

Rijke Dijk in de Rotterdamse haven

Vrijhangende substraten en Ecobetonplaten

P. Paalvast
dr. B.K. van Wesenbeeck

1002674-000

Titel

Rijke Dijk in de Rotterdamse haven

Opdrachtgever

Port of Rotterdam

Project

1002674-000

Kenmerk

1002674-000-ZKS-0008

Pagina's

35

Trefwoorden

Rijke Dijk, haven Rotterdam, epifauna, mosselen, hangende structuren, hula's, eco-beton

Samenvatting

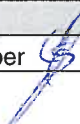
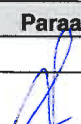
Deze studie heeft gekeken naar mogelijkheden om lokaal in havenbekkens de hechtingsoppervlakte voor waterzuiverende organismen te vergroten door het ophangen van touwstructuren en het aanbieden van bewerkt beton. In de Scheurhaven en Pistoolhaven in Rotterdam zijn touwstructuren opgehangen rond palen onder water (paalhula's) en binnen pontons (pontonhula's). Daarnaast zijn op palen ecobetonplaten bevestigd. De touwen begroeien in rap tempo met mosselen waartussen andere kleine organismen zich kunnen vestigen.

Ecobetonplaten, voorzien van spleten, putjes en rotsstructuur, groeiden minder goed aan met wieren en macrofauna dan op grond van ervaringen in IJmuiden werd verwacht. De belangrijkste oorzaken hiervoor zijn waarschijnlijk de locatie van de platen in het hoge intergetijdegebied, waardoor ze regelmatig droogvallen, en de loodrechte oriëntatie van de platen.

De structuren trekken geen organismen aan die een beschermde status genieten volgens de KRW. Dit levert dus geen belemmeringen op voor de haven activiteiten. Bij een mogelijke opschaling van deze pilot zal gewerkt moeten worden aan de constructie methode waarbij mosselzaad invang installaties (MZI's) als voorbeeld zouden kunnen dienen.

Opschaling kan positief bij dragen aan de lokale ecologische kwaliteit van het havengebied en aan de kwaliteit van het water in de haven. Hiermee wordt voldaan aan de ambitie uit het HavenNatuurPlan 2004 "*Waar mogelijk versterken van natuurwaarden*".

Referenties

Versie	Datum	Auteur	Paraaf	Review	Paraaf	Goedkeuring	Paraaf
		P. Paalvast		dr. C. Schipper		ir. T. Schilperoort	
		dr. B.K. van Wesenbeeck					

Status

definitief

Inhoud

1 Inleiding	1
1.1 Inkadering van de pilotstudie	1
1.2 Doel van de pilotstudie	2
2 Materiaal en methode	3
2.1 Locaties	3
2.2 Vrijhangende substraten	3
2.2.1 Paalhula's	3
2.2.2 Pontonhula's	6
2.3 Ecobetonplaten	7
2.4 Monitoring	8
2.4.1 Abiotiek	8
2.4.2 Paalhula's	9
2.4.3 Pontonhula's	9
2.4.4 Ecobetonplaten	9
2.4.5 Analyse	10
3 Resultaten	11
3.1 Abiotiek	11
3.2 Vrijhangende substraten	12
3.2.1 Paalhula's	12
3.2.2 Pontonhula's	14
3.3 Ecobetonplaten	18
4 Discussie en conclusies	20
4.1 Vrijhangende substraten	20
4.2 Ecoplaten	21
4.3 Invloed op waterkwaliteit en andere soorten	22
4.4 Natuurwetgeving	22
4.5 Samenvattende conclusies	23
5 Aanbevelingen voor verder onderzoek	24
6 Literatuur	25
Bijlage(n)	
A Beschrijving locaties	A-1
B Beschrijving paal- en pontonhula's	B-1
C Locaties van structuren	C-1
D Soortenlijsten	D-1
E Paalhula biomassa	E-1

F Persmomenten

F-1

1 Inleiding

Nederland telt honderden kilometers rotsachtige kust, gevormd door dijken, golfbrekers en havenkades. Op deze harde structuren heeft zich een soortenrijke gemeenschap gevestigd, bestaande uit oesters, mosselen, sponzen, anemonen en zakpijpen. Deze soorten oefenen een grote aantrekkingskracht uit op krabben, kreeften, zeesterren, naaktslakken en vissen. Deze dieren komen hier schuilen en voedsel zoeken. De biologische productiviteit en diversiteit maken harde substraten een geliefde plek voor duikers en vissers.

Kademuren, damwanden, steigers en palen in havens zijn rechte en gladde structuren. Toch raken deze structuren geleidelijk aan begroeid met een verscheidenheid aan organismen, zoals wieren, mosselen en oesters (Den Hartog 1959). Deze organismen zijn van belang voor de biologische productiviteit van het havensysteem, voor de kwaliteit van het water en voor de gezondheid van het ecosysteem op een grotere schaal. Hoewel havens kunstmatige waterlichamen zijn vallen ze onder de Europese Kaderrichtlijn Water (KRW) en zullen bepaalde doelstellingen voor het onderhouden van een gezond ecologisch systeem moeten worden behaald.

1.1 Inkadering van de pilotstudie

In 1987 startte bij Rijkswaterstaat het Project Milieuvriendelijke Oevers, in welk kader de nota Kansen voor oevers van getijdenwateren (Vroom et al., 1991) verscheen. In 1989 werd de Derde Nota Waterhuishouding uitgebracht. Hierin werd de basis gelegd voor 'de geïntegreerde zorg voor de toestand en het gebruik van de watersystemen, bestaande uit de compartimenten water, bodem en oevers, met daarin de fysische, chemische en biologische componenten' (Min. van V&W, 1989a). De in 1998 verschenen Vierde Nota Waterhuishouding is hier een directe voortzetting van en verwoordt de beleidsdoelstellingen voor de periode 1998-2006. Als hoofddoelstelling voor het rijksnatuurbeleid in Nederland geeft het Natuurbeleidsplan (Min. Van V&W, 1989b):

'Duurzame instandhouding, herstel en ontwikkeling van natuurlijke waarden'.

Prioriteit wordt gegeven aan ecosystemen die in hoge mate bijdragen aan de biodiversiteit, afgemeten aan de (inter)nationale zeldzaamheid van soorten en ecosystemen. In het landelijk en regionaal waterbeleid zijn functies toegekend aan de watersystemen/watersysteemdelen, welke het uitgangspunt vormen voor het beheer (Anonymus, 1996). De Nieuwe Waterweg en het Hartelkanaal behoren tot het regionale watersysteem de *Noordrand*, waartoe ook de Nieuwe Maas behoort. Een van de belangrijkste functies van dit watersysteem is die van hoofdtransportas, maar ook de functie van natuur en landschap is toegekend (Min. van V&W, 1997). Beer- en Calandkanaal vallen ook binnen het watersysteem de *Noordrand*. Het beheer van deze wateren ligt bij het Havenbedrijf Rotterdam NV. Het Havenbedrijf heeft in 1997 voor de onder zijn beheer vallende havens het *HavenNatuurPlan* opgesteld (GHR, 1997). De hierin verwoorde visie is nader uitgewerkt in het "Regieboek Buitenruimte" dat verscheen in 2001 (GHR, 2001). Hierin wordt het belang van de natuur als volgt omschreven:

'Natuur in de haven heeft een intrinsieke waarde en een waarde in relatie tot de omgeving van de haven. Daarnaast is de aanwezigheid van natuur in de haven van toenemend economisch belang: onderzoek wijst uit dat het de snelst in belang toenemende

vestigingsplaatsfactor is en dat natuuraspecten samen met leefbaarheid bijdragen aan het maatschappelijk draagvlak voor bedrijfs-activiteiten. Daarom is het belangrijk om natuurwaarden te laten wegen in projecten'.

In 2002 zag het rapport “Leve(n)de Noordrand” (Stikvoort et al., 2002) het licht met daarin een toekomstvisie van Rijkswaterstaat voor het herstel van het estuarium van het Rotterdamse havengebied. Het nieuwe HavenNatuurPlan (Stuurgroep Regie Buitenruimte, 2004) is een krachtige aanvulling daarop met als één van de ambities:

‘Waar mogelijk versterken van natuurwaarden’.

Met als belangrijkste voorwaarde dat de primaire havenfunctie niet wordt belemmerd.

Binnen de huidige infrastructuur van het havengebied zijn de mogelijkheden voor het herstel van de oorspronkelijke natuurwaarden, ecotopen als schorren, slikken en platen, uitermate beperkt. Echter, binnen de kleine speelruimte in de haven kan wel degelijk winst worden behaald. In de studie “Rijke Dijk” (Baptist, et al., 2006) worden praktische voorbeelden gegeven voor ontwerp en benutting van dit soort harde infrastructuur voor ecologische en recreatieve waarden. Zo kan de natuurlijke functie van een havenbekken worden versterkt met eenvoudige middelen, zoals het aanbrengen van kunstmatige substraten van verschillende vorm en samenstelling. Deze structuurverrijking en het extra oppervlak bieden meer mogelijkheden aan planten en dieren om zich te vestigen. Hiermee zou niet alleen de biologische productiviteit kunnen worden versterkt, maar ook lokaal de biodiversiteit vergroot. Dit kan resulteren in een veerkrachtiger systeem en een betere waterkwaliteit. Kortom er ontstaat een goede ecologische toestand, waarmee een bijdrage wordt geleverd aan de doelstellingen van de Kaderrichtlijn Water 2000/60/EG.

1.2 Doel van de pilotstudie

Het doel van de pilotstudie is te onderzoeken of door het aanbrengen van kunstmatige structuren een hogere biomassa en diversiteit kan worden behaald in havenbekkens. Om deze toename te realiseren zijn paalhula's, pontonhula's en ecobetonplaten ontworpen (Paalvast, 2007, van Wesenbeeck & de Vries 2007). Paalhula's zijn op Hawaiiaanse rokjes lijkende touwstructuren die rond palen kunnen worden bevestigd. Pontonhula's zijn drijvende elementen met naar beneden hangende touwen, die in de ruimte binnen uit drijvers opgebouwde pontons kunnen worden geplaatst. Ecobetonplaten hebben verschillende watervasthoudende oppervlaktestructuren, zoals gaten en ribbels.

Voor de paal- en de pontonhula's zijn de volgende factoren gemonitord:

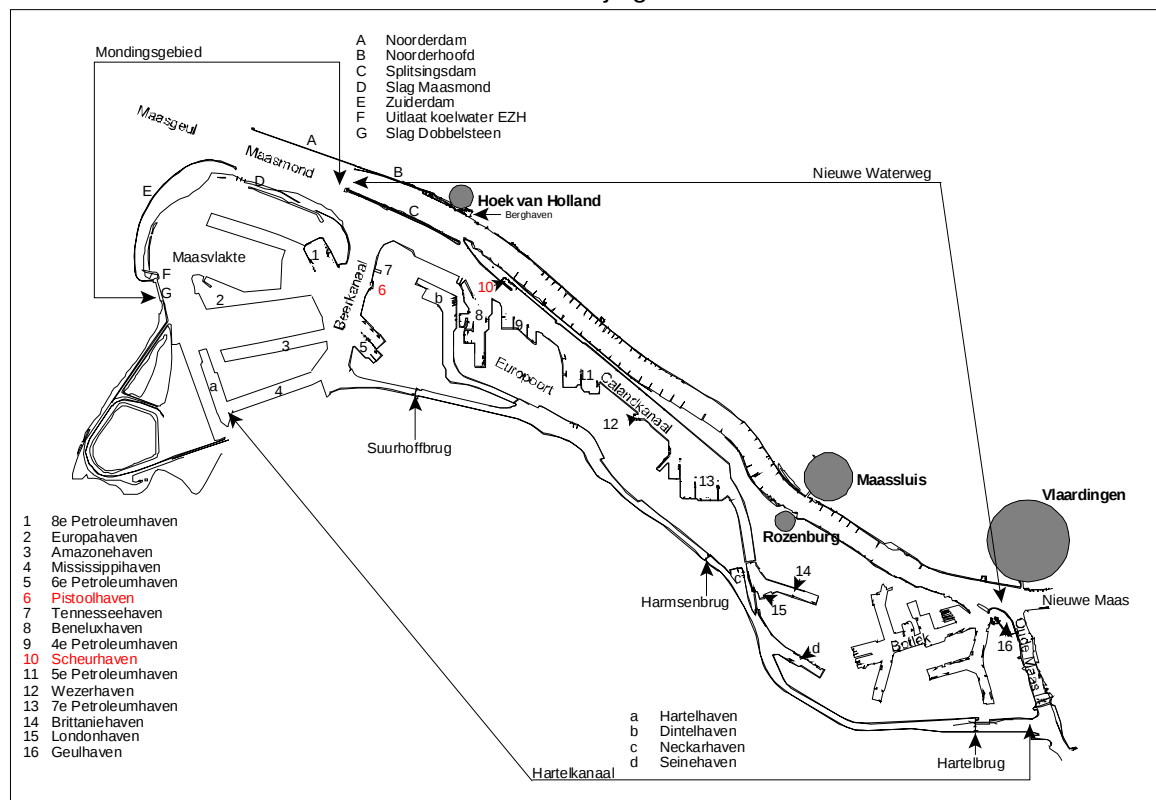
- de biodiversiteit
- het verloop van de biomassa in de tijd
- het effect van de touwdichtheid op de biomassa

Voor de ecobetonplaten is de kolonisatie van wieren en macrofauna op de verschillende structuren gevolgd.

2 Materiaal en methode

2.1 Locaties

De Pilotstudie heeft plaatsgevonden in de Scheurhaven aan het Calandkanaal en de Pistoolhaven aan het Beerkanaal (figuur 2.1). Voor een gedetailleerde beschrijving van deze twee kleine werkhavens wordt verwezen naar bijlage 1.



Figuur 2.1 Topografie van het westelijk havengebied. In rood de locaties waar de pilotstudie is uitgevoerd

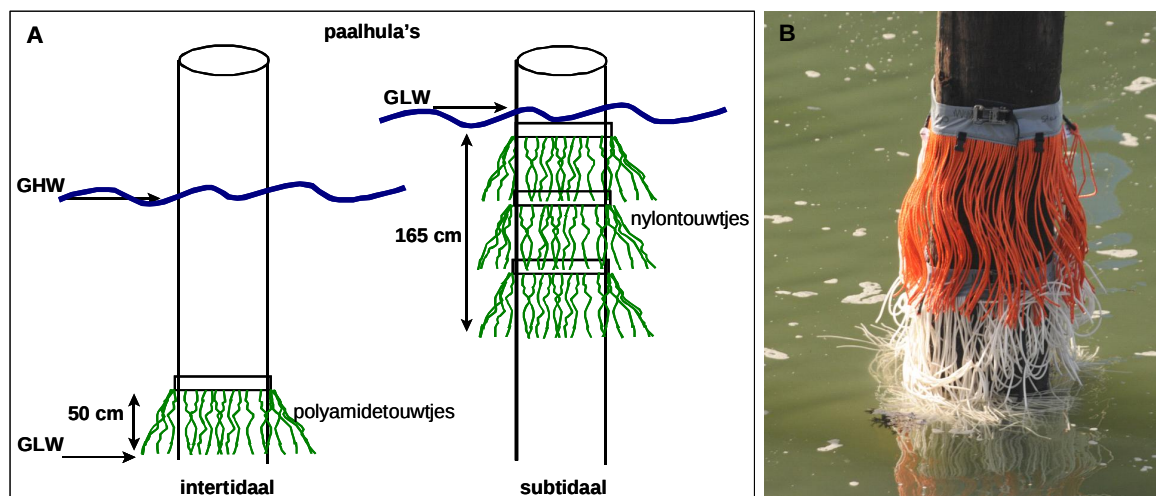
2.2 Vrijhangende substraten

2.2.1 Paalhula's

Paalhula's zijn vrijhangende touwstructuren, die rondom houten en stalen palen kunnen worden bevestigd (figuur 2.2 en 2.3, bijlage 2). Voor het gebied boven GLW (gemiddeld laagwater) zijn paalhula's ontworpen met touwtjes die blijven drijven en voor het gebied daaronder paalhula's met touwtjes die zinken. Aan de paalhula's zijn afneembare touwtjes gesespt om te kunnen monitoren. De paalhula's zijn in de Scheurhaven aangebracht rondom 5 houten en 2 stalen palen (figuur 2.4, bijlage 3) en in de Pistoolhaven rondom 3 stalen palen (figuur 2.5, bijlage 3). Rondom houten palen is één paalhula met touwtjes 50 cm boven GLW bevestigd. Onder GLW zijn drie paalhula's met touwtjes die elkaar 10 cm overlappen, vastgemaakt (figuur 2.3). Aan de stalen palen zijn alleen drie paalhula's met touwtjes onder GLW opgehangen.

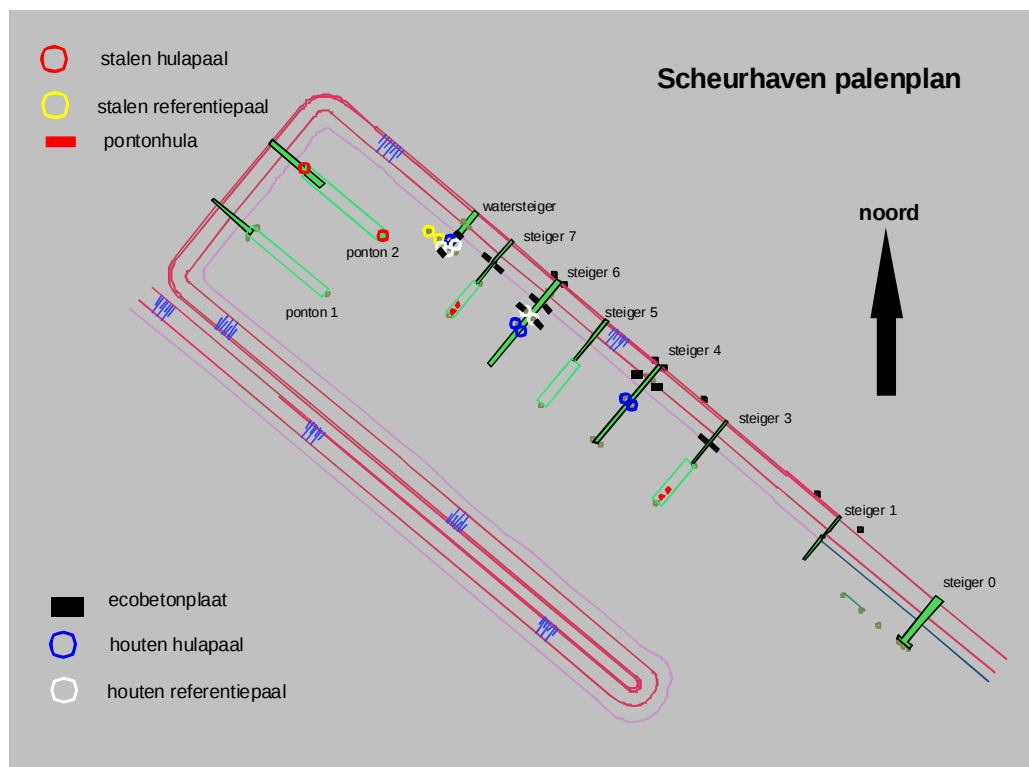


Figuur 2.2 Drie paalhula's voor de bevestiging

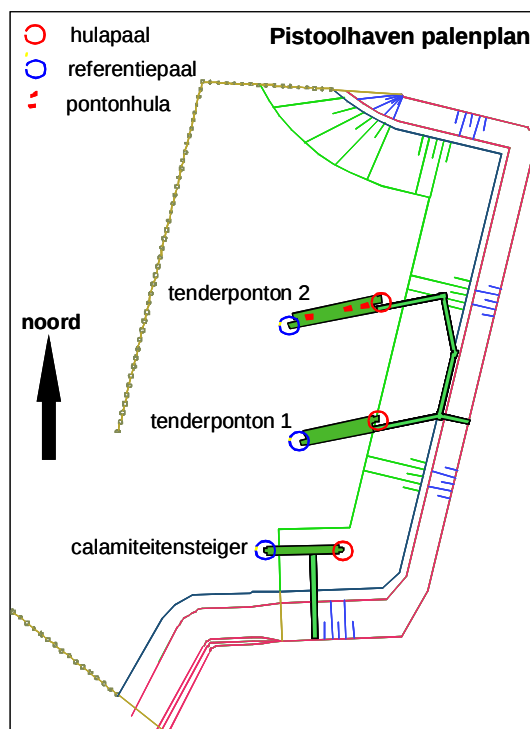


Figuur 2.3 A. Paalhula's en de positionering ten opzichte van gemiddeld laag- (GLW) en hoogwater (GHW)
B. De paalhula's met polyamidetouwjes (oranje) en nylontouwjes bij laagwater tijdens springtij, enige dagen na bevestiging

De keuze van alle hulapalen was zodanig dat deze zich buiten het vaargebied van de schepen bevonden. Naast hulapalen (palen met paalhula's) zijn houten en stalen referentiepalen (figuur 2.4 en 2.5, bijlage 3) geselecteerd waaraan geen paalhula's zijn opgehangen. Alle paalhula's zijn met behulp van een duikteam van Smit Nederland B.V begin maart 2009 opgehangen in zowel de Scheurhaven als de Pistoolhaven. Alle hulapalen en referentiepalen zijn vooraf met een hogedrukspruit vanaf ongeveer GHW (gemiddeld hoogwater) tot 2 meter onder GLW van al hun aangroei ontdaan zodat het effect van de hula's op de aangroei van organismen op de paal ten opzichte van de referentiepaal gemonitord kon worden.



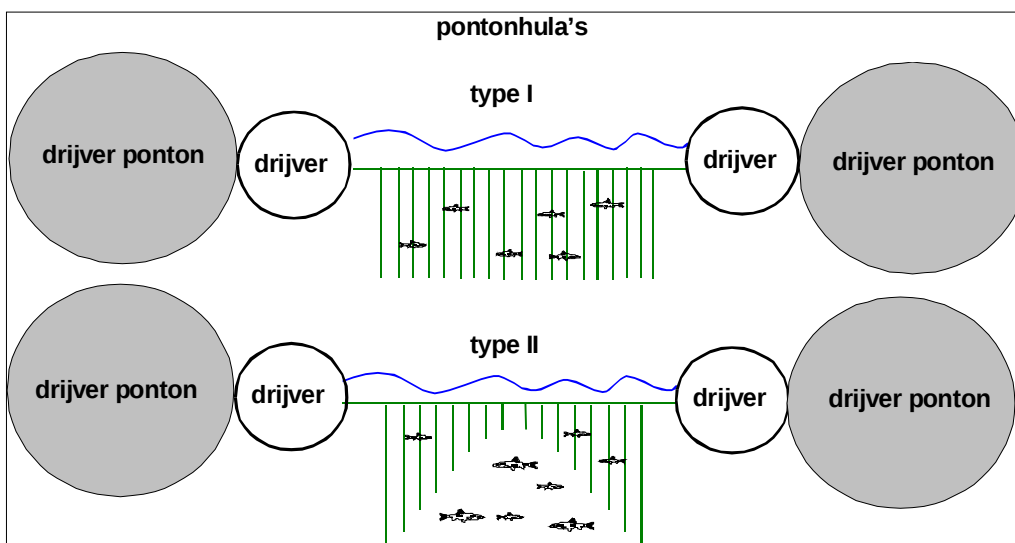
Figuur 2.4 Overzicht Scheurhaven met de locaties waar paalhula's, pontonhula's en ecobetonplaten zijn aangebracht



Figuur 2.5 Overzicht Pistoolhaven met de locaties waar paalhula's en pontonhula's zijn aangebracht

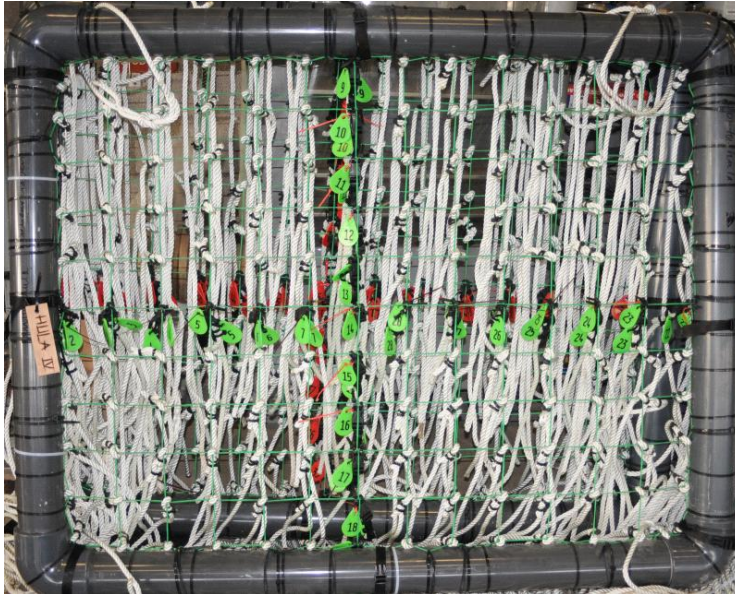
2.2.2 Pontonhula's

Pontonhula's bestaan uit een drijvend frame dat is gemaakt van PVC-rioolbuis met een diameter van 125 mm. Binnen dit frame is een nylonnet gespannen met een maaswijdte van 12,5 cm bij 12,5 cm. Aan de knopen van het net zijn touwen met een diameter van 12 mm bevestigd. De lengte van de touwen en de touwdichtheid varieert per pontonhula. Er zijn 2 typen gemaakt (figuur 2.6), waarvan bij type I alle touwen een lengte van circa 150 cm hebben, terwijl bij type II de lengte van de touwen van buiten naar binnen met stappen van 20 cm afneemt van 150 cm tot 30 cm. Bij type II ontstaat op deze wijze ruimtelijk een klokvorm van touwen. Volgens het kruis van het frame van elke pontonhula zijn aan twee raaien met genummerde contraststeekgespen overeenkomstig genummerde touwen met steekgespen bevestigd (figuur 2.7). Deze touwen kunnen worden losgemaakt tijdens de monitoring.

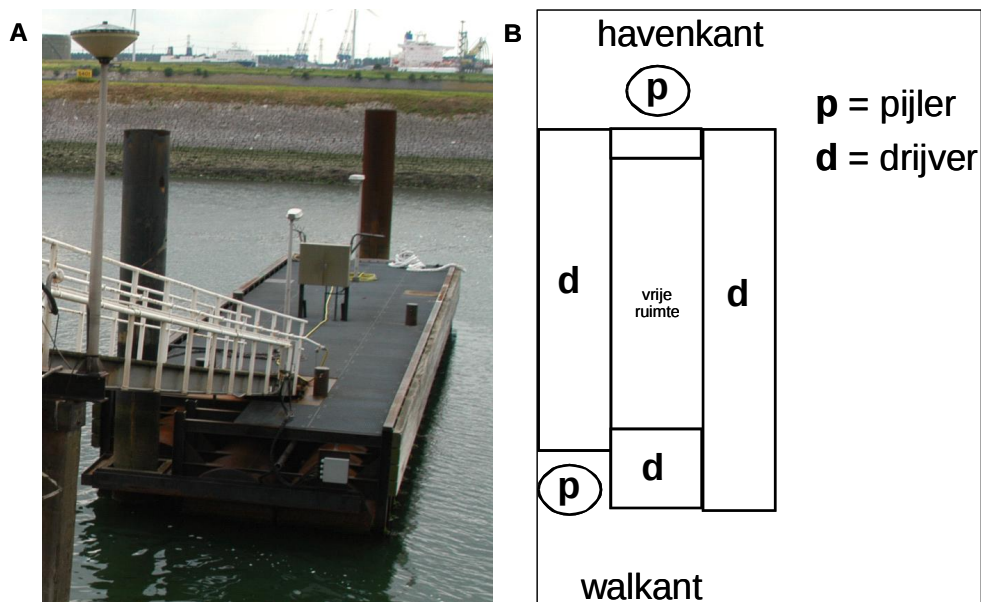


Figuur 2.6 Twee typen pontonhula's

De pontonhula's kunnen worden geplaatst binnen de door de drijvers van de pontons omsloten ruimte (figuur 2.8). Alle pontonhula's zijn begin maart 2009 in beide havens tussen de pontons neergelegd. Pontonhula's van het type I zijn in de Scheur- en Pistoolhaven, en die van het type II in de Scheurhaven (zie bijlage 4) geplaatst binnen de geselecteerde pontons en met touwen vast gebonden om zinken te voorkomen. De pontonhula's in de Scheurhaven hadden een grootte van 160 x 200 cm en in de Pistoolhaven van 85 x 230 cm. In de Pistoolhaven is gevarieerd met de touwdichtheid en zijn binnen de drijvers van "tenderpontoon 2" 3 pontonhula's geplaatst met 1 touw per knoop (168 touwen per pontonhula), 1 touw per twee knopen (80 touwen per pontonhula) en 1 touw per vier knopen (40 touwen per pontonhula).



Figuur 2.7 Pontonhula met de twee genummerde monitoringsraaien



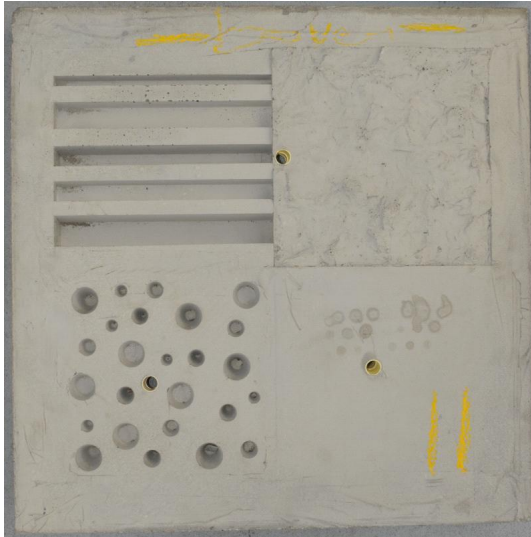
Figuur 2.8 A Het uit aparte drijvers opgebouwde ponton aan steiger 3 in de Scheurhaven
B Schematisch overzicht van dit ponton

2.3 Ecobetonplaten

Ecobetonplaten (figuur 2.9) zijn 60 cm lang en 60 cm breed en ongeveer 6 cm dik. Inwendig zijn ze voorzien van een wapening. Op de platen zijn 4 structuren met elk een afmeting van 25 cm bij 25 cm aangebracht:

- macrostructuur welke gelijkenis vertoont met natuurlijke rots
- geometrische structuur bestaande uit 5 spleten met een lengte van 25 cm. Twee van deze spleten hebben een breedte van 3,5 cm en een diepte van 4 cm. Eén heeft een breedte van 3 cm en een diepte van 2 cm, één een breedte van 2,2 cm en een diepte van 4 cm en de laatste een breedte van 1 cm met een diepte van 2 cm
- geometrische structuur bestaande uit 25 gaten. Vijf van die gaten hebben een diameter van 3,5 cm met een diepte van 5 cm, 5 een diameter van 3,5 cm met een diepte van 2,5 cm, 5 een diameter van 2,0 cm met een diepte van 5 cm, 5 een diameter van 2,0 cm

- met een diepte van 2,5 cm, 2 een diameter van 1,2 cm met een diepte van 5 cm en 3 een diameter van 3,5 cm met een diepte van 2,5 cm
- een gladde controle



Figuur 2.9 Ecobetonplaat

De ecobetonplaten zijn alle in maart 2009 bevestigd in de Scheurhaven aan de houten palen van een aantal steigers, op het niveau van en net boven GLW in wisselende oriëntatie, en met de structuren afwisselend boven en onder (zie figuur 2.4 en bijlage 5).

2.4 Monitoring

Na de plaatsing van de structuren in maart 2009 zijn de locaties minstens eenmaal per maand bezocht om te controleren of alle structuren nog in orde waren. De paalhula's die zich permanent onder water bevonden, zijn behalve met het blote oog, ook met behulp van een onderwatervideocamera op hun staat van bevestiging gecontroleerd.

2.4.1 Abiotiek

Op locatie zijn saliniteit en temperatuur op een drietal tijdstippen gemeten met een WTW-conductiviteitsmeter (Cond 3301) met een TetraCon®325 conductiviteits- en temperatuursensor. Het zuurstofgehalte is bepaald met een HQ20 Hach Portable LDO™ Dissolved Oxygen/pH Meter. Voor het verloop van de gemiddelde watertemperatuur in dezelfde periode is gebruik gemaakt van het meetpunt Q8 (Havenbedrijf Rotterdam NV) in het Hartelkanaal en het meetpunt Hoek van Holland in de Nieuwe Waterweg (Rijkswaterstaat Zuid-Holland).

Gegevens over stroomsnelheden in de havenbekkens zijn niet beschikbaar. Echter, turbulentie en stroomsnelheden worden continu beïnvloed door het aan- en afvaren van boten, waarbij de motor enorme turbulentie en stroming kan genereren. De stroming onder invloed van het getij en rivieraafvoer is vele malen kleiner dan de regelmatig opgewekte stromingscondities door boten.

Een zelfde redenering geldt voor de hoeveelheden zwevend stof in de havens. Hier zijn nu geen gegevens van, maar het is bekend dat de variatie binnen korte tijd groot kan zijn. Het doorzicht van het water is regelmatig goed en kan oplopen tot enkele meters. Echter, indien in de buurt wordt gebaggerd kan het doorzicht snel teruglopen door hoge zwevende stof concentraties.

2.4.2 Paalhula's

Van de touwen, die met behulp van de steekgespen van de paalhula's zijn verwijderd, is het volgende bepaald:

- aantal vastzittende soorten en hun relatieve dichtheid
- aantal niet-vastzittende soorten en hun relatieve dichtheid
- totaal gewicht aan natte biomassa

Aan de relatieve dichtheid is de in tabel 2.1 vermelde score toegekend.

Tabel 2.1 Waardering voor de relatieve dichtheid van de soorten op de paalhula's

aantal individuen	score
zeer veel	5
veel	4
meerdere	3
enkele	2
één	1

Om redenen van technische en praktische aard konden de paalhula's niet op van te voren vastgestelde tijdstippen worden gemonitord en was het niet mogelijk om van alle hulapalen op elk niveau een touw los te maken. In 2009 zijn de paalhula's twee keer bemonsterd, in de Scheurhaven in juni en in oktober, en in de Pistoolhaven op in juli en in september. Tijdens de maandelijkse inspectie is, voor zover mogelijk, bepaald welke soorten zich op de paalhula's en referentie-palen bevonden. Tevens is naar de aangroei van organismen onder de paalhula's gekeken.

2.4.3 Pontonhula's

Tijdens monitoring werden de pontonhula's met behulp van een driepoot en een lier met een capaciteit van 500 kg, naar boven getakeld en na afloop weer binnen het ponton gelegd. Van de touwen, die met behulp van steekgespen van de pontonhula's werden losgemaakt, is het volgende bepaald:

- aantal vastzittende soorten en hun relatieve dichtheid
- aantal niet-vastzittende soorten en hun relatieve dichtheid
- totaal gewicht aan natte biomassa

De biomassa wordt bepaald door de touwen te wegen aan een veerunster. Na de bepalingen worden de touwen weer op hun plaats aan de pontonhula teruggehangen.

Vanwege weersomstandigheden, maar ook door technische problemen, zijn niet alle pontonhula's in de Scheurhaven even vaak gemonitord. De pontonhula's werden te zwaar voor de driepoot en de lier en na juli 2009 zijn geen bepalingen in de Scheurhaven meer uitgevoerd. Monitoring van de pontonhula's in 2009 in de Scheurhaven heeft plaatsgevonden in mei, juni en juli. In de Pistoolhaven waren de omstandigheden voor de monitoring gunstiger. Hier zijn de bepalingen aan alle pontonhula's in mei, juni, juli en november uitgevoerd.

2.4.4 Ecobetonplaten

Van de verschillende structuren van de ecobetonplaten is aan de hand van foto's het volgende bepaald:

- bedekkingspercentage wieren
- aantal wiersoorten
- bedekkingspercentage zeepokken

- aantal invertebraten

De ecobetonplaten zijn gefotografeerd op het moment van bevestiging en vervolgens in 2009 in juni, september en december.

2.4.5 Analyse

Statische analyse is uitgevoerd met SPSS 15.0.0 voor Windows.

3 Resultaten

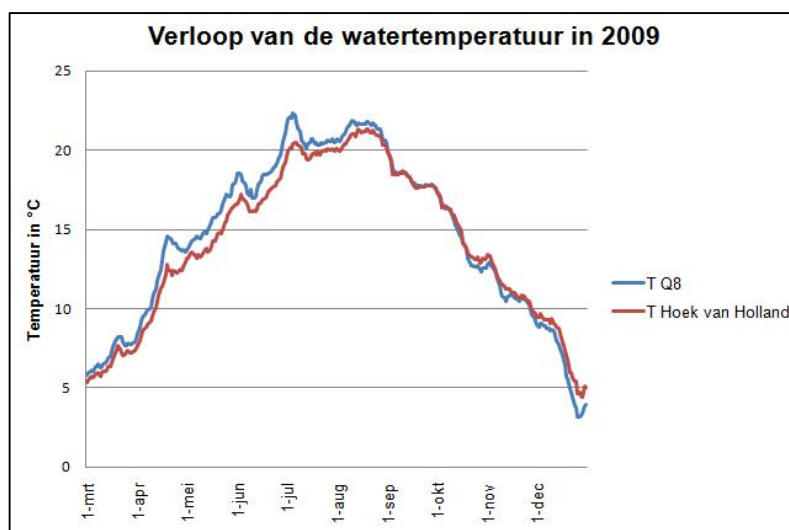
3.1 Abiotiek

In tabel 3.1 staan de gemeten watertemperatuur, saliniteit en zuurstofgehalte in de bovenste meter van de waterkolom in de Scheur- en Pistoolhaven. Ondanks het beperkte aantal metingen is duidelijk te zien dat de saliniteit in de Pistoolhaven lager was dan in de Scheurhaven. Dit verschil werd vooral veroorzaakt door de afvoer van zoetwater via het Hartelkanaal.

Tabel 3.1 De op een aantal monitoringsmomenten gemeten abiotische parameters in de Scheurhaven en de Pistoolhaven

	Scheurhaven			Pistoolhaven	
datum	19-5	17-6	24-7	18-6	24-7
temperatuur	14,2	19,2	18,7	18,2	18,9
saliniteit	17,2	17,6	23	16,1	15,1
O ₂ mg/l	8,6	8,7	7,6	8,4	8,6
O ₂ %	89,9	102,5	81,3	102	100,7

In beide havens was het zuurstofgehalte van het water op het moment van monitoren hoog. Voor wat betreft de watertemperatuur gedurende de gehele periode waarin de pilotstudie plaatsvond, valt uit figuur 3.1 af te lezen dat er zich geen extremen hebben voorgedaan. In de grafiek is goed het verschil tussen het temperatuurverloop van rivier- en zeewater te zien met kouder zeewater bij de Hoek van Holland in de 1^e helft van het jaar en kouder rivierwater, gemeten bij punt Q8, in de 2^{de} helft van de monitoringsperiode.



Figuur 3.1 Verloop van de gemiddelde watertemperatuur in 2009 op de meetpunten Q8 in het Hartelkanaal en bij Hoek van Holland in de Nieuwe Waterweg

3.2 Vrijhangende substraten

3.2.1 Paalhula's

Omdat in de Pistoolhaven maar weinig paalhula's konden worden bemonsterd, worden alleen de resultaten van de paalhula's uit de Scheurhaven besproken.

3.2.1.1 Biodiversiteit

Eind maart 2009, zo'n drie weken na bevestiging, waren alle paalhula's in de Scheurhaven onder GLW geheel begroeid met een verscheidenheid aan buizenvormende, draadvormende en solitaire kiezelwieren. Bij de paalhula's boven GLW was eind maart 2009 nog geen begroeiing zichtbaar. In de periode april-mei groeide er op een enkele paalhula boven GLW wat *Ulva lactuca* (Zeesla) en *Porphyra umbilicalis* (Purperwier). De paalhula's onder GLW waren echter overgroeid met een monocultuur van de hydroidpoliep *Obelia dichotoma* (Lange Zeedraad, figuur 3.2). Dezelfde begroeiing was op de referentiepalen te zien.



Figuur 3.2 *Obelia dichotoma* (lange zeedraad) op 19 mei 2009 op het uiteinde van een touw uit de Scheurhaven

In juni, zo'n 4 maanden na bevestiging, (voor de volledige soortenlijst zie bijlage 6) was *O. dichotoma* aan het afsterven en onder GLW waren *Balanus improvisus* (Brakwaterpok) en *Mytilus edulis* (Mossel) de meest dominante soorten. Boven GLW op de paalhula's met polypropyleentouw domineerde *P. umbilicalis* en *Ulva linza* (darmwier). Net onder GLW was de wierbegroeiing ongeveer gelijk, maar van 50cm -GLW verdwenen eerder genoemde soorten vrijwel geheel om plaats te maken voor voornamelijk *Callithamnion roseum* (Boompjeswier). Tussen de vastzittende organismen bevonden zich verschillende mobiele slijkgarnalen.

In oktober (maand 8) was de samenstelling van de gemeenschap op de paalhula's duidelijk veranderd (voor de volledige soortenlijst zie bijlage 6). Boven en onder GLW waren *P. umbilicalis* en *Ulva spec.* volledig verdwenen. Alleen de roodwieren *C. roseum* en *Ceramium rubrum* (Rood hoorntjeswier) hadden zich gehandhaafd. Over de gehele linie was *M. edulis* de dominante soort, die vanaf GLW naar dieper het touw min of meer volledig bezette. De brakwaterpokken, hoewel aanwezig werden sterk door de mossel verdrongen. De zakpijpen *Styela clava* (Japanse knotszakpijp, figuur 3.3) en *Molgula manhattensis* (Zijker) en *Halichondria panicea* (Broodspons) waren op verschillende touwtjes vertegenwoordigd. Meer mobiele soorten, en in hogere aantallen, waren in vergelijking tot de voorafgaande monitoring aanwezig. Op de paalhula's zaten meerdere exemplaren *Asterias rubens* (Zeester) die omdat het om grote organismen ging bij het losmaken niet op de monitoringsstrengen vast bleven

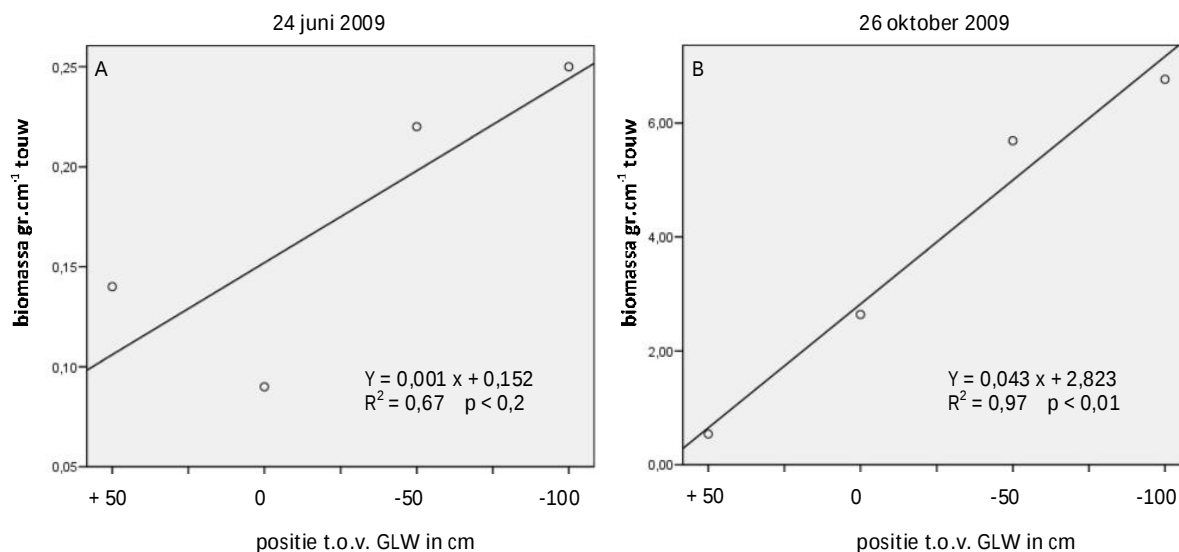
zitten. In september (maand 7) werd geconcludeerd dat de begroeiing onder de paalhula's uitsluitend uit zeepokken bestond, terwijl de referentiepaal al rijkelijk met mosselen en wieren was begroeid. Het grootste deel van de zeepokken onder de paalhula's was ook nog eens dood. Waarschijnlijk hadden deze zich gevestigd vlak na het ophangen van de paalhula's.



Figuur 3.3 De Japanse knotszakpijp op de touwtjes van de paalhula's aan de westelijke stalen paal van het ponton van het Havenbedrijf Rotterdam NV.

3.2.1.2 Biomassa

Voor de berekening van de biomassa op de paalhula's en de referentiepalen zijn alleen de data uit de Scheurhaven gebruikt, omdat deze in voldoende mate zijn bemonsterd (zie bijlage 7 voor de data). De waarden van de biomassa gemeten in juni (maand 4) (figuur 3.4) laten zien dat, hoewel niet significant, er een positieve relatie was tussen de biomassa op de paalhula's en de positie ten opzichte van GLW (hoe dieper hoe meer biomassa). In oktober (maand 8) was deze relatie wel significant (figuur 3.4). Dit gold voor alle paalhula's, met uitzondering van die aan de westelijke stalen paal van het ponton van het havenbedrijf (HW bijlage 7), waarop maar een geringe mosseldichtheid was aangetroffen. Opmerkelijk was verder de geringe biomassa op de paalhula's van de watersteiger (bijlage 7).



Figuur 3.4 De relatie tussen de gemiddelde biomassa per cm touw van de paalhula's in de Scheurhaven in juni (maand 4) en oktober (maand 8) 2009.

De biomassa op de referentiepalen is uitgaande van een bedekkingspercentage van 100% met voornamelijk een enkele laag mosselen ingeschat op 9925 gram.m⁻². Dit is gedaan door een hoeveelheid mosselen te wegen die passen in een vlak van 10 bij 10 cm. Wordt de biomassa per m² van de referentiepalen vergeleken met de biomassa per m² paalhula dan was deze van de paalhula gemiddeld een factor 8,5 en maximaal een factor 20,4 hoger (tabel 3.2).

Tabel 3.2 Gemiddelde, maximum en minimum biomassa per m² paalhula en de verhoudingsfactor ten opzichte van de geschatte biomassa op de referentiepalen

biomassa in grammen per m ² paalhula en referentiepaaal en de factor t.o.v. de referentiepaaal							
		gemiddeld		maximum		minimum	
positie t.o.v. GLW	referentie-paal	paalhula	factor	paalhula	factor	paalhula	factor
0cm	9925	44006	4,4	79477	8,0	8730	0,9
-50cm	9925	95092	9,6	164115	16,5	19736	2,0
-100cm	9925	112996	11,4	202677	20,4	16548	1,7
gemiddeld	9925	84031	8,5	148757	15,0	15005	1,5

3.2.2 Pontonhula's

3.2.2.1 Biodiversiteit

De successie op de touwen van de pontonhula's had een vergelijkbaar verloop met die van de paalhula's. Er was echter wel een belangrijk verschil. Na de initiële begroeiing met kiezelwieren na twee tot drie weken, werden er geen wieren meer op de touwen aangetroffen. Verder domineerde aan de touwen van de pontonhula's in oktober 2009 (maand 8) de mossel nog sterker dan op de touwtjes van de paalhula's.

3.2.2.2 Biomassa

Nadat de mossel zich op de touwen van de pontonhula's in de Scheurhaven had gevestigd nam de biomassa tussen juni (maand 4) en juli (maand 5) met een factor tien tot twintig toe (tabel 3.3 en 3.4). Dit had voor de pontonhula's in de Scheurhaven als consequentie dat zij

met het beschikbare materiaal niet meer omhoog getakeld konden worden. Na juli zijn er dientengevolge geen biomassabepalingen meer aan de monitoringsstrengen van de pontonhula's in de Scheurhaven verricht. Gegevens van deze pontonhula's zijn verder niet geanalyseerd.

Tabel 3.3 Biomassa in grammen natgewicht per strekkende cm en totale biomassa in grammen natgewicht op alle touwen van pontonhula I in de Scheurhaven op de monitoringsmomenten

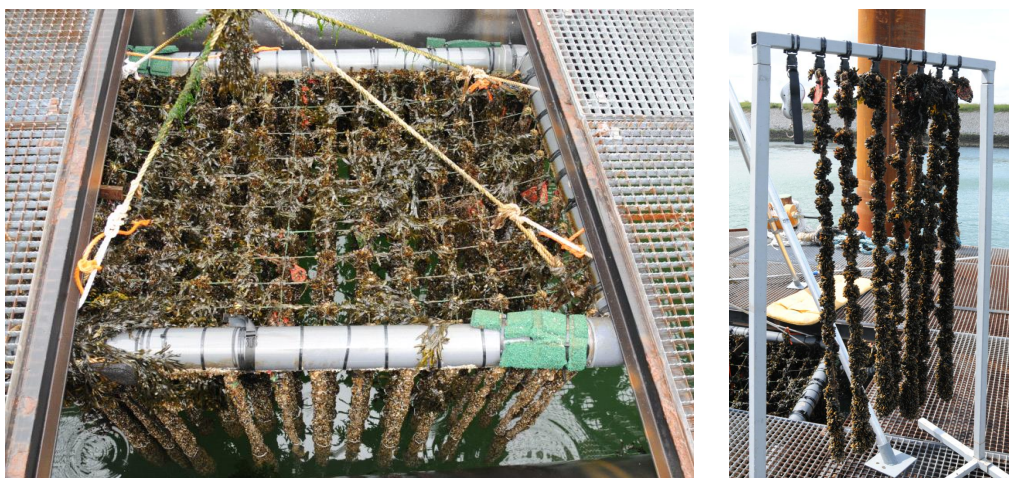
Scheurhaven pontonhula I				
datum	Maand 1 (start)	Maand 3	Maand 4	Maand 5
gemiddelde biomassa in grammen per cm touw	0	0,36	0,75	11,97
biomassa pontonhula in grammen	0	10483	21900	348379

Tabel 3.4 Biomassa in grammen natgewicht per strekkende cm en totale biomassa in grammen natgewicht op alle touwen van pontonhula II in de Scheurhaven op de monitoringsmomenten

Scheurhaven pontonhula II				
datum	Maand 1 (start)	Maand 3	Maand 4	Maand 5
gemiddelde biomassa in grammen per cm touw	0	0,37	0,54	11,06
biomassa pontonhula in grammen	0	8735	12563	257955

In tabel 3.3 en 3.4 staat de biomassatoename van de pontonhula's I en II (klokmodel) met respectievelijk touwen van 150 cm en touwen die van buiten naar binnen van 150 cm met stappen van 20 cm korter worden tot 30 cm. In juli (maand 5) was er een significant verschil in biomassa per cm touw van buiten naar het hart van de pontonhula en was de biomassa per cm touw van de pontonhula II (klokmodel) hoger dan pontonhula I (covariantieanalyse, $F(1,45)=6,16$, $p<0,05$).

De verschillen in totaal gewicht, zoals te zien in de laatste rijen van tabel 3.3 en 3.4 worden veroorzaakt doordat pontonhula I meer strekkende meter touw bevat (291 meter touw) vergeleken met pontonhula II (233 meter touw). Vanaf juli (maand 5) werd de biomassa aan beide pontonhula's vrijwel geheel bepaald door de mossel. Binnen beide typen pontonhula's was er significante afname van de biomassa van de buitenzijde naar de binnenzijde (figuur 3.6). Figuur 3.5 laat de bezetting van de touwen met mosselen zien in juli 2009, 4 maanden na bevestiging van de pontonhula's.



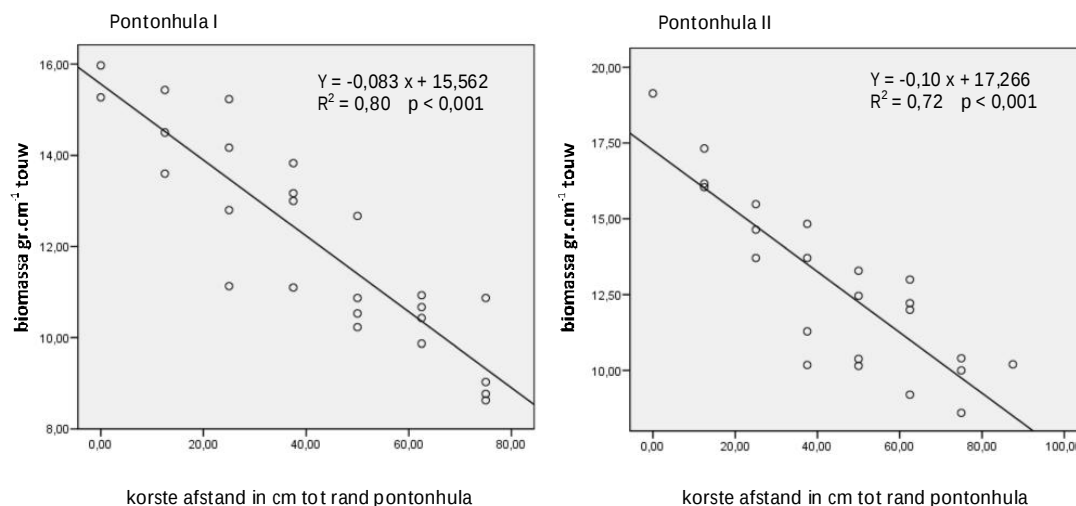
Figuur 3.5 Bovenaanzicht op pontonhula I in de Scheurhaven op 24 juli 2009 en enkele monitoringsstrengen van pontonhula I op 24 juli 2009.

Tabel 3.5 Biomassa op de touwen van de pontonhula's in de Pistooldhaven in november (maand 9) en de toename van het totaal natgewicht in vergelijking met de toename van het aantal touwen.

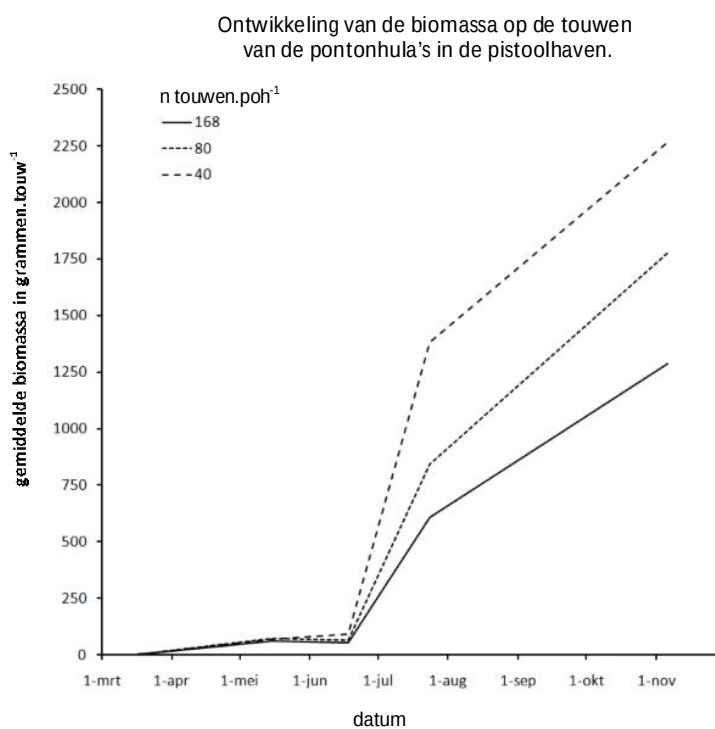
hula	aantal touwen	gemiddeld natgewicht touw (gram)	totaal natgewicht ponton (gram)	factor toename touwen	factor toename totaal natgewicht
III	40	2265	90600	1	1
II	80	1775	142000	2	1,57
I	168	1285	215880	4,2	2,38

In tabel 3.5 staan enige gegevens met betrekking tot de biomassa op de touwen van de pontonhula's in de Pistooldhaven op 6 november 2009.

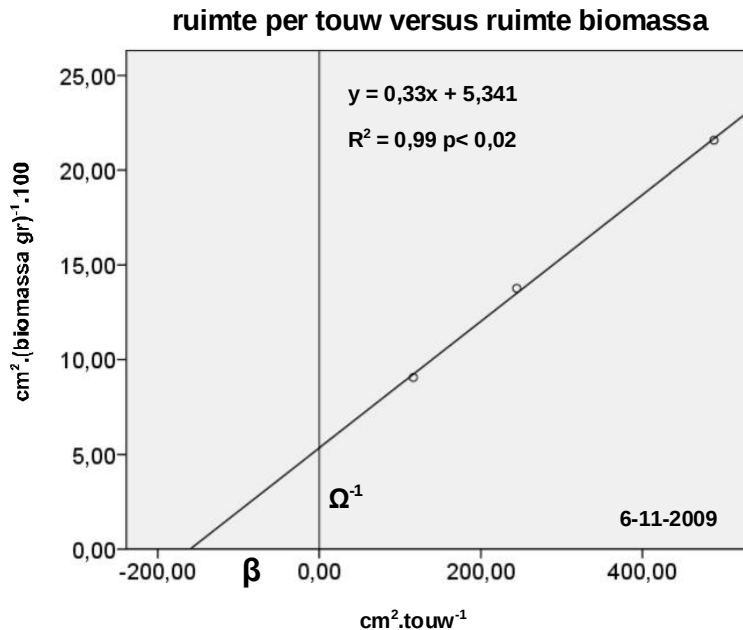
Vanaf het moment dat de mosselen overwegend de touwen bevolkten (maand 4, juni) was een duidelijke relatie zichtbaar tussen de gemiddelde biomassa per touw en de touwdichtheid per pontonhula (figuur 3.7). Vanaf juni 2009 (maand 4) was het gemiddelde natgewicht van de biomassa op de touwen van pontonhula III (dichtheid 40) significant groter dan het gemiddelde natgewicht op de touwen van de pontonhula's II (dichtheid 80) en I (dichtheid 168) en was het gemiddelde natgewicht op de touwen van pontonhula II groter dan op pontonhula I.



Figuur 3.6 Relatie tussen de kortste afstand van een hulatouw tot de rand van de pontonhula en de biomassa per cm touw van paalhula's I en II uit de Scheurhaven in juli 2009.



Figuur 3.7 Ontwikkeling van de biomassa op de pontonhula's met verschillende touwdichtheid in de Pistoolhaven. N touwen. Poh1= aantal touwen per pontonhula



Figuur 3.8 Relatie tussen de ruimte per touw (horizontaal) en de ruimte per geproduceerde hoeveelheid biomassa

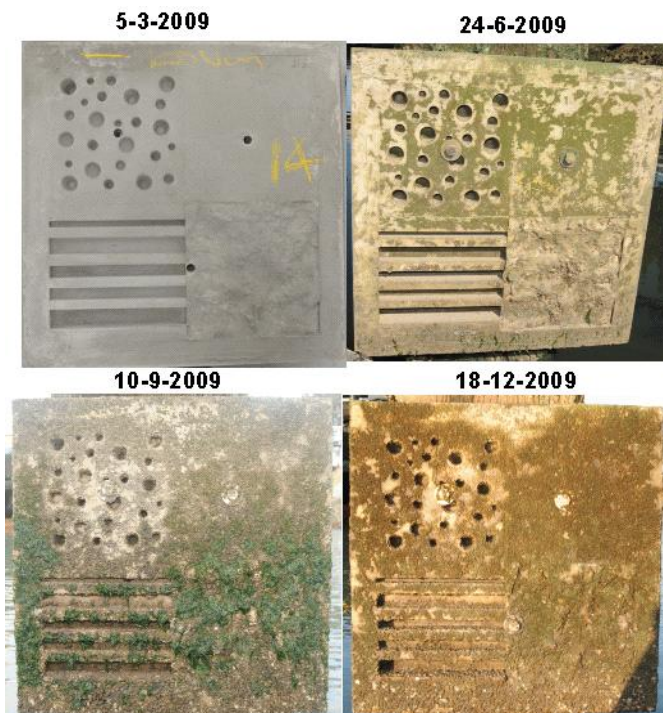
Vergelijkt men de gemiddelde biomassa van pontonhula I uit de Scheurhaven (1796 gram per touw) met de gemiddelde biomassa van pontonhula I, II en II uit de Pistooldhaven (respectievelijk 607, 842 en 1382 gr per touw) bepaald in juli (maand 5) met elkaar dan is die van eerstgenoemde significant groter ($F(3,99) = 116,79, p < 0,001$).

3.3 Ecobetonplaten

De begroeiing van de ecobetonplaten in de Scheurhaven met wieren was op de monitoringsmomenten beperkt en bestond veelal slechts uit een oppervlakkig laagje groen- en blauwwieren (zie figuur 3.9). Slechts op één plaat werd in september (maand 7) enige wierbegroeiing van betekenis van *Gayralia oxyspermum* aangetroffen (figuur 3.10). Het algemeen in de kreukelberm van de Scheurhaven voorkomende overblijvende Blaaswier (*Fucus vesiculosus*) was op geen enkele plaat aanwezig. Wat macrofauna betreft raakten de platen begroeid met de Nieuw-Zeelandse zeepok (*Elminius modestus*) en dan vooral op de rotsstructuur. Slechts twee andere soorten werden waargenomen. Eén exemplaar van de Gewone alikruik (*Littorina littorea*) in een putje en op de voorste plaat aan de watersteiger wat mosselbroed (8 exemplaren) in de gleuven.



Figuur 3.9 De begroeiing van de ecobetonplaten aan de achterzijde van de watersteiger in de Scheurhaven in de loop van 2009.



Figuur 3.10 De begroeiing van de ecobetonplaten aan de rechterbinnenzijde van palenpaar 2 van steiger 7 in de Scheurhaven in de loop van 2009.

4 Discussie en conclusies

4.1 Vrijhangende substraten

De soorten die zich op de paalhula's vestigen, zijn alle eerder in het havengebied aangetroffen (zie Paalvast, 1998). Het Harig Mosdiertje vormt hierop een uitzondering. Het is echter een zeer algemene soort van kust en estuaria en komt waarschijnlijk in de diepere delen algemeen voor. De palen in het Beer- en Calandkanaal zijn begroeid met een gezonde gemeenschap die overwegend Japanse oester (*Crassostrea gigas*), mosselen, zeepokken en Broodspoons omvat. Deze gemeenschap biedt weliswaar ruimte voor andere soorten, maar in mindere mate dan de paalhula's. Deze bieden namelijk ook ruimte aan allerlei organismen, zoals krabben, om tussen en achter te kruipen. De successie op de paalhula's is na één seizoen nog lang niet ten einde. Kijken we bijvoorbeeld naar de mossel, dan is er nog maar één, min of meer gelijk over de touwtjes verdeelde jaarklasse met individuen die zich aan het begin en aan het einde van de zomer hebben gevestigd. Mosselen vormen zelf ook een vestigingsondergrond voor macroalgen en sessiele macrofauna. Aangezien mosselen wel 9 jaar oud kunnen worden (McGrorty et al, 1990), belichten de resultaten van deze pilotstudie nog maar de beginfase van de ontwikkeling van een gevarieerde aangroei-gemeenschap op de paalhula's.

Vanaf juli (maand 4) werd de biomassa aan de paalhula's onder GLW vooral bepaald door de mossel. Daarbij was de biomassa op de paalhula's aanzienlijk groter (8 tot 20 keer) dan op de referentiepalen. De biomassaproductie aan de paalhula's boven GLW was beperkt, maar zeker niet onbelangrijk. Op de oude houten palen, die door verwerking een oppervlaktevergroting hebben ondergaan en verruwd zijn, gedijden meerdere wiersoorten, zoals Zeesla en Blaaswier. Op de tegenwoordig toegepaste stalen palen en betonpalen (vooral op nieuwe gladde palen) beperkt de begroeiing zich tot een oppervlakkige laag groenwieren. Op deze palen zou de paalhula kansen bieden voor een uitgebreidere wierpopulatie. Regelmatig werden diklipharders (*Chelon labrosus*) waargenomen die van de wieren op de paalhula's aten.

Op de touwen van de paalhula's, maar ook daaronder, werden geen Japanse oesters aangetroffen. De aangroei onder de paalhula's bestond enkel uit zeepokken. Een langere monitoring zou uitsluitsel kunnen geven of de paalhula's het aangroeien van Japanse oesters belemmeren. Op de referentiepalen was de aangroei goed ontwikkeld en vrijwel de gehele referentiepaal was bedekt met mosselen en wieren. Het valt te verwachten dat in de loop van 2010 de vestiging van de Japanse oester in 2009 door de groei van het broed te zien zal zijn.

De kolonisatie van de touwen van de pontonhula's lijkt wat betreft de epifauna op de kolonisatie van de touwen van de paalhula's. Een belangrijk verschil was echter de afwezigheid van macroalgen op de touwen. Dit wordt waarschijnlijk veroorzaakt door lichtbeperking door het net met de knopen van de touwen en de groei van vooral buizenvormende diatomeeën en macroalgen aan het touw van het net. Daarnaast zijn de pontons in de Scheurhaven overdekt met roosters. De mossel was niet alleen in abundantie de belangrijkste soort, maar omvatte zeker 95% van de biomassa op de touwen van de pontonhula's. Het is daarom niet zo verwonderlijk dat allerlei touwsystemen wereldwijd worden ingezet voor het invangen van mosselzaad en de teelt van mosselen (Korringa, 1976, Kamermans & Smaal 2008).

Het eerste jaar van deze pilotstudie laat zien, dat binnen de pontonhula's in de Scheurhaven concurrentie om voedsel optrad. De biomassa aan de touwen nam van buiten naar binnen met ongeveer de helft af. Dit was zowel binnen de pontonhula met even lange touwen als het klokmodel het geval. Dit duidt erop dat de horizontale aanvoer van voedseldeeltjes een grotere rol speelde dan de verticale aanvoer. In de Pistoolhaven was er geen afname in biomassa van binnen naar buiten. Dit zou een gevolg kunnen zijn van het feit dat de pontonhula's in deze haven kleiner waren en de afstand van de binnenste touwen tot de hularand relatief gering was. Hierdoor was de afname van voedsel in het binnenste deel van de hula wellicht nog niet merkbaar. Door het variëren van de touwdichtheid werd een dichtheidsafhankelijke relatie duidelijk. De productie per oppervlakte-eenheid nam niet evenredig toe met de verhoging van de touwdichtheid. Dit duidt op een beperking van het voedsel in de waterkolom. Een bijkomend aspect is dat bij hogere touwdichtheden het tegen elkaar aan schuren van de touwen een rol gaat spelen en dat leidt tot het loslaten van de mosselen. De belangrijkste veroorzaker hiervan is de hevige turbulentie van het water door de schroeven van schepen.

De biomassa aan de touwen van de pontonhula's in de Scheurhaven was significant groter dan in Pistoolhaven. Dit valt mogelijk terug te voeren op de lagere en sterker wisselende saliniteit in de Pistoolhaven. Mosselen vertonen gereduceerde groei gedurende ongeveer een maand wanneer zij worden blootgesteld aan lagere saliniteit. Blijft de saliniteit laag maar stabiel dan neemt de groeisnelheid weer toe tot vrijwel het oorspronkelijke niveau (Almada-Villela, 1984). Bij zeer lage (4-5 ‰) maar constante saliniteit treedt dwerggroei op (Kautsky, 1982). Een andere oorzaak zou een groter voedselaanbod door stroming en turbulentie veroorzaakt door de sleepboten van Smit in de Scheurhaven kunnen zijn.

4.2 Ecoplatten

De ecobetonplaten in de Scheurhaven begroeiden maar weinig. De begroeiing met wieren op de diverse structuren was marginaal en ook de vestiging van de macrofauna, met uitzondering van zeepokken, was gering. Op de pier van IJmuiden worden momenteel soortgelijke structuren in het intergetijdegebied getest en hier worden gunstige effecten voor



Figuur 4.1 Ecobetonplaat van de pier van IJmuiden. Linksonder op de foto het effect van horizontale gleuven, linksboven die van verticale gleuven.

vooral de epifauna waargenomen (figuur 4.1). Hier zijn echter de omstandigheden anders dan in de haven. Door golven en spatwater blijven de wieren hier nat tijdens laagwater. Het tijverloop in het havengebied heeft veelal een laagwaterperiode die zo'n 4 uur aanhoudt. In combinatie met een loodrecht talud is dit te lang voor veel wieren en macrofauna die daardoor teveel uitdrogen. Toepassing van de geometrische structuren van spleten en putjes lijkt voor havenkades dan ook voorbehouden aan de zone tussen +20 cm GLW en -20 cm

GLW. Interessanter voor havenkades is het toepassen van grote in en uitstulpingen rond GLW en in het intergetijdengebied (zie Paalvast, 1998, Baptist et al., 2007). De spleten zouden vooral goed tot hun recht kunnen komen op grote betonblokken laag in het intergetijdgebied.

4.3 Invloed op waterkwaliteit en andere soorten

Mosselen filteren hun voedsel uit het water en vangen daarbij ook anorganische slibdeeltjes in. Dit slib en niet-verteerbare organische stof wordt in pakketjes, de pseudofeces (nepdrolletjes), verpakt en uitgeworpen. Op deze wijze worden grote hoeveelheden slib uit het water verwijderd, hetgeen het doorzicht ten goede komt en de algengroei stimuleert. Dit laatste heeft weer een positief effect op het zuurstofgehalte, wat positief is voor alle organismen in het water die ademen. Door de opname van grote hoeveelheden organisch materiaal uit de waterkolom dragen zij bij tot een versnelde recirculatie van voedingsstoffen en deze worden weer gebruikt bij de productie van het fytoplankton en benthische macroalgen. De macrofauna tussen de mosselen bestond voor een belangrijk deel uit slijkgarnalen, vlokreeften en zeeduizendpoten. Het zijn dit soort organismen die op het menu staan van verschillende vissoorten en het is bekend dat mosselbanken op vissen een grote aantrekkingskracht uitoefenen (Tydeman, 1996). Zo waarschijnlijk ook de paal- en pontonhula's. Hierop is niet gericht gemonitord, maar tijdens de bezoeken werden regelmatig verschillende kleine vissen tussen de hula's waargenomen.

In 1964 is bij wijze van proef de Japanse oester door oesterkwekers in de Oosterschelde geïntroduceerd (Duursma et al., 1982). Het dier heeft zich daarna verspreid over de brakke en zoute wateren van Nederland en daarbuiten. Ook in de Rotterdamse haven heeft deze zich gevestigd en vooral de afgelopen 10 jaar sterk uitgebreid (Paalvast, 1995, Paalvast 1998, Paalvast, 2008). Dit is vooral ten koste gegaan van de mossel. Voor de dominantie van de Japanse oester bezette de mossel vrijwel alle harde substraten. Nu is de soort voornamelijk beperkt tot een smalle zone rond GLW. Omdat de Japanse oester zich niet goed lijkt te hechten aan touwstructuren, zouden deze het middel kunnen zijn om de verzwakte positie van de mossel in het havengebied te versterken.

4.4 Natuurwetgeving

Op basis van de resultaten van deze pilotstudie is er geen enkele reden om aan te nemen, dat structuurverrijking van substraten in de haven door toepassing van paal-, pontonhula's of geometrische structuren in beton, soorten aan zal trekken die beschermd zijn of vallen onder specifieke natuurdoelen of natuurwetgeving.

In het gebied van het Beer- en Calandkanaal zijn zo'n 40 vissoorten waargenomen, waarvan er geen enkele uit bijlage IV van de Habitatrichtlijn. De Steur, die beschermd is volgens de flora- en faunawet, is een soort die wanneer zijn paaigebieden in zoetwater hersteld zouden zijn, het havengebied als weg daar naartoe zou benutten. Het is echter uitgesloten dat deze vis zich op gaat houden in de onderhavige structuren. Een andere vissoort, de Zeepril, wordt regelmatig in de Rotterdamse haven waargenomen, maar valt niet onder de flora- en faunawet doch geniet wel Europese bescherming. De soort trekt echter door van zee de rivier op om te paaien in zoetwater. Tijdens de trek wordt de voedsel-opname gestaakt. De Zeepril is overigens parasitair op andere vissoorten en zal nimmer binnen paalhula's en pontonhula's naar voedsel zoeken. Daarnaast zullen noch de paalhula's, noch de pontonhula's ooit het paaisubstraat vormen voor zee- en brakwatervissen.

4.5 Samenvattende conclusies

De paalhula's en de pontonhula's laten zien dat door de structuurverrijking die zij bieden de biomassa van het havenecosysteem en de lokale biodiversiteit aanzienlijk kan worden versterkt. De structuren trekken geen organismen aan die onder natuurwetgeving vallen en de activiteit in de haven zouden kunnen belemmeren. De hula's zijn een geschikte methode om *“waar mogelijk natuurwaarden te versterken”* (HavenNatuurPlan 2004).

5 Aanbevelingen voor verder onderzoek

monitoring

Omdat de successie van de aangroeilevensgemeenschap nog lang niet is voltooid, wordt aanbevolen de monitoring in 2010 en 2011 te continueren volgens het schema in tabel 5.1, waarbij gefaseerd de paalhula's en pontonhula's worden verwijderd.

Ook het langer volgen van de aangroei op de ecobetonplaten zal nieuwe inzichten geven. Een zekere mate van natuurlijke verruwing zou de aangroei binnen de geometrische structuren wellicht stimuleren.

optimaliseren paalhula's en pontonhula's

Geïnventariseerd moet worden wat de zwakke constructieve punten zijn van de paalhula's en de pontonhula's teneinde tot een algemeen toepasbaar ontwerp te komen. Te denken valt aan bevestiging, drijfvermogen en ideale grootte.

inventarisatie van potentiële locaties

Potentiële locaties voor zowel de huidige havens als toekomstige havens van de Maasvlakte 2 dienen in kaart te worden gebracht.

benutting pontonhula's door vissen

Jonge vis werd regelmatig tijdens de monitoring en inspectie tussen de pontonhula's waargenomen. Het wordt aanbevolen om hierop met behulp van een onderwatercamera en opnameapparatuur in 2010 gericht te monitoren.

duurzaam touw

Duurzaam touw gemaakt van maïsmeel, als vervanger van nylontouw, zou in 2010 en 2011 moeten worden getest in een kleine pontonhula als aanhechtings-substraat voor wieren en macrofauna.

filtercapaciteit

Door de touwen van de pontonhula's op te hangen in een cilinder met een bekende algenconcentratie of een filtreerbare stof (bv fijn gesuspendeerd slib) kan de filtercapaciteit van de mosselen worden bepaald. Hiermee kan worden berekend hoeveel mosselen nodig zijn om een bepaald volume troebel water helder te maken. Grote mobiele pontonhula's zouden in de toekomst (tijdelijk) kunnen worden ingezet op plekken met ongewenste grote troebelheid.

paalhula's en pontonhula's in zoetwater

In het zoete en zwakbrakke water van het havengebied komen de Driehoeksmossel (*Dreissena polymorpha*) en sinds kort ook de Quaggamossel (*Dreissena rostriformis bugensis*) voor. Beide exoten zijn niet meer uit het watersysteem weg te denken. Net als de gewone mossel (*M. edulis*) filteren zij hun voedsel uit het water. Getoetst zou moeten worden in bv de Keile- of Parkhaven of zij zich massaal hechten aan touwen van paalhula's en pontonhula's en bijdragen aan een betere waterkwaliteit.

6 Literatuur

Almada-Villela, P.C. 1984. The effects of reduced salinity on the shell growth of small *Mytilus edulis* L. Journal of the Marine Biological Association of the UK., 64: 171-182.

Anonymus, 1996.

Beheer Benedenrivieren. Een samenvatting bij het Beheersplan Nat (BPN2) planperiode 1997-2002. Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat, Directie Zuid-Holland.

Baptist, M. van der Meer, J. & M. de Vries, 2007. De "Rijke Dijk". Ontwerp en benutting van harde infrastructuur in de getidezone voor ecologische en recreatieve waarden, Eindrapport Haalbaarheidsstudie. Port Research Centre Rotterdam-Delft. ISBN: 978-90-5638-171-4.

Bompais, X., 1991. Les filières pour l'élevage des moules. Guide pratique. IFREMER. ISBN 2.905434-36-8.

de Wit, C.T., 1960. On competition. Versl. Landbouwk. Onderz. 66:8. 82 pp.

Duursma, E.K., H. Engel & Th.J.M. Martens (red.), 1982. De Nederlandse Delta. Een compromis tussen milieu en techniek in de strijd tegen het water. Uitgave van Natuur en Techniek, Maastricht, DIHO, Yerseke en RWS Deltadienst, Den Haag.

Gemeentelijk Havenbedrijf Rotterdam, 1997. HavenNatuurPlan. Visie en Aanpak

Gemeentelijk Havenbedrijf Rotterdam, 2001. Regieboek buitenruimte voor de Rotterdamse haven.

Den Hartog, C., 1959. The epilithic algal communities along the coast of the Netherlands. Wentia 1: 1-241.

Kamermans, P. & Smaal, A. 2008. Evaluatie van de mosselzaadinvang (MZI): proefperiode 2008. Rapport C022/09.

Kautsky, N. 1982. Growth and size structure in a Baltic *Mytilus edulis* population. Marine Biology, 68: 117-133.

Korringa, P. 1976. Economic aspects of mussel farming. Proc. FAO Tech. Conf. on Aquaculture held in Kyoto, Japan, 26 May – 2 June 1976.

McGrorty, S., R.T. Clarke, C.J. Reading & J.D. Goss-Gustard, 1990. Population dynamics of the mussel *Mytilus edulis*: density changes and regulation of the population in the Exe estuary, Devon. Mar. Ecol. Prog. Ser. Vol. 67: 157-169.

Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 1989a. Natuurbeleidsplan: visie op toekomstig beleid ten dienste van natuur en landschap.

- Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 1989b. Water voor nu en later: Derde Nota Waterhuishouding. Tweede Kamer, 1988-1989, 21250, nr. 2.
- Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 1997. Ontwerp Beheersplan voor de Rijkswateren. Programma voor het beheer in de periode 1997-2000.
- Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 1998. Vierde Nota Waterhuishouding Regeringsbeslissing.
- Paalvast, P., 1995 Oriënterend onderzoek naar de levensgemeenschappen op hard substraat en op bij laag water droogvallende platen (zacht substraat) in de Voordelta en het estuariene deel van de Noordrand. In opdracht van Rijkswaterstaat, Directie Zuid-Holland.
- Paalvast, P., 1998. Ecologische waardering van de oevers in het Rotterdamse havengebied. Een handreiking voor het beheer. Calandkanaal, Beerkanaal, Hartelkanaal en Nieuwe Waterweg. Ecoconsult. In opdracht van het Rijksinstituut voor Kust en Zee, Middelburg. Rijkswaterstaat, directie Zuid-Holland.
- Paalvast, P., 2007. Pilotstudie vrijhangende substraten en ecoplatten in het Rotterdamse havengebied. Ecoconsult, rapportnr. 2007.05. In opdracht van Rijkse Dijk, WL| Delft Hydraulics.
- Paalvast, P., 2008. Monitoring van de effecten van de MOT olieverontreiniging in januari 2007 op de levensgemeenschappen van het intergetijdengebied in het Beer- en Calandkanaal in 2007. Ecoconsult rapportnr. 200801. In opdracht van het Havenbedrijf Rotterdam NV.
- Stikvoort, E.C., J. Graveland & R.H.M. Eertman, 2002. Leve(n)de Noordrand. Pragmatische toekomstvisie voor het ecologische herstel van het estuarium van het Rotterdamse havengebied. Rapport RIKZ/2002.032, Rijkswaterstaat Rijksinstituut voor Kust en Zee, Middelburg.
- Stuurgroep Regie Buitenruimte, 2004. Haven Natuur Plan 2004. Rekening houden met de natuur, de gewoonste zaak voor wereldhaven Rotterdam. Havenbedrijf Rotterdam N.V.
- Tydemans, P., 1996. Ecologische profiel van de wilde litorale mosselbank (*Mytilus edulis* L.). Watersysteemverkenningen 1996. Rijkswaterstaat, RIKZ. Rapport RIKZ-96.026. ISBN 90-369-0435-8.
- Vroom, M.G., J. Coosen & F. Hallie, 1991. Kansen voor oevers van getijdewateren, Inventarisatie en advies, RWS-DGW nota GWWS-91.062.
- Van Wesenbeeck, B.K. & de Vries, M.B. 2007. Pakket van eisen ecobeton. Eisen voor productie van ruw beton als geoptimaliseerd substraat voor aangroei van mariene flora en fauna. WL Delft Hydraulics, september 2007.

A Beschrijving locaties

Scheurhaven

Ligging

De Scheurhaven is gelegen aan de noordzijde van het Calandkanaal op circa 1350 meter van de kop van de landtong van Rozenburg, waar het deel van uitmaakt.

Gebruik

De haven is de thuishaven voor een aantal sleepboten van Smit, voor een aantal schepen van het Havenbedrijf Rotterdam NV, en heeft een klein reparatie- en onderhoudsponton van de Koninklijke Roeiersvereniging "de Eendracht" en een halte voor de Fast Ferry van Connexxion. Door de aanwezigheid van de sleepboten wordt de haven intensief gebruikt.

Afmetingen en inrichting

De Scheurhaven is een kleine werkhaven met een lengte van ruim 300 meter en een breedte van 100 meter bij GLW. De oppervlakte bedraagt zo'n 3 hectare. De haven kent geen kademuren en is omgeven door grondkeringen waarvan het talud overwegend bekleed is met een kalksteenzetting. De grondkeringen (oeveren) zijn aan de voet in het intergetijdengebied voorzien van een stortstenen kreukelberm. De kreukelberm is zo'n 732 meter lang en 5 tot 12 meter breed. De diepte van de haven is variabel en varieert nabij de steigers en pontons tussen de 3,5 en 9,5 meter bij GLW.

Abiotiek

De Scheurhaven is door zijn ligging met de toegang op het zuidoosten een zeer luwe haven. Golven zijn er zelfs bij flinke storm nauwelijks en getijdenstroming valt te verwaarlozen. De hydrodynamiek wordt voornamelijk bepaald door de getijslag, die gemiddeld 1.94 m bedraagt (tabel A.1), en stroming veroorzaakt door de schroeven van schepen, waarbij soms resuspensie van fijn sediment plaatsvindt. Het water is helder en het zicht kan oplopen tot zo'n 3 a 4 meter. Het water is sterk brak (polyhalien) en afhankelijk van de rivierafvoer is een zoutgradiënt waarneembaar van de oppervlakte naar de bodem, waarbij het water op de bodem zouter is dan de bovenste waterlagen.

Tabel A.1 Selectie van abiotische parameters in de Scheurhaven

diepte bij GLW in m	circa 5.0 - 9.5
gemiddelde getijslag in m	1.94
gemiddeld hoogwater (GHW) in m t.o.v. NAP	+1.24
gemiddeld laagwater (GLW) in m t.o.v. NAP	- 0.71
zichtdiepte in m	1.5 - 3.0
zoutgehalte aan de bodem in ‰ S	19 - 28
temperatuur aan de bodem in °C	4 - 24

Pistoolhaven

Ligging

De Pistoolhaven is gelegen in Europoort aan de oostzijde van het Calandkanaal (figuur 2.1). De afstand tot de Noordzee (Maasgeul) bedraagt ongeveer 6,5 km.

Gebruik

De haven is de thuishaven van de tenders van het Loodswezen, maar wordt ook door het havenbedrijf en Roeiersvereniging “de Eendracht” aangedaan. De haven wordt intensief gebruikt, doch minder dan de Scheurhaven.

Afmetingen en inrichting

De Pistoolhaven is een kleine werkhaven met een lengte van 165 meter en een breedte van 110 meter bij GLW. De oppervlakte bedraagt 1,9 hectare. De haven is bij laagwater ongeveer 6 meter diep. De Pistoolhaven kent geen kademuren, maar wordt aan de landzijde omgeven door grondkeringen waarvan het talud overwegend bekleed is met betonzuilen en over een klein stuk een kalksteenzetting heeft. De zijde gelegen aan het Beerkanaal bestaat uit buispalen en stalen tussenplanken opgebouwde golfbrekers met een gezamenlijke lengte van 240 meter. De onder het talud gelegen stortstenen kreukelberm van zo'n 3 meter breed heeft een lengte van ongeveer 250 meter. In de haven liggen twee via loopbruggen bereikbare “Tenderpontons”, die op buisvormige drijvers staan. Daarnaast is in de haven een calamiteitenponton (gesloten bak) van het havenbedrijf.

Abiotiek

De abiotiek van de Pistoolhaven is vergelijkbaar met die van de Scheurhaven. De haven is echter minder luw door de toegang op het westen, waardoor wat hogere golven optreden. Ook is ten gevolge van de afvoer van zoetwater via het Hartelkanaal de saliniteit meer aan schommelingen onderhevig dan in de Scheurhaven.

B Beschrijving paal- en pontonhula's

Paalhula's zijn vrijhangende kunstvezeltouwwerken, die rondom houten en stalen palen zijn bevestigd. Ze bestaan uit een 10 cm hoge holle band, gemaakt van een zware kwaliteit kunststofzeildoek. Hieraan zijn in de naad zonder tussenruimte touwtjes van 55 cm lang, met een diameter van 6 mm, genaaid. Per strekkende meter band bevat een paalhula 167 touwtjes, met een totale lengte van circa 92 meter. Door de holle band loopt een 25 mm brede nylon spanband die aan het uiteinde waar een ratel zit, is vastgenaaid. Met behulp van de roestvrijstalen ratel kan de paalhula stevig rondom een paal worden bevestigd. Voor monitorings-doeleinden zijn op onderling gelijke afstand 6 contraststeekgespen (vrouw) aan de holle band genaaid. Hieraan zijn steekgespen (man), voorzien van een label en vier touwtjes, bevestigd. Voor bevestiging in het intergetijdengebied (intertidaal) zijn paalhula's ontworpen met polyamidetouwtjes, die blijven drijven. Voor het gebied dat permanent onder water staat (subtidaal) zijn paalhula's met nylontouwtjes, die zinken, bevestigd onder het intergetijdengebied (subtidaal).

Pontonhula's bestaan uit een drijvend frame dat is gemaakt van PVC-rioolbuis met een diameter van 125 mm. Binnen dit frame is een nylonnet gespannen met een maaswijdte van 12,5 cm bij 12,5 cm. Aan de knopen van het net zijn nylontouwen met een diameter van 12 mm bevestigd. De lengte van de touwen en de touwdichtheid varieert per pontonhula. Er zijn 2 typen gemaakt, waarvan bij type I alle touwen een lengte van circa 150 cm hebben, terwijl bij type II de lengte van de touwen van buiten naar binnen met stappen van 20 cm afneemt van 150 cm tot 30 cm. Bij type II ontstaat op deze wijze ruimtelijk een klokvorm van touwen. Pontonhula's van het type I zijn geplaatst in de Scheur- en Pistoolhaven, en die van het type II in de Scheurhaven. De pontonhula's in de Scheurhaven hadden een grootte van 160 x 200 cm en de pontonhula's in de Pistoolhaven een grootte van 85 x 230 cm.

Volgens het kruis van het frame van elke pontonhula zijn aan twee raaien met genummerde contraststeekgespen overeenkomstig genummerde touwen met steekgespen bevestigd. Deze touwen kunnen worden losgemaakt tijdens de monitoringsmomenten.

C Locaties van structuren

Hula's om stalen palen

In de Pistooldhaven werden drie stalen palen voor de bevestiging van paalhula's geselecteerd en drie als referentie (tabel C.1). Bij elk van de drie in deze haven aanwezige pontons was de westelijke paal de referentie, terwijl rondom de oostelijke paal (hulapaal) de paalhula's waren bevestigd. In de Scheurhaven werden twee stalen hulapalen en twee als referentie geselecteerd. De hulapalen betroffen de oostelijke en westelijke paal waaraan het ponton van het Havenbedrijf Rotterdam NV ligt verankerd.

Tabel C.1 De geselecteerde stalen hula- en referentiepalen in de Pistoold- en Scheurhaven met het aantal touwtjes van 55 cm per paalhula en de totale lengte aan touw per paalhula.

haven	locatie	stalen hulapaal omtrek in cm	aantal touwtjes en totale lengte in m per paalhula	stalen referentiepaal omtrek in cm
Pistooldhaven	calamiteitenponton (cp)	294	491/270	294
	tenderponton 1 (TI)	326	544/299	326
	tenderponton 2 (TII)	326	544/299	326
Scheurhaven	steiger havenbedrijf west (HW)	290	486/267	
	steiger havenbedrijf oost (HO)	290	486/267	
	watersteiger west			240
	watersteiger oost			240

Hula's om houten palen

Alle houten hula- en referentiepalen bevonden zich in de Scheurhaven (tabel C.2).

Tabel C.2 De geselecteerde houten hula- en referentiepalen in de Scheurhaven met het aantal touwtjes van 55 cm lengte en de totale lengte aan touw per paalhula.

locatie	houten hulapaal omtrek in cm	aantal touwtjes en totale lengte in m per paalhula	houten referentiepaal omtrek in cm
steiger 4 links palenpaar 3 (l43)	160	267/147	
steiger 4 rechts palenpaar 3 (r43)	160	267/147	
steiger 6 links palenpaar 4 (l64)	180	301/165	
steiger 6 rechts palenpaar 4 (r64)	180	301/165	
steiger 6 links palenpaar 3			180
steiger 6 rechts palenpaar 3			180
watersteiger voorste paal links			160
watersteiger voorste paal rechts			160
watersteiger tweede paal links			160
watersteiger tweede paal rechts (ws)	160	267/147	

Pontonhula's in de Pistooldhaven en Scheurhaven

Tabel C.3 De verschillende pontonhula's met hun afmetingen, het aantal touwen en de totale lengte aan touwen in meters.

haven/hulanummer	afmeting in cm	aantal touwen	lengte in meter
Pistooldhaven I	85 x 230	168	252
Pistooldhaven II	85 x 230	80	120
Pistooldhaven III	85 x 230	40	60
Scheurhaven I	160 x 200	208	312
Scheurhaven II klokvorm	160 x 200	208	233
Scheurhaven III	160 x 200	208	312
Scheurhaven IV klokvorm	160 x 200	208	233

Ecoplaten in de Scheurhaven

Tabel C.4 Locaties van de aangebrachte ecobetonplaten in de Scheurhaven met hun positie op de palen vanaf de wal gezien, de oriëntatie ten opzichte van het magnetisch noorden en de exacte oriëntatie van de plaat.

steiger	palenpaar	paal	positie	oriëntatie	onderste structuren
watersteiger	2	dwarsbalk	voor	noordoost	spleten/rots
watersteiger	2	dwarsbalk	achter	zuidwest	spleten/rots
7	1	links	binnen	noordwest	putjes/glad
7	1	rechts	binnen	zuidoost	spleten/putjes
6	2	links	voor	noordoost	spleten/rots
6	2	rechts	achter	zuidwest	putjes/glad
6	3	links	binnen	noordwest	putjes/glad
6	3	rechts	binnen	zuidoost	spleten/rots
4	2	links	binnen	noordwest	spleten/rots
4	2	links	buiten	zuidoost	putjes/glad
4	2	rechts	voor	noordoost	putjes/glad
4	2	rechts	achter	zuidwest	spleten/rots
3	1	links	buiten	zuidoost	spleten/rots
3	1	rechts	buiten	noordwest	putjes/glad

D Soortenlijsten

Tabel D.1 Aangetroffen wieren en macrofauna en hun relatieve dichtheid op de paalhula's in juni 2009.

positie	soorten op 24 juni 2009		relatieve dichtheid	
	Latijnse naam	Nederlandse naam	gemiddeld	maximum
+ 50cm GLW	<i>Porphyra umbilicalis</i>	Purperwier	3,0	4
	<i>Ulva linza</i>	darmwier	2,0	3
	<i>Ulva lactuca</i>	Zeesla	1,0	3
	<i>Callithamnion roseum</i>	Boompjeswier	0,4	2
	<i>Obelia dichotoma</i>	Lange zeedraad	0,2	1
	<i>Corophium spec</i>	slijkgarnaal	0,4	2
GLW	<i>Ulva linza</i>	darmwier	2,6	4
	<i>Porphyra umbilicalis</i>	navelwier	1,7	4
	<i>Callithamnion roseum</i>	Boompjeswier	0,7	2
	<i>Ulva lactuca</i>	Zeesla	0,3	2
	<i>Ceramium rubrum</i>	Rood hoorntjeswier	0,3	2
	<i>Petalonia fascia</i>	Dunsteeltje	0,1	1
	<i>Ulva prolifera</i>	darmwier	0,0	0
	<i>Balanus improvisus</i>	Brakwaterpok	2,4	3
	<i>Obelia dichotoma</i>	Lange zeedraad	1,6	4
	<i>Mytilus edulis</i>	Mossel	1,6	4
	<i>Conopeum reticulum</i>	Zeekantwerk	0,1	1
	<i>Corophium spec</i>	slijkgarnaal	0,9	4
-50cm GLW	<i>Callithamnion roseum</i>	Boompjeswier	1,6	3
	<i>Ceramium rubrum</i>	Rood hoorntjeswier	0,4	3
	<i>Ulva linza</i>	darmwier	0,3	2
	<i>Obelia dichotoma</i>	Lange zeedraad	4,4	5
	<i>Balanus improvisus</i>	Brakwaterpok	3,6	4
	<i>Mytilus edulis</i>	Mossel	3,0	4
	<i>Electra pilosa</i>	Harig mosdierkje	0,9	2
	<i>Botryllus schlosseri</i>	Paarse geleikorst	0,1	1
-100cm GLW	<i>Callithamnion roseum</i>	Boompjeswier	0,4	3
	<i>Obelia dichotoma</i>	Lange zeedraad	1,3	5
	<i>Balanus improvisus</i>	Brakwaterpok	1,1	4
	<i>Mytilus edulis</i>	Mossel	1,0	4
	<i>Electra pilosa</i>	Harig mosdierkje	0,3	2

Tabel
D.2 Aangetroffen

positie	soorten op 26 oktober 2009		relatieve dichtheid	
	Latijnse naam	Nederlandse naam	gemiddeld	maximum
+ 50cm GLW	Ceramium rubrum	Rood hoorntjeswier	0,4	2
	Mytilus edulis	Mossel	2,8	3
	Balanus improvisus	Brakwaterpok	2,0	3
	Corophium spec	slijkgarnaal	1,2	3
GLW	Callithamnion roseum	Boompjeswier	1,4	3
	Ceramium rubrum	Rood hoorntjeswier	0,7	3
	Mytilus edulis	Mossel	4,1	5
	Balanus improvisus	Brakwaterpok	3,0	4
	Obelia dichotoma	Lange zeedraad	0,9	2
	Halichondria panicea	Broodspans	0,9	3
	Styela clava	Japanse knotszakpijp	0,7	3
	Molgula manhattensis	Zijker	0,6	2
	Corophium spec	slijkgarnaal	0,9	3
	gammariden	vlokreeften	0,7	3
	Hemigrapsus takanoi	Penseelkrab	0,3	2
-50cm GLW	Callithamnion roseum	Boompjeswier	1,6	4
	Ceramium rubrum	Rood hoorntjeswier	0,6	4
	Mytilus edulis	Mossel	4,4	5
	Balanus improvisus	Brakwaterpok	2,4	3
	Obelia dichotoma	Lange zeedraad	1,6	3
	Styela clava	Japanse knotszakpijp	0,7	3
	Halichondria panicea	Broodspans	0,6	2
	gammariden	vlokreeften	1,3	4
	Corophium spec	slijkgarnaal	1,0	4
	Nereis diversicolor	Zeeduizendpoot	0,7	3
	Hemigrapsus takanoi	Penseelkrab	0,3	2
-100cm GLW	Callithamnion roseum	Boompjeswier	1,4	4
	Ceramium rubrum	Rood hoorntjeswier	0,7	3
	Mytilus edulis	Mossel	4,3	5
	Balanus improvisus	Brakwaterpok	2,1	3
	Obelia dichotoma	Lange zeedraad	1,4	3
	Halichondria panicea	Broodspans	0,9	3
	Styela clava	Japanse knotszakpijp	0,7	3
	Ficopomatus enigmaticus	Trompetkokerworm	0,1	1
	Corophium spec	slijkgarnaal	1,0	4
	gammariden	vlokreeften	1,0	4
	Nereis diversicolor	Zeeduizendpoot	0,3	2
	Hemigrapsus takanoi	Penseelkrab	0,6	2

E Paalhula biomassa

Tabel E.1 Biomassa op de paalhula strengen in de Schuerhaven in juni en oktober.

24-6-2009	biomassa in grammen natgewicht per 4 paalhulastrengen							
positie t.o.v. GLW	l64	r64	l43	r43	ws	HO	HW	gemiddelde
+50cm	29	31/34	33	32	32/32			31,9
0cm	13	10	18	13	14/14	41	28	18,9
-50cm	59	57	70	60	28	45	19	48,3
-100cm	56	55						55,5
26-10-2009	biomassa in grammen natgewicht per 4 paalhulastrengen							
positie t.o.v. GLW	l64	r64	l43	r43	ws	HO	HW	gemiddelde
+50cm	119	149	169	115	45			119,4
0cm	799	553	925	409	115	1047	210	579,7
-50cm	2162	1673	1713	1265	318	1378	260	1252,7
-100cm	2670	1693	2432	1172	362	1873	218	1488,6

F Persmomenten

Maart 2009

Radio 1: Hoezo
Radio 1: Vroege Vogels
Radio 1: Goedemorgen Nederland
Radio Rijnmond
Radio Vlaardingen
TV Rijnmond
Telegraaf
AD
Trouw

April/Mei/Juni 2009

Visionair
Algemeen Dagblad

Oktober 2009

Radio 1: Hoezo
Radio 1: Vroege vogels
TV Vara Vroege vogels
Radio Rijnmond, Branie voor Twee
TV Rijnmond
AD

Eind 2009

De Technologiekrant

2010

Reformatorisch dagblad
Wereldomroep

Links op internet

- http://www.portofrotterdam.com/nl/nieuws/persberichten/2009/20080318_11.jsp
- <http://milieu.navingo.nl/artikel/21372/met+nylon+en+beton+meer+natuur+in+de+haven#>
- [http://www.trouw.nl/groen/nieuws/article2056744.ece/Oesterkweek en ecobeton in haven Rotterdam.html](http://www.trouw.nl/groen/nieuws/article2056744.ece/Oesterkweek+en+ecobeton+in+haven+Rotterdam.html)
- <http://www.sciencepalooza.nl/?p=937>
- <http://www.refdag.nl/artikel/1461044/Mosselen+telen+in+Rotterdam.html>
- http://vroegevogels.vara.nl/nieuws-item.167.0.html?&tx_ttnews%5Btt_news%5D=349288&cHash=9becc95548
- [http://vroegevogels.vara.nl/nieuws-item.131.0.html?&tx_ttnews\[tt_news\]=351184&tx_ttnews\[backPid\]=842&cHash=b40e2e3053](http://vroegevogels.vara.nl/nieuws-item.131.0.html?&tx_ttnews[tt_news]=351184&tx_ttnews[backPid]=842&cHash=b40e2e3053)