

Effecten van mosselkweek op sedimentdynamiek in de Waddenzee

Uitgebreide samenvatting van het rapport "The effect of mussel farming on sediment dynamics in the Wadden Sea - Case studies evaluating the local effects of mussel seed fisheries and mussel harvest on turbidity and sedimentation"

Auteur(s): Henrice M. Jansen & Jacob J. Capelle

Wageningen Marine Research
Yerseke, Juni 2018

Wageningen Marine Research rapport C047/18

Henrice M. Jansen & Jacob J. Capelle, 2018. *Het effect van mosselkweek op de sedimentdynamiek in de Waddenzee - Lokale effecten van mosselzaadvisserij en oogst op percelen op troebelheid en sedimentatie aan de hand van case studies*. Wageningen Marine Research Wageningen UR (University & Research centre), Wageningen Marine Research rapport C047/18. 20 blz.

Opdrachtgever: PO Mosselcultuur
T.a.v.: dhr. A. Risseeuw
Postbus 116, 4400 AC
yerseke

Dit rapport is gratis te downloaden van <https://doi.org/10.18174/454789>
Wageningen Marine Research verstrekt *geen* gedrukte exemplaren van rapporten.

Wageningen Marine Research Wageningen UR is ISO 9001:2008 gecertificeerd.

© 2016 Wageningen Marine Research

Wageningen Marine Research, onderdeel
van Stichting Wageningen Research
KvK nr. 09098104,
IMARES BTW nr. NL 8113.83.696.B16.
Code BIC/SWIFT address: RABONL2U
IBAN code: NL 73 RABO 0373599285

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

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

A_4_3_1 V27

Contents

Contents	3
Samenvatting	5
1 Inleiding	6
1.1 Sedimentdynamiek in de Waddenzee	6
1.2 Effecten van vertroebeling en sedimentatie	6
1.3 Doelstelling en leeswijzer	6
2 Aanpak	7
3 Resultaten	10
3.1 Mosselzaadvisserij	10
3.2 Percelen	12
3.2.1 Bemonsteringen op één perceel	12
3.2.2 Bemonstering op een perceelblok	13
3.3 Natuurlijke variatie	14
4 Conclusies	15
Dankwoord	17
Referenties	18
Verantwoording	19



Watermonsters verzameld binnen de visserijzone (links), net buiten de visserijzone (midden) en op een referentie gebied (rechts)



Overzicht van mosselzaadvissers bij locatie de Omdraai © Niels Ultzen

Samenvatting

De Waddenzee is een dynamisch systeem waarin van nature grote sedimenttransporten plaatsvinden. In onderzoeks- en beheeragenda's van de Waddenzee krijgt de sedimenthuishouding de laatste jaren steeds meer aandacht, mede omdat verhoogde troebelheid en sedimentatie een effect kan hebben op het ecosysteem. Menselijke activiteiten zoals baggeren, zout- en gaswinning, maar ook visserij en mosselkweek kunnen in meer of mindere mate leiden tot een verhoogde troebelheid en sedimentatie. Dit rapport richt zich op effecten van mosselkweek, en omdat de verwachting is dat effecten van menselijke activiteiten vooral lokaal van aard zijn, is in de huidige studie gekeken naar de sedimentdynamiek rondom beviste zaadbanken en in de directe omgeving van mosselpercelen.

In het voorjaar van 2017 zijn er tijdens de mosselzaadvissers metingen van de troebelheid uitgevoerd op een aantal locaties in de westelijke Waddenzee (Omdraai, Breesem, Doove Balg, Malzwin en Zuidwest) waar op dat moment gevist werd. In het najaar zijn er metingen (troebelheid en sedimentatie) uitgevoerd op percelen in het Scheer, het Inschot en het Oosterom. Doel van deze metingen is om in kaart te brengen hoeveel sediment er opgewoeld werd tijdens de oogst, hoe groot de sedimentpluim is en hoe lang deze pluim zichtbaar blijft. De huidige rapportage is een beknopte versie van het Engelstalige rapport "*Effects of mussel culture on sediment dynamics in the Wadden Sea*" waarin alle resultaten in detail beschreven zijn.

De studie laat zien dat troebelheid toeneemt in de gebieden waar wordt gevist of geoogst, maar ook dat de grootte van de sedimentpluim beperkt blijft tot de directe omgeving van de mosselkweekactiviteit (binnen enkele tientallen tot honderd meters). Deze beperkte omvang van de sedimentpluim blijkt ook uit de resultaten van de sedimentvallen, die geen verhoogde waardes lieten zien op de randen van de percelen ten opzichte van referentielocaties. Dit duidt er op dat veel van het sediment dat opgewoeld direct weer op het perceel of op de zaadbank neervalt. Daarnaast laten de troebelheidsmetingen zien dat de sedimentpluim vrijwel direct na het vissen verdwenen was.

De gemeten troebelheid op zaadbanken en percelen verschilde per gebied. Hierbij kunnen verschillende factoren en combinaties daarvan van invloed geweest zijn zoals visserijintensiteit, type activiteit (zaadvissers versus oogst of schoonvissen¹), sediment type, diepte en/of stromingspatronen, wind, golven, en seizoen. De case studies zijn zo gekozen dat er onder verschillende omstandigheden gemeten is, zodat de resultaten een goede doorsnede geven van de effecten van de visserij- en kweekactiviteit. De waarden gelden echter niet als gemiddelden omdat in sommige gevallen specifiek naar case studies met maximale impact gezocht is. Hoogste troebelheidswaarden werd gevonden tijdens de visserij op een zaadbank in de Omdraai waar tussen de vissende schepen 40x hogere concentraties gemeten werden ten opzichte van achtergrondwaardes. Op kweekpercelen waar werd gevist werd maximaal een 8x hogere concentratie gemeten ten opzichte van de achtergrondwaardes.

Deze maximale waarden vallen buiten de range van de waarden zoals die bij de langjarige monitoringprogramma's van de zwevendstofgehalten in de geulen worden gemeten. Daarbij moet worden opgemerkt dat deze monitoring om technische reden niet plaats vindt tijdens stormen, wanneer de natuurlijke slibwaarden het hoogst zijn.

Naast het opwoelen van sediment tijdens de bevissing van percelen, waar in de huidige studie naar gekeken is, filteren de daar opgekweekte mosselen ook zwevend materiaal uit de waterkolom en leggen dit vast in mosselweefsel of als (pseudo)feces in de bodem. Filtratie is een continu proces en kan er toe leiden dat de waterkolom helderder wordt. Daarentegen kan als gevolg van visserij de troebelheid periodiek en lokaal sterk toenemen op het moment dat de mosselen worden opgevist.

¹ Schoonvissen is het proces na de oogst waarbij de kwekers de percelen klaar maken voor een nieuwe kweekcyclus. Tijdens schoonvissen wordt er zoveel mogelijk slib (organisch materiaal) verwijderd van het perceel.

1 Inleiding

1.1 Sedimentdynamiek in de Waddenzee

De Waddenzee is een dynamisch systeem waar van nature veel sedimentverplaatsingen plaatsvinden. Door de zeegaten vindt een netto import van sediment plaats vanuit de Noordzee naar de Waddenzee. Activiteiten, zoals baggerwerken voor toegankelijkheid van havens, bodemberoerende visserij, kustverdediging en zout- en gaswinning, hebben allemaal in meer of mindere mate effect op de interne sedimentbalans van de Waddenzee.

Een recente studie (Van Duren et al. 2015) liet aan de hand van modelstudies zien dat de bijdrage van al deze activiteiten aan de totale slibtransporten in de Waddenzee relatief gering is ten opzichte van de natuurlijke processen. Wel gaven zij aan dat troebelheid en sedimentatie in de omgeving van deze activiteiten lokaal verhoogd kan worden, maar hoe groot dat effect was kon op basis van deze modelstudies niet kwantitatief bepaald worden.

Troebelheid van het water kan sterk verschillen tussen gebieden en jaren. Er is geen consensus of de troebelheid de afgelopen decennia toegenomen is in de Waddenzee: verscheidene studies geven aan dat troebelheid toe is genomen (Giessen et al. 1990; Bot and Colijn 1996; De Jonge & de Jong 2002; Cadee & Hegeman 2002) terwijl Philippart et al. (2012) op basis van een langjarige monitoringsreeks concluderen dat troebelheid inderdaad sterk varieert maar dat er geen indicaties zijn dat deze toegenomen is tussen 1974-2010. De verschillen tussen deze studies worden daarbij verklaard door grote variatie tussen gebieden en het kan dus zijn dat op sommige plekken troebelheid is toegenomen terwijl het op andere plekken gelijk is gebleven. Troebelheid krijgt steeds meer aandacht in onderzoeks- en beheeragenda's van de Waddenzee.

1.2 Effecten van vertroebeling en sedimentatie

Bij een verhoging van sedimentgehalten in een ecosysteem kan een onderscheid gemaakt worden tussen effecten van een verhoogde sedimentatie en effecten van verhoogde troebelheid van het water. Een toename van sedimentatie kan leiden tot een verstikking van bodemdieren en een verslibbing van het sediment waardoor sommige organismen zich niet meer kunnen vestigen (Thrush et al. 2004, McLeod et al. 2012). vertroebeling vermindert het doorzicht van het water waardoor de primaire productie zou kunnen afnemen, en wieren en zeegrasvelden verdwijnen of zich niet meer kunnen vestigen (Duarte 2002, Castorani et al. 2015). Een verminderd zicht heeft ook als effect dat visetende vissen moeilijker prooiën kunnen lokaliseren, waar planktonetende vissen dan weer van profiteren (De Robertis et al. 2003, Reichert et al. 2010, Figueiredo et al. 2016). Deze effecten worden beleidsmatig als nadelig beoordeeld. Een relatief hoge troebelheid en daaraan gekoppelde sedimentatie draagt ook bij aan het ophogen van de platen en kweldervorming, hetgeen in de context van een dalende bodem en zeespiegelstijging juist als gunstig wordt beoordeeld. Bovenstaande laat zien dat een toename in troebelheid geen eenduidig effect hoeft te hebben op het ecosysteem.

1.3 Doelstelling en leeswijzer

Het doel van deze studie is om in kaart te brengen wat de effecten van mosselkweek zijn op troebelheid en sedimentatie in de directe omgeving van waar de activiteiten plaatsvinden. Hierbij wordt onderscheid gemaakt tussen mosselzaadvisserij en oogst en schoonvissen op de percelen. Effecten van mosselkweek worden daarnaast afgezet tegen natuurlijke variaties voor zover dit gemeten wordt in de Waddenzee om het relatieve belang van verstoring te duiden.

De huidige rapportage is een beknopte versie van het Engelstalige rapport "Effects of mussel culture on sediment dynamics in the Wadden Sea" waarin alle resultaten in detail beschreven zijn. Gezien de grote hoeveelheid data verzameld in dit onderzoek, gaat de beknopte versie niet in op alle case studies.

2 Aanpak

Het bemonsteringsprogramma was er op gericht om zowel tijdens de zaadvissersrij als tijdens activiteiten (oogst, schoonvissen) op percelen in kaart te brengen hoeveel sediment er opgewoeld werd, hoe groot de sedimentpluim is en hoe lang deze pluim meetbaar blijft. In het voorjaar van 2017 zijn er metingen verricht op vijf locaties waar gevist werd door één of meer schepen, en in het najaar van 2017 zijn er in 3 gebieden percelen bemonsterd. De verschillende locaties zijn gekozen om een beeld te krijgen van de variatie, maar het is belangrijk te realiseren dat de locaties niet aselekt zijn gekozen en dus beschouwd moeten worden als case studies. Er kunnen daardoor geen brede conclusies getrokken worden over effecten van bijvoorbeeld visserijintensiteit in het algemeen, of sedimentsamenstelling in relatie tot troebelheid, en doorvertalingen naar effecten op gehele Waddenzee zijn ook niet mogelijk.

In het voorjaar van 2017 zijn er tijdens de zaadvissersrij metingen (troebelheid) uitgevoerd in zaadvissergebieden: Omdraai, Breesem, Doove Balg, Malzwin en Zuidwest. In het najaar zijn er metingen (troebelheid en sedimentatie) verricht op percelen in Scheer, Inschot en Oosterom. De doelstelling en toegepaste methodes voor ieder van de case studies is samengevat in tabel 1 en figuur 1.

Tabel 1 Overzicht van aanpak en type metingen per case studie

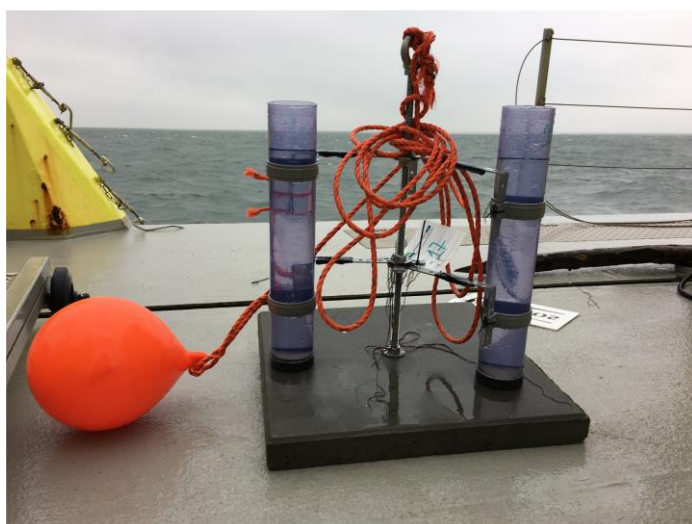
Activiteit	Gebied(en) (case studie)	Doelstelling	Methode								
			1. Maximale troebelheid	2. Sedimentatie	3. Grootte pluim	4. Duur pluim	5. Afname Organisch Materiaal				
Visserij - Voorjaar 2017	Omdraai, Breesem, Doove Balg, Malzwin, ZuidWest	Vaststellen van troebelheid op en in de directe omgeving van beviste mosselzaadbanken.	x		x			Transect troebelheidssensoren x (1,3)	Sedimentvallen	Vaste troebelheidssensor	Sediment monsters
Percelen - Najaar 2017	Scheer	Vaststellen van troebelheid en sedimentatie op en in de directe omgeving van één perceel waar mosselen geoogst werden	x	x	x	x	x	x (1,3)	x (2,3)	x (4)	x (5)
	Inschot	Vaststellen van troebelheid en sedimentatie op en in de directe omgeving van één perceel waar schoongevist werd. Van deze locatie is tevens bekend dat het een modderige bodem heeft. Daarom wordt maximale verstoring verwacht	x		x	x		x (1,3)	x (2,3)	x (4)	
	Oosterom	Vaststellen van troebelheid en sedimentatie op en in de directe omgeving van een blok percelen, waarbij op meerdere percelen activiteiten plaats vonden	x		x			x (1,3)	x (2,3)		

Troebelheid is bepaald met behulp van troebelheidssensoren van Hydrolab en Infinity. Deze sensoren zijn zowel gebruikt vanaf een schip om ruimtelijke variatie in troebelheid te bepalen alsmede zijn de

Infinity sensoren op vaste bakens geplaatst om de veranderingen in de tijd te bepalen. De troebelheidssensoren meten in de eenheid NTU/FTU welke een waarde aan de helderheid van het water weergeeft. Dit zijn kwalitatieve metingen op basis van een optisch meetprincipe. De meters worden gekalibreerd aan de hand van watermonsters die verzameld zijn gedurende verschillende meetcampagnes om de gemeten FTU waarde te koppelen aan een kwantitatieve concentratie aan sedimentdeeltjes in het water (SPM in mg/l). Metingen werden verricht in gebieden bovenstrooms (als referentie), benedenstrooms, en middenin de visserijzones, zie Figuur 1. De troebelheidssensoren werden op een diepte van 1.5 m onder het wateroppervlak naast een schip voortgetrokken. Troebelheid werd iedere seconde gemeten, en op basis van GPS-posities gekoppeld aan locatie zodat de grootte van de pluim bepaald kon worden. Deze aanpak was gelijk voor bemonsteringen op zaadbanken en op percelen. De vaste troebelheidssensoren werden vastgemaakt aan houten staken die gebruikt worden om de percelen mee af te bakenen. Hierbij werden sensoren direct op/naast het perceel geplaatst om maximum concentraties te meten, en op een referentielocatie om natuurlijke variatie in concentraties in kaart te brengen. Vaste sensoren werden geplaatst voordat de oogst begon en pas verwijderd wanneer de oogst alweer enige tijd afgerond was.

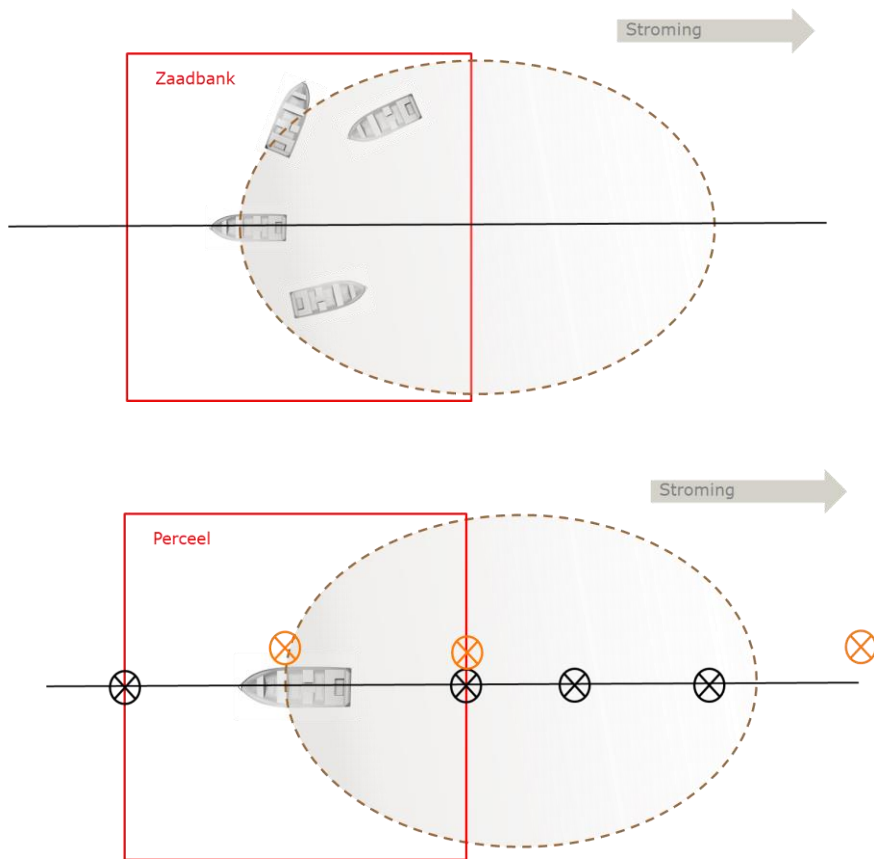
Sedimentvallen zijn in een transect geplaatst om de ruimtelijke variatie van sedimentatie naast een perceel in kaart te brengen, zie Figuur 1. Hierbij wordt verwacht dat de vallen dicht bij het perceel meer materiaal verzamelen, én dat de fractie organisch materiaal hoger is door de mossel feces die opgewoeld wordt. Sedimentvallen bestaan uit een cementen plaat die op de zeebodem geplaatst wordt waarop drie perspex valbuizen van 60 cm hoog en 6.7 cm diameter zijn geplaatst (conform Wassmann & Heiskanen 1988). De vallen werden gedurende enkele uren tot dagen geplaatst en vervolgens werd al het materiaal uit de vallen verzameld. In het lab werd vervolgens bepaald hoeveel materiaal in iedere val opgevangen was (drogen bij 60°C voor totaal gewicht, en verassen bij 450°C om organische fractie te bepalen).

Voorafgaand aan en direct na afronding van de oogst op Scheer zijn er sedimentmonsters verzameld met een Van Veen happer. De verwachting was dat de organische fractie in de bovenste 3 cm hoger zou zijn voorafgaand aan de oogst, en dat door het oogsten veel materiaal op zou woelen en weg zou spoelen waardoor de fractie na oogst lager zou zijn. Er werd een grote variatie gemeten op het perceel, en deze heterogeniteit leidde er toe dat er geen verschillen voor en na de oogst gemeten konden worden. Om dit te ondervangen zouden veel meer monsters genomen moeten worden. Het bemonsteringsprogramma bood hier geen gelegenheid toe (tijdlimitatie) en daarom is besloten deze metingen later niet meer uit te voeren.



Links: Sedimentval

Rechts: troebelheidssensor vlak voordat deze in het water gelaten werd en transecten gevaren werden

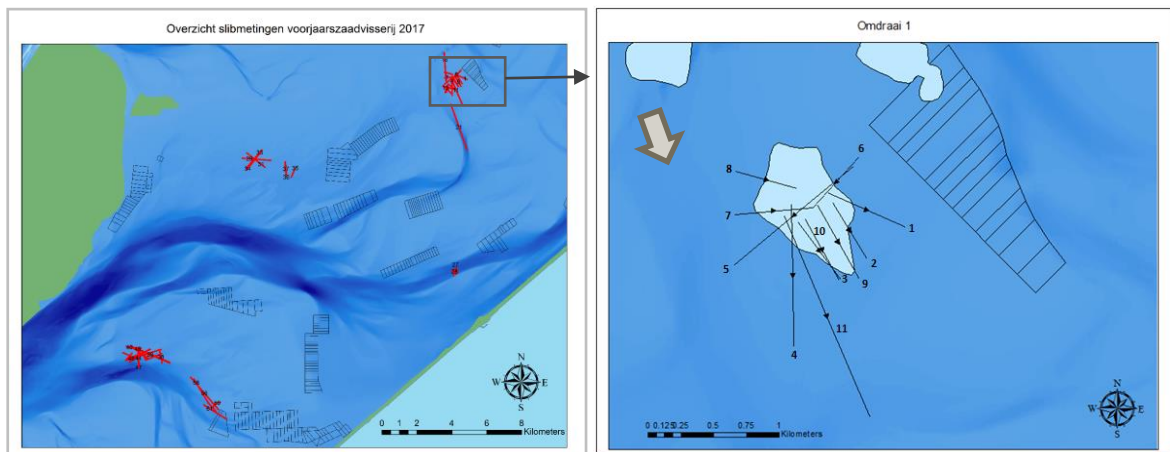


Figuur 1 Schematische weergave van het bemonsteringsprogramma. Rode vierkant geeft de grenzen van de zaadbank (boven) en perceel (onder) weer. Gestreepte cirkel (---) geeft de te verwachten sedimentpluim weer. Zwarte lijn=transect met troebelheidssensor, Zwarte cirkel (⊗) = sedimentvallen, oranje cirkel (⊗) = troebelheidssensoren geplaatst op vaste locaties.

3 Resultaten

3.1 Mosselzaadvisserij

De visserij richtte zich op de mosselzaadbanken zoals geïdentificeerd tijdens de mosselzaadsurvey (Marinx 2017). Locaties voor bemonstering zijn gekozen op basis van de verwachte locatie waar gevestigd zou gaan worden, of waar op dat moment schepen actief waren. Op ieder van de locaties werden verschillende transecten gevaren: 1) Transecten *Parallel aan stroomrichting* begonnen bovenstrooms en voeren vervolgens parallel aan de stroomrichting, recht door de visserijzone en daarna nog een stuk benedenstrooms. Ook zijn er transecten die middenin de visserijzone gestart zijn en enkel benedenstrooms gevaren zijn. 2) Transecten *Loodrecht op stroomrichting* werden soms in een kruis en andere keren in een stervorm uitgevoerd, afhankelijk van hoe exact de stroomrichting bepaald kon worden (visueel), 3) *Overige* transecten werden bepaald aan de hand van de morfologie (zandplaten/geulen). Een overzicht van alle transecten die gevaren zijn tijdens de mosselzaadvisserij bemonstering is weergegeven in figuur 2.



Figuur 2 Links: Overzicht van alle transecten waarbij troebelheid is gemeten tijdens de mosselzaadvisserij (transecten weergegeven als rode lijnen). Rechts: Uitvergroting voor de kaart van locatie Omdraai waarin de mosselbank (lichtblauw), de gevaren transecten (zwarte lijnen), en de stromingsrichting (grijze pijl) aangegeven zijn.

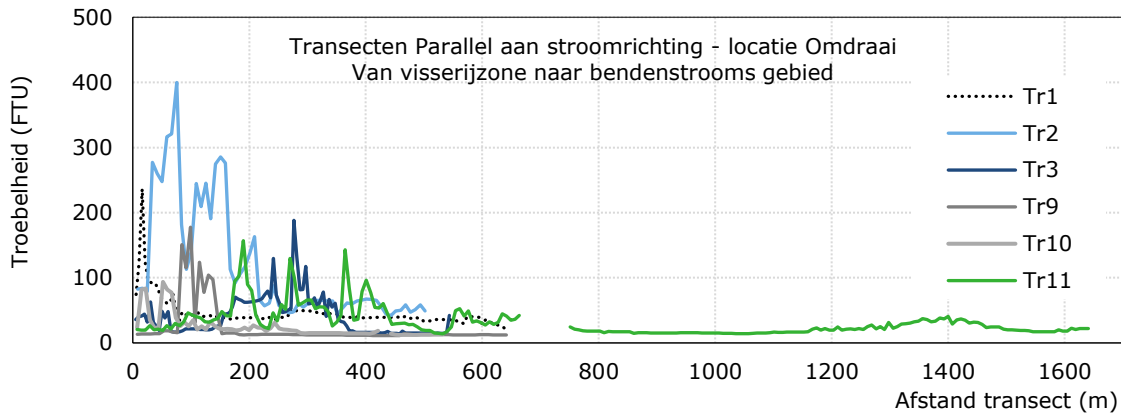
De metingen in de verschillende gebieden geven een vergelijkbaar beeld; sediment wordt opgewoeld op de locaties waar gevestigd wordt waardoor de concentratie aan deeltjes in het water (troebelheid) toeneemt, echter de concentratie neemt snel weer af in de benedenstroomse richting.

Maximale concentraties werden gemeten tijdens de visserij in de Omdraai. Figuur 3 geeft een overzicht van de transecten gemeten parallel aan de stroomrichting. Met deze transecten kan de grootte van de pluim goed in kaart gebracht worden. Hieruit blijkt dat tussen de vissende schepen de concentratie hoog kan zijn, maar ook dat deze erg 'patchy' is, en hoge concentraties werden vooral gemeten wanneer er direct achter een schip langs gevaren werd. Uit deze patronen blijkt ook dat de troebelheid snel afneemt buiten de visserijzone. Transect 11 laat een vrij constante troebelheid zien nabij de visserijzone (100-200 m), maar ook variatie op grotere afstand, waarschijnlijk als gevolg van de morfologie van het systeem (zie toename rond ~1400 m in figuur 3). Deze toename is echter veel kleiner dan de toename zoals gemeten in de visserijzone.

Resultaten van alle locaties zijn samengevat in tabel 2. Maximale concentraties zijn gemeten in de Omdraai, waarbij maximaal 40x hogere waarden in de visserijzone gemeten werden ten opzichte van de achtergrondconcentraties. Op deze locatie waren ook de meeste schepen aan het vissen tijdens de bemonstering. Daarnaast bestond het bestand op de zaadbank op de Omdraai uit los ('raal') zaad en een zeer zachte slibbodem ('raal zaad', pers. Comm. Marinx en zoals waargenomen tijdens de

bestandsopname in het voorjaar). Verschillen tussen locaties zijn duidelijk zichtbaar. Zo waren er op het Malzwin ook relatief veel schepen aan het vissen, maar de troebelheid in de visserijzone was daar relatief gering (3x achtergrondwaardes).

Ondanks de significante toename van de troebelheid in de visserijzones, laat de data zien dat op alle locaties de troebelheid snel afneemt in benedenstroomse richting, wat er op duidt dat het opgewoelde sediment weer snel neerdaalt op de bodem. De grootte van de slibpluim was dan ook beperkt van enkele tientallen tot honderd meter buiten de visserijzone. Het patchy patroon in troebelheid binnen de visserijzone geeft aan dat er geen sprake is van een uniforme sedimentpluim. Ook dit laat zien dat de effecten van zaadvisserij van lokale aard zijn. Deze resultaten worden bevestigd voor de Deense visserij (Saurel et al unpublished): drone beelden lieten daar zien dat de sedimentpluimen achter mosselkotters zo'n 50-75 m groot zijn.



Figuur 3 Veranderingen in troebelheid voor enkele transecten op locatie Omdraai (zie ook figuur 1 Rechter paneel). De geselecteerde transecten (Tr) beginnen allen midden in de visserijzone en volgen de stroming naar benedenstroomse gebieden om zodoende de pluim in kaart te brengen. Start van alle transecten is vastgesteld op 0 m, en de pijl geeft aan welke richting het transect heeft. Transect 11 geeft een langer transect weer om de variatie in achtergrondwaardes te evalueren.

Tabel 2 Overzicht van achtergrond- en maximum concentraties voor troebelheid, visserijintensiteit en diepte voor alle case studies tijdens de zaadvisserij en op percelen. Troebelheid is weergegeven als FTU (zoals gemeten met de troebelheidssensoren, en de bijbehorende schattingen van zwevend stof (SPM) waardes (zie Jansen & Capelle 2018 voor discussie over kalibratie van de sensoren).

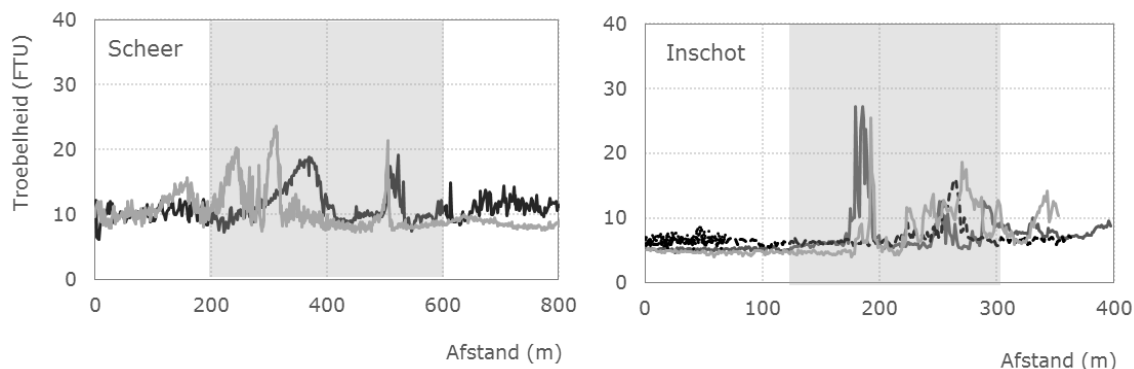
Gebied	Achtergrond concentratie		Maximale concentratie in visserijzone		Visserij intensiteit	Diepte
	FTU	SPM (mg l ⁻¹)	FTU	SPM (mg l ⁻¹)	# schepen	Tov NAP (cm)
Zaadvisserij						
Omdraai	10-15	~20-30	300-400	~575-775	6-10	-172/-74
Omdraai-zuid	10-15	~20-30	200-300	~380-575	4-6	-302/-173
Dove Balg	10	~20	60	~115	1	-1488/-1279
Breesem	5	~10	60-80	~115-150	4-6	-302/-173
Malzwin	10	~20	30-35	~55-65	5-8	-469/-303
ZuidWest	10	~20	130-150	~250-290	3-6	-469/-173
Percelen						
Scheer	5-10	~10-18	40	~75	perceel, oogst	-469/-173
Inschot	5-8	~10-15	20-25	~35-45	perceel, schoonvissen	-1074/-665
Oosterom	5-10	~10-18	30-40	~55-75	Perceelblok	-1488/-173

3.2 Percelen

3.2.1 Bemonsteringen op één perceel

Op locaties Scheer en Inschot is één enkel perceel bemonsterd waar respectievelijk geogst en schoongevist werd. Tijdens de bemonstering vonden er geen andere activiteiten plaats op omliggende percelen en alle veranderingen kunnen daarom toegeschreven worden aan de activiteiten op de bemonsterde percelen. De verwachting was dat schoonvissen zal leiden tot veel sedimentverplaatsingen, daarnaast is Inschot een locatie met een modderige bodem waardoor een maximale concentratie verwacht werd op deze locatie.

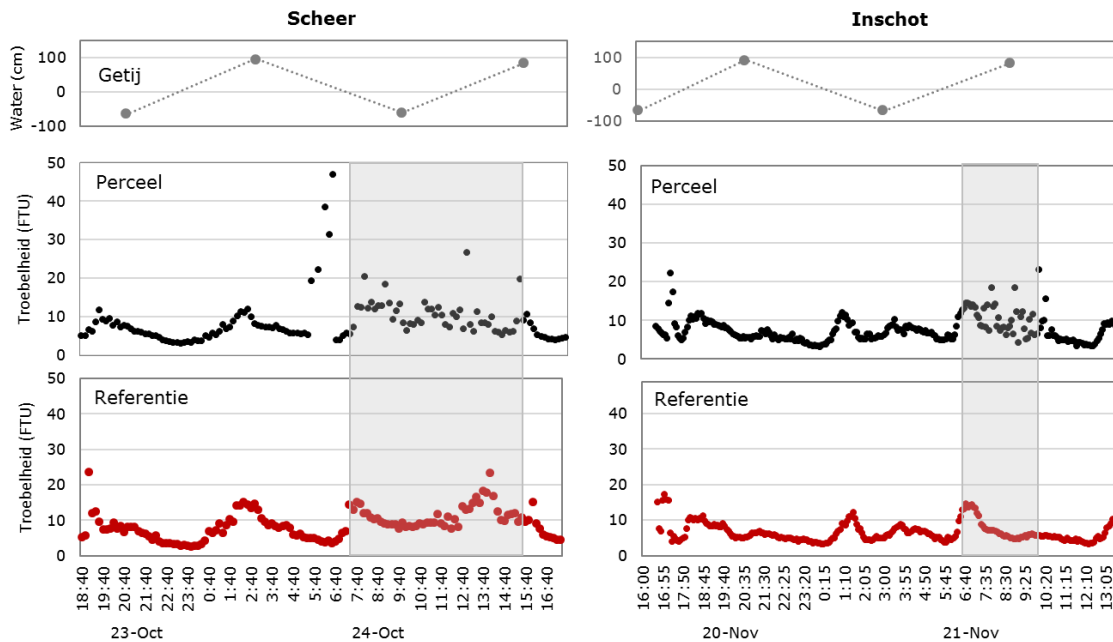
Troebelheid is gemeten aan de hand van transecten die loodrecht, parallel en diagonaal aan de stroomrichting uitgevoerd zijn. Maximale concentraties werden gemeten midden op het perceel. Op het Scheer was de maximale troebelheid 40 FTU, tegen een achtergrondwaarde van rond de 5-10 FTU. Tegen de verwachting in was de maximale troebelheid op het Inschot lager, namelijk 25 FTU ten opzichte van een achtergrondwaarde van 5-8 FTU (tabel 2). Om een indicatie van de ruimtelijke verspreiding van de sedimentpluim benedenstrooms van de percelen te geven, zijn in Figuur 4 de resultaten van enkele parallelle transecten weergegeven. Hieruit blijkt dat de troebelheid op de percelen inderdaad toeneemt ten opzichte van bovenstroomse gebieden (=achtergrondwaarde). Net als voor de zaadvisserij (Figuur 3) is er een duidelijk signaal in de troebelheidswaardes maar er is geen sprake van een volledig gemixte sedimentpluim, en de pieken in troebelheid nemen zeer snel af. Dit duidt op een lokale verhoging van de troebelheid en suggereert dat omgewoeld sediment weer snel uitzakt naar de bodem. Direct benedenstrooms van het perceel was op het Scheer de troebelheid terug op het niveau van achtergrondwaardes, terwijl op het Inschot er indicaties waren dat troebelheid iets verhoogd was binnen 100 m benedenstrooms van het perceel. Andere transecten lieten zien dat deze effecten niet verder dan 100 m van de perceelgrens meetbaar waren (zie gedetailleerde data in Jansen & Capelle 2018).



Figuur 4 Veranderingen in troebelheid bovenstrooms, op het perceel en benedenstrooms tijdens oogst (Scheer) en schoonvissen (Inschot). Grijs gearceerde vlakken geven de perceelranden weer, links is bovenstrooms en rechts is benedenstrooms. Ieder perceel is meerdere keren bemonsterd wat weergegeven wordt door de afzonderlijke lijnen.

Data verzameld met de sedimentvallen bevestigde het beeld van de troebelheidsmetingen dat het opgewoelde sediment waarschijnlijk nog op het perceel uitzakt uit de waterkolom. Er werden namelijk geen trends gemeten in hoeveelheid sediment per sedimentval langs de gradiënt van locaties waar de sedimentvallen geplaatst waren (0 m, 50 m, 100 m, 200 m vanaf de perceelrand). Bij de aanwezigheid van een duidelijke sedimentpluim is de verwachting dat de vallen op 0 m afstand van de perceelrand het meeste en op 200 m het minste materiaal verzamelen. Daarnaast bleek dat zowel in de sedimentvallen als ook in de watermonsters de fractie Organisch Materiaal (%OM) niet hoger was op en rondom de percelen ten opzichte van referentiestations. Dit laat zien dat het opgewoelde sediment niet persé bestaat uit meer organisch materiaal afkomstig van mossel feces.

Vaste troebelheidssensoren op het perceel en op referentielocaties laten zien dat troebelheid varieert ook als er geen activiteiten op de percelen plaatsvinden (Figuur 5). Ook is duidelijk te zien dat natuurlijke variatie gerelateerd is aan de getijdencyclus. Tijdens oost/schoonvissen op de percelen neemt de troebelheid toe en laten de metingen meer variatie zien ten opzichte van de referentiewaardes. Na afloop van de kweekactiviteiten op de percelen is de troebelheid binnen een half uur weer vergelijkbaar met de patronen zoals gemeten op de referentielocaties.



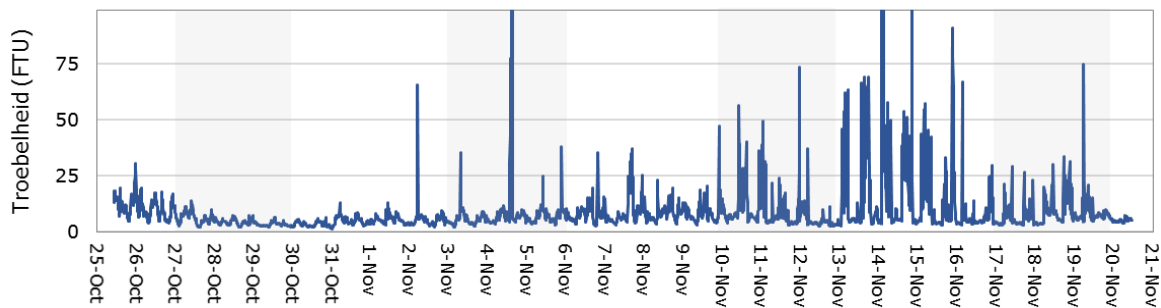
Figuur 5 Variatie in troebelheid voor, tijdens en na oogst/schoonvissen op percelen ahv vaste troebelheidsmeters op het perceel (middelste grafieken) en op een referentie locatie (onderste grafieken). Bovenste grafieken geven de getijdencyclus weer.

3.2.2 Bemonstering op een perceelblok

Het Oosterom is een voor de mosselkweek belangrijk en groot kweekgebied en er vinden dan ook veel activiteiten plaats. Op deze locatie is daarom gekeken naar cumulatieve effecten omdat er op hetzelfde moment op meerdere percelen geoogst werd. Op deze locatie is dan ook het gehele blok aan percelen tegelijkertijd bemonsterd. Tijdens de bemonstering werden er op 8 percelen, verspreid over het gehele blok, kweekactiviteiten uitgevoerd.

De transecten voor troebelheidsmetingen waren relatief lang (enkele kilometers), toch was de troebelheid relatief stabiel voor situaties wanneer er geen activiteiten plaatsvonden op de percelen ('s avonds). Dit geeft aan dat er weinig ruimtelijke variatie is in achtergrondwaarden (5-10 FTU). Maximum waarden lagen tussen de 30-40 FTU. De trends in troebelheid waargenomen op het Oosterom waren vergelijkbaar met het Scheer en Inschot: troebelheid piekt op percelen waar gevist wordt, maar de waarden nemen ook weer snel af naar achtergrondconcentraties. Ook waren er enkele transecten die suggereren dat troebelheid ook na het passeren van de perceelgrens nog verhoogd blijft. Het is hierbij echter lastig aan te geven hoe ver de pluim zich uit kan strekken. Sedimentvallen lieten ook geen ruimtelijk effect in sedimentatie zien: de hoeveelheid gesedimenteerd materiaal nam niet af op de perceelgrens van het laatst beviste perceel (0 m) ten opzichte van sedimentvallen geplaatst op 140, 400 of 1400 m. Daarnaast werd er geen hogere sedimentatie gemeten op dagen dat er geoogst werd ten opzichte van de situatie zonder kweek-activiteiten (weekend). Hierbij moet wel opgemerkt worden dat tijdens het weekend het weer vrij onstuimig was en er daardoor een hogere resuspensie en daarmee sedimentatie in de vallen verwacht mag worden.

Vaste troebelheidsmeters zijn gedurende een periode van 4 weken uitgehangen in het Oosterom op locaties die ook gebruikt worden voor mosselgroeimetingen (KOMPRO II programma). Het is onbekend of en wanneer er in de buurt van deze locaties gevist is. Figuur 6 geeft een overzicht van één van de meters die aan het begin van het perceelblok geplaatst was (nabij zeegat), waarbij de weekenden en weekdays uitgelicht zijn om aan te geven wanneer er mogelijk wel (week) en zeker niet (weekend) geoogst is. Hieruit blijkt dat variatie duidelijk gedreven wordt door het getij, en ook in het weekend hoge waarden gemeten kunnen worden. Maximale waarden zijn gemeten op werkdagen, en vooral week 13-17 Nov laat hoge waarden zien wat suggereert dat er mogelijk geoogst is op de nabijgelegen percelen. Echter wanneer er in detail naar de data gekeken wordt, blijkt dat sommige van de pieken middenin de nacht gemeten zijn, wanneer er geen kweekactiviteiten plaats vinden. Het is dan ook waarschijnlijk dat het meeste van deze variatie het gevolg is van natuurlijke factoren.

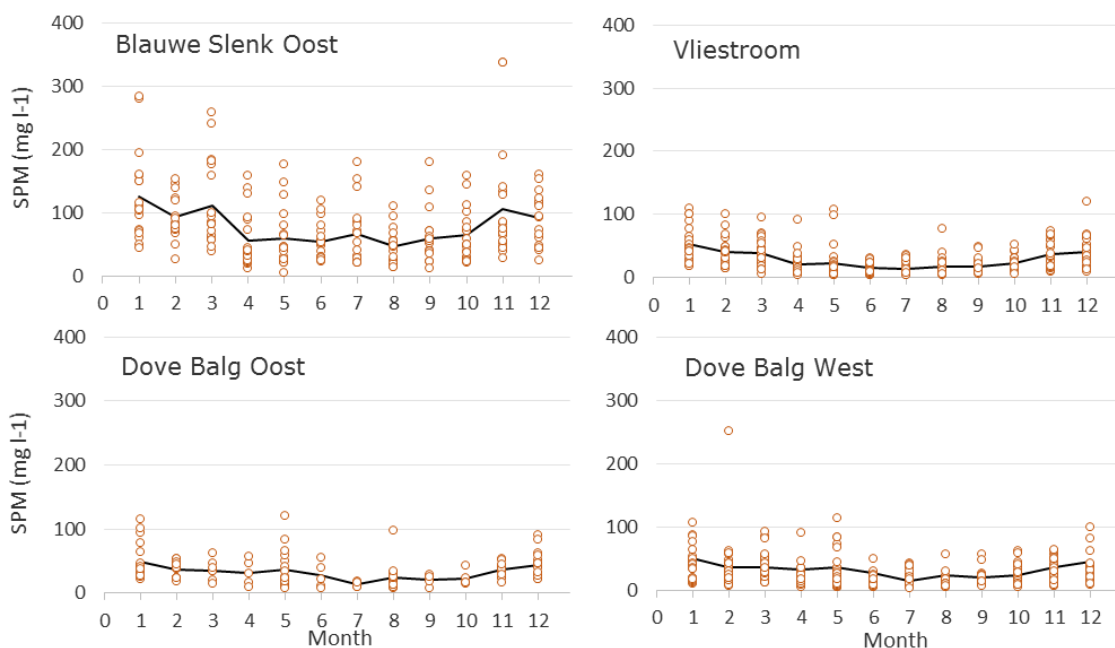


Figuur 6 Troebelheid gemeten over een periode van 4 weken op een perceel in het Oosterom (nabij zeegat). Weekenden (geen kweekactiviteiten) worden weergegeven door de grijze arcering. Bemonstering vond plaats op 6-7 November

3.3 Natuurlijke variatie

Figuur 6 geeft aan dat de troebelheid van nature behoorlijk kan variëren, en dat deze variatie hoger kan zijn dan de verstoring zoals gemeten voor de kweekactiviteiten op de percelen: maximale waarden op percelen waar geoogst werd waren 40 FTU (Tabel 2), wat 4 tot 8x hoger was dan de achtergrondwaarde op dat moment. De natuurlijke troebelheid is hoger dan 40 FTU, ook in periodes dat er geen kweekactiviteiten plaatsvinden (nachten en weekenden).

Figuur 6 geeft echter slechts gegevens van 1 maand weer. Sinds het begin van de jaren '90 wordt door RWS eens per maand de waterkwaliteit gemeten door met een pomp een watermonster op 1 m onder het wateroppervlakte te nemen (Figuur 7). Om deze data te vergelijken met data van de troebelheidsmeters gebruikt in dit onderzoek, is de data van de troebelheidsmeters omgezet naar een SPM waarde (Suspended Particulate Matter, in mg opgelost materiaal per Liter). Deze waarden zijn ook opgenomen in tabel 2 (zie Jansen & Capelle 2018 voor methodische beschrijving). Figuur 7 laat duidelijk zien dat de hoeveelheid deeltjes in het water (troebelheid) verschilt per gebied, en per seizoen. De maximale waarden gemeten tijdens mosselzaadvijserij (575-775 mg/l, tabel 2) zijn hoger dan de maxima gemeten tijdens de periode april-mei (figuur 7), terwijl de maximale waarden gemeten op de percelen binnen de natuurlijke variatie vallen. De monitoring door RWS vindt echter niet plaats tijdens stormen, wanneer slibconcentraties in het water maximaal zullen zijn.



Figuur 7 Maandelijkse variatie in zwevend stof (Suspended Particulate Matter) op 4 locaties in de Waddenzee (Bron: Waterbase.nl) over de periode 1991-2015, waarbij ieder punt de maandconcentratie voor een afzonderlijk jaar weergeeft. De zwarte lijn geeft het gemiddelde per maand. Er vinden geen metingen plaats tijdens stormen.

4 Conclusies

De case studies waren er op gericht inzicht te geven in welke mate mosselkweekactiviteiten in de Waddenzee bijdragen aan lokale verhoging van troebelheid en sedimentatie. Op basis hiervan kunnen de volgende conclusies getrokken worden:

- Troebelheid neemt toe in de gebieden waar gevist wordt, maar de grootte van de sedimentpluim lijkt gering en blijft veelal beperkt tot de directe omgeving van de mosselkweekactiviteit (binnen enkele tientallen tot honderd meters). Dit geldt voor zowel de mosselzaadvisserij als bij het bevissen van de kweekpercelen. Deze lokale schaalgrootte van de sedimentpluim werd bevestigd door de resultaten van de sedimentvallen op en nabij kweekpercelen, die geen verhoogde waardes lieten zien op de randen van de percelen ten opzichte van referentie locaties.
- De hoogste vertroebeling werd gemeten tijdens de visserij op een zaadbank in de Omdraai, waar 40x hogere concentraties gevonden werden tussen de vissende schepen ten opzichte van referentiewaardes. Op kweekpercelen waar gevist werd (oogst/schoonvissen) werden maximaal 8x hogere concentraties gemeten op de percelen ten opzichte van de achtergrondwaardes.
- De mate van troebelheid op zaadbanken en percelen verschilde per gebied wat afhankelijk kan zijn van verschillende factoren en combinaties daarvan, zoals bijvoorbeeld visserijintensiteit, type activiteit (zaadvisserij versus oogst of schoonvissen), sediment type, diepte en/of stromingspatronen, wind, en golfslag.
- De sedimentpluim is vrijwel direct nadat de oogstactiviteiten gestaakt zijn niet meer waar te nemen..

Resultaten van de case studies laten effecten van mosselkweek op sedimentdynamiek zien, waarbij zowel ruimtelijke verschillen als variatie in de tijd is gedocumenteerd. Dit is nieuwe en waardevolle informatie en geeft inzicht in de effectgrootte van sedimentverstoring. Ondanks dat de case studies zo gekozen zijn om ruimtelijke variatie en verschillen in kweekactiviteiten mee te nemen, is de studie niet gebiedsdekkend voor de gehele Waddenzee. Ook gelden de gepresenteerde waardes niet als gemiddelden, omdat er in sommige gevallen specifiek gezocht is naar een locatie met maximale impact (bijv case studie Inschot waar een modderige bodem is en waarbij is gemeten tijdens schoonvissen). Omdat de extremen zijn opgezocht is het de verwachting dat additionele metingen op meer/andere case studie locaties niet zullen leiden tot een andere conclusie, namelijk dat effecten van mosselkweekactiviteiten lokaal (binnen enkele honderden meters) en kortdurend zijn. Extrapolatie naar het gehele systeem vraagt om een bredere aanpak, met als opties (i) aan de hand van satellietdata inzicht verkrijgen in variatie in troebelheid in de ruimte en tijd, (ii) experimentele studies die gericht kijken naar bijvoorbeeld de effecten van sedimenttype of visserijintensiteit op vertroebeling, en (iii) en deze informatie koppelen aan gegevens over waar en wanneer de mosselkweekactiviteiten plaats vinden. Mocht er behoefte zijn aan verder onderzoek, dan kan de aanpak daarvoor verder worden uitgewerkt.

Wanneer gesproken wordt over effecten van mosselkweek op sedimenthuishouding is het tevens van belang dat er naar alle processen gekeken wordt. De rol van mosselen in sedimentdynamiek is namelijk tweeledig; naast het opwoelen van sediment (het onderwerp van voorliggende studie) filteren mosselen ook zwevend materiaal uit de waterkolom en leggen dit vast in mosselweefsel of als (pseudo)feces in de bodem. Dit leidt ertoe dat de waterkolom helderder wordt en hiermee hebben de mosselen een positief effect op de waterkwaliteit. Het is deze (pseudo)feces die tijdens de visserij weer wordt opgewerveld en teruggebracht in de waterkolom. De dynamiek in ruimte en tijd van beide processen (filtratie versus opwoelen) zijn verschillend. Het vissen van mosselzaad, het verplaatsen van halfwas en de oogst van consumptiemosselen is van kortdurende aard waarbij binnen een paar dagen/uren sediment in het water gebracht wordt, terwijl de vastlegging van slib en ander organisch materiaal (d.m.v. filtratie) continu plaatsvindt.

Discussies over effecten van menselijk handelen richten zich in de Waddenzee niet alleen op de mosselkweek. Van Duren et al. (2015) suggereert dat sedimenttransporten door baggeren en garnalenvisserij groter kunnen zijn dan voor mosselkweek. Het is ons inziens interessant om ook de ruimtelijke en temporele schaal van de vertroebeling van deze activiteiten in kaart te brengen.

Dankwoord

Deze studie maakt deel uit van het KOMPRO programma dat gefinancierd wordt door de POMossel. We willen de begeleidingscommissie bedanken voor waardevolle discussies tijdens de opzet en interpretatie van de data. Het ministerie van EZ heeft medewerking verleend door de Rijsrederijsschepen Phoca en de Asterias ter beschikking te stellen, en de hulp van de bemanning tijdens de bemonsteringen was van onschatbare waarde. We willen de kwekers die toegang tot de percelen gaven specifiek bedanken voor hun medewerking, en de alle kwekers voor hun geduld wanneer wij aan het meten waren tijdens de zaadvijverij. Ten slotte willen we Hans Verdaat bedanken voor assistentie tijdens de veldwerk campagnes, en Beatriz Ortiz (HZ studente) voor haar inzet bij het veldwerk en analyse van de resultaten.

Referenties

- Bot PVM, Colijn F (1996). A method for estimating primary production from chlorophyll concentrations with results showing trends in the Irish Sea and the Dutch coastal zone. *ICES Journal of Marine Science* 53, 945–950
- Cadée GC, Hegeman J (1974). Primary production of phytoplankton in the Dutch Wadden. *Netherlands Journal of Sea Research* 8, 240–259
- Castorani MCN, Glud RN, Hasler-Sheetal H, & Holmer M (2015). Light indirectly mediates bivalve habitat modification and impacts on seagrass. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 41–53.
- De Jonge VN, De Jong DJ (2002). Ecological restoration in coastal areas in the Netherlands: concepts, dilemmas and some examples. *Hydrobiologia* 478, 7–28
- De Robertis A, Ryer CH, Veloza A, Brodeur RD (2003) Differential effects of turbidity on prey consumption of piscivorous and planktivorous fish. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 60:1517-1526
- Duarte CM (2002) The future of seagrass meadows. *Environmental conservation* 29:192-206
- Figueiredo BRS, Mormul RP, Chapman BB, Lolis LA, Fiori LF, & Benedito E (2016). Turbidity amplifies the non-lethal effects of predation and affects the foraging success of characid fish shoals. *Freshwater Biology*, 293-300.
- Giesen WBJT, van Katwijk MM, & den Hartog C (1990). Eelgrass condition and turbidity in the Dutch Wadden Sea. *Aquatic Botany*, 71-85.
- Jansen HM & Capelle JJ (2018) The effect of mussel farming on sediment dynamics in the Wadden Sea - Case studies evaluating the local effects of mussel seed fisheries and mussel harvest on turbidity and sedimentation. WMR report xxxx
- Marinx 2017. Inventarisatie van het sublitorale wilde mosselbestand in de westelijke Waddenzee in het voorjaar van 2017. RAPPORT 2017.175
- McLeod IM, Parsons DM, Morrison MA, Le Port A, Taylor RB (2012) Factors affecting the recovery of soft-sediment mussel reefs in the Firth of Thames, New Zealand. *Marine and Freshwater Research* 63:78-83
- Philippart CJM, Salama MS, Kromkamp JC, van der Woerd H, Zuur AF, & Cadée GC (2013). Four decades of variability in turbidity in the western Wadden Sea as derived from corrected Secchi disk readings. *Journal of Sea Research*, 67-79.
- Reichert JM, Fryer BJ, Pangle KL, Johnson TB, Tyson JT, Drelich AB, Ludsins SA (2010) River-plume use during the pelagic larval stage benefits recruitment of a lentic fish. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 67:987-1004
- Thrush S, Hewitt J, Cummings V, Ellis J, Hatton C, Lohrer A, Norkko A (2004) Muddy waters: elevating sediment input to coastal and estuarine habitats. *Frontiers in Ecology and the Environment* 2:299-306
- Van Duren LA, van Kessel T, Brinkman AG, de Kluijver A, Fey F en Schmidt CA (2015). Verkenning Slibhuishouding Waddenzee. <http://publications.deltares.nl/Wel1818.pdf>
- Wassmann & Heiskanen (1988) Sediment Trap Studies in the Nordic Countries, 2, Yliopistopaino, Helsinki, 207 pp.

Verantwoording

Rapport C047/18

Projectnummer: 4313200007-08 KOMPRO 3

Dit rapport is met grote zorgvuldigheid tot stand gekomen. De wetenschappelijke kwaliteit is intern getoetst door een collega-onderzoeker en het verantwoordelijk lid van het managementteam van Wageningen Marine Research

Akkoord: Dr. Ir. M. J. Baptist
Senior onderzoeker

Handtekening:



Datum: 9 juli 2018

Akkoord: Dr. Ir. T.P. Bult
Director

Handtekening:



Datum: 9 juli 2018

Wageningen Marine Research
T: +31 (0)317 48 09 00
E: marine-research@wur.nl
www.wur.nl/marine-research

Visitors address

- Ankerpark 27 1781 AG Den Helder
- Korringaweg 7, 4401 NT Yerseke
- Haringkade 1, 1976 CP IJmuiden



Wageningen Marine Research is the Netherlands research institute established to provide the scientific support that is essential for developing policies and innovation in respect of the marine environment, fishery activities, aquaculture and the maritime sector.

Wageningen University & Research is specialised in the domain of healthy food and living environment.

The Wageningen Marine Research vision:

‘To explore the potential of marine nature to improve the quality of life.’

The Wageningen Marine Research mission

- To conduct research with the aim of acquiring knowledge and offering advice on the sustainable management and use of marine and coastal areas.
- Wageningen Marine Research is an independent, leading scientific research institute.

Wageningen Marine Research is part of the international knowledge organisation Wageningen UR (University & Research centre). Within Wageningen UR, nine specialised research institutes of Stichting Wageningen Research (a Foundation) have joined forces with Wageningen University to help answer the most important questions in the domain of healthy food and living environment.
