

# **Zeegrasmusmitigaties Oosterschelde**

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

**Eindrapportage – herziene versie**

**23 juli 2010**

W.B.J.T. Giesen  
P.T. Giesen  
L.L. Govers  
W. Suykerbuyk  
M.M. van Katwijk

**Radboud Universiteit Nijmegen**

**voor:**

**Projectbureau Zeeweringen  
Rijkswaterstaat &  
Provincie Zeeland**

# Inhoudsopgave

<b>Lijst van afkortingen</b> .....	<b>v</b>
<b>1 Inleiding</b> .....	<b>1</b>
1.1 Achtergrondinformatie .....	1
1.2 Mitigatieproef in Oosterschelde .....	2
1.3 Rapportage tot heden .....	7
1.4 Huidig rapport .....	10
<b>2 Monitoring- en analysemethodiek</b> .....	<b>11</b>
2.1 Basisparameters voor monitoring .....	11
2.2 Analyses van monsters.....	19
2.3 Statistische analyse .....	22
<b>3 Resultaten &amp; discussie van de monitoring</b> .....	<b>23</b>
3.1 Ontwikkeling van het zeegras.....	23
3.1.1 Algemeen beeld zeegrasbedekking.....	23
3.1.2 Zeegrasonwikkeling in relatie tot locatie en hoogteligging .....	26
3.1.3 Wadpierrebehandeling (schelpen of netten) & zeegrasonwikkeling.....	29
3.1.4 Kansrijke versus Veilige aanplant & zeegrasonwikkeling .....	31
3.1.5 Beide behandelingen & zeegrasonwikkeling .....	32
3.1.6 Bedekking bij aanplant & zeegrasonwikkeling .....	34
3.1.7 Ontwikkeling zeegras Roelshoek per plot.....	35
3.1.8 Ontwikkeling zeegras Roelshoek: de kolonisaties .....	40
3.1.9 Losse planten .....	41
3.1.10 Bloei van zeegras .....	42
3.1.11 Zetmeelanalyses van rhizomen .....	43
3.1.12 Koolstof- en stikstofanalyses van bladeren.....	45
3.2 Biologische parameters .....	48
3.2.1 Wadpieren .....	48
3.2.2 Macroalgen.....	52
3.2.3 Ganzen & andere foeragerende vogels .....	54
3.2.4 Wadslakjes, alikruiken, krabben .....	55
3.3 Fysisch-chemische parameters .....	56

3.3.1	Waterbedekking & zeegrasgroei.....	56
3.3.2	Wadpierreliëf .....	57
3.3.3	Bodemchemie.....	61
3.3.4	Korrelgrootte van substraat .....	68
3.3.5	Organisch materiaalgehalte (%C) van sediment .....	72
3.4	Evaluatie vooraf van potentiële mitigatielocaties .....	74
3.5	Hergroei op de donorlocaties.....	75
<b>4</b>	<b>Conclusies .....</b>	<b>77</b>
<b>5</b>	<b>Aanbevelingen.....</b>	<b>80</b>
<b>6</b>	<b>Samenvatting.....</b>	<b>83</b>
<b>7</b>	<b>Vooruitblik .....</b>	<b>85</b>
<b>8</b>	<b>Referenties.....</b>	<b>87</b>

## Lijst van annexen

<b>Annex 1</b>	<b>Monitoringsformulier.....</b>	<b>92</b>
----------------	----------------------------------	-----------

## Lijst van tabellen

Tabel 1	Datum werkzaamheden & oorsprong donormateriaal .....	6
Tabel 2	Datums van uitgevoerde monitoring.....	12
Tabel 3	Parameters voor monitoring 2007-2009.....	18
Tabel 4	Samenvatting hoogtegegevens per locatie .....	27
Tabel 5	Chemische samenstelling poriewater mitigatielocaties & natuurlijke zeegrasvelden .....	65
Tabel 6	Korrelgrootte van bodem op mitigatielocaties & in natuurlijke populaties.....	69
Tabel 7	Evaluatie vooraf van potentiële mitigatielocaties.....	74

## Lijst van figuren

Figuur 1	Oosterschelde: donor- en mitigatielocaties & locatie van de schelpenproef .....	8
Figuur 2	Indeling van de 12 plots op mitigatielocatie DM07 .....	9
Figuur 3	Indeling van de 24 plots op mitigatielocatie KZ07 .....	9
Figuur 4	Indeling van de 16 plots op mitigatielocaties DM08, KZ08 en RH08 .....	9
Figuur 5	Indeling van 24 plots op mitigatielocatie KN08, met losse planten (L) .....	10
Figuur 6	Aanplant: A. veilige plot en B. kansrijke plot .....	10
Figuur 7	Relatie tussen bedekkingspercentage en # scheuten/m <sup>2</sup> .....	20

Figuur 8	Aantal scheuten per plot voor de 6 locaties: 2007-2009 .....	26
Figuur 9	Maximale # scheuten/plot in 2007/8 en 2009 uitgezet tegen hoogte boven NAP .....	28
Figuur 10	Hoogteverspreiding klein zeegras in Oosterschelde .....	29
Figuur 11	Gemiddeld #scheuten/plot voor schelpen-, controle- en netten plots .....	31
Figuur 12	Aantal scheuten per plot voor kansrijke- en veilige plots .....	32
Figuur 13	Aantal scheuten per plot voor K/V en S/N/C plots .....	33
Figuur 14	Aantal scheuten bij aanplant & scheuten op hoogtepunt van ontwikkeling in 2008 .....	34
Figuur 15	Aantal scheuten bij aanplant & scheuten op hoogtepunt van ontwikkeling in 2009 .....	35
Figuur 16	RH08: # scheuten bij aanplant & scheuten op hoogtepunt ontwikkeling 2008 & 2009 .....	35
Figuur 17	Gesommeerd zeegrasoppervlakte per behandelingstype Roelshoek .....	36
Figuur 18	Zeegrasoppervlaktes per plot: aug08 <i>versus</i> aug09 Roelshoek .....	37
Figuur 19	Ontwikkeling van zeegrasoppervlaktes in een viertal plots van RH08 .....	38
Figuur 20	Zeegrasoppervlakte als functie van gem. # scheuten/patch bij aanplant RH08 .....	39
Figuur 21	Kolonisaties op Roelshoek .....	41
Figuur 22	Ontwikkeling van losse plant plots op KN08 .....	42
Figuur 23	Percentage bloeiende scheuten 2007-2009 .....	43
Figuur 24	Zetmeelconcentratie rhizomen van mitigatielocaties april (24a) en november 2009 (24b) .....	44
Figuur 25	Zetmeelconcentratie rhizomen mitigatielocaties en natuurlijke populaties in april en november 2009 .....	44
Figuur 26	%N (stikstof) in zeegrasbladeren mitigatielocaties in april (26a) en november (26b) 2009 .....	46
Figuur 27	%N (stikstof) in zeegrasbladeren mitigatielocaties & natuurlijke populaties in april 2009 en november 2009 .....	46
Figuur 28	%C (koolstof) in zeegrasbladeren mitigatielocaties & natuurlijke populaties in april 2009 en november 2009 .....	47
Figuur 29	Volwassen wadpieraantallen, locatie en behandeling .....	49
Figuur 30	Juveniele wadpieraantallen en locatie .....	50
Figuur 31	Wadpieren en # scheuten (alle plots in 2009 behalve RH) .....	50
Figuur 32	Wadpieren en # scheuten (alle plots in 2009, inclusief RH08) .....	51
Figuur 33	Aantallen wadpieroepjes en scheuten per locatie en behandeling .....	51
Figuur 34	Bedekkings% macroalgen en # scheuten/patch KN08 .....	52
Figuur 35	Macroalgensoorten per locatie: 2009 .....	53
Figuur 36	Wadslakjes en scheutdichtheid, per locatie .....	55
Figuur 37	Bedekking met water & scheutdichtheid (RH08 boven; overige onder) .....	56
Figuur 38	Gemiddeld wadpierreliëf controle-, net- en schelpenplots voor de 6 locaties .....	57
Figuur 39	Gemiddeld wadpierreliëf controle- <i>versus</i> schelpenplots .....	58

Figuur 40	Windvoorspellingen voor Krabbendijke, 2008-2009.....	59
Figuur 41	Wadpierreliëf en aantal scheuten/plot.....	60
Figuur 42	Relatie tussen NH4 en PO4 van poriewater in mitigatielocaties .....	64
Figuur 43	Chemische samenstelling poriewater 4 locaties .....	67
Figuur 44	Gem. mediane korrelgrootte per behandelingstype & diepte van aanplanten 2008.....	68
Figuur 45	Sedimentsamenstelling en locatie.....	70
Figuur 46	Mediane korrelgrootte van de zandfractie en locatie .....	71
Figuur 47	Organisch stofgehalte van sediment op de 6 mitigatielocaties .....	72
Figuur 48	Organisch stofgehalte (% C) in het sediment in zeegras verschillende locaties .....	73

## Lijst van foto's

Foto 1	Schelpenproef bij Oostdijk, 16 april 2007.....	3
Foto 2	Aanleg van een plot met netbehandeling, Krabbenkreek Zuid, 21 juni 2007 .....	4
Foto 3	Rooien van zeegras op Viane West, 16 juni 2008 .....	5
Foto 4	Luchtfoto van werkzaamheden op de Dortsman Noord.....	6
Foto 5	Gebruik van grid om zeegrasoppervlaktes te schatten .....	13
Foto 6	Onames met RTK-DGPS op Roelshoek.....	14
Foto 7	Metten van hoogte van wadpieroepjes .....	16
Foto 8	Metten van hoogtes m.b.v. een RTK-DGPS in de kansrijke plots (hier op KN08).....	16
Foto 9	Nemen van porievocht monsters met behulp van spuitjes waaraan 'sippers' zijn bevestigd.....	17
Foto 10	Nemen van sediment monsters op verschillende dieptes in het zeegras van RH08.....	17
Foto 11	Typische 'ganzenkuil' - hier in de Krabbenkreek, september 2008.....	25
Foto 12	Uitzaaiing nr. 5 op Roelshoek, 2 september 2009 .....	40
Foto 13	Teruggroei van donorpopulatie op Viane West.....	76

## Lijst van afkortingen

ANOVA	Analysis of Variance
Bft	Beaufort
BTL	Bureau voor Tuin- en Landschapsverzorging
DM	Dortsman Noord
DW	Dry Weight (Drooggewicht)
GPS	Global Positioning System
KN	Krabbenkreek Noord
KZ	Krabbenkreek Zuid
NAP	Normaal Amsterdam's Peil
NIOO	Nederlands Instituut voor Oecologisch Onderzoek
OM	Organisch materiaal
RH	Roelshoek
RIKZ	Rijksinstituut voor Kust en Zee
RTK-DGPS	Real Time Kinematic – Differentiaal GPS
RU	Radboud Universiteit Nijmegen
RWS	Rijkswaterstaat
Std	Standard deviation (=standaardafwijking)
TIC	Total Inorganic Carbon (totaal anorganisch koolstof)

# 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 4000-4600<sup>1</sup> m<sup>2</sup> 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.*, 2009), 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](http://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](http://www.zeegras.nl) van Rijkswaterstaat).

Bij de dijkwerkzaamheden wordt mitigatie<sup>2</sup> 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.

---

<sup>1</sup> Hiervan is 570 m<sup>2</sup> in 2007, 1030 m<sup>2</sup> in 2008, 400 m<sup>2</sup> in maart 2010 en 144 m<sup>2</sup> in juni 2010 getransplanteerd. Er resteert nog bijna 1400 m<sup>2</sup> dat getransplanteerd moet worden, voornamelijk op locaties Goesse Sas en Krabbenkreek Noord. Andere locaties zoals Oostdijk, Dortsman Noord en Zandkreek zijn in 2009 geïnspecteerd, maar daar was geen sprake van rooibare hoeveelheden in de werkstrook; deze locaties zullen in 2010-2012 opnieuw worden bekeken en beoordeeld.

<sup>2</sup> Onder mitigatie wordt verstaan het voorkomen of reduceren van de negatieve gevolgen van een ingreep.

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 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, Bos & van Katwijk 2007, Bos *et al.* 2007, van der Heide *et al.* 2007, 2008, van Katwijk *et al.*, 2009).

In de meeste gevallen wordt bij zeegrastransplantaties uitgegaan van losse scheuten, 'plugs' of sedimentvrije zoden (Fonseca *et al.* 1998, Paling *et al.* 2009), 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 (Phillips 1980, 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. Na de jaren 1980 gaan wadpieren in de Oosterschelde 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)<sup>3</sup>, en een anti-wadpierbehandeling vooraf op de mitigatielocaties werd daarom noodzakelijk geacht.

Een schelpenproef<sup>4</sup> werd uitgevoerd in april 2007 om te testen of een behandeling met schelpengruis succesvol zou zijn in het omlaag brengen van wadpieraantallen. Deze proef werd uitgevoerd door hoveniersbedrijf BTL uit Bruinisse, onder begeleiding van medewerkers van de RU (zie foto 1). Uit de resultaten bleek dat een laag schelpengruis van 7 cm dikte waarschijnlijk succesvol zou zijn in het omlaag brengen van de wadpierpopulatie tot acceptabele dichtheden (dwz <10-15 per vierkante meter).

<sup>3</sup> Vóór de aanleg van de Oosterscheldedekering was dit verband niet aanwezig (pers. obs. D.J. de Jong)

<sup>4</sup> 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.





Foto 1: Schelpenproef bij Oostdijk, 16 april 2007.

De eerste proef met transplantaties werd uitgevoerd van 4-22 juni 2007 door de firma BTL uit Bruinisse. Daarbij 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 en Tabel 1). Omdat de effectiviteit van een schelpenlaag op de lange termijn op dat moment nog niet bekend was, werden in de Krabbenkreek ook afbreekbare netten<sup>5</sup> geplaatst als antiwadpiermaatregel (foto 2). Naast voorbehandelingen met een schelpenlaag of net, werden een aantal onbehandelde controles ter vergelijking aangelegd.

De methode van aanplant is uitvoerig beschreven in de eindrapportage van Fase 2 van 22 maart 2008, "Zeegrasmusmitigaties Oosterschelde. Proeven met verplaatsen van klein zeegras *Zostera noltii* in de Oosterschelde: mitigatiemaatregel bij toekomstige dijkwerkzaamheden. ZLD – 6470. Eindrapportage, Herziene versie." Op Dortsman Noord zijn 12 plots aangelegd, waarvan 6 plots zijn behandeld met een schelpenlaag en 6 onbehandelde plots dienen als controles (zie figuur 2). Per behandeling zijn 3 plots aangelegd in een 'veilige' opstelling met 9 patches (van ieder 1,5 bij 1,5 m) en 3 plots in een 'kansrijke' opstelling met 5 patches (zie figuur 6). In Krabbenkreek Zuid zijn 24 plots aangelegd, waarvan 8 met een schelpenbehandeling, 8 met een netbehandeling en 8 controles zonder wadpierbehandeling (zie figuur 3). Per behandeling zijn 4 plots aangelegd in een 'veilige' opstelling en 4 plots in een 'kansrijke' opstelling.

<sup>5</sup> Behandelingen met netten zijn al vaker met succes toegepast, o.a. in Nederland, Duitsland en Denemarken; zie o.a. Hüttel, 1990; Volkenborn, 2005; Volkenborn et al., 2007; van Wesenbeeck et al., 2007.



Foto 2: Aanleg van een plot met netbehandeling, Krabbenkreek Zuid, 21 juni 2007.

N.b. het werken met afbreekbare netten is alleen uitgetoet in zes plots op KZ07

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). De resultaten en een analyse van deze metingen zijn weergegeven in de tussenrapportage voor Fase 3 van 4 december 2008. In 2009 zijn KZ07 en DM07 ook gemonitord, en de resultaten daarvan zijn verwerkt in dit eindverslag.

In december 2007 werd door een team bestaande uit Provincie, RWS, RU, NIOO en BTL een tweetal nieuwe locaties – Roelshoek (Zuid Beveland) en Krabbenkreek Noord (St. Philipsland) bezocht om te toetsen of deze geschikt waren als mitigatielocatie. Na goedkeuring werden deze toegevoegd aan Krabbenkreek Zuid en Dortsman Noord als mitigatielocaties voor zeegrastransplantaties in 2008 (Figuur 1). Op 8-9 mei 2008 werden locaties Goesse Sas, Viane Oost en Viane West bezocht om geschiktheid als donorlocatie voor 2008 te toetsen. Alle drie werden geschikt gevonden, maar uiteindelijk werd uit praktische overweging besloten alleen Viane Oost en Viane West te gebruiken (Figuur 1).

De aanplantwerkzaamheden in 2008 zijn uitgevoerd van 27 mei tot en met 24 juni, uitgaande van donormateriaal van Viane Oost (27 mei – 16 juni) en Viane West (17 – 24 juni; zie foto 3). Volgorde van aanleg op de mitigatielocaties is: KN08, RH08, KZ08 en DM08 (zie Tabel 1; zie foto 4).



De methode van aanplant in 2008 is uitvoerig beschreven in de tussenrapportage voor Fase 4: 'Begeleiding Zeegrasmusmitigaties mei-juni 2008' van 25 augustus 2008. Per locatie zijn 112 zoden (252 m<sup>2</sup>) geplaatst in 16 plots (zie figuur 4), waarbij 8 plots zijn behandeld met een schelpenlaag en 8 onbehandelde plots dienen als controles. Tevens zijn per behandeling 4 plots aangelegd in een 'veilige' opstelling en 4 plots in een 'kansrijke' opstelling. Op de mitigatielocatie Krabbenkreek Noord zijn 8 additionele plots van 5 bij 5 meter (4x met schelpenbehandeling, 4 controle) aangelegd waarin losse planten zijn gepoot (225 per plot; zie figuur 5).

De zeegrasmusmitigaties zoals aangelegd in 2008 werden gedurende 2008 en 2009 gemonitord, en rapportage hiervan wordt beschreven in het Fase 5 verslag 'Monitoring van Zeegrasmusmitigaties uitgevoerd in 2008 gedurende 2008 en 2009' van 3 april 2010, plus in het huidig eindrapport.



*Foto 3: Rooien van zeegras op Viane West, 16 juni 2008. Plaggen werden vervoerd op een platte kar in kunststoffen kisten afgedekt met natte doeken.*



Foto 4: Luchtfoto van werkzaamheden op de Dortsman Noord

Luchtfoto van mitigatielocatie Dortsman Noord DM08 (17 juni 2008), genomen door Dhr. Ed Stikvoort (Provincie Zeeland) tijdens de jaarlijkse zeehondentellingen.

In 2009 zijn geen zeegrasplaggen verplaatst, maar zijn er wel monitoringen en een aantal aanvullende proeven uitgevoerd door medewerkers van de RU, om meer inzicht te krijgen in onderliggende mechanismen die bepalen waarom het zeegras wel of niet aanslaat op een bepaalde locatie.

Begin maart 2010 is begonnen met het transplanteren van zeegrasplaggen van donorlocatie Viane Oost naar Roelshoek, maar vanwege ongunstige omstandigheden op deze locatie is na één dag besloten de mitigatielocatie te verplaatsen naar Krabbenkreek Noord, waar op 4-16 maart transplantaties zijn uitgevoerd. Van 1-3 juni 2010 is zeegras vanuit de donorlocatie Krabbenkreek Noord naar KN10 getransplanteerd. De verdere bespreking van deze 2010 plots valt buiten dit eindverslag.

**Tabel 1 Datum werkzaamheden & oorsprong donormateriaal**

Mitigatielocatie	Afkorting	Periode van werkzaamheden	Donorlocatie
Dortsman Noord	DM07	4-8 juni 2007	Viane West
Krabbenkreek Zuid	KZ07	11-22 juni 2007	Viane West
Krabbenkreek Noord	KN08	27 mei – 2 juni 2008	Viane Oost
Roelshoek (Rattenkaai)	RH08	3 juni – 10 juni 2008	Viane Oost
Krabbenkreek Zuid	KZ08	11 – 17 juni 2008	Viane Oost (+ Viane West laatste dag)
Dortsman Noord	DM08	18 – 24 juni 2008	Viane West
Krabbenkreek Noord	KN10a	4-16 maart 2010	Viane Oost
Krabbenkreek Noord	KN10b	1-3 juni 2010	Krabbenkreek Noord

### 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. **Fase 1** tussenrapportage.
- Zeegrasmusmitigaties Oosterschelde. Proeven met verplaatsen van klein zeegras *Zostera noltii* in de Oosterschelde: mitigatiemaatregel bij toekomstige dijkwerkzaamheden. ZLD – 6470. **Fase 2** 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.
- **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.
- **Fase 5**: Ter afsluiting van Fase 5: monitoring gedurende 2008-2009 van de zeegrasmusmitigaties zoals uitgevoerd in 2008 op de mitigatielocaties Krabbenkreek Noord (KN08), Krabbenkreek Zuid (KZ08), Dortsman Noord (DM08) en Roelshoek (RH08). Doel van dit rapport was om aan de hand van de aanplant van 2008 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. Concept op 22 februari 2010; eindrapportage 3 april 2010.

Verder zijn er korte verslagen verschenen van werkbezoeken aan donorlocaties van:

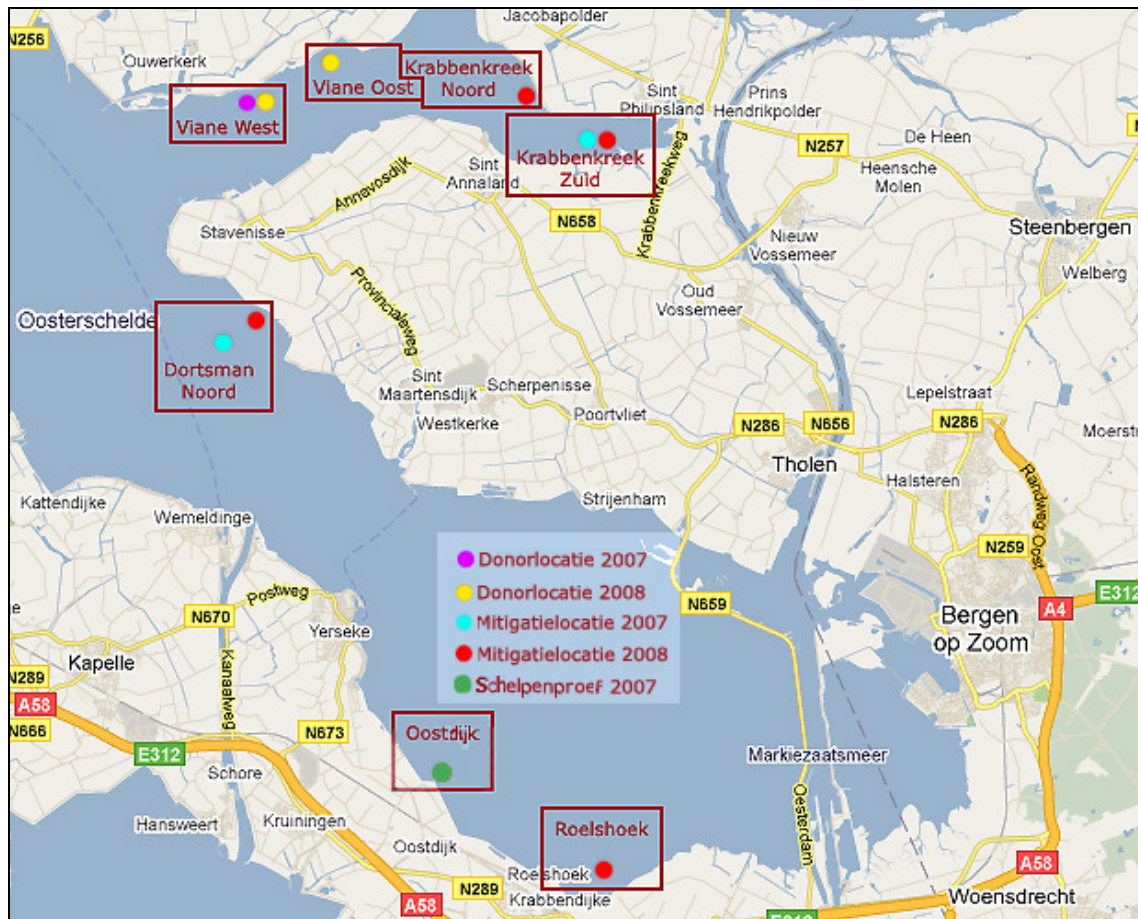
- 18 mei 2007,
- 8-9 mei 2008 en
- september 2009,

en van werkbezoeken aan mitigatielocaties op:

- 20-24 augustus 2007,
- 6 oktober 2007,
- 12-13 december 2007,
- 16 februari 2008,
- 9 mei 2008,
- 4-5 juni 2008,
- 25-28 augustus 2008,
- 25-26 september 2008,

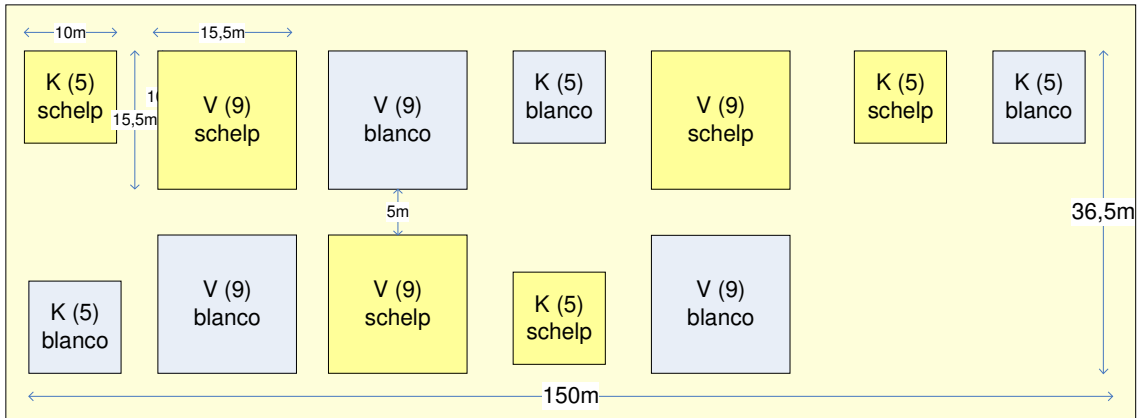


- 31 december 2008,
- 27-30 april 2009,
- 29 juni – 3 juli 2009,
- 6-9 augustus 2009,
- 31 augustus – 2 september 2009,
- 10-11 oktober 2009, en
- 27-29 november 2009.



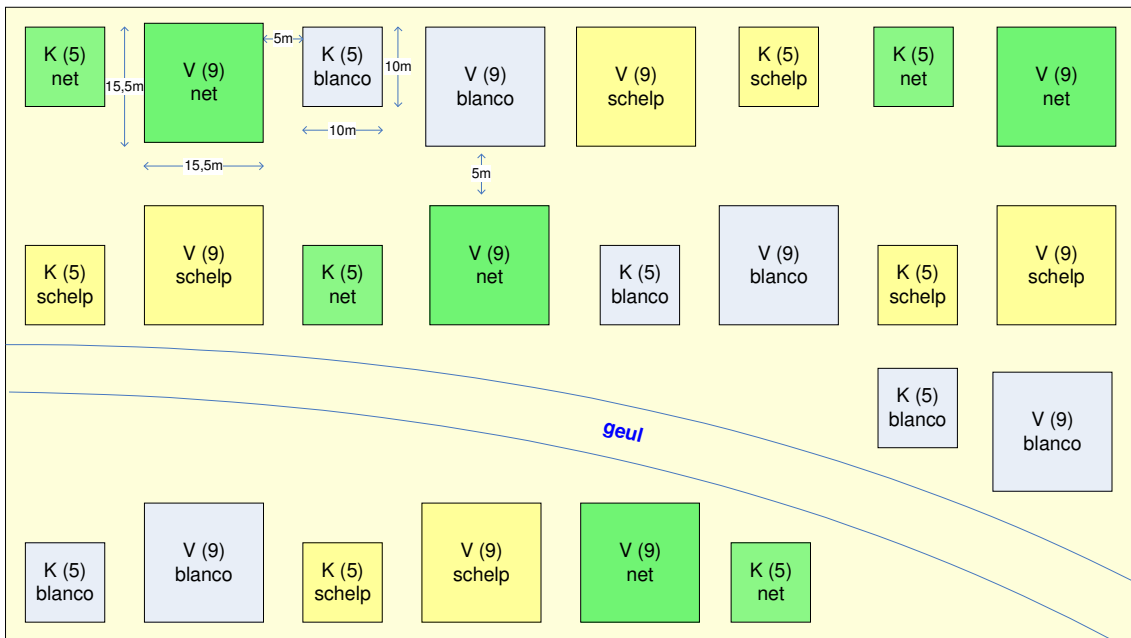
**Figuur 1 Oosterschelde: donor- en mitigatielocaties & locatie van de schelpenproef**

Bron: Google Earth



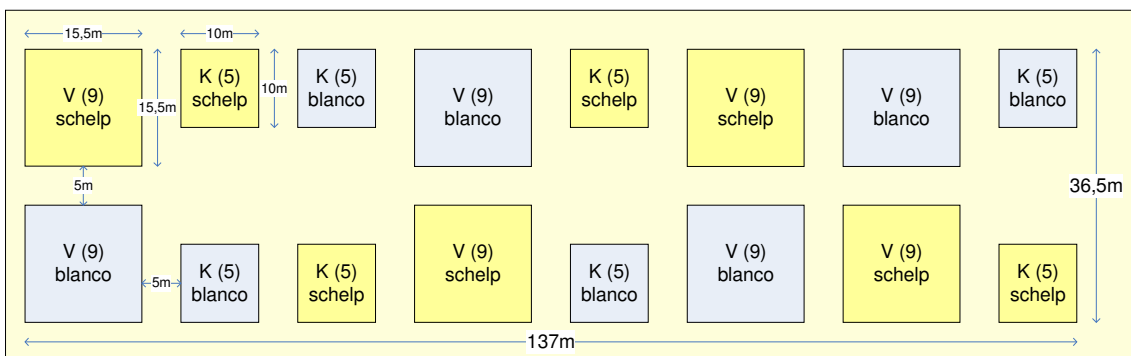
**Figuur 2 Indeling van de 12 plots op mitigatielocatie DM07**

In totaal 6 veilige plots en 6 kansrijke plots, en 6 schelpen plots en 6 onbehandelde plots.



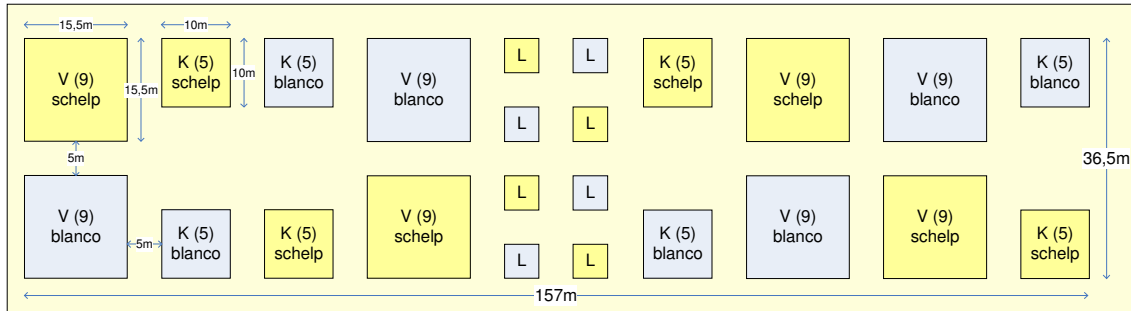
**Figuur 3 Indeling van de 24 plots op mitigatielocatie KZ07**

In totaal 12 veilige plots, 12 kansrijke plots, en 8 schelpen plots, 8 net plots en 8 onbehandelde plots.

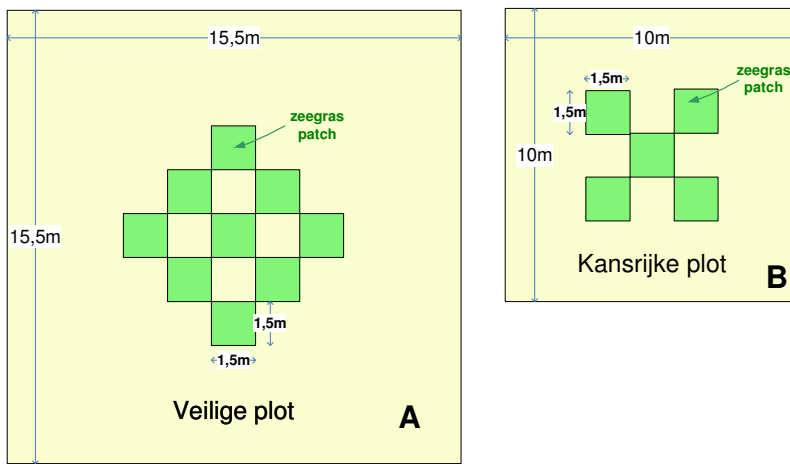


**Figuur 4 Indeling van de 16 plots op mitigatielocaties DM08, KZ08 en RH08**

In totaal 8 veilige plots en 8 kansrijke plot, en 8 schelpen plots en 8 onbehandelde plots.



**Figuur 5** Indeling van 24 plots op mitigatielocatie KN08, met losse planten (L)



**Figuur 6** Aanplant: A. veilige plot en B. kansrijke plot

## 1.4 Huidig rapport

De concept-eindrapportage, zoals vermeld in artikel 7 lid 3 van contract ZLD-6606, diende uiterlijk op 29 april 2010 te worden afgegeven. Omdat enige laboratoriumanalyses nog op zich lieten wachten is er uitstel verleend tot 25 juni 2010 door Projectbureau Zeeweringen (zie Overleg verslag van 7 april 2010). Het huidig rapport bevat een eindanalyse van alle zeegrasmusmitigaties uitgevoerd in 2007 en 2008, gedurende de monitoringsperiode 2007-2009. Daarnaast bevat dit de analyse van tissue contents (fase 5b; zie 3.1.11 en 3.1.12) en de analyse van de bodemonsters (fase 5c; zie 3.3.5).



## 2 Monitoring- en analysemethodiek

### 2.1 Basisparameters voor monitoring

Voor de nulmeting en monitoring werd in 2007 door RU medewerkers een formulier ontwikkeld dat voor beide kon worden gebruikt (zie fase 2 rapport van 22 maart 2008). 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. Ook bleken sommige metingen tijdens de nulmeting in juni 2007 niet mogelijk, zoals het tellen van het aantal scheuten per vierkante meter, epifyten, en het meten van het microreliëf. Deze zijn daarna wel tijdens de verdere monitoring meegenomen.

Om de monitoringsmethode te toetsen is op de Dortsman is een eerste 'proef' monitoring uitgevoerd op 16-19 juni 2007 waarbij vrijwel alle parameters werden gemeten behalve het noteren van bloeistadium van het zeegras en de mate van onderwater staan van de plaggen. Vervolgens is de eerste volledige monitoring uitgevoerd op 17 juli 2007. In de Krabbenkreek is géén proefmonitoring uitgevoerd, maar is gelijk met een volledige monitoring begonnen op 11 juli 2007. Tijdstippen van verdere monitoringen zijn weergegeven in Tabel 2.

Voor de nulmeting en monitoring van de zeegrasmusmitigaties van 2008 werd door RU medewerkers een formulier ontwikkeld dat voor beide kon worden gebruikt (zie Fase 3 rapport van 4 december 2008 en Annex 1 voor een voorbeeld) zodat de parameters per patch konden worden genoteerd. In 2008 is de monitoring uitgevoerd door andere RU medewerkers dan in 2007, en 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 3, en de methodologie wordt in dit hoofdstuk verder beschreven. Monitoringsronden waarbij volledige metingen zijn verricht (gebruik makend van het formulier zoals in Annex 1), zijn uitgevoerd zoals aangegeven in Tabel 2). Naast deze volledige monitoringen zijn korte werkbezoeken uitgevoerd door RU medewerkers (zie 1.3)

Monitoringen zijn uitgevoerd in juni, juli, augustus, september en november 2007 (onder contract ZLD-6470), juni, juli, augustus, september, oktober en november 2008, en mei, juli, augustus, september, oktober en november 2009 (onder contract ZLD-6606).

De monitoringsgegevens zijn in eerste instantie op de papieren formulieren genoteerd (Annex 1), of in het geval van de kartering, tijdelijk opgeslagen in de RTK-DGPS. Vervolgens zijn alle gegevens opgenomen in een Microsoft Office Excel 2003 SP3 database, later in een Microsoft Office Access 2003 database.

Tabel 2 Datums van uitgevoerde monitoring

Tijdstip	Beginnend op	Eindigend op	Type monitoring
0	8 juni 2007	23 juni 2007	Nulmeting 2007
1	11 juli 2007	17 juli 2007	1 <sup>e</sup> monitoring 2007
2	20 augustus 2007	24 augustus 2007	2 <sup>e</sup> monitoring 2007
3	11 september 2007	12 september 2007	3 <sup>e</sup> monitoring 2007
4	13 november 2007	14 november 2007	4 <sup>e</sup> monitoring 2007
0	26 mei 2008	5 juli 2009	Nulmeting 2008
1	6 juli 2008	30 juli 2008	1 <sup>e</sup> monitoring 2008
2	25 augustus 2008	6 september 2008	2 <sup>e</sup> monitoring 2008
3	22 september 2008	7 oktober 2008	3 <sup>e</sup> monitoring 2008
4	3 november 2008	6 november 2008	4 <sup>e</sup> monitoring 2008
5	2 december 2008	3 december 2008	5 <sup>e</sup> monitoring 2008
6	25 mei 2009	29 mei 2009	1 <sup>e</sup> monitoring 2009
7	29 juni 2009	2 juli 2009	2 <sup>e</sup> monitoring 2009
8	3 augustus 2009	6 augustus 2009	3 <sup>e</sup> monitoring 2009
9	31 augustus 2009	2 september 2009	4 <sup>e</sup> monitoring 2009
10	5 oktober 2009	7 oktober 2009	5 <sup>e</sup> monitoring 2009
11	27 november 2009	29 november 2009	6 <sup>e</sup> monitoring 2009 <sup>6</sup>

### Zeegras:

- Oppervlakte schatten m.b.v. een grid: in de loop van 2008 bleek dat in veel plots van de in 2007 aangelegde locaties de patches niet als zodanig meer te herkennen waren, en daarom werd besloten oppervlakte van het zeegras in te schatten m.b.v. een raamwerk van 40 bij 40 cm (grid; zie foto 5); uitgevoerd in alle monitoringsronden in 2008, en 2009 op RH08.
- Kartering met behulp van een RTK-DGPS (foto's 6a-6f). Zeegras is in detail in kaart gebracht met behulp van een *Real Time Kinematic Differential Global Positioning System*. Met een RTK-DGPS kunnen kaarten worden gemaakt met een nauwkeurigheid van enkele centimeters (x- en y-as). Dit is tweemaal uitgevoerd in 2008 en driemaal in 2009.
- Schatting van bedekkingspercentage. Dit werd uitgevoerd in alle monitoringsronden in 2008-2009, en werd geschat per patch of plag (halve patch). Tevens werd in 2008 en 2009 de relatie bedekkingspercentage en aantal scheuten per m<sup>2</sup> bepaald per locatie en in de loop van de tijd (zie beneden).
- Telling van scheuten: in 2009 bleek dat op de meeste mitigatielocaties het aantal scheuten laag was en oorspronkelijke patches veelal slecht terug te zien waren, en zodoende werd besloten over te gaan op een directe telling van het aantal scheuten per plot. Uitzondering was RH08, waar de bedekking met zeegras hoog was in 2009 en de methode van 2008 werd gecontinueerd.

<sup>6</sup> Bepaalde monitoring: alleen zeegrasscheuten per plot.

- Schatting van het aantal bloeiende scheuten & bloeistadium: uitgevoerd in alle monitoringsronden.
- Schatting van % zwarte/bruine bladeren: alleen uitgevoerd bij nulmetingen.
- Tissue monsters. Rhizomen zijn geoogst om zetmeelgehaltes te bepalen, en bladeren zijn geoogst om C en N gehalten te bepalen. Dit is tweemaal in 2009 gebeurd: in het voorjaar en in het najaar, om de seizoenseffecten te toetsen.



Foto 5: Gebruik van grid om zeegrasoppervlaktes te schatten



Foto 6: Opnames met RTK-DGPS op Roelshoek – 6a (links) de opstelling met antenne, 6b (rechts) de meter

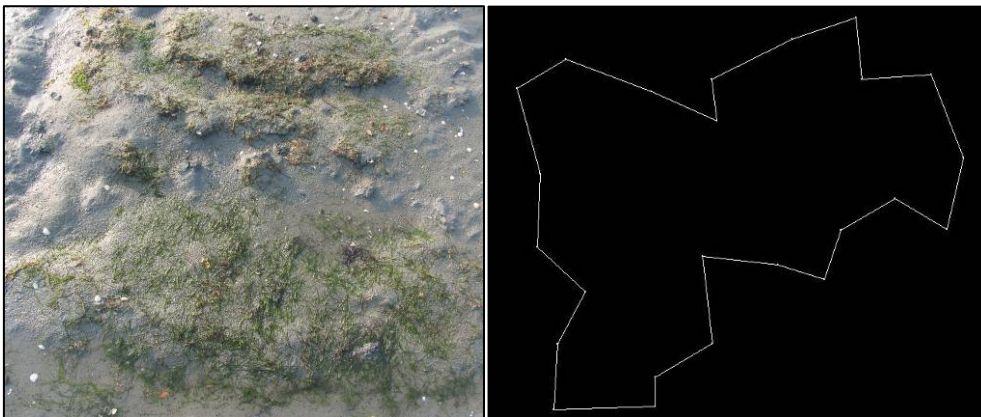


Foto 6c (links) een patch (2 pluggen) en 6d (rechts) ingemeten patch in RTK-DGPS

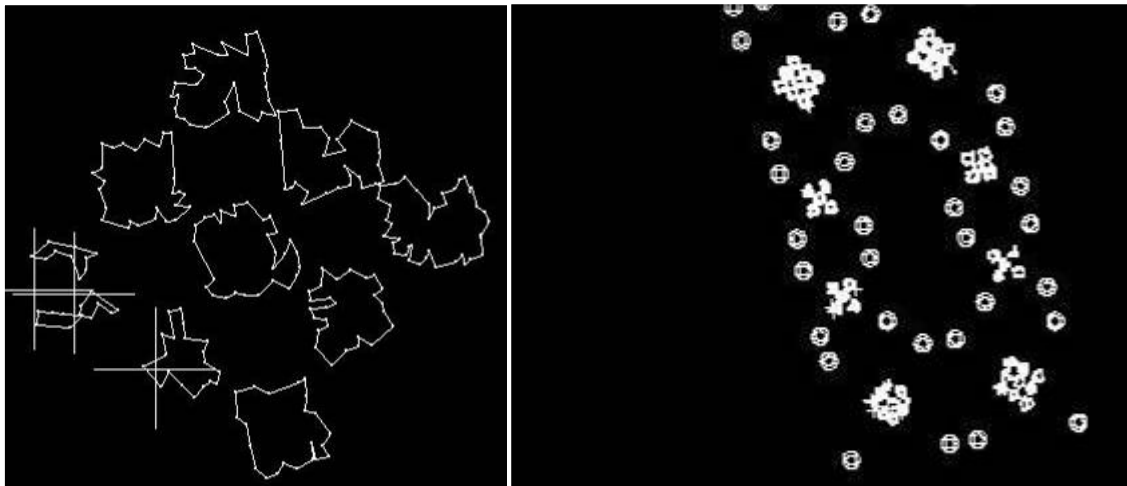


Foto 6e (links) een ingemeten veilige plot (9 patches) en 2 f (rechts) 8 ingemeten plots en hoekpalen



**Substraat:**

- Schatting bedekkingspercentage schelpen. Dit werd uitgevoerd in alle monitoringsronden in 2007, 2008 en 2009; bij iedere monitoring werd een schatting per plot gemaakt.
- In 2007 en 2008 werd genoteerd of een patch wel/niet droogvallend was; in 2009 werd het percentage bedekking met water op het tijdstip van de monitoring genoteerd in categorieën 0-25%, 25-50%, 50-75% en 75-100%.
- Wadpierreliëf (=het verschil in hoogte tussen wadpieroepje en zichtbare inzuigtrechter diepte) werd gemeten met behulp van een waterpas en meetlat (foto 7). Per plot werd het hoogteverschil (mm) van 1 hoop/kuil paar buiten het zeegras en zoveel als er patches gemeten zijn binnen het zeegras gemeten.
- Microreliëf werd gemeten met behulp van een RTK-DGPS (dezelfde als bij het inmeten van zeegras; zie boven). Eind april 2009 werd op KZ07, DM07, KN08, KZ08, DM08 en RH08 van alle kansrijke plots (d.w.z. 8 plots per mitigatielocatie) gedetailleerde hoogtemetingen uitgevoerd om het microreliëf in beeld te brengen (foto 8). Per plot werd 1000+ punten gemeten, en deze zijn later uitgewerkt tot een hoogtekaart van iedere kansrijke plot.
- Bij iedere monitoring waarbij gebruik werd gemaakt van de RTK-DGPS is ook de hoogte (z-as) ingemeten van het zeegras.
- Poriewater monsters. Porievocht werd bemonsterd 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; foto 9). Door het vacuüm wordt poriewater langzaam naar binnen gezogen. Gemiddeld is er op deze manier 30 ml porievocht per monstername verzameld. Per monsterpunt zijn twee monsters gepooled. In augustus-september 2008 zijn monsters genomen in vier plots per mitigatielocatie (alle mitigatielocaties) en in een aantal natuurlijke zeegrasvelden (Krabbenkreek Noord, Viane Oost, Viane West, Goesse Sas, Oostdijk, Zandkreek, Slikken van Kats, Slikken van Dortsman Zuid/het Gemaal). In augustus-september 2009 zijn alleen RH08 (uitgebreid) en de 2007 plots bemonsterd. Per plot is er een monster genomen (net) buiten de plot, in het zeegras, en buiten het zeegras maar in de plot (voor zowel controle als schelpenplot). Daarnaast zijn er in april 2009 ook poriewatermonsters genomen op de locatie KZ07 en KZ08 (ad A van extra contract); in totaal zijn er 16 monsterpunten genomen, met per punt twee gepoolde monsters van ieder 30 ml. Watermonsters zijn koel bewaard tot de eerste analyse (binnen 6 uur) waarna ze vervolgens zijn overgeheveld en ingevroren in monsterpotjes voor verdere analyse. 1 ml monster werd koel bewaard en hiervan werd binnen twee weken het totaal anorganische koolstof bepaald.
- Sedimentmonsters. Monsters zijn genomen met behulp van een spuit op 0-1cm diepte en van 2-5cm diepte, op alle mitigatielocaties in juni-juli 2008, augustus-begin september 2008, en augustus-september 2009 (foto 10). Per locatie zijn vier controle en vier schelpenplots bemonsterd. Per plot zijn monsters genomen (net) buiten de plot, in het zeegras, en buiten het zeegras maar in de plot (voor zowel controle als schelpenplot). Op de zes mitigatielocaties en op drie natuurlijke locaties is tevens sediment verzameld voor een OM (%C) analyse van de bodem. Er is sediment verzameld binnen het zeegras, buiten het zeegras in de plot (schelpen- en controlebehandeling), en buiten de plots. Sedimentmonsters zijn op diepte gescheiden in plastic zakjes en ingevroren tot aan de analyse.
- Diepte van de behandelingslaag of andere ondoordringbare lagen: 1 keer aan het einde van het seizoen gemeten in 2008 (monitoring 3) en alle keren in 2009.



Foto 7: Meten van hoogte van wadpierhoopjes



Foto 8: Meten van hoogtes m.b.v. een RTK-DGPS in de kansrijke plots (hier op KN08)





Foto 9: Nemen van porievochtmonsters met behulp van spuitten waaraan 'sippers' zijn bevestigd, hier in het zeegras van RH08, 2 sept. 2009



Foto 10: Nemen van sedimentmonsters op verschillende dieptes in het zeegras van RH08, 2 sept. 2009

**Overige biologische factoren:**

- Aantal volwassen en juveniele wadpierhoopjes per m<sup>2</sup>. Het aantal volwassen en juveniele wadpieren is per plot geteld binnen een grid van 35 bij 35 cm buiten het zeegras en zoveel keer als er patches gemeten zijn binnen het zeegras. Juvenile zijn van volwassen wadpierhoopjes te onderscheiden door hun geringe diameter (slierten < 2mm doorsnede). Het aantal wadpierhoopjes is gebruikt als een maat voor wadpieraantallen; volgens Farke en Berghuis (1979) en Flach en Beukema (1994) leidt dit tot een gemiddelde onderschatting van werkelijke aantallen met 6%. <N.b. waar in de tekst wadpieraantallen staat, gaat het in feite om wadpierhoopjes.>
- Bedekkingspercentage en soortensamenstelling macroalgen. Het bedekkingspercentage werd geschat per plot, waarbij ook de algensoorten werden genoteerd. Algen zijn niet meegenomen als parameter in de plagen tijdens de nulmetingen in juni 2007 en juni 2008 (omdat ze waren verwijderd), maar wel buiten de plot gemeten.
- Aantal wadslakjes/m<sup>2</sup>: 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/m<sup>2</sup>: het aantal alikruiken werd geteld per patch.
- Aantal (strand-)krabben/m<sup>2</sup>: aantal per patch genoteerd.
- Epifytenbedekkingspercentage: hierbij werd het gemiddelde bedekkingspercentage geschat van vier meegenomen zeegrasscheuten.
- Ganzenkuilen. In oktober 2008 werd voor het eerst het totale aantal kuilen genoteerd per plot voor KN08, DM08 en RH08. In 2009 werd dit standaard meegenomen in de monitoring. In november 2009 zijn ganzenkuilen ingemeten met behulp van een RTK-DGPS.

**Tabel 3 Parameters voor monitoring 2007-2009**

Parameter	Methode	Nulmeting 2007	Monitoring 2007	Nulmeting 2008	Monitoring 2008-09
<b>Algemeen</b>	Fotografisch vastleggen van patch/plot	+	+	+	+
<b>Zeegras</b>	Schatting van bedekkingspercentage	+	+	+	+(2008)
	Schatting van uitbreiding		+		+
	Schatting van het aantal bloeiende scheuten & bloeistadium		+	+	+
	Schatting van % zwarte/bruine bladeren	+	+	+	±
	Oppervlakte inschatten m.b.v. grid		+		+
	Karteren m.b.v., RTK-DGPS			±	+
	Tissue monsters: blad en rhizomen				+
<b>Substraat*</b>	Schatting % bedekking schelpen	+	+	+	+
	Waterbedekkings%	+	+	+	+
	Hoogte wadpierhoopjes (gem. van adulte, cm)		+	±	+
	Microreliëf m.b.v. RTK-DGPS				+
	Poriewater monsters		+		+
	Sedimentmonsters		+		+
	Diepte van behandelingslaag				+

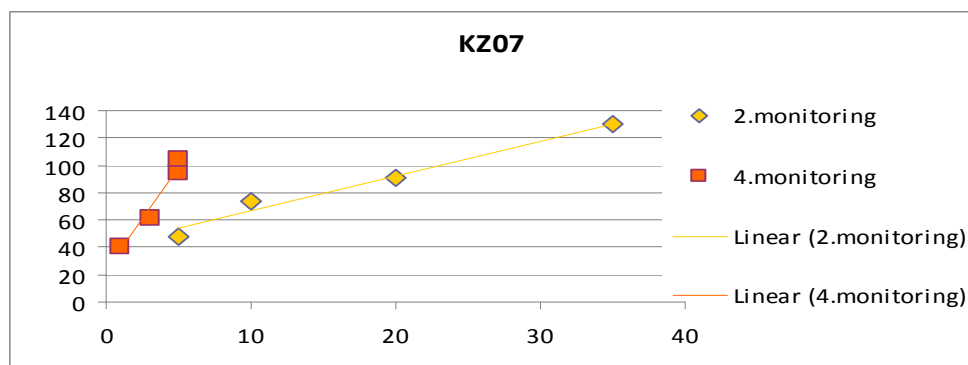
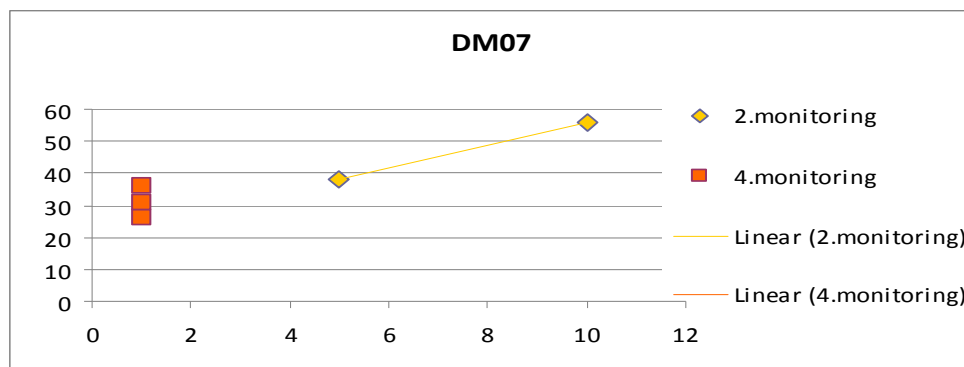


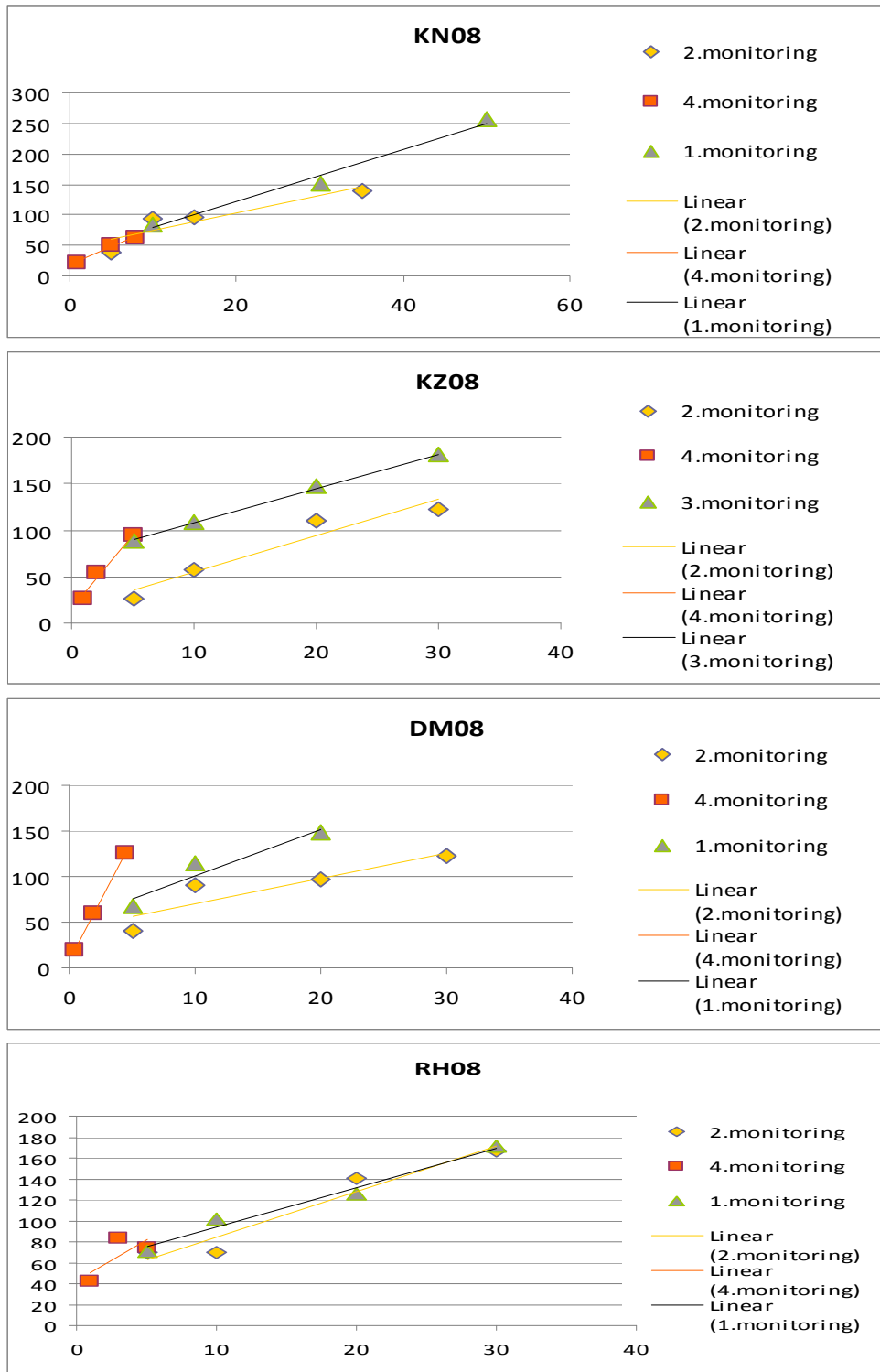
Parameter	Methode	Nulmeting 2007	Monitoring 2007	Nulmeting 2008	Monitoring 2008-09
<b>Overige biologische factoren*</b>	Aantal wadpieren/m <sup>2</sup> (volwassen) (wadpierhoopjes)	+	+	+	+
	Aantal wadpieren/m <sup>2</sup> (juvenile) (wadpierhoopjes)			±	+
	Bedekkings% macroalgen + soorten		+		+
	Aantal wadslakjes/m <sup>2</sup>	+	+	+	+
	Aantal alikruiken/m <sup>2</sup>	+	+	+	+
	Aantal (strand-)krabben/m <sup>2</sup>	+	+	±	+
	Epifyten bedekkings% (gem. 4 scheut)		+		+
	Ganzenkuilen				+

## 2.2 Analyses van monsters

### Omzetten van bedekkingspercentages

Om bedekkingspercentages zeegras per patch à 2.25 m<sup>2</sup> (zoals geschat in 2007) te kunnen omzetten in aantal scheuten per vierkante meter is per mitigatielocatie in 2008 de relatie tussen beide bepaald tijdens de 1<sup>e</sup>, 2<sup>e</sup> en 4<sup>e</sup> monitoringsronden (figuur 5a – 5f). In 2009 waren op alle locaties (behalve RH08) de bedekkingen laag en zijn scheutaantallen direct geteld (dwz er is toen geen gebruik gemaakt van deze correlaties). Op RH08 zijn in 2009 de bedekkingen (dm<sup>2</sup>/plot) direct omgezet in aantal scheuten (per plot).





**Figuur 7 Relatie tussen bedekkingspercentage en # scheuten/m<sup>2</sup>**

Deze relaties zijn per mitigatielocatie bepaald: 5a=DM07, 5b=KZ07, 5c=KN08, 5d=KZ08, 5e=DM08 en 5f=RH08.

### 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](http://www.malvern.co.uk)). Naast bepaling van het percentage sediment binnen een bepaalde sedimentklasse, zijn ook de 10%, 50% en 90% percentielen berekend; bij een percentiel van 10% (i.e. de D10) heeft 10% van het sediment een korrelgrootte, die kleiner is dan de aangegeven diameter (in  $\mu\text{m}$ ). De monsters zijn eerst gevriesdroogd, en daarna gezeefd om grove delen ( $>1\text{mm}$ ) zoals stukjes schelp en wortels eruit te halen. Per monster is uiteindelijk een paar gram sediment gebruikt voor de analyse met de Malvern. D50 is alleen berekend over de zandfractie. Zandfracties veranderen namelijk niet zo snel en geven een realistischer beeld van de hydrodynamische toestand van een locatie, dan wanneer de D50 berekend wordt over het totale sedimentmonster. Immers, dan is de D50 sterk gecorreleerd met de hoeveelheid silt  $<63\ \mu\text{m}$ .
- Organisch materiaalgehalte (OM of %C). Op de zes mitigatielocaties en op drie natuurlijke locaties is sediment verzameld voor een OM (%C) analyse van de bodem. Er is sediment verzameld binnen het zeegras, buiten het zeegras in de plot (schelpen- en controlebehandeling), en buiten de plots. Dit sediment is gevriesdroogd ( $-20^\circ\text{C}$ ), fijngemalen en gehomogeniseerd met een mortier. Het sediment is afgewogen in zilveren cupjes en vervolgens geanalyseerd op de Carlo Erba elementanalyser (NA-1500) van het NIOO.

### 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 pH, redoxpotentiaal en saliniteit. Alkaliniteit werd middels titratie bepaald.

- pH is direct gemeten m.b.v. een pH-meter.
- Alkaliniteit: Gemeten binnen 24 uur. 10 ml porievocht aangebracht in een 25 ml bekeerglas. 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: Sulfide is gemeten met een sulfide elektrode. M.b.v. een sulfide antioxidant buffer (pH14) wordt alle sulfide omgezet naar  $\text{S}^{2-}$ , wat vervolgens m.b.v. een ion-specifieke zilver-sulfide elektrode wordt gemeten.
- Redoxpotentiaal: Wordt direct gemeten in een anaëroob gehouden monster m.b.v. een platina elektrode.
- Saliniteit: Dit wordt gemeten aan de hand van de geleidingscoëfficiënt van het water.

Metingen aan het poriewater uitgevoerd in het NIOO laboratorium: ammonium en orthofosfaat en nitraat.

- Ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ): spectrofotometrisch gemeten met behulp van hypochloriet (gebaseerd op reactie van Berthelot) op een QuAAtro analysesysteem. De oplossing kleurt groen wanneer ammonium aanwezig is in de oplossing, en kleurintensiteit is een maat voor het ammoniumgehalte.

- Orthofosfaat ( $\text{o-PO}_4^{3+}$ ): spectrofotometrisch gemeten met behulp van ammoniummolybdaat op een QuAatro analysesysteem. De oplossing kleurt blauw wanneer orthofosfaat aanwezig is in de oplossing, en kleurintensiteit is een maat voor het orthofosfaatgehalte.
- Nitraat ( $\text{NO}_3^-$ ): gebufferd en gereduceerd monster wordt spectrofotometrisch gemeten met behulp van  $\alpha$ -naphthyleendiaminedihydrochloride. De oplossing kleurt rood wanneer nitraat aanwezig is in de oplossing, en kleurintensiteit is een maat voor het nitraatgehalte. Nitraat ( $\text{NO}_3^-$ ) is niet gemeten en wordt verondersteld 0 te zijn indien monsters (ruikbaar) sulfide bevatten; sulfide wordt alleen gevormd (uit sulfaat) als de meer gunstige electronenacceptoren (zuurstof en vervolgens nitraat) zijn verbruikt.

Metingen aan het poriewater uitgevoerd in het RU laboratorium: Totaal anorganisch koolstof (TIC), Natrium, Kalium, Chloride en overige elementen (ICP).

- TIC: absorptie gemeten op ABB Advance Optima Infrared Gas Analyzer (IRGA). Anorganisch koolstof komt vrij door aanzuring van het monster, waarna het door stikstofgas door de IRGA wordt geleid. De mate van verandering van absorptie van een infrarode licht is een maat voor het totale anorganisch koolstof in het monster.
- Natrium, kalium en chloride: Vlamfotometrisch (Na, Ka) en colorimetrisch (Cl) gemeten met Bran&Luebbe autoanalyser III.

### Analyse van tissue monsters

Zetmeelgehaltenes in de rhizomen (wortelstokken) van *Zostera noltii* zijn geanalyseerd. Hiervoor zijn rhizomen geoogst op verschillende locaties (natuurlijke populaties en mitigatielocaties) vóór het groeiseizoen, na de winter (april) en aan het einde van het groeiseizoen, vóór de winter (november). Vers plantenmateriaal is opgesplitst, ingevroren en gevriesdroogd. De analyses zijn gebaseerd op een protocol van Yemm en Folkes (1954); hierbij wordt zetmeel onttrokken m.b.v. natronloog en gekookt en aangekleurd met een anthron reagens en spectrofotometrisch gemeten bij 640 nm.

Op twee tijdstippen in 2009 (april en november) zijn zeegrasbladeren gemonsterd op zowel mitigatielocaties als natuurlijke populaties. Vers bladmateriaal is gedroogd in een stoof (24u, 70°C) en vervolgens fijn gemalen tot poeder met een Retsch mixer mill MM301. Fosfor (P) analyse kon niet plaatsvinden omdat minimaal 50 mg droog planten materiaal nodig is.

## 2.3 Statistische analyse

Waar relevant, zijn standaardafwijkingen (std) bepaald met behulp van het standaardprogramma binnen Microsoft Office 2003 Excel. Bij een normaal verdeelde dataset werd in een aantal gevallen (bijv. bij sediment korrelgrootteanalyse) verdere toetsing uitgevoerd met een Analysis of Variance (ANOVA) om te testen of er significante verschillen bestonden in de dataset.

## 3 Resultaten & discussie van de monitoring

### 3.1 Ontwikkeling van het zeegras

In 2007 en 2008 zijn bedekkingspercentages van het zeegras geschat per patch, omdat in vrijwel alle gevallen de patches duidelijk zichtbaar bleven gedurende het jaar. Per mitigatielocatie is tevens de correlatie berekend tussen bedekkingspercentage en aantal scheuten per vierkante meter op een aantal tijdstippen in het groeiseizoen.

In 2009 is besloten het totale aantal scheuten per plot te monitoren in plaats van bedekkingspercentages per patch, omdat de afzonderlijke patches niet meer goed te herkennen of waren. Bovendien waren de scheutdichtheden heel laag op alle locaties behalve RH08. Om een vergelijking mogelijk te maken zijn de bedekkingspercentages van 2007 en 2008 omgezet in aantal scheuten per plot, gebruik makend van de correlaties bepaald in 2007 en 2008 (zie figuren 5a-5d voor de 2008-relatie). Voor de veilige plots is een omrekeningsfactor  $\times 5/9$  gebruikt om te corrigeren voor verschillen in aantal patches bij aanleg.

#### 3.1.1 Algemeen beeld zeegrasbedekking

##### **Ontwikkeling in 2007**

Op de Slikken van Dortsman Noord en in de Krabbenkreek Zuid zijn de meeste plaggen goed aangeslagen in het eerste groeiseizoen na de transplantatie vanaf de donorlocatie Viane West in juni 2007. 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 2007 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% (KZ07) en 25,9% (DM07). In de Krabbenkreek hebben de plaggen in de late zomer last van overwoekering door macroalgen.

In de meeste plaggen komt het zeegras in het najaar 2007 nog met lage dichtheden voor over een grote oppervlakte, en er is sprake van een flinke uitbreiding tussen en buiten de plaggen. Begin december 2007 is het zeegras op beide locaties bovengronds grotendeels verdwenen, en wat nog resteert is een bedekking met bruine zeegrasbladeren dat varieert van <1% (zelden nul), tot maximaal 1%. Door deze sterke afname zijn de patches niet langer goed te herkennen. 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. Hoogteverschillen tussen plaggen en omliggende slik zijn grotendeels opgeheven.

### **Ontwikkeling in 2008**

Het donormateriaal dat in 2008 werd gebruikt had gemiddeld een lager bedekkingspercentage dan dat van 2007 (respectievelijk 11.3 % en 30.4 %). Dit verschil heeft twee oorzaken. Ten eerste, ongeveer driekwart van het donormateriaal kwam in 2008 van donorlocatie Viane Oost, dat van nature een lager bedekkingspercentage heeft dan Viane West, dat in 2007 uitsluitend werd gebruikt. Ten tweede, in het voorjaar van 2008 kwam de groei van het zeegras pas laat op gang, zowel in de natuurlijke populaties als in de mitigatielocaties van 2007. Een lange, strenge winter en relatief koud voorjaar kan hieraan ten grondslag hebben gelegen (zie kort verslag van 7 juni 2008).

Mitigatielocaties DM08 en KZ08 doen het direct vanaf de transplantatie in juni 2008 relatief slecht. Op DM08 blijven de bedekkingspercentages laag (1-2%, maximaal 5%) en zien de planten er ongezond (klein, veel bruine bladeren) uit, zelfs in augustus wanneer de groei elders een maximum bereikt. KZ08 doet het iets beter dan DM08, maar relatief veel slechter dan de natuurlijke populaties en de overige twee mitigatielocaties. KN08 en RH08 doen het beide goed in 2008, met gezond ogende planten en bedekkingspercentages die in augustus toenemen naar 10-30% (soms >50%), en op RH08 in september zelfs naar gemiddeld 30-40%, waarbij vaak 60-80% bereikt wordt. DM07 doet het slecht, met maar lage bedekkingen, maar van KZ07 doen een aantal plots (5-6) het goed, met relatief hoge bedekkingen (25-50%). Bloeipercentages zijn in 2008 overal laag (1-2%) vergeleken met de natuurlijke populaties (vaak >10%). Foeragerende vogels (vooral rotganzen) zijn eind september 2008 actief op DM08, KZ07 en KZ08, en in oktober ook op KN08 en RH08, en laten sporen achter in de vorm van ondiepe kuilen waarin het zeegras is verdwenen. In het najaar 2008 wordt het reliëf van KN08 erg grillig, ten gevolge van een aantal stormachtige dagen.

De winter van 2008-2009 is relatief streng, en zowel eind december 2008 als in januari 2009 is er sprake van veel ijs op de slikken, inclusief op alle mitigatielocaties. Door ijsgang op Roelshoek gaan ongeveer eenderde van de markeringspalen verloren; deze zijn later in het jaar vervangen.

### **Ontwikkeling in 2009**

Aantallen scheuten zijn in het voorjaar (eind april 2009) nog laag, en opvallend is dat deze op KN08 hoger zijn dan op RH08, en veel hoger dan op KZ07, KZ08, DM07 en DM08. Eind juni was dit beeld flink veranderd, want op KN08 was er amper sprake van toename sinds eind april, terwijl de plots van Roelshoek een enorme inhaalslag lijken te maken. De overige mitigatielocaties blijven achter.

In de zomer van 2009 blijft deze trend doorzetten, en terwijl het zeegras op RH08 flink toeneemt in oppervlakte en dichtheid blijven de overige drie mitigatielocaties van 2008 ver achter. Patches zijn op de meeste locaties niet meer goed te herkennen, en bij de monitoring wordt gebruik gemaakt van tellingen van scheuten in plaats van dichtheden. 2009 lijkt een uitstekend jaar te zijn voor zeegrasgroei en de natuurlijke populaties (bijv.



Krabbenkreek Noord, Dortsman Noord, Gemaal St. Maartensdijk, Goesse Sas, Zandkreek) doen het goed, op een enkele uitzondering na<sup>7</sup>. Bedekkingspercentages in deze natuurlijke populaties zijn hoog, en de planten zien er gezond uit. De groei van het zeegras op RH08 lijkt op dat van de natuurlijke populaties, maar de overige mitigatielocaties (zowel in 2007 als 2008 aangeplant) blijven in alle opzichten ver achter. De plots met losse planten op KN08 doen het allemaal slecht, en in de meeste plots is het zeegras verdwenen.

Eind augustus/begin september 2009 is er op RH08 duidelijk sprake van uitbreiding buiten de plots. 21 plukken zeegras (sommige vele dm<sup>2</sup>, enkele tot m<sup>2</sup> groot) worden gevonden op afstanden van 5-200 meter vanaf de plots, in verschillende richtingen, en er lijkt sprake te zijn van spontane kolonisatie vanuit de aangelegde plots. Een natuurlijke populatie ligt op meer dan 750m afstand en lijkt onwaarschijnlijk als mogelijke bron, ook gezien de spreiding van deze koloniaties.

In het najaar worden alle mitigatielocaties bezocht door foeragerende vogels (vooral rotganzen, maar ook bergeenden), die hiervan sporen achterlaten (ondiepe kuilen waarin het zeegras verdwenen is; foto 11).



Foto 11: Typische 'ganzenkuil' - hier in de Krabbenkreek, september 2008.

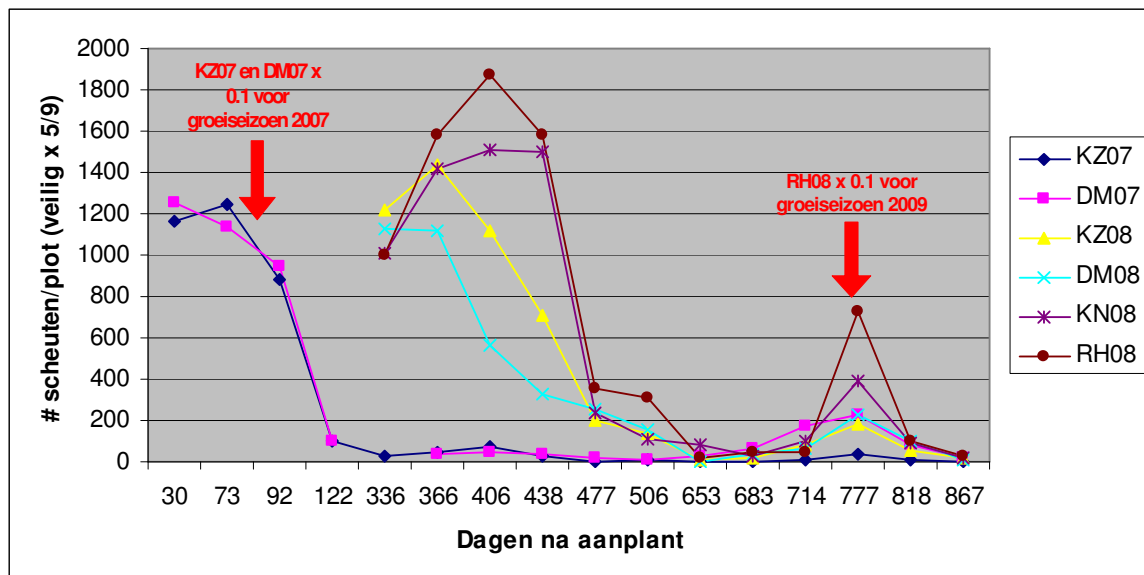
<sup>7</sup> Een uitzondering is de zuidelijke natuurlijke populatie van Krabbenkreek Noord. In juni 2008 was deze erg florissant, met een gemiddelde zeegrasbedekking van meer dan 60%. In september 2008 werd het bezocht door foeragerende rotganzen en daalden de bedekking tot minder dan 1-2%. In 2009 en begin 2010 (waarneming 3 juni 2010) is de bedekking laag gebleven en gemiddeld niet meer boven de 1-2% ( plaatselijk 5%) uitgekomen.

### 3.1.2 Zeegrasonwikkeling in relatie tot locatie en hoogteligging

Het gemiddelde aantal zeegrasscheuten per plot is in Figuur 8 weergegeven voor de zes mitigatielocaties. In 2007 doen zowel KZ07 als DM07 het aanvankelijk goed, al vindt er vanaf het begin een afname plaats van het gemiddeld aantal scheuten per plot. In 2008 doen beide locaties het slecht, op een paar plots op KZ07 na. In 2008 doen RH08 en KN08 het beide beter dan de overige twee 2008 locaties (KZ08 en DM08), en RH08 het aanvankelijk iets beter dan KN08 en bij het hoogtepunt van de groei (augustus) zelfs aanzienlijk beter dan KN08.

In 2009 is deze situatie flink gewijzigd. KN08 doet het tweemaal zo goed als KZ08, DM07, DM08 en veel beter dan KZ07, maar alle vijf doen ze het veel minder goed dan in 2008, terwijl 2009 een zeer goed jaar is voor zeegras, met een florissante groei in alle natuurlijke populaties van de Oosterschelde. RH08 daarentegen doet het eind augustus 2009 ongeveer 18x zo goed als KN08 (7240 en 391 scheuten per plot, respectievelijk). Het is duidelijk dat Roelshoek het als locatie significant veel beter doet dan de overige vijf mitigatielocaties, al is dit pas in de zomer van 2009 duidelijk geworden.

De verschillen tussen de vier nieuwe locaties in 2008 kan mogelijk deels verklaard worden uit de timing van de aanplant. KN08 is als eerste aangelegd, gevolgd door RH08, KZ08 en als laatste DM08. Aanleg later in het groeiseizoen is minder gunstig. Echter, het verschil tussen RH08 en KN08 laat zien dat het ook aan de locaties zelf ligt.



**Figuur 8 Aantal scheuten per plot voor de 6 locaties: 2007-2009**

N.b. Het aantal scheuten per plot is voor de veilige plots vermenigvuldigd met 5/9, om ze vergelijkbaar te maken met de kansrijke plots. Daarnaast zijn voor KZ07 en DM07 alle waarden in het groeiseizoen 2007 vermenigvuldigd met 0,1, en van RH08 alle waarden van groeiseizoen 2009 vermenigvuldigd met 0,1, omdat deze waarden anders de rest van de plot onleesbaar zou maken. T=0 is juni 2007.



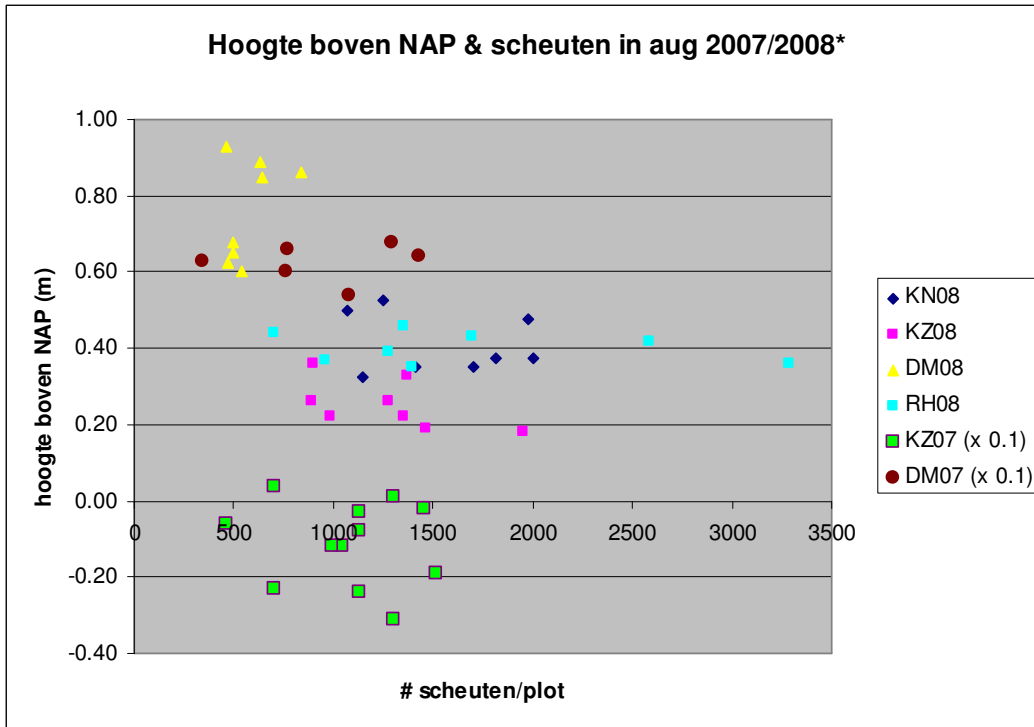
In april 2009 zijn uitgebreide hoogtemetingen uitgevoerd in de kansrijke plots van alle locaties met behulp van een RTK-DGPS en zijn er hoogtekaarten geproduceerd per plot. Tabel 4 geeft een samenvatting van de hoogteverschillen en absolute hoogten boven NAP per locatie berekend op basis van deze kaarten. Alle zes mitigatielocaties liggen gemiddeld in een voor klein zeegras gunstige zone, al is DM08 met +0.76m gemiddeld mogelijk aan de hoge kant. RH08 en KN08 liggen met +0.40m en +0.41m, respectievelijk, dicht bij elkaar en in de middenzone. Het enige verschil dat opvalt is de mate van variatie in hoogteverschil binnen een locatie: bij DM07 is dit 14 cm en bij RH08 20cm, terwijl bij de andere locaties dit 31-51cm bedraagt. Invloed van reliëf wordt verder besproken in 3.3.2 over wadpierréliëf. Metingen uitgevoerd op RH08 op 25 augustus 2009 laten zien dat: a) gemiddelde hoogte weinig verandert in de tijd (+0.40m in april, +0.42m in augustus); en b) verschillen tussen de plots onderling gering blijven ('extremen' zijn +0.35m in plot 10 en 0.46m in plot 1, een verschil van slechts 11 cm).

**Tabel 4 Samenvatting hoogtegegevens per locatie**

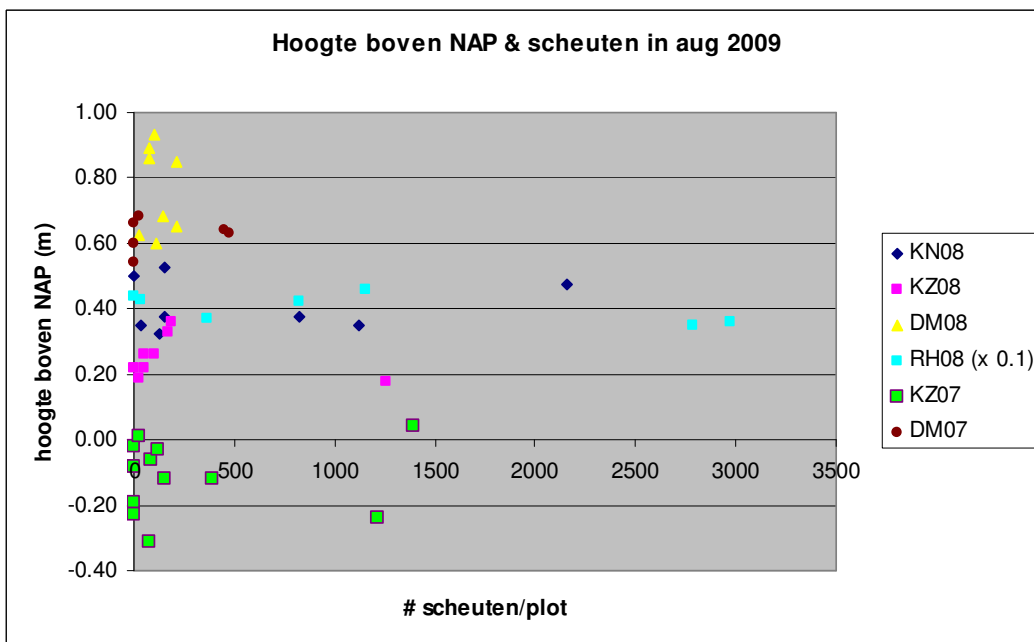
Locatie	Hoogte range (m boven NAP)	Variatie tussen plots (m)	Gemiddelde hoogte (m boven NAP)
KZ07	-0.31-0.04	0.35	-0.11
KZ08	0.10-0.425	0.33	0.25
KN08	0.15-0.625	0.48	0.41
DM07	0.54-0.68	0.14	0.63
DM08	0.51-1.025	0.51	0.76
RH08	0.30-0.50	0.20	0.40

N.b. deze waarden zijn gemiddelden van de kansrijke plots per locatie (8 voor alle 2008 locaties; 6 voor DM07 en 12 voor KZ07), gemeten in april 2009.

In figuren 9a en 9b zijn hoogtes boven NAP uitgezet tegen maximale aantallen scheuten per plot voor het eerste jaar van aanplant (2007 of 2008, afhankelijk van de mitigatielocatie) en 2009 (telkens eind augustus). Deze grafieken komen overeen met de relatie tussen bedekkingspercentage en hoogte boven NAP gevonden door de Jong en de Jonge (1989) voor natuurlijke zeegraspopulaties in de Oosterschelde (zie figuur 10). Boven +0.6 m NAP lijkt het zeegras het minder goed te doen in de mitigatielocaties. Omdat er niet dieper is geplant dan -0.3 m NAP is de ondergrens niet bereikt.

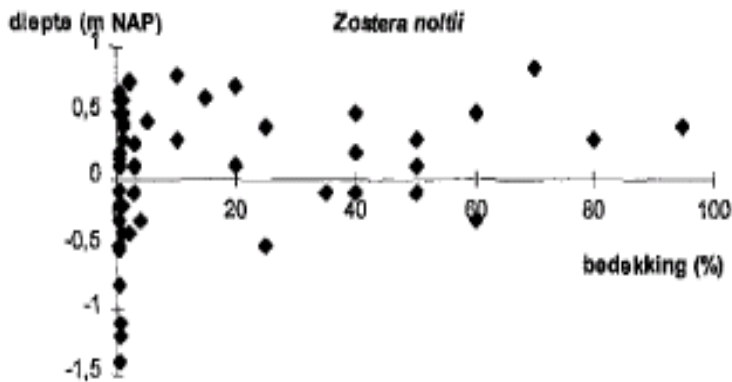


\* 2007 voor KZ07 en DM07, 2008 voor de overige locaties.



**Figuur 9 Maximale # scheuten/plot in 2007/8 en 2009 uitgezet tegen hoogte boven NAP**

N.b. Hierbij zijn alleen de kansrijke plots uitgezet (hiervan zijn in april 2009 gedetailleerde hoogtekaarten gemaakt); de waarden van DM07 en KZ07 in 2007 en RH08 2009 zijn vermenigvuldigd met x 0.1. (2007-2008 = 9a; 2009 = 9b)



**Figuur 10 Hoogteverspreiding klein zeegras in Oosterschelde**

Bron: de Jong & de Jonge (1989)

### 3.1.3 Wadpierbehandeling (schelpen of netten) & zeegrasonwikkeling

Zowel in 2007 als in 2008 hebben plots een schelpen- of netbehandeling ondergaan om het aantal volwassen wadpieren te verkleinen en zo de kansen voor het zeegras te vergroten. In 2007 zijn de helft van de plots op DM07 en een derde van de plots in KZ07 behandeld met een schelpenlaag van 8-10 cm dikte (op een diepte van 10-15 cm in het sediment) voordat de zeegraszoden werden geplant. Daarnaast zijn een derde van de plots in KZ07 behandeld met afbreekbare netten. De overige plots zijn onbehandeld gebleven, ter controle. In 2008 zijn de helft van alle plots behandeld met een schelpenlaag, terwijl de overige diende ter controle.

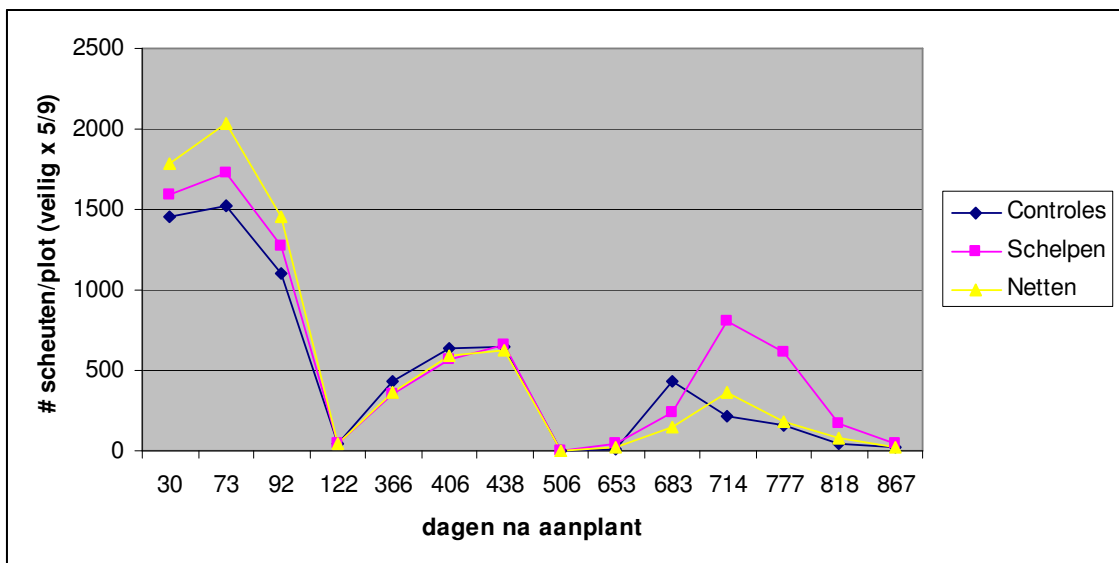
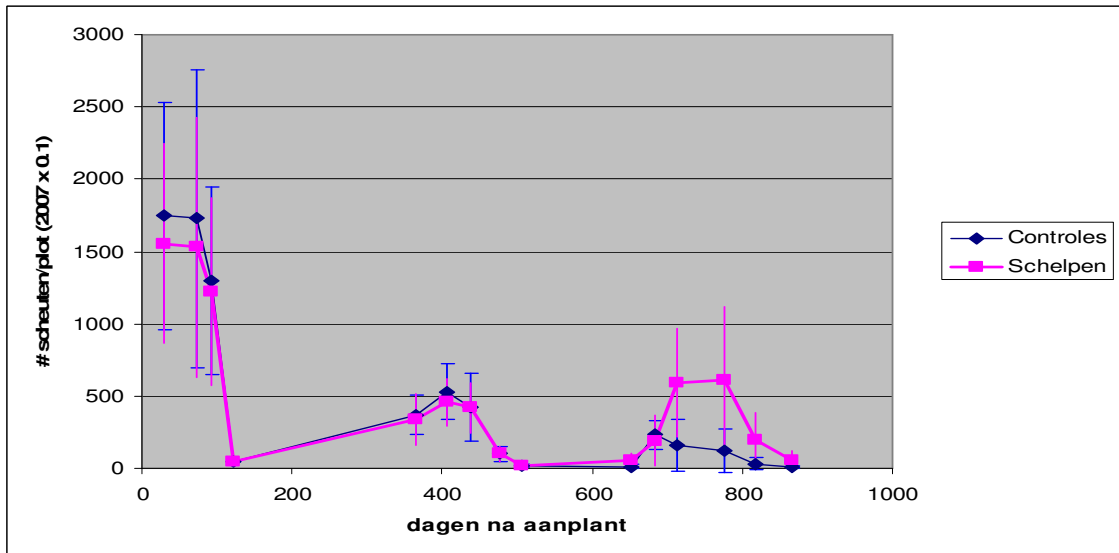
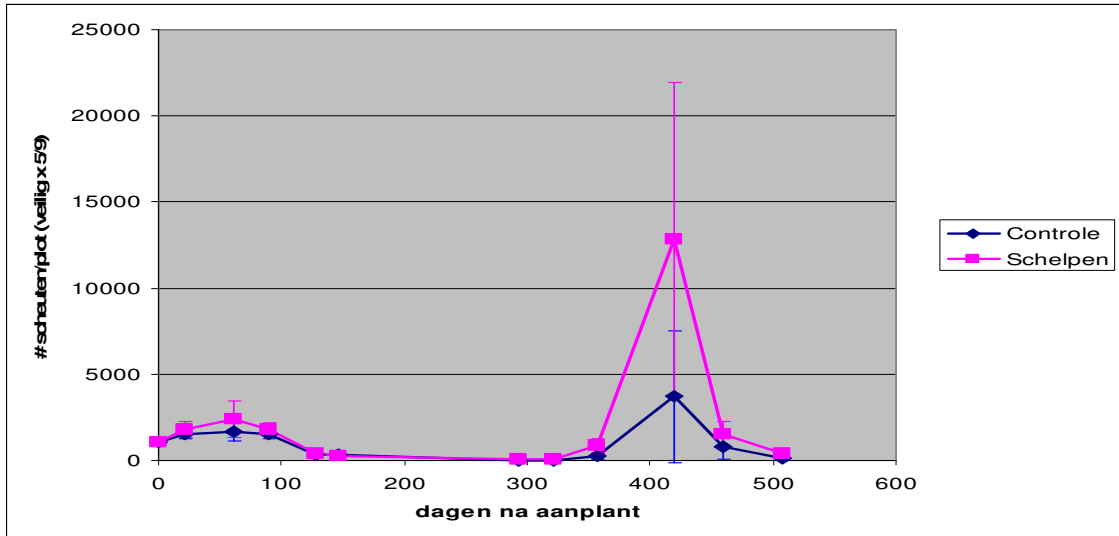
De relatie tussen zeegrasonwikkeling en wadpierbehandeling is weergegeven in figuren 11a (voor RH08), 11b (2007 locaties), 11c (voor KZ07) en 11d (overige 2008 locaties).

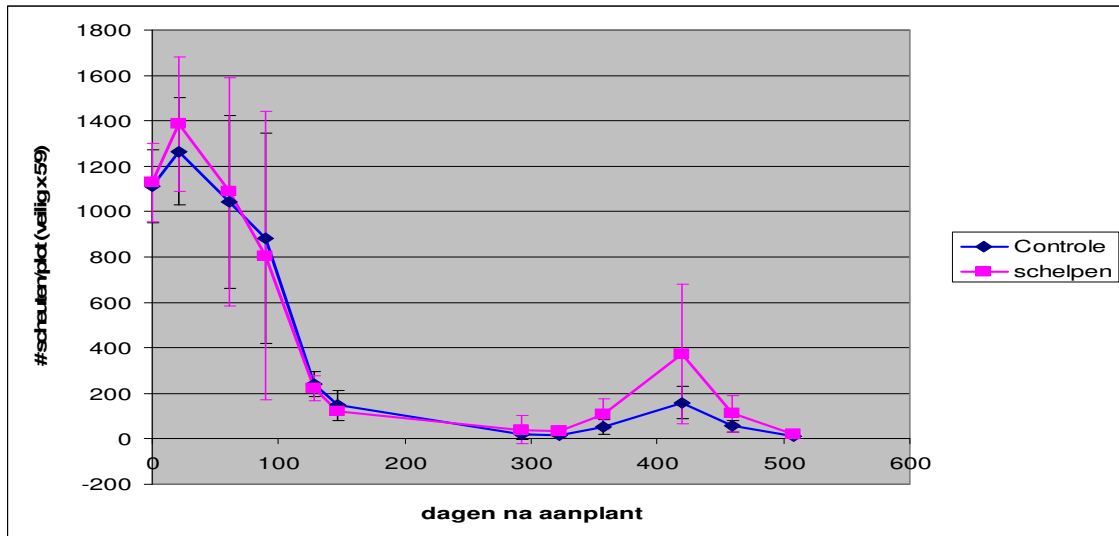
In de 2007-plots is in 2007 sprake van een gering verschil tussen schelpen- en controleplots. Pas in 2009 is er echt sprake van een sterk positief effect van de schelpenbehandeling op DM07 en KZ07 (groei = 3-4x dat in de controles).

De nettenplots vertonen een wisselend verloop (zie figuur 11c). De nettenbehandeling geeft een licht positief effect ten opzichte van de controles, maar is veel minder effectief in het bevorderen van zeegrasgroei dan de schelpenbehandeling.

In alle 2008-plots is er sprake van een lichte bevordering van de zeegrasonwikkeling door de schelpenbehandeling in 2008, en een aanzienlijke verbetering in 2009. Mogelijk geeft een schelpenbehandeling een survival voordeel gedurende de winter. In RH08 hebben de schelpenplots eind augustus 2009 gemiddeld 11.300 scheuten (veilige plots vermenigvuldigd met 5/9), terwijl de controleplots met gemiddeld 3.200 scheuten ver achterblijven. Hoewel het verschil erg groot is, overlappen de standaardafwijkingen en is het verschil niet significant<sup>8</sup>. Bij de overige 3 2008-locaties hebben schelpenplots in 2009 gemiddeld ongeveer tweemaal zoveel scheuten als de controles (374 en 160 scheuten, respectievelijk).

<sup>8</sup> Zelfs als de twee 'mislukte' plots (plot 2 en plot 4) worden weggelaten blijft dit het geval.





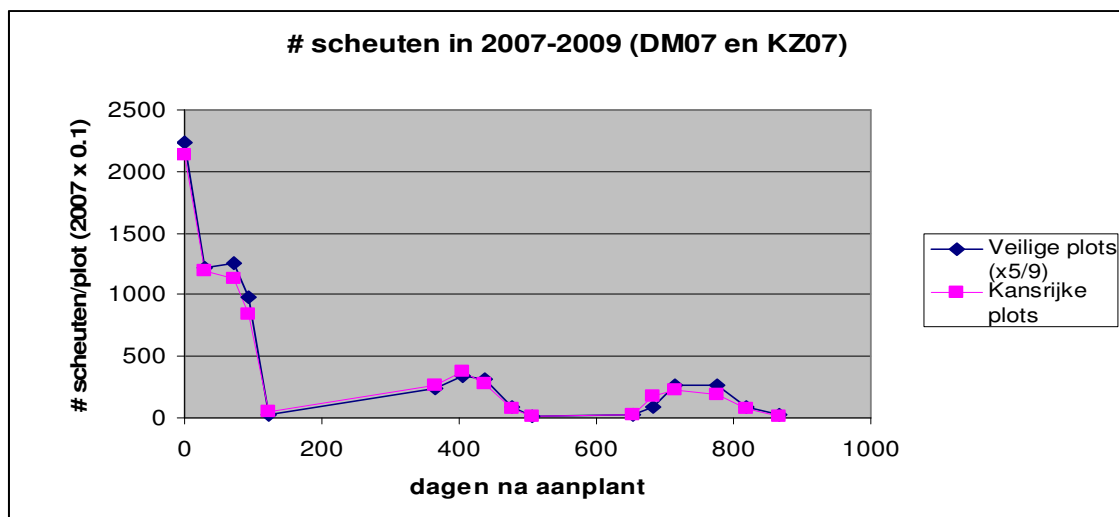
**Figuur 11 Gemiddeld #scheuten/plot voor schelpen-, controle- en netten plots**

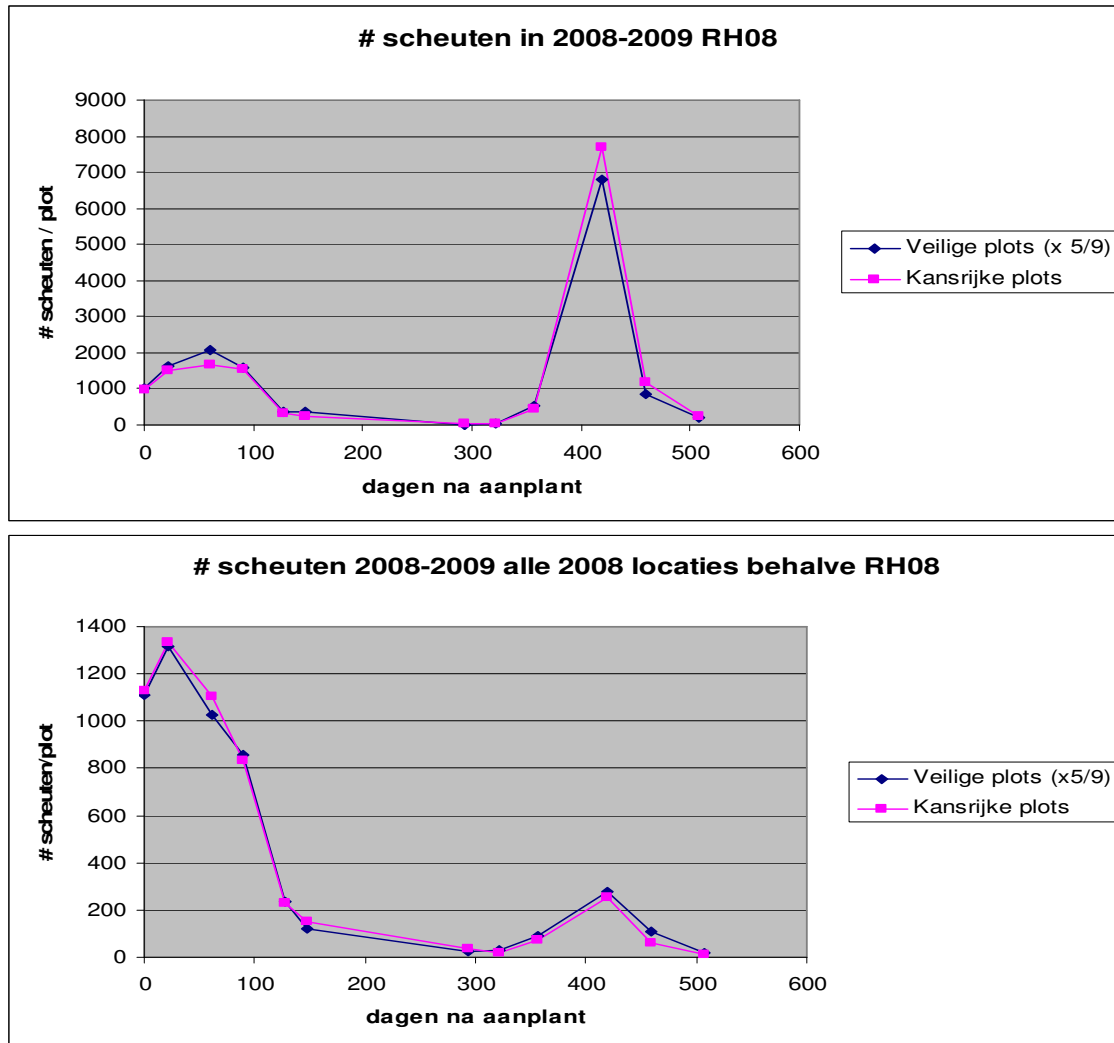
11 a = RH08; 11b = 2007 locaties; 11c = KZ07 11d = 2008 locaties.

N.b. veilige plots vermenigvuldigd met 5/9; met standaardafwijking.

### 3.1.4 Kansrijke versus Veilige aanplant & zeegrasontwikkeling

De relatie tussen zeegrasontwikkeling en Kansrijke versus Veilige aanplantmethode is weergegeven in figuren 12a (DM07 en KZ07), 12b (RH08) en 12c (overige locaties). Gemiddeld hebben de Veilige plots (met ieder 9 patches) meer zeegrasscheuten dan de Kansrijke plots (5 patches), maar als de waarden voor veilige plots worden gecorrigeerd met een factor 5/9 dan vallen de verschillen bijna geheel weg. Dit geldt voor alle zes mitigatielocaties en in alle drie jaren.

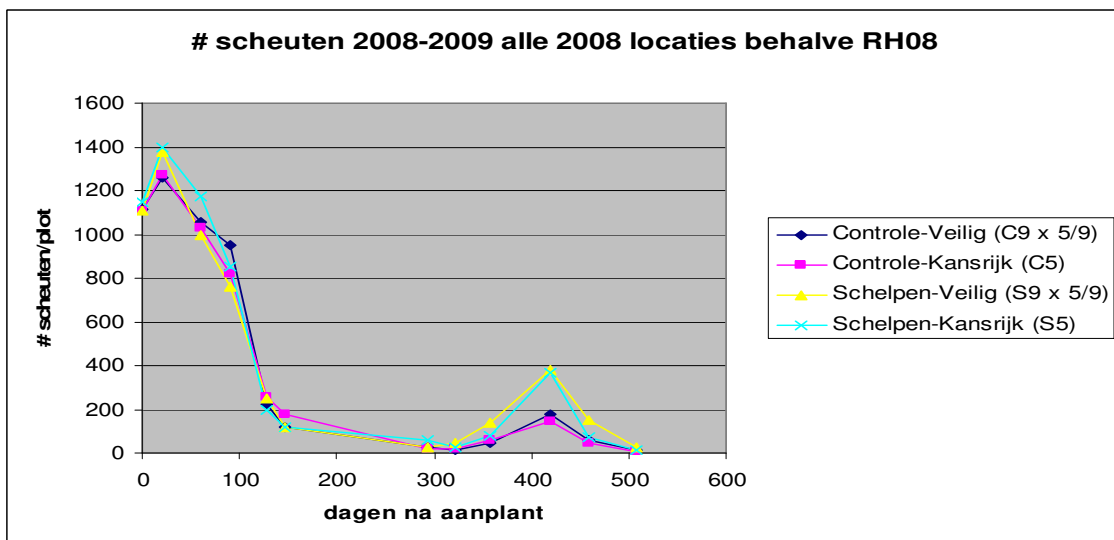
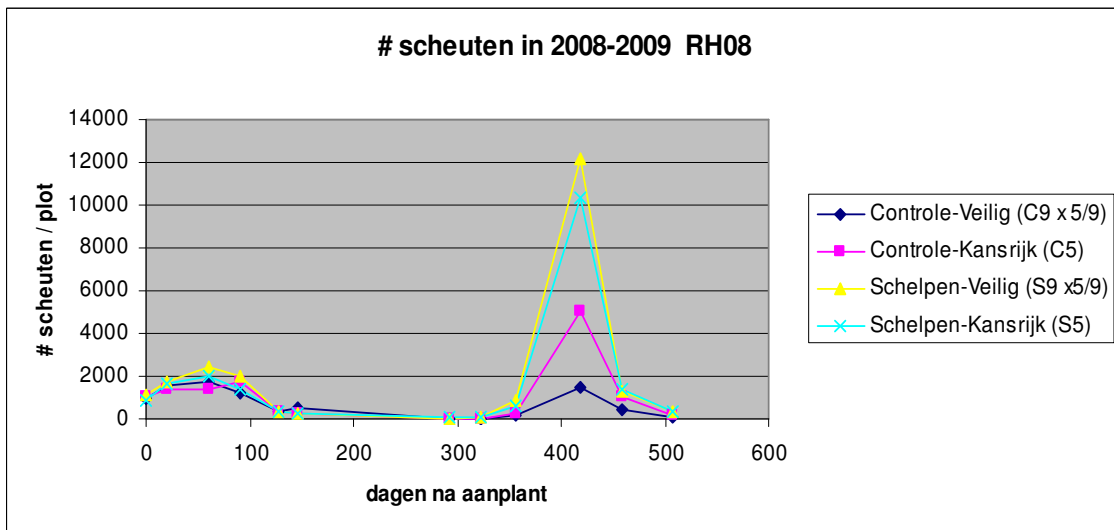
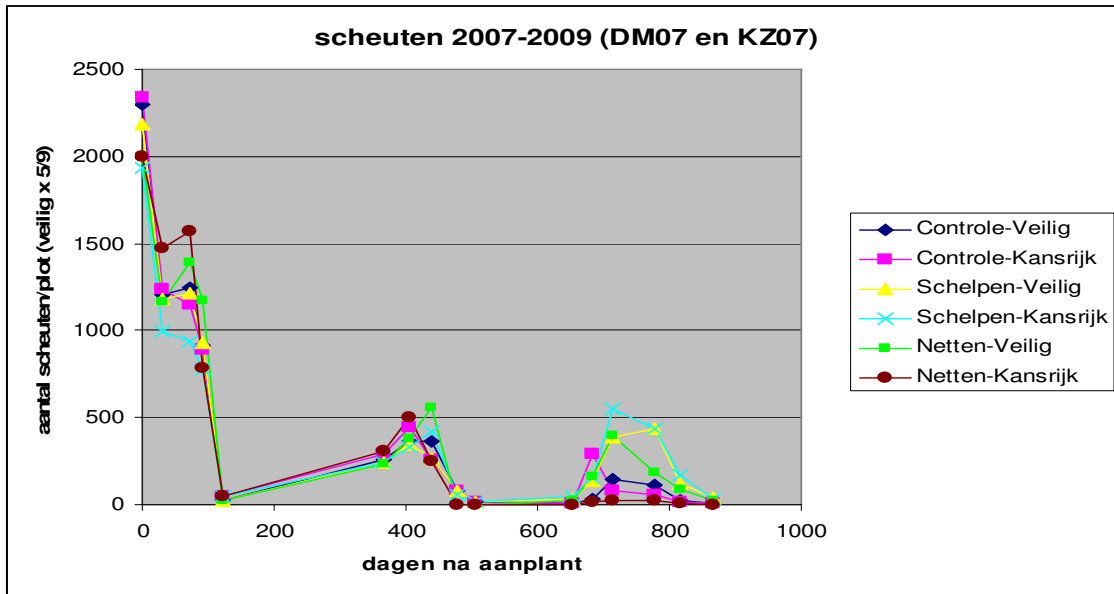




Figuur 12 Aantal scheuten per plot voor kansrijke- en veilige plots

### 3.1.5 Beide behandelingen & zeegrasontwikkeling

De relatie tussen zeegrasontwikkeling en Kansrijke versus Veilige aanplantmethode, in combinatie met schelpenbehandeling en controle, is weergegeven in figuren 13a (DM07, KZ07), 13b (RH08) en 13c (overige 2008-locaties). In de 2008-plots zijn het de schelpenplots die het vrijwel even goed doen, zowel in kansrijke als veilige opstelling, en het beter doen dan de controle plots. Op RH08 lijkt het zelfs dat de kansrijke controle plots het beter doen dan de veilige controle plots, maar dit verschil is niet significant. In de 2007 plots (figuur 13a) is er in 2008 weinig verschil, maar in 2009 doen de schelpenplots het beter dan de controles, ongeachte de opstelling (veilig of kansrijk), en doen de plots met netbehandeling het ook beter, maar dan alleen in de veilige opstelling.



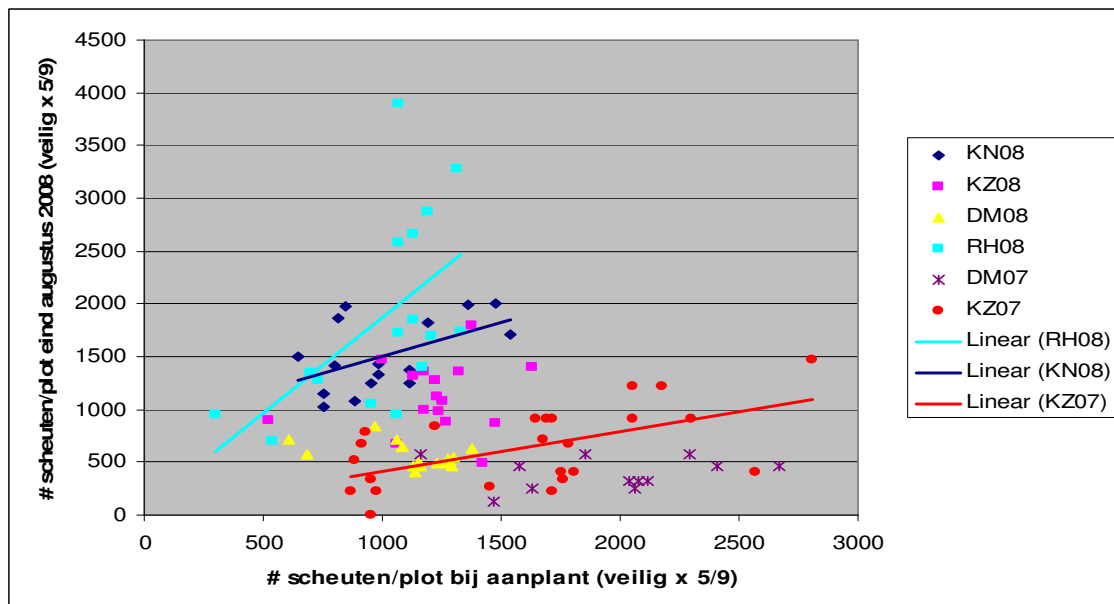
**Figuur 13** Aantal scheuten per plot voor K/V en S/N/C plots

N.b. de vergelijking tussen netten-, schelpenbehandeling en controles in 13a is enigszins vertekend omdat netten alleen op KZ07 werden gebruikt.

### 3.1.6 Bedekking bij aanplant & zeegrasonwikkeling

De relatie tussen dichtheid bij aanplant van het zeegras en het aantal scheuten op het hoogtepunt van de groei (eind augustus/begin september) is weergegeven in figuur 14 (hoogtepunt groei 2008) en figuur 15 (hoogtepunt groei 2009). In beide grafieken zijn de veilige plots gecorrigeerd met een factor  $\times 5/9$ .

Uit figuur 14 blijkt een lineair verband te bestaan voor RH08 en een zwak lineair verband voor KZ07 en KN08. Voor de overige locaties (DM07, KZ08 en DM08) is er geen sprake van een lineair verband: alle plots doen het vrijwel even matig, ongeacht de aanvangsdichtheid.



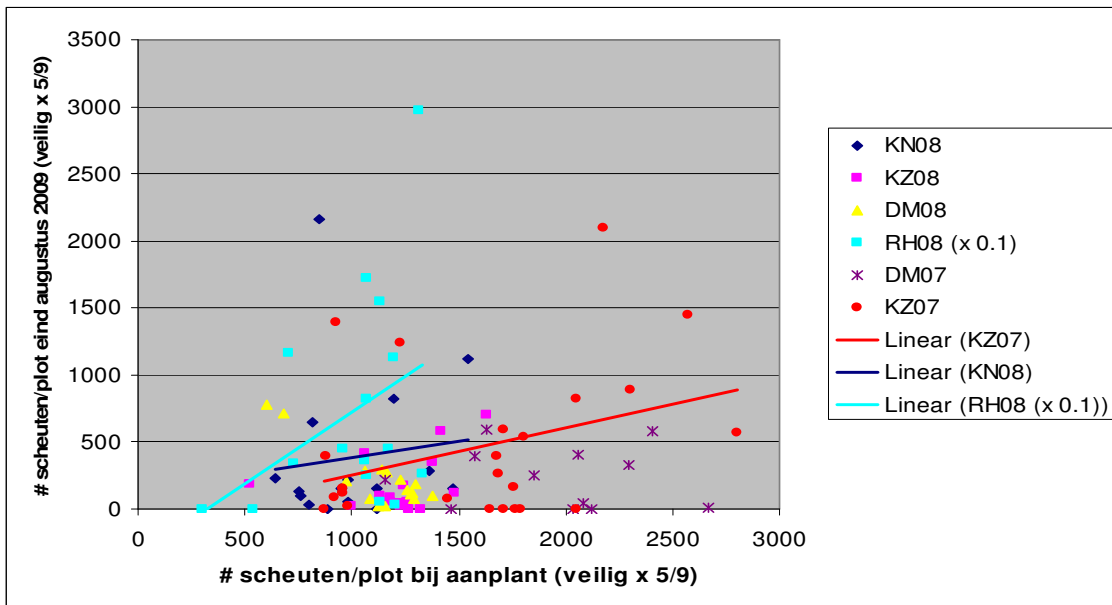
**Figuur 14 Aantal scheuten bij aanplant & scheuten op hoogtepunt van ontwikkeling in 2008**

(N.b. hoogtepunt ontwikkeling = eind augustus/begin september 2008; aanplantdichtheden 2007 =  $\times 0.1$ )

De correlatie tussen dichtheid bij aanplant van het zeegras en het aantal scheuten op het hoogtepunt van de groei in 2009 (figuur 15) is minder duidelijk. Voor de 2008 plots geldt: als er minder dan 1000 scheuten zijn per plot<sup>9</sup> bij de aanplant, dan blijft de toename steken bij 500 scheuten/plot in 13 van de 20 plots (= 65%). Als er met een aanplant van meer dan 1000 scheuten wordt begonnen, dan is het resultaat ongeveer hetzelfde: groei blijft steken bij 500 scheuten/plot in 28 van de 41 plots (68%). De 2007 plots vertoebelen dit beeld: dichtheden bij aanplant waren overal hoog in 2007. Het minder duidelijke beeld tussen de aanvangsdichtheid en het aantal scheuten op het hoogtepunt van het groeiseizoen na respectievelijk 1 en 2 jaar duidt er mogelijk op dat factoren die winteroverleving bepalen van groter belang zijn voor meerjarige overleving dan de aanvangsdichtheid.

<sup>9</sup> N.b. Veilige plots zijn in de grafiek gecorrigeerd met een factor  $\times 5/9$ ; bij veilige plots ligt de grens op  $1000 \times 5/9 = 1800$  scheuten. Bij RH08 zijn de waarden voor 2009 vermenigvuldigd  $\times 0.1$ .

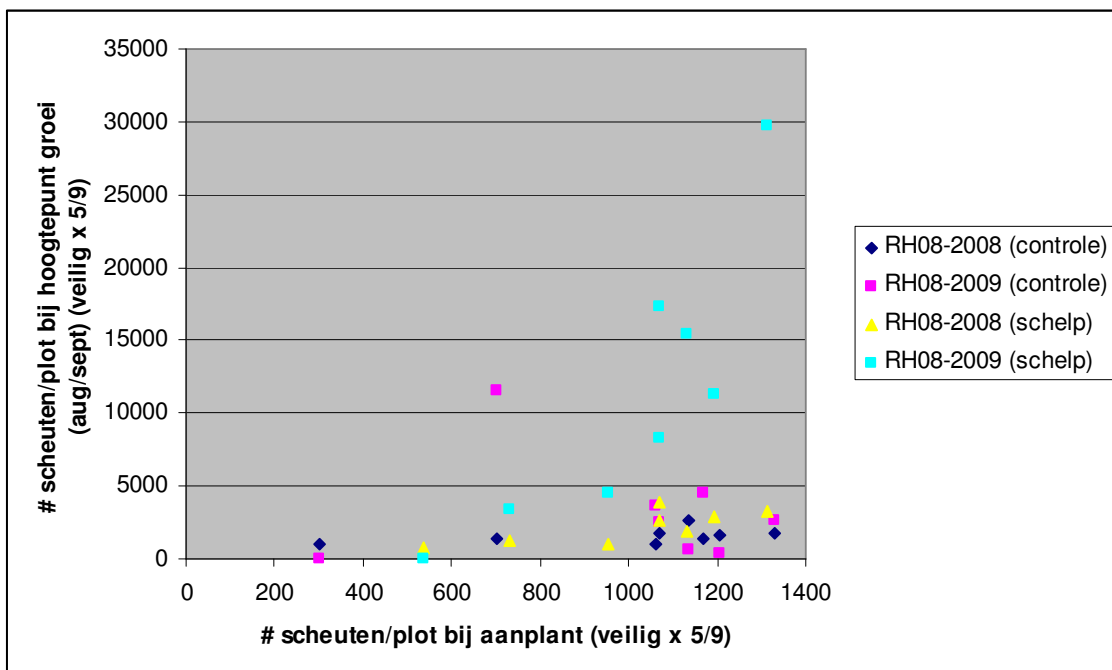




**Figuur 15 Aantal scheuten bij aanplant & scheuten op hoogtepunt van ontwikkeling in 2009**  
 (N.b. hoogtepunt ontwikkeling = eind augustus/begin september 2008; aanplantdichtheden 2007 = x 0.1)

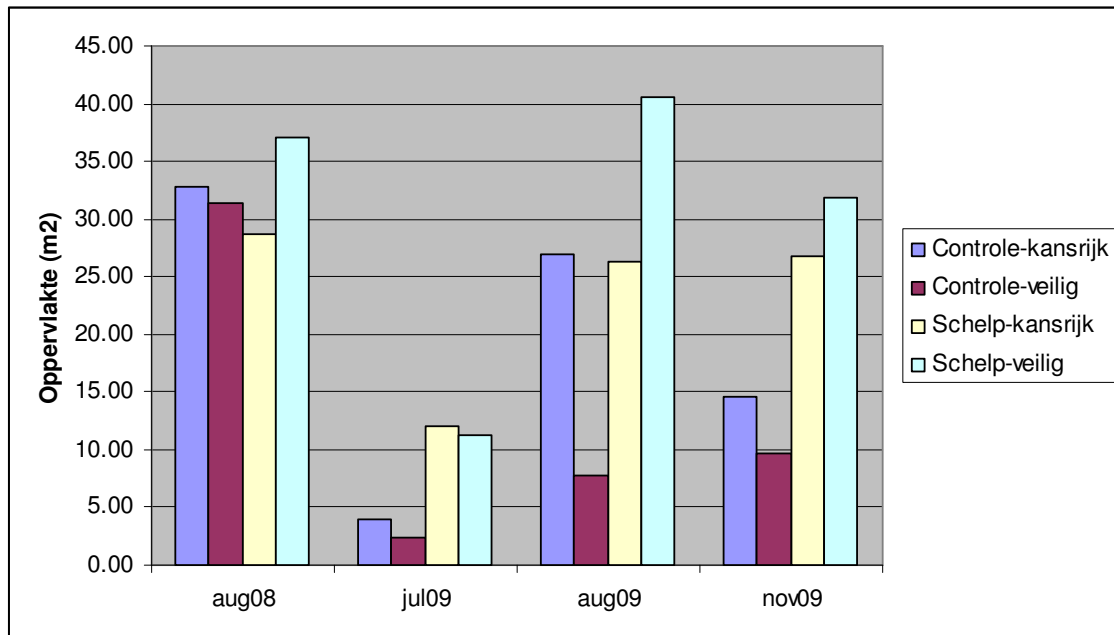
### 3.1.7 Ontwikkeling zeegras Roelshoek per plot

Op het hoogtepunt van de groei (eind augustus/begin september) in zowel 2008 en 2009, heeft de aanplantdichtheid op de schelpenplots een duidelijke relatie met het aantal scheuten, (figuur 16). Dit geldt niet voor de controleplots. Minder dan 600 scheuten/plot bij aanplant geeft een minder goed resultaat; dit komt overeen met een dichtheid van ongeveer 3-8%.



**Figuur 16 RH08: # scheuten bij aanplant & scheuten op hoogtepunt ontwikkeling 2008 & 2009**

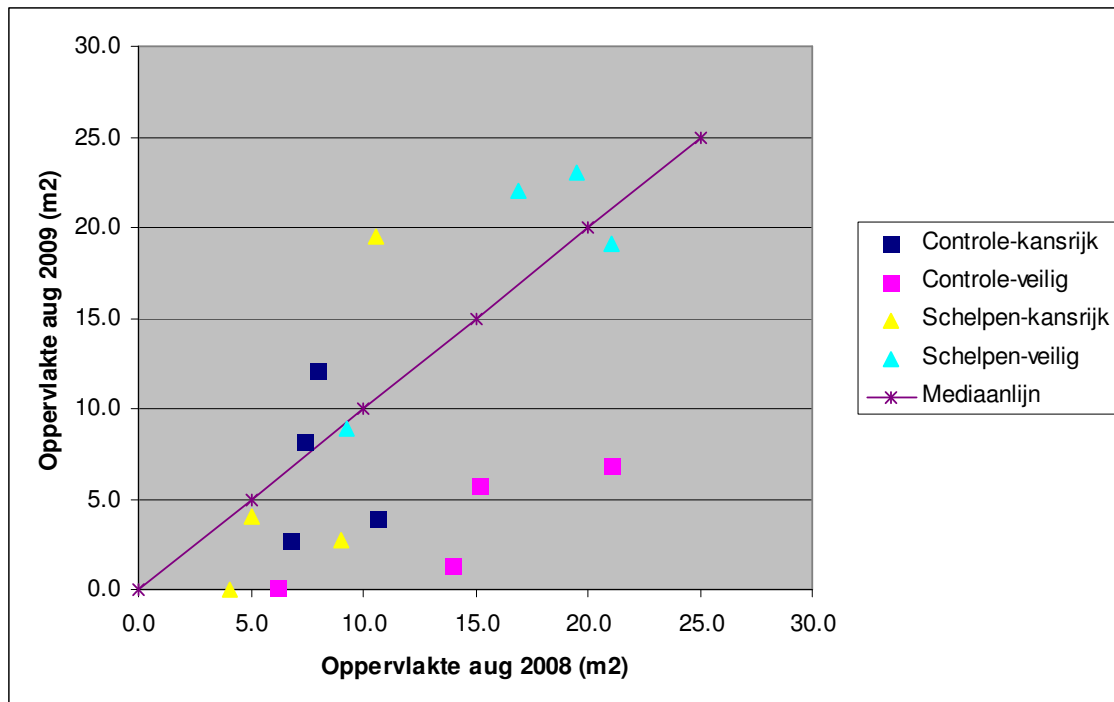
Zeegrasoppervlaktes zijn in de plots van Roelshoek gemeten met behulp van een RTK-DGPS in augustus 2008, juli 2009, augustus 2009 en november 2009. Figuur 17 geeft weer de ontwikkeling van zeegrasoppervlakte in de tijd per behandelingstype; om veilige en kansrijke plots met elkaar te kunnen vergelijken zijn de veilige plots met een factor 5/9 vermenigvuldigd. Opvallend is dat de schelpenplots toenemen (veilig) of ongeveer gelijk blijven (kansrijk) qua oppervlakte, terwijl de controleplots iets afnemen (kansrijk) of zelfs sterk afnemen (veilig).



**Figuur 17 Gesommeerd zeegrasoppervlakte per behandelingstype Roelshoek**

N.b. De waarden voor de veilige plots zijn x 5/9 om deze te kunnen vergelijken met de kansrijke plots.

De verschillen per plot zijn echter groot; deze zijn weergegeven in figuur 18 waarin een mediaanlijn is aangegeven. Van de schelpen-veilige plots is er maar één plot (plot 12) die afneemt qua oppervlakte, terwijl plot 15 ongeveer gelijk blijft en de overige twee (plots 3 en 8) toenemen. De schelpen-kansrijke plots vertonen een grillig verloop: plots 4 en 7 nemen sterk af (in plot 4 verdwijnt het zeegras), plot 16 neemt het iets af, terwijl in plot 11 er sprake is van een sterke toename. De controle-veilige plots nemen allemaal sterk af qua oppervlakte, terwijl van de controle-kansrijke plots er twee afnemen (plots 1 en 6) en twee toenemen (plots 10 en 13). N.b. het aantal scheuten per vierkante meter is in 2009 hoger dan in 2008 waardoor het totaal aantal scheuten per plot in 2009 hoger is dan in 2008 (zie figuur 8).



**Figuur 18 Zeegrasoppervlaktes per plot: aug08 versus aug09 Roelshoek**

De ontwikkeling in de tijd van de oppervlakte van een aantal plots is weergegeven in figuur 19: Plot 1 (Controle-kansrijk), Plot 9 (Controle-veilig), Plot 11 (Schelpen-kansrijk) en Plot 12 (Schelpen-veilig). Opvallend is dat tussen augustus 2008 en juli 2009 er gehele patches verdwijnen in plots 1, 9 en 12. Er is géén duidelijk verband tussen zeegrasdichtheden bij aanplant en het verdwijnen van een patch. Plot 1 (CK), bijvoorbeeld, heeft 5-7% bedekking bij aanplant in de hoekpatches maar slechts 1% bedekking in de centrale patch. Echter, de patch die is verdwenen na een jaar is niet de middelste patch maar juist één van de hoek patches. In plot 9 (C9) hebben alle patches juist een hoge bedekking bij aanplant (12-25%, gemiddeld 16%), toch verdwijnen er 3 (en uiteindelijk 4) patches. Een vergelijken met de gedetailleerde reliëfkaarten die zijn gemaakt van alle kansrijke plots in april 2009 vertoont geen duidelijk verband tussen reliëf en het verdwijnen van patches.

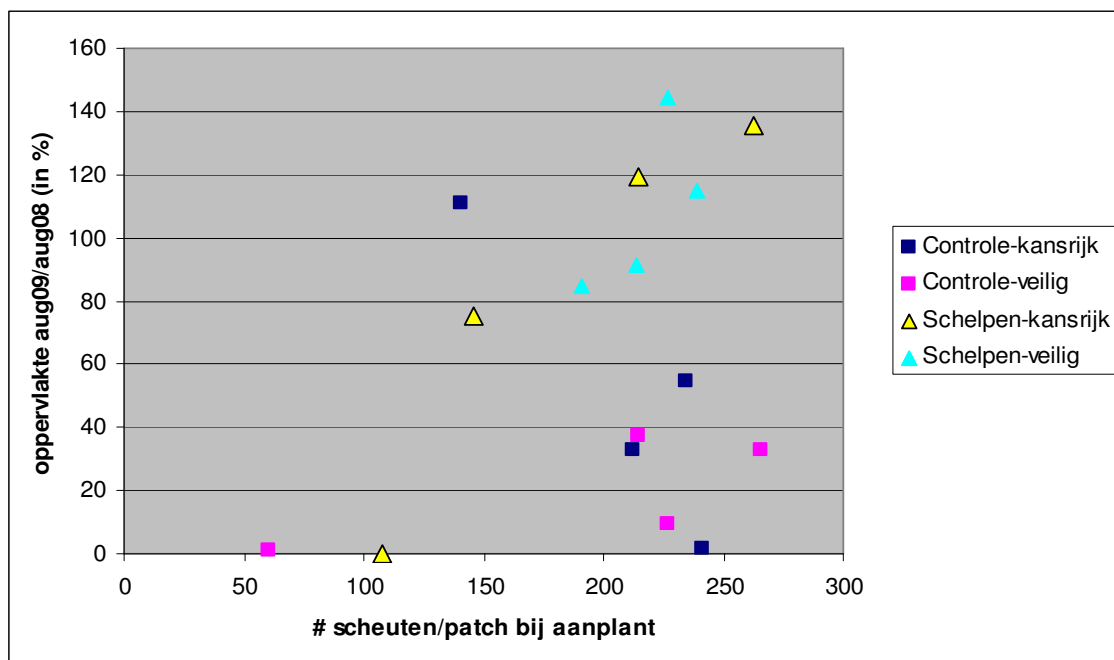
Tussen augustus 2008 en juli 2009 zien we grote verschillen optreden: sommige patches contracteren of verdwijnen, anderen verschuiven naar buiten, en een enkele patch neemt in omvang toe. Tussen juli en augustus 2009 gedijen de zeegras 'patches' in alle plots naar buiten (en niet in een bepaalde richting), terwijl tussen augustus en november 2009 een contractie van de patches plaatsvindt. In sommige plots gaat dit gepaard met een verlies aan perifere delen van de patch.



**Figuur 19** Ontwikkeling van zeegrasoppervlaktes in een viertal plots van RH08

Hoewel de plots op Roelshoek het in het algemeen goed doen zijn er grote onderlinge verschillen in ontwikkeling van het zeegrasoppervlak, die niet direct samenhangen met dichtheid bij aanplant. In figuur 20 is de ontwikkeling van het zeegrasoppervlak voor de verschillende plots weergegeven als een functie van het aantal scheuten per patch bij aanplant. Bij alle plots onder de 100% is er sprake van een afname in het zeegrasareaal. Hierbij zien we dat er maar in 5 plots sprake is van een toename tussen augustus 2008 en augustus 2009: plot 1 (CK), plot 3 (SV), plot 7 (SK), plot 8 (SV) en plot 11 (SK). Zes (van de 8) controleplots (rechtsonder in de grafiek) zijn sterk afgenomen in hun areaal, hoewel ze met een hoge scheutdichtheid zijn begonnen. In twee plots (plot 2/CV en plot 4/SK) die bij aanleg onder de 110 scheuten hadden per patch (bedekkingspercentage <5-7%) verdwijnt na een jaar alle zeegras. N.b. het aantal scheuten per vierkante meter is wel toegenomen tussen 2008 en 2009 (zie figuur 8).

Hieruit kunnen we voorzichtig concluderen dat, op Roelshoek, plots die een schelpenbehandeling hebben gehad het in de meeste gevallen goed zullen doen qua zeegrasontwikkeling, mits de patches bij aanvang een zeegrasbedekking hebben van meer dan 7%. Zonder schelpenbehandeling stagneert de zeegrasgroei in alle plots behalve Plot 1 (CK)<sup>10</sup>. Een kansrijke of veilige aanplantwijze lijkt niet veel bij te dragen aan het slagingspercentage.



**Figuur 20** Zeegrasoppervlakte als functie van gem. # scheuten/patch bij aanplant RH08

<sup>10</sup> Plot 1 ligt met gemiddeld +0,46 m NAP het hoogst van alle plots; het is onwaarschijnlijk dat hoogteligging een rol heeft gespeeld in dit geval, want Plot 4 (SK, +0,44 m NAP) heeft het juist erg slecht gedaan qua zeegrasontwikkeling. Gemiddelde hoogteligging RH08 is +0,40 m NAP. Locatie blijft ook lang heel erg nat (ook buiten aanplant -> verdroging is dus ook geen factor).



### 3.1.8 Ontwikkeling zeegras Roelshoek: de kolonisaties

Zoals vermeld in 3.1.1, eind augustus/begin september 2009 is er op RH08 sprake van uitbreiding buiten de plots. Op veel plaatsen binnen en tussen de plots zijn kolonisaties te vinden en er werden in totaal 21 plukken zeegras (sommige vele dm<sup>2</sup>, enkele tot m<sup>2</sup> groot; foto 12) worden gevonden op afstanden van 5 tot 200+ meter vanaf de plots. Deze werden gevonden in verschillende richtingen, maar vooral naar het zuiden en zuidoosten vanaf de plots, en naar het noordwesten (figuur 21). Een natuurlijke populatie klein zeegras ligt op iets meer dan 750m afstand. Echter, deze ligt in noordoostelijke richting, en gezien de stroming in dit deel van de Oosterschelde vooral richting zuidoosten gaat, is het erg onwaarschijnlijk dat de uitzaaiingen daar vandaan komen. Er lijkt dus sprake te zijn van spontane kolonisatie vanuit de aangelegde plots.

Deze kolonisaties kunnen vegetatieve uitbreidingen zijn, bijvoorbeeld van losgeslagen rhizoomfragmenten, of afkomstig zijn van zaad. Een studie van Zipperle *et al.* (2009) laat zien dat *Zostera noltii* in de Waddenzee voor een veel groter dan verwacht deel uit zaden opkomt, zelfs in gevestigde velden. Bloeipercentages in de mitigatieplots zijn echter aan de lage kant (zie 3.1.10).

Een studie van Hall *et al.* (2006) in Florida aan uitbreiding van zeegrasvelden c.q. kolonisatie door middel van zeegrasfragmenten van de soorten *Halodule wrightii* en *Halophila johnsonii* laat zien dat deze vorm van vegetatieve uitbreiding erg afhankelijk is van soort en seizoen. *H. wrightii* deed het beter in het voorjaar en fragmenten bleken levensvatbaar te zijn voor enkele weken, terwijl *H. johnsonii* het beter deed in het najaar en maar een paar dagen levensvatbaar was. Van *Zostera noltii* zijn dergelijke eigenschappen voor zover bekend nog niet onderzocht, maar het lijkt een belangrijke eigenschap te zijn voor mogelijke uitbreiding van de soort.

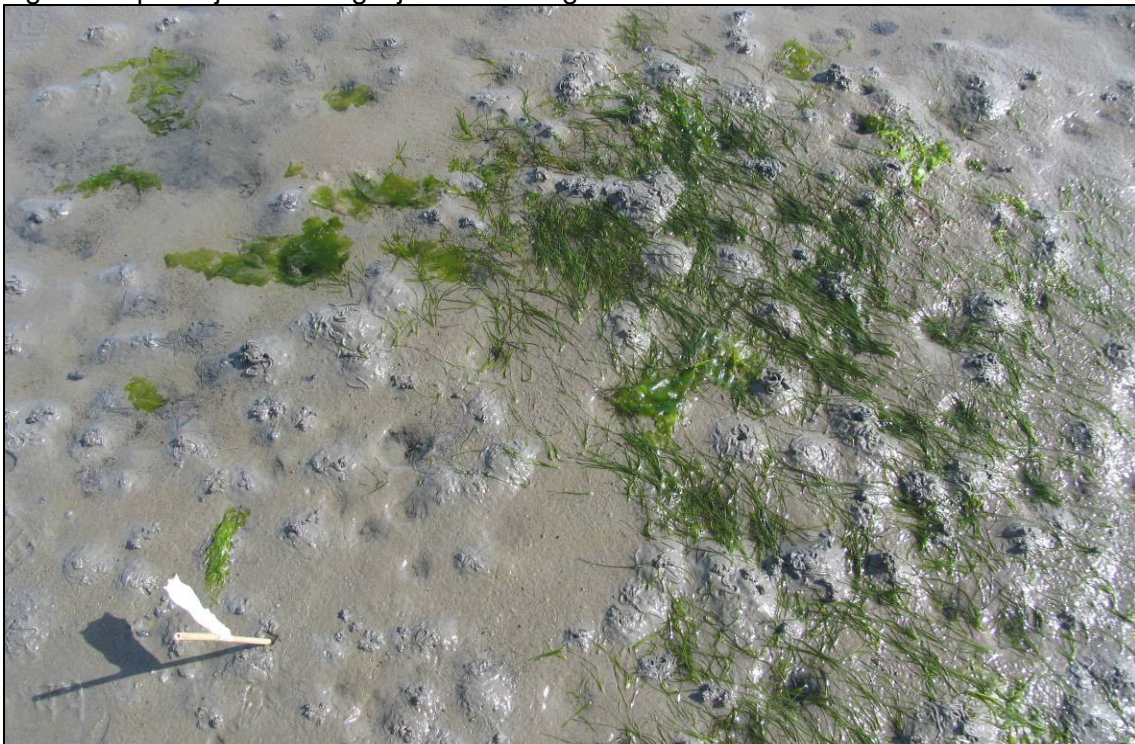
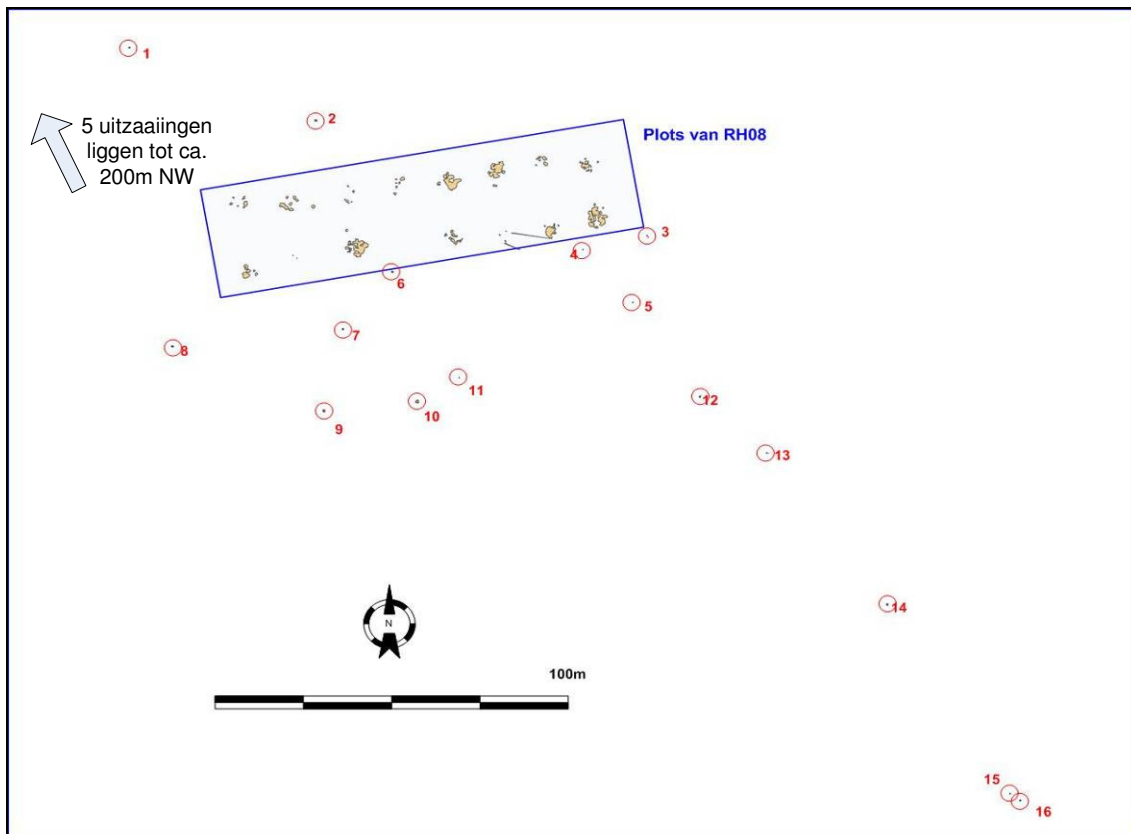


Foto 12: Kolonisatie nr. 5 op Roelshoek, 2 september 2009



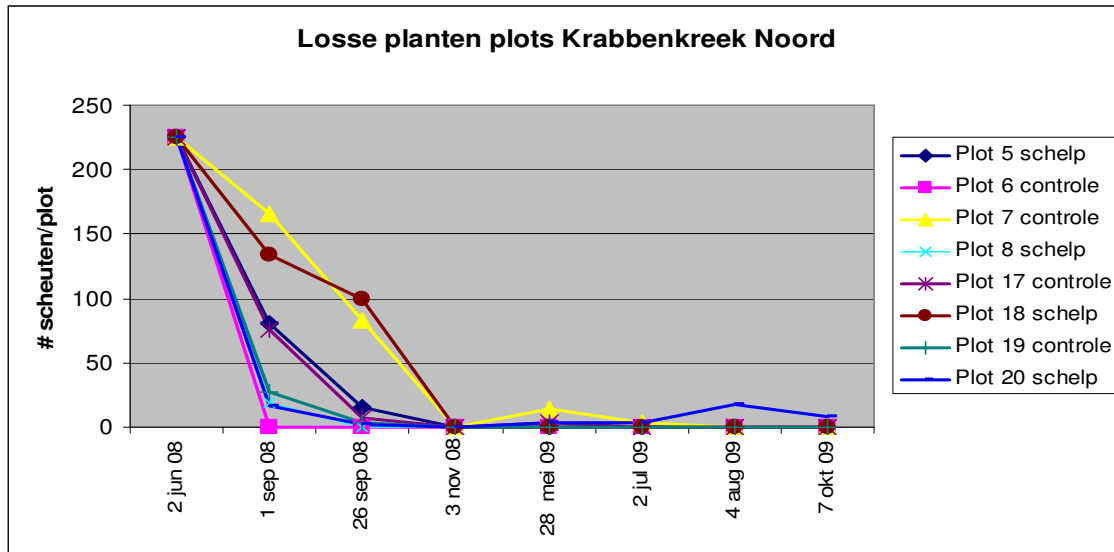
**Figuur 21 Kolonisaties op Roelshoek**

Nb. 16 van de 21 gevonden uitzaaiingen zijn hierop gekarteerd op 25 augustus 2009. Vijf kolonisaties die niet zijn weergegeven liggen tot circa 200m noordwestelijk.

### 3.1.9 Losse planten

Op mitigatielocatie KN08 zijn in juni 2008 een achttal kleine plots (5 bij 5 meter) aangelegd met ieder 225 losse planten. De helft van de plots hebben een schelpenbehandeling gehad, en de overige dienen ter controle. De ontwikkeling van het aantal scheuten per plot is weergegeven in figuur 23. Duidelijk is dat vanaf het begin het aantal scheuten drastisch afneemt. Aan de piek van groeiseizoen 2008 (1 september 2008) is zeegras nog aanwezig in 7 van de 8 plots, maar in het voorjaar (mei) van 2009 is het aanwezig in slechts 3 (plots 7, 17, 20), later (juli 2009) 2 plots (7 en 20). Aantallen blijven laag in 2009 en komen niet boven de 18 scheuten uit per plot (Plot 20, 4 aug. 2009).

Geconcludeerd moet worden dat het werken met losse planten, op deze manier (zonder verankering) en op deze locatie, niet werkt. Mogelijk is KN08 te dynamisch (zowel qua hydrodynamiek als erosie) om met losse planten te werken, maar dat geldt in nog grotere mate voor DM08 (qua hydrodynamiek en erosie). Alleen de locatie KZ08 (met een geringe dynamiek) en misschien ook RH (zie 3.4) zou mogelijk beter werken, maar gezien de sterke achteruitgang op KN08 lijkt ook op KZ08 een goede ontwikkeling van plots met losse planten onwaarschijnlijk.



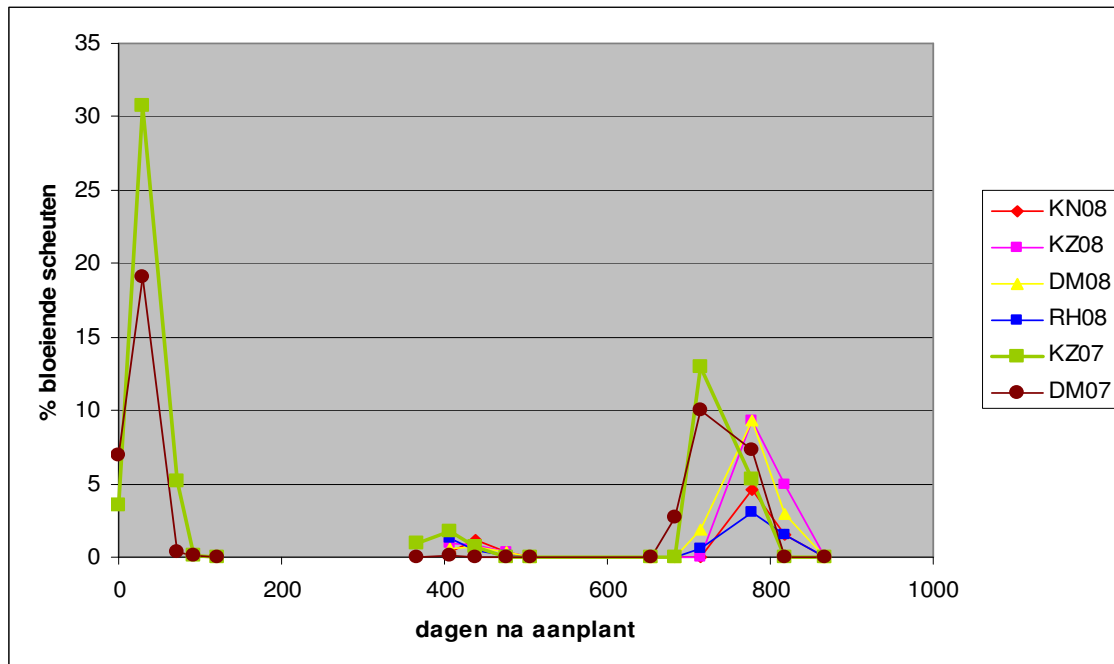
**Figuur 22** Ontwikkeling van losse plant plots op KN08

### 3.1.10 Bloei van zeegras

Percentages bloeiende scheuten zijn weergegeven in figuur 23.

Tijdens de nulmeting in juni 2007 was er op DM07 en bloeipercentage van 1-20% (gemiddeld 7%) en op KZ07 varieerde dit van 1-13% (gemiddeld 3.5%). Dit nam eind juli 2007 toe tot 20 en 30%, respectievelijk, voor DM07 en KZ07. In 2008 en 2009, echter, was het aantal bloeiende scheuten op DM07 en KZ07 ook laag, en in dezelfde orde van grootte als de in 2008 aangelegde plots. In 2008 was er sprake van bloeipercentages van 0.2% (DM07) en 1.9% (KZ07), en in 2009 waren die 13% (DM07) en 10% (KZ07). Opvallend is dat bloei op KZ07 en DM07 eerder een piek lijkt te bereiken dan op de overige locaties, namelijk eind juni in plaats van begin augustus.

In augustus 2008 ( $\pm$  dag 60 na aanleg van de 2008-plots) zijn bloeipercentages overal laag en zo rond de 1% gemiddeld, terwijl in augustus 2009 ( $\pm$  dag 350) dit oploopt tot 5-10% van de scheuten. Vergeleken met de bloei in 2007 van KZ07 en DM07 zijn dit echter lage bloeipercentages.

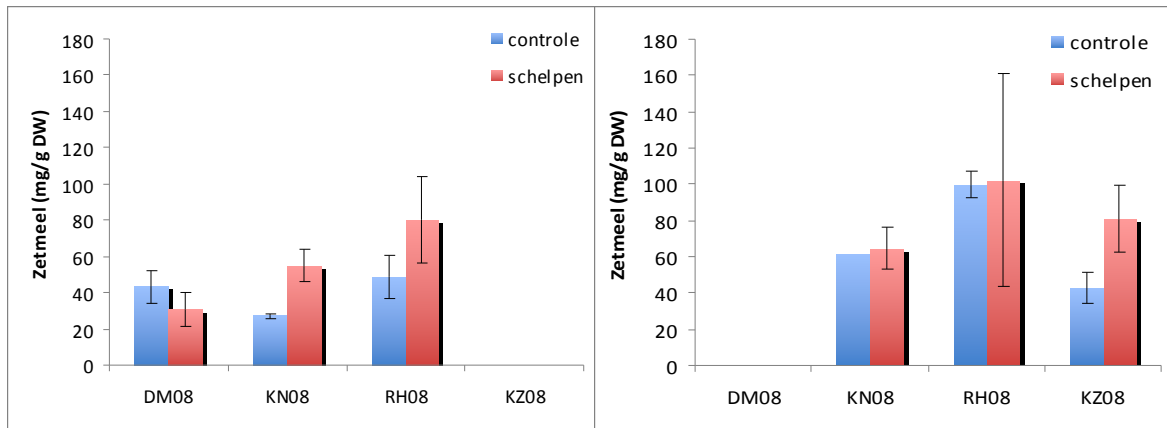


**Figuur 23** Percentage bloeiende scheuten 2007-2009

### 3.1.11 Zetmeelanalyses van rhizomen

Rhizomen van *Zostera noltii* zijn geoogst op verschillende locaties (natuurlijke populaties en mitigatielocaties) vóór het groeiseizoen, na de winter (april) en aan het einde van het groeiseizoen, vóór de winter (november). Na vriesdrogen is het zetmeelgehalte in deze rhizomen bepaald volgens een bekend protocol (zie 2.2).

In figuur 24 zijn de resultaten weergegeven voor de mitigatielocaties in april (figuur 24a) en november (figuur 24b). Opvallend is dat op vrijwel alle locaties op beide momenten meer zetmeel aanwezig is in de rhizomen van zeegras in de schelpenplots dan in zeegras in de onbehandelde plots. Deze verschillen zijn echter alleen significant voor KN08 in april 2009. Hier is een rechtstreeks verband zichtbaar tussen het aantal scheuten – dat hoger is in de schelpenplots – en het zetmeelgehalte in het rhizoom. Hoe hoger het aantal fotosynthetiserende scheuten aan één rhizoom, hoe meer reservestoffen (zetmeel) er kunnen worden opgeslagen (Vermaat & Verhagen 1996).

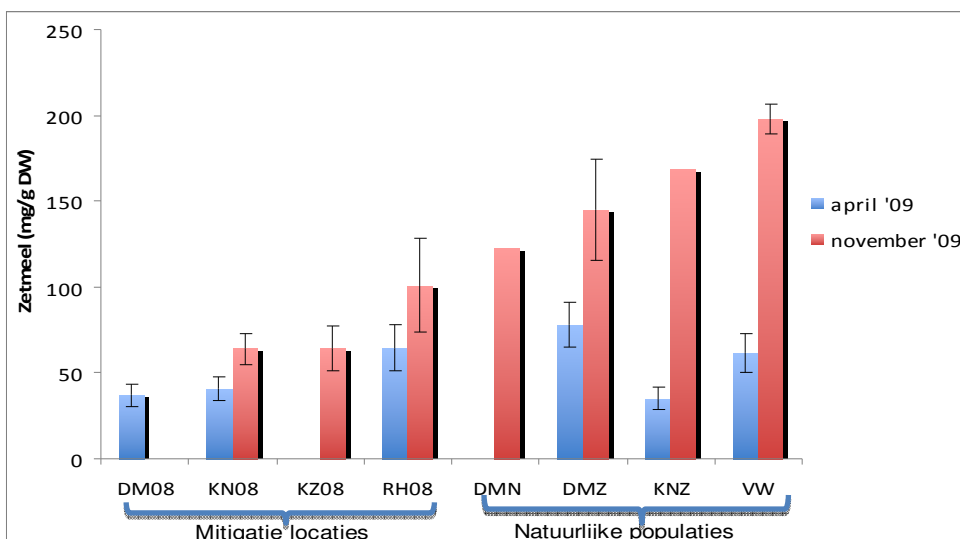


**Figuur 24 Zetmeelconcentratie rhizomen van mitigatielocaties april (24a) en november 2009 (24b)**

N.b. De waarden van KZ08 in april 2009 en DM08 in november 2009 ontbreken omdat er toen niet genoeg rhizomen aanwezig waren op de betreffende locaties om te bemonsteren. In elke grafiek is tevens de standaardafwijking weergegeven.

Uit figuur 25 blijkt dat het zetmeelgehalte van de rhizomen aan het einde van de winter (april) altijd lager is dan aan het einde van het groeiseizoen. Dit komt omdat fotosynthese in het ondergronds overwinterende zeegras minimaal is, waardoor de opgebouwde reservestoffen uit het voorgaande groeiseizoen grotendeels worden opgebruikt (Vermaat & Verhagen 1996).

Zetmeel en sucrose zijn belangrijke reservestoffen voor het zeegras (Drew 1983, Vermaat & Verhagen 1996, Olivé et al. 2007). Door de sterke vermindering van zeegrasbiomassa in het najaar, is er slechts beperkt fotosynthese mogelijk in de winter. Reservestoffen in de rhizomen, zoals zetmeel, vormen dan ook een belangrijke energiebron, en helpen het zeegras de winter door. Gedurende het groeiseizoen neemt de hoeveelheid zetmeel toe, met een piek in juli (Vermaat & Verhagen 1996).



**Figuur 25 Zetmeelconcentratie rhizomen mitigatielocaties en natuurlijke populaties in april en november 2009**

N.b. Voor de mitigatielocaties zijn de behandelingen samengevoegd; gemiddelden en standaardafwijkingen zijn weergegeven.



Verder blijkt dat er een duidelijk verschil is in zetmeelconcentratie aan het einde van het groeiseizoen, tussen de mitigatielocaties en de natuurlijke populaties. Dit kan worden veroorzaakt door het groter aantal scheuten per rhizoom (i.e. kleinere internode lengte) in de natuurlijke populaties, waardoor de capaciteit om reservestoffen te produceren hoger is. Dit zou ook kunnen verklaren waarom de zetmeelgehalten van het zeegras na de winter (april 2009) op de mitigatielocaties en natuurlijke populaties wél vergelijkbaar zijn. Hoe meer scheuten er op één stuk rhizoom aanwezig zijn, hoe hoger de energiebehoefte van dat rhizoom.

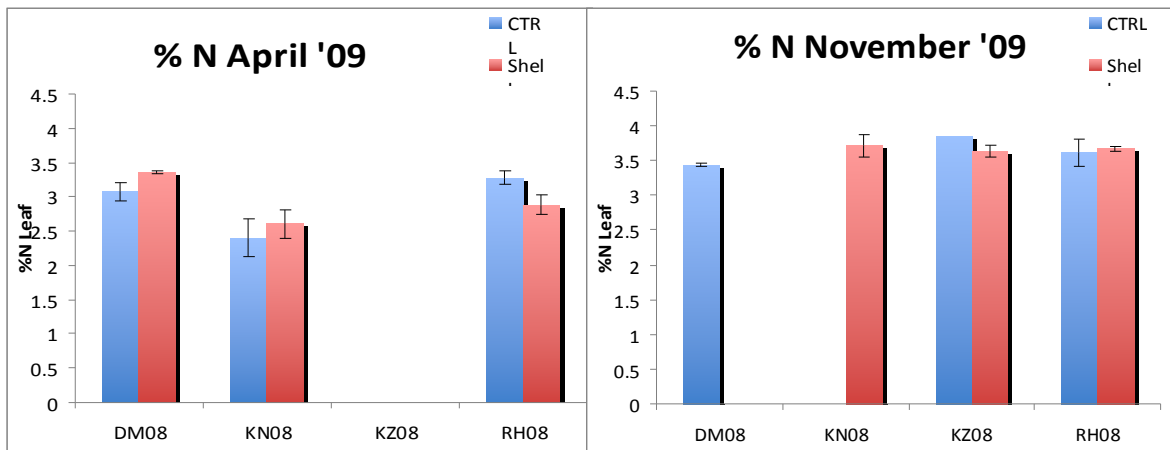
Om uitsluitsel te krijgen over deze resultaten is het van belang om deze metingen te herhalen in een volgend jaar en om dan tevens het aantal scheuten per rhizoomlengte te bepalen.

### 3.1.12 Koolstof- en stikstofanalyses van bladeren

Op twee tijdstippen in 2009 (april en november) zijn zeegrasbladen gemonsterd op zowel mitigatielocaties als natuurlijke populaties. Daarvan is zowel koolstof- als stikstofgehalten gemeten, om inzicht te krijgen in de vraag of planten in mitigatielocaties worden gelimiteerd door stikstof in hun groei.

Koolstof en stikstof zijn belangrijke bouwstoffen voor een plant. Koolstof maakt de plant zelf uit CO<sub>2</sub> door middel van fotosynthese. Stikstof neemt de plant op uit nutriënten in de bodem (en uit het water voor aquatische planten). Stikstofpercentages en C:N:P ratio's van een plant kunnen aangeven of een plant gelimiteerd is in de groei, bijvoorbeeld door een tekort aan stikstofbevattende nutriënten (ammonium en nitraat) (Duarte, 1990; van Katwijk *et al.*, 1997; Larkum *et al.*, 2006). Zeegras dat op een kalkhoudend substraat (koraalzand) groeit is vaak fosfaatgelimiteerd (Erftemeijer, 1994; Erftemeijer *et al.*, 1994), terwijl zeegras dat groeit op terrigeen (van het vasteland afkomstig) sediment zoals in de Oosterschelde vaak stikstof gelimiteerd is (Short *et al.*, 1990).

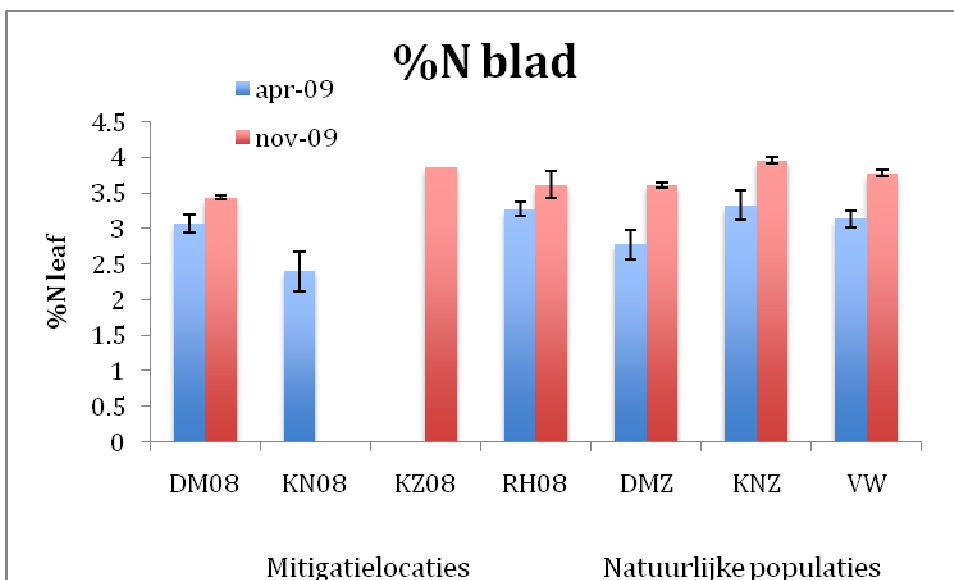
Tussen de behandelingen (controle en schelpen) is zowel in april als in november geen verschil in stikstofpercentages van de bladeren te zien (figuur 26). Tussen de locaties is in april echter wel een verschil zichtbaar: KN08 heeft na de winter een veel lager stikstofpercentage van het blad dan de andere (DM08, RH08) mitigatielocaties. Dit kan zijn veroorzaakt door de lagere nutriëntenconcentraties die zijn gemeten op KN08 t.o.v. DM08 en RH08 (zie bodemchemie; zie 3.3.3). Bij een lagere ammonium- en nitraatbeschikbaarheid kan er meestal minder stikstof ingebouwd worden in het blad van een plant (Lee & Dunton 1999). In november 2009, na het groeiseizoen zijn deze verschillen verdwenen en liggen de stikstofpercentages voor alle mitigatielocaties op een gelijk niveau. De stikstofpercentages zijn een stuk hoger (>3,0%) dan de grens voor stikstoflimitatie (<1,8%) die Duarte (1990) aangeeft. In een oligo/mesotroof systeem als de Oosterschelde met 25-400 µM ammonium in het porievocht (zie 3.3.3) is stikstof niet limiterend.



**Figuur 26 %N (stikstof) in zeegrasbladeren mitigatielocaties in april (26a) en november (26b) 2009**

N.b. De waarden van KZ08 van april 2009 en DM08 (schelpen) en KN08 (controle) in november 2009 ontbreken omdat er niet genoeg bladmateriaal aanwezig was in de plots om te bemonsteren. In elke grafiek is tevens de standaardafwijking weergegeven

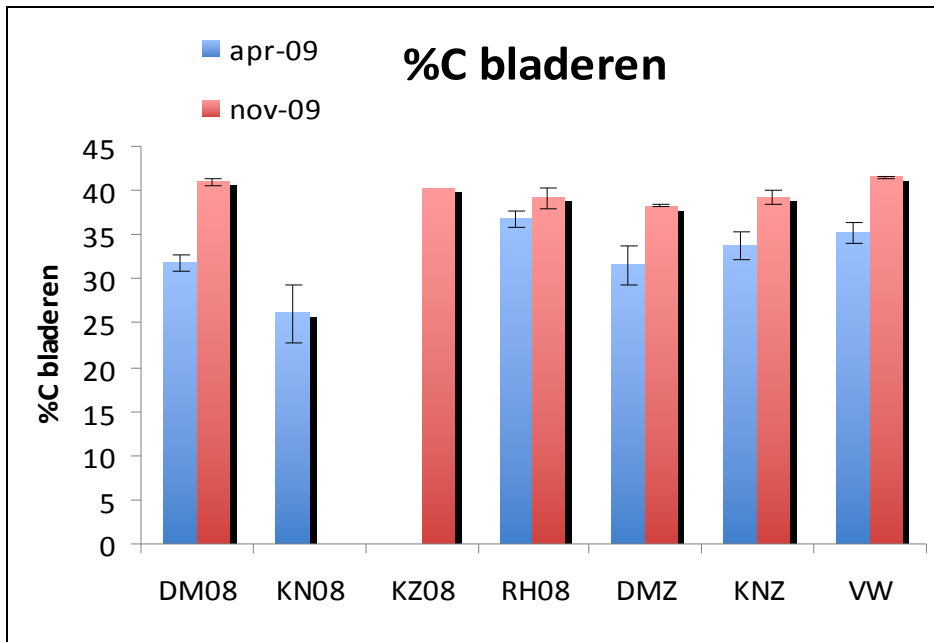
Er is weinig verschil zichtbaar tussen mitigatielocaties en natuurlijke populaties in april en november (figuur 27). In bijna alle gevallen is het %N in het blad lager na de winter (april) dan na het groeiseizoen. Mogelijk is de groei in april al begonnen: in het groeiseizoen groeien de planten en nemen actief veel nutriënten op voor de groei. Ook 'verdunt' het stikstof als gevolg van de groei. In de najaar komt het zeegras in rustfase en groei is zeer beperkt, en de passief opgenomen stikstof stapelt zich op (Brun *et al.*, 2002). Nutriëntenbeschikbaarheid in de winter is in elk geval niet limiterend.



**Figuur 27 %N (stikstof) in zeegrasbladeren mitigatielocaties & natuurlijke populaties in april 2009 en november 2009**

N.b. Gemiddelden en standaardafwijkingen zijn weergegeven

Figuur 28 laat zien dat er ook weinig verschillen zijn in % koolstof in het blad tussen de verschillende locaties. Na de zomer, in november zijn de koolstofgehaltenes hoger (40 %) dan na de winter in april (25-35 %). In het groeiseizoen is er op alle locatie veel fotosynthetiserend bladweefsel aanwezig evenals veel zonne-energie, wat leidt tot hoge koolstofproductie in de bladeren. In de winter is er nauwelijks fotosynthetisch actief blad aanwezig waardoor de koolstofproductie minimaal is, bovendien vindt er ook afbraak plaats van het bladmateriaal door lagere temperaturen en lichtsterkte (Vermaat en Verhagen, 1996).



**Figuur 28 %C (koolstof) in zeegrasbladeren mitigatielocaties & natuurlijke populaties in april 2009 en november 2009**

N.b. Gemiddelden en standaardafwijkingen zijn weergegeven

## 3.2 Biologische parameters

### 3.2.1 Wadpieren

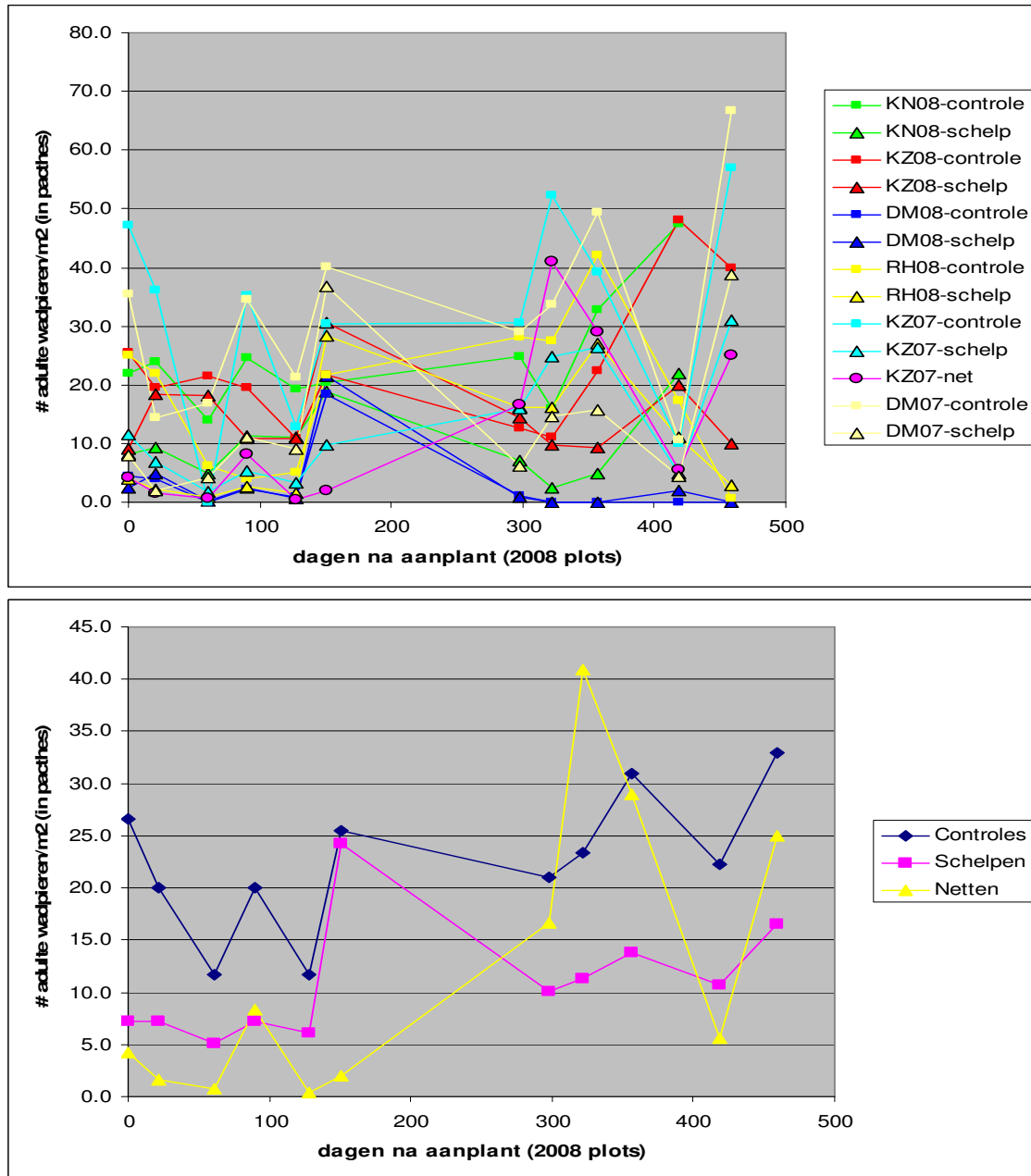
Zoals vermeld in de inleiding gaan wadpieren in de Oosterschelde (na de jaren 1980) niet goed samen met klein zeegras, en werd een behandeling vooraf op de mitigatielocaties daarom noodzakelijk geacht. In figuur 29a is weergegeven per mitigatielocatie de ontwikkeling van het aantal wadpieren per behandelingstype (schelpen, netten en controle) weergegeven per mitigatielocatie voor de periode 2008-2009. Figuur 24b geeft een samenvatting weer van de gemiddelde waarden voor schelpenplots en controles, plus de waarden van de plots met netbehandeling.

Uit figuur 29b blijkt dat zowel een schelpenbehandeling als een behandeling met netten een verlaging van het aantal volwassen wadpieren geeft. Dit effect is vooral in het eerste jaar duidelijk, waarbij een schelpenbehandeling het aantal volwassen wadpieren tot ongeveer één derde reduceert, en netten zelfs tot ongeveer één vijfde. In het tweede jaar neemt het effect van de schelpenbehandeling iets af, maar netto is de reductie nog ongeveer 50%. Het effect van de netbehandeling lijkt in 2009 (het derde jaar voor de netten, die alleen op KZ07 zijn gebruikt) sterk achteruit te gaan; mogelijk ligt de oorzaak aan het verzakken van de netten.

Uit figuur 29a blijkt dat de schelpenbehandeling op alle locaties behalve Dortsman Noord succesvol werkt in het verlagen van de aantallen volwassen wadpieren. Deze vermindering varieert van ongeveer één derde (RH08, DM07) tot een halvering (KN08 en KZ08). Op DM08 zijn de aantallen adulte wadpieren erg laag (meestal nul, en in elk geval <10) en daar lijkt de schelpenbehandeling geen effect te hebben op het verder verlagen van aantallen adulte wadpieren. Wat verder opvalt is dat op twee van de drie locaties met veel wadpieren (KN08 en RH08), in 2009 de wadpieraantallen in de schelpenbehandelingen hoger zijn dan in 2008; in de meeste gevallen gaat het om een verdubbeling. Een uitzondering is KZ08, die in 2008 en 2009 ongeveer gelijk is gebleven qua wadpieraantallen. De effectiviteit van de schelpenbehandeling neemt mogelijk af in de tijd<sup>11</sup>, maar is nog voldoende om wadpieraantallen onder 25/m<sup>2</sup> te houden (gemiddeld houdt het op 10-15/m<sup>2</sup>); dit werd eerder als kritische grens beschouwd (zie Fase-3 verslag van 4 december 2008). Overigens kunnen het evengoed jaar-tot-jaarverschillen zijn: ook in de controles zijn de wadpieraantallen in 2009 hoger dan in 2008; het effect van de antiwadpierenbehandeling is relatief gezien hetzelfde.

---

<sup>11</sup> De afname van de effectiviteit is ook ten gevolge van het intreden van een nieuw evenwicht (in wadpieraantallen) na aanleg. In het eerste jaar is dit nog niet bereikt, maar in het tweede jaar waarschijnlijk wel, en de verwachting is dat daarna het effect stabiel zal blijven.



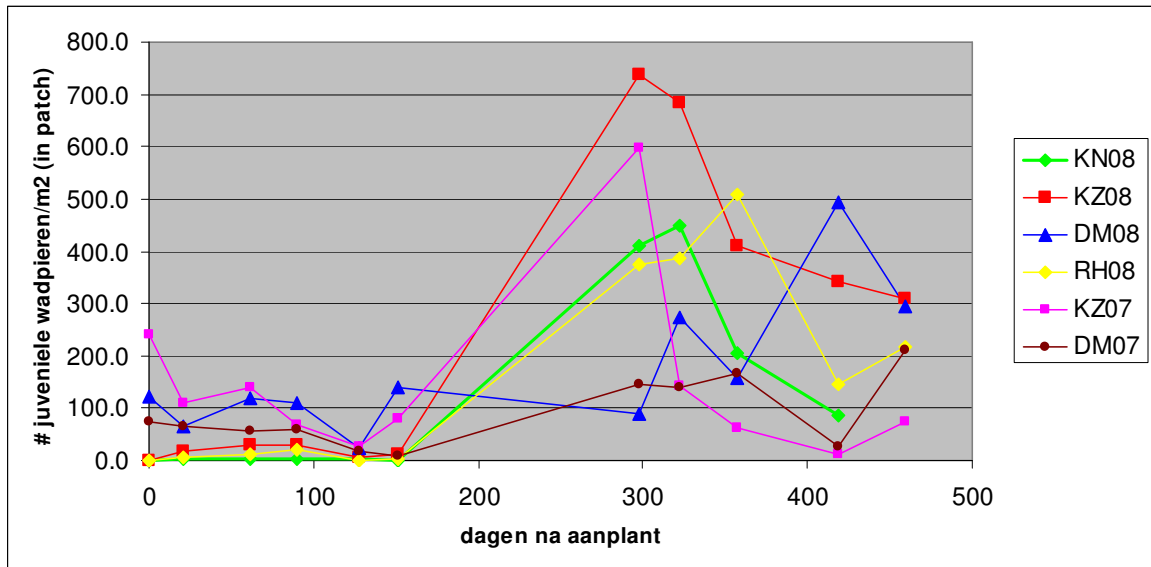
**Figuur 29 Volwassen wadpieraantallen, locatie en behandeling**

Figuur 29a = voor alle locaties en behandelingen afzonderlijk; figuur 29b = gemiddelde van alle locaties.

N.b. de vergelijking tussen netten-, schelpenbehandeling en controles in 29b is enigszins vertekend omdat netten alleen op KZ07 werden gebruikt

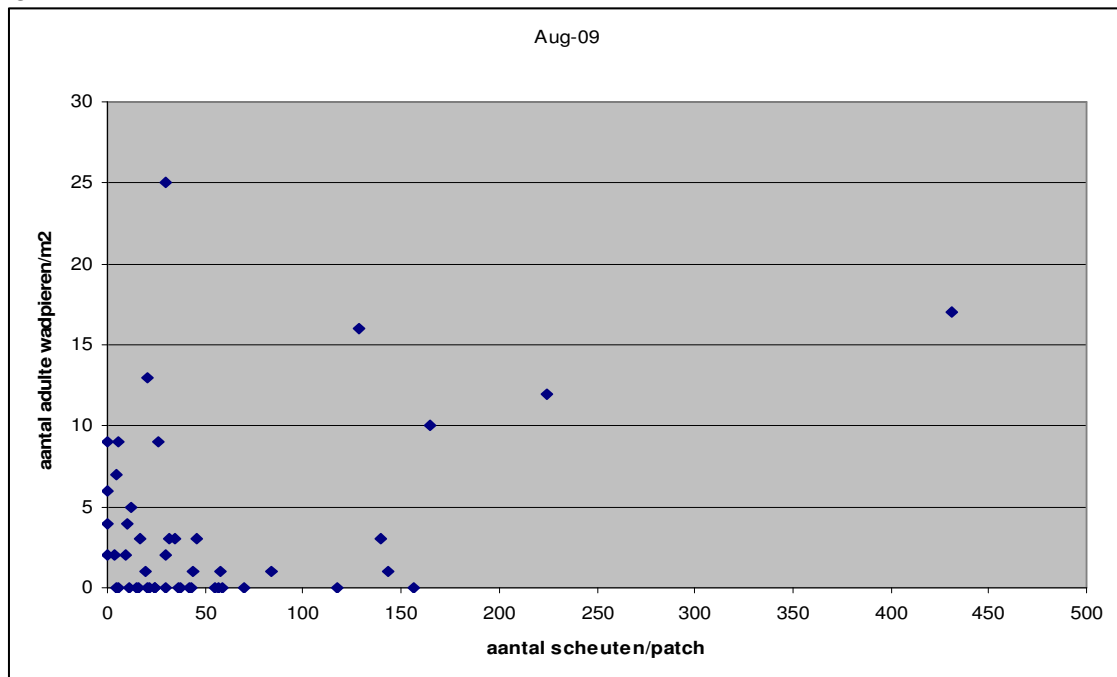
Juvenile wadpieren zijn op alle mitigatielocaties erg toegenomen in aantallen sinds het aanleggen van de plots in 2008 (figuur 30), en wijken in 2009 nauwelijks af van dichtheden buiten de patches. Kleine wadpieren hebben weinig last van een schelpen- of netbehandeling omdat ze niet zo ver in de bodem dringen, en als aantallen volwassen wadpieren laag zijn is de concurrentie gering.





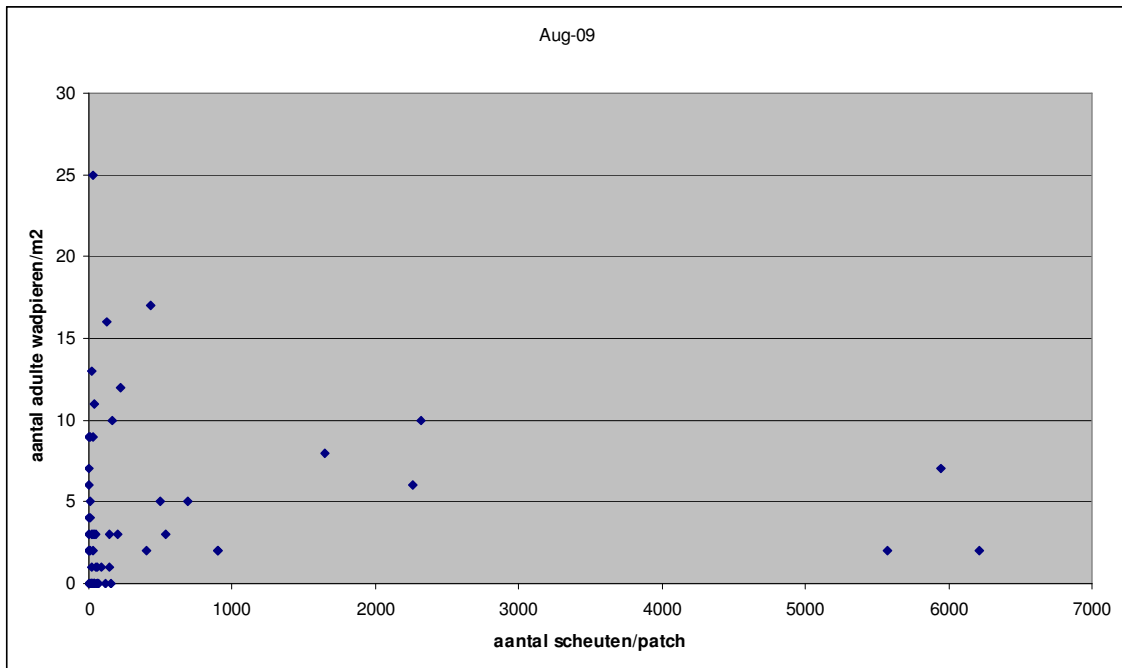
**Figuur 30** Juvenile wadpieraantallen en locatie

De relatie tussen aantallen volwassen wadpieren per vierkante meter en zeegrasbedekking (#scheuten/patch) in augustus 2009 is weergegeven in figuur 31, voor alle locaties behalve RH08. Er is geen duidelijk verband tussen de twee aanwezig: in augustus 2009 zijn wadpiedichtheden overall  $<25/m^2$ , en een directe relatie is ver te zoeken. In figuur 32 is hetzelfde weergegeven, maar nu voor alle locaties inclusief RH08. De relatie is hier iets duidelijker: hogere scheutdichtheden van  $>1000$  per patch zijn alleen te vinden waar wadpiedichtheden  $<10/m^2$  zijn. Bij scheutdichtheden  $<1000$  per patch kunnen wadpiedichtheden oplopen tot  $25/m^2$ , maar dit lijkt geen lineaire relatie. Er is sprake van een negatieve correlatie, maar deze is niet sterk aanwezig en niet significant.



**Figuur 31** Wadpieren en # scheuten (alle plots in 2009 behalve RH)

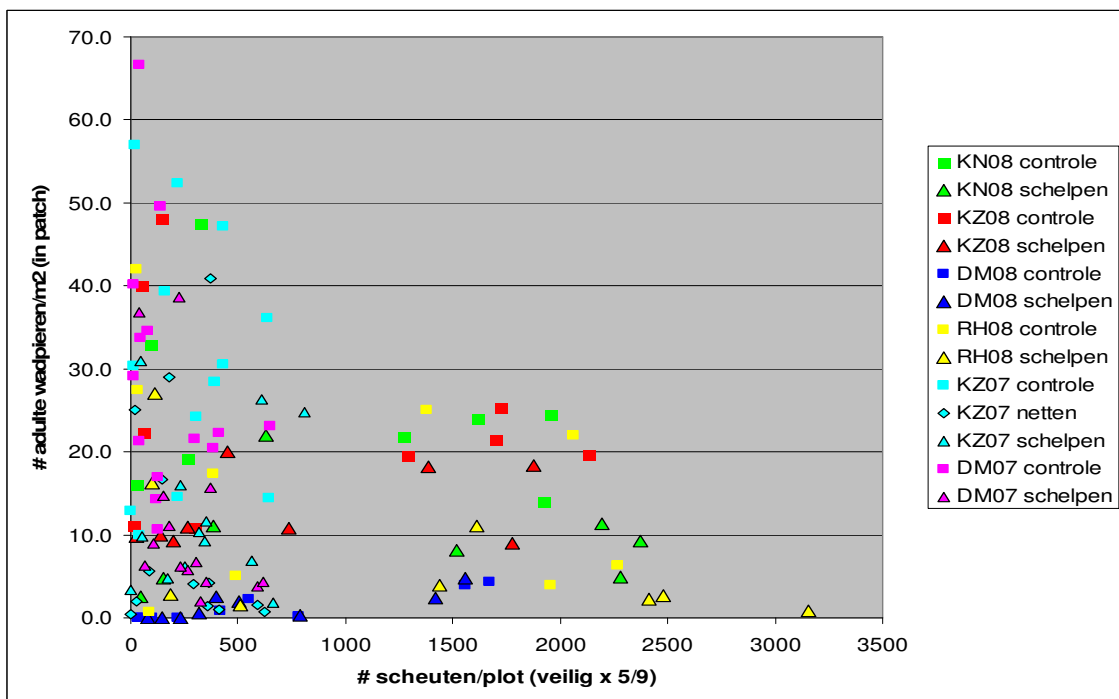
Scheutdichtheid is per patch berekend: voor veilige plots zijn totale aantallen scheuten gedeeld door 9, en in kansrijks plots zijn de aantallen scheuten gedeeld door 5.



**Figuur 32 Wadpieren en # scheuten (alle plots in 2009, inclusief RH08)**

Scheutdichtheid is per patch berekend: voor veilige plots zijn totale aantallen scheuten gedeeld door 9, en in kansrijks plots zijn de aantallen scheuten gedeeld door 5.

Grote wadpiedichtheden ( $>25/m^2$ ) komen vooral voor bij onbehandelde (controle) plots; hier zie je dan tevens lage scheutdichtheden ( $<500/plot$ ) (figuur 33).



**Figuur 33 Aantallen wadpieroepjes en scheuten per locatie en behandeling**

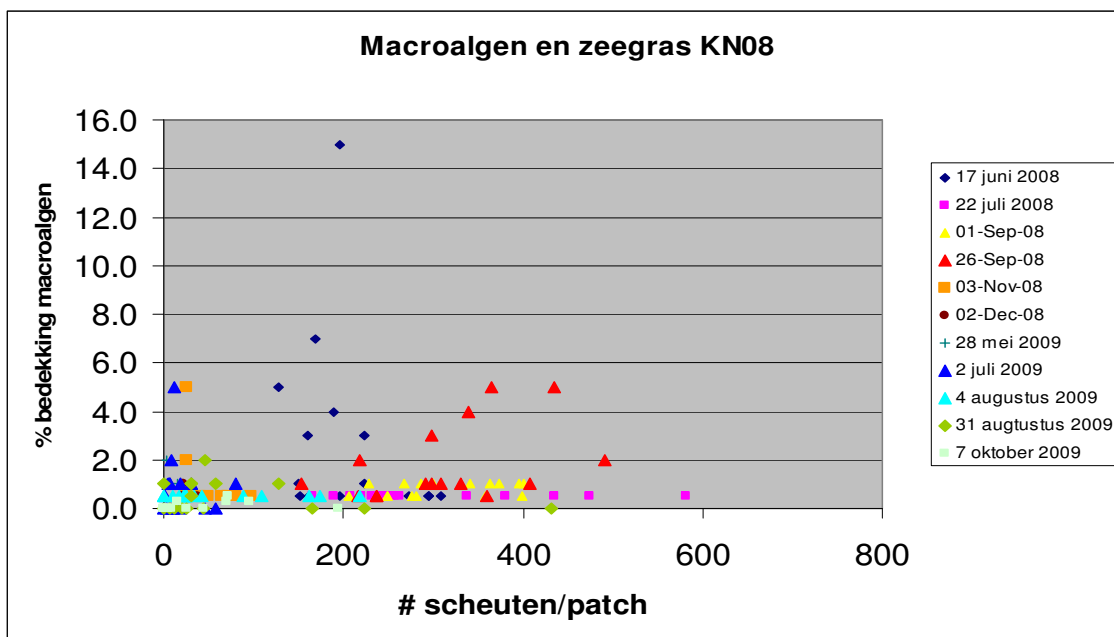
Weergegeven zijn gemiddelde waarden (van scheutaantallen en wadpieroepjes) per monitoring, voor 3 (KZ07) of 4 (DM07) monitoringsronden in 2007, en 9 monitoringsronden in 2008 en 2009 (alle locaties). Iedere ronde geeft één meetpunt per combinatie van locatie en behandeling.

### 3.2.2 Macroalgen

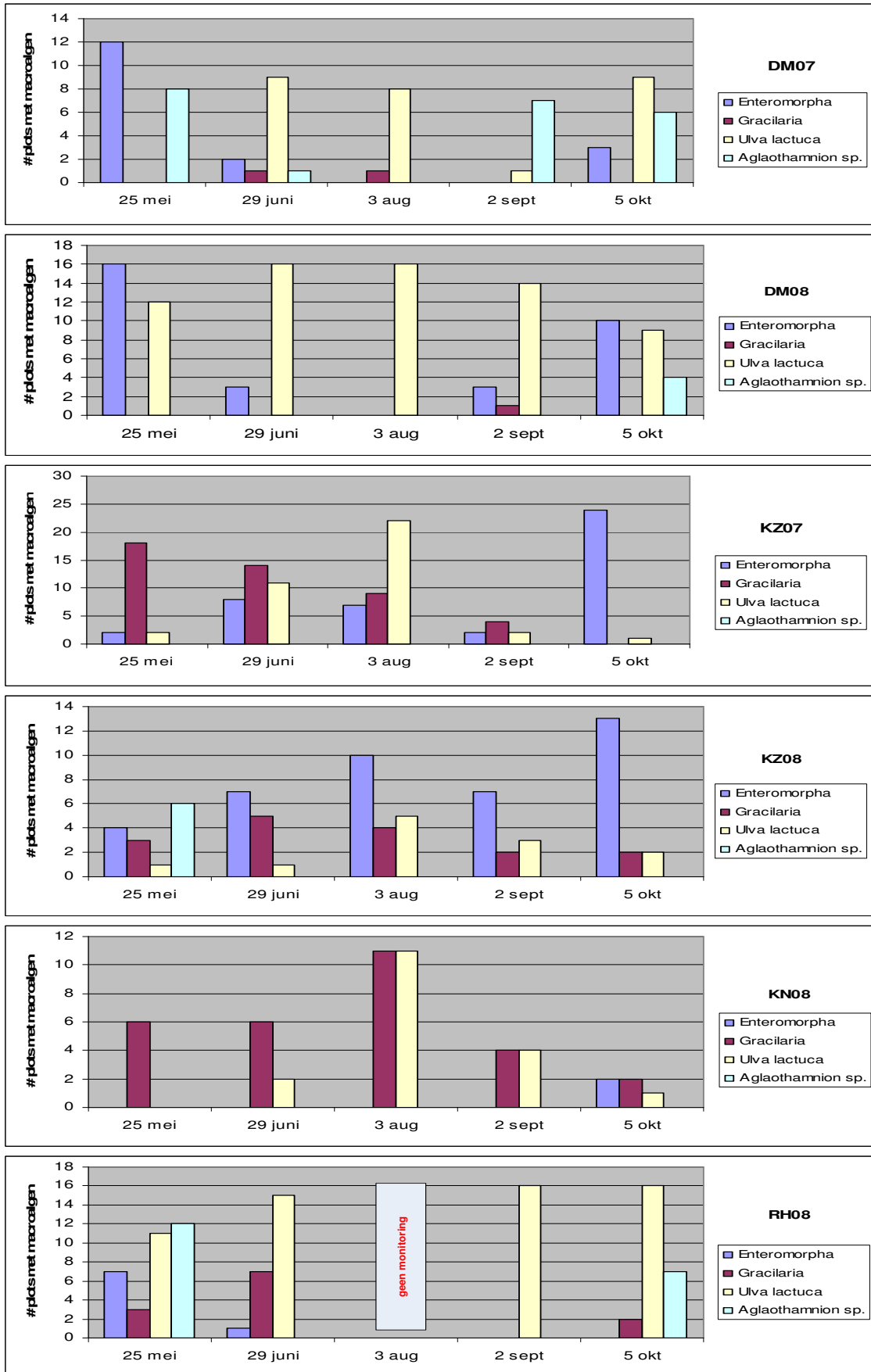
Macroalgen zoals darmwier *Enteromorpha*, zeesla *Ulva lactuca*, knoopwier *Gracilaria* en het roodwier *Aglaothamnion* komen op sommige locaties in de Oosterschelde veelvuldig voor en kunnen dichte ophopingen vormen, bijvoorbeeld lokaal in kleine baaien en bij bepaalde windrichtingen. In natuurlijke zeegraspopulaties zoals die van Dortsman Noord komt *Enteromorpha* bijna jaarlijks (meestal in juni) voor als een dichte mat in het zeegrasveld, maar verdwijnt vervolgens weer na een paar weken. *Gracilaria* is talrijk in de natuurlijke zeegrasvelden van Krabbenkreek Zuid, maar heeft niet de neiging het zeegras te overwoekeren, hoewel het wel gedurende het hele groeiseizoen voorkomt. Bij de verkenning van potentiële mitigatielocaties in december 2007 vielen de grote hopen *Ulva* op bij Roelshoek.

De gemiddelde bedekking met macroalgen in de plots gedurende alle monitoring is laag (ongeveer 1%), en hogere bedekkingen (>2%) komen vooral voor in voor- en najaar (zie figuur 34), wanneer er in deze kustwateren mineralisatie plaatsvindt en nutriëntengehaltes tijdelijk hoger zijn. Hogere bedekkingen (20-25%) komen zeer plaatselijk en tijdelijk voor. Er is er geen significante relatie tussen bedekking met macroalgen en groei van het zeegras. Om meer en beter inzicht te krijgen in de relatie (die mogelijk loopt via nutriënten; zie 3.3.3) zou men de monitoring van macroalgen moeten aanpassen, bijvoorbeeld door vastzittende en vrij rondrijvende algen te onderscheiden.

De macroalgensamenstelling hangt af van locatie en seizoen (zie figuur 35). Op DM07 domineert *Enteromorpha* in het voorjaar van 2008, terwijl *Ulva* en *Aglaothamnion* in vroeg zomer en najaar overheersen. In KZ07 overheerst *Gracilaria* in voorjaar en zomer, *Ulva* in de zomer en *Enteromorpha* in het najaar. Op de KN08 overheersen vooral *Gracilaria* en *Ulva*, terwijl op KZ08 meer soorten voorkomen, maar vooral *Enteromorpha* overheerst. Bij DM08 overheerst *Enteromorpha* vooral in het voorjaar, terwijl *Ulva* meer in het najaar overheerst. Bij Roelshoek zijn zowel *Ulva* als *Aglaothamnion* algemeen gedurende het groeiseizoen, en vaak aanwezig in kleinere fragmenten.



**Figuur 34** Bedekkings% macroalgen en # scheuten/patch KN08



Figur 35 Macroalgensorten per locatie: 2009

### 3.2.3 Ganzen & andere foeragerende vogels

Tijdens monitoringsbezoeken aan zowel mitigatielocaties als natuurlijke zeegraspopulaties in de Oosterschelde is gedurende 2007-2009 opgevallen dat foeragerende vogels flinke sporen kunnen achterlaten in het zeegras (zogenaamde 'ganzenkuilen'). Deze sporen variëren van kleine, ondiepe kuilen lokaal in het zeegras tot het omwoelen van een deel van een zeegrasveld. Het gaat hierbij vooral om activiteit van rotganzen *Branta bernicla bernicla*, en in geringere mate om een aantal eendensoorten (smient, pijlstaart, bergeend).

Er is geen systematische monitoring uitgevoerd op het effect van foeragerende vogels, maar wel een aantal metingen uitgevoerd. In september-oktober 2007 werden ganzenkuilen niet waargenomen in Krabbenkreek Zuid, maar wel op de Dortsman Noord, waar op 6 oktober 2007 bleek dat er kuilen aanwezig waren in 27 van de 75 patches (=35%).

Tijdens een veldbezoek aan de mitigatielocaties op 25-26 september 2008 bleek dat de plots in Krabbenkreek Zuid veel sporen hadden van foeragerende vogels, evenals de DM08 plots (maar niet DM07, 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 2008 zijn er specifieke 'ganzenkuil' observaties uitgevoerd op Dortsman Noord, Krabbenkreek Noord en Roelshoek, en toen waren sporen van foerageergedrag door ganzen overal aanwezig. Op KN08 werd gemiddeld drie kuilen per patch waargenomen, DM08 1,5 kuilen per patch, en op RH08 2,5 kuilen per patch.

Tijdens het veldbezoek van 10-11 oktober 2009 werden op de meeste mitigatielocaties sporen van foerageeractiviteit door vogels geconstateerd, al was dit gering op alle locaties behalve RH08. In RH08 plots waar ganzen actief waren (i.e. 12 van de 16 plots) bestond 10-20% van het (voormalig) zeegrasveld uit ondiepe ganzenkuilen. In sommige plots (1, 5, 13) bedroeg dit zelfs 30-40% van het voormalige zeegrasveld.

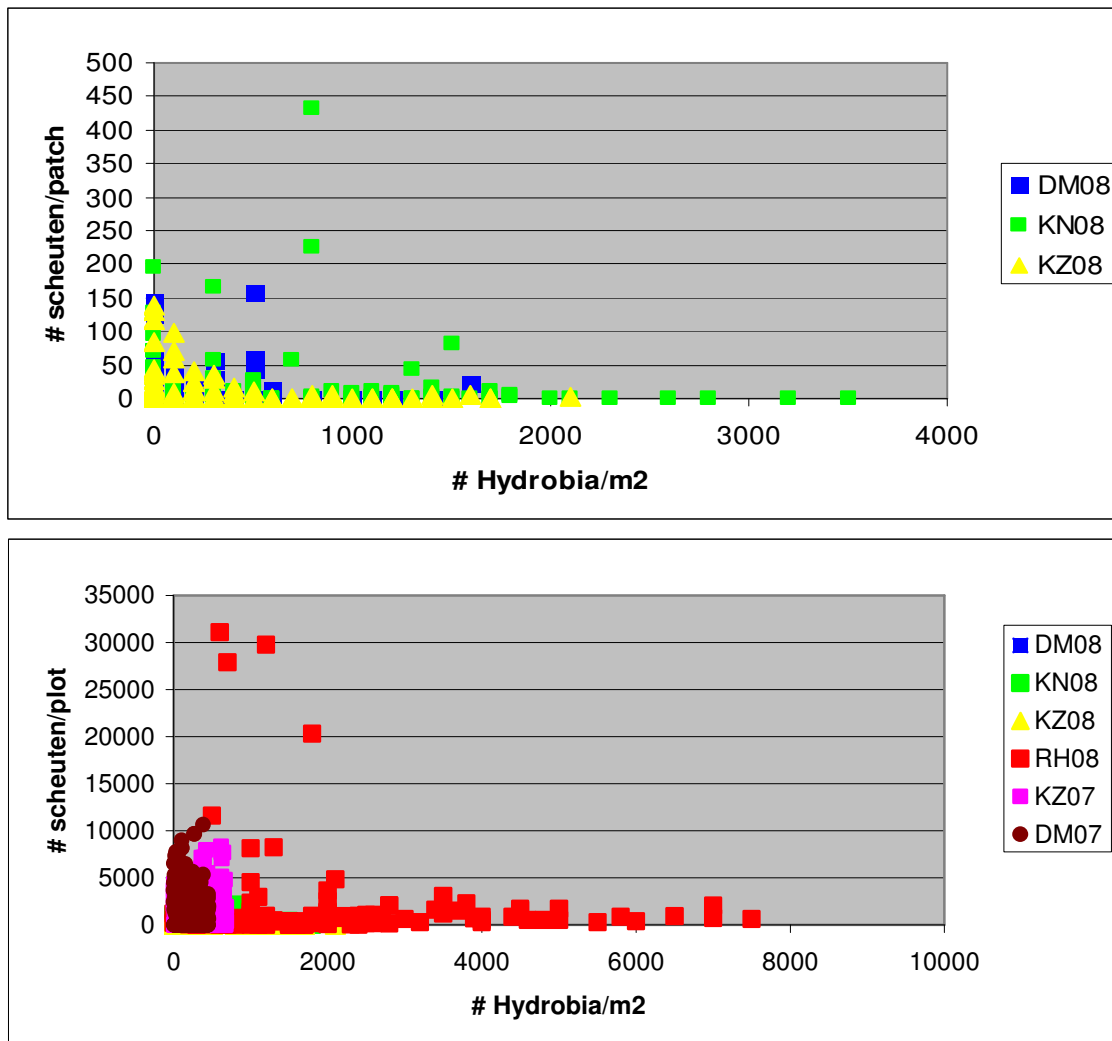
Eind november 2009 is het zeegras van de RH08 plots ingemeten met behulp van de RTK-DGPS, om te beoordelen of er sprake was van een achteruitgang van het zeegrasareaal, en of dit eventueel samenhangt met activiteit van foeragerende vogels. Tussen augustus 2009 en 28 november 2009 is de gemiddelde oppervlakte van het zeegras per plot afgenomen van 8,5 m<sup>2</sup> naar 7,25 m<sup>2</sup>, een afname van 18%. Hoewel er in sommige plots (delen van) patches verdwenen zijn, ligt dit ook aan het jaargetijde (afsterven bovengronds in het najaar). Het effect van foeragerende vogels op de plots van RH08 lijkt dus mee te vallen, en de verwachting is echter dat dit geen blijvend negatief effect zal hebben op deze locatie.

Metingen in de Waddenzee wijzen op een mogelijk verband tussen activiteit van ganzen en een ruimtelijke scheiding van wadpieren en zeegras. Ganzen graven kuilen, die vervolgens worden gekoloniseerd door wadpieren, later gevolgd door ingroeiend zeegras (pers. comm. Johan Eklöf, december 2009).



### 3.2.4 Wadslakjes, alikruiken, krabben

Het aantal wadslakjes *Hydrobia ulvae* in de zeegraspatches zijn weergegeven in relatie tot scheutdichtheid in de patch, in figuren 36a en 36b. Net als bij eerdere analyses (zie bijv. Fase 3 verslag) is er geen duidelijke correlatie zichtbaar, en blijft het waarschijnlijk dat het aantal wadslakjes meer afhangt van omstandigheden zoals zon, regenval, wind en tijdstip na droogval dan van locatie, substraat en aantal zeegrasscheuten.



**Figuur 36 Wadslakjes en scheutdichtheid, per locatie**

Figuur 36a = DM08, KN08 & KZ08; 36b = Alles zes mitigatielocaties.

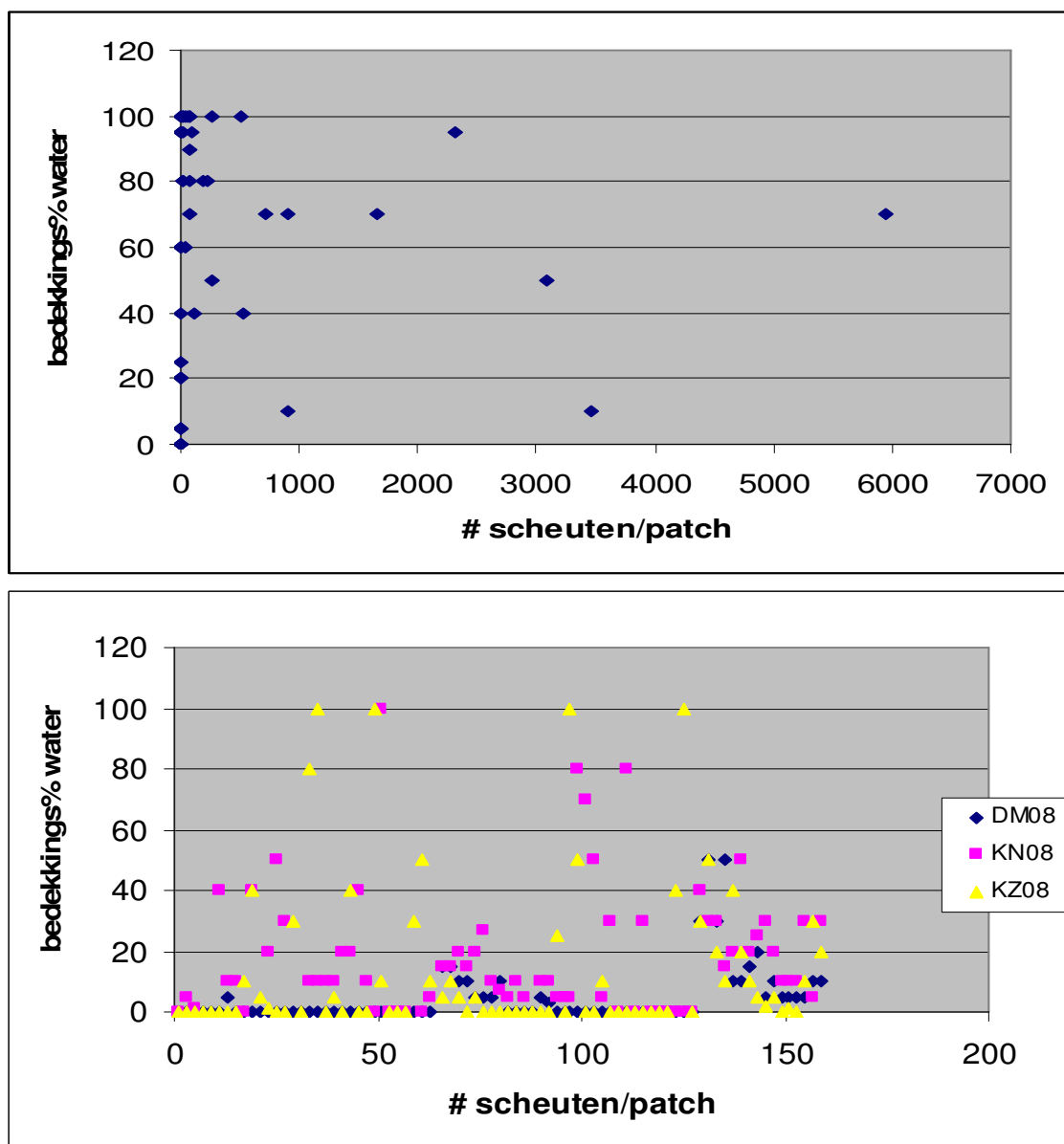
Aantallen alikruiken *Littorina littorea* zijn na aanleg van de plots op alle locaties laag tot erg laag in het eerste jaar, en in het tweede jaar op de 2008 plots is het aantal overall tot nul gedaald. In DM07 waren alle alikruiken in 2008 verdwenen, maar in KZ07 bleven ze aanwezig in een gering aantal plots tot in 2009.

Volwassen strandkrabben *Carcinus maenas* (carapace >4 cm) zijn nog minder algemeen dan alikruiken, en komen alleen (hoe toepasselijk) in de plots van de Krabbenkreek (noord en zuid) voor, maar dan in hele lage dichtheden. Een correlatie met zeegrasdichtheden is niet aantoonbaar.

### 3.3 Fysisch-chemische parameters

#### 3.3.1 Waterbedekking & zeegrasgroei

Figuren 37a en 37b geven de relatie weer tussen het aantal scheuten en het bedekkingspercentage met water (gemeten bij laag water), voor RH08 (figuur 37a) en de overige 2008-locaties gecombineerd (figuur 37b; in KZ07 en DM07 zijn geen metingen verricht). Van een duidelijke relatie is geen sprake. Bij RH08 is er een zwakke (niet significante) positieve relatie tussen bedekking met water en hogere scheutdichtheid, maar bij de overige locaties is er geen verband, of juist een zwak negatief verband (zoals op KZ08 en DM08). Als we per plot de waarden bekijken in de tijd dan blijkt dat verschillen erg willekeurig zijn, en waarschijnlijk vooral te maken hebben met factoren zoals het tijdstip van meten (voor of na hoogwater), regenval en windrichting. De wijze van monitoren zou men moeten aanpassen om hier meer inzicht in te krijgen.



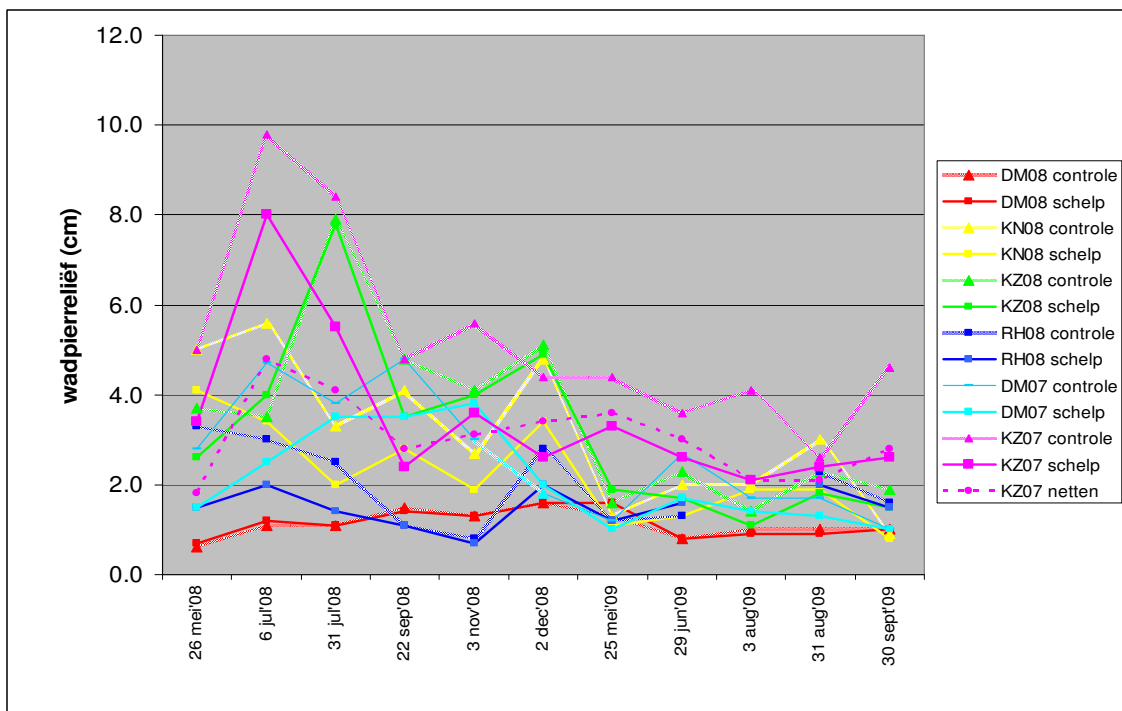
**Figuur 37 Bedekking met water & scheutdichtheid (RH08 boven; overige onder)**

Alleen RH08 (boven) = 37a; de overige 2008 locaties gecombineerd (onder) = 37b

### 3.3.2 Wadpierreliëf

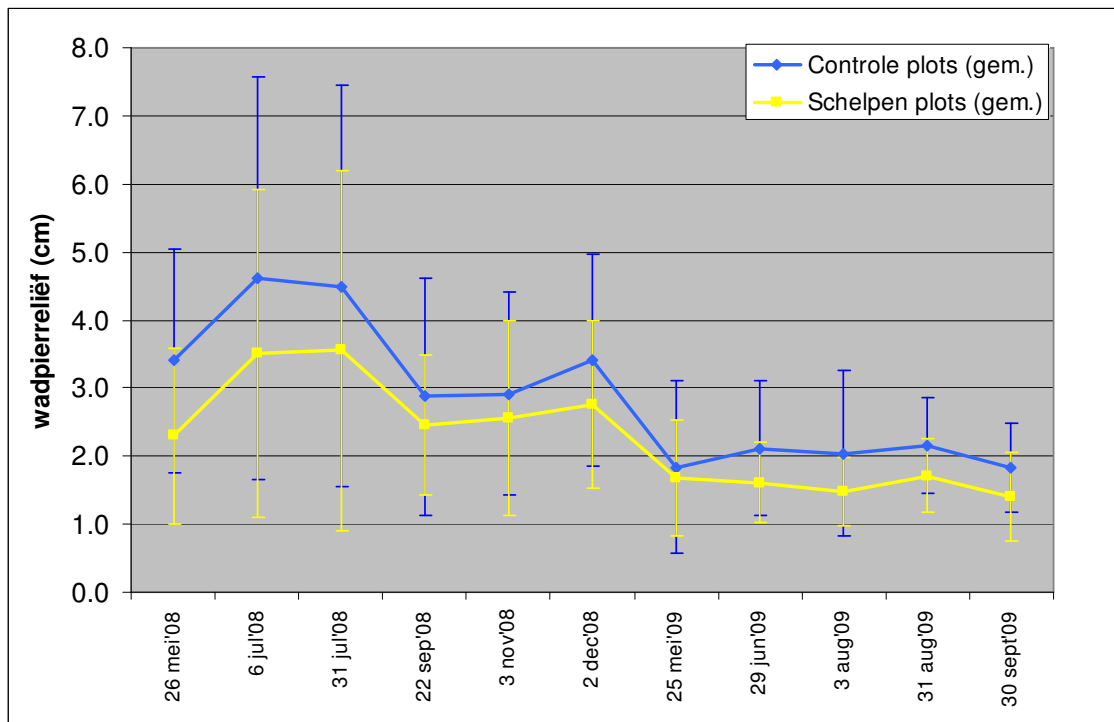
Het wadpierreliëf verschilt aanzienlijk tussen de zes mitigatielocaties (figuur 38): in de relatief beschutte locaties KZ07, KZ08 en KN08 waar veel volwassen wadpieren voorkomen (figuur 29) bedraagt dit gemiddeld 3,7 cm, 3,4 cm en 2,7 cm (respectievelijk). Op de locatie DM08, waar vooral juveniele wadpieren<sup>12</sup> voorkomen, is het gemiddeld wadpierreliëf slechts 1,1 cm. De meer geëxponeerde locaties RH08 en DM07 hebben een gemiddeld wadpierreliëf van respectievelijk 1,8 cm en 2,1 cm.

De schelpenplots hebben op de locaties KN08, KZ07, KZ08, DM07 en RH08 een geringer wadpierreliëf dan de controleplots: op KN08 bedragen deze gemiddeld 3,2 cm en 2,2 cm, respectievelijk, KZ07 5,2 cm en 3,5 cm, KZ08 3,5 cm en 3,2 cm, DM07 2,7 cm en 2,1 cm, en op RH08 2,0 cm en 1,5 cm (figuur 38). Op locatie DM08 is het reliëf overall even gering (1,1 cm) en heeft een schelpenbehandeling geen additionele uitwerking, temeer omdat het om voornamelijk juveniele wadpieren gaat die geen hinder ondervinden van de schelpenlaag. Netten geven op KZ07 in 2008 een duidelijk sterkere reductie van het wadpierreliëf dan een schelpenbehandeling. In 2009 is dit verschil nagenoeg verdwenen; het wadpierremitterend effect van netten is afgenomen, mogelijk door verzakking van de netten (zie ook 3.2.1). In 2008 was het verschil tussen schelpen- en controleplots groter (1,1 cm) dan in 2009 (ongeveer 0,5 cm), maar in 2008 was het gemiddelde wadpierreliëf ook groter dan in 2009 (figuur 39). Standaardafwijkingen geven echter aan dat de verschillen statistisch gezien niet significant zijn.



**Figuur 38 Gemiddeld wadpierreliëf controle-, net- en schelpenplots voor de 6 locaties**

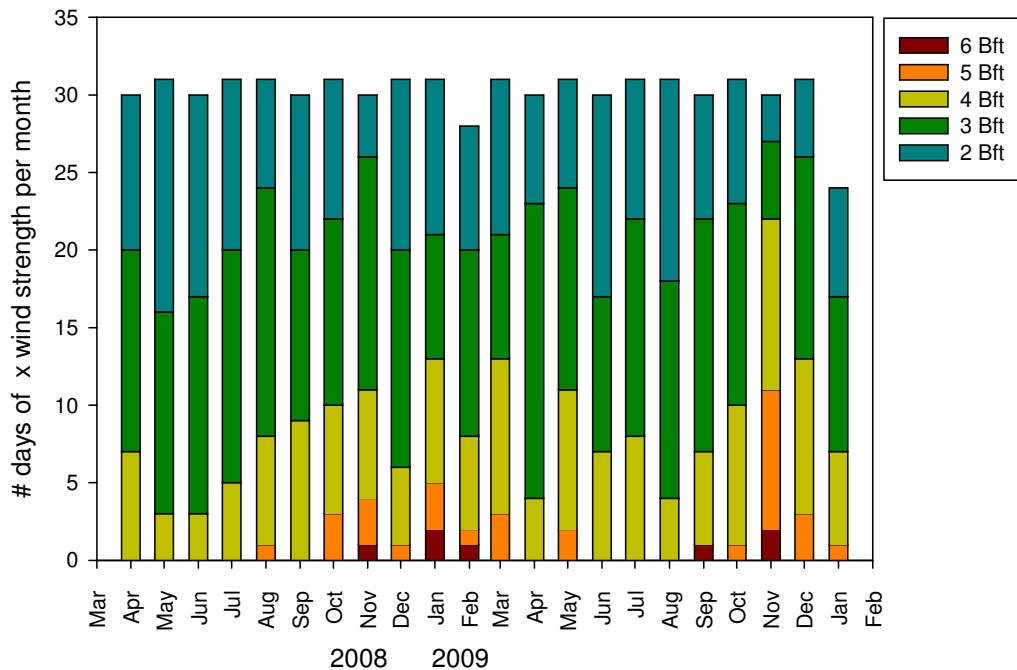
<sup>12</sup> Men kan op DM08 spreken over een zogenaamde 'broedwad', waar juveniele wadpieren gedijen in relatieve afwezigheid van (concurrerende) volwassen wadpieren (Farke & Berghuis, 1979). Hetzelfde zien we in de schelpenplots waar de volwassen wadpieren een lagere dichtheid hebben, hier zijn de juveniele wadpiedichtheden hoger.



**Figuur 39 Gemiddeld wadpierreliëf controle- versus schelpenplots**

N.b. standaardafwijkingen toegevoegd; = gemiddelde voor alle zes mitigatielocaties.

Opvallend is dat in 2009 relatief weinig reliëfopbouw is vergeleken met 2008, ondanks dat er in de patches van alle locaties tussen 2008 en 2009 gemiddeld een verdubbeling van het aantal volwassen wadpieren plaatsvindt (3.2.1). Naar alle waarschijnlijkheid is het uitblijven van reliëfopbouw het gevolg van meer dagen met een krachtige wind in de Oosterschelde in 2009 dan in 2008 (figuur 40). Een veranderde hydrodynamiek als gevolg met op tijden sterkere golfslag (als gevolg van windgedreven golven) kan de opbouw van het wadpierreliëf doen stagneren of uitblijven. Hoewel niet erg nauwkeurig geven deze winddata toch een indicatie dat er hoogstwaarschijnlijk meer momenten in de eerste zomermaanden zijn geweest waarbij opgebouwd / opbouwend wadpierreliëf genivelleerd kan zijn.



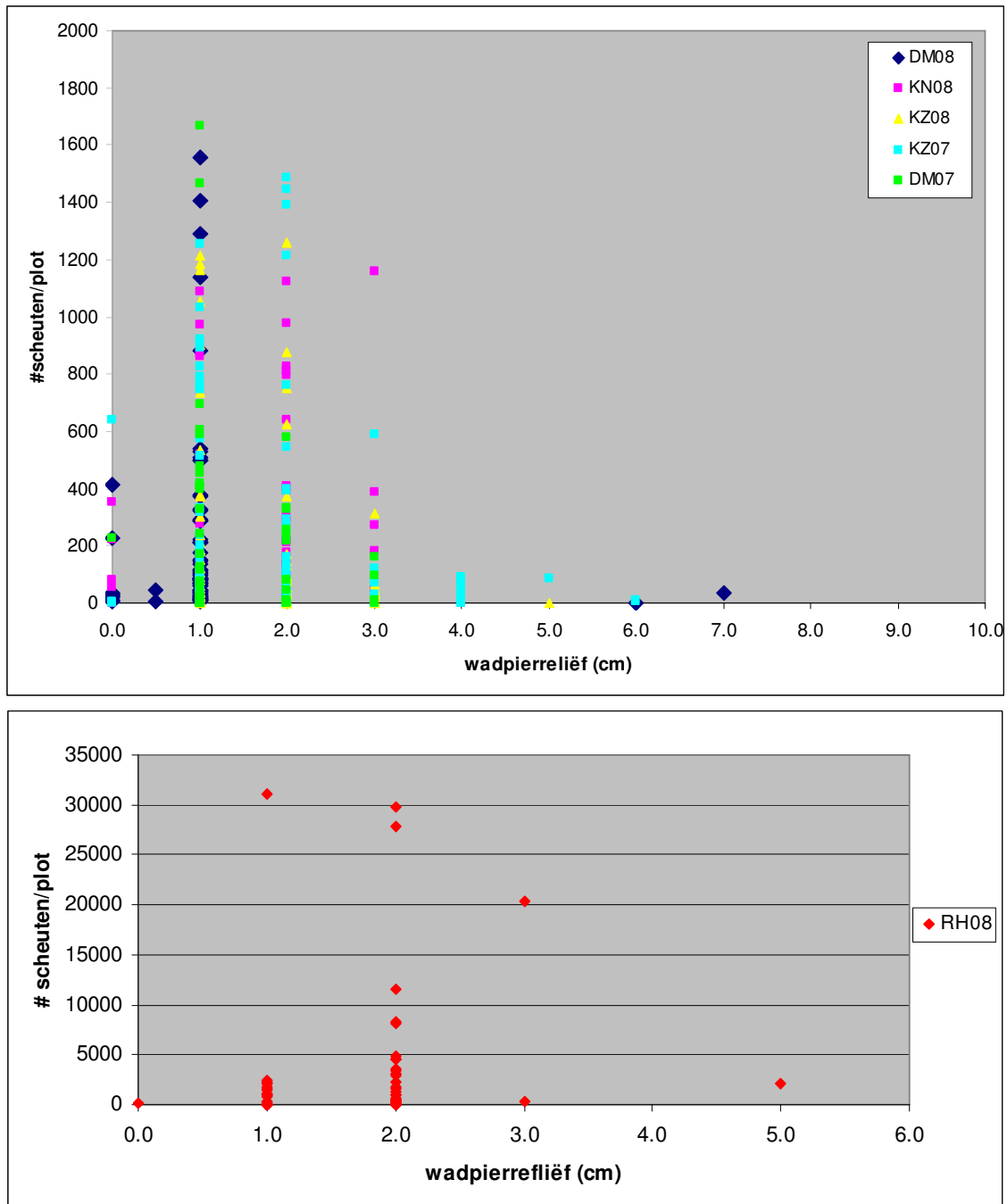
**Figuur 40 Windvoorspellingen voor Krabbendijke, 2008-2009**

Bron: windguru.cz/nl. Deze data geven de windsterktes aan zoals een dag van tevoren voorspeld (dwz niet actuele data, maar wel een goede indicatie).

Figuur 41 geeft de relatie tussen wadpierreliëf en het aantal scheuten/plot weer voor RH08 (41b) en de overige locaties (41a). Bij aanzienlijk wadpierreliëf ( $\geq 4-5$  cm) komt zeegras niet of nauwelijks voor en er lijkt dus een negatieve relatie te bestaan, met een grenswaarde waarboven zeegras het minder goed doet<sup>13</sup>.

<sup>13</sup> Er blijft daarnaast een dichtheidseffect optreden. Eén wadpier met een reliëf van 4-5cm brengt nog geen populatie om zeep (ervaringen W. Suykerbuyk met mesocosm experimenten). Reliëf zorgt lokaal voor extinctie, daarnaast (cm schaal) kan zeegras nog steeds floreren.





**Figuur 41 Wadpierreliëf en aantal scheuten/plot**

N.b. 41b (onder) = RH08, 41a (boven) = de overige 5 mitigatielocaties.

### 3.3.3 Bodemchemie

De chemische samenstelling van het poriewater is samengevat in Tabel 5 en figuren 43a tot en met 43e. Per mitigatielocatie zijn deze waarden gemiddelden voor 2-8 metingen per type (buiten plot, binnen plot, binnen zeegrass patch, enzovoorts). Voor de natuurlijke zeegrassvelden zijn deze gemiddelden van 2 metingen ieder op een 9-tal locaties.

- Sulfidegehaltes zijn op de mitigatielocaties (gem. 39.8  $\mu\text{mol/l}$ ) hoger dan in de natuurlijke zeegrassvelden (1.5  $\mu\text{mol/l}$ ). Vooral de plots van RH08 en de controleplots van DM08 hebben hoge sulfidegehaltes; als deze niet worden meegeteld ligt het gemiddelde van de mitigatielocaties 'slechts' op 12  $\mu\text{mol/l}$ <sup>14</sup>. Zowel op DM08 als RH08 komen macroalgen in grotere aantallen voor dan op de twee overige locaties (zie 3.2.2). Afbraak van algen zou tot hogere sulfidewaarden kunnen leiden. Daarnaast staat er meer zeegrass op RH08, en is er waarschijnlijk meer organisch materiaal in de bodem aanwezig waardoor de sulfideproductie mogelijk wordt gestimuleerd (anderzijds kan zeegrass ook detoxificeren door de beluchting van de bodem, zie bijv. Deborde *et al.*, 2008). Een duidelijke grens waarboven sulfide nadelig is, is onbekend<sup>15</sup>. Proeven van Frederiksen *et al.* (2008) waarbij *Zostera marina* drie weken werd behandeld met sulfideconcentraties die variëerden van 0 tot 1.8 mM vertoonden geen effect op groei en overleving bij voldoende licht en zuurstof. Bij beschaduwing en lage zuurstofconcentraties vonden zij wel een negatief effect van sulfide bij hoge sulfideconcentraties. Natuurlijke zeegrassvelden (alle soorten) hebben in iets meer dan de helft van de gevallen minder dan 100  $\mu\text{M}$  in het poriewater, maar bijna de helft van de zeegrassvelden heeft waardes boven 100  $\mu\text{M}$  (Terrados *et al.*, 1999). Uiteraard hebben zeegrassen ook veel invloed op sulfidegehalte via beluchting van de bodem, via ijzerreductieprocessen en door het 'toevoegen' van organisch materiaal aan de bodem wat de sulfaatreductie stimuleert (Deborde *et al.*, 2008).
- Alkaliniteit ligt gemiddeld op 3.8 mEq op de mitigatielocaties, en dit verschilt niet veel van waarden in de natuurlijke zeegrassvelden (3.4 mEq). Opvallend is dat wederom RH08 hogere waarden heeft dan de overige mitigatielocaties (4.8 en 3.4, respectievelijk). Een toename van de alkaliniteit<sup>16</sup> wordt voor het grootste deel veroorzaakt door ophoping van bicarbonaat, wat vrijkomt bij de afbraak van organische stof.

<sup>14</sup> Deze sulfide waardes zijn zo laag, dat er zeer waarschijnlijk geen enkel negatief effect van sulfide op zeegrass is.

<sup>15</sup> Uit nog ongepubliceerde resultaten (L. Govers, 2009) van experimenten van vorige zomer waarbij sulfide concentraties kunstmatig zijn verhoogd d.m.v. toevoegen van organisch materiaal is gebleken dat eigenlijk al het zeegrass dood ging bij sulfide concentraties in het poriewater boven de 600  $\mu\text{M}$ . In Frankrijk (Arcachon) heeft L. Govers geconstateerd dat zeegrass kan groeien op sediment met sulfide concentraties boven de 1 mM, maar dan wel bij erg hoge zeegrassdichtheden. Het lijkt dus of er een dichtheidsafhankelijk toxiciteits effect is van sulfide. Mogelijk bestaat een relatie zoals bekend bij Ammonium toxiciteit (van der Heide *et al.*, 2008).

<sup>16</sup> Belangrijke buffers in poriewater van zeewaterbodems zijn bicarbonaat, sulfide en fosfaat; hier is alleen fosfaat gemeten.

- Ammonium ( $\text{NH}_4^-$ ) gehalten liggen in de mitigatielocaties gemiddeld op 117  $\mu\text{mol/l}$ , wat meer dan tweemaal zo hoog is als in de natuurlijke zeegrasvelden (50  $\mu\text{mol/l}$ ). Dit is vooral ten gevolge van de hoge waarden in DM08 (154  $\mu\text{mol/l}$ ) en RH08 (178  $\mu\text{mol/l}$ ). Echter, metingen T. van der Heide uit 2005 (zie fase 3 verslag) laten zien dat deze waarden op DM08 en RH08 nog binnen de normale 'range' is in zeegraslocaties in de Oosterschelde, waar waarden van 28-585  $\mu\text{mol/l}$  (gem. 133  $\mu\text{mol/l}$ ) worden gevonden. Een dergelijke verhoging kan gerelateerd zijn aan het organische materiaal (afkomstig van zeegras en macroalgen), van waaruit nutriënten vrij zouden kunnen komen. Deze waarden zijn overigens niet extreem hoog, en licht verhoogde waarden kunnen zelfs de groei stimuleren. In de bodem zijn ammonium en nitraat pas giftig bij hele hoge waarden (Peralta *et al.*, 2003; Govers, ongepubliceerde data 2009), maar in de waterlaag is ammonium wel giftig bij lage concentraties (van Katwijk *et al.*, 1997). Het is niet waarschijnlijk dat diffusie van  $\text{NH}_4$  uit de bodem naar de waterlaag voor toxische niveaus in de waterlaag zullen zorgen, aangezien (1) op het grensvlak tussen bodem en water doorgaans een diatomeeënlaag 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).
- Nitraatgehalten ( $\text{NO}_3^-$ ) zijn in 2008 in de mitigatielocaties gemiddeld even laag als in de natuurlijke zeegrasvelden (beide 1.1  $\mu\text{mol/l}$ ). In KN08 liggen de waarden overigens meer dan tweemaal zo hoog als in de drie andere mitigatielocaties (1.8 en 0.8  $\mu\text{mol/l}$ ). In 2009 zijn alleen waarden van KZ08 gemeten, en deze liggen dan meer dan tweemaal zo hoog als in 2008 op dezelfde locatie (0.9 en 2.3  $\mu\text{mol/l}$ ). Deze jaarlijkse schommelingen hangen mogelijk samen met verschil in seizoen (metingen waren in augustus 2008 en april 2009), maar mogelijk ook met uitstoot uit aangrenzende landbouwgebieden (weer in samenhang met het seizoen)<sup>17</sup>.
- Fosfaatgehalten ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) zijn in de mitigatielocaties gemiddeld bijna tweemaal zo hoog als in de natuurlijke zeegrasvelden (19.6 en 11.5  $\mu\text{mol/l}$ , respectievelijk). Net als bij ammoniumgehalten hebben vooral de locaties DM08 en RH08 hogere waarden (23 en 30  $\mu\text{mol/l}$ ). Gegevens van van der Heide uit 2005 laten zien dat deze waarden in de mitigatielocaties buiten de range (2.5-10  $\mu\text{mol/l}$ ) vallen voor zeegraslocaties in de Oosterschelde<sup>18</sup>, en dus verhoogd zijn.

Nutriëntgehaltenes (m.n. ammonium en fosfaat) zijn aanzienlijk hoger in DM08 en RH08 dan op de andere mitigatielocaties. Opvallend is dat op beide locaties de gehalten van zowel N als P in de zeegras patches lager zijn dan daarbuiten, wat duidt op een opname door het zeegras (tabel 6). Dit modulerend effect van de patches (zeegras plus sediment van donorlocatie) zien we ook in het geval van sulfidegehalten, die op DM08 en RH08 vooral buiten het zeegras hoog zijn. Opvallend is dat de waarden van zowel sulfide als

<sup>17</sup> Het KNMI weerarchief laat zien dat 2008 een natte zomer had, terwijl 2009 juist een redelijk droge zomer had. Minder verdunning door regen of meer indamping en daardoor geconcentreerdere lozing in 2009 kan tot hogere concentraties hebben geleid.

<sup>18</sup> Een uitzondering is echter Viane West, waar tijdens de aanvullende proeven uitgevoerd in 2009 ook fosfaatwaarden rond de 20  $\mu\text{mol/l}$  werden gevonden (ongepubliceerde gegevens Laura Govers).

nutriënten op de donorlocaties (Viane Oost en Viane West) veel lager zijn dan in RH08 en DM08. Blijkbaar is het poriewater binnen drie maanden (bijna) aangepast aan een nieuwe locatie, en niet langer identiek aan dat van de donorlocatie<sup>19</sup>.

Een positief effect van decompositie van wortel- en rhizoomdelen in oude zoden lijkt onwaarschijnlijk. Bemestingsproeven uitgevoerd in 2009 laten zien dat elke vorm van bemesting alleen maar een negatief effect heeft op zeegrasgroei<sup>20</sup> (L. Govers, ongepubliceerde data 2009).

Uit metingen in Zandkreek (Oenema, 1988), en Viane West (Govers, ongepubliceerde data 2009) blijkt dat nutriëntengehaltes in de zomer meestal lager zijn dan in de winter, hoogstwaarschijnlijk omdat nutriënten dan worden omgezet in biomassa (zeegras, macroalgen, fytoplankton). Aan het eind van de zomer sterft deze biomassa af en komen de nutriënten weer vrij.

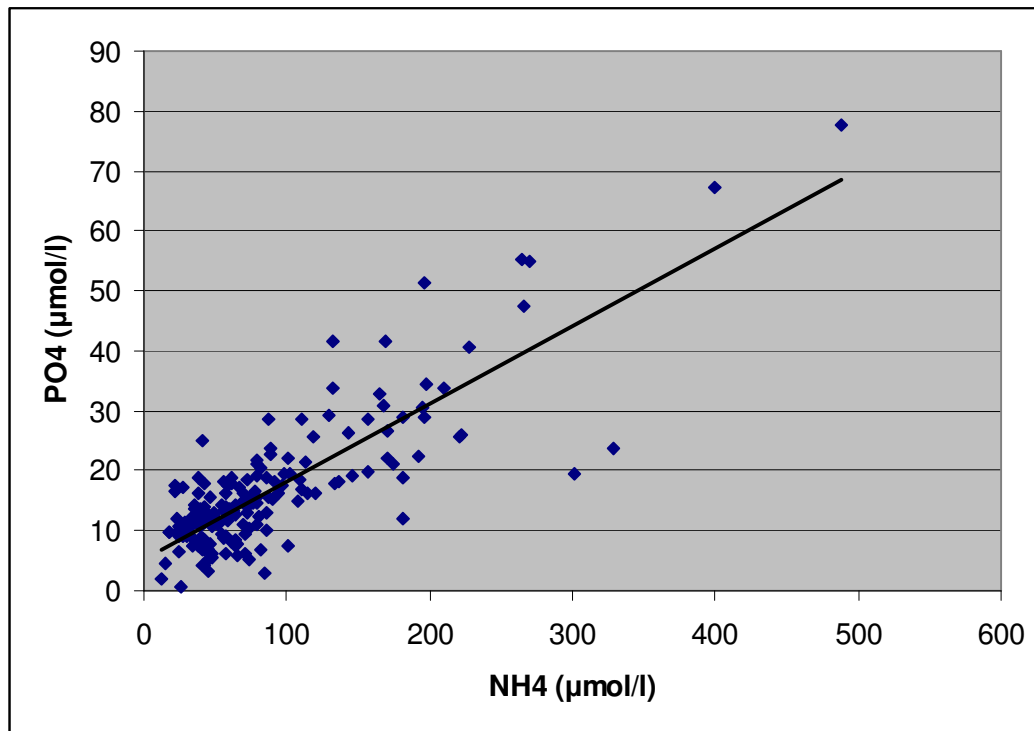
Het blijft een vraag of de verschillen die we zien tussen natuurlijk zeegras een aanplant voortkomen uit een verschil in bodemtype, of bijvoorbeeld door een gebrek aan bioturbatie door wadpier of andere organismen in de aanplant.

Er is een duidelijk lineair verband tussen ammoniumgehalte en orthofosfaatgehalte (Figuur 42): hogere ammoniumgehalten gaan samen met hogere orthofosfaatgehalten. Dit zou kunnen betekenen dat beide factoren dezelfde oorzaak hebben, bijvoorbeeld door (lokale) verschillen in voedselrijkdom van de bodem, of (lokale) verschillen in bioturbatie door de wadpier (bijvoorbeeld als gevolg van de wadpierbehandelingen). De mogelijke relatie met wadpierturbatie is als volgt: bij zeer lage wadpierdichtheid treedt geringere doorluchting van de waterbodem op, waardoor nutriënten zich kunnen ophopen. Bij betere doorluchting treedt meer afbraak, mobilisatie en opname (o.a. door diatomeeën) van nutriënten op. Dit werd gevonden door Volkenborn *et al.* (2007).

---

<sup>19</sup> De monsters op zowel RH08 als DM08 zijn genomen begin september 2008, ongeveer drie maanden na transplantatie van de plaggen.

<sup>20</sup> Als er veel oude plantendelen aanwezig zouden zijn in de zoden kan dit de sulfaatreductie stimuleren en daarmee de remineralisatie (dus er komen meer nutriënten vrij). Echter, als de groei­kracht laag is, is de beluchting van de bodem ook een stuk lager, terwijl decompositie voor alle plaggen (uitgaande van zelfde oude wortelbiomassa in de plag) gelijk is. Het is echter onwaarschijnlijk dat het effect van oude plantdelen in de zoden zich pas in 2009 manifesteert, en niet in het jaar van de transplantaties. Daarnaast is het onwaarschijnlijk dat er een groot verschil zou bestaan in decompositie van oud plantenmateriaal tussen de verschillende mitigatielocaties.



**Figuur 42 Relatie tussen NH4 en PO4 van poriewater in mitigatielocaties**

N.b. Waarden van alle mitigatielocaties samen zijn in deze grafiek weergegeven, samen met een trendlijn, dat een lineair verband aangeeft.



**Tabel 5 Chemische samenstelling poriewater mitigatielocaties & natuurlijke zeegrasvelden**

N.b.: monsters genomen in augustus

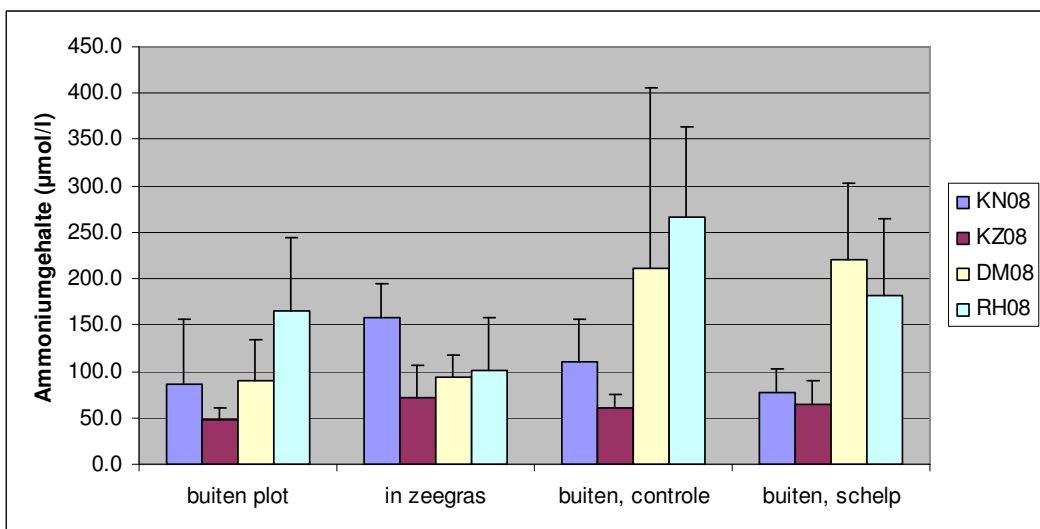
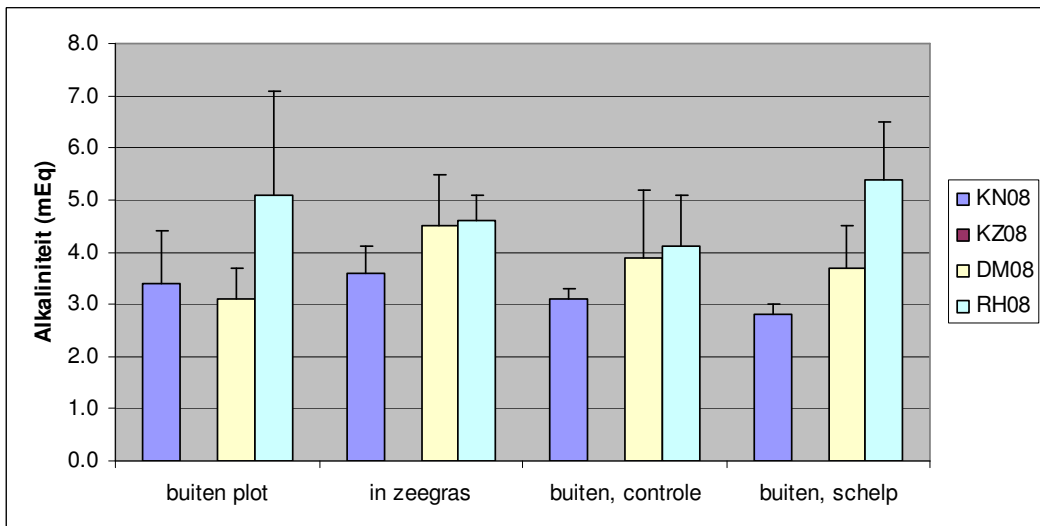
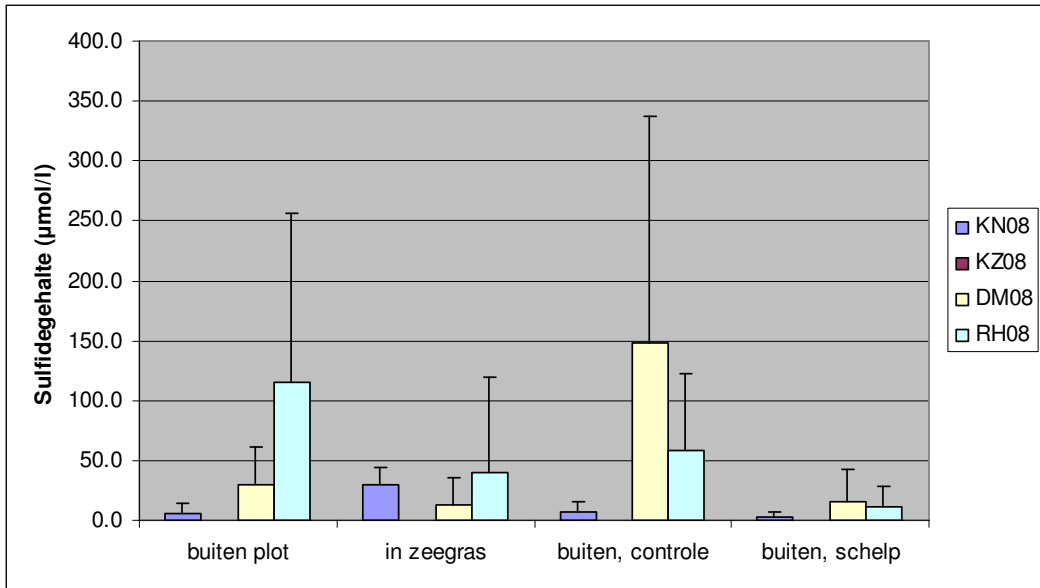
	Sulfide		Alkaliniteit		Ammonium		Nitraat		Fosfaat		
	$\mu\text{mol/l}$		mEq		$\mu\text{mol N-NH}_4/\text{l}$		$\mu\text{mol N-NO}_3/\text{l}$		$\mu\text{mol P-PO}_4/\text{l}$		
	2008	2009	2008	2009	2008	2009	2008	2009	2008	2009	
<b>Natuurlijke zeegrasvelden<sup>21</sup></b> (n=18)	1.5	--	3.4	--	50.0	--	1.1	--	11.5	--	
<b>Donorlocaties<sup>22</sup></b> (n=4)	0.0	--	3.9	--	13.1	--	1.0	--	5.3	--	
<b>Mitigatielocatie:</b>											
<b>KN08</b>											
buiten plot	5.7	--	3.4	--	85.8	--	2.1	--	13.1	--	
buiten*, controle	7.0	--	3.1	--	111.1	--	1.5	--	16.8	--	
Buiten*, schelp	2.5	--	2.8	--	77.5	--	1.7	--	16.5	--	
in zeegras	29.8	--	3.6	--	157.2	--	--	--	28.7	--	
<b>KZ08</b>											
buiten plot	--	--	--	--	48.3	--	0.8	--	6.1	--	
buiten*, controle	--	1.3	--	3.0	60.9	48.4	0.9	2.3	8.3	13.1	
buiten*, schelp	--	4.1	--	3.2	63.7	55.7	0.8	2.2	7.6	14.5	
in zeegras	--	--	--	--	72.1	--	0.9	--	15.2	--	
<b>DM08</b>											
buiten plot	29.8	--	3.1	--	89.8	--	0.8	--	15.2	--	
buiten*, controle	148.0	--	3.9	--	210.6	--	0.6	--	33.8	--	
buiten*, schelp	16.0	--	3.7	--	220.7	--	0.8	--	25.6	--	
in zeegras	12.2	--	4.5	--	93.9	--	1.1	--	16.4	--	
<b>RH08</b>											
buiten plot	115.9	--	5.1	--	164.9	--	0.6	--	32.8	--	
buiten*, controle	58.8	--	4.1	--	265.9	--	0.5	--	47.4	--	
buiten*, schelp	11.8	--	5.4	--	181.3	--	0.9	--	18.9	--	
in zeegras	40.0	--	4.6	--	100.3	--	0.6	--	22.0	--	
					in zeegras, schelp	34.0	--	0.4	--	8.9	--
					in zeegras, controle	122	--	0.7	--	26.4	--
zeegras in 08 & 09	--	0.6	--	3.1	--	49.4	--	0.8	--	12.5	
zeegras 08/niet 09	--	0.8	--	3.1	--	62.1	--	0.4	--	15.7	
nooit zeegras	--	0.5	--	3.0	--	51.3	--	1.5	--	12.7	

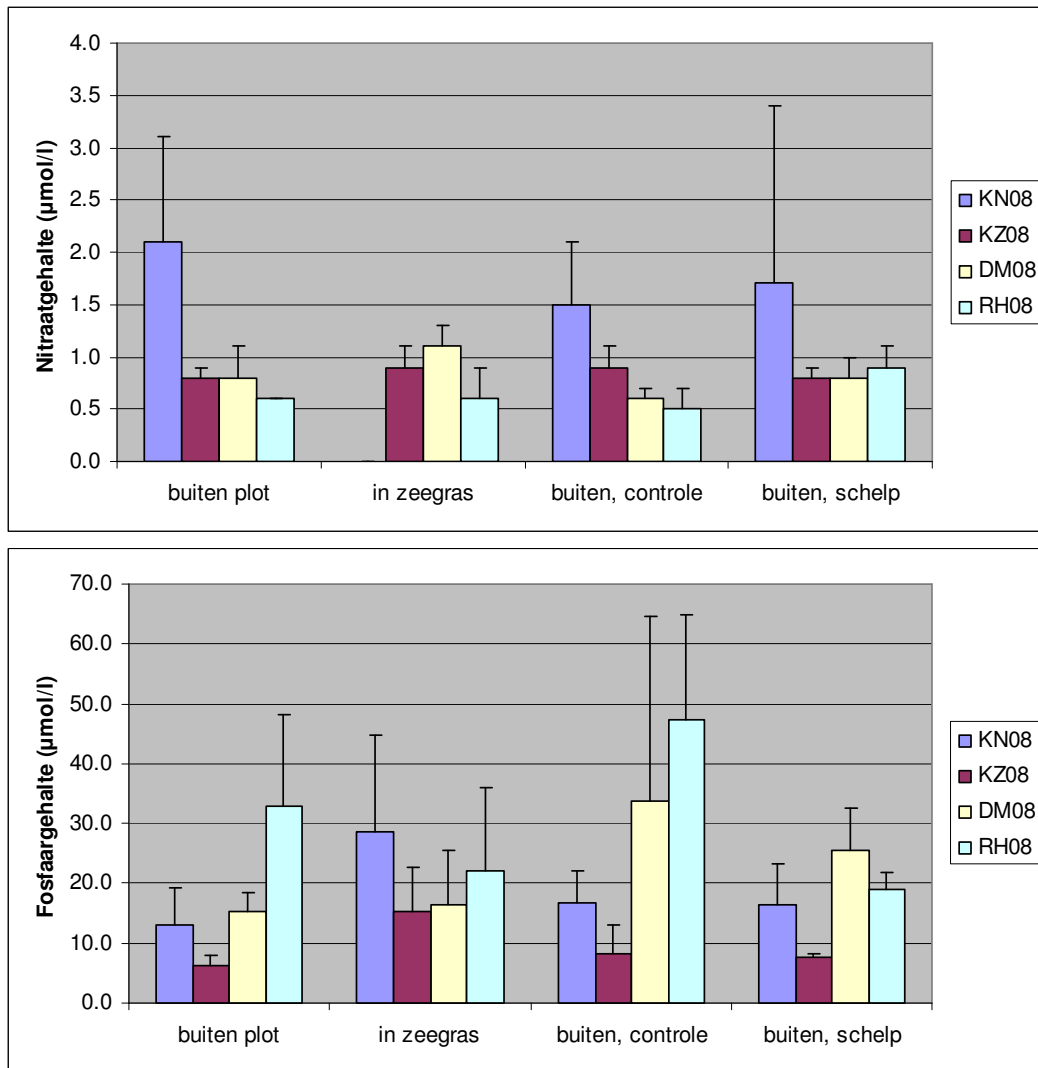
\* Buiten betekent hier buiten het zeegras (dus buiten de patch), maar binnen de plot.

Controle en schelp duiden op de behandeling van de plot.

<sup>21</sup> Natuurlijke zeegraspopulaties van de locaties Viane Oost, Viane West, Krabbenkreek Noord (noord), Krabbenkreek Noord (zuid), Goesse Sas, Dortsman Noord, Slikken van Kats, Zandkreek en Oostdijk.

<sup>22</sup> Dit zijn Viane Oost en Viane West, twee monsters per locatie.





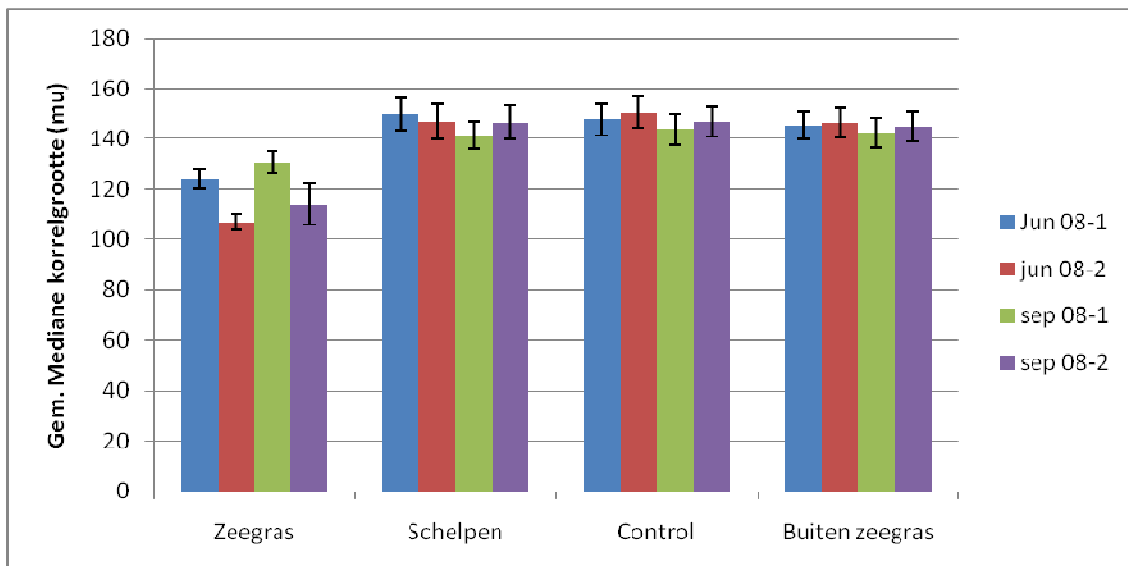
**Figuur 43 Chemische samenstelling poriewater 4 locaties**

A= Sulfidegehalte; B= Alkaliniteit; C= Ammoniumgehalte; D= Nitraatgehalte; E= Fosfaatgehalte  
Met standaardafwijking. Monsters genomen augustus 2008.

### 3.3.4 Korrelgrootte van substraat

In figuur 44 is de gemiddelde korrelgrootte op twee dieptes (0-1 cm en 1-5 cm) per behandelingstype weergegeven voor twee datums: 17 juni en 1 september 2008. Dit zijn gemiddelde waarden voor de vier mitigatielocaties van 2008 samen. Duidelijk is dat er weinig verschil is in gemiddelde korrelgrootte tussen de controle- en schelpenplots en monsters genomen buiten de plots. Deze tonen bovendien ook weinig verschil tussen de waarden van juni en september 2008, en tussen de twee dieptes. Zowel tussen deze behandelingen als in de tijd en diepte werden geen statistisch significante verschillen gevonden.

Echter, monsters genomen in de zeegraspatches van de mitigatielocaties laten zien dat de gemiddelde mediane korrelgrootte in deze velden significant kleiner is dan buiten de patches (ANOVA, (F3,248)  $p < 0.01$ ). Bovendien, sediment van de bovenste 1 cm is grover dan sediment van 1-5 cm diepte (T-test,  $t(70) = 3.304, p < 0.001$ ), en beide lijken enigszins in korrelgrootte toe te nemen tussen juni en september 2008 (T-test,  $t(70) = -1.251, p > 0.05$ ). Oorzaak van het verschil tussen de eerste cm en de volgende 4 centimeters (hetgeen ook voor de D50 wordt gevonden overigens, zie tabel 6) is waarschijnlijk dat sediment op de donorlocatie (Viane Oost en Viane West) fijner is dan op de mitigatielocaties. Na het aanleggen van de plots treedt er waarschijnlijk redelijk snel vermenging op met de bovenste 1 cm, waardoor er in juni (kort na aanleg) al een verschil ontstaat in korrelgrootte tussen oppervlakte en diepere lagen in de patches. Na enkele maanden treedt er waarschijnlijk (o.a. door bioturbatie) ook een vermenging op met de diepere lagen en aangrenzende gebieden of heeft er sedimentatie plaats, waardoor de gemiddelde korrelgrootte iets lijkt toe te nemen, zowel in bovenlaag als op 1-5 cm diepte.



**Figuur 44** Gem. mediane korrelgrootte per behandelingstype & diepte van aanplanten 2008

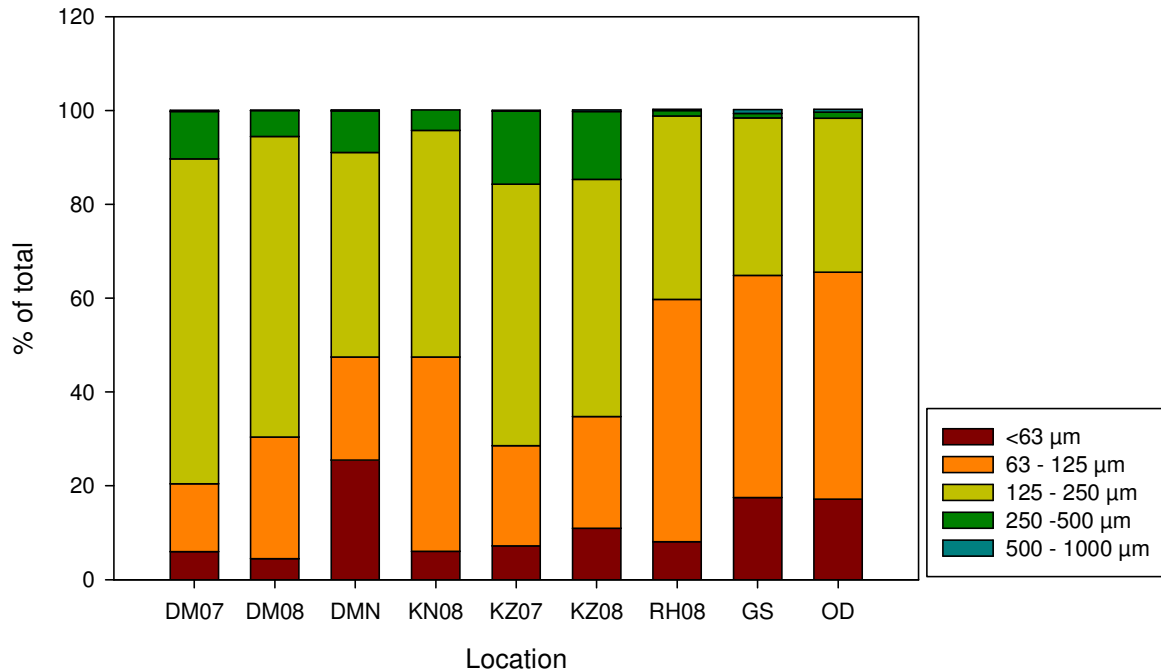
N.b. 1= bovenste 0-1 cm; 2= van 1-5 cm diepte; standaardafwijkingen (SEM) aangegeven.

Tabel 6 Korrelgrootte van bodem op mitigatielocaties &amp; in natuurlijke populaties

Locatie	Behandeling	Diepte (cm)	D50 zandfractie (mu)			
			juni 2008	september 2008	september 2009	
DM07	Controle	0-1			172.7	
		1-5			159.1	
	Schelpen	0-1			177.7	
		1-5			175.5	
DM08	Zeegras	0-1	149.5	149.7		
		1-5	147.4	136.2		
	Schelpen	0-1	161.1	156.0		
		1-5	158.1	157.6		
	Controle	0-1	159.3	156.9		
		1-5	160.7	157.8		
	Buiten zeegras	0-1	156.5	155.1		
		1-5	154.8	156.6		
				<b>juni 2008</b>	<b>september 2008</b>	<b>september 2009</b>
	KZ07	Zeegras	0-1		140.9	168.5
1-5				145.8	173.6	
Schelpen		0-1			170.6	
		1-5			172.6	
Buiten zeegras		0-1			166.6	
		1-5			167.1	
KZ08	Zeegras	0-1	127.7	151.6		
		1-5	123.9	141.2		
	Schelpen	0-1	183.8	170.7	139.9	
		1-5	182.8	184.1	137.6	
	Controle	0-1	179.5	182.1	144.1	
		1-5	181.9	183.3	141.3	
	Buiten zeegras	0-1	176.2	173.2		
		1-5	177.9	176.9		
				<b>juni 2008</b>	<b>september 2008</b>	<b>september 2009</b>
	KN08	Zeegras	0-1	128.3	133.3	
1-5			109.0	123.3		
Schelpen		0-1	137.2	134.3		
		1-5	137.4	134.8		
Controle		0-1	137.6	132.7		
		1-5	144.2	135.6		
Buiten zeegras		0-1	136.1	136.3		
		1-5	137.1	136.5		
				<b>juni 2008</b>	<b>september 2008</b>	<b>september 2009</b>
RH08		Zeegras	0-1	116.5	118.9	
	1-5		110.8	114.3		
	Schelpen	0-1	125.0	124.5		
		1-5	125.7	124.3		
	Controle	0-1	120.8	120.4		
		1-5	121.5	120.4		
	Buiten zeegras	0-1	121.5	118.6		
		1-5	121.5	119.9		
				<b>juni 2008</b>	<b>september 2008</b>	<b>september 2009</b>
	DMNoord	Natuurlijk	0-1		158.4	
	1-5			133.9		
Goesse Sas	Natuurlijk	0-1		118.0		
		1-5		119.2		
Oostdijk	Natuurlijk	0-1		117.1		
		1-5		117.3		

N.b. Natuurlijke populaties: Oostdijk, Goesse Sas en Dortsman Noord (Stavenisse). Genormaliseerde gemiddelde mediane korrelgrootte (D50) van de zandfractie (dwz de siltfractie <63 mu is niet meegenomen).

De bovenste centimeter van het sediment van de zeegrasplots heeft over het algemeen een grotere mediane korrelgrootte heeft dan de opvolgende vier centimeters (tabel 7). In de natuurlijke populaties is dit niet het geval, met uitzondering van Dortsman Noord. Het uitblijven van volledige menging van het sediment en dus blijvende aanwezigheid van sediment uit de zode resulteert in de lagere D50 in de sedimentlaag van 1-4 cm diepte. Veelal is dit verschijnsel niet of juist omgekeerd terug te vinden in de (on-)behandelde sedimenten buiten het zeegras..

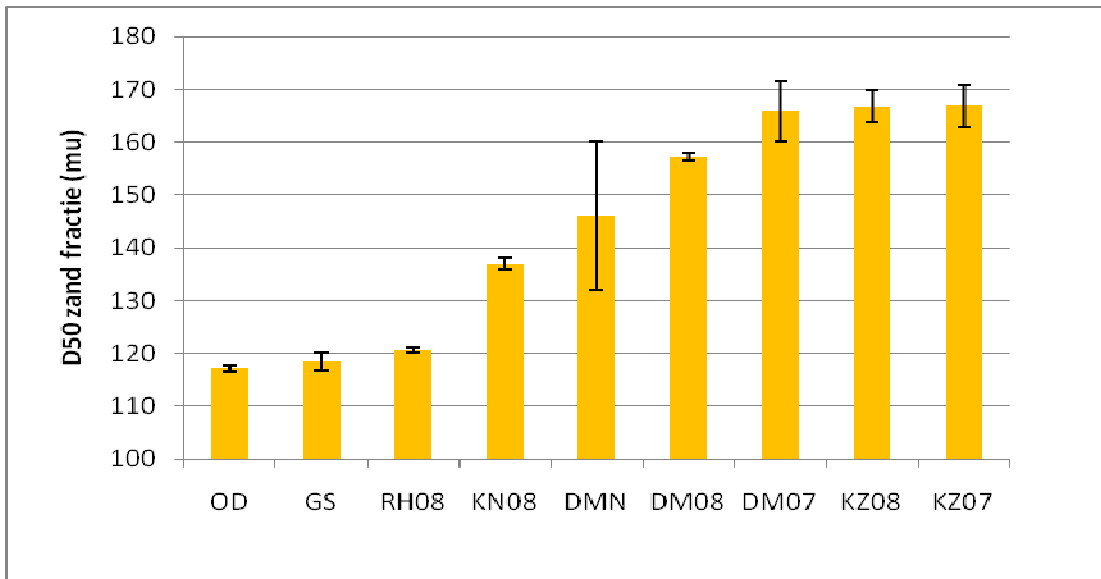


**Figuur 45 Sedimentsamenstelling en locatie**

N.b. DMN = natuurlijke zeegrasvelden Dortsman Noord; GS = Goesse Sas; OD = Oostdijk

Figuur 45 geeft de sedimentsamenstelling weer voor de mitigatielocaties plus op een drietal locaties met natuurlijke zeegraspopulaties. Opvallend is dat de locatie RH08 een veel groter percentage fijner sediment (fracties silt/<63 µm plus vfine/63-125 µm) heeft dan KZ07, KZ08, DM07 en DM08 (KN08 is intermediair), en wat dat betreft lijkt het meer op het sediment van de natuurlijke zeegraspopulaties van Goesse Sas en Oostdijk. Enigszins verrassend is de relatief grote fractie medium en grof sediment op KZ07 en KZ08, (zie ook figuur 46) dat *lijkt* te duiden op een relatief groot sedimentdynamiek. Dit is echter onwaarschijnlijk omdat de Krabbenkreek al heel lang een rustige uitloper is van het Mastgat/Zijpe. Figuur 45 laat echter zien dat de verdeling van de verschillende korrelgrootte klassen toch wezenlijk anders is voor DM en KZ. KZ heeft meer 250-500µm en <63µm dan DM, waar de laatstgenoemde een uniformere samenstelling heeft van 63-250µm, maar toch een gelijke samenstelling. De pakking van het sediment (aantal gram drooggewicht sediment per cm<sup>3</sup>), is echter wezenlijk anders en groter op KZ. Door de betere sortering liggen de korrels veel dichter op elkaar, wat wellicht een resultaat van de gematigde hydrodynamiek is.





**Figuur 46 Mediane korrelgrootte van de zandfractie en locatie**

N.b. DMN = natuurlijke zeegrasvelden Dortsman Noord; GS = Goesse Sas; OD = Oostdijk, standaardafwijkingen (SEM) aangegeven.

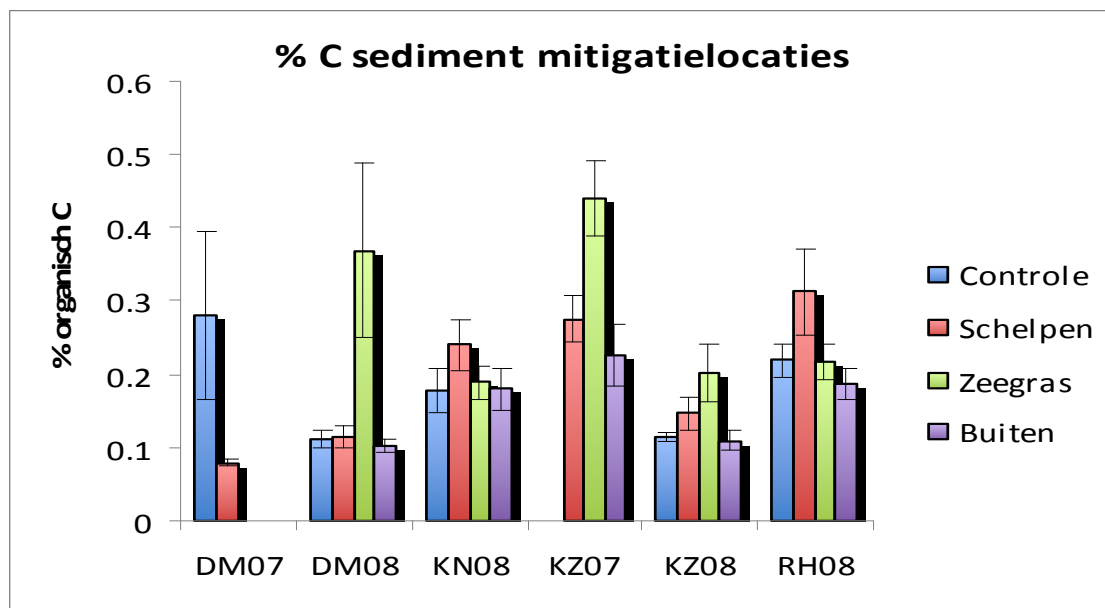
Figuur 46 geeft de mediane korrelgrootte van de zandfractie weer voor de verschillende locaties. Hiertoe zijn enkel metingen gebruikt die buiten zeegras(patch) zijn uitgevoerd, waardoor een mogelijk zeegras- of transplantatieeffect niet in de D50 wordt meegenomen, maar alleen de lokale situatie. Door uitsluiting van de siltfractie <63  $\mu\text{m}$ , worden enkel de minerale zanddelen in acht genomen. Deze zandfractie verandert niet zo snel en geeft zodoende een realistischer beeld van de hydrodynamische toestand, dan wanneer de D50 berekend wordt over het totale sedimentmonster. Immers, dan is de D50 sterk gecorreleerd met de hoeveelheid silt <63  $\mu\text{m}$ .

In navolging op figuur 45 valt ook hier op dat sediment van KZ07, KZ08, DM07 en DM08 relatief grof van samenstelling is, waar dit van KZ07 en KZ08 niet verwacht werd. RH08 vertoont ook kijkende naar de mediane korrelgrootte veel gelijkenis met de natuurlijke zeegraslocaties, waar KN08 wederom een intermediair is.

### 3.3.5 Organisch materiaalgehalte (%C) van sediment

Organisch materiaal in de bodem bestaat vaak uit oude plantenresten; niet alleen zeegras, maar ook Engels slijkgras, macroalgen (die op sommige plaatsen dikke matten vormen) en diatomeeën. Organisch materiaal (complexe koolstofhoudende moleculen) in een zeegrasbed wordt in de bodem afgebroken door een consortium aan bacteriën. Deze afbraak vraagt veel zuurstof, dat slechts in de bovenste lagen van het sediment doordringt (afhankelijk van het soort sediment). Hoe meer organisch materiaal er in de bodem zit, hoe meer vraag naar zuurstof en dus hoe zuurstoflozer het sediment. In zuurstofloos sediment wordt ook organisch materiaal afgebroken, maar dan met andere reduceerders dan zuurstof, zoals bijvoorbeeld. Hierbij kunnen stoffen zoals sulfide worden gevormd, dat een toxische werking heeft en het zeegras zelfs kan laten sterven (Goodman *et al.*, 1995; Holmer *et al.*, 2005). Een hoge organische belasting van het sediment kan dus problemen opleveren voor het zeegras, en eventueel zelf transplantatiesucces in de weg staan.

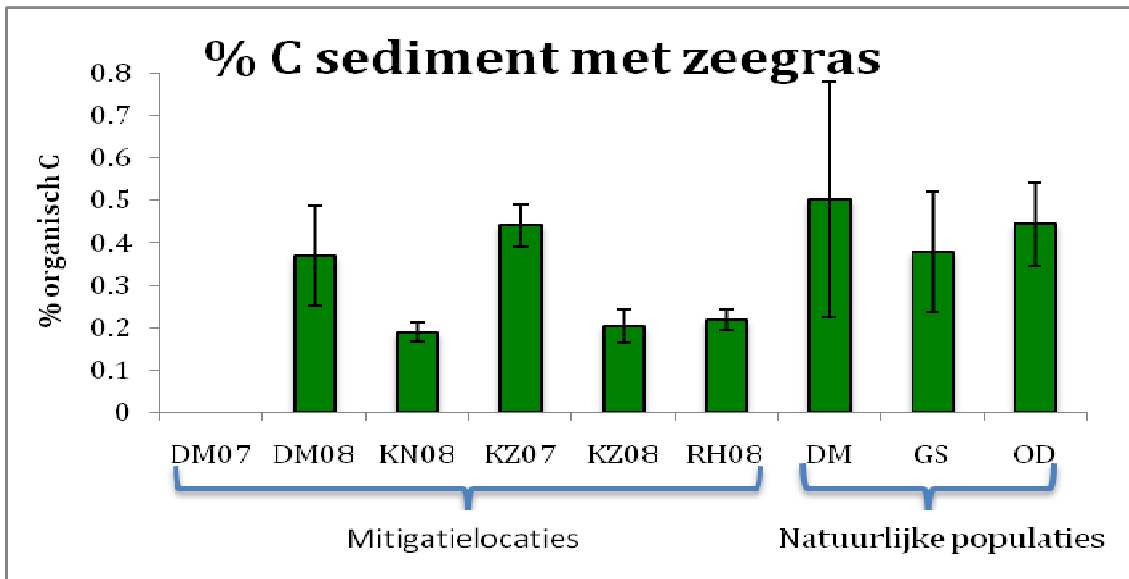
Resultaten zijn weergegeven in figuren 47 (zes mitigatielocaties) en 48 (locaties met zeegras).



**Figuur 47 Organisch stofgehalte van sediment op de 6 mitigatielocaties**

N.b. Gemiddelden en standaardafwijkingen zijn weergegeven. 'Controle' staat voor buiten het zeegras in een controle plot; 'Schelpen' staat voor buiten het zeegras in een schelpenplot; 'Zeegras' staat voor binnen het zeegras (zeegras van zowel schelpen als controle is bij elkaar genomen omdat er geen verschillen waren tussen de behandelingen); 'Buiten' staat voor sediment genomen buiten de experimentele plots.

Figuur 47 geeft de organische koolstofbelasting van het sediment weer op de mitigatielocaties. Tussen de behandelingen (schelpen en controle) zijn er minimale verschillen te zien. Sediment in het zeegras bevat op de meeste locaties echter wel meer organisch materiaal dan buiten het zeegras. Dit komt misschien deels omdat afgestorven stukjes zeegras (rhizomen, bladeren) vaak ter plekke in het zeegras terecht komen en zo het OM-gehalte omhoog brengen. Een belangrijke oorzaak is ook dat de oorspronkelijke zoden hun eigenschappen behouden deels gedurende een lange tijd; ook de korrelgroottes blijven kleiner in de zoden.



**Figuur 48 Organisch stofgehalte (% C) in het sediment in zeegras verschillende locaties**

N.b. In zwart zijn de foutmarges aangegeven. GS staat voor Goesse Sas en OD staat voor Oostdijk.

Figuur 48 geeft %C van het sediment weer op de verschillende locaties met zeegras. Dit heeft ook sterk te maken met de oorspronkelijke zoden (en herkomst), maar verder ook met hoogteligging, de hoeveelheid OM die achterblijft in de vorm van wieren, diatomeeëngroei op voedselrijker sediment, enzovoorts.

Over het geheel genomen is de organische belasting van het sediment vrij laag (<0,5% in het zeegras en <0,3% buiten het zeegras), wat ook te zien is aan de relatief lage (gemiddeld 40  $\mu\text{M}$ ) gemeten sulfideconcentraties (zie bodemchemie, 3.3.3) op de mitigatielocaties. Dit betekent dat het organisch koolstofgehalte van het sediment geen negatieve invloed heeft of heeft gehad op de zeegrasoverleving en het transplantatiesucces.

### 3.4 Evaluatie vooraf van potentiële mitigatielocaties

Potentiële mitigatielocaties werden op 14 december 2007 geëvalueerd (zie verslag PZDB-V-07308 van 18 december 2007; zie tabel 7).

Vooraf waren KZ07 en KZ08 ingeschat als beschutte locaties, terwijl RH08 op basis van de grote strijklengte (en grotere golfopbouw) was ingeschat als een locatie met een gemiddelde sedimentdynamiek. Sedimentanalyse laat echter zien dat KZ07 en KZ08 een grotere fractie medium- en grof-sediment hebben dan werd verwacht, terwijl RH08 juist een grotere fractie fijn sediment heeft (zie 3.3.4). Waarschijnlijk is de golfopbouw in Roelshoek minder groot omdat het strijklengtegebied tamelijk ondiep is. Echter, verschillen in gemiddelde grootte van volwassen wadpierhoopjes (zie figuur 25; RH 1,8cm, KN 2,7cm en KZ 3,5cm) suggereren dat hydrodynamiek op RH juist groter is dan in de Krabbenkreek. Het inschatten van sedimentdynamiek van een potentiële mitigatielocatie blijkt dus in de praktijk lastig te zijn. Een analyse vooraf van korrelgrootte van het sediment in combinatie met gemiddelde grootte van wadpierhoopjes zou een betrouwbaarder aanwijzing kunnen zijn voor sedimentdynamiek.

Gezien de evaluatie vooraf, is de uitkomst – met Roelshoek als beste locatie qua zeegrasgroei in 2008 en 2009 – enigszins verrassend. Destijds werd Rattenkaai (=Roelshoek) positief beoordeeld, maar duidelijk minder geschikt bevonden dan bijvoorbeeld Krabbenkreek Noord.

**Tabel 7 Evaluatie vooraf van potentiële mitigatielocaties**

(potentiële mitigatielocaties)	(voormalige) aanwezigheid van zeegras	aanwezigheid van wieren	dynamiek	aanwezigheid van wadpieren	uitvoering	aanvoerroutes zeegras tijdens uitvoering	ecologische "meerwaarde"	uitbreidingsmogelijkheden
Krabbenkreek Noord	++	0	+	0	++	++	++	++
Krabbenkreek Zuid	++	--	++	-	-	--	++	0
Dortsman Noord A	+	++	--	++	+	+	0	++
Dortsman Noord B	+	+	-	++	++	++	0	++
Rattenkaai	+	-	0	+	-	-	0	+
++ = zeer gunstig + = gunstig 0 = niet echt gunstig, maar ook niet echt ongunstig - = ongunstig -- = zeer ongunstig								

Bron: verslag PZDB-V-07308 van 18 december 2007.

N.b.1 Rattenkaai = Roelshoek ; N.b.2 De inschatting van Roelshoek als intermediair dynamisch (op basis van strijklengte) blijkt onjuist te zijn, zie par. 3.3.4.

### 3.5 Hergroei op de donorlocaties

Hoewel niet in het onderzoeksplan opgenomen, is met enige regelmaat een bezoek gebracht aan de donorlocaties Viane Oost en Viane West 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, februari, juni en september 2008 en juli 2009.

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 op dat moment nog niet groot, maar het gaat toch om vele tientallen vierkante meters met een goede bedekking (30%).

In juli 2009 blijkt de groei in de rooistroken van donorlocatie Viane West goed te zijn verlopen. Teruggroei van zeegras is duidelijk zichtbaar langs een groot deel (>50%) van de randen langs het rooivalk, en op veel plaatsen is er sprake van 3-5 (soms 8m) meter teruggroei. Bedekkingen zijn ook hoog, met een gemiddelde van 30-40% en lokaal oplopend tot 60%. De conditie van het zeegras is uitstekend, en er zijn weinig macroalgen aanwezig. Op donorlocatie Viane Oost is ook sprake van teruggroei in het rooivlak, en is het zeegras teruggegroeid in een zone van 2-4 meter vanaf de ongestoorde rand. Echter, bij Viane Oost blijven de bedekkingen (heel) laag (2-5%) vergeleken met Viane West en is er nauwelijks sprake van bloei.

Men mag voorzichtig concluderen dat herstel van de zeegrasvelden op de donorlocaties goed verloopt. Als er verder geen verstoringen zijn is de verwachting dat na 2-3 jaar de oorspronkelijke velden zich zullen hebben hersteld. 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 gedeponeed.



*Foto 13: Teruggroei van donorpopulatie op Viane West*

Na het rooien twee jaar eerder is het zeegras teruggegroeid met een goede bedekking tot 2-3 meter vanaf de teen van de dijk.



## 4 Conclusies

### Locatie

1. Roelshoek (RH08) doet het als mitigatielocatie significant veel beter dan de overige drie mitigatielocaties, en heeft zeegrasbedekkingen die vergelijkbaar zijn met goed groeiende natuurlijke populaties.

### Behandeling & aanplant

2. Een schelpenbehandeling heeft op alle locaties een positief effect op de ontwikkeling van het aantal zeegrasscheuten in de plots. Een behandeling met netten geeft een positieve werking in het eerste jaar, maar daarna neemt het positief effect af. Een schelpenbehandeling is een effectievere optie.
3. De aanplant in een Veilige of Kansrijke opstelling heeft geen significante invloed op de ontwikkeling van het aantal zeegrasscheuten per patch in de plots. Dit geldt voor zowel RH08 als de overige mitigatielocaties.
4. Een zeegras bedekkingspercentage van <10-12% bij aanplant geeft in de meeste (68%) gevallen een matige ontwikkeling van het zeegras, terwijl een dichtheid van >15% meestal (52%) een positieve ontwikkeling. Een hoog bedekkingspercentage bij aanplant geeft echter niet altijd een positieve ontwikkeling van het zeegras, en omgekeerd een laag begin hoeft niet perse te betekenen dat een patch zich slecht ontwikkelt.
5. Op Roelshoek doen plots die een schelpenbehandeling hebben gehad het in de meeste gevallen goed qua zeegrasonwikkeling, mits de patches bij aanvang een zeegrasbedekking hebben van gemiddeld meer dan 7%. Zonder schelpenbehandeling is de zeegrasgroei minder in de meeste gevallen. Een kansrijke of veilige aanplantwijze lijkt niet veel bij te dragen aan het slagingspercentage.
6. Op RH08 werd in 2009 21 spontane uitzaaiingen waargenomen tot op ongeveer een paar honderd meter afstand van de bestaande plots. Deze uitzaaiingen zijn hoogstwaarschijnlijk ontstaan uit losgeslagen zeegrasfragmenten of zaden uit de RH08 plots, omdat de natuurlijk populatie meer dan 700 meter uit de richting ligt.
7. Aanplant met losse planten op KN08 heeft niet gewerkt: vrijwel alle planten zijn in het eerste jaar van aanplant (2008) al verdwenen. Mogelijk is KN08 te dynamisch om met losse planten te werken, maar dat geldt in nog grotere mate voor RH08 en DM08. Alleen de locatie KZ08 zou mogelijk beter werken, maar gezien de sterke achteruitgang op KN08 lijkt een goede ontwikkeling van plots met losse planten onwaarschijnlijk.

## Wadpieren

8. Op alle locaties behalve Dortsman Noord is een schelpenbehandeling succesvol in het verlagen van de aantallen volwassen wadpieroepjes. Deze vermindering varieert van ongeveer één derde (RH08) tot ruim een halvering (KZ07, DM07, KN08 en KZ08). Op DM08 zijn de aantallen volwassen wadpieren erg laag (meestal nul, en in elk geval <10) en daar lijkt de schelpenbehandeling geen additioneel effect te hebben op het aantal wadpieren. (NB wel positief effect op zeegras)
9. In 2009 zijn wadpieraantallen op KN08, KZ07, KZ08, DM07 en RH08 meestal hoger dan in 2008. De effectiviteit van de schelpenbehandeling lijkt af te nemen in de tijd, waarschijnlijk ten gevolge van het volwassen worden van de wadpieroepjes in de plots. Echter, de schelpenbehandeling is nog voldoende om wadpieraantallen onder 25/m<sup>2</sup> te houden <dit werd eerder als kritische grens beschouwd> Effect van netten op wadpieraantallen is in het derde jaar na aanleg nog maar gering; mogelijk heeft dit te maken met het uitzakken van de netten.
10. Als wadpieroepjesdichtheden hoog liggen (bijv. boven de 50 volwassen wadpieren per m<sup>2</sup>) dan is de scheutdichtheid in de aanplanten laag. Omgekeerd, hoge scheutdichtheden van boven de 600 scheuten per plot komen alleen voor als aantallen volwassen wadpieren (ver) onder de 50/m<sup>2</sup> ligt.
11. Aantallen jonge wadpieren nemen op alle locaties sterk toe in het tweede jaar, maar dit heeft geen negatieve verband met de ontwikkeling van het zeegras.

## Macroalgen

12. Macroalgen zijn vooral in voor- en najaar talrijk op de meeste mitigatielocaties, vooral op Roelshoek, maar nergens in zulke hoeveelheden dat ze een bedreiging vormen voor de ontwikkeling van het zeegras.
13. De macroalgensamenstelling hangt af van de locatie en tijdstip: In KZ07 overheerst *Gracilaria* in het voorjaar en zomer, en *Enteromorpha* in het najaar. Op DM07 overheerst *Enteromorpha* juist in het voorjaar, en zijn *Ulva* en *Aglaothamnion* talrijk in het najaar. Op KN08 overheersen vooral *Gracilaria* en *Ulva*, terwijl op KZ08 vooral *Enteromorpha* overheerst. Bij DM08 overheerst *Enteromorpha* vooral in het voorjaar, terwijl *Ulva* meer in het najaar overheerst. Bij Roelshoek zijn zowel *Ulva* als *Aglaothamnion* algemeen gedurende het groeiseizoen.

## Ganzen & andere foeragerende vogels

14. In het najaar is op alle locaties sprake van foerageeractiviteit van vogels in de zeegrasplassen, dat sporen achterlaat in de vorm van ondiepe 'ganzenkuilen' waar het zeegras is verdwenen. Het gaat hierbij vooral om activiteit van rotganzen *Branta bernicla bernicla*, en in geringere mate om een aantal eendensoorten (smient, pijlstaart, bergeend).
15. Op RH08 hebben vogels mogelijk bijgedragen in de 18% afname in zeegrasoppervlak tussen augustus en november 2009; de verwachting is echter dat dit geen blijvend negatief effect zal hebben op deze locatie.

## Wadslakjes, alikruiken & strandkrabben

16. Wadslakjes, alikruiken en strandkrabben vertonen geen van alle een duidelijke relatie met zeegrasgroei in de patches op de vier mitigatielocaties.

## Fysisch-chemische parameters & zeegrasgroei

17. Er is geen duidelijke relatie tussen zeegrasgroei (aantallen scheuten) en het bedekkingspercentage met water (gemeten bij laag water). Uitzondering is RH08 waar mogelijk een zwak positieve relatie bestaat.
18. In relatief beschutte locaties KZ07, KZ08 en KN08 bedraagt het wadpierreliëf gemiddeld 3,9 cm, 3,4 cm en 2,7 cm (respectievelijk), terwijl op de meer hydrodynamische locatie DM08 – waar volwassen wadpieren grotendeels afwezig zijn – het slechts 1,1 cm bedraagt. Met een gemiddeld wadpierreliëf van respectievelijk 2,4 en 1,8 cm liggen DM07 en RH08 er tussenin. Een schelpenbehandeling resulteert in een verlaging van het wadpierreliëf (gemiddeld 0.5-1.1 cm verlaging). De relatie tussen wadpierreliëf en zeegrasgroei blijft onduidelijk.
19. Op Roelshoek zijn sulfide- en nutriëntengehaltes in het porievocht gemiddeld 50% hoger dan op de andere locaties. Mogelijk spelen hogere nutriëntengehaltes een rol in de betere groei van het zeegras op deze locatie. Anderzijds zijn de hogere gehalten aan sulfide en nutriënten mogelijk ook het gevolg van betere zeegrasgroei, want bij betere groei wordt mogelijk meer organisch materiaal ingevangen (Bos *et al.*, 2007).
20. Het zetmeelgehalte in de rhizomen van klein zeegras verschilt per seizoen. Het zetmeelgehalte is hoog na het groeiseizoen en laag na de winter waarin de reservestoffen worden gebruikt. Na het groeiseizoen hebben de rhizomen afkomstig van de natuurlijke populaties hogere zetmeelconcentraties dan de rhizomen van de mitigatielocaties. Bij hoge scheutdichtheden per rhizoom wordt veel zetmeel opgeslagen, zoals te zien is in de natuurlijke populaties. Verder onderzoek moet nog uitwijzen wat het effect is van zetmeelgehaltenes in de rhizomen op de winteroverleving van zeegras.
21. De fijnste mediane en maximale korrelgrootte op RH08, lijkt er op te duiden dat RH de laagste (hydrodynamisch gedreven) sedimentdynamiek heeft. KZ07, KZ08, DM07 en DM08 hebben een grovere sedimentsamenstelling en *lijken* daarom hydrodynamischer. De verdeling van de verschillende korrelgrootte klassen zijn toch wezenlijk anders is voor DM en KZ, en KZ heeft grotere fracties 250-500µm en <63µm dan DM. Daarnaast geven de gemiddelde groottes van volwassen wadpieroepjes ook een ander beeld: bij RH is de gemiddelde grootte 1.8cm, bij KN 2,7cm en KZ 3,5cm. Qua hydrodynamiek kan men concluderen dat deze DM > RH > KZ. Aangezien transplantaties op RH08 het meest succesvol waren, lijkt een gemiddeld sedimentdynamiek belangrijk voor transplantatiesucces. [Naast een fijnere sedimentsamenstelling en gemiddelde hydrodynamiek, heeft RH08 een gemiddelde hoogteligging, en verschilt het met de overige locaties door geringe hoogteverschillen (relatief effen terrein met maar 20 cm hoogteverschil) en hogere nutriëntengehaltes van poriewater]

## 5 Aanbevelingen

### Locatie

1. Omdat Roelshoek (RH08) het veel beter doet dan de overige mitigatielocaties is het aan te bevelen vooral met deze locatie verder door te gaan met aanplanten van zeegras tijdens verdere werkzaamheden aan de dijken, voor zover daar ruimte voor aanwezig is. Tijdens het tweede monitoringsjaar is gebleken dat zeegrasplaggen op de overige mitigatielocaties niet goed gedijen. Krabbenkreek Noord is mogelijk ook geschikt, de huidige aanplant heeft vermoedelijke last gehad van een prielontwikkeling. Bij een toekomstige aanplant kan hiermee rekening worden gehouden, door een grotere afstand tot de prielen aan te houden.
2. Op basis van de berekende hoeveelheid vierkante meter zeegras dat gerooid moet worden tijdens dijkwerkzaamheden<sup>23</sup> kan men uitrekenen of deze plaggen op de locatie RH08 (en deels KN08) kunnen worden geplaatst. Mocht dit een probleem worden (bijv. geschikt areaal te klein), dan moeten er andere locaties worden gezocht.
3. Bij het zoeken naar andere geschikte locaties zou men uit kunnen gaan van het "Roelshoekmodel" en soortgelijke gebieden zoeken. Naast historische aanwezigheid van zeegrasvelden heeft de locatie RH08 een geringe hydrodynamiek en hoogteligging (+0.40 m NAP). Daarnaast verschilt het met de overige locaties door geringe hoogteverschillen (maximaal 20 cm hoogteverschil over alle plots) en hogere nutriëntengehaltes van poriewater (30  $\mu\text{mol P-PO}_4/\text{l}$  en 160-200  $\mu\text{mol N-NH}_4/\text{l}$ ).
4. Het inschatten van hydrodynamisch gedreven sedimentdynamiek van een potentiële mitigatielocatie op basis van strijklengte blijkt niet aldoor uit te komen (m.n. in Roelshoek). Een analyse vooraf van korrelgrootte van het sediment, en dan met name de fractie < 63  $\mu\text{m}$ , kan een goede aanwijzing zijn voor de huidige sedimentdynamiek.

### Aanplant & behandeling

5. Een schelpenbehandeling heeft altijd een positief effect op de ontwikkeling van het aantal zeegrasscheuten in de plots. Bij alle toekomstige mitigatiemaatregelen waarbij klein zeegras moet worden verplaatst zou men de mitigatielocaties met een schelpenlaag moeten behandelen.
6. Een behandeling met netten heeft geen langdurig positief effect op de zeegrasontwikkeling, en bovendien gaat het om gebiedsvreemd materiaal. Het verder werken met netten als antiwadpiermaatregel wordt afgeraden.

---

<sup>23</sup> Er resteert minder dan 2000 m<sup>2</sup> dat nog getransplanteerd moet worden, voornamelijk op locaties Goesse Sas en Krabbenkreek Noord.

7. Hoewel het verhoudingsgewijs weinig lijkt uit te maken of aanplant in een Veilige of Kansrijke opstelling plaatsvindt, is het zinvol om grotere arealen aan zeegras aan te planten om verlies aan zeegras (bijv. door activiteit van foeragerende ganzen, of lokaal optredende erosie) te compenseren.
8. Donormateriaal met een zeegrasbedekking van minder dan 7% (begin juni, dwz vroeg in het groeiseizoen) heeft een relatief gering slagingspercentage, en moet men vermijden bij transplantaties. Het liefst moet men uitgaan van donormateriaal met een bedekkingspercentage van 10% à 15% of meer <op tijdstip eerste helft juni, van een normaal seizoen>. Als men eerder moet rooien (bijv. in maart), dan kan men uitgaan van waarden aan het eind van het seizoen daarvoor (eind september), al blijft dit een minder betrouwbaar vanwege de jaarlijkse schommelingen.
9. Het werken met losse planten lijkt niet aan te slaan en is daarom weinig zinvol, althans, op minder gunstige locaties zoals KN08. Gezien de mate van spontane uitzaaiingen op RH08 in 2009 zou het zinvol kunnen zijn (op bescheiden schaal) de KN08 proef met losse planten op RH08 te testen. Dit is van belang zowel vanuit wetenschappelijk oogpunt als voor de Kaderrichtlijn Water. Als het transplanteren van (ev. verankerde) losse planten zou blijken te werken, dan kan een dergelijke aanpak tot meer hectares zeegras per inspanning kunnen leiden. Daarnaast zou men een aanplant van losse planten kunnen toepassen op locaties waar het werken met zwaar materieel onmogelijk lijkt. <De onlangs ingezette groeipotentieproef zal waarschijnlijk enig licht werpen op de vraag of losse plantjes kunnen blijven staan>

### Monitoring

10. Een aantal parameters zou men kunnen laten vallen bij toekomstige monitoring, of in elk geval de rapportage over zeegrasmusmitigaties omdat na drie seizoenen duidelijk is dat deze weinig of geen verband hebben met zeegrasontwikkeling. Deze parameters zijn epifyten, wadslakjes, alikruiken en (strand-)krabben.
11. Daarnaast zijn een aantal parameters die waarschijnlijk wel een rol spelen bij de ontwikkeling van het zeegras, maar die op een andere manier moeten worden gemonitord omdat de huidige methode (te) weinig inzicht geeft in de relatie. Deze factoren zijn bedekkingspercentage met water, macroalgen en foeragerende vogels.
12. Het geschatte bedekkingspercentage met water in de plots (en van patches) wordt per monitoring vastgelegd, maar blijkt vooral samen te hangen met factoren zoals tijdstip, getijden, regenval en wind.
13. Om meer en beter inzicht te krijgen in de relatie tussen zeegrasgroei en macroalgen, dan zou men moeten overwegen de monitoring van macroalgen aan te passen, bijvoorbeeld door vastzittende (blijvende) en vrij rondrijvende (=tijdelijk aanwezige) algen te onderscheiden, maar ook door aantallen op de patches nauwkeuriger vast te leggen. <wordt nu per plot vastgelegd, en per patch als er grote verschillen zijn>

14. Het monitoren van foerageeractiviteit van vogels (m.n. ganzen) moet anders worden uitgevoerd dan als onderdeel van een gewone monitoring, omdat het foerageren vooral gedurende 4-6 weken plaatsvindt terwijl het monitoren slechts een momentopname betreft. Om een duidelijk beeld te krijgen van de mogelijke invloed van ganzen, dan zou men gedurende de 2-5 weken dat ze actief zijn ze veel regelmatig moeten volgen (bijvoorbeeld met een vogelcamera). Een wekelijkse meting met de RTK-DGPS van de ganzenkuilen gedurende deze periode, en een (bijna) dagelijkse telling van vogels en kuilen zou een duidelijk beeld geven.

## Onderzoek

15. Mogelijk slaagt een aanplant met losse planten wel op gunstiger locaties zoals RH08, en daar zou men kunnen overwegen een paar (bijv. 4 plots van 5 bij 5 m) met losse planten aan te leggen, bij wijze van proef. <zie punt 9>
16. Er is weinig bekend van kolonisatie door middel van losse fragmenten dan wel zaden van *Zostera noltii* zoals geobserveerd in Roelshoek, terwijl dit wel de uitbreiding op iets grotere afstanden bepaalt. Men zou in een mesocosmproof de invloed van duur van 'drift' en seizoen redelijk eenvoudig kunnen testen.
17. Hoewel een schelpenbehandeling een positieve invloed heeft op zeegrasonwikkeling, is het niet geheel bewezen dat dit komt door de verlaging van de dichtheden aan volwassen wadpieren dan wel het verlagen van het wadpierreliëf. Wadpierdichtheden worden verlaagd door een schelpenbehandeling, en hoge wadpierdichtheden gaan gepaard met lager zeegrasdichtheden. Ook het reliëf wordt verlaagd (behalve in DM08??) Echter, hoewel een direct verband aannemelijk lijkt, een causaal verband is niet bewezen, want mogelijk hebben schelpen een direct positieve uitwerking op het zeegras (bijv. via bodemchemie of structuur – sedimentstabilisatie, zie Reise & Kohlus 2008, van Katwijk & Hermus 2000). Een aantal manipulaties in mesocosmopstellingen kunnen hierop een licht werpen. Men zou kunnen denken aan het volgen van zeegrasonwikkeling op waterbodems zonder wadpieren, wel/niet behandeld met schelpen.
18. Zetmeel: dat de zetmeelconcentraties in april op Roelshoek hoger zijn dan op de slechtere mitigatielocaties geeft aan dat de zetmeelconcentratie in april een goede indicator zijn. Ook geeft dit aan dat de zetmeelconcentratie in de rhizomen mogelijk cruciaal is: dan rijst de vraag: welke factoren kunnen de zetmeelconcentratie positief beïnvloeden. Veldmetingen en –manipulaties en mesocosmproeven kunnen hier inzicht in geven. De voorraad reservestof in de rhizomen aan het einde van de winter tussen mitigatielocaties en natuurlijke populaties is vergelijkbaar, wat mogelijk erop duidt dat een achteruitgang in zeegrasareaal na de winter niet door een tekort aan reservestoffen komt. Aanvullend gedetailleerd onderzoek naar mogelijke andere verklarende factoren (zoals bijv. sediment dynamiek, temperatuursgevoeligheid, overstromingsduur, uitdroging) wordt dan ook aanbevolen.



## 6 Samenvatting

Ongeveer 4000 m<sup>2</sup> 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 en verbeterd. Als mitigerende maatregel is voorgesteld om klein zeegras op de locaties waar het moet wijken (de 'donorlocatie') 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 en 27 mei tot 24 juni 2008, waarbij respectievelijk 600 m<sup>2</sup> en 1030 m<sup>2</sup> zeegras werden verplaatst vanaf de locaties Viane Oost en Viane West op Schouwen-Duiveland. De verplaatsing zelf werd uitgevoerd door de firma BTL uit Bruinisse, terwijl begeleiding en monitoring werd uitgevoerd door RU (op enkele dagen bijgestaan door RWS tijdens de begeleiding). In 2007 werden twee mitigatielocaties op Tholen gekozen, namelijk Dortsman Noord (DM07) en Krabbenkreek Zuid (KZ07). In 2008 werd gebruik gemaakt van vier mitigatielocaties, namelijk Krabbenkreek Noord (KN08), Krabbenkreek Zuid (KZ08), Dortsman Noord (DM08) (alle op Tholen) en Roelshoek (RH08) (op Zuid Beveland).

Omdat wadpieren en klein zeegras elkaar niet goed verdragen werd gekozen voor een behandeling tegen wadpieren. In 2007 werd als anti-wadpiermaatregel een schelpenlaag van 5-7 cm op 10 cm diepte aangebracht (op locaties KZ07 en DM07) in een aantal plots; op KZ07 werd tevens een afbreekbaar net aangebracht op 10 cm diepte. Omdat het een proefopstelling betreft werd op alle mitigatielocaties telkens gewerkt met een gelijk aantal onbehandelde controleplots.

Zeegrasplaggen van 0,75 bij 1,5m werden gerooid op donorlocatie Viane en in vochtig gehouden 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 DM07 werden in totaal 12 plots uitgezet, 6 veilige en 6 kansrijke, waarvan de helft met schelpenbehandeling en de helft als controle (zonder schelpen of net). De plotbehandelingen waren 15.5 x 15.5 m<sup>2</sup> of 10 x 10 m<sup>2</sup>, respectievelijk voor de veilige of kansrijke opstellingen. In KZ07 werden in totaal 24 plots uitgezet, waarvan 12 veilige en 12 kansrijke, ieder met 4 controles, 4 netbehandelingen en 4 schelpenbehandelingen.

In 2008 werden op alle vier mitigatielocaties 16 plots aangelegd, waarvan 8 in veilige opstelling en 8 in een kansrijke opstelling. Tevens waren in 2008 de helft van alle plots op iedere locatie met schelpen behandeld; met netten werd niet meer gewerkt, gezien de mogelijke impact op het milieu, en een minder goede werking dan de schelpenbehandeling. Op locatie KN08 werd een achttal plots (4 controle, 4 met schelpenbehandeling) van 5 bij 5 meter aangelegd met ieder 250 losse planten.

Direct na aanleggen van de plots is een zogenaamde nulmeting uitgevoerd op iedere mitigatielocatie, met daarna een gewone monitoring iedere maand tijdens het groeiseizoen. Buiten het groeiseizoen werd om de twee maanden gemonitord. Bij iedere monitoring werd een groot aantal parameters gemeten die direct te maken hadden met het zeegras (zoals bedekking/dichtheid, oppervlakte, aantal scheuten, conditie, bloei), andere biologische parameters (zoals aantallen wadpieren, wadslakjes, epifyten, macroalgen, krabben) en fysieke factoren (bedekking met waterlaag, hoogte wadpierhoopjes). Een aantal parameters werd slechts een paar keer per seizoen gemeten, zoals bodemchemie, korrelgrootte van het sediment en gedetailleerde hoogtes van het microreliëf. Foto's van de plots werden bij iedere monitoring gemaakt, en daarnaast werd een aantal aspecten slechts *ad hoc* gemeten, zoals de gevolgen van foeragerende vogels. Als aanvulling op de reguliere monitoringsronden werd regelmatig een werkbezoek gebracht aan zowel de mitigatie- als donorlocaties, en aan natuurlijke zeegraspopulaties in de Oosterschelde.

De resultaten van de monitoring laten zien dat van de in 2008 aangelegde plots de locaties KN08 en RH08 het goed deden qua zeegrasgroei in 2008, terwijl de locaties KZ08 en DM08 het slecht deden. In 2009 veranderde dit beeld: KN08 deed het ook matig in 2009, hoewel iets beter dan DM08 en KZ08. RH08 deed het echter uitstekend, met een goede zeegrasgroei (zowel qua oppervlakte als bedekkingspercentage) en zelfs met een 21-tal spontane uitzaaiingen in de omgeving van de plots (tot op 200m afstand). De plots uit 2007 doen het in het algemeen slecht tot matig, al is dit beeld niet constant. KZ07 deed het uitstekend in 2007, en enkele (5-6) plots deden het goed in 2008; echter, in 2009 deden alle plots het slecht, mogelijk ten dele ten gevolge van foeragerende ganzen in het najaar van 2008. DM07 blijft verrassen. In het najaar van 2007 was de verwachting dat de plots geen lang leven zouden hebben, maar enkele plots blijven het doen (met een matige begroeiing), zelfs tot in het voorjaar van 2010.

Uit de monitoringsresultaten blijkt dat een behandeling met een schelpenlaag op alle locaties een positieve uitwerking heeft op zeegrasgroei. Daarnaast geeft het zeegrassucces op de locatie RH08 een indicatie dat een combinatie van gering hoogteverschil (vlakke omgeving), matige hydrodynamiek, een relatief fijne korrelgrootte van het sediment, een hoogteligging van +0.30-0.50 NAP en bodemchemie (e.g. een nutriëntenrijkere omgeving) mogelijk een positieve bijdrage leveren aan zeegrasgroei. Zetmeelconcentratie in de rhizomen (in april) is het hoogst in de succesvolle mitigatielocatie en is daarom mogelijk een goede indicator voor de geschiktheid van de habitat (en van de donor).

Bezoeken aan de donorlocaties laten zien dat teruggroei van zeegras in het rooivlak (na behandeling met een schelpenlaag) gestaag loopt. Na twee jaar is het zeegras voor een groot gedeelte (> 50%) weer teruggekeerd in de vlakken die in 2007 zijn geroid.

## 7 Vooruitblik

### Mitigaties in 2010

- In maart en mei-juni 2010 is op de donorlocaties Viane Oost (500m<sup>2</sup>, tussen 3-14 maart 2010) en Krabbenkreek Noord (144 m<sup>2</sup>, tussen 1-4 juni 2010) zeegras geroid in de werkstrook langs de dijken. Dit is vervolgens aangeplant op de mitigatielocatie Krabbenkreek Noord: 24 plus 8 nieuwe plots, allemaal op een schelpenlaag en in een 'open hart'<sup>24</sup> opstelling. Uitvoering is net als in 2007 en 2008 uitgevoerd door hoveniersbedrijf BTL uit Bruinisse. In 2010 en 2011 zullen deze nieuwe plots worden gemonitord. Ter aanvulling van de mitigaties zal in oktober 2010 langs een bestaand zeegrasveld bij Viane Oost een schelpenlaag worden aangebracht, om het uitgroeien van het zeegrasareaal te bevorderen. Dit proces zal eveneens worden gemonitord in 2010-2011.

### Mitigaties na 2010

- Na 2010 zijn de grootste arealen zeegras op kwetsbare locaties (dwz binnen de werkstrook langs de te behandelen dijken) geroid, behalve op de Goesse Sas, waar aan het begin van zomer 2009 het totaal areaal aan rooibaar zeegras werd geschat op 500 m<sup>2</sup>, en bij de mitigatie Oudepolder, St. Philipsland (in de Krabbenkreek) dat gepland staat voor 2012 en waar ongeveer 1000 m<sup>2</sup> zal worden geroid. Op de overige locaties zoals Zandkreek, Dortsman west van Spuisluis (het Gemaal), Mastgat, Krabbenkreek Noord (zuid/oesterbank) en Oostdijk werd geen zeegras van betekenis gevonden binnen de werkstrook. Echter, dit moet wel in de gaten worden gehouden want zeegraspopulaties zijn erg dynamisch. Ook blijft ingroei in de werkstrook mogelijk. In het jaar voorafgaand aan de werkzaamheden aan de dijken zou men afwezigheid in de werkstrook van winbare hoeveelheden zeegras moeten bevestigen.

### Uitvoering op donorlocaties

- Op de donorlocaties zal na het rooien van het zeegras en afronden van de werkzaamheden aan de dijk, de werkstroken worden behandeld met een schelpenlaag. Dit is bedoeld als anti-wadprierbehandeling en dient om teruggroei van zeegras vanuit aangrenzende velden te bevorderen. Uitvoering van deze maatregel vindt in de regel pas plaats één jaar na transplantatie, na afronding van de uitvoeringswerkzaamheden van de dijkversterking. Indien het zeegras inmiddels spontaan is teruggegroei moet deze maatregel heroverwogen worden.

---

<sup>24</sup> Dit bestaat uit een ring van 8 patches, dwz 3 bij 3, maar zonder een patch in het midden.

- Teruggroei van zeegras zal worden gemonitord op incidentele basis (er zijn geen contractuele verplichtingen). Dit zal niet worden gemeten, maar worden geregistreerd aan de hand van incidentele werkbezoeken.

#### **Vervolgprogramma 2010-2011**

- Fase 6. Monitoren in aug/sep 2010 van de zeegrasmusmitigaties zoals uitgevoerd in 2007 2008 en 2010, analyseren en rapporteren van de resultaten conform de gevraagde tussenrapportage in contract.
- Fase 7: Fulltime begeleiden zeegrasmusmitigaties in maart 2010 en in mei / juni 2010 inclusief het uitvoeren van een nulmeting en rapporteren van de resultaten en bevindingen conform de gevraagde tussenrapportage in contract. Daarnaast het begeleiden van het aanbrengen van extra schelpen buiten de werkstrook in Viane Oost begin oktober 2010.
- Fase 8: Monitoren in aug/sep 2011 van de zeegrasmusmitigaties zoals uitgevoerd in 2010, en analyseren en rapporteren van de resultaten conform gevraagde eindrapportage in contract.
- Succesanalyse Roelshoek: relateren van de dynamiek van de zeegrasmuspatches aan sediment dynamiek op verschillende schalen.

#### **Rapportages**

- Concept-tussenrapportage voor Fase 6 *Begeleiden zeegrasmusmitigaties* dient gereed te zijn op 31 oktober 2010; hierin wordt de schelpenproef bij Viane qua uitvoering ook beschreven.
- De concept-tussenrapportage van fase 7, het monitoren van de zeegrasmusmitigaties in augustus 2010, moet worden ingediend op 15 juni 2011.
- De eindrapportage over de monitoring in augustus 2011 zal medio 2012 worden opgeleverd..

## 8 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 Nieuwenhuysse & 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.

**Bos**, A.R., van Katwijk, M.M. (2007) – Planting density, hydrodynamic exposure and mussel beds affect survival of transplanted intertidal eelgrass. *Mar.Ecol.Prog.Ser.* 336:121-129

**Bos**, A.R., Bouma, T.J., de Kort G.L.J., van Katwijk M.M. (2007) – Ecosystem engineering by annual intertidal seagrass beds: sediment accretion and modification. *Est.Coast.Shelf Sci.* 74:344-348

**Brun** F.G., Hernandez I., Vergara J.J., Peralta G., Perez-Llorens J.L. (2002) – Assessing the toxicity of ammonium pulses to the survival and growth of *Zostera noltii*. *Mar.Ecol.Prog.Ser.* 225:177-187.

**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.

**Deborde** J., Abrill G., Mouret A., Jezequel D., Thouzeau G., Clavier J., Bachelet G., Anschutz P. (2008) – Effects of seasonal dynamics in a *Zostera noltii* meadow on phosphorus and iron cycles in a tidal mudflat (Arcachon Bay, France). *Mar.Ecol.Prog.Ser.* 355:59-71

**Drew**, E.A. (1983) – Sugars, cyclitols and seagrass Phylogeny. *Aquatic Botany*, 15, 387-408.

**Duarte**, C.M. (1990) – Seagrass nutrient content. *Marine Ecology-Progress Series* 67: 201-207.

**Erfteemeijer**, P.L.A. (1994) – Difference in nutrient concentrations and resources between seagrass communities on carbonate and terrigenous sediments in South-Sulawesi, Indonesia. *Bulletin of Marine Science*, 54, 403-419.

- Erfteemeijer**, P.L.A. Stapel, J., Smekens, M.J.E., Drossaert, W.M.E. (1994) – The limited effect of *in situ* phosphorus and nitrogen additions to seagrass beds on carbonate and terrigenous sediments in South-Sulawesi, Indonesia. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 182, 123-140.
- Farke**, H. & Berghuis, E.M. (1979) – Spawning, larval development and migration of *Arenicola marina* under field conditions in the Western Wadden Sea. *Netherlands Journal of Sea Research*, 13, 529-535.
- Flach**, E. C. & Beukema, J. J. (1994) Density-governing mechanisms in populations of the lugworm *Arenicola marina* on tidal flats. *Marine Ecology-Progress Series*, 115, 139-149.
- 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.
- Frederiksen** M.S., Holmer M., Perez M., Invers O., Ruiz J.M., Knudsen B.B. (2008) – Effect of increased sediment sulfide concentrations on the composition of stable sulfur isotopes ( $\delta S-34$ ) and sulfur accumulation in the seagrasses *Zostera marina* and *Posidonia oceanica*. *J.Exp.Mar.Biol.Ecol.* 358:98-109.
- 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.
- Hall**, L.M, M.D. Hanisak & R.W. Virnstein (2006) - Fragments of the seagrasses *Halodule wrightii* and *Halophila johnsonii* as potential recruits in Indian River Lagoon, Florida. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 310:100-117.
- 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* 158:411-419.
- 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. (2009) – Predicting habitat suitability in temperate seagrass ecosystems. *Limnol. & Oceanol.* 54(6):2018-2024.



- 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 & V.N. de Jonge (1989)** – Zeegras *Zostera marina* L., *Zostera noltii* Horn. Een ecologisch profiel en het voorkomen in Nederland. Nota GWAO-89.1003.
- 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. van, 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 & D.C.R. Hermus (2000)** – Effects of water dynamics on *Zostera marina*: transplantation experiments in the intertidal Dutch Wadden Sea. *Marine Ecology-Progress series* 208: 107-118
- 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<sup>e</sup> 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. (2009)** – Guidelines for seagrass reintroduction: importance of habitat selection and donor population, spreading of risks, and ecosystem engineering effects. *Mar.Pollut.Bull.* 58:179-188
- 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.

**Larkum**, A.W.D., Orth, R.J., Duarte, C.M. (2006) – Seagrasses: Biology, Ecology and Conservation. Springer, the Netherlands

**Lee** K.S. & Dunton, K.H. (1999) - Influence of sediment nitrogen-availability on carbon and nitrogen dynamics in the seagrass *Thalassia testudinum*. Marine Biology, 134, 217-226.

**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.

**Oenema**, O. (1988) Early diagenesis in recent fine-grained sediments in the eastern Scheldt. PhD thesis University Utrecht, The Netherlands.

**Olivé**, I., Brun, F.G., Vergara, J.J., Pérez-Lloréns, J.L. (2007) – Effects of light and biomass partitioning on growth, photosynthesis and carbohydrate content of the seagrass *Zostera noltii* Hornem. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 345, 90-100.

**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, p 687-713

**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.

**Peralta** G., Bouma, T.J., van Soelen, J., Perez-Llorens, J.L., Hernandez, I. (2003) – On the use of sediment fertilization for seagrass restoration; a mesocosm study on *Zostera marina* L. Aquatic Botany 75, 95-110.

**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

**Phillips**, R.C. (1980) – Transplanting methods. In: Phillips RC, McRoy CP (eds) Handbook of seagrass biology: an ecosystem perspective. Garland Press, New York, p. 41-56

**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.

**Short, F.T., Dennison, W.C., Capone, D.G. (1990)** – Phosphorous limited growth of the seagrass *Syringodium filiforme* on carbonate sediments. *Marine Ecology Progress Series*, 62, 169-174.

**Terrados J., Duarte C.M., Kamp N.L., Agawin N.-S.R., Gacia E., Lacap D., Fortes M.D., Borum J., Lubanski M., Greve T. (1999)** – Are seagrass growth and survival constrained by the reducing conditions of the sediment? *Aquat.Bot.* 65:175-197.

**Vermaat, J.E. & Verhagen, F.C.A. (1996)** – Seasonal variation in the intertidal seagrass *Zostera noltii* Hornem.: coupling demographic and physiological patterns. *Aquatic Botany*, 52, 259-281.

**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.

**Zipperle, A.M., J.A. Coyer, K. Reise K, W.T. Stam & J.L. Olsen JL (2009)** - Evidence for persistent seed banks in dwarf eelgrass *Zostera noltii* in the German Wadden Sea. *Mar. Ecol. Prog. Series*, 380:73-80.



# Annex 1 Monitoringsformulier

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