



**WAGENINGEN UR**  
*For quality of life*

Wageningen IMARES

## **Effecten van zandhonger in de Oosterschelde op kokkels, oesters en de kweek van oesters en mosselen**

J.W.M. Wijsman

Rapport nr. C002/07  
Januari 2007



Wageningen IMARES is een  
samenwerkingsverband tussen  
Wageningen UR en TNO





# Wageningen IMARES

## Institute for Marine Resources & Ecosystem Studies

Vestiging IJmuiden  
Postbus 68  
1970 AB IJmuiden  
Tel.: 0255 564646  
Fax: 0255 564644

Vestiging Yerseke  
Postbus 77  
4400 AB Yerseke  
Tel.: 0113 672300  
Fax: 0113 573477

Vestiging Texel  
Postbus 167  
1790 AD Den Burg Texel  
Tel.: 0222 369700  
Fax: 0222 329235

Internet: [www.wageningenimares.wur.nl](http://www.wageningenimares.wur.nl)  
E-mail: [imares@wur.nl](mailto:imares@wur.nl)

## Rapport

Nummer: C002/07

# Effecten van zandhonger in de Oosterschelde op kokkels, oesters en de kweek van oesters en mosselen

J.W.M. Wijsman

Opdrachtgever: RWS Rijksinstituut voor Kust en Zee  
Postbus 8039  
4330 AE Middelburg

Project nummer: 439.41000.08

Aantal exemplaren:	15
Aantal pagina's:	28
Aantal tabellen:	3
Aantal figuren:	23
Aantal bijlagen:	0

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

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

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



# Inhoudsopgave

Inhoudsopgave.....	2
i. Summary.....	3
ii. Samenvatting.....	4
1 Inleiding.....	5
1.1 Aanleiding.....	5
1.2 Aanpak.....	5
1.3 Leeswijzer.....	6
2 Overzicht beschikbare gegevens.....	7
2.1 Bodemhoogte.....	7
2.2 Droogvalduur.....	10
2.3 Stroomsnelheid.....	13
3 Effecten op kokkelbiomassa.....	14
3.1 Kokkelmodel.....	14
3.2 Voorspellingen kokkels.....	14
3.3 Doorvertaling kokkelbiomassa's naar scholeksters.....	19
4 Effecten overige schelpdierfuncties.....	20
4.1 Gevolgen voor mosselkweek.....	20
4.2 Gevolgen voor oesterkweek.....	22
4.3 Gevolgen voor verwilderde Japanse oesters.....	23
5 Discussie.....	25
6 Referenties.....	27

## i. Summary

Due to the completion of the storm surge barrier in the inlet and the secondary dams in the landward parts of the Oosterschelde, morphological changes are taken place in the Oosterschelde. Sediment is transported from the tidal flats and deposited in the channels. As a result the inundation periods of the tidal flats are increasing. This study focuses on the effects of this increased inundation on the shellfish functions of the Oosterschelde. The expected morphological changes up to 2045 are the starting point for this analysis.

The effects cockle (*Cerastoderma edule*) habitats are evaluated based on changes in inundation time. Due to the changes in habitat suitability for cockles, the stock of cockles in the Oosterschelde will decrease from 31 million kg fresh weight in 2001 to 24, 20 and 17 million kg in 2015, 2030 and 2045, respectively. However, there is a large uncertainty in these predictions. Up to now, the measured stocks in the Oosterschelde do not show a decrease, although the inundation times of the intertidal flats are already increasing. Apparently, the available suitable habitat (intertidal area) is not (yet) limiting the cockle stocks.

Based on expert judgment, an assessment is made of the effect of the eroding tidal flats on the commercial mussel (*Mytilus edulis*) and oyster (*Crasostrea gigas*) culture in the Oosterschelde. No direct impacts are expected on the profitability of the culture plots. The possibilities for wild oysters (*Crasostrea gigas*), however, will increase since the total area with suitable inundation time for these oysters will increase. Whether this will lead to a further expansion of these oysters will depend on other factors such as food availability and suitable substrate.

In general, it can be concluded that the changes in inundation of the intertidal flats will potentially have an impact on the stocks of cockles and wild oysters in the Oosterschelde. Whether the effect will reveal itself depends on other factors that may or may not be related to the morphological changes in the Oosterschelde. For the commercial oyster and mussel culture, no direct impact is expected.

## ii. Samenvatting

Als gevolg van de deltawerken heeft de Oosterschelde te maken met zandhonger waarbij er in de toekomst een verlaging van de slikken en platen wordt verwacht waardoor ze minder lang droog komen te liggen. In deze studie is onderzocht wat het effect van de plaatverlaging is op de schelpdierfuncties in de Oosterschelde. Hierbij is uitgegaan van de prognoses tot en met 2045.

Op basis van de voorspelde droogvalduur zal het areaal geschikt habitat voor kokkels afnemen. Als gevolg hiervan kan worden verwacht dat het potentiële kokkelbestand in de Oosterschelde zal afnemen van 31 miljoen kg versgewicht in 2001 naar respectievelijk 24, 20 en 17 miljoen kg in 2015, 2030 en 2045. Er is echter een grote onzekerheid in de modelvoorspellingen voor totale biomassa. In de veldmetingen van kokkelbestanden in de Oosterschelde is de door het model voorspelde afname in kokkelbiomassa nog niet te zien. Blijkbaar is het areaal geschikt habitat (slikken en platen in het litoraal) (nog) niet beperkend voor de kokkels.

Op basis van een deskundigenoordeel is een inschatting gemaakt wat de gevolgen zijn voor de oester- en mosselcultuur en de uitbereiding van wilde Japanse oesters in de Oosterschelde. Er worden geen directe effecten verwacht van plaatverlaging op de rendabiliteit van de percelen. Door de plaatverlaging neemt het areaal geschikt habitat voor de Japanse oesters toe. Of dit daadwerkelijk zal leiden tot een verdere uitbereiding van de Japanse oesters is afhankelijk van meer factoren dan alleen droogvalduur.

Op basis van de veranderde droogvalduur op de slikken en platen van de Oosterschelde ten gevolge van de zandhonger is verwacht dat de kokkelbestanden zullen afnemen en de bestanden wilde Japanse oesters zullen toenemen. Of en in welke mate deze effecten zich daadwerkelijk zullen gaan manifesteren is afhankelijk van andere factoren die niet, of indirect, te maken hebben met de zandhonger. Voor commerciële oester- en mosselpercelen worden geen duidelijke effecten verwacht die een direct effect zijn van de zandhonger.

# 1 Inleiding

## 1.1 Aanleiding

In 1986 is de Stormvloedkering in de Oosterschelde gereedgekomen. Om een zo groot mogelijk getijverschil te kunnen behouden met de verminderde doorlaatcapaciteit is het bekkenvolume verkleind door de aanleg van de compartimenteringsdammen, de Oesterdam (1986) en de Phillipsdam (1987). Mede door de aanleg van de dammen is het getijvolume en de stroomsnelheden in de Oosterschelde afgenomen. Dit is vooral het geval in de noordelijke tak, waar de stroomsnelheden met meer dan 70% zijn afgenomen (Vroon, 1994). Het huidige getijvolume is ongeveer 880 miljoen m<sup>3</sup> en de maximale stroomsnelheden bij een gemiddeld getij varieert van 0.35 m s<sup>-1</sup> in het oostelijk deel tot 1.0 m s<sup>-1</sup> in het westelijk deel (Vroon, 1994). Als gevolg van de veranderde hydrodynamiek is het systeem zich morfologisch aan het aanpassen. Het doorstroomoppervlak van de geulen is te groot voor de verminderde hoeveelheid water dat er door wordt getransporteerd. Daardoor hebben deze de neiging aan te zanden. Doordat de aanvoer van zand vanuit de Voordelta en de Noordzee wordt belemmerd door de stormvloedkering wordt het benodigde zand verkregen van de slikken en platen in de Oosterschelde (Geurts van Kessel, 2004). Door het verlagen van de slikken en platen in de Oosterschelde, neemt de tijd dat deze gebieden droogvallen af. Dit kan effect hebben voor de habitatgeschiktheid van kokkels en voor vogels zoals de scholeksters, die foerageren op de kokkels. Tevens kan de plaatverlaging effect hebben op de commerciële schelpdierkweek (mosselen en oesters) en de wilde Japanse oesterpopulaties.

RWS-RIKZ is bezig met een verkenning naar de effecten van zandhonger op de korte en middellange termijn op de gebruiksfuncties van de Oosterschelde. Belangrijke gebruiksfuncties hierbij zijn natuur en schelpdiervisserij. Voor de natuur zitten de effecten vooral in de afname van het habitat voor bodemdieren op de slikken en platen en de daarmee samenhangende afname van foeragemogelijkheden voor steltlopers. Voor de schelpdiersector zijn er wellicht effecten te verwachten voor de kokkelvisserij. Door de afname van het areaal kokkelhabitat kan mogelijk het bestand aan kokkels afnemen.

IMARES is door RWS-RIKZ gevraagd effectprognoses te maken voor de schelpdiersector en kokkel en Japanse oesterpopulaties voor 2015, 2030 en 2045 op basis van prognoses van de bodemhoogte en droogvalduurontwikkeling. In dit rapport worden de verwachte effecten voor schelpdierfuncties beschreven.

## 1.2 Aanpak

De gevolgen van zandhonger op kokkels is voorspeld met behulp van het kokkelmodel dat ontwikkeld is voor de EVA-II studie (Kater *et al.*, 2003). Dit kokkelmodel voorspelt de kokkelbiomassa aan de hand van droogvalduur en stroomsnelheid. Het model is toegepast op de door RWS berekende droogvalduren van 1983 en 2001 en de voorspelde droogvalduren voor 2015, 2030 en 2045. Tevens is gebruik gemaakt van de stroomsnelheden voor 1996 die berekend zijn met behulp van het model SCALLOOST. Er is in deze studie uitsluitend gekeken naar de effecten van de verandering in droogvalduur. Andere omgevingscondities die mogelijk van invloed kunnen zijn op de kokkebestanden zoals zoutgehalte, sedimentsamenstelling, voedselbeschikbaarheid en stroomsnelheden zijn constant verondersteld. Tevens zijn processen als sterfte (bijvoorbeeld ten gevolge van visserij) en rekrutering buiten beschouwing gelaten. De resultaten van deze berekeningen zijn gebruikt door Ecocurves om met behulp van het model WEBTICS (Rappoldt *et al.*, 2004) de effecten voor scholeksters door te rekenen (Rappoldt *et al.*, 2006).

Op basis van deskundigenoordeel is tevens geschat wat de effecten zijn van de voorspelde plaatverlaging op visserij (kweek van oesters en mosselen op de percelen) en de uitbereiding

van de verwilderde Japanse oesters. Ook voor deze inschattingen is uitsluitend gekeken naar de effecten van plaatverlaging en veranderende droogvalduur. De morfologische veranderingen zullen mogelijk ook effect hebben op factoren als stroomsnelheden en de samenstelling van het sediment. Tevens vinden er ook allerlei andere autonome ontwikkelingen plaats in de Oosterschelde die van invloed kunnen zijn op de schelpdierbestanden zoals een vermindering van de draagkracht en de ontwikkeling van de Japanse oester. De effecten van deze ontwikkelingen zijn niet meegenomen in dit deskundigenoordeel.

### 1.3 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 wordt een overzicht gegeven van de abiotische gegevens die gebruikt zijn in deze studie. Deze gegevens zijn door RWS-RIKZ aangeleverd en beschrijven de geobserveerde en verwachte veranderingen in bodemhoogte en droogvalduur. Met behulp van deze gegevens en het kokkelmodel dat is ontwikkeld tijdens de EVA-II studie (Kater *et al.*, 2003) zijn de verwachte kokkelbestanden berekend. De resultaten zijn gegeven in hoofdstuk 3 en vormen de basis voor de schokekster berekeningen. In hoofdstuk 4 worden, op basis van deskundigenoordeel, de effecten van zandhonger voor de oester en mosselcultuur, alsmede de ontwikkeling van wilde Japanse oesters in de Oosterschelde beschreven. In de discussie (hoofdstuk 5) tenslotte worden ondermeer de beperkingen van dit onderzoek aangeduid.



## 2 Overzicht beschikbare gegevens

Door RWS-RIKZ zijn een aantal basisgegevens (GIS-kaarten) geleverd die fysische effecten van de zandhonger in de Oosterschelde beschrijven / voorspellen. Deze gegevens zijn aangevuld met gegevens die gebruikt zijn bij de EVA-II studie (Kater *et al.*, 2003).

De volgende gegevens zijn gebruikt als basis:

### Bodemhoogte

- 1983 (gemeten)
- 2001 (gemeten)
- 2015 (voorspeld)
- 2030 (voorspeld)
- 2045 (voorspeld)

### Droogvalduur

- 1983 (berekend)
- 2001 (berekend)
- 2015 (voorspeld)
- 2030 (voorspeld)
- 2045 (voorspeld)

### Stroomsnelheid

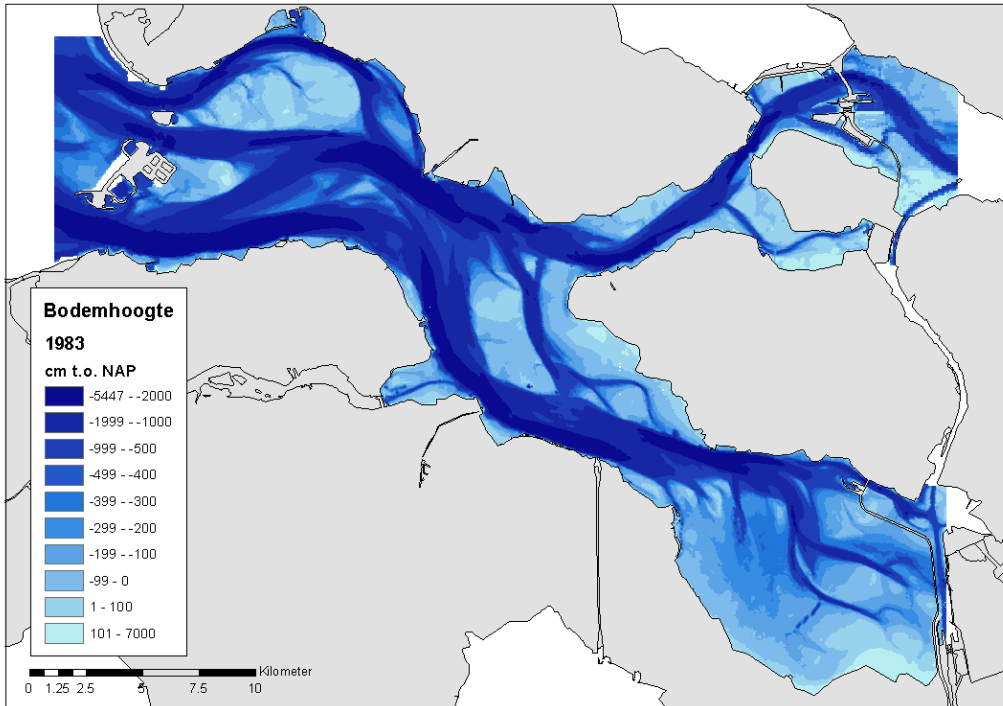
- 1996 (modelberekening)

### 2.1 Bodemhoogte

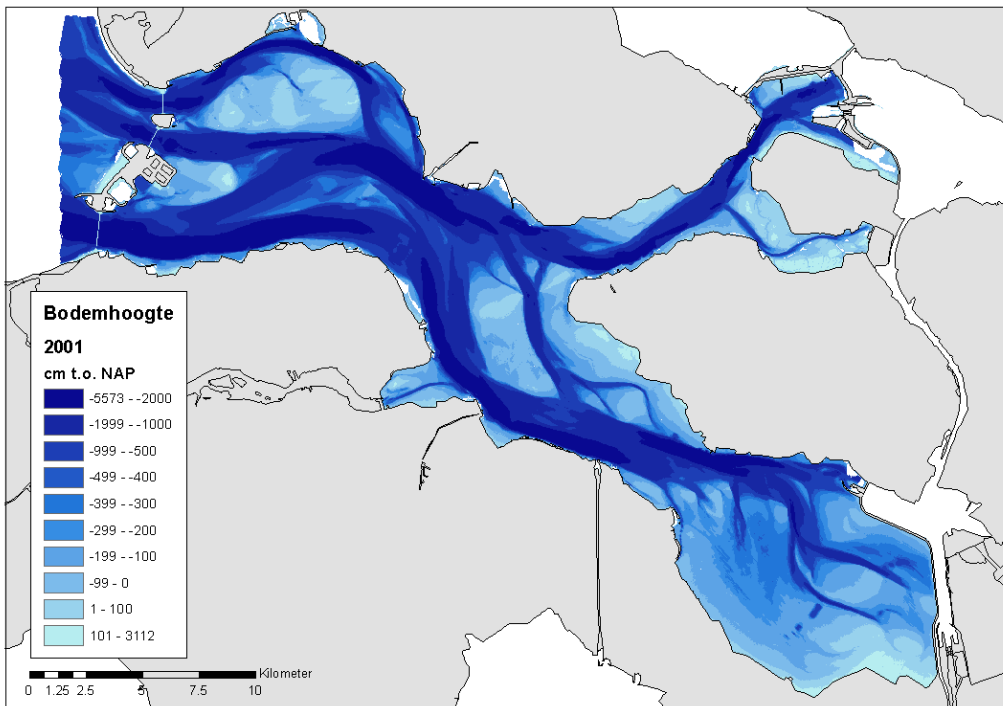
Bodemhoogtes, gebaseerd op vaklodingen voor de Oosterschelde zijn beschikbaar voor 1983 en 2001. De Arc-grid bestanden hebben een resolutie van 20×20 meter en de diepte is gegeven in cm ten opzichte van NAP (dieptes onder NAP zijn gegeven als negatieve waarden).

De bodemhoogtes in 2015, 2030 en 2045 zijn gebaseerd op prognoses (RWS-RIKZ). Deze prognoses van de bodemhoogtes zijn gebaseerd op een lineaire extrapolatie van de waargenomen erosie tussen het moment van sluiting van de Oosterscheldekering (1986) en de meest recente gebiedsdekkende bodemhoogtemeting (2001). Er wordt uitgegaan dat de zelfde mate van erosie/sedimentatie zal plaatsvinden tussen 2001 en 2015, tussen 2015 en 2030 en tussen 2030 en 2045. Het sediment dat netto vrijkomt van het intergetijdengebied wordt geleidelijk verdeeld over de onderwateroevers van de slikken en platen tussen de laagwaterlijn en de -10 meter NAP lijn. Deze prognoses zijn gebaseerd op een verticale extrapolatie. Horizontale verplaatsingen zoals het opschuiven van een schorrand bij kliferosie worden met deze methode niet voorspeld.

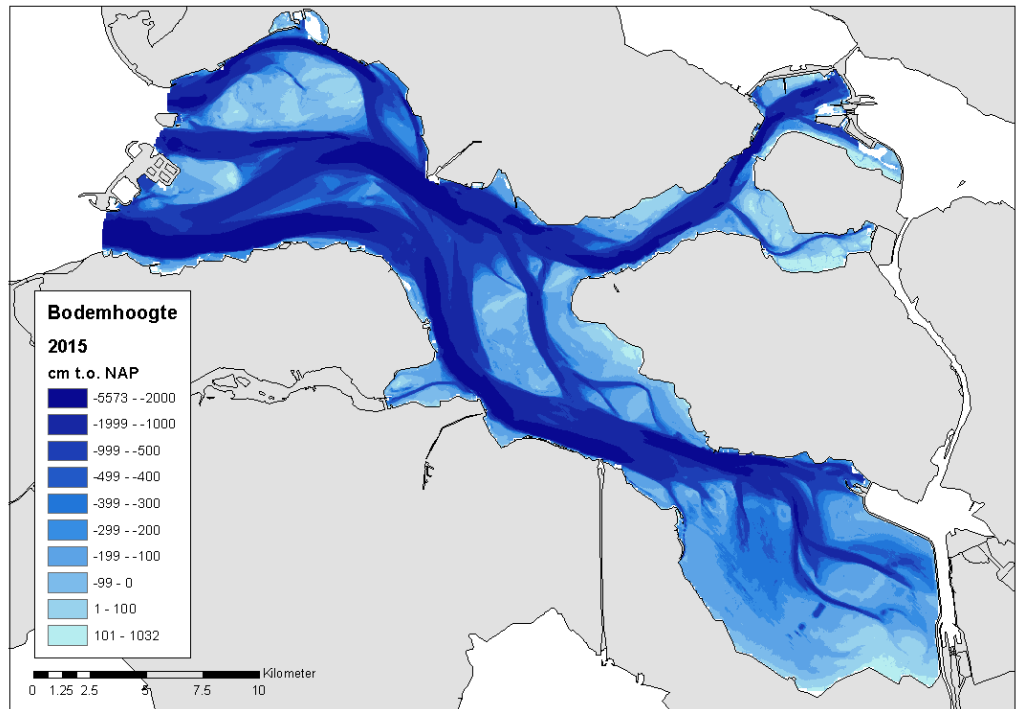
De bodemhoogtekaarten van 1983 en 2001 zijn weergegeven in Figuur 1 en Figuur 2. De voorspelde bodemhoogtes in 2015, 2030 en 2045 zijn weergegeven in Figuur 3 tot en met Figuur 5.



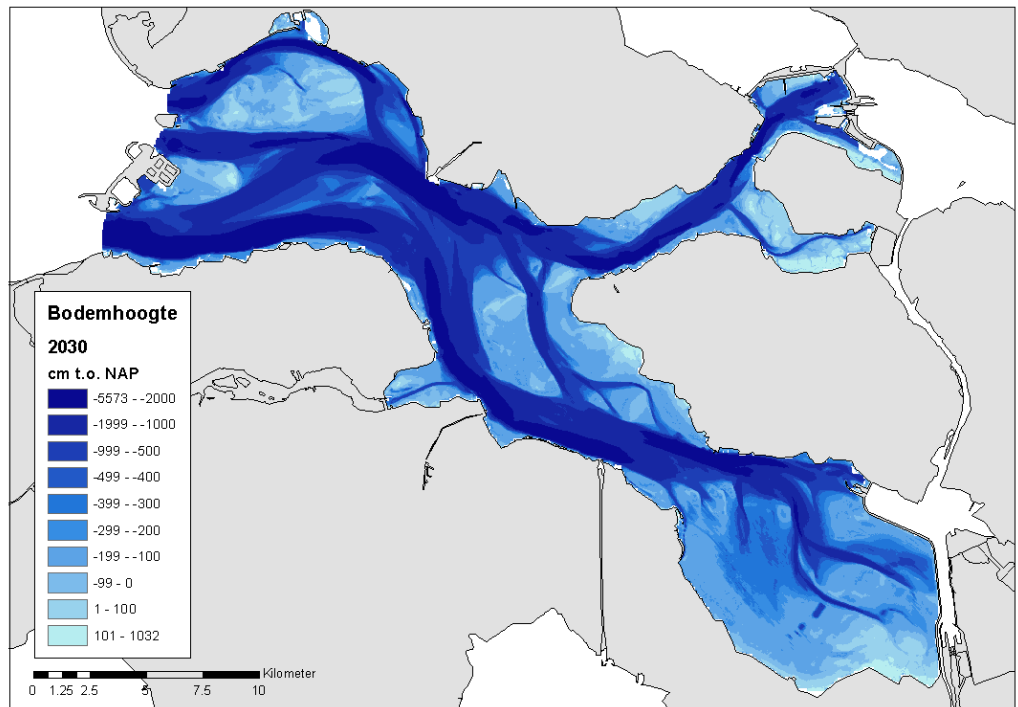
*Figuur 1: Bodemhoogte (cm t.o.v. NAP) in de Oosterschelde 1983 (Data afkomstig van RWS-RIKZ).*



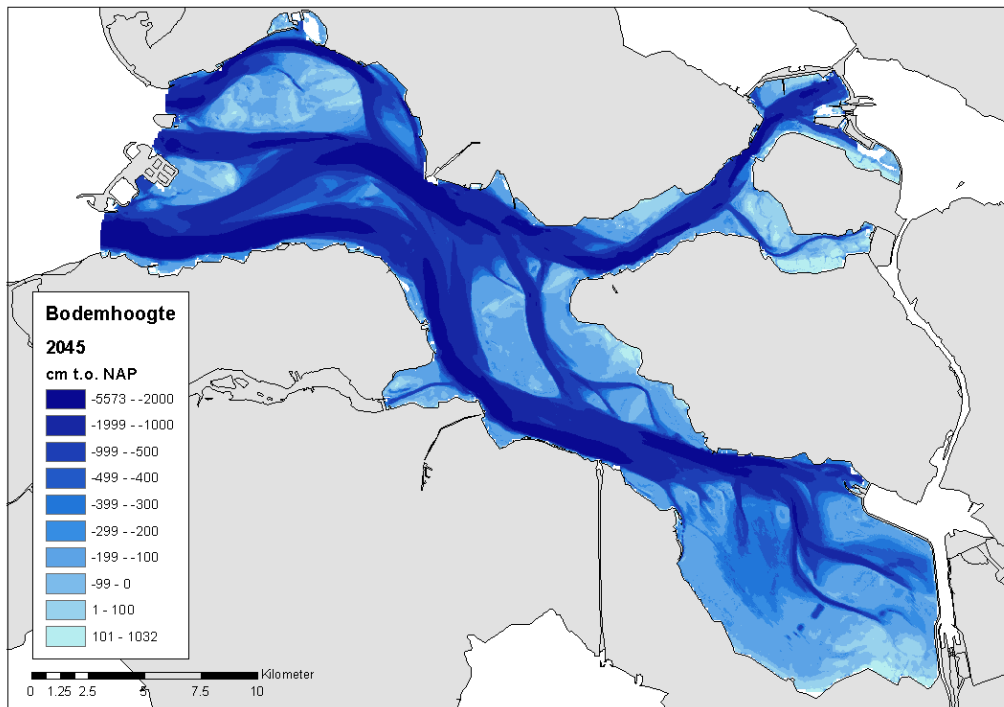
*Figuur 2: Bodemhoogte (cm t.o.v. NAP) in de Oosterschelde 2001 (Data afkomstig van RWS-RIKZ).*



*Figuur 3: Voorspelde bodemhoogtes (cm t.o.v. NAP) in de Oosterschelde 2015 (Data afkomstig van RWS-RIKZ).*



*Figuur 4: Voorspelde bodemhoogtes (cm t.o.v. NAP) in de Oosterschelde 2030 (Data afkomstig van RIKZ).*

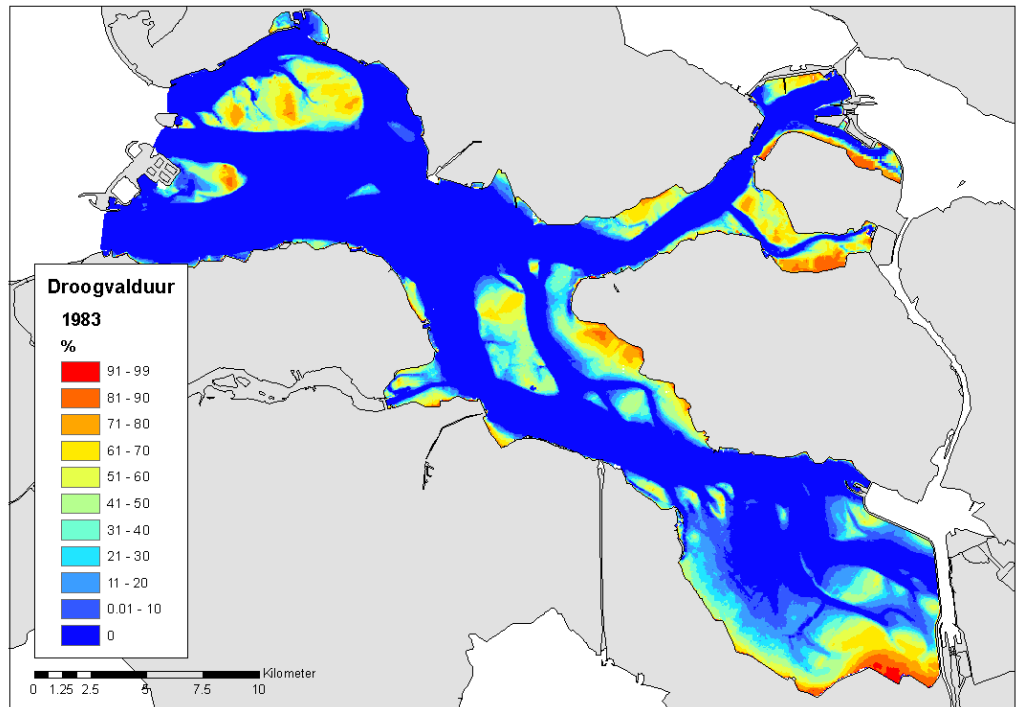


*Figuur 5: Voorspelde bodemhoogtes (cm t.o.v. NAP) in de Oosterschelde 2045 (Data afkomstig van RWS-RIKZ).*

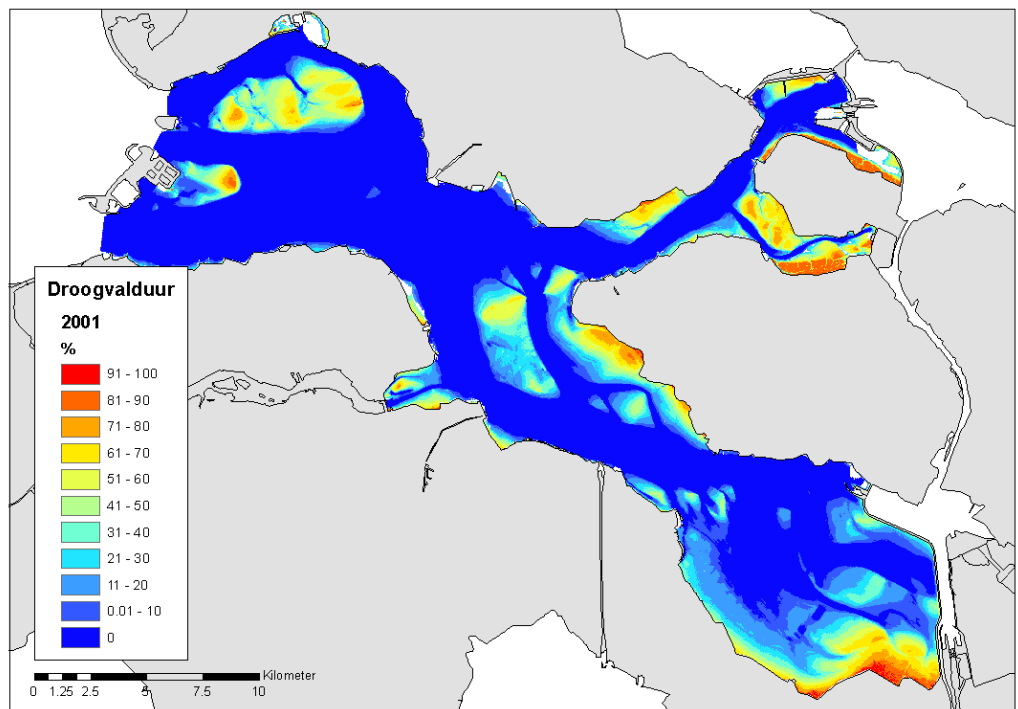
## 2.2 Droogvalduur

Op basis van de gemeten en voorspelde bodemhoogte kaarten zijn door RWS-RIKZ droogvalduurkaarten gemaakt. Uitgangspunt zijn de waterstandsmetingen voor de locaties Stavenisse, Marollegat, Roompotsluis binnen en de Krammersluis-West in het jaar 2004. Voor iedere gridcel is de droogvalduur (% droogval) bepaald door de bodemhoogte te relateren aan de geïnterpoleerde waterstanden. Voor 2015, 2030 en 2045 zijn de geïnterpoleerde waterstanden verhoogd met respectievelijk 9,16 en 24 centimeter om te corrigeren voor de zeespiegelstijging van 60 cm per eeuw.

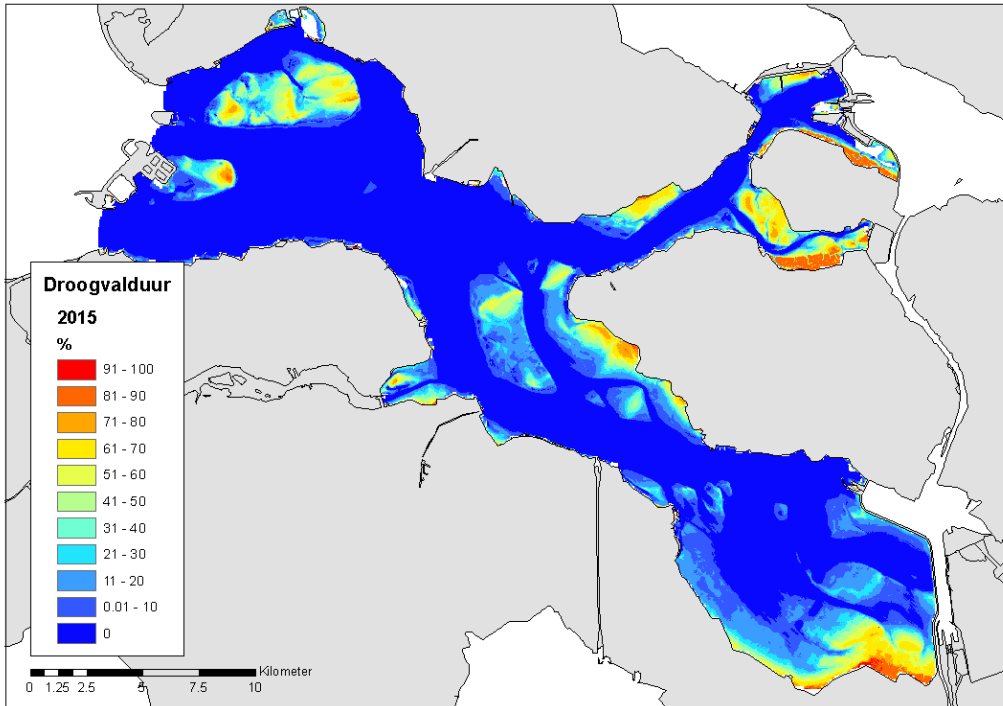
De resulterende droogvalduurkaart van 2001 is vergeleken met de droogvalduurkaart die gebruikt is in de EVA-II studie. Voor deze droogvalduurkaart is destijds een andere berekening toegepast waardoor de droogvalduurkaarten niet identiek zijn. De belangrijkste verschillen zijn dat de 0% en 100% droogvalduurlijnen respectievelijk lager en hoger liggen dan bij de EVA-II studie. Hierdoor zijn de oppervlakten met droogvalduur 0-20% en 80-100% groter dan tijdens de EVA-II studie. In deze studie is uitgegaan van de nieuw geproduceerde droogvalduurkaarten (Figuur 6 tot en met Figuur 10). De droogvalduurkaarten hebben een resolutie van 20×20 meter.



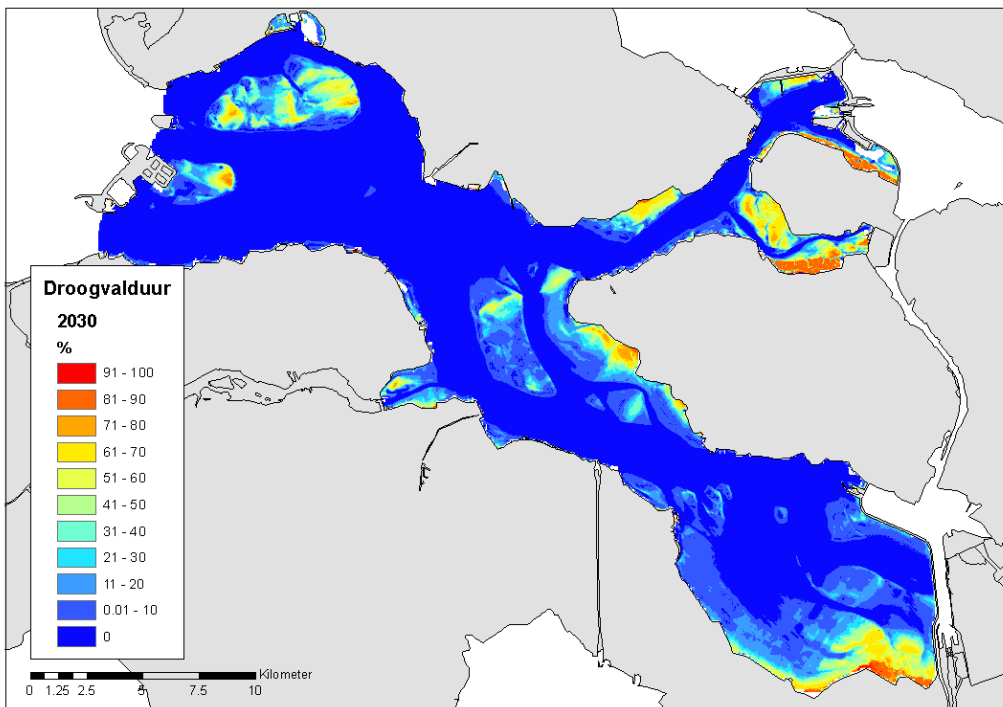
*Figuur 6: Droogvalduurkaart (% droogval) in de Oosterschelde 1983 (Data afkomstig van RWS-RIKZ).*



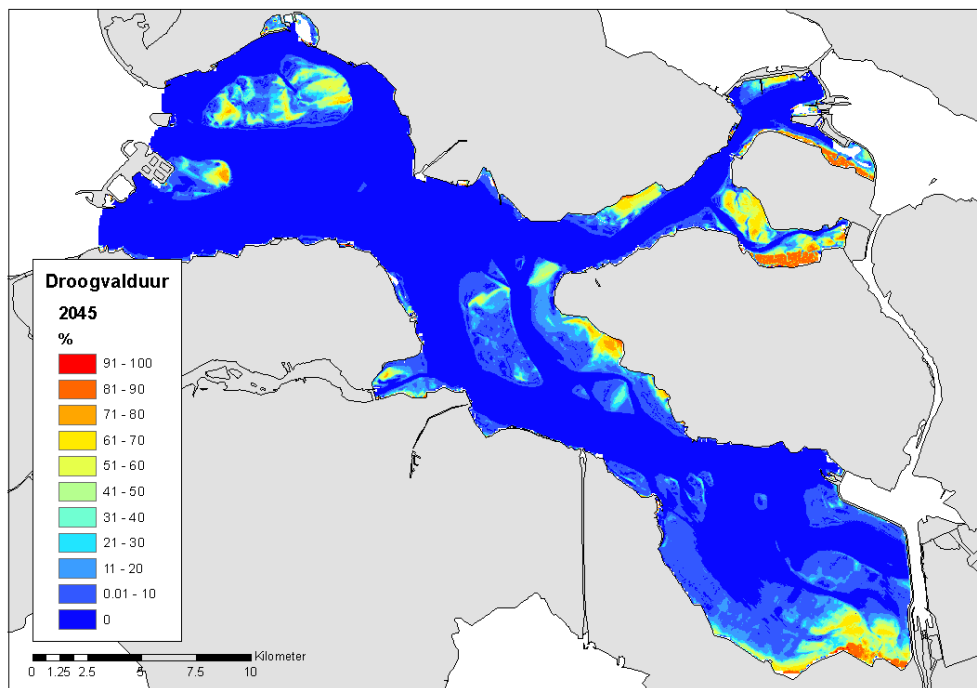
*Figuur 7: Droogvalduurkaart (% droogval) in de Oosterschelde 2001 (Data afkomstig van RWS-RIKZ).*



*Figuur 8: Droogvalduurkaart (% droogval) in de Oosterschelde 2015 (Data afkomstig van RWS-RIKZ).*



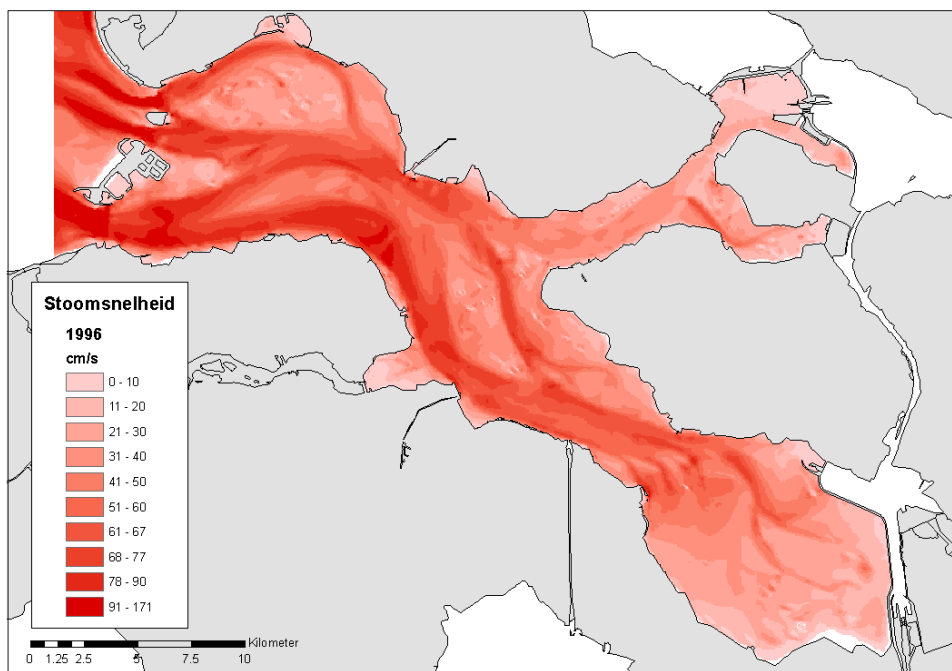
*Figuur 9: Droogvalduurkaart (% droogval) in de Oosterschelde 2030 (Data afkomstig van RWS-RIKZ).*



Figuur 10: Droogvalduurkaart (% droogval) in de Oosterschelde 2045 (Data afkomstig van RWS-RIKZ).

### 2.3 Stroomsnelheid

Door RWS-RIKZ zijn de stroomsnelheden ( $\text{cm s}^{-1}$ ) berekend met het model SCALOOST. Voor de stroomsnelheden zijn de zelfde gegevens gebruikt als in de EVA-II studie (Kater *et al.*, 2003). In deze studie zijn de berekeningen voor het jaar 1996 gebruikt. Met het model zijn de maximale dieptegemiddelde stroomsnelheden voor een gemiddelde springtijsituatie berekend. De gridcellen van de stroomsnelheid kaart hebben een grootte van  $50 \times 50$  meter (Figuur 11).



Figuur 11: Maximale, dieptegemiddelde stroomsnelheden bij een gemiddeld springtij in de Oosterschelde in 1996 (Data afkomstig van RWS-RIKZ).

### 3 Effecten op kokkelbiomassa

De kaarten zijn gebruikt om de verwachte biomassa aan kokkels te voorspellen. Hiervoor is gebruik gemaakt van het model dat ontwikkeld is tijdens de EVA-II studie (Kater *et al.*, 2003) en de kaarten (Arc-grid bestanden) die door RWS-RIKZ beschikbaar zijn gesteld voor dit project.

Voor de berekeningen is het van belang dat alle gridcellen precies over elkaar liggen. De kaarten hebben echter ieder een eigen oorsprong en resolutie. Zo heeft de stroomsnelheidskaart een resolutie van 50×50 meter terwijl de overige kaarten een resolutie hebben van 20×20 meter. Alle kaarten zijn geprojecteerd naar een uniform 20×20 meter grid met 2000 kolommen, 1875 rijen met de RD-coördinaten van de linkeronderhoek op 35000 (X\_RD), 381250 (Y\_RD).

#### 3.1 Kokkelmodel

In het kader van de EVA-II studie zijn diverse kokkelhabitatmodellen gemaakt voor de Oosterschelde (Geurts van Kessel *et al.*, 2003; Kater *et al.*, 2003). De modellen zijn onder meer gemaakt middels GLM (Generalized Linear Modelling) technieken waarbij de relatie tussen het voorkomen van kokkels en abiotische omgevingscondities wordt berekend op basis van regressie technieken. De analyse is uitgevoerd met kokkelbiomassa als afhankelijke variabele en stroomsnelheid, droogvalduur, chloridegehalte en de gekwadraterde waarden van deze parameters als verklarende variabelen.

De analyse heeft geresulteerd in het volgende model voor de voorspelde biomassa van kokkels als functie van droogvalduur en stroomsnelheid:

$$B = e^{(1.2+0.11*DVD+0.15*SS-0.0011*DVD^2-0.0023*SS^2)}$$

Waarbij:

$B$  = kokkelbiomassa (g versgewicht m<sup>2</sup>)

$DVD$  = droogvalduur (%)

$SS$  = Stroomsnelheid (cm s<sup>-1</sup>)

Met het model kon 37% van de variantie in kokkelbiomassa worden verklaard. De parameter chloridegehalte en de interactietermen waren niet significant.

#### 3.2 Voorspellingen kokkels

Het model is toegepast voor alle 3 750 000 gridcellen van 20×20 meter. Alle binnendijkse gridcellen zijn niet in de analyse meegenomen (missing value). Voor gridcellen met een droogvalduur van 0% is een kokkelbiomassa van 0 g m<sup>2</sup> aangenomen. De kokkelbiomassa's zijn berekend voor 1983, 2001, 2015, 2030 en 2045. Hiervoor is gebruik gemaakt van de (voorspelde) droogvalduurkaarten van 1983, 2001, 2015, 2030 en 2045. Voor alle berekening is dezelfde stroomsnelheidskaart gebruikt (1996, Figuur 11). De resultaten zijn weergegeven in Figuur 12 tot en met Figuur 16. De totale kokkelbestanden zijn als volgt berekend:

$$S = \sum_{i=1}^n (B_i \cdot a) \cdot 10^{-9}$$

Waarbij:

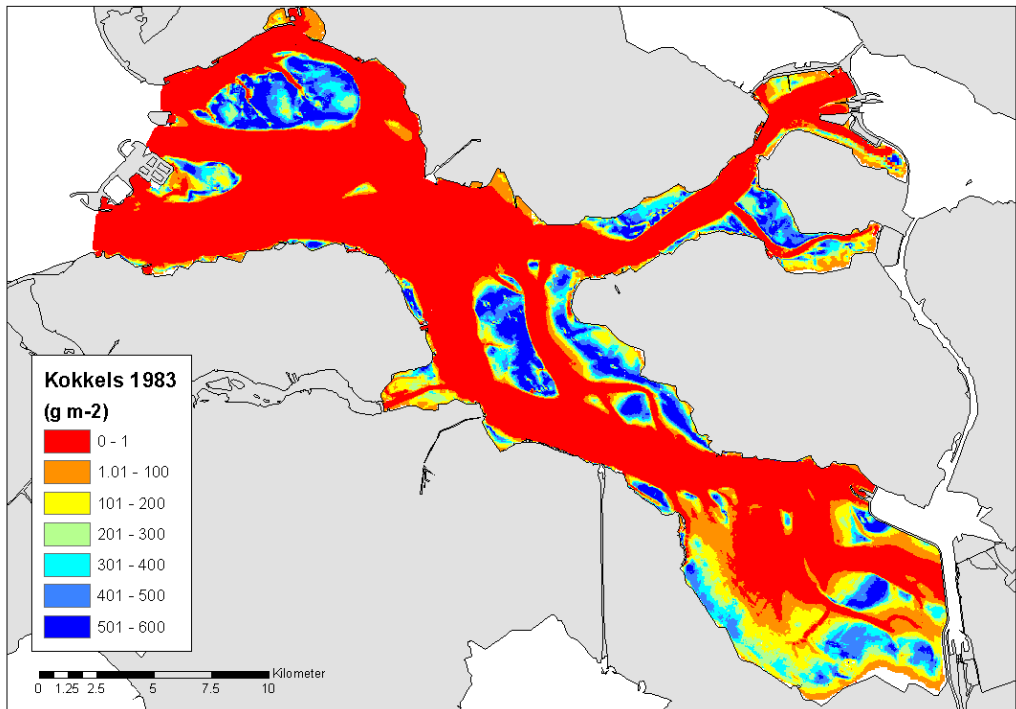
$S$  = kokkelbestand (miljoen kg)

$B_i$  = gemiddelde kokkelbiomassa in gridcel  $i$  (g versgewicht m<sup>2</sup>)

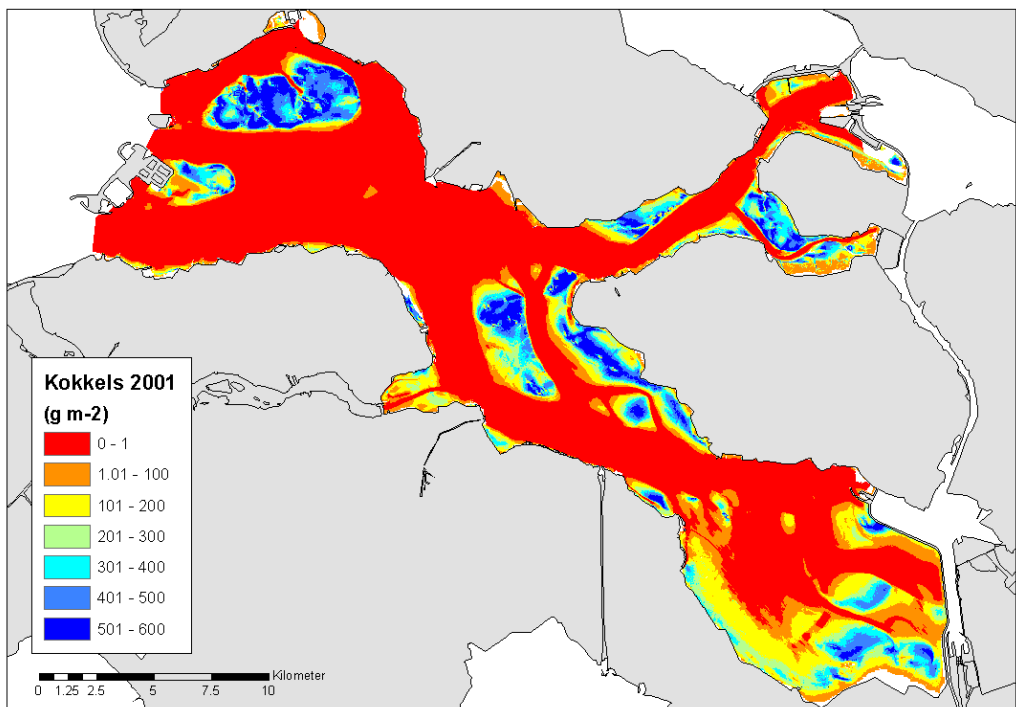
$a$  = oppervlakte gridcel (400 m<sup>2</sup>)

$n$  = aantal gridcellen (3 750 000)

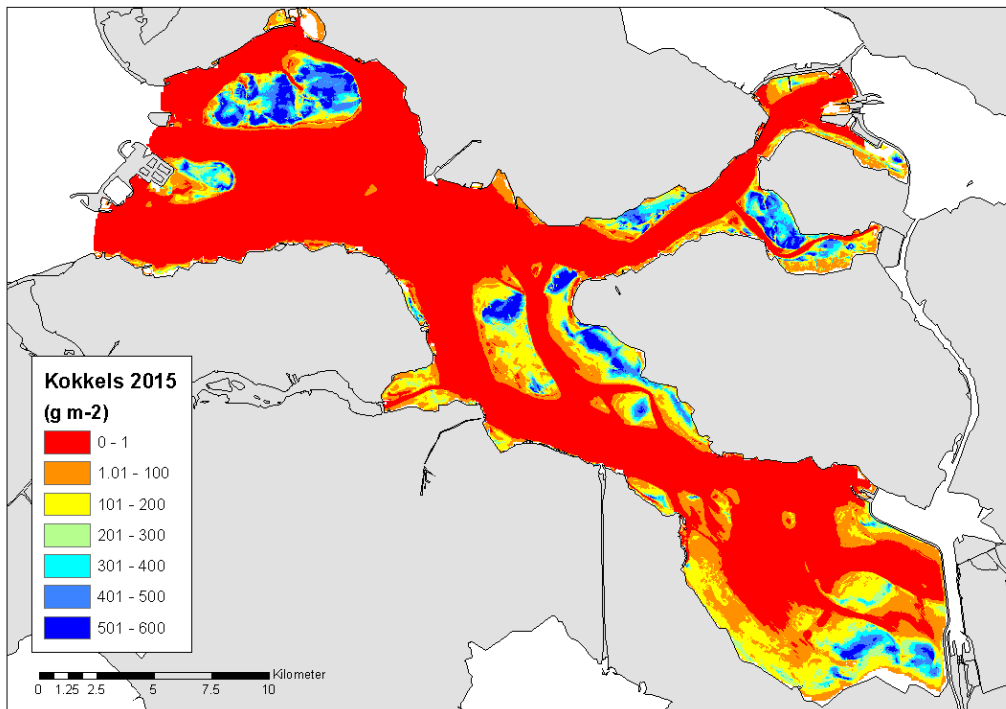




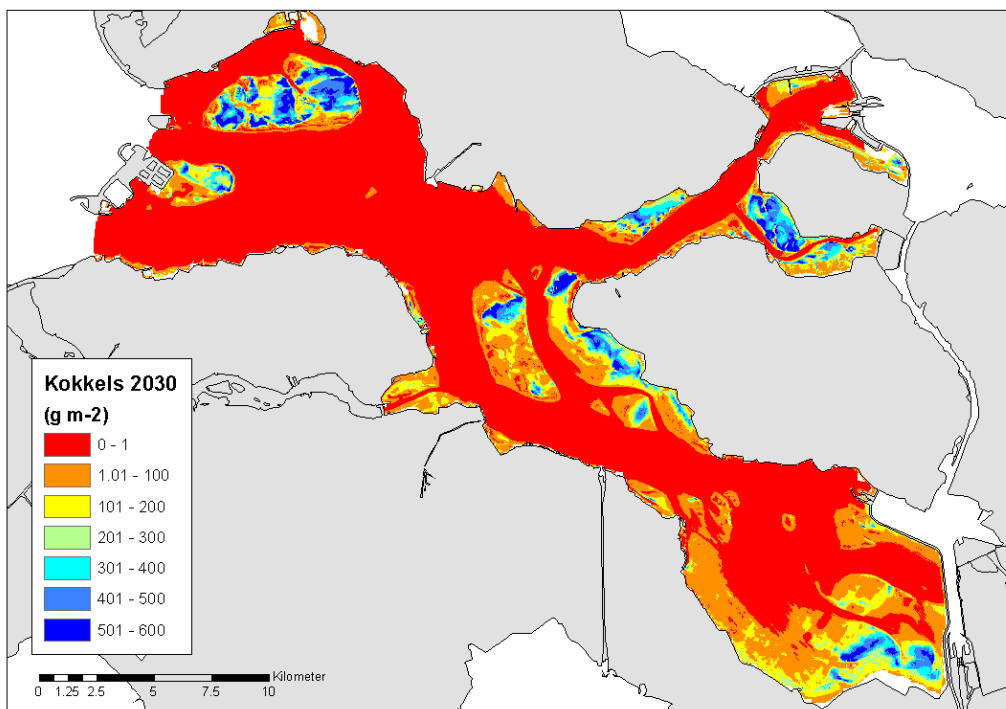
Figuur 12: Resultaten kokkelbiomassa ( $g\ m^{-2}$ ) in 1983 zoals berekend met het kokkelmodel.



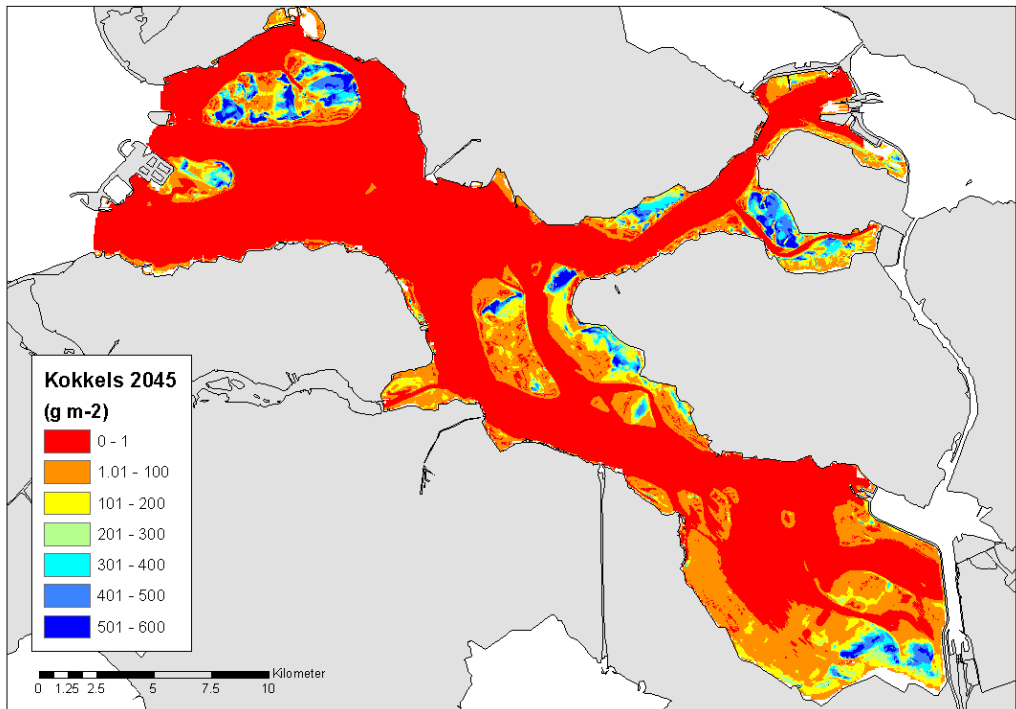
Figuur 13: Resultaten kokkelbiomassa ( $g\ m^{-2}$ ) in 2001 zoals berekend met het kokkelmodel.



*Figuur 14: Resultaten kokkelbiomassa (g m<sup>2</sup>) in 2015 zoals berekend met het kokkelmodel.*

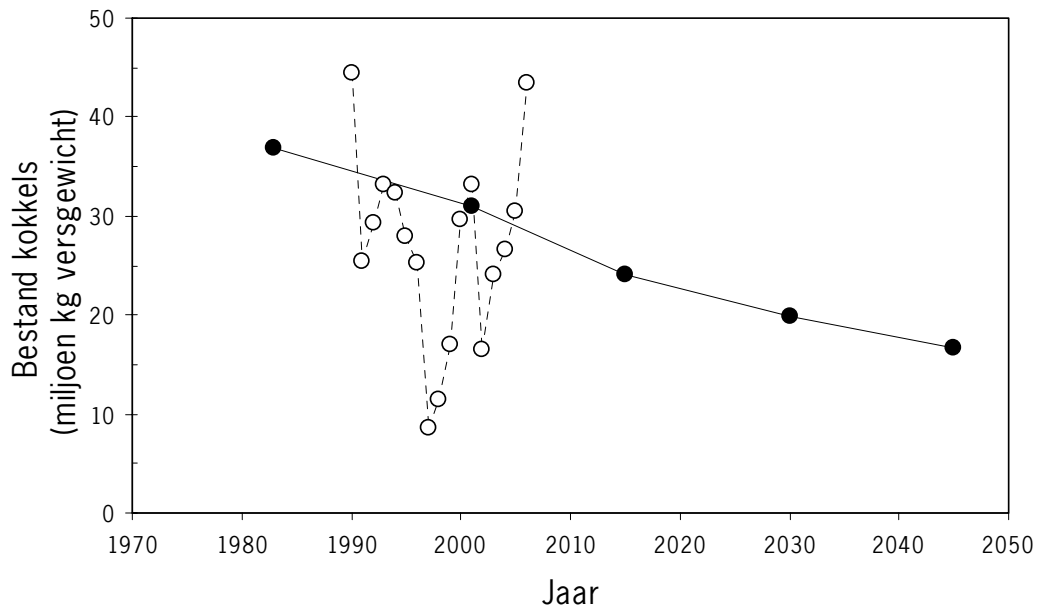


*Figuur 15: Resultaten kokkelbiomassa (g m<sup>2</sup>) in 2030 zoals berekend met het kokkelmodel.*



Figuur 16: Resultaten kokkelbiomassa (g m<sup>2</sup>) in 2045 zoals berekend met het kokkelmodel.

Uit de bovenstaande figuren is duidelijk te zien dat de kokkels voornamelijk op de droogvallende slikken en platen, rond NAP voorkomen. Door het lager worden van de platen en de verminderde droogvalduur voorspelt het model dat de biomassa's zullen gaan afnemen. In Figuur 17 zijn de berekende totale kokkelbestanden in de Oosterschelde weergegeven samen met de gemeten bestanden.

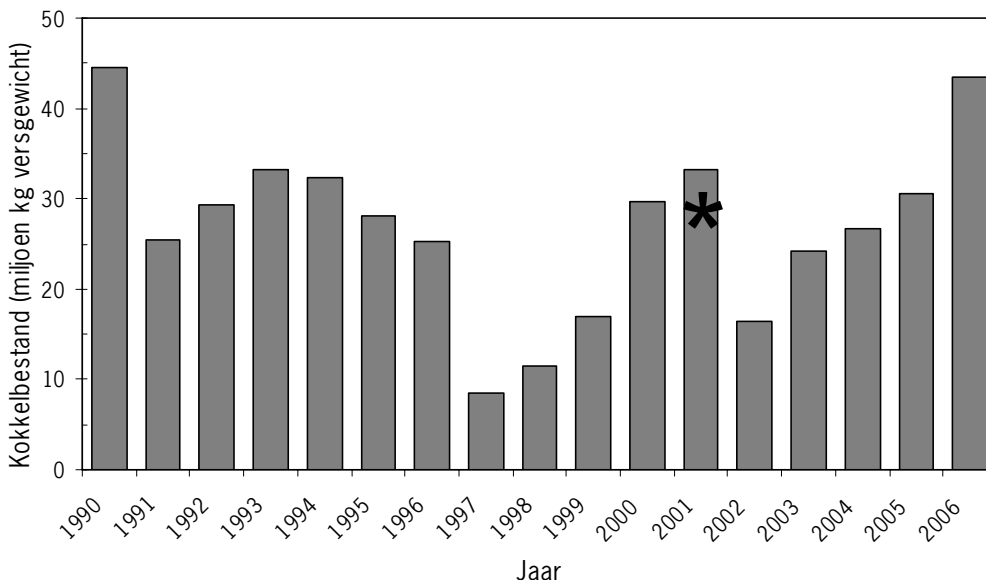


Figuur 17: Verloop in het totale kokkelbestand in de Oosterschelde op basis van het habitatmodel (gesloten rondjes) en de daadwerkelijk gemeten bestanden (open rondjes).

Figuur 17 suggereert dat de kokkelbestanden in de Oosterschelde zullen gaan afnemen als gevolg van de afname in droogvalduur. In 2045 is het verwachte kokkelbestand slechts 54% van het bestand dat is berekend voor 2001.

De afname in kokkelbestanden die worden verwacht op basis van het kokkelmodel zijn niet terug te vinden in de resultaten van de bestandsopnamen (Figuur 17, Figuur 18). Uit de figuren blijkt dat het berekende bestand in 2001 (31 miljoen kg) redelijk overeenkomt met het resultaat van de bestandsopnamen (33 miljoen kg). Het verschil wordt voornamelijk veroorzaakt door het verschil in resolutie bij de bestandsberekening. Bij de bestandsopnamen is ieder monsterpunt representatief voor een vak met een oppervlak van ongeveer 27 ha. De gemeten biomassa wordt homogeen verondersteld over het hele vak. In het model worden de kokkelbiomassa's berekend op basis van 20×20 meter grids. Deze biomassa's worden gesommeerd om tot een schatting van het totale bestand te komen.

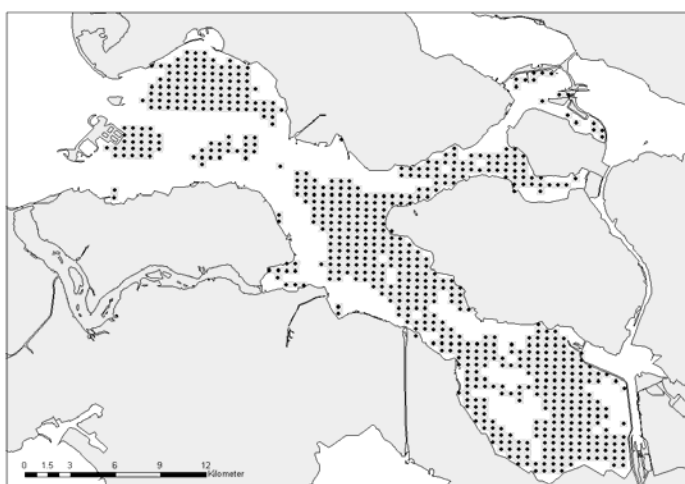
De kokkelbestanden in de Oosterschelde zijn erg variabel van jaar tot jaar. Over de periode 1990 tot en met 2006 is de variatiecoëfficiënt van de kokkelbestanden in de Oosterschelde 36% (Figuur 18). In het kokkelmodel dat gebruikt is in deze studie is er uitsluitend gekeken naar de invloed van de veranderde droogvalduur op de bestanden. Er zijn echter meerdere variabelen die invloed hebben op de kokkelbestanden in de Oosterschelde zoals rekrutering, groei, voedselbeschikbaarheid, predatie, visserij. Uit Figuur 18 blijkt dat de verlaging van de platen in de Oosterschelde door de zandhonger nog geen duidelijk effect heeft op de kokkelbestanden over de periode 1990 tot en met 2006. Ook in de periode voor 1990 zijn er geen aanwijzingen van een afnemende trend voor kokkels. Met behulp van het ecosysteemmodel SMOES is het kokkelbestand in 1983 geschat op 23 miljoen kg (figuur 3.4 in: Geurts van Kessel *et al.*, 2003). Op basis van het kokkelmodel wordt het bestand in 1983 geschat op 37 miljoen kg (Figuur 17). Mogelijk is de ruimte (locaties met voldoende droogvalduur voor kokkels) nog niet beperkend in de Oosterschelde, waardoor de afname in geschikte habitats nog niet is terug te zien in afnemende kokkelbestanden. Als de trend zich echter doorzet kan het beschikbare areaal aan geschikt habitat (intergetijdgebied) wel beperkt worden waardoor de kokkelbestanden zullen afnemen.



Figuur 18: Jaarlijkse variatie kokkelbestanden in het voorjaar in de Oosterschelde. Asterix geeft de modelberekening weer voor 2001.

### 3.3 Doorvertaling kokkelbiomassa's naar scholeksters

De berekende kokkelbiomassa's zijn gebruikt als invoer voor het simulatiemodel WEBTICS (Rappoldt *et al.*, 2004), waarmee de effecten op scholeksters zijn berekend. Het WEBTICS model is gebaseerd op een grovere schematisatie van de Oosterschelde dan het 20×20 meter grid dat is gebruikt in deze studie. De 704 vakken van het WEBTICS model zijn ongeveer 26.7 ha (577m×463m) groot (Figuur 19). Voor iedere van de 704 vakken is de gemiddelde kokkelbiomassa berekend. Gebieden op het land en gebieden met een droogvalduur van 0% zijn buiten beschouwing gelaten. Tevens is voor ieder van de 704 vakken het oppervlakte bepaald. In de meeste gevallen is de oppervlakte ongeveer 26.7 ha, maar het oppervlakte kan zijn gereduceerd in het geval een deel van het vak niet droogvalt of op het land ligt. De resultaten van deze berekeningen zijn gebruikt om de effecten van de zandhonger op scholeksters te berekenen (Rappoldt *et al.*, 2006).



*Figuur 19: Overzicht van de schematisatie van het WEBTICS model. De zwarte stippen geven de middelpunten van de 704 vakken (grijs) aan.*

De schematisatie van het WEBTICS model is niet gebiedsdekkend. Een deel van de vakken ligt in gebieden waar geen kokkels worden aangetroffen (droogvalduur =0). Een (klein) gebied wat wel droogvalt, en waar dus wel kokkels kunnen voorkomen, valt buiten de vakken die gebruikt zijn voor het WEBTICS model voor scholeksters. Als gevolg hiervan is het totale bestand aan kokkels in de WEBTICS gebieden ongeveer 10% lager dan het bestand aan kokkels in de hele Oosterschelde (Tabel 1).

*Tabel 1: Berekende kokkelbestanden in de Oosterschelde in het voorjaar.*

Jaar	Kokkelbiomassa (miljoen kg versgewicht)	
	Hele Oosterschelde	WEBTICS vakken
1983	36.86	32.69
2001	30.95	27.77
2015	24.14	21.70
2030	19.83	17.72
2045	16.73	14.85

## 4 Effecten overige schelpdierfuncties

De zandhonger in de Oosterschelde en de resulterende verlaging van de platen kan ook effect hebben op andere schelpdierfuncties van het systeem zoals de kweek van mosselen en oesters en de ontwikkeling van de verwilderde Japanse oesters op de slikken en platen. Op basis van een deskundigenoordeel en voorspellingen van de veranderingen in hoogteligging en droogvalduur is een inschatting gemaakt van de verwachte effecten van de zandhonger op deze schelpdierfuncties.

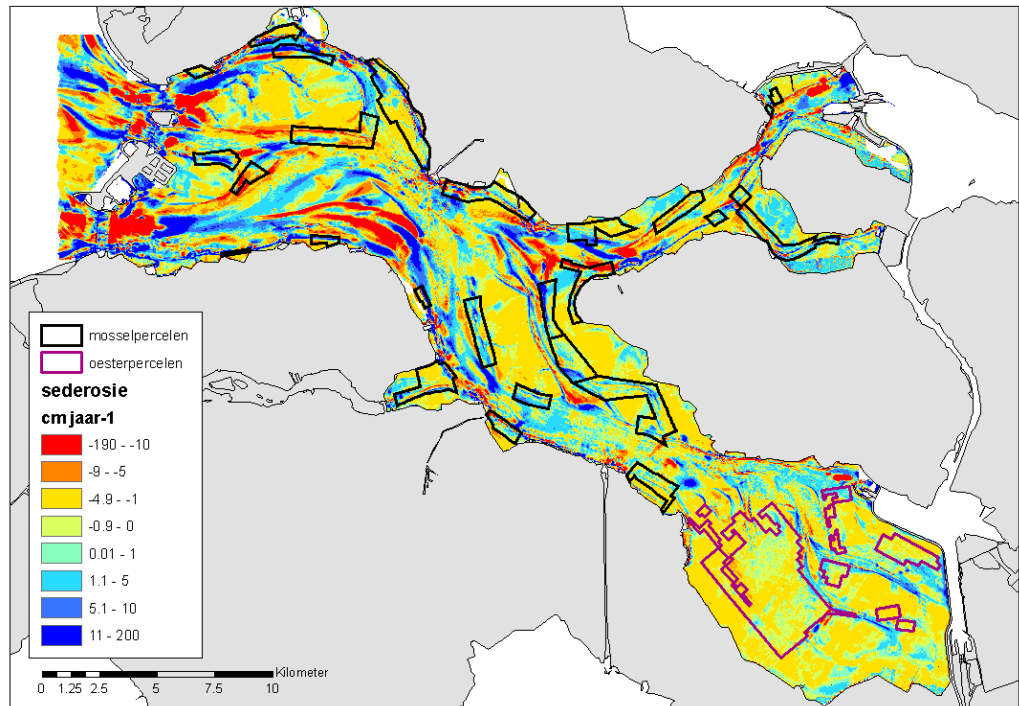
### 4.1 Gevolgen voor mosselkweek

De Oosterschelde is een belangrijk gebied voor de kweek van mosselen. Mosselzaad wordt voornamelijk in de Waddenzee gevangen tijdens de zaadvisserij en uitgezaaid op de percelen in de Waddenzee en de Oosterschelde. In twee tot drie jaar tijd groeien de mosselen uit tot consumptieformaat. Nadat de mosselen zijn verkocht op de veiling in Yerseke worden ze enkele weken op de verwaterpercelen in de Oosterschelde gezaaid om zich te ontdoen van het zand. Daarna worden ze weer opgevist en verpakt voor consumptie. In totaal zijn er ongeveer 73 (in 2000, Bult *et al.*, 2004) boten actief op de Oosterschelde.

Het totaal areaal aan percelen in de Oosterschelde is ongeveer 4000 ha. 2253 ha wordt gebruikt voor de kweek van mosselen en 530 ha als verwaterplaats. De resterende 1217 ha is ongeschikt voor gebruik (Kater & Kesteloo, 2003). De mosselpercelen liggen op een diepte van ongeveer 2 tot 6 meter onder NAP. De groei van de mosselen op de percelen is voor een groot deel afhankelijk van de voedseltoevoer. Deze voedseltoevoer is ondermeer afhankelijk van de primaire productie, de stroomsnelheden en de ligging ten opzichte van andere percelen. Een perceel aan de rand van een perceelblok dat de eerste beschikking heeft of het aangevoerde voedsel is doorgaans productiever dan een perceel dat ingesloten ligt tussen andere percelen met mosselen.

In Figuur 20 is de ligging van de mossel en oester percelen in de Oosterschelde ingetekend op de sedimentatie-erosie kaart. Deze sedimentatie-erosiekaart (cm jaar<sup>-1</sup>) is bepaald door de bodemhoogte in 1983 af te trekken van de bodemhoogtes in 2001 en te delen door 18 jaar. Positieve waarden wijzen op netto sedimentatie en negatieve waarden wijzen op netto erosie. Omdat de bodemhoogtekaarten van 2015, 2030 en 2045 zijn bepaald door lineaire interpolatie zijn de sedimentatie-erosiekaarten voor de overige perioden identiek.

De sedimentatie/erosiekaart geeft het netto resultaat van sedimentatie over een langere periode weer. Het proces van sedimentatie en erosie is echter veelal een dynamisch proces dat sterk afhankelijk is van weersinvloeden. Tijdens een storm kan bijvoorbeeld veel materiaal verdwijnen terwijl in een rustige periode het materiaal weer terug kan sedimenteren. Dit is niet terug te vinden in de sedimentatie erosie kaart. Een sedimentatie of erosie van 5 cm per jaar is doorgaans geen probleem voor mosselen of oesters. Maar uit deze figuur is niets af te leiden over de sedimentatie/erosie op korte termijn, die vaak veel groter kan zijn.



*Figuur 20: Verandering in bathymetrie uitgedrukt in cm per jaar. Negatieve waarden geven erosiegebieden aan en positieve waarden depositie. Zwarte kaders geven de mosselpercelen aan en de paarse kaders de oester- en verwaterpercelen.*

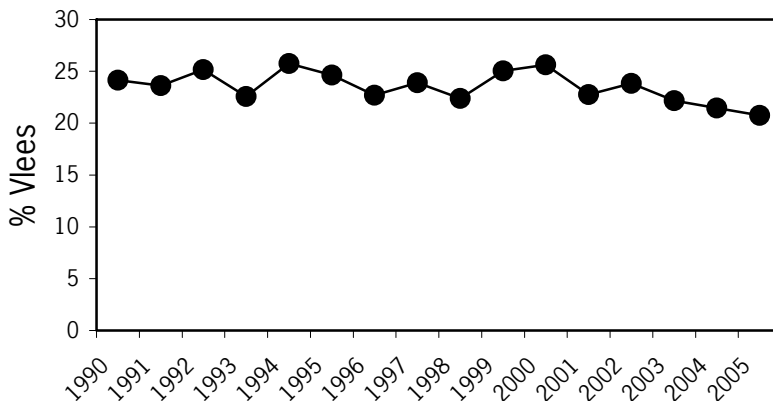
*Tabel 2: Gemiddelde verandering in bodemhoogte (cm per jaar) binnen de mosselpercelen in de deelgebieden van de Oosterschelde. Positieve waarden geven netto sedimentatie aan en negatieve waarden netto erosie*

Gebied	Verandering per jaar	St. Dev.
Monding	0.065	7.53
Midden	-0.351	6.70
Noord	-0.753	5.28

De hoogteligging van de mosselpercelen zullen gaan veranderen als gevolg van de veranderingen in bathymetrie. Sommige (delen van) percelen zullen dieper komen te liggen terwijl op andere locaties ondieper komen te liggen. De gemiddelde hoogteligging (t.o.v. NAP) van de percelen in de monding zal iets hoger worden (gemiddelde toename van 0.065 cm per jaar) (Tabel 2). De percelen in het midden en in het noorden zullen gemiddeld iets dieper komen te liggen als gevolg van de veranderingen in bathymetrie. Niet alleen de verandering in bathymetrie, maar ook de zeespiegelstijging (~0.6 cm per jaar) zal effect hebben op de diepteligging van de percelen. Het is niet te verwachten dat dergelijke verandering in diepteligging belangrijke effecten zal hebben op de productiviteit van de mosselpercelen.

Op basis van de veranderingen in bathymetrie en droogvalduur is niet in te schatten hoe de voedselbeschikbaarheid, wat een belangrijke factor is voor het rendement van percelen, zal veranderen. In het algemeen neemt de draagkracht van de Oosterschelde voor mosselen af door een afname in voedselbeschikbaarheid (Geurts van Kessel, 2004). Dit is ondermeer te zien in de teruglopende vleespercentages van de consumptiemosselen (Figuur 21). Deels heeft dit mogelijk te maken met de ontwikkeling van verwilderde Japanse oesters in de Oosterschelde die met de mosselen concurreren om het beschikbare voedsel, maar ook de verminderde nutriëntenbelasting kan daarbij een rol spelen. Als de Japanse oesters invloed hebben op de draagkracht van de Oosterschelde, zal een toename van de wilde

oesterpopulatie er toe leiden dat de groei en de kwaliteit van de mosselen uit de Oosterschelde verder af zal nemen.



Figuur 21: Verloop kwaliteit van de mosselen uit de Oosterschelde aan de veiling uitgedrukt in vleespercentage (Bron: gegevens mosselkantoor).

Naast de voedselbeschikbaarheid is de productiviteit van de mosselpercelen in de Oosterschelde ook afhankelijk van sterfte. Deze sterfte kan ondermeer optreden als gevolg van predatie door zeesterren (Brummelhuis & Smaal, 2001) en krabben. Zuurstofloosheid na een algenbloei en het wegspoelen van de mosselen van een perceel door een storm kan ook sterfte tot gevolg hebben. Het is niet bekend in hoeverre de veranderingen in bathymetrie als gevolg van de zandhonger effect zullen hebben op predatie door krabben en zeesterren. De verwachting is dat krabben en zeesterren weinig invloed zullen ondervinden van de verandering in bathymetrie.

### Hangcultuur

De kweek van hangcultuur mosselen vindt plaats op twee locaties in de Oosterschelde. Een kwekerij bevindt zich in de voormalige werkhaven van Neeltje Jans en een tweede bevindt zich bij Bruinisse bij de Grevelingensluis. Omdat de kweek in de waterkolom plaatsvindt, is niet te verwachten dat de verandering in droogvalduur effect zullen hebben op de productiviteit van de hangculturen. Wel is het mogelijk dat veranderingen in stroomsnelheden als gevolg van de veranderende morfologie effect hebben op de rendabiliteit van de kwekerijen. Deze effecten zijn echter op basis van de huidige gegevens niet te voorspellen.

## 4.2 Gevolgen voor oesterkweek

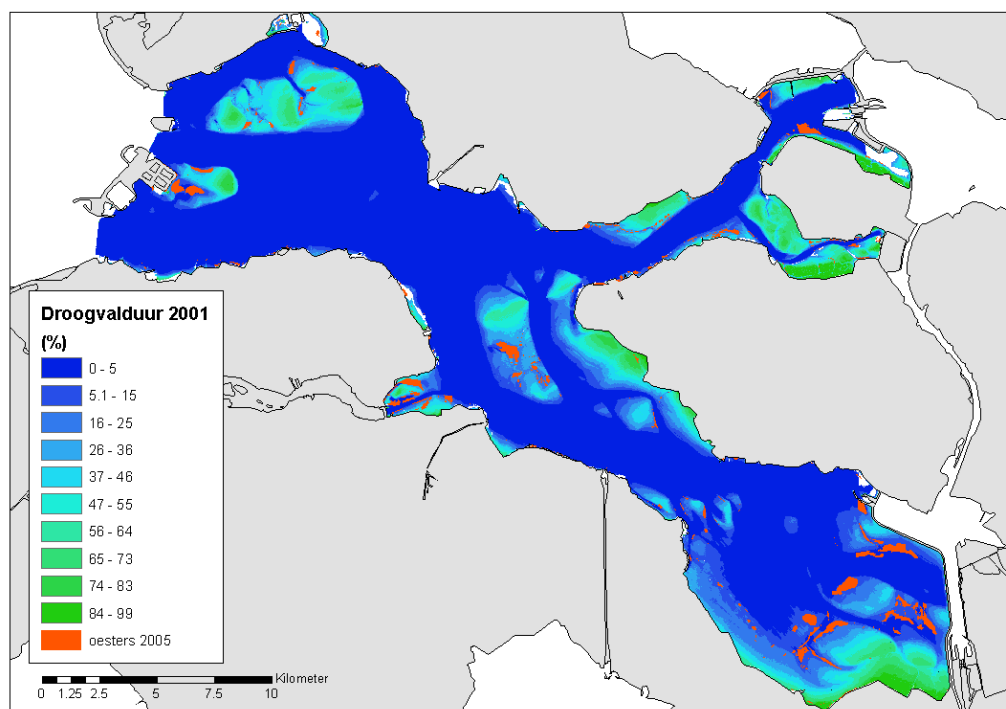
Traditioneel werd er in de Oosterschelde uitsluitend de platte oester (*Ostrea edulis*) gekweekt. Na de strenge winter van 1962/1963 is het bestand aan platte oesters in de Oosterschelde sterk teruggebracht. Om de oestercultuur in de Oosterschelde te redden is de Japanse oester (*Crasostrea gigas*) geïntroduceerd. In de Oosterschelde wordt op dit moment uitsluitend Japanse oesters gekweekt op de percelen in de kom (Figuur 20). Het totale areaal aan oesterspercelen in de Oosterschelde is ongeveer 1500 ha (bron: Productschap Vis). In 2000 is het bestand aan commerciële oesters in de Oosterschelde geschat op 7 000 ton (Smaal & Lucas, 2000). Door de ziekte *Bonamia ostrea* in de Oosterschelde worden platte oesters uitsluitend gekweekt in het Grevelingenmeer.

Oesterpercelen liggen in een erosiegebied. (Figuur 20) De gemiddelde netto erosie binnen de oesterpercelen is berekend op -0.91 cm per jaar (st. dev. 1.55). Net als voor de mosselpercelen is het niet te verwachten dat de plaatverlaging effecten zal hebben op de kwaliteit van de oesterpercelen. De oesterpercelen liggen tegen de laagwaterlijn en vallen doorgaans niet droog. Het is daarom niet te verwachten dat de verlaging van slikken en platen via verminderde droogvalduur effect zal hebben op de rendabiliteit van de oesterpercelen.



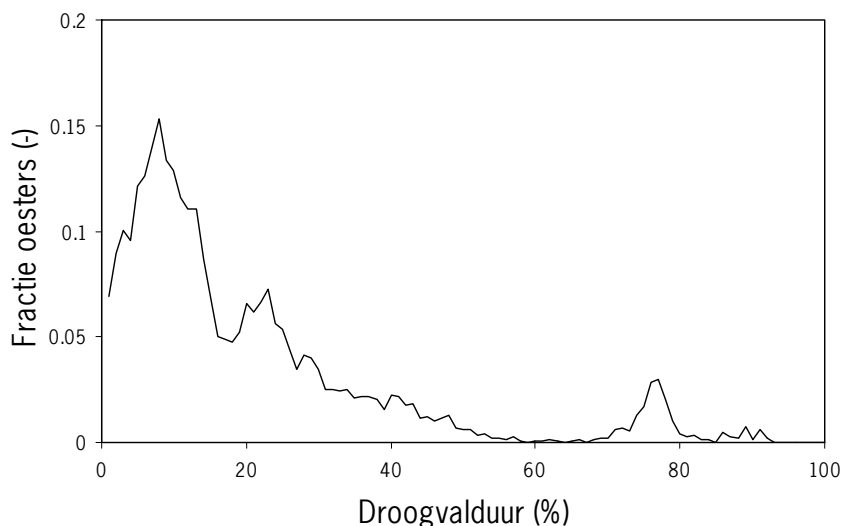
### 4.3 Gevolgen voor verwilderde Japanse oesters

De Japanse oester is een exoot in de Oosterschelde. Hij is in 1964 voor het eerst geïntroduceerd na de massale sterfte van de platte oesters tijdens de strenge winter van 1962/1963. Sindsdien heeft de oester zich massaal in de Oosterschelde kunnen ontwikkelen. Het totale areaal Japanse oesters op de droogvallende slikken en platen van de Oosterschelde wordt geschat op bijna 800 ha (Wijsman *et al.*, 2006). De verspreiding van de Japanse oesters in de Oosterschelde in 2005 is weergegeven in Figuur 22, samen met de droogvalduur (%) voor het jaar 2001.



*Figuur 22: Ligging van de wilde Japanse Oesters (2005) op de slikken en platen van de Oosterschelde ten opzichte van de droogvalduurkaart (2001).*

Uit de figuur is te zien dat de wilde littorale oesterbanken voornamelijk voorkomen langs de laagwaterlijn. Op basis van Figuur 22 is per droogvalduur klasse de fractie gridcellen waar zich oesters bevinden bepaald. De resultaten zijn weergegeven in Figuur 23. Het blijkt dat ongeveer 15% van de gebieden met een droogvalduur van 10% in de Oosterschelde zijn bedekt met oesters. Gemiddeld komen de wilde Japanse oesters in het intergetijdengebied voor bij een gemiddelde droogvalduur van 15.6% (standaard deviatie 12.5 %). Het lijkt erop dat de relatieve bedekkingsgraad met oesters beneden de laagwaterlijn afneemt, maar dit kan mogelijk ook te maken hebben met een artefact in de gegevens omdat sublitorale oesters niet zijn opgenomen in de oesterkaart van 2005.



*Figuur 23: Ligging van de wilde Japanse Oesters (2005) op de slikken en platen van de Oosterschelde ten opzichte van de droogvalduur (2001).*

De relatieve bezetting van het totale areaal intergetijdengebied met Japanse oesters is het grootste bij een droogvalduur van 10%. In Tabel 3 is te zien dat als gevolg van de zandhonger de gemiddelde droogvalduur van de intergetijdengebieden zal afnemen van 38% in 1983 naar 21% in 2045. Tevens is er een afname van het totale areaal dat droogvalt van 40.6% in 1983 naar 34.7% in 2045. Als gevolg hiervan is te verwachten dat de relatieve bedekking van de slikken en platen in de Oosterschelde met Japanse oesters zal toenemen. Droogvalduur is echter niet de enige verklarende variabele voor het voorkomen van de oesters. Veel van de huidige oesterbanken op de slikken en platen in de Oosterschelde bevinden zich op of in de buurt van (voormalige) mosselpercelen, oesterpercelen of kokkelbanken. Mogelijk hebben de aanwezige schelpenresten een geschikt substraat gevormd voor de vestiging van de wilde oesterbanken.

*Tabel 3: Gemiddelde droogvalduur van de droogvallende slikken en platen in de Oosterschelde en het percentage van het oppervlakte van de Oosterschelde dat droogvalt.*

Jaar	Droogvalduur (%)		Droogvallend Areaal (%)
	Gemiddeld	Stdev	
1983	37.9	23.1	40.6
2001	33.5	23.0	39.7
2015	28.3	22.5	37.1
2030	24.3	22.4	36.0
2045	21.4	22.1	34.7

## 5 Discussie

Als gevolg van de zandhonger in combinatie met de zeespiegelstijging wordt er een duidelijke afname in droogvalduur van de slikken en platen in de Oosterschelde verwacht. Deze verwachting is gebaseerd op een lineaire interpolatie van de geobserveerde veranderingen in hoogteligging tussen 1983 en 2001 naar 2015, 2030 en 2045. Door deze lineaire interpolatie is de onzekerheid in de voorspellingen voor 2045 (het verst in de toekomst) het grootst en daardoor het minst betrouwbaar. De morfologie van de Oosterschelde zal zich bewegen naar een nieuwe evenwichtsituatie die past bij de huidige waterhuishouding. Het is de verwachting dat de snelheid van de morfologische veranderingen zullen verminderen naarmate het systeem dichter bij de evenwichtsituatie komt.

In deze studie zijn de gevolgen van deze verwachte morfologische veranderingen vertaald naar schelpdierfuncties zoals kokkels (met behulp van modellen) en oesters en mosselen (op basis van deskundigenoordeel). Hoogteligging en de daarbij behorende droogvalduur is een factor die van invloed is op de populatiedynamica en dus de productiviteit van veel schelpdieren. In het kokkelmodel is droogvalduur een belangrijke factor en ook de wilde Japanse oesters blijken zich voornamelijk in de buurt van de laagwaterlijn te bevinden. Er zijn echter meer factoren die van belang zijn zoals voedselbeschikbaarheid, sedimentsamenstelling, stroomsnelheden, watertemperatuur, predatie, visserij, etc. In deze studie zijn deze factoren niet meegenomen en is uitsluitend gekeken naar de effecten van plaatverlaging en droogvalduur.

Op basis van de voorspelde afname in droogvalduur en het areaal intergetijdengebied in de Oosterschelde is de verwachting dat de kokkelbestanden in de Oosterschelde zullen gaan afnemen. Ondanks het feit dat zandhonger al een geruime tijd leidt tot plaatverlaging zijn de kokkelbestanden in de Oosterschelde niet aantoonbaar afgenomen. Integendeel, het kokkelbestand in 2006 is het hoogste bestand sinds 1991. Dit is een aanwijzing dat het totale kokkelbestand in de Oosterschelde (nog) niet gestuurd wordt door het areaal droogvallende slikken en platen en de gemiddelde droogvalduur, maar dat andere factoren belangrijker zijn. Men kan hierbij denken aan factoren die de broedval beïnvloeden (bijvoorbeeld sedimentsamenstelling, weer), factoren die van invloed zijn op de groei (bijvoorbeeld voedselbeschikbaarheid, temperatuur) en factoren die sterfte beïnvloeden (bijvoorbeeld predatie, visserij, stormen, dichtheid). Dit betekent dat ook de voorspelde kokkelbestanden in de toekomst (2015, 2030 en 2045) met de nodige voorzichtigheid moeten worden geïnterpreteerd, bijvoorbeeld bij de vertaling naar de effecten op scholeksters. De voorspellingen geven aan dat het areaal geschikt habitat zal gaan afnemen, maar dit zal pas tot uiting gaan komen in verminderde kokkelbestanden als het beschikbare areaal (voldoende droogvalduur) beperkend gaat worden voor het totale bestand.

Wat betreft de productiviteit van de oester en mosselpercelen wordt er op basis van het deskundigenoordeel weinig effect verwacht van de zandhonger. Zowel de oester als de mosselpercelen zullen gemiddeld iets dieper komen te liggen maar dit zal op zich weinig invloed hebben op de kwaliteit. Wel is het mogelijk dat andere factoren die optreden als gevolg van de zandhonger (zoals stroomsnelheden, sedimentsamenstelling) effect hebben op de kwaliteit van de percelen. Deze (indirecte effecten) zijn niet meegenomen in deze analyse. Uit verhalen van de kwekers blijkt overigens dat de kwaliteit van de percelen dynamisch is. Een perceel van een goede kwaliteit kan 5 jaar later veel minder van kwaliteit zijn en omgekeerd.

Uit de analyse blijkt dat de Japanse oesters zich voornamelijk ophouden vlak boven de laagwaterlijn. Als gevolg van de plaatverlaging zal het areaal geschikt habitat (op basis van droogvalduur) gaan toenemen. Of dit daadwerkelijk zal resulteren in meer wilde Japanse oesters is mede afhankelijk van andere factoren zoals de kwaliteit van het substraat, voedselbeschikbaarheid, bevissing, temperatuur.


In het algemeen kan worden geconcludeerd dat er op basis van de veranderde droogvalduren op de slikken en platen van de Oosterschelde ten gevolge van de zandhonger vooral effect wordt verwacht op de kokkelbestanden en de Japanse oesters. Of en in welke mate deze effecten zich daadwerkelijk zullen gaan manifesteren is afhankelijk van andere factoren die niet of indirect te maken hebben met de zandhonger. Voor commerciële oester en mosselpercelen worden geen duidelijke effecten verwacht die een direct effect zijn van de zandhonger.

## 6 Referenties

- Brummelhuis, E. & Smaal, A.C. (2001). Verkennde studie naar de effecten van zeesterrenvraat voor mosselkweek en naar bestrijdingsmogelijkheden. RIVO, Yerseke.
- Bult, T.P., Van Stralen, M.R., Brummelhuis, E., & Baars, D. (2004). Mosselvisserij en -kweek in het sublitoraal van de Waddenzee.
- Geurts van Kessel, A.J.M. (2004). Verlopend tij. Oosterschelde een veranderend natuurmonument, Rep. No. RIKZ/2004.028. RIKZ, Middelburg.
- Geurts van Kessel, A.J.M., Kater, B.J., & Prins, T.C. (2003). Veranderende draagkracht van de Oosterschelde voor kokkels, Rep. No. RIKZ/2003.043. RIKZ, Middelburg.
- Kater, B.J., Brinkman, A.G., Baars, J.M.D.D., & Aarts, G. (2003). Kokkelhabitatkaarten voor de Oosterschelde en de Waddenzee. RIVO, Yerseke.
- Kater, B.J. & Kesteloo, J.J. (2003). Mosselbestanden in de Oosterschelde, Yerseke.
- Rappoldt, C., Ens, B.J., Kersten, M.A.J.M., & Dijkman, E.M. (2004). Wader energy balance & tidal cycle simulator WEBTICS. Technical documentation version 1.1, Rep. No. 869. Alterra, Wageningen.
- Rappoldt, C., Kersten, M., & Ens, B.J. (2006). Scholeksters en de droogvalduur van kokkels in de Oosterschelde. Modelberekeningen voor de periode 1990-2045 aan het effect van zandhonger en zeespiegelstijging op het aantal scholeksters, Rep. No. 2. EcoCurves.
- Smaal, A.C. & Lucas, L. (2000) Regulation and monitoring of marine aquaculture in The Netherlands. *Journal of Applied Ichthyology*, **16**, 187-191.
- Vroon, J. (1994) Hydrodynamic characteristics of the Oosterschelde in recent decades. *Hydrobiologia*, **282/283**, 17-27.
- Wijsman, J.W.M., Van Stralen, M., Dubbeldam, M., Geene, R., De Kluijver, M.J., Van Zanten, E., & Smaal, A.C. (2006). Wegvisproef Japanse oesters in de Oosterschelde. Tussentijdse rapportage T<sub>2</sub>. Wageningen IMARES.

Handtekening:

H.W. van der Mheen  
Afdelingshoofd Zeecultuur en Visteelt



---

Datum:

10 januari 2007