

Ecologische risico's lozing binnendijkse zoute aquacultuur op Oosterschelde

Pauline Kamermans & Ainhoa Blanco
Rapport C032/15



IMARES Wageningen UR

(IMARES - Institute for Marine Resources & Ecosystem Studies)

Opdrachtgever:

Rijkswaterstaat Zee en Delta
T.a.v. dhr. J. Bos
Postbus 5014
4330 KA Middelburg

Publicatiedatum:

18 februari 2015

IMARES is:

- Missie Wageningen UR: *To explore the potential of marine nature to improve the quality of life.*
- IMARES is hét Nederlandse instituut voor toegepast marien ecologisch onderzoek met als doel kennis vergaren van en advies geven over duurzaam beheer en gebruik van zee- en kustgebieden.
- IMARES is onafhankelijk en wetenschappelijk toonaangevend.

Aanbevolen format ten behoeve van citaties: Kamermans, P.; Blanco, A. (2015) Ecologische risico's lozing binnendijkse zoute aquacultuur op Oosterschelde. IMARES Rapport C032/15

P.O. Box 68 1970 AB IJmuiden Phone: +31 (0)317 48 09 00 Fax: +31 (0)317 48 73 26 E-Mail: imares@wur.nl www.imares.wur.nl	P.O. Box 77 4400 AB Yerseke Phone: +31 (0)317 48 09 00 Fax: +31 (0)317 48 73 59 E-Mail: imares@wur.nl www.imares.wur.nl	P.O. Box 57 1780 AB Den Helder Phone: +31 (0)317 48 09 00 Fax: +31 (0)223 63 06 87 E-Mail: imares@wur.nl www.imares.wur.nl	P.O. Box 167 1790 AD Den Burg Texel Phone: +31 (0)317 48 09 00 Fax: +31 (0)317 48 73 62 E-Mail: imares@wur.nl www.imares.wur.nl
--	--	---	--

© 2014 IMARES Wageningen UR

IMARES, onderdeel van Stichting DLO.
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 IMARES is niet aansprakelijk voor gevolgschade, noch voor schade welke voortvloeit uit toepassingen van de resultaten van werkzaamheden of andere gegevens verkregen van IMARES; opdrachtgever vrijwaart IMARES van aanspraken van derden in verband met deze toepassing.

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

A_4_3_1-V14.2

Inhoudsopgave

Samenvatting	4
1. Inleiding	5
1.1. Probleemstelling	5
1.2. Achtergrond	5
2. Kennisvraag	7
3. Methoden	8
4. Resultaten	9
4.1. Overzicht lozingen aquacultuur op Oosterschelde.....	9
4.2. Concentraties nabij lozingspunt.....	14
4.3. Ecologische effecten van lozingen aquacultuur op Oosterschelde.....	16
4.4. Mogelijke mitigerende maatregelen	19
5. Conclusies	21
Kwaliteitsborging	23
Referenties	24
Verantwoording	26

Samenvatting

De vraag naar ontwikkeling van binnendijkse zoute aquacultuur in de Zuidwestelijke Delta neemt toe. Schoon, zout water dat ruim voorhanden is o.a. in de Oosterschelde wordt ingenomen ten behoeve van de aquacultuurpraktijk. Het restwater wordt terug geloosd op het zoute oppervlaktewater. Voor de lozing van het restwater op het oppervlaktewater is een vergunning in het kader van de Waterwet nodig. Deze vergunning richt zich met name op de chemische kwaliteit van het te lozen water. Ook de ecologische kwaliteitsnormen vormen onderdeel van de evaluatiecriteria. Deze rapportage geeft inzicht in de mogelijke ecologische effecten van de lozing van het restwater van een aquacultuurbedrijf op het oppervlaktewater van de Oosterschelde. Deze informatie is nodig is bij de ecologische beoordeling van een aanvraag voor het verkrijgen van een watervergunning. Daarnaast geeft de rapportage informatie over voorwaarden vanuit ecologisch risicoperspectief waaronder een lozing kan worden toegestaan.

1. Inleiding

1.1. Probleemstelling

De vraag naar ontwikkeling van binnendijkse zoute aquacultuur in de Zuidwestelijke Delta neemt toe. Schoon, zout water dat ruim voorhanden is o.a. in de Oosterschelde wordt ingenomen ten behoeve van de aquacultuurpraktijk. Het restwater wordt terug geloosd op het zoute oppervlaktewater. Afhankelijk van het type aquacultuur worden aan de kweekvijvers of -bakken nog voedingsstoffen (nutriënten of visvoer) toegevoegd. Voor de lozing van het restwater op het oppervlaktewater is een vergunning in het kader van de Waterwet nodig. Deze vergunning is vooral gebaseerd op de activiteit van intensieve viskweek en richt zich met name op de chemische kwaliteit van het te lozen water. Ook de ecologische kwaliteitsnormen vormen onderdeel van de evaluatiecriteria. De vergunnerverlener heeft informatie nodig over de ecologische effecten van de lozing van het restwater van een aquacultuurbedrijf op het oppervlaktewater van de Oosterschelde voor de ecologische beoordeling van een aanvraag voor het verkrijgen van een watervergunning. Daarnaast is informatie nodig over voorwaarden vanuit ecologisch risicoperspectief waaronder een lozing kan worden toegestaan.

1.2. Achtergrond

Het oppervlaktewaterlichaam Oosterschelde is een 351 km² groot beschut kustwater met zeekeringen, sluizen en bedijking. Deze keringen, sluizen en bedijking bieden bescherming tegen hoog water en hebben een gebruiksfunctie m.b.t. scheepvaart en waterbeheersing. Zij hebben ook een substantiële invloed op het ecologisch functioneren van het waterlichaam Oosterschelde en maken dat het waterlichaam Oosterschelde wordt aangemerkt als 'sterk veranderd'.

De Oosterschelde is een belangrijk vogel- en habitatgebied en is als Natura 2000-gebied aangemerkt. Ook is het één van de vijf zgn. "sense of urgency" gebieden in verband met de afbraak van het intergetijdengebied (zandhonger). De Oosterschelde heeft twaalf officiële zwemwaterlocaties die vallen onder de Europese zwemwaterrichtlijn en het is een aangewezen beschermd gebied betreffende de vereiste kwaliteit van schelpdierwateren. De Oosterschelde voldoet aan de criteria die gelden voor de schelpdierwaterkwaliteit en de zwemwaterkwaliteit.

Sinds december 2000 is de Europese Kaderrichtlijn Water (KRW) van kracht. Doel is de bescherming van oppervlakte- en grondwater. Alle lidstaten zijn verplicht om per stroomgebieddistrict een Stroomgebiedbeheerplan (SGBP) op te stellen, waarin doelen en maatregelen worden beschreven voor de periode tot en met 2015. De Stroomgebiedbeheerplannen zijn in december 2009 aangeboden aan de Europese Commissie. Implementatie van de KRW in de Nederlandse wetgeving vindt plaats in de Wet milieubeheer en de Waterwet. De Waterwet schrijft voor dat elke beheerder de doelen en maatregelen voor zijn beheergebied opneemt in zijn eigen wettelijke waterbeheerplan. Voor Rijkswaterstaat is dit het Beheerplan voor de Rijkswateren (BPRW). De bijdrage van de afzonderlijke beheerders zijn onderling afgestemd en gebundeld per stroomgebied tot één Stroomgebiedbeheerplan. Ook internationaal heeft afstemming per stroomgebied plaatsgevonden. Nederland maakt deel uit van 4 internationale stroomgebieden: Rijn, Maas, Eems en Schelde.

De KRW geldt tot 1 mijl uit de kust voor de ecologische doelen en tot 12 mijl uit de kust voor de chemische doelen. Voor het kwaliteitsbeheer in rijkswateren heeft de KRW grote sturende betekenis in de komende beheerperioden. De KRW vereist dat alle Europese lidstaten streven naar een goede kwaliteit van alle waterlichamen.

Om de ecologische toestand van de Oosterschelde te kunnen beschrijven en te toetsen zijn de volgende ecologische kwaliteitselementen relevant: plantaardig plankton, waterplanten en bodemdieren. In de huidige situatie voldoen nog niet al deze kwaliteitselementen aan het Goed Ecologisch Potentieel (GEP). De kwaliteitselementen plantaardig plankton en bodemdieren voldoen al ruim. De overige waterflora is van slechte kwaliteit door het sterk verminderde areaal zeegras.

De lidstaten moeten in beginsel de in de KRW gestelde doelen in 2015 bereiken. Onder voorwaarden en met een goede onderbouwing is het toegestaan om lagere doelen vast te stellen of de doelen op een later tijdstip te bereiken. Dit mag het bereiken van doelstellingen in andere waterlichamen in het stroomgebied niet verhinderen of in gevaar brengen. Behalve voor de inhoud van het beheer betekent de KRW ook dat alle waterplannen per internationaal stroomgebied, van de lidstaten, het Rijk, de provincies, de waterschappen en de gemeenten gelijktijdig en onderling afgestemd worden opgesteld en in procedure komen. De maatregelen die Rijkswaterstaat wil treffen om aan de KRW te voldoen, zijn opgenomen in het Programma bij het BPRW, dat voorziet in de beheeropgave van Waterbeheer 21e eeuw, Kaderrichtlijn Water en Natura 2000.

2. Kennisvraag

Bij het kweken van consumptievis en/of het kweken van ongewervelde dieren en/of algen komt procesafvalwater vrij. Met procesafvalwater wordt hier bedoeld alle (mogelijke) gezamenlijke afvalwaterstromen zoals kweekwater, spoelwater, spuiwater, verversingswater, schoonmaakwater etc., die vrijkomen bij het kweken en verwerken van voornoemde dieren. Het afvalwater wordt (na behandeling) geloosd op het zoute oppervlaktewater van de Oosterschelde. Dit water kan onder andere stikstof en fosfaat bevatten. Veelal hebben de chemische kwaliteitsnormen een relatie met ecologische aspecten. Te hoge waarden aan stikstof en fosfaat kunnen namelijk het ecologisch functioneren van het ecosysteem beïnvloeden. Verhoging van de nutriëntenconcentraties in het oppervlaktewater bijvoorbeeld kunnen algenbloei stimuleren. Door de binnendijkse zoute aquacultuur bestaat de kans dat ook schadelijke organismen (toxische algen, exoten, ziekten) in het oppervlaktewater terecht komen. Rijkswaterstaat Zeeland heeft IMARES gevraagd onderzoek te doen naar de potentiële ecologische effecten van lozingen van binnendijkse aquacultuur activiteiten op het zoute oppervlaktewater van de Oosterschelde.

De vragen van Rijkswaterstaat zijn de volgende:

- Kan een lozing vanuit binnendijkse aquacultuur schadelijke ecologische effecten veroorzaken in het zoute oppervlaktewater?
- Waardoor worden de schadelijke effecten veroorzaakt?
- Zo ja, hoe groot is de kans hierop?
- Wat kunnen dan deze ecologische effecten zijn?
- Na hoeveel tijd of afstand van het lozingspunt zijn deze effecten door b.v. verdunning niet meer aanwezig?
- Is onder voorwaarden vanuit ecologisch risicoperspectief een lozing met potentieel schadelijke ecologische effecten toe te staan?
- Zo ja, aan welke voorwaarden moet het bedrijf dan voldoen?

3. Methoden

Er is een Quick-scan uitgevoerd op basis van bestaande literatuur en expert kennis. Dit omvat een overzicht van de type lozingspunten van binnendijkse aquacultuur op het zoute oppervlaktewater (nutriënten, geneesmiddelen, schadelijke algen, ziektes, exoten). Vervolgens is ingeschat welke concentraties er kunnen worden verwacht in de Oosterschelde in de nabijheid van een lozingspunt met behulp van het immissiemodel van Rijkswaterstaat dat wordt toegepast voor puntlozingspunten in het oppervlaktewater van de Oosterschelde (Lievense, 2007). In dit model wordt per locatie uitgegaan van een aparte opgeloste stof gedefinieerd met een concentratie van 15 µg/l. Het bereiken van een evenwichtssituatie binnen het model vereist een rekenperiode van enkele maanden. Gekozen is een periode van 1 april tot 1 oktober 1995. Rondom elk lozingspunt zijn een aantal locaties geselecteerd waarvan concentraties zijn berekend. De selectie bevat een vrij groot aantal punten in de directe omgeving van het lozingspunt. Voor elk lozingspunt is van één van deze locaties het verloop van de berekende concentratie geloopte stof weergegeven over de rekenperiode. Deze locatie is in de eerste plaats geselecteerd aan de hand van de afstand welke circa 1000 m uit het lozingspunt moet zijn. Uit deze locaties is vervolgens de locatie met de hoogste concentratie geselecteerd. Van deze locatie wordt de maximale concentratie aangehouden waaruit de verdunningsfactor afgeleid is. Voor de huidige studie is uitgegaan van een "worst-case" situatie. Tevens is aan de hand van de verschillende teeltsystemen een inschatting gemaakt van de ecologische effecten van de lozingspunten en de mogelijke mitigerende maatregelen. Voor de grootste risico's is op basis van literatuuronderzoek en expert judgement ingeschat onder welke omstandigheden deze zich zullen voordoen. De mogelijke mitigerende maatregelen die kunnen worden toegepast om de risico's te verminderen, zijn getoetst op praktische toepasbaarheid.

4. Resultaten

4.1. Overzicht lozingen aquacultuur op Oosterschelde

Gekweekte soorten

Negen bedrijven en een kennisinstelling zijn actief in de binnendijkse aquacultuur rond de Oosterschelde (Tabel 1). De kweek betreft volgende soorten (Fig. 1): tarbot (*Scophthalmus maximus*), tong (*Solea solea*), zagers (*Nereis virens*), tapijtschelp (*Ruditapes philippinarum* en *R. decussatus*), Japanse oester (*Crassostrea gigas*), platte oester (*Ostrea edulis*) en mossel (*Mytilus edulis*). Daarnaast is de kokkel (*Cerastoderma edule*) een aantal jaar in binnendijkse bassins van Zeeuwse Tong en Zeeland Aquacultuur gekweekt. Ten behoeve van de voeding van larven van tong en tarbot worden copepoden (*Acartia tonsa*) en rotiferen gekweekt (*Brachionus plicatilis*). De latere visstadia worden gevoerd met *Artemia* en droogvoer. Ook worden microalgen gekweekt als voer voor schelpdieren, copepoden en rotiferen. Het gaat om de volgende soorten: *Rhodomonas baltica*, *Tetraselmis striata*, *Tetraselmis suecica*, *Isochrysis galbana*, *Pavlova lutheri*, *Thalassiosira weissfloggi*, *Skeletonema costatum* en *Chaetoceros calcitrans*. En er zijn plannen om binnendijks wieren (macroalgen) te gaan kweken. Het betreft soorten als zeesla (*Ulva* sp.) en suikerwier (*Laminaria saccharina*). IMARES voert ook onderzoek uit met niet inheemse soorten. Het afvalwater van deze experimenten wordt geloosd op het riool. Hiertoe is door het waterschap een ontheffing verleend voor 15 m³ per dag.

Kweeksystemen

De toegepaste kweeksystemen variëren van extensieve vijversystemen tot sterk gecontroleerde recirculatiesystemen. Alle systemen worden voorzien van vers zeewater dat wordt ingenomen vanuit de Oosterschelde of grondwater. Na gebruik wordt het water met een bepaald maximaal debiet geloosd op de Oosterschelde (Tabel 1). Een open vijversysteem staat bloot aan de lucht (Fig. 2). Het water wordt in beweging gehouden door een schoepenrad of beluchting. In een hatchery (broedhuis) worden ouderdieren aangezet tot paaien en de larven opgekweekt tot schelpdierbroed of pootvis. De microalgen die nodig zijn als voeding worden gekweekt in plastic zakken (Fig. 2). De hatchery bevindt zich in een gebouw. In een nursery (kinderkamer) wordt schelpdierbroed opgekweekt tot schelpdierzaad. Dan heeft het de grootte die nodig is voor verdere opkweek in het buitenwater, of in binnendijkse vijvers. De nursery kan zowel binnen zijn als buiten. In de hatchery/nursery wordt vaak gebruikt gemaakt van een flow-through-systeem. Dit houdt in dat het water door de kweekbassins stroomt en niet wordt hergebruikt. Vistelers maken veelal gebruik van een recirculatiesysteem (Fig. 2). Hierbij wordt het water gezuiverd met een biofilter en daarna opnieuw gebruikt. Meestal wordt ongeveer 10% van het water per dag verversd. Een recirculatiesysteem is altijd in een gebouw geplaatst. Door hergebruik van water kan een optimale temperatuur worden aangehouden.

Toegepaste waterbehandelingstechniek

Binnen de intensieve (zoutwater) visteelt worden fysische zuiveringstechnische voorzieningen zoals drumfilters, bezinkbakken en eiwitafschuimers algemeen toegepast. Bij recirculatiesystemen worden ook biofilters toegepast, zoals tricklingfilters en moving-bed-filters. In een biofilter zetten bacteriën stikstof om. Bij hergebruik van proceswater worden ook de technieken ozonisatie en/of U.V.-bewerking toegepast. Voor het kweken van ongewervelde dieren (zoals zagers en schelpdieren) en/of algen, al dan niet in combinatie met extensieve viskweek, worden deze zuiveringstechnische voorzieningen niet toegepast omdat de verontreinigingen met stikstof en fosfaat in het afvalwater klein blijken te zijn. Bij de kweek van ongewervelde dieren en/of algen wordt bijvoorbeeld gebruik gemaakt van eenvoudiger technieken zoals filtratie en bezinking.

Stoffen en organismen die aanwezig kunnen zijn in het lozingswater

In de watervergunning zijn voorschriften opgenomen over het maximale debiet (zie tabel 1), de maximale concentratie aan nutriënten (stikstof maximaal 45 mg/l en fosfaat maximaal 8 mg/l) en het gebruik van geneesmiddelen. Nutriënten en resten van geneesmiddelen kunnen aanwezig zijn in het water dat geloosd wordt. Daarnaast bestaat de kans dat ook organismen zoals ziekteverwekkers, schadelijke algen en exoten aanwezig kunnen zijn in het water. De potentiële aanwezigheid van deze organismen in de kweekbassins wordt in deze paragraaf behandeld. In paragraaf 4.2 wordt de maximaal te verwachten concentratie van de stoffen en organismen in de Oosterschelde berekend en in paragraaf 4.3 worden de mogelijke ecologische effecten beschreven.

Uitsluitend geneesmiddelen overeenkomstig de lijst van Productschap voor Vis welke worden aangeleverd door een veterinaire zijn toegestaan. Verder mogen geen hormonale stoffen worden gebruikt. Ook mogen geneesmiddelen niet preventief worden gebruikt. Meestal worden geen antibiotica gebruikt. Men is zich erg bewust van het risico van antibioticagebruik ten aanzien van residuen in visvlees. In het hele jonge stadium (vis < 5 gram) kan in uitzonderlijke gevallen een antibioticum incidenteel ingezet worden om de ziektes te bestrijden. De geneesmiddelen worden meestal toegevoegd aan het visvoer. De hoeveelheid visvoer wordt exact gedoseerd. Mocht desondanks niet alle voer met medicatie worden geconsumeerd, dan zal dit voer worden verwijderd. Een overmaat aan "medicinaal visvoer" is ongewenst omdat hierdoor de werking van de biologische filters wordt aangetast en dit gevolgen kan hebben voor de verkoop van de vis. Als de antibiotica worden toegevoegd aan het water wordt meestal een behandeling van 24 uur in een bad met een concentratie van 20-25 mg/l toegepast (persoonlijke communicatie Olga Haenen). Van structurele toediening van antibiotica om ziektes te voorkomen is geen sprake.

Ziektes die bij schelpdieren aanwezig kunnen zijn, betreffen de parasiet *Bonamia ostrea* bij platte oesters, de bacterie *Nocardia crassostreae* bij Japanse en platte oesters en het oesterherpesvirus (OsHV-1) bij Japanse oesters (Haenen et al., 2011). De tapijtschelp is gevoelig voor de 'brown ring disease' veroorzaakt door een *Vibrio* bacterie (Paillard, 2004). Deze ziektes leveren geen risico's voor de consument, maar kunnen dodelijk zijn voor de schelpdieren. Het oesterherpesvirus veroorzaakt vooral sterfte onder Japanse oesters jonger dan 1 jaar (Haenen et al., 2011). Sterfte van platte oesters door *Bonamia* treedt vooral op in perioden van stress zoals tijdens de voortplanting (van Banning 1991). *Bonamia* besmetting vindt waarschijnlijk plaats door directe overdracht van oester op oester (Haenen et al., 2011). Daarnaast kunnen borstelwormen van het genus *Polydora* gangen boren in de schelp. De aanboorde schelpdieren hebben een lagere commerciële waarde. In schelpdierhatcheries kunnen infecties met *Vibrio* bacteriën sterfte onder larven veroorzaken (Paillard et al 2004).

Tabel 1. Overzicht binnendijkse zoute aquacultuur bedrijven die lozen op het oppervlaktewater van de Oosterschelde. Bron: RWS.

Bedrijf	Vergunde kweekactiviteit	Huidige voornaamste kweekactiviteit	Inname bron	Maximaal debiet lozing
Gemeente Reimerswaal (Zeeland Aquacultuur) Yerseke	kweken van vis en/of ongewervelde dieren en/of algen	kweken van microalgen en tapijtschelpen, Japanse oesters en platte oesters (tot 2014)	Oosterschelde	600 m ³ /uur
Zeeuwse Tong en Delta farms Colijnsplaat	kweken van consumptievis en/of het kweken van ongewervelde dieren en/of algen	kweken van tong, zagers, tapijtschelpen, Japanse oesters, platte oesters en mosselen, microalgen	Oosterschelde	500 m ³ /uur
Topsy baits Wilhelminadorp	kweken van consumptievis en/of het kweken van ongewervelde dieren en/of algen	kweken van zagers	Oosterschelde	500 m ³ /uur
Seafarm en Fry Marine Kamperland	kweken van sier- en/of consumptievis en/of van ongewervelde dieren	kweken van tarbot (Seafarm), kweken van microalgen, rotiferen en copepoden en pootvis van tarbot en tong (Fry Marine)	Grondwater	80 m ³ /uur
Stichting Zeeschelp Kamperland	experimenteel onderzoek met waterorganismen (vissen, schelpdieren, algen etc.)	kweken van microalgen en broed van tapijtschelpen, Japanse en platte oesters en mosselen	Oosterschelde	<75 m ³ /uur
Grovisco Stavenisse	kweken van consumptievis en/of het kweken van ongewervelde dieren en/of algen	kweken van tarbot	Grondwater	25 m ³ /uur
Roem van Yerseke	kweken van sier- en/of consumptievis en/of van ongewervelde dieren en/of algen	kweken van microalgen en broed van tapijtschelpen en Japanse en platte oesters	Oosterschelde	20 m ³ /uur
IMARES Yerseke	experimenteel onderzoek met waterorganismen (vissen, schelpdieren, algen etc.)	geen commerciële kweek	Oosterschelde	8,65 m ³ /uur

Bij gekweekte vissen kunnen allerlei eencellige en meercellige visparasieten voorkomen. Ook kunnen ziekten worden veroorzaakt door bacteriën zoals *Vibrio anguillarum* en andere *Vibrio* soorten, *Pseudomonas* soorten, myxobacteriën (*Flavobacterium* groep, vispathogenen), of door een soortspecifiek birnavirus. De overdracht van de ziekten veroorzaakt door bacteriën en parasieten verloopt direct van vis naar vis, via water, netten, emmers etc. (Haenen et al., 2011). Bij vissen gaat het doorgaans om andere *Vibrio* soorten dan bij schelpdieren. Verder zijn de pathogenen niet direct als ziekteverwekkers van schelpdieren te verwachten (persoonlijke communicatie Olga Haenen). Ziektes van schelpdieren en vissen die via het water worden overgedragen, kunnen een risico vormen bij lozing op de Oosterschelde.

Bepaalde algensoorten kunnen onder bepaalde omstandigheden toxines bevatten. Dit fenomeen kan zowel in zoute wateren als in zoete wateren over de gehele wereld optreden. De toxische alg *Alexandrium ostenfeldii* bereikte in de zomer van 2012 hoge concentraties in de Ouwerkerkse kreek en werd daarna ook aangetroffen in het water van de Oosterschelde in de nabijheid van het lozingspunt van de kreek (Kamermans et al., 2013). Wanneer hoge concentraties toxische algen door schelpdieren worden opgenomen en de schelpdieren vervolgens door mensen worden geconsumeerd kan dit schadelijk zijn voor de gezondheid (b.v. Paralytic Shellfish Poisoning - PSP, Diarrhetic Shellfish Poisoning - DSP, Amnesic Shellfish Poisoning - ASP). Het voorkomen van toxische algensoorten is niet beperkt tot binnendijkse wateren. In de periode 1997 tot 2011 zijn 24 potentieel toxische algen aangetroffen op 9 binnendijkse wateren in het westelijk deel van de Oosterschelde. Veertien van deze soorten zijn ook aangetroffen in het buitenwater van de Oosterschelde (Kamermans et al., 2013). Indien een dergelijke algensoort is ontstaan in de bassins van een binnendijkse kwekerij bestaat het risico dat de soort ook aanwezig is in het lozingswater.

Als een niet inheemse soort (exoot) binnendijks wordt gekweekt of tijdelijk gehouden en het water niet met UV en ozon wordt behandeld voordat het wordt geloosd, bestaat de mogelijkheid dat larven van deze soort of niet inheemse ziektes in de Oosterschelde terechtkomen. Voor het kweken van exoten is een vergunning in het kader van de exotenverordening en de Natuurbeschermingswet nodig. In die procedures worden deze ecologische effecten getoetst. Ook is het mogelijk dat de herkomst van de soort die binnendijks wordt gekweekt of gehouden buiten de Oosterschelde ligt. Bij schelpdieren kan dit een ander buitenwater zijn. Afhankelijk van de bronlocatie bestaat de kans dat niet inheemse organismen aanwezig zijn op de schelp, of tussen de schelpdieren. Als dit organisme zich in de binnendijkse bassins kan voorplanten bestaat het risico dat larven van deze exoot vervolgens worden geloosd op de Oosterschelde.



Fig. 1. Soorten die momenteel in binnendijkse aquacultuur rond de Oosterschelde worden gekweekt. Van links naar rechts en van boven naar beneden: tarbot (seafarm.nl), tong, zager, tapijtschelpen, Japanse oester, platte oester en mosselen (foto's Zeeuwse Tong), rotiferen (oceannutrition.eu), copepoden (guernseyseafarms.com), Skeletonema (foto IMARES), Rhodomonas (cfb.unh.edu) en Isochrysis (aquaculture.ifremer.fr).



Fig. 2. Voorbeelden van kweeksystemen die momenteel in binnendijkse aquacultuur rond de Oosterschelde worden gebruikt. Van links naar rechts en van boven naar beneden: visvijver van Zeeuwse Tong, algenvijver van Zeeland Aquacultuur, algenkweek hatchery Roem van Yerseke, recirculatiesystemen IMARES.

4.2. Concentraties nabij lozingspunt

Aan de hand van het immissiemodel van Rijkswaterstaat (Lieveense, 2007) is berekend wat de concentratie is van stoffen die geloosd worden. Hierbij is uitgegaan van een "worst-case" situatie, dat wil zeggen het hoogste debiet en de laagste verdunning. Bij een debiet van 600 m³/uur en een lozing bij Bruinisse komt dit op een verdunningsfactor van 1210 (Fig. 3). In tabel 2 zijn berekeningen van de maximale concentraties in de Oosterschelde weergegeven. Voor de nutriënten stikstof en fosfaat is uitgegaan van de maximaal vergunde concentratie. De concentratie aan schadelijke algen is gebaseerd op bemonsteringen van het Waterschap die zijn gerapporteerd in Kamermans et al (2014). De verdunde concentratie is hoger dan de toegestane grenswaarde voor DSP en PSP veroorzakende soorten (Gerssens, 2010). Bij de maximale concentratie voor geneesmiddelen is uitgegaan van de concentratie in een bad voor 24-uur behandeling. Dit is een overschatting, omdat het volume van dit bad zeer klein is ten opzichte van het totale watervolume van de kwekerij. Daarnaast is het geen continue, maar een incidentele lozing. Gegevens over concentraties aan ziektes en exoten zijn onbekend.

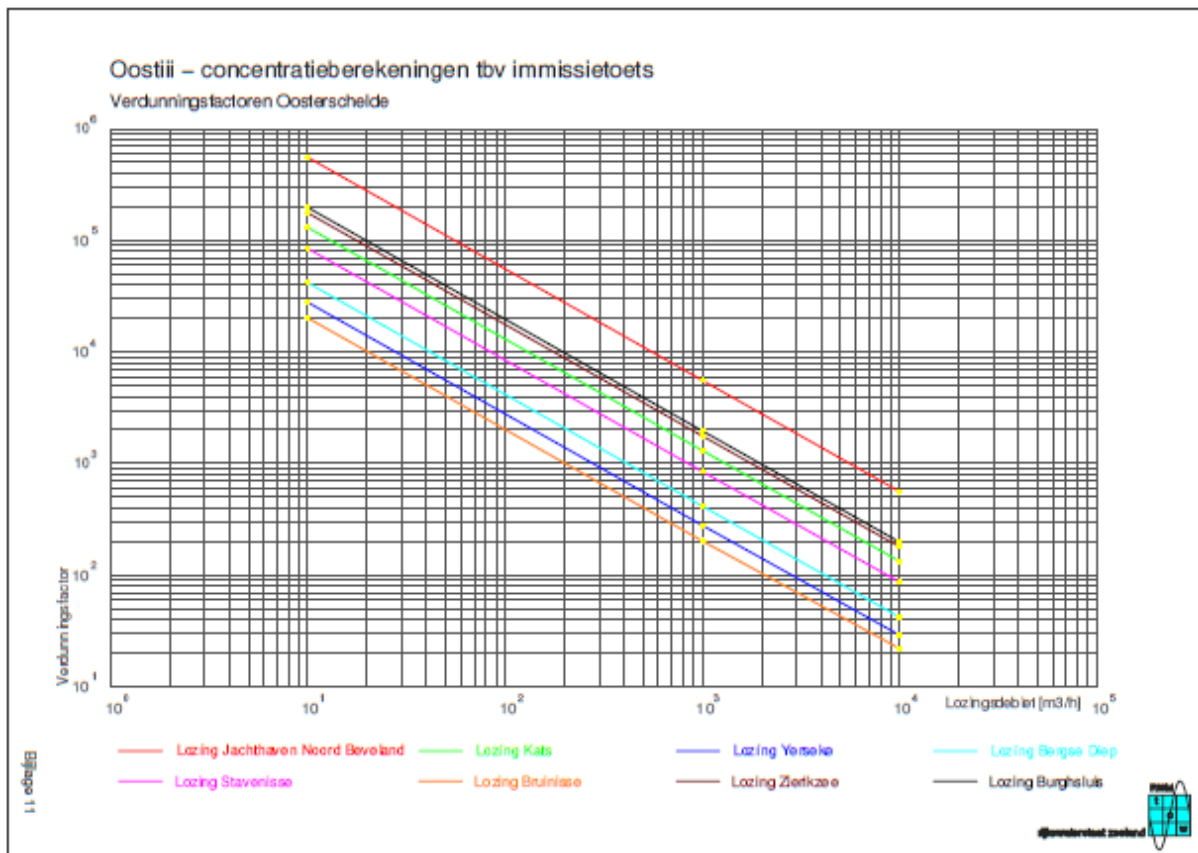


Fig. 3. Relatie tussen debiet en verdunningsfactor berekend met het emissiemodel voor verschillende locaties in de Oosterschelde. Uit: Lievense (2007).

Tabel 2. Met behulp van verdunningsfactor berekende concentraties in Oosterschelde in de nabijheid van een lozingspunt.

	Maximale bronconcentratie	Lozingsdebiet (m³/uur)	Verdunningsfactor	Concentratie na verdunning (mg/l)
N-totaal	45 mg/l*	600	1210	0,037 mg/l
P-totaal	8 mg/l*	600	1210	0,007 mg/l
Schadelijke algen	16 miljoen cellen/l**	600	1210	13.223 cellen/l
Geneesmiddelen	25 mg/l***	600	1210	<< 0.021 mg/l
Ziektes	onbekend	600	1210	onbekend
Exoten	onbekend	600	1210	onbekend

* Gebaseerd op maximaal toelaatbare concentratie volgens watervergunning.

** Gebaseerd op maximale concentratie zoals aangetroffen in Zeeuwse binnenwateren (Kamermans et al., 2014).

*** Gebaseerd op antibiotica concentratie in een bad voor incidentele 24-uur behandeling zonder rekening te houden met verhouding volume bad ten opzichte van totale watervolume kwekerij (persoonlijke communicatie Olga Haenen).

4.3. Ecologische effecten van lozingen aquacultuur op Oosterschelde

Ziektes

Ziektes die bij binnendijks gekweekte oesters en mosselen aanwezig kunnen zijn (de parasieten *Bonamia ostreae* *Polydora* sp., de bacteriën *Nocardia crassostreae* en *Vibrio splendidus* en *V. aestuarianus*, en het OsHV-1 virus) zijn ook aanwezig in de Oosterschelde. Omdat bij *Bonamia* de besmetting waarschijnlijk plaatsvindt door directe overdracht van oester op oester (Haenen et al., 2011) is de kans op verspreiding vanuit binnendijkse aquacultuur gering.

Nocardia crassostreae leeft van dode dieren en houdt zich op in de bodem van waaruit het de schelpdieren kan infecteren (Haenen et al., 2011). Verspreiding van *Nocardia* buiten de kweekbassins via het lozingswater lijkt daarom niet waarschijnlijk. De aanwezigheid van *Vibrio* bacteriën beperkt zich waarschijnlijk tot de hatchery. Een aangetaste batch larven wordt vernietigd om verdere besmetting in de hatchery tegen te gaan. *Polydora* bevindt zich in oesterschelpen, maar larven verspreiden zich via het water. Binnendijkse aquacultuur kan hierdoor een bron van besmetting zijn. *Polydora* wordt ook aangetroffen in gekweekte oesters in de Oosterschelde. In 2013 was 40% van de oesters op de Yerseke Bank besmet (Engelsma & Haenen, 2014). Omdat de teelt van oesters binnendijks een relatief kleine schaal heeft ten opzichte van de teelt in de Oosterschelde wordt vergroting van besmetting met *Polydora* in de Oosterschelde door lozingswater afkomstig vanuit binnendijkse aquacultuur zeer klein geacht.

Het OsHV-1 virus heeft een gastheer (de oester) nodig om zich te vermenigvuldigen. De overdracht van het virus gaat via het zeewater van oester naar oester. Daarnaast zal het virus zich waarschijnlijk ook kunnen verspreiden via materialen als netten of mandjes. Stervende en dode oesters geïnfecteerd met het virus geven grote aantallen virusdeeltjes vrij aan de omgeving. Buiten de oester is het virusdeeltje voor verspreiding afhankelijk van stroming. Onder experimentele omstandigheden werd het virus bij 4 °C na 22 dagen nog aangetroffen in het zeewater, maar bij 20 °C na 16 dagen niet meer (Vigneron et al., 2004). Sinds 2010 is het OsHV-1 virus aanwezig in jonge Japanse oesters uit de Oosterschelde (Engelsma, 2010). De teelt van oesters binnendijks heeft een relatief kleine schaal ten opzichte van de teelt in de Oosterschelde. Vergroting van de sterfte door besmetting met het OsHV-1 virus in de Oosterschelde door lozingswater afkomstig vanuit binnendijkse aquacultuur wordt daarom zeer klein geacht.

Visziekten veroorzaakt door bacteriën en parasieten zullen bestreden worden in de kwekerij. De kans op verspreiding via lozingswater is hierdoor klein. Bij vissen gaat het om andere soorten dan bij schelpdieren. Daarnaast is overdracht van visziekten op schelpdieren niet te verwachten (persoonlijke communicatie Olga Haenen).

Geneesmiddelen

Geneesmiddelen worden zeer sporadisch toegepast in de binnendijkse aquacultuur. De concentratie aan geneesmiddelen in water dat geloosd wordt zal waarschijnlijk nihil tot zeer laag zijn (Tabel 2). Ecologische effecten van lozing van resten van geneesmiddelen worden daarom niet verwacht.

Nutriënten

De gemiddelde stikstofconcentratie in de Oosterschelde varieert van 0,01 in de zomer tot 0,8 mg/l in de winter en de fosfaatconcentratie van 0,01 in het voorjaar tot 0,06 mg/l in het najaar (www.waterbase.nl). Een toename bij het lozingspunt van respectievelijk 0,037 mg/l en 0,007 mg/l zou alleen lokaal een effect kunnen hebben en dan alleen op het moment van de laagste waarden (in het voorjaar voor fosfaat en de zomer voor stikstof). De verhoogde nutriëntenconcentraties kunnen algengroei stimuleren. Het is wel de vraag welke algen zullen profiteren van de extra nutriënten. Door de hoge biomassa aan schelpdieren in de Oosterschelde is de graasdruk op de microalgen die voor schelpdieren van belang zijn, hoog (Smaal et al, 2013). De toevoer van extra nutriënten uit lozingswater komt dan eerder ten goede aan algen die te klein (picoplankton) of te groot (zeesla) zijn voor de schelpdieren.

Schadelijke algen

In gebieden waar licht in voldoende mate aanwezig is, kunnen nutriëntenverhoudingen een belangrijke rol spelen in de samenstelling van de microalgengemeenschap en de dominantie van bepaalde groepen (Harrison en Turpin, 1982; Hecky en Kilham, 1988; Yusoff e.a., 2002; Hu e.a., 2011). Diatomeeën domineren (tot 80% van de totale microalgengemeenschap) doorgaans in mariene systemen waar silicaat niet limiterend is (Egge, 1998; Rabalais, 2010; Hu e.a., 2011). Een relatief hoog aanbod van stikstof ten opzichte van fosfaat (hoge N:P ratio) is in het voordeel van langzaam groeiende soorten (Skjodal, 1993). In combinatie met silicaat limitatie (na de voorjaarsbloei van diatomeeën) zal dit doorgaans leiden tot een microalgengemeenschap die is gekarakteriseerd door flagellate- en dinoflagellate algen waaronder mogelijk toxische algen en cyanobacteriën (Rabalais, 2010).

Een van de algensoorten die toxines kan bevatten is de dinoflagellaat *Alexandrium ostenfeldii*. Deze soort bereikte in de zomer van 2012 hoge concentraties in de Ouwerkerkse kreek en werd daarna ook aangetroffen in de nabijheid van het lozingspunt van de kreek in de Oosterschelde (Kamermans et al 2013). Er is nog relatief weinig bekend over omstandigheden waaronder de bloei (hoge concentraties) van *Alexandrium ostenfeldii* optreedt. Over de rol van nutriënten voor de groei van *Alexandrium*-soorten is uit experimenten bekend dat opgelost organisch stikstof afkomstig van afbrekende diatomeeën de groei van *Alexandrium catenella* meer kan stimuleren dan anorganisch stikstof (Loureiro et al., 2009). Organisch fosfaat aanwezig in adenosine trifosfaat of guanosine difosfaat kan de groei van sommige *Alexandrium* soorten significant versnellen (Matsuda et al., 1999). *Alexandrium ostenfeldii* is daarnaast ook in staat om organismen als voedsel op te nemen (Jacobson and Anderson, 1996) en is dus mixotroof.

De soort *Alexandrium* heeft de eigenschap om te groeien in zowel nutriënten-rijk water als relatief schoon water en water waar de nutriënten uitgeput zijn. Het is daarom moeilijk om te bepalen wat *Alexandrium* nodig heeft aan nutriënten en welke nutriënten afhankelijke mechanismen er nodig zijn om individuele soorten te laten groeien (Anderson et al., 2012 en de referenties daar in). Hakanaen et al. (2012) konden geen relatie vinden tussen de nutriëntendynamiek en *A. ostenfeldii* celaantallen tijdens de bloei in de Baltische zee in 2009 en 2010. Opgelost anorganisch stikstof (DIN) concentraties waren relatief laag tijdens de bloeiperodes (de hoogste waarden die gemeten werden tijdens 2 jaar waren 0,054 mg NO₂+NO₃-N L⁻¹ en 0,041 mg NH₄-N L⁻¹) terwijl de fosfaat vrij hoog was (6-15 mg PO₄-P L⁻¹). Ze stelden voor dat *A. ostenfeldii* kon blijven groeien door gebruik te maken van fosfaatresidu bij een laag nitraatniveau; door gebruik te maken van een compensatie strategie en te groeien met lage anorganische nutriënten concentraties (cellulaire opslag van nutriënten; mixotrofie); of er wordt gebruik gemaakt van opgelost of vaste organische nutriënten; of er wordt effectief gebruik gemaakt van de nutriënten beschikbaar door hun verdediging tegen hun rivalen.

Dezelfde compensatie strategie kan aanwezig zijn geweest bij de *Alexandrium catenella/tamarensis* bloei die optrad in Thau Lagoon in de periode 2000-2007. Laanaia et al. (2013) vonden tijdens de onderzochte jaren DIN waarden die ver onder de 140 mg L^{-1} lagen en fosfaatconcentraties tussen $7,75$ en $108,5 \text{ mg L}^{-1}$. Opgelost organisch stikstof (DON) waarden liepen van 252 tot 504 mg L^{-1} . De verscheidenheid aan nutriëntenbronnen die gebruikt worden door *Alexandrium* zou het gebrek aan relatie tussen conventionele nutriënten kunnen verklaren (nitraat en fosfaat). Het onderzoek door Collos et al., (2014) ondersteunde de hypothese dat deze organismen DON direct kunnen gebruiken toen ze een toename zagen van *A. catenella/tamarensis* in hetzelfde gebied met afnemende DON waarden.

Er zijn echter verschillende publicaties waar er een link te zien is tussen nutriëntenconcentraties en toenemende *Alexandrium spp.* cel dichtheid. Tijdens een intense (meer dan $33 \cdot 10^6 \text{ cel L}^{-1}$) *A. minutum* bloei in Penzé estuarium (Frankrijk) stelde Maguer et al., (2004) vast dat de totale benodigde NO_3 , NH_4 , en PO_4 van de bloei 2576 mg N L^{-1} , 350 mg N L^{-1} en 620 mg P L^{-1} was, met de hoogste opname snelheid van $602 \text{ mg N L}^{-1}\text{d}^{-1}$, $84 \text{ mg N L}^{-1}\text{d}^{-1}$ en $149 \text{ mg P L}^{-1}\text{d}^{-1}$. De auteurs kwamen tot de conclusie dat het belangrijk was om een NO_3 bron te hebben, maar dat de warme condities in de waterkolom de bloei hebben veroorzaakt. Armi et al., (2011) verbonden de 2007 *A. tamarensis* bloei in het Noordelijke meer van Tunis aan hoge NH_4^+ concentraties ($659,4 \text{ mg L}^{-1}$) en lage NO_3^- concentraties ($7,7 \text{ mg L}^{-1}$). In tegenstelling, de 2008 *A. catenella* bloei kwam tot uitdrukking toen NO_3^- waarde hoog was ($30,1 \text{ mg L}^{-1}$) en NH_4^+ relatief laag ($117,32 \text{ mg L}^{-1}$). De PO_4 had soortgelijke waarden voor de bloeiperiode ($1,55$ en $2,17 \text{ mg L}^{-1}$).

Love et al. (2005) vond een algemene trend van afnemende DIN concentraties met een toenemende *A. fundyense* celdichtheid in de golf van Maine tijdens de bloei van 1998 en 2000. Grotere DIN concentraties in het oppervlakte water voor de bloei in 2000 (70 - 140 mg L^{-1}) kan gedeeltelijk verklaren waarom de *A. fundyense* populatie lager was in 2000 in vergelijking met 1998 (42 - 84 mg L^{-1}). Op de top van de bloei van *A. fundyense* waren DIN concentraties beide jaren minder dan 14 mg L^{-1} . Fosfaat liet een soortgelijke trend zien als die van DIN met maximum concentraties aan het begin van het seizoen ($27,9 \text{ mg L}^{-1}$) en afnemende concentraties terwijl de bloei zijn maximum dichtheid bereikte ($9,3 \text{ mg mol L}^{-1}$).

Nutriënten en hun concentratieverhoudingen spelen een rol bij fytoplankton populaties, maar er zijn andere factoren die belangrijker of dominanter zijn zoals hydrodynamica. Hydrodynamica kan op verschillende manieren invloed hebben. Factoren zoals de kracht van verticaal menging en de invloed hiervan op de belichting die het fytoplankton ondervindt, zijn belangrijk en tijdelijke patronen van stratificatie hebben ook invloed op de opvolging van verschillende soorten fytoplankton. Nutriëntentoevoer kan groei stimuleren maar fytoplanktonbiomassa kan verdund of verwijderd worden door verspreiden door stroming of consumptie door plankton en benthische organismen (Davidson et al., 2014).

Een vergelijking van de gevolgen van eutrofiering tussen twee havens in Hong Kong (Victoria haven en Tolo haven) met erg verschillende hydrodynamische condities is uitgevoerd door Xu et al (2010). Victoria haven krijgt een hoge toevoer van rioolwater en is daarom erg rijk in nutriënten. De hoogste chlorofyl waarden waren gemeten tijdens een periode van sterke stratificatie, maar de hoge doorstromingsnelheid van dit gebied beperkte het gebruik van nutriënten en verdere ophoping van algenbiomassa. Tolo Haven heeft daarentegen een lage doorstromingsnelheid met lange stratificatieperioden, lange verblijftijden en zwakke getijstromen die algengroei en -bloei bevorderen.

De te verwachten nutriëntenconcentraties nabij het lozingspunt van binnendijkse aquacultuur (Tabel 2) zijn dusdanig laag dat niet verwacht wordt dat deze het ontstaan van een bloei van toxische dinoflagelaten in de Oosterschelde gaan stimuleren.

In de binnendijkse kweekbassins kunnen de concentraties van anorganisch en organisch stikstof mogelijk wel hoog zijn. Dit zou kunnen leiden tot een bloei. Een belangrijke factor die in de meeste studies in verband wordt gebracht met het ontstaan van een toxische dinoflagellaten bloei is dat het water kalm is (Kamermaans et al., 2013). In binnendijkse kweekbassins is het water veelal in beweging om de organismen van voedingsstoffen en zuurstof te voorzien. Dit verkleint de kans op het ontstaan van een bloei.

Als de omstandigheden slecht zijn, bijvoorbeeld als er weinig voedingsstoffen zijn of te weinig licht, verandert de levenscyclus van sommige soorten dinoflagellaten drastisch (Anderson, 1998). Het organisme gaat in een soort winterslaap (zogenaamde rustende cyst) in de bodem waarin het zijn voorraden vetten verbruikt. De rustende cysten zijn bestand tegen extreme omstandigheden. Levende cysten kunnen zelfs gevonden worden in sediment dat is blootgesteld aan de lucht (Hallegraeff et al 2003). Zuurstofloze condities beïnvloeden de kieming van de cysten negatief, maar niet hun levensvatbaarheid (Anderson et al., 1987). Als de omstandigheden weer gunstiger zijn, komen deze dinoflagellaten weer vrij in het water. Dit betekent dat nadat een bloei is opgetreden in een binnendijks gebied de kans groter is dat deze opnieuw zal plaatsvinden op die locatie.

Uit bovenstaand overzicht blijkt dat er geen duidelijk verband bestaat tussen het ontstaan van bloeien van toxische algen en de aanwezigheid van verhoogde concentraties anorganisch stikstof en fosfaat. Weinig waterbeweging kan wel een factor zijn die een bloei stimuleert. Nadat een bloei heeft plaatsgevonden kunnen cysten aanwezig blijven die onder gunstige omstandigheden weer voor een nieuwe bloei kunnen zorgen.

Exoten

Bij de tot nu toe binnendijks gekweekte soorten komt het uitgangsmateriaal ofwel uit een hatchery ofwel uit de Oosterschelde. De kans dat exoten aanwezig zijn is dan zeer klein. Wanneer broed en pootvis worden verkregen uit ander buitenwater is de kans groter. In die gevallen worden de ecologische effecten getoetst in het kader van de exotenverordening en de Natuurbeschermingswet.

4.4. Mogelijke mitigerende maatregelen

Ziektes

Voorkom ziektes zoveel mogelijk door goed management en preventie. Elston et al. (2008) geeft verschillende technieken voor management en preventie van bacteriële besmettingen in schelpdierhatcheries. Het OsHV-1 virus is buiten de gastheer gevoelig voor hoge temperaturen, chemicaliën en zonlicht (UV). Uitbraken kunnen dus gecontroleerd worden met quarantaine maatregelen inclusief UV- en filtratie-technieken (Renault, 2011). Voor organismen die zich ophouden in de bodem, zoals *Nocardia* en *Polydora*, zal kweek van de bodem af, op rekken of in manden, en laten droogvallen de infectiedruk waarschijnlijk doen verminderen (Haenen et al, 2011).

Geneesmiddelen

Gebruik zo min mogelijk geneesmiddelen.

Nutriënten

Toepassing van de gebruikelijke zuiveringstechnische voorzieningen (bijvoorbeeld biofilters in recirculatiesystemen) is voldoende om lage concentratieniveaus te bereiken in het geloosde afvalwater. Effecten in het ontvangende oppervlaktewater worden niet verwacht.

Schadelijke algen

Zorg voor voldoende waterbeweging. Over het algemeen wordt dit al toegepast in de bassins om de te kweken organismen van nutriënten en zuurstof te voorzien. In bepaalde delen van de kwekerij, bijvoorbeeld een ringsloot, kan de waterbeweging minder zijn. Daar wordt monitoring van de microalgen in het water aanbevolen en het installeren van een voorziening die waterbeweging kan creëren indien toxische algen worden aangetroffen. Deze techniek is echter nog niet in praktijk getest. Daarom wordt ook aanbevolen om als noodmaatregel een fysische methode, zoals een H₂O₂ behandeling, paraat te hebben. Indien na deze maatregelen toch water met toxische algen geloosd gaat worden op de Oosterschelde is het van belang de schelpdiersector tijdig te informeren. Het lozingsregime kan worden afgestemd op de getijdebeweging zodat lozing direct via een mosselperceel kan worden voorkomen.

Exoten

Gebruik van inheemse soorten uit lokale bronpopulaties sluit introductie van exoten uit. Wanneer exoten worden gekweekt of gehouden in recirculatiesystemen kan het water met UV en ozon worden behandeld voor het wordt geloosd.

5. Conclusies

Op basis van de quick-scan zijn onderstaande vragen beantwoord.

Kan een lozing vanuit binnendijkse aquacultuur schadelijke ecologische effecten veroorzaken in het zoute oppervlaktewater?

Als gevolg van een lozing vanuit binnendijkse aquacultuur kunnen schadelijke ecologische effecten in het zoute oppervlaktewater van de Oosterschelde optreden. Dit geldt echter alleen in uitzonderlijke gevallen en onder specifieke omstandigheden indien er geen maatregelen zijn getroffen ter voorkoming hiervan. Aquacultuur kent vele uitvoeringsvormen waardoor de risico's van geval tot geval moeten worden bekeken.

Waardoor worden de schadelijke effecten veroorzaakt?

Zonder voorzorgsmaatregelen kunnen schadelijke effecten worden veroorzaakt door lozing van ziekteverwekkers, toxische algen of larven van exoten. Pathogenen die al volop in de Oosterschelde aanwezig zijn zullen niet worden beïnvloed door het lozingswater.

Zo ja, hoe groot is de kans hierop?

De kans op lozing van ziekteverwekkers, toxische algen of larven van exoten is zeer klein. Het management van de kwekerij is gericht op het voorkomen en behandelen van ziekten of het ontstaan van toxische algenbloeien omdat dit negatieve gevolgen heeft voor de productie. Daarnaast is het houden van exoten gebonden aan richtlijnen die zijn vastgelegd in de Exotenverordening en de Nb-wet. En tenslotte zijn door verdunning de concentraties van deze risicofactoren op enige afstand van het lozingspunt zeer laag.

Wat kunnen dan deze ecologische effecten zijn?

In het uitzonderlijke geval dat ondanks voorzorgsmaatregelen toch ziekten, toxische algen of larven van exoten worden geloosd, zal het ecologische effect klein zijn door verdunning in het Oosterscheldewater. Bij teelt van inheemse soorten zijn de ziekten dezelfde als die al in de Oosterschelde aanwezig zijn. Lozing kan mogelijk de concentratie aan ziektekiemen lokaal verhogen, maar de verdunning van de ziektekiemen zal aanzienlijk zijn. De meeste tot nu toe in zoute binnendijkse wateren gevonden soorten toxische algen komen ook in de Oosterschelde voor, maar kunnen lokaal in concentraties voorkomen die het tijdelijk stoppen van levering van schelpdieren aan de veiling tot gevolg hebben. De binnendijkse teelt van exoten kan een bron zijn van verspreiding van deze exoot indien geen UV- en ozonbehandeling van het lozingswater wordt toegepast.

Na hoeveel tijd of afstand van het lozingspunt zijn deze effecten door b.v. verdunning niet meer aanwezig?

In de Quick-scan is uitgegaan van de immissietoets die gebruik maakt van het 2 dimensionaal waquamodel OOSTIII. Door het debiet van de lozing en de getijdeweging zijn de concentraties die worden verwacht in de Oosterschelde in de nabijheid van een lozingspunt zeer laag. Tijd en afstand bij een debiet van 600 m³ per uur zijn niet uitgewerkt in het immissietoets rapport (Lievense, 2007), dus voor het beantwoorden van deze vraag moeten aparte runs worden uitgevoerd.

Is onder voorwaarden vanuit ecologisch risicoperspectief een lozing met potentieel schadelijke ecologische effecten toe te staan?

Ja, als het bedrijf aan specifieke voorwaarden (treffen van mitigerende maatregelen) voldoet.

Zo ja, aan welke voorwaarden moet het bedrijf dan voldoen?

De voorwaarden betreffen het voorkomen ziektes door goed management en preventie, monitoren van algenontwikkeling in langzaam stromend en stilstaand water, in combinatie met toepassen van waterbeweging of een fysische methode zodra een potentieel toxische soort wordt aangetroffen en het gebruik van UV- en ozon-technieken bij de teelt van exoten.

6. Kwaliteitsborging

IMARES beschikt over een ISO 9001:2008 gecertificeerd kwaliteitsmanagementsysteem (certificaatnummer: 124296-2012-AQ-NLD-RvA). Dit certificaat is geldig tot 15 december 2015. De organisatie is gecertificeerd sinds 27 februari 2001. De certificering is uitgevoerd door DNV Certification B.V. Daarnaast beschikt het chemisch laboratorium van de afdeling Vis over een NEN-EN-ISO/IEC 17025:2005 accreditatie voor testlaboratoria met nummer L097. Deze accreditatie is geldig tot 1 april 2017 en is voor het eerst verleend op 27 maart 1997; deze accreditatie is verleend door de Raad voor Accreditatie.

Referenties

- Anderson, D.M., Kulis, D.M., Binder, B.J., 1984. Sexuality and cyst formation in the dinoflagellate *Gonyaulax tamarensis*, cyst yield in batch cultures. *Journal of Phycology* 20:418-425
- Anderson, D.M., Taylor, C.D., Armbrust, E.V., 1987. The effects of darkness and anaerobiosis on dinoflagellate cyst germination. *Limnology and Oceanography* 32: 340-351
- Anderson, D.M., 1998. Physiology and bloom dynamics of toxic *Alexandrium* species, with emphasis on life cycle transitions. In: Anderson, D.M.; Cembella, A.D.; Hallegraeff, G.M., editors. *The Physiological Ecology of Harmful Algal Blooms*. Springer-Verlag; Heidelberg. p. 29-48.
- Anderson, D. M., Alpermann, T. J., Cembella, A. D., Collos, Y., Masseret, E., Montresor, M., 2012. The globally distributed genus *Alexandrium*: multifaceted roles in marine ecosystems and impacts on human health. *Harmful algae* 14: 10-35
- Armi, Z., A Milandri, A., S Turki, S., Hajjem, B., 2011. *Alexandrium catenella* and *Alexandrium tamarense* in the North Lake of Tunis: bloom characteristics and the occurrence of paralytic shellfish toxin. *African Journal of Aquatic Sciences* 36(1): 47-56
- Banning, P van (1991) Observations on Bonamiasis in the stock of the European flat oyster, *Ostrea edulis*, in the Netherlands, with special reference to recent developments in Lake Grevelingen. *Aquaculture* 93: 205-211.
- Collos, Y., Jauzien, C., Ratmaya, W., Souchu, P., Abadie, E., Vaquer, A., 2014. Comparing diatom and *Alexandrium catenella/tamarense* blooms in Thau lagoon: Importance of dissolved organic nitrogen in seasonally N-limited systems. *Harmful Algae* 37: 84-91
- Davidson, K., Gowen, R. J., Harrison, P.J., Fleming, L.E., Hoagland, P., Moschonas, G., 2014. Anthropogenic nutrients and harmful algae in coastal waters. *Journal of Environmental Management* 146: 206-216
- Egge, J. K. (1998) Are diatoms poor competitors at low phosphate concentrations? *Journal of Marine Systems* 16: 191-198
- Elston, R.A., H. Hasegawa, K.L. Humphrey, I.K. Polyak, C.C. Häse (2008) Re-emergence of *Vibrio tubiashii* in bivalve shellfish aquaculture: severity, environmental drivers, geographic extent and management. *Dis. Aquat. Organ.* 82: 119-134.
- Engelsma, M.Y. (2010) Verslag monitoring oester herpesvirus 2010; Resultaten van onderzoek naar de aanwezigheid van oester herpesvirus in Japanse oesters van het Grevelingenmeer en de Oosterschelde. CVI-rapport 10/CVI0378, Centraal Veterinair Instituut, Lelystad
- Engelsma M.Y. & O.L.M. Haenen (2014) Jaarverslag schelpdierziekten 2013
- Gerssen, A., Pol-Hofstad, I.E., Poelman, M., Mulder, P. P. J., van de Top, H. J., de Boer, J., 2010. Marine toxins: chemistry, toxicity, occurrence and detection, with special reference to the Dutch situation. *Toxins* 2: 878-904
- Haenen, O., M. Engelsma, S. van Beurden (2011) Ziekten van vissen, schaal- en schelpdieren van belang voor de Nederlandse aquacultuur.
- Hallegraeff, G.M., Anderson, D.M., Cembella, A.D., 2003. *Manual on harmful marine microalgae*. Monographs on oceanographic methodology 11, 793 pp.
- Hakanen, P., Suikkanen, S., Franzén J., Franzén, H., Kankaanpää, H., Kremp, A., 2012. Bloom and toxin dynamics of *Alexandrium ostenfeldii* in a shallow embayment at the SW coast of Finland, northern Baltic Sea. *Harmful Algae* 15, 91-99
- Harrison, P. J., D. H. Turpin (1982) The manipulation of physical, chemical and biological factors to select species from natural phytoplankton communities. *Marine Mesocosm*: 275-289
- Hecky, R. E., P. Kilham (1988) Nutrient limitation on phytoplankton in freshwater and marine environment. A review of recent events on the effects of enrichment. *Limnology and Oceanography* 33: 796-822
- Hu, H., J. Zhang, W. Chen (2011) Competition of bloom-forming marine phytoplankton at low nutrient concentration. *Journal of Environmental Sciences* 23: 656-663

- Jacobson, D.M., Anderson, D.M., 1996. Widespread phagocytosis of ciliates and other protists by marine mixotrophic and heterotrophic thecate dinoflagellates. *Journal of Phycology* 32: 279–285
- Kamermans, P., A. Blanco en M. Poelman (2013) Risico beoordeling opbloei *Alexandrium ostenfeldii* in het Kustlaboratorium en mitigerende maatregelen, Rapport nummer: C161/13
- Lievense, P. (2007) Immissietoets voor de Oosterschelde Aanvullende berekeningen met OOSTIII Rapport ZLMID-07.001
- Loureiro, S., Garcés, E., Collos, Y., Vaqué, D., Camp, J., 2009. Effect of marine autotrophic dissolved organicmatter (DOM) on *Alexandrium catenella* in semi-continuous cultures. *J Plankton Research* 31: 1363–1372.
- Love, R.C., Loder, T.C., Keafer, B.A., 2005. Nutrient conditions during *Alexandrium fundyense* blooms in the western Gulf of Maine, USA. *Deep-Sea Research II* 52: 2450-2466
- Maguer, J.F., Wafar, M., Madec, C., Morin, P., Erard-Le Denn, E., 2004. Nitrogen and phosphorus requirements of an *Alexandrium minutum* bloom in the Penzé Estuary, France. *Limnology and Oceanography* 49(4): 1108-1114
- Matsuda, A., Nishijima, T., Fukami, K., 1999. Effects of nitrogenous and phosphorus nutrients on the growth of toxic dinoflagellate *Alexandrium catenella*. *Nippon Suisan Gakkaishi* 65: 847–855
- Paillard, C. (2004) A short-review of brown ring disease, a vibriosis affecting clams, *Ruditapes philippinarum* and *Ruditapes decussatus*. *Aquat. Living Resour.*: 17, 467–475.
- Paillard, C., F. Le Roux, J.J. Borrego (2004) Bacterial disease in marine bivalves, a review of recent studies: Trends and evolution. *Aquat. Living Resour.*: 17, 477–498.
- Rabalais, N. N. (2010) Eutrophication of estuarine and coastal ecosystems *Environmental Microbiology*. Second Edition (eds R. Mitchell and J. D. Gu), John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, NJ, USA
- Renault T (2011) Viruses infecting marine molluscs. In: Hurst CJ (ed) *Studies in Viral Ecology: Animal Host Systems*. John Wiley & Sons, Inc.
- Skjoldal, H. R. (1993) Eutrophication and algal growth in the North Sea in N. F. R. DellaCroce, ed. *Proceedings from: Symposium Mediterranean Seas*, Istituto Science Ambientale Marine Santa Margherita Ligure Genova, Italy.
- Smaal A.C., T. Schellekens, M.R. van Stralen, J.C. Kromkamp (2013) Decrease of the carrying capacity of the Oosterschelde estuary (SW Delta, NL) for bivalve filter feeders due to overgrazing? *Aquaculture* 404–405: 28–34.
- Vigneron, V., Sollic G., Montaine H., et al. (2004) Detection of Ostreid Herpesvirus (OsHV-1) DNA in seawater by PCR: influence of water parameters in bioassays. *Dis. Aquat. Organ.* 62: 35-44.
- Xu, J., Yin, K., Liu, H., Lee, J.H.W., Anderson, D.M., Ho, A.Y.T., Harrison, P.J., 2010. A comparison of eutrophication impacts in two harbours in Hong Kong with different hydrodynamics. *Journal of Marine Systems* 83: 276-286
- Yusoff, F. M., M. S. Zubaidah, H. B. Matias, T. S. Kwan (2002) Phytoplankton succession in intensive marine shrimp aquaculture ponds. *Aquaculture Research* 33: 269-278.

Verantwoording

Rapport : C032/15
Projectnummer : 4303107001

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

Akkoord: Prof. dr. A.C. Smaal
Senior onderzoeker

Handtekening:



Datum: 18 februari 2015

Akkoord: Dr. Ing. R.E. Trouwborst
Hoofd afdeling Delta

Handtekening:



Datum: 18 februari 2015