



W.B.J.T. GIESEN
P. T. GIESEN
T. VAN DER HEIDE
W. SUYKERBUYK
M.M. VAN KATWIJK

RADBOUD UNIVERSITEIT NIJMEGEN

voor:

PROJECTBUREAU ZEEWERINGEN
RIJKSWATERSTAAT &
PROVINCIE ZEELAND

HERZIENE VERSIE

FASE-3: MONITORING VAN ZEEGRASPLOTS AANGELEGD IN 2007

PROEVEN MET VERPLAATSEN VAN
KLEIN ZEEGRAS *ZOSTERA NOLTII* IN
DE OOSTERSCHELDE:
MITIGATIEMAATREGEL BIJ
TOEKOMSTIGE
DIJKWERKZAAMHEDEN
ZLD - 6606

TUSSENRAPPORTAGE

4 DECEMBER 2008

Zeegrasmitigaties Oosterschelde

**Proeven met verplaatsen van klein zeegras
Zostera noltii in de Oosterschelde:
mitigatiemaatregel bij toekomstige
dijkwerkzaamheden
ZLD - 6606**

**Tussenrapportage Fase-3:
*Monitoring van zeegrasplots aangelegd in 2007***

Herziene versie: 4 december 2008

W.B.J.T. Giesen
P. T. Giesen
T. van der Heide
W. Suykerbuyk
M.M. van Katwijk

Radboud Universiteit Nijmegen

voor:

Projectbureau Zeeweringen
Rijkswaterstaat &
Provincie Zeeland

Inhoudsopgave

Lijst van afkortingen	iv
1 Inleiding	5
1.1 Achtergrondinformatie	5
1.2 Mitigatieproef in Oosterschelde	6
1.3 Rapportage tot heden	8
1.4 Huidig rapport	8
2 Monitoring- en analysemethodiek	9
2.1 Basisparameters voor monitoring	9
2.2 Analyses van monsters.....	13
2.3 Statistische analyse	14
3 Resultaten & discussie van de monitoring	15
3.1 Parameters & zeegrasbedekking.....	15
3.1.1 Algemeen beeld zeegrasbedekking.....	16
3.1.2 Locatie	18
3.1.3 <i>K versus V</i>	20
3.1.4 Wadpierbehandeling.....	21
3.1.5 Zeegrasdichtheid bij aanplant.....	23
3.1.6 Biologische parameters	25
3.1.6.1 Wadpieren	25
3.1.6.2 Macroalgen	28
3.1.6.3 Ganzen	28
3.1.6.4 Wadslakjes, Alikruikken, Krabben.....	30
3.1.7 Fysisch-chemische parameters	31
3.1.7.1 Mate van immersie bij laag water.....	31
3.1.7.2 Wadpierreliëf.....	32
3.1.7.3 Bodemchemie	33
3.1.7.4 Bodemsamenstelling.....	35
3.2 Onderlinge samenhang parameters	36
3.2.1 Samenhang met wadpierbehandeling	36
3.2.1.1 Wadpieren	36
3.2.1.2 Bodemchemie	37
3.2.1.3 Ganzen	38

3.2.1.4	Algengroei.....	39
3.2.2	Samenhang met locatie.....	40
3.2.2.1	Algengroei.....	40
3.2.2.2	Wadpiëren	40
3.2.2.3	Ganzen	41
4	Ontwikkeling van de donorlocatie	42
5	Conclusies.....	44
5.1	Donorlocatie	44
5.2	Mitigatielocatie.....	44
6	Aanbevelingen.....	48
7	Samenvatting.....	50
8	Vooruitblik	54
9	Referenties.....	57

Lijst van annexen

Annex 1	Monitoringsformulier 2007.....	60
Annex 2	Monitoringsformulier 2008.....	62
Annex 3	Resultaten van monitoring.....	63

Lijst van tabellen

Tabel 1	Parameters voor monitoring 2007 plots	12
Tabel 2	Analyse van porievocht	37
Tabel 3	Wadpiëbehandeling & ganzenkuilen.....	38
Tabel 4	Effect van verschillende factoren op ontwikkeling van het zeegras	53

Lijst van figuren

Figuur 1	Kaart van Oosterschelde, met donor- en mitigatielocaties in 2007	7
Figuur 2	Zeegrasbedekkingsfactor Dortsman (DM) en Krabbenkreek Zuid (KZ): 2007-2008	18
Figuur 3	Zeegrasbedekkingsfactor Dortsman & Krabbenkreek Zuid: groeiseizoen 2008	19
Figuur 4	Zeegrasbedekkingsfactor & veilige <i>versus</i> kansrijke opstelling	20
Figuur 5	Zeegrasbedekkingsfactor & veilige <i>versus</i> kansrijke opstelling DM & KZ	20
Figuur 6	Bedekkingsfactor & behandeling op Dortsman Noord	21
Figuur 7	Bedekkingsfactor & behandeling Krabbenkreek Zuid	22

Figuur 8	Bedekkingsfactor bij aanplant (x-as) & in aug/sept 2008 (y-as)	23
Figuur 9	Bedekkings% DM bij aanplant (x-as) & bedekkingsfactor aug/sept 2008 (y-as)	23
Figuur 10	Bedekkings% KZ bij aanplant (x-as) & bedekkingsfactor in aug/sept 2008 (y-as)	24
Figuur 11	Adulte wadpieren en zeegrasbedekkingsfactor (2007)	25
Figuur 12	Adulte wadpieren en zeegrasbedekkingsfactor (2008)	25
Figuur 13	Adulte wadpieren en zeegrasbedekkingsfactor in Krabbenkreek	26
Figuur 14	Adulte wadpieren en zeegrasbedekkingsfactor op de Dortsman	26
Figuur 15	Juvenile wadpieren en zeegrasbedekkingsfactor (2008)	27
Figuur 16	Algenbedekking (x-as) en zeegrasbedekkingsfactor (y-as)	28
Figuur 17	Zeegrasbedekkingsfactor (x-as) & aantal ganzenkuilen in KZ (oktober 2008).....	29
Figuur 18	Zeegrasbedekkingsfactor (x-as) & aantal wadslakjes (per m ² in patch).....	30
Figuur 19	Immersie% bij aanplant (x-as) & bedekkingsfactor 0808 (y-as) voor DM & KZ.....	31
Figuur 20	Immersie% bij aanplant (x-as) & bedekkingsfactor 0808 (y-as) voor behandelingen (C/S/N) & opstelling (K/V).....	32
Figuur 21	Wadpierreliëf en zeegras bedekkingspercentage op KZ.....	33
Figuur 22	Nutriëntengehalte poriënwater, wadpierbehandeling & bedekkingsfactor.....	34
Figuur 23	Wadpierbehandeling, bedekkingsfactor, pH en alkaliniteit.....	34
Figuur 24	Wadpieren & behandelingsmethode: totaal aantal pieren/m ² /patch.....	36
Figuur 25	Wadpieren & behandelingsmethode: adulte versus juvenile pieren/m ²	36
Figuur 26	Ontwikkeling van adulte wadpierdichtheden in controleplots	37
Figuur 27	Algenbedekking en wadpierbehandeling: DM (links) en KZ (rechts).....	39
Figuur 28	Algengroei in juli 2007 (links) en aug 2008 (rechts) voor DM (rood) & KZ (blauw)	40
Figuur 29	Gem. aantal volwassen wadpieren/m ² in controleplots DM (blauw) & KZ (rood)	40

Lijst van foto's

Foto 1	Onames met RTK-GPS op Roelshoek 2007.....	10
Foto 2	Plot 18 (Netbehandeling – Veilig) op 26 augustus 2008	17
Foto 3	Zeegras heeft zich uitgebreid over vele tientallen vierkante meters in de rooivlakken	41
Foto 4	Het hersteld zeegras in Viane West ziet er gezond uit	41

Lijst van afkortingen

bft	Beaufort
BTL	Bureau voor Tuin- en Landschapsverzorging
D10, D50, D90	korrelgrootte percentiel; 10%, 50% of 90% van de deeltjes van het sediment heeft een korrelgrootte, dat kleiner is dan een bepaalde grootte (bijv. 150 μm)
DGPS	Differentiaal GPS
DM	Dortsman Noord
GPS	Global Positioning System
meq	milli-equivalent
μm	1 miljoenste meter
KZ	Krabbenkreek Zuid
NAP	Normaal Amsterdam's Peil
NIOO	Nederlands Instituut voor Oecologisch Onderzoek
RIKZ	Rijksinstituut voor Kust en Zee
RTK-GPS	Real Time Kinematic – GPS
RU	Radboud Universiteit Nijmegen
RWS	Rijkswaterstaat

1 Inleiding

1.1 Achtergrondinformatie

Vanaf 1997 worden taludbekledingen op de zeedijken in Zeeland vervangen of verbeterd in verband met de veiligheid. Deze werkzaamheden worden uitgevoerd onder leiding van Projectbureau Zeeweringen, dat een samenwerkingsverband is tussen Rijkswaterstaat Dienst Zeeland en de Zeeuwse Waterschappen. Aanvankelijk werd vooral in de Westerschelde gewerkt maar sinds 2006 ook in de Oosterschelde (voor meer informatie, zie de site <http://www.zeeweringen.nl>).

Tijdens voorbereidende werkzaamheden is gebleken dat op een aantal plaatsen waar de werkzaamheden plaats zullen vinden, klein zeegras *Zostera noltii* in populaties langs de dijk voorkomt. Ervan uitgaande dat in een zone van 8-15 meter breed vanaf de teen van de dijk zal worden gewerkt, zal in totaal ongeveer 4000-8000 m² aan klein zeegras moeten wijken.

Klein zeegras is een in Europees verband beschermde soort die het goed doet in de Waddenzee het laatste decennium (Reise & Kohlus, 2008), ook na aanplant (van Katwijk *et al.*, in press), maar in Zeeland sterk is afgenomen. Voor constructie en sluiting van de Stormvloedkering in 1986 kwam ongeveer 1200 ha klein zeegras voor in de Zeeuwse wateren, maar tegenwoordig resteert daarvan nog maar 75 ha (zie www.zeegras.nl). Voornaamste reden van de achteruitgang is waarschijnlijk een toegenomen zoutgehalte (de Jong *et al.* 2005), maar ook andere invloeden zoals een paar strenge winters in de jaren tachtig en negentig van de vorige eeuw, of gewijzigde factoren onder invloed van de stormvloedkering, kunnen een rol hebben gespeeld. Buiten de Zeeuwse kustwateren komt de soort alleen nog voor op enkele plekken in de Waddenzee (voor meer informatie, zie de site www.zeegras.nl van Rijkswaterstaat).

Bij de dijkwerkzaamheden wordt mitigatie¹ beoogd omdat ingrepen volgens EU-regelgeving geen significant effect mogen hebben op zeegrasvelden. In voorbereidende plannen voor de dijkwerkzaamheden heeft Projectbureau Zeeweringen zich gericht op geen netto verlies aan zeegrasareaal. De opdrachtgever wil mitigatiemaatregelen nemen om aan de veilige kant te blijven, en te zorgen dat de gevolgen in elk geval gering blijven.

Om de effecten van de werkzaamheden voor de zeegraspopulatie zo gering mogelijk te houden werd besloten om het zeegras te transplanteren vanuit de dijktrajecten waar de werkzaamheden zullen plaatsvinden, naar geschikt geachte locaties elders in de Oosterschelde.

In Nederland bestaat ruime ervaring met het transplanteren van zeegras. Klein zeegras is succesvol geherintroduceerd in de westelijke Waddenzee, en heeft zich in de loop van 14 jaar langzaam maar gestaag uitgebreid. Groot zeegrasaanplanten bleken daar goed aan te slaan, maar hebben moeite met overwintering. De aanplanten waren altijd kleinschalig; de

¹ Onder mitigatie wordt verstaan het voorkomen of reduceren van de negatieve gevolgen van een ingreep.

enige wat grootschaliger aanplant van groot zeegras heeft 8 jaar standgehouden. Dit, en diverse terugkoppelingsmechanismen die inmiddels bekend zijn van zeegras, doen vermoeden dat een grotere aanplantschaal meer succesvol zou kunnen zijn voor groot zeegras (van Keulen *et al.* 2003, van der Heide *et al.* 2007, van Katwijk *et al.*, in press).

In de meeste gevallen wordt bij zeegrastransplantaties uitgegaan van losse scheuten, 'plugs' of sedimentvrije zoden (Fonseca *et al.*, 1998; Paling *et al.* in press), maar uit proeven blijkt dat transplantatie van zeegrasplaggen de beste resultaten kan geven, zeker waar de waterdynamiek geprononceerd is of waar erosie parten kan spelen (Fonseca *et al.*, 1998).

1.2 Mitigatieproef in Oosterschelde

In opdracht van Projectbureau Zeeweringen werd begin 2007 een onderzoeksplan opgesteld door medewerkers van de Radboud Universiteit in Nijmegen (RU), samen met onderzoekers van het Nederlands Instituut voor Oecologisch Onderzoek (NIOO), Rijkswaterstaat (RWS) en het Rijksinstituut voor Kust en Zee (RIKZ). In dit onderzoeksplan werd een verkennend onderzoek beschreven hoe deze mitigatie van klein zeegras in de Oosterschelde kan worden uitgevoerd. Centraal staat een transplantatieproef met klein zeegras dat is bedoeld om inzicht te krijgen in hoe zeegrasplaggen het best kunnen worden getransplanteerd. Wadpieren gaan niet goed samen met klein zeegras, met name daar waar de wadpieren een sterk reliëf vormen (persoonlijke observatie D.J. de Jong in de Oosterschelde; zie ook Philippart, 1994)², en een behandeling vooraf op de mitigatielocaties werd daarom noodzakelijk geacht. Er werd gekozen voor behandelingen met een schelpenlaag³ of net, plus een aantal onbehandelde controles ter vergelijking. Bij de proef, uitgevoerd in juni 2007 door BTL uit Bruinisse, werden zeegrasplaggen gerooid bij een van tevoren geselecteerde donorlocatie op Schouwen-Duiveland (westelijke gedeelte van de Slikken van Viane), en vervolgens gelegd op twee mitigatielocaties op het eiland Tholen (Krabbenkreek Zuid en Slikken van de Dortsman Noord; zie Figuur 1).

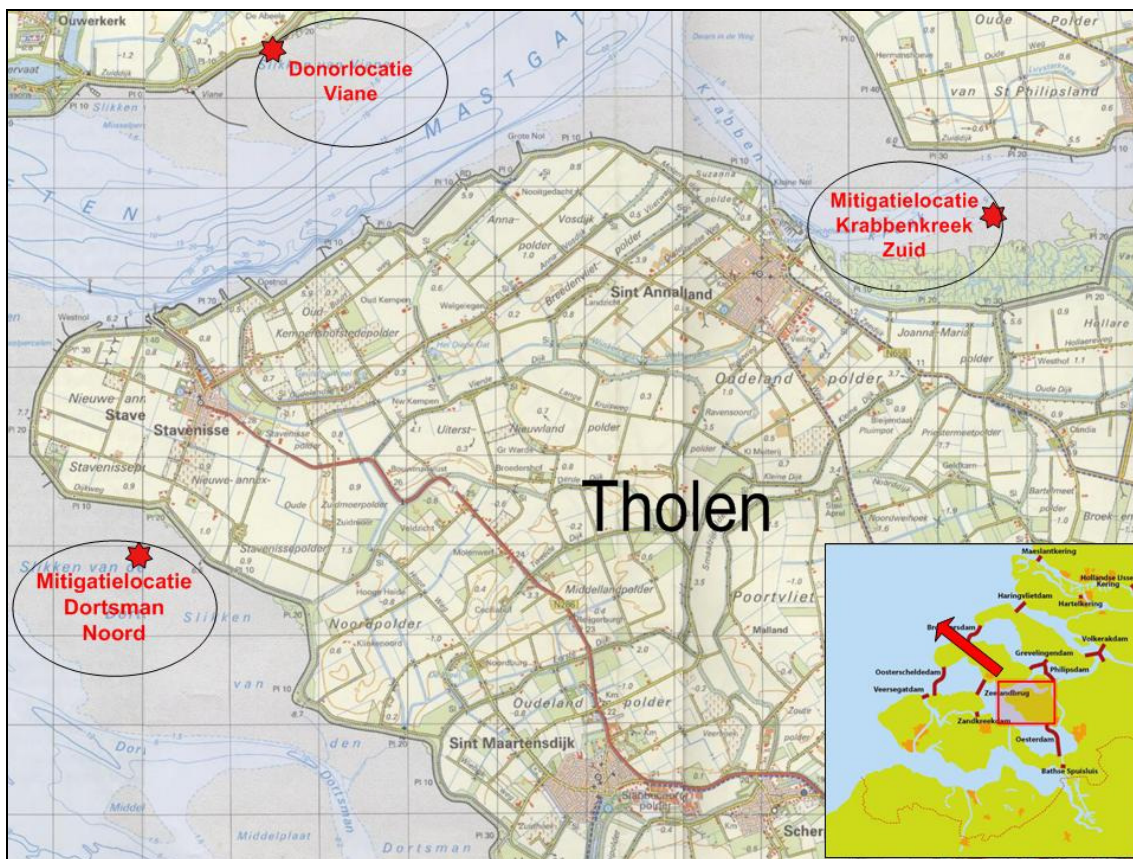
De eerste mitigatielocatie (Krabbenkreek Zuid) is beschermd, en daar werden wadpierpopulaties op twee manieren bestreden: met een schelpengruisbehandeling en met netten. De tweede mitigatielocatie (Dortsman Noord) is blootgesteld aan weer, golven en stromingen; daar werd alléén een schelpenbehandeling toegepast omdat netten mogelijk zouden losraken bij overmatige erosie. Op beide plekken werd ook een aantal onbehandelde plots beplant om te zien of de transplantaties misschien toch konden uitlopen zonder wadpierrebehandeling.

² Vóór de aanleg van de Oosterscheldekering was dit verband niet aanwezig (persoonlijke observatie D.J. de Jong)

³ Dit werd getoetst in een proef vooraf in april 2007, waarbij de invloed van een 10 cm dikke schelpenlaag op de wadpierendichtheid werd getoetst. Zie verslag Schelpenproef: Verlagen van het aantal wadpieren m.b.v. een aangebrachte schelpenlaag, Wim Giesen & Paul Giesen, 20 mei 2007. Ministerie van Verkeer & Waterstaat - Nr. ZLD-6476.

Direct na de transplantaties in juni 2007 is een nulmeting uitgevoerd, en is een monitoringsprogramma opgezet om de resultaten van de transplantatie te toetsen. Monitoringen zijn uitgevoerd in juni, juli, augustus, september en november 2007 (onder contract ZLD-6470), en juni, juli, augustus, september en oktober 2008 (onder contract ZLD-6606). Dit verslag geeft de resultaten en een analyse van deze metingen weer, blijkt vooruit naar een eventuele voortzetting en/of uitbreiding van deze proef in 2009-2010, en geeft aanwijzingen voor verdere uitvoering door Projectbureau Zeeweringen.

In 2008 is de proef verder uitgebreid met additionele aanplant op de Dortsman Noord en in Krabbenkreek Zuid, plus plots op twee nieuwe locaties: Roelshoek (Rattenkaai) in Zuid Beveland en Krabbenkreek Noord. De monitoring van deze nieuwe locaties zal afzonderlijk worden beschreven in de Fase 5 rapportage, dat in conceptvorm moet worden ingeleverd bij het Projectbureau Zeeweringen voor 28 februari 2010.



Figuur 1 Kaart van Oosterschelde, met donor- en mitigatielocaties in 2007

Bron: ANWB/VVV Topografische kaart 1:50,000 en www.deltawerken.com/Deltaworks/23.html

1.3 Rapportage tot heden

Tot op heden zijn de volgende rapporten verschenen:

- Schelpenproef: Verlagen van het aantal wadpieren m.b.v. een aangebrachte schelpenlaag. 18 juni 2007 (herziene versie)
- Zeegrasmusmitigaties Oosterschelde. Proeven met verplaatsen van klein zeegras *Zostera noltii* in de Oosterschelde: mitigatiemaatregel bij toekomstige dijk werkzaamheden. ZLD – 6476 Tussenrapportage. Herziene versie, 1 augustus 2007.
- Zeegrasmusmitigaties Oosterschelde. Proeven met verplaatsen van klein zeegras *Zostera noltii* in de Oosterschelde: mitigatiemaatregel bij toekomstige dijkwerkzaamheden. ZLD – 6470. Eindrapportage. Herziene versie 22 maart 2008.
- Conditie van klein zeegras in mitigatielocaties (aangelegd in 2007) en natuurlijke populaties. 7 juni 2008.
- Zeegrasmusmitigaties Oosterschelde. Proeven met verplaatsen van klein zeegras *Zostera noltii* in de Oosterschelde: mitigatiemaatregel bij toekomstige dijk werkzaamheden. ZLD – 6606. Tussenrapportage voor Fase 4: Begeleiding zeegrasmusmitigaties mei-juni 2008. Herziene versie, 25 augustus 2008.
- Korte verslagen van werkbezoeken van: locatieverkenning 7 feb 2007, diverse donorlocaties mei 2007, 21-24 augustus 2007, 6 oktober 2007, 12-13 december 2007, locatieverkenning 16 feb 2008, diverse donorlocaties mei 2008, eerste resultaten juni 2008 & 26-28 augustus 2008.

1.4 Huidig rapport

Het huidige rapport dient als tussenrapportage ter afsluiting van Fase 3: monitoring van de zeegras plots die in 2007 zijn aangelegd op de Dortsman Noord en in Krabbenkreek Zuid (zie verwijzing Artikel 6 in contract ZLD-6606).

De methodologie van aanplant is al uitgebreid gerapporteerd in de eindrapportage van 22 maart 2008 en zal hier niet verder worden besproken. Doel van het huidige rapport is om inzicht te krijgen in de sturende factoren die bepalen of zeegrastransplantaties een succes worden of mislukken. De rapportage richt zich in de analyse dan vooral op factoren gerelateerd aan zeegrasbedekkingen en minder op factoren die geen rol lijken te spelen in de ontwikkeling van het zeegras.

2 Monitoring- en analysemethodiek

2.1 Basisparameters voor monitoring

Voor de nulmeting en monitoring van 2007 werd door RU medewerkers een formulier ontwikkeld dat voor beide kon worden gebruikt (Annex 1). Tijdens uitvoering van de nulmeting werd duidelijk dat dit niet per plot moest worden ingevuld, maar per patch/plag, omdat er onderling zulke grote verschillen waren. In 2008 is de monitoringsformulier aangepast (Annex 2) en is de monitoring uitgevoerd door andere RU medewerkers dan in 2007. Om te zorgen dat er geen significante verschillen zouden optreden in de werkwijze is de eerste uitvoering door beide medewerkers uitgevoerd. Alle gemeten parameters zijn samengevat in Tabel 1, en de methodologie wordt hieronder verder beschreven.

Om de monitoringsmethode te toetsen is op de Dortsman is een eerste ‘proef’ monitoring uitgevoerd op 16-19 juni 2007, en vervolgens is de eerste volledige monitoring uitgevoerd een maand later op 17 juli. In de Krabbenkreek is geen proefmonitoring uitgevoerd, maar is direct met een volledige monitoring begonnen op 11 juli 2007.

Monitoringsronden waarbij metingen zijn verricht zijn uitgevoerd op:

- 8 (DM) + 22 (KZ) juni 2007 (nulmeting),
- 11 (KZ) + 17 (DM) juli 2007,
- 20-24 augustus 2007,
- 11-12 september 2007,
- 13-14 november 2007,
- 13-14 februari 2008,
- 4-5 juni 2008,
- 17-18 juli,
- 25-26 augustus 2008,
- 27 september-1 oktober 2008 en
- 4-6 november 2008.

De monitoringsgegevens zijn in eerste instantie op de papieren formulieren genoteerd, of in het geval van de mapping, tijdelijk opgeslagen in de RTK-GPS. Vervolgens zijn alle gegevens opgenomen in een Microsoft Office Excel 2003 SP3 database (zie bijgeleverde CD).

Zeegras:

- Schatting van bedekkingspercentage: uitgevoerd in alle monitoringsronden; dit werd geschat per patch/plag.
- Schatting van het aantal bloeiende scheuten & bloeistadium: uitgevoerd in alle monitoringsronden.
- Schatting van % zwarte/bruine bladeren: alleen uitgevoerd bij nulmeting, toen bleek dat na de transplantatie in juni 2007 veel bladeren verkleurden, waarschijnlijk ten gevolge van uitdroging.
- Oppervlakte schatten m.b.v. grid: in 2008 bleek dat in de meeste plots de patches niet als zodanig meer te herkennen waren, en daarom werd besloten de oppervlakte van het zeegras in te schatten m.b.v. een raamwerk van 25 bij 25 cm (grid); uitgevoerd in alle monitoringsronden in 2008.
- Mapping m.b.v. RTK-GPS (foto's 1a-1f): dit is alleen uitgevoerd in drie KZ07 plots in augustus 2008, waar het grootste oppervlakte aan zeegras voorkwam; niet uitgevoerd op DM07.



Foto 1: Opnames met RTK-GPS op Roelshoek – 1a (links) de opstelling met antenne, 1b (rechts) de meter

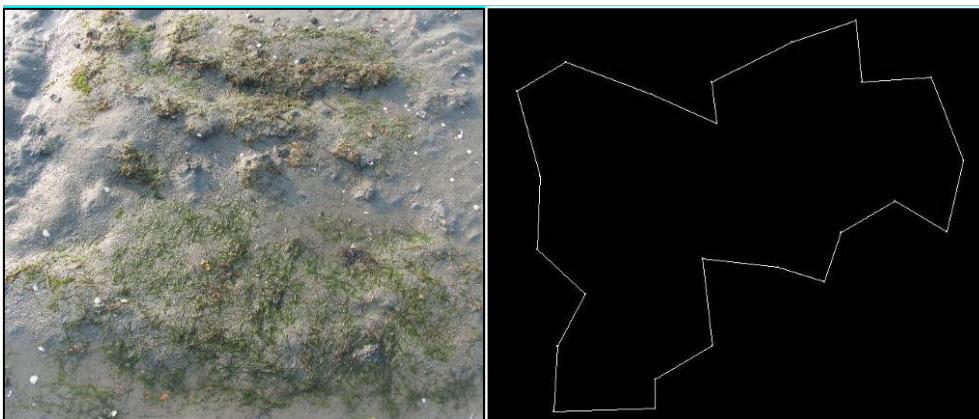


Foto 1c (links) een patch (2 plaggen) en 1 d (rechts) ingemeten patch in RTK-GPS

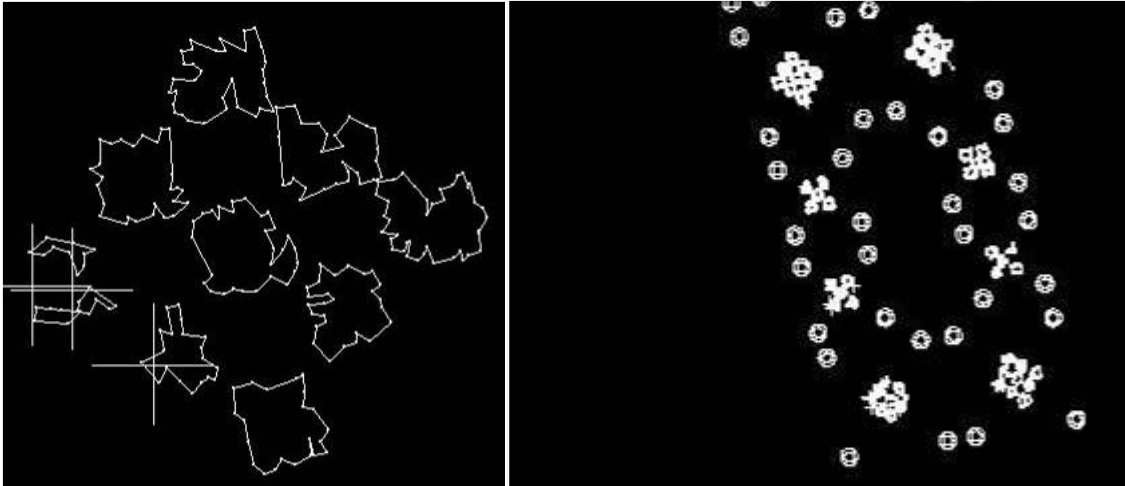


Foto 1e (links) een ingemeten veilige plot (9 pachtes) en 1 f (rechts) 8 ingemeten plots en hoekpalen

Substraat:

- Schatting bedekkingspercentage schelpen: uitgevoerd in alle monitoringsronden; dit werd geschat per patch/plag in 2007, en waar nog herkenbaar ook in 2008.
- % immersie bij aanplant⁴: inschatting uitgevoerd bij nulmeting 2007; daarna alleen dieptes (in 2007) en wel/niet droogvallend (2008).
- Hoogte wadpierhoopjes (gem. van adulte, cm).
- Wadpierreliëf: hoogteverschil (mm) van 10 hoop/kuil paren per plot.
- Microreliëf m.b.v. laser: uitgevoerd in juli en augustus 2007. Relatieve hoogte werd bepaald ten opzichte van een vast referentiepunt per mitigatielocatie, met behulp van een laser (Trimble Spectra Precision Laser LL500). Hierbij kunnen normaliter tot op de millimeter nauwkeurig hoogteverschillen worden bepaald, maar met de gebruikte methode (met bakken) kunnen er fouten optreden tot +/- 0,5 cm. Het geeft in elk geval een maat voor het reliëf tot op een nauwkeurigheid van 5 mm.
- Microreliëf m.b.v. RTK-GPS: alléén 3 plots in de Krabbenkreek Zuid zijn m.b.v. een RTK-GPS ingemeten op deze manier.
- Poriewater samples: genomen in alle plots KZ in 2007 (1x), en in 4 plots in 2008; niet in DM07 plots. Porievocht werd gemonsterd in alle plots van de Krabbenkreek (niet op de Dortsman) in 2007 met behulp van 5 cm lange 'rhizons' (sippers), die aan een spuit zitten die wordt uitgetrokken tot er 50 ml vacuüm ontstaat (zie bijv. Nayar *et al.*, 2005). Door het vacuüm wordt poriënwater langzaam naar binnen gezogen. Gemiddeld is er op deze manier 30 ml porievocht per monsternamen verzameld.
- Sedimentmonsters: Monsters zijn in augustus 2007 genomen op DM en KZ, 'at random', op twee dieptes: 0-1 cm en 0-5 cm, en 4x in elk van de volgende: in zeegrasplaggen van de controle-, schelp- of netplots, en buiten de plot. In mei 2008 is een tweede serie sedimentmonsters genomen, binnen de plot buiten zeegras om verslibbing bij afwezigheid van wadpieren aan te kunnen tonen.
- Diepte van de behandelingslaag of andere ondoordringbare lagen: 1 keer aan het einde van het seizoen gemeten in 2008.

⁴ De 'mate van immersie' bij laag water is de maat waarin een plag of patch bij laag water nog bedekt is met water. Deze 'immersie' is afhankelijk van hoe een plag is gelegd – als een plag in z'n geheel onder het maaiveld is geplaatst, dan kan deze een immersie van 100% hebben als het geheel onder water blijft staan bij eb.

Overige biologische factoren:

- Aantal volwassen wadpieren/m²: het aantal volwassen wadpieren is geteld per patch in 2007, of binnen een aantal representatieve grids (raampjes) van 25 bij 25 cm per plot in 2008.
- Aantal juveniele wadpieren/m²: dit is in 2007 niet geteld, wel in 2008, met dezelfde grid van 25 bij 25 cm als voor de volwassen wadpieren.
- Bedekkingspercentage macroalgen + soortensamenstelling: bedekkingspercentage werd geschat per patch; algensoorten werden tevens genoteerd. Algen zijn niet meegenomen als parameter in de plaggen tijdens de nulmeting (omdat ze waren verwijderd), maar wel buiten de plot gemeten.
- Aantal wadslakjes/m²: werd geteld m.b.v een grid van 10 bij 10 cm (nulmeting), later m.b.v. een 25 bij 25 cm grid.
- Aantal alikruiken/m²: het aantal alikruiken werd geteld per patch.
- Aantal (strand-)krabben/m²: aantal per patch genoteerd.
- Epifyten bedekkingspercentage: hierbij werd het gemiddelde bedekkingspercentage geschat van vier meegenomen zeegrasscheuten.
- Ganzenkuilen: Deze werden voor het eerst genoteerd op de Dortsman in oktober 2007 (totaal aantal patches met kuilen); in oktober 2008 werd het totale aantal kuilen genoteerd per plot in Krabbenkreek Zuid (er waren geen kuilen zichtbaar op DM).

Tabel 1 Parameters voor monitoring 2007 plots

Parameter	Methode	Nulmeting	Monitoring
Algemeen	Fotografisch vastleggen van patches/plot	+	+
Zeegras	Schatting van bedekkingspercentage	+	+
	Schatting van uitbreiding		+
	Schatting van het aantal bloeiende scheuten & bloeistadium	+	+
	Schatting van % zwarte/bruine bladeren	+	
	Oppervlakte inschatten m.b.v. grid		+(2008)
	Mapping m.b.v., RTK-GPS		+(2008)
Substraat*	Schatting % bedekking schelpen	+	+
	% & diepte immersie	+	+(cm 2007) +(ja/nee 2008)
	Hoogte wadpierhoopjes (gem. van adulte, cm)		+
	Microreliëf m.b.v. laser		+(2007)
	Microreliëf m.b.v. RTK-GPS		+(2008)
	Poriewater samples		+(KZ)
	Sedimentmonsters		+
	Diepte van behandelingslaag		+(1x 2008)
Overige biologische factoren*	Aantal wadpieren/m ² (volwassen)	+	+
	Aantal wadpieren/m ² (juveniele)		+(2008)
	Bedekkingspercentage macroalgen + soorten		+
	Aantal wadslakjes/m ²	+	+
	Aantal alikruiken/m ²	+	+
	Aantal (strand-)krabben/m ²		+
	Epifyten bedekkings% (gem. v. 4 scheuten)		+
	Ganzenkuilen		+

2.2 Analyses van monsters

Analyse van sedimentmonsters

- Korrelgrootte werd in het NIOO laboratorium te Yerseke bepaald met behulp van een zogenaamde 'Malvern' analysator, een laserapparaat dat speciaal is ontwikkeld voor automatische bepaling van korrelgroottes van sedimenten (zie www.malvern.co.uk). Hierbij zijn de 10%, 50% en 90% percentielen berekend; bij een percentiel van 10% (i.e. de D10) heeft 10% van het sediment een korrelgrootte, dat kleiner is dan de aangegeven diameter (in μm). De monsters zijn eerst gevriesdroogd, en daarna gezeefd om grove delen zoals stukjes schelp en wortels eruit te halen. Per monster is uiteindelijk een paar gram sediment gebruikt voor de analyse met de Malvern.
- Organische stof werd gemeten met behulp van een methode gebaseerd op gewichtsverlies na verbranding. Monsters zijn 24 uur gedroogd in een stoof bij 70°C , en een nauwkeurige hoeveelheid monster afgewogen. Dit monster is vervolgens 5 uur bij 550°C verbrand, waarna het gewichtsverlies werd bepaald. Het gewichtsverlies wordt bepaald door het organische stofgehalte; verbranding bij een hogere temperatuur (bijv. 900°C) kan tot CO_2 verlies leiden van het aanwezige carbonaat (zie bijv. Hieri *et al.*, 2001).

Analyse/metingen van porievocht

Een aantal analyses en metingen zijn ter plekke of nog dezelfde dag uitgevoerd m.b.v. een Yellow Springs Instruments YSI 556MPS multiprobe sampler: dit zijn S^{2-} (sulfide), pH, redox potentiaal, saliniteit en alkaliniteit.

- pH is direct gemeten m.b.v. een pH-meter.
- Alkaliniteit: 10 ml porievocht aangebracht in een 25 ml bekersglas. De pH wordt gemeten en vervolgens wordt druppelsgewijs 0,01 M HCl (zoutzuur) toegevoegd totdat de pH 4,2 is. Alle buffers zijn dan verbruikt. Belangrijke buffers in porievocht van zeewaterbodems zijn normaliter sulfide, fosfaat en bicarbonaat. <n.b. ammonium vormt geen buffer omdat het pH van ammonium hoger ligt dan de pH van het vocht.>
- Sulfide: M.b.v. een sulfide antioxidant buffer (pH14) wordt alle sulfide omgezet naar S^{2-} , wat vervolgens m.b.v. een ion-specifieke zilver-sulfide elektrode wordt gemeten.
- Redox potentiaal: Wordt direct gemeten in een anaëroob gehouden monster m.b.v. een platina elektrode.
- Saliniteit: Dit wordt gemeten a.d.h.v. de geleidingscoëfficiënt van het water.

Overige metingen aan het poriënwater zijn uitgevoerd in het NIOO laboratorium; deze analyses zijn: ammonium en orthofosfaat. Monsters genomen in 2008 moeten ten tijde van het verschijnen van deze tussenrapportage nog worden geanalyseerd.

- Ammonium (NH_4^+): spectrofotometrisch gemeten met behulp van hypochloriet op een Bran+Luebbe autoanalyzer. De oplossing kleurt groen wanneer ammonium aanwezig is in de oplossing, en kleurintensiteit is een maat voor het ammoniumgehalte.
- Orthofosfaat (o-PO_4^{3+}): spectrofotometrisch gemeten met behulp van ammoniummolybdaat op een Bran+Luebbe autoanalyzer. De oplossing kleurt blauw wanneer orthofosfaat aanwezig is in de oplossing, en kleurintensiteit is een maat voor het orthofosfaatgehalte.
- N.b.: nitraat (NO_3^-) is niet gemeten, omdat alle monsters (ruikbaar) sulfide bevatten; sulfide wordt alleen gevormd (uit sulfaat) als de meer gunstige electronenacceptoren (zuurstof en vervolgens nitraat) zijn verbruikt.

2.3 Statistische analyse

Alle statistische tests zijn uitgevoerd met het SPSS software pakket. Bij de toetsingen is als volgt te werk gegaan: bij elke toets werd eerst getest of de data normaal verdeeld waren met behulp van een normale verdelingstoets.

Bij een normaal verdeelde dataset werd verdere toetsing uitgevoerd met een Analysis of Variance (ANOVA) om te testen of er significante verschillen bestonden in de dataset. Wanneer de ANOVA toets aantoonde dat er significante verschillen waren, en er meer dan 2 behandelingen werden vergeleken, is een verdere analyse gedaan met een post-hoc test om te onderzoeken tussen welke groepen significante verschillen zaten. In het geval van homogene variantie werd Tukey's HSD (honestly significant difference) test gebruikt. Wanneer varianties niet homogeen waren is gebruik gemaakt van de Games-Howell test.

Wanneer de datasets niet normaal verdeeld waren, zijn ze getoetst met behulp van de Kruskal-Wallis test om te zoeken naar significante verschillen in de dataset. In het geval deze test een significante uitkomst gaf en er meer dan 2 behandelingen werden vergeleken, zijn post-hoc tests uitgevoerd met behulp van Mann-Whitney U tests met een Bonferroni correctie op het significantie niveau.

3 Resultaten & discussie van de monitoring

3.1 Parameters & zeegrasbedekking

Zeegrasbedekkingsfactor

In 2007 zijn bedekkingspercentages van het zeegras in de patches (+ uitbreidingen) als basis genomen voor de monitoring, terwijl in 2008 het bedekkingspercentage binnen de gemeten zeegrasoppervlakte als basis is genomen. Dat laatste was het geval omdat in de meeste plots weinig zeegrasgroei te bespeuren was in 2008, en patches waren doorgaans niet meer te herkennen. Om gegevens van 2007 te kunnen vergelijken met die van 2008 is besloten alles om te rekenen naar een zeegrasbedekkingsfactor:

$$\text{zeegrasbedekkingsfactor} = \frac{\text{gem. bedekkingspercentage} \times \text{zeegrasoppervlakte (in cm}^2\text{)}}{\text{aantal patches van de plot}}$$

Voorbeeld 1: In een kansrijke plot in 2007:

Patch-1: 5% bedekking

Patch-2: 15% bedekking

Patch-3: 8% bedekking

Patch-4: 20% bedekking met uitbreiding van 500 cm²

Patch-5: 10% bedekking

Zeegrasbedekkingsfactor =

$$\frac{[5 \times 22500] + [15 \times 22500] + [8 \times 22500] + [20 \times (22500 + 500)] + [10 \times 22500]}{5} = 263000$$

Voorbeeld 2: In een veilige plot in 2008, patches niet meer te herkennen:

12% bedekking in oppervlakte van 375 dm²

25% bedekking in oppervlakte van 200 dm²

Zeegrasbedekkingsfactor =

$$\frac{[12 \times 375 \times 100] + [25 \times 200 \times 100]}{9} = 105556$$

3.1.1 Algemeen beeld zeegrasbedekking

Ontwikkeling in 2007

Op de Dortsman en in de Krabbenkreek Zuid zijn de meeste plaggen goed aangeslagen na de transplantatie vanaf de donorlocatie in juni. Het zeegras heeft zich ontwikkeld op een wijze die overeenkomt met die in natuurlijke populaties in de omgeving (bijv. Dortsman Noord, nabij de dijk), of op de donorpopulatie. De gemiddelde bedekking met zeegras op beide mitigatielocaties bedroeg bij de nulmeting in juni iets meer dan 30%. Onderling waren de verschillen groot, variërend van 3% (in bedolven plaggen) tot 90%. Zowel op de Dortsman als in de Krabbenkreek Zuid neemt in alle plots de zeegrasbedekking af na de transplantatie in juni. In juli waren deze bedekkingen afgenomen naar respectievelijk 23,7% (KZ) en 25,9% (DM); dit nam verder af in het najaar, tot overal <1% in november 2007. Deze afname in het najaar treedt in gelijke tred op met de natuurlijke populatie, en kan daarom niet worden toegeschreven aan de gevolgen van de transplantatie.

Voorjaar 2008

Op 9 mei 2008 hadden drie van de 24 plots in de Krabbenkreek Zuid vrijwel geen zeegras meer. De andere 21 plots hadden allemaal zeegras. Naar schatting werd zelfs in 95% van de afzonderlijke plaggen zeegras aangetroffen, variërend van een paar sprietjes tot 1-2 m² per plag. De zeegrasbedekkingen waren doorgaans < 1 %, lokaal oplopend tot 1-5%.

Tijdens de transplantatie werkzaamheden in mei-juni 2008 was al snel duidelijk dat het niet goed ging met de getransplanteerde plaggen op beide mitigatielocaties (Dortsman Noord en Krabbenkreek Zuid). Begin juni was de bedekking in de meeste plots nog (veel) minder dan 1%. Het ging in feite op beide locaties slechts om losse planten. De natuurlijke populaties vertoonden toen echter ook een trage groei en verminderde vitaliteit ten opzichte van 2007. Dit drukte zich uit in lage bedekkingen, kleine planten en veel bruine bladeren. Er werd toen gesuggereerd dat beide te wijten waren aan een lange rust periode (vroeg herfst in 2007, late lente in 2008) waarbij de reserves werden verbruikt. Er werd gespeculeerd dat dit zich misschien zou herstellen en dat we mogelijk te maken hebben met een groeiseizoen dat laat op gang komt. Een dergelijk fenomeen werd ook in 1978 waargenomen door Jacobs (1983).

Zomer 2008

Groei en herstel van de 2007 zeegraspatches op de Dortsman Noord is erg beperkt gebleven. In de meeste plots zijn zeegrasplanten terug te vinden in de meeste patches, maar hierbij gaat het vaak om enkele losse planten. Een enkele keer gaat het om plukken van een halve vierkante meter oppervlakte. In alle gevallen is de bedekking (binnen de plukken) laag, hooguit 5-10% en de totale bedekking blijft steken bij een paar procent gemiddeld per plot. In één plot (nr. 12) is zelfs helemaal geen zeegras terug te vinden.

Groei en herstel van de 2007 zeegraspatches in de Krabbenkreek Zuid is erg verschillend geweest. Sommige plots (nr. 1-6, bijvoorbeeld) vertonen net als Dortsman Noord weinig herstel, en worden gekenmerkt door lage bedekkingen van voornamelijk losse planten, met hier en daar een pluk van hooguit een halve vierkante meter. Echter, sommige plots doen het uitstekend. In plots 18 (Net-Veilig; zie foto 2) en 21 (Schelp-Veilig) zijn alle patches

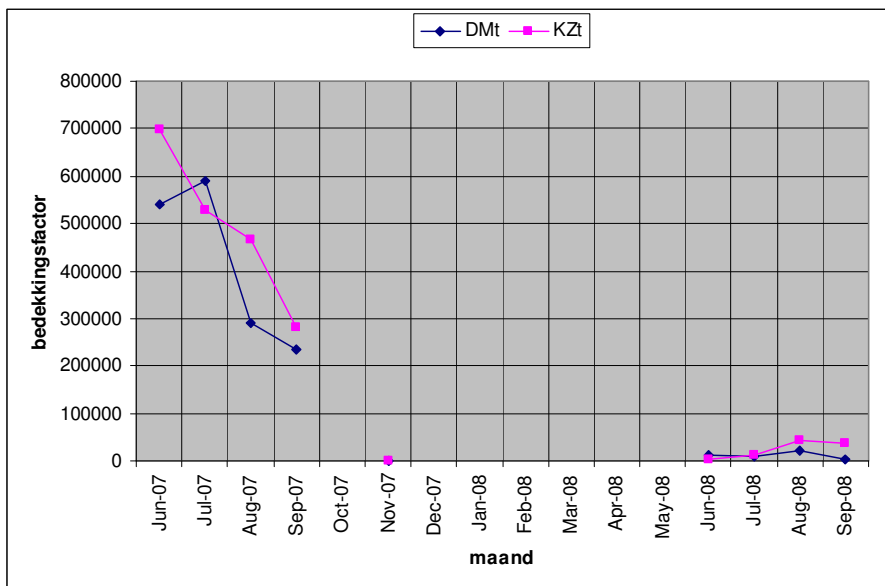
volledig bedekt met zeegras (dichtheid 30-60%), en er groeit zelfs behoorlijk veel zeegras tussen en rondom de patches. Daarnaast zijn er zeker 6 andere plots (allemaal plots met schelp- of netbehandeling) die het goed doen, en die een flink herstel hebben gekend, maar minder dan 18 en 21. De overige 10 plots blijven qua herstel steken ergens tussen plots 1-6 (slecht) en de betere 8 (2 uitstekend, 6 goed).



Foto 2: Plot 18 (Netbehandeling – Veilig) op 26 augustus 2008; het zeegras heeft zich goed hersteld en de meeste patches hebben een zeegrasbedekking van 30-60%.

3.1.2 Locatie

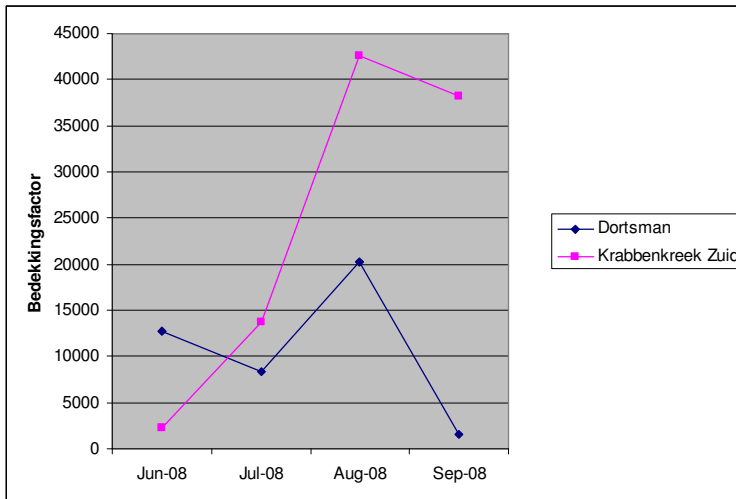
In 2007 was er geen duidelijk significant verschil⁵ tussen de gemiddelde zeegrasbedekkingsfactor op de Dortsman Noord (DM) en dat in Krabbenkreek Zuid (KZ); Figuur 2. Op beide locaties neemt de zeegrasbedekking gestaag af na de aanplant in juni (uitzondering: een lichte stijging voor DM in juli) tot <1% bedekking eind 2007. In het voorjaar van 2008 (9 mei) werd in de meeste patches zeegras aangetroffen, overigens met zeer lage bedekkingen. In 2008 treden wel significante verschillen op tussen KZ en DM: in augustus is de gemiddelde bedekkingsfactor in KZ bijna tweemaal zo hoog als in DM, en in september loopt dit zelfs op tot 24x. Het zeegras doet het beduidend beter in de beschutte locatie in de Krabbenkreek dan in de dynamische locatie op de slikken van de Dortsman.



Figuur 2 Zeegrasbedekkingsfactor Dortsman (DM) en Krabbenkreek Zuid (KZ): 2007-2008

⁵ Alle getoetste data waren normaal verdeeld (getoetst met ANOVA; zie 2.3). Er waren significante verschillen tussen beide locaties in augustus 2007, en vervolgens in juni en augustus 2008.

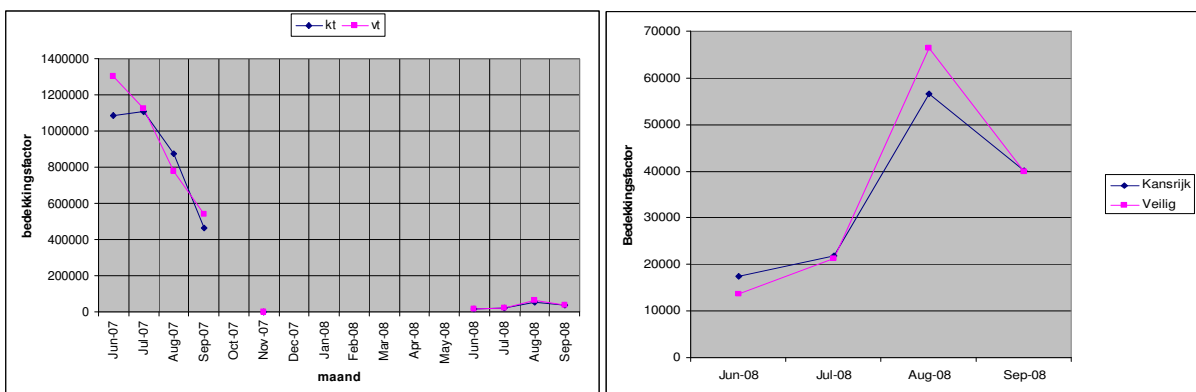
Totale bedekkingen en gemiddelde bedekkingsfactoren blijven echter laag op beide locaties in 2008, en liggen in aug-sept gemiddeld op 1/8–1/10 van dat van aug-sept 2007 (Figuur 3). In de Krabbenkreek Zuid zijn de onderlinge verschillen tussen de plots erg groot. In september 2008 lopen de bedekkingsfactoren uiteen tussen bijna nul (plots 6 en 9) of heel weinig zeegras (plots 5, 14, 18, 23 & 24), tot een redelijk goede bedekking (plots 10, 13, 16 en 18). Op Dortsman Noord zijn de verschillen minder groot en zijn de bedekkingen uniform laag in alle plots, zelfs bij het hoogtepunt van de bedekkingen (augustus 2008). Plot 11 vormt een uitzondering omdat het zeegras hier vrijwel is verdwenen.



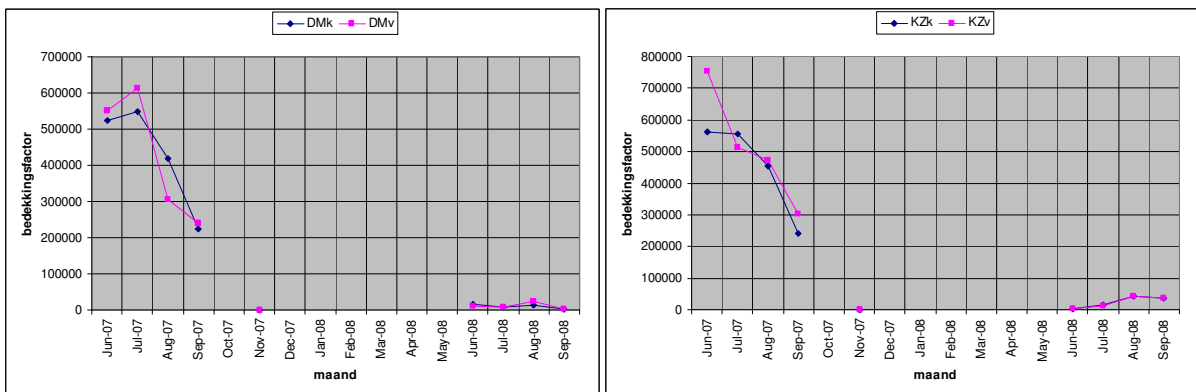
Figuur 3 Zeegrasbedekkingsfactor Dortsman & Krabbenkreek Zuid: groeiseizoen 2008

3.1.3 K versus V

De veilige (V) opstelling doet het iets beter qua ontwikkeling van de zeegrasbedekking dan de kansrijke (K) opstelling (Figuur 4), maar deze verschillen fluctueren in de tijd en zijn niet significant⁶. Dit geldt ook als er afzonderlijk wordt gekeken naar DM en KZ (Figuur 5). In 2007 vond de meest uitbreiding plaats in de veilige plots, zowel op DM als KZ, maar dit heeft zich niet doorgezet in de ontwikkeling van het zeegras in 2008, ook niet in KZ waar de gemiddelde bedekking voor veilige en kansrijks plots nagenoeg hetzelfde blijft gedurende het groeiseizoen van 2008.



Figuur 4 Zeegrasbedekkingsfactor & veilige versus kansrijke opstelling
4a periode 2007-2008 (links) en 4b juni-september 2008 (rechts).



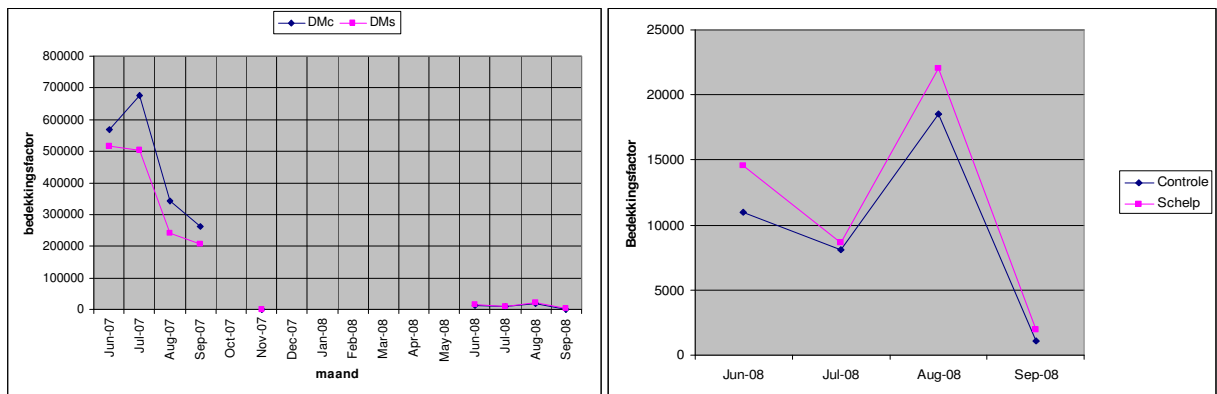
Figuur 5 Zeegrasbedekkingsfactor & veilige versus kansrijke opstelling DM & KZ
5a Dortsman Noord (links) en 5b Krabbenkreek Zuid (rechts)

⁶ Alle getoetste data waren normaal verdeeld (getoetst met ANOVA; zie 2.3). Er waren geen significante verschillen tussen de twee opstelling: veilig of kansrijk.

3.1.4 Wadpierbehandeling

Dortsman Noord

De ontwikkeling van de zeegrasbedekkingsfactor in de plots van Dortsman Noord is weergegeven in Figuur 6, zowel voor plots met een schelpenbehandeling als de onbehandelde controles. In 2007 zien we dat de controles beginnen met een hogere bedekkingsfactor (bedekkingspercentage 36.3% gem.) dan de plots met een schelpenbehandeling (28.3%). Gedurende het verdere groeiseizoen van 2007 zien we dat na een aanvankelijke stijging (controle) of afvlakking (schelp) van de bedekkingsfactor (in juli), dit sterk afneemt in augustus en september, en verder daalt naar (bijna) nul in de wintermaanden. In 2008 is de bedekkingsfactor heel laag gedurende het gehele groeiseizoen, en is er nauwelijks een verschil tussen controles en plots met een schelpenbehandeling.



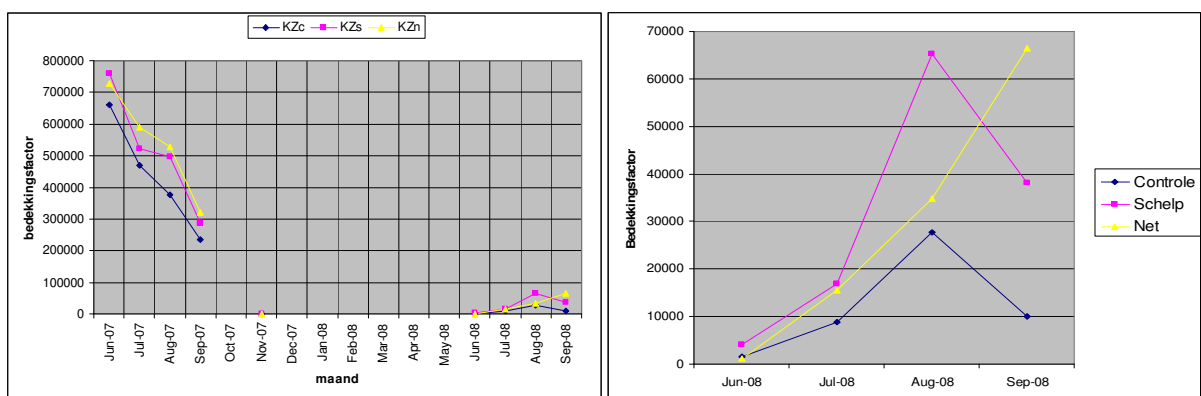
Figuur 6 Bedekkingsfactor & behandeling op Dortsman Noord

6a 2007-2008 (links) en 6b juni-september 2008 (rechts)

DNc = controle, DNS = schelpenbehandeling

Krabbenkreek Zuid

De ontwikkeling van de zeegrasbedekkingsfactor in de tijd voor de drie behandelingen (controle, schelp, net) is uitgezet in Figuur 7. Hierbij zien we dat er in 2007 er geen significante verschillen bestaan tussen de behandelingswijzen: in alle plots loopt de bedekkingsfactor sterk terug gedurende de maanden jun-sep, en de verschillen die in juni bestonden blijven aanwezig. In 2008 hebben alle plots dezelfde trage start in het begin van het seizoen, met vrijwel geen bedekking in mei en juni, en zelfs nog een lage bedekking in juli. In augustus en september, echter, is er een relatief sterke groei, dat zich doorzet in de plots met een net- of schelpenbehandeling⁷. Totale oppervlaktes zijn echter veel lager dan in 2007.



Figuur 7 Bedekkingsfactor & behandeling Krabbenkreek Zuid

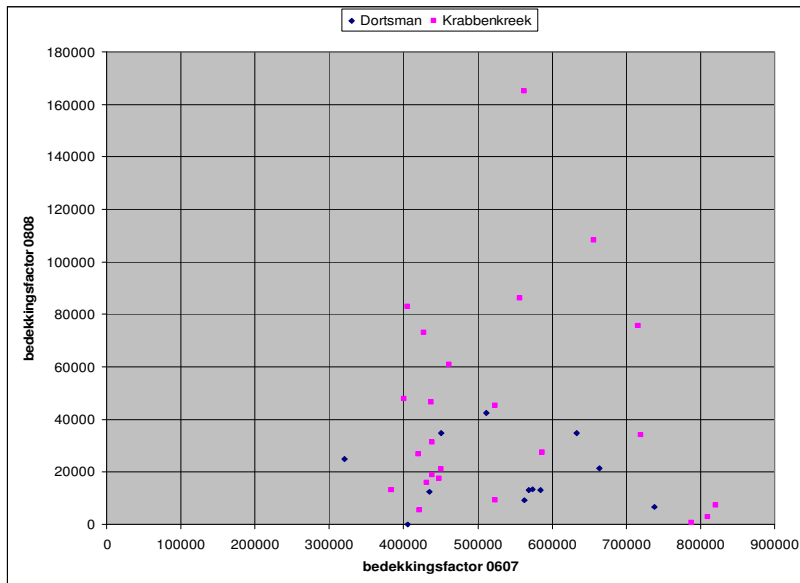
7a 2007-2008 (links) en 7b juni-september 2008 (rechts)

KZc = controle, KZs = schelpenbehandeling, KZn = netbehandeling

⁷ Statistisch significante verschillen (getoetst met ANOVA; zie 2.3) tussen de behandeling zijn overigens alleen aanwezig in juni 2008.

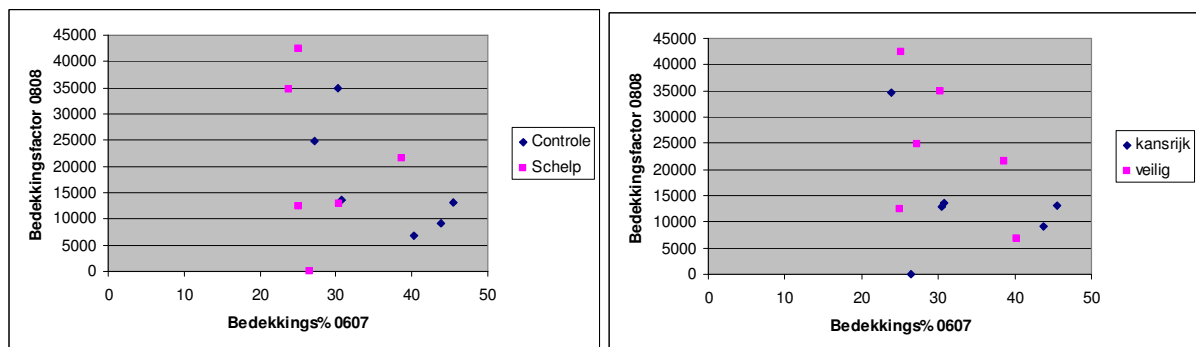
3.1.5 Zeegrasdichtheid bij aanplant

Figuur 8 geeft de relatie weer tussen zeegrasbedekkingsfactor bij aanplant in juni 2007 en de ontwikkeling na ruim een jaar (augustus 2008). Er is geen duidelijke relatie tussen deze twee factoren, ook als deze zijn uitgesplitst naar Dortsman en Krabbenkreek. Wel is duidelijk dat de plots van de Krabbenkreek het beter deden dan die van de Dortsman qua ontwikkeling van het zeegras in 2008.



Figuur 8 Bedekkingsfactor bij aanplant (x-as) & in aug/sept 2008 (y-as)

Figuur 9 geeft de relatie weer tussen zeegrasbedekkingsfactor bij aanplant op de Dortsman Noord in juni 2007 en de ontwikkeling na ruim een jaar (augustus 2008); deze is dan uitgesplitst naar opstelling (figuur 9b kansrijk en veilig) en behandeling (figuur 9a controle en schelpenbehandeling). Uit figuur 9b lijkt het of de veilige plots het beter hebben gedaan dan de kansrijke plots – er is ook een significant verschil tussen de gemiddelde bedekkingsfactor, namelijk 24.000 in de veilige plots en 14.000 in de kansrijke plots. Schelpen- en controleplots echter verschillen nauwelijks (20.000 en 17000; zie figuur 9a), en er bestaat geen significant verschil.

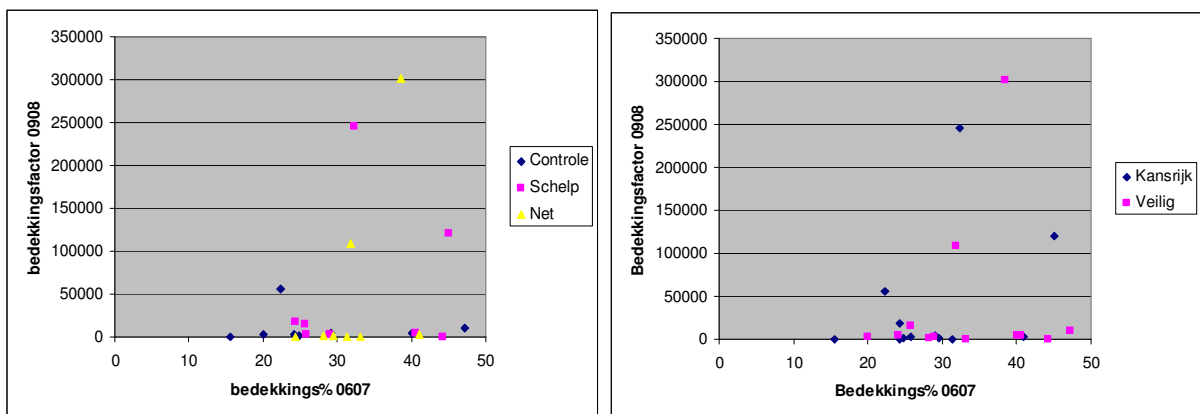


Figuur 9 Bedekkings% DM bij aanplant (x-as) & bedekkingsfactor aug/sept 2008 (y-as)

9a Controle versus schelpenbehandeling (links); 9b Kansrijk versus veilig (rechts)

Figuur 10 geeft de relatie weer tussen zeegrasbedekkingsfactor bij aanplant in de Krabbenkreek Zuid in juni 2007 en de ontwikkeling na ruim een jaar (augustus 2008); deze is dan uitgesplitst naar opstelling (figuur 10a kansrijk en veilig) en behandeling (figuur 10b controle, schelpen- en netbehandeling). Uit figuur 10a blijkt dat er geen correlatie bestaat tussen de veilige en kansrijke opstelling en hoe het zeegras zich ontwikkelt; er is geen significant verschil tussen de gemiddelde bedekkingsfactor, namelijk 37.922 in de veilige plots en 40.756 in de kansrijke plots. Uit 10b blijkt wel dat er een verband bestaat tussen wadpierbehandeling en ontwikkeling van het zeegras: de plots waarin het zeegras het goed doet hebben een schelp- of netbehandeling gehad. Dat blijkt ook uit de gemiddelde bedekkingsfactor: 10.475 in de controles, 51.130 in de plots met een schelpenbehandeling, en 51.839 in de plots met een netbehandeling.

Veel meer dan bij de Dortsman lijkt de ontwikkeling van de zeegrasbedekking bij de plots van de Krabbenkreek Zuid gebaseerd op een 'alles of niets' principe. In verreweg de meeste plots is de ontwikkeling erg gering, maar in een paar plots is er juist sprake van een (erg) goede ontwikkeling van het zeegras (plots 10,13,16 & 18).

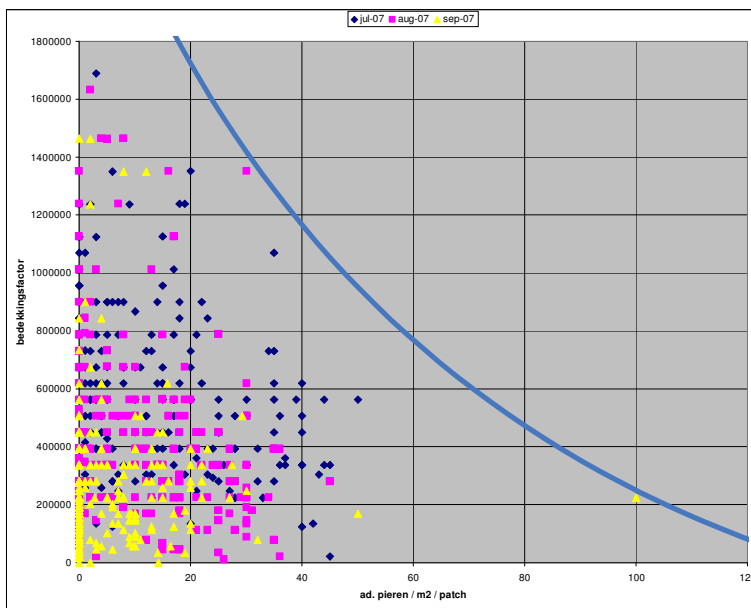


Figuur 10 Bedekkings% KZ bij aanplant (x-as) & bedekkingsfactor in aug/sept 2008 (y-as)
 10a Kansrijk versus veilig (links); 10b Controle versus schelpen- of netbehandeling (rechts)

3.1.6 Biologische parameters

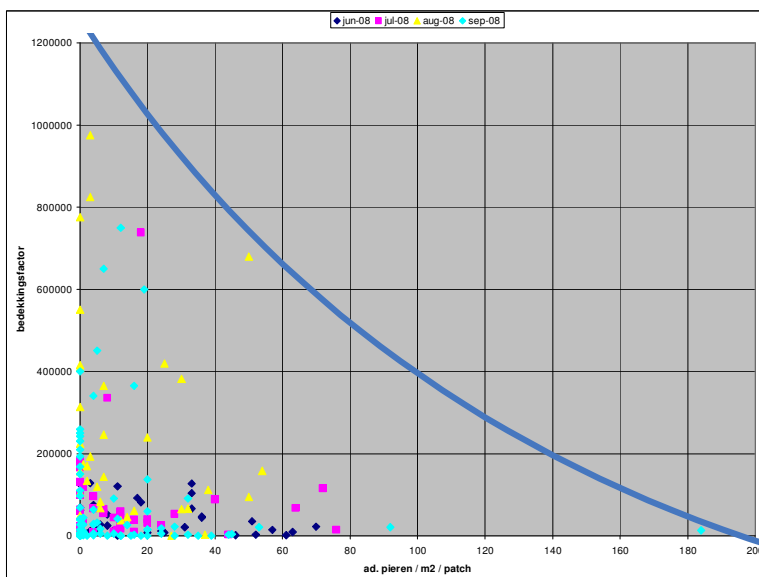
3.1.6.1 Wadpieren

Figuur 11 geeft de relatie weer tussen volwassen wadpieren en zeegras bedekkingsfactor in 2007, zowel voor Dortsman Noord als Krabbenkreek Zuid, en voor alle monitoringsronden samen. Figuur 12 geeft dezelfde relatie weer, maar dan voor 2008. Er lijkt een negatieve correlatie te bestaan tussen volwassen wadpieren en het zeegras: hoge wadpieraantallen leiden tot een lage zeegrasbedekkingsfactor en omgekeerd. Dit bevestigt de noodzaak voor een wadpierbehandeling op locaties waar adulte wadpieren in grote dichtheden voorkomen. In de proefopstelling werd ervan uitgegaan dat de wadpierdichtheid <10 adulten per vierkante meter moest worden gehouden, maar uit de gegevens van 2007 blijkt dat een dichtheid van <25/m² laag genoeg te zijn voor een goede zeegrasontwikkeling.



N.b.: hierbij zijn alle monitoringswaarden (DM, KZ, voor alle maanden) van 2007 uitgezet

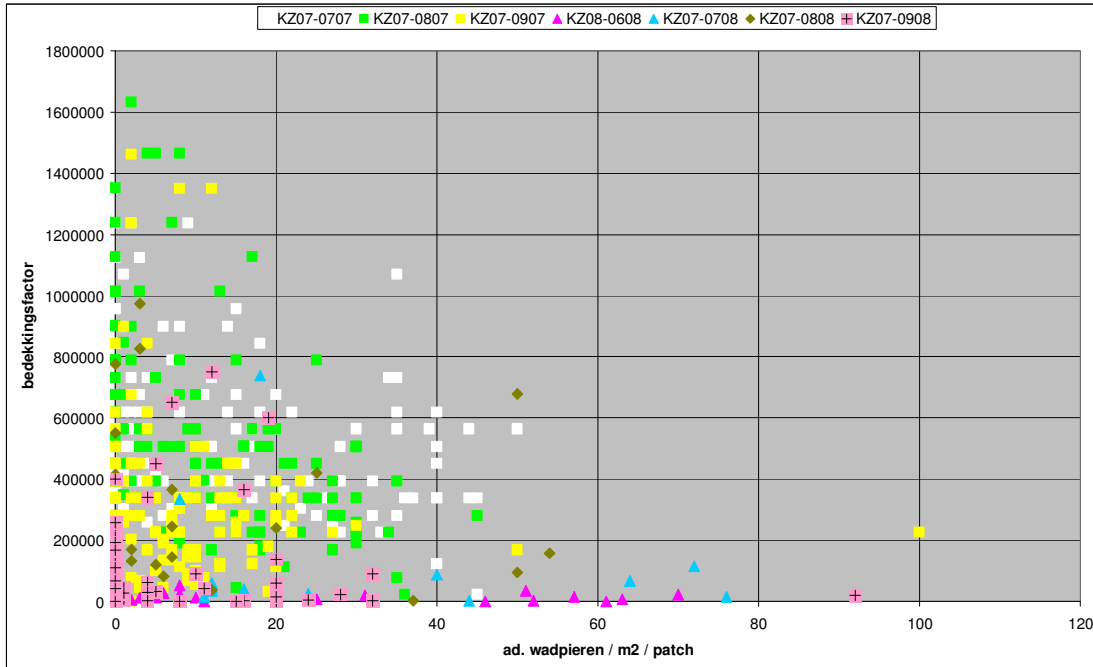
Figuur 11 Adulte wadpieren en zeegrasbedekkingsfactor (2007)



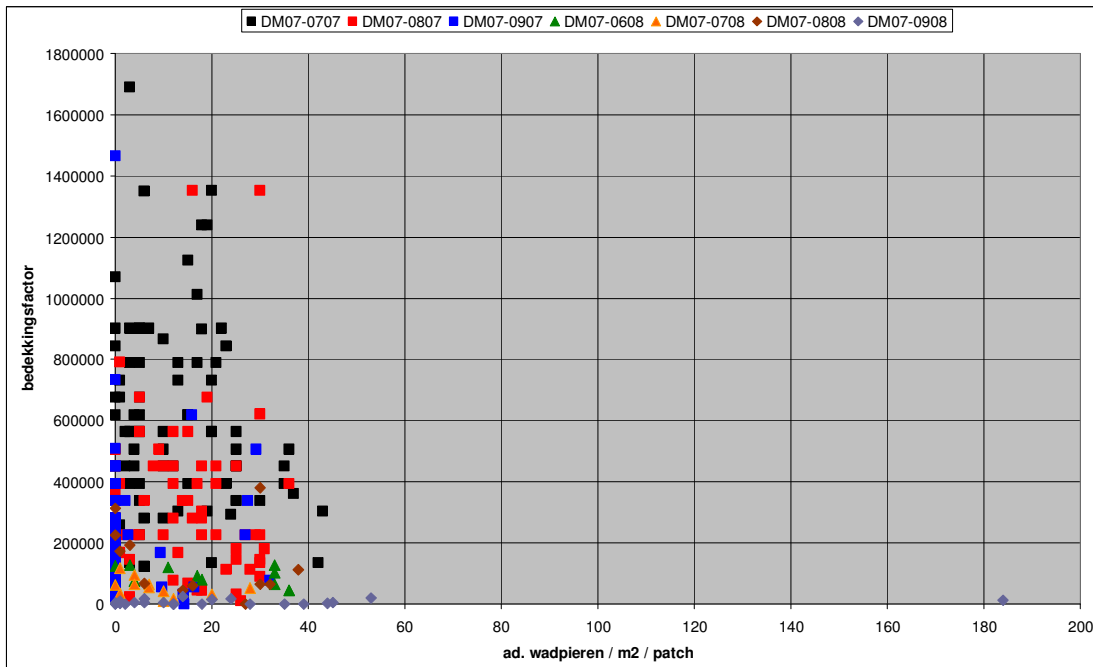
N.b.: hierbij zijn alle monitoringswaarden (DM, KZ, voor alle maanden) van 2008 uitgezet.

Figuur 12 Adulte wadpieren en zeegrasbedekkingsfactor (2008)

Krabbenkreek en Dortsman verschillen qua dichtheden aan volwassen wadpieren in de patches (Figuren 13 en 14). Op de Dortsman is de spreiding minder groot dan in de Krabbenkreek: 99% ligt tussen de 0-53/m² op DM; in KZ hebben 10% van de plots een wadpiedichtheid tussen de 50-100/m².

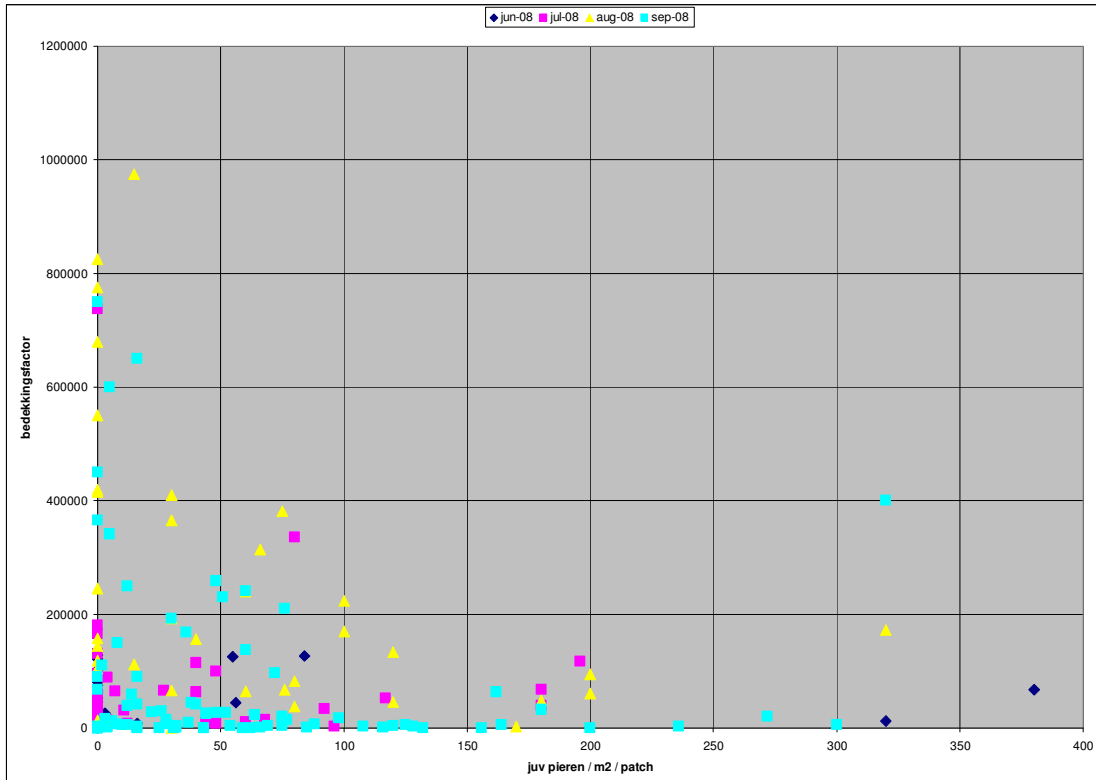


Figuur 13 Adulte wadpieren en zeegrasbedekkingsfactor in Krabbenkreek



Figuur 14 Adulte wadpieren en zeegrasbedekkingsfactor op de Dortsman

Dichtheden juveniele wadpieren en zeegras bedekkingsfactor zijn uitgezet in Figuur 15 – dit zijn alleen de waarden voor 2008 omdat in 2007 juveniele wadpieren niet afzonderlijk zijn geteld. Er bestaat ook een negatieve correlatie tussen juveniele wadpieren en zeegrasbedekkingsfactor, maar deze is minder duidelijk dan met de adulte wadpieren. Tot dichtheden van 75 juveniele wadpieren per vierkante meter is een goede ontwikkeling van het zeegras mogelijk, en soms zelfs bij dichtheden van meer dan 200/m². Op locaties met vooral juveniele wadpieren heeft een wadpierbehandeling geen effect op wadpierzichtheden, maar lijkt het ook niet noodzakelijk omdat de juveniele pieren een goede ontwikkeling van het zeegras niet belemmeren.

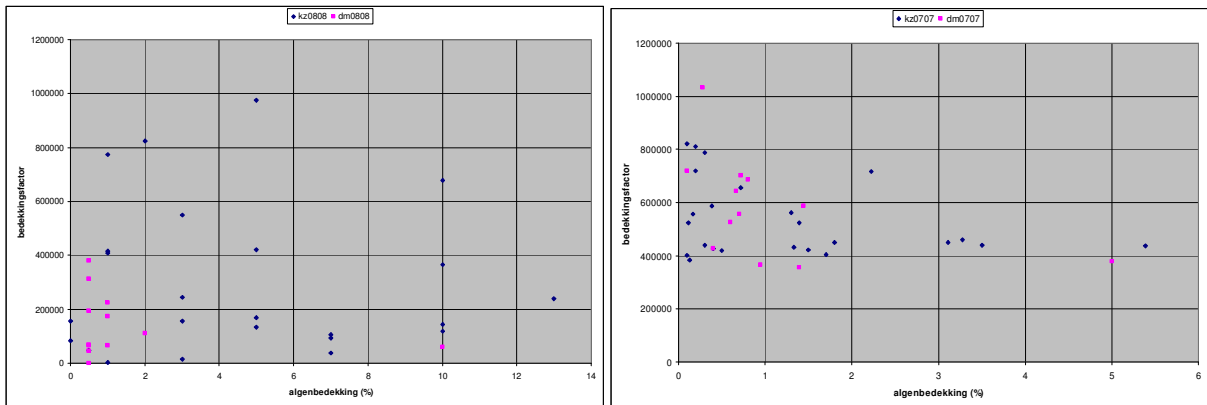


Figuur 15 Juveniele wadpieren en zeegrasbedekkingsfactor (2008)

N.b.: hierbij zijn alle monitoringswaarden (DM, KZ, voor alle maanden) van 2008 uitgezet.

3.1.6.2 Macroalgen

Een hoge bedekking met macroalgen had in 2007 een negatieve correlatie met zeegrasbedekkingsfactor (Figuur 16a), maar in 2008 viel een dergelijke correlatie niet te ontdekken (Figuur 16b). De relatie blijkt dus niet significant⁸ te zijn, en blijkt meer van toeval afhankelijk, bijvoorbeeld windrichting, optreden van storm, enzovoorts.



Figuur 16 Algenbedekking (x-as) en zeegrasbedekkingsfactor (y-as)

Figuur 16a: 2007 (links) & Figuur 16b: 2008 (rechts); DM = rood, KZ = blauw
Algenbedekking = gemiddelde per plot

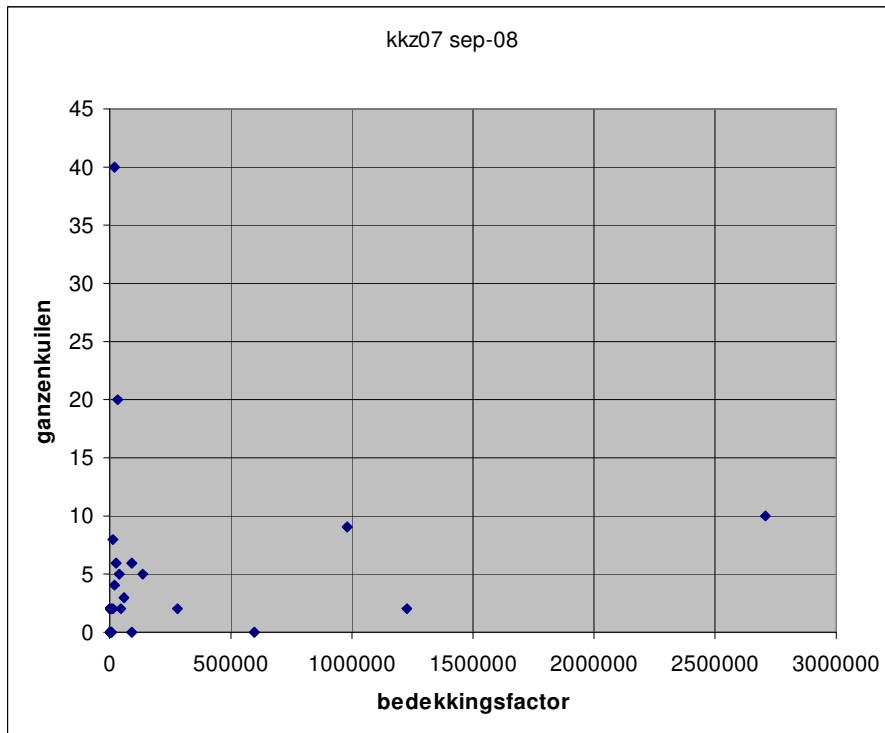
3.1.6.3 Ganzen

Ganzen, vooral rotganzen *Branta bernicla bernicla*, foerageren in klein zeegrasvelden, en dit verschijnsel werd waargenomen in de aangelegde plots op de mitigatielocaties in zowel 2007 als 2008. Tijdens de monitoring van 11-12 september 2007 werden geen sporen van foerageren door ganzen waargenomen, maar een paar weken later op 6 oktober waren er duidelijke sporen van foerageren door ganzen op de Dortsman Noord. In 27 van de 75 patches (=35%) op DM werden ondiepe kuilen geconstateerd met een doorsnede van 20-30 cm. Dit werd niet waargenomen in de zeegrasplots van Krabbenkreek Zuid.

Tijdens een monitoringsbezoek aan de mitigatielocaties op 25-26 september 2008 bleek dat de plots in Krabbenkreek Zuid veel sporen hadden van foerageergedrag door ganzen (o.a. veel ondiepe kuilen), evenals de Dortsman Noord-plots van 2008 (maar niet die van 2007, waar zeegrasbedekkingen erg laag waren). Gemiddeld werden er 5,4 kuilen per plot geteld, wat neerkomt op 0,8 kuil per patch. Op 13 oktober zijn er specifieke ganzenkuilobservaties uitgevoerd op Dortsman Noord, Krabbenkreek Noord en Roelshoek, en toen waren sporen van foerageergedrag door ganzen overall aanwezig. Op Krabbenkreek Noord werd gemiddeld twee kuilen per patch waargenomen, Dortsman Noord (2008) 1,5 kuilen per patch, en op Roelshoek 2,5 kuilen per patch.

⁸ Significantie is getoetst met ANOVA (zie 2.3).

In Figuur 17 is zeegrasbedekkingsfactor (in september 2008) uitgezet tegen het aantal ganzenkuilen in de Krabbenkreek Zuid 2007 plots, in oktober 2008. Voor de hand had gelegen dat er meer kuilen aanwezig zouden zijn in plots met een hoge zeegrasbedekkingsfactor in september, maar dat is niet het geval. Sommige plots met een hoge bedekkingsfactor (bijv. plot 10) hebben zelfs helemaal géén kuilen, terwijl de meeste kuilen (40) voorkomen in plot 21, dat een lage bedekkingsfactor heeft (22500).



Figuur 17 Zeegrasbedekkingsfactor (x-as) & aantal ganzenkuilen in KZ (oktober 2008)

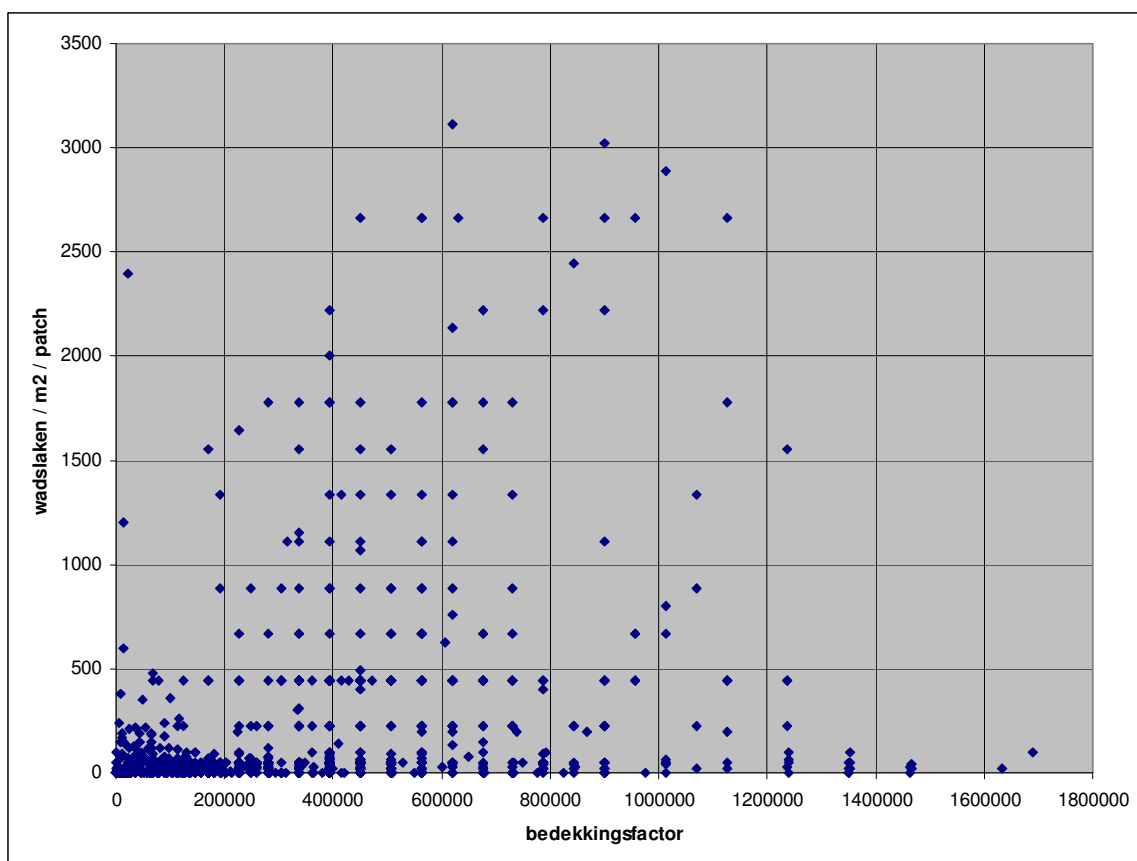
Rotganzen foerageren op scheuten, rhizomen en wortels van klein zeegras en maken ondiepe kuilen (3-10 cm diep) met hun poten tijdens het foerageren. In de Duitse Waddenzee is waargenomen dat rotganzen in de periode sep-dec 63% van de biomassa verwijderen en kuilen vormden in 12% van de zeegrasvelden (Nacken & Reise, 2000). In Zeeland treedt dit verschijnsel normaal later op (pas in oktober), tenzij het broedseizoen van de vogels ongunstig is geweest en ze eerder wegtrekken uit Scandinavië (dan arriveren ze al in september; pers. comm. P. Meininger, RWS, oktober 2008). In het algemeen herstellen de velden zich in het volgende seizoen, en sommige auteurs beweren dat begrazing en bioturbatie van zeegrasvelden zelfs noodzakelijk is om ze in stand te houden (Nacken & Reise, 2000). Anderen zijn minder positief, maar suggereren wel dat zeegras zich kan herstellen van normale begrazingsdruk door watervogels (Davison & Hughes, 1998). Volgens Fox (1996) graven ganzen vooral in zachte substraten naar rhizomen, omdat dit gemakkelijker gaat dan in andere substraten, en zachte substraten komen vooral voor in kuiltjes. Vanwege hun gegraveerde kuilen houden ganzen op deze manier een bult-kuillandschap in stand.

Er zijn nog te weinig gegevens om conclusies te trekken over de gevolgen van foerageren door ganzen op de aangelegde zeegrasplots. Wel lijkt de foerageerdruk in dezelfde orde van grootte als waargenomen door Nacken en Reise (2000; 12% van de oppervlakte van de zeegrasvelden). Gemiddeld waren er 2 kuilen per patch, variërend van 10-65 cm doorsnede (gem. 30 cm), wat neerkomt op ongeveer 6-7% van de patch. Veel patches waren overigens helemaal niet aangeroerd, terwijl sommige geheel waren vergraven.

Een aparte monitoring van ganzenkuilen is begonnen, om zo meer inzicht te krijgen in de eventuele gevolgen voor zeegrasvelden in het algemeen, en de mitigatieproef in het bijzonder. Medio 2009 zullen er pas conclusies getrokken kunnen worden.

3.1.6.4 Wadslakjes, Alikruiken, Krabben

Het aantal wadslakjes in de patches is in Figuur 18 weergegeven in relatie tot de zeegras bedekkingsfactor. Er is geen correlatie tussen deze twee parameters te ontdekken, en zoals vermeld in eerdere rapportages zal het aantal wadslakjes waarschijnlijk meer afhangen van weersomstandigheden (zon, regenval, wind) dan van beschikbaar zeegras als substraat.



Figuur 18 Zeegrasbedekkingsfactor (x-as) & aantal wadslakjes (per m² in patch)

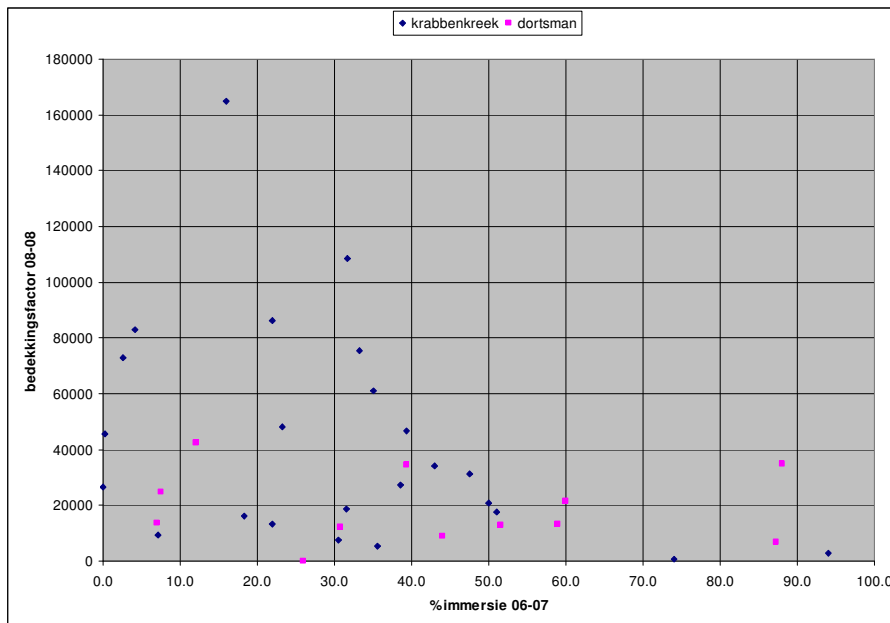
Dit is voor alle waarnemingen (net, schelp, controle, DM, KZ, veilig/kansrijk)

Aantallen alikruiken en strandkrabben bleken laag tot erg laag te zijn, en net als bij de wadslakjes vertonen deze geen zichtbare correlatie met de zeegrasbedekkingsfactor.

3.1.7 Fysisch-chemische parameters

3.1.7.1 Mate van immersie bij laag water

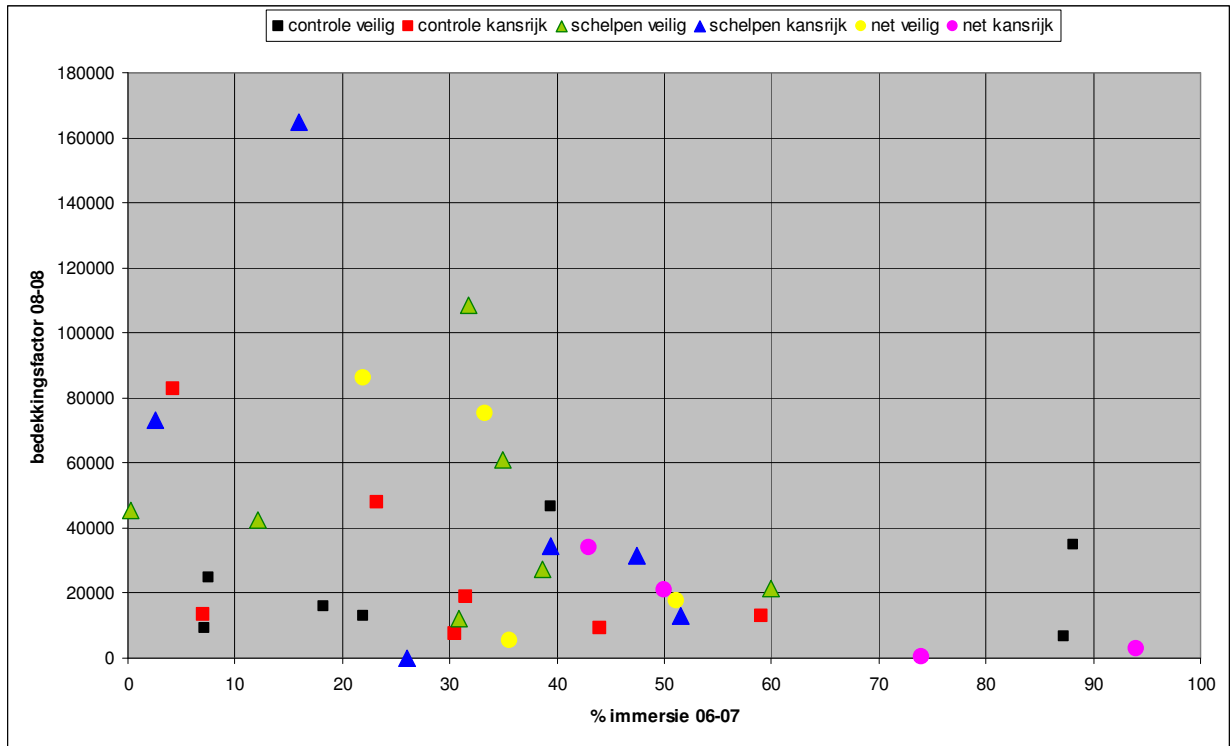
Tussen mate van immersie⁹ (bij laag water) bij aanplant in 2007 en de ontwikkeling van het zeegras lijkt een negatieve correlatie te bestaan (Figuur 19). In alle plots met een erg hoge mate van immersie bij aanplant – d.w.z. een immersie van $\geq 60\%$ van de patch – is de bedekkingsfactor na ruim een jaar (augustus 2008) laag tot erg laag. Dit geldt zowel voor plots van DM als KZ en lijkt niet locatieafhankelijk. Een lagere mate van immersie lijkt te correleren met een hogere bedekkingsfactor.



Figuur 19 Immersie% bij aanplant (x-as) & bedekkingsfactor 0808 (y-as) voor DM & KZ

⁹ De 'mate van immersie' bij laag water is de maat waarin een plag of patch bij laag water nog bedekt is met water. Deze 'immersie' is afhankelijk van hoe een plag is gelegd – als een plag in z'n geheel onder het maaiveld is geplaatst, dan kan deze een immersie van 100% hebben als het geheel onder water blijft staan bij eb.

Figuur 20 geeft dezelfde data weer, maar nu opgesplitst naar wadpierbehandeling (controle, schelp- of netbehandeling) en opstelling (kansrijk of veilig). Deze parameters lijken geen significante invloed te hebben op de relatie immersiepercentage en bedekkingsfactor.



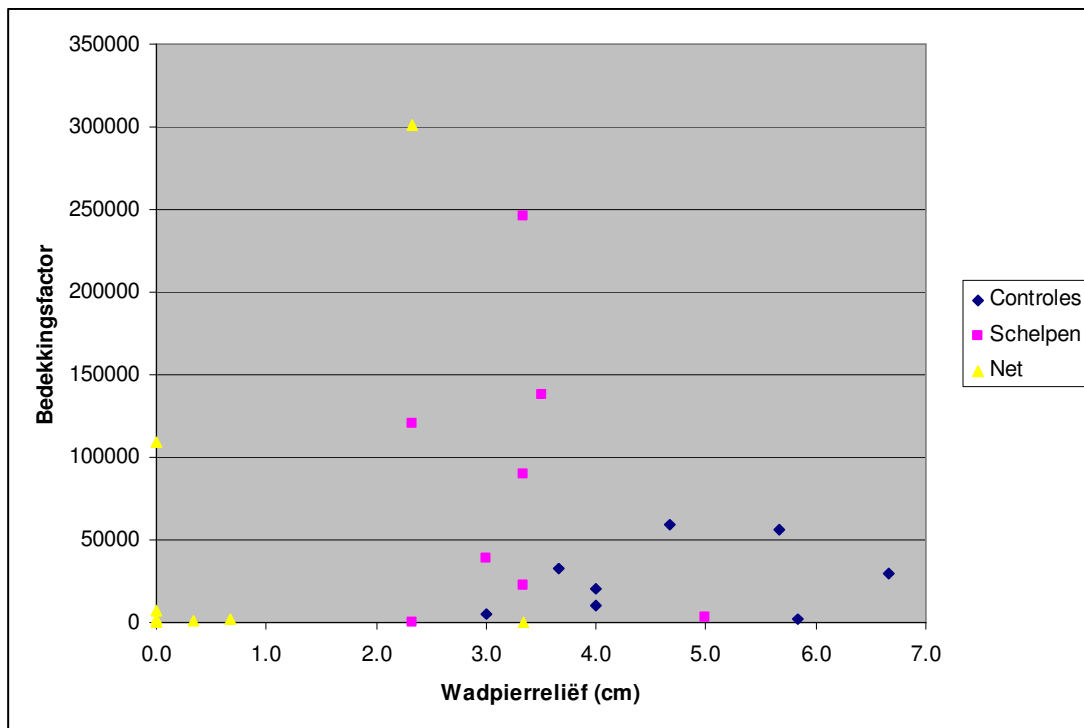
Figuur 20 Immersie% bij aanplant (x-as) & bedekkingsfactor 0808 (y-as) voor behandelingen (C/S/N) & opstelling (K/V)

Controles = vierkant; schelpen = driehoek; net = rond

3.1.7.2 Wadpierreliëf

Wadpierreliëf is gemeten op de Dortsman Noord en in de Krabbenkreek Zuid gedurende zowel 2007 als 2008. Op de Dortsman blijkt de monitoring van wadpierreliëf niet erg zinvol te zijn, want de combinatie van wind en stroming vlagt de meeste wadpierhopen uit. In juni 2007, bijvoorbeeld, varieerde het reliëf tussen de 0 en 4 cm (gem. 2.5 cm voor controleplots, gem. 1.3 voor schelpenplots), maar in de maanden daarna (juli, augustus en september) waren de wadpierhopen steeds <1 cm door het effect van weer en wind.

Figuur 21 geeft het gemiddelde wadpierreliëf per plot weer voor de drie behandelingen (controle, schelp- en net-) aan in de Krabbenkreek Zuid, uitgezet tegen zeegras bedekkingsfactor in september 2008. Duidelijk is dat het gemiddelde wadpierreliëf in de controles > schelpenplots > netplots; deze bedragen respectievelijk 4,7 cm, 3,3 cm en 0,8 cm. Een duidelijke samenhang met de ontwikkeling van het zeegras is er niet, maar het lijkt erop dat een wadpierreliëf van >4 cm tot een slechtere ontwikkeling van het zeegras leidt.



Figuur 21 Wadpierreliëf en zeegras bedekkingspercentage op KZ

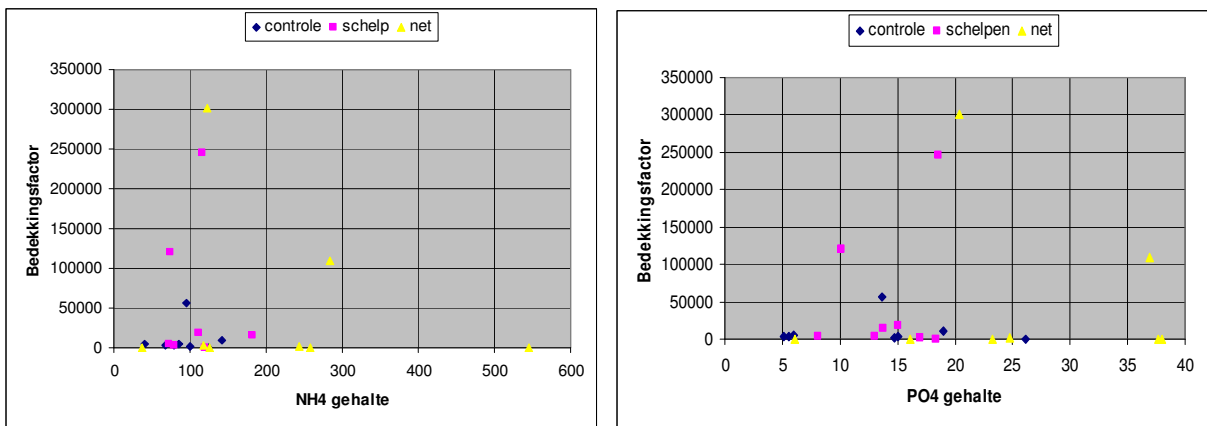
Weergegeven is de gemiddelde wadpierreliëf per plot, en de zeegras bedekkingsfactor voor september 2008.

3.1.7.3 Bodemchemie

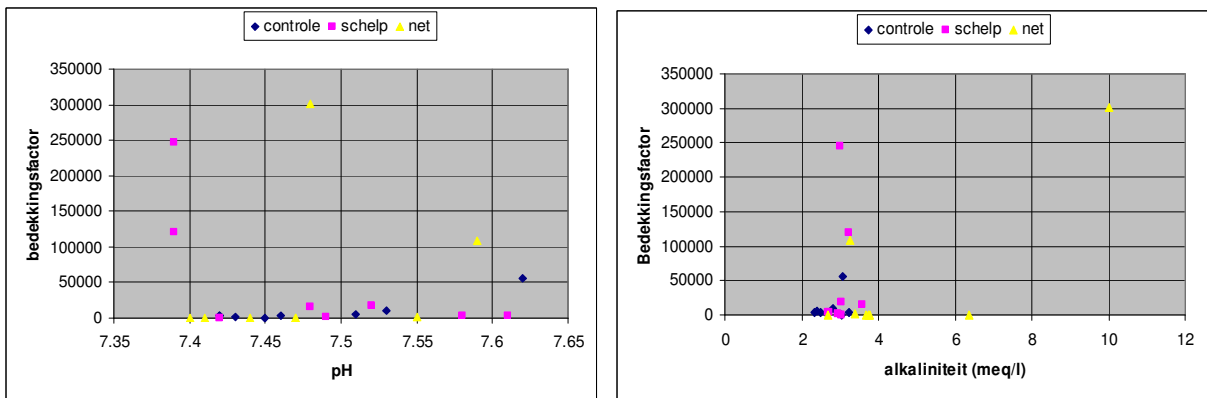
Porievochtmonsters zijn in 2007 alleen eenmalig (in september) in de plots van Krabbenkreek Zuid genomen en vervolgens geanalyseerd (zie Eindrapportage van 22 maart 2008). Hieruit bleek dat de netbehandeling tot hoge concentraties aan zowel orthofosfaat en ammonium leidde, iets dat bij met schelpenbehandelde plots en controleplots niet voorkwam. Omdat volwassen wadpieren heel doelmatig worden geweerd door netten (meer dan door een schelpenlaag) werd geconcludeerd dat door blokkering van bioturbatie een ophoping van nutriënten optrad (zie ook Volkenborn div.).

In 2008 zijn ook porievochtmonsters genomen, maar die zijn ten tijde van het einde van Fase 3 nog niet geanalyseerd. Voor deze analyse is alleen getoetst of er een verband bestaat tussen bodemchemie zoals gemeten in 2007 en de ontwikkeling (bedekkingsfactor) van het zeegras in 2008. Figuur 22 geeft dit weer voor ammonium (22a) en orthofosfaat (22b), terwijl Figuur 23 dit weergeeft voor pH (23a) en alkaliniteit (23b). Dit is in alle figuren uitgesplitst naar wadpierbehandeling (controle, schelp-, netbehandeling).

Zoals vermeld hebben de plots met hoge nutriëntengehaltes allemaal en netbehandeling gehad. Plots met een hoog orthofosfaatgehalte hebben bedekkingsfactoren die variëren van erg laag tot erg hoog, en plots met een hoge bedekkingsfactor hebben orthofosfaargehaltes die uiteenlopen van laag tot hoog (Figuur 22a). Er is dus geen sprake van een verband tussen orthofosfaat en zeegrasontwikkeling. Met ammonium lijkt er wel een (zwak) verband te bestaan: de meeste plots met een hoog ammoniumgehalte hebben een lage zeegrasbedekkingsfactor (Figuur 22b). Het negatieve verband tussen ammonium en zeegrasontwikkeling lijkt aanwezig. Dit verband is overigens al vaker in de vakliteratuur bewezen, en dan vooral het negatieve effect van de combinatie van lage zuurstofgehalten en gereduceerde toestand van de bodem (lage redox), gepaard gaand met hoge sulfidegehalten (Goodman *et al.* 1995, van Katwijk *et al.* 1997, van der Heide *et al.* in press, van der Heide *et al.* subm.).



Figuur 22 Nutriëntengehalte poriënwater, wadpierbehandeling & bedekkingsfactor
 22a ammoniumgehalte (NH₄) links & 22b orthofosfaatgehalte (PO₄) rechts, beide in µmol/l



Figuur 23 Wadpierbehandeling, bedekkingsfactor, pH en alkaliniteit
 23a pH (links) & 23b alkaliniteit (rechts; in meq/l)

3.1.7.4 Bodemsamenstelling

Bodemmonsters genomen in 2007 zijn geanalyseerd voor korrelgrootte en organische stofgehalte, en de resultaten hiervan zijn verwerkt in de eindrapportage voor Fase 2 (ZLD-6470) van 22 maart 2008. Additionele monsters genomen in het groeiseizoen van 2008 zijn ingeleverd bij het NIOO laboratorium maar nog niet geanalyseerd.

De resultaten van 2007 laten het volgende beeld zien:

- Korrelgrootte
 - Dortsman Noord. Er is weinig verschil tussen monsters genomen op 1cm of 5 cm diepte, en is er weinig verschil tussen de D10 en D90 waarden. Dit betekent dat het sediment op de Dortsman een relatief homogene samenstelling heeft, waarschijnlijk ten gevolge van het grotere waterdynamiek. De gemiddelde D50 waarde op DM is 177 μm (fijn zand).
 - Monsters genomen in de Krabbenkreek Zuid vertonen geringe verschillen in de bovenste 1cm, maar er zijn relatief grote verschillen tussen sedimentmonsters genomen op 5cm diepte. Dat laatste laat zien dat er verschillen zijn in sedimentsamenstelling van donor- en mitigatielocatie, die in de Krabbenkreek blijven bestaan en niet geworden gehomogeniseerd door waterdynamiek zoals op de Dortsman wel het geval is. De gemiddelde D50 waarde op KZ is 154 μm (fijn zand).
- Organische stofgehalte

Gemiddeld zijn de sedimenten in de Krabbenkreek rijker aan organische stof dan die van de Dortsman, met gemiddeld 1,37% en 0,79%, respectievelijk. Zowel op de Dortsman als in de Krabbenkreek is er geen duidelijk verschil tussen monsters genomen van de bovenste 1cm en die van de bovenste 5 cm. Ook zijn er géén duidelijke verschillen tussen de verschillende behandelingswijzen (net, schelp & controle), en tussen de behandelingswijzen en buiten de plots: deze waarden schommelen tussen de 0,85% en de 1,31%. Sedimenten binnen de zeegrasvelden hebben wel een hoger organische stofgehalte dan de andere sedimenten, met 1,56% tegenover 1,08% in de behandelde plots en 0,85% buiten de plots¹⁰.

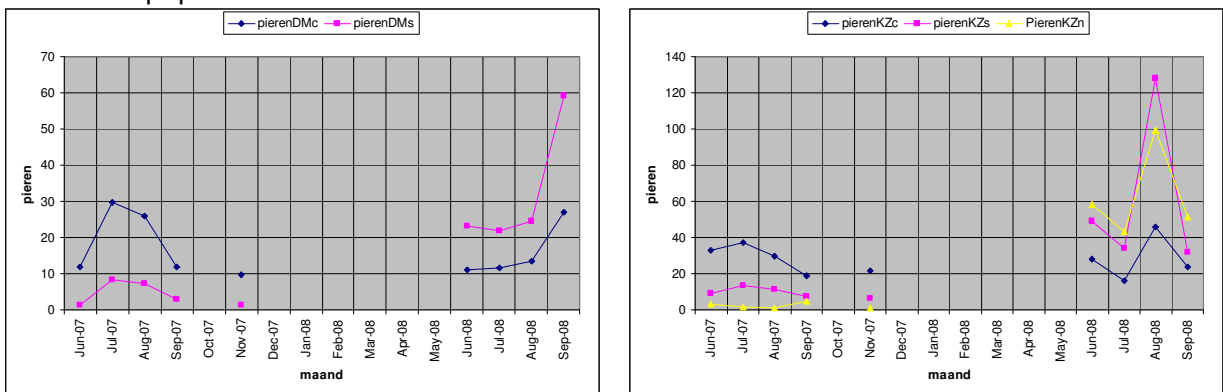
¹⁰ Alle getoetste data waren normaal verdeeld (getoetst met ANOVA; zie 2.3). Er waren geen significante verschillen tussen behandelingswijzen en tussen de samples genomen op 0-1 en 0-5 cm diepte bij zowel Dortsman als Krabbenkreek.

3.2 Onderlinge samenhang parameters

3.2.1 Samenhang met wadprierbehandeling

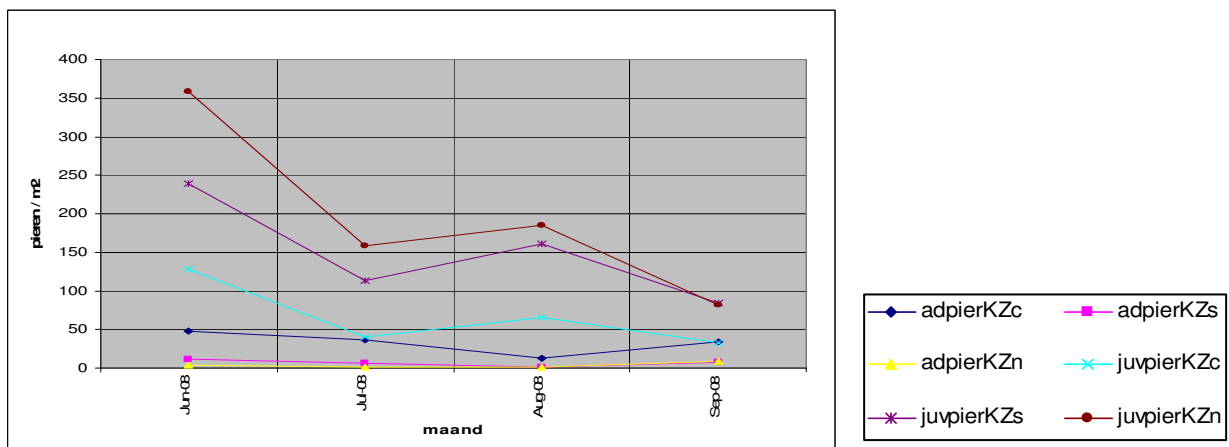
3.2.1.1 Wadpieren

De doelstelling van de wadprierbehandelingen was om het aantal wadpieren op een niveau te houden van <10 per vierkante meter – boven deze dichtheid werd gevreesd dat er negatieve beïnvloeding van klein zeegras zou optreden. Zowel de behandeling met een schelpenlaag als die met een net bleek in het groeiseizoen van 2007 op adequate wijze het aantal wadpieren laag te houden (Figuur 24). Ook in 2008 is dit het geval, zij het dat het aantal juveniele wadpieren hoger is in de behandelde plots dan in de onbehandelde controles – dit geldt zowel voor de schelpenplots (op DM en in KZ) als de met netten behandelde plots van KZ (Figuur 25). De wadprierbehandeling zorgt ervoor dat het aantal volwassen wadpieren wordt verlaagd en daarmee valt de concurrentie weg voor de kleine wadpieren die mobiel zijn (i.t.t. de volwassen dieren) en de behandelde slikken koloniseren. Een flinke toename van het aantal juveniele pieren in de behandelde plots zorgt ervoor dat er netto een toename in het totaal aantal pieren in de behandelde plots in 2008. De negatieve beïnvloeding van klein zeegras is echter vooral vanwege bioturbatie van de volwassen pieren, en de behandeling blijft succesvol in het laag houden van deze volwassen populatie.



Figuur 24 Wadpieren & behandelingsmethode: totaal aantal pieren/m²/patch

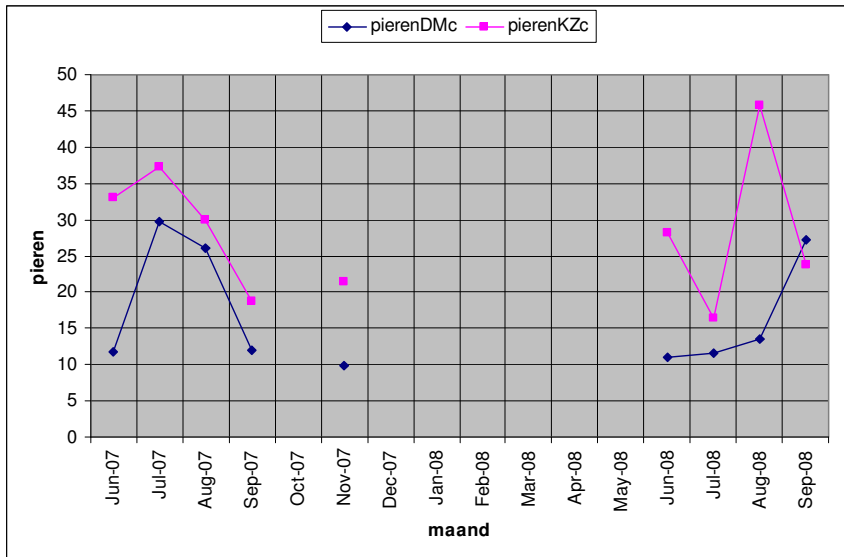
21a DM (links) & 21b KZ (rechts); Controle (blauw), schelp (rood), net (geel)



Figuur 25 Wadpieren & behandelingsmethode: adulte versus juveniele pieren/m²

Krabbenkreek Zuid (n.b. niet per patch); c=controle; s=schelp; n-net

In 2008 zijn de wadpierdichtheden hoger in de Krabbenkreek Zuid dan op de Dortsman Noord, zowel in de behandelde plots als in de onbehandelde controleplots (Figuur 26). Op beide locaties is er een toename gedurende het groeiseizoen, met een piek in jul-aug. Op de Dortsman variëren de gemiddelde wadpierdichtheden van 10 (november 2007) tot 30 (juli 2007) per vierkante meter. In Krabbenkreek Zuid variëren de gemiddelde wadpierdichtheden van 16 (juli 2008) tot 46 (augustus 2008) per vierkante meter.



Figuur 26 Ontwikkeling van adulte wadpierdichtheden in controleplots

3.2.1.2 Bodemchemie

De resultaten van de porievochtmetingen zijn weergegeven in Tabel 2. De pH vertoont weinig verschil tussen de behandelingswijzen en is gemiddeld 7,5, wat normaal is in de Oosterschelde¹¹ en Nederlandse kustwateren. De alkaliniteit – een maat voor de buffercapaciteit – vertoont opvallende verschillen tussen de behandelingswijzen. De waarden in de controle- en schelpenplots zijn vrijwel gelijk: respectievelijk 2,8 en 3,0 meq (milli-equivalenten), terwijl dat van de met netten behandelde plots een gemiddelde heeft van 5,2 meq, oftewel bijna het dubbele. Een toename van de alkaliniteit¹² wordt voor het grootste deel veroorzaakt door ophoping van bicarbonaat, wat vrij komt bij de afbraak van organische stof.

Tabel 2 Analyse van porievocht

Behandeling	NH ₄ *	ortho-PO ₄ *	pH	alkaliniteit **
Controle	91,8	13,1	7,5	2,8
Schelpen	104,2	14,2	7,5	3,0
Netten	406,8	46,4	7,5	5,2

* in µmol per liter ** in meq per liter

¹¹ Metingen van T. van der Heide uit 2005 in 8 verschillende wateren van de Oosterschelde komen gemiddeld uit op pH 7,5

¹² Belangrijke buffers in porievocht van zeewaterbodems zijn bicarbonaat, sulfide en fosfaat; hier is alleen fosfaat gemeten.

Uit de analyse blijkt dat fosfaat verhoogd is in de met netten behandelde plots, waar met een gemiddelde van 46,4 µmol per liter het 3x zo hoog is als in de controles en de plots met een schelpenbehandeling. Ammoniumgehalten van de controle- en schelpenplots liggen dicht bij elkaar, met respectievelijk 92 en 104 µmol/l, een gehalte dat normaal is in de Oosterschelde, waar waarden van 28-585 µmol/l (gem. 133 µmol/l) worden gevonden (metingen van T. van der Heide, 2005). De met netten behandelde plots vertonen echter een hoog ammoniumgehalte van gemiddeld ruim 400 µmol/l, oftewel 4x zo hoog¹³ als in de andere plots¹⁴. Netplots vertonen ook grote onderlinge verschillen: plot 18 heeft een NH₄-gehalte van 1000 µmol/l, terwijl het gemiddelde van de andere netplots 230 µmol/l is. Het grote verschil tussen de netplots en de controle/schelpenplots is de lage dichtheid aan wadpieren. Alle plots met een hoog ammoniumgehalte (>200 µmol/l) en een hoog orthofosfaatgehalte hebben een wadpiedichtheid <3/m² en zijn allemaal met netten behandeld. Waarschijnlijk leidt een lage wadpiedichtheid tot een geringere doorluchting van de waterbodem vanwege ophoping van fijne organische stof, dat de doorlaatbaarheid vermindert (Volkenborn *et al.*, 2007), maar mogelijk ook direct vanwege de verminderde bioturbatie, waardoor nutriënten zich kunnen ophopen. Bij betere doorluchting treedt namelijk meer afbraak, mobilisatie en opname (o.a. door diatomeeën) van nutriënten op.

3.2.1.3 Ganzen

Het aantal ganzenkuilen in de 2007 plots van de Krabbenkreek Zuid, en de samenhang met de wadpiedichtheid zijn weergegeven in Tabel 3. Volgens deze data lijkt het erop dat er bijna 2x zoveel kuilen voorkomen in de controleplots als in de met netten behandelde plots, en dat de met schelpen behandelde plots weer bijna 2x zoveel kuilen hebben als de controleplots. Echter, het gaat hierbij om een geringe dataset en er kunnen geen conclusies worden getrokken. Wel ligt het voor de hand dat de netplots minder kuilen zouden hebben, omdat de ganzen een voorkeur hebben voor foerageren in een bult- en kuillandschap (zie Fox, 1996).

Tabel 3 Wadpiedichtheid & ganzenkuilen

Wadpiedichtheid	Aantal ganzenkuilen in de Krabbenkreek *
Controle	39
Schelpen	68
Netten	23

* oktober 2008.

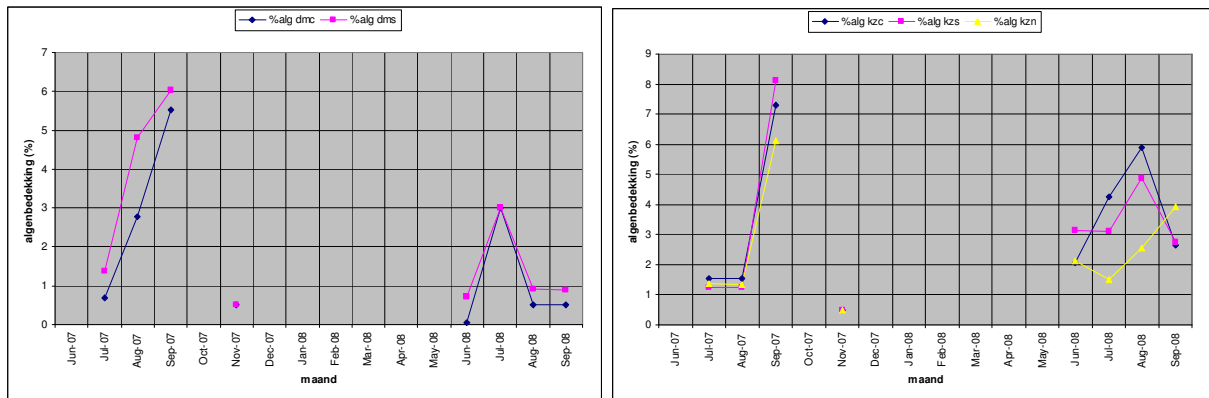
¹³ Statistisch gezien zijn zowel ortho-P als ammonium hoger bij de netplots dan bij de controle- en schelpenplots. Er zijn geen statistische verschillen tussen controles en schelpen.

¹⁴ In de bodem is ammonium niet giftig voor zeegras, maar in de waterlaag wel (van Katwijk *et al.*, 1997). Het is niet waarschijnlijk dat diffusie uit de bodem een probleem zal zijn, aangezien (1) op het grensvlak tussen bodem en water doorgaans een diatomeënlagen zit die (vrijwel) alle nutriënten gebruiken; (2) door de voortdurende waterbewegingen het eventueel naar de waterlaag diffunderende water telkens afgevoerd wordt; en (3) waarschijnlijk juist een verlaagde uitwisseling tussen bodem en water de hoge concentraties in de bodem veroorzaakt heeft (Volkenborn *et al.*, 2007).

3.2.1.4 Algengroei

Op de Dortsman Noord is het bedekkingspercentage met macroalgen in de plots met een schelpenbehandeling consistent hoger dan in de controleplots, zowel in 2007 als in 2008. Deze bedraagt 1.7% gemiddeld in de controles en 2.3% bedekking in de schelpenplots, oftewel ongeveer 1/3 meer (Figuur 27). Dit is waarschijnlijk omdat er in de met schelpen behandelde plots meer aanhechtingsplaatsen zijn voor algen, omdat er altijd een klein deel van de schelpen (dicht) aan de oppervlakte ligt.

In de Krabbenkreek is er geen sprake van een samenhang tussen macroalgen en wadpierbehandeling, en lopen algenbedekkingen en behandelingen door elkaar heen. Dit heeft twee oorzaken: i) er is minder dynamiek in de Krabbenkreek, waardoor macroalgen minder snel worden afgevoerd door stroming, en dus minder afhankelijk zijn van aanhechtingsplaatsen; en ii) er zijn van nature veel schelpen aanwezig op de slikken, waardoor alle plots veel aanhechtingsplaatsen bieden.



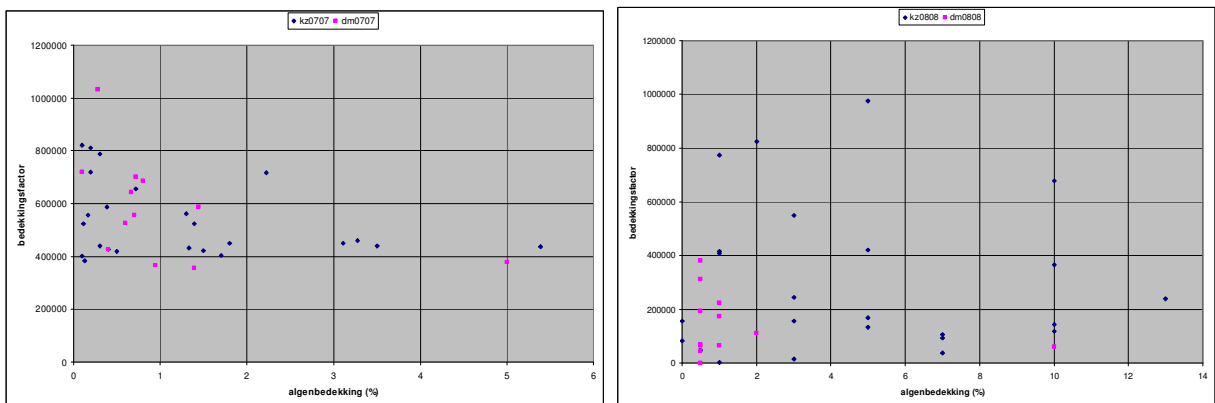
Figuur 27 Algenbedekking en wadpierbehandeling: DM (links) en KZ (rechts)

Controle = blauw; schelpenbehandeling = rood; netbehandeling = geel

3.2.2 Samenhang met locatie

3.2.2.1 Algengroei

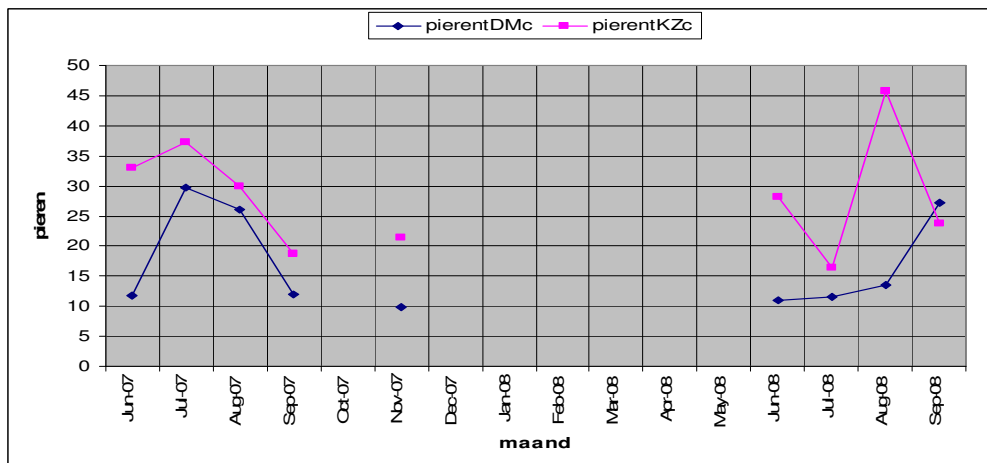
In juli 2007 lag de macroalgenbedekking in de plots op de Dortsman gemiddeld op ongeveer 1/3 van dat in de Krabbenkreek (0,5% en 1,5% bedekking, respectievelijk; Figuur 28). In augustus 2008 was er echter sprake meer algenbedekking op beide locaties, met een bedekking van gemiddeld 4.4% in de Krabbenkreek en 0.7% op de Dortsman. Dit impliceert dat de algenbedekking op een dynamische locatie als de Dortsman een geringere rol speelt dan in een meer beschutte locatie als de Krabbenkreek.



Figuur 28 Algengroei in juli 2007 (links) en aug 2008 (rechts) voor DM (rood) & KZ (blauw)
Macroalgen zijn uitgezet op de x-as en de zeegrasbedekkingsfactor op de y-as

3.2.2.2 Wadpieren

Het gemiddelde aantal volwassen wadpieren per vierkante meter is in de Krabbenkreek 30-300% hoger dan op de slikken van de Dortsman Noord (Figuur 29). Dit resultaat kan ten dele een artefact zijn, omdat vanwege de hogere dynamiek op de Dortsman het mogelijk is dat wadpierhopen eerder worden geërodeerd, waardoor ze niet opvallen en niet worden meegerekend. Echter, de verschillen zijn te groot om alleen hierdoor te worden verklaard en mag men concluderen dat er significant meer wadpieren/m² in KZ zijn dan op de DM.



Figuur 29 Gem. aantal volwassen wadpieren/m² in controleplots DM (blauw) & KZ (rood)

3.2.2.3 Ganzen

In 2007 foerageerden rotganzen vooral in de plots op de Dortsman Noord en werden ze niet gesignaleerd in de Krabbenkreek Zuid, terwijl in 2008 het omgekeerde het geval was, dus locatie lijkt niet een grote rol te spelen. Binnen één locatie (bijv. Krabbenkreek Zuid) is het niet zo dat de langst geëxponeerde plots (oost kant) of aan de kant van de schorren (zuid kant) het meest worden bezocht door foeragerende ganzen. De verdeling van de door ganzen veroorzaakte kuilen lijkt volkomen random te zijn, en is hooguit gecorreleerd aan de zeegrasbedekkingsfactor.

4 Ontwikkeling van de donorlocatie

Hoewel niet in het onderzoeksplan opgenomen, is er toch een paar keer een bezoek gebracht aan de donorlocatie om de verdere ontwikkeling en mogelijk herstel te volgen. Dit is niet gekwantificeerd, maar slechts *ad hoc* geobserveerd, eind juni 2007 (na het rooien van de plaggen), augustus 2007, juni 2008 en eind september 2008.

Bij de eerste observaties eind juni 2007 zijn de randen van de gerooide stroken nog scherp, maar dat het gerooide vlak wel goed is geëgaliseerd. Zeegrasvelden die grenzen aan de gerooide gebieden hebben geen nadelige gevolgen ondervonden van het rooiingsproces, bijvoorbeeld door vrijgekomen slib of door verstikking. Twee maanden na het rooien in augustus 2007 is duidelijk te zien dat de velden verder zijn geëgaliseerd door de getijdenbeweging. Op veel plaatsen koloniseren zeegrasscheuten het beschikbare terrein, tot op een afstand van bijna een meter vanaf de randen van het rooivlak. Dit is geen continu verschijnsel langs de randen, maar doet zich voor over 10-15% van de randlengte. Deze ontwikkelingen laten zien dat het rooiingsproces op veel plaatsen zal worden gevolgd door rekolonisatie, al kan er eventueel concurrentie optreden met al aanwezig slijkgras. Bij een bezoek op 15 februari 2008 was duidelijk te zien dat uitbreiding tot ruim 3m vanaf de rand is opgetreden op sommige plaatsen, en op veel plaatsen tot ruim 1m.

De donorpopulatie van Viane West werd op 26 september 2008 bezocht. Verrassend was hier de mate van aangroei in de vlakken die in 2007 waren gerooid – de totale oppervlakten zijn nog niet enorm groot, maar het gaat toch om vele tientallen vierkante meters (zie foto 3) met een goede bedekking. De bedekking van de natuurlijke populatie was goed en in het algemeen >30%, plaatselijk oplopend tot >50% (zie foto 4). Het zeegras ziet er groen en gezond uit, met weinig bruine bladeren.

Men mag voorzichtig concluderen dat herstel van de zeegrasvelden op de donorlocatie goed verloopt. De verwachting is dat over 2-3 jaar de oorspronkelijke velden zich zullen hebben hersteld, als de huidige groei zich doorzet en er geen calamiteiten voordoen (zoals een erg strenge winter). Of een dergelijk herstel ook zal plaatsvinden als de zeegrasstroken worden verwijderd bij werkzaamheden aan de dijkbekleding zal afhangen van de hoeveelheid vrijgekomen slib en waar dit wordt gedeponeerd.

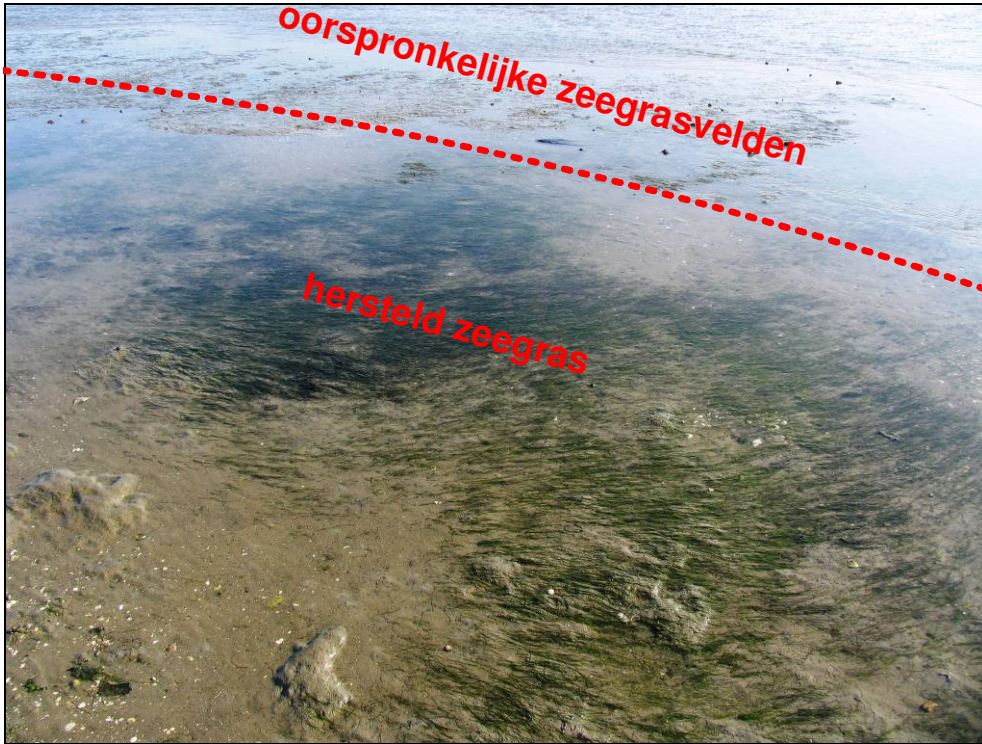


Foto 3: Zeegras heeft zich uitgebreid over vele tientallen vierkante meters in de rooivlakken van 2007 in Viane West (26 september 2008)



Foto 4: Het herstelde zeegras in Viane West ziet er gezond uit, met plaatselijk een bedekking van >50% (26 september 2008)

5 Conclusies

5.1 Donorlocatie

1. Rooien volgens de gebruikte methode had geen nadelige gevolgen voor nog aanwezige zeegrasvelden net buiten de gerooide zone. In combinatie met (geslaagde) transplantaties van plaggen lijkt dit een gunstige mitigatiemaatregel te vormen voor klein zeegrasvelden in de Oosterschelde die worden bedreigd door dijkwerkzaamheden.
2. Na het rooien van de zeegrasplaggen is een schelpenlaag aangebracht en zijn de slikken geëgaliseerd. Dit biedt kansen voor herkolonisatie vanuit aangrenzende overgebleven zeegrasvelden (op afstand >15m vanaf de teen van de dijk), maar ook voor uitbreiding van aanwezige slijkgraspollen. Na een paar maanden blijkt dat er sprake is van kolonisatie van 10(-15%) van de rand van de gerooide velden vanuit aangrenzende nog bestaande zeegrasvelden. In augustus 2007 was de uitbreiding opgetreden tot 1-1,5 m vanaf de rand, en op 15 februari 2008 bleek dit zelfs tot ruim 3 m te zijn opgetreden op enkele plaatsen. In september 2008 bleken er zelfs vele tientallen vierkante meters te zijn aangegroeid vanuit de aangrenzende zeegrasvelden.
3. De verwachting is dat over 2-3 jaar de oorspronkelijke velden zich zullen hebben hersteld, als de huidige groei zich doorzet en er geen calamiteiten voordoen zoals een erg strenge winter.

5.2 Mitigatielocatie

Zeegras

1. Op de Dortsman en in de Krabbenkreek zijn de meeste plaggen in 2007 goed aangeslagen en heeft het zeegras zich ontwikkeld op een wijze die overeenkomt met die in natuurlijke populaties in de omgeving (bijv. Dortsman Noord, nabij de dijk), of op de donorpopulatie. Bij aanplant was de gemiddelde zeegrasbedekking op beide locaties iets meer dan 30%. Dit nam direct na de transplantaties in juni af tot 24% (KZ) en 26% (DM) in juli, en nam snel af na september (intrede van de herfst) en zakte tot onder de 1% in november 2007.
2. Begin mei 2008 waren op beide mitigatielocaties de eerste zeegrasscheuten al te zien in vrijwel alle patches. Echter, bij aanvang van de transplantaties van 2008 (eind mei/begin juni) was de bedekking met zeegras op beide mitigatielocaties van 2007 nog steeds erg laag en hooguit 1-2%. Omdat het voorjaar lang koud was gebleven (o.a. met sneeuwval op 18 april) werd gespeculeerd dat het groeiseizoen laat was gestart, en dat de zeegrasgroei alsnog op gang zou komen na juni. Dat bleek in de Krabbenkreek ook het geval te zijn: in augustus hadden sommige plots (bijv. 16, 18) een

bedekkingspercentage van 30-60% en waren alle patches goed bedekt. Echter, in de meeste plots (2/3) bleef de bedekking laag. Op de Dortsman bleven de plots van 2007 het echter minder goed doen en kwamen de bedekkingen niet boven een paar procent uit. In augustus 2008 is de gemiddelde bedekkingsfactor in KZ bijna tweemaal zo hoog als in DM, en in september 2008 loopt dit zelfs op tot 24x. Het zeegras doet het veel beter in de beschutte locatie in de Krabbenkreek dan in de dynamische locatie op de slikken van de Dortsman.

3. Het zeegras lijkt zich in 2008 te ontwikkelen op een 'alles of niets' principe: zeegras bedekkingspercentages zijn laag in de meeste plots, maar in enkele plots (KZ 10, 13, 16, 18) ontwikkelt het zeegras zich goed in vrijwel alle patches en met een hoge bedekking.
4. De plots in de Krabbenkreek Zuid die het goed doen qua ontwikkeling van het zeegras in 2008 zijn (op één na) vrijwel allemaal met netten of schelpen behandeld en dat geldt zeker voor de beste vier plots (2 schelp, 2 net). Er is een positieve correlatie met de wadpierbehandelingen. Er lijkt geen duidelijke correlatie te zijn met opstelling, dwz een veilige of kansrijke indeling van de plots.
5. De wadpierbehandelingen kunnen ook andere gevolgen hebben dan alleen maar een vermindering van wadpieren, want sommige plots met een netbehandeling hebben (sterk) verhoogde concentraties aan nutriënten (ammonium, orthofosfaat) vergeleken met de andere plots. Echter de positieve bijdrage van de behandeling komt hoogstwaarschijnlijk toch vanwege de verlaging van het aantal volwassen wadpieren. Enerzijds bestaat een negatieve correlatie (of drempelwaarde) tussen ontwikkeling van het zeegras en dichtheden aan volwassen wadpieren, anderzijds is er nauwelijks een correlatie tussen bodemchemie (binnen de gemeten grenzen) en ontwikkeling van het zeegras, behalve met ammonium.
6. Er is geen duidelijke correlatie tussen zeegrasdichtheid bij aanplant en de verdere ontwikkeling van het zeegras in het tweede jaar. Dichtheden bij aanplant in 2007 waren in het algemeen hoog, gemiddeld 32% op de Dortsman en 31,5% in de Krabbenkreek, per plag uiteenlopend van 7,5% tot 90%.
7. Een grote mate van immersie bij aanleg lijkt nadelig te zijn voor de ontwikkeling van het zeegras. Aanvankelijk lijken ondergedompelde patches het goed te doen – ze drogen niet uit en lijken 'groener'. Echter, in het tweede jaar doen patches die een hoge mate van immersie kenden bij aanleg het duidelijk slechter qua ontwikkeling van het zeegras.

Substraat, nutriënten en reliëf

8. Bij de nulmeting bleek dat tijdens laagwater grote delen van plaggen onder een laagje water bleven staan (hoge mate van immersie). Bij de eerste monitoring bleek dit al voor een groot deel teniet te zijn gedaan – op de Dortsman bleken alle plaggen al boven het maaiveld uit te steken, terwijl in de Krabbenkreek nog maar een klein deel onderwater bleef staan. Uit lasermetingen blijkt dat op de Dortsman tussen juli en augustus alleen al gemiddeld 2 cm sediment was ingevangen in de zeegrasplots, terwijl in de

Krabbenkreek deze 1 cm bedroeg. Ondanks het feit dat dynamiek het microreliëf snel verandert lijkt er een negatieve correlatie of drempelwaarde te bestaan tussen mate van immersie en ontwikkeling van het zeegras: een hoge mate van immersie bij aanplant leidt uiteindelijk (in 2008) tot een slechte ontwikkeling van het zeegras.

9. Wadpierreliëf lijkt in de beschutte omgeving van de Krabbenkreek een rol te spelen in de ontwikkeling van het zeegras. Plots waar het gemiddelde reliëf groter is dan 4 cm doen het minder goed dan plots met een geringer reliëf. Op de Dortsman speelt wadpierreliëf nauwelijks een rol omdat dit microreliëf teniet wordt gedaan door een combinatie van wind en waterdynamiek.
10. Sedimenten in de Krabbenkreek zijn iets rijker in organische stof dan op de Dortsman (1,37 % tegenover 0,79 %). Er zijn geen duidelijke verschillen tussen plots met verschillende behandelingswijzen, en tussen monsters genomen op verschillende dieptes (0-1 cm en 0-5 cm). Wel zijn organische stofgehaltenes hoger in zeegrasveldjes (1,56 %) dan in omliggende gebieden (1,08 %).
11. Nutriëntgehaltenes van (bodem-) poriënwater blijken samen te hangen met de behandelingswijze. Dit is vooral bij ammonium het geval, waar bij de netbehandeling de ammoniumconcentraties gemiddeld 4x (max. 10x) zo hoog lagen als in de andere plots (schelpen en controle)¹⁵. Orthofosfaatconcentraties liggen in de netplots ongeveer 3x zo hoog als in de andere plots. Waarschijnlijk leidt een lage wadpiedichtheid (in de netplots) tot een geringere doorluchting van de waterbodem (vanwege de ophoping van fijn organische stof, en minder bioturbatie), waardoor nutriënten zich kunnen ophopen¹⁶.

Algen groei

12. In juli 2007 lag de macroalgenbedekking in de plots op de Dortsman gemiddeld op ongeveer 1/3 van dat in de Krabbenkreek (gemiddeld 0,5% en 1,5% bedekking, respectievelijk). De macroalgenbedekking bestond voornamelijk uit zeesla, darmwier en knoopwier. In augustus 2008 was er echter sprake meer algenbedekking op beide locaties, met een bedekking van gemiddeld 4.4% in de Krabbenkreek en 0.7% op de Dortsman. Men kan concluderen dat algenbedekking op een dynamische locatie als de Dortsman een geringere rol speelt dan in een meer beschutte locatie als de Krabbenkreek.
13. Een hoge bedekking met macroalgen had in 2007 een negatieve correlatie met zeegrasbedekkingsfactor, maar in 2008 viel een dergelijke correlatie niet te ontdekken. De relatie lijkt niet significant te zijn en is mogelijk meer van toeval afhankelijk en factoren zoals windrichting, optreden van storm, enzovoorts.

¹⁵ Ammonium in de bodem is niet giftig voor het zeegras (zie 5.3.3).

¹⁶ Doorluchting leidt tot oxidatie en een grotere mobiliteit van nutriënten, die dan minder snel ophopen maar worden opgenomen in organismen of gewoonweg uitspoelen.

Fauna

14. Er is in de Krabbenkreek Zuid een negatieve correlatie tussen volwassen wadpieren en het zeegras: hoge dichtheden aan volwassen wadpieren leiden tot een lage zeegrasbedekkingsfactor en omgekeerd. Dit bevestigt de noodzaak voor een wadpierbehandeling op locaties waar adulte wadpieren in grote dichtheden voorkomen. Op de Dortsman is de correlatie niet duidelijk: wadpierhopen worden daar snel weggevaagd door wind en waterdynamiek. Een adulte wadpierdichtheid van $<25/m^2$ is laag genoeg voor een goede zeegrasontwikkeling. Dit kan zowel door een schelpenlaag als een net worden bereikt, maar in de Oosterschelde gaat de voorkeur uit naar een schelpenlaag, aangezien hiervoor gebiedseigen schelpen kunnen worden gebruikt. Dichtheden van juveniele wadpieren hebben geen duidelijk effect op de ontwikkeling van het zeegras.
15. In oktober 2007 was er sprake van intensieve foeragering door ganzen in de aangelegde zeegrasvelden op de Dortsman, waarbij in 36% van alle patches zichtbare kuilen waren gevormd. In 2008 was er juist sprake van foeragering door ganzen in de zeegras patches van Krabbenkreek Zuid, waarbij 6-7% van de patches waren vergraven. Dit lijkt van dezelfde orde van grootte als eerder waargenomen in de Duitse Waddenzee, waarbij werd vastgesteld dat dit geen blijvende schade toebracht aan het zeegras.
16. Overige gemonitorde fauna (wadslakjes, alikruiken en strandkrabben) vertonen geen duidelijk verband met de ontwikkeling van het zeegras, en lijken afhankelijk te zijn van weersomstandigheden (wadslakjes), of op toeval te berusten (herkomst van alikruiken en krabben).

N.b. Er zit een grote variatie in de datasets, waardoor veel verbanden moeilijk zijn te achterhalen. Toetsen op significantie laat zien dat alleen locatie en wadpierbehandeling een significante correlatie hebben met de ontwikkeling van het zeegras. Dit wil niet zeggen dat andere relaties niet bestaan of irrelevant zijn, maar dat ze mogelijk worden gemaskeerd door de natuurlijke variatie en de gelijktijdige invloed van veel variabelen.

6 Aanbevelingen

Zeegrasmusmitigaties & aanleggen plots

1. Dynamische slikken zoals de Dortsman Noord zijn minder geschikt als mitigatielocatie en kunnen beter worden vermeden bij toekomstige mitigatiewerkzaamheden in de Oosterschelde.
2. Een veilige grens voor de gemiddelde bedekking van zeegras bij aanleg is 20%. Uit de plots van 2007 weten we dat bij deze grens (of hoger) er onderling geen verschil is qua ontwikkeling van het zeegras. Of bij bedekkingen bij aanplant van <20% dit ook zo is zullen we pas zien in 2009, want dergelijke dichtheden kwamen in 2007 nauwelijks voor, maar wel in 2008.
3. Een schelpenlaag om wadpierdichtheden te reduceren lijkt gewenst op locaties waar adulte wadpieren aanwezig zijn in dichtheden >20-25/m². Netten als wadpierwerend middel zijn ongewenst, ook al breken ze binnen 10 jaar af, want door de dynamiek komen ze toch ten dele bloot te liggen, wat storend is binnen de grenzen van een natuurgebied.
4. Er is geen duidelijk verschil tussen 'veilige' of 'kansrijke' qua ontwikkeling van het zeegras – bij toekomstige mitigaties kan daarom worden gekozen voor de gemakkelijkst aan te leggen indeling (dwz de kansrijke opstelling met 5 patches).
5. Bij het aanleggen van de patches moet ervoor worden gewaakt dat de plaggen niet te diep komen te liggen onder het maaiveld, en een immersie van >50% moet worden vermeden.
6. Voor een gunstige ontwikkeling van het zeegras zou men het liefst zo vroeg mogelijk in het groeiseizoen (april-mei) plaggen verplaatsen, maar vanwege het broedseizoen van vogels in de Oosterschelde is in de vergunningen opgenomen dat verplaatsing van het zeegras niet mag voor eind mei/begin juni. Dit zou men met de Provincie moeten bespreken, want een vroegere verplaatsing zou gunstiger zijn voor het succes van de transplantatie. Het negatief effect op de broedvogels is waarschijnlijk gering, terwijl het effect op het al of niet succesvol verplaatsen van het zeegras mogelijk groot is. Wel moet rekening worden gehouden met graas door rotganzen, deze vertrekken pas in de loop van mei.

Monitoring

7. Parameters die tot dusver zijn gemonitord in en om de zeegrasplots geven een goed beeld van hoe de getransplanteerde plaggen zich ontwikkelen. Ook het fotografisch vastleggen van iedere afzonderlijke patch blijkt waardevol te zijn, bijvoorbeeld om achteraf vraat door ganzen te kunnen schatten, of om de ontwikkeling van een afzonderlijke patch te volgen in de tijd.
8. Bodemchemie moet vaker en met meer parameters worden gemonitord. Verschillen die optreden tussen de plots zijn vaak niet te verklaren door wadpierbehandeling, algenlaag, opstelling of expositie, en het vermoeden is dat bodemchemie een grotere rol speelt dan bij het opstellen van de proef werd vermoed. Vooral nutriënten, maar ook sulfidengehaltes, methaan en redox lijken zinvol om te meten.
9. Ganzen spelen mogelijk een rol in de ontwikkeling van het zeegras, en hun foeragegedrag en de directe gevolgen voor het zeegras (bijv. de kuilen die ontstaan bij foerageren: het zeegrasareaal wordt verminderd, en de kuilen zelf zijn mogelijk minder gunstig als substraat voor zeegras omdat ze steeds water bevatten) zou men moeten monitoren.
10. Monitoren van de donorlocatie lijkt wenselijk om het verdere herstel van de gerooide velden te volgen. Dit kan semi-kwantitatief, door 2 keer per jaar in de gerooide zone een schatting te maken van kolonisatie door zeegras (bijv. vanuit de aangrenzende velden) en door slijkgras (bijv. vanuit aanwezige pollen). Beter is kwantitatief, bijvoorbeeld door m.b.v. RTK-GPS de groeirand in te meten: direct na het rooien (juni), na 3 maanden (sept), na 15 maanden (sept), en na 27 maanden (sept). Het is ook interessant om te weten welke factoren de aangroei sturen, en daarom is het wenselijk bodemchemie te meten in aangroeiende velden en in aangrenzende niet aangroeiende gebieden.
11. Monitoren van natuurlijke zeegraspopulaties (bijvoorbeeld op de Dortsman, in de geul nabij de dijk, of in de Krabbenkreek langs de schor aan de noordzijde) op een niet destructieve manier lijkt zinvol, om beter inzicht te krijgen in de sturende factoren die ontwikkeling van het zeegras bepalen (bijv. bodemchemie, zeegras- en wadpiedichtheden en -reliëf).

7 Samenvatting

Ongeveer 8000 m² klein zeegras *Zostera noltii* zal in de Natura2000-locatie Oosterschelde op een aantal plaatsen moeten wijken als in 2011-2015 een groot aantal dijken worden verzwaaard/verbeterd. Als mitigerende maatregel is voorgesteld om klein zeegras op de locaties waar het moet wijken te verplaatsen naar zogenaamde mitigatielocaties. Voorafgaand moet worden onderzocht hoe dit het beste kan gebeuren: hoe te verplaatsen, wanneer, op welke mitigatielocaties, hoe deze voor te bereiden, enzovoorts. Een onderzoeksplan om dit uit te zoeken werd opgesteld door RU, NIOO, RIKZ en RWS.

De praktische uitvoering vond plaats tussen 4-28 juni 2007, door de firma BTL uit Bruinisse, terwijl begeleiding en monitoring werd uitgevoerd door RU (op enkele dagen bijgestaan door RWS tijdens de begeleiding). Als donorlocatie werden de Slikken van Viane (Schouwen-Duiveland) geselecteerd op basis van beschikbaar materiaal en bereikbaarheid. Twee mitigatielocaties op Tholen werden gekozen: één geëxponeerde locatie (Dortsman Noord) en één beschutte locatie (Krabbenkreek Zuid). Op beide mitigatielocaties werden geschikte vlakken (tussen -0,30 en +0,15 m NAP) gemarkeerd voor aanvang van de werkzaamheden. Zeegrasplaggen werden gelegd tussen 4-22 juni, daarna volgde tot 28 juni nog enige afwerking plaats op de Slikken van Viane en in de Krabbenkreek.

Vanwege de negatieve interactie tussen wadpieren en klein zeegras werd gekozen voor een tweetal behandelingen tegen wadpieren: één met het aanbrengen van een schelpenlaag van 5-7 cm op 10 cm diepte, de tweede door een afbreekbaar net aan te brengen op 10 cm diepte. Zeegrasplaggen van 0,75 bij 1,5m werden gerooid in Viane en in kisten naar de mitigatielocaties getransporteerd. Daar werden ze in verschillende opstellingen neergelegd: een zogenaamde kansrijke opstelling van vijf patches (van 1,5 bij 1,5m ieder) in schaakbordpatroon, en een zogenaamde veilige opstelling van negen patches, eveneens in schaakbordpatroon. Op de Dortsman werden in totaal 12 plots uitgezet, 6 veilige en 6 kansrijke, waarvan de helft met schelpenbehandeling en de helft als blanco (zonder schelpen of net). In de Krabbenkreek werden in totaal 24 plots uitgezet, waarvan 12 veilige en 12 kansrijke, ieder met 4 controles, 4 netbehandelingen en 4 schelpenbehandelingen. In totaal is 600 m² zeegras verplaatst naar de mitigatielocaties.

Direct na het leggen van de plaggen is een nulmeting uitgevoerd, en in juli 2007 is een eerste monitoring uitgevoerd. Sindsdien is monitoring uitgevoerd in augustus, september en november 2007, en vervolgens in februari, juni, juli, augustus, september/oktober en in november 2008. Tevens zijn er korte monitoringsbezoeken afgelegd in oktober en december 2007, en in februari, mei, augustus en september 2008. Tijdens de monitoring is een groot aantal parameters bekeken en gemeten, sommige direct aan het zeegras gerelateerd (bedekkingspercentage, conditie, mate van immersie, bloeistand, uitbreiding, enz.), maar ook fysisch-chemische parameters (korrelgrootte bodem, relatieve hoogte, eigenschappen van porievocht, enz.) en biologische factoren (wadpieren, wadslakjes, alikruiken, bedekking met algen, voorkomen van krabben, enz...) zijn meegenomen.

De resultaten van het **eerste groeiseizoen in 2007** laten het volgende beeld zien:

- De **zeegrasonwikkeling** is gunstiger geweest op de beschutte locatie (Krabbenkreek) dan op de meer aan waterdynamiek blootgestelde locatie (Dortsman). In de Krabbenkreek zien we hogere zeegrasbedekkingen en scheutdichtheden, en minder erosie dan op de Dortsman Noord. Op de Dortsman was er sprake van meer en eerdere uitbreiding van het zeegras, maar dit werd teniet gedaan door een sterkere waterdynamiek, erosie en verdwijning van het zeegras. De monitoringsresultaten laten zien dat het zeegras in het algemeen goed is aangeslagen en er gezond uitziet. Er is een afname geweest van het aantal scheuten, maar tegelijk is er ook vegetatieve uitbreiding geconstateerd. Zeegraspopulaties in de getransplanteerde plaggen vertonen een ontwikkeling die parallel loopt aan die van natuurlijke populaties in de directe omgeving. In het najaar sterven de bovengrondse delen (grotendeels) af, en valt er weinig meer te bespeuren op een enkele bruine spriet na.
- De **wadpierenbehandelingen** met schelpen of net zijn effectief om wadpierdichtheden onder de 10-15/m² te houden. Netten zijn effectiever, maar schelpen geven ook voldoende reductie van wadpieraantallen. Bij de controles is binnen de patches de wadpierdichtheid gemiddeld 30-40% lager dan buiten de patches, wat aangeeft dat substraat en/of zeegrasmatten zelf in staat is om wadpieren te weren. De veilige opstelling (9 zeegraspatches bij elkaar) gaf een beter resultaat dan de kansrijke (5 patches bij elkaar). Echter, de wadpierenbehandelingen hadden geen of tegenstrijdige effecten op de ontwikkeling van het zeegras.
- Op de **Dortsman** leek erosie een mogelijk probleem te gaan worden vanwege de hogere dynamiek. Door invangings van sediment kwamen de zeegraspatches na een maand hoger te liggen dan het maaiveld, terwijl ze bij aanplant voor een groot gedeelte onder het maaiveld lagen. Dit ligt aan het zeegras, want na afsterving van de bovengrondse delen in het (late) najaar waren de ontstane zeegrasbulten grotendeels weer afgevlakt. Algengroei vormt amper een probleem op de Dortsman.
- In de **Krabbenkreek** leek overwoekering door macroalgen een mogelijk probleem te gaan vormen, want in de zomermaanden (vooral augustus) bleek dat gemiddeld meer dan 20% van de patches (in sommige zelfs >50%) te zijn bedekt, vooral door zeesla, darmwier en knoopwier. Dynamiek en erosie spelen hier minder parten dan op de Dortsman, waardoor de kansen voor blijvende vestiging beter lijken.
- **Ganzen** foerageren in de plots op de Dortsman in oktober 2007 en in 36% van alle patches ontstaan typische kuilen door hun graafactiviteit; in de Krabbenkreek werd dit niet waargenomen.
- Op de **donorlocatie** werd waargenomen dat het zeegras zich begon te herstellen, met uitlopers van maximaal 1-1,5m langs 10-15% van de rand van het rooivlak.

De ontwikkelingen in het **tweede groeiseizoen 2008**:

- **Voorjaar 2008.** Op 9 mei 2008 hadden drie van de 24 plots in de Krabbenkreek Zuid vrijwel geen zeegras meer. De andere 21 plots hadden allemaal zeegras. Naar schatting werd zelfs in 95% van de afzonderlijke plaggen zeegras aangetroffen, variërend van een paar sprietten tot 1-2 m² per plag. De zeegrasbedekkingen waren doorgaans < 1 %, lokaal oplopend tot 1-5%. Echter, begin juni was de bedekking in de meeste plots nog steeds (veel) minder dan 1%. Tegelijk viel op dat de natuurlijke populaties ook een trage groei en verminderde vitaliteit vertoonden ten opzichte van 2007, wat suggereerde dat het groeiseizoen laat op gang was gekomen.
- Groei en herstel van de 2007 zeegraspaches op de **Dortsman Noord** is erg beperkt gebleven. In de meeste plots zijn zeegrasplanten terug te vinden in de meeste patches, maar hierbij gaat het vaak om enkele losse planten, of kleine plukken. In alle gevallen is de bedekking laag, hooguit 5-10% en de totale bedekking blijft steken bij een paar procent gemiddeld per plot.
- Groei en herstel van de 2007 zeegraspaches in de **Krabbenkreek Zuid** is erg verschillend geweest. Sommige plots vertonen net als Dortsman Noord weinig herstel, en worden gekenmerkt door lage bedekkingen van voornamelijk losse planten, met hier en daar een pluk van hooguit een halve vierkante meter. Echter, sommige plots doen het uitstekend. In twee plots zijn alle patches volledig bedekt met zeegras (dichtheid 30-60%), en er groeit zelfs behoorlijk veel zeegras tussen en rondom de patches. Daarnaast zijn er zeker 6 andere plots (op één na allemaal plots met schelp- of netbehandeling) die het goed doen, en die een flink herstel hebben gekend.
- De schelpenbehandelingen blijven in het tweede jaar effectief in het laag houden van de **wadpierzichtheden**, maar dan alleen van volwassen wadpieren. In behandelde plots zijn de dichtheden van jonge pieren vaak erg hoog, maar dit lijkt niet nadelig te zijn voor het zeegras. Er is duidelijk een positief effect te bespeuren van beide wadpierzichtheden (met schelpen of net), en een negatieve correlatie is aanwezig tussen dichtheden van volwassen pieren en de ontwikkeling van het zeegras.
- **Wadpierzichtheid** speelt mogelijk een rol in de Krabbenkreek, en waar dit reliëf groter is (bijv. in de controles) lijkt het zeegras het minder goed te doen. Op de Dortsman speelt dit geen rol van betekenis, want het reliëf wordt snel weggevaagd door wind en waterbewegingen.
- Een hoge mate van **immersie** bij aanplant heeft negatieve gevolgen voor het zeegras, maar zeegrasdichtheden bij aanplant lijken geen grote rol te spelen; N.B. de aanvangsdichtheden waren doorgaans >20%. Bij kleinere aanvangsdichtheden is er mogelijk wel een effect, dit wordt duidelijk na analyse van de gegevens van de aanplant 2008.
- Bedekking met **algen** waren groter dan in 2007, maar dit speelt geen duidelijk negatieve rol op de ontwikkeling van het zeegras op de mitigatielocaties. Er is wel een negatieve correlatie met hoge concentraties aan **ammonium** in het bodemvocht.
- **Ganzen** werden in 2008 niet waargenomen in de 2007 plots van de Dortsman, maar in de Krabbenkreek waren er veel sporen van hun graafactiviteit (ondiepe kuilen) in de plots van de Krabbenkreek.

- Herstel van de gerooide velden op de **donorlocatie** zet zich goed door, en vele tientallen vierkante meters zijn weer aangegroeid, allemaal met een goede bedekking (>30%) in augustus en september.

De effecten van de verschillende factoren op de ontwikkeling van het zeegras zijn samengevat in Tabel 4.

Tabel 4 Effect van verschillende factoren op ontwikkeling van het zeegras

Sturende factor		Dortsman	Krabbenkreek
Locatie		—	++
Opstelling	Veilige	.	++ 2007 . 2008
	Kansrijke	.	.
Wadprier-behandeling	Controle	.	.
	Schelp	.	++
	Net	.	++
Aanplant dichtheid		.	.
Dichtheden volwassen wadpieren		—	—
Dichtheden juveniele wadpieren		.	.
Wadprierreliëf		.	—
Bedekking met macroalgen		.	.
Hoge mate van immersie bij aanplant		—	—
Hoog ammoniakgehalte poriewater		.	—

++ = positief effect — = negatief effect. . = géén duidelijke invloed

N.b. Deze factoren zijn getoetst op significantie m.b.v. ANOVA (zie 2.3), en alleen locatie en wadprierbehandeling blijken significant te zijn. Een grote spreiding in de data ligt hieraan ten grondslag.

8 Vooruitblik

1. **Monitoring 2008-2009.** De planning voor RU medewerkers is als volgt:
 - a. Eerst volgende monitoringsbezoek op beide mitigatielocaties: week 49 (2-4 december 2008).
 - b. Er is door RU voorgesteld de monitoring in 2009 voort te zetten, vooral in de Krabbenkreek waar de ontwikkeling van het zeegras redelijk tot goed is geweest in 2008. Op de Dortsman lijkt dit minder noodzakelijk aangezien het zeegras zich daar slecht heeft ontwikkeld, maar voorgesteld is dit te verifiëren met 1-2 korte bezoeken in 2009.
 - c. Er wordt voorgesteld monitoring voort te zetten op de donorlocatie (Viane), om herstel verder te registreren, en eventueel dit aan te vullen met een aantal proefjes om te achterhalen welke factoren een rol spelen bij herstel.

2. **Lessen uit monitoring van 2007-2008:**
 - a. Techniek:
De methodiek voor het opnemen, transporteren en planten van zeegrasplaggen is ontwikkeld in 2007 en verder verfijnd in 2008. In principe is dit in orde en vormt de methodiek geen probleem voor toekomstige mitigaties. Diepte van aanplant ten opzichte van het maaiveld is een punt van aandacht: de plaggen mogen niet dieper dan het maaiveld worden geplaatst.
 - b. Wadpierbehandeling:
Uit de monitoring blijkt dat een wadpierbehandeling wenselijk is waar adulte wadpiëren voorkomen in dichtheden van $>25/m^2$. Dichtheden van $>40-50/m^2$ zijn overigens geen uitzondering in de Oosterschelde. Locaties waar adulte wadpiëren gedurende het groeiseizoen in dichtheden van $<25/m^2$ voorkomen hebben in principe geen wadpierbehandeling nodig. Waar een behandeling noodzakelijk is gaat de voorkeur uit naar een schelpenbehandeling. Netten kunnen losraken, zijn gebiedsvreemd, en kunnen soms leiden tot ongewenste ophopingen van nutriënten (ammonium, orthofosfaat) in de bodem.
 - c. Patronen:
Om uitbreiding van het zeegras te bevorderen lijkt het nog steeds wenselijk de plaggen in een schaakbordpatroon te plaatsen, om zo het randeffect te vergroten: er zijn dan meer randen van waaruit uitbreiding van de plag kan plaatsvinden. Er zijn geen duidelijke verschillen in zeegrasonwikkeling tussen patronen van 5 of 9 patches per plot, en als het gemakkelijker is om plots van 5 aan te leggen dan plots van 9, dan gaat daar de voorkeur naar uit.
 - d. Waar:
Locatiekeuze. Een eerste analyse van de ontwikkeling van het zeegras in 2008 (niet in dit rapport gepresenteerd) wijst op de volgende volgorde van geschiktheid: Roelshoek > Krabbenkreek Noord > Krabbenkreek Zuid. Dortsman Noord lijkt ongeschikt. Op Roelshoek is veel ruimte beschikbaar voor toekomstige mitigaties, maar in de Krabbenkreek (Noord en Zuid) lijkt de ruimte iets beperkter.

Hoogteligging. Het zwaartepunt van het historische voorkomen van klein zeegras lag op hoogtes tussen +0,15 en -0,30 m NAP. Bij de locatiekeuze in 2007 en 2008 is hiermee rekening gehouden en dat moet eveneens gebeuren bij toekomstige mitigaties.

Historische voorkeur voor zeegras. Bij de mitigatieproeven in 2007 en 2008 is rekening gehouden met de historische verspreiding van het zeegras, waarvan er gedetailleerde kaarten bestaan. Behalve als een locatie sterk is veranderd ten opzichte van deze historische situatie (bijv. door veel slibophoping of continue bedekking met macrolagen) zou bij toekomstige mitigaties de voorkeur uit moeten gaan naar deze historische locaties.

Hydrodynamiek. Locaties met een hoge dynamiek zoals de Dortsman Noord zijn minder geschikt voor zeegrasmusmitigaties, vooral vanwege de erosie.

Bodemchemie. Locaties met een lage redoxpotentiaal, hoge sulfidegehalten en hoge ammoniumwaarden zijn minder geschikt; bij het verkennen van nieuwe potentiële locaties voor mitigaties zou men hierop kunnen letten. Vooraf op basis hiervan selecteren is onmogelijk omdat er te weinig gegevens beschikbaar zijn over bodemchemie in de Oosterschelde.

Wadpieren: Locaties met <25 adulte wadpieren per vierkante meter kunnen zonder wadpierbehandeling worden gebruikt voor mitigaties; boven deze grens is een behandeling wenselijk.

Wadpierreliëf: Locaties met een wadpierreliëf van 4 cm of meer lijken het minder goed te doen qua zeegrasonontwikkeling.

Ganzen: Ganzen foerageren graag op zeegrasvelden, wat o.a. kan leiden tot het ontstaan van typische ondiepe kuilen in de plaggen van aangelegde plots. Of de huidige intensiteit van 'begrazing' nadelige gevolgen heeft voor de verdere ontwikkeling van het zeegras is op dit moment onduidelijk. Verdere monitoring van zeegras en activiteit van ganzen zal dit hopelijk uitwijzen.

e. Wanneer:

Voor een gunstige ontwikkeling van het zeegras zou men het liefst zo vroeg mogelijk in het groeiseizoen (april-mei) plaggen verplaatsen, maar vanwege het broedseizoen van vogels in de Oosterschelde is in de vergunningen opgenomen dat verplaatsing van het zeegras niet mag voor eind mei/begin juni. Dit zou men met de Provincie moeten bespreken, want een vroegere verplaatsing zou gunstiger zijn voor het succes van de transplantatie (zie aanbevelingen). Consultatie van ganzenexperts moet uitwijzen of het risico van ganzenvraat in april/mei niet te groot wordt.

f. Uitgangsmateriaal/bedekking:

Uit de resultaten van de monitoring van de plaggen die in 2007 zijn aangelegd blijkt dat het niet veel uitmaakt of het uitgangsmateriaal (de zeegrasplaggen) een zeegrasbedekking hebben van 20% of 90%: binnen deze grenzen lijkt alles het even goed of slecht te doen. Plaggen met minder dan 20% bedekking zijn er in 2007 nauwelijks geweest, en daarover valt er weinig te zeggen op dit moment. In 2008 zijn er relatief veel plaggen geweest met 5-20% bedekking, en mogelijk zal zich binnen dit bereik een ondergrens onderscheiden.

g. Plaghoogte:

Uitgangspunt bij aanleg was dat de plaggen ongeveer gelijk aan het maaiveld zouden komen te liggen. In de praktijk blijkt een precisie van $\pm 2-3$ cm haalbaar. Uit de monitoring blijkt dat als patches grotendeels (>60%) onderwater komen te staan

bij aanleg, dit nadelige gevolgen heeft voor de ontwikkeling van het zeegras. Onder deze grens zijn de gevolgen gering of niet aantoonbaar. Een ligging van 2-3 cm boven het maaiveld heeft geen aantoonbare gevolgen voor het zeegras.

h. Werkstroken:

Het zeegras groeit redelijk snel terug op de locaties waar deze in 2007 is gerooid, vooral d.m.v. uitlopers vanuit aangrenzende, nog aanwezige zeegrasvelden. Het lijkt gunstig om de wadpierbehandeling van gerooide velden voort te zetten bij toekomstige mitigaties om herstel van de zeegrasvelden te bevorderen. Om meer te weten te komen over het herstel van deze velden is voorgesteld door RU en NIOO om de monitoring van de donorlocaties te intensiveren en tests te doen.

3. Vervolgprogramma mitigaties 2008-2010

Het vervolgprogramma zal in elk geval omhelzen:

- Fase 5 Monitoring van mitigaties/aanplant van 2008 op Roelshoek, Krabbenkreek Zuid, Krabbenkreek Noord en Dortsman Noord. Eindrapportage van Fase 5 dient uiterlijk op 28 februari 2010 bij Projectbureau Zeeweringen te worden ingediend in conceptvorm.

Daarnaast zijn door RU en NIOO een aantal aanvullende proeven voorgesteld:

- Fase 3b, verlenging van Fase 3 tot november 2009. Dit zal zich vooral moeten richten op de aanplant in Krabbenkreek Zuid, waar een aantal plots het in 2008 goed deden. Het is zeer wenselijk deze plots intensief te blijven monitoren in 2009 om te achterhalen welke factoren een rol hebben gespeeld in het wel/niet goed ontwikkelen van het zeegras, aangezien dit niet helder is geworden in 2008.
- Voorzien wordt dat het ook wenselijk zal zijn om de monitoring van de aanplant 2008 te continueren ná augustus 2009.
- Intensievere monitoring van de donorlocaties tot november 2009. In 2007 en 2008 heeft men alleen globaal gekeken naar de ontwikkeling van het zeegras in de gerooide vakken. Men zou echter ook informatie kunnen verkrijgen over de factoren die wel/geen teruggroei bevorderen door de donorlocatie intensiever te monitoren en eventueel tests uit te voeren.
- Monitoring van een aantal natuurlijke zeegraspopulaties tot november 2009. Natuurlijke zeegraspopulaties fluctueren in de tijd, en het is wenselijk om een aantal ijkpunten te hebben in de Oosterschelde waaraan de ontwikkeling van zeegras op de mitigatielocaties kan worden getoetst.
- Nieuwe aanplant op Roelshoek in 2009, en monitoring daarvan. Voorgesteld wordt om een aantal nieuwe mitigatieplots aan te leggen op Roelshoek met verschillende behandelingen, om meer inzicht te krijgen in een aantal parameters die in het verleden minder goed zijn gemonitord.
- Monitoring van een aantal natuurlijke zeegraspopulaties tot november 2009. Natuurlijke zeegraspopulaties fluctueren in de tijd, en het is wenselijk om een aantal ijkpunten te hebben in de Oosterschelde waaraan de ontwikkeling van zeegras op de mitigatielocaties kan worden getoetst.

9 Referenties

Bakker, H. de & J. Schelling (1966) – Systeem van bodemclassificatie in Nederland. De hogere niveaus. Wageningen, The Netherlands: Center for Agricultural Publications and Documentation, 217 pp.

Borum, J. C.M. Duarte, D. Krause-Jensen & T.M. Greve (2004) – European seagrasses: an introduction to monitoring and management. EU project Monitoring and Managing of European Seagrasses (M&MS) EVK3-CT-2000-00044, 88 pp.

Bos, A.R., N. Dankers, A.H. Groeneweg, D.C.R. Hermus, Z. Jager, D.J. de Jong, T. Smit, J. de Vlas, M. van Wieringen & M.M. van Katwijk (2005) – Eelgrass (*Zostera marina* L.) in the western Wadden Sea: monitoring, habitat suitability model, transplantations and communication. Herrier J.-L., J. Mees, A. Salman, J. Seys, H. Van Nieuwenhuyse & I. Dobbelaere (Eds). 2005. p. 95-109 Proceedings 'Dunes and Estuaries 2005' – International Conference on Nature Restoration Practices in European Coastal Habitats, Koksijde, Belgium, 19-23 September 2005 VLIZ Special Publication 19, xiv + 685 pp.

Davison, D.M. & Hughes, D.J. (1998) – *Zostera* Biotopes (Volume 1): An overview of dynamics and sensitivity characteristics for conservation management of marine SACs. Scottish Association for Marine Sciences. (UK Marine SACs Project). 95 pp.

Fonseca, M.S. W.J. Kenworthy & G.W. Thayer (1998) – Guidelines for the Conservation and Restoration of Seagrasses in the United States and Adjacent Waters. NOAA Coastal Ocean Program Decision Analysis Series No. 12. NOAA Coastal Ocean Office, Silver Spring, MD. 222 pp.

Fox, A.D. (1006) - *Zostera* exploitation by Brent Geese and Wigeon on the Exe Estuary, southern England. Bird Study, 43: 257-268.

Goodman J.L., Moore K.A. & Dennison W.C. (1995) – Photosynthetic responses of eelgrass (*Zostera marina* L.) to light and sediment sulfide in a shallow barrier island lagoon. Aquat.Bot. 50:37-47.

Hauxwell, J., Cebrian, J., Furlong, C., & Valiela, I. (2001) – Macroalgal canopies contribute to eelgrass (*Zostera marina*) decline in temperate estuarine ecosystems. Ecology Washington D C 82, 1007-1022.

Heide, T. van der, van Nes, E. H., Geerling, G. W., Smolders, A. J. P., Bouma, T. J., & van Katwijk, M. M. (2007) – Positive feedbacks in seagrass ecosystems: implications for success in conservation and restoration. Ecosystems 10: 1311-1322.

Heide, T. van der, Smolders, A. J. P., Rijkens, B., van Nes, E. H., van Katwijk, M. M. & Roelofs, J. G. M. (2008) – Toxicity of reduced nitrogen in eelgrass (*Zostera marina*) is highly dependent on shoot density and pH. Oecologia.

Heide, T. van der, Peeters, E. T. H. M., Hermus, D. C. R., van Katwijk, M. M., Roelofs, J. G. M., & Smolders, A. J. P. (submitted) – Predicting habitat suitability in temperate seagrass ecosystems. Submitted to Limnology and Oceanography.

Heiri, O., A.F. Lotter & G. Lemcke (2001) – Loss on ignition as a method for estimating organic and carbonate content in sediments: reproducibility and comparability of results. Journal of Paleolimnology 25: 101–110.

Holmer, M., Frederiksen M.S. & Mollegaard, H. (2005) – Sulfur accumulation in eelgrass (*Zostera marina*) and effect of sulfur on eelgrass growth. Aquat.Bot. 81:367-379.

Hüttel, M. (1990) – Influence of the lugworm *Arenicola marina* on pore water nutrient profiles of sand flat sediments. Mar. Ecol. Prog. Ser., 62:241-248.

Jentink, R. (2007) – Ontwikkeling van het zeegras bij reeds uitgevoerde dijktrajecten. Tussenrapportage 2004-2006. Rijkswaterstaat Meetadviesdienst Zeeland, Middelburg, 27 pp.

Jones, L.A., Hiscock, K. & Connor, D.W. (2000) – Marine habitat reviews. A summary of ecological requirements and sensitivity characteristics for the conservation and management of marine SACs. Joint Nature Conservation Committee, Peterborough. (UK Marine SACs Project report)

Jong, D. J. de, van Katwijk, M. M., & Jager, Z. (2004) – Zeegras in Nederland. De Levende Natuur 105, 209-211.

Jong, D. J. de, Brinkman, A. G., & van Katwijk, M. M. (2005) – *Kansenkaart zeegras Waddenzee. Potentiële groeimogelijkheden voor zeegras in de Waddenzee.* Report RIKZ/2005.013, Rijkswaterstaat, Middelburg, the Netherlands.

Katwijk, M.M. van (2000) – Possibilities for restoration of *Zostera marina* beds in the Dutch Wadden Sea. PhD Thesis, University of Nijmegen, The Netherlands, 151 pp.

Katwijk, M.M., Vergeer, L.H.T., Schmitz, G.H.W. & Roelofs J.G.M. (1997) – Ammonium toxicity in eelgrass *Zostera marina*. Mar.Ecol.Prog.Ser. 157:159-173

Katwijk, M.M. van, A.R. Bos & D.C.R. Hermus (2005) – Klein zeegras en Snavelruppia op het Balgzand. Een transplantatiesucces en een spontane vestiging aan het begin van de 21^e eeuw. Ecoscience, Nijmegen en Radboud Universiteit Nijmegen, in opdracht van Rijkswaterstaat Noord-Holland, 31 pp.

Katwijk, M. M. van, Bos, A. R., de Jonge, V. N., Hanssen, L. S. A. M., Hermus, D. C. R., & de Jong, D.J. (2008, accepted Marine Pollution Bulletin) – Guidelines for seagrass reintroduction: importance of habitat selection and donor population, spreading of risks, and ecosystem engineering effects.

Keulen, M. van, Paling, E. I., & Walker, C. J. (2003) – Effect of planting unit size and sediment stabilization on seagrass transplants in Western Australia. Restoration Ecology 11, 50-55.

Nacken, M. & Reise, K. (2000) - Effects of herbivorous birds on intertidal seagrass beds in the northern Wadden Sea. Helgol. Mar. Res. 54:87–94.

- Nayar**, S. D. Miller, S. Bryars, A.C. Cheshire (2005) – A simple, inexpensive and large volume pore water sampler for sandy and muddy substrates. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 66 (2006) 298-302.
- Paling**, E. I., Fonseca, M., van Katwijk, M. M., & van Keulen, M. (2009) – Seagrass restoration. In: Perillo G, Wolanski E, Cahoon D, Brinson M (eds) *Coastal wetlands: an integrated ecosystem approach*. Elsevier, Amsterdam.
- Paramor**, O. A. L. & Hughes, R. G. (2004) – The effects of bioturbation and herbivory by the polychaete *Nereis diversicolor* on loss of saltmarsh in south-east England. *Journal of Applied Ecology* 41, 449-463.
- Perez-Llorens**, J. L. & Niell, F. X. (1993) – Seasonal dynamics of biomass and nutrient content in the intertidal seagrass *Zostera noltii* Hornem. from Palmones River Estuary, Spain. *Aquatic Botany* 46, 49-66.
- Persijn**, A. (2007) – Invloed van dijkwerkzaamheden op Klein zeegras in de Oosterschelde, Locaties Slikken van Kats en Slikken van den Dortsman. Rapport ZLMD.07N-11. Rijkswaterstaat Meetadviesdienst Zeeland, Middelburg, september 2007, 27 pp. + bijlagen
- Philippart**, C.J.M. (1994) – Interactions between *Arenicola marina* and *Zostera noltii* on a tidal flat in the Wadden Sea. *Marine Ecology Progress Series*, 111, 251-257.
- Reise**, K. and Kohlus, J. (2008) – Seagrass recovery in the northern Wadden Sea? *Helgoland Marine Research* 62:77-84.
- Schanz**, A., Polte, P., & Asmus, H. (2002) – Cascading effects of hydrodynamics on an epiphyte-grazer system in intertidal seagrass beds of the Wadden Sea. *Marine Biology* 141, 287-297.
- Schanz**, A. & Asmus, H. (2003) – Impact of hydrodynamics on development and morphology of intertidal seagrasses in the Wadden Sea. *Marine Ecology Progress Series* 261, 123-134.
- Volkenborn**, N. (2005) – Ecosystem engineering in intertidal sands by the lugworm *Arenicola marina*. PhD Thesis, University of Bremen, 133 pp.
- Volkenborn**, N., L. Polerecky, S.I.C. Hedtkamp, J.E.E. van Beusekom & D. de Beer (2007) – Bioturbation and bioirrigation extend the open exchange region in permeable sediments. *Limnol. Oceanogr.* 52(5): 1898-1909.
- Wesenbeeck**, B.K. van, P.M.J. Herman, J.P. Bakker & T.J. Bouma (2007) - Biomechanical warfare in ecology; negative interactions between species by habitat modification. *Oikos*, 116(5): 742-750.

Annex 1 Monitoringsformulier 2007

Locatie: Krabbenkreek Zuid / Dortsman Noord
Onderzoeker(s):
Datum:
Plot: **ID Nr:**
 Kansrijk /Veilig Schelpen / Net / Blanco

Parameters		Waarneming
Zeegras	Bedekking (m ²)	
	Aantal scheuten per m ²	
	Bloeistadium (gem. & verst) Stadia: géén, in knop, Vr. of man.	
Macroalgen	Bedekking (m ²) binnen plot	
	Bedekking (m ²) buiten plot	
	Voornaamste soorten	
Epifyten	Schatting gem. van 4 bladeren	
Grazers	Aantal wadslakjes per dm ²	
	Aantal alikruiken per m ²	
	Strandkrabben (géén, 1-2 per plot, >2/plot)	
Wadpierzichtheid	Hoopjes per m ² in plot	
	Hoopjes per m ² buiten plot	
Schelpen	Schelpen/m ² in plot, of %	
	Schelpen/m ² buiten plot, of %	
Wadpierreliëf	Hoogetverschil (mm) van 10 hoop/kuil paren per plot	
Erosie & sedimentatie	Hoogtemeting tov referentiepunt, mbv lasermeting	
Sediment monster	Bovenste 1 cm: in het zeegras; in wadpierzichtheid. 1; wadpierzichtheid. 2; en in de controle	
	Sample van bovenste 5 cm (steekbuis): in wadpierzichtheid. 1; wadpierzichtheid. 2; en in de controle	
Water	Hoeveel water blijft er na droogval staan? % van plot	
	Gem. diepte van waterlaag (mm) + tijdstip van meting	

DGPS hoogtemeting	<Door NIOO>	
Bijzonder- heden		
Schets		

Annex 2 Monitoringsformulier 2008

Locatie: DM07 / DM08 / RH08 / KZ07 / KZ08 / KN08

Datum: 27/8/08

Plot #: 1

Observant(en):

Parameters per patch:

Plotzijde:		In:	
Out:			
Zeegr.(%): Algen(%): 2 Wadsl.(#/dm ²): 22 Wadp.(ad/m ²): 14 Wadp.(juv/m ²): 53 Wadp.H(cm): 3 Shells (#/m ²): 22 Alikr. (#/m ²): 0 Crab (#/m ²): 0	Zeegr.(%): Algen(%): Wadp.(ad/m ²): 13 Wadp.(juv/m ²): 23 Wadsl.(#/dm ²): 21 Wadp.H(cm): 1	Zeegr.(%): Algen(%): Wadp.(ad/m ²): 25 Wadp.(juv/m ²): 20 Wadsl.(#/dm ²): 18 Wadp.H(cm): 3	Shells (#/m ²): 0 Alikr. (#/m ²): 0 Crab(#/m ²): 0 Bloei (%): 1 Bl. Stad.: <i>red-flor</i> Epiph.(%): 0
Zeegr.(%): Algen(%): Wadp.(ad/m ²): Wadp.(juv/m ²): Wadsl.(#/dm ²): Wadp.H(cm):	Zeegr.(%): Algen(%): Wadp.(ad/m ²): 27 Wadp.(juv/m ²): 12 Wadsl.(#/dm ²): 28 Wadp.H(cm): 2	Zeegr.(%): Algen(%): Wadp.(ad/m ²): 8 Wadp.(juv/m ²): 15 Wadsl.(#/dm ²): 27 Wadp.H(cm): 5	Zeegr.(%): Algen(%): Wadp.(ad/m ²): Wadp.(juv/m ²): Wadsl.(#/dm ²): Wadp.H(cm):
Zeegr.(%): Algen(%): Wadp.(ad/m ²): 19 Wadp.(juv/m ²): 26 Wadsl.(#/dm ²): 23 Wadp.H(cm): 2	Zeegr.(%): Algen(%): Wadp.(ad/m ²): Wadp.(juv/m ²): Wadsl.(#/dm ²): Wadp.H(cm):	Zeegr.(%): Algen(%): Wadp.(ad/m ²): Wadp.(juv/m ²): Wadsl.(#/dm ²): Wadp.H(cm):	Zeegr.(%): Algen(%): Wadp.(ad/m ²): Wadp.(juv/m ²): Wadsl.(#/dm ²): Wadp.H(cm):
Plotno. Paal •			
Plotzijde: Voornaamste soorten macroalgen: <i>Ulva, ulva - sec lab ...</i> <i>small, big</i> 1, 2, 3			

Annex 3 Resultaten van monitoring

Zie CD-ROM bijgesloten bij dit rapport

Dit bevat de volgende *.xls files:

- a) Gecombineerde file 2007-2008 Krabbenkreek & Dortsman, met daarop de meeste data wat betreft zeegras, biologische parameters
- b) Organische stofgehalte
- c) 10, 50 en 90% percentiele korrelgrootte
- d) Nutriënten porievocht
- e) Hoogtemetingen
- f) GPS coördinaten



Wim Giesen

WETLAND CONSULTANT

Mezenpad 164

7071 JT Uft

E-mail: wim.giesen@mottmac.nl

Marieke van katwijk

ECOSCIENCE

Peter Scheerstraat 26

6525 DE Nijmegen

E-mail: M.vankatwijk@science.ru.nl

Tjisse van der Heide & Wouter Suykerbuyk

DEPT. OF ENVIRONMENTAL SCIENCE

Fac. Science, Mathematics & Computing
Science

Radboud University Nijmegen

PO Box 9010

6500 GL Nijmegen

E-mail: T.vanderHeide@science.ru.nl
w.suykerbuyk@nioo.knaw.nl

Paul Giesen

DEPT. BIOLOGY

Fac. Science, Mathematics & Computing
Science

Radboud University Nijmegen

PO Box 9010

6500 GL Nijmegen

E-mail: pgiesen@gmail.com