

# De verspreiding van witte bacteriematten en schade aan het bodemleven in het Grevelingenmeer

Onderzoek naar de effecten van zuurstofloosheid



W. Lengkeek  
S. Bouma  
B. van den Boogaard



**Bureau Waardenburg bv**  
Adviseurs voor ecologie & milieu



De verspreiding van witte bacteriematten en schade aan het bodemleven  
in het Grevelingenmeer

Onderzoek naar de effecten van zuurstofloosheid

W. Lengkeek  
S. Bouma  
B. van den Boogaard



**Bureau Waardenburg bv**  
Adviseurs voor ecologie & milieu

Postbus 365, 4100 AJ Culemborg  
Telefoon 0345 - 512710, Fax 0345 - 519849  
e-mail [wbb@buwa.nl](mailto:wbb@buwa.nl) website: [www.buwa.nl](http://www.buwa.nl)

opdrachtgever: Deltares

29 november 2010  
rapport nr. 10-187

Status uitgave: eindrapport  
Rapport nr.: 10-187  
Datum uitgave: 29 november 2010  
Titel: De verspreiding van witte bacteriematten en schade aan het bodemleven in het Grevelingenmeer  
Subtitel: Onderzoek naar de effecten van zuurstofloosheid  
Samenstellers: dr. W. Lengkeek  
drs. S. Bouma  
ing. B van den Boogaard  
Aantal pagina's inclusief bijlagen: 50  
Project nr.: 10-134  
Projectleider: dr. W. Lengkeek  
Naam en adres opdrachtgever: Deltares, drs. A. J. Nolte  
Rotterdamseweg 185, 2629 HD, Delft  
Referentie opdrachtgever: Brief met kenmerk: 1201650-000-ZKS-0008  
Akkoord voor uitgave: Teamleider aquatische ecologie  
drs. A. Bak

Paraaf:



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

© Bureau Waardenburg bv / Deltares

Dit rapport is vervaardigd op verzoek van opdrachtgever hierboven aangegeven en is zijn eigendom. Niets uit dit rapport mag worden vervaardigd en/of openbaar gemaakt worden d.m.v. druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook, zonder vooraf-gaande schriftelijke toestemming van de opdrachtgever hierboven aangegeven en Bureau Waardenburg bv, noch mag het zonder een dergelijke toestemming worden gebruikt voor enig ander werk dan waarvoor het is vervaardigd.

Het kwaliteitsmanagementsysteem van Bureau Waardenburg bv is door CERTIKED gecertificeerd overeenkomstig ISO 9001:2000.



**Bureau Waardenburg bv**  
Adviseurs voor ecologie & milieu

Postbus 365, 4100 AJ Culemborg  
Telefoon 0345 - 512710, Fax 0345 - 519849

e-mail wbb@buwa.nl website: www.buwa.nl

# Inhoud

Samenvatting .....	5
1 Inleiding.....	7
1.1 Aanleiding.....	7
1.2 Doel.....	8
2 Materiaal en methoden.....	9
2.1 Locaties.....	9
2.2 Camera methode.....	10
2.3 Registratie en analyse.....	11
2.4 Aanvullende registratie Japanse oesters / ophopingen van zeesla.....	13
3 Resultaten .....	15
3.1 Witte bacteriematten .....	15
3.1.1 Verspreiding.....	15
3.1.2 Relatie met diepte .....	16
3.2 Schade aan bodemleven.....	16
3.2.1 Verspreiding.....	16
3.2.2 Relatie met diepte .....	17
3.3 Relatie witte bacteriematten – schade aan bodemleven.....	18
3.4 GTSO zuurstofmetingen: De verspreiding van zuurstof arme condities.....	19
4 Discussie .....	23
4.1 Verspreiding.....	23
4.2 In relatie tot GTSO zuurstofmetingen.....	23
4.3 In relatie tot beheer en oplossingen .....	24
5 Conclusies en aanbevelingen.....	25
5.1 Conclusies .....	25
5.2 Aanbevelingen.....	25
6 Literatuur.....	27
Bijlage 1 Kaart verspreiding witte bacteriematten ( <i>Beggiatoa spp.</i> ) .....	30
Bijlage 2 Kaart verspreiding schade aan bodemleven.....	31
Bijlage 3 Kaart verspreiding Japanse oesters .....	32
Bijlage 4 Kaart verspreiding zeesla ophopingen.....	33
Bijlage 5 Ruwe data .....	35



## Samenvatting

Om meer inzicht te krijgen in de verspreiding witte bacteriematten en andere schade aan het bodemleven in het Grevelingenmeer (beide mogelijke gevolgen van zuurstofloosheid), is een visuele inspectie van de bodem uitgevoerd op 198 locaties in het meer. Op elke locatie zijn foto's van de bodem verzameld en is aan de hand van live videobeelden een beschrijving van de situatie onder water opgesteld. De verspreiding van de kenmerkende witte matten van *Beggiatoa spp.* bacteriën zijn in kaart gebracht evenals andere vormen van zichtbare schade aan het bodemleven.

Zowel de witte bacteriematten als ook zichtbare schade aan het bodemleven komen verspreid over het gehele meer voor, met name vanaf 6 meter en dieper. De noordelijke geul (Springersdiep) bevat de hoogste dichtheid aan witte matten. De verspreiding van de bacteriematten vertoont een enigszins 'patchy' patroon. Schade aan het bodemleven komt op meer locaties voor dan de witte bacteriematten.

Uit zuurstofmetingen (GTSO) blijkt dat zuurstofloosheid in de waterkolom in 2010 over het gehele meer voor kwam op ca 6-7 meter en dieper. De wijde verspreiding van de zuurstofloosheid in de waterkolom komt overeen met verspreiding van zichtbare schade aan het bodemleven.





# 1 Inleiding

## 1.1 Aanleiding

In het Grevelingenmeer komt zuurstofdeficiëntie voor in zowel de waterkolom als in de bodem (Hoeksema, 2002; Lengkeek *et al.*, 2007). In de waterkolom lijkt dit proces voornamelijk veroorzaakt te worden door stratificatie gedurende de zomermaanden. Processen in de bodem zijn minder goed bekend. Duidelijk is wel, dat de zuurstofhuishouding in het Grevelingenmeer niet voldoet aan de gestelde beheersdoelstellingen (Hoeksema, 2002; Bouma *et al.*, 2008; Wetsteijn, concept 2010). Ook zijn er in het Grevelingenmeer neergaande ecologische trends gesignaleerd die mogelijk gerelateerd zijn aan de zuurstofproblematiek (Bouma *et al.*, 2008).

In de Verkenning Grevelingen zijn mogelijkheden verkend om de problemen in het meer op te lossen door het invoeren van een (gedempt) getij (Turlings *et al.* 2009). Uit modelberekeningen werd duidelijk dat verschillende vormen van getij het probleem van zuurstofdeficiëntie in de waterkolom goed op kunnen lossen (Nolte *et al.* 2008). Het is vooralsnog echter onzeker wat er met de bodem zal gebeuren onder invloed van getij. Het oplossen van de zuurstofdeficiëntie in de waterkolom hoeft namelijk niet direct te leiden tot verbetering van de zuurstofhuishouding in de bodem. Uit een persoonlijke observatie (Lengkeek, maart 2008) bleek namelijk, dat witte bacteriematten (*Beggiatoa spp.*) die gezien kunnen worden als indicator voor zuurstofarme condities in en nabij de bodem, ook in de winter tijdens stormachtige omstandigheden in de Grevelingen aangetroffen worden; ofwel op momenten dat er geen stratificatie en zuurstofarme condities in de waterkolom aanwezig zijn.

De zuurstofproblematiek in het Grevelingenmeer is tot nu toe nog niet geheel duidelijk. Over het stratificatieproces in de waterkolom bestaat inmiddels voldoende inzicht, maar over de processen in de bodem is veel minder bekend. Zo is bijvoorbeeld de omvang van het bodemprobleem en de verspreiding over het Grevelingenmeer niet goed bekend. Ook is niet duidelijk of de kenmerkende witte bacteriematten overal voorkomen waar zuurstofloosheid heerst of heeft geheerst. Tenslotte is ook niet duidelijk in hoeverre de omvang van het probleem varieert gedurende verschillende seizoenen.

Voorliggende rapportage beschrijft een onderzoek waarin de verspreiding van de witte bacteriematten en schade aan het bodemleven over het Grevelingenmeer is onderzocht met een videocamera. Met dit onderzoek wordt de omvang van het bodemprobleem in kaart gebracht.

## 1.2 Doel

De primaire doelstelling van het onderzoek is:

- Het vastleggen van de verspreiding van witte bacteriematten en andere zichtbare schade aan het bodemleven.

Hiermee wordt informatie verschaft waarmee beter inzicht verkregen kan worden in de relatie tussen zuurstofdeficiëntie en de verspreiding van witte bacteriematten en andere vormen van schade aan het bodemleven.

Aanvullend worden de volgende aspecten onderzocht:

- De relatie tussen het voorkomen van de witte bacteriematten en schade aan het bodemleven;
- De relatie tussen de verspreiding van de witte bacteriematten of schade aan het leven en de gemeten zuurstofconcentraties in de waterkolom (GTSO metingen);
- De relatie tussen waterdiepte en het voorkomen van witte bacteriematten en schade aan het bodemleven.

Daarnaast zal op de locaties waar de bodem geïnspecteerd wordt ook de aanwezigheid van Japanse oesters en / of ophopingen van zeesla gedocumenteerd worden. In het kader van de MIRT Verkenning Grevelingen is ook deze kennis relevant. De resultaten hiervan worden in deze rapportage niet inhoudelijk besproken maar wel bijgevoegd als bijlage (3 en 4).

De omvang van de ecologische schade wordt binnen dit onderzoek éénmalig bepaald aan het einde van een warme zomer. Er kunnen geen uitspraken gedaan worden over de situatie in de winter.

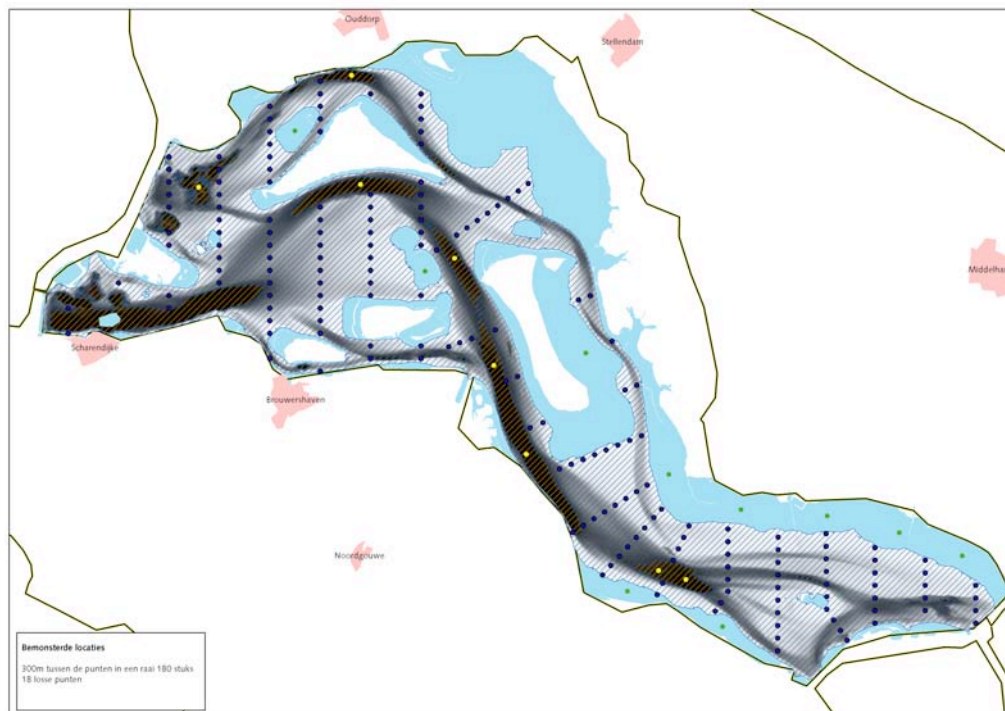
## 2 Materiaal en methoden

Het onderzoek is uitgevoerd in de periode van 25 augustus tot en met 1 september 2010.

### 2.1 Locaties

De bodem is onderzocht op 198 puntlocaties verspreid over het Grevelingenmeer. Van deze puntlocaties zijn er 180 gesitueerd in raaien die dwars staan op de geulen, zodat elke raai een gevarieerd diepteprofiel bevat (Figuur 2.1). Hierdoor is het mogelijk de verspreiding van de witte bacteriematten en schade aan het bodemleven over het meer in kaart te brengen én te relateren aan diepte. De raaien zijn gelijkmatig verspreid over het Grevelingenmeer, maar alleen op het dieptetraject van 1,25 tot 15 meter diepte (Figuur 2.1). Van de putten dieper dan 15 meter wordt in het huidige beheer geaccepteerd dat ze zuurstofloos worden. Deze zijn daarom voor dit onderzoek minder relevant. In gebieden ondieper dan 1,25 meter is het water turbulent door golfslag (dit is de diepte tot waar bodemerosie door golfslag plaatsvindt) en zouden zuurstofloze condities niet voor moeten komen. Desalniettemin zijn, in aanvulling op de raaien, 18 locaties onderzocht verdeeld over de diepe putten (>15m) en de ondiepe gebieden (<1,25m) om eventuele onverwachte processen op te pikken of met zekerheid uit te kunnen sluiten (Figuur 2.1).

Op elke raai zijn beelden verzameld van de bodem en is genoteerd of er witte bacteriematten zijn of schade aan het bodemleven zichtbaar is (zie tekstkader voor een nadere toelichting). Ook is de diepte nauwkeurig vastgelegd en is genoteerd of er Japanse oesters en / of ophopingen van zeesla aanwezig waren.



Figuur 2.1. De inspectielocaties verspreid over het Grevelingenmeer: 180 locaties verdeeld over raaien dwars op de geulen, 18 locaties verdeeld over de diepe putten (<15m) en de ondiepe gebieden (1,25m).

## 2.2 Camera methode

Voor het uitvoeren van de inspecties is een Novasub videosysteem gebruikt. Dit is een onderwater videocamera met verlichting die door middel van een kabel aan een laptop computer is verbonden. De camera kan zowel foto's als videobeelden maken en kan dankzij de lengte van de kabel (75 meter) op elke gewenste diepte in de Grevelingen ingezet worden. De camera en verlichting zijn aan een statief bevestigd en het geheel werd met een kraan vanaf een vaartuig naar de bodem gelaten (Figuur 2.2). Het gebruikte vaartuig is een zeven meter lange RIB (Rigid Inflatable Boat) die slechts 75 cm diep steekt en daardoor ook ondiepe locaties kon bereiken. Het vaartuig beschikt ook over een nauwkeurige dieptemeter. Het gebruik van deze methode voor het onderzoeken van de zeebodem en bodemdieren is uitgebreid getest in Lengkeek *et al.* (2010).

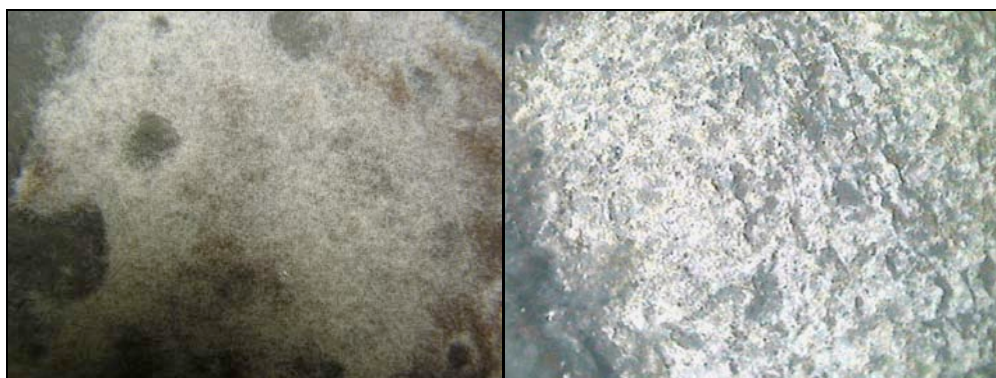
De beelden die met het videosysteem verzameld worden, zijn van mindere kwaliteit dan videobeelden die door een duiker met een handcamera verzameld kunnen worden. Het voordeel van het videosysteem is echter, dat er veel sneller en meer locaties bezocht kunnen worden dan door duikers. Dit is bij het onderzoeken van 198 locaties een groot voordeel. Voor het vastleggen van de verspreiding van witte bacteriematten in de Grevelingen is de kwaliteit van de beelden van het videosysteem ruim voldoende. Zie ook figuur 2.3.



*Figuur 2.2. Links: Het vaartuig met kraan en videosysteem. Rechts: Het statief met camera en verlichting aan de kraan.*

### 2.3 Registratie en analyse

Op elke locatie zijn meerdere foto's van de bodem gemaakt voor archivering. In het veld is de conditie van de bodem direct bepaald aan de hand van de live videobeelden. Met behulp van deze beelden is ter plaatse een veldformulier ingevuld. Op dit veldformulier zijn verschillende parameters ingevuld, zoals bijvoorbeeld diepte, aanwezigheid van witte matten, aanwezigheid van bodemleven en zichtbare schade aan het bodemleven. Het ingevulde veldformulier, waarin ook alle opgenomen parameters staan vermeld, is bijgevoegd in Bijlage 5.



*Figuur 2.3. Witte bacteriematten. Links: genomen door duiker met handcamera. Rechts: genomen met het Novasub videosysteem.*

### Zichtbare schade aan het bodemleven

De witte matten zijn niet de enige zichtbare indicatie voor ecologische problemen op de bodem van de Grevelingen. Op veel locaties was duidelijk zichtbaar dat de bodemdiergemeenschap beschadigd was. Een gezonde bodemdiergemeenschap in de Grevelingen bevat zeker tot op 20 meter diepte verschillende diersoorten waaronder (slib)anemonen, schelpdieren en vooral veel wormachtigen (te zien aan uitwerpselen) in het zand (Figuur 2.3; zie ook Lengkeek *et al.* 2007). Deze soorten zijn op een gezonde bodem in de Grevelingen goed waar te nemen met de camera. Ook op harde substraten groeien anemonen samen met andere zichtbare soorten zoals sponzen en oesters.

Op beschadigde locaties werden vaak dode dieren aangetroffen, zoals bijvoorbeeld zeesterren. Dit getuigt van recente sterfte. Op deze locaties zijn tevens geen wormen meer waarneembaar, zijn (slib)anemonen een zeldzaamheid en zijn alleen nog zakpijpen en muiltjes als levende dieren te herkennen. Deze locaties zijn geregistreerd als 'zeer beperkt bodemleven' (Figuur 2.3). Oesters zijn niet betrokken bij het bepalen van deze toestand, omdat met het videosysteem vaak moeilijk te zien is of deze dood of levend zijn.

In andere gevallen was duidelijk te zien dat er helemaal niks meer in leven was. Concreet is dat zichtbaar doordat de muiltjes niet meer aan elkaar kleven, er geen zakpijpen meer te vinden zijn en er geen sporen van leven onder het zand zijn te herkennen. Deze locaties werden geregistreerd als 'geen bodemleven' (Figuur 2.3).

Van wormen is bekend dat ze een lichte mate van verstoring van het ecosysteem goed kunnen overleven. In zeebodems met een verstoring nemen wormen juist vaak toe (en nemen schelpdieren af). Men spreekt dan van 'verworming'. De afwezigheid van wormachtigen duidt wellicht op een zeer ernstige verstoring.



Figuur 2.3. Links: gezonde bodem met slikanemoon, wormenhoopjes en bruine diatomeeën-mat. Midden: 'zeer beperkt bodemleven'; alleen levende zakpijpen aanwezig. Rechts: 'geen bodemleven'; geen levende organismen aanwezig.

Op elke locatie is ook een zuurstofmeting uitgevoerd, op ca 30 cm boven de bodem. Echter, in de week voorafgaande aan het onderzoek stond er een harde wind (NO 5-7). Er kan dus vanuit gegaan worden dat de waterkolom ten tijde van het onderzoek goed

gemengd was, en dat de actuele zuurstofgehalten niet meer bijzonder laag waren. Zichtbare schade aan het bodemleven betreft dus mogelijk een effect van zuurstofloosheid (< 2mg/l) voorafgaand aan het onderzoek, en niet van de actuele zuurstofcondities. De zuurstofmetingen staan weergegeven in Bijlage 5, maar worden in de verdere analyse niet gebruikt.

De verspreiding van de witte bacteriematten en schade aan het bodemleven is inzichtelijk gemaakt door middel van een GIS-kaart. De relatie met diepte is onderzocht met behulp van het statistiekpakket SPSS. GTSO metingen zijn geraadpleegd via de website [www.hmcz.nl](http://www.hmcz.nl) om te achterhalen hoe de zuurstofloosheid in de waterkolom zich over het meer heeft verspreid in de zomer van 2010. Met deze gegevens is een kwalitatieve analyse gemaakt van de relatie tussen zuurstofloosheid in de waterkolom en de verspreiding van witte matten en schade aan het bodemleven.

## **2.4 Aanvullende registratie Japanse oesters / ophopingen van zeesla**

Het onderzoek richt zich in eerste instantie op de effecten van de zuurstofproblematiek. Daarnaast geeft het beeldmateriaal ook informatie over andere geïdentificeerde kennisleemtes voor de Grevelingen, zoals bijvoorbeeld een gebrek aan informatie ten aanzien van het voorkomen van Japanse oesters en ophopingen van zeesla. Deze informatie is in voorliggende rapportage gedocumenteerd in tabelvorm (Bijlage 5) en kaartvorm (Bijlage 3 en 4). Analyse en interpretatie van deze resultaten vallen niet binnen de scope van dit onderzoek.





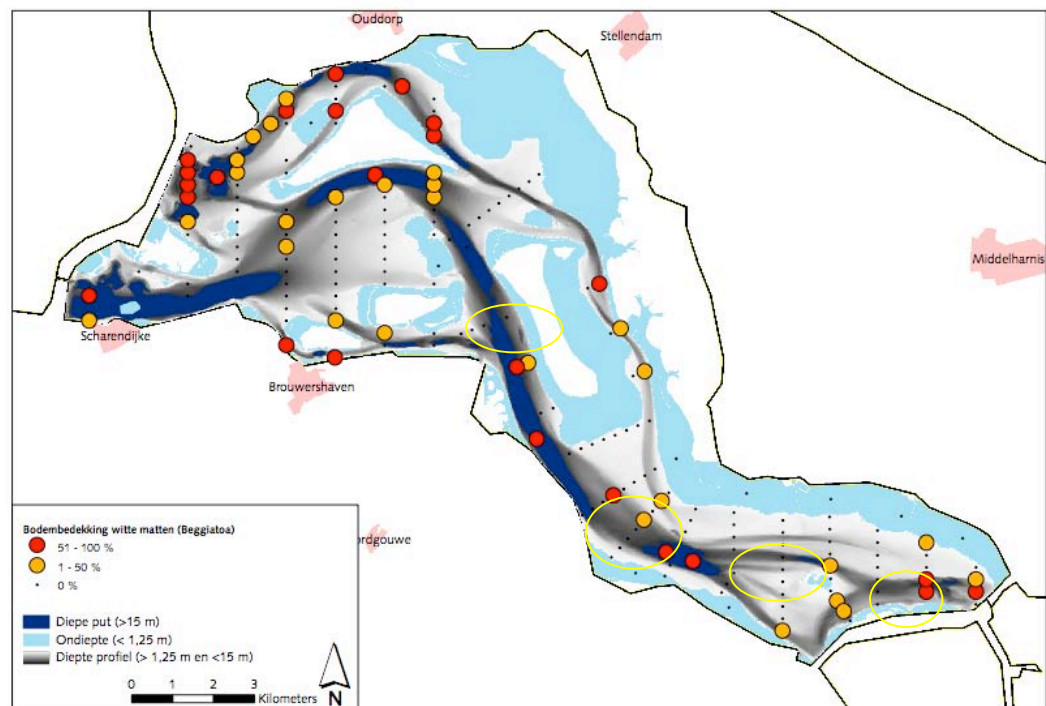
## 3 Resultaten

### 3.1 Witte bacteriematten

#### 3.1.1 Verspreiding

De witte matten van *Beggiatoa spp.* bacteriën komen verspreid over het gehele meer voor. De Noordelijke geul (het Springersdiep) is het meest bedekt met de witte matten, daar is de dichtheid van het aantal punten waar de witte matten zijn aangetroffen het grootst (Figuur 3.1, Bijlage 1). In de zuidoostelijke hoek (Bocht van St. Jacob) zijn niet meer witte matten aanwezig dan in de rest van het meer. Gezien de beschutte ligging van dit gebied en de resultaten van eerder onderzoek (Lengkeek *et al.* 2007), werd hier wel een hoge bedekking verwacht.

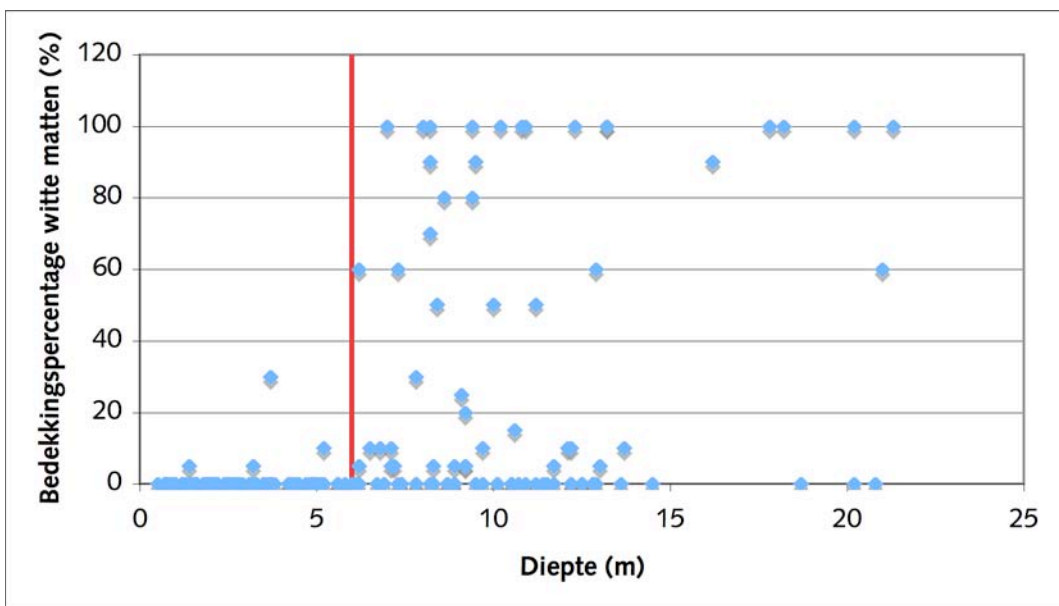
Wat ook opvalt, is dat de verspreiding van de witte matten een enigszins 'patchy' patroon vormt. Er zijn locaties waar witte matten verwacht werden, op basis van diepte en de aanwezigheid van witte matten in de directe omgeving, maar waar deze niet zijn aangetroffen (Figuur 3.1).



Figuur 3.1. Verspreiding witte bacteriematten (*Beggiatoa spp.*) in het Grevelingenmeer. De gele cirkels geven voorbeelden van locaties aan waar op basis van diepte en ligging wel witte matten verwacht waren maar niet zijn aangetroffen.

### 3.1.2 Relatie met diepte

De relatie tussen het voorkomen van de witte matten met diepte is niet geheel eenduidig. Over het algemeen komen witte matten meer voor op waterdieptes groter dan circa 6 meter diepte (Figuur 3.2) ten opzichte van ondiepere locaties. Er bestaat dan ook een significant positieve correlatie tussen diepte en de bedekking van witte matten ( $n = 198$ ,  $r_s = 0,516$ ,  $p = <0,001$ ; Figuur 3.2). Maar er zijn 4 waarnemingen van witte matten ondieper dan 6 meter (5; 3,5; 3 en zelfs 1,2 m diep). Ook zijn er genoeg diepe locaties waar geen witte matten werden aangetroffen, tot op 20,6 meter diepte (Figuur 3.2).

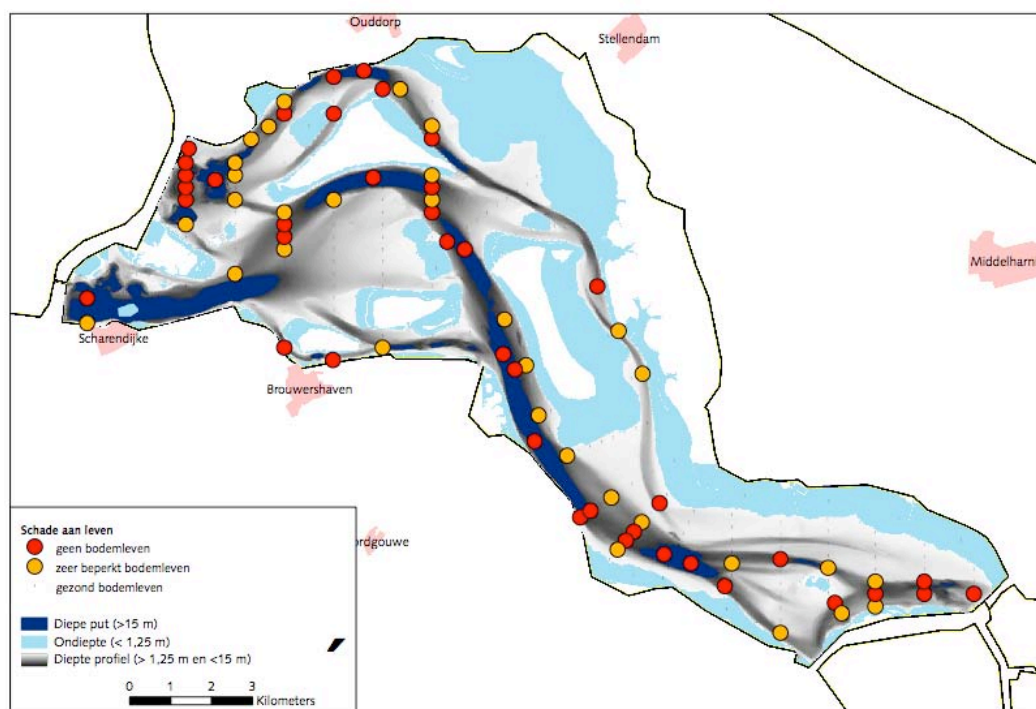


Figuur 3.2. Het bedekkingspercentage van de bodem met witte matten ten opzichte van de waterdiepte. Met rood is 6 meter waterdiepte gemarkeerd.

## 3.2 Schade aan bodemleven

### 3.2.1 Verspreiding

De witte matten zijn niet het enige zichtbare symptoom van zuurstofloze condities. Op veel locaties was duidelijk zichtbaar dat de bodemdiergemeenschap beschadigd was. Voor een definitie van de situatie 'schade aan het bodemleven' zie tekstkader in paragraaf 2.3.

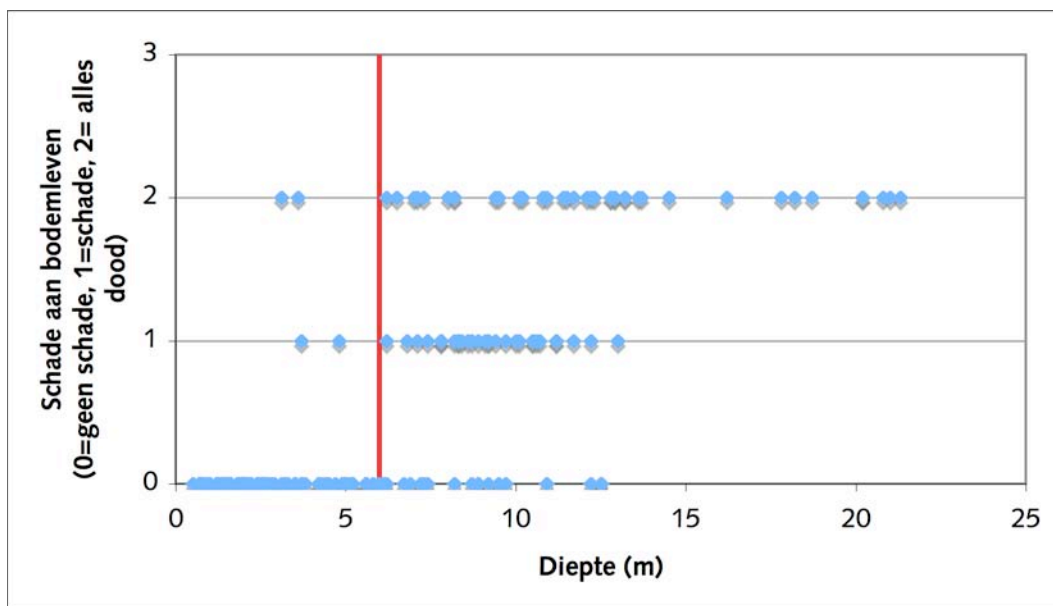


Figuur 3.3. Verspreiding zichtbare schade aan het bodemleven in het Grevelingenmeer.

De zichtbare schade aan het bodemleven is verspreid over het gehele meer. De verspreiding volgt een relatief homogeen patroon over het Grevelingenmeer (Figuur 3.3). Het enige gebied waar ogenschijnlijk minder (NB: niet geheel afwezig) beschadigde bodemdiergemeenschappen voorkomen, is de zuidelijke hoek van de westkant van het meer (inclusief het open gebied ten zuiden van de geul onder Hompelvoet).

### 3.2.2 Relatie met diepte

De relatie tussen waterdiepte en de verspreiding van de schade aan het bodemleven is eenduidiger dan die met de witte matten. Ondieper dan 3,1 meter is geen schade aan het leven waargenomen. Tussen 3 en 6 meter diepte is op 4 locaties schade waargenomen. Vanaf 6 meter komt op 78% van de locaties schade aan het bodemleven voor, en op 43% van de locaties dieper dan 6 meter is helemaal geen leven meer waargenomen. Dieper dan 12,5 meter is nergens in het meer een gezonde bodemdiergemeenschap aangetroffen. Er bestaat een significante correlatie tussen diepte en de mate van schade aan het bodemleven (in klassen) ( $n = 198$ ,  $r_s = 0,759$ ,  $p = <0,001$ ; Figuur 3.4).



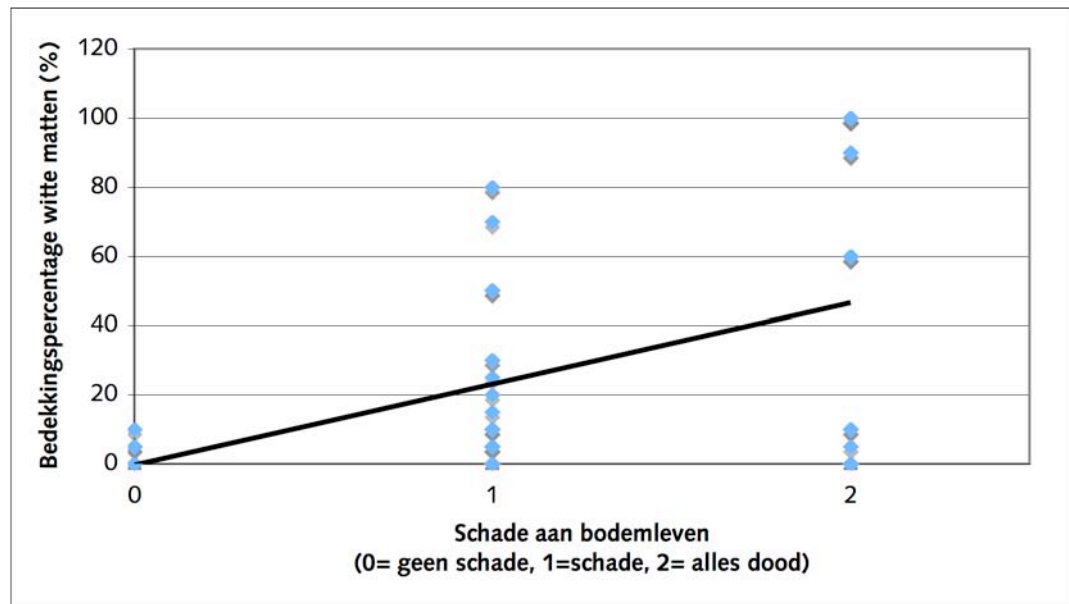
Figuur 3.4. Schade aan het bodemleven in klassen ten opzichte van de waterdiepte (klasse 0 = geen schade; 1 = zichtbare schade; 2 = geen enkel leven zichtbaar). Met rood is de 6 meter waterdiepte gemarkeerd.

### 3.3 Relatie witte bacteriematten – schade aan bodemleven

Er bestaat een significante positieve correlatie ( $n = 198$ ,  $r_s = 0,667$ ,  $p = <0,001$ ; Figuur 3.5) tussen het voorkomen van de witte bacteriematten en de schade aan het bodemleven (Figuur 3.5). Toch is ook deze relatie niet geheel eenduidig. Op vijf locaties met een zeer lage bedekking van witte matten werd een gezonde bodemdiergemeenschap aangetroffen (Tabel 3.1). Een bodembedekking van witte matten van meer dan 10% gaat wel altijd gepaard met een zichtbaar beschadigde bodemdiergemeenschap (Figuur 3.5), maar andersom gaat dit niet op. Op 36% van de locaties met zichtbare schade aan het bodemleven werden geen witte matten aangetroffen.

Tabel 3.1. Kruistabel van het bedekkingspercentage witte matten en schade aan het bodemleven. Weergegeven is het aantal locaties wat binnen de gestelde klassen valt.

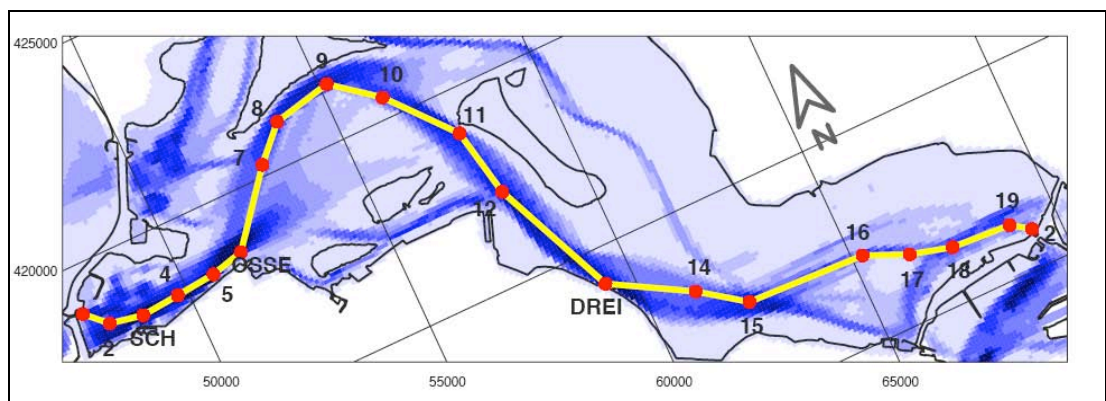
Schade aan bodemleven	Bedekking witte matten		
	0%	1-50%	>50%
geen schade	121	5	0
zichtbare schade	11	18	3
alles dood	15	4	21



Figuur 3.5. Het verband tussen het voorkomen van witte bacteriematten en schade aan het bodemleven (in klassen: 0 = geen schade; 1 = zichtbare schade; 2 = geen enkel leven zichtbaar). De zwarte lijn betreft een illustratie van het verband.

### 3.4 GTSO zuurstofmetingen: De verspreiding van zuurstof arme condities.

In de voorgaande paragrafen zijn de verspreiding van witte matten en waargenomen schade aan bodemdiergemeenschappen beschreven. Eén mogelijke oorzaak voor het ontstaan van de witte matten en de schade aan bodemleven, is zuurstofloosheid in de waterkolom. De zuurstofconcentraties in het meer worden door Rijkswaterstaat jaarrond gemeten (GTSO metingen) in de hoofdgeulen van het meer (Figuur 3.6).

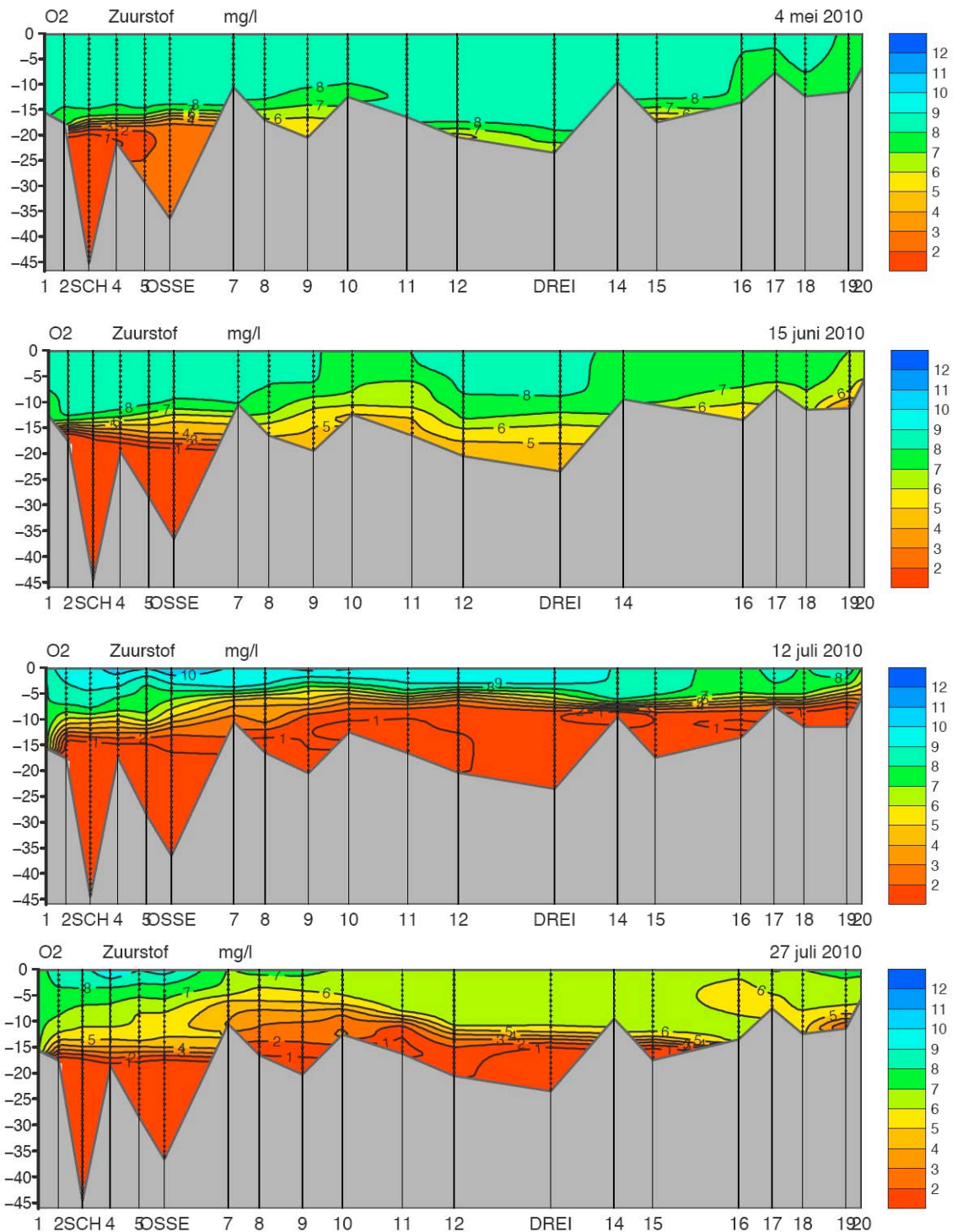


Figuur 3.6. GTSO meetpunten in de hoofdgeul van de Grevelingen.

Dit jaar (2010) bereikte de gemeten zuurstofdeficiëntie in het meer een maximum op 12 juli (Figuur 3.7). In begin mei werden als eerste de diepe putten bij Scharendijke en Den

Osse zuurstofloos (<2 mg/l; dieper dan 15-20 meter; Figuur 3.7). Tegen half juni werden ook iets ondiepere (nog wel >10m) delen van het meer langzaam zuurstofarmer. Op 12 juli escaleerde dit. Over het gehele meer werd op dieptes van circa 6-7 meter of meer zuurstofloosheid (<2 mg/l) vastgesteld (Figuur 3.7). Op 27 juli is het beeld alweer minder ernstig, maar nog steeds heersen er zuurstofarme of -loze condities over grote delen van het meer op dieptes van 10 meter of dieper (Figuur 3.7). Van de noordelijke geul (Springersdiep) zijn slechts enkele metingen beschikbaar, en niet van half juli, maar op basis van een meting van 26 juli kan verwacht worden dat ook daar sterke zuurstofloosheid heeft geheerst.

De GTSO metingen wijzen uit dat zuurstofloosheid tot op een gemiddelde (on)diepte van circa 6-7 meter verspreid over het gehele meer voor komt. Deze verspreiding komt overeen met de verspreiding van de waargenomen schade aan het bodemleven. In iets mindere mate komt deze homogene verspreiding van de zuurstofloosheid overeen met het enigszins 'patchy' verspreidingspatroon van de witte bacteriematten.



Figuur 3.7. GTSO zuurstofmetingen van 4 mei, 15 juni, 12 juli en 27 juli 2010. Op de Y-as staat de diepte en op de X-as de locatie in het meer van links (west) naar rechts (oost). De kleuren geven de zuurstofconcentratie in mg/l.





## 4 Discussie

### 4.1 Verspreiding

Zowel de witte bacteriematten als de zichtbare schade aan het bodemleven komen verspreid over het hele meer voor. Op veruit de meeste locaties waar witte matten voorkomen, is ook de bodemdiergemeenschap beschadigd. Andersom gaat dit niet op, op 36% van de locaties waar schade aan het bodemleven zichtbaar was, ontbraken de witte matten. Schade aan het bodemleven komt dus op meer locaties voor dan de witte matten. Dit was onverwacht. In een eerder onderzoek naar ecologische effecten van zuurstofloosheid (Lengkeek *et al.* 2007) werden wel overal witte matten aangetroffen waar schade aan het bodemleven zichtbaar was. Het verschil tussen de onderzoeksresultaten kan deels verklaard worden door de onderzoeksinspanning: in het onderzoek van 2007 werd slechts op 10 locaties (waarvan 5 met schade) gekeken. Blijkbaar was dit te weinig om het verband tussen de witte matten en de schade aan het bodemleven goed te onderzoeken.

De verspreiding van de witte matten heeft ook een meer 'patchy' patroon dan de verspreiding van schade aan het bodemleven. Op een aantal locaties werden geen witte matten aangetroffen terwijl ze er wel werden verwacht, omdat het diep genoeg was, er ook zuurstofloosheid heeft geheerst (GTSO) en er in de nabije omgeving ook witte matten aanwezig waren. Zuurstofloosheid en een beschadigde bodemdiergemeenschap zijn dus niet altijd een voorbode voor het ontstaan van witte matten van *Beggiatoa spp.* bacteriën.

Zowel de verspreiding van de witte matten als die van schade aan het bodemleven vertonen een verband met diepte. Over het algemeen kan gesteld worden dat ondieper dan zes meter er geen beschadigde bodemdiergemeenschappen of witte matten zichtbaar zijn. Enkele uitzonderingen betreffen schade aan het bodemleven tot op drie meter (on)diepte en witte matten met lage bedekkingen tot op circa één meter (on)diepte.

### 4.2 In relatie tot GTSO zuurstofmetingen

De GTSO metingen wijzen uit dat zuurstofloosheid (<2 mg/l) medio juli 2010 voor kwam over het gehele meer voor tot op ca 6-7 meter (on)diepte, lokaal zelfs nog iets ondieper. Ook de zichtbare schade aan het bodemleven kwam over het gehele meer voor, met name dieper dan 6 meter. Dit vormt een aanwijzing dat de gemeten zuurstofloosheid in juli een verklarende factor is voor de beschadigde bodemdiergemeenschappen zoals waargenomen in september.

De relatie tussen de zuurstofloosheid en de verspreiding van de witte matten is minder eenduidig. De zuurstofloosheid kende een homogene verspreiding over het meer en de witte matten een enigszins 'patchy' verspreiding. Er zijn locaties waar geen witte matten

werden aangetroffen en waar volgens de GTSO metingen wel zuurstofloosheid heerste in juli 2010. Het is op dit moment niet duidelijk welke factoren de 'patchy' verspreiding van de witte matten verklaren.

Uit de GTSO metingen blijkt dat de zuurstofloosheid in de waterkolom een zeer tijdelijk fenomeen is. De weersomstandigheden in juli 2010 waren warm en bijzonder rustig, wat stratificatie en zuurstofloosheid tot gevolg had. In de periode van 12-juli tot 10 augustus bleven de zuurstofconcentraties in het meer (dieper dan 6 meter) laag (GTSO metingen), maar daarna werd het weer minder rustig en namen de zuurstofconcentraties weer toe. Ten tijde van het onderzoek (eind augustus) waren de zuurstofconcentraties relatief hoog, maar de schade aan het bodemleven was nog steeds evident. De ecologische gevolgen van de zuurstofloosheid zijn veel minder tijdelijk van aard dan de zuurstofloosheid zelf.

### **4.3 In relatie tot beheer en oplossingen**

Uit deze studie blijkt duidelijk dat de zuurstofloosheid en de ecologische effecten die daarmee gepaard gaan zeer wijd verspreid zijn over het Grevelingenmeer en zich niet alleen beperken tot de diepe putten (>15m). In het huidige beheer wordt alleen zuurstofloosheid in putten van meer dan 15 meter diep geaccepteerd (Hoeksema 2002). Uit het bovenstaande blijkt dat deze beheersdoelstelling bij lange na niet wordt gehaald.

Uit deze studie blijkt dat de witte matten van *Beggiatoa spp.* bacteriën niet overal voor komen waar zuurstofloosheid heeft geheerst, of waar de bodemdiergemeenschap beschadigd is. Niet op alle locaties waar zuurstofloosheid optrad, en schade aan het bodemleven evident is, zijn witte matten ontstaan. De witte matten zelf zijn dus geen betrouwbare indicator voor het optreden van zuurstofarme condities.

De verspreiding en diepte van zichtbare schade aan de bodemdiergemeenschappen komt overeen met de verspreiding en diepte van de zuurstofloosheid in de waterkolom. De verspreiding van de witte matten komt minder overeen. Dit vormt een aanwijzing dat de zuurstofloosheid in de waterkolom een belangrijke verklarende factor is voor schade aan het bodemleven. Het duidt er ook op dat de bodemprocessen die leiden tot de witte bacteriematten wellicht minder belangrijk zijn.

Hieruit zou afgeleid kunnen worden dat met een maatregel die de stratificatie structureel opheft, mogelijk ook de ecologische schade van zuurstofloosheid grotendeels zal verdwijnen.

## 5 Conclusies en aanbevelingen

### 5.1 Conclusies

- Zowel de witte bacteriematten als de zichtbare schade aan het bodemleven komen verspreid over het gehele meer voor;
- Witte matten en schade aan het bodemleven komen met name voor vanaf 6 meter en dieper;
- Uit de GTSO metingen blijkt dat zuurstofloosheid in de waterkolom in 2010 over het gehele meer voor kwam op circa 6-7 meter en dieper;
- De noordelijke geul (Springersdiep) bevatte (in 2010) de hoogste dichtheid aan witte matten;
- De verspreiding van witte bacteriematten vertoont een enigszins 'patchy' patroon;
- Schade aan het bodemleven komt op meer locaties voor dan de witte bacteriematten;
- Zuurstofloosheid, de witte bacteriematten en ook de schade aan het bodemleven door zuurstofloosheid komen voor tot op circa 6-7 m ondiepte. Beheersdoelstellingen, waarin is geformuleerd dat zuurstofloosheid alleen op mag treden in de diepe putten (>15m) worden niet gehaald.

### 5.2 Aanbevelingen

- De resultaten van deze studie zijn belangrijk voor het onderzoekstraject naar oplossingen voor het waterkwaliteitsprobleem van de Grevelingen (de MIRT Verkenning Grevelingen). Dit geldt ook voor parallel lopende studies, zoals de actualisatie van de bekkenrapportage door RWS en de optimalisatie van het waterkwaliteitsmodel door Deltares. Aanbevolen wordt de verschillende studieresultaten te integreren en beschikbaar te stellen ten behoeve van het traject naar oplossingsrichtingen.



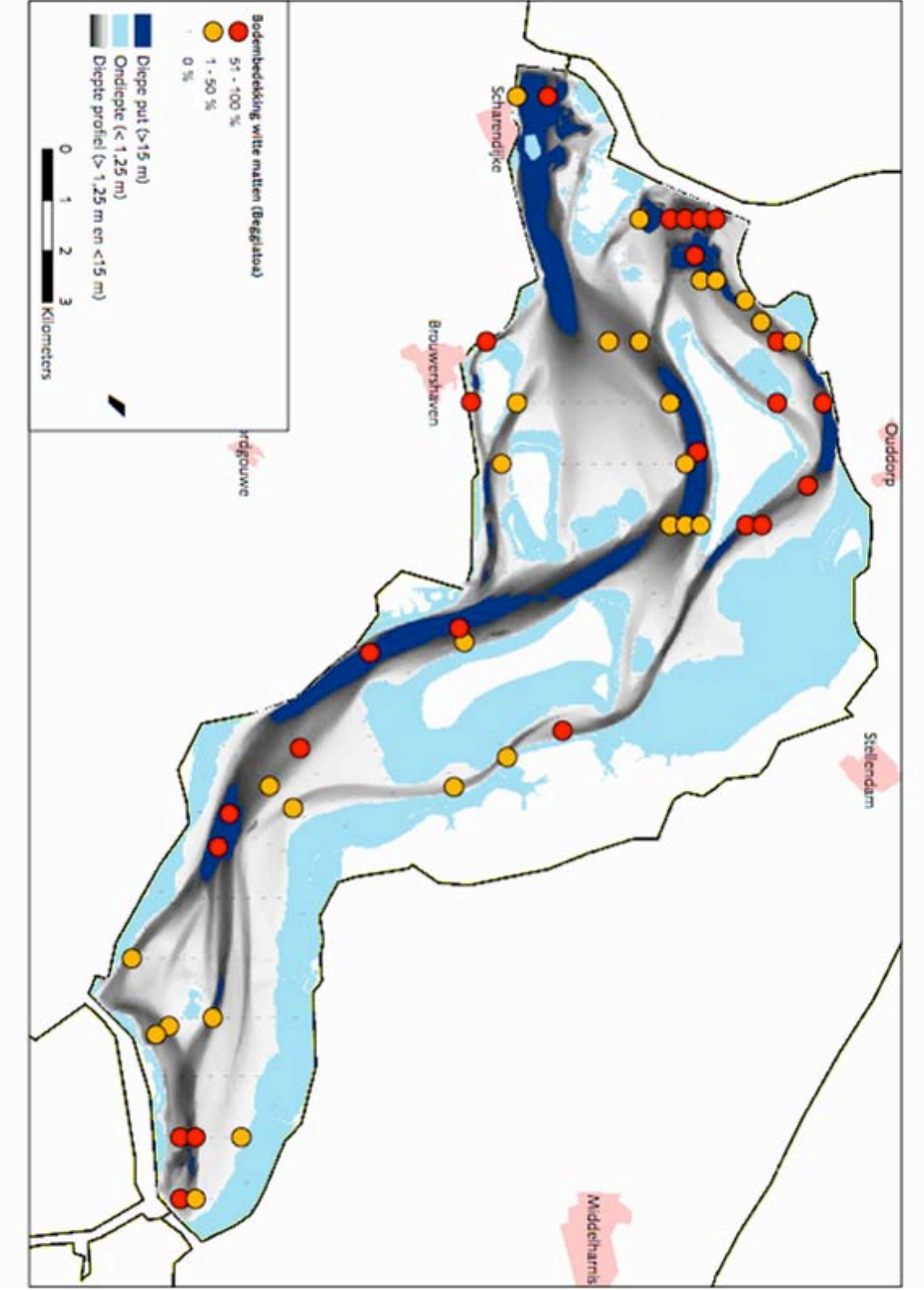
## 6 Literatuur

- Bouma S., Lengkeek W., Boudewijn T.J., Turlings L.G., Abma R. & Nieuwkamer R.L.J., 2008. Notitie knelpunten autonome ontwikkeling. Onderdeel Verkenning Grevelingen.
- Hoeksema, H.J., 2002. Grevelingenmeer van kwetsbaar naar weerbaar? Een beschrijving van de ontwikkelingen van 1996 tot 2001 en een toetsing aan het beleid. RIKZ/2002.033 incl. cd-rom. RWS RIKZ, Middelburg.
- Lengkeek, W., S. Bouma & H.W. Waardenburg, 2007. Het effect van zuurstofdeficiëntie op het bodemleven in het Grevelingenmeer. Een blik onder water. Rapport 07-186. Bureau Waardenburg, Culemborg.
- Lengkeek, W., S. Bouma & B. van den Boogaard, 2010. Onderwater video als 'quick-scan' methode voor natuurwaarden op de zeebodem (concept). Methodeontwikkeling in de Voordelta en de Zeeuwse banken. Rapport 10-036. Bureau Waardenburg, Culemborg.
- Nolte A., Troost, T, de Boer G., Spiteri C. en van Weesenbeeck B.,2008. Verkenning oplossingsrichtingen voor een betere waterkwaliteit en ecologische toestand van het Grevelingenmeer. Deltares raport Z4576.
- Schulz, H.N., Brinkhoff, T.G., Ferdelman, M., Hernandez Marine, A. & Jorgenson, B.B. 1999. Dense populations of giant sulfur bacterium in Namibian shelf sediments. Science 284: 493-495.
- Turlings L.G., Nieuwkamer, R.L.J., Bouma S., Lengkeek W., Boudewijn T.J. & Abma R, januari 2009. Notitie bouwstenen en kansrijke oplossingsrichtingen. Onderdeel Verkenning Grevelingen.
- Wetsteijn L.P.M.J, concept 11 februari 2010. Actualisatie bekkenrapport Grevelingenmeer.



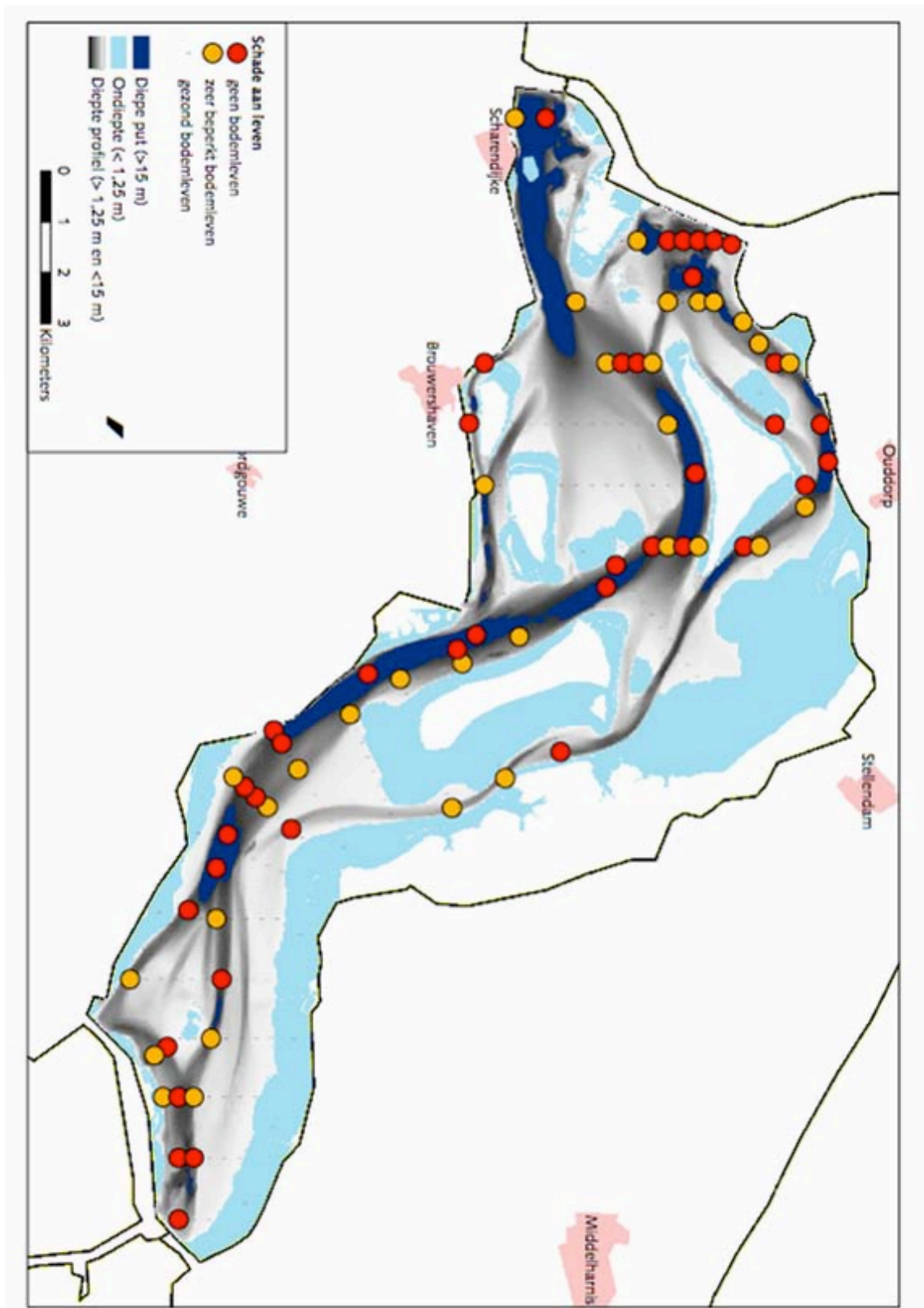
## **Bijlagen**

**Bijlage 1 Kaart verspreiding witte bacteriematten (*Beggiatoa* spp.)**

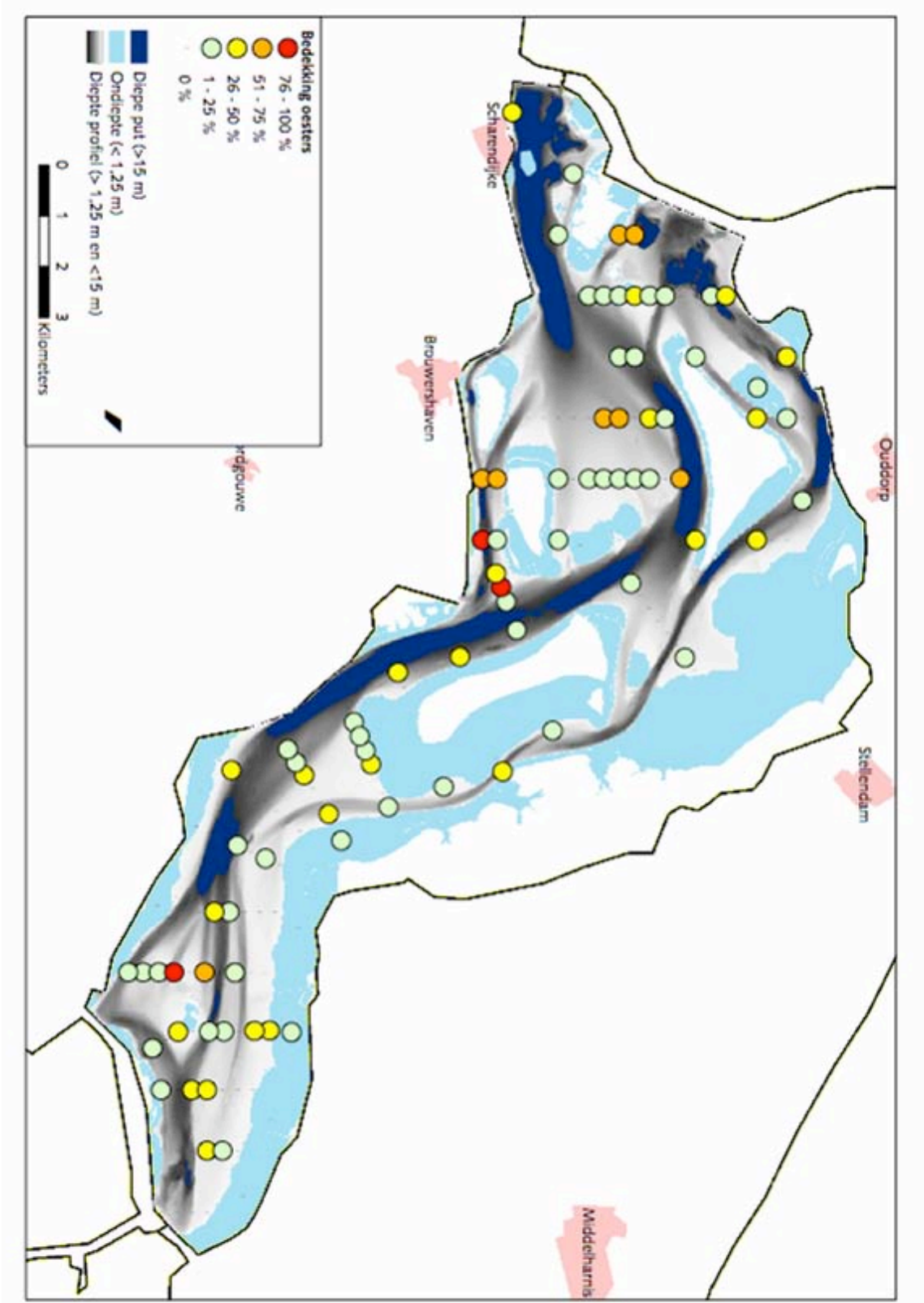




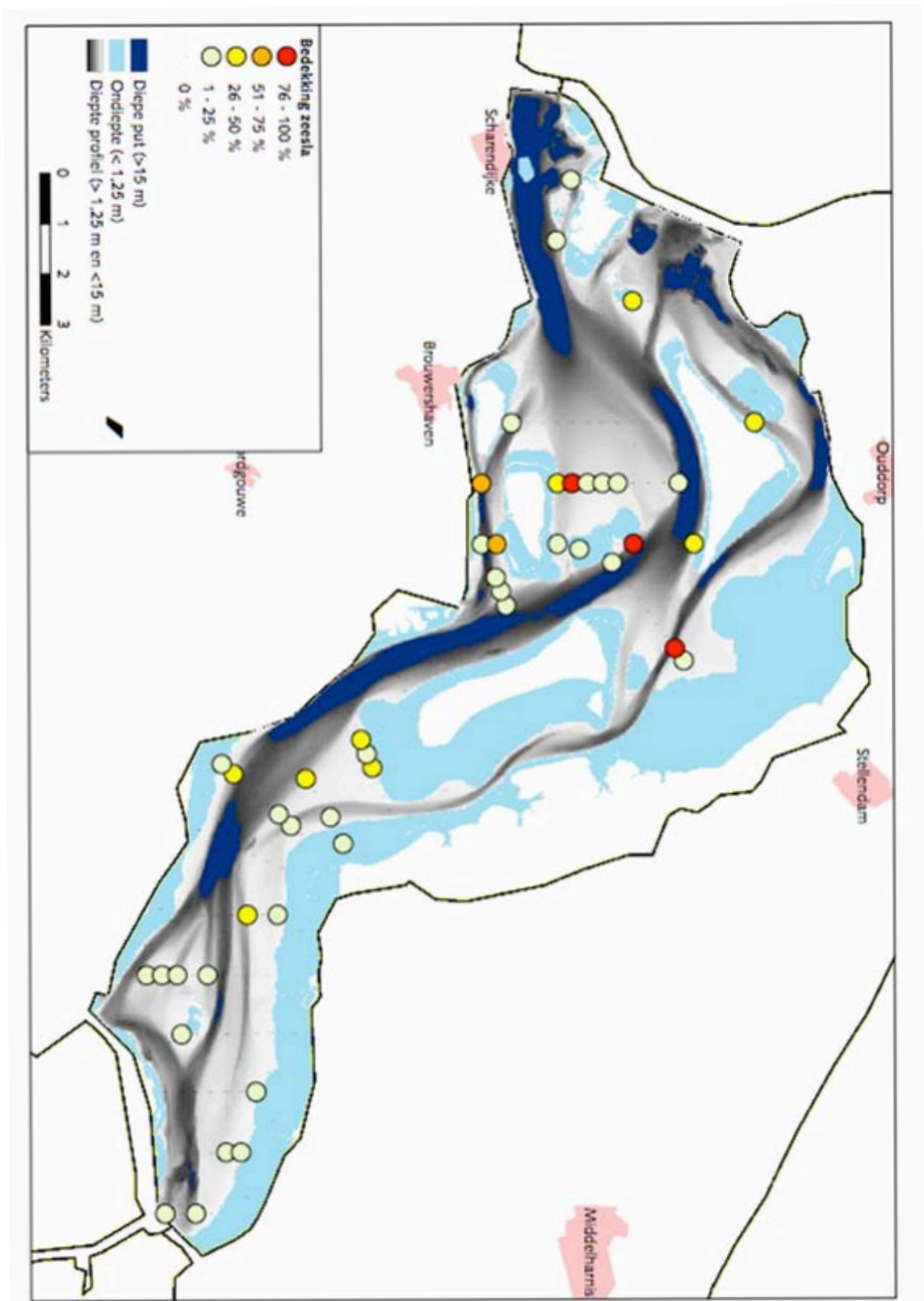
## Bijlage 2 Kaart verspreiding schade aan bodemleven



# Bijlage 3 Kaart verspreiding Japanse oesters



## Bijlage 4 Kaart verspreiding zeesla ophopingen





## **Bijlage 5 Ruwe data**

Locatie	X-coördinaat	Y-coördinaat	Diepte (m)	Zuurstof meting (mg/l)	Witte mat aanwezig ja (1) / nee (2)	% Bodem witte mat	Fauna zichtbaar, zo ja welke	Bedekking oesters % (dood en levend)	Bedekking Zeesla %	Schade aan bodemleven (0 = geen schade; 1 = zichtbare schade; 2 = geen enkel leven zichtbaar)	Overige opmerkingen
1	47882	417913	11,2	6,4	1	50	anemonen en oesters	40	0	1	gedeeltelijk schade
2	47882	418513	10,8	6,8	1	100	0	0	0	2	
3	48295	418259									zeer diepe put, 0 doorzicht niet te doen
4	49082	419113	1	8,9	0	0	pieren	10	1	0	
5	50282	418513	12,5	6,1	0	0	anemonen, zeeappel, zeester	0	0	0	
6	50282	418813	8,9	8,8	0	0	peieren en anemonen	5	5	0	
7	50282	420013	3,8	8,7	0	0	pieren	70	0	0	
8	50282	420313	7,8	8,6	1	30	oesterrif	70	0	1	oesterrif met witte matten op de bodem tussen de oesters
9	50282	420913	10,9	8,1	1	100	0	0	0	2	
10	50282	421213	12,3	8	1	100	0	0	0	2	
11	50282	421513	9,4	8,9	1	100	0	0	0	2	
12	50282	421813	10,2	7,8	1	100	0	0	0	2	
13	50355	422160	3,1	8,1	0	0	0	0	0	2	alles dood en dikke muck laag, maar geen witte mat
14	50994	421394	18,2	8	1	100	0	0	0	2	

Locatie	X-coördinaat	Y-coördinaat	Diepte (m)	Zuurstof meting (mg/l)	Witte mat aanwezig ja (1) / nee (2)	% Bodem witte mat	Fauna zichtbaar, zo ja welke	Bedekking oesters % (dood en levend)	Bedekking Zeesla %	Schade aan bodemleven (0 = geen schade; 1 = zichtbare schade; 2 = geen enkel leven zichtbaar)	Overige opmerkingen
15	51141	418644	28,7	3,4							doorzicht 0, helemaal niks te zien
16	51482	419113	10,7	6,5	0	0	anemonen en dode zeester	0	0	1	enkele dode zeesterren; gedeeltelijk schade
17	51482	419413	3,5	7,4	0	0	pieren	10	0	0	
18	51482	419713	5,1	6,5	0	0	oesters	20	0	0	
19	51482	420013	1,2	8,5	0	0	pieren en oesters	20	0	0	
20	51482	420313	1,2	8,3	0	0	pieren, oesters en anemonen	40	30	0	
21	51482	420613	1,9	9	0	0	pieren en sifons	5	0	0	
22	51482	420913	10,5	8	0	0	zakpijpen	10	0	1	alleen zakpijpen, verder weinig leven
23	51482	421213	6,9	8,5	0	0	pieren en zakpijpen	0	0	0	
24	51482	421513	9,7	7,5	1	10	zakpijpen	0	0	1	zeer licht witte matten
25	51482	421813	13	6,9	1	5	zakpijpen	5	0	1	zeer licht witte matten
26	51482	422113	5,8	7,9	0	0	pieren en oesters	50	0	0	
27	52682	417313	6,2		1	60	0	0	0	2	vergeten zuurstof te meten
28	52682	417913	2,8	9,1	0	0	pieren en sifons	0	0	0	

Locatie	X-coördinaat	Y-coördinaat	Diepte (m)	Zuurstof meting (mg/l)	Witte mat aanwezig ja (1) / nee (2)	% Bodem witte mat	Fauna zichtbaar, zo ja welke	Bedekking oesters % (dood en levend)	Bedekking Zeesla %	Schade aan bodemleven (0 = geen schade; 1 = zichtbare schade; 2 = geen enkel leven zichtbaar)	Overige opmerkingen
29	52682	418213	2,6	9	0	0	pieren	0	0	0	
30	52682	418513	6,2	7,2	0	0	pieren	0	0	0	
31	52682	418813	12,2	6,2	0	0	anemonen	0	0	0	
32	52682	419113	12,5	5,8	0	0	slikanemonen	0	0	0	
33	52682	419413	8,9	6,7	0	0	zeester en anemonen	0	0	0	
34	52682	419713	7,1	7,2	1	10	dode zeester en zeeappel	0	0	1	zeer lichte matten tussen oesters; gedeeltelijk schade
35	52682	420013	10,1	4,14	0	0	alleen dode zakpijpen en zeesterren	5	0	2	geen witte matten, wel dode zakpijpen en zeesterren
36	52682	420313	12,1	5,3	1	10	alleen dode zakpijken en zeesterren	5	0	2	zeer licht witte matten, geen enkele leven
37	52682	420613	10,5	6,2	0	0	anemoon en zakpijpen	0	0	1	gedeeltelijk schade
38	52682	421513	5,6	6,5	0	0	pieren	10	0	0	
39	52682	421813	2	7,7	0	0	pieren	0	0	0	
40	52303	422702	10,6	7	1	15	anemoon oesters	0	0	1	gedeeltelijk schade
41	51877	422385	10	7	1	50	zakpijpen en oesters	0	0	1	
42	52682	422713	6	7,3	0	0	pieren	0	0	0	



Locatie	X-coördinaat	Y-coördinaat	Diepte (m)	Zuurstof meting (mg/l)	Witte mat aanwezig ja (1) / nee (2)	% Bodem witte mat	Fauna zichtbaar, zo ja welke	Bedekking oesters % (dood en levend)	Bedekking Zeesla %	Schade aan bodemleven (0 = geen schade; 1 = zichtbare schade; 2 = geen enkel leven zichtbaar)	Overige opmerkingen
43	52682	423013	13,2	6,5	1	100		0	0	2	
44	52682	423313	8,4	6,6	1	50	anemonen zakpijpen oesters	30	0	1	gedeeltelijk schade
45	53282	422732	0,9	8,1	0	0	pieren	5	0	0	
46	53872	417013	7,3	6,4	1	60		0	0	2	
47	53882	417913	9,2	8,2	1	5		0	20	2	beetje matten op zeesla
48	53882	418213	2,4	8,9	0	0	pieren	0	0	0	
49	53882	418513	1,9	9	0	0	pieren en sifons	0	0	0	
50	53882	418813	4,9	8,3	0	0	pieren	0	0	0	
51	53882	419113	5,2	7,8	0	0		0	0	0	schelpenbank, lijkt niet zuurstofloos
52	53882	419413	4,5	8	0	0	pieren	0	0	0	
53	53882	419713	4,4	7,4	0	0	oesters	70	0	0	
54	53882	420013	4,4	7,8	0	0	oesters	70	0	0	
55	53882	420313	4,9	8,2	0	0		0	0	0	schelpenbank, lijkt niet zuurstofloos
56	53882	420613	5	7,7	0	0	pieren en oesters	40	0	0	

Locatie	X-coördinaat	Y-coördinaat	Diepte (m)	Zuurstof meting (mg/l)	Witte mat aanwezig ja (1) / nee (2)	% Bodem witte mat	Fauna zichtbaar, zo ja welke	Bedekking oesters % (dood en levend)	Bedekking Zeesla %	Schade aan bodemleven (0 = geen schade; 1 = zichtbare schade; 2 = geen enkel leven zichtbaar)	Overige opmerkingen
57	53882	420913	6,2	8	1		oesters en zakpijpen	20	0	1	alles doods behalve zakpijpen
58	53882	422713	5,6	6,7	0		oesters zeeappel	30	30	0	
59	53882	423013	7	6,7	1	100	0	0	0	2	dikke muck laag
60	53882	423313	1,5	8,1	0	0	pieren	10	0	0	
61	53882	423613	5	7,4	0	0	pieren en zakpijpen	0	0	0	
62	53882	423913	12,9	6,3	1	60	0	0	0	2	
63	54628	424054	20,8	5,8	0	0	0	0	0	2	alles doods maar geen witte mat
64	54845	421457	17,8	8	1	100	0	0	0	2	
65	55082	417313	8,7	7,8	0	0	oesters	70	70	1	veel dikke blubber, onzeker resultaat of er echt geen matten zijn
66	55082	417613	5,2	8,6	1	10	oesterrif	70	0	0	gezond oesterrif met op de bodem matten
67	55082	418813	3,5	8,4	0	0	pieren	5	30	0	
68	55082	419113	3,1	8,4	0	0	0	0	100	0	
69	55082	419413	2,1	8,5	0	0	pieren	25	25	0	
70	55082	419713	1,9	8,4	0	0	pieren	5	5	0	

Locatie	X-coördinaat	Y-coördinaat	Diepte (m)	Zuurstof meting (mg/l)	Witte mat aanwezig ja (1) / nee (2)	% Bodem witte mat	Fauna zichtbaar, zo ja welke	Bedekking oesters % (dood en levend)	Bedekking Zeesla %	Schade aan bodemleven (0 = geen schade; 1 = zichtbare schade; 2 = geen enkel leven zichtbaar)	Overige opmerkingen
71	55082	420013	1,8	8,8	0	0	pieren	10	15	0	
72	55082	420313	2,9	8,8	0	0	pieren	1	0	0	
73	55082	420613	2,5	9	0	0	pieren	5	0	0	
74	55082	420913	2,1	9,3	0	0	pieren	0	0	0	
75	55082	421213	7,2	7,6	1	5	oesterrif	60	20	0	beetje matten tussen oesters
76	55082	423613	3,6	8	0	0	geen	0	0	2	dikke laag muck
77	56282	417313	8,2		0	0	oesterrif	100	5	0	vergeten zuurstof te meten
78	56282	417613	2	9,6	0	0	sifons	5	70	0	
79	56282	418813	2,7	7,9	0	0	oesters	5	10	0	
80	56282	420013	1,4	8,8	0	0	pieren	0	0	0	
81	56282	420313	7,4	8,2	0	0	0	0	80	0	
82	56282	420613	13,6	8,2	0	0	0	0	0	2	geen echte mat maar wel dikke laag muck en geen enkel leven
83	56282	420913	11,7	8,29	1	5	zakpijpen	0	0	1	
84	56282	421213	13,7	8,26	1	10	0	0	0	2	geen leven

Locatie	X-coördinaat	Y-coördinaat	Diepte (m)	Zuurstof meting (mg/l)	Witte mat aanwezig ja (1) / nee (2)	% Bodem witte mat	Fauna zichtbaar, zo ja welke	Bedekking oesters % (dood en levend)	Bedekking Zeesla %	Schade aan bodemleven (0 = geen schade; 1 = zichtbare schade; 2 = geen enkel leven zichtbaar)	Overige opmerkingen
85	56282	421513	9,2	7,95	1	5	oesters	50	30	2	
86	56282	422413	13,2	6,2	1	100	0	0	0	2	
87	56282	422713	8,2	6,8	1	70	oesters	30	0	2	
88	56282	423013	54,2	6,8	0	0	0	0	0	0	erg veel diatomeeen erg weinig leven
89	56282	423313	2	7,6	0	0	pieren	0	0	0	
90	55508	423613	9,4	6,7	1	80	oesters en zakpijpen	20	0	1	
91	56382	419251	0,7	9,4	0	0	pieren en zakpijpen	0	20	0	
92	56649	419895	12,9	6,12	0	0	0	0	5	2	geen matten maar ook geen leven
93	56939	417594	4,3	7,9	0	0	pieren	30	5	0	
94	57081	419702	18,7	8,14	0	0	0	0	0	2	geen echte matten maar ook geenleven
95	57135	420247	5	8,12	0	0	pieren	10	0	0	
96	57205	417690	2	9,12	0	0	oesterrif	100	10	0	100% dode schelpdierbank
97	57378	420423	4,2	8,4	0	0	pieren	0	0	0	100% dode schelpdierbank
98	57487	417791	8,7	8,01	0	0	anemoon en zeester	5	5	0	

Locatie	X-coördinaat	Y-coördinaat	Diepte (m)	Zuurstof meting (mg/l)	Witte mat aanwezig ja (1) / nee (2)	% Bodem witte mat	Fauna zichtbaar, zo ja welke	Bedekking oesters % (dood en levend)	Bedekking Zeesla %	Schade aan bodemleven (0 = geen schade; 1 = zichtbare schade; 2 = geen enkel leven zichtbaar)	Overige opmerkingen
99	57621	420599	3,5	8,5	0	0	pieren	0	0	0	
100	57864	420775	2,7	8,6	0	0	pieren	0	0	0	
101	57976	423553									niet bereikbaar. 101, 112, 117 en 122 hele gebied gezond maar met 25 % zeeslag en 5 % oester
102	58019	417153	20,2	7,83	0	0	0	0	0	2	geen echte mat maar wel dikke laag muck en geen enkel leven
103	58051	417995	11,2	7,7	0	0	muiltjes	5	0	1	niet veel leven
104	58107	420950	2,5	8,6	0	0	pieren	0	0	0	
105	58298	416781	20,2	8	1	100	0	0	0	2	
106	58350	421126	6,1	7,6	0	0	0	0	100	0	
107	58579	416886	8,9	8	1	5	oesters	40	0	1	
108	58593	421302	1,9	8,6	0	0	sifon	5	5	0	
109	58788	415037	21,3	7,7	1	100	0	0	0	2	ook bij dreischor op 10 m witte matten
110	58836	421478	1,3	8,7	0	0	pieren en sifons	0	0	0	
111	58882	415669	7,8	7,9	0	0	oesters	40	0	1	niet veel leven
112	59146	422675									niet bereikbaar. 101, 112, 117 en 122 hele gebied gezond maar met 25 % zeeslag en 5 % oester

Locatie	X-coördinaat	Y-coördinaat	Diepte (m)	Zuurstof meting (mg/l)	Witte mat aanwezig ja (1) / nee (2)	% Bodem witte mat	Fauna zichtbaar, zo ja welke	Bedekking oesters % (dood en levend)	Bedekking Zeesla %	Schade aan bodemleven (0 = geen schade; 1 = zichtbare schade; 2 = geen enkel leven zichtbaar)	Overige opmerkingen
113	59185	415790	1,9	8,6	0	0	pieren	0	0	0	
114	59578	414686	10,1	8,2	0	0	anemoon	0	0	1	weinig leven wel anemoon
115	59856	414799	1,6	7,6	0	0	0	5	0	0	schelpdierbank
116	59890	413179	11,5	7,9	0	0	0	0	0	2	alles dood maar geen echte matten
117	59987	421797									niet bereikbaar. 101, 112, 117 en 122 hele gebied gezond maar met 25 % zeeslag en 5 % oester
118	60027	418706	4,2	8,2	0	0	oesters anemoon zakpijpen	10	0	0	
119	60087	415470									valt af, niet bereikbaar <0,5 meter diep
120	60134	414911	1,5	7,6	0	0	sifons	10	50	0	
121	60143	413340	14,5	7,6	0	0	0	0	0	2	weinig bodemleven maar ook geen matten
122	60170	420700									niet bereikbaar. 101, 112, 117 en 122 hele gebied gezond maar met 25 % zeeslag en 5 % oester
123	60587	417604	0,5	9,3	0	0	pieren	0	0	0	
124	60309	418808	8	7,6	1	100	0	0	0	2	
125	60397	413500	9,7	7,6	0	0	oesters met anemonen	20	0	0	
126	60412	415024	1,4	8,2	0	0	pieren	10	10	0	

Locatie	X-coördinaat	Y-coördinaat	Diepte (m)	Zuurstof meting (mg/l)	Witte mat aanwezig ja (1) / nee (2)	% Bodem witte mat	Fauna zichtbaar, zo ja welke	Bedekking oesters % (dood en levend)	Bedekking Zeesla %	Schade aan bodemleven (0 = geen schade; 1 = zichtbare schade; 2 = geen enkel leven zichtbaar)	Overige opmerkingen
127	60603	412162	0,8	8,6	0	0	pieren	0	10	0	relatief veel bessenwier
128	60650	413661	8,6	7,2	1	80	oesters	5	0	1	
129	60690	415136	1,2	8,2	0	0	oesters	40	40	0	
130	60803	412386	4,8	7,6	0	0	zakpijpen	40	50	1	weinig leven behalve zakpijpen, toch indicatie O2 problemen
131	60828	417726	3,7	8,2	1	30	oesters	40	0	2	ophoping van iets met witte matten naast oesters
132	60904	413821	3,7	8,2	0	0	oesters multjes wier	30	40	0	
133	60969	415248	2,5	9,2	0	0	pieren	0	0	0	
134	61003	412609	11,7	7,5	0	0	0	0	0	2	woestijn zonder leven, maar geen witte matten
135	61135	416568	1,5	8,6	0	0	pieren	1	0	0	
136	61157	413982	1,6	8,6	0	0	pieren	0	0	0	
137	61194	411777	0,8	9,1	0	0	pieren	0	0	0	
138	61203	412833	11,4	7,4	0	0	0	0	0	2	woestijn zonder leven, geen echte witte matten maar wel zwart en zwavelachtige plekken
139	61247	415361	1,2	8,9	0	0	pieren	0	0	0	
140	61403	413057	9,2	7,6	1	20		0	0	1	gedeeltelijk witte mat en schade gedeeltelijk gezond met leven

Locatie	X-coördinaat	Y-coördinaat	Diepte (m)	Zuurstof meting (mg/l)	Witte mat aanwezig ja (1) / nee (2)	% Bodem witte mat	Fauna zichtbaar, zo ja welke	Bedekking oesters % (dood en levend)	Bedekking Zeesla %	Schade aan bodemleven (0 = geen schade; 1 = zichtbare schade; 2 = geen enkel leven zichtbaar)	Overige opmerkingen
141	61411	414142	2	8,5	0	0	pieren en sifons	0	0	0	
142	61414	416679	6,8	7,6	1	10	anemonen	0	0	1	
143	61525	415473	4,9	8,2	0	0	wormen	5	0	0	
144	61603	413280	2,1	9,5	0	0	pieren	0	10	0	
145	61664	414303	2,7	8,1	0	0	oesters	30	10	0	
146	61670	416970									ligt binnen dammetjes, kan boot niet komen
147	61823	413527	6,5	7,3	1	10	alleen grondels	0	5	2	geen bodemleven
148	61904	411696	0,7	9,8	0	0	pieren	0	0	0	
149	61938	412271	16,2	7,4	1	90	alleen grondels	0	0	2	geen bodemleven
150	62003	413728	1,3	9,4	0	0	pieren	0	0	0	
151	62030	411968	10,9	7,2	0	0	anemonen	0	0	0	
152	62182	414556	0,7	8,6	0	0	pieren	2	3	0	
153	62282	412513	9,5	8,6	0	0	anemonen en sifons	10	0	0	
154	62408	412785	2,1	9,2	0	0	pieren	0	0	0	



Locatie	X-coördinaat	Y-coördinaat	Diepte (m)	Zuurstof meting (mg/l)	Witte mat aanwezig ja (1) / nee (2)	% Bodem witte mat	Fauna zichtbaar, zo ja welke	Bedekking oesters % (dood en levend)	Bedekking Zeesla %	Schade aan bodemleven (0 = geen schade; 1 = zichtbare schade; 2 = geen enkel leven zichtbaar)	Overige opmerkingen
155	62534	413057	2,2	9	0	0	pieren	10	0	0	
156	62588	412055	21	7,3	1	60	0	0	0	2	
157	62660	413329	2,4	9	0	0	pieren en sifons	0	0	0	
158	63285	411297	1,3	9,4	0	0	pieren	0	0	0	
159	63416	411503	12,2	7,2	0	0	0	0	0	2	geen witte matten maar wel een levenloze woestijn
160	63462	410936	0,9	9,6	0	0	pieren en sifons	0	0	0	
161	63586	411774	4,9	8,4	0	0	sifons	0	0	0	80% bruinwier bedekking
162	63586	412054	7,8	7,3	0	0	oesters zakpijpen	30	0	1	weinig leven behalve oesters en zakpijpen
163	63586	412354	7,3	8,3	0	0	sifons	15	0	0	
164	63586	412654	3,7	8,4	0	0	?	0	50	0	
165	63586	412954	1,8	8,6	0	0	pieren en sifons	0	0	0	
166	63586	413254	1,5	9,2	0	0	pieren	0	5	0	
167	63901	413715	0,7	167	0	0	pieren	0	0	0	
168	64771	410361	9,1	7,6	1	25	oesters	10	0	1	behalve oesters weinig leven

Locatie	X-coördinaat	Y-coördinaat	Diepte (m)	Zuurstof meting (mg/l)	Witte mat aanwezig ja (1) / nee (2)	% Bodem witte mat	Fauna zichtbaar, zo ja welke	Bedekking oesters % (dood en levend)	Bedekking Zeesla %	Schade aan bodemleven (0 = geen schade; 1 = zichtbare schade; 2 = geen enkel leven zichtbaar)	Overige opmerkingen
169	64772	410661	2,5	7,8	0	0	pieren zakpijpen oester	10	5	0	
170	64773	410961	2,6	8	0	0	pieren en sifons	20	5	0	
171	64775	411261	3,7	7,6	0	0	oesters en wier	80	5	0	
172	64776	411561	1,5	8,2	0	0	pieren	0	0	0	
173	64777	411861	4,7	7,6	0	0	wier oesters	60	5	0	hoge bedekking bruinwier
174	64778	412161	12,8	7,5	0	0	0	0	0	2	geen witte matten maar ook geen leven
175	64779	412461	3,3	7,5	0	0	oesters en muiltjes	20	0	0	
176	64780	412761	2,1	8,5	0	0	pieren	0	0	0	
177	64781	413061	1,5	8,5	0	0	pieren	0	0	0	
178	65918	413145	1,5	8,7	0	0	pieren en sifons	50	0	0	
179	65922	412845	1,6	8,6	0	0	pieren en sifons	50	0	0	
180	65927	412545	6,7	8	0	0	kokerwormen en sifons	0	0	0	
181	65931	412245	3,2	8	0	0	pieren en sifons	5	0	0	
182	65935	411945	12,2	7,5	1	10	oesters	10	0	1	enkele witte matten maar ook oesters

Locatie	X-coördinaat	Y-coördinaat	Diepte (m)	Zuurstof meting (mg/l)	Witte mat aanwezig ja (1) / nee (2)	% Bodem witte mat	Fauna zichtbaar, zo ja welke	Bedekking oesters % (dood en levend)	Bedekking Zeesla %	Schade aan bodemleven (0 = geen schade; 1 = zichtbare schade; 2 = geen enkel leven zichtbaar)	Overige opmerkingen
183	65939	411645	1,2	8	0	0	sifon	0	0	0	
184	65943	411345	1,2	8,5	0	0	sifons en oesters	30	10	0	
185	65949	413569	1	8,4	0	0	pieren en oesters	5	0	0	
186	66099	411093	7,1	7,5	1	5	0	0	0	2	
187	66267	410844	8,3	7,5	1	5	0	15	0	1	
188	66424	410608	2,2	8,2	0	0	pieren en sifons	0	0	0	
189	67082	411013	7,4	7,2	0	0	oesters	20	0	1	geen mat maar weinig leven
190	67082	411313	12,8	7,2	0	0	0	0	0	2	geen mat maar ook geen enkel leven
191	67082	411613	8,3	7,2	0	0	0	30	0	2	geen mat maar ook geen enkel leven
192	67082	411913	2,5	8,6	0	0	oesters en wier	50	0	0	
193	67082	412213	2,5	8,5	0	0	pieren	0	0	0	
194	67082	412513	2,5	8,6	0	0	pieren	0	0	0	
195	67082	412813	1,4	8,6	0	0	pieren	0	5	0	
196	67667	413167	0,8	9,1	0	0	pieren	0	0	0	

Locatie	X-coördinaat	Y-coördinaat	Diepte (m)	Zuurstof meting (mg/l)	Witte mat aanwezig ja (1) / nee (2)	% Bodem witte mat	Fauna zichtbaar, zo ja welke	Bedekking oesters % (dood en levend)	Bedekking Zeesla %	Schade aan bodemleven (0 = geen schade; 1 = zichtbare schade; 2 = geen enkel leven zichtbaar)	Overige opmerkingen
197	68282	411313	8,2	7,5	1	90	0	0	0	2	
198	68282	411613	9,5	7,5	1	90	0	0	0	2	
199	68282	411913	2,2	8,5	0	0	oesters	50	0	0	
200	68282	412213	1,9	8,8	0	0	sifons	5	5	0	
201	68282	412513	1,4	8,9	1	5	pieren	0	10	0	kleine witte mat plekken op rottend ophoping van zeesla en wier
202	69167	412618	0,7	9,1	0	0	0	0	0	0	
203	69482	411013	2	9,26	0	0	pieren	0	10	0	
204	69482	411313	8,2	7	1	100	0	0	0	2	
205	69482	411613	3,2	8,4	1	5	0	0	20	0	100% wierbedekking met witte plekken er op
206	69482	411913	1,6	9,1	0	0	pieren	0	0	0	





**Bureau Waardenburg bv**

Adviseurs voor ecologie & milieu

Postbus 365, 4100 AJ Culemborg

Telefoon 0345-512710, Fax 0345-519849

E-mail [info@buwa.nl](mailto:info@buwa.nl), [www.buwa.nl](http://www.buwa.nl)