

# Wegvisproef Japanse oesters in de Oosterschelde. Eindrapportage

J.W.M. Wijsman<sup>(1)</sup>, M. Dubbeldam<sup>(2)</sup>, M.J. De Kluijver<sup>(2)</sup>, E. van Zanten<sup>(3)</sup>, M. van Stralen<sup>(4)</sup>, A.C. Smaal<sup>(1)</sup>

Rapport C063/08



<sup>1</sup> Wageningen IMARES

<sup>2</sup> Grontmij AquaSense

<sup>3</sup> Rijkswaterstaat Dir. Zeeland

<sup>4</sup> MarinX

Institute for Marine Resources and Ecosystem Studies

# Wageningen *IMARES*

Vestiging Yerseke

Opdrachtgevers: Provincie Zeeland  
Postbus 153  
4330 AD Middelburg

Ministerie van LNV  
Postbus 20401  
2500 EK Den Haag

Publicatiedatum: September 2008

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

© 2007 Wageningen **IMARES**

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



A\_4\_3\_1-V4

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

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

# Inhoudsopgave

Inhoudsopgave .....	3
Samenvatting .....	6
Summary .....	8
1 Inleiding .....	10
1.1 Aanleiding.....	10
1.2 Doelstelling.....	10
1.3 Aanpak.....	11
1.4 Leeswijzer .....	11
2 Ontwikkeling Japanse oesters in de Oosterschelde .....	12
3 Selectie en overzicht van de proeflocaties.....	16
3.1 Randvoorwaarden .....	16
3.2 Aanpak.....	16
3.3 Resultaat.....	16
3.3.1 Zandkreek.....	18
3.3.2 Vondelingsplaat .....	20
3.3.3 Marollegat.....	21
3.3.4 Zilverput .....	22
3.3.5 Stortlocaties .....	22
4 Monitoringsprogramma.....	24
4.1 Monitoringsplan .....	24
4.1.1 $T_0$ meting.....	24
4.1.2 $T_1$ meting.....	24
4.1.3 $T_2$ meting.....	25
4.1.4 $T_3$ meting.....	25
4.1.5 $T_4$ meting.....	25
5 Wegvissen .....	26
5.1 Uitvoering.....	26
5.2 Inspanning.....	26
5.3 Kosten .....	26
5.4 Effectiviteit .....	27
5.5 Breuk.....	30
6 Oesterbestanden en broedval op proef- en referentielocaties .....	31
6.1 Inleiding .....	31

6.2	Oesterbestanden .....	31
6.2.1	Aanpak .....	31
6.2.2	Resultaten $T_0$ .....	33
6.2.3	Resultaten $T_1, T_2$ .....	33
6.2.4	Effect op draagkracht.....	34
6.3	Broedval.....	35
6.3.1	Voortplanting en broedval van Japanse oesters.....	35
6.3.2	Aanpak .....	36
6.3.3	Resultaten.....	38
6.3.4	Conclusies .....	41
7	Oesters op stortlocaties .....	43
7.1	Inleiding .....	43
7.2	Aanpak.....	43
7.3	Resultaten .....	45
7.4	Gebruik van oesterschelpen.....	47
7.5	Conclusies.....	48
8	Sedimentsamenstelling .....	49
8.1	Bemonstering en analyse.....	49
8.2	Resultaten .....	49
8.3	Conclusies.....	56
9	Bodemdieren .....	57
9.1	Inleiding .....	57
9.2	Methodiek .....	57
9.3	Resultaten.....	57
9.3.1	De levensgemeenschappen.....	57
9.3.2	Effecten van het wegvissen van de oesterbanken.....	60
9.4	Conclusies.....	63
10	Vogels.....	64
10.1	Inleiding .....	64
10.2	Aanpak.....	64
10.3	Resultaten .....	66
10.4	Conclusies.....	74
11	Morfologie .....	75
11.1	Inleiding .....	75
11.2	Zandhonger .....	75
11.3	Aanpak.....	75
11.4	Uitwerking .....	77
11.4.1	Gevolg van de vestiging van een Japanse oesterbank.....	77
11.4.2	Gevolgen van het wegvissen op bodemhoogte en reliëf .....	79
11.4.3	Vondelingsplaat .....	80

11.4.4 Zandkreek.....	81
11.5 Conclusies.....	82
12 Antwoorden op onderzoeksvragen.....	83
13 Conclusies en discussie .....	85
13.1 Wegvissen van oesters.....	85
13.2 Afsterven van de oesters op de stortlocaties.....	85
13.3 Hergebruik van de oesterschelpen .....	85
13.4 Herstel van de oesterbanken.....	86
13.5 Effecten op sedimentsamenstelling .....	86
13.6 Effecten op bodemdieren.....	87
13.7 Effecten op vogels .....	88
13.8 Effecten op morfologie .....	88
13.9 Aanbevelingen .....	89
14 Referenties .....	91
Bijlage A .....	93
Verantwoording .....	95

# Samenvatting

De Japanse oester, een exoot voor onze wateren, is in 1964 voor het eerst geïntroduceerd in de Oosterschelde ten behoeve van de oesterkwekers na de massale sterfte van platte oesters tijdens de strenge winter van 1962/1963. Sindsdien heeft deze soort zich ontwikkeld tot een dominante soort met een totale verspreiding van ongeveer 775 ha in het litoraal (2005) en een geschat areaal van 700 ha in het sublitoraal (2002). De totale oppervlakte van de Oosterschelde is 35 100 ha, waarvan 10 430 ha intergetijdengebied.

In het voorjaar van 2006 is er een praktijkproef gestart om te onderzoeken of het noodzakelijk, zinvol en mogelijk is om de steeds verder oprukkende Japanse oesters (*Crassostrea gigas*) in de Oosterschelde te beheren. In het kader van deze proef is hiertoe 50 ha oesterbank (12,5 miljoen kg), verdeeld over vier locaties in de Oosterschelde weggevist door de Zeeuwse mosselvloot. De oesters zijn gestort op nabijgelegen stortlocaties alwaar de verwachting was dat de oesters zouden afsterven door verstikking.

Het doel van deze proef is om na te gaan hoe effectief het bestand op geselecteerde proeflocaties kan worden verwijderd en eventueel hergebruikt d.m.v. toepassing van de mosselkor, tegen welke kosten, welke milieueffecten (morfologie, sedimentsamenstelling, bodemdiergemeenschap en vogels) dit met zich meebrengt en in welk tempo positieve (herstel sediment en oorspronkelijke bodemfauna) en negatieve effecten (herstel Japanse oester) zich voordoen. Dit eindrapport beschrijft de resultaten van de wegvisproef en de monitoring die in twee jaar erop volgend is uitgevoerd.

De belangrijkste constatering van de studie zijn als volgt samen te vatten:

- Het is niet mogelijk om de verwilderde Japanse oesters volledig uit de Oosterschelde te verwijderen. Wel is het mogelijk om op locaties waar de oesters tot overlast zijn te beheren, door ze weg te vissen en daarmee de overlast te beperken. Het wegvisen van een dichtbegroeide oesterbank is goed mogelijk met behulp van mosselkorren maar het is arbeidsintensief. Per ha dichtbegroeide oesterbank is de inspanning geschat op 20 booturen voor het vissen en lossen.
- Aangenomen dat er in het sublitoraal evenveel oesters liggen als in het litoraal is berekend dat de Japanse oesters verantwoordelijk zijn voor ongeveer 2/3 van de totale filtratiecapaciteit in de Oosterschelde en hierdoor mogelijk effect hebben op de draagkracht voor andere schelpdieren. Binnen de Oosterschelde kan het effect van de oesters op de draagkracht variëren door ruimtelijke verschillen in voedselproductie en verversingstijd van het water.
- De oesters die tijdens de proef zijn weggevist waren verantwoordelijk voor 0.5% van de totale filtratiecapaciteit waardoor het niet aannemelijk is dat de proef heeft bijgedragen aan een verbetering van de draagkracht van de Oosterschelde.
- Er is in de zomer van 2006 veel oesterbroed gevallen op de litorale proeflocaties Vondelingsplaat en Zandkreek. De achtergebleven schelpresten hebben een uitstekend substraat gevormd voor de broedval. De broedval in 2007 was beperkter. Het is de verwachting dat de oesterbanken zich hier in 3 tot 6 jaar weer zullen herstellen indien er geen onderhoud wordt gepleegd en er de komende jaren weer goede broedval plaatsvindt.
- Het oesterbroed dat in de zomer van 2006 op de litorale proeflocaties is gevallen is inmiddels uitgegroeid tot juveniele oesters van gemiddeld 27 gram. Deze oestertjes zouden mogelijk gebruikt kunnen worden door de oesterkwekers als grondstof voor de kweek van oesters op de percelen. Als er nieuw broed op de juveniele oesters valt zullen deze minder interessant voor de kwekers worden.
- Op de sublitorale proeflocaties is veel minder broed gevallen dan in het litoraal en de terugkeer naar de oude toestand zal daar, afhankelijk van het optreden van de oesterbroedval komende jaren, aanzienlijk langer duren.
- Het massaal afsterven van de oesters op de stortlocaties is niet opgetreden. Om de weggevisste oesters definitief uit het ecosysteem te verwijderen zouden ze voor het storten kunnen worden gekraakt ofwel direct aan land worden gebracht en daar verwerkt.
- Er is een markt om de oesters in de Oosterschelde op te vissen ten behoeve van de schelpenindustrie. Een kuub schone oesterschelpen brengt ongeveer € 20 op. In totaal zijn er een kleine 600 000 m<sup>3</sup> aan oesterschelpen aanwezig in de Oosterschelde. Voor de schelpenverwerking is een voorwaarde dat het vlees volledig wordt verwijderd uit de oesterschelp.
- Het sediment op de oesterbanken is in het algemeen iets slibruiker dan op de onbegroeide locaties. Slibrijke sedimenten bevatten doorgaans hogere concentraties organisch materiaal en daarmee een grotere biomassa aan bodemdieren. Deze slibfractie is daar waarschijnlijk terechtgekomen door de filterende werking van de oesters. Op de proeflocatie Zandkreek, Vondelingsplaat en Marollegat is de

fractie slib iets afgenomen als gevolg van het vissen. De samenstelling van de overige sediment fracties is door het wegvissen niet sterk veranderd

- De oesterbanken hebben een grotere soortenrijkdom van het macrobenthos dan de onbegroeide referentielocaties. In het sublitoraal had het wegvissen een tijdelijke verarming van het bodemleven tot gevolg. In het intergetijdegebied, waar de bodemdiergemeenschap in het algemeen soortenrijker is, is ook een verarming waargenomen op de proeflocatie Vondelingsplaat, terwijl er op de proeflocatie Zandkreek een verrijking heeft plaatsgevonden.
- In de Zandkreek lijken de meeste vogels intensiever gebruik te maken van de oesterbank dan van de zand- en slikplaten, maar dat geldt niet voor alle vogels. Op de Vondelingsplaat is het gebruik van de oesterbanken en de referenties vrijwel gelijkwaardig alhoewel er hier ook verschillen zitten tussen de soorten.
- Een Japanse oesterbank beschermt de bodem tegen erosie. Passief gebeurt dit door de verankering van de schelpen in de bodem en het invangen van zand en actief door het invangen van slib met hun kieuwen en de productie van faeces en pseudo faeces.
- Op de proeflocatie Vondelingsplaat is na het bevissen een harde laag schelpenresten achter gebleven tot in ieder geval 2 jaar na de proef. Deze harde laag beschermt de plaat tegen erosie.
- Op de beschut gelegen Zandkreek is er tijdens de visserij beperkte erosie op de proeflocatie opgetreden, maar deze heeft zich niet verder doorgezet.
- Om te onderzoeken of de oester zich nog steeds uitbreidt in de Oosterschelde, c.q. eventuele beheersmaatregelen effectief zijn, zijn bestandsopnamen nodig. Voor het uitvoeren daarvan wordt een combinatie van remote sensing technieken met traditionele bemonstering aanbevolen. Deze gegevens zouden tevens bruikbaar zijn om gericht te kunnen vissen en daarmee de uitbereiding van de oesters effectief te kunnen aanpakken.

# Summary

The Pacific oyster (*Crassostrea gigas*) is an exotic species for the Oosterschelde, the Netherlands. It was introduced in 1964 to compensate for the collapse of flat oysters (*Ostrea edulis*) after the severe winter of 1992/1963. Since then, the oysters have proliferated the Oosterschelde and in 2005, 775 ha of the littoral zone and approximately 700 ha of the sub-littoral zone was covered with oysters which had an impact on the natural functioning of the ecosystem. The total area of the Oosterschelde is 35 100 ha and comprises 10 430 ha of intertidal area.

In March 2006, a large-scale oyster removal experiment was conducted in the Oosterschelde. The goal of this study was to investigate is it is necessary, sensible and feasible to manage the expanding population of Pacific oysters in the Oosterschelde. A total area of 50 ha Pacific oysters, with a total biomass of 12.5 million kg, are removed with mussel dredges from natural littoral and sub-littoral oyster beds in the Oosterschelde. The oysters were dumped at designated dumping locations in the Oosterschelde where they would die from suffocation and starvation.

The goal of this study was to investigate how efficient oysters could be removed with mussel dredges, what are the costs of removal, what are the environmental (morphology, sediment composition, benthic fauna and wading birds) effects and what is the rate of recovery of the sediment, the benthic community and the oyster reefs. The present report gives the final results of the study and describes the removal experiment and the results of the subsequent monitoring of the recovery.

The major observations from this large-scale experiment can be summarized as follows:

- A complete removal of the Pacific oysters from the Oosterschelde is impossible. However, control of oysters with mussel dredges at locations where abundant growth leads to problems seems feasible. Effective removal of dense populated oyster reefs is possible using mussel dredges, however, it is very labor intensive. For each ha of oyster reef, 20 boat hours are needed
- Assuming that the total biomass of Pacific oysters in the sub-littoral parts of the Oosterschelde is in the same order than the biomass in the littoral part it is calculated that the oysters are responsible for 2/3 of the total filtration capacity by shellfish in the Oosterschelde and therefore might have an important role in the carrying capacity of the Oosterschelde for shellfish production. The spatial impact of the Pacific oysters upon the carrying capacity within the Oosterschelde is determined by the spatial distribution of the water residence times, primary production, Pacific oysters and other shellfish species such as mussels and cockles.
- The Pacific oysters that have been removed within the experiment comprise 0.5% of the total filtration capacity in the Oosterschelde. Therefore it is not likely that the experiment had any significant impact on the carrying capacity
- The Summer of 2006 was a good year of spatfall for oysters at the littoral locations Zandkreek and Vondelingsplaat. The spatfall in 2007 was less at these locations. It is suggested that the oyster reef will be restored within 3 to 6 years from now if the fishery would not be maintained and good spatfall will occur.
- The spatfall from 2006 has developed to juvenile oysters with a fresh weight of 27 gram. These oysters might be used by oyster farmers for seeding at the commercial oyster plots in the eastern part of the Oosterschelde. New spatfall on these juvenile oysters makes them less interesting for the oyster farmers to be harvested.
- At the sub-littoral locations Zilverput and Marollegat spatfall was poor in both years and recovery of the oyster reefs will take more time. This is also depending on the spatfall in the coming years.
- Mass mortality of the oysters at the dumping locations due to suffocation has not occurred. This is mainly due the spreading of the oysters over the dumping site during unloading of the boats. Many of the oysters seem to be disappeared from the dumping sited due to the tidal currents and burial in the sediment. The mortality of the oyster would have been more effective if the oysters have been crushed before dumping of if they have been brought to land to be processed.
- The total amount of oyster shells in the Oosterschelde is estimated at about 600 000 m<sup>3</sup>. Several parties have shown interest to fish for the oysters and sell them to the shell industry. The value of 1 m<sup>3</sup> of oyster shells is approximately € 20. For the shell industry, however, the shells should be clean and completely disposed of flesh remains.
- The sediment composition within dense oyster beds contains generally more mud compared to the sediment without oysters. These muddy sediments are often rich in organic carbon composition and have a higher biomass of macrobenthos. Fine grained sediment is filtered from the water column by the



oysters and deposited on the bottom in the form of faeces and pseudo-faeces. At the locations Zandkreek, Vondelingsplaat and Marollegat, the mud-content of the sediment has slightly decreased due to the oyster removal. No changes occurred in the composition of the coarser grain size fractions (> 16 µm).

- Oyster reefs have a relative rich macrobenthos community compared to reference locations without oysters. The oyster removal in the sub-littoral areas resulted in a temporal decrease in the diversity of the macrobenthos. The intertidal areas, which are in general more diverse than the sub-littoral areas, the decrease was observed at the Vondelingsplaat, but not at the Zandkreek.
- At the location Zandkreek, some of the wading birds seem to prefer the oyster reef as a foraging habitat. However, at the Vondelingsplaat, no clear differences in preference were observed between the oyster reef and the parts of the mudflat without oysters.
- A Pacific oyster reef protects the sea floor against erosion. This is due to embedding of oyster shells in the bottom and the filtering of sediment with their gills from the water column and subsequent deposition on the seafloor.
- At the location Vondelingsplaat, a hard layer of oyster shells remained after fishing that remained at least for 2 years. This layer of oyster shells protects the mudflat from erosion by waves and currents.
- At the more sheltered location Zandkreek a slight erosion took place due to the fishery. However, the erosion did not continue after fishing.
- It is recommended to conduct a new survey on Pacific oyster distribution in the Oosterschelde, both in the littoral as in the sub-littoral. The results of this survey can be used to see if the development of the oysters is still in an expanding phase and to control the oysters efficiently.

# 1 Inleiding

## 1.1 Aanleiding

De Japanse oester (*Crassostrea gigas*) ook wel creuse genaamd is een exoot die in 1964 voor het eerst in de Oosterschelde is geïntroduceerd. Reden voor deze introductie was de massale sterfte van de platte oester (*Ostrea edulis*) tijdens de strenge winter van 1962/1963 (Smaal *et al.*, Submitted). De Japanse oester heeft zich daarna sterk weten te ontwikkelen in de Oosterschelde. In 2005 is het areaal Japanse oesters in het litoraal geschat op 775 ha. Het areaal in het sublitoraal is onbekend, maar wordt geschat op 700 ha (Smaal *et al.*, 2005). Ook de dijkglouingen zijn grotendeels bedekt met Japanse Oester (De Kluijver en Dubbeldam, 2003).

De dominantie van de Japanse Oesters in de Oosterschelde heeft zijn invloed op diverse functies van de Oosterschelde. De volgende effecten zijn genoemd als direct gevolg van de Japanse oesters (Smaal *et al.*, 2005).

- Verandering habitat zachtsubstraat naar hardsubstraat
- Vermindering biodiversiteit harde substraten
- Overwoekering op schelpdierkweekpercelen
- Bezwaren voor recreatief gebruik
- Economische aspecten

Daarnaast kan de Japanse Oester mede een effect hebben op de ontwikkelingen die in de Oosterschelde optreden zoals zandhonger en vermindering van draagkracht (Geurts van Kessel, 2004; Wetsteyn *et al.*, 2003).

## 1.2 Doelstelling

Deze effecten van de ontwikkeling van de Japanse oesters hebben tot de vraag geleid of het wenselijk en noodzakelijk is over te gaan tot beheersmaatregelen om de schadelijke effecten van de dominante Japanse oesters te verminderen, en welke maatregelen daarvoor in aanmerking komen. Hiertoe is in 2005 een verkenning uitgevoerd naar de beheersmogelijkheden van Japanse oester door IMARES in samenwerking met MarinX (Smaal *et al.*, 2005). Hierbij is in kaart gebracht wat de effecten zijn van de toename van Japanse oester en welke mogelijkheden er zijn om de massale ontwikkeling van oesters te beheersen. Er zijn drie beheersmaatregelen onderzocht:

1. Maximale bestrijding, gericht op het minimaliseren van het totale wilde oester bestand in de Oosterschelde.
2. Gecontroleerde ontwikkeling, waarbij er eerst een sanering plaats zal vinden alvorens er tot regulier beheer wordt overgegaan.
3. Selectief bestrijden in gebieden, bijvoorbeeld op stranden, waar overlast optreedt voor recreanten.

Op basis van het onderzoek naar de beheersmogelijkheden (Smaal *et al.*, 2005) is besloten om eerst een praktijkproef uit te voeren om antwoord te krijgen op een aantal vragen, die niet op voorhand zijn te beantwoorden. Hiertoe is in 2006 het meerjarig onderzoeksproject BEJO (monitoring pilot BEheer Japanse Oesters) gestart.

De onderzoeksvragen van dit project zijn:

1. Hoe effectief kan het oesterbestand op geselecteerde locaties worden verwijderd d.m.v. toepassing van de mosselkor en kunnen de opgeviste oesters worden hergebruikt?
2. Welke milieueffecten brengt dit met zich mee?
3. Hoe snel herstelt de weggeviste oesterbank zich in termen van oesters, sediment, bodemfauna en vogelgebruik.

Ook in andere Deltawateren evenals in de Waddenzee lijkt de Japanse oester in opmars. Mogelijk gaat hij daar ook effecten (b.v. overwoekering, voedselconcurrentie, leveren van hardsubstraat habitat) hebben op het functioneren van het ecosysteem (Cadée, 2007). De resultaten van onderhavig onderzoek kunnen ook van nut zijn voor deze andere gebieden waar de Japanse oesters steeds meer voorkomen omdat kan worden aangenomen dat ook in deze gebieden de dominante ontwikkeling van de Japanse oesters het functioneren van deze ecosystemen in belangrijke mate gaat beïnvloeden waardoor ook daar beheersmaatregelen gewenst gaan worden.

### 1.3 Aanpak

In de periode van 27 februari 2006 t/m 5 april 2006 zijn op de vier proefvakken van 12,5 ha (2 in het litoraal en 2 in het sublitoraal) de oesters weggevisd door de Zeeuwse mosselsector met behulp van mosselkorren. De weggevisde oesters zijn gestort op de twee aangewezen stortlocaties in de Oosterschelde (Lodijkse gat en Middelpmaat). Door de oesters op een hoop te storten, zo werd verwacht, sterven de onderste oesters af door verstikking. Na afsterven zouden de schelpresten weer kunnen worden opgevisd en hergebruikt (bijvoorbeeld als schelpengrit). Gedurende 2 jaar na bevissing is de ontwikkeling van de (weggevisde) oesterbank gevolgd en vergeleken met referentie locaties, zonder oesters, buiten de oesterbank. Hierbij is gekeken naar het herstel van de oesters, sedimentsamenstelling, bodemdieren, vogels en bodemhoogte.

### 1.4 Leeswijzer

Dit rapport is het eindrapport van het project BEJO dat is uitgevoerd door een consortium van IMARES, Grontmij I AquaSense, Rijkswaterstaat Zeeland en MarinX, in opdracht van de Provincie Zeeland, Rijkswaterstaat en het Ministerie van LNV. Dit rapport bevat onderdelen die al eerder zijn gerapporteerd in de vorm van tussenrapportages (Wijsman et al., 2007; Wijsman et al., 2006).

In hoofdstuk 2 van dit rapport wordt een overzicht gegeven van de introductie en ontwikkeling van de Japanse oesters in de Oosterschelde. In hoofdstuk 3 wordt beschreven hoe de locaties voor de proef zijn geselecteerd op basis van de oesterkaart en luchtinventarisatie. Tevens wordt er een beschrijving gegeven van de geselecteerde proeflocaties. Hoofdstuk 4 geeft een overzicht van het monitoringplan dat is opgezet om de ontwikkeling van de (weggevisde) oesterbanken te volgen. Het verloop van het wegvissen door de mosselsector op de proeflocaties is beschreven in hoofdstuk 5. Een schatting van de oesterbestanden op de proeflocaties voor en na bevissing is gegeven in hoofdstuk 6. Tevens is hier een schatting gemaakt van de mogelijke invloed van het totale bestand aan oesters in de Oosterschelde op de draagkracht (paragraaf 6.2.4). Vervolgens wordt in dit hoofdstuk de broedval van nieuwe oesters op de proeflocaties beschreven. De weggevisde oesters zijn gestort op de stortlocaties alwaar verwacht werd dat zij zouden verstikken. In hoofdstuk 7 wordt de effectiviteit van het afsterven op de stortlocaties beschreven. Tevens wordt er inzicht gegeven in het gebruik van de oesterschelpen. De effecten van het wegvissen van de oesters op de sediment samenstelling en de bodemdiergemeenschap wordt beschreven in de hoofdstukken 8 en 9. Het gebruik door vogels van de (weggevisde) oesterbanken op de litorale proeflocaties Zandkreek en Vondelingsplaat is vergeleken met een referentielocatie zonder oesters in hoofdstuk 10. De resultaten van de morfologische metingen op de Zandkreek en Vondelingsplaat worden behandeld in hoofdstuk 11. Ten slotte wordt in hoofdstuk 13 een overzicht gegeven van de resultaten van dit onderzoek in de vorm van een discussie.

De auteurs willen iedereen danken die een bijdrage heeft geleverd aan de uitvoering van de dit project. Speciale dank gaat uit naar de bemanning van de Zeeuwse mosselvloot die geheel vrijwillig hebben meegewerkt aan het wegvissen van 12 500 000 kg oesters. Dank ook aan de bemanning van de Ye-25 en de Valk voor de hulp bij de uitvoering van de bemonstering. Paula Huissen (PO mosselcultuur) heeft de vangsten van de vissers tijdens het wegvissen geregistreerd. Jack Perdon, Josien Steenbergen, Johan Jol en Emiel Brummelhuis waren verantwoordelijk voor het verzamelen en analyseren van 4047 kg oesters en oesterschelpen. Ad van Gool heeft de oesterbroedjes geteld. Rienk Geene heeft de vogeltellingen uitgevoerd op de Vondelingsplaat en de Zandkreek. De determinatie van de macrofauna is uitgevoerd door David Tempelman. Ten slotte gaat dank uit naar Dick de Jong en Aad Smaal voor hun opmerkingen en aanvullingen bij een eerdere versie van dit rapport.

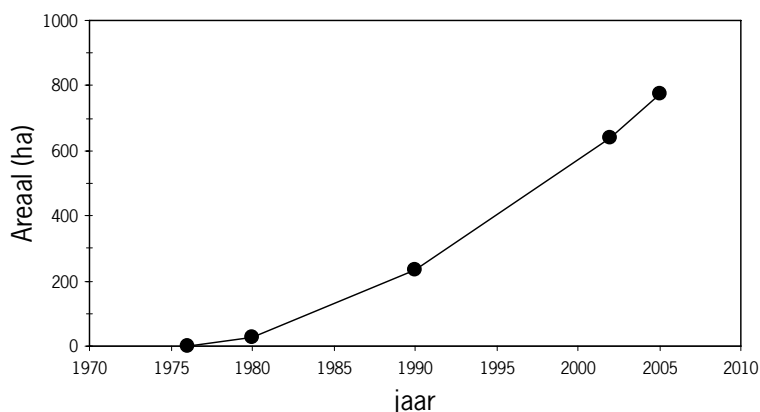
Begeleiding van het project heeft plaatsgevonden vanuit het Visserij Initiatief Zeeland, werkgroep Japanse Oesters, bestaande uit Dhr. S. Knigge (ex-voorzitter), Dhr. H. van Wilgenburg (voorzitter), Dhr. J. Broodman, Dhr. J. Brilman (Provincie Zeeland), Dhr. G. Verschuren, (Ministerie LNV, directie regionale zaken vestiging Zuid), Dhr. H. van Geesbergen (PO mosselcultuur), Dhr. H. van den Bos, Dhr. G.J. van Veen (visserijkundig ambtenaar Oosterschelde), Dhr. M. Dubbeldam (Grontmij I AquaSense), Dhr. E. Schuilenburg (RWS Zeeland), Dhr. G. van Zonneveld (Zeeuwse Milieufederatie, ZMF), Dhr. M. van Stralen (MarinX), Dhr. A. Smaal en Dhr. J. Wijsman (IMARES).

## 2 Ontwikkeling Japanse oesters in de Oosterschelde

Er komen twee soorten oesters voor in de Oosterschelde. De platte oester (*Ostrea edulis*) en de Japanse oester ofwel Creuse genaamd (*Crassostrea gigas*). Traditioneel werd er in de Oosterschelde uitsluitend platte oester gekweekt. In 1962 is het bestand aan platte oesters geschat op 120 miljoen stuks, met een markt productie van ongeveer 30 miljoen oesters per jaar. Door de hoge sterfte tijdens de extreem strenge winter van 1962/1963, is het bestand teruggebracht naar 4 miljoen stuks (Drinkwaard, 1999; Smaal *et al.*, Submitted). Zelfs op de diepere percelen was het overgrote deel van de oesters dood (Gmelich Meijling-van Hemert, 2005). Om de oestercultuur in de Oosterschelde te redden zijn jonge platte oesters geïmporteerd uit diverse gebieden in Europa zoals Frankrijk, Ierland, de Noorse fjorden en uit Portugal (Gmelich Meijling-van Hemert, 2005; Smaal *et al.*, Submitted). In 1964 werd er op experimentele schaal ook voor het eerst broed van Japanse oesters vanuit British Columbia naar de Oosterschelde getransporteerd (Drinkwaard, 1999; Smaal *et al.*, Submitted).

Er werd op dat moment verondersteld dat de Japanse oester zich niet kon voortplanten in de relatief koude wateren van de Oosterschelde (Drinkwaard, 1999; Smaal *et al.*, Submitted). Daarnaast zou de eventuele teelt van Japanse oesters een tijdelijk karakter hebben omdat de Oosterschelde na het gereedkomen van de Deltawerken zoet zou worden. Na de eerste succesvolle experimenten met verschillende stammen begonnen de kwekers met het importeren van Japanse oesters uit verschillende gebieden. De oesterteelt in de Oosterschelde was echter nog voornamelijk gebaseerd op geïmporteerd broed van platte oesters. Na de uitbraak van *Marteilia* in 1968 in Frankrijk werd de import hiervandaan beperkt en ging men op zoek naar broed uit alternatieve gebieden, variërend van Noorwegen tot Italië. De vermenging van verschillende stammen platte oesters heeft mogelijk geleid tot een populatie die minder resistent was tegen de lage temperaturen dan de originele Zeeuwse platte oester en hoge wintersterfte onder de platte oesters werd regelmatig geobserveerd (Drinkwaard, 1999). Sinds 1981 is de import van oesterbroed vanuit Frankrijk verboden vanwege *Bonamia*, maar het bleek dat deze ziekte zich reeds in 1979 in de Oosterschelde had gevestigd.

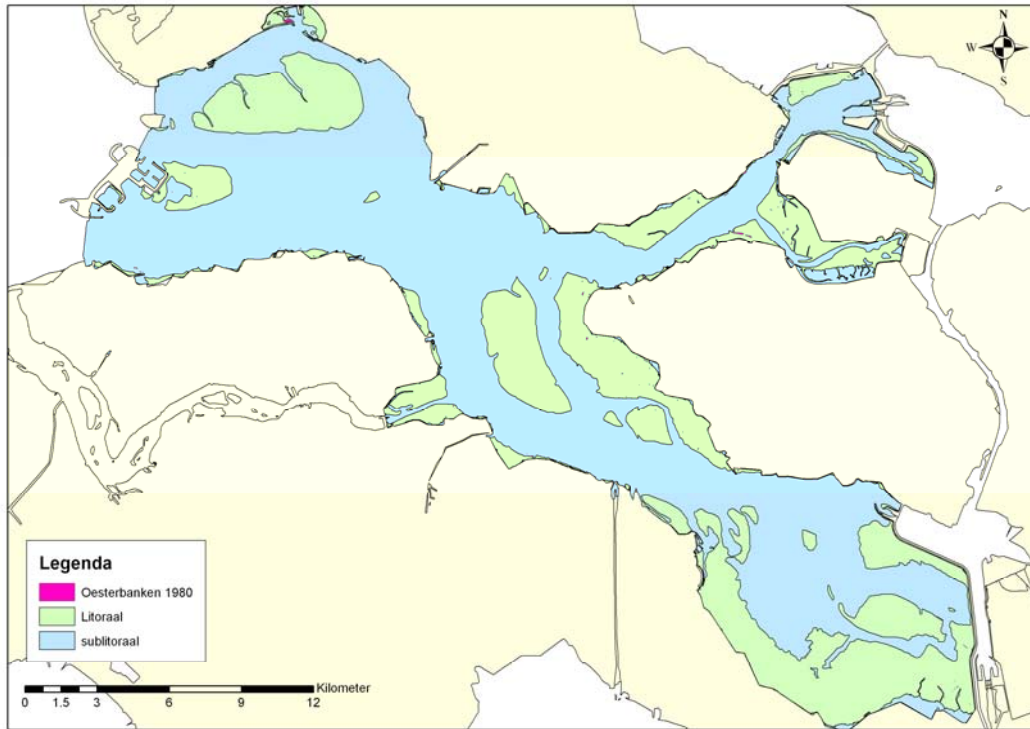
Door de problemen met de platte oesters gingen de Nederlandse kwekers zich meer en meer richten op de kweek van Japanse oesters. In 1976, na een warme zomer waarbij de watertemperatuur meer dan 50 dagen boven de 20°C was, is er voor het eerst broedval van de Japanse oesters geconstateerd in de Oosterschelde (Drinkwaard, 1999). Er was een goede ontwikkeling en afzetting van larven op onder andere dijkglouingen, en de cultuur kon worden gebaseerd op de lokale productie van oesterbroed. Het jaar daarop is de import van Japanse oesters verboden (Kater en Baars, 2004). Warme zomers worden algemeen beschouwd als de sturende factor voor een goede broedval van Japanse oesters in onze wateren (Diederich *et al.*, 2005). Een sterke uitbreiding van het bestand aan Japanse oesters vond dan ook plaats na goede broedvallen in de warme zomers van 1982 en 1986. Sindsdien heeft de ontwikkeling zich doorgezet (b.v. Figuur 1) en zijn de dijken langs de Oosterschelde bezaaid met Japanse oesters (De Kluijver en Dubbeldam, 2003; Drinkwaard, 1999; Perdon en Smaal, 2000).



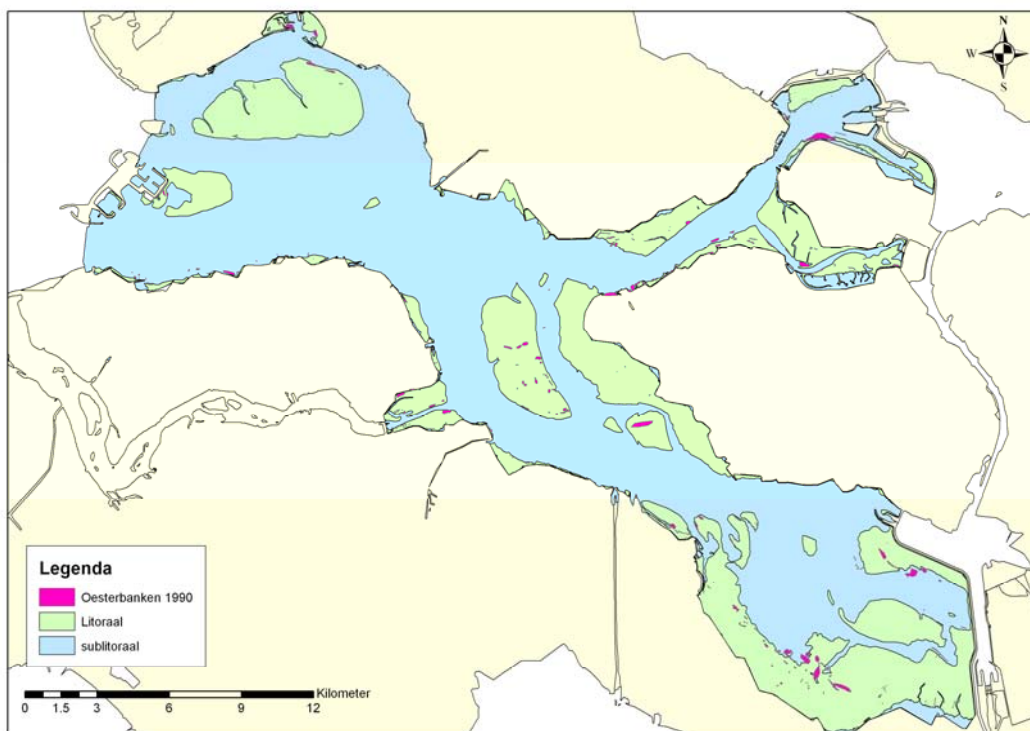
Figuur 1 Ontwikkeling van het areaal Japanse in de litorale gebieden in de Oosterschelde

Op basis van luchtfoto's is het areaal aan oesters op drogvallende platen in 1980 (Figuur 2) geschat op 25 ha (Kater en Baars, 2004). Rond 1990 (Figuur 3) is het geschatte oppervlakte toegenomen tot ongeveer 235 ha (Kater en Baars, 2004). Op basis van bestandsopnamen is het areaal Japanse oesters in het litoraal van de

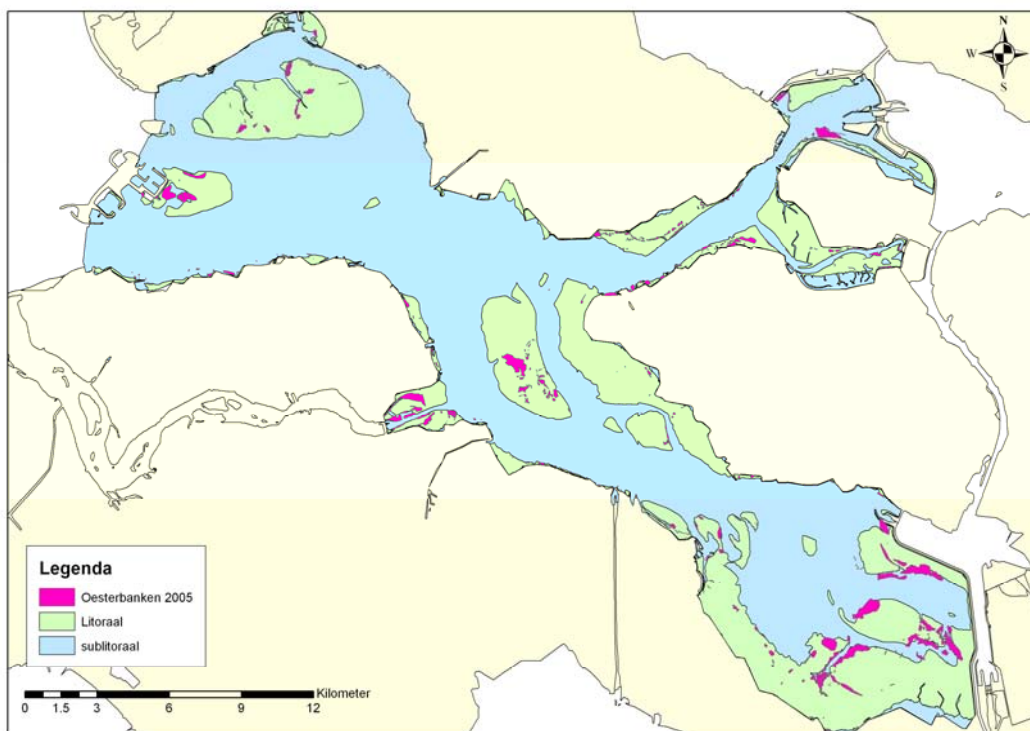
Oosterschelde in 2005 geschat op 775 ha (Figuur 4, gegevens Wageningen IMARES). Het totaal oppervlakte aan intergetijdengebied in de Oosterschelde in 2001 was 10 430 ha (Van Zanten en Adriaanse, 2008b). Het is onbekend hoeveel oesters er precies in de sublitorale gebieden van de Oosterschelde liggen. Op basis van een veldverkenning met een 'side-scan sonar' in 2002 is geschat dat meer dan 700 ha van het sublitoraal van de Oosterschelde bedekt is met Japanse oester (Geurts van Kessel et al., 2003; Kater, 2003a; Kater et al., 2002). Het totale oppervlak van de Oosterschelde is 35 100 ha (Nienhuis en Smaal, 1994).



*Figuur 2 Gereconstrueerde oesterkaart 1980 op basis van luchtfoto's in 60% van het gebied. Totaal areaal aan oesterbanken is geschat op 25 ha. (Kater en Baars, 2004)*



*Figuur 3 Gereconstrueerde oesterkaart 1990 op basis van luchtfoto's in 89% van het gebied. Totaal areaal aan oesterbanken is geschat op 235 ha (Kater en Baars, 2004)*

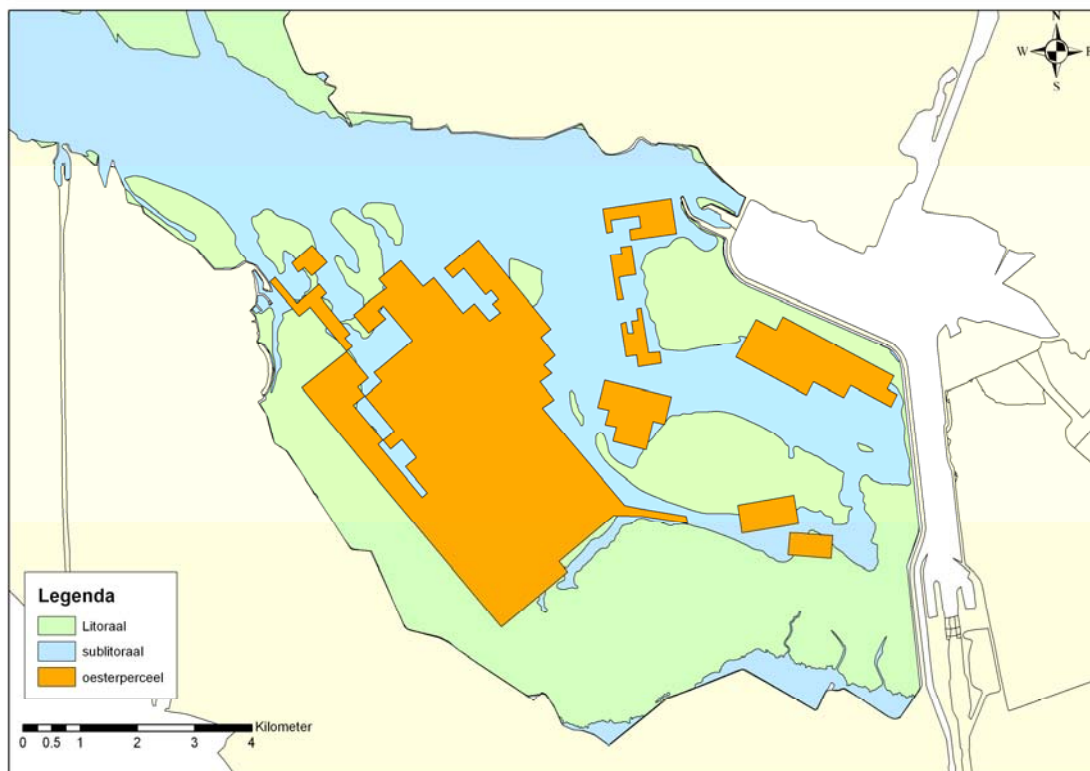


*Figuur 4 Oesterkaart 2005. Totaal areaal aan oesterbanken is geschat op 775 ha (Data Wageningen IMARES).*

Sinds begin jaren 80 is er ook duidelijk een ontwikkeling van Japanse oesters langs de dijkvlooiingen van de Oosterschelde waargenomen. In 2002 varieerde de bedekking van 30 tot 60%. Lokaal, o.a. in de Hammen, werden er zelfs bedekkingspercentages van 90% waargenomen en dit heeft geleid tot een achteruitgang van de biodiversiteit (De Kluijver en Dubbeldam, 2003).

Uitgaande van een gemiddelde biomassa (dood en levend materiaal) van 0,27 miljoen kg per ha (Wijsman *et al.*, 2006) en een totaal areaal van 775 ha kan de totale oesterbiomassa biomassa in het litoraal van de Oosterschelde worden geschat op 209 miljoen kg. De biomassa in het sublitoraal en op de dijkglooiingen is niet bekend (Smaal *et al.*, 2005).

Naast de verwilderde Japanse oesters vindt er ook nog commerciële kweek plaats op bodem percelen. Commerciële oesterkweek is in Nederland beperkt tot de Oosterschelde en het Grevelingenmeer. Deze percelen in de Oosterschelde liggen voornamelijk in de kom, nabij de Oesterdam (Figuur 5). Het oesterzaad wordt opgevist in de zogenaamde “vrije gronden”. Daarnaast wordt oesterzaad ingewonnen door schelpen op de percelen uit te zaaien in de tijd dat oesterlarven in het water zich op de bodem willen gaan vestigen. De geschikte oesters worden door de kwekers aan boord handmatig uitgezocht en uitgezaaid op de percelen of direct verkocht. De voorraad oesters op de percelen is ongeveer 6 miljoen kg versgewicht, waarvan 1 miljoen kg zaad, 2 miljoen kg halfwas en 3 miljoen kg consumptie (Smaal *et al.*, Submitted).



*Figuur 5: Locatie van de oesterpercelen in de kom van de Oosterschelde*

## 3 Selectie en overzicht van de proeflocaties

### 3.1 Randvoorwaarden

Voor de uitvoering van de proef is er gezocht naar vier geschikte proeflocaties van elk 12,5 ha in de Oosterschelde waarvan de oesters in het kader van deze pilot proef zouden kunnen worden weggevist. Er zijn twee locaties geselecteerd in het litoraal en twee in het sublitoraal. De proeflocaties zijn zo gekozen dat ze voldoende bedekking met oesters hebben en dat de dichtheid uniform is verdeeld. Daar waar mogelijk is gezocht naar proeflocaties die zo min mogelijk conflicteren met andere gebruikers (e.g. kreeftenvissers, pierenvissers).

Bij iedere proeflocatie is er ook een referentielocatie aangewezen. De referentielocaties liggen buiten de contouren van de oesterbank op een afstand van ongeveer 100 tot 400 meter van de proeflocaties.

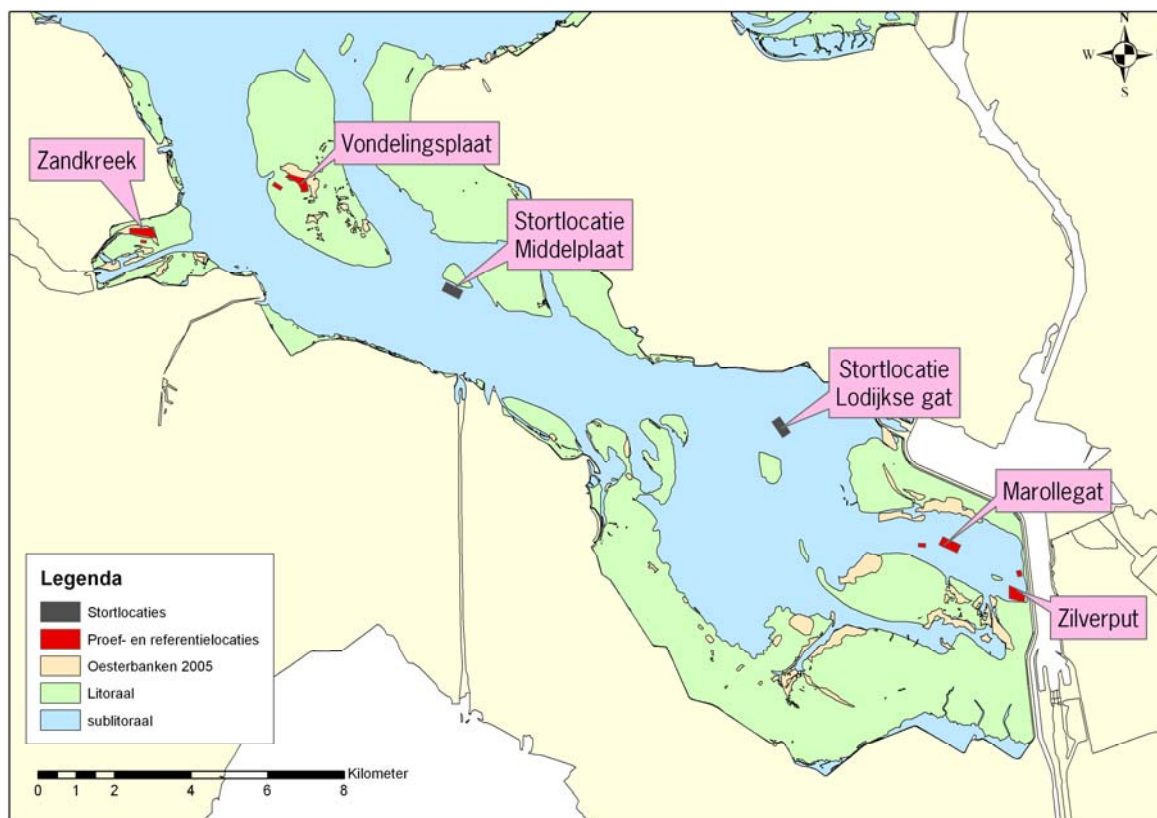
### 3.2 Aanpak

Uitgangspunt voor de selectie van de proeflocaties was de oesterkaart 2005. Omdat uit de oesterkaart de homogeniteit van de bedekkingsgraad binnen de banken niet duidelijk is, is er in december 2005, tijdens laag water, een inspectievlucht gehouden om gebieden te selecteren met voldoende oppervlakte en voldoende, uniforme bedekking. Ondiepe, sublitorale oesterbanken in de kom van de Oosterschelde konden gedeeltelijk vanuit de lucht door het wateroppervlak heen worden waargenomen. Verificatie van de sublitorale proeflocaties is gedaan door de bodem vanuit een kleine boot af te tasten met een lange stok tijdens laagwater.

### 3.3 Resultaat

De 4 proeflocaties zijn weergegeven in Figuur 6. Locaties Zandkreek en Vondelingsplaat liggen in het litoraal op een gemiddelde diepte van respectievelijk 1,1 en 1,2 meter onder NAP. De sublitorale locaties Marrollegat en Zilverput liggen op een diepte van respectievelijk 4,0 en 2,5 meter onder NAP (Tabel 1). De coördinaten van de hoekpunten van de proeflocaties en de referentielocaties zijn weergegeven in Tabel 2.





Figuur 6: Overzicht proeflocaties en bijbehorende referentielocaties (rood) en stortlocaties (zwart) in de zuidelijke tak van de Oosterschelde.

Tabel 1: Gemiddelde diepte en standaarddeviatie (m t.o.v. NAP) en oppervlakten (ha) van de proeflocaties en de referentielocaties in de Oosterschelde.

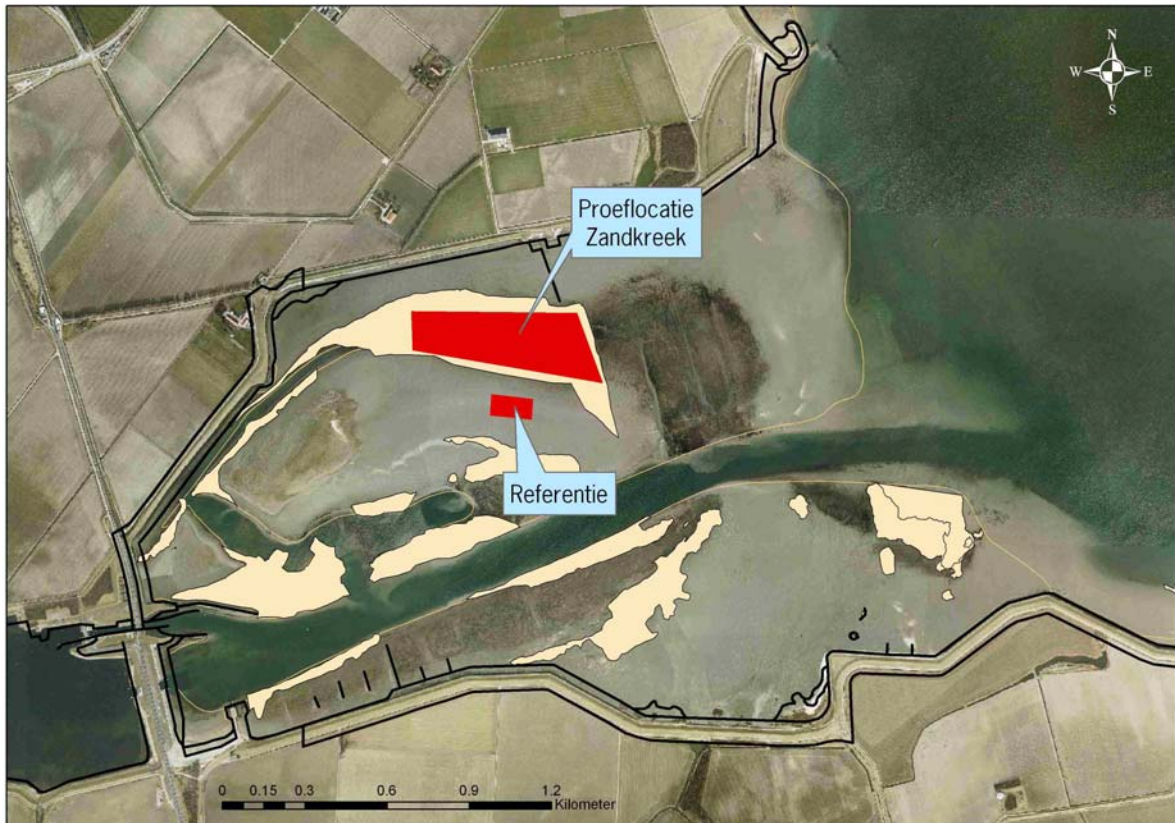
Locatie	Diepte		Oppervlakte (ha)
	gemiddeld	St. Dev.	
Zilverput	-2,51	0,26	12,49
Zilverput referentie	-3,18	0,10	1,99
Marollegat	-4,05	0,55	12,49
Marollegat referentie	-3,64	1,06	1,98
Zandkreek	-1,11	0,31	12,49
Zandkreek referentie	-0,15	0,10	1,13
Vondelingsplaat	-1,20	0,27	12,50
Vondelingsplaat referentie	-1,17	0,10	2,70

Tabel 2: Coördinaten van de hoekpunten van de proeflocaties en de bijbehorende referentielocaties (WGS 84)

	Oosterlengte	Noorderbreedte
Zilverput	4°13,101'	51°28,216'
	4°12,751'	51°28,265'
	4°12,746'	51°28,450'
	4°13,116'	51°28,353'
Zilverput referentie	4°12,945'	51°28,567'
	4°12,902'	51°28,651'
	4°13,010'	51°28,665'
	4°13,045'	51°28,583'
Marollegat	4°11,562'	51°28,894'
	4°11,144'	51°29,008'
	4°11,237'	51°29,125'
	4°11,646'	51°29,009'
Marollegat referentie	4°10,847'	51°28,970'
	4°10,681'	51°28,974'
	4°10,681'	51°29,028'
	4°10,848'	51°29,026'
Zandkreek	3°52,739'	51°33,197'
	3°52,732'	51°33,273'
	3°53,254'	51°33,277'
	3°53,339'	51°33,141'
Zandkreek referentie	3°53,116'	51°33,066'
	3°52,987'	51°33,072'
	3°52,989'	51°33,113'
	3°53,120'	51°33,105'
Vondelingsplaat	3°56,228'	51°34,041'
	3°56,306'	51°34,092'
	3°56,696'	51°34,025'
	3°56,769'	51°33,849'
	3°56,610'	51°33,828'
	3°56,534'	51°33,952'
Vondelingsplaat referentie	3°56,173'	51°33,893'
	3°56,123'	51°33,845'
	3°55,940'	51°33,915'
	3°55,989'	51°33,966'

### 3.3.1 Zandkreek

De Zandkreek is gelegen tussen Noord- en Zuid Beveland, ten oosten van het Veerse Meer (Figuur 7). De proeflocatie bevindt zich aan de noordzijde, vlak onder Noord-Beveland. In de lengterichting van de oesterbank loopt een geultje (Figuur 8). Tussen de oesters ligt een laag slik. Deze laag wordt steeds dikker naarmate men dichter bij het geultje komt (Baptist, 2005). Aan de oostkant is de oesterbank scherp begrensd door een mosselperceel (Figuur 8). De activiteiten van de mosselvisser op de percelen hebben er waarschijnlijk voor gezorgd dat de bank zich niet verder in oostelijke richting heeft kunnen uitbreiden. De proeflocatie ligt op een gemiddelde diepte van 1,1 meter onder NAP en valt gemiddeld 18% van de tijd droog. De referentie locatie ligt hoger (0,15 meter onder NAP) en valt gemiddeld 46% van de tijd droog.



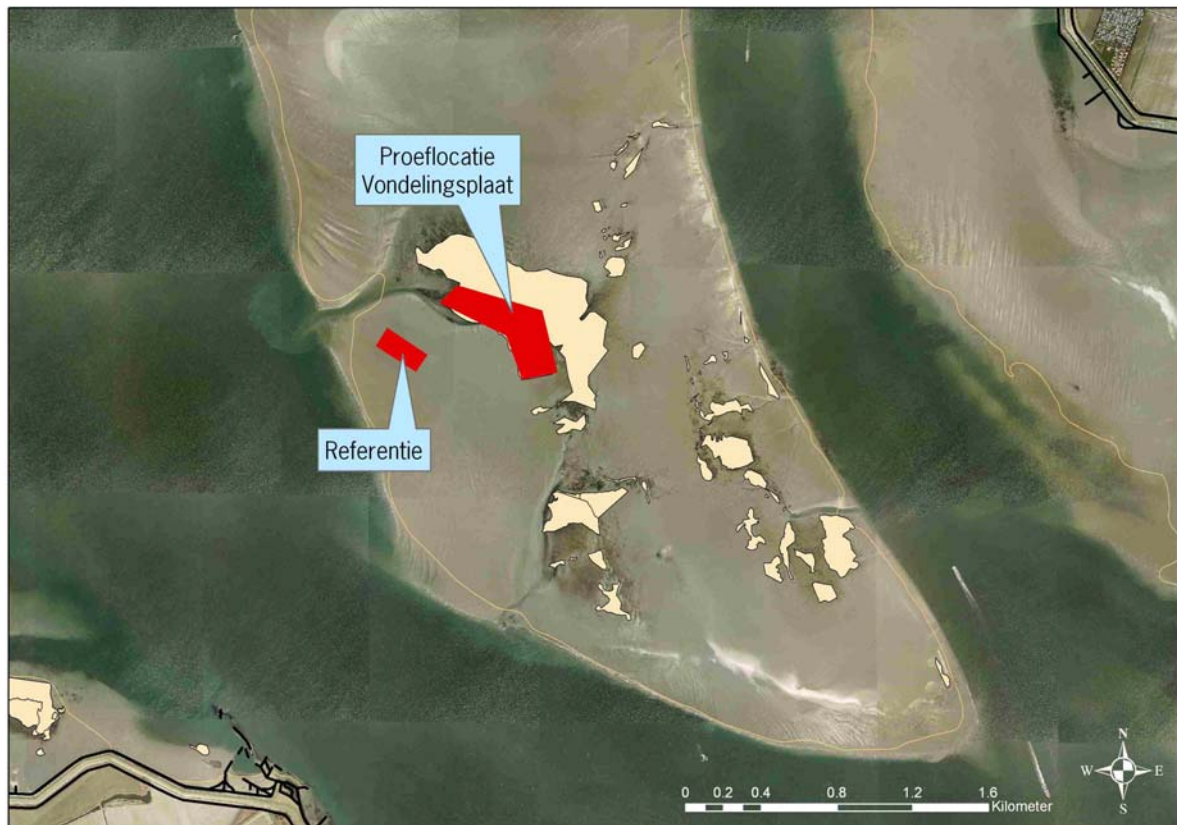
*Figuur 7: Detail proef- en referentielocatie Zandkreek.*



*Figuur 8: Luchtfoto proeflocatie Zandkreek. Opname is genomen vanuit het zuiden. Contouren rechts van de proeflocatie zijn zaaisporen van mosselvisserij. Ook duidelijk is het geultje te zien dat in de lengterichting van de bank loopt (Foto: J. Wijsman)*

### 3.3.2 Vondelingsplaat

De Vondelings/Galgenplaat bevindt zich tussen Noord-Beveland en Tholen (Figuur 9). De plaat bestaat uit een noordelijk deel (Vondelingsplaat) en een zuidelijk deel (Galgenplaat). De plaat wordt aan de westkant begrensd door het Engels Vaarwater en aan de oostzijde door het Brabants Vaarwater. Ook door deze oesterbank op deze proeflocatie loopt een geultje wat suggereert dat deze bank ook, net als de oesterbank op de Zandkreek, is ontstaan langs de randen van de geul (Figuur 10). De gemiddelde diepte van de proeflocatie op de Vondelingsplaat is 1,2 meter onder NAP en heeft een droogvalduur van 17%. De referentielocatie op de Vondelingsplaat heeft een vergelijkbare hoogteligging (1,2 meter onder NAP) en droogvalduur (17%). Het sediment tussen de oesters op de Vondelingsplaat is veel zandiger dan op de Zandkreek (Baptist, 2005).



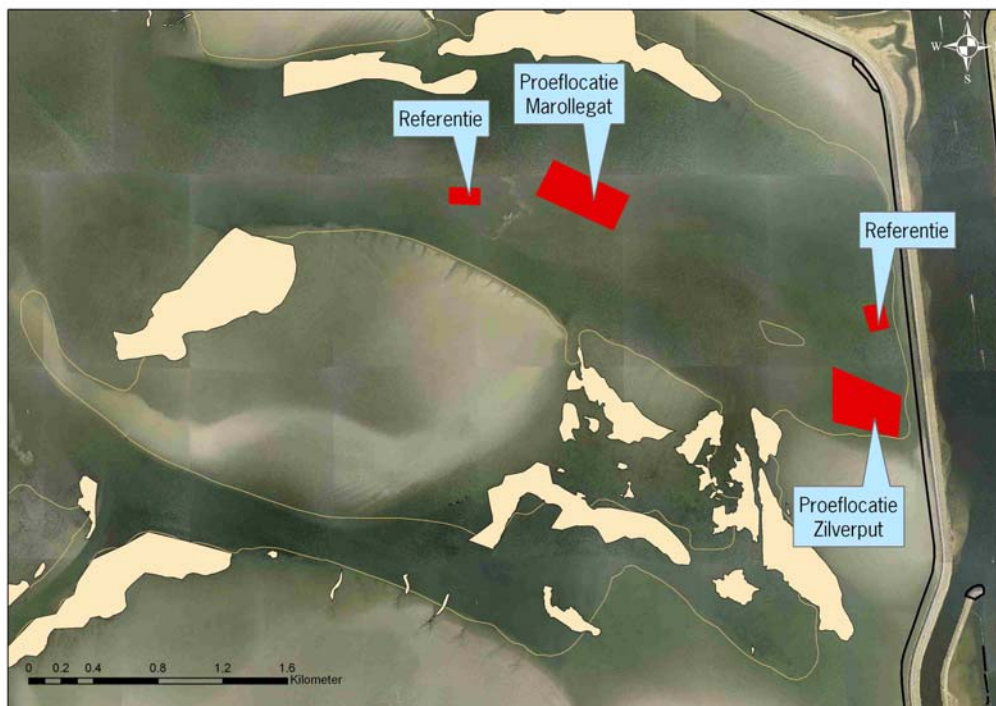
*Figuur 9: Detail proef- en referentielocatie Vondelingsplaat.*



*Figuur 10: Luchtfoto proeflocatie Vondelingsplaat. Foto is genomen vanuit het westen (foto: M. van Stralen)*

### 3.3.3 Marollegat

De sublitorale banken Marollegat en Zilverput liggen in de kom van de Oosterschelde, in de buurt van de Oesterdam (Figuur 11). In de buurt van de proeflocaties liggen ook commerciële oesterpercelen (Figuur 5). De gebieden behoren tot de zogenaamde "vrije gronden" waar onder andere door oesterkwekers regelmatig wordt gevestigd op oesters voor de kweek of verkoop. De proeflocatie Marollegat ligt op een gemiddelde diepte van ongeveer 4 meter. De zuidoost zijde van de plot is dieper met een maximale diepte van 6 meter onder NAP. De referentie locatie ligt 350 meter ten westen van de proeflocatie op een gemiddelde diepte van 3,6 meter onder NAP aan de rand van een geul. De zuidwest zijde van de plot ligt gedeeltelijk de geul in en is op zijn diepste punt ruim 11 meter onder NAP.



*Figuur 11: Detail proef- en referentielocaties Zilverput en Marollegat.*

### 3.3.4 Zilverput

De proeflocatie zilverput ligt tegen de Oesterdam aan op een diepte van ongeveer 2,5 meter onder NAP. De referentielocatie ligt ruim 300 meter ten noorden van de proeflocatie en ligt iets dieper (3,2 meter onder NAP). Hoewel de locatie sublitoraal is (beneden de laagwaterlijn) is het mogelijk dat de zuidzijde van de proeflocatie, die op een diepte van 2 meter beneden NAP ligt zo nu en dan droog komt te liggen tijdens extreem laag water (combinatie van sterke oostenwind en springtij). In 2007 was de minimale gemeten waterstand bij Bergse diepsluis west 2 meter 31 beneden NAP. Alles tussen de 2 meter en 2,2 meter dieptelijn is in heel 2007 tussen de 1,5 en 17 uur drooggevallen (data: [www.waterbase.nl](http://www.waterbase.nl)).

### 3.3.5 Stortlocaties

Er zijn twee stortlocaties aangewezen. De stortlocatie Lodijkse gat in de kom ligt op een diepte van 17 meter beneden NAP. De stortlocatie Middelplaat ligt ten oosten van de Vondelingsplaat en ligt op een diepte van 9 meter beneden NAP (Tabel 3). De hoekpunten van de stortlocaties zijn door Rijkswaterstaat gemarkeerd met boeien (Tabel 4). In beide stortlocaties is ook een stortboei geplaatst. De weggeviste oesters zijn zoveel mogelijk in de buurt van deze stortboeien gestort, teneinde de oesters zoveel mogelijk op een hoop binnen de stortlocatie te storten. Dit moest het verstikken van de oesters bevorderen.

*Tabel 3: Gemiddelde diepte en standaarddeviatie (m t.o.v. NAP) en oppervlakten (ha) van de stortlocaties Middelplaat en Lodijkse gat in de Oosterschelde.*

Stortlocatie	Diepte		Oppervlakte (ha)
	Gemiddeld	St. Dev.	
Lodijkse gat	-17,02	1,42	12,50
Middelplaat	-8,95	2,16	12,52

Tabel 4: Coördinaten van de hoekpunten van de stortlocaties en de stortboeien (WGS 84)

Stortlocatie	Oosterlengte	Noorderbreedte
Lodijkse gat	4°07,756'	51°30,567'
	4°07,581'	51°30,488'
	4°07,329'	51°30,707'
	4°07,504'	51°30,786'
Stortboei	4°07,510'	51°30,620'
Middelplaat	4°00,302'	51°32,483'
	4°00,210'	51°32,360'
	3°59,819'	51°32,474'
	3°59,910'	51°32,597'
Stortboei	3°59,920'	51°32,480'

## 4 Monitoringsprogramma

### 4.1 Monitoringsplan

Om de effectiviteit van de bevissing te kunnen meten en de ecologische en morfologische effecten te kunnen beoordelen zijn er bij dit onderzoek metingen gedaan op de proef- en referentielocaties aan diverse toestandsvariabelen:

- Oesterbestand
- Sediment samenstelling
- Bodemfauna
- Vogels
- Morfologie

Het monitoringsprogramma is onderverdeeld in vijf fasen ( $T_0$ ,  $T_1$ ,  $T_2$ ,  $T_3$  en  $T_4$ ). Niet iedere variabele is tijdens iedere fase gemeten. In Tabel 5 wordt een overzicht gegeven van de activiteiten die zijn uitgevoerd tijdens de verschillende fasen:

- $T_0$ : jan/feb 2006, uitgangssituatie voor het wegvissen
- $T_1$ : mei 2006, situatie direct na het wegvissen
- $T_2$ : augustus 2006, gericht op condities voor vestiging van bodemdieren
- $T_3$ : februari 2007, gericht op nieuwe broedval bodemdieren
- $T_4$ : februari 2008, gericht op lange termijn herstel

Naast deze monitoring op de proeflocaties is er tijdens de proef ook gemonitord op de stortlocaties Lodijkse Gat en Middelpaalt. Het doel van deze monitoring is de effectiviteit van het afsterven van de oesters te meten.

*Tabel 5: Overzicht van de activiteiten die zijn uitgevoerd binnen het monitoringsprogramma van dit project (x= uitgevoerd; - = geen meting).*

	Oesters	stortlocatie	sediment	bodemdieren	vogels	morfologie
$T_0$	x	-	x	x	x	x
$T_1$	x	x	-	-	-	x
$T_2$	-	x	x	-	-	-
$T_3$	x	x	x	x	x	x
$T_4$	x	x	x	x	x	x

#### 4.1.1 $T_0$ meting

Het doel van de  $T_0$  meting was de uitgangssituatie in kaart te brengen en een schatting te maken van de hoeveelheid oesters die er zouden kunnen worden weggevisst van de proeflocaties. De  $T_0$  meting is uitgevoerd van 24 januari tot en met 30 januari 2006 met de Ye-25. Tijdens de  $T_0$  meting heeft er geen bemonstering van oesters plaatsgevonden op de stortlocaties. Bij de  $T_0$  meting is er een schatting gemaakt van het oesterbestand, de sedimentsamenstelling en de bodemdiersamenstelling zowel binnen als buiten (referentiegebieden) de oesterbank. Ook is er gekeken naar het gebruik van de oesterbank door vogels. De vogeltellingen in het kader van de  $T_0$  metingen zijn uitgevoerd op 23 januari en 3 februari 2006 op de Vondelingsplaat en op 18 en 23 januari 2006 op de Zandkreek. Op de sublitorale locaties, Marollegat en Zilverput zijn geen vogeltellingen uitgevoerd. Op de Vondelingsplaat en de Zandkreek zijn er morfologische metingen uitgevoerd in februari 2006.

#### 4.1.2 $T_1$ meting

Het doel van de  $T_1$  meting is een beeld te krijgen van de effectiviteit van het wegvissen van de Japanse oesters. Op de stortlocaties is gekeken wat de overleving is van de weggevisste oesters. Op 4 en 5 mei 2006 is er in het kader van de  $T_1$  meting een bemonstering uitgevoerd op de stortlocaties. Op de proeflocaties en de referentielocaties is de  $T_1$  meting uitgevoerd van 7 tot en met 9 augustus 2006. Morfologische metingen op de Vondelingsplaat en de Zandkreek zijn uitgevoerd in april 2006.



#### 4.1.3 T<sub>2</sub> meting

Tijdens de T<sub>2</sub> meting heeft er geen bemonstering plaatsgevonden van de oesterbiomassa op de proeflocaties. De reden hiervan is dat de T<sub>1</sub> en de T<sub>2</sub> meting relatief kort op elkaar zijn uitgevoerd. Het is niet te verwachten dat er veel is veranderd met het bestand aan oesters. Er is in het gebied niet meer gevist en eventuele broedjes zijn nog niet uitgegroeid tot meetbare afmetingen. Tijdens de T<sub>2</sub> meting zijn er wel monsters genomen om de sediment kwaliteit (korrelgrootte verdeling, droge stof, organische stof en totaal organisch koolstof) te bepalen. Dit kan van belang zijn voor de broedval. Naast de sedimentmetingen op de proeflocaties is er tijdens de T<sub>2</sub> meting ook bemonsterd op de stortlocaties. Deze metingen zijn uitgevoerd van 7 tot en met 9 augustus 2006..

#### 4.1.4 T<sub>3</sub> meting

De T<sub>3</sub> meting is voornamelijk gericht op het herstel van de bodemdierpopulatie. Er is gekeken hoeveel oesterbroed er op de beviste locaties is gevallen (2 t/m 6 februari 2007). Dit is vergeleken met de oesterbroedval op de referentiegebieden. Voor de gestorte oesters op de stortlocatie Lodijkse Gat is een schatting gemaakt van de overleving. De oesters op de stortlocatie Middelpaalt zijn niet meer bemonsterd omdat daar inmiddels visserij heeft plaatsgevonden door schelpenvissers. De bodemdiersamenstelling, alsmede de fysische bodemkarakteristieken zijn verzameld en geanalyseerd. Op de litorale gebieden is gekeken naar het gebruik van de (weggeviste) oesterbank plaat door vogels (december 2006). Er is besloten om ook voor de T<sub>3</sub> morfologische metingen uit te voeren. Op de Vondelingsplaat en de Zandkreek zijn ook bodemhoogtemetingen uitgevoerd om de morfologische effecten in kaart te brengen.

#### 4.1.5 T<sub>4</sub> meting

De T<sub>4</sub> meting is voornamelijk gericht op het herstel van de beviste locaties op langere termijn (2 jaar na bevissing). Voor oesters, sediment en bodemdieren bemonsteringen op de Vondelingsplaat en Zandkreek uitgevoerd op 11 en 12 februari, voor de locaties Zilverput en Marollegat, alsmede de stortlocatie Lodijkse gat zijn de bemonsteringen uitgevoerd op 20 en 21 februari. De oesters op de stortlocatie Middelpaalt zijn tijdens de T<sub>3</sub> en de T<sub>4</sub> meting niet meer bemonsterd omdat daar inmiddels visserij heeft plaatsgevonden door schelpenvissers. De laagwatertellingen van de vogels zijn uitgevoerd op 13 februari 2008 in de Zandkreek en op 23 februari 2008 op de Vondelingsplaat. Bodemhoogtes zijn gemeten in maart 2008 in de Zandkreek en april 2008 op de Vondelingsplaat.

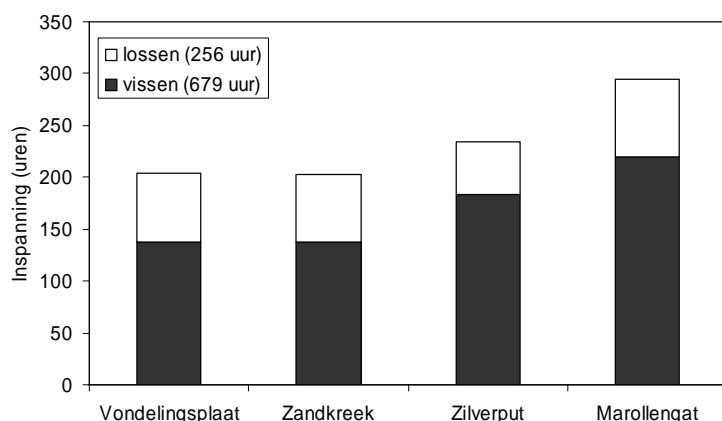
## 5 Wegvissen

### 5.1 Uitvoering

De bevissing heeft plaatsgevonden tussen 27 februari en 5 april 2006 en is uitgevoerd door de Zeeuwse mosselvloot. Voorafgaand aan de visserij heeft een uitgebreide instructie plaatsgevonden van de deelnemende vissers. De verantwoordelijkheid voor de uitvoering van de visserij heeft de sector op zich genomen. Per te bevissen locatie is een coördinator aangewezen met als taak de visserij te organiseren (wie is wanneer aan de beurt) en als contactpersoon met het onderzoek. Vangst en inspanningsgegevens zijn ingezameld via het kantoor van de PO-mosselcultuur in Yerseke. De voortgang van de visserij is wekelijks geëvalueerd, waarbij afhankelijk van de voortgang van de visserij het visplan (inzet van schepen op de verschillende locaties) kon worden bijgesteld.

### 5.2 Inspanning

De Vondelingsplaat is bevestigd door vissers uit Bruinisse en Tholen, de Zandkreek door vissers uit Zierikzee en Bruinisse en de locaties Marollegat en Zilverput zijn bevestigd door vissers uit Yerseke. In totaal is er door de vissers bijna 680 uur (Figuur 12) gevist (netto vistijd). De meeste inspanning is geleverd in het Marollegat, waar 220 uur is gevist. Het lossen van de oesterschelpen bleek vaak niet eenvoudig doordat klonten aan elkaar vastgegroeide oesters bleven steken voor de spoelpoorten waardoor deze verstopt raakten. Om het lossen eenvoudiger te maken zijn de ruimen later minder vol gevist. In totaal is er bijna 260 uur besteedt aan het lossen van de oesters op de stortlocaties. Gemiddeld zijn er per hectare 20 booturen besteedt (vissen + lossen). Vanwege het tijt kon er, vooral op de litorale banken, niet de hele dag gevist worden. Per hectare zijn er gemiddeld 3,5 bootdagen besteedt aan inspanning.



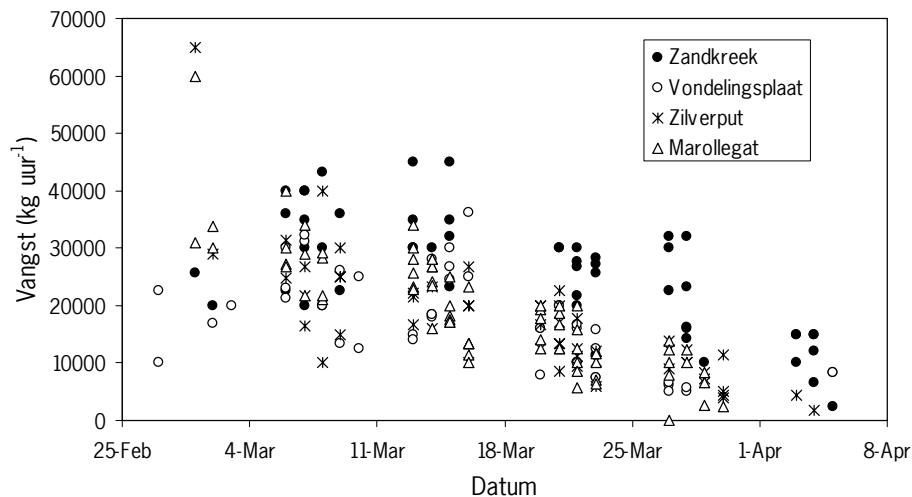
*Figuur 12 Inspanning van de mosselvloot bij het wegvissen van de oesters op de verschillende proeflocaties*

### 5.3 Kosten

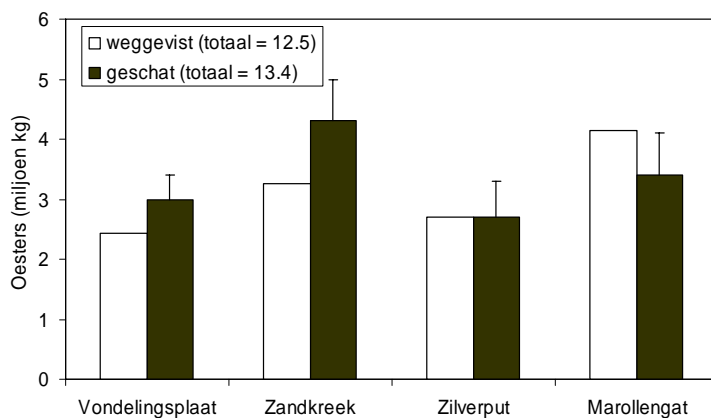
De kosten voor het wegvissen zijn geschat tussen € 300 000 en € 320 000. Daarbij is uitgegaan van het interne kostentarief voor de inzet van schepen zoals die door de PO mosselcultuur wordt gehanteerd voor bijvoorbeeld het collectief opvissen van mosselzaad (€ 1 900 dag<sup>-1</sup>). Het eerste bedrag is berekend uit het door de vissers opgegeven aantal visuren, het aantal uren dat is gelost en een geschatte vaartijd tussen de haven van vertrek en de vis- en stortlocaties van 2 maal 1 uur. Omgerekend komt dit overeen met 159 volledig benutte visdagen van 8 uur. Bij de visserij op droogvallende platen kan vaak echter maar een deel van de dag worden benut. Dit verklaart waarom het werkelijk aantal opgegeven visdagen (170) dan ook wat hoger is. Van deze 170 visdagen is op 53 visdagen door het betreffende schip 2 maal is gevist en gelost. De tweede kostenraming is op deze laatste gegevens gebaseerd.

## 5.4 Effectiviteit

Door het wegvissen van de oesters nam de effectiviteit van het vissen af (Figuur 13). In de eerste week waren de gemiddelde vangsten nog 28 000 kg per uur en in de laatste week waren de gemiddelde vangsten nog maar 9 500 kg per uur. In totaal is er door de mosselsector 12,5 miljoen kg oesters weggevangen (Figuur 14). Dit is ongeveer 1 miljoen kg minder dan de bestandsgrootte op de proefvakken zoals die is ingeschat tijdens de  $T_0$  meting (zie paragraaf 6.2.2). De meeste oesters zijn weggevist in het Marollegat, waar ook de grootste inspanning is geleverd. Op de Vondelingsplaat en de Zandkreek is ongeveer 25% minder weggevist dan is geschat tijdens de  $T_0$  meting (zie paragraaf 6.2.2).



Figuur 13: Verloop van de vangsten per uur vissen over de tijd voor de verschillende locaties



Figuur 14: Totale hoeveelheden oesters weggevist en het tijdens de  $T_0$  meting geschatte bestand (met standaardfout) op de verschillende locaties (zie paragraaf 6.2.2).

Inspectie na de bevissing tijdens laag water vanuit de lucht en op de plaat zelf echter gaf aan dat er op de slibrijke Zandkreek (Figuur 15 en Figuur 16) weinig schelpresten te vinden waren na de bevissing. Op de Vondelingsplaat is er een laag met schelpenresten achtergebleven (Figuur 17 en Figuur 18). De Vondelingsplaat is een zandige plaat, waarin mosselkorren, maar ook de voor de bemonsteringen gebruikte knijper maar moeilijk penetreren. Door het vissen zijn de boven de bodem uitstekende schelpen weggeschraapt. Oesters die in de bodem zaten verankerd zijn daar tijdens het vissen uitgetrokken of afgebroken waarbij er schelpresten zijn blijven zitten. Nog levende oesters zijn na de visserij nauwelijks meer aangetroffen op de proeflocaties.



*Figuur 15: Overzichtsfoto proeflocatie Zandkreek na bevissing vanuit de lucht. De contouren van de proeflocatie zijn in het oranje aangegeven (foto J. Wijsman).*



*Figuur 16: Foto van de Zandkreek na het bevissen. Duidelijk is een visspoor te zien (foto: J. Schot).*



*Figuur 17: Foto van de Vondelingsplaat na bevissing. Er is een overgang te zien tussen niet bevist (links) en bevist (rechts) (foto: E. van Zanten).*



*Figuur 18: Detail van een deel van de oesterbank op de Vondelingsplaat na bevissing. Te zien zijn de in de bodem verankerde oesterschelpen waarvan de boven de bodem uitstekende delen zijn afgemaaid (foto: E. van Zanten).*

## 5.5 Breuk

Voor het storten van gebroken oesters is, in tegenstelling tot het storten van hele oesters, een vergunning in het kader van de Wet verontreiniging oppervlaktewateren (Wvo) nodig. Er is daarom onderzocht wat het breukpercentage was van de oesters als gevolg van het wegvissen.

In de planning van het onderzoek was ook opgenomen de vangsten steekproefsgewijs op breuk te onderzoeken door het nemen van monsters. Om technische redenen heeft dit pas na de visserij plaatsgevonden. Daarbij zijn twee oesterbanken bevestigd met een mosselkor, op dezelfde manier als tijdens de wegvisproef. Deze bemonstering heeft eind mei plaatsgevonden met de YE-60 en YE-26 waarbij respectievelijk in het Marollegat en op de Kraaier is gevestigd. De oesterbank op de Kraaier is daarbij vergelijkbaar met de oesterbank zoals bevestigd op de Vondelingsplaat. Van de gevangen levende oesters in het Marollegat bleek in totaal 5% te zijn beschadigd, waarvan 4% als licht en 1% zwaar (letaal) beoordeeld. Voor de Kraaier zijn deze percentages 12%, waarvan 5% licht en 7% zwaar. De lichte beschadigingen bestaan vooral uit het afbreken van stukjes schelp van de groeirand. Dit herstelt in het algemeen en leidt uiteindelijk tot slechts een wat gedrongener groei van de schelp<sup>1</sup>. Zwaar beschadigde oesters (scherf uit of barst in de schelp) zijn op zich nog levensvatbaar en blijken zich soms te kunnen herstellen. Zwaar beschadigde oesters zijn echter kwetsbaar voor met name krabben en sterven daardoor in het algemeen af.

Tijdens de bevissing is aan de vissers ook gevraagd een schatting te geven van de breukpercentages. Breukpercentages in de vangst tijdens de visserij zijn geschat op waarden tussen vrijwel nihil en 15% (schatting door deelnemende vissers). Uitgaande van de opgegeven ranges ligt het gemiddelde breukpercentage tussen 4 en 8%. Het gemiddelde breukpercentage op de Vondelingsplaat ligt daarbij wat hoger (tussen 7% en 11%) dan in de overige gebieden (3%-6%). Zoals al eerder besproken hangt dit samen met het relatief vast staan van oesters in de bodem op de Vondelingsplaat, waardoor deze zich minder eenvoudig laten opscheppen door een passerende mosselkor.

---

<sup>1</sup> In de oesterkweek worden oesters juist vaak bewerkt om dit soort beschadigen te veroorzaken, waardoor uiteindelijk een mooiere gevormde meer kuipvormige schelp ontstaat.

## 6 Oesterbestanden en broedval op proef- en referentielocaties

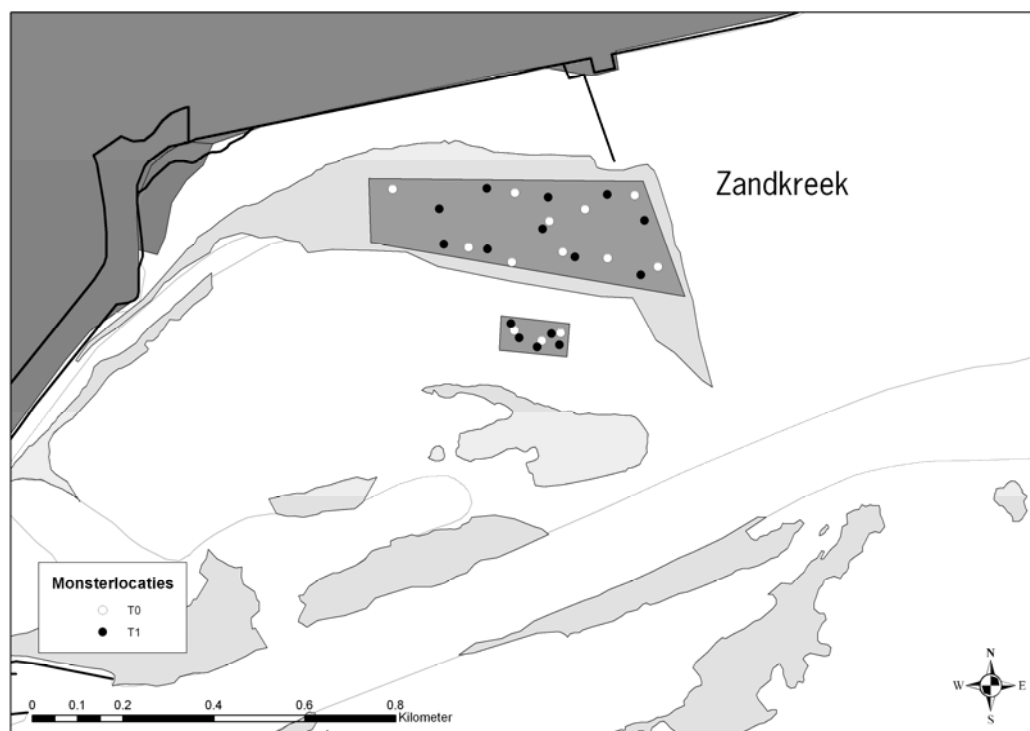
### 6.1 Inleiding

De oestermonitoring op de proeflocaties en de referentielocaties die is uitgevoerd in het kader van dit onderzoek had twee doelen. (1) Om de effectiviteit van het wegvissen te kunnen bepalen zijn de oesterbestanden op de proef en referentielocaties vóór ( $T_0$ ) en ná de bevissing ( $T_1$ ) bepaald. (2) Om een inschatting te kunnen maken van het herstel van de oesterbank zijn 1 jaar na de bevissing ( $T_3$ ) en 2 jaar na de bevissing ( $T_4$ ) monsters genomen om de broedval te kwantificeren.

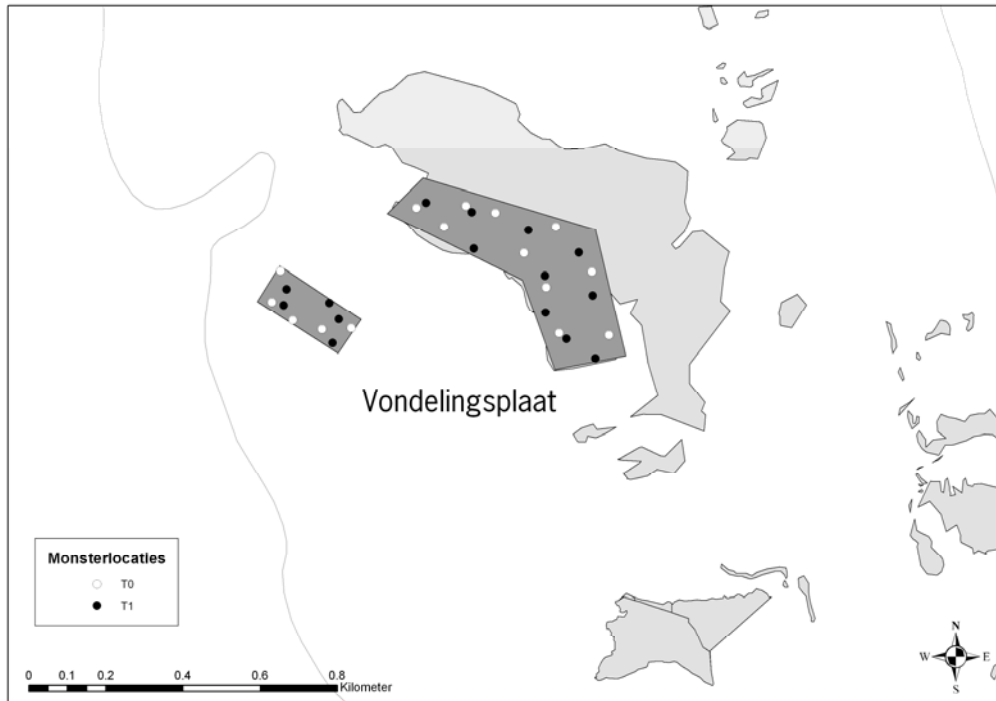
### 6.2 Oesterbestanden

#### 6.2.1 Aanpak

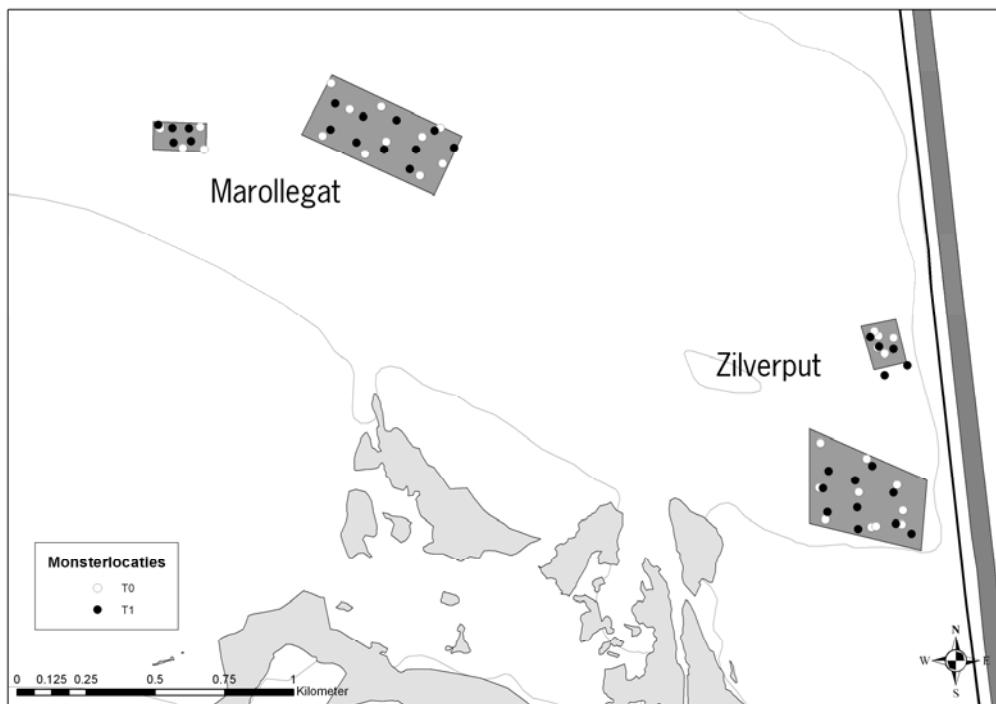
Om het bestand aan oesters op de proeflocaties te kunnen schatten is voorafgaand aan de bevissing ( $T_0$ ) en na de bevissing ( $T_1$ ) een bemonstering uitgevoerd met een open knijperbak (Figuur 22). Met de knijperbak wordt in een keer een bodemoppervlak van ongeveer  $1 \text{ m}^2$  relatief ongestoord aan boord gezet. Op de proeflocaties zijn 10 happen genomen, willekeurig verdeeld binnen het gebied. In de kleinere referentiegebieden zijn 5 happen genomen. De exacte locatie van de happen is geregistreerd met behulp van een positiebepalingssysteem (Figuur 19 tot Figuur 21). De inhoud van de knijper is aan boord uitgestort en schoongespoeld op een schudzeef (Figuur 22). Levende oesters zijn gescheiden van het dode schelpenmateriaal en gewogen. Steekproefsgewijs is ook het vleesgewicht van de oesters bepaald.



*Figuur 19: Bevist gebied (noord) en referentie gebied (zuid) en monsterlocaties op de Zandkreek voor bepaling oesterbestanden ( $T_0$  en  $T_1$ ).*



*Figuur 20: Bevist gebied (oost) en referentie gebied (west) en monsterlocaties in de Vondelingsplaat voor bepaling oesterbestanden ( $T_0$  en  $T_1$ ).*



*Figuur 21: Beviste gebieden (grote vlakken) en referentie gebieden (kleine vlakken) en monsterlocaties in het Marollegat en de Zilverput voor bepaling oesterbestanden ( $T_0$  en  $T_1$ ).*





*Figuur 22: Oesters worden vanuit de knijperbak op de schudzeef gestort (foto: J. Wijsman)*

### 6.2.2 Resultaten $T_0$

In totaal was er voor de bevissing ( $T_0$  meting) 13,4 miljoen kg (st. fout = 1,4 miljoen kg) aan oesters (levend + schelpresten) aanwezig op de proeflocaties (Tabel 6). Slechts 27% van de totale biomassa bestond uit levende oesters, terwijl de rest bestond uit schelpenresten. Deze schelpenresten leveren een belangrijk substraat voor het jonge oesterbroed om zich te kunnen vestigen. De meeste oesters zijn aangetroffen op de Zandkreek, maar de verschillen in biomassa tussen de proeflocaties waren niet significant ( $p=0,36$ ). Het gemiddelde soortelijk gewicht van de oesters is vastgesteld op  $612 \text{ kg m}^{-3}$  (bulk materiaal boven water) waardoor het totale volume aan materiaal dat dient te worden weggevisst kan worden geschat op een kleine  $22\,000 \text{ m}^3$ .

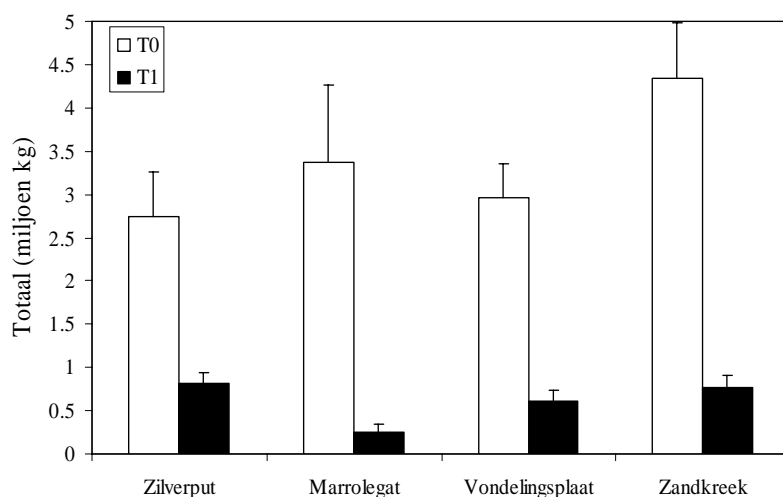
*Tabel 6: Overzicht van de oesters op de proefgebieden tijdens de  $T_0$  meting.*

Locatie	Opp. (ha)	Totaal (milj kg)	Levend (milj kg)	fractie levend	Volume ( $\text{m}^3$ )
Zilverput	12,5	2,7	0,61	0,23	4500
Marrolegat	12,5	3,4	0,51	0,15	5500
Vondelingsplaat	12,5	3	1,5	0,50	4800
Zandkreek	12,5	4,3	1	0,23	7100
Totaal	50	13,4	3,62	0,27	21900

### 6.2.3 Resultaten $T_1, T_2$

Na de bevissing zijn de levende oesters in proefgebieden vrijwel geheel verdwenen. Op de Zilverput en het Marrolegat zijn geen levende oesters aangetroffen en op de locaties Vondelingsplaat en Zandkreek was er respectievelijk slechts 0,011 en 0,009 miljoen kg levende oesters aanwezig wat overeenkomt met een gemiddelde biomassa van respectievelijk 0,09 en 0,08  $\text{kg m}^{-2}$ . Wel waren er nog aanzienlijk wat schelpenresten aanwezig op de proeflocaties. Op basis van de bemonsteringen is er geschat dat er op de locaties Zilverput, Marrolegat, Vondelingsplaat en Zandkreek respectievelijk nog 0,82, 0,25, 0,60 en 0,78 miljoen kg schelpenmateriaal aanwezig was. Dit materiaal bestond deels uit gebroken oesterschelpen, maar ook uit

schelpresten van andere schelpdieren. Op alle locaties is er sprake van een significante afname van zowel de totale schelpenbiomassa (Figuur 23) als van de levende schelpen ( $p < 0,05$ ).



Figuur 23: Totale biomassa (miljoen kg) Japanse oesters (levend + dood) op de proeflocaties zoals is aangetroffen tijdens de  $T_0$  (witte balken) en de  $T_1$  (zwarte balken). De foutenbalken geven de standaardfout aan.

#### 6.2.4 Effect op draagkracht

In totaal is er bij het experiment een enorme hoeveelheid aan oesters ( $22\ 000\ m^3$ ) weggevisd. Als men kijkt naar het geschatte totale oppervlakte aan oesterbanken (ongeveer 1500 ha, Geurts van Kessel *et al.*, 2003; Kater, 2003a; Kater *et al.*, 2002; Wijsman *et al.*, 2006), dan is er 3% van het totale areaal aan oesters weggevisd. Het is de vraag of het wegvissen van de oesters effect heeft gehad op de draagkracht van de Oosterschelde, en vooral hoeveel oesters zouden er moeten worden weggevisd om effect te kunnen hebben op de draagkracht (Wijsman *et al.*, 2006). Deze vraag is niet eenvoudig te beantwoorden omdat de draagkracht afhangt van verschillende factoren zoals potentiële voedselbeschikbaarheid (primaire productie, import van organisch materiaal) en concurrentie van andere grazers en verblijftijd van het water. Daarbij is er ook nog een ruimtelijke component die hierbij een rol speelt. Zo is er meer voedsel in het water in het westelijk deel van de Oosterschelde, en zijn ook de verblijftijden het kortst. In de kom van de Oosterschelde is de verblijftijd het grootst en is er minder voedsel beschikbaar. Ook zijn hier relatief meer oesters. In deze paragraaf wordt het effect op draagkracht geanalyseerd door uitsluitend te kijken naar de potentiële filtratiesnelheid van de oesters.

De draagkracht van de Oosterschelde kan worden gedefinieerd als de maximale hoeveelheid schelpdierbiomassa waarvoor binnen het systeem voedsel en ruimte aanwezig is (Geurts van Kessel *et al.*, 2003). Japanse oesters concurreren met de andere filtrerende schelpdieren zoals de mosselen en de kokkels om het beschikbare voedsel en een veranderende oesterbiomassa kan daarmee effect hebben op de groei van mossels en kokkels. De filtratiesnelheid door schelpdieren is te berekenen met de volgende formule (Kater, 2003a):

$$FR = B \cdot CR \cdot f \cdot C$$

Waarbij

$FR$	=	filtratie snelheid [ $m^3\ d^{-1}$ ]
$B$	=	biomassa van het bestand [g drooggewicht]
$CR$	=	clearance rate [ $l\ h^{-1}\ g\ drooggewicht^{-1}$ ]
$f$	=	fractie van dag waarin gefilterd wordt [-]
$C$	=	constante 0,024 ( $24 / 1000$ ) [-]

Door Kater (2003a) is op basis van literatuurgegevens een schatting gemaakt van een gemiddelde clearance rate van  $5,8\ l\ h^{-1}\ d^{-1}$ . Voor de litorale oesters kan worden verondersteld dat ze ongeveer 80% van de tijd kunnen filtreren (tijdens droogval kunnen ze niet filtreren). De sublitorale oesters vallen niet droog en kunnen de hele dag door filtreren. Uit de biomassa van het bestand aan oesters (in gram drooggewicht) kan op basis van bovenstaande formule de filtratie snelheid worden bepaald.

Uitgaande van een gemiddelde biomassa (dood en levend materiaal) van 0,27 miljoen kg per ha (Kater en Baars, 2003; Wijsman *et al.*, 2007) kan de totale biomassa in het litoraal worden geschat op 209 miljoen kg (Smaal *et al.*, 2005). Er is geen goede schatting van het bestand van oesters in de niet droogvallende gedeelten en op de dijklooiingen van de Oosterschelde. Door Kater *et al.* (2003a) en Geurts van Kessel *et al.* (2003) is het areaal sublitoraal geschat op 718 ha. Als er wordt aangenomen dat de sublitorale banken eenzelfde biomassadichtheid hebben als de litorale banken kan de totale biomassa (levende oesters en dode schelpresten) in het sublitoraal worden geschat op 194 miljoen kg. Het totale oesterbestand in de Oosterschelde is hiermee ongeveer 400 miljoen kg. In totaal is er tijdens de proef 12,5 miljoen kg oesters (levende oesters + dode schelpen) weggevisst (Wijsman *et al.*, 2006). Dit is ongeveer 3 % van de totale oesterbiomassa in de Oosterschelde. Het moet worden opgemerkt dat de schattingen voor de arealen oesterbanken gedateerd zijn (litoraal 2005 en sublitoraal 2002) en dat kan worden aangenomen dat de arealen intussen verder zijn toegenomen.

In deze studie is het percentage levende oesters in een oesterbank geschat op 27 % (Wijsman *et al.*, 2006). Dit percentage is niet representatief voor de Oosterschelde omdat voor de uitvoering van deze proef gericht is gezocht naar de oudere, dicht bezette oesterbanken. In een eerdere studie (Perdon en Smaal, 2000), gebaseerd op oesterbanken verspreid over de hele Oosterschelde, is het percentage levende oesters in een oesterbank geschat op 45%. Het droog vleesgewicht als percentage versgewicht is tijdens dezelfde studie bepaald op 1,8%. Op basis van deze getallen kan de biomassa oesters worden geschat op 1,69 miljoen kg drooggewicht in het litoraal en 1,57 miljoen kg drooggewicht in het sublitoraal. De bijbehorende filtratie snelheden zijn 188 miljoen m<sup>3</sup> d<sup>-1</sup> voor de litorale oesterbestanden en 219 miljoen m<sup>3</sup> d<sup>-1</sup> voor de sublitorale oesterbestanden. De totale filtercapaciteit van de oesters in de Oosterschelde is daarmee 407 miljoen m<sup>3</sup> d<sup>-1</sup> en komt overeen met eerdere schattingen (Troost *et al.*, 2008). Het totale volume van de Oosterschelde is 2,75 miljard m<sup>3</sup> (Nienhuis en Smaal, 1994), waardoor de oesters in staat zijn het totale volume van de Oosterschelde in 6,7 dagen te filtreren.

Uit eerdere berekeningen (Smaal *et al.*, 1986) is geschat dat de in de Oosterschelde aanwezige kokkels en mosselen het volume van de Oosterschelde in 4 à 5 dagen filtreren. Recentere schattingen van de filtratiecapaciteit van kokkels en mossels liggen lager vanwege de lagere bestanden en geven aan dat deze soorten verantwoordelijk zijn voor 1/3 van de totale filter capaciteit door schelpdieren. Japanse oesters zijn verantwoordelijk voor 2/3 van de filtratie capaciteit (Troost *et al.*, 2008). Het voedsel dat de Japanse oesters uit het water filtreren is niet meer beschikbaar voor de overige schelpdieren zoals de mosselen. In het geval dat alle oesters uit het Oosterschelde systeem zouden worden verwijderd zal de graasdruk op het voedsel afnemen waardoor de draagkracht voor ander schelpdieren zoals mossels en kokkels toe zal nemen. Halvering van het bestand aan Japanse oesters zou betekenen dat de potentie voor andere filtrerende schelpdieren zou verdubbelen. In welke mate het voedsel werkelijk ten goede zal komen aan de mosselen is niet op voorhand te zeggen en wordt onder andere bepaald door een scala van (vaak niet-lineaire) trofische voedselweb interacties en ruimtelijke patronen.

De hoeveelheid oesters die bij de proef zijn weggevisst hadden gezamenlijk een filtratiecapaciteit van 3.24 miljoen m<sup>3</sup> d<sup>-1</sup>. Dit is ongeveer een half procent van de totale filtercapaciteit van de schelpdieren (oesters, mossels en kokkels). Het is daarom niet te verwachten dat het experiment daarmee een significant effect heeft gehad op de draagkracht van de Oosterschelde.

## 6.3 Broedval

### 6.3.1 Voortplanting en broedval van Japanse oesters

De geslachten van Japanse oesters zijn gescheiden maar verschuift tijdens de ontwikkeling (Reise, 1998). De larven ontwikkelen zich aanvankelijk als mannelijke oester maar veranderen later in een vrouwelijke oester (Kater, 2003b). Japanse oesters kunnen in het eerste jaar al beginnen met voortplanten. De meeste Japanse oesters planten zich voor in juli en augustus (Diederich *et al.*, 2005), maar ook in juni en september kan er nogmaals voortplanting plaats vinden (Kater, 2003b). De voortplanting wordt voornamelijk door temperatuur bepaald. Voor populaties in Japan is de optimale temperatuur voor broedval 23-25 °C (Korringa, 1976), maar ook bij lagere temperaturen (15 °C; populaties in British Columbia, 18°C; populaties in Engeland) is voortplanting mogelijk (Diederich *et al.*, 2005). Een vrouwelijke oester produceert tussen de 1 miljoen en 100 miljoen eitjes per jaar (Kater, 2003b).

De bevruchting van de Japanse oesters vindt in de waterkolom plaats. Na bevruchting zweven de larven nog 21-30 dagen in het water alvorens ze zich vastzetten op een geschikt substraat (Diederich *et al.*, 2005). De larve metselt zich op een harde ondergrond vast, door zich met een soort 'cement' vast te zetten. Het middel waarmee

ze zich vastlijmen, is afkomstig uit een klier aan de basis van de net ontwikkelde voet. Oesterschelpen vormen doorgaans een goed substraat voor vestiging van oesters (Figuur 24). Als de jonge oester eenmaal vastzit kan het opgroeien tot volwassen oester beginnen. Jong oesterbroed groeit aanvankelijk als een soort korst over het substraat. Na enkele maanden richt de groeiende oester zich verticaal op de waterkolom in.

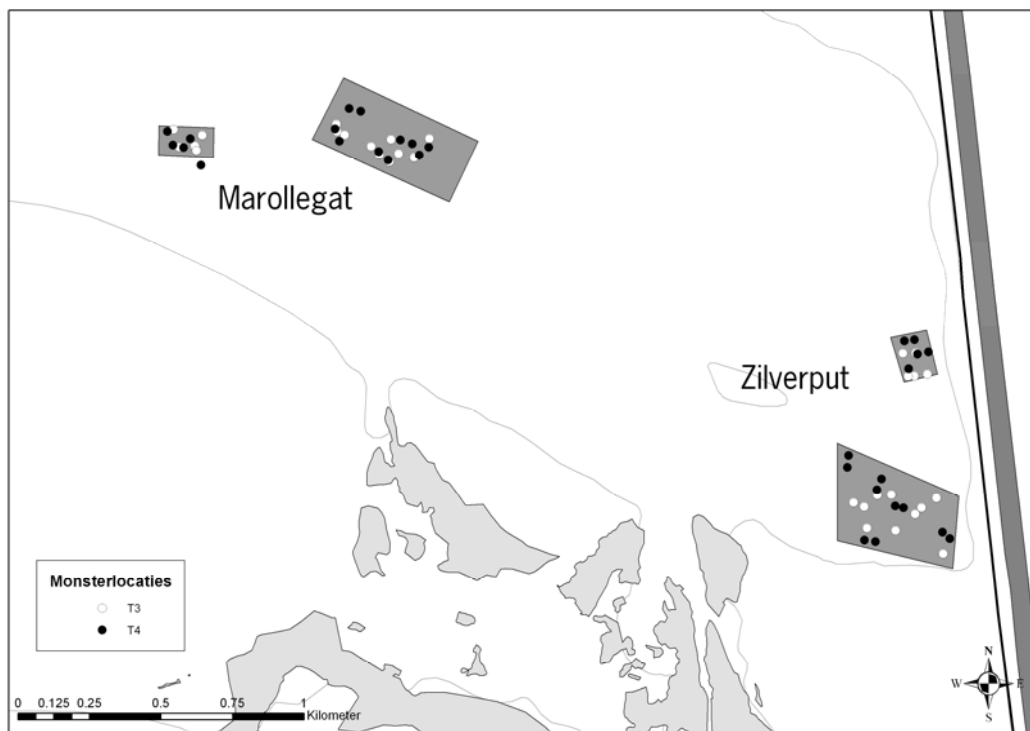


*Figuur 24: Oesterschelp met oesterbroedjes op de Zandkreek, januari 2007 (foto: J. Wijsman)*

### 6.3.2 Aanpak

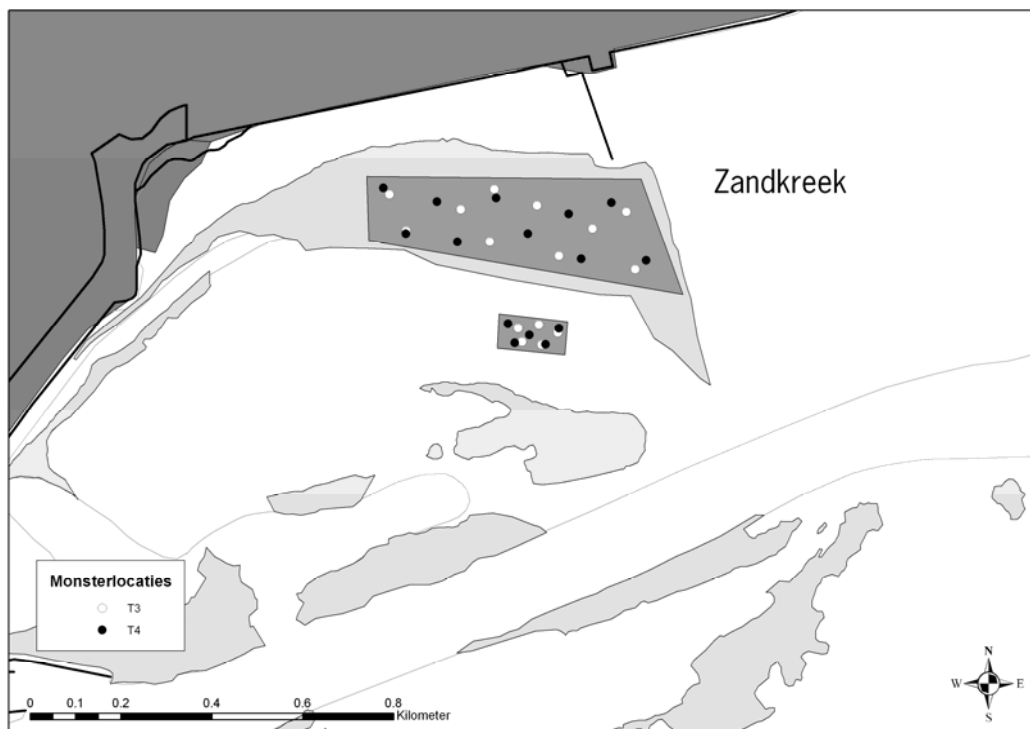
Het herstel van de oesterbank is afhankelijk van de broedval en de overleving van de oesterbroedjes. In februari 2007 ( $T_3$ ) en 2008 ( $T_4$ ) zijn monsters genomen om het aantal broedjes te kwantificeren. Op de proeflocaties zijn ieder jaar 10 locaties bemonsterd, willekeurig verdeeld binnen het gebied. In de kleinere referentiegebieden zijn ieder jaar 5 locaties bemonsterd.

De sublitorale locaties, Zilverput en Marollegat, zijn bemonsterd met de happer ( $1,062 \text{ m}^2$ ) aan boord van de Ye-25. De exacte locaties van de happen zijn geregistreerd met behulp van een positiebepalingssysteem en weergegeven in Figuur 25. Aan boord is een willekeurig deelmonster uit de happer genomen met een PVC ring (oppervlakte  $0,047 \text{ m}^2$ ). Het materiaal binnen de ring is verzameld en gezeefd over een 1 mm zeef.

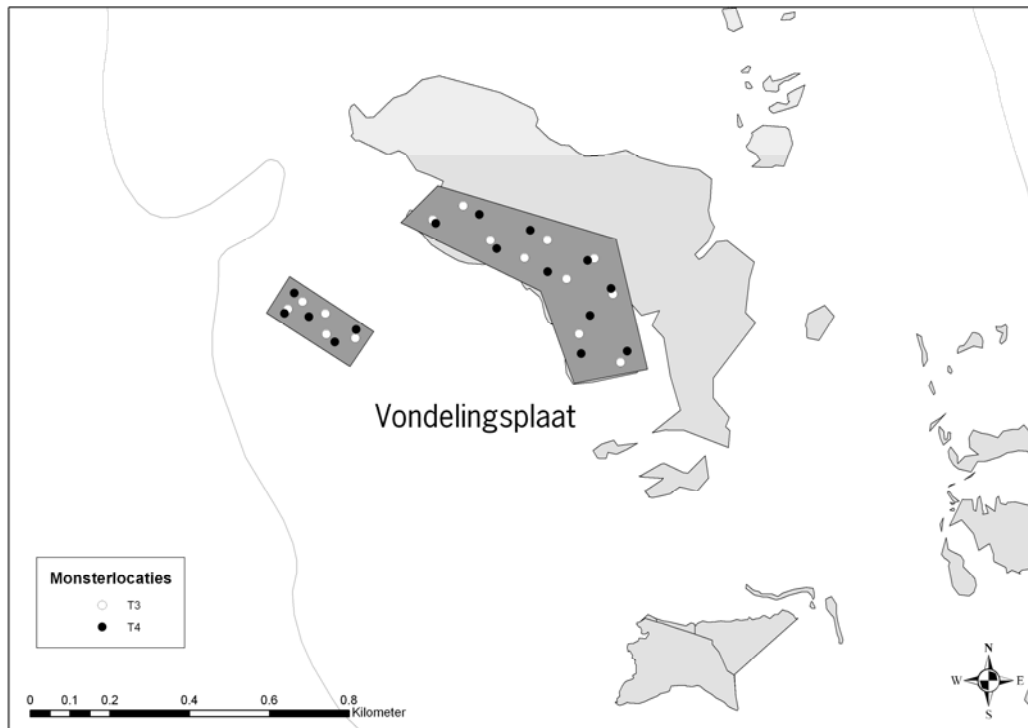


*Figuur 25: Locaties in het Marollegat en Zilverput die zijn bemonsterd voor broedval.*

Op de litorale locaties Zandkreek en Vondelingsplaat zijn de bemonsteringen te voet tijdens laag water uitgevoerd. De locaties zijn met behulp van GIS willekeurig verdeeld over de locaties uitgezet (Figuur 26 en Figuur 27). Op iedere locatie is een PVC ring (oppervlakte 0,047 m<sup>2</sup>) willekeurig neergelegd. Het materiaal binnen de ring is verzameld, gezeefd over een 1 mm zeef.



*Figuur 26: Locaties in de Zandkreek die zijn bemonsterd voor broedval*



*Figuur 27: Locaties op de Vondelingsplaat die zijn bemonsterd voor broedval.*

In het lab is het aantal broedjes dat is achtergebleven op de zeef geteld. In 2007 ( $T_3$ ) is het aantal 1+ broedjes (broedval zomer 2006) geteld. In 2008 ( $T_4$ ) is zowel het aantal 1+ broedjes (broedval zomer 2007) als het aantal 2+ broedjes (broedval zomer 2006) geteld. In 2008 is tevens de biomassa (gr versgewicht) van de 2+ broedjes bepaald. Omdat aangenomen wordt dat de beschikbaarheid van substraat ook een belangrijke rol speelt bij het broedval succes is ook de totale hoeveelheid materiaal dat is achtergebleven op de zeef (>1 mm) gewogen.

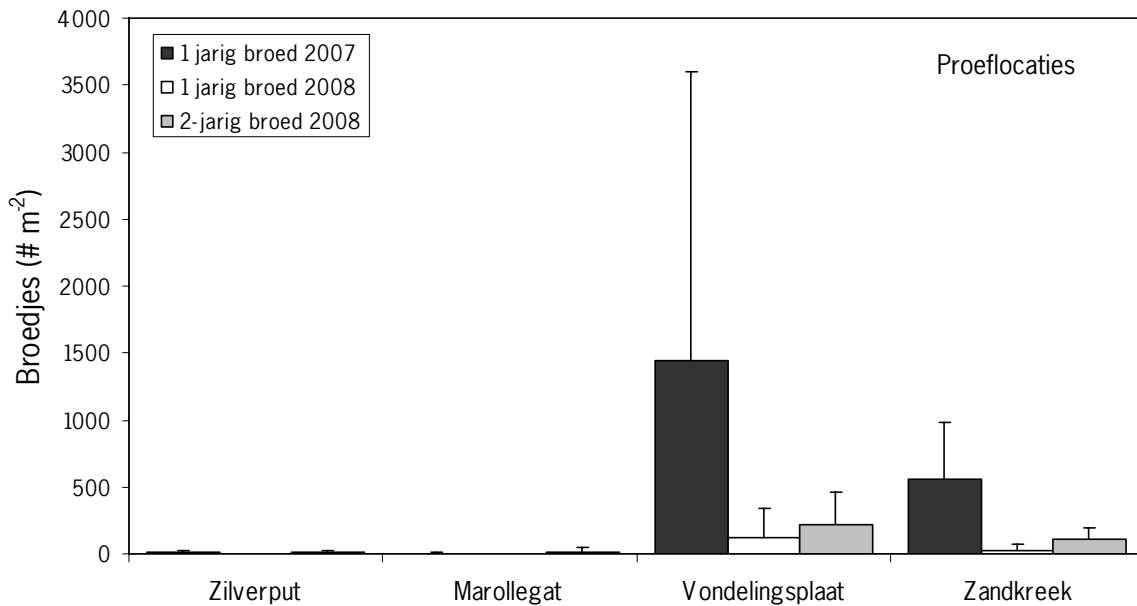
### 6.3.3 Resultaten

In 2007 is de hoeveelheid 1+ broedjes op de beviste locaties geschat op 503 (standaard deviatie 1211) broedjes per  $m^2$ . Dit was significant meer dan op de referentielocaties waar de gemiddelde dichtheid aan oesterbroedjes is geschat op 27 (standaard deviatie 61) broedjes per  $m^2$ . In 2008 zijn er aanzienlijk minder 1+ broedjes aangetroffen. Op de proeflocaties was de gemiddelde dichtheid 34 (standaard deviatie 118) broedjes per  $m^2$  en op de referentie locaties slechts 1 (standaard deviatie 5) broedje(s) per  $m^2$  (Tabel 7, Figuur 28 en Figuur 29).

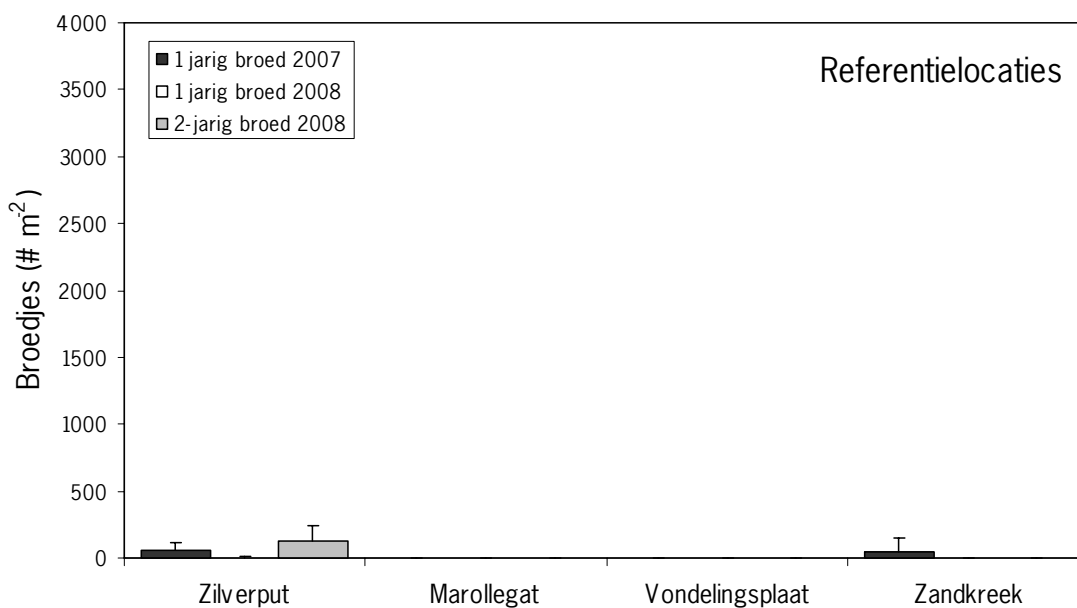
*Tabel 7: Aantal 1+ en 2+ broedjes per  $m^2$  aangetroffen op de proef- en referentielocaties.*

	1 jarige broedjes				2-jarige broedjes	
	2007		2008		2008	
	proef	ref	proef	ref	proef	Ref
Zilverput	6	60	0	4	11	128
Marollegat	2	0	0	0	15	0
Vondelingsplaat	1443	0	117	0	215	0
Zandkreek	562	47	19	0	104	0

Een deel van de 1+ broedjes uit 2007 zijn terug gevonden als 2+ broedjes in 2008 (Tabel 7). Op de proeflocaties was de gemiddelde dichtheid 2+ broedjes in 2008 86 (standaard deviatie 152) broedjes per  $m^2$  (Figuur 28). Op de referentielocaties was de gemiddelde dichtheid 32 (standaard deviatie 78) broedjes per  $m^2$  (Figuur 29).



Figuur 28: Gemiddeld aantal broedjes per m<sup>2</sup> op de verschillende proeflocaties. De foutenbalken geven de standaarddeviatie aan



Figuur 29: Gemiddeld aantal broedjes per m<sup>2</sup> op de verschillende referentielocaties. De foutenbalken geven de standaarddeviatie aan

De meeste broedjes zijn aangetroffen op de proeflocaties in de litorale gebieden (Vondelingsplaat en Zandkreek). In het referentiegebied Zandkreek is in 2007 een beperkt aantal 1+ broedjes aangetroffen. In het referentiegebied van de Zilverput zijn zowel in 2007 als in 2008 oesterbroedjes aangetroffen. In de overige referentie locaties zijn in 2008 geen broedjes aangetroffen.

In 2008 was de gemiddelde biomassa aan 2+ oesters op de litorale proeflocaties 4 kg m<sup>-2</sup>. In de sublitorale proeflocaties was de gemiddelde biomassa 300 gr m<sup>-2</sup>. In de sublitorale gebieden waren de 2+ oesters

aanzienlijk groter (gemiddeld gewicht 50 gr per oester) dan in de litorale gebieden (27 gram per oester). Dit is mogelijk het gevolg van de betere voedselbeschikbaarheid van de oesters in de sublitorale gebieden.

De meeste broedjes zijn zowel in 2006 als in 2007 gevallen op de litorale locatie Vondelingsplaat. De schelpresten die zijn achtergebleven in de bodem na de bevissing (Figuur 30) hebben een uitstekend substraat gevormd voor nieuwe broedval. Op de minder dynamische litorale locatie Zandkreek is er na bevissing minder substraat achtergebleven (Figuur 31). Door de geringe dynamiek in het gebied heeft de geringe hoeveelheid substraat wel geleid tot een aanzienlijke broedval. Door de bevissing zijn er oesterschelpen losgeraakt die zich mogelijk met de waterbeweging hebben verspreid buiten het proefgebied op de Zandkreek. Deze oesters hebben als substraat gediend voor nieuwe broedval en daarmee oesterontwikkeling buiten de oorspronkelijke oesterbank.



*Figuur 30: Schelpresten op locatie Vondelingsplaat januari 2007. Te zien zijn de schelpresten die deels verankerd zitten in een zandige ondergrond (Foto: J. Wijsman).*





*Figuur 31: Schelpresten op locatie Zandkreek januari 2007. Te zien zijn losliggende schelpresten op een modderige ondergrond (Foto: J. Wijsman).*

#### 6.3.4 Conclusies

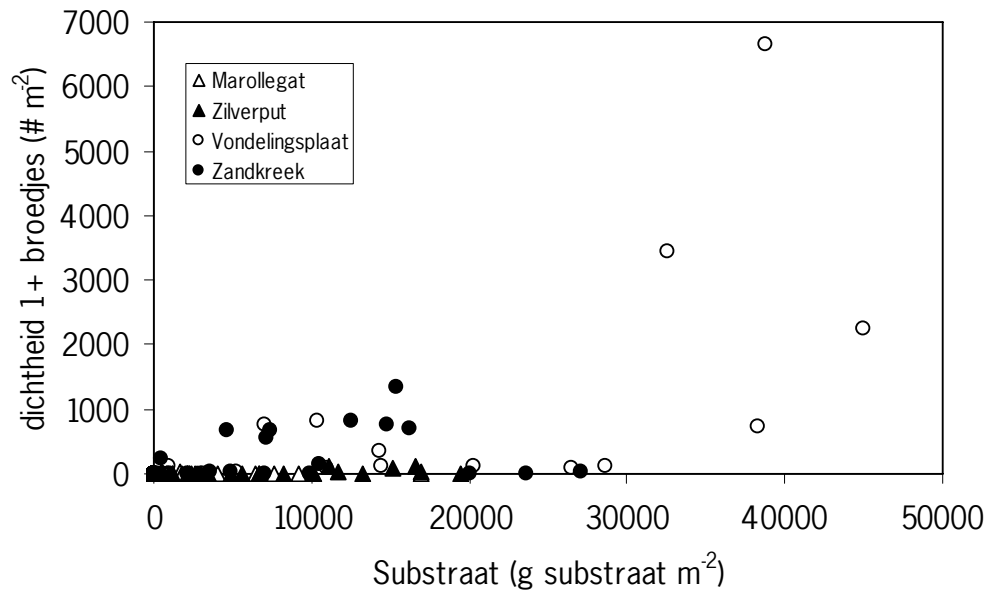
2006, het jaar van de wegvisproef is een goed jaar geweest voor de broedval van oesters. De schelpresten die na bevissing zijn achtergebleven op de proeflocaties vormden daarbij een uitstekend substraat voor de nieuwe broedval. In de zomer van 2007 was de broedval beperkter. De oesterbroedjes die in de zomer van 2006 op de schelpresten zijn gevallen zijn in februari 2008 uitgroeid tot oestertjes van ongeveer 27 gram in de litorale gebieden Vondelingsplaat en Zandkreek en 50 gram in de sublitorale gebieden Marollegat en Zilverput. Doordat er nog niet echt sprake is van riffen met oesters van verschillende jaarklassen maar van meer solitair staande 2+ oestertjes met wat 1+ oestertjes die daar in 2007 op zijn gevallen zijn de oesters relatief eenvoudig weg te vissen door middel van korren, en bijvoorbeeld door oesterkwekers te gebruiken om op hun percelen in de kom van de Oosterschelde uit te zaaien. Het verplaatsen van de juveniele oesters naar de percelen zal niet direct leiden tot minder Japanse oesters in de Oosterschelde, maar mogelijk juist tot meer oesterbiomassa. Hoe dit gaat uitpakken op de draagkracht voor overige schelpdieren is niet eenvoudig te voorspellen. Meer oesters zullen leiden tot meer graasdruk in de Oosterschelde, maar omdat een deel van de graasdruk met het verplaatsen van de oesters naar de kom van de Oosterschelde wordt verplaatst kan het mogelijk leiden tot een hogere draagkracht van mosselen in de rest van de Oosterschelde.

Het is echter de vraag of er interesse is bij oestervissers om deze juveniele oesters op te vissen en uit te zaaien op de percelen. Normaal vissen de oestervissers op broed dat net gevallen is. Indien er geen interesse is voor deze juveniele oesters bij de oestervissers is het wellicht beter de oesterbank verder te laten ontwikkelen alvorens er weer wordt gevist ten behoeve van de schelpenindustrie.

Indien de proeflocaties niet worden herbevestigd, zullen deze zich gaan ontwikkelen tot nieuwe oesterriffen en zal het gebied terugkeren naar de situatie van voor de wegvisproef. De snelheid van deze ontwikkeling is afhankelijk van het broedval succes dat van jaar tot jaar kan variëren (Kamermans et al., 2004), maar het is te verwachten dat de litorale locaties Vondelingsplaat en Zandkreek binnen 3 tot 6 jaar zijn teruggekeerd in de oude situatie. Op de sublitorale locaties Marollegat en Zilverput is de ontwikkeling van de oesters veel trager. Dit is mogelijk te verklaren door de geringe broedval in het gebied.

Broedvalsucces en overleving van oesters is doorgaans afhankelijk van een scala aan factoren (Kamermans et al., 2004) waarbij de beschikbaarheid van geschikt substraat een prominente rol speelt. Er blijkt een positieve correlatie te bestaan tussen de hoeveelheid 1+ oesterbroed en de hoeveelheid substraat (Pearsons correlatie

coëfficiënt  $r=0,59$ ). In de sublitorale proeflocaties Marollegat en Zilverput is er ondanks de aanwezigheid van substraat weinig 1+ broed aangetroffen. Het meeste broed is aangetroffen op de locatie Vondelingsplaat, waar ook het meeste substraat voorhanden is (Figuur 32).



Figuur 32: Dichtheid van de 1+ broedjes als functie van de hoeveelheid substraat voor de verschillende proeflocaties.

# 7 Oesters op stortlocaties

## 7.1 Inleiding

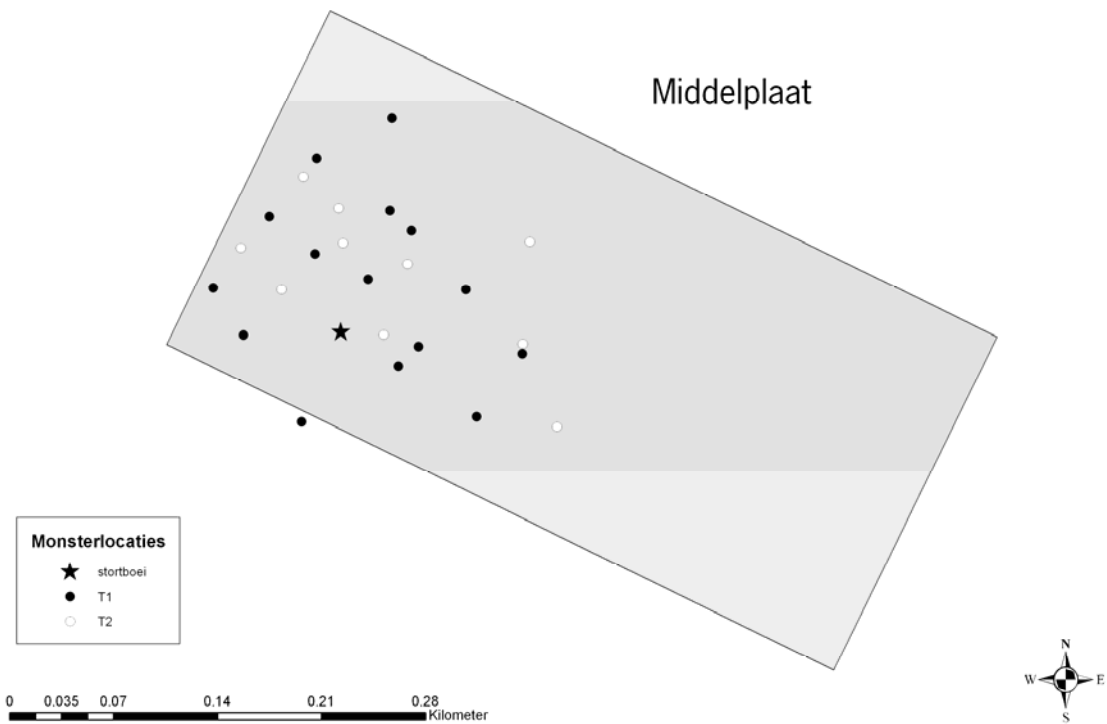
De oesters die zijn weggevisst tijdens de proef in het voorjaar van 2006 zijn gestort op twee stortlocaties van ieder 12,5 ha. De oesters van de locaties Vondelingsplaat en Zandkreek zijn gestort op de stortlocatie Middelpaat en de oesters die zijn weggevisst van de locaties Marollegat en Zilverput zijn gestort op de stortlocatie Lodijkse gat. Het idee was om de oesters zoveel mogelijk op een hoop te storten zodat de oesters zouden sterven ten gevolge van voedseltekort of verstikking.

Tijdens de proef is het echter niet goed gelukt om de oesters op een hoop te storten. Bij het maken van het visplannen is er wel afgesproken de oesters binnen de 12,5 ha grote stortlocaties zoveel mogelijk op een van tevoren vastgestelde positie bij elkaar te storten. In iedere stortlocatie is daartoe een stortboei neergelegd om de stortlocatie te markeren. In de praktijk waren er echter, mede door de lange lostijden als gevolg van het verstopt raken van de spoelpoorten met oesterschelpen, vaak 5 boten tegelijk aan het storten zodat de gestorte oesters relatief ver uit elkaar zijn komen te liggen, waardoor de oesters niet op een hoop zijn gestort. Door de grote diepte (Lodijkse gat 17 meter en Middelpaat 9 meter) zijn de oesters door de waterbeweging verder verspreid. Hoe meer de oesters verspreid zijn, hoe minder de kans op succesvolle verstikking.

In de winter 2006/2007 is men begonnen met het wegvissen van oesters op de stortlocatie Middelpaat met als doel de schelpen te gebruiken voor de schelpenindustrie (zie paragraaf 7.4). De  $T_3$  en  $T_4$  bemonsteringen hebben zich daarom beperkt tot de stortlocatie Lodijkse gat.

## 7.2 Aanpak

De oesters op de stortlocatie zijn bemonsterd met hetzelfde monstertuig (1 m<sup>2</sup> Happer, Ye-25) als bij de voorgaande bemonsteringen (Wijsman *et al.*, 2007; Wijsman *et al.*, 2006) op de proeflocaties. Het doel van de bemonstering op de stortlocatie is erop gericht informatie te krijgen in de effectiviteit van het afsterven van de gestorte oesters. Happen waar geen oesters in zijn aangetroffen zijn daarom terug overboord gezet en niet verder uitgezocht. Op de stortlocatie Middelpaat zijn alleen bemonsteringen uitgevoerd tijdens de  $T_1$  en  $T_2$  (Figuur 33). Op de stortlocatie Lodijkse gat zijn tevens tijdens de  $T_3$  (10 happen) en de  $T_4$  (15 happen) bemonsteringen uitgevoerd (Figuur 34). De happen zijn zoveel mogelijk genomen in de buurt van de stortboei en de exacte positie is geregistreerd met behulp van positiebepalingssysteem. De inhoud van de happen is uitgestort over de schudzeef en de schelpenresten van dode oesters zijn gescheiden van de levende oesters en gewogen. De fractie levende oesters is vergeleken met de vorige bemonstering, waarbij is getoetst met een T-toets, waarbij de fracties zijn getransformeerd door middel van een arcsinuswortel-transformatie.



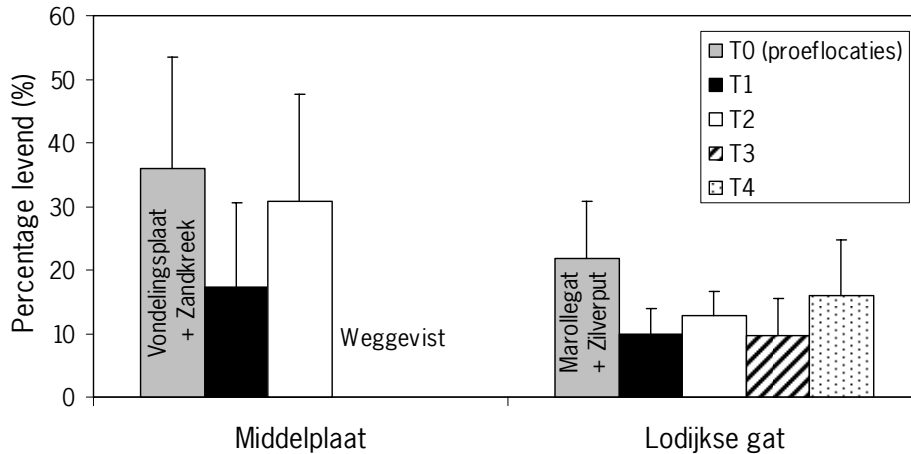
*Figuur 33: Monsterlocaties op de stortlocatie Middelplaat. De locatie van de stortboei is aangegeven met een ster.*



*Figuur 34: Monsterlocaties op de stortlocatie Lodijkse gat. De locatie van de stortboei is aangegeven met een ster.*

### 7.3 Resultaten

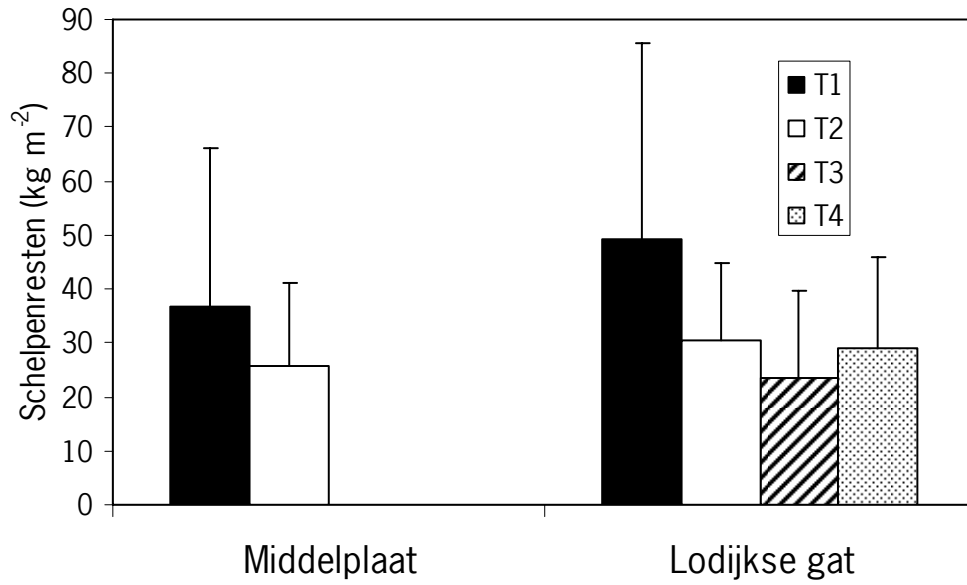
Op de stortlocatie Lodijkse gat was de fractie levende oesters bij de  $T_4$  nog 16% ( $\pm 9\%$ ). De fractie levende oesters tijdens de  $T_4$  meting op de stortlocatie Lodijkse gat lijkt iets te zijn toegenomen, maar de verschillen zijn niet significant (Figuur 35).



*Figuur 35: Gewichtsfractie levende oesters ( $\pm$  stdev) op de proeflocaties tijdens de  $T_0$  meting (grijze kolom) en op de stortlocaties tijdens de  $T_1$ ,  $T_2$ ,  $T_3$  en de  $T_4$  bemonstering. De  $T_3$  en  $T_4$  bemonsteringen zijn alleen uitgevoerd voor Lodijkse gat omdat men in de winter van 2006/2007 is begonnen met het opvissen van de oesters op de stortlocatie Middelplaat. Merk op dat de eerste grijze balken ( $T_0$  proeflocaties) fracties levende oesters op de Vondelingsplaat/Zandkreek en Marollegat/Zilverput weergeven voor bevissing. Dit materiaal is gestort op respectievelijk de Middelplaat en het Lodijkse gat.*

Het materiaal afkomstig van de proeflocaties Vondelingsplaat en Zandkreek had een hogere fractie levende oesters dan het materiaal dat is weggevist van de proeflocaties Marollegat en Zilverput. ( $p < 0,05$ ). Na storten is op beide locaties de fractie levende oesters significant afgenomen ( $p < 0,05$ ) (Figuur 35). Dit is veroorzaakt door sterfte als gevolg van verstikking of beschadiging tijdens de bevissing. Opvallend is dat de fractie levende oesters weer is toegenomen bij de  $T_2$  meting. Op de locatie Lodijkse gat is deze toename niet significant ( $p = 0,07$ ), maar op de stortlocatie middelplaat is er sprake van een significante toename ( $p < 0,05$ ). Deze toename wordt niet veroorzaakt door een toename van het aantal levende oesters omdat nieuwe broedval hiervoor niet verantwoordelijk kan zijn. Mogelijk is het een gevolg van het verdwijnen van lege schelpen van de stortplaats door wegspoeling of door begraving in de bodem. Het is ook mogelijk dat de schelpenmassa na de stort is ingeklonken waardoor de knijper tijdens de  $T_2$  meting op de locatie Middelplaat minder diep in de oesterbank is kunnen penetreren. Op zowel de stortlocatie Middelplaat als Lodijkse gat lijkt het dat de gemiddelde biomassa aan oesters (levend en dood) per bemonstering is afgenomen na de  $T_1$  meting (Figuur 36). Er is echter alleen een significant verschil ( $p < 0,05$ ) tussen de hoeveelheid schelpresten bemonsterd per  $m^2$  tussen de  $T_1$  en de  $T_3$  op locatie Lodijkse gat. In alle andere gevallen zijn de verschillen niet significant ( $\alpha = 0,05$ ).

De fractie levende oesters op de stortlocatie Lodijkse gat is na de  $T_2$  meting niet verder afgenomen. De verschillen tussen de metingen  $T_1$  tot en met  $T_4$  zijn niet significant. Het ziet er naar uit dat de oesters zich hebben weten te handhaven op deze diepe stortlocatie. Er moet worden opgemerkt dat de bemonstering op de stortlocaties er niet op is gericht een schatting te maken van de hoeveelheden dode en levende schelpen, maar om de effectiviteit van het afsterven te volgen.



*Figuur 36: Verandering gemiddelde hoeveelheid schelpenresten in de happen op de stortlocaties Middelplaat en Lodijkse gat. Foutenbalken geven de standaard deviatie aan.*

## 7.4 Gebruik van oesterschelpen

De schelpresten van de Japanse oesters kunnen worden gebruikt in de schelpenverwerkende industrie die er ondermeer kippengrit van maakt. Een kuub schone oesterschelpen brengt ongeveer 20 Euro op. Enkele ondernemers hebben belangstelling getoond om de oesters weg te vissen en er zijn verschillende methodieken bedacht om de oesterschelpen in de Oosterschelde op commerciële basis te exploiteren. Van de 400 miljoen kg oesters in de Oosterschelde (paragraaf 6.2.4) bestaat 27% uit levende oesters. Deze levende oesters bestaan voor 35% uit vlees (Perdon en Smaal, 2000). Hieruit valt af te leiden dat er in potentie een voorraad van 360 miljoen kg oesterschelpen is. Dit komt overeen met ongeveer 590 000 m<sup>3</sup>.

Een van de ondernemers is bezig geweest om op stortlocatie Middelplaat de schelpen weg te vissen met behulp van een zuigkor op een aangepast kokkelschip (Figuur 37 en Figuur 38). Met behulp van de zuigkor worden de schelpresten aan boord gezogen, waarna ze worden gewassen en verzameld in het ruim. Voor de industrie dienen de schelpen zo schoon mogelijk te zijn, d.w.z. de vleesresten moeten zo veel mogelijk zijn verwijderd. Het aan land opslaan van de schelpen zou anders tot te veel stankoverlast gaan leiden. Op de stortlocatie Middelplaat is 1.9 miljoen kg oesterschelpen weer opgevist. Dit is eenderde van de 5.7 miljoen kg die tijdens de proef op die locatie is gestort.

Ook in de vrije gebieden in het sublitoraal worden de (levende) oesters opgevist met korren. Een van de ondernemers kraakt de oesters met een kraker en de vleesresten worden onder hoge druk van de schelpen gespoten. De schelpresten die op deze wijze zijn verzameld zien er op het oog schoon uit. Na verassing (520 °C) bleek het asvrij drooggewicht 1,5% van het drooggewicht te zijn. Dit organische materiaal zit voornamelijk opgeslagen in de schelpmatrix.

Er zijn diverse initiatieven om de wilde oesters op te vissen met behulp van korren. Uit het opgeviste materiaal kunnen eerst de consumptie oesters worden uitgezocht (ongeveer 5% van de vangst). De rest van het materiaal kan vervolgens aan de wal worden vermalen en het vlees wordt eruit gespoeld en verzameld. De vleesresten die nog aan de schelpen blijven zitten kunnen tenslotte nog chemisch worden verwijderd. Andere ondernemers kraken de oesters en storten de schelpen op oesterpercelen. Nadat de vleesresten zijn opgegeten door aaseters als vissen krabben en vogels worden ze weer opgevist en aan de wal gebracht. Voor de schelpenverwerkende industrie worden er op dit moment ongeveer 120 000 kg oesters per week weggevist in de Oosterschelde.



*Figuur 37: Omgebouwde kokkelvisser aan het vissen op oesterschelpen met behulp van een zuigkor op de stortlocatie Middelplaat, januari 2007 (foto: J. Wijsman)*



*Figuur 38: Opgeviste schelpresten worden gespoeld en in het ruim gestort (foto: J. Wijsman)*

## 7.5 Conclusies

Uit de resultaten blijkt dat het afsterven de levende oesters door verstikking op de stortlocaties niet verloopt zoals van tevoren is ingeschat. Op de stortlocatie Lodijkse gat is ongeveer twee jaar na het storten van de oesters nog ongeveer 16% levend. De oesters zijn tijdens het storten te veel verspreid. Hoe meer de oesters verspreid zijn, hoe minder de kans op verstikking. Het is niet te verwachten dat de oesters alsnog zullen afsterven door verstikking. De schelpen vormen mogelijk een goed substraat voor nieuwe broedval indien de omgevingscondities geschikt zijn. Om het afsterven van de oesters te verbeteren zouden ze meer op een hoop gestort dienen te worden. Tevens kunnen de schelpen dan ook eenvoudiger weer herbevist kunnen worden waardoor er minder schelpen achterblijven die substraat kunnen vormen voor nieuwe broedval.

Het afsterven van oesters op de zeebodem leidt tot een organische belasting die zal leiden tot een verhoogde zuurstof consumptie. Of dit gaat leiden tot zuurstof depletie is afhankelijk van de verversingstijd van het water. Ook zal het oestervlees aaseters zoals krabben en vissen aantrekken. Het zou interessant zijn om de mogelijke effecten te meten op oesterpercelen waar de gekraakte oesters op dit moment worden gestort.

Er zijn ook alternatieve methoden denkbaar om de afsterving te verbeteren, zoals het vermalen van de oesters voordat ze gestort worden of het afdekken van de oesters met een laag zand. De meest effectieve verwijdering van de oesters uit de Oosterschelde is het aan land verwerken van de opgeviste oesters tot oestergrit en mogelijke nevenproducten. Voorwaarde daarbij is dat stankoverlast wordt voorkomen, hetgeen betekent dat de schelpen dienen mechanisch dan wel chemisch dienen te worden ontdaan van het organisch materiaal.



## 8 Sedimentsamenstelling

### 8.1 Bemonstering en analyse

Voor sedimentanalyse zijn deelmonsters van de top laag (waar mogelijk tot 10 cm) genomen voor de bepaling van korrelgrootte en organisch stofgehalte. In de sublitorale proeflocaties zijn de monsters uit de happer genomen en op de litorale locaties zijn de monsters tijdens laag water genomen met steekbuizen. De deelmonsters zijn per locatie (met onderscheid naar weggeveste oesterbank en referentie) vervolgens bijeengevoegd tot een mengmonster, dat is geanalyseerd op droge stof (gewicht %), organische stof (chemische oxidatie, IB methode), totaal organisch koolstof (cf NEN 5756) en de minerale fracties <2000, <500, <250, <180, <125, <106, <63, <16, en <2  $\mu\text{m}$ . De analyses zijn bepaald op basis van gewichtspercentages.

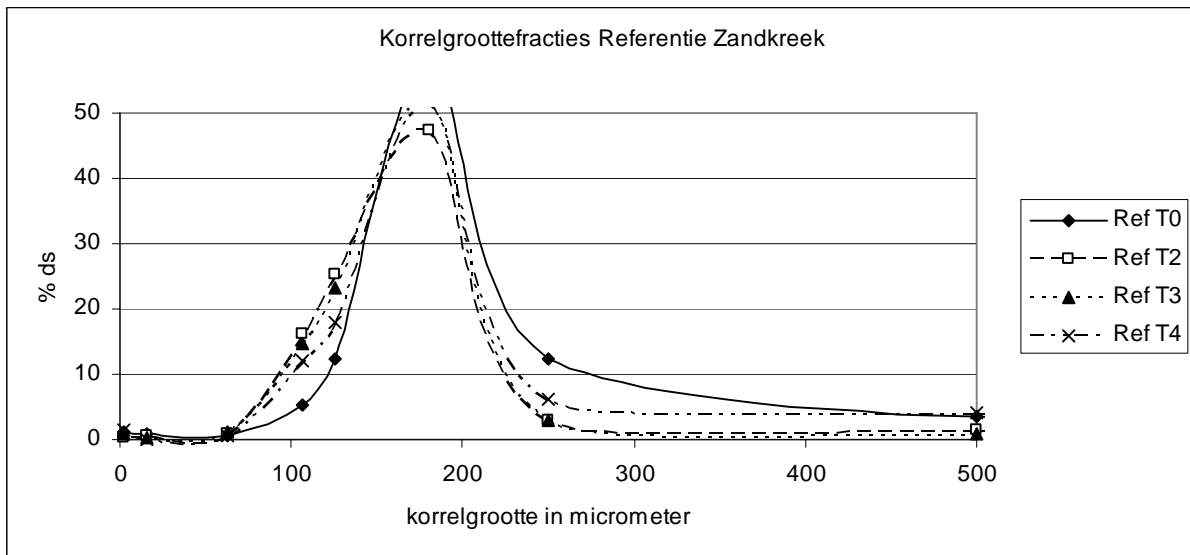
De korrelgrootteklasse <2  $\mu\text{m}$  wordt lutum genoemd en bestaat uit kleimineralen. De deeltjesfractie kleiner dan 16  $\mu\text{m}$  wordt slib genoemd en bestaat naast kleimineralen ook uit kwarts. De fractie tussen 2 en 63  $\mu\text{m}$  heet silt en bestaat hoofdzakelijk uit kwarts, waar ook zand uit is opgebouwd. De fractie <63  $\mu\text{m}$  wordt leem genoemd. De fractie 63-250  $\mu\text{m}$  wordt getypeerd als fijn zand, onderverdeeld in uiterst fijn zand (63-106  $\mu\text{m}$ ), zeer fijn zand (106-180  $\mu\text{m}$ ) en matig fijn zand (180-250  $\mu\text{m}$ ). De fractie 250-2000  $\mu\text{m}$  is grof zand, onderverdeeld in matig grof zand (250-500  $\mu\text{m}$ ) en zeer grof zand (500-2000  $\mu\text{m}$ ) (Tabel 8). Al deze fracties spelen een specifieke rol in de eigenschappen en processen van de bodem en de verhouding geeft een beeld van de hydrodynamische omstandigheden ter plaatse.

*Tabel 8: Klasse indeling minerale fracties*

Korrelgroottefractie	Benaming
$\leq 2 \mu\text{m}$	Lutum
$\leq 16 \mu\text{m}$	Slib
2 – 16 $\mu\text{m}$	Silt
$\leq 63 \mu\text{m}$	Leem
63 – 106 $\mu\text{m}$	Uiterst fijn zand
106 – 180 $\mu\text{m}$	Zeer fijn zand
180 – 250 $\mu\text{m}$	Matig fijn zand
250 – 500 $\mu\text{m}$	Matig grof zand
500 – 2000 $\mu\text{m}$	Zeer grof zand

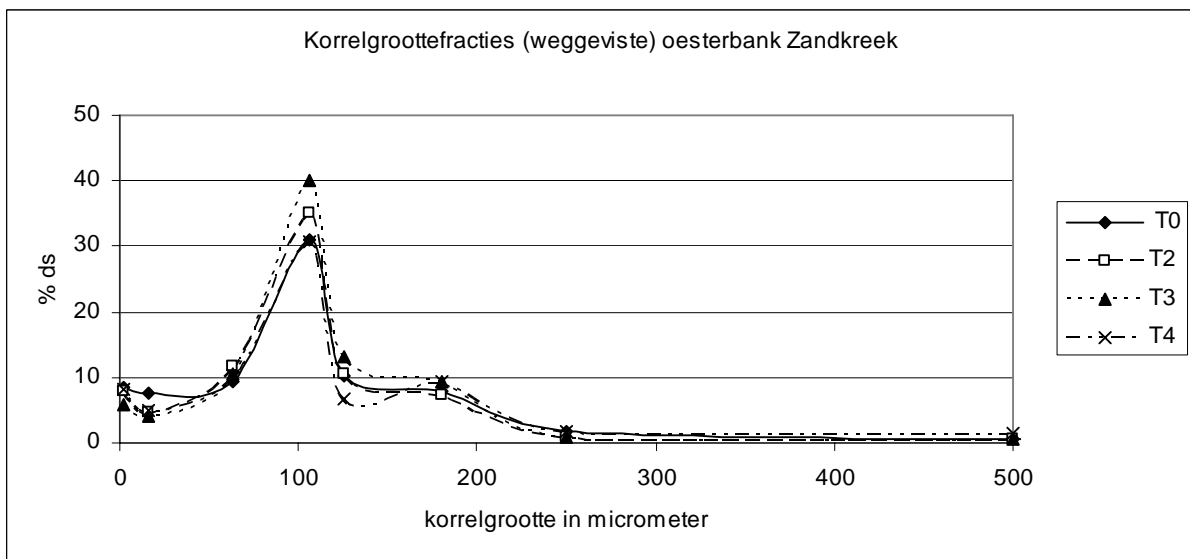
### 8.2 Resultaten

Op  $T_0$ ,  $T_2$ ,  $T_3$  en  $T_4$  zijn van de referentielocaties en de proeflocaties sedimentmonsters genomen en geanalyseerd. In onderstaande figuren zijn de resultaten van de analyses weergegeven. Bij de korrelgrootte analyses is gewerkt met grootteklassen, waarbij telkens de bovengrens van een klasse wordt aangegeven. Bijvoorbeeld de minerale fractie tussen 16 en 63  $\mu\text{m}$  in de figuren wordt aangegeven door de bovengrens van deze fractie, namelijk 63  $\mu\text{m}$ .



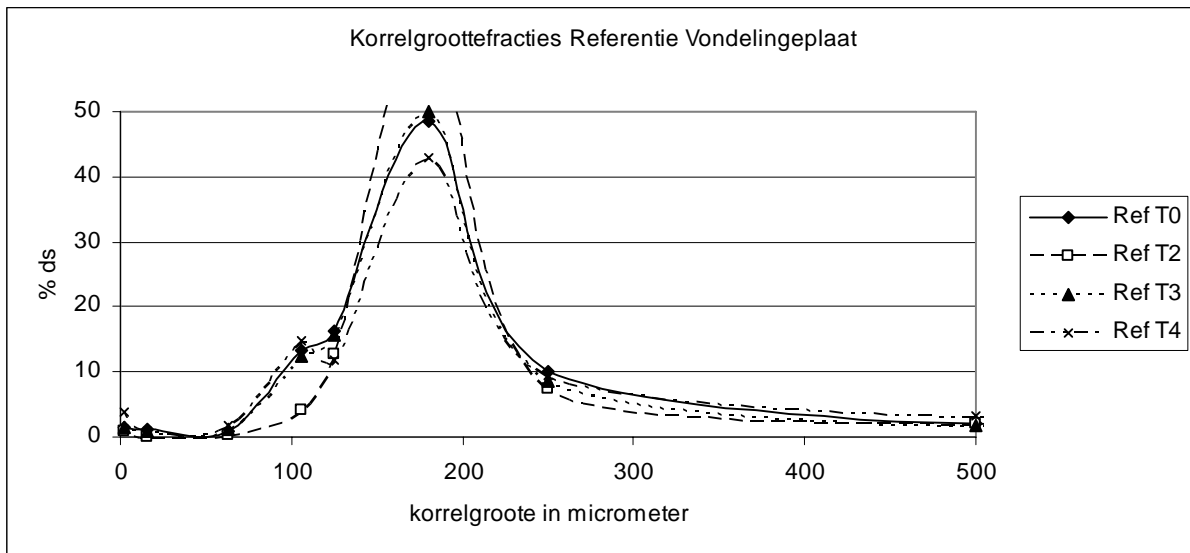
Figuur 39: Korrelgrootteverdeling op de referentielocatie in de Zandkreek.

De referentie in de Zandkreek (Figuur 39) is een fijnzandig monster met vrijwel geen slib. Tussen 63 en 250  $\mu\text{m}$  ligt het grootste deel van de minerale delen (fijn zand dus). Tijdens de  $T_0$  was het sediment iets grover van structuur dan tijdens de  $T_2, T_3$  en  $T_4$ . De korrelgrootteverdeling is niet veranderd in de tijd, het sediment blijft een slibarm zeer fijn zand.



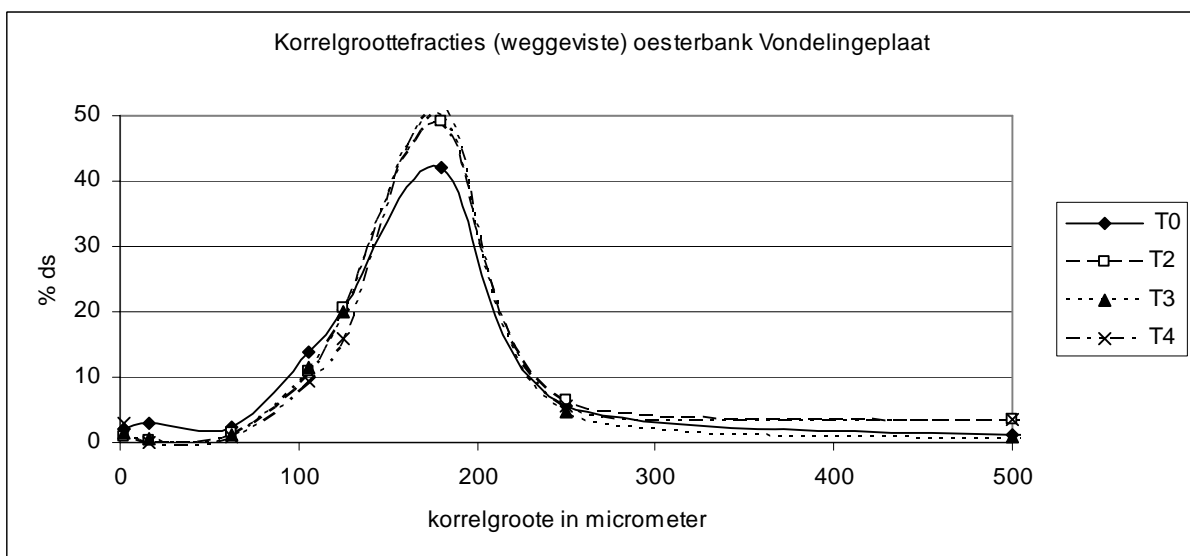
Figuur 40: Korrelgrootteverdeling op de (weggeviste) oesterbank in de Zandkreek.

Op de oesterbank in de Zandkreek (Figuur 40) is de sedimentkarakteristiek fijner van structuur in vergelijking tot de referentie. Ook na het wegvisen van de oesters blijft deze karakteristiek bestaan. Het slibgehalte van bijna 10% en een fijne zandfractie die grotendeels tussen 63 en 106  $\mu\text{m}$  ligt geven een duidelijk onderscheid. Het sediment van de oesterbank is slibrijker dan dat van de referentieplot. Na de bevisning blijft deze verdeling heel duidelijk bestaan, maar laten de bemonsteringen na het wegvisen een kleine daling van het slibgehalte (fractie  $\leq 16 \mu\text{m}$ ) zien.



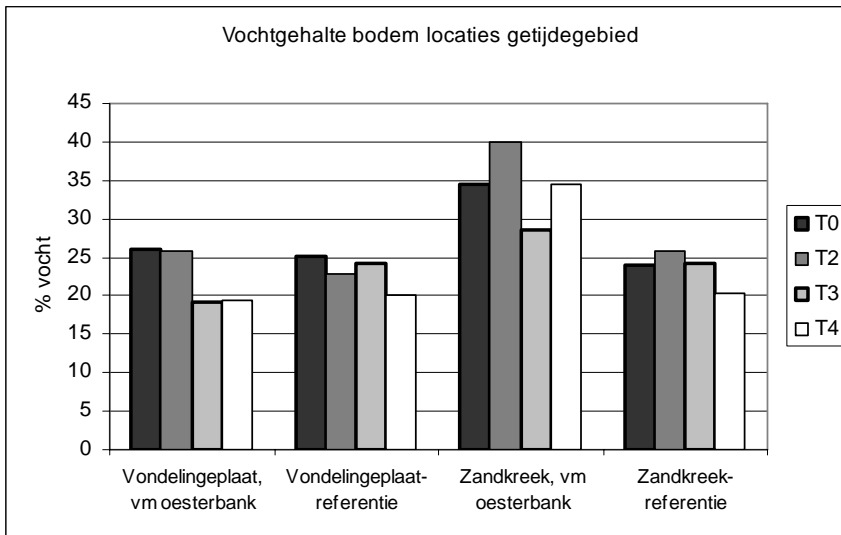
Figuur 41: Korrelgrootteverdeling op de referentielocatie van de Vondelingsplaat.

Ook de referentie op de Vondelingsplaat vertoont een zandgedomineerde curve (Figuur 41). Het sediment is grover van structuur dan de Zandkreek. De  $T_0$ ,  $T_3$  en  $T_4$  zijn vrijwel identiek. Op  $T_2$  bevat het sediment wat minder van de zeer fijne zand fractie. Voor de karakteristiek maakt dit verder niet uit, de typering is voor alle metingen slibarm fijn zand.



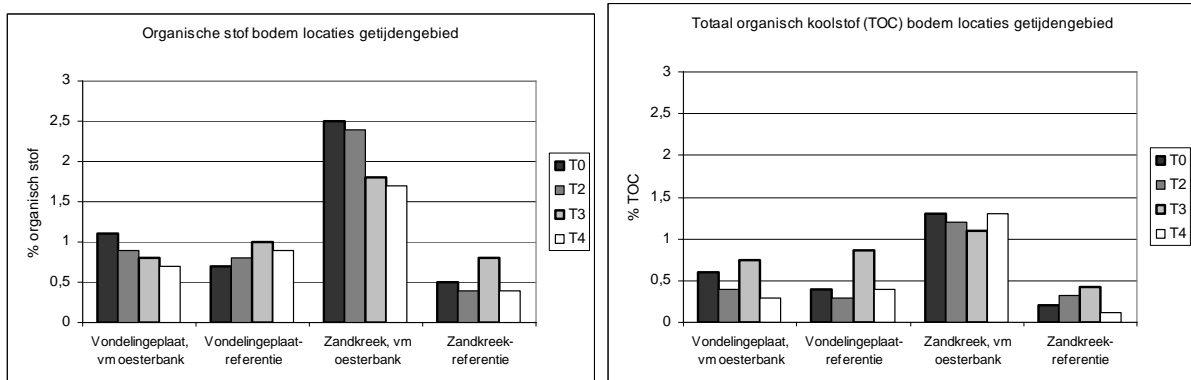
Figuur 42: Korrelgrootteverdeling op de (weggeviste) oesterbank van de Vondelingsplaat.

Op de proeflocatie van de Vondelingsplaat is het sediment licht slibhoudend. Na het wegvisen verdwijnt een deel van de slibfractie. Het sediment is en blijft zeer zandig (Figuur 42). De groottefractie van de zanddeeltjes is niet verschoven. Aangezien op het afgevisste deel van de Vondelingsplaat nog grote oesterpakketten (vooral lege schelpen) liggen is de morfologie van het gebied niet veel veranderd. De korrelgrootte is onveranderd gebleven.



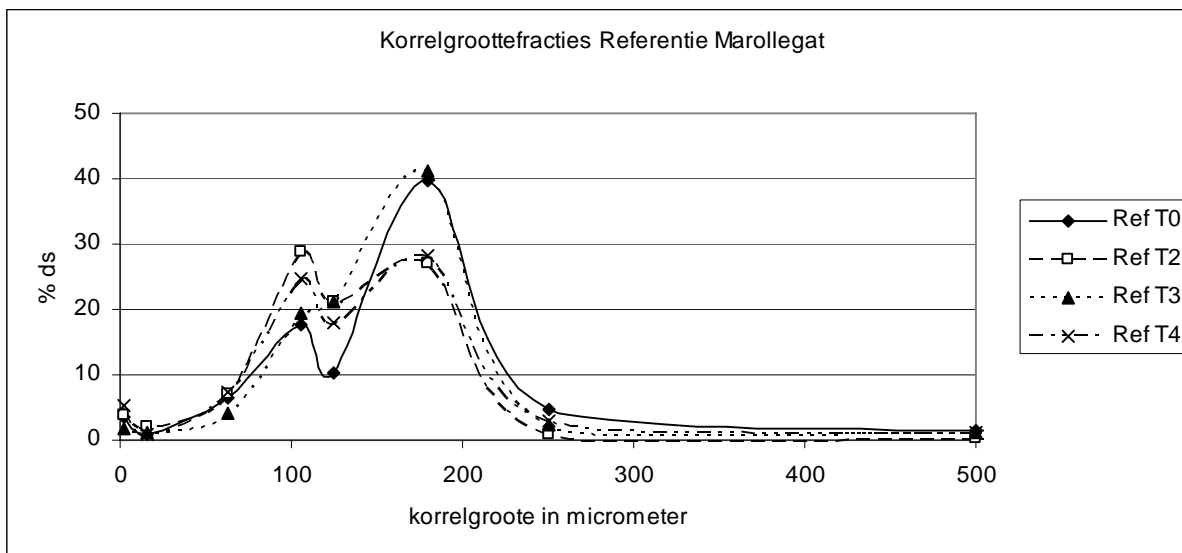
Figuur 43: Vochtgehalte van de bodem op de locaties in het getijdengebied.

Het vochtgehalte van sediment van de (weggevisste) oesterbank in de Zandkreek ligt hoger dan de referentie en de locaties op de Vondelingsplaat (Figuur 43). Dit komt overeen met het slibrijkere karakter van de oesterbanklocatie in de Zandkreek en de typische zandige sedimenten op de referenties en de oesterbank van de Vondelingsplaat die veel op elkaar lijken. Het vochtgehalte van de bodem door het wegvisen van een oesterbank verandert dus niet meer of minder dan de nabijgelegen referenties.



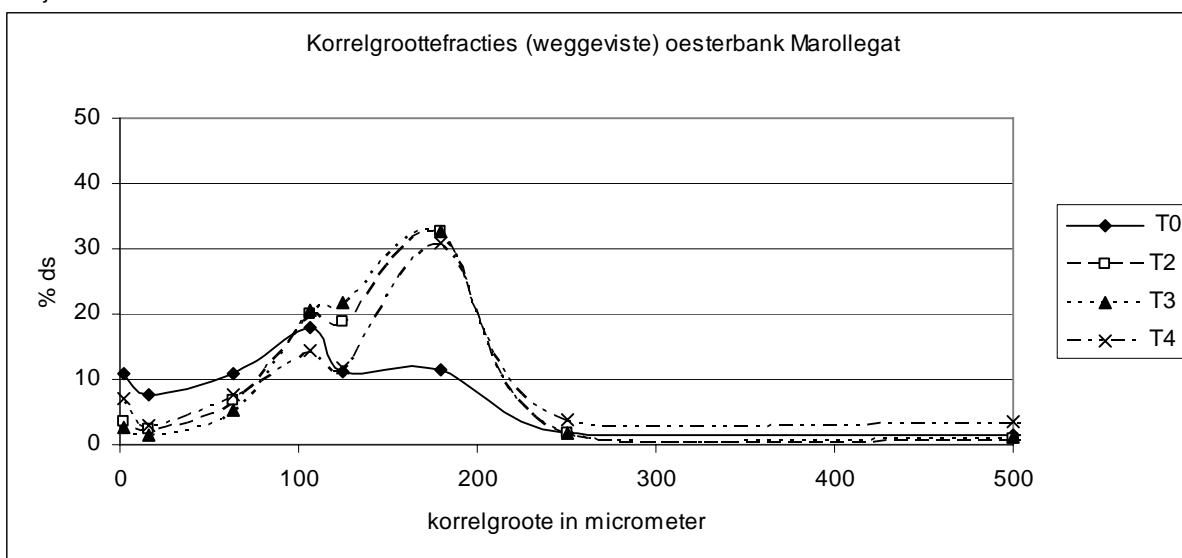
Figuur 44: Organisch stofgehalte (links) en TOC (rechts) van de locaties in het getijdengebied.

Op de (voormalige) oesterbank in de Zandkreek is het organisch stofgehalte en het TOC hoger dan de referentie en de locaties op de Vondelingsplaat (Figuur 44). Ook hier is een duidelijk onderscheid in het sedimenttype te zien (slibrijke bodems bevatten in de regel een hoger organisch stofgehalte). Op de voormalige oesterbanken in het getijdengebied laat het organische stofgehalte een licht dalende lijn zien. Het TOC gehalte bevestigt deze trend niet. Het TOC gehalte in de referentiegebieden schommelt rond eenzelfde waarde, zonder een duidelijk herkenbaar patroon.



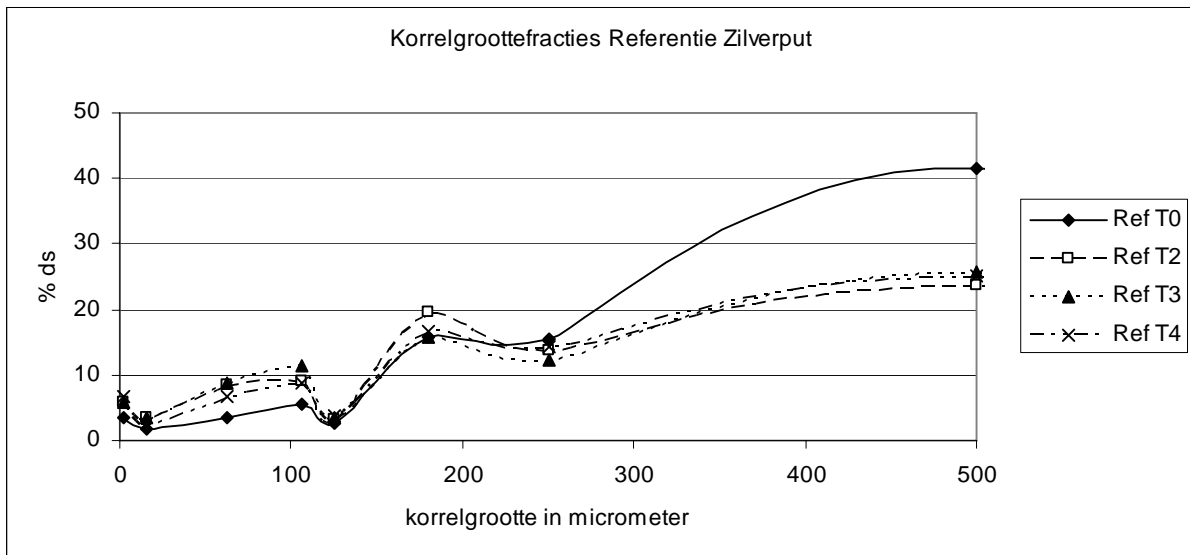
Figuur 45: Korrelgrootteverdeling op de referentielocatie van het Marollegat.

Het sediment op de referentie van het Marollegat vertoont een verlopende tweetoppige verdeling op  $T_0$ ,  $T_2$  en  $T_4$  (Figuur 45). Op  $T_3$  is deze éénmalig verschoven naar een ééntoppige verdeling van de zandige fracties, zonder dat de karakteristiek anders wordt. Er is lutum aanwezig, maar weinig silt. De korrelgrootteverdeling is stabiel in de tijd.



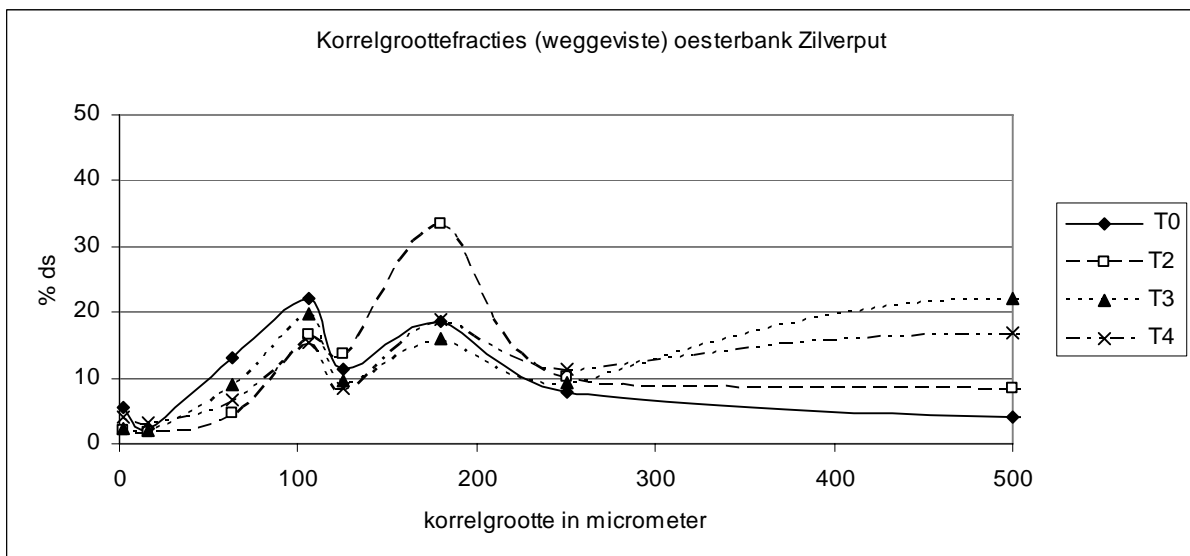
Figuur 46: Korrelgrootteverdeling op de (weggeviste) oesterbank van het Marollegat.

De oesterbank bij het Marollegat heeft op  $T_0$  duidelijk een hogere leemfractie ( $<63 \mu\text{m}$ ) dan op  $T_2$ ,  $T_3$  en  $T_4$  (Figuur 46). De zandfractie vertoont twee toppen, die na wegwissen verschuift naar de fractie tussen  $125$  en  $180 \mu\text{m}$ . Bij het Marollegat is er bij de fijnste fracties een verandering in sedimentsamenstelling na het wegwissen waar te nemen en gaat de sedimentkarakteristiek meer op de (enigszins variabele) referentie lijken.



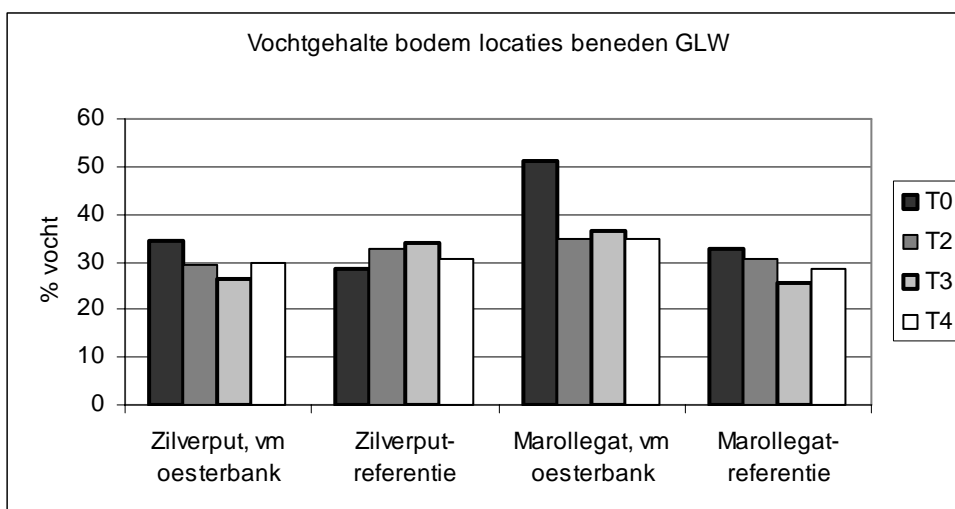
Figuur 47: Korrelgrootteverdeling op de referentielocatie van de Zilverput.

De karakteristiek van de referentie van de Zilverput vertoont een redelijk gehalte lutum, weinig slib, redelijk silt en fijn zand en een flinke fractie grof zand (Figuur 47). De fractie 500-2000  $\mu\text{m}$  (niet afgebeeld) is minder dan 1%, wat aangeeft dat de grove zandfractie daadwerkelijk uit zanddeeltjes bestaat en niet uit uiteengevallen schelpenmateriaal. De Zilverput is te omschrijven als een locatie met een grote fractie grof zand en een hoge sedimentdynamiek.



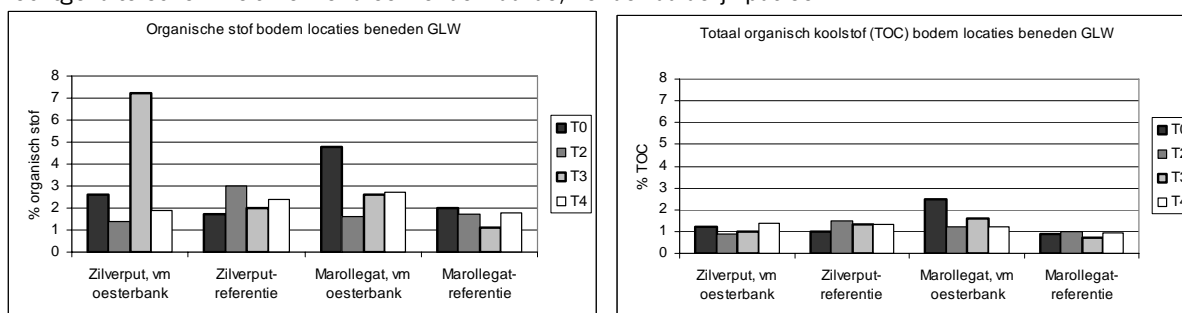
Figuur 48: Korrelgrootteverdeling op de (weggeviste) oesterbank van de Zilverput.

De (weggeviste) oesterbank in de Zilverput bevat weinig slib, een flinke fijnzandige fractie en in mindere mate een grofzandige fractie (Figuur 48). Voor het wegvisen is het lutum- en slibgehalte hoger dan op  $T_2$  en  $T_3$ . Op  $T_3$  en  $T_4$  is dit verschoven naar een groter aandeel voor de grove zandfractie. Op  $T_3$  en  $T_4$  begint de sedimentsamenstelling van de voormalige oesterbank veel op die van de referentie te lijken.



*Figuur 49: Vochtgehalte van de bodem bij locaties GLW.*

Het vochtgehalte van de voormalige oesterbanken bij de Zilverput en het Marollegat vertonen na bevissing iets lagere waarden en schommelen na bevissing rondom eenzelfde waarde (Figuur 49). Dit komt aardig overeen met de lichte afname van de fractie fijn materiaal na het wegvissen van de oesterbank (fijne fracties houden doorgaans meer vocht vast). Bij de referenties beneden GLW verandert de korrelgrootte niet of nauwelijks, het vochtgehalte schommelt hier rond eenzelfde waarde, zonder duidelijk patroon.



*Figuur 50: Organisch stofgehalte (links) en TOC gehalte (rechts) van de locaties beneden GLW.*

Het organisch stofgehalte op de weggeviste oesterbank van de Zilverput is variabel. De referentie lijkt stabiel en ligt in dezelfde orde grootte. Dit geldt ook bij de locaties in het Marollegat. De TOC gehalten liggen op zowel de referenties als de voormalige oesterbanken in dezelfde orde grootte. Een duidelijk onderscheid in de tijd in het organisch stofgehalte en TOC tussen de (voormalige) oesterbank en de referentie is niet aanwezig.

### 8.3 Conclusies

De korrelgrootteanalyses laten zien dat elke locatie gebiedspecifieke kenmerken heeft die in de tijd opvallend stabiel zijn. Sediment van referenties en oesterbanken in de Zandkreek, Marollegat en Zilverput vertonen op  $T_0$  eigen (individuele) kenmerken. De proeflocaties hebben met elkaar gemeen dat het sediment een hogere fijne fractie heeft voorafgaand aan het wegvissen dan erna en dan de referentieplots. Sediment van oesterbank en referentie op de Vondelingsplaat zijn vrijwel identiek. Bij de Zandkreek en Vondelingsplaat blijven deze kenmerken bestaan, ook na het wegvissen van de oesterbanken.

De sedimentsamenstelling in de Zandkreek blijkt voornamelijk te worden bepaald door de (beschutte) geografische ligging van het gebied en de aanwezigheid van de (voormalige) oesterbank. De sedimentsamenstelling op de (wegeviste) oesterbank is duidelijk fijner van structuur dan de referentie. Na bevissing is er een lichte afname van de siltfractie op de proeflocatie geobserveerd. Op de referentielocatie is er een lichte toename opgetreden in de fracties uiterst tot zeer fijn zand. Deze veranderingen worden ook gereflecteerd in de organische stof fractie. In de periode na de bevissing ( $T_2$  tot en met  $T_4$ ) zijn er geen duidelijke verschuivingen opgetreden.

Het sediment van de proeflocatie en de referentie op de Vondelingsplaat vertonen sterke overeenkomsten. Het sediment van de proeflocatie op de Vondelingsplaat is grover dan die van de proeflocatie op de Zandkreek. Ook op de proeflocatie Vondelingsplaat is de siltfractie iets afgenomen direct na de bevissing. Het organisch stofgehalte is ook geleidelijk afgenomen wat mogelijk het gevolg is van het wegvissen van de oesters die organisch materiaal invangen en in de vorm van faeces en pseudofaeces in de bodem brengen.

Sediment van de voormalige oesterbanken bij Marollegat en Zilverput zijn iets veranderd na de bevissing en zijn meer gaan lijken op de nabijgelegen referenties. Dit is ook te zien aan de vochtgehalten en de organische fracties, waar variatie in de tijd groter lijkt dan het effect van het wegvissen van oesterbanken. De verschuivingen in korrelgrootte op de voormalige oesterbanken zijn vooral aanwezig in de leemfracties ( $<63 \mu\text{m}$ ) en binnen de fijne zandfractie ( $63\text{-}250 \mu\text{m}$ ). De verschuivingen zijn subtiel, maar wel aanwezig.

Er zijn lichte veranderingen opgetreden in de sedimentsamenstelling van zowel het de litorale als de sublitorale proeflocaties. In de litorale gebieden is er een lichte afname van de silt fractie geobserveerd na bevissing. In de beneden GLW gelegen banken verschuift de korrelgrootte iets met een lichte afname van de kleine fracties. De sedimentkarakteristiek verandert echter niet essentieel. Deze geobserveerde verschuivingen zijn zeer beperkt gezien de natuurlijke variaties in de tijd en ruimte.



# 9 Bodemdieren

## 9.1 Inleiding

Bodemdieren spelen een belangrijke rol in het functioneren van het ecosysteem. Ze hebben een rol in de afbraak van organisch materiaal (algen en detritus) en vormen een voedselbron voor hogere trofische niveaus zoals vissen en vogels. De biomassa en diversiteit van de bodemdieren is afhankelijk van de omgevingscondities en is onderhevig aan sterke fluctuaties, zowel binnen de jaren als over de jaren heen. Wegens de rol als voedsel voor de hogere trofische niveaus hebben veranderingen in de bodemdiergemeenschap mogelijk uitwerking op deze hogere trofische niveaus. In dit hoofdstuk worden de effecten van de wegvisproef op de bodemdiergemeenschap gepresenteerd.

## 9.2 Methodiek

Op iedere locatie zijn vijf monsters genomen voor de analyse van de bodemfauna. Voor ieder monster is de bovenste 10 cm van de bodem bemonsterd met behulp van een steekbuis met een doorsnede van 20 centimeter (0,03 m<sup>2</sup>). Op de sublitorale locaties zijn de monsters genomen uit de happer. Op de litorale locaties zijn de monsters tijdens laag water genomen op de droogvallende plaat. De monsters werden in het veld gezeefd over 1 mm en vervolgens gefixeerd met 4% gebufferde formaline. In het laboratorium is elk monster schoongespoeld, uitgezocht en gedetermineerd (waar mogelijk) tot op soortsniveau. Per locatie zijn de aantallen van de vijf deelmonsters gemiddeld, waarna de statistische analyses zijn uitgevoerd.

De statistische analyses zijn uitgevoerd met de programma's MVSP (Kovach, 1999) en MaxEnt (Phillips *et al.*, 2006). Als eerste is er een clusteranalyse uitgevoerd met de Bray-Curtis coëfficiënt in combinatie met de 'average-linkage' methode met logaritmisch getransformeerde data. De formule voor de transformatie is gegeven in De Kluijver (1997). Na de clustering is een inverse analyse uitgevoerd om de structuur van de macrofauna gemeenschappen zichtbaar te maken. Vervolgens is de biodiversiteit bepaald door de Shannon's diversiteit index op basis van  $^{-2}\log()$ .

De clusteranalyse maakt een onderscheid in de diverse bodemdier gemeenschappen. Dit kan inzicht geven in de effecten van het wegvissen van de oesterbanken. Om de relaties tussen de onderscheiden bodemdier gemeenschappen en de omgevingsfactoren te onderzoeken zijn een 'Canonical Correspondence Analysis' (CCA) en een analyse met MaxEnt in 'SWD format' uitgevoerd. Voor deze analyses zijn de volgende continue omgevingsfactoren als invoer parameters gebruikt:

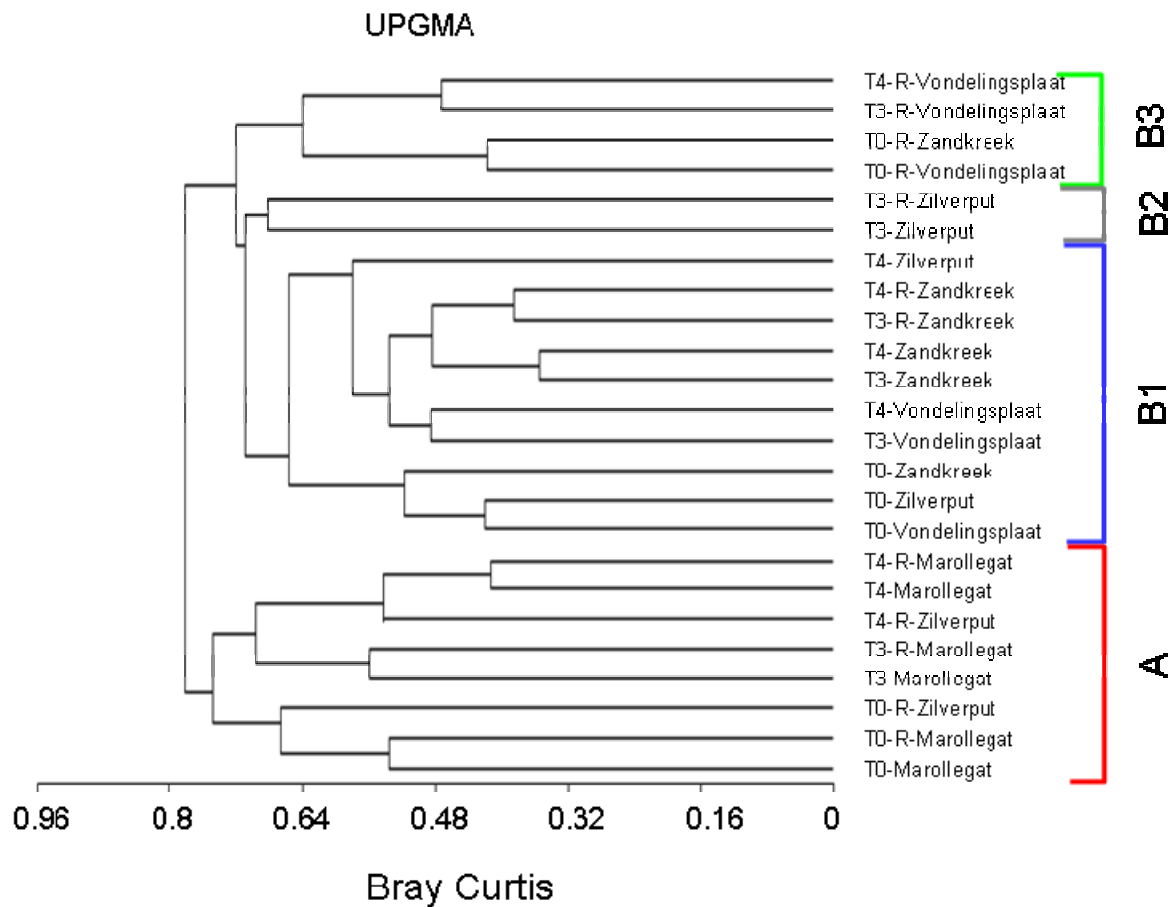
- Diepte ten opzichte van NAP
- TOC (Total Organic Carbon) gehalte van het sediment
- Slibgehalte sediment
- Organische stofgehalte sediment
- Droge stof /vocht gehalte sediment
- Biomassa (gr AFDW) van de aanwezige oester populatie
- Warmtegetal voorafgaande zomer
- Vorstgetal van de winter tijdens de bemonstering

Het warmtegetal is daarbij berekend over de periode 1 mei t/m 30 september en is gebaseerd op het aantal graden dat de gemiddelde etmaal temperatuur boven de 18°C is. Het vorstgetal is berekend over de periode 1 november t/m 31 maart en is gebaseerd op het aantal graden dat de gemiddelde etmaal temperatuur beneden de 0°C is.

## 9.3 Resultaten

### 9.3.1 De levensgemeenschappen

Het dendrogram (Figuur 51) toont de overeenkomsten in fauna samenstelling tussen de oorspronkelijke- en weggevestigde oesterbanken en referentiegebieden (R) op T<sub>0</sub>, T<sub>3</sub> en T<sub>4</sub> op de verschillende locaties. Op T<sub>0</sub> zijn de oesterbanken intact, op T<sub>3</sub> zijn bijna een jaar na bevissing op dezelfde plaats monsters genomen en op T<sub>4</sub> weer een jaar later. Op de horizontale as staat de Bray-Curtis dissimilariteit (similariteit = 1 – dissimilariteit). Deze parameter is een maat voor de overeenkomst in bodemdiergemeenschap tussen bepaalde monsters. Hoe lager de Bray-Curtis index, hoe meer overeenkomsten tussen de bodemdiergemeenschappen.

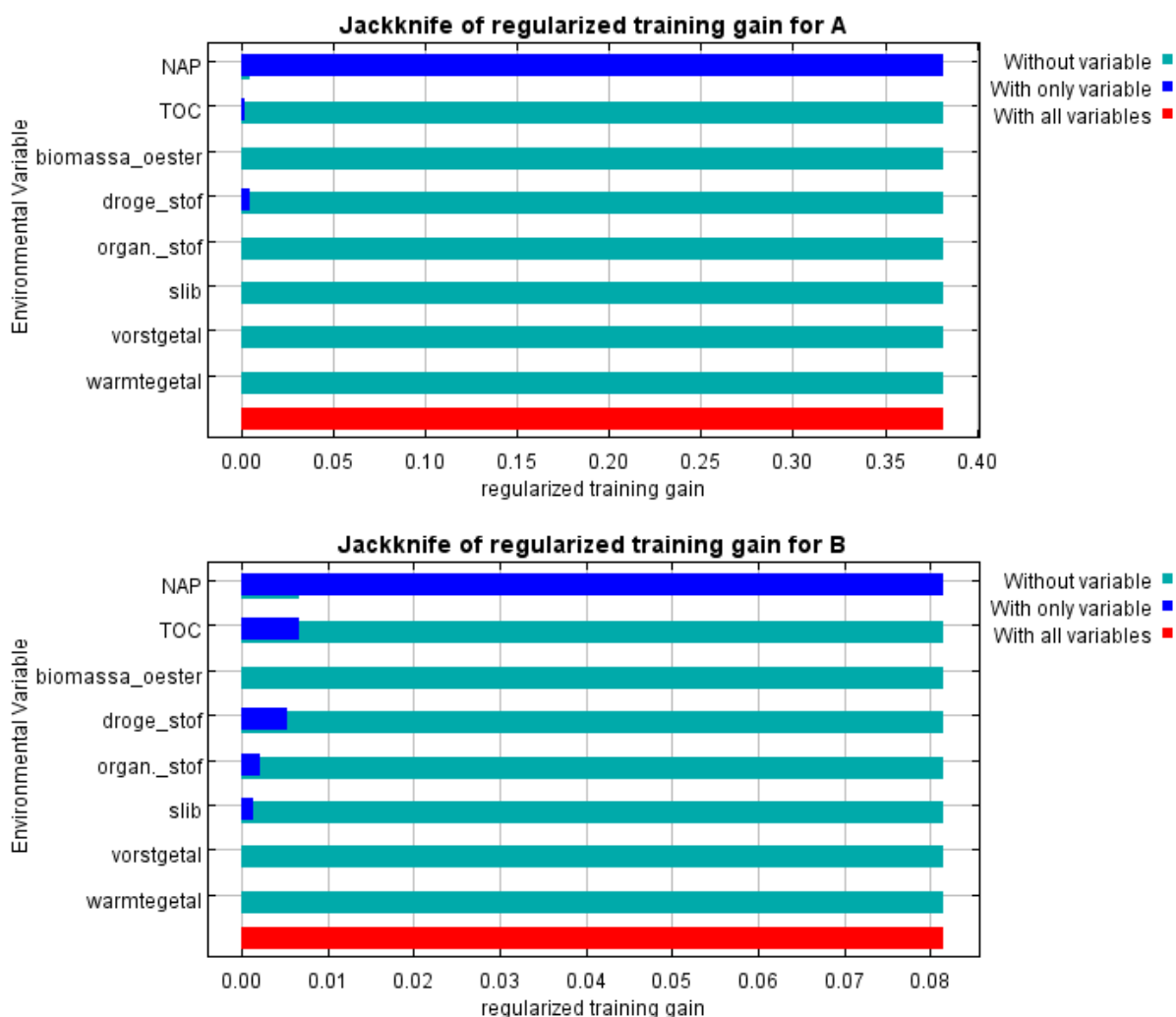


*Figuur 51: Dendrogram van (weggeviste) oesterbanken op de verschillende locaties. De kleuren van de clusters komen in de CCA plots en Tabel 9 terug)*

Uit het dendrogram komen 2 hoofdgroepen naar voren (cluster A en cluster B). Cluster B wordt, op basis van de inverse analyse (Appendix A), opgedeeld in 3 subgroepen (B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub> en B<sub>3</sub>).

De inverse analyse (Appendix A, De Kluijver, 1997) geeft de structuur van de gemeenschappen over de clustergroepen weer. De omkaderde groepen van soorten geven aan of ze in meerdere gemeenschappen voorkomen, of dat ze beperkt zijn tot één gemeenschap. De onderstreepte getallen in deze tabel geven de locaties aan die gezamenlijk verantwoordelijk zijn voor 90% van het cumulatieve voorkomen van die soort. Vetgedrukte getallen geven aan of een soort algemeen voorkomt binnen de locatie (presentie van meer dan 2/3 in de deelmonsters).

Uit Figuur 51 valt af te leiden dat cluster A uitsluitend bestaat uit sublitorale stations. Dat wil zeggen dat deze een specifieke bodemdier gemeenschap hebben die niet voorkomt op de litorale stations. Binnen dit cluster bevinden zich alle stations van Marollegat en 2 stations in de referentiegebieden van de Zilverput (T<sub>0</sub> en T<sub>4</sub>). Uit de CCA plots (Figuur 53 - Figuur 56) blijkt de diepte (NAP), of eigenlijk het verschil tussen litoraal en sublitoraal de belangrijkste factor te zijn waarmee deze stations zich van de andere stations onderscheiden. Dit blijkt ook uit de 'jackknife test' (Figuur 52 A+B). De stations in het Marollegat liggen op -4,05 en -3,64 m, de referentie in de Zilverput op -3,18 m NAP. In deze sublitorale stations komt de zandzager (*Nephtys hombergii*) relatief vaak voor en verschillende sublitorale soorten zijn tot dit cluster beperkt. In totaal komen er 63 soorten binnen dit cluster voor. De proeflocatie Zilverput ligt gemiddeld op -2.51 m NAP. De zuidzijde van de proeflocatie ligt slechts op 2 meter onder NAP en komt zo nu en dan droog te liggen tijdens extreem laag water. Dit kan verklaren waarom deze locatie zowel kenmerken van een litorale (Cluster B1) als een sublitorale (Cluster A) bodemdiergemeenschap zijn gevonden



Figuur 52: Resultaten van de 'jackknife test' van het belang voor de omgevingsfactoren voor de hoofdclusters A (boven) en B (onder).

Cluster B bestaat uit stations in de intergetijdzone en de overige stations in de locatie Zilverput. De stations in het intergetijdgebied liggen tussen  $-1,20$  en  $-0,15$  m NAP, die van de Zilverput op  $-3,18$  m en  $-2,51$  m NAP. Uit de CCA plot en de 'jackknife test' blijkt de geringe diepte de belangrijkste factor te zijn die cluster B van de overige locaties onderscheidt. Tevens blijkt dat het geringe vochtgehalte van het sediment en de TOC een bijdrage leveren. Deze laatste twee parameters zijn mogelijk sterk beïnvloed door het al dan niet droogvallen.

Cluster B<sub>1</sub> is gevonden op de (weggeviste) oesterbanken op de Vondelingsplaat en in de Zandkreek in de T<sub>0</sub>, T<sub>3</sub> en T<sub>4</sub> situatie, de (weggeviste) oesterbank in de Zilverput in de T<sub>0</sub> en T<sub>4</sub>, en op de referentie Zandkreek in de T<sub>3</sub> en T<sub>4</sub>. Het is een soortenrijke gemeenschap en de organismen komen in hoge dichtheden voor. Algemene soorten zijn de slangpier (*Capitella capitata*) en de oligochaeten *Tubificoides benedii* en *T. pseudogaster*. In totaal komen er 89 soorten binnen dit cluster voor. Tijdens de T<sub>0</sub> is er tussen de oesters op de proeflocaties Vondelingsplaat, Zandkreek en zilverput de exotische penseelkrab (*Hemigrapsus takanoi*) in hoge dichtheden aangetroffen. Na het wegvissen is de dominantie verschoven naar de borstelworm *Aphelocheata marioni*. Het is niet duidelijk of dit een effect is van het wegvissen of van natuurlijke van jaar tot jaar fluctuaties.

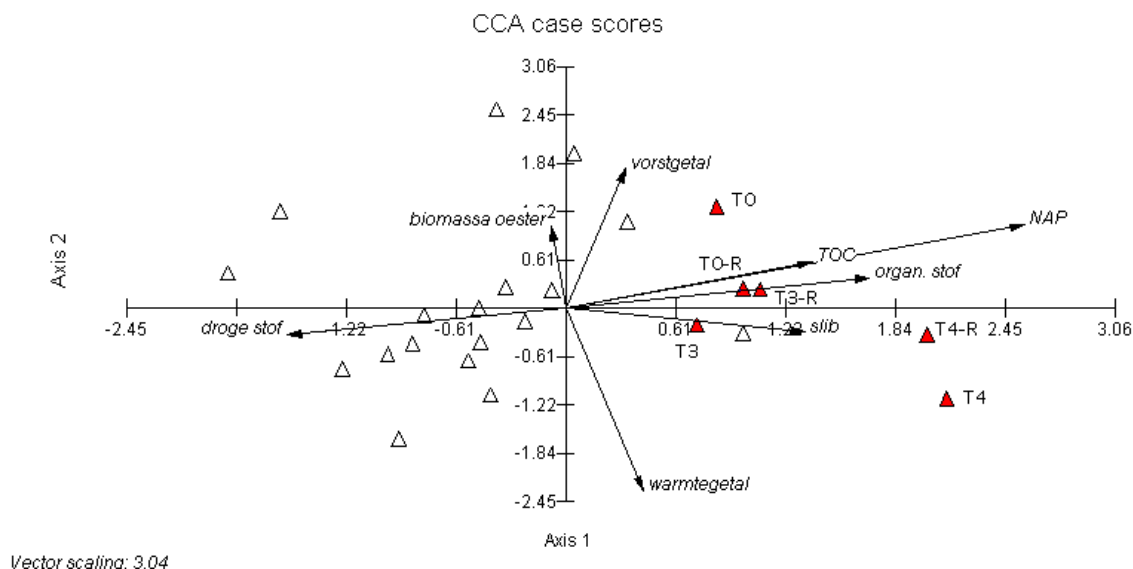
Cluster B<sub>2</sub> is beperkt tot de weggeviste oesterbank en het referentiegebied in de T<sub>3</sub>-situatie van de locatie Zilverput. Er komen slechts 16 soorten, in lage dichtheden, binnen het cluster voor. In dit cluster ontbreken de algemene soorten van cluster B<sub>1</sub> en deze lage diversiteit zorgt voor de afsplitsing van dit soortenarme cluster.

Cluster B<sub>3</sub> is gevonden op het referentiegebied van de Vondelingsplaat tijdens alle perioden, en het referentiegebied in de Zandkreek tijdens de T<sub>0</sub>-situatie. In totaal komen er 28 soorten, in relatief lage dichtheden, binnen de gemeenschap voor.

### 9.3.2 Effecten van het wegvissen van de oesterbanken

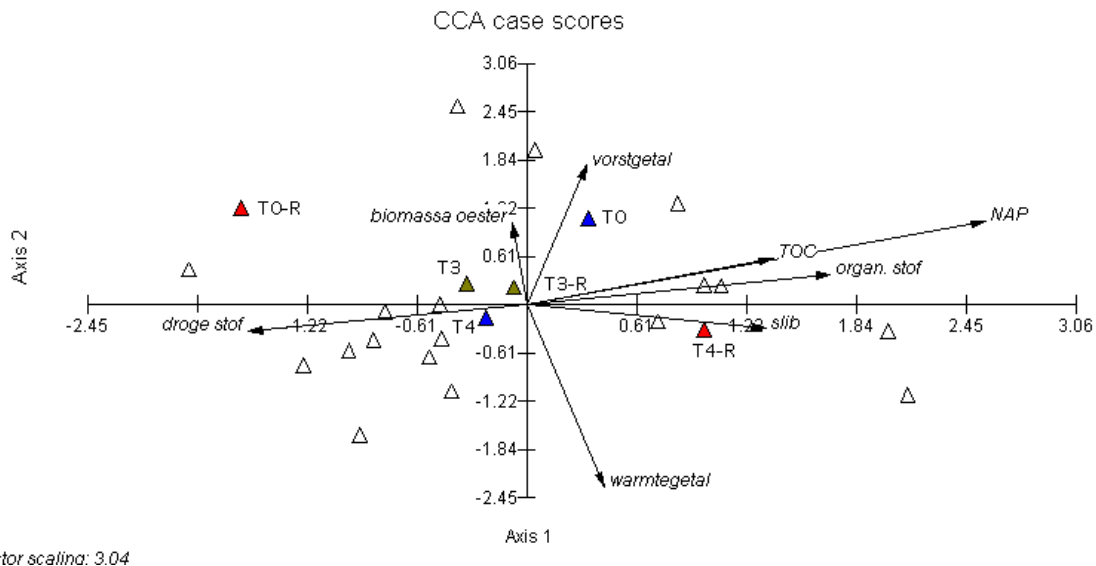
De aanwezige levensgemeenschappen lijken voornamelijk afhankelijk te zijn van de ligging van de locatie ten opzichte van NAP, of eigenlijk het al dan niet permanent onder water staan.

Op de sublitorale locatie Marollegat (-3,64 tot -4,05 m NAP) heeft het wegvissen van de oesterbanken niet geleid tot een verandering in de samenstelling van het macrobenthos. De (weggeviste) oesterbanken clusteren direct naast de betreffende referentiegebieden, dit ondanks dat het aantal soorten en de dichtheid in de T<sub>3</sub>-situatie, een jaar na het wegvissen, duidelijk lager was dan in de T<sub>0</sub>-situatie. In de T<sub>4</sub>-situatie was het benthos volledig hersteld (Tabel 9) en was de dichtheid hoger dan op het referentiegebied en de oorspronkelijke oesterbank. In de CCA plot hebben de stations alle een positieve waarde voor de x-as (belangrijkste factor: NAP), maar daalt de ligging van de stations ten opzichte van de y-as in de tijd. Deze as is gecorreleerd aan het vorstgetal en negatief gecorreleerd aan het warmtegetal. In de onderzochte periode is de temperatuur tijdens de voorafgaande zomer blijkbaar toegenomen. Het is mogelijk dat dit ook effect heeft gehad op de watertemperatuur. Deze factor blijkt dus van belang voor de samenstelling van het benthos. De hoge ligging van de oesterbank tijdens de T<sub>0</sub>-situatie langs de y-as wordt gecorreleerd aan de biomassa van de aanwezige oesters.



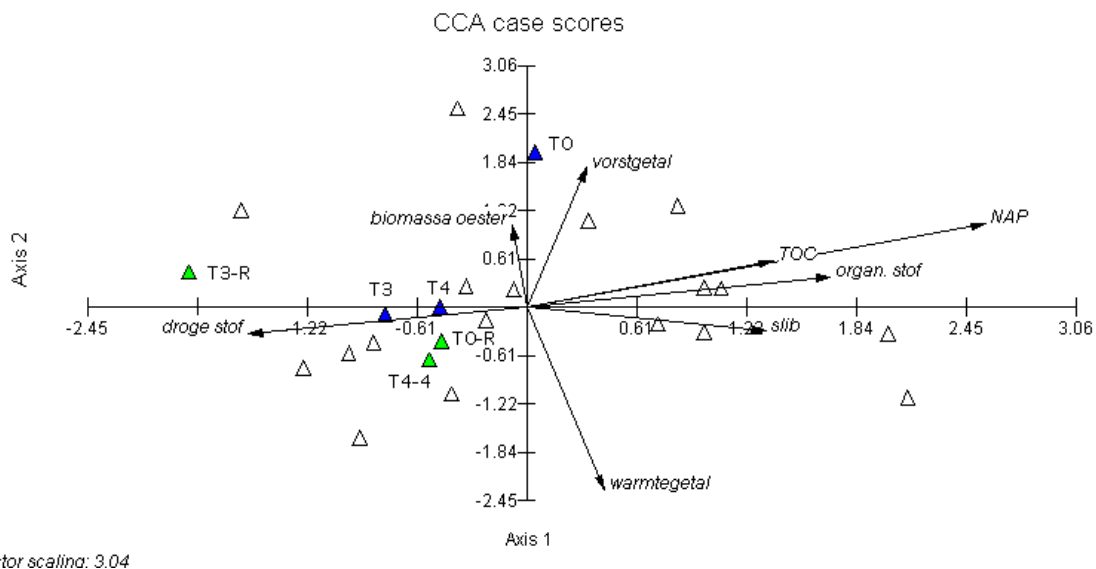
Figuur 53: CCA plot voor de stations in het Marollegat (gekleurde driehoekjes). De kleur van de driehoekjes komt overeen met de levensgemeenschap.

De locatie Zilverput is semi-sublittoraal. Het referentiegebied (-3,18 m NAP) ligt duidelijk lager dan het weggeviste perceel (-2,51 m NAP). Het is daarom maar de vraag of de referentie goed is gekozen. Het weggeviste perceel kan gedeeltelijk droogvallen, zeker als er een sterke wind vanuit het oosten is. Op de dieper gelegen referentielocatie zal dit veel minder het geval zijn. In het referentiegebied kwam de sublitorale gemeenschap A in de T<sub>0</sub>-situatie voor, terwijl de gemeenschap in de oesterbank clusterde bij de soortenrijke gemeenschap uit het intergetijde gebied (B<sub>1</sub>). Na het wegvissen van de oesterbank (T<sub>3</sub>-situatie) was het aantal soorten en de dichtheid sterk afgenomen en vormde het station, samen met het referentiegebied, het verarmde cluster B<sub>2</sub>. Net als op de locatie Marollegat was in de T<sub>4</sub>-situatie het benthos volledig hersteld en ook hier was de dichtheid hoger dan op het referentiegebied en de oorspronkelijke oesterbank. Ook hier lijkt de temperatuur van de voorafgaande zomer te correleren met de bodemdiorgemeenschap. De lage waarde op de x-as van het referentiegebied tijdens de T<sub>0</sub>-situatie is gecorreleerd met het lage slibgehalte van het sediment.



*Figuur 54: CCA plot voor de stations in de Zilverput (gekleurde driehoekjes). De kleur van de driehoekjes komt overeen met de levensgemeenschap.*

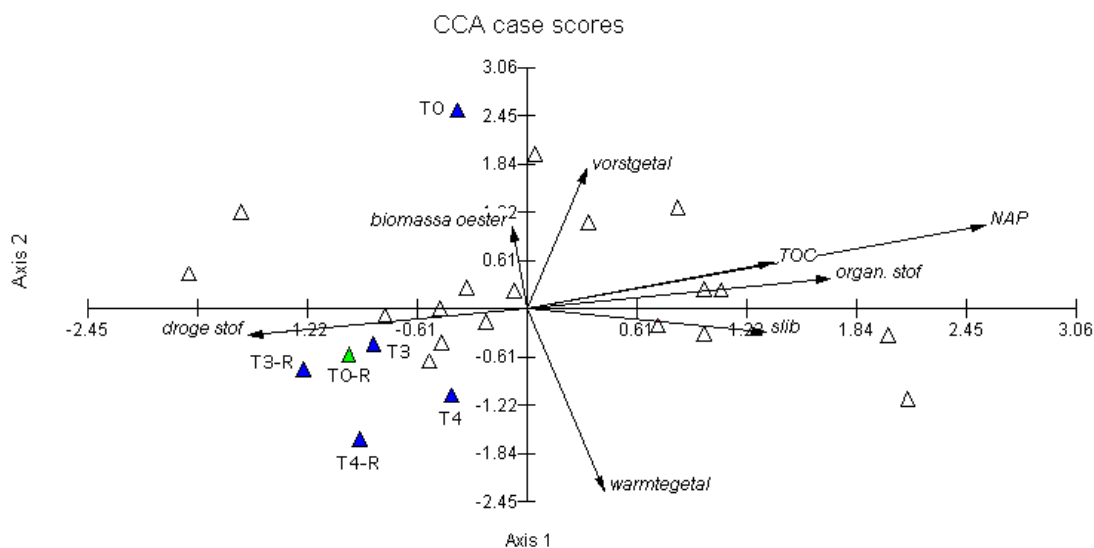
Op de in het intergetijde gebied gelegen locatie Vondelingsplaat kwam op de oesterbank (-1,20 m NAP) de soortenrijke gemeenschap B<sub>1</sub> voor terwijl op het referentiegebied (-1,17 m NAP) de soortenarmere gemeenschap B<sub>3</sub> werd gevonden. Na het wegvissen van de oesterbank nam het aantal soorten en de dichtheid sterk af, maar het station clusterde nog steeds bij cluster B<sub>1</sub>. Op het referentiegebied bleef gemeenschap B<sub>3</sub> bestaan. In de T<sub>4</sub>-situatie was het aantal soorten en de dichtheid wel toegenomen, maar was nog steeds duidelijk lager dan in de T<sub>0</sub>-situatie. Op het referentiegebied nam het aantal soorten in de tijd toe.



*Figuur 55: CCA plot voor de stations op de Vondelingsplaat (gekleurde driehoekjes). De kleur van de driehoekjes komt overeen met de levensgemeenschap.*

Op de hoger in het intergetijde gebied gelegen locatie Zandkreek kwam op de oesterbank (-1,11 m NAP) de soortenrijke gemeenschap B<sub>1</sub> voor, terwijl op het referentiegebied (-0,15 m NAP) de soortenarmere gemeenschap B<sub>3</sub> werd gevonden. Na het wegvissen van de oesterbank nam het aantal soorten en de dichtheid sterk toe. Dit was ook het geval op het referentiegebied en hier werd ook gemeenschap B<sub>1</sub> gevonden. In de

T<sub>4</sub>-situatie nam zowel op de weggeviste oesterbank als op het referentiegebied het aantal soorten verder toe, maar daalde de dichtheid.



Vector scaling: 3.04

Figuur 56: CCA plot voor de stations in de Zandkreek (gekleurde driehoekjes). De kleur van de driehoekjes komt overeen met de levensgemeenschap.

Tabel 9: Aantal soorten en dichtheden van alle soorten in de tijd op de verschillende locaties. De kleuren komen overeen met de levensgemeenschap: Rood: cluster A, Blauw: cluster B<sub>1</sub>, grijs: cluster B<sub>2</sub> en groen cluster B<sub>3</sub>.

Locatie	Diepte t.o.v. NAP		T <sub>0</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>4</sub>
Marollegat	-4,05	n species	16	6	28
		dichtheid/hap	15,2	3,0	78,6
Ref Marollegat	-3,64	n species	12	14	30
		dichtheid/hap	17,8	24,2	39,2
Zilverput	-2,51	n species	19	9	20
		dichtheid/hap	32,4	3,2	81,0
Ref Zilverput	-3,18	n species	7	10	30
		dichtheid/hap	2,0	3,0	17,4
Vondelingsplaat	-1,20	n species	41	22	26
		dichtheid/hap	108,4	38,8	44,2
Ref Vondelingsplaat	-1,17	n species	10	14	17
		dichtheid/hap	4,8	17,6	13,4
Zandkreek	-1,11	n species	18	23	28
		dichtheid/hap	45,2	100,0	48,8
Ref Zandkreek	-0,15	n species	10	21	29
		dichtheid/hap	18,0	257,0	111,2

## 9.4 Conclusies

De bodemdiergemeenschap vertoont een sterke ruimtelijke en temporele variatie. Het is daarom moeilijk om significante effecten van het wegvissen te vinden op basis van jaarlijkse bemonstering binnen de relatief kleine onderzoekslocaties. De algemene conclusie, op grond van deze data, is dat er geen structurele, onomkeerbare veranderingen optreden in de samenstelling van het macrobenthos na het wegvissen van oesterbanken. Voor het wegvissen kwamen er meer soorten voor op de oesterbanken dan in de referentiegebieden. De dichtheid van de soorten op de oesterbank was hoger in het intergetijde gebied dan in het sublitoraal. Het wegvissen van oesterbanken had in het sublitoraal een tijdelijke verarming van het bodemleven tot gevolg. In het intergetijde gebied is de bodemdiergemeenschap soortenrijker. De soortenrijkdom op de Vondelingsplaat is gehalveerd na de bevissing. De soortenrijkdom in de Zandkreek is in deze periode toegenomen.. Het herstel van het bodemleven lijkt te worden bevorderd door hogere temperaturen in de voorafgaande zomer.

# 10 Vogels

## 10.1 Inleiding

De inter-getijde gebieden van de Oosterschelde spelen een belangrijke rol als foerageergebied voor steltlopers. De steltlopers zijn voor hun voedselvoorziening op de droogvallende slikken en platen afhankelijk van de hoeveelheid en samenstelling van de aanwezige bodemdieren. Deze aanwezigheid is afhankelijk van factoren als hoogteligging en type substraat (Baptist, 2005). Daarnaast moeten de bodemdieren ook bereikbaar zijn voor de foeragerende vogels (niet teruggetrokken in schuilplaatsen, te diep in het sediment of slechts een beperkte tijd droogvallend). Via een andere bodemdiersamenstelling en biomassa kan een oesterbank daarmee een rol spelen als foerageergebied voor de steltlopers. Het wegvissen van de oesterbank kan daarmee effect hebben op de foerageermogelijkheden voor de steltlopers. In dit hoofdstuk worden de effecten van het wegvissen op de foeragerende vogels onderzocht

## 10.2 Aanpak

Om de rol van een oesterbank op foeragerende vogels te analyseren zijn vogeltellingen uitgevoerd op de inter-getijdengebieden Vondelingsplaat en Zandkreek. De tellingen zijn uitgevoerd gedurende de gehele periode van droogval en er is onderscheid gemaakt naar al dan niet foeragerende vogels. De  $T_0$  is uitgevoerd in de maanden januari en februari 2006. De  $T_3$  is uitgevoerd in de maanden november en december 2006. De  $T_4$  meting is uitgevoerd in februari 2008.

Bij de vogeltellingen tijdens de  $T_0$  is gebleken dat het onderscheid bij het tellen en vergelijken van grote en kleine oppervlakten (cf. de in de passende beoordeling gebruikte techniek door Baptist, 2005) mogelijk kan vertekenen. Door het tellen van grote oppervlakten referentiegebied en kleinere oppervlakten oesterbank bleek de mogelijkheid van een 'vertelling' te bestaan, d.w.z. dat op de grotere oppervlakten relatief meer vogels over het hoofd kunnen worden gezien. De vogel aantallen op de oesterbanken werden daardoor mogelijk overschat. De tellingen in de grotere telvakken lieten zien dat de oesterbanken hogere presenties aan vogels gaven dan de referentielocaties, maar dit kan mogelijk het gevolg zijn van een onderschatting van het aantal vogels op de referenties (Wijsman *et al.*, 2006).

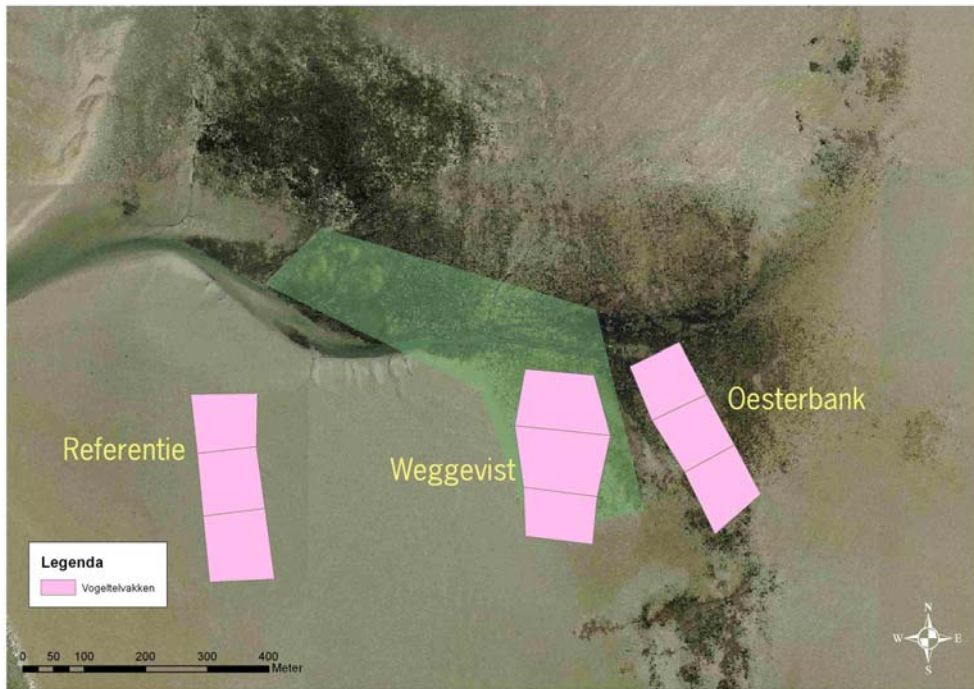
Daarom is voor de  $T_3$  en  $T_4$  gekozen om de teloppervlakken van de verschillende gebieden gelijk te houden, door telvakken in te richten van ca 1 hectare (Figuur 57, Figuur 58). Voor elk gebied zijn 3 telvakken gemaakt die om het half uur zijn geteld op de aanwezigheid van vogels. Op  $T_3$  en  $T_4$  zijn dezelfde telvakken geteld die d.m.v. paaltjes gemarkeerd waren. De resultaten van de  $T_0$  metingen zijn eerder al gerapporteerd in Wijsman *et al.* (2006) en worden, in verband met mogelijke verwarring als gevolg van de andere aanpak die is gehanteerd, in de huidige rapportage niet herhaald.

De telvakken zijn ingericht op een nog intact deel van de oesterbank, op de proeflocaties en op de referentieplots. Zo kan een beeld worden verkregen van het verschil in gebruik tussen de oesterbank en de onbedekte referentielocaties zonder gebruik te maken van de  $T_0$  metingen.

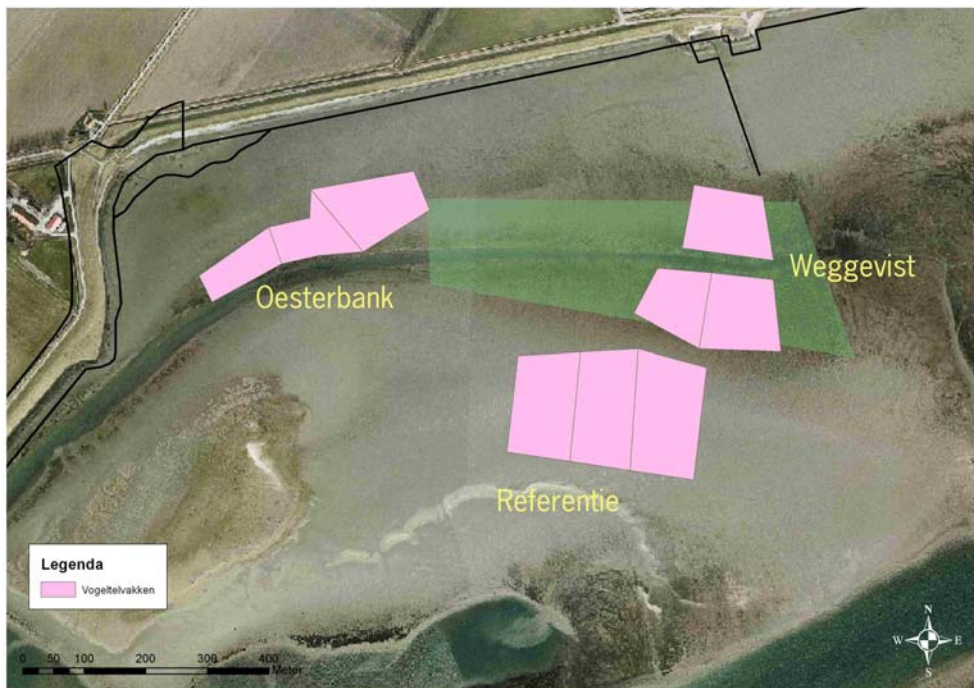
De vogels op de Vondelingsplaat zijn geteld op 25 november 2006 ( $T_3$ ) en 23 februari 2008 ( $T_4$ ). Op de Zandkreek konden de drie gebieden in 2006 niet op 1 dag gedurende droogval geteld worden, de tellingen van de  $T_3$  zijn daarom over meerdere dagen verspreid. Op 22 november en 13 december 2006 is het telvak in de oesterbank geteld en op 12 en 20 december 2006 zijn de vogels op de referentie en de proeflocatie geteld. Op 13 februari 2008 was het wel mogelijk om alle gebieden van de Zandkreek in 1 dag te tellen.

Bij de Zandkreek is geteld vanaf de kruin van de dijk, op de Vondelingsplaat is geteld vanuit een drooggevalle boot met een waarneemhoogte van 3,7 meter boven het slik. De tellingen zijn uitgevoerd in vooraf gemarkeerde vakken op de oesterbank, in het gebied van de weggeviste oesterbank en in het referentiegebied.





*Figuur 57: Ligging telvakken vogels (roze) op de locatie Vondelingsplaat. Telvakken zijn oesterbank (2,7 ha), weggevist (3,4 ha) en referentie (3,0 ha). De proeflocatie is in groen aangegeven.*



*Figuur 58: Ligging telvakken vogels (roze) op de locatie Zandkreek. Telvakken zijn oesterbank (2,5 ha), weggevist (3,7 ha) en referentie (5,4 ha). De proeflocatie is in groen aangegeven.*

Uit de waarnemingen zijn de volgende parameters berekend:

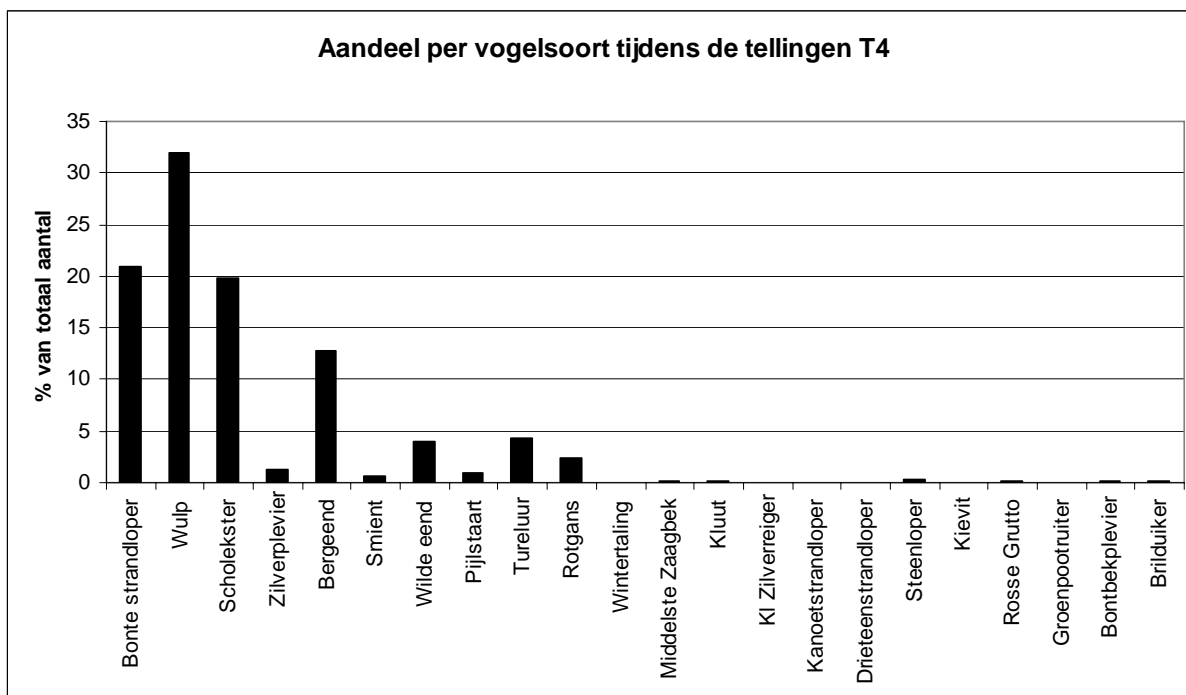
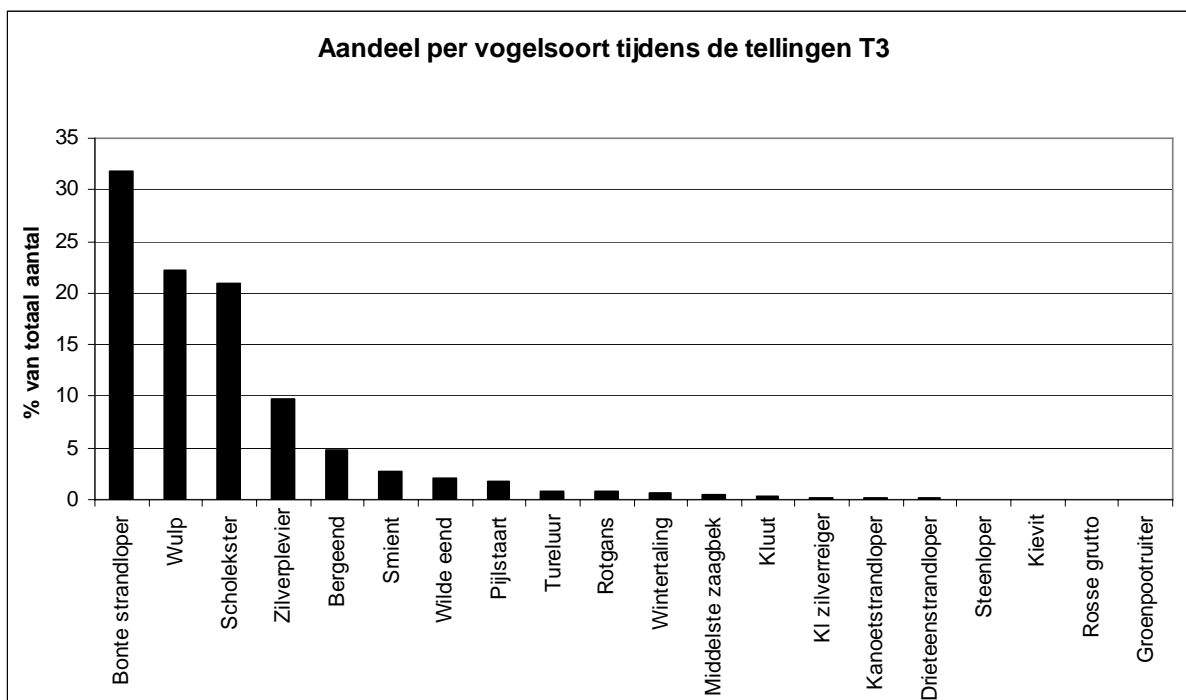
1. het totaal aantal getelde vogels, een maat voor het voorkomen per soort [ $N_{tot}$ ]
2. het totaal aantal gedeeld door het oppervlak als maat voor de presentie per soort [ $N_{tot}/opp$ ]
3. het maximum aantal vogels per ha op één moment [ $N_{max}/opp$ ]
4. het aantal vogelvoergeruren per soort in het betreffende gebied ( $N_{somfoerageer}/opp/droogvalduur$ )

Het voorkomen geeft een beeld van de soortverhouding die aanwezig was tijdens de tellingen. De presentie (totaal aantal getelde vogels van een soort / oppervlakte) geeft het meeste onderscheid tussen de vogelpopulaties in de verschillende gebieden. Het maximale aantal geeft inzicht in het totale aantal vogels (naar soort) dat aanwezig was op een bepaald moment op die dag in het betreffende gebied.

Het onderscheid naar aantal foeragerende dieren is gebruikt om het aantal vogelvoergeruren te bepalen, verder in de tekst verkort **vogeluren** genoemd. Het aantal vogeluren is een maat voor het gebruik als foerageergebied door vogels. In dit onderzoek is het aantal vogeluren gecorrigeerd voor de oppervlakte en droogvalduur om de vergelijkbaarheid tussen de oesterbanken, de weggeviste banken en de referentiegebieden zichtbaar te kunnen maken.

### 10.3 Resultaten

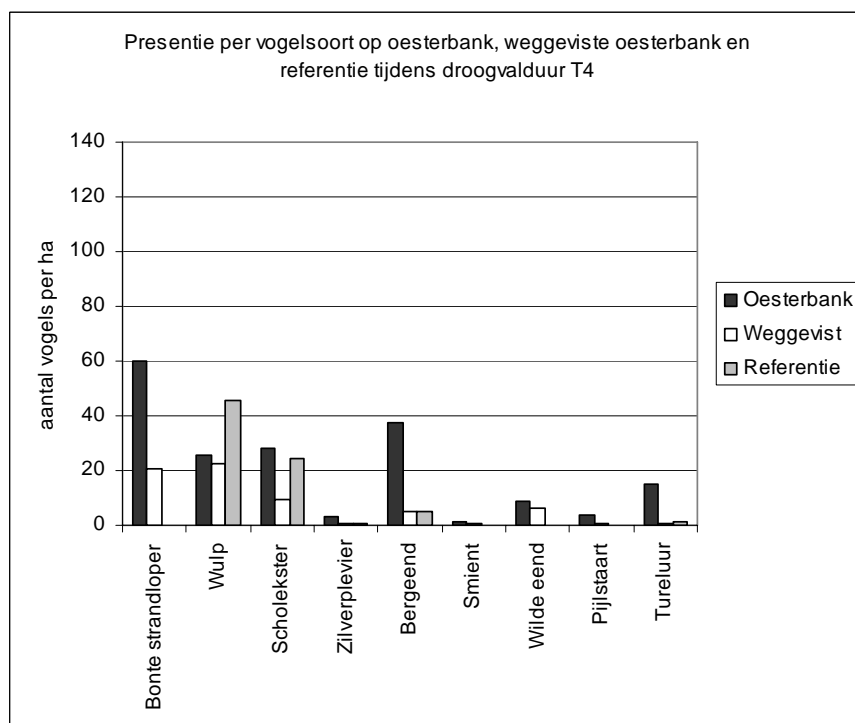
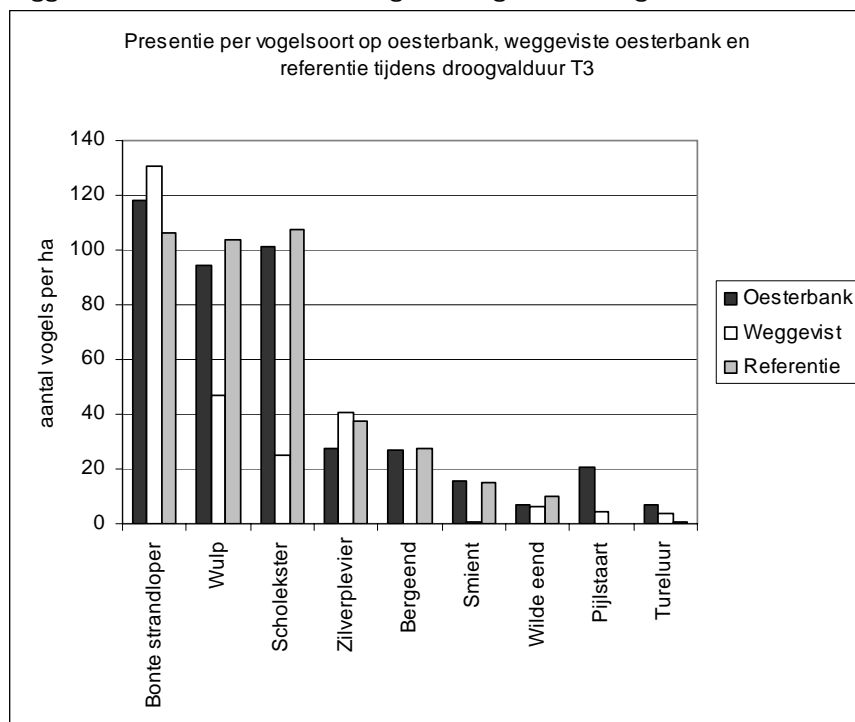
De waargenomen vogelsoorten staan in Figuur 59, als percentage van het totale aantal getelde vogels. Om  $T_3$  en  $T_4$  te kunnen vergelijken is de volgorde van vogelsoorten in de grafieken gelijk gehouden in de grafieken.



*Figuur 59: De soortverhouding van vogels als percentage van het totaal aantal getelde vogels in december 2006 in het getijdengebied in Zandkreek en Vondelingsplaat tijdens de T<sub>3</sub> (boven en de T<sub>4</sub> (onder).*

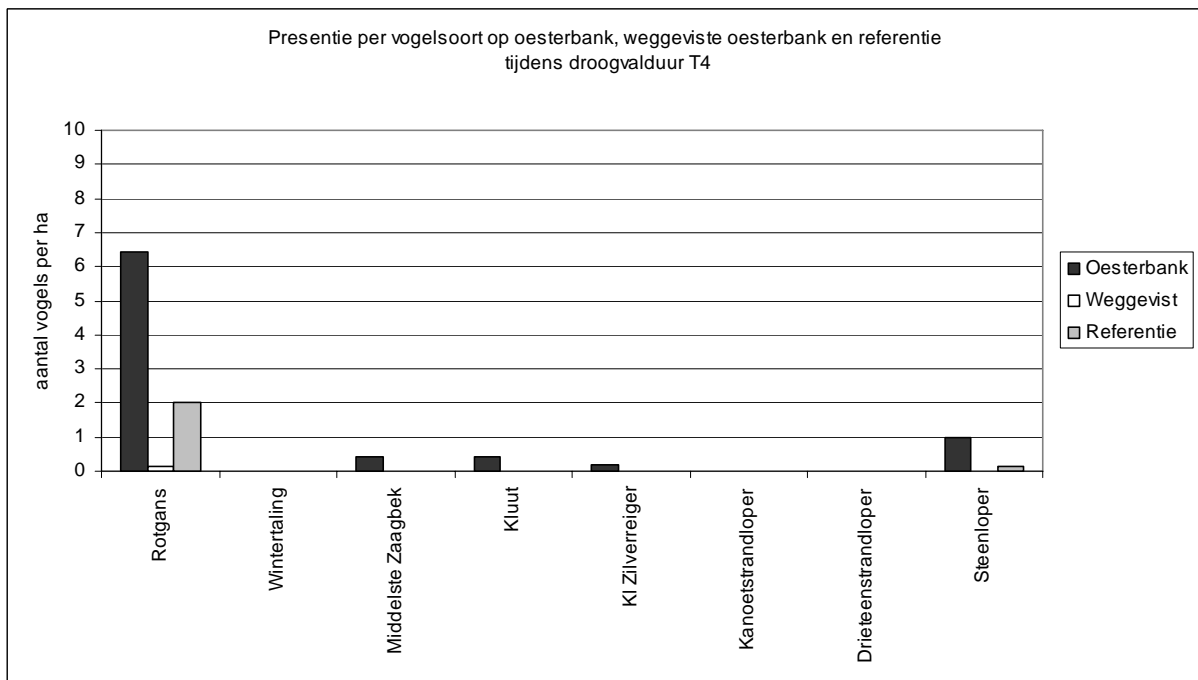
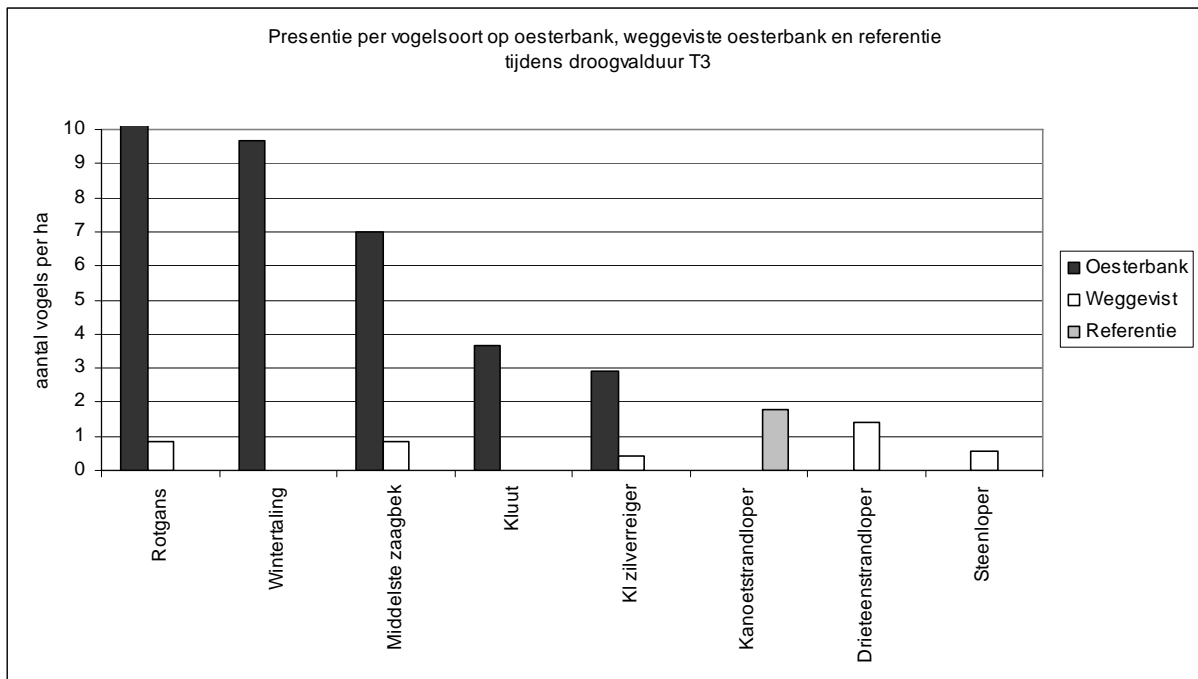
De bonte strandloper, de scholekster, de wulp, de zilverplevier en bergeend zijn de meest dominante soorten (> 5%). Het aandeel zilverplevieren tijdens de T<sub>4</sub> was aanzienlijk lager dan tijdens de T<sub>3</sub> terwijl de bergeenden relatief belangrijker waren tijdens de T<sub>4</sub>. Relatief belangrijke soorten zijn ook de eendensoorten smient, wilde eend, pijlstaart, de tureluur en de rotgans (1-4% per soort tijdens een van de tellingen). De wilde eend, tureluur en rotgans waren tijdens de T<sub>4</sub> relatief abundanter dan tijdens de T<sub>3</sub>. De overige soorten maken een enkele procent of minder van het totale aantal getelde vogels uit. De soortverhouding in 2006 (T<sub>3</sub>) en 2008 (T<sub>4</sub>) is vergelijkbaar te noemen, d.w.z. de aantalverhoudingen in dezelfde orde grootte vallen.

Bij de presenties komt dit ook naar voren, waarbij nu een eerste onderscheid is gemaakt naar oesterbank, weggeviste oesterbank en referentiegebied (Figuur 60 en Figuur 61).



Figuur 60: Dichtheid (aantal vogels per ha telgebied) van de algemeen voorkomende vogels in de Zandkreek en Vondelingsplaat tijdens de  $T_3$  (boven) en de  $T_4$  (onder).

Tijdens de  $T_3$  was de dichtheid aan vogels duidelijk hoger dan op  $T_4$ . De verhouding tussen de soorten is echter niet veel veranderd. Voor de vier dominante vogelsoorten geldt dat de presentie op een oesterbank geen hele grote verschillen laat zien ten opzichte van het referentiegebied. Wulp en scholekster lijken op de weggeviste oesterbanken iets minder voor te komen dan op de oesterbank en het referentiegebied. Voor deze soorten is de weggeviste oesterbank kennelijk minder interessant. Tijdens de  $T_4$  lijken de bonte strandloper, de bergeend en de tureluur een voorkeur te hebben voor de oesterbank.



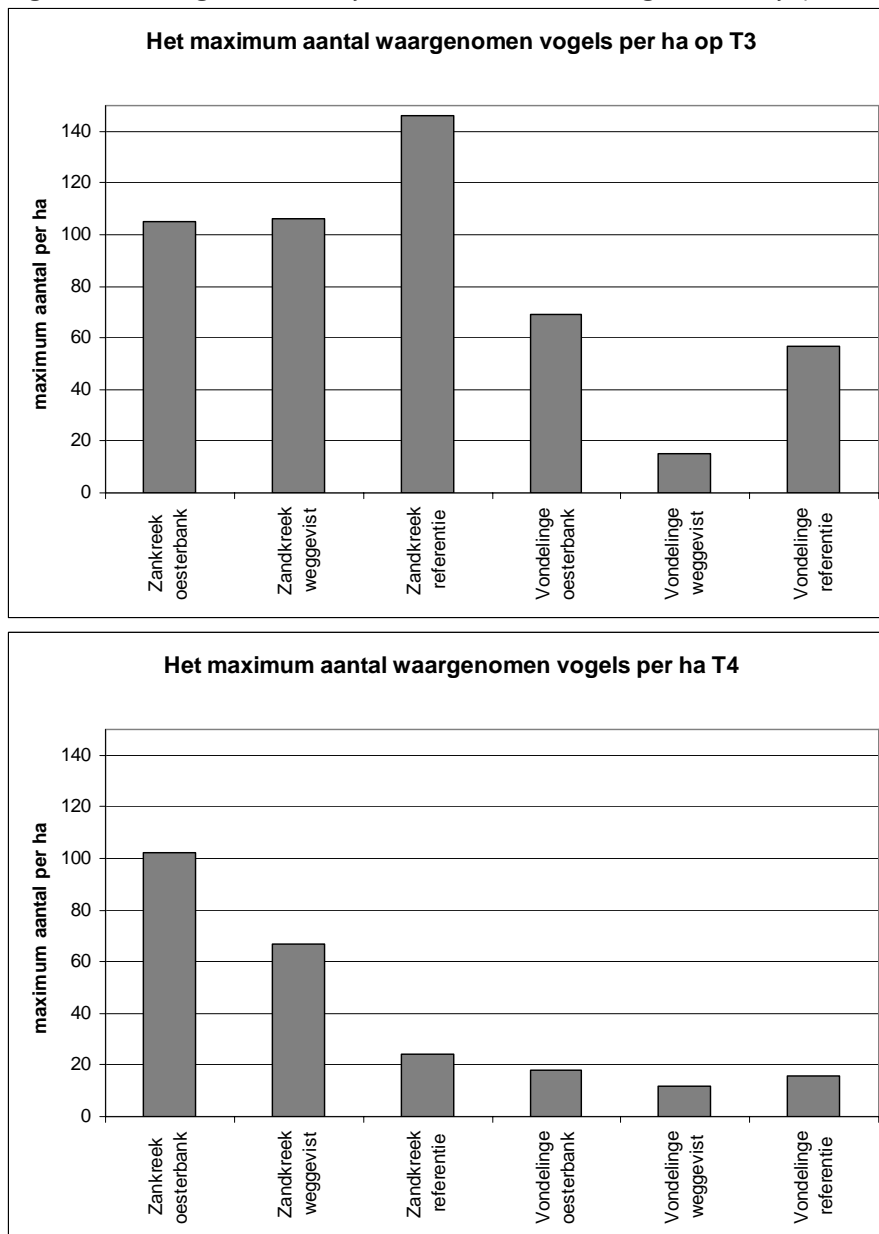
Figuur 61: Dichtheid (aantal vogels per ha telgebied) van de minder algemeen voorkomende vogels in de Zandkreek en Vondelingsplaat tijdens de  $T_3$  (boven) en de  $T_4$  (onder).

Voor de andere, minder voorkomende soorten vogels geldt dat de presentie op de oesterbank in de regel hoger is dan in het referentiegebied (Figuur 61). Een uitzondering is de Kanoetstrandloper die de referentie lijkt te prefereren. De presenties van de meeste andere soorten vogels in het referentiegebied zijn lager en meestal ook minder dan in de weggeviste oesterbanken.

Het aantal waargenomen soorten vogels is op een oesterbank het hoogst, met 11-15 soorten op  $T_3$  en  $T_4$ . De weggeviste delen volgen met 8-12 vogelsoorten. In de referentiegebieden zijn 6-9 soorten vogels waargenomen.

De diversiteit aan vogels is op een oesterbank groter dan in de weggeviste delen en duidelijk groter dan in de referentiegebieden. De diversiteit aan soorten wordt echter wel sterk beïnvloed door de zeldzamere vogels die een enkele keer worden waargenomen in de telperiode.

Er is op  $T_3$  en  $T_4$  een duidelijk onderscheid in presentie aanwezig tussen de twee intergetijdegebieden, de maximum dichtheid aan vogels is in de Zandkreek duidelijk hoger dan op de Vondelingsplaat (zie Figuur 62). Vogels kunnen dit gebied makkelijker bereiken vanuit de hoogwater verblijfsplaatsen.

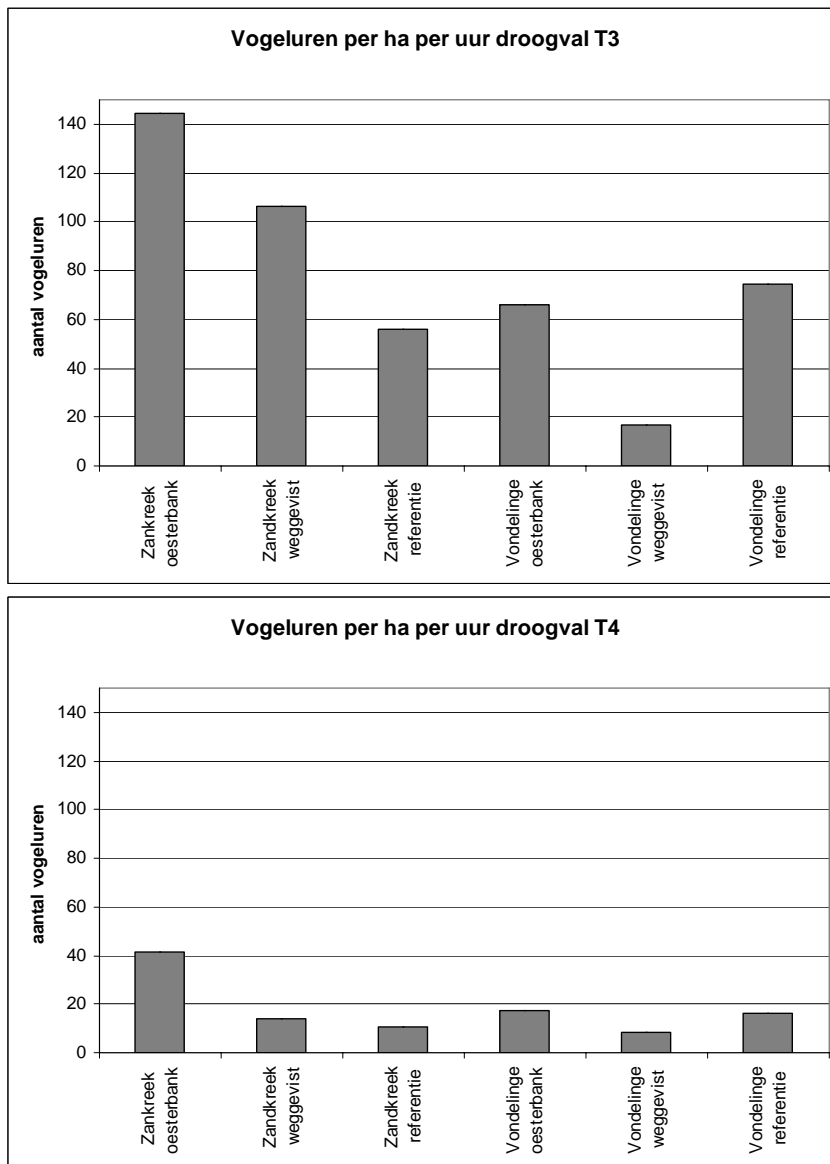


*Figuur 62: Het maximum aantal vogels per ha telgebied op 1 moment in de telperiode.*

Opvallend is dat bij het onderscheid tussen oesterbank en referentie tijdens de  $T_3$  het maximum aantal vogels redelijk vergelijkbaar is, dit in tegenstelling tot wat bij de presenties naar voren komt. Het geeft aan dat (grotere) groepen vogels in korte(re) perioden dan de droogvalduur op de platen verblijven. Vogels fourageren vaak langs de laagwaterlijn en migreren mee tijdens het opkomend en afgaand water Dit is zowel in de Zandkreek als op de Vondelingsplaat het geval.

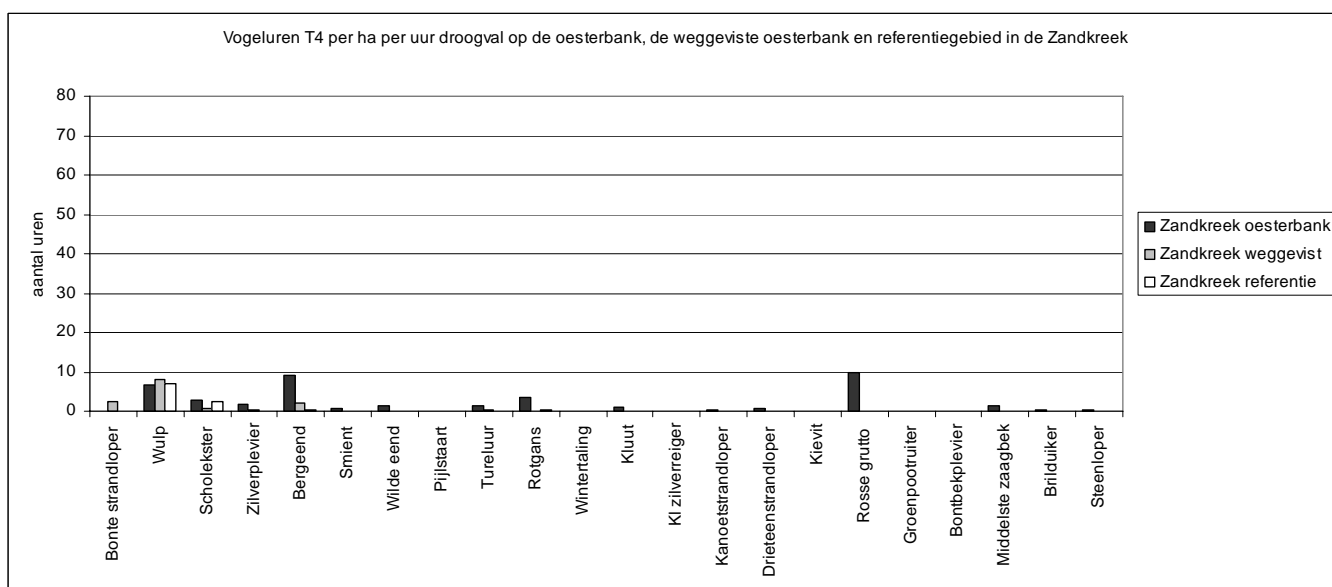
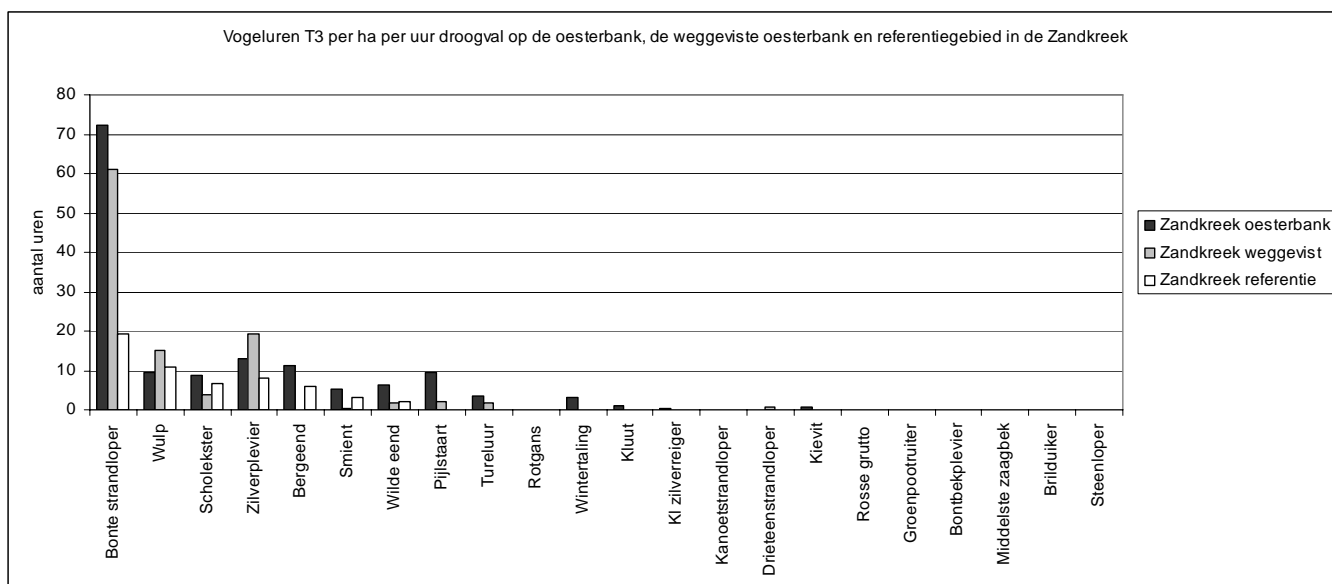
In de Zandkreek is het maximum aantal niet onderscheidend voor een oesterbank of referentiegebied, de waarnemingen op  $T_3$  en  $T_4$  laten verschillen zien die tegengesteld zijn. Op de weggevisste delen van de oesterbank op de Vondelingsplaat zijn de maximale dichtheden lager dan op een oesterbank en de referentie, op beide telmomenten. Op basis van de maximale dichtheden is er geen duidelijk onderscheid tussen een oesterbank en de referentiegebieden.

De vogeluren zijn berekend met een correctie naar oppervlakte en droogvaltijd van het gebied (Aantal vogeluren / oppervlak telgebied / droogvalduur telgebied). Zo kunnen de afzonderlijke gebieden gestandaardiseerd met elkaar vergeleken worden. De vogeluren zijn berekend uit de som van het aantal foeragerende vogels per soort en uitgedrukt per ha per uur droogvaltijd van het gebied, waarbij de vogeluren van elk deel-telgebied zijn gemiddeld (Figuur 63).



Figuur 63: Het aantal vogeluren per telgebied voor de  $T_3$  meting (boven) en de  $T_4$  meting (onder).

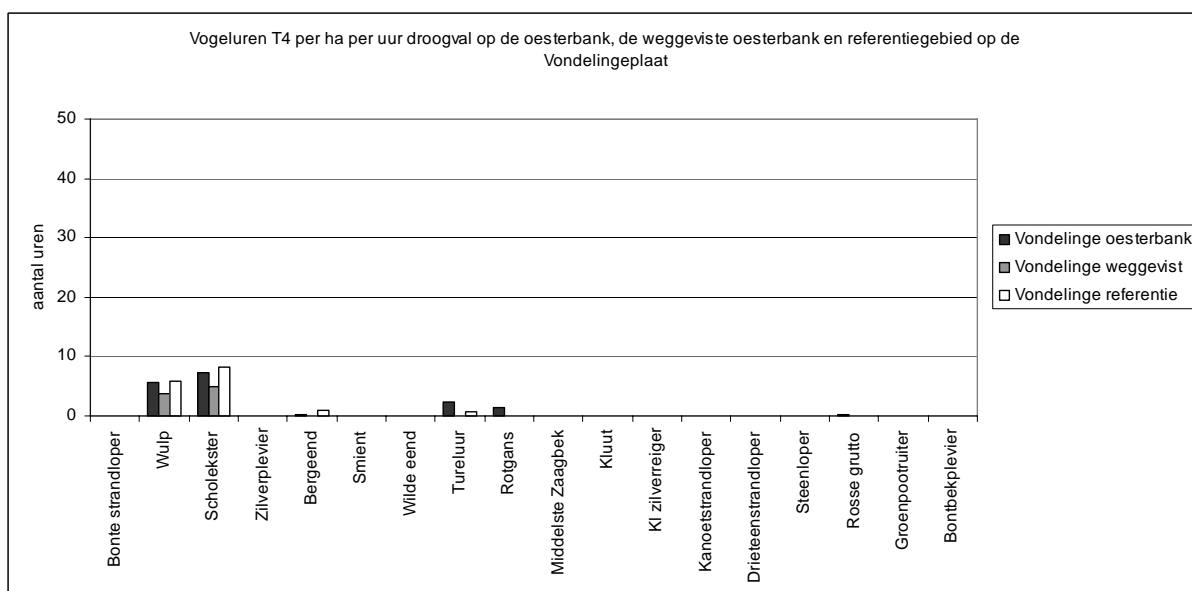
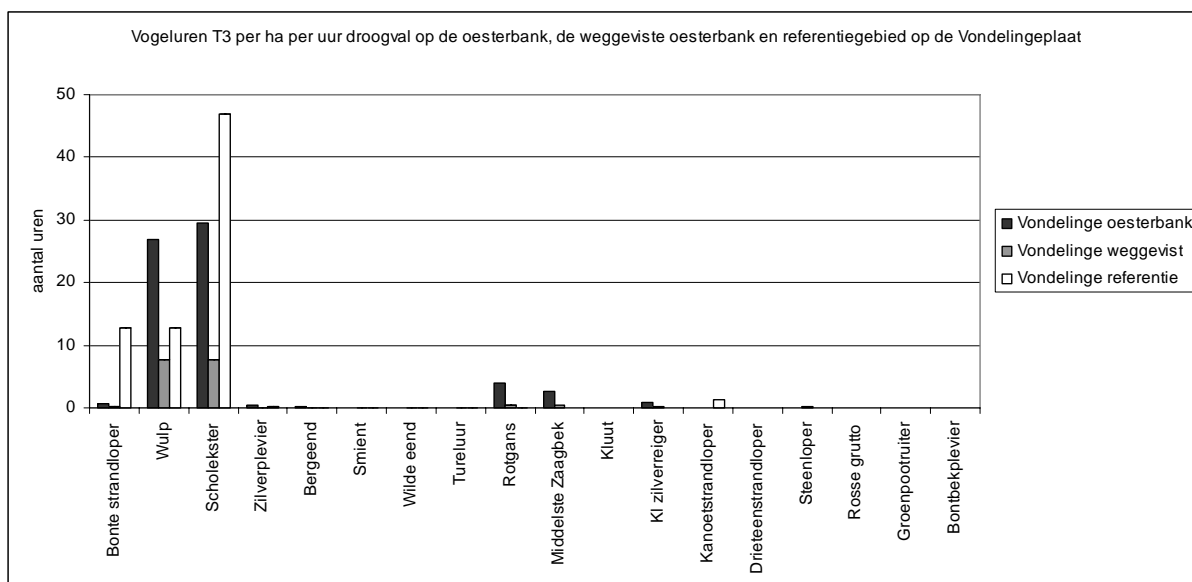
In de Zandkreek besteden vogels (per ha per uur) de meeste vogeluren op de oesterbank, en de minste vogeluren op de referentie. In het weggeviste deel is het aantal vogeluren minder dan op de oesterbank en komt meer overeen met het referentie gebied. Op de Vondelingsplaat is er weinig verschil in vogeluren tussen de referentie en de oesterbank. De weggeviste oesterbank laat de minste vogeluren zien.



Figuur 64: Het aantal vogeluren per telgebied per soort in de Zandkreek tijdens de  $T_3$  (boven) en de  $T_4$  (onder).

De bonte strandloper maakte op  $T_3$  de meeste uren in de verschillende gebieden van de Zandkreek en vult het totale aantal vogeluren voor grofweg de helft in (Figuur 64). Bij bonte strandloper, de verschillende soorten eenden en de tureluur is een duidelijke volgorde in voorkeur te zien van oesterbank-weggewiste oesterbank-referentiegebied. Voor zilverplevier, wulp en ook scholekster ligt de voorkeur duidelijk meer verspreid over de gebieden. Opvallend is dat de bonte strandloper tijdens de  $T_3$  veruit dominant aanwezig was in de Zandkreek, en tijdens de  $T_4$  nauwelijks is gezien.





Figuur 65: Het aantal vogeluren per soort op de Vondelingsplaat tijdens de  $T_3$  (boven) en de  $T_4$  (onder).

Op de Vondelingsplaat besteden vogels (per ha per uur) gemiddeld een vergelijkbaar aantal vogeluren op de oesterbank en de referentie (Figuur 65). In het weggeviste deel worden zowel op  $T_3$  als op  $T_4$  minder vogeluren besteed. De meeste vogeluren op de Vondelingsplaat worden gemaakt door de scholekster en de wulp, waarbij de minste uren worden besteed op de weggeviste oesterbank. Andere soorten foerageren niet of nauwelijks op het 'weggeviste' deel. Dit deel is kennelijk niet interessant en is mogelijk een gevolg van de vele (dode) schelpen die hier nog in hoge dichtheid voorkomen. De scholekster, bonte strandloper en ook de kanoetstrandloper vertonen een voorkeur voor de referentiedelen, aangezien ze hier de meeste vogeluren besteden.

## 10.4 Conclusies

De vogeltellingen zijn uitgevoerd om de benutting van een oesterbank door vogels als foerageergebied te vergelijken met een gebied zonder of met weinig oesters. Tevens zijn de effecten van het wegvissen van een oesterbank op de vogelstand onderzocht. De vogeltellingen zijn hiervoor omgerekend tot standaard eenheden (aantal vogeluren / oppervlakte telgebied / droogvaltijd), zodat in grootte en droogvalduur verschillende gebieden met elkaar vergeleken kunnen worden. Tussen het getijdegebied in de Zandkreek en de Vondelingsplaat blijken verschillen te bestaan in dichtheid en benutting. Ook is de benutting van oesterbanken, weggeviste oesterbanken en referenties tussen de getijdegebieden verschillend. Dit komt tot uiting op beide telmomenten.

Elk gebied heeft zijn eigen karakteristiek en vogelleven. In de Zandkreek komen meer vogels (zowel in soorten als in aantallen) voor dan op de Vondelingsplaat. De Zandkreek ligt dicht bij land, waar veel van de vogels overtien tijdens hoog water. Vanaf deze hoogwater verblijfplaatsen kunnen ze tijdens de eb de Zandkreek eenvoudig bereiken. De Vondelingsplaat ligt daarentegen veel verder van het land en de vogels moeten een stuk vliegen om de Vondelingsplaat vanuit hun hoogwater verblijfplaats te bereiken. Ook is er een verschil te zien in soorten vogels op de Vondelingsplaat in vergelijking tot de Zandkreek. Dit komt tot uiting in het aantal soorten, het maximum aantal vogels en het aantal vogeluren. Zo zijn bonte strandloper, zilverplevier en bergeend vooral in de Zandkreek waargenomen, terwijl scholekster en wulp meer aanwezig zijn op de Vondelingsplaat.

Het voorkomen van vogels op oesterbanken, de weggeviste delen en de referenties is wisselend. Uitgaande van het maximum geteld aantal vogels op de Vondelingsplaat verschillen de oesterbank en een referentie nauwelijks. In de Zandkreek is het maximum op  $T_3$  in het referentiegebied duidelijk hoger en op  $T_4$  duidelijk lager dan op de oesterbank.

Gecorrigeerd naar oppervlakte en droogvalduur worden in de Zandkreek op zowel  $T_3$  als op  $T_4$  duidelijk meer vogeluren besteed op de oesterbank, gevolgd door het weggeviste gebied en de minste vogeluren worden besteed in het referentiegebied. In de Zandkreek lijkt de oesterbank de vogelbenutting te sturen, hoewel (tijdens de  $T_3$ ) op de efficiënt weggeviste oesterbank meer vogeluren blijven bestaan dan de referentie. Dominante soorten zijn bonte strandloper, scholekster, wulp en zilverplevier. Bonte strandlopers maken in de Zandkreek duidelijk meer vogeluren op de oesterbank, maar op de Vondelingsplaat maken ze deze uren vooral in de referentiegebieden. De scholekster lijkt het niet prettig te vinden in de weggeviste oesterbank en zit voornamelijk in de oesterbank en de referentie. Voor de wulp is dit niet echt duidelijk omdat de resultaten van de  $T_3$  en  $T_4$  niet eenduidig zijn.

De sedimentsamenstelling in de Zandkreek is na wegvissen niet wezenlijk veranderd. Binnen de oesterbank (en de weggeviste oesterbank) is het sediment slibrijker dan in de referentie. De sedimentsamenstelling is mogelijk, naast de aanwezigheid van de oesterbank, ook een sturende factor voor de vogelbenutting. Dit is ook te zien bij de Vondelingsplaat: het aantal vogeluren is weinig verschillend tussen een oesterbank en de referentie waarbij de sedimentsamenstelling zeer vergelijkbaar is. Na het wegvissen zijn er veel oesterschelpen achtergebleven die verankerd zaten in de bodem. Het sediment is daardoor niet wezenlijk veranderd maar de vogelbenutting daalt. Wellicht dat een oesterbank, die bestaat uit levende rechtopstaande oesters interessanter is voor vogels dan een schelpenbank zonder rechtopstaande structuren.

Uit de analyse is ook gebleken dat de vogelaantallen in de tijd nogal fluctueren. Tijdens de  $T_3$  waren er meer vogels aanwezig op zowel de Vondelingsplaat als in de Zandkreek. Dit kan een jaareffect zijn maar waarschijnlijk is dit meer het gevolg van gebruikelijk optredende fluctuaties op kortere termijn, bijvoorbeeld als gevolg van weerscondities.

Samenvattend is de sedimentsamenstelling in de getijdegebieden niet of nauwelijks verandert als gevolg van het wegvissen van oesterbanken. Dit blijkt door te werken op het gebruik van de gebieden door vogels. De benutting door vogels lijkt per getijdegebied te worden bepaald door de eigen kenmerken die het gebied heeft. Het wegvissen van oesterbanken laat daarbij in grote lijnen geen grote en onomkeerbare verschuivingen zien in de vogelsamenstelling of aantallen. In de Zandkreek lijken de meeste vogels intensiever gebruik te maken van oesterbanken dan van de zand- en slikplaten, maar per soort is dit niet eenduidig. Op de Vondelingsplaat is het gebruik van oesterbanken en de het referentie gebied niet zichtbaar verschillend.

# 11 Morfologie

## 11.1 Inleiding

Een Japanse oesterbank verandert het aanzien van de zeebodem. Waar eerst zand of slik te vinden was groeit een min of meer aaneengesloten laag verticaal staande schelpen afgewisseld met doorgaans slibrijke, onbegroeide plekken. De oesterbank vormt een laag hard substraat op de bodem. De harde oesterbank heeft andere effecten op de opbouwende en afbrekende krachten van de golven en het getij dan het onbedekte substraat. In dit hoofdstuk wordt dieper ingegaan op de veranderingen in het aanzien van de bodem na vestiging van een oesterbank en de morfologische ontwikkelingen nadat de oesterbank is weggevisd. Voor de beoordeling van de effecten is de zandhonger het kader: Versnelt of vertraagt een Japanse oesterbank de erosie en wat voor effect heeft het wegvissen daarop?

## 11.2 Zandhonger

De autonome ontwikkeling van de intergetijdengebieden van de Oosterschelde is een doorgaande erosie door de dominantie van afbraakprocessen die is ontstaan na de bouw van stormvloedkering en de compartimenteringsdammen. Er stroomt per getij 30% minder water in en uit de Oosterschelde. Het gevolg is dat het water in de geulen te langzaam stroomt om zand tegen de zwaartekracht in de platen en slikken op te transporteren. De opbouwende krachten van het intergetijdengebied zijn verstoord terwijl de afbrekende krachten van windgolven blijven gehandhaafd. Dit proces staat bekend als de "zandhonger". De gemiddelde afbraak van alle intergetijdengebieden bedraagt ongeveer 1 cm per jaar. Van Zanten et al (2008a) verwacht dat zonder ingrijpen de helft van intergetijdengebied in de Oosterschelde tussen 2030 en 2050 voorgoed verdronken is. RWS, LNV, de provincie Zeeland en het Nationaal park Oosterschelde zijn momenteel aan het verkennen of er haalbare en betaalbare maatregelen zijn te nemen tegen de zandhonger. Het is daarom voor de wegvisproef relevant om te weten of het wegvissen van oesters uit het intergetijdengebied tot een versnelling van de erosie heeft geleid binnen de proeflocaties.

## 11.3 Aanpak

In raaien over de proeflocaties en de referentielocaties van de Vondelingsplaat en de Zandkreek zijn bodemhoogtemetingen uitgevoerd. Het doel hiervan was de effecten van de aanwezigheid van een oesterbank en het wegvissen ervan bodemhoogte en reliëf in kaart te brengen. Om een beeld te krijgen van de relatieve veranderingen op de plots ten opzichte van het onbedekte substraat zijn op elke locatie ook twee referentieraaien bemeten. Op de Vondelingsplaat zijn 5 raaien (GP08, GP09, GP10, GP11 en GP05) uitgezet in de proeflocatie en 2 in een referentiegebied (GP13 en GP14) (Figuur 66). Op de Zandkreek zijn 7 raaien (ZK10, ZK20, ZK30, ZK41, ZK06, ZK31 en ZK04) uitgezet op de proeflocatie en 2 raaien (ZK6 en ZK7) in een referentiegebied (Figuur 67)

De metingen zijn voorafgaand ( $T_0$  meting, februari 2006), direct na ( $T_1$  meting, april 2006), 3/4 jaar na het wegvissen ( $T_3$ , december 2006) en 2 jaar na het wegvissen ( $T_4$ , maart en april 2008) uitgevoerd. De bodemhoogte metingen die zijn uitgevoerd in het kader van de wegvisproef zijn uitgevoerd door de meetinformatiedienst van RWS Zeeland

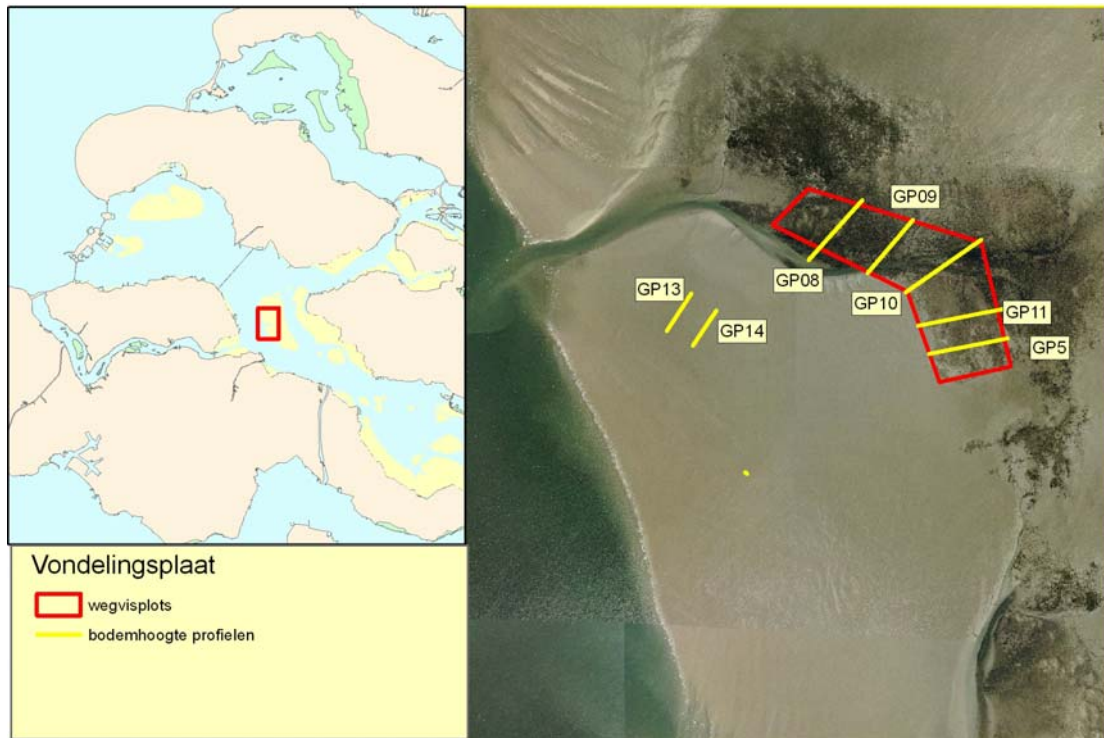
Bodemhoogtemetingen uit 1991 fungeren als uitgangspunt van de situatie voordat er sprake was van een oesterbank op deze locaties.

De meting van de uitgangssituatie (1991) is uitgevoerd met waterpassingen over vooraf opgegeven raaien met een meetdichtheid van een meting per 10 meter raai en met een onderlinge afstand van 50 tot 100 meter tussen de raaien. Vervolgens zijn de meetwaarden geïnterpoleerd tot een gebiedsdekkend raster met een meetwaarde per 20 m<sup>2</sup>.

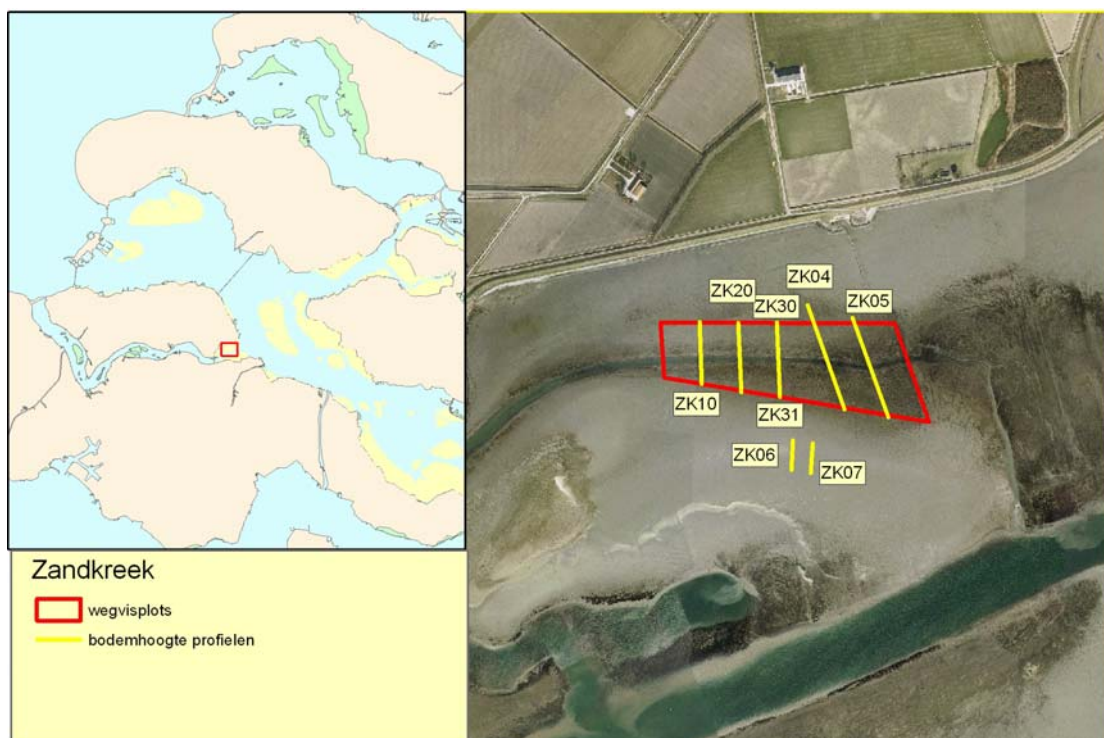
De  $T_0$ ,  $T_1$ ,  $T_3$  en  $T_4$  metingen zijn uitgevoerd met RTK apparatuur over vooraf vastgestelde raailijnen. RTK is een GPS waarmee een eventueel onnauwkeurig satelliet signaal bij slechte ontvangst wordt gecorrigeerd met een meting van een grondstation met bekende X,Y,Z. RTK heeft een nauwkeurigheid van enkele cm in X,Y,Z. Voor de RTK metingen zijn de volgende randvoorwaarden meegenomen:

- Minimaal een meting per 5 meter raai, toenemend tot een meting per 1 meter raai bij toenemend reliëf.
- Bodemhoogte bemeten als hoogte van het sediment tussen de oesters
- Metingen zijn uitgevoerd tijdens laagwater

De bodemhoogte profielen zijn per raai met elkaar vergeleken. Op basis hiervan is een kwalitatieve analyse uitgevoerd naar de morfologische ontwikkeling op de proeflocaties en de nabijgelegen referentielocatie.



*Figuur 66: Ligging van de raaien voor de bodemhoogtemetingen op de Vondelingsplaat. De proeflocatie is aangegeven met de rode lijn.*



*Figuur 67: Ligging van de raaien voor de bodemhoogtemetingen op de Zandkreek. De proeflocatie is aangegeven met de rode lijn.*

## 11.4 Uitwerking

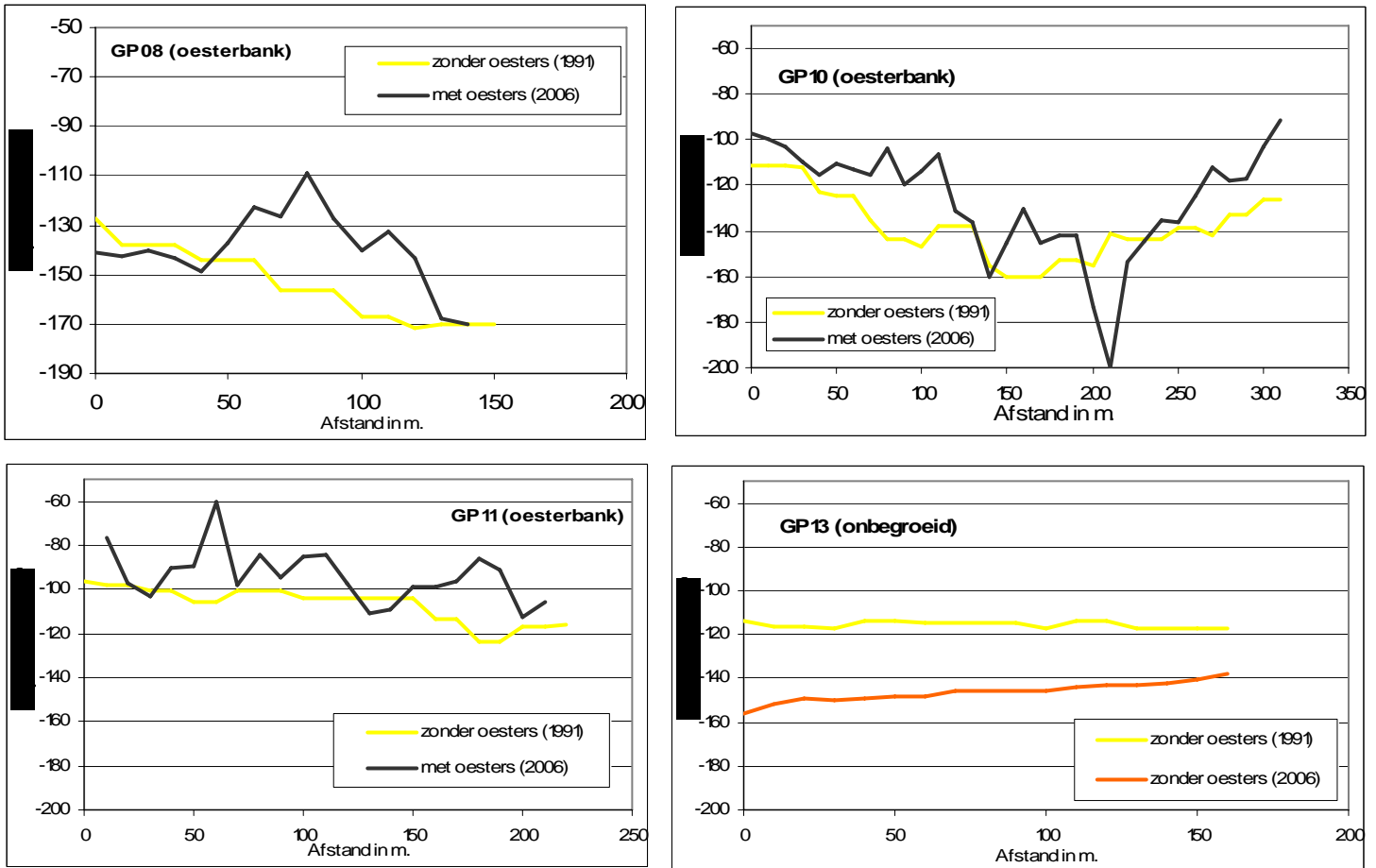
### 11.4.1 Gevolg van de vestiging van een Japanse oesterbank

Vestiging van een Japanse oesterbank verandert de bodem in een laag hard substraat met daar tussen in vaak afzetting van slik. De harde oesterbank beschermt naar verwachting de ondergrond tegen verdere golfrosie en vangt langsstromend sediment in. Ook de productie van faeces en pseudofaeces door de oesters kan leiden tot een verhoogde sedimentatie van organisch rijk materiaal ter plekke van de oesterbank. De hypothese is daarom dat vestiging van een Japanse oesterbank de erosie onder de bank stopt of kan omkeren naar groei.

#### Vondelingsplaat

De oesterbank op de Vondelingsplaat ligt op een voor westenwinden geëxponeerde locatie. De bodem bestaat er uit goed gesorteerd fijn tot middenfijn zand. Door de geëxponeerde ligging is er sinds de complementering van de Oosterschelde werken een erosie van 2 tot 5 cm jaar<sup>-1</sup> opgetreden.

In Figuur 68 staan voor vier profielen de bodemhoogteontwikkeling tussen 1991 en 2006 weergegeven. In drie ervan ontstond een oesterbank (GP8, GP10 en GP11), GP13 bleef onbegroeid. Uit de profielen zijn twee ontwikkelingen te destilleren:



*Figuur 68: Hoogteprofielen over 3 raaien binnen de proeflocatie (oesterbank) en de referentie (onbegroeid) op de Vondelingsplaat. De metingen in 1991 zijn uitgevoerd voordat de Japanse oesterbank zich had ontwikkeld en de metingen in 2006 zijn uitgevoerd vlak voor het wegvissen op de proeflocaties ( $T_0$ -meting)*

### *De oesterbank heeft meer reliëf*

Het onbegroeide substraat vertoont het weinige reliëf dat karakteristiek is voor een losgepakte zandige waterbodem. In de oesterbank daarentegen komen grotere reliëfverschillen voor, tot maximaal 60 cm over enkele meters. Er moet hierbij worden aangetekend dat de profielen van 1991 zijn gebaseerd op interpolaties terwijl de metingen van 2006 werkelijke metingen zijn.

### *De oesterbank heeft sediment ingevangen*

De oesterbank is in hoogte toegenomen ten opzichte van de uitgangssituatie in 1991. Blijkbaar heeft de bank zand ingevangen. Dat zand is hoogstwaarschijnlijk afkomstig van het omringende onbedekte deel van de plaat, want daar is de erosie door de zandhonger onverminderd doorgegaan, getuige profiel GP13.

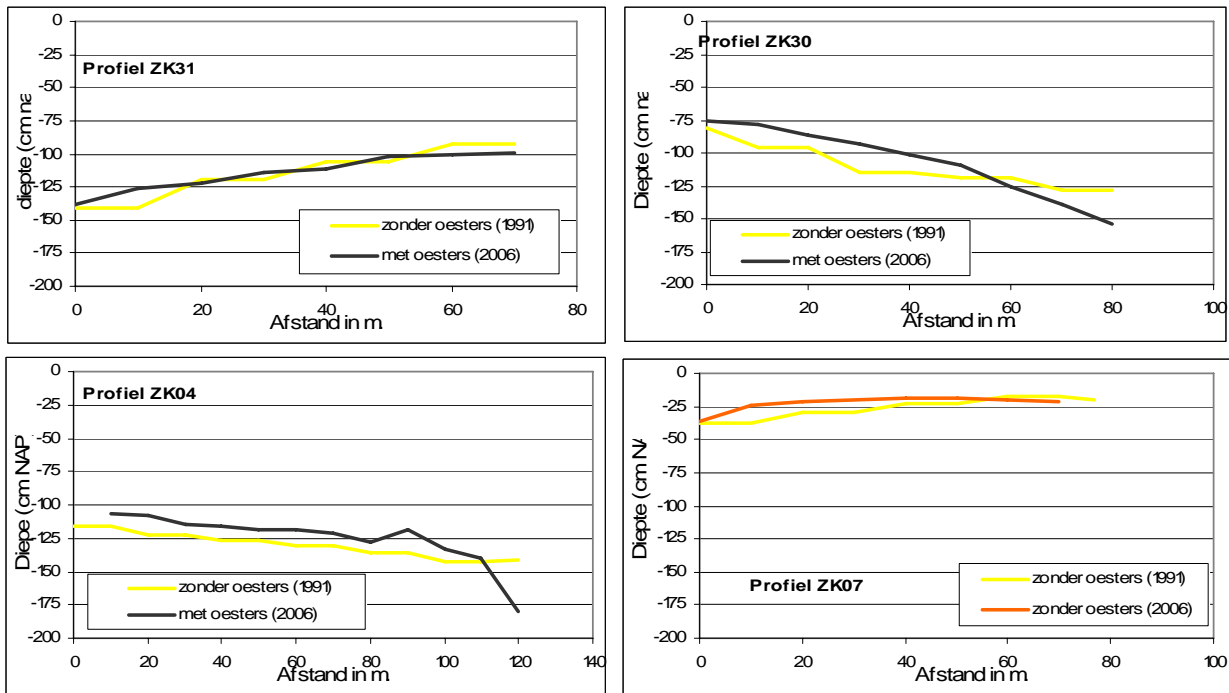


*Figuur 69: Een beginnende oesterbank op de Vondelingsplaat (Foto Eric van Zanten)*

Figuur 69 toont een zich ontwikkelende oesterbank op de Vondelingsplaat. De foto toont geïsoleerde oestervoorkomens met daartussen onbedekt substraat. Tussen de oesterplukken vormen zich geultjes waarin de stroming wordt geconcentreerd wat uitslijping tot gevolg heeft. Het wegstromend zand sedimenteert deels tussen de oesters die daar bovenuit groeien. Dit proces zal uiteindelijk leiden tot een reliëf zoals op de proeflocatie.

### **Zandkreek**

De proeflocatie in de Zandkreek ligt op een voor de westenwinden beschermt slik. Golf-, en getijwerking zijn er minder dan op de Vondelingsplaat. Door de beschutte ligging heeft het slik minder te leiden gehad onder de erosie als gevolg van de zandhonger dan de Vondelingsplaat. Na 1991 heeft er zich lichte sedimentatie voorgedaan op zowel het oesterveld als in het referentie gebied (Figuur 70).



Figuur 70: Hoogteprofielen over 3 raaien binnen de proeflocatie (oesterbank) en de referentie (onbegroeid) op de Zandkreek. De metingen in 1991 zijn uitgevoerd voordat de Japanse oesterbank zich had ontwikkeld en de metingen in 2006 zijn uitgevoerd vlak voor het wegvissen op de proeflocaties ( $T_0$ -meting)

Het reliëf op de proeflocatie in 2006 is vergelijkbaar met het reliëf op de referentie.

#### Vergelijking Vondelingsplaat en Zandkreek

Er is een verschil tussen de Vondelingsplaat en Zandkreek in de ontwikkeling van de bodemhoogte tussen 1991 en 2006:

- Op de Vondelingsplaat is een sterke toename van het reliëf opgetreden op de proeflocatie terwijl op de zandkreek het reliëf op de proeflocatie vergelijkbaar blijft met het onbedekte slik (referentie).
- Op de proeflocatie van de Vondelingsplaat is in tegenstelling tot de referentie locatie geen erosie opgetreden als gevolg van de zandhonger. Er is zelfs op de proeflocatie wat zand ingevangen waardoor het niveau van de bodem in 2006 hoger is dan in 1991. De algemene autonome trend op de Vondelingsplaat is bodemverlaging. Op de Zandkreek is de autonome trend tussen 1991 en 2006 een lichte toename van de bodemhoogte

Oorzaak van deze verschillen tussen de Zandkreek en Vondelingsplaat is onbekend. Tussen de twee locaties bestaat een verschil in fysieke omstandigheden: De Vondelingsplaat kent een grotere getijstrooming en ligt veel minder beschermt voor golfaanval dan de Zandkreek. Hierdoor is het sediment op de Vondelingsplaat grover (fijn tot middelfijn zand) dan op Zandkreek (slibhoudend tot slibrijk zand). Welke factor bepalend is voor het verschil moet nader worden onderzocht.

#### 11.4.2 Gevolgen van het wegvissen op bodemhoogte en reliëf

Succesvol wegvissen van de Japanse oesterbanken kan leiden tot herstel van de originele zachte zandige tot slikkige bodem met het weinige reliëf dat daarbij hoort en de doorgaande erosie als gevolg van de zandhonger. Of dit op de proeflocaties Vondelingsplaat en Zandkreek is opgetreden als gevolg van het wegvissen is onderzocht door bodemhoogtemetingen voorafgaand aan het wegvissen te vergelijken met metingen direct na het wegvissen ( $T_1$ ) en twee jaar ( $T_4$ ) later.

### 11.4.3 Vondelingsplaat

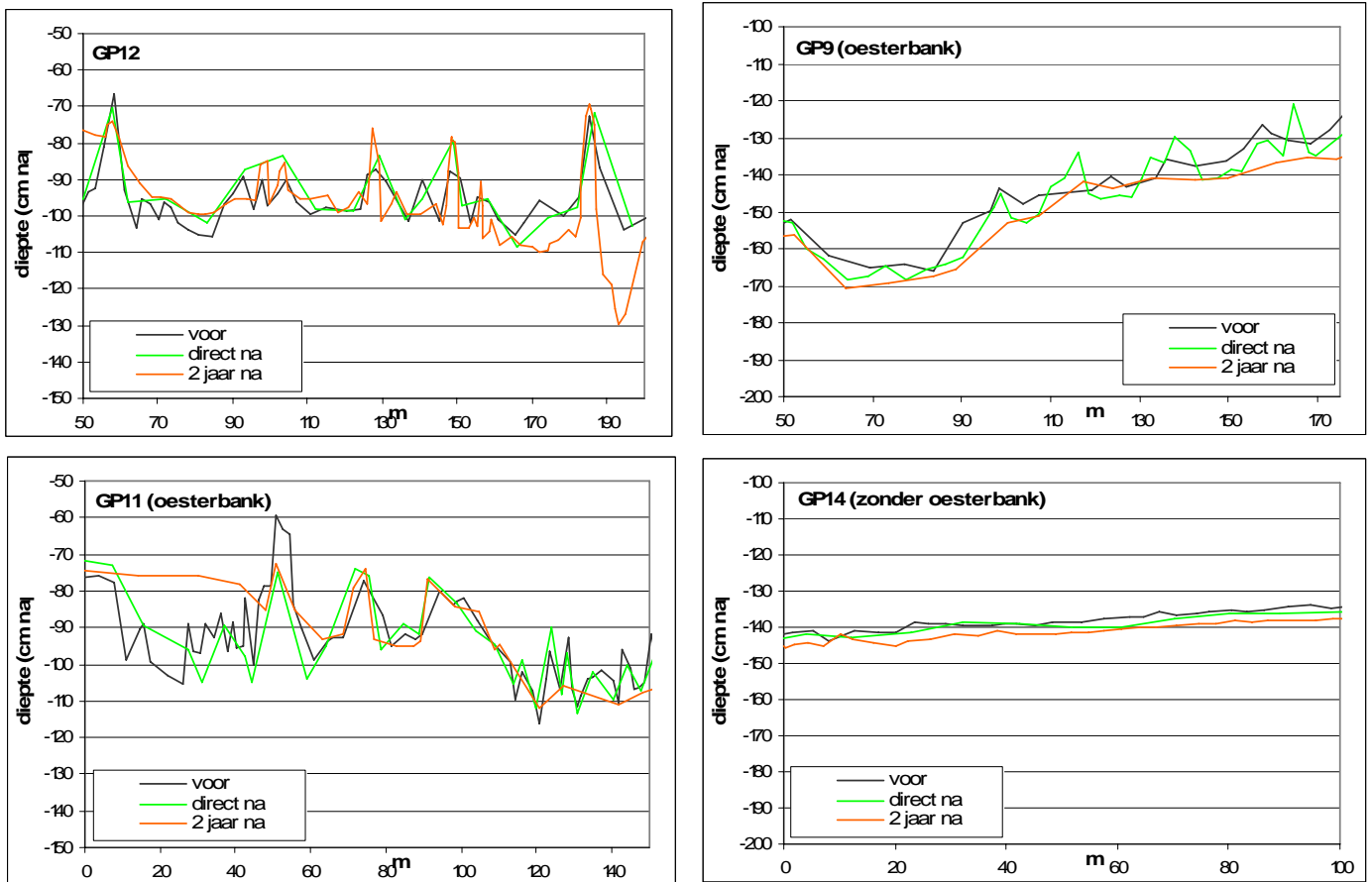
Op de Vondelingsplaat zaten de Japanse oesters diep in de bodem verankerd. Tijdens het wegvissen zijn de rechtopstaande delen van de oesters effectief weggevist, maar de in het zand verankerde oesterschelpen zijn veelal achtergebleven. De boven het sediment uitstekende delen van oesters zijn als het ware “weggemaaid” door de mosselkorren. Na de bevissing bleef een laag hard substraat van schelpenresten achter waarop nieuw oesterbroed zich kon vestigen (zie Figuur 71).



*Figuur 71: Overzicht proeflocatie Vondelingsplaat in 2008. Links het beviste deel met de laag hardsubstraat die achter is gebleven na bevissing. Rechts het onbeviste deel van de oesterbank. (Foto Erik Schuilenburg)*

Omdat de harde laag in stand is gebleven op de beviste proeflocatie zijn er geen grote veranderingen in bodemhoogte en reliëf opgetreden (Figuur 72). Op het onbedekte deel (de referentie) is de erosie door de zandhonger onverminderd doorgegaan.

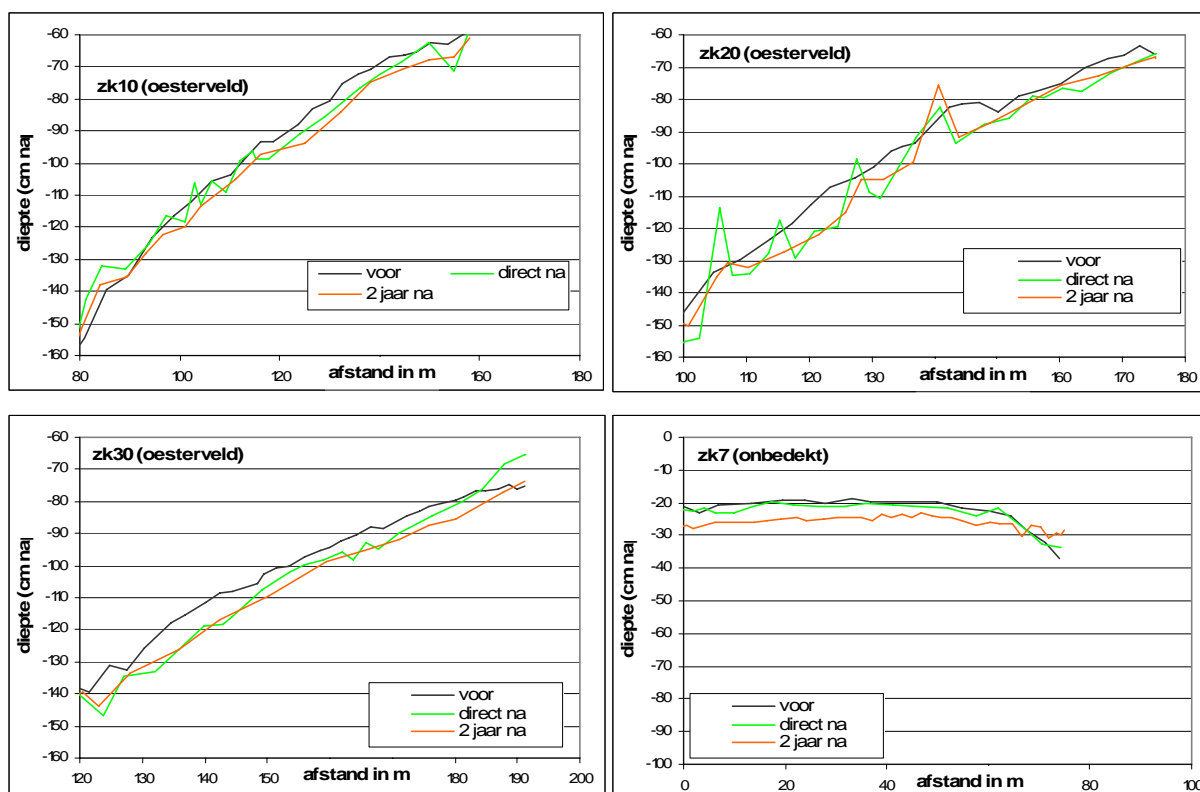




Figuur 72: Bodemhoogteprofielen op de Vondelingsplaat voor het vissen ( $T_0$ ), direct na het wegvissen ( $T_1$ ) en twee jaar later ( $T_2$ ) op de proeflocatie (GP12, GP9 en GP11) en de referentie GP14)

#### 11.4.4 Zandkreek

Op de locatie Zandkreek zijn na het wegvissen veel minder schelpresten achtergebleven. Na het wegvissen resteerde een slibrijke bodem, met hier en daar verspreid over het sediment wat losliggende oesterschelpen. Het wegvissen zelf heeft op Zandkreek geleid tot een verlaging van de bodemhoogte. Ook op de referentie locatie is er in deze periode, in tegenstelling tot de periode 1991-2006, een beperkte erosie opgetreden (Figuur 73). Op de proeflocaties is de erosie voornamelijk opgetreden tijdens de bevissing. De erosie heeft zich niet verder doorgezet. Op de referentie locatie is er juist na de bevissing een lichte erosie opgetreden (Figuur 73).



Figuur 73: Bodemhoogteprofielen op de Zandkreek direct na het wegvissen en één en twee jaar later op de proeflocatie (ZK10, ZK20 en ZK30) en op de referentie ZK7).

## 11.5 Conclusies

Op de zandige en dynamische Vondelingsplaat heeft vestiging van de Japanse oesterbank geleid tot een dicht aaneengesloten laag hard substraat dat aanzienlijk meer reliëf heeft dan het onbedekt sediment op de referentie. Het is waarschijnlijk dat de aanwezigheid van Japanse oesters dit deel van de plaat heeft beschermd tegen erosie die anders zou zijn opgetreden als gevolg van de zandhonger. Tevens kan de Japanse oesterbank sediment hebben ingevangen als gevolg van de verhoogde bodemruwheid.

Op de proeflocatie op de Vondelingsplaat is na de bevissing een harde laag substraat achtergebleven dat tot 2 jaar na de proef in stand is gebleven. Deze harde laag heeft de proeflocatie beschermd tegen erosie als gevolg van de zandhonger. De bodemhoogte en het reliëf zijn daarom niet veranderd na het wegvissen van de oesters, terwijl de zandhonger op de referentielocatie tot doorgaande erosie heeft geleid.

Op de slikrijkere, minder dynamische Zandkreek heeft vestiging van een Japanse oesterbank niet geleid tot meer reliëf of ophoging van de bodem. Hoewel de Japanse oesters actief slib invangen en in de bodem brengen in de vorm van faeces en pseudo faeces is dit niet terug te vinden in de bodemhoogte. Een oorzaak voor het verschil tussen de twee locaties is met bodemhoogtemetingen niet te geven. Het wegvissen op de Zandkreek heeft geleid tot een lichte erosie als direct gevolg van de bevissing. Deze erosie heeft zich niet verder doorgezet na de bevissing en er zijn geen duidelijke veranderingen in bodemhoogte opgetreden in de proeflocatie. In de jaren na de wegvissproef is de bodem op de referentielocatie wel geërodeerd.

## 12 Antwoorden op onderzoeksvragen

Op basis van de resultaten van dit onderzoek kunnen de onderzoeksvragen samenvattend als volgt worden beantwoord:

1. *Hoe effectief kan het oesterbestand op geselecteerde locaties worden verwijderd d.m.v. toepassing van de mosselkor en kunnen de opgeviste oesters worden hergebruikt?*

De oesterbanken konden effectief worden verwijderd met behulp van mosselkorren. Op de locatie Vondelingsplaat waar de oesters sterk verankerd zaten in de bodem zijn nog veel dode schelpresten achtergebleven omdat de korren niet in de harde laag konden dringen. De benodigde inspanning voor het wegvissen was aanzienlijk. Per ha oesterbank is ongeveer 20 uur inspanning vereist (vis- en lostijd). Het lossen van de opgeviste schelpen kan mogelijk efficiënter worden uitgevoerd. De kosten van het wegvissen door de mosselsector zijn geschat op € 300 000 tot € 320 000.

Het afsterven op de stortlocatie is minder effectief verlopen dan was verwacht. Ook het weer opvissen van de schelpen van de stortlocatie voor verdere verwerking bleek niet eenvoudig. Door de relatief grote diepte en grote stroomsnelheden zijn er veel schelpresten “verdwenen” van de stortlocaties. Destructie en hergebruik van de opgeviste oesters kan mogelijk worden verbeterd door meer geconcentreerd op diepere locaties te storten of door de oesters eerst te kraken alvorens ze worden gestort.

Er is een markt voor het gebruik van de opgeviste oesters van een wilde oesterbank, en er zijn al diverse ondernemers die interesse hebben getoond in het wegvissen van de wilde oesterbanken. Na opvissen zouden de goede oesters die geschikt zijn voor consumptie handmatig kunnen worden uitgezocht. Dit is echter slechts een klein percentage van de totale biomassa. De opgeviste oesterschelpen zijn een gewild product voor de schelpenverwerkende industrie. De oesterschelpen dienen dan wel volledig te worden ontdaan van de vleesresten. Eventueel zouden de vleesresten ook nog kunnen worden gebruikt als bijvoorbeeld visvoer. Er is geschat dat er ongeveer 590 000 m<sup>3</sup> aan oesterschelpen aanwezig zijn in de Oosterschelde.

2. *Welke milieueffecten brengt dit met zich mee?*

De milieueffecten van het wegvissen van oesters die zijn meegenomen in dit onderzoek betreffen naast de effecten op Japanse oesters zelf, de bodemsamenstelling, bodemdieren en vogels. Oesterbanken zijn relatief slibrijk met bijbehorende bodemdiergemeenschap die in het algemeen soortenrijker is dan buiten de bank. De resultaten laten zien dat de effecten van het wegvissen beperkt zijn. Voor de Vondelingsplaat laten ze een ander beeld zien dan voor de Zandkreek en op de sublitorale oesterbanken zijn de effecten minder groot dan op de litorale oesterbanken.

Op de weggeviste oesterbanken op de Zandkreek, Vondelingsplaat en Marollegat is na het vissen een deel van de slibfractie (<16 µm) verdwenen. Op de oesterbank in de Zilverput was deze slibfractie afwezig. De bodemdiergemeenschap is in belangrijke mate afhankelijk van de sedimentsamenstelling. Er zijn echter geen structurele, onomkeerbare veranderingen opgetreden in het macrobenthos tussen de oesterschelpen. Na het vissen trad er een tijdelijke verarming van het bodemleven op maar dit heeft zich snel hersteld. Er is in dit onderzoek niet gekeken naar de planten en dieren die op de oesterschelpen groeien. Het effect op foeragerende vogels verschilt per vogelsoort en per locatie. Op de Zandkreek prefereren vogels als de bonte strandloper, tureluur en enkele soorten eenden de oesterbank of de weggeviste oesterbank boven de onbegroeide referentie. Op de Vondelingsplaat lijken soorten als de bonte strandloper, scholekster en de kanoetstrandloper juist een voorkeur te hebben voor de referentie boven de oesterbank en de beviste oesterbank.

Voor het effect op het functioneren van het ecosysteem van de Oosterschelde is het totaal areaal aan oesterbanken dat wordt weggevisst van belang. Uit een berekening is gebleken dat de hoeveelheid oesters die tijdens deze proef is weggevisst beperkt is ten opzichte van het totale (en nog steeds toenemende) bestand aan Japanse oesters. In totaal is er ongeveer 30 ton drooggewicht (Wijsman et al., 2007) aan oesters weggevisst op het totale geschatte bestand van 3 240 ton drooggewicht. Het totale geschatte bestand aan Japanse oesters in de Oosterschelde is in staat om het volledige volume van de Oosterschelde in 6,7 dagen te filtreren. Aangenomen mag worden dat de Japanse oesters daarmee een wezenlijk effect hebben op de draagkracht van de Oosterschelde voor filtrerende organismen, waaronder andere schelpdieren. Het verwijderen van een substantieel deel van de oesters (en voor zover ook technisch mogelijk) zou de draagkracht van het systeem voor

schelpdieren als mossels en kokkels vergroten. De hoeveelheid die tijdens de proef is weggevisst zal geen effect hebben op de draagkracht van de Oosterschelde.

In de proef zijn de ontwikkelingen op de proeflocatie vergeleken met de ontwikkelingen op een referentielocatie in de buurt. In de praktijk blijkt het moeilijk om een goede referentielocatie te vinden die overeenkomt met de proeflocatie wat betreft omgevingscondities als bijvoorbeeld droogvalduur, hydrodynamiek, etc. Tevens zijn er grote autonome variaties van jaar tot jaar in bijvoorbeeld bodemdiersamenstelling en gebruik door vogels die een heldere evaluatie van de effecten bemoeilijkt.

*3. Hoe snel herstelt de weggeviste oesterbank zich in termen van oesters, sediment, bodemfauna en vogelgebruik?*

Doordat er na het wegvissen nog voldoende schelpresten achter zijn gebleven die kunnen dienen als substraat voor het nieuwe oesterbroed wordt het herstel van de oesterbank voornamelijk bepaald door het al dan niet optreden van een goede broedval. In de zomer van 2006, vlak na het wegvissen van de oesterbanken is er een zeer succesvolle broedval geweest op de Vondelingsplaat en de Zandkreek. In 2007 was de broedval minder. In de kom van de Oosterschelde, waar de sublitorale proeflocaties liggen was de broedval zowel in 2006 als in 2007 beperkt. Als de juveniele oesters op de locaties Vondelingsplaat en Zandkreek niet worden weggevisst dan zal, als er komende jaren opnieuw goede broedval plaatsvindt, de oesterbank zich in 3 tot 6 jaar weer volledig herstellen naar de oude situatie van een meerjarige, ontwikkelde oesterbank. Het oesterbroed dat in de zomer van 2006 op de proeflocaties op de Vondelingsplaat en de Zandkreek is gevallen is inmiddels uitgegroeid tot oesters van gemiddeld 27 gram. Doordat deze oesters bestaan uit nog min of meer solitair staande oesters van één jaarklasse zijn deze mogelijk geschikt als grondstof voor oesterkwekers. Als deze deze relatief eenvoudig kunnen worden opgevisst door oesterkwekers zouden ze kunnen worden uitgezaaid op de percelen. Het is echter de vraag of oesterkwekers geïnteresseerd zijn in de juveniele oesters. Doorgaans gebruiken ze pas gevallen oesterbroed om uit te zaaien op de percelen. Als er de komende jaren meer oesterbroed op gaat vallen worden de nu aanwezige oesters mogelijk minder interessant voor oesterkwekers (klontvorming) om uit te zaaien op de percelen. Wel kunnen de verwilderde oesterbanken opnieuw bevestigd worden voor de schelpenindustrie. Op de sublitorale locaties Zilverput en Marollegat is het herstel van de oesterbank nog niet opgetreden wegens het uitblijven van goede broedval.

Het sediment en de bodemfauna heeft zich snel herstelt na het vissen. Het herstel van vogels volgt enerzijds op het herstel van de sedimentsamenstelling en de bodemfauna als voedselbron en anderzijds op het herstel van de oesters als mogelijke schuilplaats. Hierdoor is het herstel van de vogels, twee jaar na het wegvissen nog niet eenduidig.

# 13 Conclusies en discussie

## 13.1 Wegvissen van oesters

De resultaten van de proef laten zien dat de oesterbanken op de droogvallende slikken en platen, maar ook in de diepere, permanent onder water staande delen van de Oosterschelde effectief zijn weg te vissen met behulp van mosselkorren. De benodigde inspanning is aanzienlijk. In totaal heeft de mosselsector bijna 680 uur aan boottijd besteed aan het vissen en 260 uur aan het lossen van in totaal 13,5 miljoen kg oesters. De inspanning per ha oesterbank is geschat op 20 uur (vis- en lostijd). De totale kosten van het wegvissen op de proeflocaties zijn geraamd op € 300 000 tot € 320 000. Het lossen van de schelpen kan mogelijk efficiënter worden uitgevoerd omdat de spoelpoorten van de mosselschepen niet zijn ontworpen voor het wegspoelen van grote klonten aan elkaar gegroeide oesters.

Het totale bestand aan oesters is geschat op ruim 400 miljoen kg. Indien dezelfde inspanning (70 uur per miljoen kg) nodig is om het hele bestand weg te vissen zijn er 28 000 booturen nodig om alle oesters te verwijderen. Hierbij zijn niet de oesters meegenomen die vastzitten op de harde substraten zoals dijkvlooiingen en kunstwerken omdat deze niet met mosselkorren zijn weg te vissen. Kanttekening hierbij is ook dat de wegvisproef is uitgevoerd op locaties met hoge dichtheden aan oesters. De benodigde inspanning per miljoen kg oesters hoeft niet representatief te zijn voor de rest van de oesterbanken in de Oosterschelde. Door ervaring en aanpassing van boot en vistuig zal de vis-efficiëntie kunnen worden vergroot. Het is niet mogelijk om de verwilderde Japanse oesters in de Oosterschelde volledig te verwijderen. Wel is het mogelijk door gericht op bepaalde locaties de oesters weg te vissen het bestand te beheren en de overlast te beperken.

Voor het wegvissen van de oesters is het van belang een goed beeld te hebben van de ligging van de oesterbanken en de hoeveelheden. De meest recente oesterkaart van de litorale bestanden dateert van 2005. Het sublitorale bestand op deze kaart is geschat als ongeveer evenveel als litoraal, maar er is weinig informatie over de ligging. Omdat de oesterbanken zich nog steeds uitbereiden is het gewenst deze kaart te actualiseren. Aanbevolen wordt daarom een Oosterschelde brede survey uit te voeren, zowel in het litoraal als in het sublitoraal, teneinde een up-to-date beeld te krijgen van de verspreiding en het totale bestand aan oesters. Dit maakt het mogelijk gericht te gaan vissen en ook de effectiviteit van het wegvissen op de ontwikkeling van de oesterbestanden in kaart te brengen.

## 13.2 Afsterven van de oesters op de stortlocaties

De oesters die zijn weggevisst tijdens de proef zijn gestort op twee stortlocaties (Middelplaat en Lodijkse Gat). De idee was de oesters op een grote hoop te storten zodat deze zouden afsterven door voedseltekort of verstikking. Tijdens de proef bleek het echter lastig om de oesters op een grote hoop te storten. Tijdens het lossen lagen de schepen te ver uit elkaar en omdat er op grote diepte is gestort zijn de oesters te veel door de getijdenstromen verspreid. Het afsterven van de oesters is daardoor minder effectief verlopen dan vooraf was verwacht. Twee jaar na het storten van de oesters op de stortlocatie Lodijkse gat was 16% van de oesters nog levend.

Het afsterven van de oesters had beter verlopen als deze waren gekraakt alvorens ze werden gestort. Een alternatief is de oesters na stort af te dekken met een laag zand. De afbraak van het organisch materiaal op de zeebodem kan effecten hebben op de waterkwaliteit (afname zuurstof concentratie) en het bodemleven (aantrekken van aasetende vissen en kreeftachtigen). Om hier meer inzicht in te verkrijgen is nader onderzoek nodig. Dit onderzoek is ondermeer uit te voeren op de oesterpercelen waar de gekraakte oester op dit moment worden gestort om de vleesresten te verwijderen. De meest effectieve, maar mogelijk ook dure manier om de oesters te verwijderen uit de Oosterschelde is verwerking aan land.

## 13.3 Hergebruik van de oesterschelpen

De oesters en oesterschelpen die van de oesterbanken kunnen worden weggevisst kunnen worden hergebruikt. De levende oesters kunnen worden uitgesorteerd op consumptie oesters en oesters die kunnen worden uitgezaaid op de percelen. De schelpen kunnen worden gebruikt voor de schelpensector die het kunnen verwerken tot producten zoals kippengrit. Voor de schelpenverwerking is het noodzakelijk dat ze "schoon" zijn en dat het oestervlees is verwijderd. De oesterschelpen zijn een gewild product voor de schelpenverwerkers en een kuub oesterschelpen levert ongeveer 20 Euro op.

Diverse ondernemers hebben al interesse getoond om de wilde oesterbanken te exploiteren. Een van de ondernemers is op de stortlocatie Middelpaalt reeds bezig geweest om de schelpen weg te vissen met behulp van een zuigkor op een aangepast kokkelschip. Anderen zijn bezig geweest om de wilde oesters te bevissen met korren en hebben, met wisselend succes, geëxperimenteerd met het schoonmaken van de schelpen. Zo is er een ondernemer die de oesterschelpen na kraken aan boord heeft schoongespoeld om de vleesresten te verwijderen. Een andere ondernemer heeft de gekraakte oesters teruggestort op (ondiepe) oesterpercelen om de vleesresten te laten verwijderen door aaseters en bacteriën. Oestervissers hebben een vergunning om op de zogenaamde vrije gronden op wilde oesters te vissen. Deze vergunningen worden nu ook gebruikt om op schelpen te vissen.

### 13.4 Herstel van de oesterbanken

Bij de opzet van het experiment was het niet voorzien dat deze harde laag achter zou blijven. Deze harde laag heeft de plaat beschermd tegen erosie. Tevens heeft het achtergebleven schelpmateriaal een geschikt substraat gevormd voor nieuwe broedval. Het succes van oesterbroedval varieert van jaar tot jaar. De zomers van 2003 en 2006 waren jaren van goede broedval van oesters in de Oosterschelde (pers. Meded. Aart Cornelisse). Op de proeflocatie Vondelingsplaat, waar een aanzienlijke hoeveelheid schelpresten is blijven liggen, was de dichtheid aan oesterbroedjes (gevallen in de zomer van 2006) bijna drie keer zo groot als op de locatie Zandkreek. Op de Vondelingsplaat zijn na de bevissing veel meer schelpen achtergebleven die zaten verankerd in de zandige ondergrond dan op de Zandkreek. Door de relatief lage hydrodynamische omstandigheden hebben ook de losliggende schelpen op de Zandkreek een geschikt substraat voor vestiging van het oesterbroed. In februari 2008 hebben de oesterbroedjes uit 2006 zich verder weten te ontwikkelen tot oesters van gemiddeld 27 gram. In de zomer van 2007 was de broedval beperkter. Doordat de oesters op de proeflocaties relatief solitair staan in vergelijking tot een oudere oesterbank, waar oesters van verschillende jaarklassen aan elkaar vastzitten, zijn de oesters mogelijk eenvoudig te bevissen en te gebruiken door oesterkwekers om uit te zaaien op de oesterpercelen. De verplaatsing van de oesters naar de kom van de Oosterschelde zal ook leiden tot een verplaatsing van een deel van de graasdruk naar de kom. Omdat in de kom geen mosselen worden gekweekt zal dit kunnen leiden tot een verbetering van de draagkracht voor mosselen in de rest van de Oosterschelde omdat daar de graasdruk door Japanse oesters zal verminderen.

Indien de proeflocaties niet worden herbevestigd, zullen deze zich gaan ontwikkelen tot nieuwe oesterbanken, en zal het gebied terugkeren naar de situatie van voor de wegvisproef. De snelheid van herstel is afhankelijk van het broedvalsucces en de groei van de oesters. De verwachting daarbij is dat zonder verder onderhoud het oesterbestand op de litorale locaties Vondelingsplaat en Zandkreek over 3 tot 6 jaar zijn teruggekeerd naar de oude situatie van vlak voor de proefvisserij. De locaties zouden dan opnieuw kunnen worden bevestigd voor de schelpenindustrie.

Op de sublitorale locaties is er veel minder broed gevallen dan op de litorale locaties. Volgens oestervisser Aart Cornelisse is er in het hele gebied waar de proeflocaties Marollegat en Zilverput liggen in 2006 en 2007 weinig broedval geweest. Het herstel van de oesterbanken in deze gebieden is ook afhankelijk van het broedval succes, maar aangezien de broedval tot nu toe beperkt was zal het herstel van de oesterbanken in deze gebieden in ieder geval 2 jaar langer duren dan op de Vondelingsplaat en de Zandkreek.

Op de locatie Zandkreek zijn door het vissen oesterschelpen losgeraakt die zich met de waterbeweging hebben verspreid over het slik, ook buiten de oorspronkelijke oesterbank. Deze schelpen hebben substraat gevormd voor nieuwe broedval, en hebben daarmee tot oesterontwikkeling geleid buiten de oorspronkelijke oesterbank. Op de meer dynamische locatie Vondelingsplaat is er geen oesterontwikkeling opgetreden buiten de oorspronkelijke oesterbank.

### 13.5 Effecten op sedimentsamenstelling

De korrelgrootteanalyses laten zien dat elke locatie gebiedspecifieke kenmerken heeft die in de tijd vrij stabiel zijn. Sediment van referenties en oesterbanken in de Zandkreek, Marollegat en Zilverput vertonen op  $T_0$  eigen (individuele) kenmerken die sterk zijn gerelateerd aan de hydrodynamische condities ter plaatse.

De Zandkreek ligt op een beschutte locatie wat zich uit in de relatief hoge slibfractie. Er zijn duidelijke verschillen in korrelgrootte verdeling tussen de proeflocatie en de referentie. Op de proeflocatie bestaat het sediment uit fijner materiaal dan op de referentie. Dit kan te maken hebben met het actief invangen van slib door de oesters en de meer beschutte ligging van de oesterbank in vergelijking tot de referentie. Na bevissing is er een lichte afname van de siltfractie op de proeflocatie waar te nemen terwijl er op de referentielocatie een lichte toename is

opgetreden in de fracties uiterst tot zeer fijn zand. De veranderingen zijn ook te zien in de organische stof fractie die doorgaans een negatieve correlatie vertoont met de korrelgrootte. In de periode na de bevissing ( $T_2$  tot en met  $T_4$ ) zijn er geen duidelijke verschuivingen opgetreden in de sedimentamenstelling.

De Vondelingsplaat ligt op een meer geëxponeerde locatie. Dit is te zien in de sedimentsamenstelling die grover is dan op de proeflocatie Zandkreek. Ook op de proeflocatie Vondelingsplaat is de siltfractie iets afgenomen direct na bevissing, maar in de periode daarna ( $T_2$  tot en met  $T_4$ ) zijn er weinig veranderingen opgetreden. Het organisch stofgehalte is geleidelijk afgenomen, wat mogelijk het gevolg is van het wegvissen van de oesters die organisch materiaal invangen en in de vorm van faeces en pseudofaeces in de bodem brengen.

Het sediment van de voormalige oesterbank bij Marollegat en Zilverput is iets veranderd na het wegvissen en meer gaan lijken op de nabijgelegen referenties, die zelf ook enigszins variabel in de tijd zijn. De verschuivingen in korrelgrootte op de voormalige oesterbanken zijn vooral aanwezig in de leemfracties ( $<63 \mu\text{m}$ ), die in het algemeen licht is afgenomen, en binnen de fijne zandfractie ( $63\text{-}250 \mu\text{m}$ ), die licht zijn toegenomen. De verschuivingen zijn klein, maar wel aanwezig.

In zowel de litorale als de sublitorale proeflocaties zijn de sedimentsamenstellingen niet wezenlijk veranderd, wel zijn er lichte veranderingen bij enkele fracties opgetreden. In de litorale gebieden is er een lichte afname van de silt fractie. In de sublitorale banken verschuift de korrelgrootte iets met een lichte afname van de kleine fracties. De sedimentkarakteristiek verandert echter niet essentieel. Deze geobserveerde verschuivingen zijn zeer beperkt gezien de natuurlijke variaties die in de tijd en ruimte.

### 13.6 Effecten op bodemdieren

Op grond van de bodemdiergegevens is gebleken dat er geen structurele, onomkeerbare veranderingen zijn optreden in de bodemdiersamenstelling na het wegvissen van oesterbanken. De directe gevolgen van het wegvissen van oesterbanken zijn niet eenduidig, dit is waarschijnlijk door het verschil in hoogte ligging van de verschillende percelen en de referentiegebieden,

Op zowel de proeflocaties als de referentielocaties van het Marollegat en de Vondelingsplaat bleven de aanwezige gemeenschappen bestaan. Op het referentiegebied van de Vondelingsplaat kwam echter een soortenarmere gemeenschap voor dan op de oesterbank. Na het wegvissen namen het aantal soorten en de dichtheden af, wat werd gevolgd door een volledig herstel in de  $T_4$ -situatie op de sublitorale locatie (Marollegat), en een gedeeltelijk herstel in het intergetijde gebied (Vondelingsplaat). Door toenemende zomertemperaturen nam op de beide referentiegebieden het aantal soorten en de dichtheid in de tijd toe.

In de Zilverput was op de oesterbank de intergetijde gemeenschap en op het diepere referentiegebied de sublitorale gemeenschap aanwezig. In de  $T_3$ -situatie nam het aantal soorten en de dichtheid op de weggeviste oesterbank sterk af en vormde het station, samen met het referentiegebied de soortenarme intergetijde gemeenschap  $B_2$ . In de  $T_4$ -situatie was een volledig herstel naar de  $T_0$ -situatie.

In de Zandkreek kwam het referentiegebied een soortenarmere gemeenschap voor dan op de oesterbank. Na het wegvissen namen het aantal soorten en de dichtheden toe, op zowel de weggeviste bank als in het referentiegebied en clusterden beide gebieden bij de soortenrijke intergetijde gemeenschap. In de  $T_4$ -situatie nam het aantal soorten verder toe, maar daalde de dichtheid.

Gezien deze verschillende ontwikkelingen moet de vraag gesteld worden hoe ongestoord de verschillende stations waren in de  $T_0$ -situatie. Op alle referentiegebieden is het aantal soorten en de dichtheid in de  $T_0$ -situatie beduidend lager dan in de  $T_3$  en  $T_4$ -situatie. Omdat de factor 'verstoring' niet in de analyse is meegenomen komt de factor 'temperatuur van de voorafgaande zomer' als sturend uit de analyse, maar zeker in de Zilverput en Zandkreek lijkt de factor 'verstoring' niet onwaarschijnlijk.

Voor de evaluatie van de ontwikkeling van de bodemfauna op de proeflocatie had het interessant geweest als er ook een monitoring had plaatsgevonden op referentielocaties in een oesterbank.

Uit de correspondentieanalyse blijkt dat de verschillen in bodemdiersamenstelling voornamelijk zijn gecorreleerd aan diepte. Een correlatie wil echter niet zondermeer zeggen dat er een causaal verband is. Het is aannemelijk dat middels de parameter diepte het onderscheid wordt gemaakt tussen permanent onder water en droogvallend. Het is bekend dat de bodemdiergemeenschap in het algemeen sterk afhankelijk is van het al dan niet droogvallen. Het is opvallend dat weersinvloeden (samengevat in de parameters vorstgetal en warmtegetal), na de parameter

diepte, beter correleren met de bodemdiergemeenschap dan de biomassa oesters. Dit kan een aanwijzing zijn dat de aanwezigheid van oesters minder van belang is voor de bodemdiergemeenschap dan het al dan niet droogvallen en de weersinvloeden.

In deze studie is uitsluitend gekeken naar de infauna die leeft in het sediment tussen de oesterschelpen in. Er is dus niet gekeken naar de epifauna (en flora) die vastgehecht zit aan de oesterschelpen. Evenmin is er niet specifiek gekeken naar hyperbenthos dat over de zeebodem kruipt (krabben en kreeften) of vlak boven de zeebodem rondzwemt (bijvoorbeeld vis). Het is goed mogelijk dat oesterbanken een belangrijke rol spelen voor juist deze hard-substraat gerelateerde soorten (Cadée, 2007). In een volgende studie zouden deze soorten ook meegenomen dienen te worden voor de evaluatie.

### 13.7 Effecten op vogels

De locaties Zandkreek en Vondelingsplaat hebben ieder hun eigen karakteristieke ligging en eigenschappen en daarmee een specifiek vogelleven. In de Zandkreek komen meer vogels, zowel in termen van aantal soorten als aantallen, voor dan op de Vondelingsplaat. De Zandkreek ligt dicht bij land en de hoogwatervluchtplaats Kwistenburg in het Veerse Meer, waar veel vogels uit de Oosterschelde verblijven tijdens hoogwater. Vanaf deze hoogwater vluchtplaatsen kunnen ze tijdens de eb de Zandkreek eenvoudig bereiken. De Vondelingsplaat ligt veel verder van de hoogwater verblijfsplaatsen verwijderd en de vogels moeten een stuk verder vliegen om de Vondelingsplaat vanuit hun hoogwater verblijfsplaats te bereiken.

Ook is er een verschil te zien in de soortensamenstelling op de Vondelingsplaat in vergelijking tot de Zandkreek. Dit komt tot uiting in het aantal soorten, het maximum aantal vogels en het aantal vogeluren. Zo zijn bonte strandloper, zilverplevier en bergeend vooral in de Zandkreek waargenomen, terwijl scholekster en wulp meer aanwezig zijn op de Vondelingsplaat.

Tijdens de  $T_0$  en de  $T_1$  is een andere aanpak gevolgd dan tijdens de  $T_3$  en  $T_4$ . Tijdens de  $T_0$  en de  $T_1$  is het hele gebied geteld, terwijl tijdens de  $T_3$  en  $T_4$  is geteld binnen vakken van ongeveer gelijke grootte. Het tellen van relatief kleine oesterbanken ten opzichte van de grote vlakke platen ( $T_0$  en  $T_1$ ) levert een scheve verdeling op. De telintensiteit per half uur oever enkele ten opzichte van honderden hectaren was niet betrouwbaar. Ook binnen de oesterbanken werden mogelijk vogels over het hoofd gezien vanwege het vele relief.

Op de oesterbank van de Zandkreek worden zowel tijdens de  $T_3$  als de  $T_4$  meer vogeluren (gecorrigeerd naar oppervlakte en droogvalduur) besteed dan op de beviste bank en het referentiegebied, maar dit beeld wordt sterk bepaald door de dominante soort de bonte strandloper. Op de Zandkreek lijken de meeste vogels de oesterbank te prefereren boven de beviste oesterbank en de referentie. Het aantal vogeluren op de beviste locaties tijdens de  $T_3$  en  $T_4$  tellingen zijn voor alle gebieden lager dan op de intacte oesterbank.

De vogeltellingen zijn uitgevoerd gedurende een beperkt aantal dagen tijdens de winterperiode. Deze tellingen zijn slechts momentopnamen (op een dag op een locatie). Doordat de weersomstandigheden (e.g. mist, wind, nachtvorst) van grote invloed kunnen zijn op de tellingen, en ook omdat de populaties van de vogels in het deltagebied van jaar tot jaar kunnen verschillen kunnen de tellingen in de verschillende jaren niet zondermeer met elkaar worden vergeleken. Binnen de onderzoeksgebieden zijn de tellingen op hetzelfde moment uitgevoerd waardoor de tellingen wel met elkaar vergeleken kunnen worden.

### 13.8 Effecten op morfologie

Oesters hebben een stabiliserende werking op slikken en platen. De oesterschelpen die vertikaal ingegraven staan op de slikken en platen beschermen de bodem tegen de golfwerking en verhogen de weerstand waardoor de stroomsnelheden nabij de bodem afnemen en zand wordt ingevangen. Tevens vangen de oesters actief slib in met hun kieuwen en deponeren het op de bodem in de vorm van faeces en pseudo-faeces.

Op de (voormalige) oesterbank op de Vondelingsplaat heeft er, in tegenstelling tot de referentie locatie, geen erosie opgetreden tussen 1991 en 2006. In het omringende gebied wel. Dit duidt er op dat de oesterbank de plaat beschermt tegen de erosie en er is zelfs een lichte sedimentatie opgetreden. De oesterbanken lijken de erosie van de platen, zoals die is ontstaan na de voltooiing van de Oosterscheldewerken (zogenaamde Zandhonger) te hebben voorkomen. Op de meer beschutte Zandkreek is er geen sprake geweest van erosie als gevolg van de zandhonger tussen 1991 en 2006. De bodemhoogte is in deze periode zelfs iets toegenomen op zowel de proef- als de referentielocatie.



Op de Vondelingsplaat is er na de bevissing een harde laag dode oesterschelpen achtergebleven die de plaat heeft beschermd tegen verdere erosie. Dit was bij de opzet van de proef niet voorzien en is het gevolg van het relatieve lichte vistuig (mosselkorren) dat is gebruikt. De mosselkorren hebben wel de boven het sediment uitstekende delen van de oesters weggevist, maar niet de delen van de schelpen die in de bodem zaten verankerd. De erosie op de referentielocatie is na 2006 onverminderd doorgezet. Het wegvissen van de oesters op de Zandkreek heeft geleid tot een lichte erosie. Deze erosie heeft zich na het wegvissen niet verder doorgezet, terwijl er in deze periode op de referentielocatie wel een lichte erosie heeft plaatsgevonden.

Op zowel de Vondelingsplaat als op de Zandkreek heeft het wegvissen van de oesters de erosie als gevolg van de zandhonger niet versneld. Op de geëxponeerde Vondelingsplaat komt dit door het feit dat er een harde laag aan dode oesterschelpen zijn achtergebleven in de bodem na het wegvissen waardoor golfwerking geen eroderend effect heeft. Op de Zandkreek is er geen beschermende harde laag van oesterschelpen achtergebleven na het wegvissen. De beschutte ligging van de Zandkreek heeft ertoe geleid dat er geen erosie is opgetreden na het wegvissen van de oesterbank.

Als in het kader van het beheer de Japanse oesterbanken ook op andere slikken en platen in de Oosterschelde zouden worden weggevist is het van belang dat men vooraf de situatie zorgvuldig beoordeeld. Op beschutte locaties zoals de Zandkreek zal het wegvissen leiden tot lichte erosie die deze locaties wel kunnen hebben. Op meer geëxponeerde locaties dient het wegvissen zodanig te gebeuren dat er na het wegvissen een harde beschermende schelpenlaag achterblijft die de plaat beschermt tegen erosie.

### 13.9 Aanbevelingen

Om te onderzoeken of de oester zich nog steeds uitbreidt in de Oosterschelde, c.q. eventuele beheersmaatregelen effectief zijn, zijn bestandsopnamen nodig. Voor het uitvoeren daarvan wordt een combinatie van remote sensing technieken met traditionele bemonstering aanbevolen. Deze gegevens zouden tevens bruikbaar zijn om gericht te kunnen vissen en daarmee de uitbereiding van de oesters effectief te kunnen aanpakken.

De juveniele oesters die zijn gevallen op de proeflocaties Zandkreek en Vondelingsplaat zouden moeten worden weggevist door oestervissers om te voorkomen dat de oesterbank zich weer zal herstellen. De oesters kunnen interessant zijn voor oesterkweek. Ze zijn eenvoudig te bevissen omdat ze relatief solitair staan en nog niet zijn uitgroeid tot klompen oesters van meerdere jaarklassen zoals het geval was bij de oorspronkelijke oesterbank.

Voor en optimaal beheer van de Japanse oesters is het van belang dat er strategisch op de oesters wordt gevestigd. Prioriteit zou moeten worden gegeven aan locaties met hoge dichtheden en op locaties waar ze tot overlast leiden. In de afweging kan ook worden meegenomen of de oesterbank bescherming biedt tegen erosie. De oesters zouden volledig dienen te worden weggevist, waardoor het eenvoudiger is het gebied te onderhouden. Het zou dienen te worden onderzocht of oestervissers interesse hebben de juveniele oesters weg te vissen van de proeflocaties om vervolgens uit te zaaien op hun oesterpercelen. Op deze manier zouden de proeflocaties kunnen worden onderhouden.

Het wegvissen van de Japanse oesters was zeer arbeidsintensief doordat de schepen en het tuig niet optimaal waren aangepast aan het opvissen van Japanse oesters. Er zou moeten worden gekeken hoe de visserij op wilde oesters kan worden geoptimaliseerd. Tevens moet er worden onderzocht hoe de oesterschelpen het beste kunnen worden hergebruikt. Voor de schelpenverwerkende industrie is het van belang dat de oesters zijn ontdaan van de vleesresten. Wellicht kan het oestervlees van de oesters gebruikt worden als voer voor bijvoorbeeld de viskweek.

De Japanse oesters zijn verantwoordelijk voor ongeveer 2/3 van de totale filtercapaciteit van de schelpdieren in de Oosterschelde en hebben daarmee een belangrijke invloed op de draagkracht. Draagkracht is een complex begrip en heeft in de Oosterschelde een sterke ruimtelijke component omdat parameters als verversingtijden, primaire productie graasdruk sterk verschillen in de deelgebieden van de Oosterschelde. Om een beter inzicht te krijgen in de draagkracht en daarmee de draagkracht van de Oosterschelde te optimaliseren is nader onderzoek nodig.

Warme zomers en zachte winters hebben mogelijk een positief effect op de ontwikkeling van de Japanse oesters. Het is daarom interessant om te onderzoeken wat de gevolgen zullen zijn van de klimaatverandering op de uitbereiding van Japanse oesters in de Oosterschelde maar ook in de Waddenzee.

Het herstel van de oesterbank duurt langer dan de duur van dit pilot experiment (2 jaar). Het is verstandig om de ontwikkeling van de proeflocaties en hun omgeving ook in de toekomst te blijven monitoren om zo de ontwikkeling op de langere termijn te kunnen evalueren.

# 14 Referenties

- Baptist, H. (2005). Habitattoets proef weghalen oesterbanken in de Oosterschelde. 2005/19, Ecologisch Adviesbureau Henk Baptist, Kruisland.
- Cadée, G.C. (2007). Vervangen de recente Japanse oesterriffen de vroegere oesterbanken? De Levende Natuur, 108(2): 62-65.
- De Kluijver, M.J. (1997). Sublittoral communities of North Sea hard substrata, UvA, Amsterdam.
- De Kluijver, M.J. en Dubbeldam, M. (2003). De sub-littorale hard-substraat levensgemeenschappen in de Oosterschelde: Evaluatie van de ontwikkelingen in de periode 1985-2002. 1973, Aquasense, Amsterdam.
- Diederich, S., Nehls, G., Van Beusekom, J.E.E. en Reise, K. (2005). Introduced Pacific oysters (*Crassostrea gigas*) in the northern Wadden Sea: invasion accelerated by warm summers? Helgoland Marine Research, 59: 97-106.
- Drinkwaard, A.C. (1999). Introductions and developments of oysters in the North Sea area: A review. Helgoländer Meerseuntersuchungen., 52: 301-308.
- Geurts van Kessel, A.J.M. (2004). Verlopend tij. Oosterschelde een veranderend natuurmonument. RIKZ/2004.028, RIKZ, Middelburg.
- Geurts van Kessel, A.J.M., Kater, B.J. en Prins, T.C. (2003). Veranderende draagkracht van de Oosterschelde voor kokkels. RIKZ/2003.043, RIKZ, Middelburg.
- Gmelich Meijling-van Hemert, C.R. (2005). Vissen op Zeeuws water. Den Boer / De Ruiter, Vlissingen.
- Kamermans, P., Brummelhuis, E., Poelman, J., Van Gool, A. en Troost, K. (2004). Onderzoek naar verbetering broedvangst oesters, RIVO, Yerseke.
- Kater, B.J. (2003a). De voedselsituatie voor kokkels in de Oosterschelde. C018/03, RIVO.
- Kater, B.J. (2003b). Ecologisch profiel van de Japanse oester. C032/03, RIVO, Yerseke.
- Kater, B.J., Baars, D., Perdon, J. en Van Riet, M. (2002). Het inventariseren van sublitorale oesterbestanden in de Oosterschelde: mogelijkheden met side-scan sonar. C058/02, RIVO, Yerseke.
- Kater, B.J. en Baars, J.M.D.D. (2003). Reconstructie van oppervlakten van litorale Japanse oesterbanken in de Oosterschelde in het verleden en een schatting van het huidige oppervlak. C017/03, RIVO, Yerseke.
- Kater, B.J. en Baars, J.M.D.D. (2004). The potential of aerial photography for estimating surface areas of intertidal Pacific oyster beds (*Crassostrea gigas*). Journal of Shellfish Research, 23(3): 773-779.
- Korringa, P. (1976). Farming the cupped oyster of the genus *Crassostrea*. Elsevier 1976 pp 51-52, 62.
- Kovach, W.L. (1999). MVSP – A MultiVariate Statistical Package for Windows, ver. 3.1. Kovach Computing Services, Pentraeth, Wales, U.K.
- Nienhuis, P.H. en Smaal, A.C. (1994). The Oosterschelde estuary, a case study of a changing ecosystem: an introduction. Hydrobiologia, 282/283: 1-14.
- Perdon, K.J. en Smaal, A.C. (2000). Het bestand aan Japanse oesters op de platen van de Oosterschelde., RIVO.

- Phillips, S.J., Anderson, R.P. en Schapire, R.E. (2006). Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modelling*, 190(3-4): 231-259.
- Reise, K. (1998). Pacific oysters invade mussel beds in the European Wadden Sea. *Senckenbergiana maritima*, 28(4/6): 167-175.
- Smaal, A.C., Kater, B.J., Bol, J. en Wijsman, J.W.M. (Submitted). Introduction and proliferation of the pacific oyster *Crassostrea gigas* in Dutch coastal waters.
- Smaal, A.C., Van Stralen, M.R. en Steenbergen, J. (2005). Verkenning van beheersmogelijkheden van de Japanse oester in de Oosterschelde. C009/05, Nederland Instituut voor Visserij Onderzoek (RIVO), Yerseke.
- Smaal, A.C., Verhagen, J.H.G., Coosen, J. en Haas, H.A. (1986). Interaction between seston quantity and quality and benthic suspension feeders in the Oosterschelde, The Netherlands. *Ophelia*, 26: 385-399.
- Troost, K., Veldhuizen, R., Stamhuis, E.J. en Wolff, W.J. (2008). Can bivalve veligers escape feeding currents of adult bivalves? *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 358: 185-196.
- Van Zanten, E. en Adriaanse, L.A. (2008a). Verminderd getij. Een verkenning naar mogelijke maatregelen om het verlies van platen, slikken en schorren als gevolg van de zandhonger te beperken., RWS Zeeland, Middelburg.
- Van Zanten, E. en Adriaanse, L.A. (2008b). Verminderd getij. Verkenning naar mogelijke maatregelen om het verlies van platen, slikken en schorren in de Oosterschelde te beperken, Rijkswaterstaat, Middelburg.
- Wetsteyn, L.P.M.J., Duin, R.N.M., Kromkamp, J.C., Latuhihin, M.J., Peene, J., Pouwer, A. en Prins, T.C. (2003). Verkenning draagkracht Oosterschelde. Onderzoek naar veranderingen en trends in de Oosterschelde in de periode 1990 t/m 2000. RIKZ/2003.049, RIKZ, Middelburg.
- Wijsman, J.W.M., Dubbeldam, M. en Van Zanten, E. (2007). Wegvisproef Japanse oesters in de Oosterschelde. Tussentijdse rapportage T<sub>3</sub>. C061/07, Wageningen IMARES, Yerseke.
- Wijsman, J.W.M., Van Stralen, M., Dubbeldam, M., Geene, R., De Kluijver, M.J., Van Zanten, E. en Smaal, A.C. (2006). Wegvisproef Japanse oesters in de Oosterschelde. Tussentijdse rapportage T<sub>2</sub>. C077/06, Wageningen IMARES, Yerseke.



Cluster Meting Locatie	A								B <sub>1</sub>								B <sub>2</sub>		B <sub>3</sub>					
	T <sub>0</sub>	T <sub>0</sub>	T <sub>0</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>4</sub>	T <sub>4</sub>	T <sub>4</sub>	T <sub>0</sub>	T <sub>0</sub>	T <sub>0</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>4</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>4</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>4</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>0</sub>	T <sub>0</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>4</sub>	
	M	R-M	R-Zi	M	R-M	R-Zi	M	R-M	V	Zi	Za	V	V	Za	Za	R-Za	R-Za	Zi	Zi	R-Zi	R-V	R-Za	R-V	R-V
<i>Mysella bidentata</i>																		0,2	0,2					
<i>Tubificoides benedii</i>					0,4		0,2		<b>34.6</b>	<b>2.8</b>	<b>17.8</b>	<b>12.6</b>	<b>20.4</b>	<b>32.2</b>	<b>19.8</b>	<b>48.8</b>	<b>32.2</b>		0,2	0,2	<b>6.8</b>			
<i>Peringia ulvae</i>						<b>2.0</b>					0,2				<b>164.0</b>	<b>25.6</b>	0,4			0,2	<b>8.8</b>			
<i>Capitella capitata</i>	0,2				0,2	0,6			<b>4.2</b>	<b>6.4</b>	0,6	<b>8.8</b>	<b>1.4</b>	<b>4.6</b>	<b>2.2</b>	<b>4.0</b>	<b>1.0</b>	<b>4.6</b>	0,2			0,4	1,0	
<i>Tubificoides pseudogaster</i>									<b>11.0</b>	<b>1.6</b>	0,4	<b>4.0</b>	<b>4.0</b>	2,0	<b>0.6</b>	<b>8.4</b>	<b>1.2</b>	<b>1.8</b>	0,4	0,2		0,2		0,2
<i>Nereis diversicolor</i>									<b>1.0</b>	0,2	0,4		0,6	<b>12.2</b>	<b>2.8</b>		0,2	<b>2.2</b>	0,2					
<i>Balanus improvisus</i>					0,8				<b>16.0</b>	0,2	0,4		<b>1.4</b>		0,2									
<i>Polydora cornuta</i>						0,2							<b>7.4</b>	<b>3.0</b>	0,4		<b>3.6</b>							
<i>Gammarus locusta</i>						0,2	0,4		<b>2.2</b>	<b>8.8</b>				0,4			<b>1.4</b>							
<i>Elminius modestus</i>						0,2						<b>0.6</b>		<b>5.2</b>										
<i>Abra tenuis</i>																								
<i>Polydora</i>									<b>2.2</b>		<b>0.6</b>													
<i>Nereis</i>									<b>0.6</b>										<b>1.4</b>	0,2				
<i>Phyllodoceidae</i>									<b>1.0</b>		<b>0.2</b>		<b>0.2</b>				<b>0.2</b>							
<i>Melita palmata</i>												<b>0.4</b>		<b>0.8</b>										
<i>Mytilus edulis</i>									<b>1.2</b>															
<i>Lepidochitona cinerea</i>												<b>0.8</b>	<b>0.2</b>									<b>0.2</b>		
<i>Retusa obtusa</i>																	<b>1.0</b>							
<i>Harmothoe imbricata</i>									<b>0.4</b>		<b>0.4</b>													
<i>Crassostrea gigas</i>																<b>0.6</b>								
<i>Aonides oxycephala</i>												<b>0.6</b>												
<i>Corophium arenarium</i>																<b>0.2</b>		<b>0.2</b>						
<i>Gammarus</i>									<b>0.2</b>							<b>0.2</b>								
<i>Monocorophium</i>									<b>0.2</b>	<b>0.2</b>														
BRACHYURA									<b>0.4</b>															
<i>Palaemon adspersus</i>										<b>0.4</b>														
NATANTIA									<b>0.2</b>				<b>0.2</b>											
<i>Musculus discors</i>																		<b>0.4</b>						
<i>Eteone</i>									<b>0.2</b>										<b>0.2</b>					
<i>Lepidonotus squamatus</i>									<b>0.2</b>		<b>0.2</b>													
<i>Spiophanes bombyx</i>											<b>0.2</b>	<b>0.2</b>												
<i>Sthenelais boa</i>										<b>0.2</b>		<b>0.2</b>												
PORIFERA									<b>0.4</b>															
NEMERTINI															<b>0.4</b>									
CNIDARIA										<b>0.2</b>														
<i>Abludomelita obtusata</i>													<b>0.2</b>											
<i>Bathyporeia</i>												<b>0.2</b>												
<i>Pinnotheres pisum</i>																					<b>0.2</b>			
<i>Palaemon elegans</i>									<b>0.2</b>															
<i>Cerastoderma</i>																	<b>0.2</b>							
<i>Mytilus</i>									<b>0.2</b>															
<i>Marionina</i>													<b>0.2</b>											
<i>Arenicola marina</i>											<b>0.2</b>													
<i>Ficopomatus enigmaticus</i>									<b>0.2</b>															
POLYCHAETA																						<b>0.2</b>		
Terebellidae											<b>0.2</b>													
Molgula									<b>0.2</b>															
<i>Eumida sanguinea</i>																							<b>1.4</b>	
<i>Spio martinensis</i>																							<b>0.4</b>	
<i>Ensis</i>																				<b>0.2</b>				
<i>Spio goniocéphala</i>																							<b>0.2</b>	
Index (log 2)	3,39	2,54	2,52	2,04	2,58	4,07	3,07	3,88	3,52	3,29	1,98	3,07	2,90	2,79	3,20	1,85	2,97	2,19	2,95	3,00	2,63	1,804	2,47	3,39
Evenness	0,85	0,71	0,90	0,79	0,68	0,83	0,64	0,79	0,66	0,78	0,48	0,69	0,62	0,62	0,67	0,42	0,61	0,51	0,93	0,90	0,79	0,54	0,65	0,83
n species	16	12	7	6	14	30	28	30	41	19	18	22	26	23	28	21	29	20	9	10	10	10	14	17
dichtheid/hap	15,2	17,8	2,0	3,0	24,2	17,4	78,6	39,2	108,4	32,4	45,2	38,8	44,2	100,0	48,8	257,0	111,2	81,0	3,2	3,0	4,8	18,0	17,6	13,4

# Verantwoording

Rapport C063/08

Projectnummers: 439.41000.02 en 439.41010.01

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

Akkoord: Dr. N.M.J.A. Dankers  
Senior onderzoeker

Handtekening:



Datum: 12 september 2008

Akkoord: Drs. J. Asjes  
Afdelingshoofd Ecologie

Handtekening:

Datum: 12 september 2008

Aantal exemplaren: 40  
Aantal pagina's: 95  
Aantal tabellen: 9  
Aantal figuren: 73  
Aantal bijlagen: 1