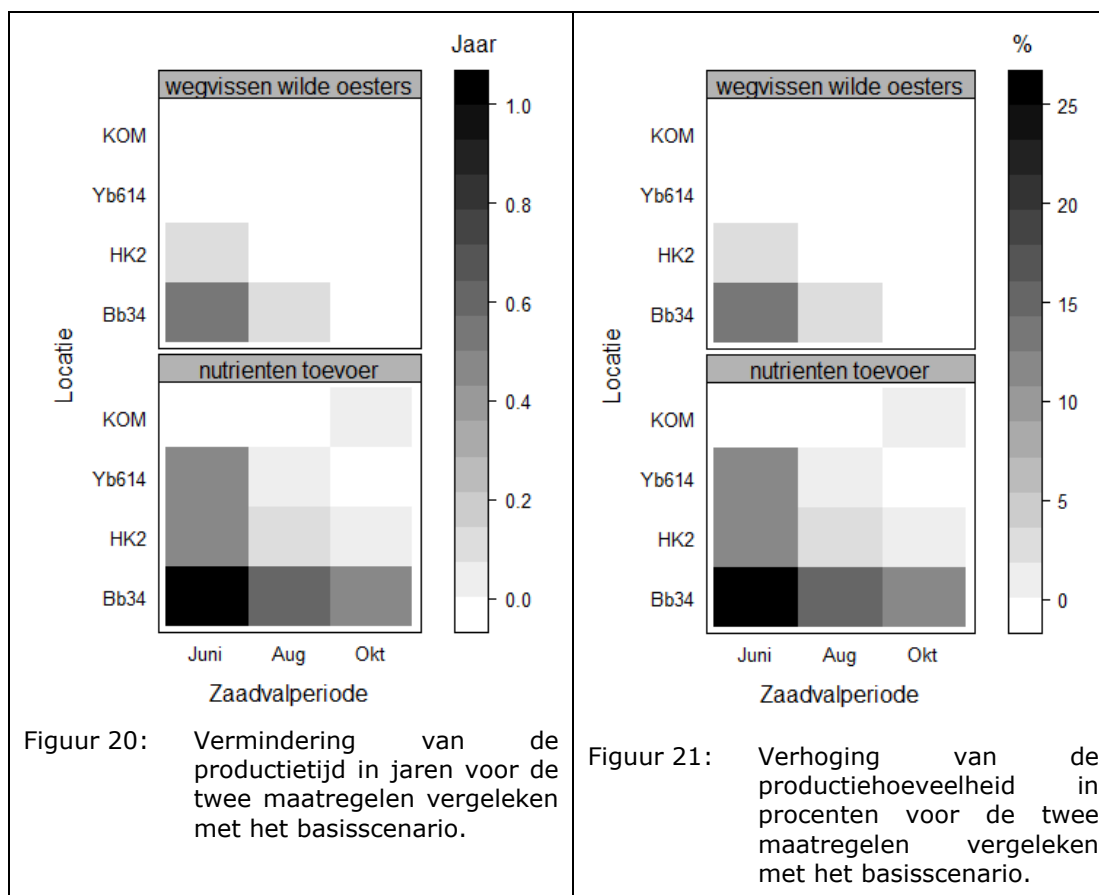
terwijl dat voor de gehele periode van ontwikkeling geldt op HK2, Bergse bank 34 alsook in de gehele Kom. Ruimtelijke verschillen in de effecten van het oesterscenario zijn zo goed als afwezig.

### 4.3 Economische effecten

#### 4.3.1 Effecten maatregelen op de productietijd van oesters

In Figuur 20 en Figuur 21 geven wij voor de drie locaties in de Kom van de Oosterschelde (Yb614, HK2, Bb34) en de Kom als geheel (KOM), voor drie zaadvalperiodes aan, wat het verschil in productietijd en productiehoeveelheid van de oesters is. Bij de berekening van de productiehoeveelheid is ervan uitgegaan dat, als gevolg van gereduceerde jaarlijkse sterfte, het productievolume met 25% zal stijgen voor elk jaar dat het korter duurt om oesters te produceren.

De figuren zijn als volgt te lezen. Bijvoorbeeld, Figuur 20, een oester in locatie Bb34 doet er bij een zaadval in juni een bijna een jaar korter over om een marktwaardig formaat te bereiken. Met het wegvissen van wilde oesters is dat ongeveer een half jaar. Omdat het productievolume met 25% toeneemt met elk jaar dat de productie korter duurt, laat Figuur 21 bij locatie Bb34 en bij een zaadval in juni een verhoging van het productievolume met 25% zien.



Uit de figuren blijkt, dat zowel qua productietijd als productiehoeveelheid locatie Bb34 bij een zaadval in juni de sterkste effecten laat zien. Dit komt omdat deze locatie het dichtst gelegen is bij de locatie waar het nutriëntrijke water uit het Volkerak-Zoommeer wordt aangevoerd. Hierbij wordt de productietijd met

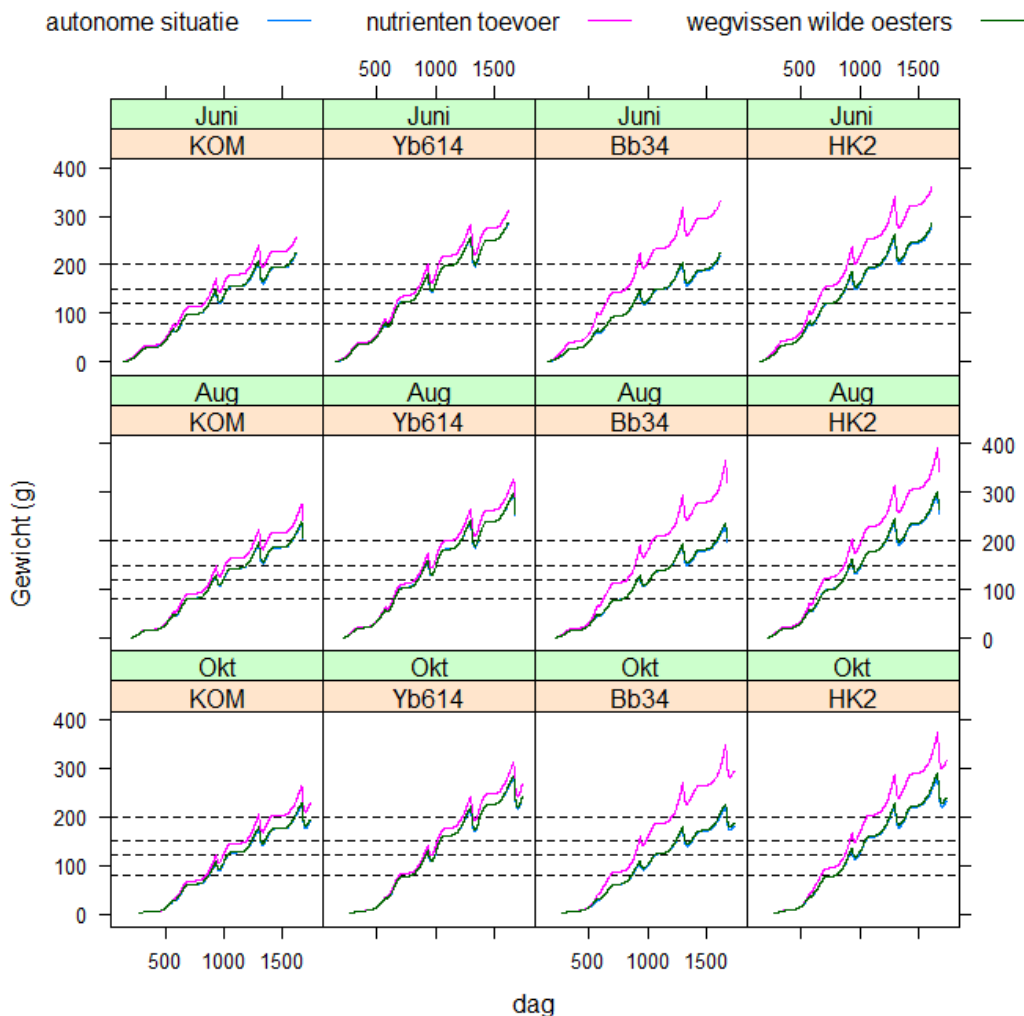
een jaar verkort en kan de extra toevoer van nutriënten leiden tot een toename van de productie hoeveelheid. Locatie Yb614 en de Kom als geheel (KOM) laten de minste effecten zien.

Het voordeel van snellere groei is het eerder bereiken van het juiste marktformaat en de hogere overlevingskans van het oesterbroed. Dit betekent dat er in het proces van de groei minder oesters dood gaan voordat zij de juiste grootte hebben. De schatting is dat het productievolume met 25% kan stijgen met elk jaar dat het minder duurt om oesters te produceren. Daardoor is er een hogere opbrengst van het beschikbare oesterbroed en kwekers zijn minder tijd kwijt zijn aan het (periodiek) sorteren van de oesters, wat een kostendaling met zich meebrengt. Zo kan hiermee de productietijd met een half tot heel jaar verkort worden, en kan de extra toevoer van nutriënten leiden tot een toename de hoeveelheid levende oesters van 11-25%.

Daarnaast zou er verbetering kunnen optreden in het schelpgewicht en de hoeveelheid vlees, wat kan leiden tot hogere marktprijzen. Als we kijken naar de Kom als geheel, dan lijkt het effect minder te zijn dan op de 3 specifieke locaties (KOM versus Yb614, HK2 en Bb34).

In Figuur 22 hebben we voor de verschillende locaties, de zaadvalperiode (start van de groei) en scenario (gekleurde lijnen) het gewicht van oesters weergegeven. De horizontale stippellijnen geven de verschillende marktcategory's weer (van onder naar boven III, II, I). Uit deze figuur blijkt dat de gewichtstoename van het wegvangen van wilde oesters vrijwel synchroon loopt met de autonome situatie. Dit komt doordat het effect van het wegvissen van de wilde Japanse oesters voornamelijk leidt tot een verhoging van algen in het vroege voorjaar, wanneer er toch al voldoende algen voorkomen. Het toelaten van nutriëntenrijk water vanuit het Volkerak-Zoommeer leidt tot een verbetering van de voedselsituatie in de zomerperiode, wanneer de algenconcentraties doorgaans laag zijn. De kweekoesters reageren daardoor sterker op het toelaten van nutriëntenrijk zoetwater.

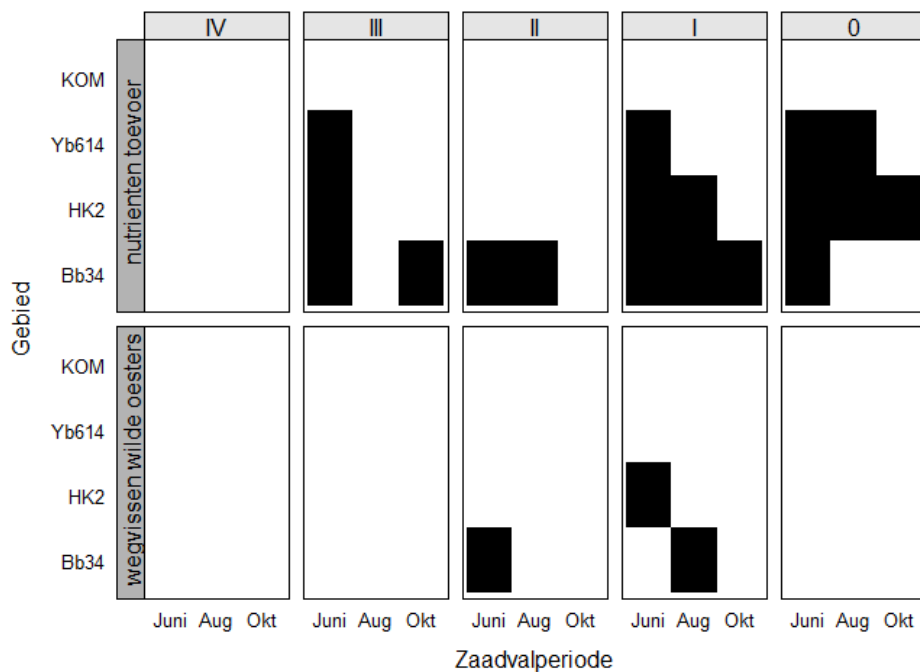
Wat deze figuren ook laten zien, is dat de toevoer van extra nutriënten vooral in het voorjaar en de zomer effect heeft op de groeisnelheid en het vleesgewicht. Door de versnelde groei zijn oesters eerder marktrijp en door de extra opname van algen neemt het vleesgewicht toe. Wat hierbij interessant is, is dat de toevoer van extra nutriënten in de herfst en winter weinig effect lijkt te hebben. Echter, metingen in de praktijk laten een beperktere afname in het najaar zien dan uit de modelberekeningen naar voren komt.



Figuur 22: Het gewicht van oesters per locatie, start van de groei en scenario. De horizontale stippellijnen geven de verschillende marktcategoryën weer (van onder naar boven III, II, I).

Het hoogseizoen voor de verkoop van oesters is november-januari. De oesters die in de periode oktober-november aangevoerd worden komen dus op het beste moment op de markt. Met dit gegeven houden we rekening in de economische berekeningen. Want stel dat de productietijd zodanig verminderd wordt dat een oester een jaar eerder marktrijp is (oktober-november) dan is dat beter dan een half jaar eerder (maart-mei).

In Figuur 23 staat in zwarte blokken aangegeven welke oesters een jaar eerder marktrijp zijn, verdeeld over de marktcategoryën, locaties en het moment van zaadval (startperiode groei). Hierin zien we dat het wegvangen van wilde oesters er niet voor zorgt dat oesters een jaar eerder marktrijp zijn. De toevoer van nutriënten zorgt alleen in bepaalde gevallen voor een vermindering van de productietijd van een jaar. De kleinste marktcategoryën kunnen in dit geval niet een jaar eerder marktrijp zijn. Dit kan in sommige gevallen bij de categoryën II en III, als de zaadval plaatsvindt in juni. Voor de grootste oesters maakt de zaadvalperiode minder uit, net zo min als de locatie. Ook bij een locatie ver weg van de maatregel is dit effect nog merkbaar.



Figuur 23: De verandering in het aantal seizoenen dat nodig is om oesters van elke marktcategory te produceren (kolommen) per zaadvalperiode voor drie locaties en de gehele kom. Elke zwart vierkant geeft aan dat een oester een jaar eerder die marktcategory kan bereiken.

## 5 Conclusies en discussie

### 5.1 Conclusies

In dit onderzoek is een eerste verkenning uitgevoerd met een relatief eenvoudige modelopzet naar de effecten van het wegvissen van wilde Japanse oesters (oestersscenario) en het toelaten van zoetwater vanuit het Volkerak-Zoommeer (spuisscenario) op de kweek van oesters in de Kom van de Oosterschelde. De effecten van de scenario's verschillen zowel ruimtelijk als temporeel van elkaar.

In het algemeen zijn de effecten van het spuisscenario groter dan de effecten van het oestersscenario. Het oestersscenario leidt tot een verhoging van de fytoplankton piek in het voorjaar terwijl het spuisscenario leidt tot een verhoging van het fytoplankton in de zomerperiode. Dit heeft gevolgen voor de groei en ontwikkeling van de kweekoesters. Het spuisscenario leidt tot een snellere groei van de kweekoesters waardoor deze eerder kunnen worden geoogst voor de consumptie. Als gevolg van de hogere concentraties fytoplankton in de zomer is ook de kwaliteit (uitgedrukt in vleespercentage) het hoogst in de zomerperiode bij het spuisscenario. Echter, aan het eind van het jaar, wanneer de belangrijkste leverperiode van de oesters is, neemt de kwaliteit weer af naar het niveau van het referentiescenario.

### 5.2 Discussie

Er moet er voor worden gewaakt dat de modelresultaten uit deze studie niet worden "over geïnterpreteerd". Een voorbeeld hiervan is dat het gemodelleerde vleespercentage in het oestersscenario in de late zomer en het najaar onverwacht leidt tot lagere vleesgewichten dan het referentiescenario. Dit is omdat er door het waterkwaliteitsmodel in de late zomer, wanneer de voedselconcentraties toch al laag zijn, bij het oestersscenario net iets minder voedsel wordt berekend dan in het referentiescenario. Deze subtiele verschillen laten zien hoe gevoelig het model is voor kleine veranderingen in lage voedselconcentraties. Dergelijke verschillen zijn echter veel kleiner dan de onzekerheidsmarge van het model en moeten daarom geïnterpreteerd worden als een model artefact. Zo is ook de ruimtelijke resolutie van het model eigenlijk te grof om gefundeerde uitspraken te doen op perceelniveau.

De bovengenoemde modelonzekerheid is onder andere relatief groot aangezien het hier gaat om een verkennende studie waarin slechts beperkte middelen beschikbaar waren voor het onderzoek. In dit kader zijn er een aantal 'shortcuts' genomen om toch tot modelresultaten te komen. Ten eerste is de waterbeweging in de verschillende scenario's niet opnieuw berekend. Dit heeft met name consequenties voor het spui-scenario, waarbij een hoeveelheid extra water in de kom wordt gespuid. Het spreekt vanzelf dat dit extra water de lokale waterbeweging zal beïnvloeden, en dus ook de verblijftijd van dat water en de nutriënten daarin. Voor een meer gedetailleerd vervolgonderzoek is het daarom relevant om de effecten op de hydrodynamiek mee te nemen.

Een tweede oorzaak van modelonzekerheid is dat er voor de berekeningen in deze studie gebruik gemaakt is van een 2D model. In het algemeen zit er geen wezenlijk verschil in de uitkomsten van een 2D en een 3D model, aangezien de Oosterschelde een goed gemengd systeem is. Echter, op ondiepe locaties zoals veelal aanwezig in de kom van de Oosterschelde, is het mogelijk wel van belang om de waterkwaliteit in 3D te berekenen. Het transport van water (en dus van nutriënten) in ondiepe gebieden kan namelijk realistischer worden gemodelleerd in 3D. Ook zou 3D modellering van belang kunnen zijn in verband met het optreden van lokale verticale verschillen, bijvoorbeeld door uitputting van het voedselaanbod dicht bij de bodem door intensieve begrazing van mossel- of oesterbanken. Ook kunnen er verticale verschillen optreden door stratificatie van de waterkolom. Stratificatie kan met name

belangrijker gaan worden in het geval van zoetwatertoevoer vanuit het Volkerak-Zoommeer. Het zoete water vanuit het Volkerak-Zoommeer is lichter dan het zoute Oosterschelde water en kan gaan drijven en kan daarmee de waterbeweging (en dus de verblijftijd van de extra nutriënten in de kom) beïnvloeden.

Een andere oorzaak van modelonzekerheid is de modelinput. Naast de onzekerheid in standaard parameters zoals windsnelheid, regen, verdamping, instraling, en slibconcentraties, betreft dit een aantal zaken die met name relevant zijn voor de twee scenario's. Voor het oesterscenario is dit met name de relatief grote onzekerheid in de hoeveelheid en locatie van sublitorale oesters. Voor spui-scenario is dit de nutriënten-concentratie in het Volkerak-Zoommeer, waarvoor in de berekeningen gebruik is gemaakt van gemeten nutriënten concentraties bij locatie Steenberg. De vraag is echter of deze meetlocatie representatief is voor het hele Volkerak-Zoommeer.

Ook in de individuele groei berekeningen zijn een aantal onzekerheden aan te wijzen. Zo zit er een onzekerheid in de waarde van een aantal parameters. Een voorbeeld hiervan is de half-saturatie constante voor oesters, welke van belang is voor de gevoeligheid van oesters voor lage voedseldichtheden. De waarde zoals die gebruikt is in het onderliggende rapport zorgt ervoor dat de oesters met name gevoelig zijn voor de veranderingen in chlorofylconcentraties in de gemodelleerde ranges, en leiden daarmee dus tot relatief grote effecten in de berekeningen.

Alle vier de bovengenoemde modelbeperkingen leiden waarschijnlijk tot een overschatting van de effecten van het spui-scenario. Dit kan verklaren waarom het gemodelleerde effect groter is dan verwacht. Uit de memo van de Vries (2012) wordt gesteld dat de algen in de kom van de Oosterschelde slechts beperkt zullen profiteren van een eventuele toename van nutriënten. De achterliggende gedachte hierbij is dat er in de kom mogelijk slechts beperkt sprake is van nutriëntenlimitatie. Een tweede (maar gerelateerde) oorzaak is dat de nutriëntenconcentraties in het Volkerak-Zoommeer wel aanzienlijk hoger zijn als het gaat om stikstof, maar dat de fosfaatconcentraties slechts beperkt hoger zijn dan in de kom (De Vries, 2012), terwijl de nutriëntenlimitatie in de Oosterschelde (voor zover hier sprake van is) vooral bij fosfaat ligt.

In dit onderzoek is aangenomen dat de extra nutriënten die via het doorlaatmiddel in de kom van de Oosterschelde terecht komen tot een toename in algenbiomassa zal leiden die ook gebruikt kunnen worden als voedselbron voor de commerciële schelpdieren. Het is maar zeer de vraag of dit ook werkelijk het geval zal zijn. Het is goed mogelijk dat de verandering in nutriënten concentraties en nutriënten verhoudingen leiden tot een toename van algensoorten die door hun grootte of samenstelling niet of slecht kunnen worden gebruikt als voedselbron voor schelpdieren. De samenstelling van de fytoplanktongemeenschap is sterk afhankelijk van de dynamiek in omgevingscondities zoals licht, temperatuur, nutriëntenconcentraties en begrazing (Harrison en Turpin, 1982; Casé e.a., 2008).

In gebieden waar licht in voldoende mate aanwezig is kunnen nutriëntenverhoudingen een belangrijke rol spelen in de samenstelling van de fytoplankton gemeenschap en de dominantie van bepaalde groepen (Harrison en Turpin, 1982; Hecky en Kilham, 1988; Yusoff e.a., 2002; Hu e.a., 2011). Deze veranderingen in fytoplankton samenstelling vertalen zich direct door naar hogere trofische niveaus in het voedselweb (Pickney e.a., 2001; Sterner en Elser, 2002; Worm en Lotze, 2006; Gilbert, 2010; Gilbert en Burkholder, 2011). Diatomeeën domineren (tot 80% van de totale fytoplankton gemeenschap) doorgaans in mariene systemen waar silicaat niet limiterend (Egge en Aksnes, 1992; Egge, 1998; Rabalais, 2010; Hu e.a., 2011). Hoge N:P ratio's, die in het voordeel zijn van langzaam groeiende soorten (Skjodal, 1993), in combinatie met silicaat limitatie zal doorgaans leiden tot een fytoplankton gemeenschap die is gekarakteriseerd door flagellate- en dinoflagellate algen waaronder mogelijk giftige algen en cyanobacteriën (Rabalais, 2010). Bepaalde fytoplankton soorten zullen minder begraasd

worden omdat de algen te groot (*Phaeocystis* kolonies) of juist te klein zijn (picoplankton) of dat de voedingswaarde beperkt is (Granéli e.a., 2008). Als de voedingswaarde beperkt is worden ze veelal in de vorm van pseudofaeces uitgescheiden. Hierdoor wordt het sediment verrijkt met labiel organisch materiaal dat kan leiden tot zuurstofarme condities als gevolg van de afbraakprocessen na een algenbloei (Pickney e.a., 2001).

Grootte-selectieve graasdruk door filtrerende schelpdieren kan ook leiden tot een verschuiving in de algensamenstelling. Picoplankton ( $< 3 \mu\text{m}$ ) wordt veel minder begraasd door filtrerende schelpdieren (Cranford et al., 2011). Bij sterke overbegrazing kan dit leiden tot een sterkere dominantie van het picoplankton in de totale fytoplankton populatie (Cranford et al., 2009). Een verandering in de graasdruk (bijvoorbeeld het wegvissen van een deel van de wilde oesterpopulatie) kan dus een effect hebben op de ratio (picoplankton)/(totale fytoplankton) en daarmee gevolgen hebben op de bruikbaarheid van de algen als voedsel voor de schelpdieren. Dit effect is niet meegenomen in de relatief eenvoudige aanpak van dit project.



## **Kwaliteitsborging**

IMARES beschikt over een ISO 9001:2008 gecertificeerd kwaliteitsmanagementsysteem (certificaatnummer: 57846-2009-AQ-NLD-RvA). Dit certificaat is geldig tot 15 december 2015. 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

- Bacher, C. en A. Gangnery (2006) Use of dynamic energy budget and individual based models to simulate the dynamics of cultivated oyster populations. *Journal of Sea Research* 56: 140-155.
- Casé, M., E. E. Leca, S. N. Leitão, E. E. SantAnna, R. Schwamborn en A. T. Moraes (2008) Phytoplankton community as an indicator of water quality in tropical shrimp culture ponds. *Marine Pollution Bulletin* 56: 1343-1352.
- Cranford P, B Hargrave and W Li (2009) No mussel is an island. *ICES Insight* 46, p.44-49
- Cranford, P..J, Ward, E., Shumway, S.E. 2011. Bivalve filter feeding: variability and limits of the aquaculture biofilter. In: *Shellfish aquaculture and the environment*. S.E. Shumway ed. Wiley-Blackwell, pp 81-124.
- De Vries, I. (2012) Memo: Analyse waterkwaliteit Oosterschelde (Zijpe en Kom), Grevelingen en Volkerak-Zoommeer, 2 juni 2012. Deltares, Rapport, 16 pagina's.
- Deltares (2012a) Delft3D-FLOW users manual. Simulation of multi-dimensional hydrodynamic flows and transport phenomena, including sediments. Deltares, Rapport.
- Deltares (2012b) Delft3D-WAQ. users manual. Versatile water quality modelling in 1D, 2D or 3D systems including physical, (bio)chemical and biological processes. Deltares, Rapport.
- Deltares (2012c) Delft3D-WAQ Process library description. Details description of processes. Deltares, Rapport.
- EGGE, J. K. en D. L. AKSNES (1992) Silicate as regulating nutrient in phytoplankton competition. *Marine Ecology Progress Series* 82: 281-289.
- EGGE, J. K. (1998) Are diatoms poor competitors at low phosphate concentrations? *Journal of Marine Systems* 16: 191-198.
- Geurts van Kessel, A. J. M. (2004) Verlopend tij. Oosterschelde een veranderend natuurmonument. RIKZ, Rapport nummer: RIKZ/2004.028, 80 pagina's.
- Gilbert, P. M. (2010) Long-term changes in nutrient loading and stoichiometry and their relationships with changes in the food web and dominant pelagic fish species in the San Francisco Estuary, California. *Review Fishery Sciences* 18: 211-232.
- Gilbert, P. M. en J. M. Burkholder (2011) Harmful algal blooms and eutrophication: "Strategies" for nutrient uptake and growth outside the Redfield comfort zone. *Chinese Journal of Oceanology and Limnology* 29: 724-738.
- Granéli, E., M. Weberg en P. S. Solomon (2008) Harmful algal blooms of allelopathic microalgal species: The role of eutrophication. *Harmful Algae* 8: 94-102.
- Harrison, P. J. en D. H. Turpin (1982) The manipulation of physical, chemical and biological factors to select species from natural phytoplankton communities. *Marine Mesocosm*: 275-289.
- Hecky, R. E. en P. Kilham (1988) Nutrient limitation on phytoplankton in freshwater and marine environment. A review of recent events on the effects of enrichment. *Limnology and Oceanography* 33: 796-822.
- Hu, H., J. Zhang en W. Chen (2011) Competition of bloom-forming marine phytoplankton at low nutrient concentration. *Journal of Environmental Sciences* 23: 656-663.
- Kooijman, S. A. L. M. (2010) *Dynamic energy budget theory for metabolic organisation*. Cambridge, Cambridge university Press.
- Los, F. J., M. T. Villars en M. W. M. Van Der Tol (2008) A 3-dimensional primary production model (BLOOM/GEM) and its applications to the (Southern) North Sea (coupled physical-chemical-ecological model). *Journal of Marine Systems* 74: 259-294.
- Meijers, E. M. en S. Groot (2007) Deltamodel - hulpmiddel ter ondersteuning van het beheer en beleid van de zuidwestelijke delta. WL | Delft Hydraulics, Rapport nummer: Q4435.
- Pickney, J. L., H. W. Paerl, P. Tester en T. L. Richardson (2001) The role of nutrient loading and eutrophication in estuarine ecology. *Environmental Health Perspectives* 109: 699-706.
- Pouvreau, S., Y. Bourles, S. Lefebvre, A. Gangnery en M. Alunno-Bruscia (2006) Application of a dynamic energy budget model to the Pacific oyster, *Crassostrea gigas*, reared under various environmental conditions. *Journal of Sea Research* 56: 156-167.
- Rabalais, N. N. (2010) Eutrophication of estuarine and coastal ecosystems *Environmental Microbiology*.

- Rosland, R., Ø. Strand, M. Alunno-Bruscia, C. Bacher en T. Strohmeier (2009) Applying Dynamic Energy Budget (DEB) theory to simulate growth and bio-energetics of blue mussels under low seston conditions. *Journal of Sea Research* 62: 49-61.
- Schaap, J. (2012) De Japanse oester onder het zand. Onderzoek naar de effecten van zandbedekking op de Japanse oester (*Crassostrea gigas*) als gevolg van zandsuppletie, Rapport, 92 pagina's.
- Skjoldal, H. R. (1993) Eutrophication and algal growth in the North Sea in N. F. R. DellaCroce, ed. Proceedings from: Symposium Mediterranean Seas, Istituto Science Ambientale Marine Santa Margherita Ligure Genova, Italy.
- Sterner, R. W. en J. J. Elser (2002) Ecological Stoichiometry: the biology of elements from molecules to the biosphere. Princeton, NJ, Princeton University Press.
- Troost, T. A. (2009) Modelling carrying capacity. Deltares, Rapport nummer: 1200314.001.
- Troost, T. A. (2010) Modelling carrying capacity Oosterschelde. Deltares, Rapport nummer: 1202193.
- Troost, T. A., J. W. M. Wijsman, S. Saraiva en V. Freitas (2010) Modeling shellfish growth with Dynamic Energy Budget models: an application for cockles and mussels in the Oosterschelde (SW Netherlands). *Philosophical Transactions of the Royal Society of London* 365: 3567-3577.
- Troost, T. A. (2011) Draagkracht voor MZI's in de Oosterschelde. Deltares, Rapport nummer: 1203038-001-ZKS-001-r.
- Van Herk, J., H. Wanningen, I. De Mesel, T. Ysebaert en M. Dubbeldam (2010) Proef Natuurlijk Sluisbeheer. De resultaten, conclusies en aanbevelingen. LINKit Consult, Wanningen Waterbeheer, Wageningen IMARES, Stichting Zeeschelp, Rapport, 67 pagina's.
- Wijsman, J. W. M., M. Dubbeldam, M. J. De Kluijver, E. Van Zanten en A. C. Smaal (2008) Wegvisproef Japanse oesters in de Oosterschelde. Eindrapportage. Wageningen IMARES, Rapport nummer: C063/08, 95 pagina's.
- Wijsman, J. W. M. en A. C. Smaal (2011) Growth of cockles (*Cerastoderma edule*) in the Oosterschelde described by a Dynamic Energy Budget model. *Journal of Sea Research* 66: 372-380.
- Worm, B. en H. K. Lotze (2006) Eutrophication, grazing, and algal blooms on rocky shores. *Limnology and Oceanography* 51: 569-579.
- Yusoff, F. M., M. S. Zubaidah, H. B. Matias en T. S. Kwan (2002) Phytoplankton succession in intensive marine shrimp aquaculture ponds. *Aquaculture Research* 33: 269-278.

## Verantwoording

Rapportnummer: C010/13  
Projectnummer: 4304100301

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: Dr. P. Kamermans  
Senior onderzoeker



Handtekening:

Datum: 18 januari 2013

Akkoord: Ir. H. van der Mheen  
Hoofd Afdeling Aquacultuur



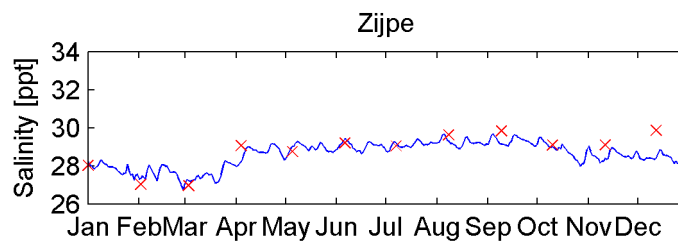
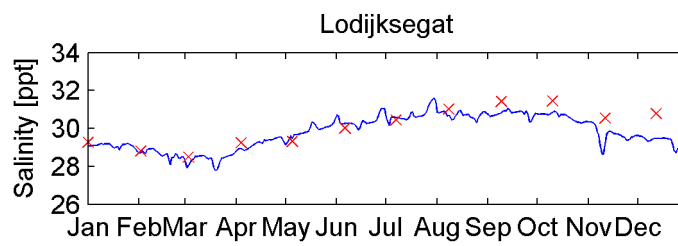
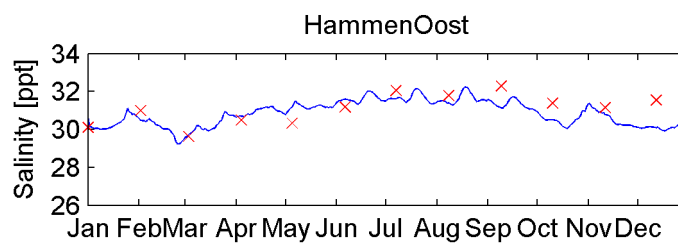
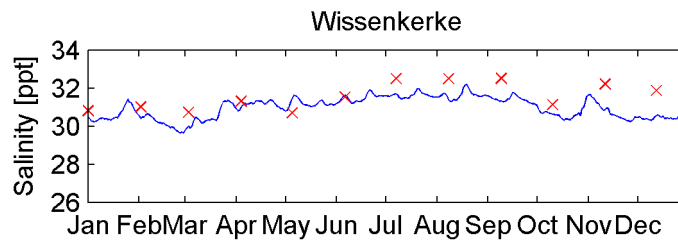
Handtekening:

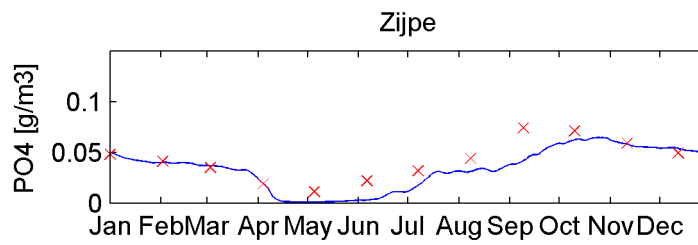
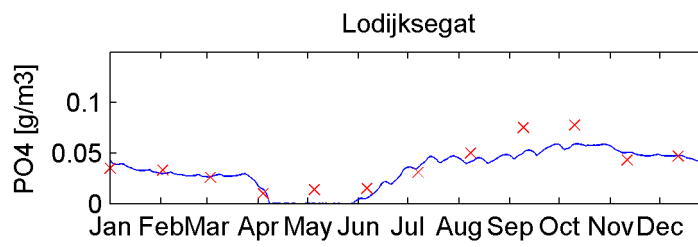
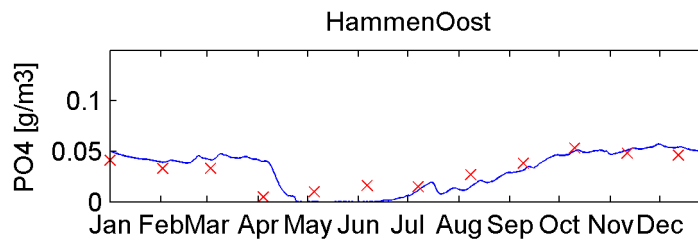
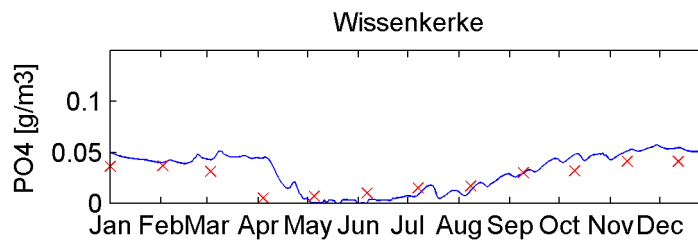
Datum: 18 januari 2013

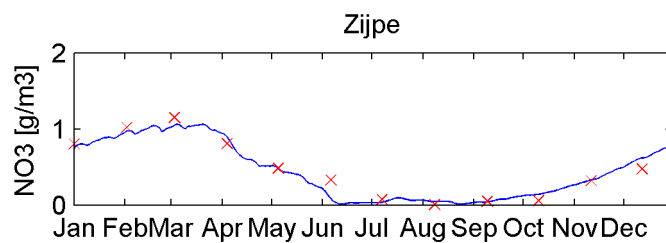
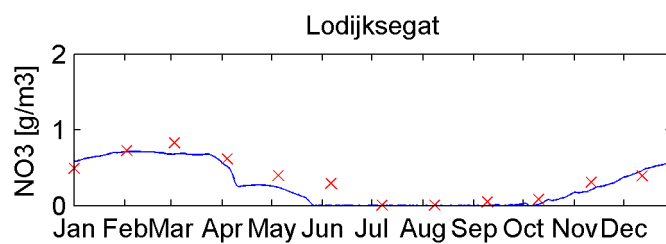
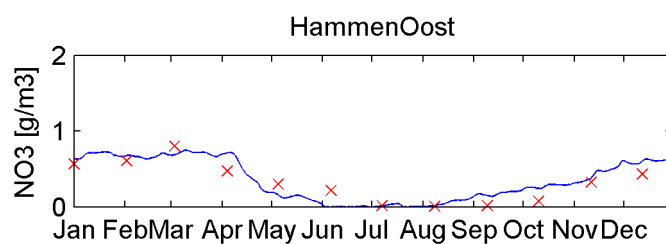
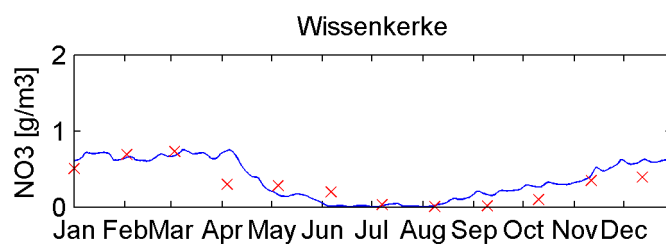
**Bijlage A. Overzicht percelen en meetlocaties, hun RD-coördinaten, en hun coördinaten in het Deltakennismodel.**

SOORT	NAAM	X_RD	Y_RD	X_Deltakennis	Y_Deltakennis
Oesterperceel	Bergsebank 34	73482	388967	104	35
Oesterperceel	Bergsebank 38	71600	389685	102	34
Oesterperceel	Hoge Kraaier 28	69048	388495	99	37
Oesterperceel	Hoge Kraaier 63	72126	386479	103	40
Mosselperceel	OSWD 144	61370	394634	86	28
Mosselperceel	OSWD 238	60353	393169	86	37
Oesterperceel	Speelmansplaat 13	69633	392105	99	30
Oesterperceel	Yerseke Bank 289	67026	385938	98	43
Oesterperceel	Yerseke Bank 329	65962	387640	96	42
Oesterperceel	Yerseke Bank 531	66982	387969	97	40
Oesterperceel	Yerseke Bank 614	65175	390897	93	36
Oesterperceel	Yerseke Bank 673	66597	389606	96	37
Oesterperceel	Yerseke Bank 689	68581	387223	99	40
Waterkwaliteit	HK1	70472	388126	101	37
Waterkwaliteit	HK2	70959	388111	101	37
Waterkwaliteit	HK3	70774	387704	101	38
Waterkwaliteit	Dortsman	60874	395935	84	24
Waterkwaliteit	Vondeling1	56685	396825	78	30
Waterkwaliteit	Stavenisse	57201	400068	75	20
Waterkwaliteit	Vondeling3	55781	398704	74	28

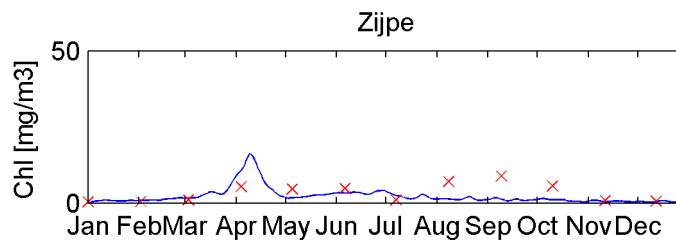
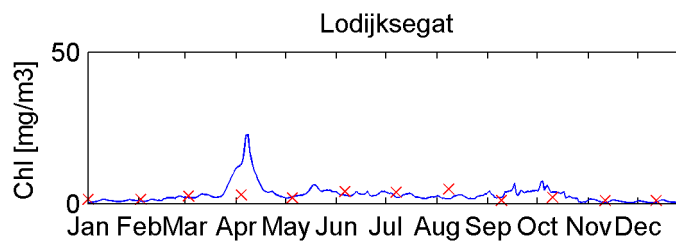
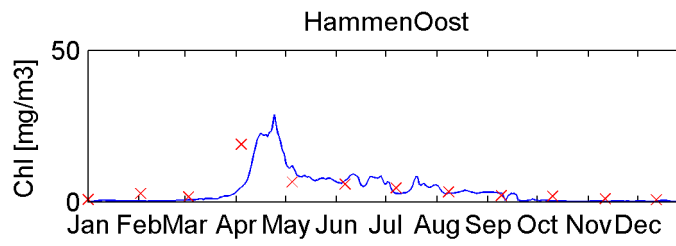
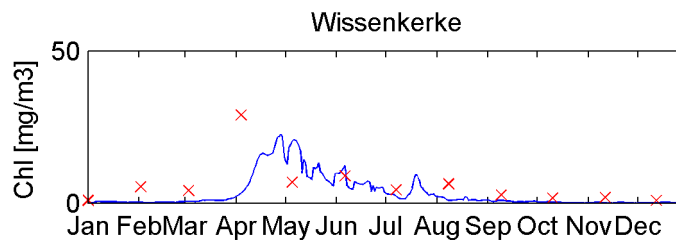
## Bijlage B. Tijdreeksen nutriënten – T<sub>0</sub> Validatie meetgegevens.





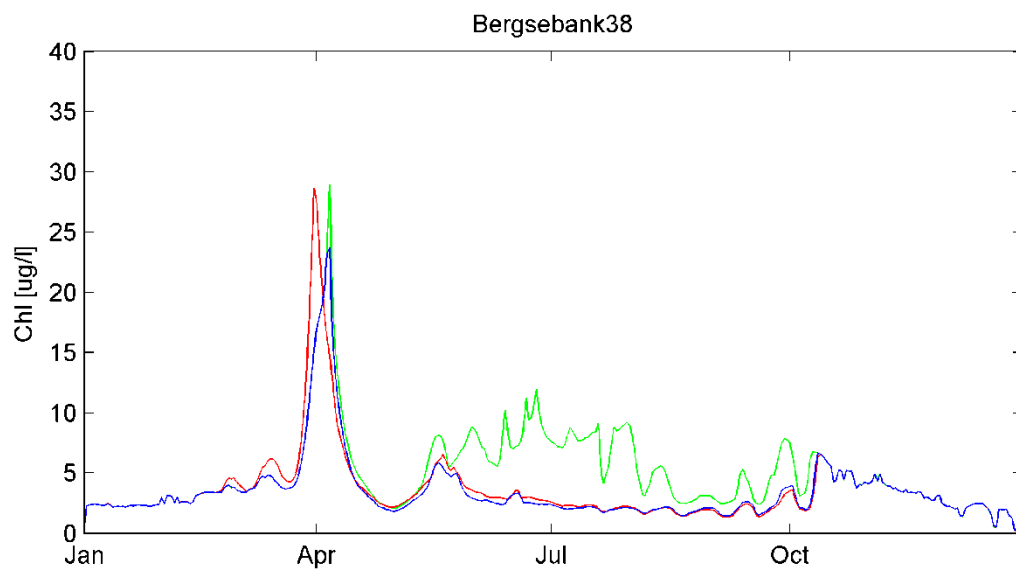
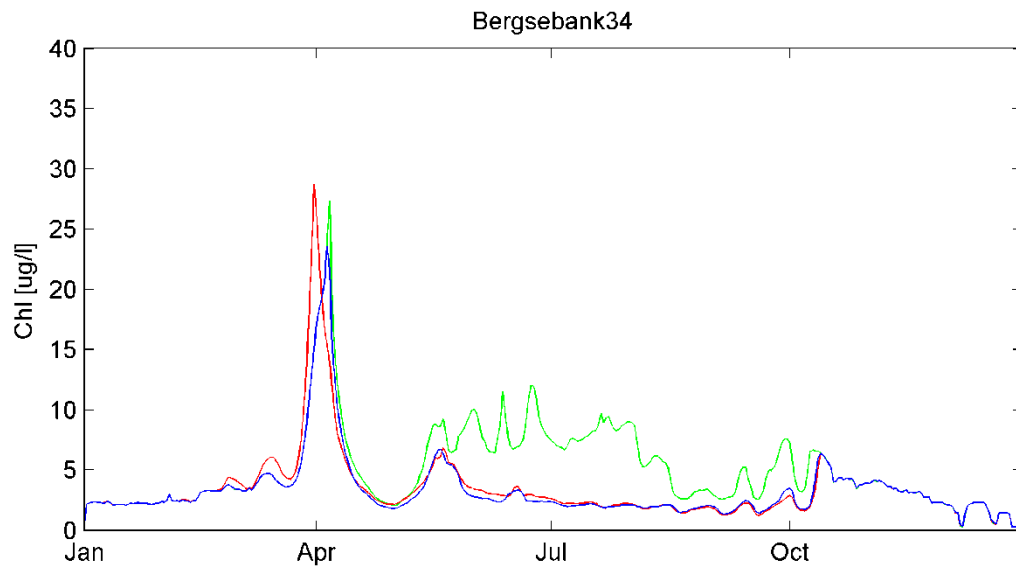


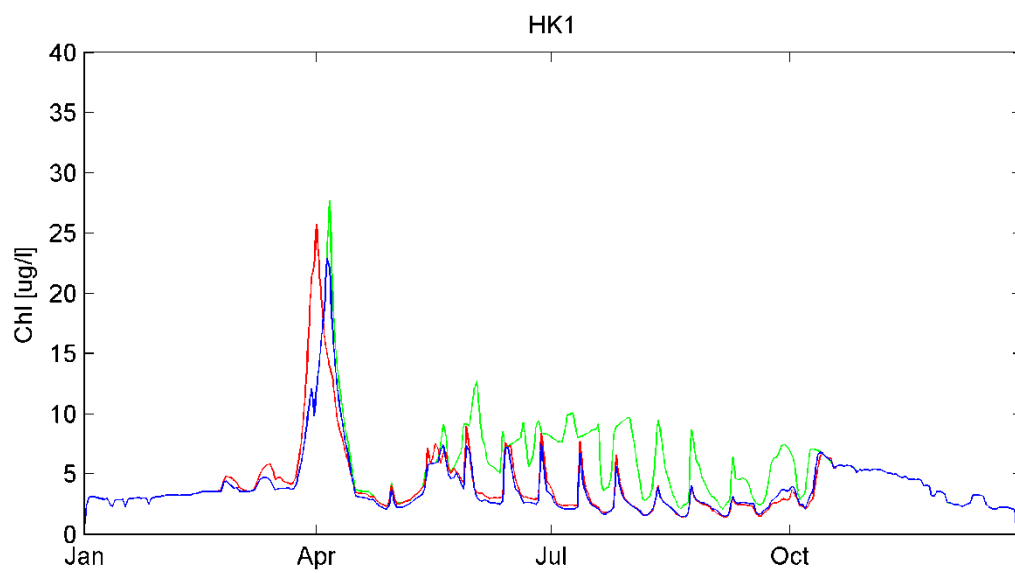
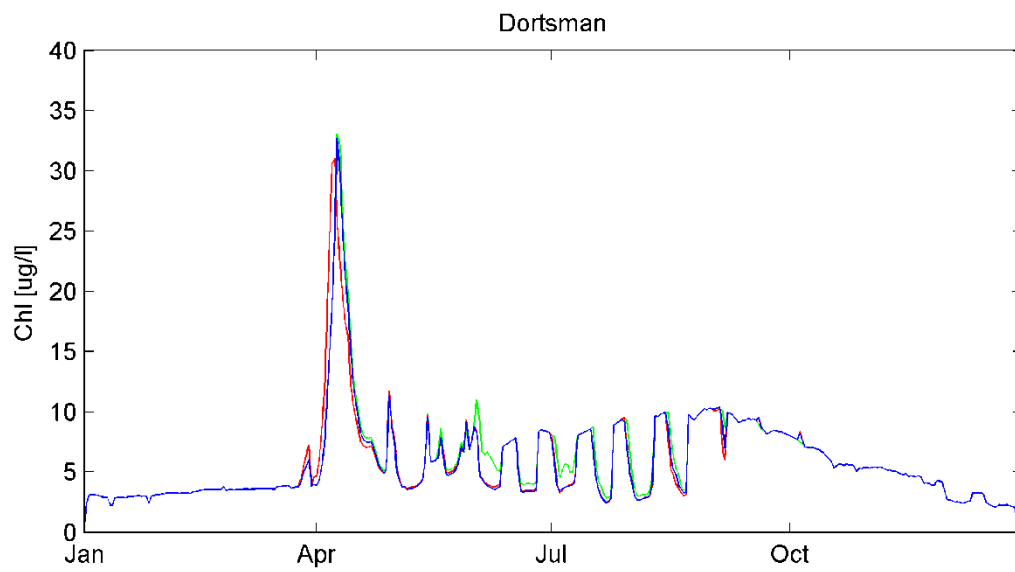


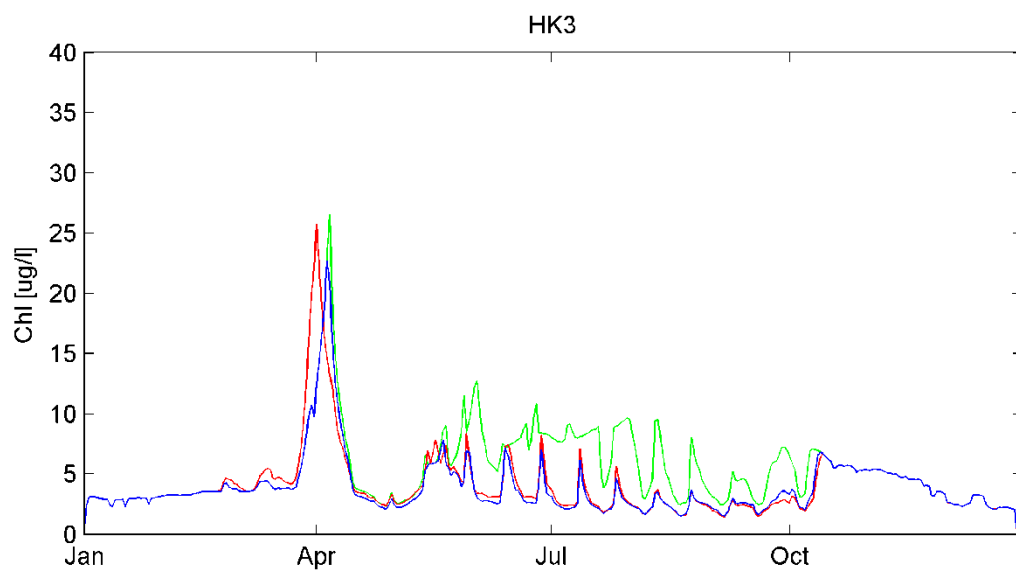
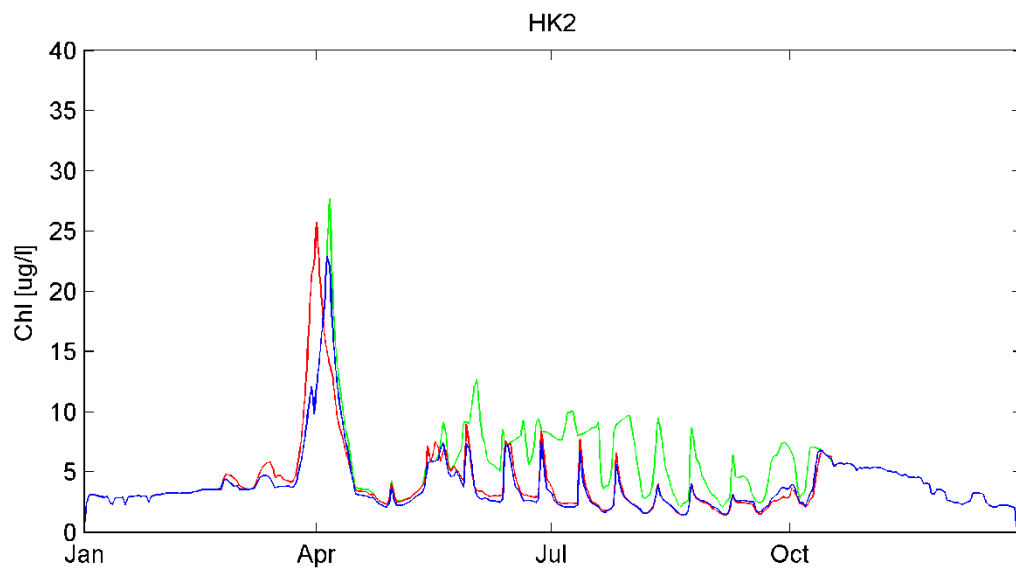


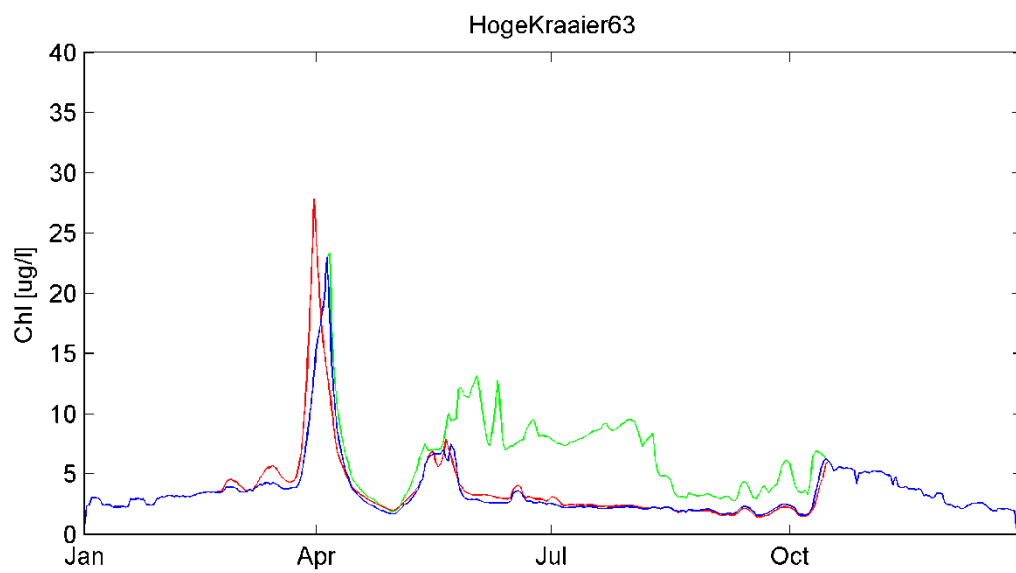
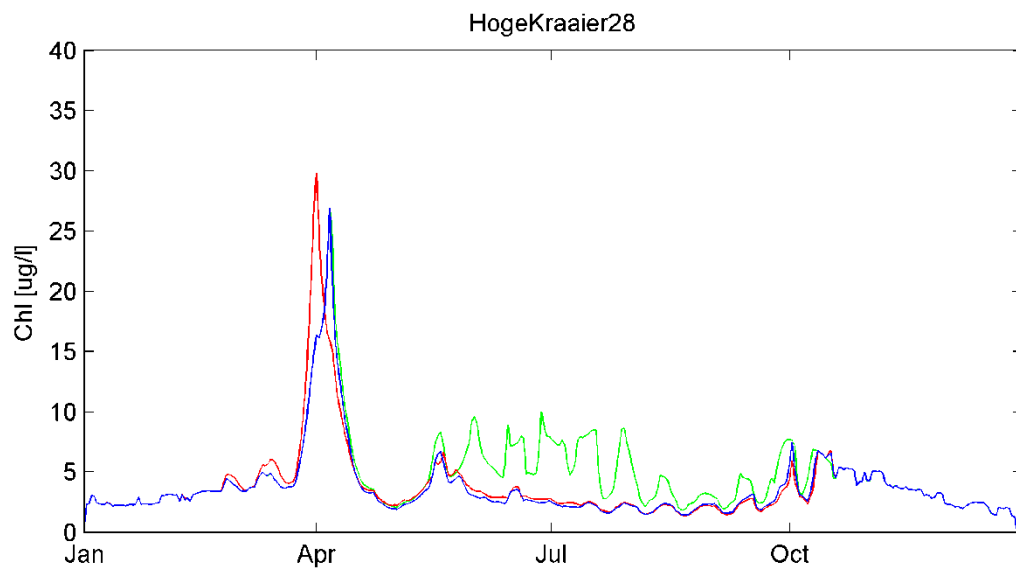
### Bijlage C. Tijdreeksen chlorophyl-a per locatie.

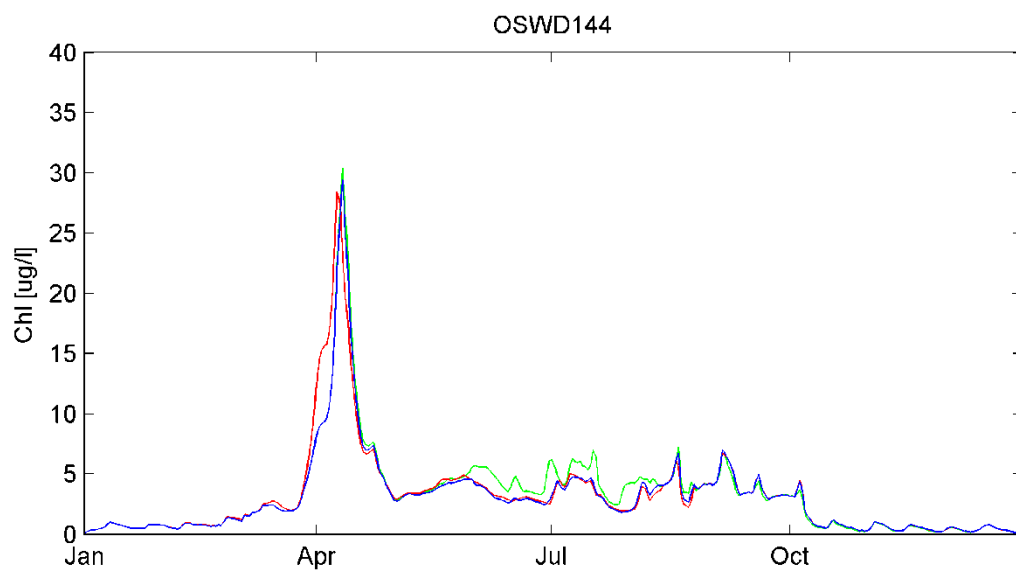
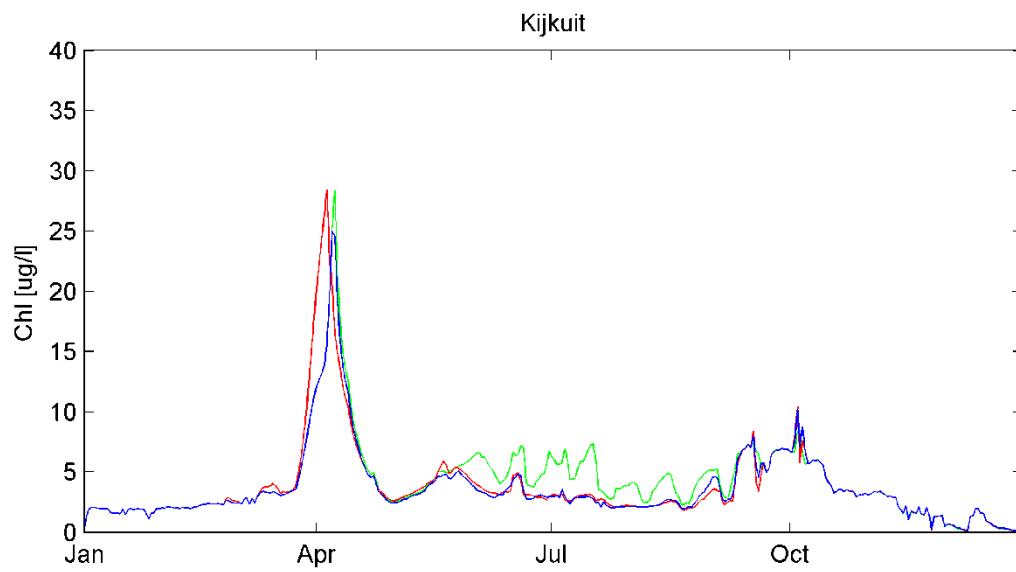
Blauw is referentiescenario, rood is oesterscenario en groen is spuiscenario.

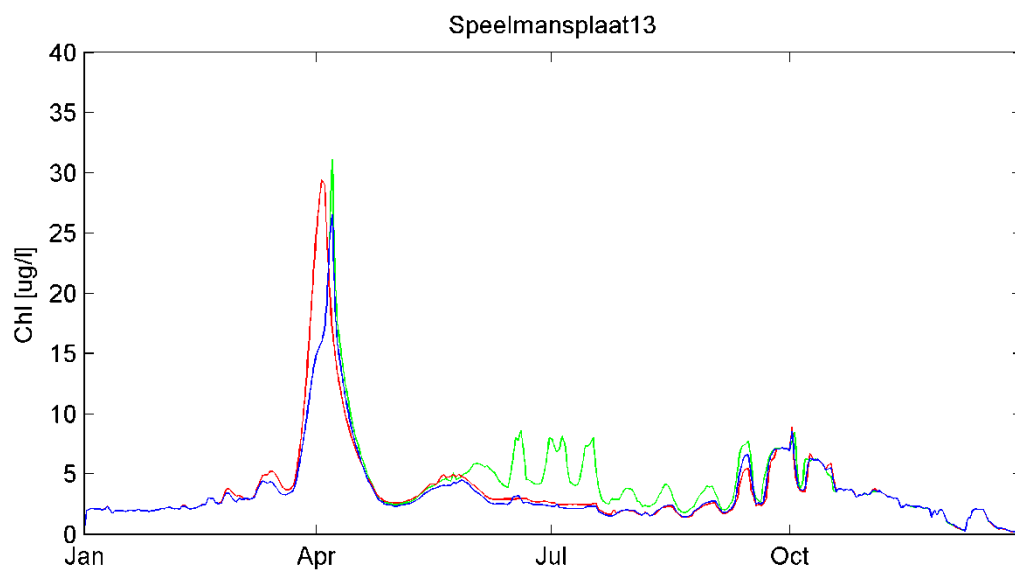
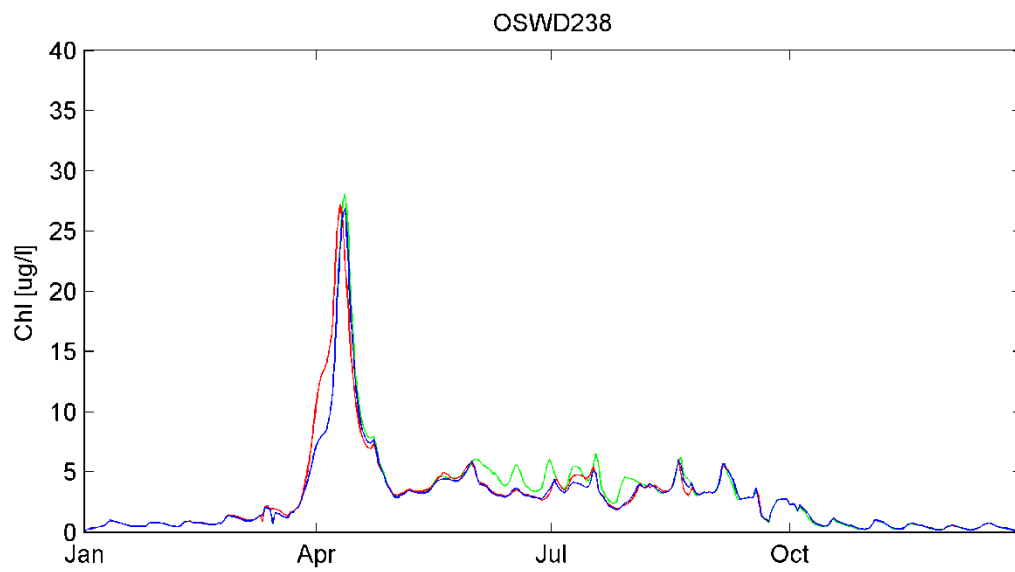


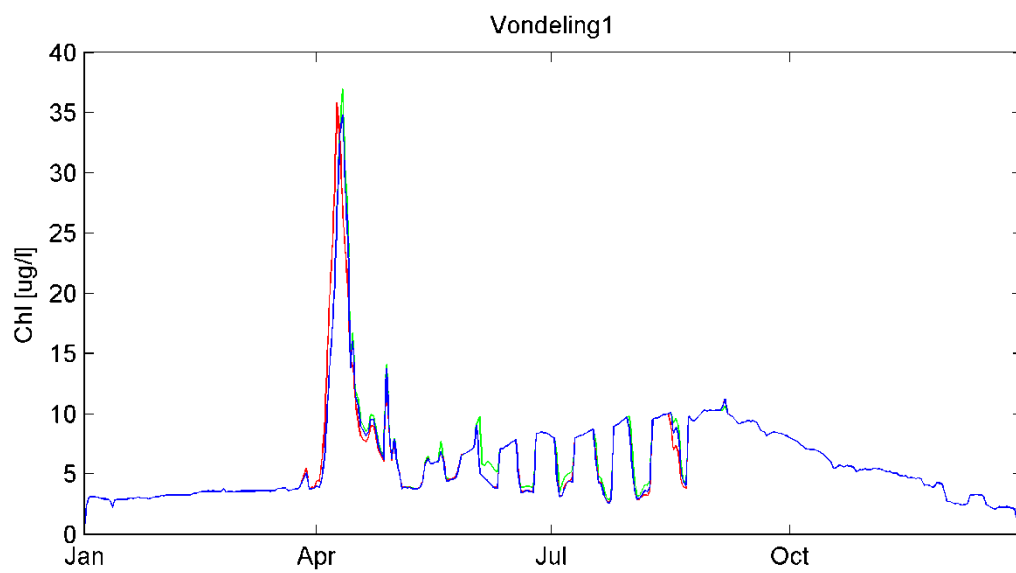
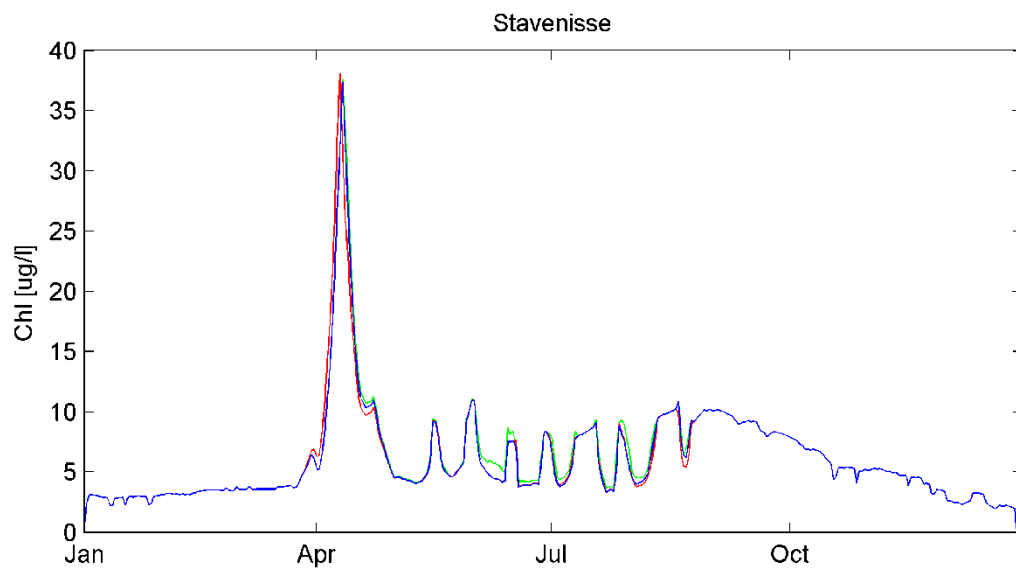




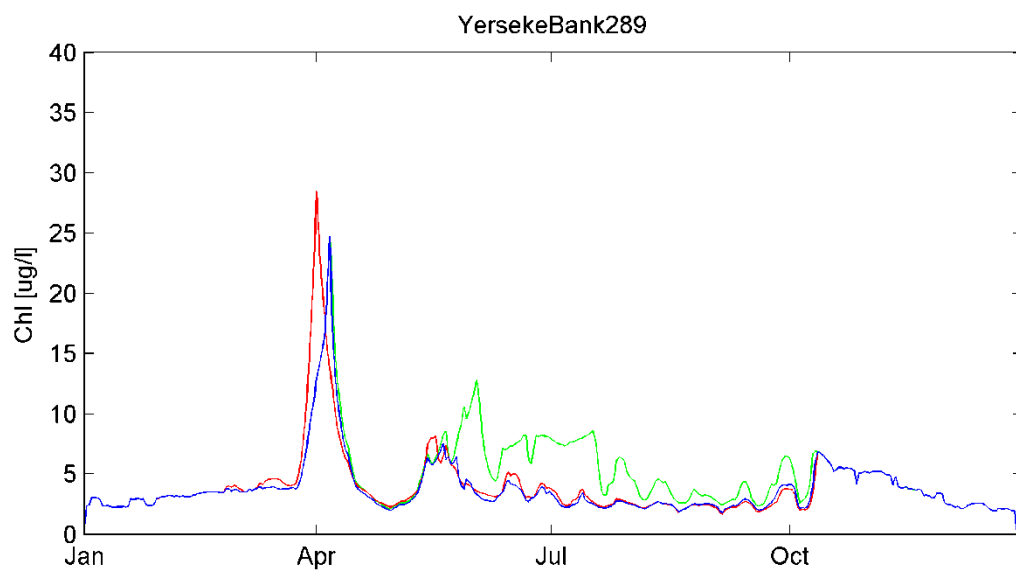
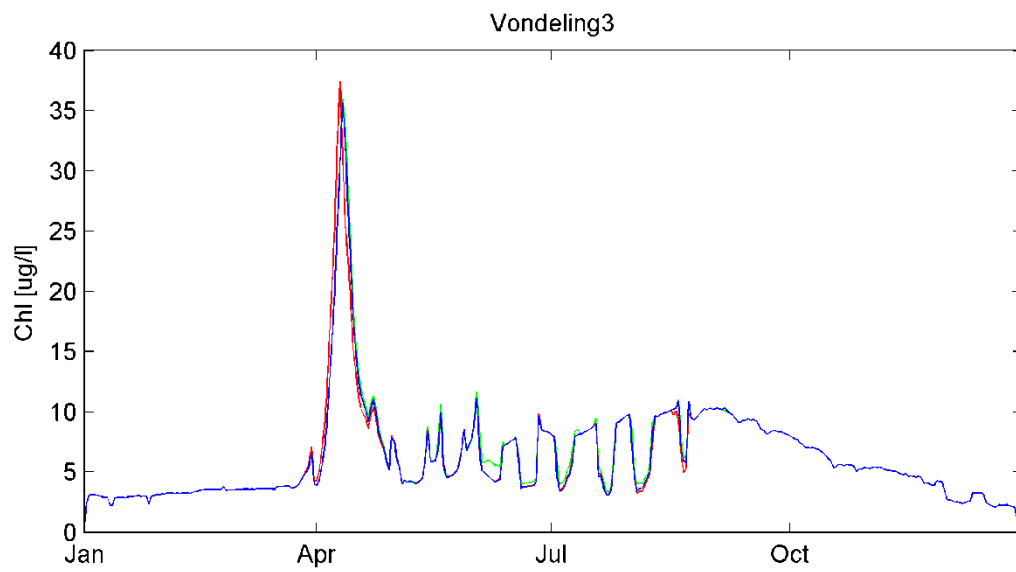


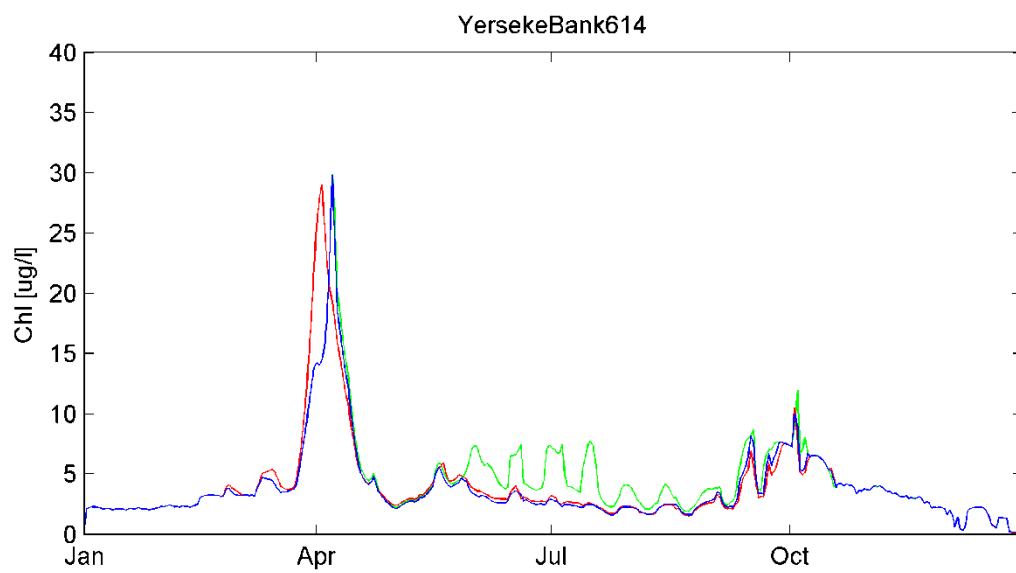
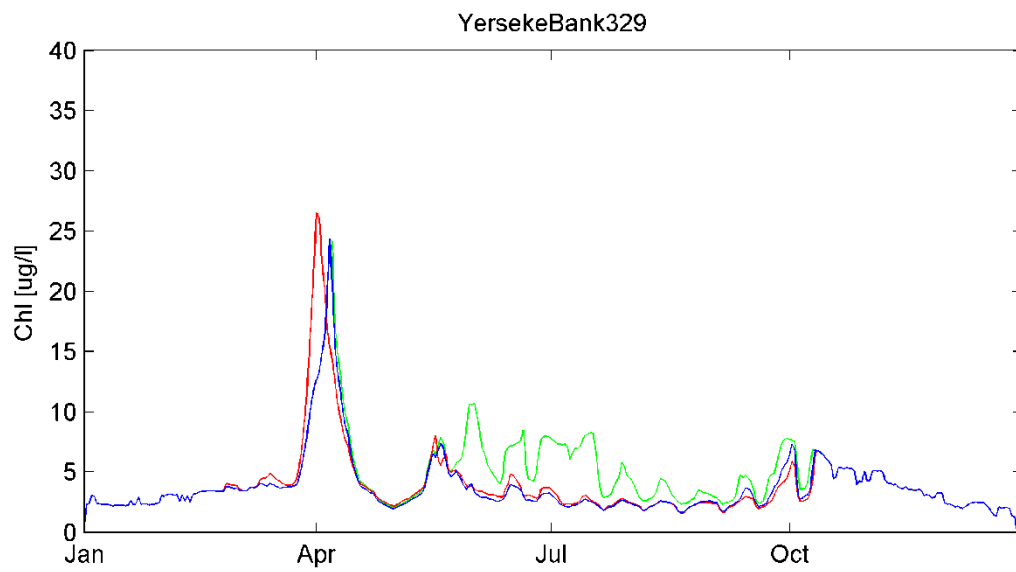


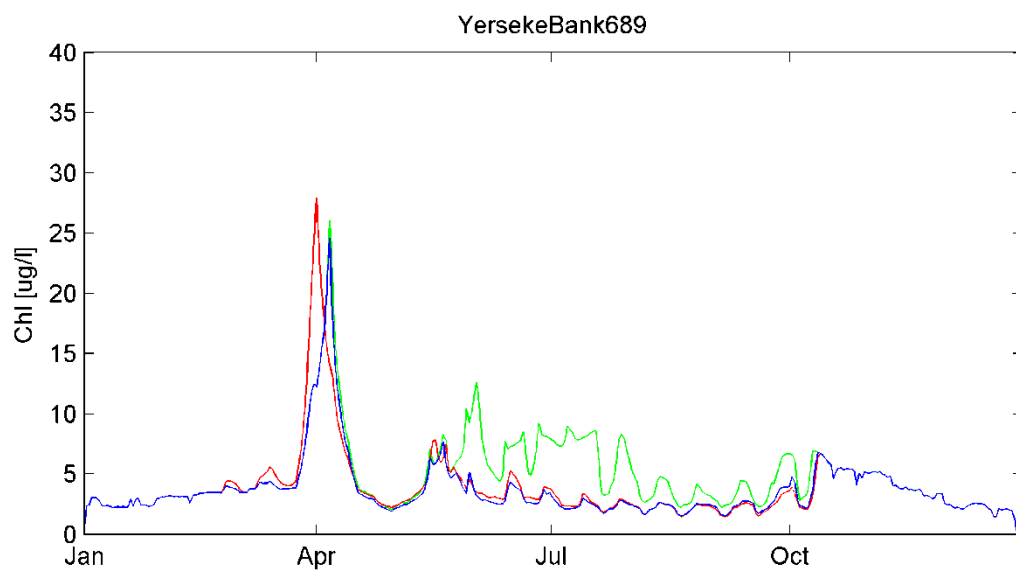
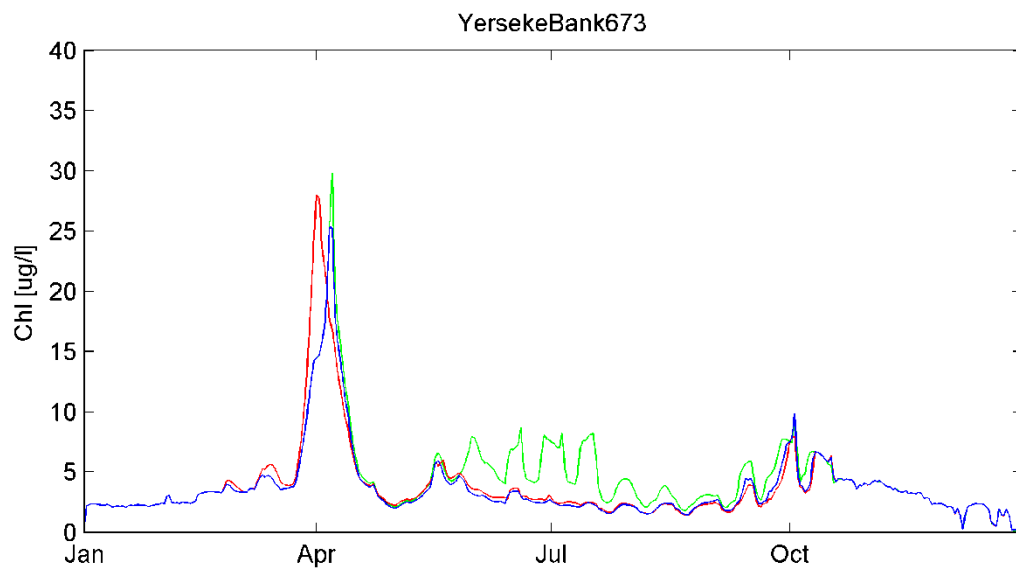




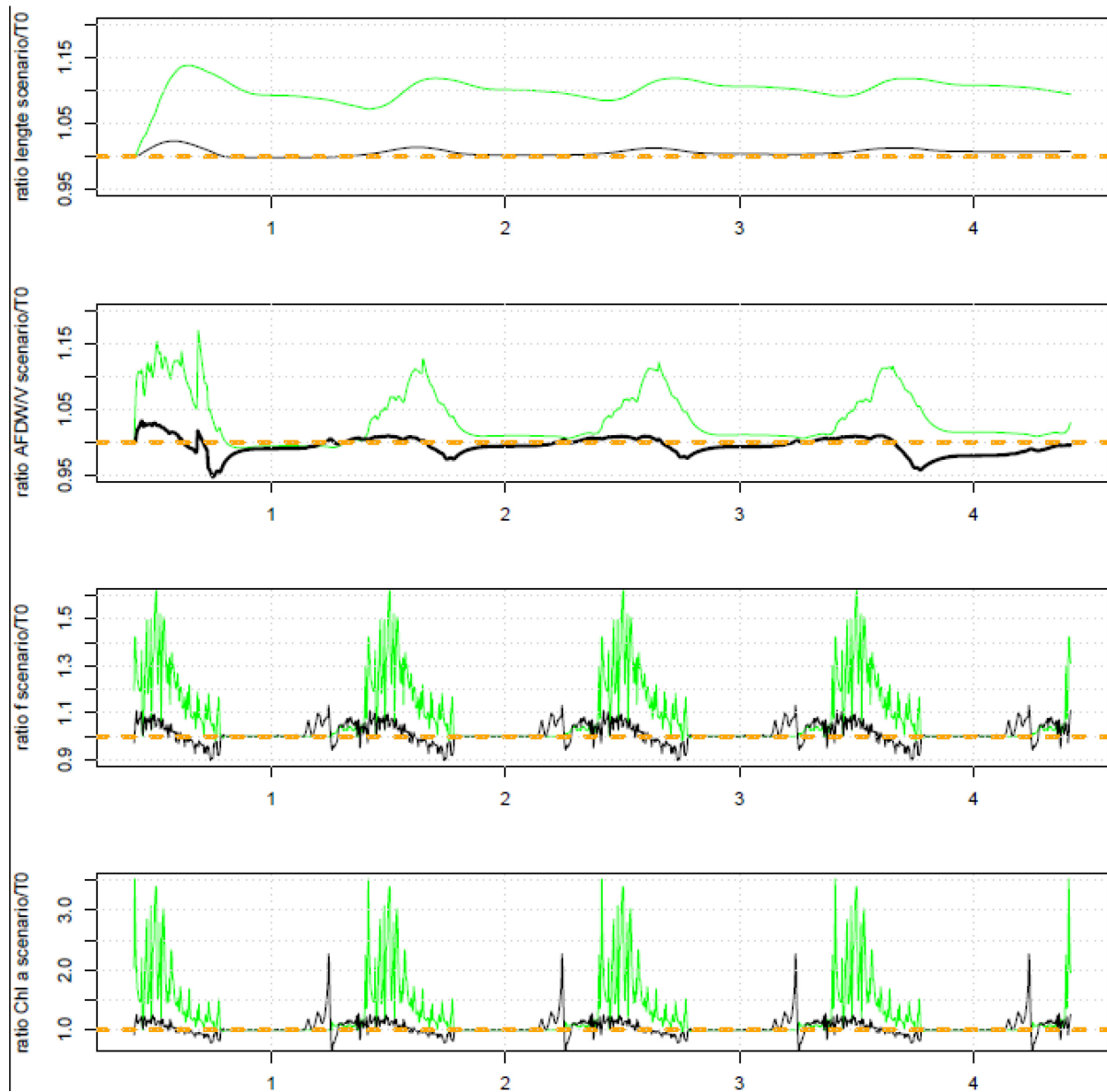




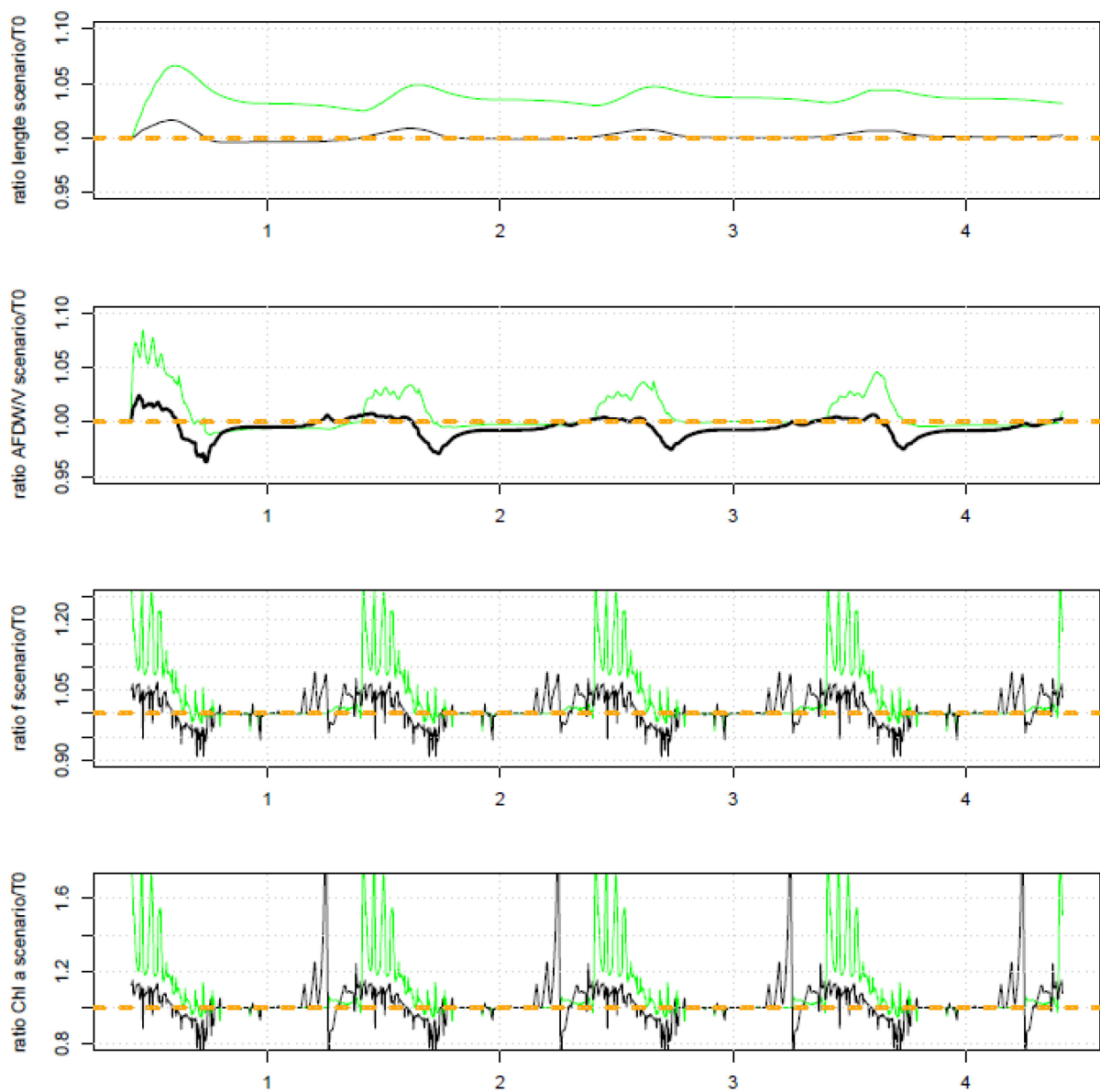




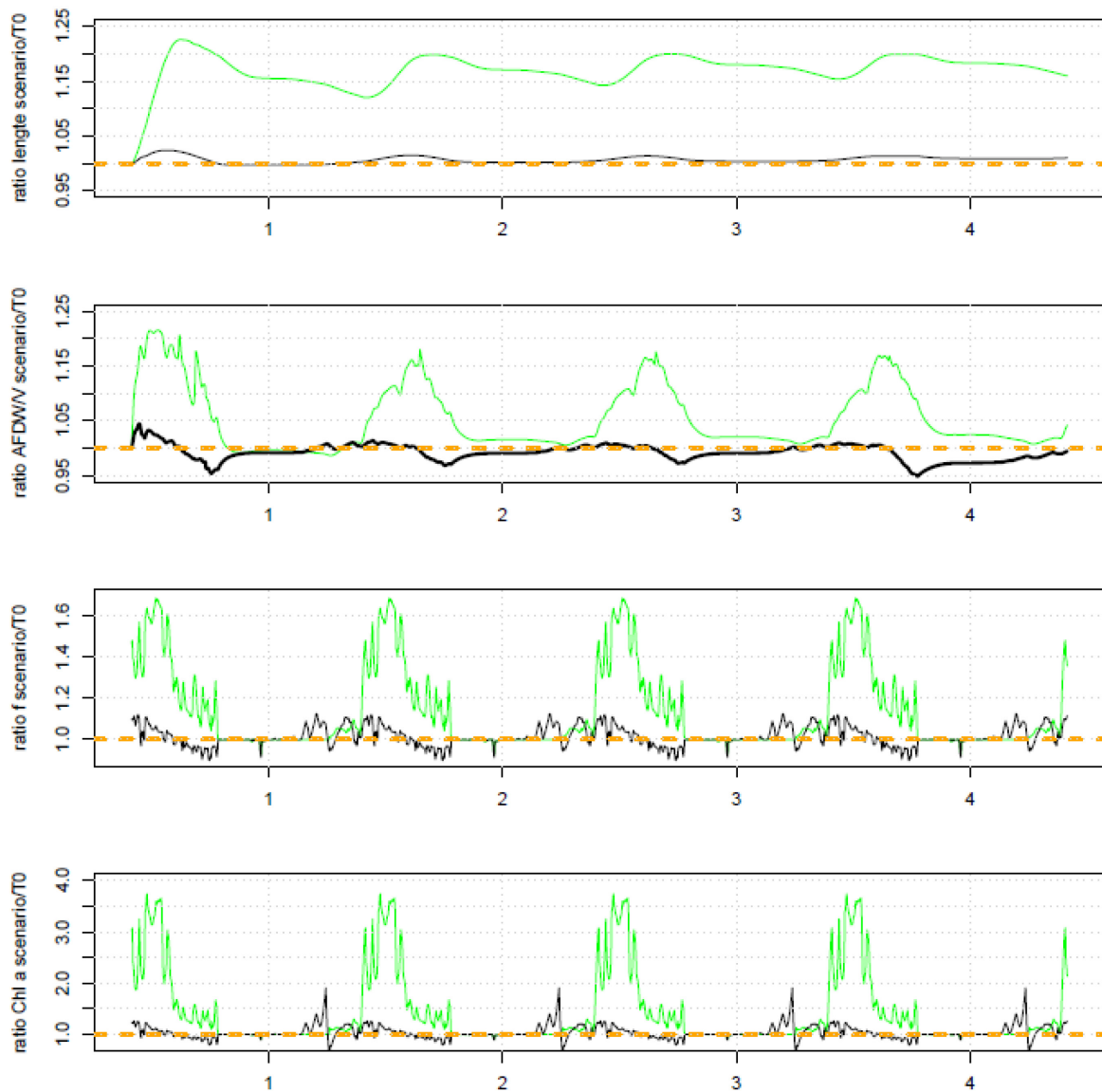
## Bijlage D. Ratio's tussen scenario's en autonome situatie per locatie



Figuur 24: Locatie HK2. ratio's tussen scenario 1 en 0 (groen) en 2 en 0 (zwart) over de tijd in jaren voor het individu geboren op 1 juni. Oranje gestreepte lijn geeft scenario 0 aan.

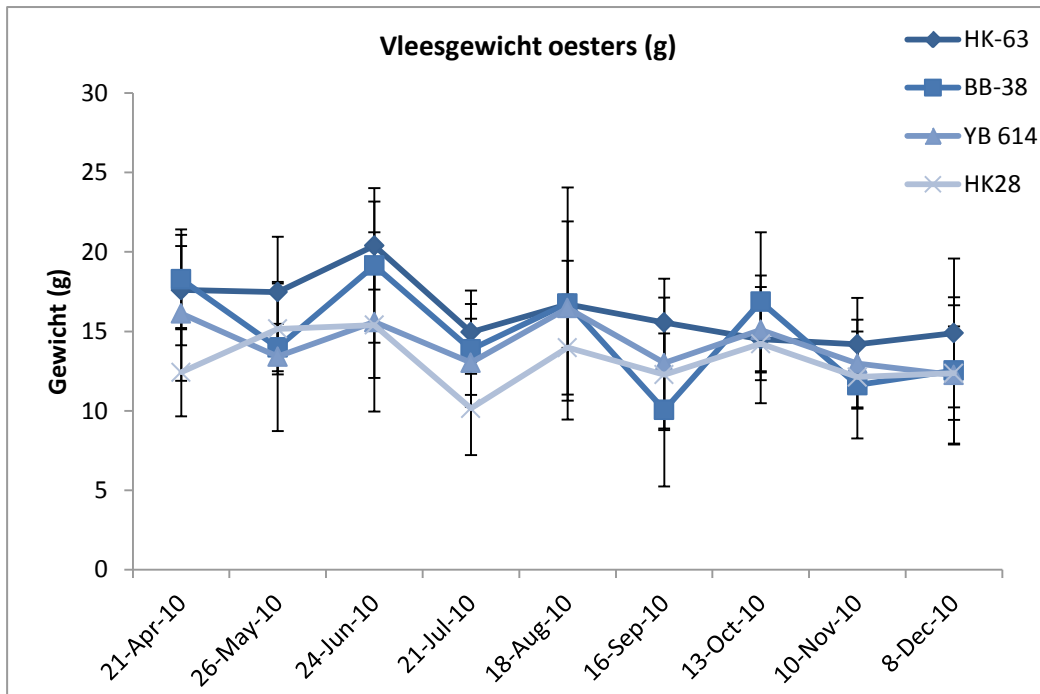


Figuur 25: Locatie Yerseke bank 614. ratio's tussen scenario 1 en 0 (groen) en 2 en 0 (zwart) over de tijd in jaren voor het individu geboren op 1 juni. Oranje gestreepte lijn geeft scenario 0 aan.

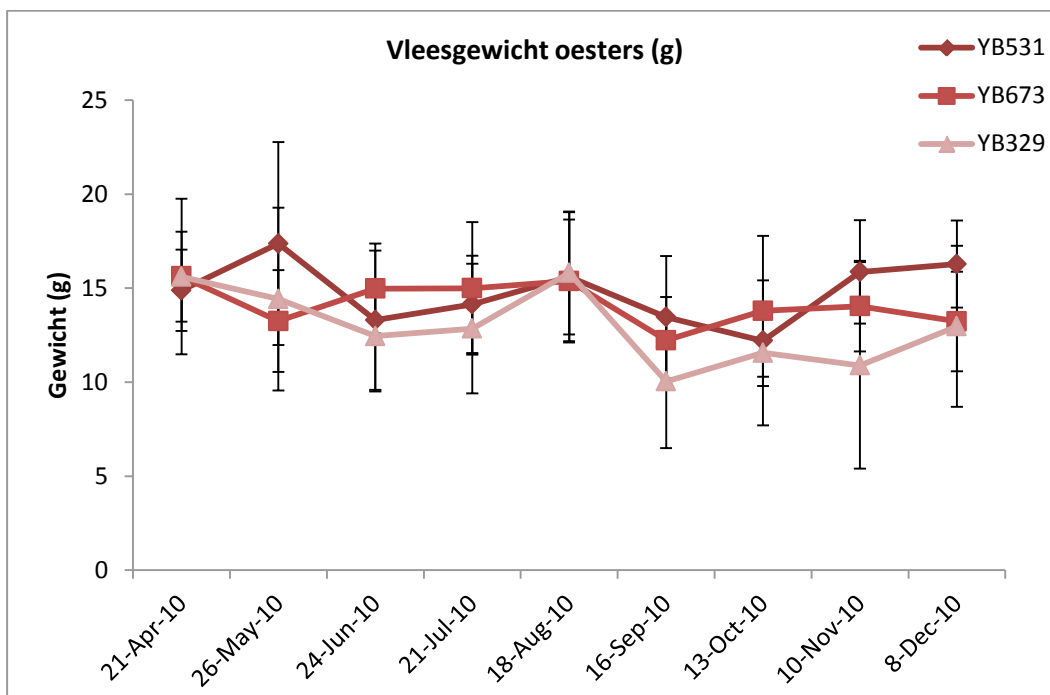


Figuur 26: Locatie Bergse bank 34. ratio's tussen scenario 1 en 0 (groen) en 2 en 0 (zwart) over de tijd in jaren voor het individu geboren op 1 juni. Oranje gestreepte lijn geeft scenario 0 aan.

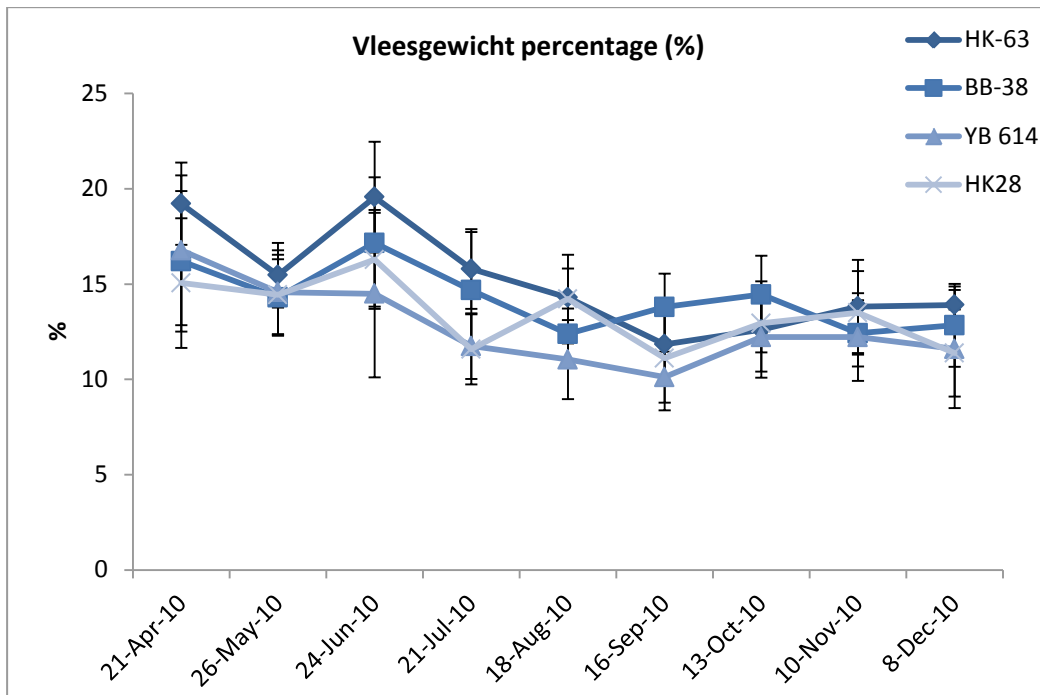
**Bijlage E. Resultaten veld monitoring oesters op percelen 2011.**



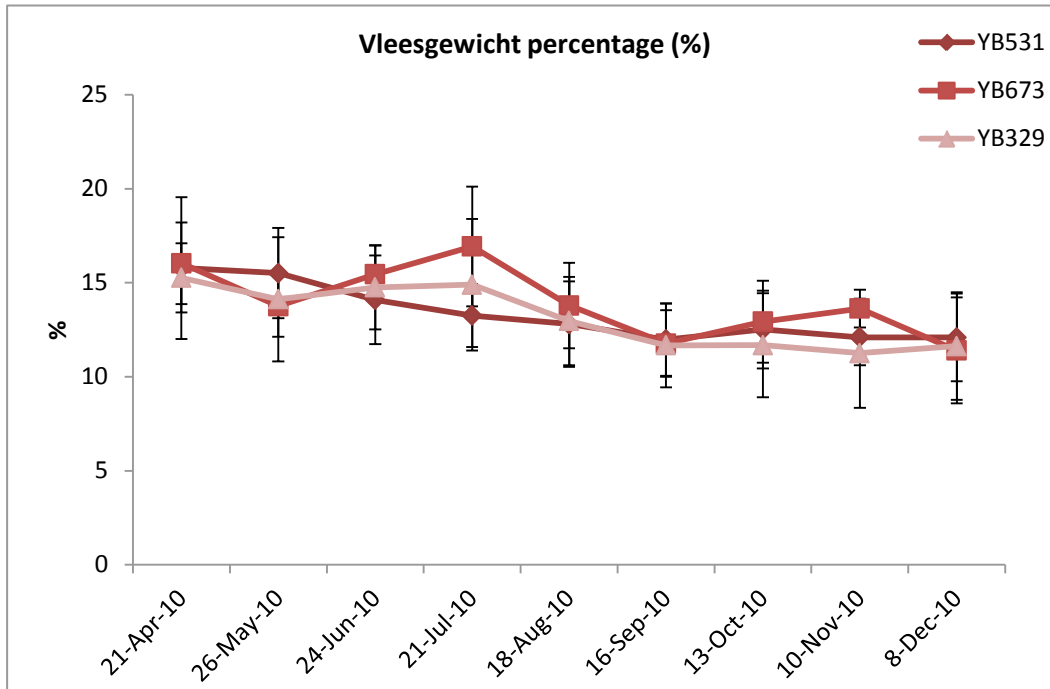
Figuur 27: Vleesgewichten oesters (grammen) gemeten op de Yerseke Bank, Bergsche Bank en Hooge Kraaijer in de Oosterschelde.



Figuur 28: Vleesgewichten (grammen) oesters gemeten op de Yerseke Bank in de Oosterschelde



Figuur 29: Vleespercentage oesters (%) gemeten op de Yerseke Bank, Bergsche Bank en Hooge Kraaijer in de Oosterschelde.



Figuur 30: Vleespercentage oesters (%) gemeten op de Yerseke Bank in de Oosterschelde.