

Proef Natuurlijk Sluisbeheer

De resultaten, conclusies en aanbevelingen



Een project van:



Rijkswaterstaat
Ministerie van Verkeer en Waterstaat



for a living planet®



Nederlandse
Oestervereniging



Uitgevoerd door:



WANNINGEN
WATER CONSULT



LINKIT CONSULT



WAGENINGEN UR
For quality of life

Inhoudsopgave

Samenvatting	3
1. Inleiding	8
1.1 Achtergrond	8
1.2 Waarom is het belangrijk en wat is de potentie?	9
1.3 Initiatie door een publiek – privaat - maatschappelijk partnership	14
1.4 Doelstellingen	14
1.5 Locaties	14
1.6 Projectorganisatie	15
2. De opzet van de proef Natuurlijk Sluisbeheer	17
2.1 Onderdelen van het project in 2009 en 2010	18
2.2 De randvoorwaarden voor de uitvoer van de proef	19
3. De resultaten van het project	21
3.1 Technische ervaringen met Natuurlijk Sluisbeheer	21
3.2 Effecten op de waterkwaliteit	23
3.2.1 Meetpunten waterkwaliteit	23
3.2.2 Resultaten voor de waterkwaliteit op het Volkerak-Zoommeer	26
3.2.3 Resultaten voor de waterkwaliteit op de Oosterschelde	27
3.3 Effecten op de vissen	31
3.3.1 Vissen voor en achter de sluizen	31
3.3.2 Vismigratie door de sluizen	34
3.3.3 Glasaalintrek	36
3.3.4 Visaanbod Bergsediepsluis	37
3.3.5 Effecten aangepast sluisbeheer op kreeft	37
3.4 Effecten op de schelpdieren	38
3.4.1 De opzet de proef met de schelpdieren	38
3.4.2 De resultaten van de schelpdierenproef bij de Krammersluizen	39
3.4.3 De resultaten van de schelpdierenproef bij de Bergsediepsluis	44
3.4.4 Effecten op de mosselen van Landa	48
4. Conclusies	50
5. Aanbevelingen	56
Colofon	58
Bijlagen	59

Samenvatting

Proef Natuurlijk Sluisbeheer

Rijkswaterstaat heeft in 2009 en 2010 samen met natuurorganisaties, de schelpdiersector en de provincie Zeeland de Proef Natuurlijk Sluisbeheer uitgevoerd. Het beheer van de Bergsediepsluis en de Krammersluizen is tijdelijk aangepast, zodat er tijdens laagwater extra, zoet en voedselrijk water uit het Volkerak-Zoommeer in de Oosterschelde is gestroomd. In 2009 is er vooral geoefend met de bediening van de sluizen en is een beperkte 0-meting uitgevoerd. In het voorjaar van 2010 heeft de daadwerkelijke 3 maanden durende proef plaatsgevonden. Tijdens de proef is onderzocht welk effect het aangepaste sluisbeheer heeft op de trek van vissen, op de waterkwaliteit en op de groei van schelpdieren. De resultaten zijn leerzaam voor het herstellen van zoet-zoutovergangen in de gehele Zuidwestelijke Delta.

Samen werken aan een gezonde Zuidwestelijke Delta

Uniek aan de proef is de brede publieke, private en maatschappelijke samenwerking. Rijkswaterstaat Zeeland, Wereld Natuur Fonds, de Zeeuwse Milieufederatie, provincie Zeeland en de schelpdiersector (Roem van Yerseke B.V., Koninklijke Prins & Dingemanse B.V. en de Nederlandse Oestervereniging) hebben gezamenlijk het project gerealiseerd. Alle partijen werken aan de verbetering van de kwaliteit van de Zuidwestelijke Delta. Hoewel de effecten van de proef kleinschalig zijn, heeft de proef een grote uitstraling, omdat het accent ligt op het leren van de resultaten voor het herstellen van de zoet-zoutovergangen in de Zuidwestelijke Delta. Dit project is voor Rijkswaterstaat Zeeland onderdeel van het Kaderrichtlijn Water maatregelenpakket met als doel na te gaan of van de harde zoet-zout overgang een geleidelijker zoet-zout overgang is te maken.

Wat is Natuurlijk Sluisbeheer?

De Bergsediepsluis en de Krammersluizen zijn in de huidige situatie door de harde scheiding tussen zoet- en zoutwater belangrijke ecologische knelpunten. Ook vanuit de schelpdiersector is er belang bij een sterkere koppeling met het riviersysteem. Met Natuurlijk Sluisbeheer wordt hier beoogd:

- Een zoet – zout overgang te creëren als ecologische koppeling tussen het zoete Volkerak-Zoommeer en de zoute Oosterschelde;
- Een goede vismigratievoorziening te realiseren voor trekvis, welke migreren tussen zoete en zoute watersystemen, zoals de Aal, Zalm en Driedoornige stekelbaars. Vele trekvis zijn beschermde diersoorten;
- Meer voedselrijk zoet water op de Oosterschelde te spuien zodat de productieomstandigheden voor de schelpdiersector verbeteren.
- Een inspirerend voorbeeldproject te realiseren met als doel kennis te krijgen van zoet-zoutovergangen in de Zuidwestelijke Delta. Dit ook met het oog op toekomstige veranderingen als gevolg van een zout Volkerak-Zoommeer. De proef biedt een uitgelezen kans praktische kennis te verzamelen om toe te passen bij nieuwe zoet-zoutovergangen die dan ontstaan.

Waaruit bestaat het project?

In het project zijn op 3 locaties proeven gedaan met Natuurlijk Sluisbeheer:

- Bergsediepsluis;
- Krammerjachtensluis 2 (recreatiesluis bij de Krammersluizen);

- Krammerduwvaartsluis 1 (een sluis voor de beroepsvaart). Vanwege technische beperkingen is de proef bij dit object maar beperkt gerealiseerd.

In de 3 maanden zijn concreet de volgende onderdelen uitgevoerd:

- Onder vrij verval spuien van zoet water bij laag water op de Oosterschelde;
- Bij opkomend tij het langer openhouden van de openingen in de sluizen;
- Meten van zoutgehalte in het Volkerak-Zoommeer en de Oosterschelde¹;
- Meten van het nutriëntengehalte op diverse locaties in de Oosterschelde;
- Monitoren van vis voor de sluis en die door de sluis migreert;
- Monitoring mossel en oestergroei op verschillende afstanden van de sluis; en op 2 referentielocaties;
- Monitoring van de kreeften bij de Bergsediepsluis. Meten van de aanwezigheid van kreeften nabij de Bergsediepsluis en mogelijke veranderingen in aantallen.

De resultaten

De resultaten uit de Proef Natuurlijk Sluisbeheer zijn onderstaand kort weergegeven.

- Het zoutgehalte in de putten achter de sluizen in het Volkerak-Zoommeer is beperkt toegenomen. Bij de Krammersluizen hing dit echter samen met onderhoudswerkzaamheden aan de duwvaartsluizen en is geen aantoonbare zoutlast vanwege het spuien af te leiden;
- De saliniteit in de sluizen en Oosterschelde neemt a.g.v. Natuurlijk Sluisbeheer af tot circa 6 -7 gr Cl/l maar dit effect blijft beperkt tot de havenkom;
- De toevoer van stikstof, silicium en fosfaat neemt als gevolg van Natuurlijk Sluisbeheer toe maar dit effect blijft veelal beperkt tot de havenkom;
- Er vindt een toename van de groei van Chlorofyl plaats maar de resultaten zijn niet eenduidig en daardoor moeilijk direct aan de proef te koppelen;
- In totaal zijn er 17 vissoorten gemonitord die door de sluizen migreren, dit zijn veelal diadrome trekvissen;
- In totaal zijn er 283 vissen bemonsterd die door de sluizen migreren;
- In totaal zijn 196 glasalen bemonsterd waarvan het overgrote deel bij de Bergsediepsluis. Voor de sluis werden visuele waarnemingen gedaan van veel grotere aantallen glasaal en andere scholen vissen, maar deze zijn niet terug gevonden in de vangsten.
- De groei en visuele kwaliteit van de oesters dicht bij de Krammersluizen is het best;
- De groei van de mosselen en de oesters bij de Bergsediepsluis blijft achter bij die van de Krammersluizen.

Conclusies

De belangrijkste conclusies van de Proef Natuurlijk Sluisbeheer zijn:

- **Het project was een stap vooruit in leerproces en draagvlakontwikkeling.** De samenwerking tussen de ecologen en de technische beheerders is goed verlopen en was nodig om gezamenlijk tot goede oplossingen te komen;
- **Het publiek – private – maatschappelijke partnership en communicatie zijn de sleutels tot het succes.** De gezamenlijke realisatie en communicatie van het project hebben sterk bijgedragen aan het succes van het project;

¹ Hierbij is gebruik gemaakt van de operationele peil/zout-sturing door het HMCZ. Deze monitoring is niet aangepast voor de proef Natuurlijk Sluisbeheer, gezien de relatief kleine spuidebieten in relatie tot de waterbalans van het Volkerak Zoommeer en gezien de verwachte geringe verhoging van de zoutlast op het Volkerak Zoommeer.

- **Kleinschalig proefproject met voorbeeldwerking.** De aard van het project is dat het een kleinschalig proefproject is waardoor de effecten ook kleinschalig zijn; echter wel met een sterke voorbeeldwerking;
- **Natuurlijk sluisbeheer, gedurende een beperkte periode, leidt niet tot een significant hoger zoutgehalte op het Volkerak-Zoommeer.** De toename van het zoutgehalte in het Volkerak-Zoommeer is zeer beperkt en blijft binnen de grenswaarden die binnen het waterakkoord zijn vastgelegd;
- **Bergsediepsluis is een kleinschalige locatie maar met potentie.** Binnen de huidige randvoorwaarden kan verdere optimalisatie plaatsvinden door bijvoorbeeld jaarrond Natuurlijk Sluisbeheer in te zetten;
- **Natuurlijk Sluisbeheer bij de Krammerjachtensluis werkt goed maar is alleen handmatig uitvoerbaar.** De aansturing is technisch complex waardoor de sluis tijdens de proef handmatig is bediend;
- **Natuurlijk Sluisbeheer bij de Krammerduwvaartsluis kan leiden tot een versterking van de bestaande zoet – zout overgang én tot vermindering van de schuttijd voor beroepsvaart en lager energieverbruik.** Technisch geeft deze optie nog problemen omdat het nog niet mogelijk is de bedieningssoftware aan te passen;
- **Natuurlijk Sluisbeheer leidt tot een grotere toevoer van nutriënten en silicium naar de Oosterschelde.** De toevoer van zoet water leidt tot een beperkte toename van Nitraat, Fosfaat en Silicium.
- **Natuurlijk Sluisbeheer functioneert technisch voor vis.** De methode om zoet water te spuien bij laag water en sluizen langer open te houden bij opkomend water, functioneert om vis migratie te bevorderen;



- **De lokstroom trekt meer vissen aan dan er door de sluis migreren.** Tijdens het monitoren zijn er diverse zichtwaarnemingen gedaan van vissen en scholen vis voor de sluis terwijl de migratie door de sluis vervolgens zeer beperkt was. Dit geeft aan dat de zoet water lokstroom functioneert maar dat de migratievoorziening (door de vis) nog niet als optimaal wordt beoordeeld;

- **De oesters groeien het beste in de zoet – zout overgang van de Krammersluizen.** De sterkste toename van het gewicht van de oesters vindt plaats direct achter de Krammersluizen. Daarnaast blijft de visuele kwaliteit van oesters over de periode van 3 maanden ongeveer constant;
- **De mosselen in de zoet – zout overgang doen het beter dan op de referentielocatie.** Bij de Krammersluizen geven de mosselen betere resultaten in de zoet – zout overgang dan op de referentielocatie;
- **Bij de Bergsediepsluis is de oester- en de mosselgroei lager dan bij de Krammersluizen.** In zijn algemeenheid geven de locaties bij de Krammersluizen iets betere resultaten voor de oesters en mosselen dan de Bergsediepsluis. Het lijkt er op dat de dynamiek bij de Bergsediepsluis te gering is voor de schelpdieren om goed te kunnen groeien;
- **De wetenschappelijke onderbouwing van de relatie groei schelpdieren - omstandigheden is lastig.** Het lijkt er op dat de schelpdieren beter groeien in een dynamische omgeving met instroom van zoet (nutriëntenrijk) water. Echter, een wetenschappelijke onderbouwing hiervan is op basis van de proef hiervoor niet te geven;
- **Natuurlijk Sluisbeheer heeft gedurende de proefperiode geen negatieve effecten voor de landbouw, schelpdier- en kreeftproductie.** Natuurlijk Sluisbeheer heeft geen negatieve effecten voor de landbouw aan de zijde van het Volkerak-Zoommeer omdat de toename van het zoutgehalte zeer beperkt is gebleken. Anderzijds zijn er geen negatieve effecten gevonden voor de mossel-, oester- en kreeftproductie aan de zijde van de Oosterschelde.
- **Natuurlijk Sluisbeheer is een kosteneffectieve maatregel voor ecologisch herstel.** De kosten van Natuurlijk Sluisbeheer zijn beperkt in relatie tot andere ecologische herstelmaatregelen in de Zuidwestelijke Delta omdat het veelal gaat om het aanpassen van software en slechts in beperkte mate om fysieke aanpassingen.

Aanbevelingen

Op basis van de proef worden de volgende aanbevelingen gedaan:

- **Verdere ontwikkeling kennis Natuurlijk Sluisbeheer in zoet - zoutovergangen**
Dit project is een eerste stap geweest om praktische kennis t.a.v. vismigratie door sluizen in de zoet – zout overgangen in Zeeland te ontwikkelen. Deze kennis moet verder ontwikkeld en verankerd worden;
- **PPM - samenwerking voortzetten.** De samenwerking van publieke, private en maatschappelijke organisaties in dit project smaakt naar meer! Het heeft tot een goed, aansprekend project geleid en de samenwerking verdient een vervolg;
- **Aansluiten bij andere kennisontwikkelingsprogramma's.** In de Oosterschelde zijn ook andere programma's aanwezig gericht op kennisontwikkeling van het ecologisch functioneren van de Oosterschelde, o.a. de draagkrachtstudie. Van belang is een duidelijk trekkerschap te benoemen en samenwerking vast te leggen conform de aanpak van de proef Natuurlijk Sluisbeheer;
- **Optimalisatie en inzet Natuurlijk Sluisbeheer jaarrond bij Bergsediepsluis.** Verdere optimalisatie en jaarrond inzetten van Natuurlijk Sluisbeheer bij de Bergsediepsluis. Het verdient aanbeveling het chloridegehalte in de put achter de sluis goed te bewaken en het waterstandsverschil waarbij de spui wordt gestopt te verlagen;

- **Optimalisatie Natuurlijk Spuibeheer voor de Volkeraksluizen.** De Volkeraksluizen vormen de verbinding tussen het rivierengebied en de Zeeuwse Delta. Als het Volkerak-Zoommeer verzilt, ontstaat daar een nieuwe zoet-zout overgang. Belangrijk is om in de planfase al het Natuurlijk Sluisbeheer vorm te geven door hier bij het ontwerp rekening mee te houden;
- **Implementatie Natuurlijk Sluisbeheer op andere locaties in de Zuidwestelijke Delta.** Met de ontwikkelde kennis kan Natuurlijk Sluisbeheer worden ingezet bij alle sluizen in de Zuidwestelijke Delta, bijvoorbeeld de Bathsespuisluis;
- **Monitoring en onderzoek naar groei schelpdieren, ecologische draagkracht Oosterschelde en realisatie zoet – zout overgang voorzetten.** De kennis over de ecologische draagkracht van de Oosterschelde, de groei van schelpdieren, de instroom van rivierwater en de interactie hiertussen is nog beperkt. Het verdient aanbeveling de komende jaren zowel modelstudies als praktijkproeven uit te voeren om dit beter in beeld te krijgen. Onderzoek naar de kom van de Oosterschelde dient hierbij extra aandacht te krijgen. Ook hierbij geldt dat één van de partijen het trekkerschap op zich dient te nemen en om een samenwerkingsverband aan te gaan.

1. Inleiding en achtergrond project

1.1 Achtergrond

De Zuidwestelijke Delta van Nederland: de Delta zit dicht

De Zuidwestelijke Delta van Nederland is een prachtig deltagebied waar de rivieren de Rijn, Maas en Schelde en de zee elkaar ontmoeten. Eeuwenlang is deze delta een gebied geweest met een zeer hoge productiviteit, hoge ecologische en hoge economische waarde.

Met de realisatie van de Deltawerken zijn de veiligheid van het gebied en de economische mogelijkheden voor de landbouw met sprongen vooruit gegaan maar is ook de kiem gelegd voor de achteruitgang van de delta als systeem. In de kern betekent dit dat de *getijdendynamiek en de verbinding met het riviersysteem niet de ruimte krijgen om goed te kunnen functioneren*. Kort gezegd, de Delta zit dicht. Dit heeft in het recente verleden en de huidige situatie geleid tot regionale problemen met de waterkwaliteit en achteruitgang van de gebruiksmogelijkheden voor landbouw, recreatie, natuur, visserij en de schelpdiersector. Het betreft/betrof de volgende concrete gebieden:

- Veerse Meer;
- Volkerak-Zoommeer (VZ-meer);
- Oosterschelde;
- Grevelingenmeer.

Rijkswaterstaat wil als belangrijkste beheerder van het gebied deze negatieve ontwikkeling keren. Het Veerse Meer is bijvoorbeeld in 2004 van een brak meer met veel problemen weer herontwikkeld tot een zout meer. De verbetering van de kwaliteit van water en natuur, de gebruiksmogelijkheden voor recreatie, visserij en de schelpdierenteelt, en de snelheid waarmee deze plaatsvonden, kunnen rondit als spectaculair worden beschouwd. Ze zijn een indicatie van het grote herstellend vermogen dat het deltasysteem in Zuidwest Nederland nog steeds heeft.

Een concrete proef om een aantal problemen aan te pakken

De Zuidwestelijke Delta kampt met een aantal ecologische problemen. In dit project is een concrete proef uitgevoerd om oplossingen voor een aantal van deze problemen in beeld te krijgen. Het betreffen de volgende problemen:

1. **Slechte mogelijkheden vismigratie en achteruitgang visstand.** Veel vispopulaties in de Zuidwestelijke Delta staan onder druk of zijn reeds verdwenen, zoals zalm, steur, fint, aal en driedoornige stekelbaars. Met name migrerende vissen zijn kwetsbaar omdat ze zowel het zoet water als het zout water systeem nodig hebben om hun levenscyclus te kunnen volmaken. Zijn deze niet of slecht bereikbaar dan sterft de soort uiteindelijk uit. Omdat vissen als predatoren en voedsel een belangrijk onderdeel vormen van een uitgebalanceerde voedselketen, zijn de effecten hiervan voor het gehele ecosysteem merkbaar.
2. **Gestage achteruitgang zeegras.** De algemene tendens voor het groot en klein zeegras is dat het in areaal en kwaliteit sterk achteruit gaat in de gehele Zuidwestelijke Delta.

In het Grevelingenmeer en Veerse meer is het geheel verdwenen en in de Oosterschelde zijn hier en daar nog restlocaties aanwezig. Met name op de Slikken van de Dortsman en in de Zandkreek zijn nog redelijk gezonde populatie aanwezig. Een belangrijke reden van de achteruitgang is het te hoge zoutgehalte van de Oosterschelde voor de typische estuariene plant zeegras (naast waarschijnlijk interactie met wadpieren).

3. **Schelpdierensector en visserij: afname productiviteit.** De problemen in de Zuidwestelijke Delta zijn niet beperkt gebleven tot het watersysteem, natuur en recreatie. Ook de visserij en de schelpdierensector ondervindt meer en meer de nadelige gevolgen van het niet uitgebalanceerde ecologisch systeem.

Voor de visserij is de hoeveelheid en de soorten te vangen vis in de delta de laatste decennia duidelijk afgenomen. Daarnaast is de kwaliteit van het gebied als kraamkamer voor vispopulaties in de Noordzee achteruitgegaan. Ook de schelpdierensector ondervindt de negatieve gevolgen van een te hoog zoutgehalte, een te beperkte voedselbeschikbaarheid en veel wildgroei van de Japanse Oester. Dit komt vooral tot uiting in de afname van groeisnelheid van de mosselen en oesters maar ook in de afname van de beschikbaarheid van mosselzaad.

1.2 Waarom is het belangrijk en wat is de potentie?

Het belang

Een belangrijk probleem in de Zuidwestelijke Delta is de fragmentatie van het ecologisch systeem waardoor er scherpe scheidingen zijn tussen verschillende wateren. Natuurlijke, geleidelijke zoet – zout overgangen zijn in de Zuidwestelijke Delta dan ook zeldzaam geworden. Voor veel karakteristieke planten en diersoorten uit de delta zijn deze overgangen echter essentieel.



Figuur 1 De Krammersluizen met geavanceerde zoet – zout waterscheiding

Ook voor de mossel- en oestersector zijn goede verbindingen tussen de rivier, delta en zee van groot belang.

De sector heeft er baat bij dat het natuurlijk systeem goed functioneert zodat er weer voldoende mosselzaad geproduceerd kan worden en de mosselen en oesters voldoende goed groeien. Concreet heeft de mosselzaadproductie baat bij geleidelijke zoet – zout overgangen en de mossel- en oesterproductie heeft baat bij voldoende voedselbeschikbaarheid en dynamiek.

De potentie

De potentie om de sluizen in de Zuidwestelijke Delta middels “natuurlijk sluisbeheer” te beheren, is groot. Door beperkte aanpassingen van het beheer kan de barrièrewerking van de Deltawerken fors worden verminderd. Belangrijk is dat het ook om kostenefficiënte maatregelen gaat omdat er in zijn algemeenheid geen grootschalige nieuwe infrastructuur nodig zijn maar een beperkt ander beheer van bestaande sluizen. Dit biedt de volgende mogelijkheden:

- **De Delta en de mondingen van de Maas en Rijn gaan open voor trekvis.** Bepaalde vissoorten behoeven voor het voltooien van hun levenscyclus zowel zoet als zout water (de zee en de rivieren), de zogenaamde trekvis, zoals de Aal, Zalm en Driedoornige stekelbaars. Een vrij op- en aftekbare rivier/beek en een open verbinding met de zee is noodzakelijk voor deze soorten om te kunnen overleven. Hierdoor zijn deze soorten ook kwetsbaar en gaat het met de meeste van deze soorten slecht of worden ze met uitsterven bedreigd. Door de stuwen op diverse plaatsen in de Zuidwestelijke Delta meer natuurlijk te beheren ontstaat de volgende situatie:
 - De Rijn is in één keer in geheel Nederland vrij optrekbaar voor trekvis;
 - De Maas is in één keer bijna geheel vrij optrekbaar voor trekvis;
- **De leefgebieden van andere kleine rivieren en beken die uitmonden op de Rijn en de Maas komen beschikbaar voor trekvis zoals de Aal, Zalm en Driedoornige stekelbaars.** Hiermee komt een enorm potentieel aan opgroeigebied voor vis weer beschikbaar. Dit zal een positief effect hebben op visbestanden. Dit geldt bijvoorbeeld voor de West Brabantse Mark en de Limburgse Roer, beide kleine rivieren die de laatste jaren ecologisch hersteld zijn en nu een goede kwaliteit hebben en (vrijwel) vrij optrekbaar zijn voor vis.

Het voorbeeld van de Roer, zijrivier van de Maas, wordt hier nader toegelicht. Deze is grotendeels gelegen in Duitsland en komt bij Roermond in de Maas. Deze beek heeft, mede als gevolg van herinrichtingmaatregelen, een zeer goede kwaliteit en in het Duitse deel zijn de laatste jaren jonge zalmen (smolts) uitgezet om weer een natuurlijke zalmpopulatie te ontwikkelen. Bij de aanwezige waterkrachtcentrale is tevens een vispassage aangebracht.

In de huidige situatie vindt een enkele zalm de weg terug naar de Roer om te reproduceren. Het aantal is echter te weinig om een duurzame zalmpopulatie te ontwikkelen. De sluizen in de Zuidwestelijke Delta zijn een van de belangrijkste laatste knelpunten.



De zalm die opgevisst werd uit het riviertje de Ourthe in de Ardennen. Foto J.C. Philippart, Universiteit Luik

Een zalm van drie kilo duikt op in zijrivier Maas

Het gaat beter met de zalm, dankzij vistrappen en zuiverder water. En allemaal zwemmen ze door de Nieuwe Waterweg. Op weg naar de Ardennen.

DOORNENKE BEINTEMA
ROTTERDAM, 2 NOV. De visbiologen in Luik staan paf. In de Ourthe, een zijriviertje van de Maas in de Ardennen, troffen ze onlangs een zalm aan van 74 centimeter lang en bijna 3 kilo zwaar, klaar om te paaien. Het is de eerste zalmwaarneming in de Ourthe sinds 1930.

Zalm in de Ourthe! Gaat het echt zo goed met de zalm? Het lijkt er wel op. En vrijwel alle West-Europese zalm zwemt via de Nieuwe Waterweg naar binnen, misschien al wel duizenden per jaar, aldus André Breukelaar, zalmenman bij Rijkswaterstaat. Hij hoopt dat het er ooit dertigduizend zullen zijn.

In Rijn, Maas en Waal is in de afgelopen decennia veel verbeterd voor de zalm. Het water is veel minder vervuild. Duitsland, Frankrijk en de Benelux werken samen aan het weer toegankelijk maken van de paargebieden. „Dat gebeurt onder meer in het actieplan Zalm2020”, zegt Karin Didden van stichting RAVON (Rep- tielen-, Amfibieën-, en Vissen-On- derzoek Nederland). „Door bij- voorbeeld vispassages in sluizen. Dat zijn goten waarin het water trapsgewijs naar beneden stroomt.”

Maar dan ben je er nog niet, zegt Didden. Want als in een riviertje geen zalm opgroeit, zal er ook nooit een zalm naar terugkomen om te paaien (zie kader). „Herin- troductie is de enige oplossing. In Duitsland en België zet men ieder jaar tienduizenden piepjonge zalmpjes uit in de oude paargebie- den.” De oorspronkelijke zalmpjes waren afkomstig van een wil- de populatie uit Scandinavië die genetisch lijkt op de oude Rijn- zalm. En nu wordt al weer verder gekweekt met succesvolle ‘terug- keerders’ uit dit herintroductie- programma. Didden: “Die aan- pak lijkt te werken. Sinds een aan- tal jaren zwemt er weer flink wat zalm de Nederlandse rivieren op.”

André Breukelaar van Rijkswa- terstaat Waterdienst voorziet in Nederland vissen van een zender, om te volgen waar ze heengaan. „Dit jaar was een topjaar: we heb- ben al 220 zalmen en zeeforellen gezenderd”, vertelt hij. „Meestal zijn het er zo’n 40 tot 50 per jaar.” De meeste zalm trekt vanuit Ne- derland de Rijn op, naar paargebie- den tussen Keulen en Bonn maar ook verder naar de Elzas.

Een deel van de zalm trekt de Maas op. Bij Lixhe, net over de grens in België, is een vistrap ge- maakt waar geregeld grote zalmachtigen doorheen zwem- men. Het verbaast Breukelaar dan ook niet dat er nu ook een zalm in de Ourthe is aangetroffen. Een grap van een visser? „Nee, dat lijkt me niet”, zegt hij. Maar opmerke- lijk blijft het – en een heel goed te- ken. „Een klein deel van de zalmen is niet honkvast. Die *strays* zor- gen voor genetische uitwisseling tussen populaties. Blijkbaar kolo- niseren ze nu al nieuwe gebieden.” Breukelaar is hoopvol, maar er moet nog veel gebeuren. De her- introducties moeten nog wel een tijdje doorgaan. „En de waterkwa- liteit blijft een punt van zorg, evenals de kwaliteit van de paai- gronden. Die beddingen zijn vaak dichtgeslibd en erg vervuild.”

Karin Didden van RAVON ziet nog een groot probleem. Want de vissen kunnen nu maar op één plek ongehinderd Maas en Rijn opzwemmen: via de Nieuwe Wa- terweg. „Een grote bottleneck zijn de sluizen in het Haringvliet. Al ja- renlang zijn er plannen om ze op een kier te zetten. Maar het nieu- we kabinet heeft die nu opnieuw opgeschort.”

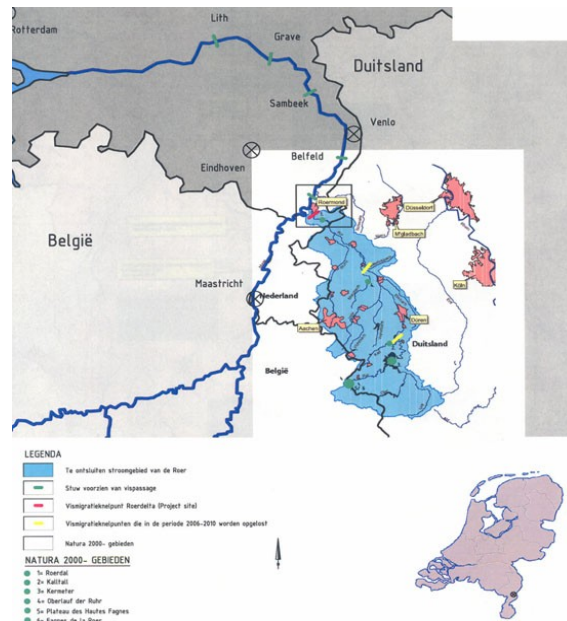
Zalm zwemt door de Maas naar de Ourthe



Sluizen en paai grond

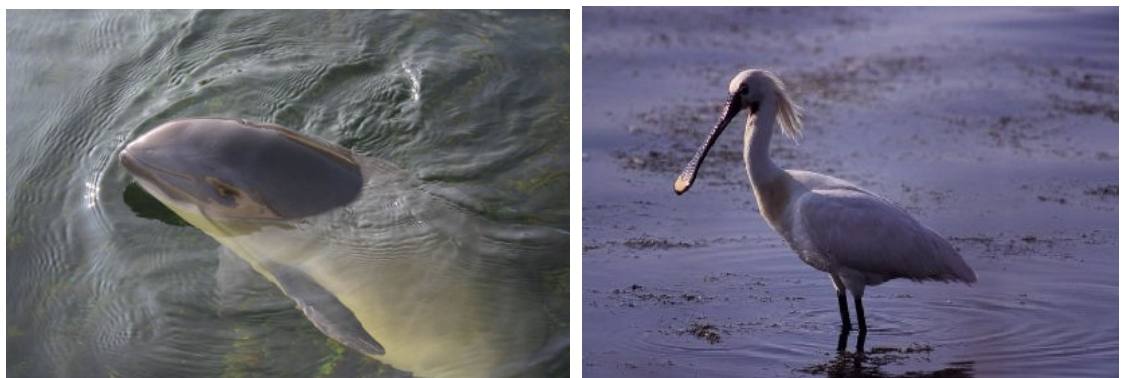
Ooit was het stroomgebied van Rijn, Maas en Waal het domein van de zalmvisserij. Maar na 1900 ging de popula- tie snel achteruit en in de jaren vijftig was de zalm uit West-Europa verdwenen door overbevissing, watervervul- ling en steeds meer sluizen en andere obstakels. De zalmen- trek werd onmogelijk. Zalmen leggen hun eitjes in koude, snelstromende ri- viertjes in het binnenland. Daar leven de zalmpjes twee tot drie jaar en trekken dan naar zee. Als ze na een paar jaar volwassen zijn, gaan ze terug naar het riviertje waar ze zijn opgegroeid om daar te gaan paaien en te sterven. Hoe zalmen hun riviertje te- rugvinden, is onbekend. In elk geval is geur belangrijk.

Figuur 2 Artikel over volwassen zalm die de Ourthe weet te bereiken (bron: NRC)



Figuur 3 Stroomgebied van de Roer en gevangen Atlantische Zalm en Zeeforel (Bron: www.vismigratieoer.nl)

- **Verbetering kwaliteit natuurgebieden.** Door de mogelijkheden voor vismigratie te vergroten, wordt de kwaliteit van een groot deel van de natuurgebieden in de Zuidwestelijke Delta vergroot. Vis is namelijk in belangrijke mate voedsel voor andere beschermde dier- en vissoorten zoals de Bruinvis en de Lepelaar. De trekvis Driedoornige stekelbaar is bijvoorbeeld belangrijk voedsel voor de beschermde vogelsoort de Lepelaar.



Figuur 4 Bruinvis in de Oosterschelde de Lepelaar

- **Herstel van de populatie zeegras.** Zeegras is een typische plant van de delta en een beschermde soort. De soort is van belang omdat het een beschermd

bodemmilieu creëert waar water- en bodemfauna van profiteren. In de huidige situatie zijn in de Oosterschelde nog slechts een paar restpopulaties aanwezig die gestaag achteruit gaan. Eén van de doelstellingen uit de Kaderrichtlijn Water is het leefgebied van zeegras in de Oosterschelde te herstellen.



Figuur 5 Zeegras

Een belangrijk reden voor de achteruitgang van het zeegras is vermoedelijk dat het zoutgehalte in de Oosterschelde te hoog is. Door meer rivierwater in te laten in de Oosterschelde, wordt het zoutgehalte lager en wordt een belangrijke voorwaarde voor het herstel van het zeegras verbeterd.

- **Verbetering productieomstandigheden mossel- en oestersector**

De productieomstandigheden voor de mosselen en oesters zijn de laatste jaren in met name de Kom van de Oosterschelde verslechterd. De groeisnelheid van de schelpdieren is duidelijk verminderd. Dit is zeer waarschijnlijk het gevolg van een complex aan factoren maar een beperkte toename van nutriënten en een natuurlijke zoet – zout overgang zijn interessante mogelijkheden om de productieomstandigheden positief te beïnvloeden. Daarnaast kan door herstel van de zoet – zout overgangen de kans op een goede en stabiele mosselzaadproductie aanzienlijk worden vergroot.

1.3 Initiatie door een publiek – privaat - maatschappelijk partnership

Dit project is ontwikkeld door een bijzonder publiek – privaat - maatschappelijk partnership. Het partnership is gericht op:

1. Samenwerking;
2. Gericht op gedeelde belangen;
3. Concrete voorbeeldwerking.

Het partnership pleit voor een veilig en mooi deltagebied waarin het natuurlijk ecosysteem voldoende ruimte krijgt en versterking van een deltagerelateerde economie. Eén van de kernpunten is het herstellen van open (zee)armen in de Zuidwestelijke Delta waardoor er nieuwe mogelijkheden voor natuur én economie ontstaan. Dit project is een concreet voorbeeldproject binnen deze ambitie. Het partnership bestaat uit:

- Rijkswaterstaat Zeeland;
- Provincie Zeeland;
- Wereld Natuurfonds;
- Zeeuwse Milieufederatie;
- Roem van Yerseke B.V, schaal- en schelpdierenteelt;
- Prins en Dingemanse BV, schaal- en schelpdierenteelt;
- Nederlandse Oestervereniging.

1.4 Doelstellingen

De doelstellingen van dit praktische, 3 maanden durende proefproject zijn:

- *Analyseren of en hoe de verbetering van een zoet-zout overgang in de Zuidwestelijke Delta bijdraagt aan de verbetering van natuurwaarden en de productieomstandigheden voor de schelpdierenteelt;*
- *Ontwikkelen van een inspirerend delta-voorbeeldproject rond gecombineerd herstel van ecologie en economie;*
- *Ontwikkelen kennis ten behoeve van optimaal sluisbeheer in zoet-zoutovergangen in de Zuidwestelijke Delta. Als besloten wordt tot verzilting van het Volkerak-Zoommeer ontstaan er nieuwe zoet-zout overgangen bij de Volkeraksluizen en de monding van de Brabantse rivieren. Deze proef biedt de uitgelezen mogelijkheid om praktische kennis over optimaal sluisbeheer bij huidige en toekomstige zoet-zout overgangen te ontwikkelen zoals de sluizen van de Mark/Dintel en de Roosendaalse/Steenbergse vliet.*

1.5 Locaties

De proef Natuurlijk Sluisbeheer is uitgevoerd op 2 locaties in Zeeland, namelijk:

- De Bergsediepsluis. Dit is een kleine recreatiesluis tussen het Zoommeer en de Kom van de Oosterschelde;
- De Krammersluizen. De grote beroepsvaart en recreatiesluizen tussen het Volkerak-Zoommeer en de Oosterschelde.



Figuur 6 Locaties Bergsediep sluis en Krammersluizen

1.6 Projectorganisatie

Voor de uitvoer van het project, is een grote groep experts aan het werk geweest. Dit resulteert in de volgende projectorganisatie die gedurende een jaar succesvol heeft gefunctioneerd:

1. Stuurgroep project Natuurlijk Sluisbeheer

- | | |
|---------------------------------|-----------------------------------|
| ▪ Rijkswaterstaat Zeeland; | Leo Adriaanse en Kees-Jan Meeuse; |
| ▪ Provincie Zeeland: | Tjeerd Blauw en Jaap Broodman; |
| ▪ Wereld Natuurfonds: | Arjan Berkhuysen; |
| ▪ Zeeuwse Milieufederatie: | Gijs van Zonneveld; |
| ▪ Roem van Yerseke B.V.: | Huub Lacor; |
| ▪ Prins en Dingemanse B.V.: | Ko Prins; |
| ▪ Nederlandse Oestervereniging: | Cees van Liere. |

2. Projectgroep Natuurlijk Sluisbeheer

- | | |
|----------------------------|---|
| ▪ Rijkswaterstaat Zeeland: | Kees-Jan Meeuse, Leen Dekker,
Marcel Hintzen en Ron Karelse; |
| ▪ Roem van Yerseke BV: | Pieter Geijssen en Annelies Pronker; |
| ▪ Prins en Dingemanse BV: | Ronald de Vos; |
| ▪ Stichting Zeeschelp: | Marco Dubbeldam; |
| ▪ Imares: | Tom Ysebaert en Ilse de Mesel. |

Binnen de projectgroep zijn er 4 themagroepen aan het werk geweest

- Bedieningsprotocol en technische sluisbeheer, coördinatie Leen Dekker;
- Waterkwaliteit, coördinatie Kees-Jan Meeuse; i.s.m. Waterdienst;

- Vismigratie, uitvoer door Stichting Zeeschelp i.s.m. beroepsvisser Peter Kooistra;
- Mossel- en oestermonitoring, coördinatie Imares i.s.m. specialisten van Roem van Yerseke BV en Prins en Dingemanse BV.

3. Projectmanagement

Het algehele projectmanagement was namens Rijkswaterstaat Zeeland in handen van Kees-Jan Meeuse; en namens Wereld Natuurfonds Herman Wanningen (Wanningen Water Consult) en Jeroen van Herk (LINKit consult).

4. Werkgroep communicatie

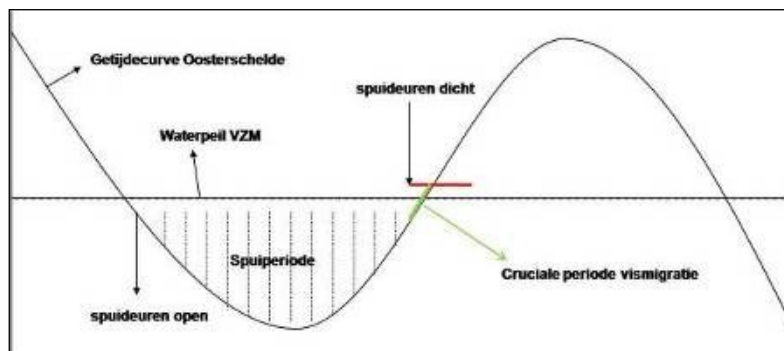
- | | |
|---------------------------------|-------------------|
| ▪ Rijkswaterstaat Zeeland; | Edwin de Feijter; |
| ▪ Provincie Zeeland: | Els Schout; |
| ▪ Wereld Natuurfonds: | Lieselot Meelker; |
| ▪ Zeeuwse Milieufederatie: | Janneke Donkers; |
| ▪ Nederlandse Oestervereniging: | Cees van Liere. |

2. Opzet van de proef Natuurlijk Sluisbeheer

Dit project richt zich op ecologische optimalisatie van het huidige sluisbeheer op de overgang tussen de Oosterschelde en het Volkerak-Zoommeer. Door extra zoet water te lozen op de Oosterschelde en het sluisbeheer natuurvriendelijk (visvriendelijk) uit te voeren worden verbeterde omstandigheden verwacht voor zowel de natuur als de schelpdiersector. Het betreft een proef op relatief kleine schaal om de effecten te testen.

De proef bestaat er uit om op 3 locaties aan de noord- en oostzijde van de Oosterschelde meer zoet water dan gebruikelijk naar de Oosterschelde te laten stromen bij laag tij op de Oosterschelde. Daarnaast worden de sluizen “visvriendelijk” beheerd. Hierbij worden de sluizen bij opkomend tij wat langer opgehouden waardoor vissen makkelijk naar binnen kunnen (circa 20 minuten na gelijk peil).

Het principe van het sluisbeheer is te zien in onderstaande figuur. Het spuien van water vindt plaats bij laag water in de Oosterschelde. Bij visvriendelijk beheer gaat het spuien door tot aan gelijk water. Dus wanneer het peil in de Oosterschelde gelijk is aan het peil van het Volkerak-Zoommeer. Om de vismigratie goed te bevorderen kan er, tot 10-15 minuten na gelijk peil, water vanuit de Oosterschelde naar het Volkerak-Zoommeer stromen.



Figuur 7 Principe visvriendelijk sluisbeheer

Het project wordt uitgevoerd op de 3 locaties:

1. Bergsediepsluis;
2. Krammerjachtensluis 2 (recreatiesluis bij de Krammersluizen);
3. Krammerduwvaartsluis 1 (een sluis voor de beroepsvaart).

Belangrijke vragen bij de uitvoer van de proef zijn:

- **Natuur & waterkwaliteit:** Wat is het effect van het aangepaste sluisbeheer op de zoutgehaltes en gehalten aan voedingsstoffen/chlorofyl in de Oosterschelde? Tot hoever in de Oosterschelde is het zoet water/nutriënten effect meetbaar?
- **Natuur, vismigratie:** In hoeverre maken vissen gebruik van het aangepaste sluisbeheer (soorten en hoeveelheden)?
- **Chemische waterkwaliteit:** Wat is het effect op de zoutgehaltes in het Volkerak-Zoommeer?

- **Waterbeheer:** Hoeveel zoet water wordt er geloosd op de Oosterschelde in de proef?
- **Schelpdierensector:** Wat is het effect van het aangepast sluisbeheer op de groei van de mosselen en de oesters benut voor de commerciële schelpdierenteelt?

2.1 Onderdelen van het project in 2009 en 2010

Referentiemeting in 2009

In het voorjaar van 2009 is een referentiemeting (tijdstip = 0 meting) uitgevoerd om de resultaten van de proef hiermee te kunnen vergelijken. Bij Bergsediepsluis en de Krammerjachtensluis zijn testen uitgevoerd met een ander sluisbeheer. De sluizen zijn handmatig bediend om zo ervaring op te doen.

In de referentiemeting zijn de volgende aspecten gemonitord:

- Bedieningsprotocol en technische sluisbeheer: kan de proef worden uitgevoerd en hoeveel zoet water wordt op de Oosterschelde geloosd;
- Waterkwaliteit: de hoeveelheid chloride in het Volkerak-Zoommeer; en de hoeveelheid nutriënten en chloride in de Oosterschelde;
- Vismigratie: de aanwezigheid van vissen en de vismigratie bij de sluizen Bergsediepsluis en de Krammerjachtensluis.

Voor de monitoring van schelpdiergroei waren in 2009 op dat moment geen metingen voorhanden waardoor er is besloten bij de uitvoer van de proef in 2010 gebruik te maken van referentielocaties.

Uitvoer proef in 2010

In de periode van 22 februari tot en met 31 mei 2010 is de proef uitgevoerd. De locaties waren:

- Bergsediepsluis;
- Krammerjachtensluis 2 (recreatiesluis bij de Krammersluizen);
- Krammerduwvaartsluis 1 (een sluis voor de beroepsvaart).

In deze 3 maanden zijn concreet de volgende onderdelen uitgevoerd:

1. Bergsediepsluis:

- Bedieningsprotocol en technische sluisbeheer: gedurende 3 maanden onder vrij verval spuien van zoet water bij laag water op de Oosterschelde; hoeveelheid gespuid water en beoordelen mogelijk erosie risico in de bodem van de havenmond.
- Waterkwaliteit:
 - Meten van zoutgehalte in het Volkerak-Zoommeer met het bestaande meetnet;
 - Meten van het zoutgehalte op een aantal locaties op verschillende afstanden van de sluis om de verspreiding de zoet – zout overgang in beeld te krijgen;
 - Meten van het nutriëntengehalte op vijftal locaties op verschillende afstanden van de sluis.
- Vismigratie:
 - Meten van de vis die door de sluis zwemt (25 keer);
 - Meten van de vis die aan beide zijden van de sluis aanwezig is door fuiken te plaatsen (25 keer);

- Meten van de vis die voor de sluis aanwezig is; aan de zijde van de Oosterschelde (7 keer).
- Mossel- en oestermonitoring: Meten van de groei van de mosselen en de oesters op verschillende afstanden van de sluis; en op 2 referentielocaties.
- Kreeftmonitoring: meten van de aanwezigheid van kreeften nabij de Bergsediepsluis en mogelijke veranderingen in aantallen.

2. Krammerjachtensluis (recreatiesluis)

- Bedieningsprotocol en technische sluisbeheer: 5 keer spuien van zoet water bij laag water op de Oosterschelde; bepalen hoeveelheid gespuid water. Om dit te realiseren moet de sluis handmatig worden bediend en is de uitvoering beperkt tot 5 maal.
- Waterkwaliteit:
 - Meten van zoutgehalte in het Volkerak-Zoommeer met het bestaande meetnet ten tijde van de 5 spuimomenten;
 - Meten van het zoutgehalte op vijftal locaties op verschillende afstanden van de sluis (Oosterschelde) om de verspreiding de zoet – zout overgang in beeld te krijgen, ten tijde van de 3 spuimomenten.
- Vismigratie:
 - Meten van de vis die door de sluis zwemt (5 keer);
 - Meten van de vis die aan beide zijden van de sluis aanwezig is door fuiken te plaatsen (12 keer).

3. Krammerduwvaartsluis 1 (sluis beroepsvaartsluis)

- Bedieningsprotocol en technische sluisbeheer: vergroten van de hoeveelheid te spuien zoet water met 10-20% door de zoet-zout scheiding in de sluis beperkt in te zetten. Deze wijziging kon door problemen met de software van de sluis niet worden doorgevoerd binnen de proefperiode.
- Mossel- en oestermonitoring: Meten van de groei van de mosselen en de oesters op verschillende afstanden van de sluis; en op 2 referentielocaties;

2.2 De randvoorwaarden voor de uitvoer van de proef

De randvoorwaarden die gelden bij de uitvoer van het project bij de Krammersluizen en Bergsediepsluis zijn de volgende:

1. Veiligheid

- De sluizen zijn onderdeel van de primaire zeewering en moeten zodanig beheerd worden dat de veiligheid van het achterland gegarandeerd blijft;
- De veiligheid van de personen die gebruik maken van de sluizen, schippers, beheerders en onderzoekers, moet gegarandeerd zijn;
- Het aangepaste beheer moet niet leiden tot beschadiging van de technische constructie of een meer instabiele situatie, bijvoorbeeld t.a.v. de bodembescherming (stortsteen).

2. Scheepvaart

Krammersluizen

- De beroepsvaartsuis, 2 sluizen, moet 24 uur per dag operationeel zijn voor de beroepsvaart waarbij aangepast beheer niet tot vertraging mag leiden;
- De recreatiesuis van de Krammersuis, 2 sluizen, moet met name operationeel zijn in de periode medio april/begin mei – eind september; in de overige periode is het gebruik beperkt.

Bergsediepsuis

- De recreatiesuis, 1 sluis, moet met name operationeel zijn in de periode medio april/begin mei – eind september; in de overige periode is het gebruik beperkt.

3. Natuur

De proef moet de bestaande natuurkwaliteit van de Oosterschelde en het VZ-meer niet verminderen of bedreigen maar verbeteren. Dit geldt voor vissen en vismigratie, schelpdieren, zeegras en de zoet-zout overgang in zijn algemeenheid.

4. Waterbeheer

- Het huidig peilbeheer in het Volkerak-Zoommeer blijft gehandhaafd;
- De waterbalans van het Volkerak-Zoommeer blijft in tact: de totale hoeveelheid water die wordt ingelaten blijft gelijk; en de totale hoeveelheid water die gespuid wordt op de Westerschelde en de Oosterschelde blijft gelijk. De hoeveelheid te spuien water per locatie kan wel beperkt worden aangepast: met uitzondering van de droge periodes mag maximaal 5 m³/sec van Wester- naar Oosterschelde worden verschoven.

5. Waterkwaliteitsbeheer

- Het zoete karakter van het Volkerak-Zoommeer blijft gehandhaafd. Het chloridegehalte mag in de periode 1 april – 1 oktober maximaal 450 mg/l bedragen bij het meetpunt Bathse Brug;
- De waterkwaliteit van de Oosterschelde mag niet verslechteren door het vergroten van de inlaat van zoet water uit het Volkerak-Zoommeer, bijvoorbeeld als gevolg van blauwalgen.

6. Commerciële schelpdierteelt

- De proef mag de verschillende schelpdierteelten (mosselen, oesters, zeekeeften) niet negatief beïnvloeden.

7. Organisatie, financiën en vergunningen

- De proef geldt voor Rijkswaterstaat als leertraject om de kennis over het herstel van zoet-zout overgangen in deltagebieden te vergroten;
- Alle partijen moeten voldoende capaciteit en financiële middelen vrijmaken om de proef te kunnen voorbereiden en voor onderdelen specialistische ondersteuning in te huren;
- De benodigde vergunning (NB-wet) voor de uitvoer van de proef moet verkregen zijn.

3. De resultaten van het project

In dit hoofdstuk worden de resultaten van het project besproken. Dit gebeurt in deze volgorde:

- Technische ervaringen met het sluisbeheer;
- Effecten op de waterkwaliteit;
- Effecten op de vissen;
- Effecten op de schelpdieren.

3.1 Technische ervaringen met Natuurlijk Sluisbeheer

De opgestelde bedieningsprotocollen voor de Bergsediepsluis en de Krammerjachtensluis zijn zonder noemenswaardige problemen uitgevoerd. De samenwerking tussen sluispersoneel, onderzoekers, medewerkers district verliep goed en plezierig. Er is en blijft wel duidelijk behoefte aan concrete richtlijnen voor de bediening van de sluisen.

Bergsediepsluis

Het openen van de schuiven in de deuren verliep soepel en zonder veiligheidsrisico's. Bij de Bergsediepsluis is gedurende 1.074 uur gespuid. De totale hoeveelheid gespuid zoet water is 8.12 miljoen m³. Daggemiddeld geeft dit een spuidebiet van 0,85 m³/s, dat is 68% van het spuidebiet bij onafgebroken spuien. In mei liep het spuien sterk terug, met name vanwege onderbrekingen voor het schutten van schepen.

Bij de stortebedden (de stortstenen taluds) in de directe omgeving van de sluis hebben geen noemenswaardige veranderingen plaatsgevonden en de spui heeft dus niet tot ongewenste erosie van de stortebedden geleid.



Figuur 8 Bergsediepsluis

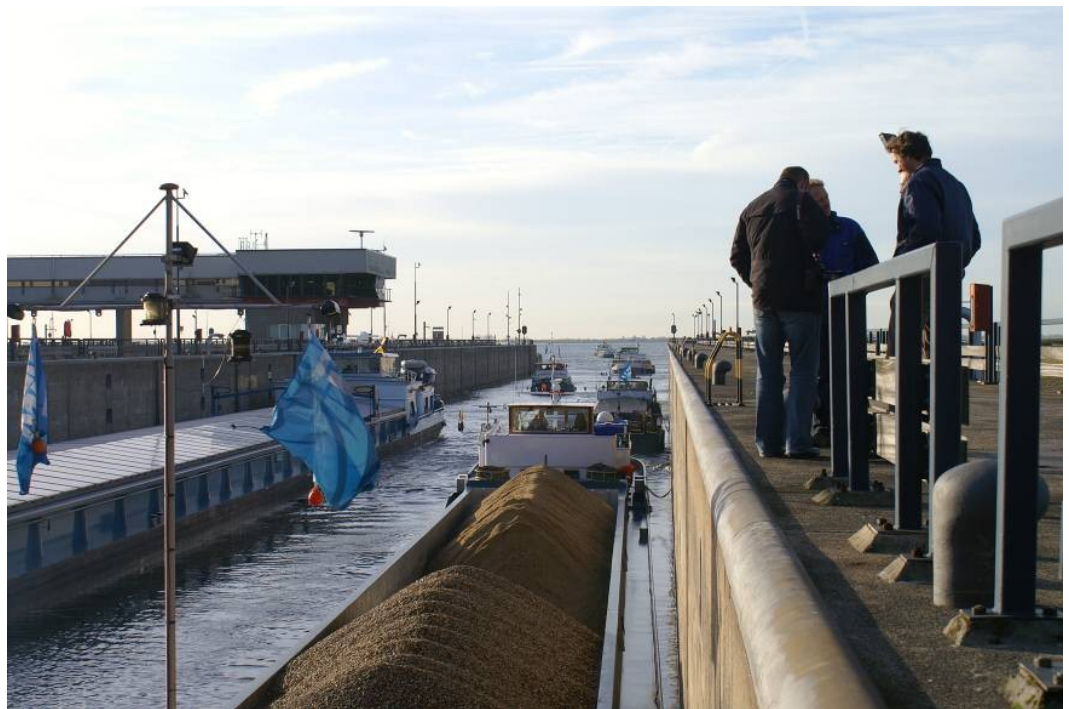
Krammerjachtensluis

Bij de Krammerjachtensluis is gedurende 33 uur gespuid. De totale hoeveelheid gespuid zoet water is 0.88 miljoen m³. Daggemiddeld geeft dit een spuidebiet van 2 m³/s gedurende de spuidagen. Bij de Krammerjachtensluis is dus duidelijk minder water gespuid dan bij de Bergsediepsluis, dit scheelt een factor 9. Echter op het moment van spuien was de gespuide hoeveelheid 2,5 keer zo groot.

Krammerduwvaartsluis

Extra zoet water spuien, bovenop de reguliere 9 m³/sec, via de Krammerduwvaartsluizen is door technische problemen met de software niet gelukt in de proefperiode. Bij de Krammersluizen is er dus geen extra zoet water de Oosterschelde ingestroomd. Echter, het afvoeren van extra zoet water naar de Oosterschelde via de Krammerduwvaartsluizen is technisch mogelijk en nader onderzoek moet uitwijzen hoe het softwarematig kan worden ingevoerd.

Het stortebed achter de twee sluizen is in 2009 en 2010 gecontroleerd op erosie dan wel beschadigingen. Er zijn geen beschadigingen geconstateerd. Bij de Krammerjachtensluis zijn op enige afstand van de stortebedden wel 2 ontgrondingskuilen ontstaan. De stortebedden zelf zijn niet aangetast. Mogelijk zijn deze kuilen tijdens het spuien ontstaan, als gevolg van turbulente dichtheidstromingen. Het verdient aanbeveling dit nader te analyseren/te blijven monitoren en te bezien of herstel nodig is.



Figuur 9 Krammerduwvaartsluis

3.2 Effecten op de waterkwaliteit

3.2.1 Meetpunten waterkwaliteit

In 2009 is beoordeeld welke meetpunten kunnen worden gebruikt als referentie voor de proef in 2010. Hierbij is vooral gelet op meetpunten die zoutgehaltes (chloride) en voedingstoffen (nutriënten) meten. Tevens is beoordeeld met welke meetpunten mogelijke veranderingen in de waterkwaliteit kunnen worden gemeten, zowel in de Oosterschelde als in het Volkerak-Zoommeer. In tabel 1 en 2 zijn de meetpunten in de Oosterschelde opgenomen die zijn betrokken in het onderzoek.

Tabel 1 Meetpunten waterkwaliteit Oosterschelde bij de Bergsediepsluis

Locatie	Codering	Type	Relevante parameters	Frequentie
Lodijkse Gat	LODSGT	MWTL	Watertemperatuur, geleidendheid, saliniteit, chloridegehalte, zuurstofgehalte, doorzicht, extinctiecoëfficiënt, pH, P, N, Chlfa	20/jaar (jan, feb, nov, dec maandelijks, rest tweewekelijks)
Yerseke Verwaterplaats	YERSKVVTPS	MWTL	Watertemperatuur, geleidendheid, saliniteit, chloridegehalte, zuurstofgehalte, doorzicht, extinctiecoëfficiënt, pH	Meetpunt is vervallen
Marollegat	MRG	Meetpaal	Waterstand, watertemperatuur, chloridegehalte, windsnelheid en -richting, golfhoogte	Continu (10 min gemiddelde) http://www.hmcz.nl
Marollegat	MRG	Projectmeting, aanvulling op MWTL	Watertemperatuur, geleidendheid, saliniteit, chloridegehalte, zuurstofgehalte, doorzicht, extinctiecoëfficiënt, pH, P, N, Chlfa	20/jaar (jan, feb, nov, dec maandelijks, rest tweewekelijks)
Vaartocht Bergsediepsluis (7 meetpunten)		Projectmeting (profiel)	Watertemperatuur, geleidendheid, saliniteit, chloridegehalte, zuurstofgehalte	febr: nulmeting bij laag- en hoogwater mrt: intensieve meting* april: laagwatermeting mei: laagwatermeting juni: eindmeting bij laag- en hoogwater
Vaartocht Bergsediepsluis (meetpunten 1-5)		Projectmeting, aanvulling op MWTL	nutriënten en chlorofyl-a	monsteren op laagwater tijdens vaartocht (febr-juni)

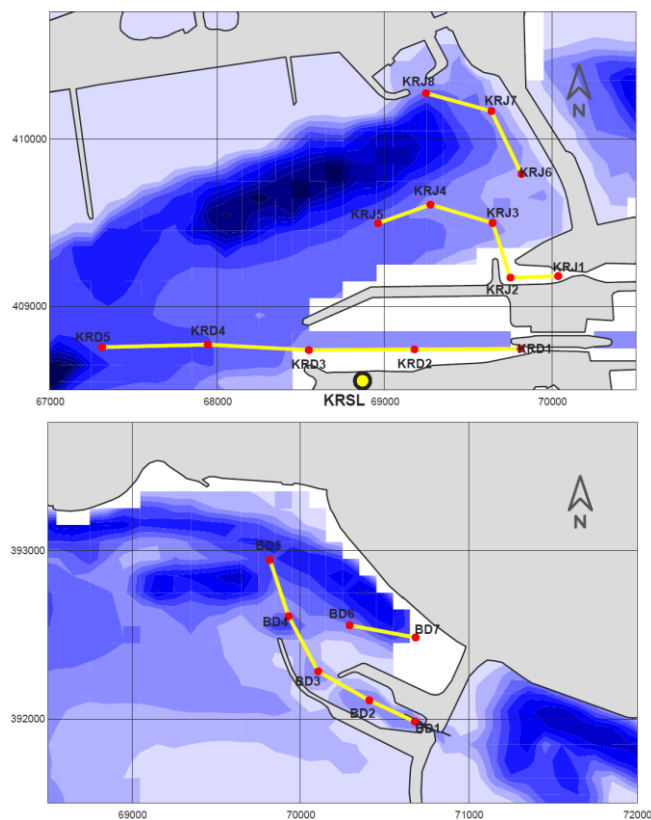
* indien een planningsconflict ontstaat met operationele metingen verschuift de intensieve meting naar de daaropvolgende vaartocht

Tabel 2 Meetpunten waterkwaliteit Oosterschelde bij de Krammersluizen

Locatie	Codering	Type	Relevante parameters	Frequentie
Zijpe	ZIJPE	MWTL	Watertemperatuur, geleidendheid, saliniteit, chloridegehalte, zuurstofgehalte, doorzicht, extinctiecoëfficiënt, pH, P, N, Chlfa	20/jaar (jan, feb, nov, dec maandelijks, rest tweewekelijks)
Plaat van Oude Tonge	PLOT	Projectmeting, aanvulling op MWTL	Watertemperatuur, geleidendheid, saliniteit, chloridegehalte, zuurstofgehalte, doorzicht, extinctiecoëfficiënt, pH, P, N, Chlfa	20/jaar (jan, feb, nov, dec maandelijks, rest tweewekelijks)
Vaartocht Krammerjachtensluis (8 meetpunten)		Projectmeting, (profiel)	Watertemperatuur, geleidendheid, saliniteit, chloridegehalte, zuurstofgehalte	febr: nulmeting bij laag- en hoogwater 8 mrt: intensieve meting* 23 mrt: laagwatermeting 27 april: laagwatermeting juni: eindmeting bij laag- en hoogwater
Vaartocht duwvaartsluis (5 meetpunten)		Projectmeting, (profiel)	Watertemperatuur, geleidendheid, saliniteit, chloridegehalte, zuurstofgehalte	febr: nulmeting bij laag- en hoogwater mrt: intensieve meting* april: laagwatermeting mei: laagwatermeting juni: eindmeting bij laag- en hoogwater
Vaartocht duwvaartsluis (meetpunten 1-5)		Projectmeting, aanvulling op MWTL	nutriënten en chlorofyl-a	monsteren tijdens vaartocht (febr-juni)

* indien een planningsconflict ontstaat met operationele metingen verschuift de intensieve meting naar de daaropvolgende vaartocht

Alle meetpunten zijn regulier en zijn door de meetadviesdienst en de waterdienst onderzocht. De meetpalen Marollegat en Plaat van Oude Tonge zijn aanvullend op nutriënten onderzocht conform Zijpe en Lodijkse Gat. De Meetpaal bij de Plaat van Oude Tonge is momenteel buiten dienst. Ten tijde van de proef heeft de meetadviesdienst als vervanging gericht vaartochtmetingen gedaan voor het bepalen van het zoutgehalte in de directe omgeving van de sluisen.



Figuur 10 Locaties meetpunten: meetpunten waterkwaliteitsmeetnet Zeeland en vaartochtmetingen Kramersluizen en Bergsediepsluis

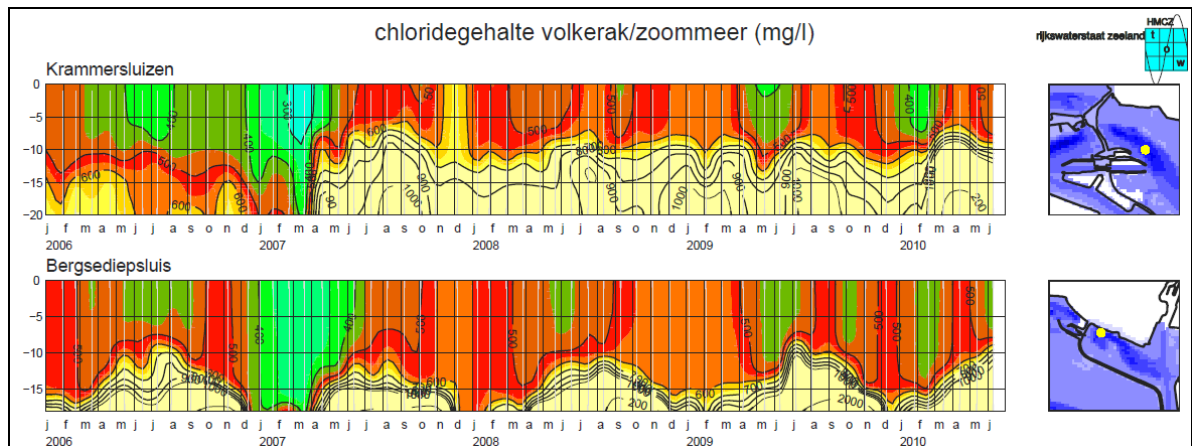
Bij het Volkerak-Zoommeer is het vooral interessant om te zien in hoeverre er sprake is van zout indringing door het aangepast sluisbeheer. Hiervoor heeft Rijkswaterstaat reeds een langjarig meetnet operationeel waarbij maandelijks de chloridegehalten op verschillende afstanden en dieptes worden gemeten.

3.2.2 Resultaten voor de waterkwaliteit op het Volkerak-Zoommeer

Voor het Volkerak-Zoommeer is het Chloride gehalte gemeten.

Het langjarig chloridegehalte in het Volkerak-Zoommeer

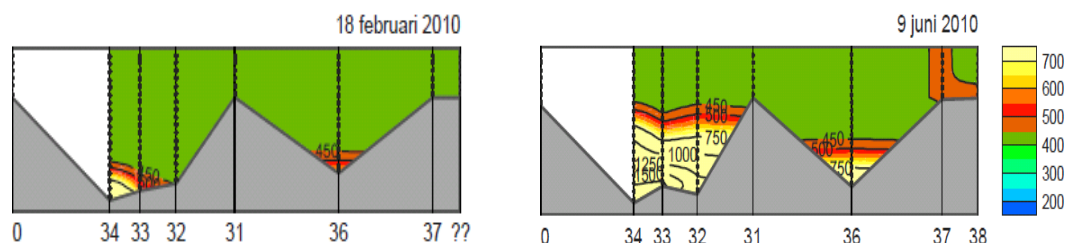
Het aangepaste sluisbeheer mag niet leiden tot sterk verhoogde chloridegehalten in het Volkerak-Zoommeer i.v.m. met de landbouwfunctie (inlaatwater). De chloridegehalten achter de Bergsediepsluis en de Krammersluizen zijn op een rij gezet (zie onderstaande figuur). Hieruit blijkt hoe de gehalten door het jaar heen fluctueren en hoe dit zich uit op verschillende dieptes. In zijn algemeenheid kan geconstateerd worden dat er in de diepere delen achter de sluisen in de huidige situatie altijd invloed is van zout water.



Figuur 11 Chloridegehalten in het VZ-meer bij de Krammersluizen (boven) en Bergsediepsluis (onder) in de huidige situatie

Effecten op het chloridegehalte in het Volkerak-Zoommeer, bij de Bergsediepsluis en de Krammersluizen

Tijdens de proef met het natuurlijk sluisbeheer, in de periode februari - juni 2010, treedt een beperkt verzilting op net achter de Bergsediepsluis. Dit is te zien aan de oplopende zoutgehalten, in de tijd, in de laagte achter de Bergsediepsluis (vertikaal 34 in figuur 12). Deze zijn beperkt hoger dan de gehalten in de referentiesituatie (nulmeting 2009). Het natuurlijke sluisbeheer heeft dus lokaal een licht verziltend effect maar er is geen sprake van zich verder verspreidende regionale verzilting. Binnen het Volkerak-Zoommeer geldt een waterakkoord waarin vastgelegd is dat binnen een zoet Volkerak-Zoommeer het zoutgehalte beperkt moet zijn. Verzilting als gevolg van het natuurlijk sluisbeheer blijft binnen deze wettelijke normen en wordt niet als hinderlijk beschouwd.



Figuur 12 Chloridegehalten tijdens de uitvoer van de proef in het Volkerak-Zoommeer, bij Bergsediepsluis.

Bij de Krammersluizen is geen duidelijk effect zichtbaar op indringing van zout water richting het Volkerak-Zoommeer. Hier is ook slechts 5 keer de proef uitgevoerd en hier was geen aanvullende zoutbelasting verwacht. Indien in de toekomst mogelijk besloten wordt het natuurlijk sluisbeheer te continueren bij de Bergsediepsluis, verdient het wel aanbeveling de verzilting van de put achter de sluis goed te bewaken.

3.2.3 Resultaten voor de waterkwaliteit op de Oosterschelde

Voor de Oosterschelde – zijde van de sluisen zijn behalve het zoutgehalte ook diverse nutriënten en het Chlorofyl a gemeten. Dit is gedaan om te verkennen in hoeverre er een zoet – zout gradiënt kan ontstaan en wat er met de nutriënten en ontwikkeling van Chlorofyl zou gebeuren.

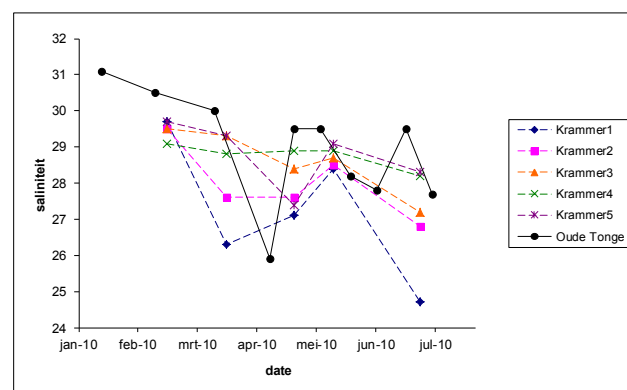
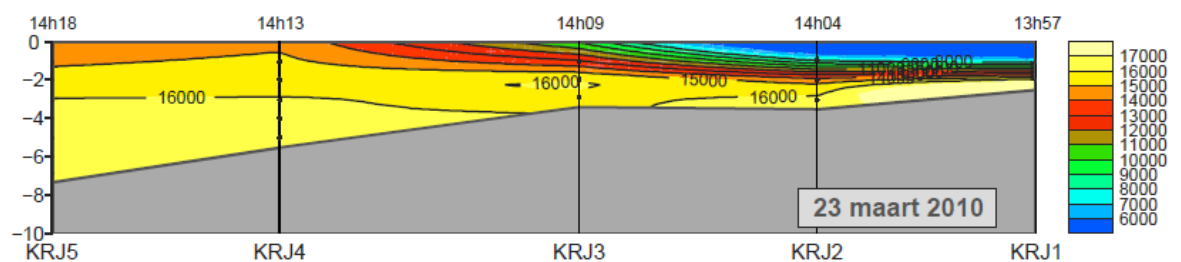
Saliniteit

Chloridegehalte bij Krammerjachtensluis

Bij de Krammerjachtensluis kan tijdens een spuibeurt een forse hoeveelheid water ($2 \text{ m}^3/\text{s}$) worden afgelaten. Hierdoor ontwikkelt zich op de onderzoeksdagen in de havenkom een zoet – zout overgang met een chloride gehalte van circa 6 - 7 gr Cl/l. De ligging van de havenkom speelt hierbij een rol. Het zoetere water ondervindt meer weerstand en hoopt zich op voor de sluis. Het effect van het zoete water is vooral in de bovenste waterlaag waarneembaar en strekt zich 100 - 300 meter uit. Buiten de havenkom wordt het brakke water al weer snel opgemengd met zout water. Omdat de proef bij de Krammerjachtensluis slechts 5 keer is uitgevoerd, is de zoet – zout overgang niet blijvend aanwezig.

Bij de Krammerduwvaartsluis is door technische problemen met de software geen extra zoet water gespuid.

KRAMMERJACHTENSLUIS



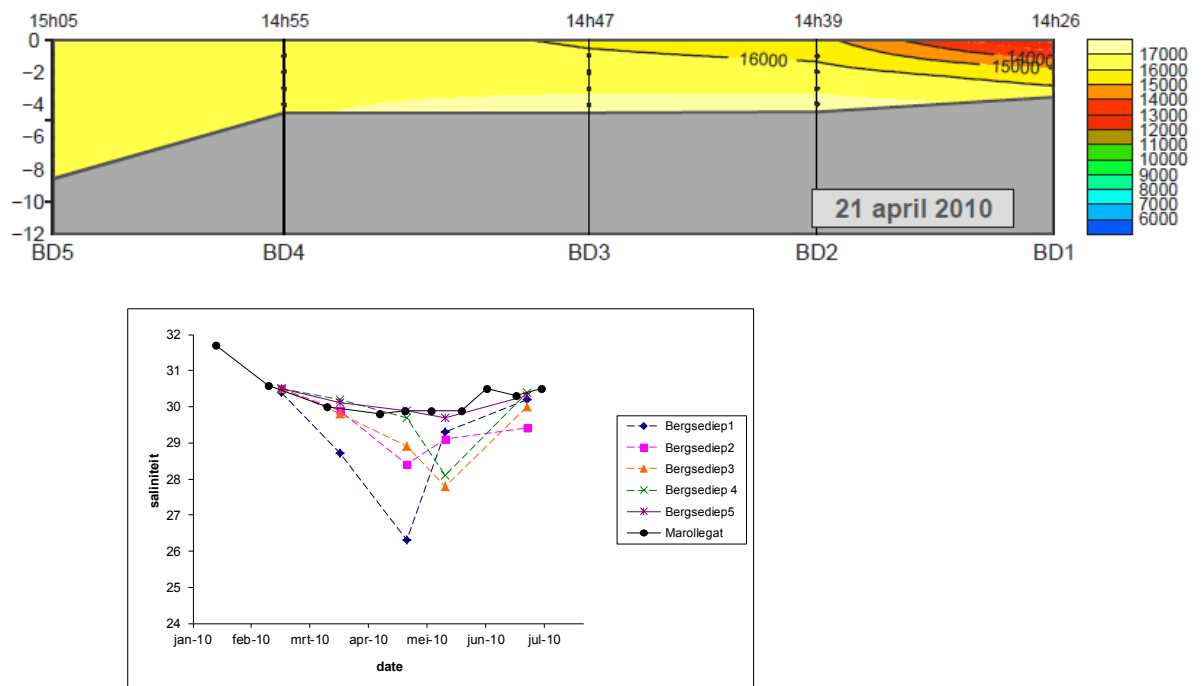
Figuur 13 Chloridegehalten bij de Krammerjachtensluis op een moment dat er, tijdens de meetcampagne, duidelijk sprake was van invloed van zoet water en het verloop van de saliniteit door de tijd.

De proef heeft dus lokaal dicht bij de Krammerjachtensluis een sterk effect gehad op verlaging van het chloridegehalte. De effecten hiervan waren in ruimte en tijd echter beperkt, zoals verwacht. Er is dan ook geen sterke verlaging van de saliniteit waargenomen op het referentiepunt Oude Tonge (zie figuur 13).

Chloridegehalte bij Bergsediepsluis

Bij de Bergsediepsluis is continue zoet water gespuid over een periode van 3 maanden). Dit betrof een daggemiddelde van 0,85 m³/sec. Het effect hiervan op het zoutgehalte bleef beperkt tot een verlaging van 17 mg Cl/l naar circa 14 gr Cl/l in de havenkom (metingen in maart, april en mei). Het zoutgehalte was hiermee lager dan op de referentielocatie, met het grootste verschil tijdens de meetcampagne in april 2010. Het effect van het zoete water is vooral in de bovenste waterlaag waarneembaar en strekt zich circa 100 meter uit. De gehalten bleven gedurende de periode van 3 maanden wel redelijk stabiel.

BERGSEDIEPSLUIS



Figuur 14 Chloridegehalten bij de Bergsediepsluis op een moment dat er, tijdens de meetcampagne, sprake was van invloed van zoet water en de gehalten door in de tijd

De resultaten geven aan dat in de tijd een stabiele zoet – zout overgang kan worden gerealiseerd. Daarnaast is gebleken dat met een hoeveelheid van 0,85 m³/sec de oppervlakte van de zoet – zout overgang slechts zeer beperkt is.

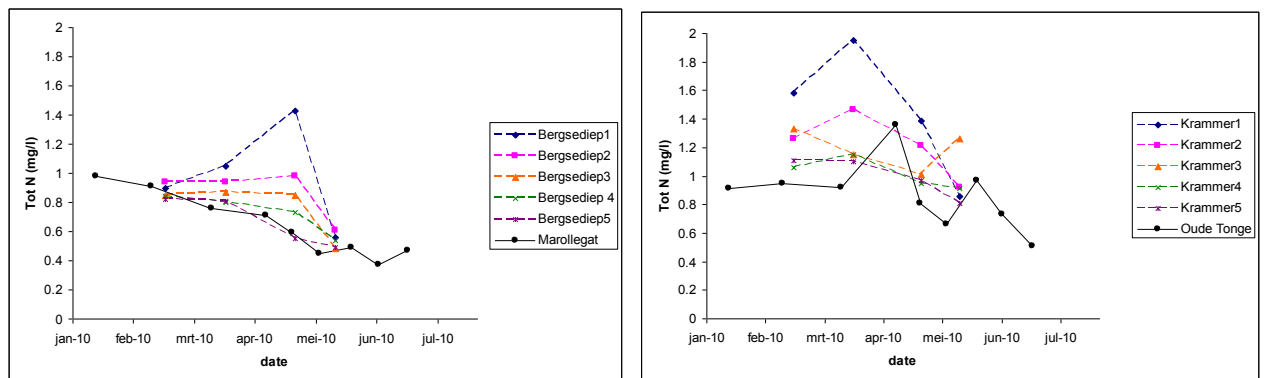
De proef bij de Bergsediepsluis laat een tijdelijk maar gering effect zien op het zoutgehalte in de Oosterschelde. Na de proef in juni 2010 is er nog nauwelijks een verschil tussen de sluislocaties en de referentielocaties. Bij de Krammerduwvaartsluis, waar het reguliere spuiregime voor een continue zoetwatertoevoer zorgt naar de Oosterschelde, zien we tijdens de metingen een afname in zoutgehalte nabij de sluis. Maar ook hier gaat het om een gering effect. Eens buiten de sluiscomplexen zien we een saliniteit die vergelijkbaar is met de verder gelegen referentielocaties.

Nutriënten en Chlorofyl a

De nutriënten en chlorofyl worden hier kort besproken. Voor meer uitgebreide resultaten zie bijlage 1.

1. Stikstof

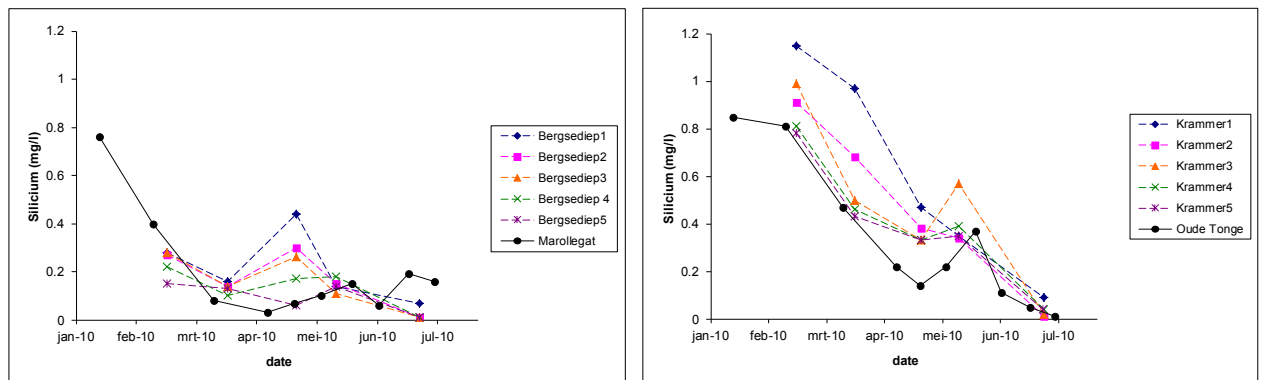
Zowel bij de Bergsediepsluis als de Krammersluizen komt er extra stikstof de Oosterschelde binnen, vooral in maart en april. De hoogste concentraties worden waargenomen op de locaties die het dichtst bij de sluis gelegen zijn, waarna de concentratie afneemt met de afstand tot de sluis. De afnemende trend in de tijd is conform met het seizoenspatroon. De relatieve toename van de stikstof als gevolg van de proef bij de Bergsediepsluis is wat groter dan de Krammersluizen; de absolute hoeveelheden zijn bij de Krammersluizen het grootst.



Figuur 15 Totaal N concentratie bij de Bergsediepsluis en Krammersluizen.

2. Silicium

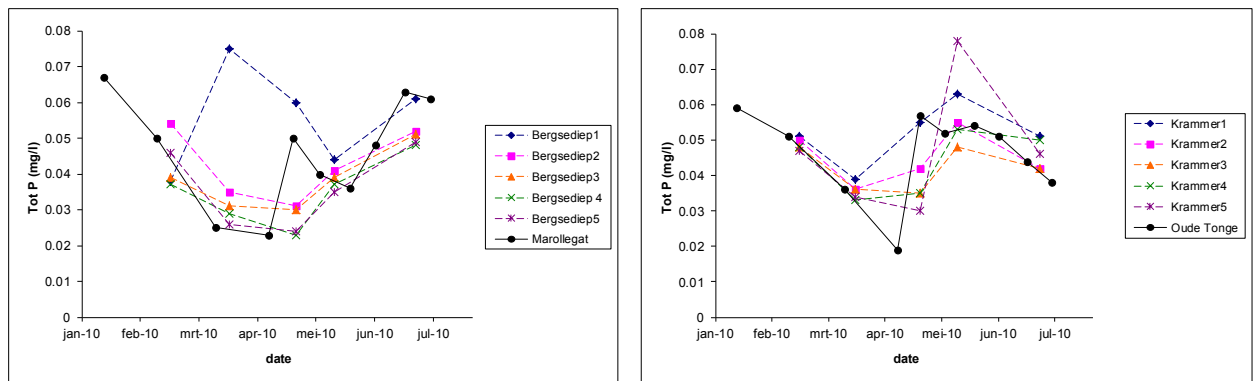
Via de Bergsediepsluis en de Krammersluizen komt er silicium de Oosterschelde binnen, maar de concentraties worden snel verdund met de toename van de afstand tot de sluis. De hoogste concentraties worden waargenomen in de periode februari – april 2010. In mei en juni nemen de concentraties af.



Figuur 16 Silicium concentratie bij de Bergsediepsluis en Krammersluizen.

3. Totale fosfor en fosfaat

Ten aanzien van totale fosfor en fosfaat is een vergelijkbare situatie als met stikstof aanwezig, zij het van kortere duur. De concentraties aan totale fosfor en fosfaat volgen in grote lijnen het verloop van de referentielocaties, echter in maart en in beperkte mate in april 2010 worden er hogere concentraties waargenomen dicht bij de sluis. Dit verhoogde effect is bij de Bergsediepsluis duidelijker aanwezig dan bij de Krammersluizen. Vanaf eind april is er geen verschil meer tussen de sluislocaties en de referentielocaties.

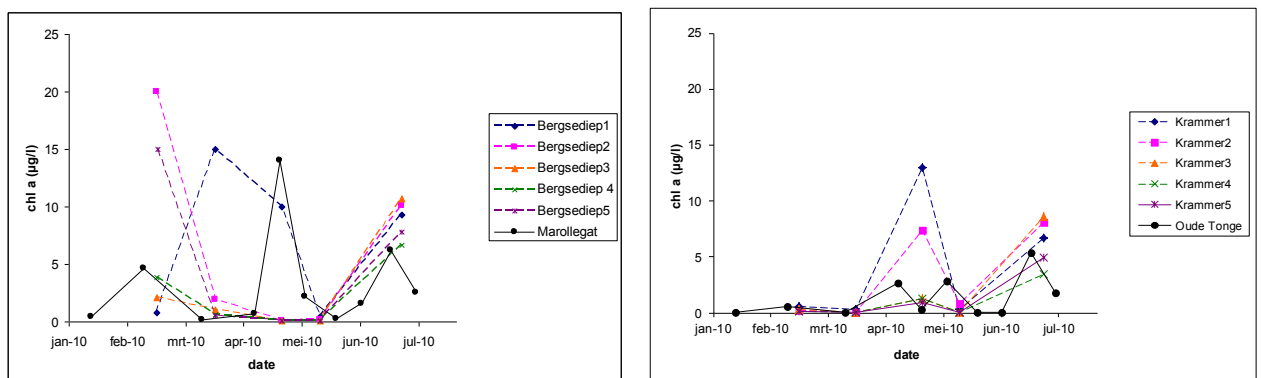


Figuur 17 Totaal P concentratie bij de Bergsediepsluis en Krammersluizen.

4. Chlorofyl a

Het verloop in Chlorofyl a is zeer variabel, zowel ruimtelijk als temporeel zoals dit in de gehele Oosterschelde zo is. Bij de Bergsediepsluis zijn de verschillen het grootst: er een verhoogde concentratie dicht bij de sluis in maart – april, maar niet bij BD2/3/4 maar weer wel op de referentielocaties. De pieken Chlorofyl productie zijn niet hoger dan deze waargenomen op de referentielocaties.

Bij de Krammersluizen is wel een duidelijke toename van Chlorofyl a waarneembaar dichtbij de sluizen in april en mei. Op de referentielocatie is deze toename veel minder aanwezig. De concentraties chl a bij de Krammersluizen zijn niet hoger dan bij de Bergsediepsluis.



Figuur 18 Totaal Chl a concentratie bij de Bergsediepsluis en Krammersluizen

3.3 Effecten op de vissen

Tijdens de proef met het aangepaste sluisbeheer zijn de volgende metingen uitgevoerd naar de effecten op vissen en het migratiegedrag:

- **Vissen voor en achter de sluizen:** Vangstregistraties met fuiken aan zowel zoute als zoete zijde van de Bergsediepsluis en Krammerjachtensluis (dus in Oosterschelde en het Volkerak-Zoommeer). Vanaf eind februari tot en met eind mei zijn de fuiken wekelijks onderzocht op aanwezigheid van vissen. De vissen zijn op naam gebracht en geteld. Dit onderzoek is in 2009 ook uitgevoerd om een referentiesituatie vast te leggen;
- **Vismigratiemetingen door de sluizen.** De mate waarin vissen bij een aangepast sluisbeheer de sluizen kunnen passeren is vanaf eind februari tot en met eind mei onderzocht. Er zijn in totaal 30 vismigratiemetingen uitgevoerd (25 keer bij de Bergsediepsluis en 5 keer bij de Krammerjachtensluis) met een fijnmazige hokfuik aan de zoete kant van de sluizen, waarbij het passerende water met de vis door de fuik werd geleid. De vissen zijn op naam gebracht en geteld. Ook zijn er voortdurend zichtwaarnemingen genoteerd;
- **Glasaalintrek.** Omdat met het bovenstaande onderzoek met hokfuiken geen glasaal kan worden gevangen, is aanvullend met een kruisnet in de sluizen onderzoek uitgevoerd naar de aanwezigheid van glasaal en in hoeverre glasaal gebruik maakt van de sluizen;
- **Visaanbod vóór de Bergsediepsluis.** Het aanbod van vissen voor de sluis is onderzocht door te bemonsteren met een kuil(visnet) aan zoute zijde van de Bergsediepsluis. In totaal is aan de zoute kant van de Bergsediepsluis 7 keer bemonsterd met een (STOWA) kuil, direct nadat het aangepaste sluisbeheer was uitgevoerd.

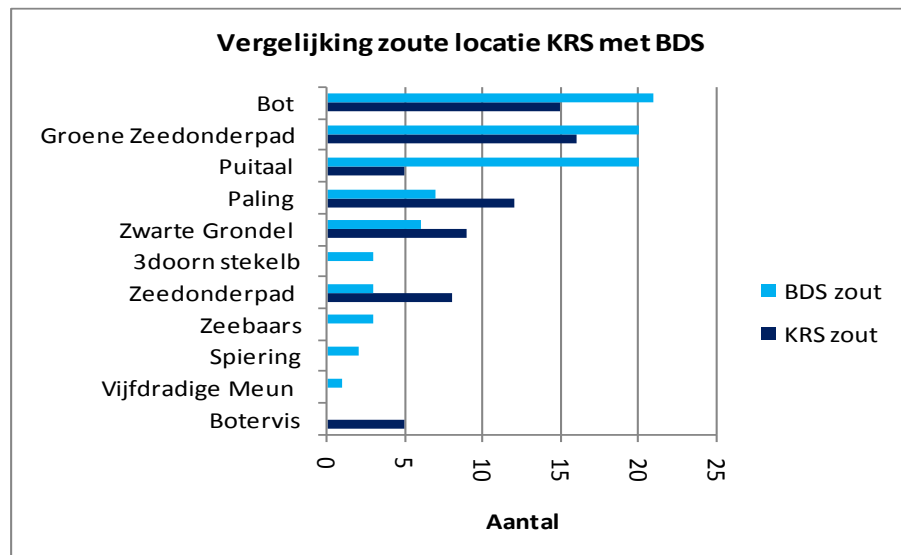
3.3.1 Vissen voor en achter de sluizen

In totaal zijn er 363 vissen bemonsterd met de fuiken bij de Bergsediepsluis en Krammerjachtensluis, waarvan circa 46% op zout water en 54% op zoet water zijn gevangen (zie tabel 3). Typische diadrome vissen (migrerend tussen zoet en zout) zoals Bot, Paling en Driedoornige stekelbaars zijn aan beide kanten gevangen. Aan de zoete kant is Zeeprik aangetroffen, evenals Zeeprik en Zeeforel in de achter de Bergsediepsluis gelegen hokfuik van beroepsvisser Kooistra. Vissen uit het mariene milieu zoals Koornaarvis, Groene zeedonderpad en Zeedonderpad zijn gevangen aan zowel de zoute als de zoete kant. Het betreft enkele exemplaren. De fuikvangsten geven aan dat vismigratie mogelijk is met aangepast sluisbeheer.

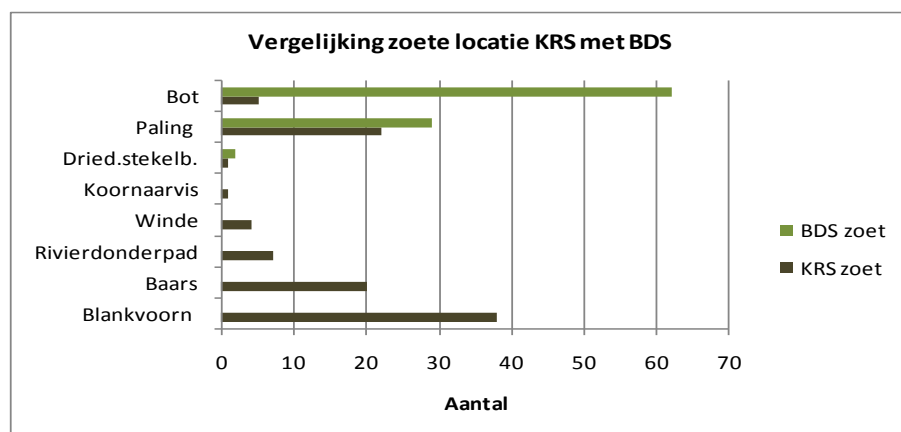
Tabel 3: Fuikvangsten bij de Bergsediepsuis en Krammerjachtensuis

Vangst op zout water			Vangst op zoet water		
Soort	Aantal	%	Soort	Aantal	%
Bot	36	21.8	Bot	67	34.0
Paling	19	11.5	Paling	51	25.9
Zwarte grondel	15	9.1	Blankvoorn	40	20.3
Puitaal	25	15.2	Baars	20	10.2
Groene zeedonderpad	36	21.8	Rivierdonderpad	7	3.6
Zeedonderpad	11	6.7	Winde	4	2.0
Steenbolk	8	4.8	Driedoornige stekelbaars	3	1.5
Botervis	5	3.0	Koornaarvis	1	0.5
Zeebaars	3	1.8	Rietvoorn	1	0.5
Driedoornige stekelbaars	3	1.8	Pos	1	0.5
Spiering	2	1.2	Zeedonderpad	1	0.5
Blonde grondel	1	0.6	Groene zeedonderpad	1	0.5
Vijfdradige meun	1	0.6	Zeeprik	1	0.5
Totaal 165			Totaal 198		
Vissen gevangen op zowel zoet als zout water					
Soort	Zout		Zoet		Totaal
Bot	36		67		103
Paling	19		51		70
Driedoornige stekelbaars	3		3		6
Zeedonderpad	11		1		12
Groene zeedonderpad	36		1		37

Op zout water ligt het aantallen gevangen vissen bij beide sluizen in dezelfde ordegrootte (86-70), waarbij er een onderscheid naar vissoort is te maken. Net als in 2009 is er aan de zoute zijde bij de Bergsediepsuis meer Bot gevangen en bij de Krammersuis meer Paling. Spiering en 3-doornige stekelbaars zijn alleen in de fuik bij de Bergsediepsuis aangetroffen.



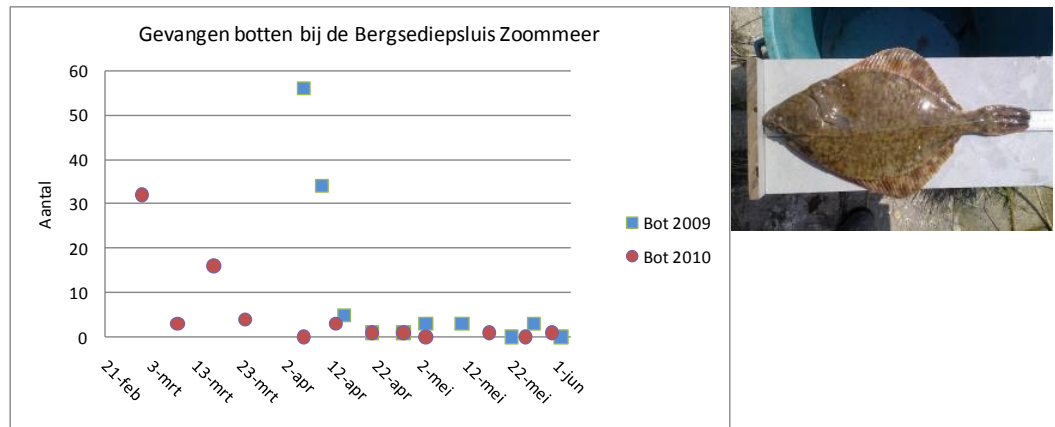
Figuur 19 Vissen gevangen aan de zoute kant van de Krammerjachtensluis en de Bergsediepsluis



Figuur 20 Vissen gevangen aan de zoete kant van de Krammerjachtensluis en de Bergsediepsluis

Op zoet water liggen de aantallen gevangen vissen bij beide sluizen ook in dezelfde ordegrootte (93-98) en ook hier is er een verschil in soorten aanbod te zien. Aan de zoete kant van de Bergsediepsluis is aanzienlijk meer Bot gevangen, terwijl er ongeveer evenveel Paling is aangetroffen. Het soorten aanbod bij de Krammerjachtensluis is, net als in 2009, hoger dan bij de Bergsediepsluis.

De fuikvangsten in 2010 zijn verder qua soortenrijkdom vergelijkbaar met de T=0 metingen van vorig jaar. Wel zijn de aantallen vissen in de fuikvangsten in 2010 lager geweest. Voor Bot werd voor de T=0 situatie een migratieknelpunt vastgesteld, bij weinig of geen schuttingen van de sluis zodat de vis niet mee kon schutten naar zout water. De fuikvangsten in 2010 laten zien dat bij continu zoet-zout uitwisseling er eerder in het seizoen minder volwassen Bot aan de zoete zijde aanwezig blijft. Dit vormt een aanwijzing dat er verbeterde mogelijkheden voor de migratie van Bot zijn ontstaan.



Figuur 21 Gevangen Bot bij de Bergsediepsuis aan de kant van het Zoommeer

3.3.2 Vismigratie door de sluisen

In totaal zijn er 283 vissen bemonsterd na passage van de sluisen. Typische diadrome vissen (tussen zoet en zout) zoals Bot, Paling, Glasaal, Dunlipharder en Driedoornige stekelbaars zijn door de openingen in de sluisdeuren en wandmoten naar de zoete kant gezwommen. De Driedoornige Stekelbaars springt er hierbij qua aantallen uit. Voor Bot, Paling en Driedoornige stekelbaars (en ook Zeeprik) geldt dat deze soorten migreren om te gaan paaien (Bot en Paling op zee, Driedoornige stekelbaars en Zeeprik op zoet water). Glasaal en Dunlipharder migreren van zout naar zoet om een geschikt foerageer- en opgroeigebied te vinden. Hetzelfde geldt voor jonge Bot. Mariene vissoorten zoals Koornaarvis, Zeebaars, Zeeforel, Haring, Schar en Blonde grondel zijn met enkele exemplaren ook gevangen aan de zoete kant. De totale aantallen gevangen vis zijn aan de lage kant. Het is de vraag in hoeverre er aanbod is van vissen die door de sluis willen migreren. In de volgende paragraaf komen we daar op terug. De metingen geven in elk geval aan dat er vismigratie mogelijk is ten tijde dat er zout water richting zoet water stroomt en dit ondersteunt de waarnemingen met de fuiken voor en achter de sluis.

Tabel 4: Vismigratievangsten door de sluis, percentages zijn afgerond.

Migrerende vissen bij de Bergsediepsluis			Migrerende vissen bij de Krammerjachtensluis		
Soort	Aantal	%	Soort	Aantal	%
Driedoornige stekelbaars	194	78.5	Driedoornige stekelbaars	26	72.2
Dunlipharder	21	8.5	Baars	7	19.4
Blankvoorn	13	5.3	Bot	1	2.8
Baars	3	1.2	Winde	1	2.8
Tienddoornige stekelbaars	2	0.8	Koornaarvis	1	2.8
Haring	2	0.8	Totaal 36		
Bot	2	0.8			
Glasaal	2	0.8			
Paling	1	0.4			
Pos	1	0.4			
Zeebaars	1	0.4			
Zeeforel	1	0.4			
Rivierdonderpad	1	0.4			
Blonde grondel	1	0.4			
Schar	1	0.4			
Winde	1	0.4			
Totaal 247					



Figuur 22: Instromend zout water aan de zoete kant van de Krammerjachtensluis (boven) en fuikopstelling aan de zoete kant in doorgang Bergsediepsluis

Extrapolatie in tijd van resultaten bij de Bergsediepsluis

In totaal hebben in de periode van 3 maanden 96 langdurige spuimomenten plaatsgevonden. In totaal zijn er 25 monsteringen uitgevoerd. Bij ruim 70 spuibeurten is er dus geen visonderzoek uitgevoerd. De verwachting is dat ook buiten de onderzoeken om vissen zijn gepasseerd. De totale aantallen over het gehele voorjaar liggen daardoor waarschijnlijk een factor 3 hoger.

De realisatie van natuurlijk sluisbeheer bij de Bergsediepsluis en de Krammerjachtensluis heeft niet geleid tot een forse toename van hoeveelheden migrerende vissoorten. De migratie van vis door de sluizen werkt, maar de hoeveelheden water die door de

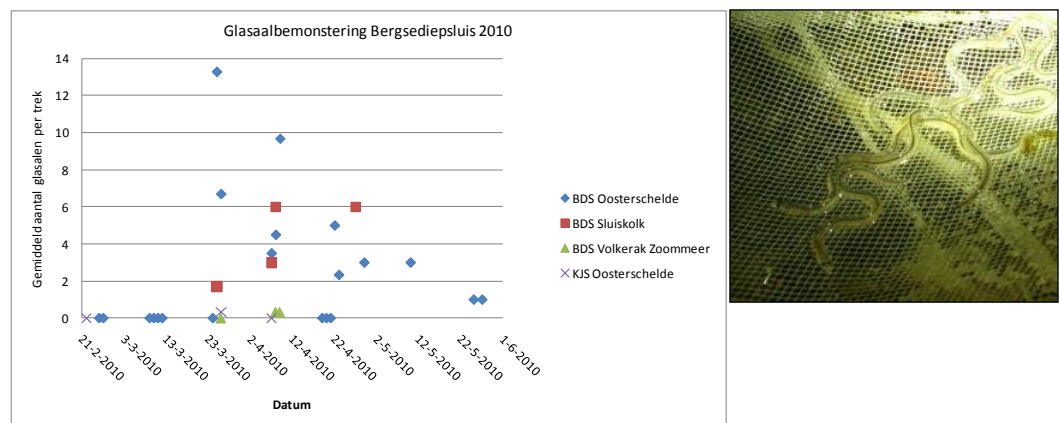
Bergsediepsuis geloozd kan worden en het aantal maal dat de proef bij de Krammerjachtensuis handmatig kon worden uitgevoerd, is te beperkt gebleken om op korte termijn grote hoeveelheden trekvis te verwachten.

3.3.3 Glasaalintrek

In totaal zijn er vanaf eind februari tot en met eind mei 196 glasalen bemonsterd, waarvan er één is gevangen bij de Krammerjachtensuis en de rest bij de Bergsediepsuis. Bij de Krammerjachtensuis is door de afwezigheid van een echte lokstroom waarschijnlijk geen glasaal gevangen. Het meeste zoete water wordt bij de beroepsvaartsuizen geloozd via schutverliezen.

Het aanbod van glasaal was bij de Bergsediepsuis duidelijk hoger, ook in vergelijking met voorgaande jaren. Eind maart was er een piek in het aanbod van glasalen. Er was een hoog aanbod aan de zoute kant en in de sluis. Achter de sluis (aan de zoete kant) kwamen lagere aantallen glasalen voor. Er vindt voornamelijk glasaaltrek plaats als zout water wordt ingelaten op zoet water. Glasalen werden in hogere dichtheden pas gezien zodra de waterstroming door de sluis omkeerde. De hoogste dichtheden zijn gezien op enkele meters afstand van de sluisdeur, waarbij de dichtheid duidelijk afnam naarmate de afstand tot de sluisdeur (tiental tot honderd meter) groter werd. In de sluisolk is de dichtheid minder hoog dan aan de zoute kant, en aan de zoete kant werd af en toe een glasaal gezien. Er is een gradiënt zichtbaar van hoge aantallen naar lage aantallen richting het zoete water. Dit geeft aan dat glasaal tijd nodig heeft om de schuiven in de suizen te passeren

Het aangepaste sluisbeheer bij de Bergsediepsuis heeft op basis van de resultaten een positieve invloed op de intrek van de aanwezige glasaal, maar kan nog optimaler voor glasaal worden afgesteld.



Figuur 23: Aantallen gevangen glasalen per trek met kruisnet

3.3.4 Visaanbod Bergsediepsluis

Om het visaanbod in het traject van de zoete lokstroom inzichtelijk te maken is er met een fijnmazige kuil gevist vanaf de Bergsediepsluis tot aan de invaart van de haven in de Oosterschelde. Uit deze bemonstering komt naar voren dat het visaanbod verder van de sluis minder is en de migrerende soorten niet of weinig aanwezig zijn.

Hoogstwaarschijnlijk bevinden de vissen zich bij de sluis zelf en minder op het open water. Direct achter de sluisdeur is in de zoete lokstroom duidelijk een verhoogd visaanbod zichtbaar. In de periode maart – april - mei zijn in de lokstroom direct aan de buitenkant van de sluis vaak scholen van Driedoornige stekelbaars, Spiering, Haring en Harder waargenomen, als ook concentraties aan Glasaal en Bot. Dit aanbod kwam vaak niet tot uiting in de daadwerkelijk gemeten migratie door de sluis.

Tabel 5: Vangsten met STOWA kuil, percentages zijn afgerond

Vangst STOWA kuil Bergsediepsluis		
Soort	Aantal	%
Koornaarvis	9	30.0
Driedoornige stekelbaars	5	16.7
Geep	5	16.7
Zwarte grondel	4	13.3
Schar	3	10.0
Bot	1	0.3
Haring	1	0.3
Zeedonderpad	1	0.3
Grote zeenaald	1	0.3
Totaal 30		

3.3.5 Effecten aangepast sluisbeheer op kreeft

Om te kijken in hoeverre de proef invloed heeft op de aanwezige kreeft bij de Bergsediepsluis zijn er aanvullende gegevens verzameld door beroepsvisser W. Schot. Bevissing is uitgevoerd vanaf de buitenkant westelijke havendam en langs de zuidkant van deze dam richting sluis waar op regelmatige afstand per locatie een aantal fuiken stond. Het kreeftenseizoen is overigens pas laat op gang gekomen door het koude voorjaar van 2010. Over de gehele linie kwamen de vangsten pas later op gang.

De vangsten geven aan dat er zowel maatse en ondermaatse kreeft is gevangen op de Oosterschelde locatie, en dat dit minder wordt in de havenkom. In principe is dit een normaal beeld. Dit is in de regel een minder geschikt habitat voor kreeften. De vangsten bij de sluis liggen in dezelfde ordegrootte, maar zijn pas in de laatste 2 weken van de periode gevangen. Bij de sluis zijn geen kleine (ondermaatse) kreeften gevangen, terwijl dit wel het geval is bij de andere locaties. Hier is wel een westwaartse (Oosterschelde) gradiënt te zien. Er zijn vooralsnog geen directe aanwijzingen dat het aangepaste sluisbeheer met extra zoet water vooralsnog tot negatieve effecten leidt voor de kreeftvangsten.

3.4 Effecten op de schelpdieren

3.4.1 De opzet van de schelpdierenproef

Aan de Krammersluis en de Bergsediepsluis zijn mosselen en oesters opgehangen in de waterkolom op verschillende afstanden van elkaar vanaf de sluizen naar het open water. Achter de sluis is in meerder of mindere mate een zoet – zout gradiënt aanwezig en bij elke sluis zijn hierin op vier punten mandjes met mosselen en oesters uitgezet.

Bij elke sluis zijn daarnaast twee referentielocaties geselecteerd die niet onder invloed staan van de zoet – zout overgang. De referentielocaties voor de Krammersluizen zijn: Plaat van de Oude Tonge en Zijpe. Voor de Bergsediepsluis zijn dat Lodijkse Gat en Marollegat, telkens ter hoogte van een meetboei van RWS. Bij de Krammersluizen zijn op 6 locaties mosselen/oesters uitgezet:

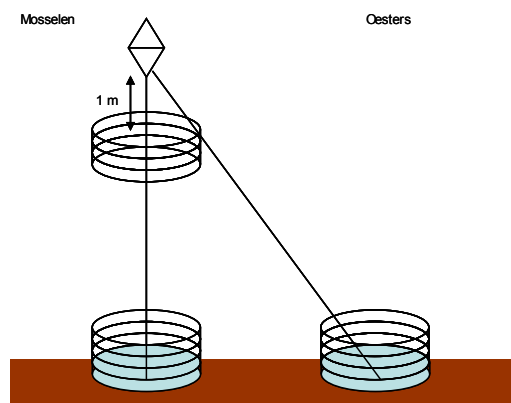
- 4 locaties met mosselen en oesters in de zoet-zout gradiënt;
- 2 referentielocaties met mosselen en oesters verderop in de Oosterschelde (zout water).

Oesterproef

Per locatie zijn drie mandjes uitgezet op de bodem met telkens 3 pakketjes van 10 oesters (figuur 24). Per bemonstering is 1 pakket oesters uit elk mandje verzameld en geanalyseerd.

Mosselproef

Per locatie zijn drie mandjes met mosselen uitgezet op de bodem en zijn drie mandjes opgehangen 1 m onder het wateroppervlak (figuur 24). In elk mandje zijn 3 groepen van 20 mosselen gelegd. Per bemonstering is 1 groep van 20 mosselen uit elk mandje verzameld en geanalyseerd.



Figuur 24: Opzet van de schelpdierproef van 1 locatie (mosselen: links, oesters: rechts)

Bij de aanvang van de proef zijn 5 X 20 mosselen gemeten (individueel), gewogen (per groep van 20) en is het asvrijdrooggewicht (per groep van 20) bepaald. Voor de oesters zijn 5 X 10 individuen gewogen (individueel) en is het asvrijdrooggewicht (individueel) bepaald. Tevens is van elke oester een visuele kwaliteitscontrole uitgevoerd. Bij elke bemonstering zijn voor elke groep van 20 mosselen respectievelijk 10 oesters dezelfde analyses uitgevoerd.

3.4.2 De resultaten van de schelpdierenproef bij de Krammersluizen

De resultaten van de schelpdierenproef bij de Krammersluizen zijn op hoofdlijnen als volgt:

1. Voor de oesters

- *Mortaliteit*: de mortaliteit van de oesters op de locaties dicht bij de Krammerduwvaartsluis is gemiddeld geringer dan op de referentielocaties;
- *Groei*: de oesters nemen duidelijk toe in gewicht in de periode en de groei is gemiddeld het grootste op de locatie dicht bij de Krammersluizen;
- *Visuele kwaliteit*: de visuele kwaliteit van de oesters blijft in de 3 maanden durende periode ongeveer gelijk en deze is gemiddeld het grootste op de locaties dicht bij de Krammersluizen.

2. Voor de mosselen

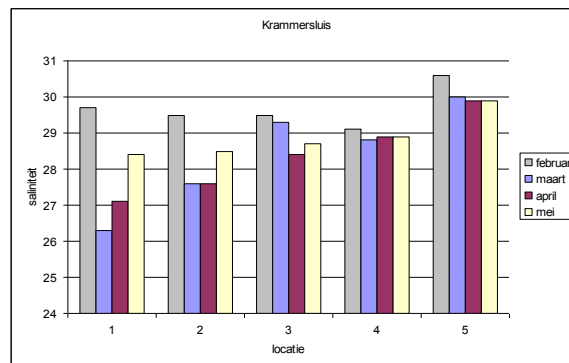
- *Mortaliteit*: er zijn weinig verschillen in mortaliteit tussen de locaties dicht bij de Krammersluizen en de referentielocaties;
- *Groei, lengte*: de groei in lengte is beperkt, met als verschillen:
 - De groei bovenin de waterkolom is dicht bij de Krammersluizen beperkt beter dan op de referentielocatie;
 - De groei onderin de waterkolom is op de locaties dicht bij de Krammersluizen en de referentielocaties zeer vergelijkbaar;
- *Groei, versgewicht*: er is gemiddeld een duidelijke afname in versgewicht te zien wat te wijten kan zijn aan paaiactiviteiten maar ook aan een beperkte beschikbaarheid van voedsel. De verschillen zijn:
 - Het versgewicht van de mosselen bovenin de waterkolom is dicht bij de Krammersluizen beperkt beter dan op de referentielocatie;
 - Het versgewicht van de mosselen onderin de waterkolom is op de locaties dicht bij de Krammersluizen en de referentielocaties zeer vergelijkbaar;
 - De mosselen onderin de waterkolom zijn gemiddeld iets zwaarder dan de mosselen bovenin de waterkolom;
- *Conditie*: de conditie van de mosselen neemt gemiddeld gezien af, met als verschillen:
 - De conditie van de mosselen bovenin de waterkolom is dicht bij de Krammersluizen beperkt beter dan op de referentielocatie;
 - De conditie van de mosselen onderin de waterkolom is op de locaties dicht bij de Krammersluizen en de referentielocaties zeer vergelijkbaar;
 - De mosselen onderin de waterkolom zijn gemiddeld in iets betere conditie dan de mosselen bovenin de waterkolom.

Saliniteit

Door softwareproblemen is de hoeveelheid water dat via de Krammerduwvaartsluizen kon worden gespuid hetzelfde gebleven als bij het reguliere beheer. Gemiddeld gezien is er sprake van lekverliezen (van het zoet-zout scheidingsstelsel) van 9 m³/s. De proef is dus uitgevoerd in een reguliere situatie.

Als eerste is de saliniteit op de 6 locaties bepaald. Reeds voor de start van het project (februari) lag de saliniteit nabij de sluis (locaties 1 tot en met 4) lager dan in het referentiepunt (locatie 5). Na de start van het project is elke maand een gradiënt in de saliniteit waar te nemen, maar die is het opvallendst bij het begin van de proef (april en mei). Locatie 4, die net buiten de kom van sluis is gelegen, lijkt weinig invloed te ondervinden van het sluisregime; de saliniteit is sterk vergelijkbaar met de referentieperiode (februari) en vertoont dezelfde trend als de referentielocatie (locatie

5). Ook daar daalt de saliniteit lichtjes, in dezelfde mate als in punt 4, van februari naar maart.

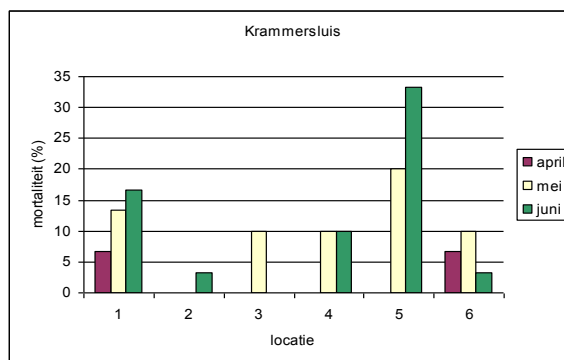


Figuur 25: Het zoutgehalte in de waterkolom nabij de Krammersluis per locatie doorheen de tijd (1 tot en met 4 verwijzen naar de locaties in de zoet-zout gradiënt, met 1 de locatie dichtst bij de sluis; 5 is de referentielocatie Marollegat – zie Bergse Diepsluis)

Resultaten voor de oesters

Mortaliteit onder de oesters

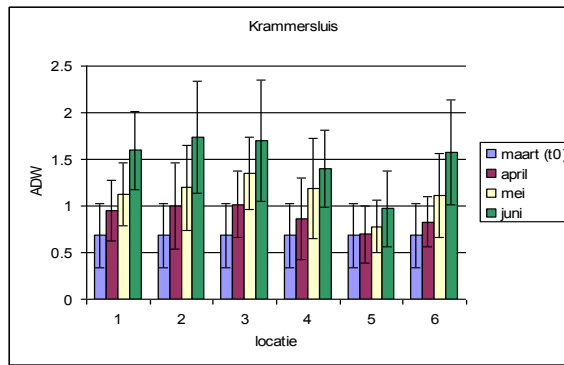
In april is nog geen mortaliteit waargenomen in locatie 5 (Zijpe), maar in mei en juni is het aantal dode oesters daar steeds veel hoger dan in de andere locaties. Op het einde van de proef is één derde van de oesters afgestorven. Vlak bij de doorlaat van de sluis (locatie 1), is bij elke bemonstering een aantal dode oesters waargenomen. Bij het einde van de proef, in juni, was de mortaliteit hier het op één na grootst. Op alle andere locaties bedraagt de mortaliteit maximaal 10%.



Figuur 26: Mortaliteit van de oesters nabij de Krammersluis. (1 tot en met 4 verwijzen naar de locaties in de zoet-zout gradiënt, met 1 de locatie dichtst bij de sluis; 5 is de referentielocatie Zijpe en 6 is de referentielocatie Plaat van de Oude Tonge)

Gewichtstoename van de oesters

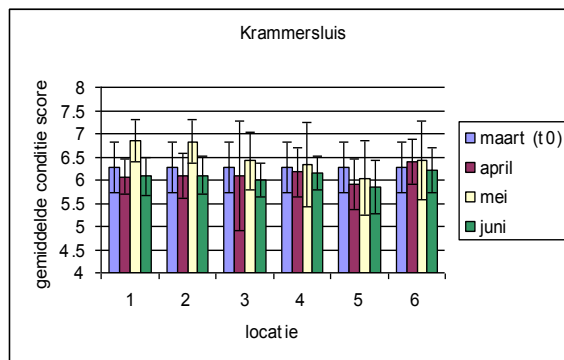
In elke locatie is een duidelijke gewichtstoename waar te nemen doorheen de tijd (figuur 2). De gewichtstoename is het laagst in referentielocatie Zijpe (locatie 5). Het asvrijdrooggewicht is er bij de laatste bemonstering in juni significant lager dan in de locaties nabij de sluis (ANOVA, $p < 0.001$), maar ook in vergelijking met de andere referentielocatie (Plaat van Oude Tonge, ANOVA, $p < 0.001$).



Figuur 27: Asvrijdrooggewicht van de oesters nabij de Krammersluis (gemiddelde +/- standaarddeviatie). 1 tot en met 4 verwijzen naar de locaties in de zoet-zout gradiënt, met 1 de locatie dichtst bij de sluis; 5 is de referentielocatie Zijpe en 6 is de referentielocatie Plaat van de Oude Tonge)

Conditie van de oesters

De conditie score voor de oesters is visueel bepaald. De beste score wordt in de meeste locaties – behalve in referentielocatie Zijpe – opgemeten in mei (figuur 28) Mogelijk is de lagere score in juni te wijten aan de paaiactiviteit van de oesters. De conditiescore ligt steeds iets lager in de referentielocatie Zijpe in vergelijking met alle andere punten.

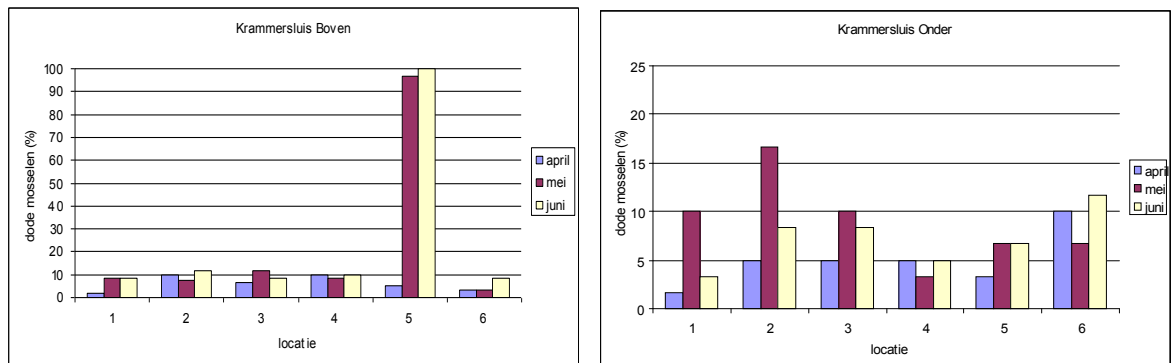


Figuur 28: Conditie score van de oesters nabij de Krammersluis (gemiddelde +/- standaarddeviatie). (1 tot en met 4 verwijzen naar de locaties in de zoet-zout gradiënt, met 1 de locatie dichtst bij de sluis; 5 is de referentielocatie Zijpe en 6 is de referentielocatie Plaat van de Oude Tonge)

Resultaten voor de mosselen

Mortaliteit onder de mosselen

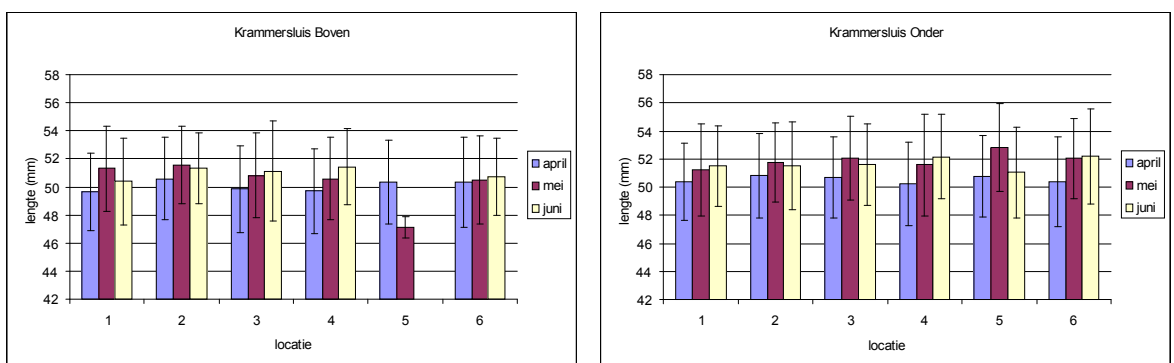
Opvallend bij de mosselen is de hoge mortaliteit bovenaan in de waterkolom in Zijpe (locatie 5). In mei zijn daar 98% van de mosselen gestorven en op het einde van de proef, in juni, is geen enkele levende mossel meer teruggevonden (figuur 29). Dit is een uitzondering ten opzichte van de andere locaties. De precieze redenen zijn niet helder. Op de andere locaties is de mortaliteit in de waterkolom nooit groter dan 12%. Op de bodem is de overleving van de mosselen in Zijpe veel beter (mortaliteit van maximaal 7%). Bij de tweede bemonstering is een hoge mortaliteit in de bodemmosselen gevonden in locatie 2 (17%), in de kom van de sluis. Dit is echter een gevolg van hoge sterfte in één van de replicaten (35%), terwijl dit in de andere replicaten veel lager was. Ook uit de laatste bemonstering blijkt dat de hoge mortaliteit in mei een uitschieter is. De mortaliteit bij andere bemonsteringen en op andere locaties blijft onder de 12%.



Figuur 29: Mortaliteit van de mosselen nabij de Krammersluis boven in de waterkolom (links) en op de bodem. (1 tot en met 4 verwijzen naar de locaties in de zoet-zout gradiënt, met 1 de locaties dichtst bij de sluis; 5 is de referentielocatie Zijpe en 6 is de referentielocatie Plaat van de Oude Tonge)

Lengtegroei van de mosselen

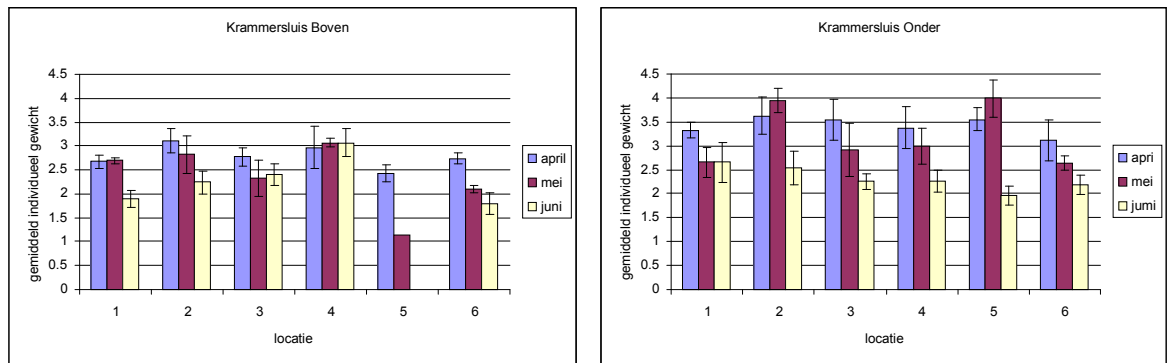
Zowel boven in de waterkolom als op de bodem is een lichte groei van de mosselen waargenomen (figuur 30). In locaties 1 en 2 is de groei vergelijkbaar op de bodem als boven in de waterkolom, terwijl in locaties 3 en 4 (beide in de zoet zout-gradiënt) en 5 en 6 (beide referenties) iets grotere mosselen zijn gemeten op de bodem. De groei (op de bodem) is het traagst in referentielocatie Zijpe.



Figuur 30: Lengtemeting van de mosselen nabij de Krammersluis boven in de waterkolom (links) en op de bodem. (gemiddelde +/- standaarddeviatie) (1 tot en met 4 verwijzen naar de locaties in de zoet-zout gradiënt, met 1 de locatie dichtst bij de sluis; 5 is de referentielocatie Zijpe en 6 is de referentielocatie Plaat van de Oude Tonge)

Versgewicht van de mosselen

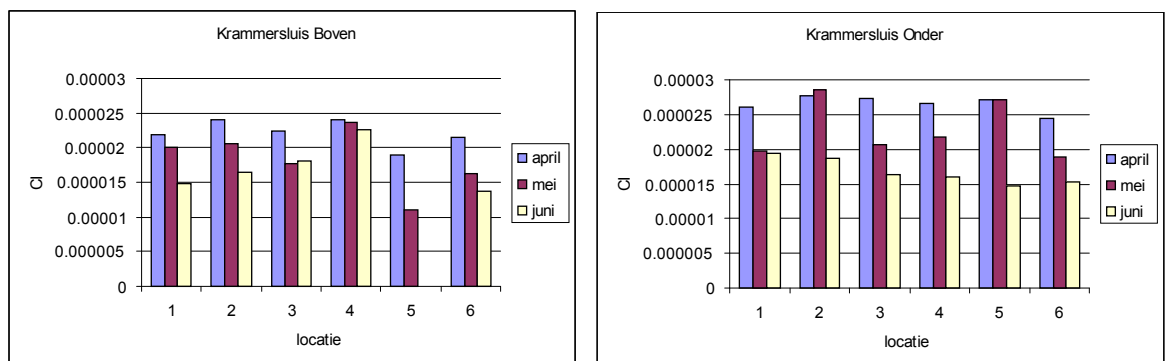
Voor de meeste locaties is een dalende trend waar te nemen doorheen de tijd voor het individuele versgewicht van de mosselen (figuur 31). Dit kan te wijten zijn aan paaiactiviteit van de mosselen in het voorjaar maar ook aan het feit dat er onvoldoende voedsel beschikbaar is. Op het einde van de proef is het versgewicht steeds lager in de referentiepunten dan in de zoet - zoutgradiënt.



Figuur 31: Individueel versgewicht van de mosselen nabij de Krammersluis boven in de waterkolom (links) en op de bodem. (gemiddelde +/- standaarddeviatie) (1 tot en met 4 verwijzen naar de locaties in de zoet-zout gradiënt, met 1 de locatie dichtst bij de sluis; 5 is de referentielocatie Zijpe en 6 is de referentielocatie Plaat van de Oude Tonge).

Conditie van de mosselen

De conditie Index is berekend op basis van het versgewicht en de lengte². Nog duidelijker dan voor individueel versgewicht, zien we voor CI een afname doorheen de tijd. Zoals reeds vermeld, is dit vermoedelijk een gevolg van het paaien.



Figuur 32: Conditie index (CI) van de mosselen nabij de Krammersluis boven in de waterkolom (links) en op de bodem. (1 tot en met 4 verwijzen naar de locaties in de zoet-zout gradiënt, met 1 de locatie dichtst bij de sluis; 5 is de referentielocatie Zijpe en 6 is de referentielocatie Plaat van de Oude Tonge).

² CI = gewicht/(lengte)³

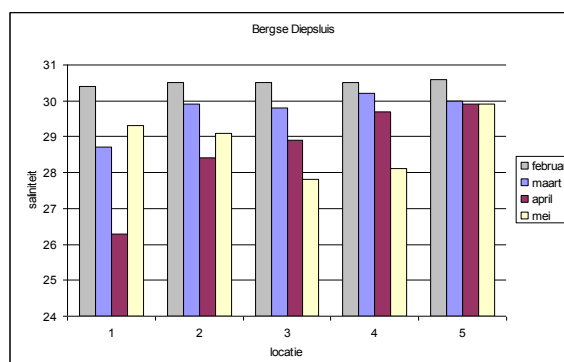
3.4.3 De resultaten van de schelpdierenproef bij de Bergsediepsluis

De resultaten van de schelpdierenproef bij de Bergsediepsluis zijn op hoofdlijnen als volgt:

1. Voor de oesters:
 - *Mortaliteit*: de mortaliteit van de oesters is op de locaties dicht bij de sluis en de referentielocaties zeer vergelijkbaar;
 - *Groei*: de gewichtstoename van de oesters is zeer beperkt in relatie tot de toename bij de Krammersluizen; daarbij is de groei op de referentielocatie beperkt groter dan op de locaties dicht bij de sluis;
 - *Visuele kwaliteit*: de visuele kwaliteit van de oesters blijft in de 3 maanden durende periode ongeveer gelijk en de visuele kwaliteit is gemiddeld op de referentielocatie beter dan op de locaties dicht bij de sluis; maar hier treedt in juni wel een sterk verval op.
2. Voor de mosselen
 - *Mortaliteit*: er zijn weinig verschillen in mortaliteit tussen de locaties dicht bij de sluis en de referentielocaties;
 - *Groei, lengte*: de groei in lengte is zeer beperkt, met weinig verschil tussen de locaties;
 - *Groei, versgewicht*: er is gemiddeld een duidelijke afname in versgewicht te zien wat te wijten kan zijn aan paaiactiviteiten maar ook aan een beperkte beschikbaarheid van voedsel; waarbij de referentielocaties beperkt beter scoren;
 - *Conditie*: de conditie van de mosselen neemt gemiddeld gezien af, waarbij de referentielocaties beperkt beter scoren. Hierbij wordt opgemerkt dat hierbij in juni een sterk verval optreedt.

Saliniteit

Er zit heel wat ruimtelijke en temporele variatie in de zoutgehaltes bij de Bergsediepsluis. In april en mei is min of meer een stijging in de saliniteit waar te nemen met toenemende afstand tot de sluis. Op locaties 1 en 2 is het laagste zoutgehalte gemeten in april, maar op locaties 3 en 4 neemt het zoutgehalte verder af tot in mei. De invloed van de zoet – zout overgang is meetbaar tot in punt 4. In de referentielocatie Marollegat neemt het zoutgehalte af van februari naar maart, waarna het stabiel blijft.

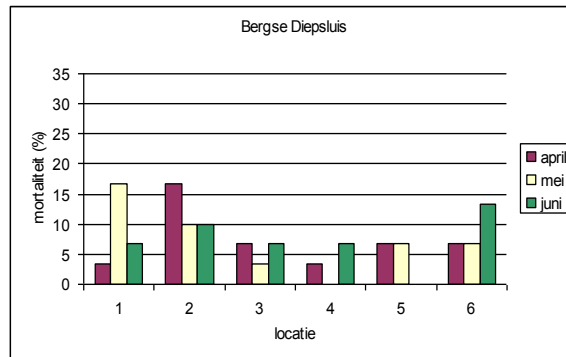


Figuur 33: Het zoutgehalte in de waterkolom nabij de Bergse Diepsluis per locatie doorheen de tijd (1 tot en met 4 verwijzen naar de locaties in de zoet-zout gradiënt, met 1 de locatie dichtst bij de sluis; 5 is de referentielocatie Lodijkse Gat en 6 is de referentielocatie Marollegat).

Resultaten voor de oesters

Mortaliteit oesters

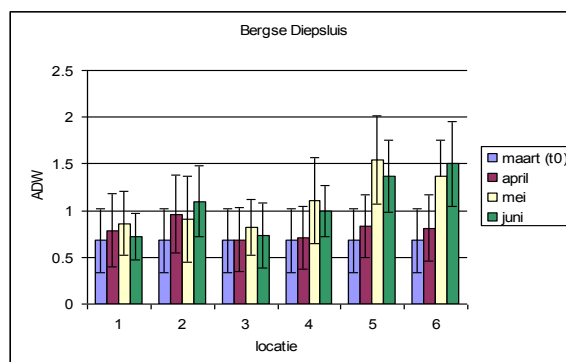
De mortaliteit van de oesters blijft over het algemeen onder de 10%, hetgeen overeenkomt met gemiddeld één oester per replicaat.



Figuur 34: Mortaliteit van de oesters in de Bergse Diepsluis (1 tot en met 4 verwijzen naar de locaties in de zoet-zout gradiënt, met 1 de locatie dichtst bij de sluis; 5 is de referentielocatie Lodijsse Gat en 6 is de referentielocatie Marollegat).

Gewichtstoename oesters

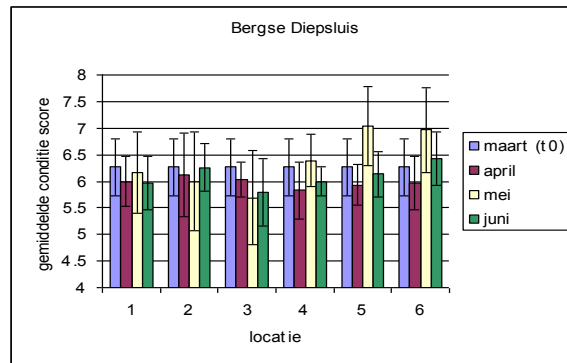
De gewichtstoename is groter in de referentielocaties dan op de locaties die onder invloed staan van zoetwater toevoer (figuur 35). Tussen de bemonstering in mei en in juni is op de meeste locaties een lichte daling van het individuele asvrij drooggewicht waar te nemen. Mogelijk kan dit te wijten zijn aan het paaien van de oesters. De gewichtstoename is het laagst in locatie 1, dichtst bij de zoetwater doorlaat, en locatie 3.



Figuur 35: Asvrij drooggewicht van de oesters nabij de Bergse Diepsluis (1 tot en met 4 verwijzen naar de locaties in de zoet-zout gradiënt, met 1 de locatie dichtst bij de sluis; 5 is de referentielocatie Lodijsse Gat en 6 is de referentielocatie Marollegat).

Conditie oesters

De conditiescore, die visueel is bepaald, haalt de hoogste waarden in de referentielocaties (locaties 5 en 6) (figuur 36). Er is hier echter een daling in conditie te merken tussen mei en juni, wat mogelijk kan verklaard worden door paaiactiviteit of door een gebrek aan voedsel.

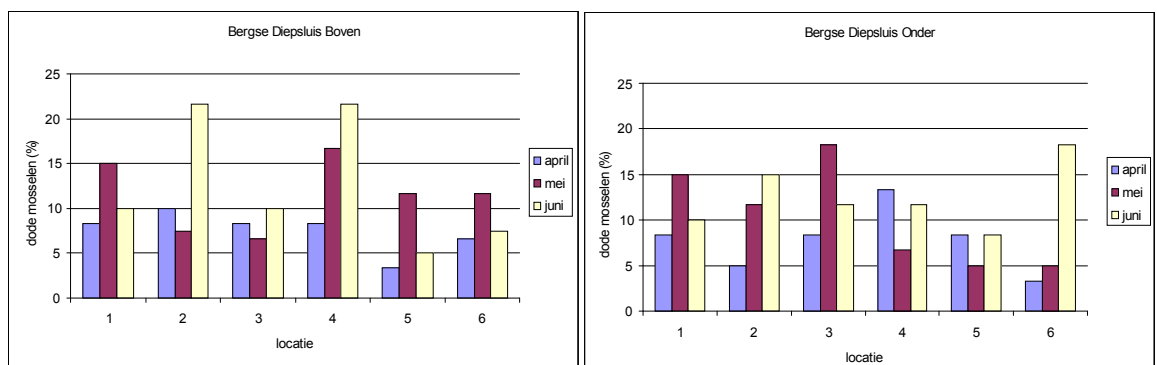


Figuur 36: Conditie scores van de oesters nabij de Bergse Diepsluis (1 tot en met 4 verwijzen naar de locaties in de zoet-zout gradiënt, met 1 de locatie dichtst bij de sluis; 5 is de referentielocatie Marollegat).

Resultaten voor de mosselen

Mortaliteit

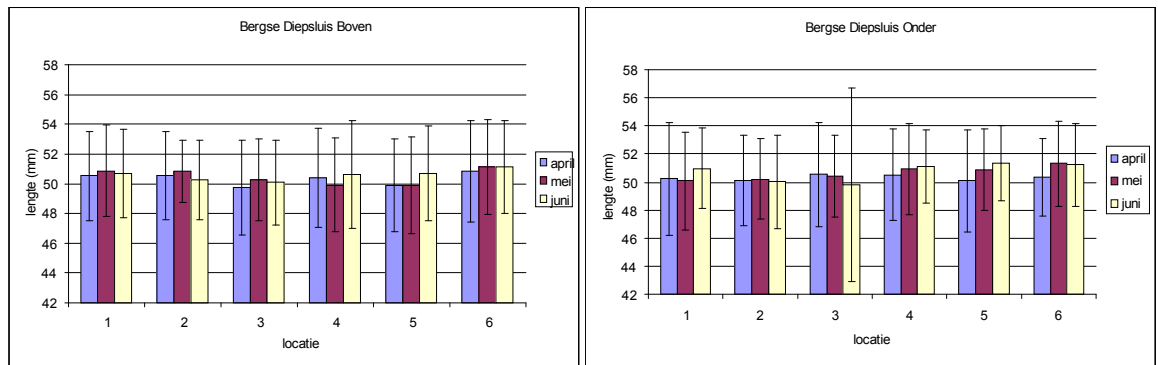
De mortaliteit is over ligt over het algemeen tussen de 5% en de 15%, zowel bij mosselen die in de waterkolom zijn opgehangen als bij mosselen die op de bodem zijn geplaatst. Uitschieters zijn locatie 2 en locatie 4 bij de laatste monsters.



Figuur 37: Mortaliteit van de mosselen nabij de Bergse Diepsluis (1 tot en met 4 verwijzen naar de locaties in de zoet-zout gradiënt, met 1 de locatie dichtst bij de sluis; 5 is de referentielocatie Lodijske Gat en 6 is de referentielocatie Marollegat).

Lengtegroei van de mosselen

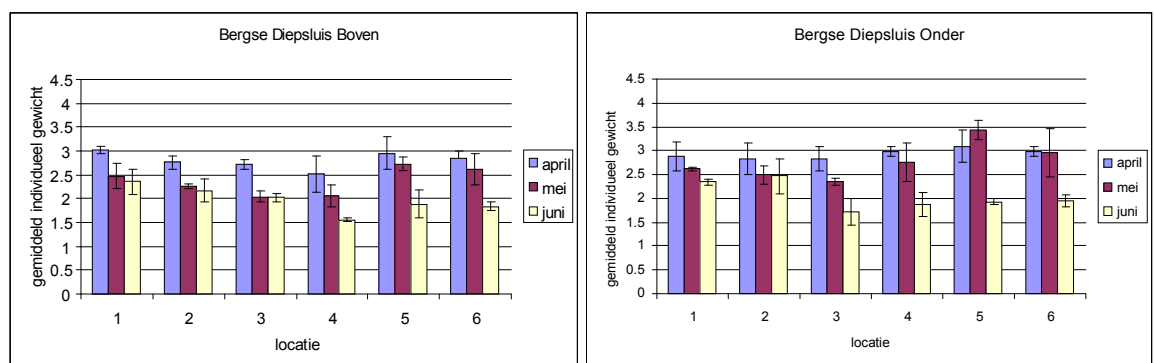
De lengte toename van de mosselen is beperkt in de zoet-zout gradiënt van de Bergsedielsluis en in beide referentielocaties. Ook is per locatie weinig verschil te merken tussen de mosselen die zijn opgehangen in de waterkolom en de mosselen die op de bodem zijn geplaatst.



Figuur 38: Lengtemeting van de mosselen nabij de Bergse Diepsluis (1 tot en met 4 verwijzen naar de locaties in de zoet-zout gradiënt, met 1 de locatie dichtst bij de sluis; 5 is de referentielocatie Lodijkse Gat en 6 is de referentielocatie Marollegat).

Versgewicht mosselen

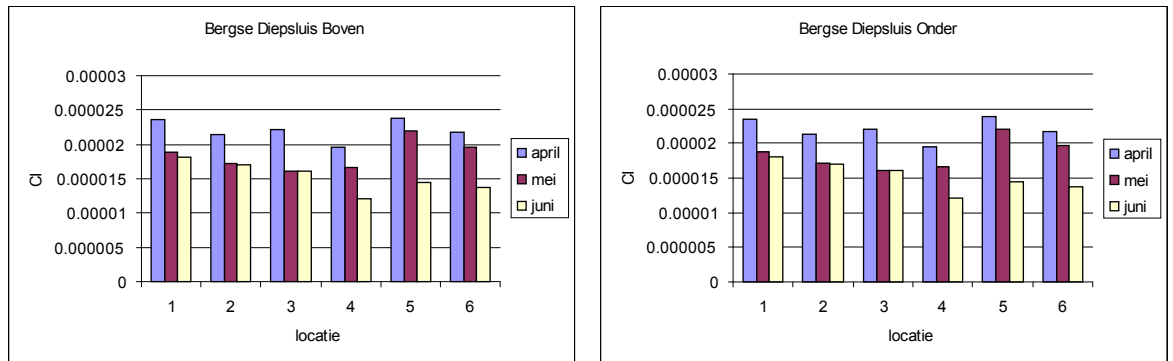
Er treedt een algemene gewichtsafname op in de meeste locaties (figuur 39). Enkel in het Lodijkse Gat is er een lichte gewichtstoename waar te nemen tussen april en mei. Mogelijk is dit te wijten aan de paaiactiviteit van de mosselen, maar mogelijk is de voedselbeschikbaarheid voor de mosselen te laag, waardoor geen groei optreedt.



Figuur 39: Gemiddeld individueel versgewicht van de mosselen nabij de Bergse Diepsluis (1 tot en met 4 verwijzen naar de locaties in de zoet-zout gradiënt, met 1 de locatie dichtst bij de sluis; 5 is de referentielocatie Lodijkse Gat en 6 is de referentielocatie Marollegat).

Conditie mosselen

De conditie Index neemt af doorheen de tijd. Ook hier moet de verklaring worden gezocht in de paaiactiviteit van de mosselen of de slechte voedselomstandigheden waardoor groei niet mogelijk is. De CI lijkt iets af te nemen met toenemende saliniteit, maar dit wordt niet bevestigd door de referenties.



Figuur 40: De Conditie Index van de mosselen nabij de Bergse Diepsluis (1 tot en met 4 verwijzen naar de locaties in de zoet-zout gradiënt, met 1 de locatie dichtst bij de sluis; 5 is de referentielocatie Lodijkse Gat en 6 is de referentielocatie Marollegat).

3.4.4 Effecten op de mosselen van Landa

Mosselhangcultuur Landa B.V. heeft haar mosselproductiegronden direct ten noorden van de Bergsediepsluis en bij de Krammerjachtensluizen. Het uitzetten van monsters mosselen en oesters is gebeurd met de assistentie van de heer Landa. Daarnaast zijn door de heer Landa aanvullend een aantal strengen met mosselen opgehangen naast de uitgezette monsters.

Tabel 6: Het gewicht van de mosselstrengen van Landa

Locaties	Gewicht mosselstrengen		
	Begin proef	Halverwege proef (8 april)	Einde proef
Locatie Bergsdiepsluis			
Dicht bij sluis	Gewicht niet bekend	Hangcultuur verloren	Hangcultuur verloren
Einde steiger	Gewicht niet bekend	8,1 kg	4,8 kg
Offshore	Gewicht niet bekend	4,7 kg	7 kg
Krammersluizen			
Dicht bij sluis	6,7 kg	5,5 kg	6,45 kg
Steiger	7,5 kg	5,5 kg	6,25 kg
Offshore	5,2 kg	Hangcultuur verloren	Hangcultuur verloren

De resultaten van de proef zijn wat gefragmenteerd omdat diverse mosselstrengen verloren zijn gegaan en het gewicht van de strengen bij de start van het project bij de Bergsediepsluis niet bekend is.

Bij het ophalen van de monsters zijn de strengen als geheel beoordeeld en gewogen. Het algemene beeld van de strengen was dat:

- Bij de Krammersluizen het gewicht eerst afneemt en daarna weer toeneemt. Dit is een regulier effect: de hangcultuurmosselen herstellen na het melken; en ze doen dit sneller dan bodemcultuur mosselen.
- Bij de Bergsediepsuis vanaf halverwege de proef een duidelijke afname in gewicht optreedt;
- Dat een aanzienlijk aantal mosselen van de stengen was gevallen inshore. De precieze reden is niet duidelijk maar afvallen door slechte conditie/dood is niet waarschijnlijk daar er geen lege schelpen zijn aangetroffen; contact met de steiger licht niet voor de hand omdat er nauwelijks dynamiek was; en predatie door vogels wordt bij de hangcultuur nooit waargenomen.
- De conditie van de mosselen in zijn algemeenheid matig was. Dit past in het algemene beeld dat uit de monsterring van alle mosselen bij met name de Bergsediepsuis naar voren komt.

In zijn algemeenheid kan er geen duidelijke conclusie uit de ontwikkeling van de mosselen aan de strengen worden getrokken. Een aantal hangculturen is verloren gegaan en van wel aanwezige hangculturen zijn mosselen gevallen waardoor de resultaten minder eenduidig te bepalen zijn. Het is niet te bepalen of er bijvoorbeeld in het laatste geval nog sprake was een gewichtsafname per mossel in de situatie dat er diverse mosselen van de streng zijn gevallen.

Wel is duidelijk dat de algemene visueel beoordeelde conditie van de mosselen aan de strengen matig was. Hierin geven de mosselstrengen een vergelijkbaar beeld als de geplaatste mosselen/oestermonsters achter de sluis en op de referentielocaties.



Figuur 41 Volgroeide, weelderige mosselstrengen.

4. Conclusies

Op basis van de resultaten kunnen de volgende conclusies worden getrokken.

1. Het projectproces – en aanpak

- **Stap voor stap vooruit in leerproces en draagvlakontwikkeling.** De samenwerking tussen de ecologen en de technische beheerders is goed verlopen. Er was, vooral in de beginfase, duidelijk een verschillende manier van denken. Het aanpassen van een regulier sluisbeheer dat al sinds jaar en dag wordt uitgevoerd, is niet makkelijk en moet ook in de hoofden van mensen worden aangepast. Door juist samen naar de ecologische en technische randvoorwaarden te kijken, is er meer begrip en draagvlak voor elkaars beweegredenen ontstaan. Technische problemen zijn vervolgens flexibel en op een prettige manier opgelost. Voor eventuele toekomstige maatregelen en proefprojecten wordt aanbevolen om een vergelijkbare werkwijze te hanteren.
- **Het publiek – private – maatschappelijke partnership en communicatie zijn de sleutel tot het succes.** Dit project is ontwikkeld door een bijzonder publiek – privaat - maatschappelijk partnership. De partijen hebben in het begin even aan elkaar moeten wennen, maar het brede partnership is een belangrijke sleutel tot succes gebleken om ambities te realiseren. Daarnaast is communicatie steeds als een volwaardig onderdeel van het project benaderd en heeft een duidelijk positief effect gehad in de draagvlakontwikkeling voor het project.



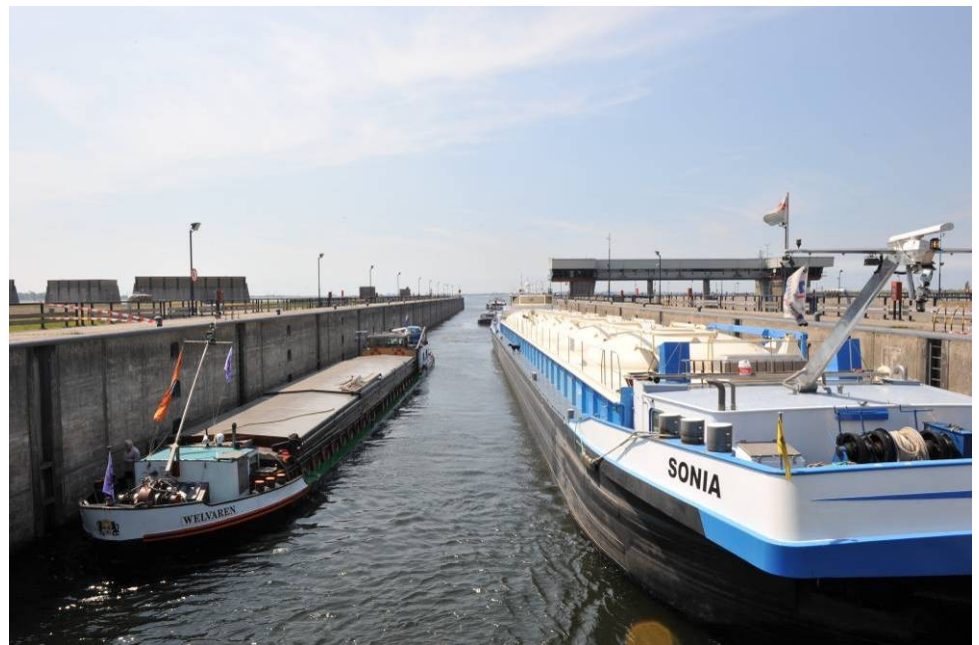
Figuur 42: Dag waarop de resultaten werden gepresenteerd

- **Kleinschalig proefproject met voorbeeldwerking.** De aard van het project is dat het een kleinschalig proefproject is. Hierdoor was het enerzijds mogelijk om op korte termijn het beheer aan te passen en testen uit te voeren.

Anderzijds betekent het ook dat met dit proefproject wel een voorbeeld kan worden gesteld maar niet dat alle antwoorden op complexe ecologische systeemvraagstukken kunnen worden beantwoord. Daarvoor is meer onderzoek noodzakelijk.

2. Waterkwaliteit en technisch sluisbeheer

- **Natuurlijk sluisbeheer leidt tijdens de proefperiode niet tot een significant hoger zoutgehalte op het Volkerak-Zoommeer.** De proef heeft geleid tot een beperkte toename van het zoutgehalte in de putten achter de sluisen. Bij de Krammersluizen hing dit samen met onderhoudswerkzaamheden aan de duwvaartsluizen en is geen aantoonbare zoutlast vanwege het Natuurlijk Sluisbeheer af te leiden.



Figuur 43: Krammersluizen hebben grote potentie

- **Bergsediepsluis is een kleinschalige locatie maar heeft potentie.** De Bergsediepsluis is een relatief kleinschalige locatie en de technische capaciteit om binnen de randvoorwaarden van o.a. veiligheid en recreatie water te spuien, is tijdens de proef bereikt. Er kon $0,85 \text{ m}^3/\text{sec}$ water (daggemiddeld) worden gespuid, resulterend in een beperkte verlaging van het zoutgehalte (tot 14 gr Cl/l) in de havenmond). Om meer effect te hebben, moet verdere optimalisatie plaatsvinden.
- **Natuurlijk Sluisbeheer werkt goed bij de Krammerjachtensluis maar is alleen handmatig uitvoerbaar.** Bij de spuibeurten met $2 \text{ m}^3/\text{sec}$ daggemiddelde bij de Krammerjachtensluis is een redelijke tot goede zoet – zout overgang gerealiseerd. Het zoutgehalte in de havenkom daalde tot circa $6 - 7 \text{ gr Cl/l}$ in het bovenste deel van de waterkolom. Buiten de havenkom verdwijnt de overgang echter snel. Het spuien kan alleen via de wandmoten welke handmatig moeten worden bediend waardoor Natuurlijk Sluisbeheer niet automatisch kan worden ingevoerd.

- **Natuurlijk Sluisbeheer leidt tot een grotere toevoer van nutriënten en silicium naar de Oosterschelde.** Natuurlijk Sluisbeheer leidt tot een grotere toevoer van nutriënten en silicium naar de Oosterschelde. Direct in de buurt van de sluisen is in de maanden maart en april duidelijk een toename van totaal N, totaal P en silicium gevonden. Hiermee wordt een bijdrage geleverd aan de versterking van de natuurlijke kwaliteiten en dynamiek van de Oosterschelde.
- **Natuurlijk Sluisbeheer leidt bij de Krammerduwvaartsluizen tot kortere schuttijd voor de beroepsvaart en energiebesparing.** De Krammerduwvaartsluis is een grote, belangrijke sluis voor de beroepsscheepvaart. Het instellen van de bediening zodat meer zoet water op de Oosterschelde wordt afgelaten, heeft ook een positief effect voor de beroepsvaart, omdat de schuttijd in de sluis wordt verkort. Daarnaast wordt het energieverbruik verlaagd, omdat er minder water hoeft te worden verpompt. Technisch geeft deze locatie echter nog wel problemen omdat het nog niet mogelijk is de bedieningssoftware aan te passen.
- **Natuurlijk Sluisbeheer heeft tijdens de proefperiode geen negatieve gevolgen voor de landbouw gehad.** In zijn geheel is er een zeer beperkte toename van het zoutgehalte t.o.v. de huidige situatie en deze blijft binnen de grenswaarden die binnen het waterakkoord zijn vastgelegd. Bij een mogelijke voortzetting van natuurlijk sluisbeheer is nauwlettende monitoring wel geboden, om zodoende bij te kunnen sturen in het beheer. Dit bijsturen op basis van het zoutgehalte kan eenvoudig worden uitgevoerd. Hiermee zijn er geen negatieve gevolgen voor de landbouw die afhankelijk is van het zoete water.
- **Natuurlijk Sluisbeheer heeft niet geleid tot problemen voor de productie van kreeft.** In de omgeving van de Bergsediepsluis bevindt zich een perceel waar kreeften worden gevangen. De kreeften hebben een zoute omgeving nodig en bij sterke verbrakking kan productieverlies optreden. De verbrakking is echter zeer beperkt gebleven (en alleen in de bovenlaag van de waterkolom) en van beperking van de productieomstandigheden voor kreeft is vooralsnog geen sprake.
- **Natuurlijk Sluisbeheer is een kosteneffectieve maatregel voor ecologisch herstel in de Zuidwestelijke Delta.** Natuurlijk Sluisbeheer kan veelal worden uitgevoerd door de beheerssoftware van de sluisen aan te passen en mogelijk beperkte fysieke ingrepen. Het effect op de zoet – zout overgang kunnen zeer positief zijn. Hiermee is Natuurlijk Sluisbeheer een kosteneffectieve maatregel t.o.v. veel andere ecologische herstelmaatregelen.

3. Vismigratie

- **Natuurlijk Sluisbeheer functioneert technisch voor vis.** De methode om zoet water te spuien bij laag water en de (openingen in de) sluisen langer open te houden bij opkomend water functioneert want tijdens de proef vindt vismigratie plaats door de sluisen. Met verschillende methoden zijn 12 vissoorten waargenomen die tijdens aangepast sluisbeheer de sluisen zijn gepasseerd. Diadrome vissoorten zoals Driedoornige stekelbaars, Dunlipharder, Bot, Paling, Zeeprik, Zeeforel en Glasaal zijn aangetroffen, evenals soorten die een voorkeur hebben voor brak water zoals Koornaarvis, Haring en incidenteel ook Spiering.

Met aangepast sluisbeheer in de vorm van aflaten van zoet water onder natuurlijk verval tijdens de laagwaterperiode, en kortstondig zout water richting zoet water laten stromen, zijn de kunstwerken duidelijk visvriendelijker. De migratiemogelijkheden nemen toe naarmate er langer zout water wordt ingelaten en terugstroomt richting het Volkerak-Zoommeer.



Figuur 44: Een aal gevangen tijdens een monstername.

- **Grootschalige vismigratie niet geregistreerd.** De migratie van enorme hoeveelheden vis, zoals die soms wel bij andere zoet – zout overgangen wordt waargenomen, zijn hier niet geregistreerd.
- **De lokstroom trekt meer vissen aan dan dat er door de sluis migreren.** Tijdens het monitoren zijn er diverse zichtwaarnemingen gedaan van vissen en scholen vis voor de sluis terwijl de migratie door de sluis vervolgens beperkt bleef. Dit geeft aan dat de zoet water lokstroom functioneert maar dat de migratievoorziening (door de vis) nog niet als optimaal wordt beoordeeld.
- **Vismigratie dag en nacht.** De vismigratiemetingen zijn gedaan vanaf het eind van de middag tot op tijdstippen in de nacht. Visvangsten zijn gedaan bij daglicht en in donker (Dunlipharder en Driedoornige stekelbaars) of vrijwel uitsluitend in donker (zoals glasaal). Aangepast sluisbeheer lijkt tijdens elke laagwaterperiode effectief te kunnen zijn voor mogelijkheden in vismigratie. In principe migreert de meerderheid van de vissen in de avond en nacht, maar ook overdag wordt migratiegedrag waargenomen. Het heeft de voorkeur om aangepast sluisbeheer bij elk laag water in te zetten ongeacht het moment van de dag. Zo wordt er optimaal gebruik gemaakt van de migratiemomenten.

4. Schelpdieren

- **De oesters groeien het beste in de zoet – zout overgang van de Krammersluizen.** De sterkste toename van het gewicht van de oesters vindt plaats direct achter de Krammersluizen. Daarnaast blijft de visuele kwaliteit van oesters over de periode van 3 maanden ongeveer constant. Op deze locatie is de invloed van het zoete water en de toevoer van nutriënten het grootst.
- **Het gewicht en de conditie van de mosselen neemt af op alle locaties.** In zowel de zoet – zout overgangen als op de referentielocaties neemt het gewicht en de conditie van de mosselen af over een periode van 3 maanden. Opgemerkt wordt dat de mosselgroei in het voorjaar van 2010 in de gehele Oosterschelde minder dan gemiddeld was.
- **De mosselen in de zoet – zout overgang doen het beter dan op de referentielocatie.** Bij de Krammersluizen geven de mosselen betere resultaten in de zoet – zout overgang dan op de referentielocatie.
- **Bij de Bergsediepsuis is de oester- en de mosselgroei lager dan bij de Krammersluizen.** In zijn algemeenheid geven de locaties bij de Krammersluizen betere resultaten voor de oesters en mosselen dan de Bergsediepsuis. Het lijkt er op dat de dynamiek bij de Bergsediepsuis te gering is voor de schelpdieren om goed te kunnen groeien. De verschillen in resultaten tussen de monster- en referentielocaties zijn ook gering.
- **Geen nadelige effecten voor de schelpdieren.** Er zijn geen nadelige effecten van het gespuide zoete water op de groei van schelpdieren te zien.



Figuur 45: Goede oesters uit de Zeeuwse Delta.

- **De wetenschappelijke onderbouwing van de relatie groei schelpdieren - omstandigheden is lastig.** Het lijkt er op dat de schelpdieren beter groeien in een dynamische omgeving met instroom van zoet, nutriëntenrijk water. Echter, een wetenschappelijke onderbouwing is op basis van de proef niet te realiseren omdat het een kleinschalige proef betreft, het ecologisch systeem van de Oosterschelde complex is en de kennis over groei van schelpdieren relatief nog beperkt is.

5. Aanbevelingen

In dit hoofdstuk vindt reflectie plaats en worden aanbevelingen voor de toekomst gedaan.

1. Projectproces

- **Verdere ontwikkeling kennis Natuurlijk Sluisbeheer in zoet - zoutovergangen**
Dit project is een eerste stap geweest om praktische kennis t.a.v. vismigratie door sluizen en stuwen in de zoet – zout overgangen in Zeeland te ontwikkelen. Deze kennis moet verder ontwikkeld en verankerd worden in de RWS organisatie.
- **PPM - samenwerking voortzetten.** De samenwerking van publieke, private en maatschappelijke organisaties in dit project smaakt naar meer! Het heeft tot een goed, aansprekend project geleid en de samenwerking verdient een vervolg.
- **Aansluiten bij andere kennisontwikkelingsprogramma's.** In de Oosterschelde zijn ook andere kennisprogramma's aanwezig gericht op de verbetering van het ecologisch functioneren van de Oosterschelde, o.a. de draagkrachtstudie. Van belang is een duidelijk trekkerschap te benoemen en samenwerking vast te leggen conform de aanpak van de proef Natuurlijk Sluisbeheer.

2. Projecten

- **Optimalisatie en jaarrond inzetten Natuurlijk Sluisbeheer bij Bergsediepsuis.**
De proef heeft laten zien dat door een relatief simpele aanpassing van het beheer van een sluis er positieve effecten optreden voor vissen die tussen zoet en zout water willen migreren. Waar voorheen de sluis een barrière was, ontstaan er nu nieuwe mogelijkheden om te voorzien in de ecologische behoeftes. De ligging van de Bergsediepsuis en de beperkte mogelijkheden om zoet water te spuien, maakt echter dat het effect kleinschalig is en zal blijven.

Omdat de vele verschillende vissen op verschillende momenten migreren wordt aanbevolen om het natuurlijke spuibehoor jaarrond in te zetten. Hierbij moet de hoeveelheid zoet water verder geoptimaliseerd worden; er is dan jaarrond uitwisseling van vissen mogelijk. Dit alles is mogelijk binnen de randvoorwaarden (veiligheid, recreatiefunctie) die Rijkswaterstaat hiervoor hanteert. Het verdient aanbeveling het chloridegehalte in de put achter de sluis goed te bewaken en het waterstandsverschil waarbij de spui wordt gestopt te verlagen.

- **Optimalisatie Natuurlijk Spuibehoor voor de Volkeraksluizen.** De Volkeraksluizen vormen de verbinding tussen het rivierengebied en de Zeeuwse Delta. Als het Volkerak-Zoommeer verzilt, ontstaat daar een nieuwe zoet-zout overgang. Belangrijk is om in de planfase al het Natuurlijk Sluisbeheer vorm te geven door hier bij het ontwerp rekening mee te houden. Het beheer van de Volkeraksluizen is de sleutel om een grootschalige zoet – zout overgang te realiseren.

Voor het realiseren van goed ontwikkelde zoet - zout overgangen met ecologisch en economische potentie is een betere verbinding met het rivierengebied nodig. Dit kan bijvoorbeeld middels de introductie van *seizoensgerichte spui* (in de winter meer vanuit het Hollandsch Diep aflaten op het Volkerak-Zoommeer).

- **Implementatie Natuurlijk Sluisbeheer op andere locaties in de Zuidwestelijke Delta.** Deze proef heeft veel leerpunten opgeleverd voor het beheer van de sluizen in de Zuidwestelijke Delta. Uit de proef blijkt dat natuurlijk sluisbeheer werkt voor vismigratie en dat het technisch mogelijk is binnen de randvoorwaarden van Rijkswaterstaat. Het principe is daarmee ook toepasbaar bij andere sluizen die een ecologisch knelpunt vormen voor vissen op de harde overgang tussen zoet en zout water. De Bathse spuisluisen zijn bijvoorbeeld geschikt om visvriendelijk te worden bediend.
- **Monitoring en onderzoek naar groei schelpdieren, draagkracht Oosterschelde en realisatie zoet – zout overgang voorzetten.** De kennis over de ecologische draagkracht van de Oosterschelde, de groei van schelpdieren, de instroom van rivierwater en de interactie hiertussen is nog beperkt. Het verdient aanbeveling de komende jaren zowel modelstudies als praktijkproeven uit te voeren om dit beter in beeld te krijgen. Onderzoek naar de kom van de Oosterschelde dient hierbij extra aandacht te krijgen. Ook hierbij geldt dat één van de partijen het trekkerschap op zich dient te nemen en om een samenwerkingsverband aan te gaan.

Colofon

Titel: Proef Natuurlijk Sluisbeheer. *De resultaten, conclusies en aanbevelingen*

In opdracht van:

Rijkswaterstaat Zeeland

Poelendaelesingel 18

4335 JA Middelburg

Postbus 5014

4330 KA Middelburg

Contactpersoon: Kees-Jan Meeuse

kees-jan.meeuse@rws.nl

Wereld Natuur Fonds

Driebergseweg 10

3708 JB Zeist

Contactpersoon: Arjan Berkhuisen

ABerkhuisen@wwf.nl

Provincie Zeeland

Directie Ruimte, Milieu en Water

Het Groene Woud 1

4331 NB Middelburg

Contactpersoon: Tjeerd Blauw

ts.blauw@zeeland.nl

Datum: ~~14 december november~~ 2010

Uitgevoerd door:

LINKit consult

Contactpersoon: Jeroen van Herk

jeroen@linkitconsult.nl

Wanningen Water Consult

Contactpersoon: Herman Wanningen

herman@wanningenwaterconsult.nl

Imares Yerseke

Contactpersoon: Tom Ysebaert en Ilse de Mesel

tom.ysebaert@wur.nl

ilse.demesel@wur.nl

Stichting Zeeschelp

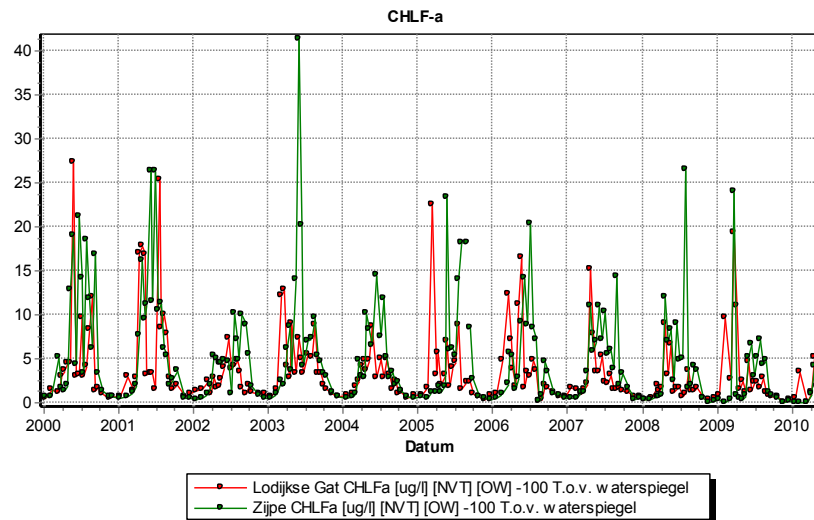
Contactpersoon: Marco Dubbeldam

marco@zeeschelp.nl

Bijlage 1 Nutriënten en Chlorofyl a

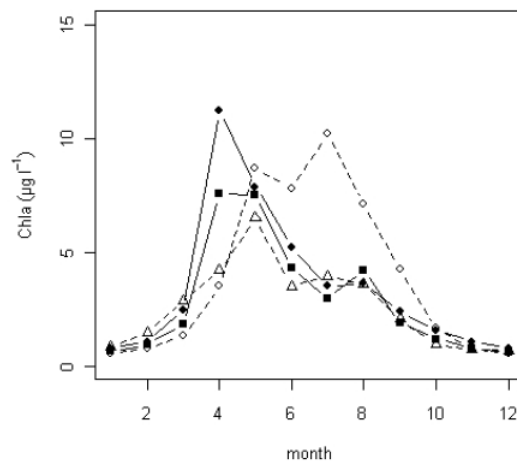
Chlorofyl a

In de Oosterschelde treedt in de meeste jaren een duidelijke voorjaarspiek in chl *a* op. Dit blijkt duidelijk uit Figuur 3 waar voor de locaties Lodijkse Gat en Zijpe de chl *a* concentraties in de periode 2000-2010 zijn weergegeven. Deze voorjaarspiek zien we ook in 2010 terug op de referentielocatie Marollegat, terwijl die bij Plaat van Oude Tonge veel minder uitgesproken is (Figuur 1).



Figuur 1: Chlorofyl *a* gehalte ($\mu\text{g/l}$) in de periode 2000-2010 op de locaties Lodijkse Gat en Zijpe. Bron: Rijkswaterstaat.

Gemiddeld duurt de voorjaarspiek in de noordelijke tak van de Oosterschelde langer dan in de overige delen van de Oosterschelde (Figuur 2, uit Troost et al. 2010). In 2010 lijkt dit echter minder uitgesproken te zijn.

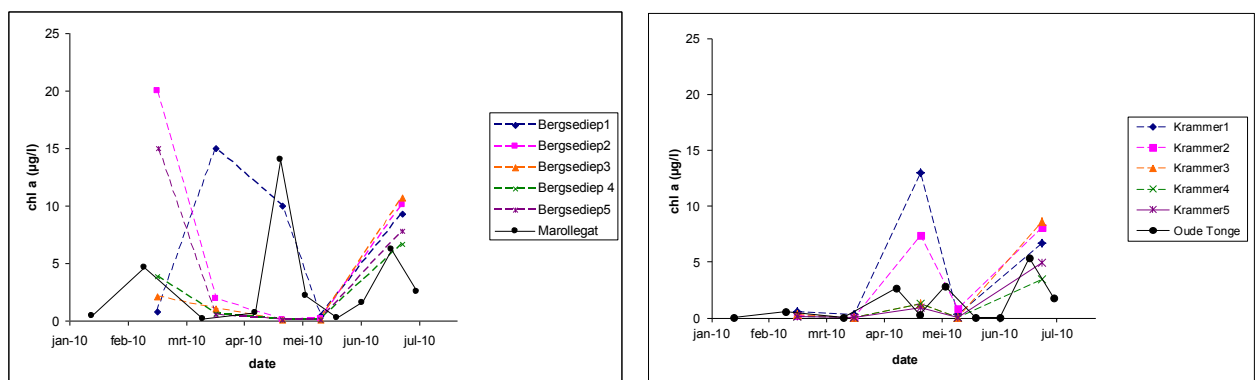


Figuur 2: Chl *a* gehalte in verschillende delen van de Oosterschelde ($\circ$ Noordelijke Tak, $\triangle$ kom, $\bullet$ West, $\blacksquare$ Centraal). De waarden zijn gemiddeldes over 1993-2007 (Troost et al., 2010).

Er is verder geen duidelijk verband tussen de waargenomen concentraties nabij de sluisen (zowel Bergsediepsluis als Krammerduwvaartsluis) en de waargenomen concentraties op de referentielocaties (respectievelijk Marollegat en Plaat van Oude Tonge) (Figuur 3). Bij de Bergsediepsluis zijn de concentraties in dezelfde grootteorde als de referentielocatie Marollegat, maar de waarden nabij de sluisen zijn zeer variabel en vaak zonder duidelijke trend. Zo worden in februari – dit is voor de start van de proef – hoge concentraties waargenomen op de locaties Bergsediep 2 en Bergsediep 3, terwijl op de overige locaties (incl. de referentielocatie) lage waarden worden waargenomen. Tijdens de proef worden hogere concentraties waargenomen bij BD1 in maart en april, terwijl op de overige sluislocaties zeer lage waarden worden waargenomen. In mei zijn de concentraties op alle locaties zeer laag, maar nemen terug toe in juni (d.i. na de proef). De referentielocatie laat een piek zien in april, met twee kleinere piekjes in februari en juni.

Bij de Krammersluizen zijn de concentraties ook zeer variabel. In februari en maart zijn de concentraties op alle locaties, incl. de referentielocatie, zeer laag. In april neemt het chl *a* duidelijk toe en is er een gradiënt in functie tot de afstand van de sluis waar te nemen. In mei zijn net als bij de Bergsediepsluis de concentraties zeer laag, waarna ze in juni terug toenemen.

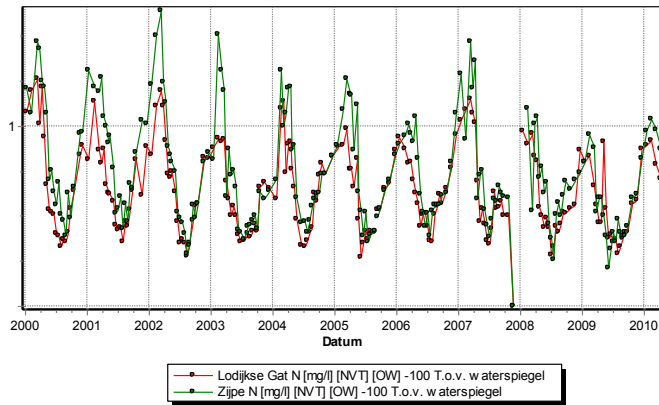
De concentraties chl *a* bij de Krammersluizen zijn niet hoger dan bij de Bergsediepsluis.



Figuur 3: Chl a gehalten bij de Bergsediepsluis (links) en Krammerduwvaartsluis (rechts) in de periode februari – juni 2010. Voor de positie van de verschillende meetstations: zie Figuur 1.

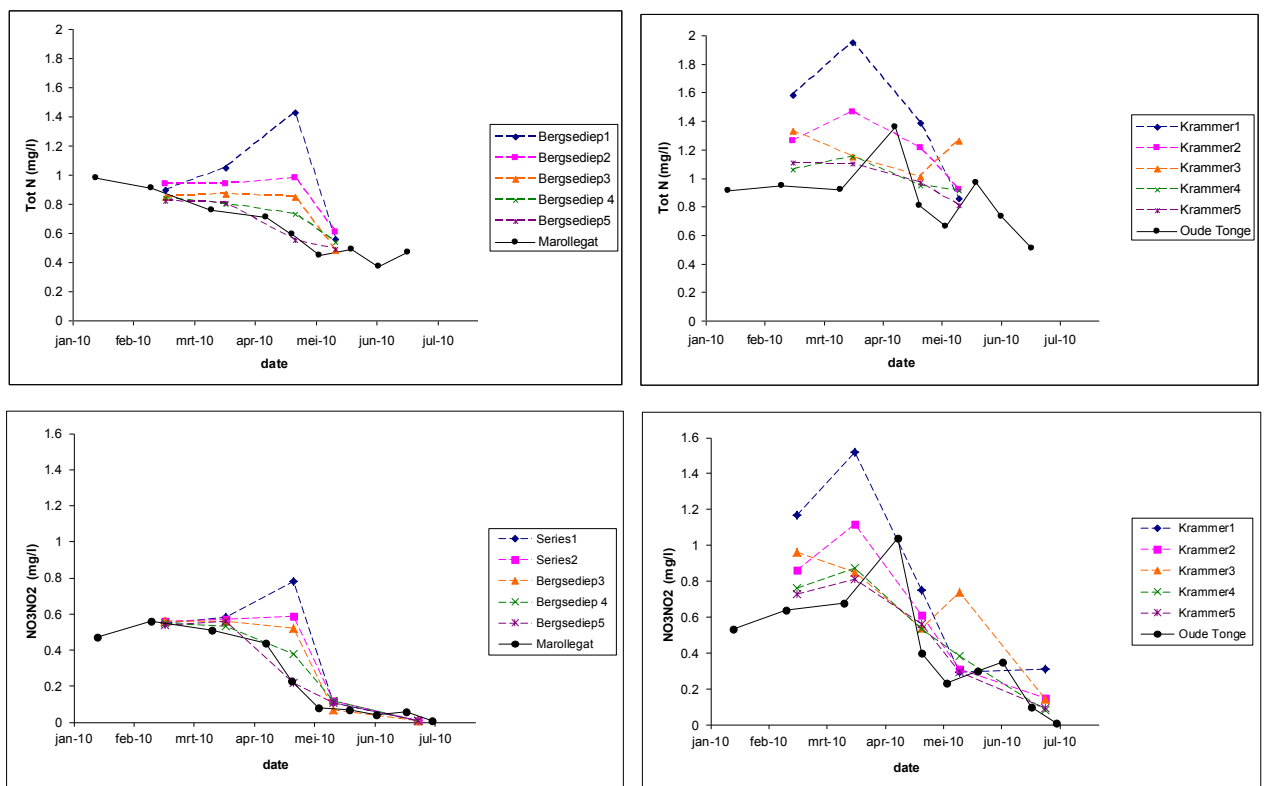
Totale stikstof

Totale stikstof vertoont een duidelijk seizoenaal patroon in de Oosterschelde, met hoge concentraties in de winter die sterk afnemen in de lente en zomer (Figuur 4). De concentraties zijn hoger op locatie Zijpe dan op Lodijkse Gat. De laatste jaren zijn de concentraties lager.



Figuur 4: Totale stikstof (Tot N) (mg/l) in de periode 2000-2010 op de locaties Lodijkse Gat en Zijpe. Bron: Rijkswaterstaat.

De concentraties aan totale stikstof en NO_3NO_2 zijn doorgaans hoger op de sluislocaties ten opzichte van de referentielocaties (Figuur 5); op sommige tijdstippen is het verschil echter klein. In februari – d.i. voor de proef – zijn de concentraties bij de Bergsediepsluis op alle locaties min of meer gelijk. Tijdens de proef worden hogere concentraties gemeten in maart en april; in mei zijn de verschillen met de referentielocatie klein.

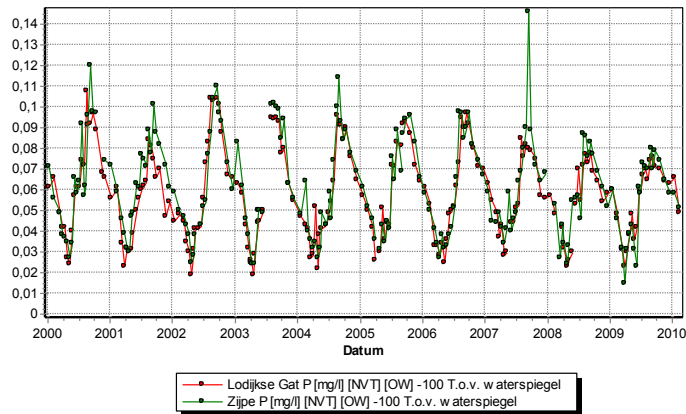


Figuur 5: Totale stikstof (mg/l) en NO_3NO_2 (mg/l) gehalten bij de Bergsediepsluis (links) en Krammerduwvaartsluis (rechts) in de periode februari – juni 2010.

De hoogste concentraties worden waargenomen op de locaties die het dichtst bij de sluis gelegen zijn, waarna de concentratie afneemt met de afstand tot de sluis. Via de sluis komt dus extra stikstof de Oosterschelde binnen, vooral in maart en april. De afnemende trend in de tijd is conform met het seizoenale patroon in Figuur 6. Eenzelfde patroon wordt waargenomen bij de Krammerduwvaartsluis. De concentraties zijn hoger dan bij de Bergsediepsluis, maar de verschillen zijn klein.

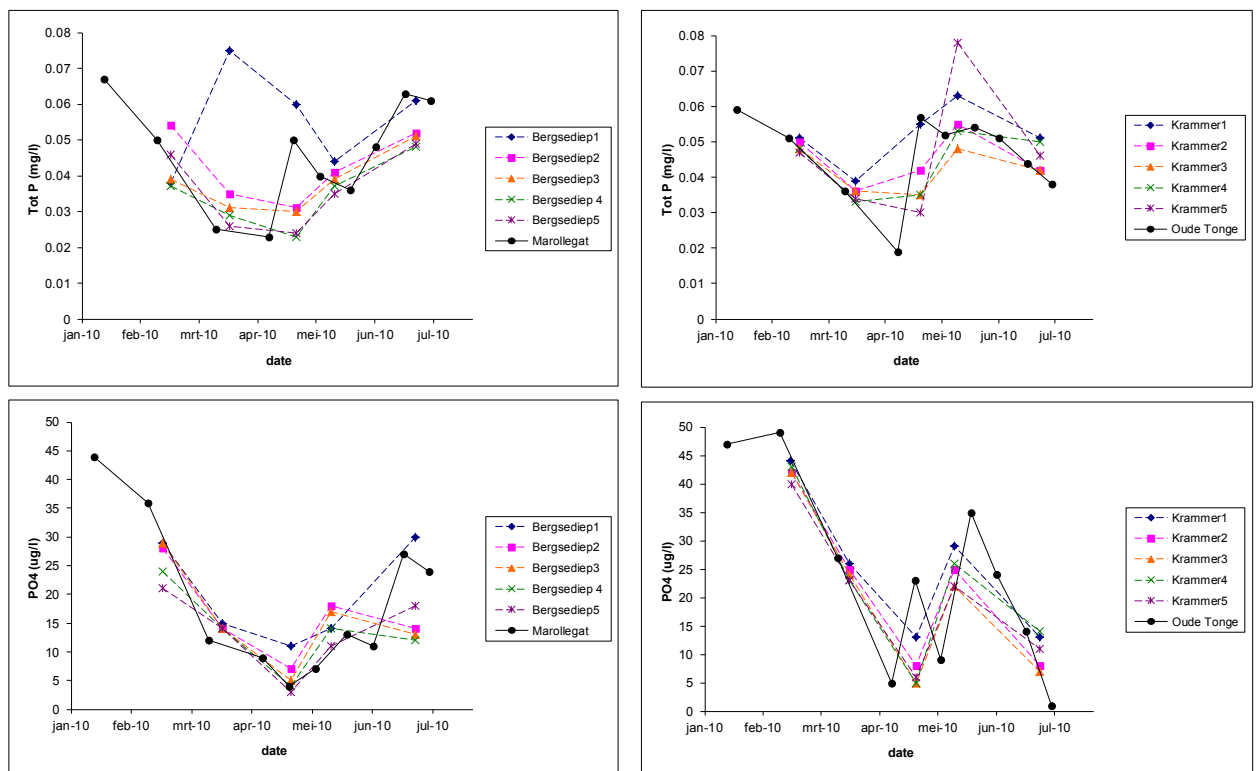
Totale P en PO4

Totale fosfor vertoont een duidelijk seizoenaal patroon in de Oosterschelde, met lage concentraties in de vroege lente en stijgende concentraties naar de nazomer toe (Figuur 6). Er zijn geen grote verschillen tussen locatie Zijpe en locatie Lodijkse Gat.



Figuur 6: Totale fosfor (Tot P) (mg/l) in de periode 2000-2010 op de locaties Lodijkse Gat en Zijpe. Bron: Rijkswaterstaat.

De concentraties bij de Krammerduwvaartsluizen zijn vergelijkbaar met die van de Bergsediepsluis, en ook hier zien we eenzelfde trend in de tijd.



Figuur 7: Totale fosfor (mg/l) en PO4 (ug/l) gehalten bij de Bergsediepsluis (links) en Krammerduwvaartsluis (rechts) in de periode februari – juni 2010. Voor de positie van de verschillende meetstations: zie Figuur 1.

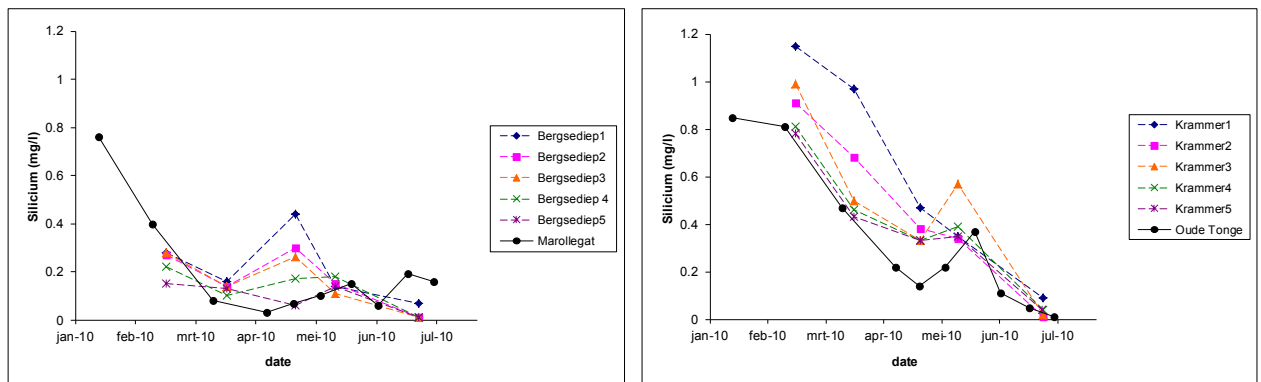
De concentraties aan totale fosfor en fosfaat PO_4 op de sluislocaties volgen in grote mate het verloop waargenomen op de referentielocaties (Figuur 7); enkel tijdens de proef bij de Bergsediepsluis zien we op locatie BD1 in maart en in mindere mate in april 2010 hogere concentraties dan op de andere locaties. De afnemende en daarna weer toenemende trend van totale P in de tijd op de overige locaties is conform met het seizoenale patroon in Figuur 7.

Silicium

De concentraties aan silicium vertonen bij beide sluisen een duidelijke afnemende trend in de tijd (Figuur 8). In februari – d.i. voor de proef – zijn de concentraties bij de Bergsediepsluis op alle locaties min of meer gelijk. Tijdens de proef worden bij de Bergsediepsluis hogere concentraties gemeten in maart en vooral in april, in mei en juni is het verschil met de referentielocatie klein. De hoogste concentraties worden waargenomen op de locaties die het dichtst bij de sluis gelegen zijn, waarna de concentratie afneemt met de afstand tot de sluis.

Eenzelfde patroon wordt waargenomen bij de Krammerduwvaartsluis. Ook hier is duidelijk sprake van import van silicium via de sluisen naar de Oosterschelde.

Er is dus duidelijk toevoer van silicium door de sluisen naar de Oosterschelde, dit is het meest uitgesproken bij de Krammerduwvaartsluizen.



Figuur 8: Silicium (mg/l) gehalten bij de Bergsediepsluis (links) en Krammerduwvaartsluis (rechts) in de periode februari – juni 2010. Voor de positie van de verschillende meetstations: zie Figuur 1.

Bijlage 2 Langjarige waterkwaliteit in de Oosterschelde: Saliniteit, Doorzicht en Zuurstof.

De onderstaande figuren betreffen de parameters Saliniteit, Doorzicht en Zuurstof.

