

Sublittorale hardsubstraat levensgemeenschappen in het Veerse Meer

De ontwikkeling na de Katse Heule



Sublittorale hardsubstraat levensgemeenschappen in het Veerse Meer

De ontwikkeling na de Katse Heule

In opdracht van: Deltares

Auteurs: dr. M.J. de Kluijver & ing. M.C. Dubbeldam

Eindrapport, 29 juni 2015



Marien Onderzoek en Aquacultuur

Jacobahaven 1
4493 ML Kamperland

Tel: 0113-376296
Fax: 0113-376297
info@zeeschelp.nl
www.zeeschelp.nl

Foto voorpagina: De oester-gemeenschap na de opening van de Katse Heule.

Inhoud

Inleiding	1
Methode	3
Hard substraat levensgemeenschappen	3
Fysisch-chemische parameters.....	4
Resultaten.....	5
Levensgemeenschappen.....	5
Ontwikkeling van de dominante soorten en soorten-groepen.....	16
Discussie en conclusie	31
Literatuur.....	33

Samenvatting

Sinds 1991 worden de levensgemeenschappen op hard substraat in het Veerse Meer geïnventariseerd.

In de periode voor de opening van de Katse Heule in 2004 was het Veerse Meer brak met een saliniteit van rond de 16‰. Er bestonden van 1991 tot 2003 afzonderlijke gemeenschappen in de wierzone en diepere delen waarin zeepokken en mosselen dominant waren. Aan het einde van de negentiger jaren werd de Japanse oester dominant binnen deze gemeenschappen en in 2002 de trompetkalkkokerworm. Deze kokerbouwende worm overgroeide alle aanwezige substraten en veroorzaakte tot aan de opening van de Katse Heule voor een soortenarme gemeenschap.

Na de ingebruikname van de Katse Heule in 2004 steeg de saliniteit op alle locaties tot boven de 28‰ en de typische brakwater soorten van het meer verdwenen. De kolonisatie van de solitaire zakpijp *Ascidiella aspersa* zorgde voor het ontstaan van een pioniersgemeenschap op alle locaties in 2005.

Op de oostelijke locaties zorgde de komst van de Japanse oester, kolonievormende zakpijpen en het roodwier *Heterosiphonia japonica* voor het ontstaan van een oester-gemeenschap, terwijl op de westelijke locatie varianten van de pioniersgemeenschap ontstonden. Deze oostelijke oester-gemeenschap is ook algemeen in het oostelijke deel van de Oosterschelde en in het Grevelingen Meer.

Op de oostelijke locaties ontstonden voorjaars- en najaarsvarianten van de oester-gemeenschap met een hoge bedekking van het roodwier *Heterosiphonia japonica* in het voorjaar en kolonievormende zakpijpen, met name *Didemnum vexillum* in het najaar.

Op de westelijke locatie nam na 2008 de bedekking van de mossel af en begon de bedekking van de Japanse oester te stijgen. Sinds 2012 worden gemeenschappen meer algemeen, die ook op de oostelijke locaties aanwezig zijn.

Inleiding

Na de ingebruikname van de Katse Heule in de Zandkreekdam in 2004 is een regelmatige uitwisseling van zeewater uit de Oosterschelde naar het Veerse Meer gerealiseerd, waardoor de waterkwaliteit van het Veerse Meer aanzienlijk verbeterd is. Door de continue verversing is een stabiel zoutgehalte ontstaan en is het doorzicht sterk verbeterd. De directe uitwisseling maakt het voor flora en fauna ook mogelijk om vrij te migreren tussen de Oosterschelde en het Veerse Meer.

Voor de ingebruikname van de Katse Heule lag het zomerpeil van het meer op NAP-niveau, maar werd gedurende de winter het peil 0.70 m verlaagd. Na de ingebruikname werd het streefpeil voor de zomer op NAP -0.10 m gezet en voor de winter op NAP -0.60 m. Na de vaststelling van het peilbesluit in 2007 werd vanaf het najaar van 2008 een gefaseerde verhoging van het winterpeil uitgevoerd, waardoor het winterpeil vanaf het najaar van 2011 NAP -0.30 m bedraagt. (het zomerpeil bedraagt NAP -0.05 m). Deze wisseling in het peil heeft directe gevolgen voor de ontwikkeling van de levensgemeenschappen in de ondiepe delen van het meer. Vooral macro-algen zullen reageren op de veranderende peilwisselingen, maar ook de verspreiding van Japanse oesters zal zich hierop aanpassen.

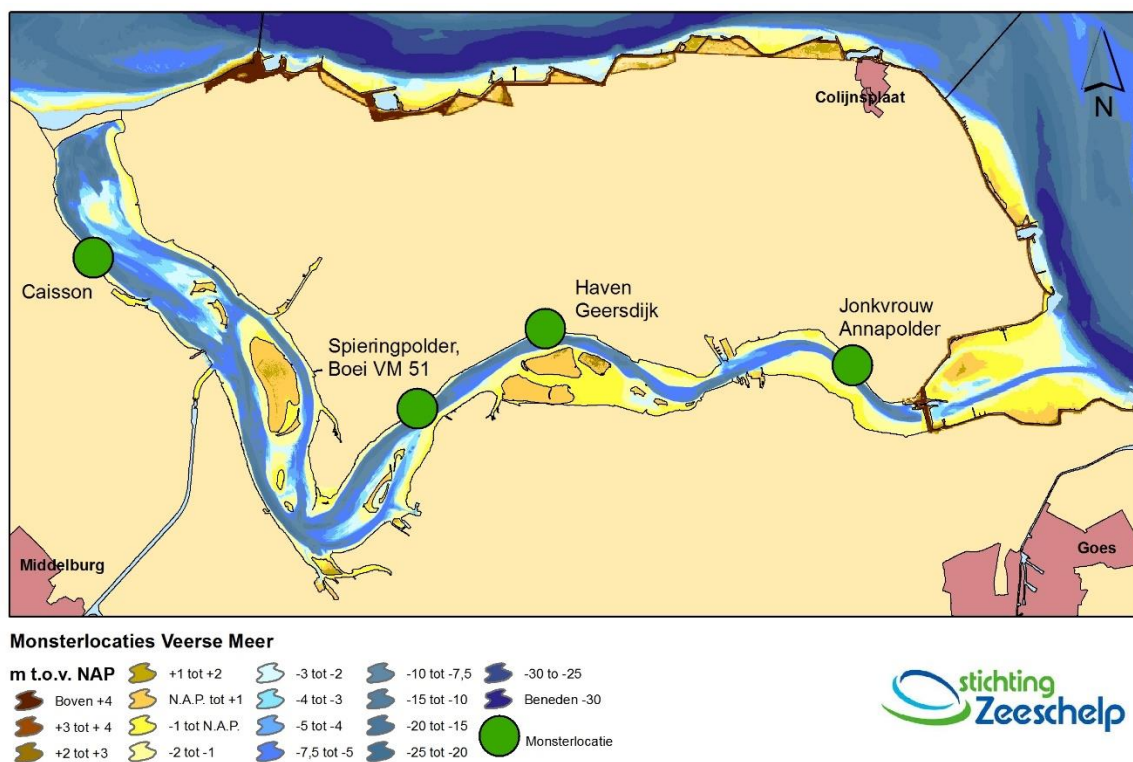
Toch heeft de openstelling van de Katse Heule ook ongewenste effecten, zo is de sedimentbelasting op het Veerse Meer veranderd, en ook kunnen 'plagsoorten', zoals de Amerikaanse ribkwal *Mnemiopsis leidyi* en de alg *Phaeocystis globosa*, het meer binnen komen. Deze factoren kunnen invloed hebben op het functioneren van het ecosysteem.

Methode

Hard substraat levensgemeenschappen

Het Veerse Meer kent harde substraten in de vorm van steenstort langs dijken en dammen, de erosiedammetjes rondom eilanden, palen, steigers en enkele wrakken. De meeste harde substraten komen voor van 0 tot 5 meter diepte en een enkele keer tot 10 à 12 meter diepte. Voor het Veerse Meer zijn daarom 2 representatieve diepte-strata onderzocht: de wierzone (1.5-2.0 meter diepte t.o.v. het zomerpeil) en de ondiepe faunazone (4.5-6.0 meter diepte t.o.v. het zomerpeil).

De locaties zijn zo gekozen dat zij voor beide diepte-strata een representatief beeld van het Veerse Meer weergeven (Figuur 1).



Figuur 1. De locaties waar hardsubstraat opnamen zijn gemaakt in september 2011.

Nabij de Katse Heule zijn de stations gekozen op de locatie Jonkvrouw Annapolder, in het middendeel op de locaties Geersdijk en bij boei VM51 bij de Spieringpolder en in het westelijke deel op de locatie Caisson. Op de laatste locatie is bovendien een station op 7.0 meter diepte bemonsterd.

Sinds 1991 gebeurde dit eenmaal per jaar op de locaties Geersdijk en Caisson. In 2004 is de locatie Jonkvrouw Annapolder in het monitoringsprogramma opgenomen en sinds 2007 zijn op deze drie locaties de voorjaars- en najaar situatie geïnventariseerd.

Per station zijn binnen 3 kwadranten (totaal 31 dm²) de bedekkingspercentages van alle sessiele (=vastzittende) organismen in verticale projectie geschat. De organismen werden voor zover mogelijk onder water gedetermineerd, en uit ieder kwadrant werden monsters meegenomen voor verdere determinatie onder de microscoop.

De levensgemeenschappen zijn in principe opgebouwd uit een bovenste structuurlaag (BL) van thalli van grote wieren, een middelste structuurlaag van opgerichte organismen, inclusief epifytische en epizoïsche organismen, en een korstvormige structuurlaag bestaande uit korstvormige wieren en mosdiertjes. Per station zijn ook de opvallende vagiele (= niet vastzittende) soorten genoteerd. Deze soorten zijn niet voor de clusteranalyse gebruikt.

Om de ontwikkeling van de hardsubstraat levensgemeenschappen te volgen, is een clusteranalyse uitgevoerd met logaritmisch getransformeerde data uit de periode 1991 t/m 2014.

De analyse is uitgevoerd met het programma MVSP (Kovach, 1999) met de ‘Bray-Curtis coëfficiënt’ in combinatie met en de ‘average-linkage’ methode.

De ‘Bray-Curtis coëfficiënt’ is geschikt voor kwantitatieve data, en berekent de (dis)-similariteit tussen alle stations en clustergroepen. In de ‘average-linkage’ clustering wordt de (dis)-similariteit tussen groepen berekend met de gemiddelde (dis)-similariteit tussen alle mogelijke combinaties binnen de groepen. De methode is ook bekend als de UPGMA (‘unweighted-pair groups’) methode. Vervolgens is een inverse analyse uitgevoerd zoals beschreven in Kaandorp (1986). De inverse analyse maakt een onderscheid mogelijk tussen dominante, algemeen voorkomende soorten en karakteristieke soorten. Soorten worden als dominant beschouwd indien zij een bedekkingspercentage van $\geq 4\%$ bereiken.

Fysisch-chemische parameters

Op de stations zijn de zuurstofverzadiging, temperatuur, saliniteit en pH van het water gemeten en is de samenstelling van het bodemsediment bepaald.

Sedimentkarakteristieken van de bovenste cm van de sedimentlaag zijn bepaald door de monsters te zeven over 7 gekalibreerde zeven (2.8-0.053 mm). De karakteristieken zijn uitgedrukt als de procentuele bijdrage van de drooggewichten van de verschillende fracties. Omdat de verdeling van de fracties niet normaal bleek te zijn, is op basis van de dominante fracties een typologie voor de bodemsedimenten opgesteld (Tabel 1).

Wanneer, door een recente verstoring, de sedimenten een tweetoppige verdeling vertonen, wordt dit sediment aangeduid als een verstoord (dis) grover type.

Het percentage organische stof is bepaald van de bovenste zes cm van het bodemsediment door de monsters te drogen bij 70 °C en vijf uur te verassen bij 525 °C.

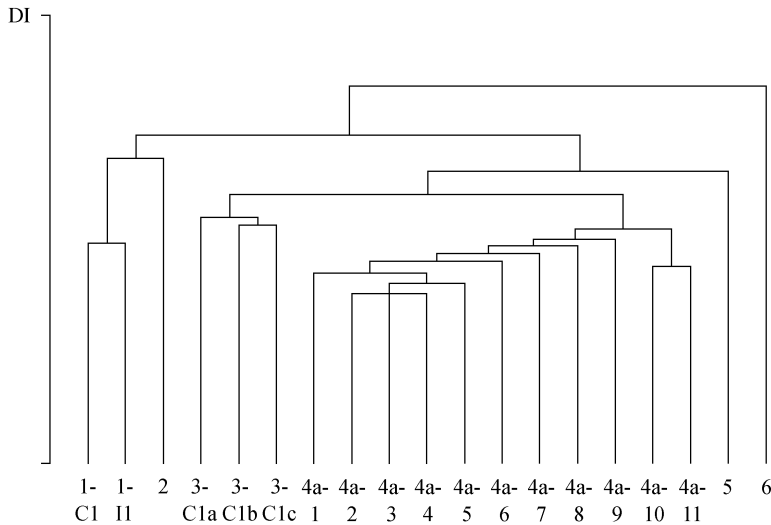
Tabel 1. Typologie voor de bodemsedimenten.

Type sediment	I	II	II	IV	V	VI	VII	VIII
Dominante fractie in mm	>2.8	2-8-1.4	1.4-0.6	0.6-0.3	0.3-0.15	0.15-0.09	0.09-0.05	<0.05
Benaming	schelprest		zeer	grof zand	fijn zand	zeer	ultra	slib
			grof zand			fijn zand	fijn zand	

Resultaten

Levensgemeenschappen

Voor de analyse is een clustering uitgevoerd met data uit de reguliere hardsubstraat monitoring uit de periode 1991-2014 (Figuur 2).



Figuur 2. Vereenvoudigd dendrogram van de clusteranalyse.

In totaal zijn zes hoofdclusters gevonden, waarbinnen verschillende gemeenschappen en varianten voorkwamen. De geografische verdeling is schematisch in Figuur 3 weergegeven.

	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2007	2008	2008	2009	2009	2010	2010	2011	2011	2012	2012	2013	2013	2014	2014				
Jonkvrouw	0-2.5														3-C1a	3-C1c	4-a7	4-a3	4-a7	4-a3	4-a5	4-a3	4-a5	4-a3	4-a5	4-a3	4-a5	4-a3	4-a10	4-a3	4-a5	4-a2				
	2.6-5.0																																			
	5.1-7.5														2	3-C1a	3-C1a	4-a2	4-a2	4-a4	4-a1		4-a1	4-a2	4-a5	4-a2	4-a5	4-a2	4-a4			4-a2	4-a2			
Geersdijk	1991																																			
	0-2.5		1-I1	1-I1	1-I1	1-I1	1-I1	1-I1	1-I1	1-I1	1-I1	1-C1																								
	2.6-5.0		1-C1	1-C1	1-C1	1-C1	1-C1	1-C1	1-C1	1-C1	1-C1	1-C1																								
VM51	1991																																			
	0-2.5																																			
	2.6-5.0																																			
Caïsson	1991																																			
	0-2.5				1-I1	1-I1	1-I1	1-I1	1-I1	1-I1	1-I1	1-C1																								
	2.6-5.0																																			
	5.1-7.5				1-C1		1-C1	1-C1	1-C1	1-C1	1-C1	1-C1																								
	7.6-10.0		1-C1	1-C1																																
10.1-12.5					1-C1																															

Figuur 3. Verdeling van de sublittorale levensgemeenschappen op hard substraat in het Veerse Meer in de periode 1991-2014.

De geordende tabel is gegeven in Tabel 2.

Tabel 2. Geordende tabel (bedekking in%) van de aangetroffen gemeenschappen in het Veerse Meer in de periode 1991-2014. Vet gedrukte dichtheden geven een presentie van de soort in minimaal 66.7% van de stations binnen een gemeenschap aan en onderstreepte waarden geven per soort een voorkomen van minimaal 90% van de totale kwantiteit binnen de gemeenschappen aan.

Afkortingen: An - anemoon, Bi - tweekleppige, Br - bryozoo, BW - bruinwier, Cr – crustacea, En – entoproct, GW - groenwier, Hy - hydroïd, Po - polychaet, RW - roodwier, Sc – kwal, Sp - spons en Tu - tunicaat.

Station	1-C1	1-I1	2	3-C1a	3-C1b	3-C1c	4-a1	4-a2	4-a3	4-a4	4-a5	4-a6	4-a7	4-a8	4-a9	4-a10	4-a11	5	6
kokerbouwende organisme	Po/Cr	2.3	0.8	-	0.1	1.4	0.3	0.7	0.3	0.3	0.4	0.2	0.5	0.2	0.1	0.1	0.4	-	0.5
<i>Obelia dichotoma</i>	Hy	1.9	0.1	-	0.0	0.2	-	0.3	0.1	0.0	0.1	4.7	-	-	-	1.7	0.1	2.2	0.5
<i>Cryptosula pallasiata</i>	Br	-	0.0	-	0.1	-	-	0.1	0.3	0.4	0.4	0.3	-	0.4	-	0.2	0.1	-	0.3
<i>Sagartogton undatus</i>	An	-	-	-	0.1	0.0	-	0.2	0.1	0.1	0.1	0.2	-	0.1	-	-	0.1	0.1	0.2
<i>Mytilus edulis</i>	Bi	42.2	57.2	0.1	4.7	39.3	14.6	0.5	0.3	0.1	-	-	1.1	-	-	4.0	20.1	10.4	44.5
zeepokken	Cr	16.7	16.8	0.1	0.2	6.7	2.0	2.4	0.5	1.2	1.0	1.6	0.9	10.9	-	9.0	7.3	4.8	40.9
<i>Aurelia aurita</i> (strobilus)	Sc	0.2	-	-	0.1	0.0	-	-	-	-	0.1	-	-	-	-	0.0	0.1	0.0	-
<i>Halichondria panicea</i>	Sp	0.8	-	-	3.0	0.5	2.4	0.3	0.3	0.3	0.1	0.3	0.3	0.2	-	0.1	0.1	0.8	0.5
<i>Callithamnion bryosoides</i>	RW	0.8	26.1	-	0.5	0.0	0.5	0.3	0.0	0.2	-	-	-	-	-	-	-	-	1.0
<i>Polysiphonia violacea</i>	RW	0.0	7.3	-	0.1	0.1	0.5	0.5	-	1.3	-	0.2	0.6	0.2	-	-	-	1.7	0.0
<i>Ceramium deslongchampsii</i>	RW	0.0	3.1	-	0.2	0.0	2.8	-	0.0	4.7	0.1	1.0	0.2	0.2	36.7	0.0	1.9	0.3	-
<i>Ceramium hypnoides</i>	GW	0.0	1.0	-	-	-	0.6	0.0	0.0	-	-	3.9	-	-	-	-	-	3.0	3.6
<i>Bryopsis hypnoides</i>	GW	0.0	0.4	-	0.1	0.0	-	0.3	0.2	-	0.2	1.7	0.3	-	-	0.1	1.1	3.4	-
<i>Haliclona xena</i>	Sp	0.0	0.4	-	0.1	0.0	-	0.3	0.2	-	0.2	1.7	0.3	-	-	0.1	1.1	3.4	-
<i>Botryllus schlosseri</i>	Tu	1.4	0.8	-	0.1	0.2	0.3	0.2	0.1	0.2	-	0.4	0.1	0.5	-	0.2	0.3	0.3	0.1
<i>Ulva spec.</i>	GW	-	1.6	-	0.0	1.2	-	-	2.6	-	0.5	0.1	-	0.3	-	-	1.0	-	-
<i>Cladophora sericea</i>	GW	0.0	0.4	-	0.1	0.0	1.1	-	0.2	-	-	-	0.0	0.3	-	0.2	0.0	-	-
<i>Halichondria bowerbankii</i>	Sp	0.1	0.2	-	0.2	0.1	-	-	0.0	0.0	-	-	-	-	-	0.0	-	-	-
<i>Conopeum reticulatum</i>	Br	0.2	0.1	0.0	0.1	0.0	-	0.0	-	-	0.0	-	-	-	-	-	-	0.0	-
<i>Bowerbankia spec.</i>	Br	0.2	0.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.1
<i>Opercularella lacerata</i>	Hy	0.2	-	-	-	-	-	0.0	-	0.0	0.0	-	-	-	-	0.0	-	-	-
<i>Diadumene cincta</i>	An	1.6	0.8	1.4	3.2	0.5	0.4	0.1	0.0	-	0.1	0.0	-	0.3	-	-	0.1	0.1	0.2
<i>Ficopomatus enigmaticus</i>	Po	11.3	0.1	91.8	32.6	0.3	0.1	0.0	-	-	-	-	-	-	-	0.0	-	-	-
<i>Dasya baillouviana</i>	RW	0.5	27.1	-	3.6	-	0.5	-	0.0	-	-	-	0.3	-	-	-	-	-	-
<i>Ceramium rubrum</i>	RW	0.0	0.9	-	0.4	-	-	-	-	-	0.1	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Chaetomorpha linum</i>	GW	-	0.2	-	-	0.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Enteromorpha linza</i>	GW	-	0.0	-	-	0.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Molgula manhattensis</i>	Tu	1.8	0.4	0.0	-	0.1	-	-	-	0.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Chaetomorpha aerea</i>	GW	0.0	0.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Barentsia gracilis</i>	En	0.0	0.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>KL Conopeum reticulatum</i>	Br	0.0	0.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Harilaubella gelatinosa</i>	Hy	0.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Prosuberites epithytmum</i>	Sp	0.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Conopeum seurati</i>	Br	0.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Alcyonidium mytili</i>	Br	0.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Cladophora laetevirens</i>	GW	-	0.9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Bryopsis plumosa</i>	GW	-	0.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Polysiphonia nigrescens</i>	RW	-	0.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Crassostrea gigas</i>	Bi	11.5	6.8	0.1	30.5	0.7	24.9	76.0	86.0	91.7	80.4	88.0	73.2	92.5	95.0	10.2	20.3	30.8	47.5
<i>Sargassum muticum</i>	BW	-	-	-	3.6	1.4	0.2	0.3	-	0.3	-	-	-	-	-	-	0.7	-	11.7
<i>Sivella clava</i>	-	-	-	-	0.8	0.4	0.8	2.4	1.6	1.8	1.9	1.9	1.0	2.5	1.3	0.7	1.0	0.9	1.2
<i>Gracilaria vermiculophylla</i>	RW	-	-	-	-	0.1	0.1	1.3	0.0	2.2	0.9	0.0	0.8	2.0	-	-	0.3	0.6	0.9
<i>Botrylloides violacea</i>	Tu	-	-	-	0.0	1.0	1.4	6.1	3.2	4.4	1.5	1.9	2.7	0.7	3.7	1.1	-	0.4	3.0
<i>Bougainvillea ramosa</i>	Hy	-	-	-	0.1	0.1	0.2	0.2	-	0.2	-	-	-	-	-	-	-	-	0.7
<i>BL Sargassum muticum</i>	BW	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.9	-	-	-	3.3	-	66.7
<i>Ascidella aspera</i>	Tu	-	-	-	22.3	15.1	0.6	6.4	3.4	2.0	1.5	1.0	0.2	-	0.3	0.6	-	0.3	-
<i>Ciona intestinalis</i>	Tu	-	-	-	6.5	0.3	0.0	2.2	1.1	0.7	1.8	0.1	0.2	-	-	0.4	-	0.2	-
<i>Mycale micracanthoxea</i>	Sp	-	-	-	0.1	-	-	0.1	-	0.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Ostrea edulis</i>	Bi	-	-	-	0.0	0.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.3	-	-	-
<i>Heterosiphonia japonica</i>	RW	-	-	-	0.4	18.7	13.3	10.6	6.5	15.2	38.8	24.6	10.4	22.5	21.7	13.0	17.0	40.5	0.1
<i>Diplosoma listerianum</i>	Tu	-	-	-	0.3	3.8	-	2.9	0.8	0.1	0.7	0.1	-	-	-	-	0.0	-	-
<i>Smittoidea cf. prolifica</i>	Br	-	-	-	0.0	0.2	-	0.1	-	-	-	0.1	-	-	-	0.0	-	0.0	-
<i>Leucosolenia variabilis</i>	Sp	-	-	-	0.0	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1	-	0.1	-	-	-	0.1	0.1	-	-
<i>Antithamnion plumula</i>	RW	-	-	-	-	0.1	0.3	-	0.0	-	0.0	0.1	-	-	-	-	-	-	-
<i>Sarsia tubulosa</i>	Hy	-	-	-	-	0.0	-	0.0	0.1	-	-	0.0	-	0.3	-	0.0	-	-	-
<i>Aplidium glabrum</i>	Tu	-	-	-	-	0.0	0.3	-	0.3	0.2	-	0.0	0.2	-	0.3	0.4	-	-	-
<i>Codium (tjle fase)</i>	GW	-	-	-	-	0.1	0.4	0.1	0.5	-	0.1	0.9	-	-	-	-	0.1	0.4	-
<i>Griffithsia devoniensis</i>	RW	-	0.0	-	-	0.1	-	-	-	-	-	0.1	-	-	-	-	-	-	-
<i>Chondrus crispus</i>	RW	-	0.0	-	-	0.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.3	0.0	-
<i>Tricellaria inopinata</i>	Br	-	-	-	0.1	0.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Scypha ciliata</i>	Sp	-	-	-	0.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Suberites spec.</i>	Sp	-	-	-	-	0.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Enteromorpha prolifera</i>	GW	-	-	-	-	0.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Ectocarpus spec.</i>	BW	-	-	-	-	0.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Desmarestia viridis</i>	BW	-	-	-	-	-	-	0.0	-	9.1	9.0	7.7	-	-	-	17.9	2.1	-	
<i>BL Desmarestia viridis</i>	BW	-	-	-	-	-	-	-	-	7.5	5.5	-	-	-	-	-	14.2	-	-
<i>Polysiphonia senticulosa</i>	RW	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.0	0.1	-	1.7	-	0.2	-	-	
<i>Acrochaetium spec.</i>	RW	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.0	-	-
<i>Rhodochorton purpureum</i>	RW	0.0	0.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.4	-
<i>Hymeniacidon perlevis</i>	Sp	-	0.1	-	0.1	-	-	0.5	1.3	0.3	0.1	0.6	0.7	-	1.7	2.8	0.2	-	
Sporobidae	Po	-	-	-	-	-	-	0.3	0.4	0.6	0.5	0.6	0.6	0.4	0.5	0.3	0.2	0.2	-
<i>Didemnum vexillum</i>	Tu	-	-	-	0.0	-	-	3.6	15.0	7.6	6.7	4.3	7.7	-	6.3	3.1	0.1	-	0.2
<i>Agardhiella subulata</i>	RW	-	-	-	-	-	-	0.2	0.4	-	-	0.6	-	-	3.3	-	-	-	
<i>Ceramium cimbricum</i>	RW	-	-	-	-	-	-	0.2	-	-	0.2	-	-	-	10.0	-	0.1	-	
<i>Haliclona rosea</i>	Sp	-	-	-	-	-	-	0.0	-	-	-	0.0	0.4						

In Tabel 3 zijn de dominante soorten van de verschillende gemeenschappen en varianten samengevat.

Tabel 3. De dominante soorten binnen de verschillende gemeenschappen en varianten.

code:	Dominante soorten:
gemeenschappen in de periode voor de Katse Heule:	
1-C1	<i>Mytilus edulis</i> , zeepokken, <i>Crassostrea gigas</i> en <i>Ficopomatus enigmaticus</i>
1-I1	<i>Dasya bailouviana</i> , <i>Callithamnio byssoides</i> , <i>Polysiphonia violacea</i> , <i>Mytilus edulis</i> , zeepokken en <i>Crassostrea gigas</i>
2	<i>Ficopomatus enigmaticus</i>
gemeenschappen en varianten in de periode na de Katse Heule:	
3-C1a	<i>Ficopomatus enigmaticus</i> , <i>Crassostrea gigas</i> , <i>Asciidiella aspersa</i> , <i>Ciona intestinalis</i> en <i>Mytilus edulis</i>
3-C1b	<i>Heterosiphonia japonica</i> , <i>Mytilus edulis</i> , <i>Asciidiella aspersa</i> en zeepokken
3-C1c	<i>Heterosiphonia japonica</i> , <i>Crassostrea gigas</i> en <i>Mytilus edulis</i>
4-a1	<i>Heterosiphonia japonica</i> , <i>Crassostrea gigas</i> , <i>Asciidiella aspersa</i> en <i>Botrylloides violacea</i>
4-a2	<i>Heterosiphonia japonica</i> , <i>Crassostrea gigas</i> en <i>Didemnum vexillum</i>
4-a3	<i>Heterosiphonia japonica</i> , <i>Ceramium deslongchampsii</i> , <i>Crassostrea gigas</i> , <i>Didemnum vexillum</i> en <i>Botrylloides violacea</i>
4-a4	<i>Desmarestia viridis</i> , <i>Heterosiphonia japonica</i> , <i>Crassostrea gigas</i> en <i>Didemnum vexillum</i>
4-a5	<i>Desmarestia viridis</i> , <i>Heterosiphonia japonica</i> , <i>Crassostrea gigas</i> , <i>Obelia dichotoma</i> en <i>Didemnum vexillum</i>
4-a6	<i>Heterosiphonia japonica</i> , <i>Desmarestia viridis</i> , <i>Crassostrea gigas</i> en <i>Didemnum vexillum</i>
4-a7	<i>Heterosiphonia japonica</i> , <i>Crassostrea gigas</i> en zeepokken
4-a8	<i>Ceramium deslongchampsii</i> , <i>Heterosiphonia japonica</i> , <i>Ceramium cimbricum</i> , <i>Crassostrea gigas</i> en <i>Didemnum vexillum</i>
4-a9	<i>Heterosiphonia japonica</i> , <i>Crassostrea gigas</i> , zeepokken en <i>Mytilus edulis</i>
4-a10	<i>Desmarestia viridis</i> , <i>Heterosiphonia japonica</i> , <i>Crassostrea gigas</i> , <i>Mytilus edulis</i> en zeepokken
4-a11	<i>Heterosiphonia japonica</i> , <i>Crassostrea gigas</i> , <i>Mytilus edulis</i> en zeepokken
5	<i>Sargassum muticum</i> , <i>Crassostrea gigas</i> , <i>Mytilus edulis</i> en zeepokken
6	-

De fysisch-chemische parameters op de stations zijn gegeven in de Figuren 4, 5, 6, 7 en 8.

Station	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2007	2008	2008	2009	2009	2010	2010	2011	2011	2012	2012	2013	2013	2014	2014		
Jonkvrouw																																		
0-2.5																27.7	29.9	28.1	28.6	27.4	29.0	27.8	31.3	28.3	28.8	26.6	29.0	28.6	29.1	29.0	28.6	28.2	29.9	
2.6-5.0															28.7	29.9					29.9				29.2									
5.1-7.5																	30.4	29.6	29.2	29.5			28.1		28.5		28.1	29.8	30.1				28.7	31.1
Geersdijk	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2007	2008	2008	2009	2009	2010	2010	2011	2011	2012	2012	2013	2013	2014	2014		
0-2.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	16.0	15.6		27.4	29.2	27.5	28.2	26.2	27.7	26.9	30.4	26.9	28.0	25.7	28.5	28.1	28.4	27.3	27.3	26.5	28.3			
2.6-5.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	16.1	15.9		28.4	27.7	29.3	27.9	28.2	26.6	27.9	27.7	30.6		28.0		28.5		28.9		27.5				
5.1-7.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			19.6											28.4		28.6		28.3		27.9		27.6	30.3	
VM51	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2007	2008	2008	2009	2009	2010	2010	2011	2011	2012	2012	2013	2013	2014	2014		
0-2.5															-						27.9	27.4	30.3		27.6		28.1							
2.6-5.0															-						28.0													
5.1-7.5															-								27.4	30.3		27.6		29.1						
Caisson	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2007	2008	2008	2009	2009	2010	2010	2011	2011	2012	2012	2013	2013	2014	2014		
0-2.5				-	-	-	-	-	-	-	16.0	15.9		28.0	27.7	28.9	27.4	27.8	25.1	27.6	27.9	30.0	26.8	27.5	25.9	28.2	28.3	28.2	27.1	27.1	26.4	28.6		
2.6-5.0				-	-	-	-	-	-	-	16.0	15.9		28.0	27.7	28.9	27.4	27.8	25.1	27.6	27.9	30.0	26.9	27.5	26.1	28.2	28.2	27.1	26.9	26.4	28.9			
5.1-7.5				-	-	-	-	-	-	-	16.2	16.0	19.7	27.7	28.9			27.9	26.6	27.9	28.1	30.0	27.1	27.6	26.6	28.1	28.3	28.3	27.7	26.4				
7.6-10.0	-	-															28.1										28.4			26.9		29.3		
10.1-12.5				-																														

Figuur 4. Saliniteit op de stations in het Veerse Meer in de periode 2001-2014.

Station	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2007	2008	2008	2009	2009	2010	2010	2011	2011	2012	2012	2013	2013	2014	2014		
Jonkvrouw																																		
0-2.5															117.0	103.0	117.9	100.9	163.3	102.1	104.1	93.6	114.7	117.5	103.3	126.8	135.4	116.6	109.5	134.1	89.8	102.8		
2.6-5.0															101.2	90.0				85.6		84.7			99.1			97.7	109.1	97.5				
5.1-7.5																	95.0	94.6	95.8	128.7			106.8		111.6		91.2	96.9	110.1			83.2	98.0	
Geersdijk	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2007	2008	2008	2009	2009	2010	2010	2011	2011	2012	2012	2013	2013	2014	2014		
0-2.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	105.3	92.0		96.3	107.0	97.0	97.5	91.9	181.5	93.5	118.8	91.7	136.8	92.7	91.8	109.4	132.8	127.5	109.2	109.7	103.7	118.8		
2.6-5.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	102.1	89.0		96.3	93.0	95.0	89.9	91.3	152.6	93.7	99.2	90.1			89.3	97.5	101.1		94.2					
5.1-7.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			100.1											122.5		87.5		112.1		95.3		84.2	84.5	
VM51	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2007	2008	2008	2009	2009	2010	2010	2011	2011	2012	2012	2013	2013	2014	2014		
0-2.5															101.0						136.0	107.8	82.7		93.6		146.7							
2.6-5.0																				128.0														
5.1-7.5															83.0								102.9	91.3		91.4		68.4						
Caisson	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2007	2008	2008	2009	2009	2010	2010	2011	2011	2012	2012	2013	2013	2014	2014		
0-2.5				-	-	-	-	-	-	-	105.6	89.0		94.3	94.0	96.0	99.9	90.8	168.4	105.0	104.7	91.0	148.9	104.8	103.8	102.8	145.3	121.8	103.7	92.4	104.5	128.4		
2.6-5.0				-	-	-	-	-	-	-	105.6	89.0		94.3	94.0	96.0	99.9	90.8	162.6	89.0	97.5	89.0	167.8	96.7	87.0	98.7	109.4	95.5	75.4	99.2	87.8			
5.1-7.5				-	-	-	-	-	-	-	82.6	88.0	95.2		86.0	95.0		86.1	113.8	81.0	88.6	89.0	141.5	85.2	62.9	98.3	132.6	72.7	94.4		86.0			
7.6-10.0	-	-															65.2										108.4		72.5		40.6			
10.1-12.5				-																														

Figuur 5. Percentage verzadiging van zuurstof op de stations in het Veerse Meer in de periode 2001-2014.

Station	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2007	2008	2008	2009	2009	2010	2010	2011	2011	2012	2012	2013	2013	2014	2014		
Jonkvrouw																																		
0-2.5															8.01	8.04	8.15	7.94	8.55	8.05	8.39	8.19	8.66	-	8.59	8.48	8.37	-	8.04	8.21	8.32	8.20		
2.6-5.0															8.42	7.95					7.98		8.15		-				7.54	8.02				
5.1-7.5																	8.01	8.09	7.94	8.46			8.39		8.62		8.49	8.26	8.21			8.31	8.14	
Geersdijk	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2007	2008	2008	2009	2009	2010	2010	2011	2011	2012	2012	2013	2013	2014	2014		
0-2.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8.40	8.34		8.14	7.97	7.97	8.04	7.82	8.65	7.98	8.44	8.12	8.86	8.15	8.51	8.20	8.36	8.39	-	8.08	8.37	8.29		
2.6-5.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8.41	8.33		8.14	7.92	7.96	8.00	7.82	8.57	8.00	8.37	8.14		8.14		8.16		8.32		8.03				
5.1-7.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			8.52											8.72		8.51		8.29		-		8.30	8.07	
VM51	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2007	2008	2008	2009	2009	2010	2010	2011	2011	2012	2012	2013	2013	2014	2014		
0-2.5															7.92						8.09	8.43	8.05		8.03		8.44							
2.6-5.0																				8.05														
5.1-7.5															7.82								8.43	8.05		8.02		7.92						
Caisson	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2007	2008	2008	2009	2009	2010	2010	2011	2011	2012	2012	2013	2013	2014	2014		
0-2.5				-	-	-	-	-	-	-	8.38	8.35		8.21	7.82	7.89	8.11	7.86	8.75	7.97	8.30	8.04	8.87	8.10	8.53	8.17	8.37	8.00	8.					

	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2007	2008	2008	2009	2009	2010	2010	2011	2011	2012	2012	2013	2013	2014	2014				
Jonkvrouw																																				
0-2.5																																				
2.6-5.0															10	16																				
5.1-7.5																	19	19	17	17																
Geersdijk																																				
0-2.5																																				
2.6-5.0																																				
5.1-7.5															11	16	19	20	16	17	18	18	15	19	15	17	16	17	14	20	13	20	18	19		
VM51																																				
0-2.5																																				
2.6-5.0																																				
5.1-7.5																																				
Caisson																																				
0-2.5																																				
2.6-5.0																																				
5.1-7.5																																				
7.6-10.0																																				
10.1-12.5																																				

Figuur 7. Temperatuur in °C op de stations in het Veerse Meer in de periode 1991-2014.

	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2007	2008	2008	2009	2009	2010	2010	2011	2011	2012	2012	2013	2013	2014	2014				
Jonkvrouw																																				
0-2.5																																				
2.6-5.0																																				
5.1-7.5																																				
Geersdijk																																				
0-2.5																																				
2.6-5.0																																				
5.1-7.5																																				
VM51																																				
0-2.5																																				
2.6-5.0																																				
5.1-7.5																																				
Caisson																																				
0-2.5																																				
2.6-5.0																																				
5.1-7.5																																				
7.6-10.0																																				
10.1-12.5																																				

Figuur 8. Samenstelling van de bodemsedimenten op de stations in het Veerse Meer in de periode 1991-2014. De verschillende typen zijn in kleuren weergegeven (V-blauw, VI-groen, V(dis)-bruin en VIII-rood; zie Tabel 1). In het sediment staat het percentage van de fracties ≤90 µm.

De periode voor de Katse Heule

In de periode voor de Katse Heule was het Veerse Meer brak met een saliniteit van rond de 16‰. De bodemsedimenten bestonden op de locaties Geersdijk en Caisson uit de zandige typen V en VI.

Er bestonden van 1991 tot 2003 afzonderlijke gemeenschappen in de wierzone en diepere delen (cluster 1) op de locaties Geersdijk en Caisson.

De gemeenschap in de wierzone werd gedomineerd door zeepokken, mosselen en de roodwieren *Dasya baillouviana* en *Callithamnion byssoides*. Er waren geen soorten karakteristiek voor deze gemeenschap, maar drie soorten wieren waren ertoe beperkt. Gemiddeld kwamen er 12.3 soorten op de stations voor.

In de diepere delen waren zeepokken en mosselen dominant. Er waren geen soorten karakteristiek voor deze gemeenschap, maar vier soorten waren ertoe beperkt. Gemiddeld kwamen er 10.2 soorten op de stations voor. In 1999 werd de Japanse oester *Crassostrea gigas* dominant binnen deze gemeenschap op de locatie Geersdijk, en in 2002 nam de bedekking van de trompetkalkkokerworm *Ficopomatus enigmaticus* op de locaties Geersdijk en Caisson sterk toe. Het doorzicht van het water was in 2002 zo gering, dat er pas in december opnamen konden worden gemaakt.

In 2003 bleef het doorzicht slecht en werden opnieuw pas in december de opnamen gemaakt. De saliniteit was op beide locaties al gestegen tot boven de 19‰. Alle beschikbare substraten waren overgroeid door de trompetkalkkokerworm, en er kwamen gemiddeld 3.3 soorten per kwadrant in deze gemeenschap van cluster 2 voor.

De periode na de Katse Heule

Na de ingebruikname van de Katse Heule werden in 2004 de opnamen in november gemaakt. Vanaf 2004 is ook de Kortgeense nol op de locatie Jonkvrouw Annapolder, ten westen van de Katse Heule jaarlijks bemonsterd. De saliniteit op alle drie de locaties was gestegen tot boven de 28‰, maar alle beschikbare substraten waren nog begroeid met de soortenarme trompetkalkkokerworm-gemeenschap. Het sediment op de locatie Jonkvrouw Annapolder bestond uit het fijn-zandige type VI.

In het najaar van 2005 werd op alle locaties op alle diepten een kolonisatie-gemeenschap uit cluster 3 gevonden. Deze gemeenschap werd gedomineerd door de solitaire zakpijpen *Asciidiella aspersa* en *Ciona intestinalis*. Japanse oesters, mosselen en trompetkalkkokerwormen kwamen op alle locaties voor, maar wisselden sterk in dominantie. De Japanse oester was dominant op de oostelijke locatie Jonkvrouw Annapolder en de mossel en trompetkalkkokerworm op de westelijke locatie Caisson. In 2006 hadden zich vanuit de kolonisatie-gemeenschap twee varianten ontwikkeld. In de infralittorale zone was de Japanse oester dominant op de locaties Jonkvrouw Annapolder en Geersdijk, en de mossel op de locaties Geersdijk en Caisson. Doordat zich enkele wieren hadden kunnen vestigen was de variant soortenrijker dan in de circalittorale zone. In de variant in de circalittorale zone was de bedekking van oesters laag op de locatie Geersdijk en was de soort afwezig op de locatie Caisson. Wel was de solitaire zakpijp *Asciidiella aspersa* dominant op beide locaties.

Na 2006 trad er een duidelijke differentiatie op tussen de gemeenschappen op de oostelijke locaties en die op de locatie Caisson. Vanaf 2007 zijn de gemeenschappen in het voorjaar en najaar bemonsterd.

Op de oostelijke locaties werd op alle diepten de Japanse oester dominant waardoor varianten uit cluster 4 ontstonden, en op de westelijke locatie Caisson bleef de mossel dominant waardoor de variant uit cluster 3 bleef bestaan.

In totaal werden er vanaf 2007 elf varianten uit cluster 4 gevonden en 2 aparte gemeenschappen (cluster 5 en 6).

Ontwikkeling van de varianten in de infralittorale zone

In de infralittorale zone op de locatie Jonkvrouw Annapolder werd in het voorjaar van 2007 variant 4-a7 gevonden en in het najaar 4-a3. Beide varianten waren tot deze locatie beperkt.

In variant 4-a7 waren naast de Japanse oester ook zeepokken dominant. Het roodwier *Heterosiphonia japonica* groeide dominant op de oesters. Gemiddeld kwamen er 13 soorten per station voor. In het najaar was de bedekking van de zeepokken sterk afgenomen, maar was de bedekking van het roodwier *Gracilaria vermiculophylla* toegenomen. Gemiddeld kwamen er in variant 4-a3 18.5 soorten per station voor. In 2008 werden dezelfde varianten gevonden, met hoge bedekkingen van zeepokken en *Heterosiphonia japonica* in het voorjaar, en de roodwieren *Polysiphonia violacea* en

Ceramium deslongchampsii en de kolonievormende zakpijp *Botrylloides violacea* in het najaar. In 2009 werd de voorjaarsvariant niet meer gevonden. Nu werd de voorjaars variant 4-a5 gevonden. Zeepokken waren niet langer dominant, maar het bruinwier *Desmarestia viridis* was vaak dominant. Gemiddeld kwamen er 19.6 soorten per station voor. In het najaar waren de bedekkingen van *Heterosiphonia japonica* en *Desmarestia viridis* weer afgenomen en was variant 4-a3 weer aanwezig. Deze seizoensvariatie bleef in 2010 en 2011 bestaan. Wel nam in de najaarsvariant de bedekking van de kolonievormende zakpijp *Didemnum vexillum* sterk toe ten opzichte van het voorjaar. In 2012 werd de voorjaarsvariant 4-a4 gevonden. Deze werd gedomineerd door dezelfde soorten als variant 4-a5, maar was met gemiddeld 15.8 soorten per station soortenarmer. In 2013 werd in het voorjaar de voorjaarsvariant 4-a10 gevonden en in het najaar de variant 4-a8. Ten opzichte van variant 4-a5 was de bedekking van *Desmarestia viridis* in 2013 sterk toegenomen. In de najaarsvariant waren de bedekkingen van de roodwieren *Ceramium deslongchampsii* en *Ceramium cimbricum* hoog. In 2014 werd opnieuw voorjaarsvariant 4-a5 gevonden en werd in het najaar, door het ontbreken van veel wieren de variant uit de circalittorale zone 4-a2 gevonden. Het aantal soorten binnen de varianten steeg tot 2010, waarna erna het aantal stabiliseerde en in het najaar zelfs afnam.

Op de locatie Geersdijk werd in het voorjaar van 2007 in de infralittorale zone gemeenschap 5 gevonden en in het najaar variant 4-a1. Gemeenschap 5 werd gedomineerd door de Japanse oester en zeepokken, met een dichte bovenste structuurlaag van het Japans bessenwier *Sargassum muticum*. Gemiddeld kwamen er 11.5 soorten per station binnen deze gemeenschap voor. In het najaar was het Japans bessenwier afgestorven en de bedekking van zeepokken afgenomen en was alleen de Japanse oester dominant. Binnen deze variant kwamen gemiddeld 16.8 soorten per station voor. In 2008 was het Japans bessenwier niet ontwikkeld en werd in beide seizoenen variant 4-a1 gevonden. In het voorjaar van 2009 was het substraat begroeid met oesters en kwam verder alleen de spons *Haliclona xena* dominant voor. Binnen deze variant 4-a1 kwamen gemiddeld 13.2 soorten per station voor. In het najaar was deze spons afgestorven en werd opnieuw variant 4-a1 gevonden. Vanaf 2010 werd in het voorjaar en najaar variant 4-a6 gevonden. Deze variant werd alleen gedomineerd door de Japanse oester, het roodwier *Heterosiphonia japonica* en de kolonievormende zakpijp *Didemnum vexillum*. Gemiddeld kwamen er 17.2 soorten per station voor.

Op de locatie Caisson werd in het voorjaar van 2007 de gemeenschap van cluster 5 gevonden, met mosselen, zeepokken en Japans bessenwier. In het najaar was de bovenste structuurlaag van Japansbessenwier afgestorven en de bedekking van *Heterosiphonia japonica* toegenomen, waardoor de kolonisatie-gemeenschap uit cluster 3 aanwezig was. In het voorjaar van 2008 waren de wieren weer dominant aanwezig, waardoor variant 4-a10 aanwezig was. Gemiddeld kwamen er 15.9 soorten per station binnen deze variant voor. In het najaar waren de bruinwieren weer afgestorven, waardoor opnieuw de kolonisatie-gemeenschap uit cluster 3 aanwezig was. Dit patroon herhaalde zich in de erop volgende jaren. Na 2008 nam de bedekking van de Japanse oester in de infralittorale zone toe, en in 2012 nam de bedekking van mosselen sterk af, waardoor variant 4-a6, die sinds 2010 op de locatie Geersdijk aanwezig was, nu ook op de locatie Caisson aanwezig was.

Ontwikkeling van de varianten in de circalittorale zone

In de circalittorale zone op de locatie Jonkvrouw Annapolder werden in het voorjaar en najaar van 2007 variant 4-a2 gevonden. Deze variant werd gedomineerd door de Japanse oester met daarop de kolonievormende zakpijp *Didemnum vexillum*. Verschillen in de bedekking van de dominante soorten zorgden voor het ontstaan van voorjaars- en najaarsvarianten in de erop volgende jaren. In het voorjaar was de bedekking van het roodwier *Heterosiphonia japonica* hoog, en in het najaar was de bedekking van kolonievormende zakpijpen hoog, waardoor in het voorjaar vaak de varianten uit de infralittorale zone in het circalittoraal voorkwamen. In 2014 ontbrak de voorjaars variant en werd in het voorjaar en het najaar variant 4-a2 gevonden.

In de circalittorale zone op de locatie Geersdijk werden in het voorjaar en najaar van 2007 en 2008 variant 4-a1 gevonden. Deze variant was ook aanwezig in de infralittorale zone. In 2009 kwamen dezelfde varianten voor als in de infralittorale zone. Vanaf 2010 ontstonden de voorjaars- en najaarsvarianten die ook op de locatie Jonkvrouw Annapolder aanwezig waren, met een hoge bedekking van *Heterosiphonia japonica* in het voorjaar en *Didemnum vexillum* in het najaar. Evenals op de locatie Jonkvrouw Annapolder ontbrak in 2014 de voorjaars variant en ook hier werd in het voorjaar en het najaar variant 4-a2 gevonden.

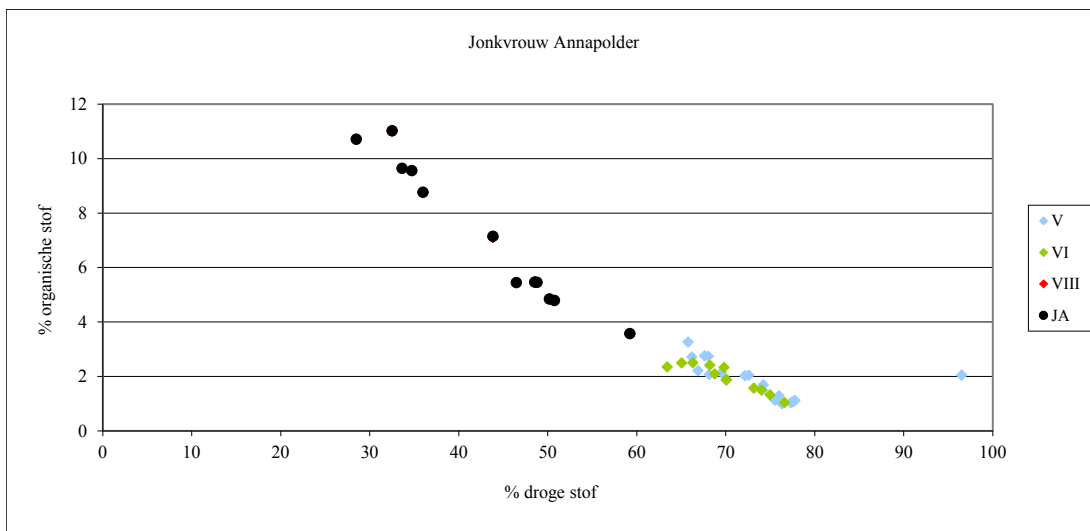
In de circalittorale zone op de westelijke locatie Caisson bleef in 2007 en 2008, in zowel het voorjaar als in het najaar de door de mossel gedomineerde variant 3-C1b bestaan. In de jaren tot 2011 bestonden er duidelijke seizoensvarianten, met variant 4-a11 in het voorjaar. De bedekkingen van mosselen en het roodwier *Heterosiphonia japonica* waren hoog in deze variant. In 2009 was in het najaar variant 3-C1b nog aanwezig, maar in 2010 en 2011 werd variant 4-a9 gevonden. Deze variant was tot deze locatie beperkt. De bedekkingen van mosselen en van *Heterosiphonia japonica* waren lager dan in variant 4-a11, en gemiddeld kwamen er 12 soorten per station voor. In 2012 en de erop volgende jaren werd deze variant in zowel het voorjaar als najaar gevonden. Wel nam de bedekking van de Japanse oester toe binnen deze variant.

In het voorjaar van 2012 kwam op het diepe station variant 4-a11 nog voor. In het voorjaar van 2013 kwam variant 4-a10 uit de infralittorale zone voor en in het najaar werd op het diepe station de gemeenschap uit cluster 6 gevonden. Hierin waren geen soorten dominant en er kwamen slechts 5 soorten voor. Hoewel de zuurstofverzadiging 72.5% bedroeg, lijkt er toch een lange periode van zuurstofloosheid op deze diepte te zijn opgetreden gedurende de zomer. Op andere locaties in het westelijke deel van het Veerse Meer werden in de zomer plekken met zwavelbacteriën gevonden. In het voorjaar van 2014 waren de bedekkingen van de Japanse oester en de zakpijp *Didemnum vexillum* zo hoog geworden, dat variant 4-a2 ook op de locatie Caisson gevonden.

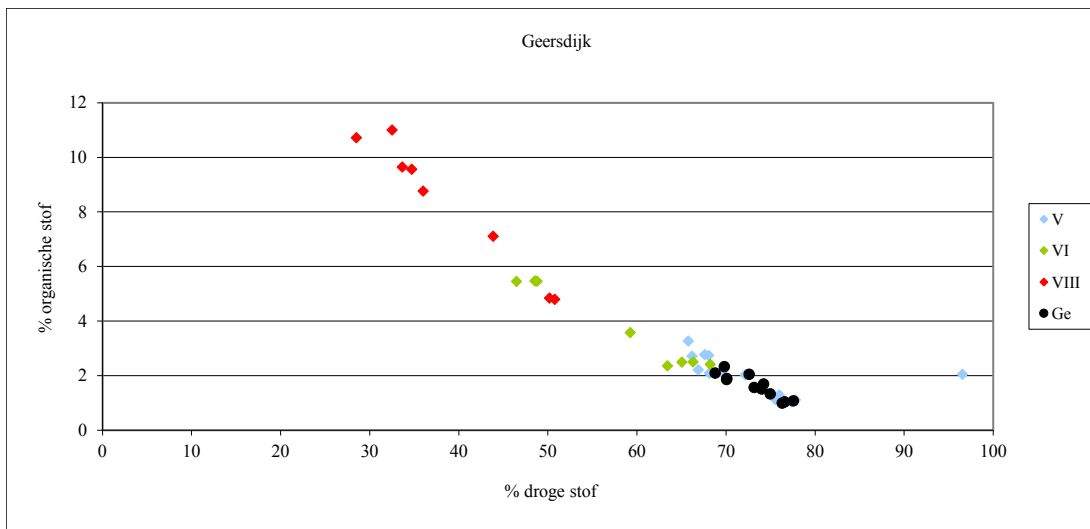
Na de opening van de Katse Heule werd in 2006 in de circalittorale zone op de locatie Jonkvrouw Annapolder het sediment fijner van samenstelling. In het najaar van 2008 begon deze accumulatie van fijne fracties ook in de infralittorale zone. Om dit nader te onderzoeken zijn in de periode 2009-2011 sedimentvallen in de circalittorale zone op de locaties geplaatst en zijn vanaf 2011 de percentages droge stof en organische stof van de bodemsedimenten bepaald.

Uit de metingen met de sedimentvallen bleek de potentiële sedimentbelasting het hoogste te zijn op de locatie Jonkvrouw Annapolder, gevolgd door Geersdijk en dat de sedimentbelasting het laagste was op de locatie Caisson (Kluijver & Dubbeldam, 2009, 2010, 2011). De potentiële sedimentbelasting bleek gedurende de periode mei-september te stijgen gedurende het seizoen en op de locatie Jonkvrouw Annapolder werd in september ongeveer $80 \text{ g/m}^2/\text{dag}$ gemeten en op de locatie Caisson ongeveer $20 \text{ g/m}^2/\text{dag}$. Op de locatie Jonkvrouw Annapolder steeg het percentage van fracties $\leq 90 \mu\text{m}$ van ruim 60% in mei tot 90% in september.

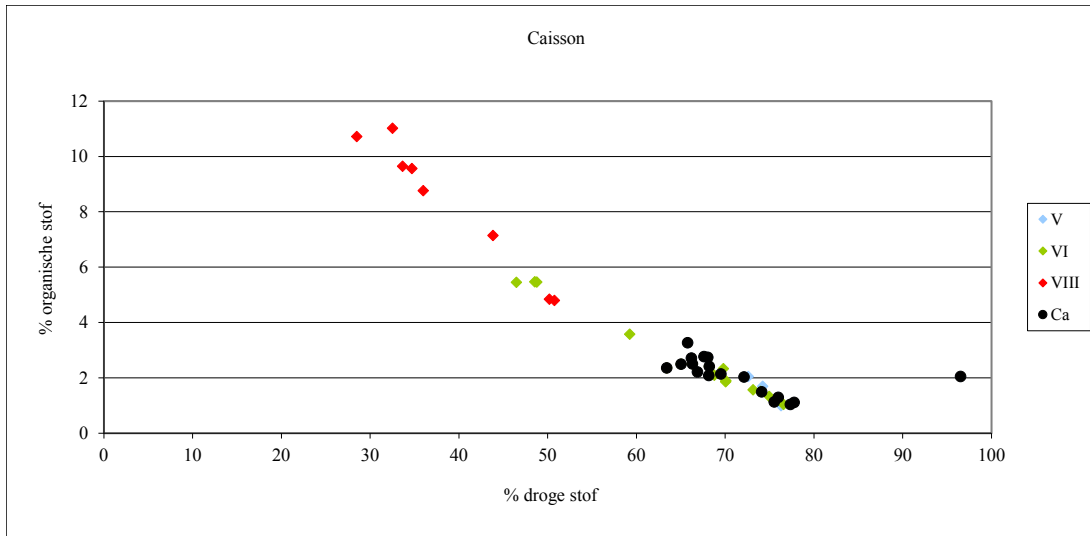
De relatie tussen de percentages organische en droge stof in de bodemsedimenten op de verschillende locaties zijn gegeven in de Figuren 9, 10 en 11.



Figuur 9. De relatie tussen de percentages droge stof en organische stof voor de locatie Jonkvrouw Annapolder (JA). De verschillende sedimenttypen zijn in kleuren weergegeven (V-blauw, VI-groen en VIII-rood; zie Tabel 1).



Figuur 10. De relatie tussen de percentages droge stof en organische stof voor de locatie Geersdijk (Ge). De verschillende sedimenttypen zijn in kleuren weergegeven (V-blauw, VI-groen en VIII-rood; zie Tabel 1).



Figuur 11. De relatie tussen de percentages droge stof en organische stof voor de locatie Caisson (Ca). De verschillende sedimenttypen zijn in kleuren weergegeven (V-blauw, VI-groen en VIII-rood; zie Tabel 1).

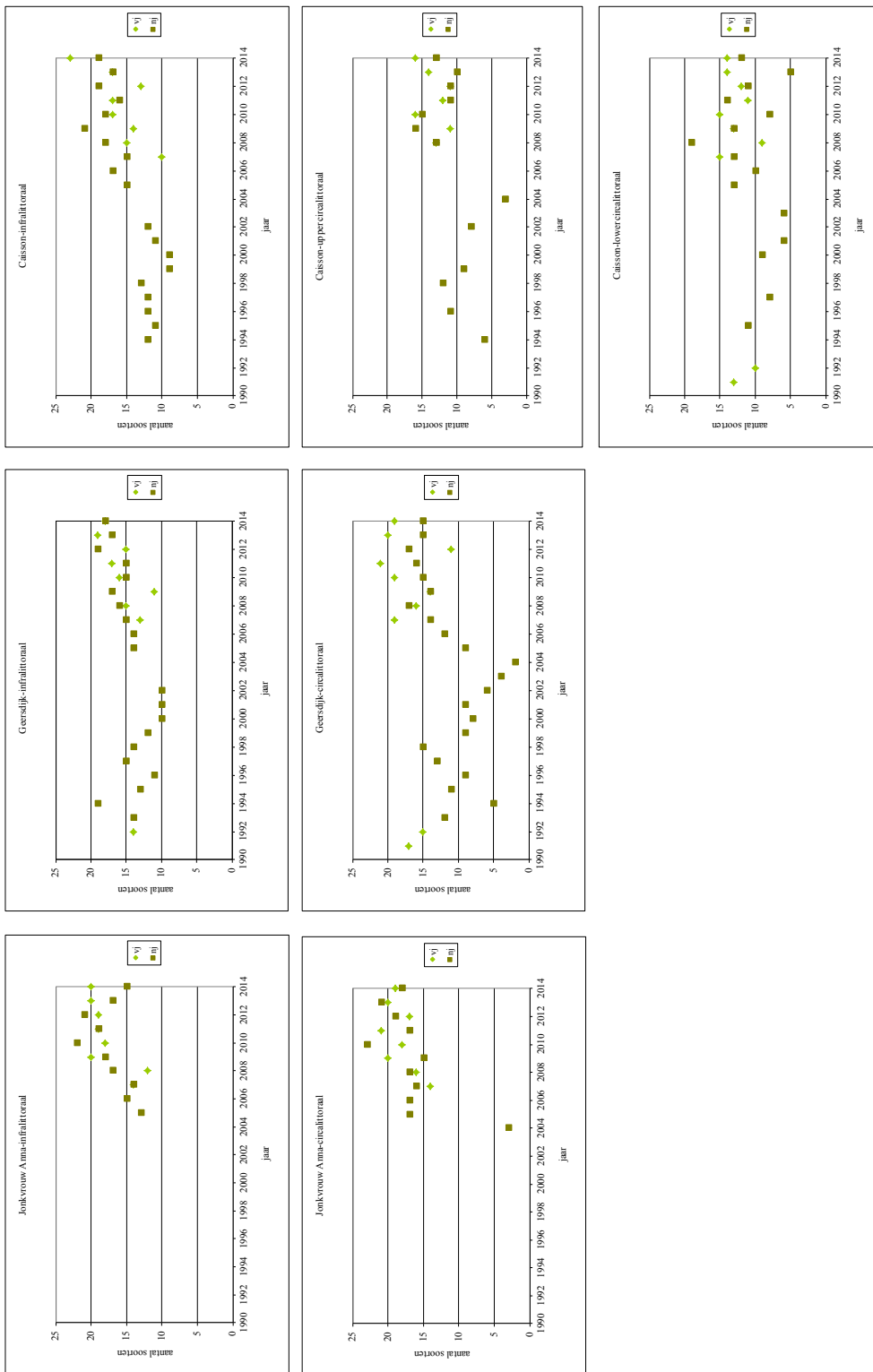
Uit de figuren blijkt duidelijk dat op de oostelijke locatie Jonkvrouw Annapolder, direct achter de Katse Heule, het sediment bestaat uit een laag percentage droge stof in combinatie met een hoog percentage organische stof.

Ontwikkeling van de dominante soorten en soorten-groepen

Voor een aantal dominante soorten en soorten-groepen is de ontwikkeling in de tijd op de verschillende locaties gevolgd. Hierbij is onderscheid gemaakt tussen de infra- en circalittorale zone, en voor de locatie Caisson is de circalittorale zone opgedeeld tussen de stations tot 6 meter diepte en de stations op grotere diepten.

Het aantal soorten per station op de verschillende locaties in de tijd is gegeven in Figuur 12.

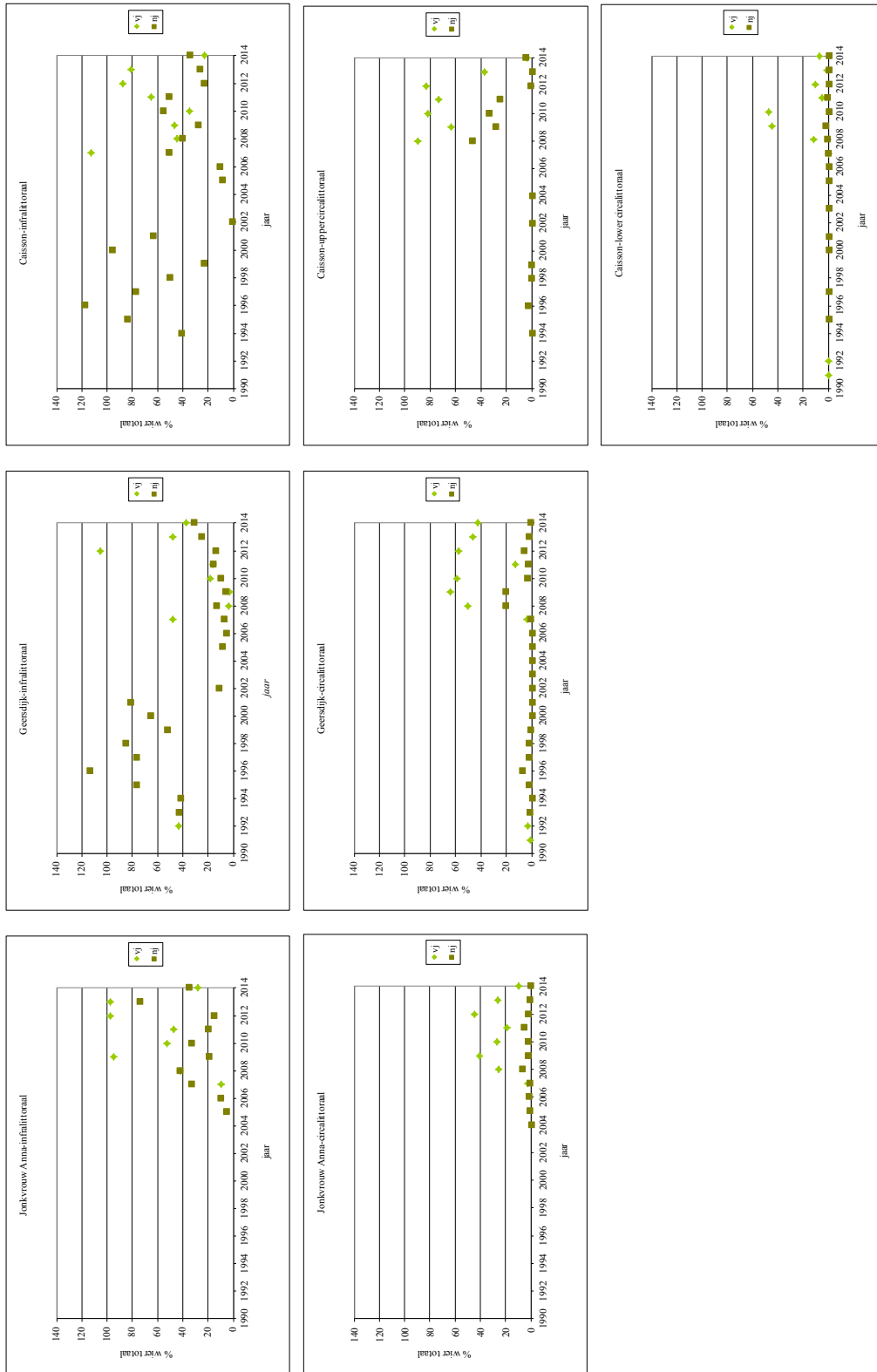
In de brakwater periode voor de opening van de Katse Heule was het aantal soorten hoger in de gemeenschap in de infralittorale zone dan in de gemeenschap in de circalittorale zone en hoewel dezelfde gemeenschappen op beide locaties voorkwamen, waren ze iets soortenrijker op de oostelijke locatie Geersdijk dan op de westelijke locatie Caisson. Voor de opening van de Katse Heule was op alle locaties het aantal soorten in de circalittorale zone sterk gedaald. In de infralittorale zone zijn in deze periode geen opnamen gemaakt, maar in de winter waren de wieren afgestorven en kwam de trompetkalkkokerworm hier ook dominant voor. In 2005 steeg het aantal soorten sterk. Dit gebeurde het snelste op de locatie Jonkvrouw Annapolder, gevolgd door de locatie Geersdijk en tenslotte de locatie Caisson. Rond 2010 stopte de stijging van het aantal soorten. Het aantal soorten in het voorjaar en najaar was vergelijkbaar op de locaties Jonkvrouw Annapolder en Geersdijk, maar op de locatie Caisson was het aantal soorten in het voorjaar vaak lager dan in het najaar. Waarschijnlijk is dit veroorzaakt door de lagere watertemperatuur in het voorjaar op deze locatie. Het lage soortenaantal in sommige jaren op het diepe station op de locatie Caisson is veroorzaakt door langdurige perioden van zuurstofloosheid in de zomer.



Figuur 12. Het aantal soorten per station op de locaties Jonkvrouw Annapolder, Geersdijk en Caisson in de tijd.

De totale wierbedekking per station op de verschillende locaties in de tijd is gegeven in Figuur 13.

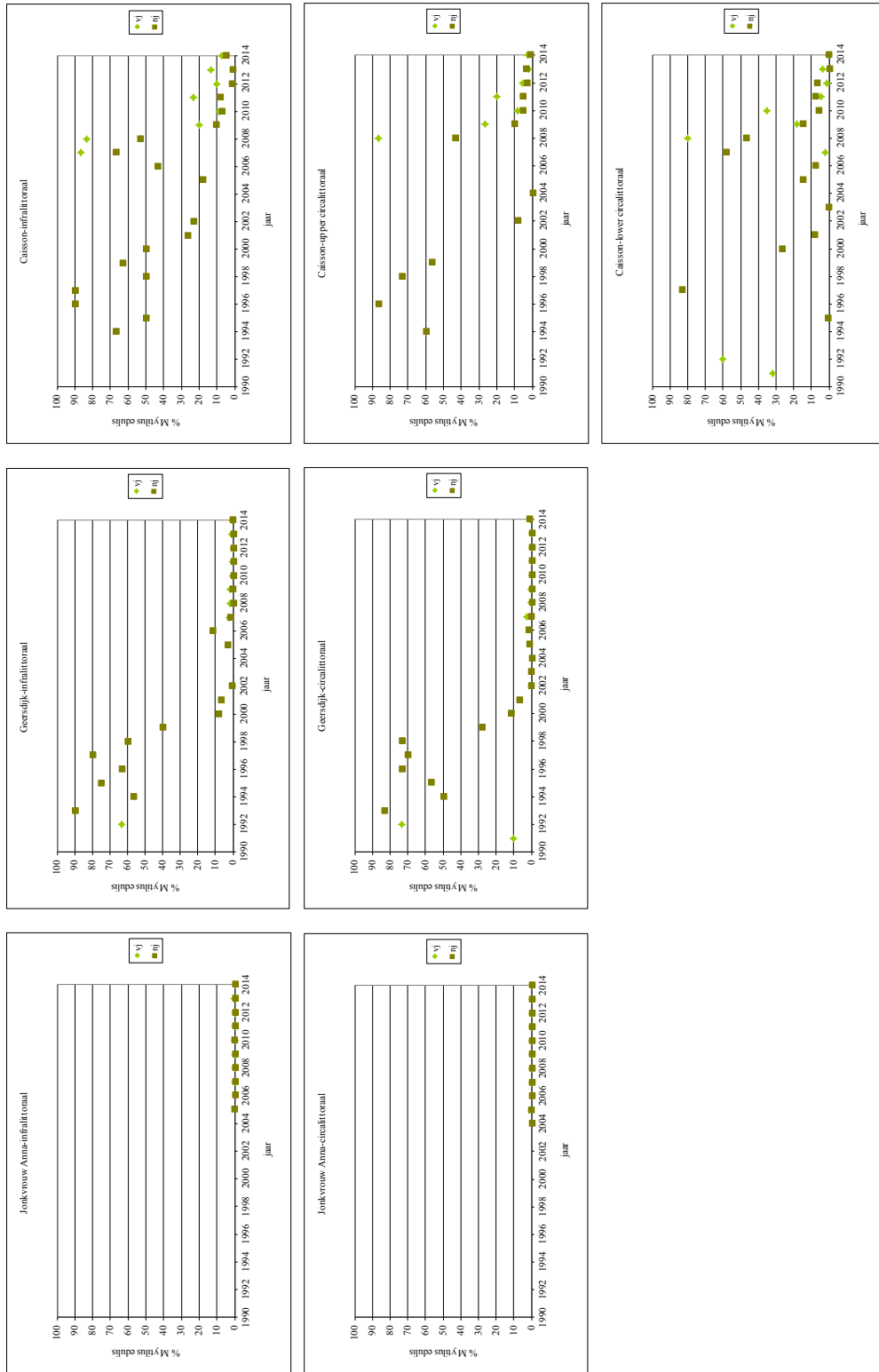
De totale wierbedekking in de infralittorale vertoonde in de brak water periode grote jaarlijkse fluctuaties op beide locaties in het najaar. In de circalittorale zone kwamen in het najaar nauwelijks wieren voor. Sinds 2007 zijn zowel de voorjaarsbedekking en de najaarsbedekking bepaald. Op alle locaties was de bedekking in het voorjaar hoger zowel in de infralittorale zone als in de circalittorale zone. In de infralittorale zone is dit zeker veroorzaakt door het afsterven van de grote bruinwieren (*Sargassum muticum* en *Desmarestia viridis*) in de zomer, maar ook door de afname in de bedekking van het roodwier *Heterosiphonia japonica* gedurende van seizoen. Op de stations in de circalittorale zone lijkt dit te worden versneld door het verminderde doorzicht van het water in de zomer. Op het diepe station op de locatie Caisson speelt de instelling van het zomerpeil zeker een rol. Hier kwamen in het najaar nauwelijks wieren voor.



Figuur 13. De totale wierbedekking per station op de locaties Jonkvrouw Annapolder, Geersdijk en Caisson in de tijd.

De bedekking van de mossel *Mytilus edulis* per station op de verschillende locaties in de tijd is gegeven in Figuur 14.

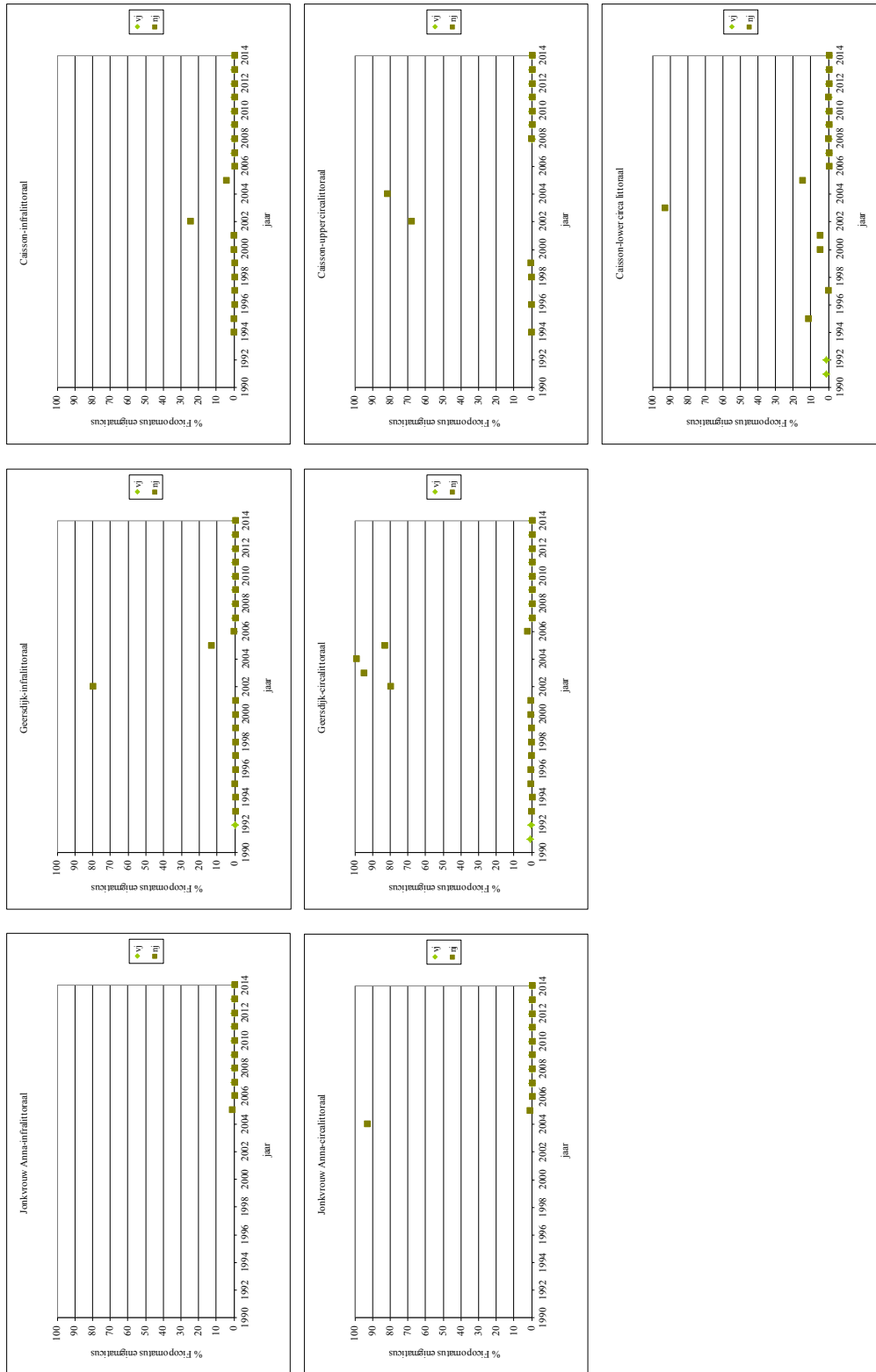
In de brakwater periode was de mossel de meest algemene soort in het Veerse Meer, zowel in zowel de infra- als de circalittorale zone. Voor de opening van de Katse Heule was de bedekking van de soort al sterk gedaald. Na de opening van de Katse Heule was de soort alleen nog op de locatie Caisson dominant. Op de locatie Jonkvrouw Annapolder kwam de soort in de erop volgende jaren niet voor. Op de locatie Geersdijk werd de soort in 2006 dominant in de infralittorale zone, maar daarna nam de bedekking sterk af. Op de locatie Caisson steeg de bedekking van de soort tot en met 2007, maar daarna nam de bedekking van de soort af in zowel de infra- als circalittorale zone.



Figuur 14. De bedekking van de mossel *Mytilus edulis* per station op de locaties Jonkvrouw Annapolder, Geersdijk en Caisson in de tijd.

De bedekking van de trompetkalkkokerworm *Ficopomatus enigmaticus* per station op de verschillende locaties in de tijd is gegeven in Figuur 15.

De trompetkalkkokerworm kwam in het brakke meer in lage dichtheden voor in de circalittorale zone. In 2002, in een zomer met een sterke algenbloei, breidde de soort zich explosief uit en overgroeide alle beschikbare substraten en alle andere organismen. In 2005, na de opening van de Katse Heule, daalde de bedekking op de locatie Jonkvrouw Annapolder en in 2006 op de locaties Geersdijk en Caisson. Hierna is deze brakwatersoort alleen nog in lage dichtheden op de locatie Caisson gevonden.

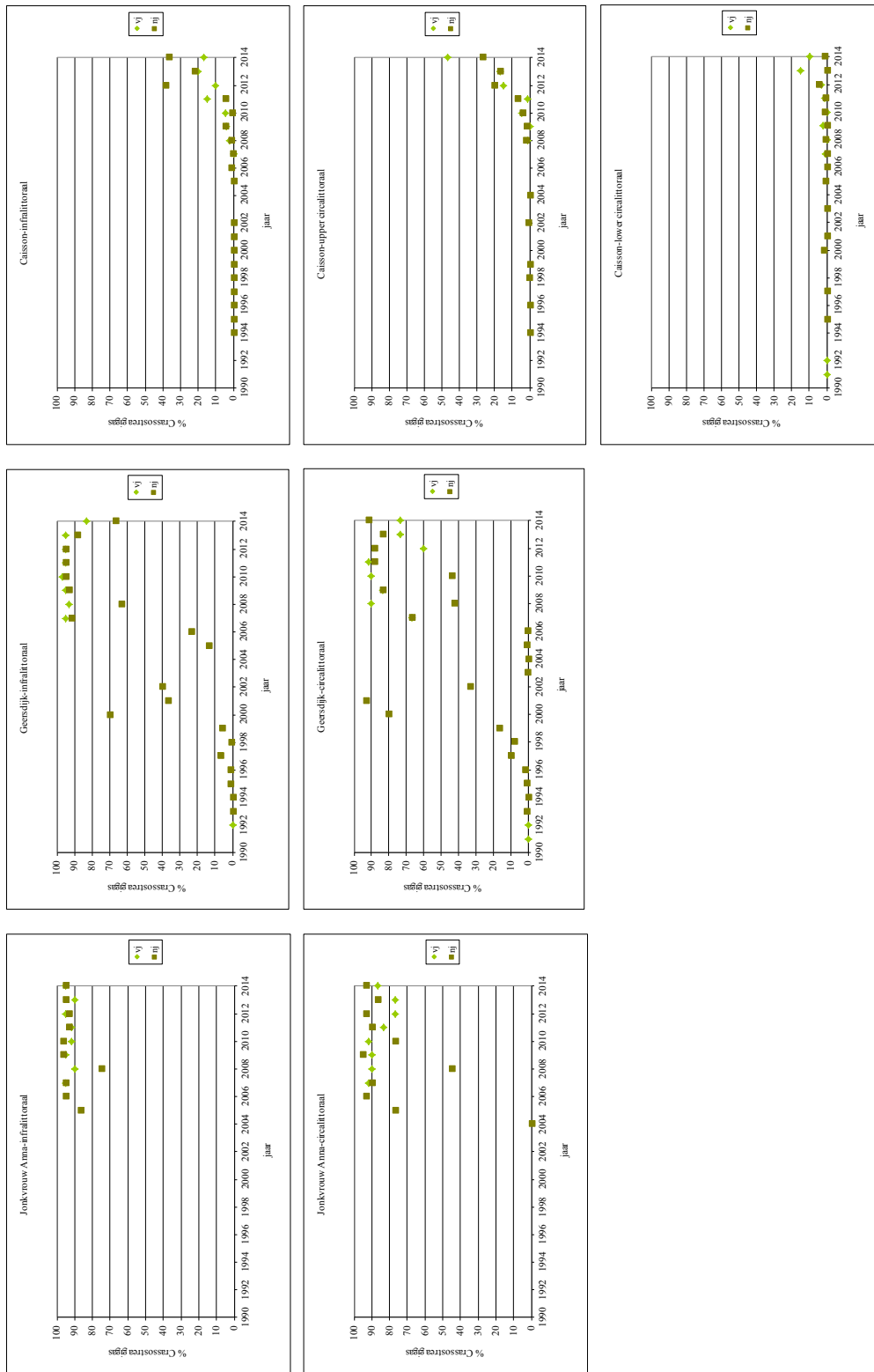


Figuur 15. De bedekking van de trompetkalkkokerworm *Ficopomatus enigmaticus* per station op de locaties Jonkvrouw Annapolder, Geersdijk en Caisson in de tijd.

De bedekking van de Japanse oester *Crassostrea gigas* per station op de verschillende locaties in de tijd is gegeven in Figuur 16.

De Japanse oester werd in 1993 voor het eerst in het Veerse Meer gevonden in de circalittorale zone op de locatie Geersdijk. In 2000 bedekte de soort alle beschikbare substraten op de locatie Geersdijk en kwam ze nu ook op de locatie Caisson voor. Door de explosieve groei van de trompetkalkkokerworm werd de oester volledig overgroeid en vormde de basis van de trompetkalkkokerwormriffen.

Na de opening van de Katse Heule was de soort in 2005 direct dominant op de locatie Jonkvrouw Annapolder en in 2007 werd de soort compleet dominant op de locatie Geersdijk. Het duurde tot 2012 voor de soort echt dominant werd op de locatie Caisson.



Figuur 16. De bedekking van de Japanse oester *Crassostrea gigas* per station op de locaties Jonkvrouw Annapolder, Geersdijk en Caisson in de tijd.

De bedekking van de solitaire zakpijpen per station op de verschillende locaties in de tijd is gegeven in Figuur 17.

In de brakwater periode kwam de zijker *Molgula manhattensis* als enige solitaire zakpijp binnen het Veerse Meer voor. In 1996 was de soort zelfs dominant in de circalittorale zone op de locatie Geersdijk. Na de opening van de Katse Heule werd direct de vuilwitte zakpijp *Asciella aspersa* dominant op alle locaties. In 2007 nam deze soort in bedekking af, maar kon in sommige jaren weer dominant zijn. Ook de Japanse zakpijp *Styela clava* en de doorzichtige zakpijp *Ciona intestinalis* konden in sommige jaren op bepaalde locaties dominant aanwezig zijn.



Figuur 17. De bedekking van de solitaire zakpijpen per station op de locaties Jonkvrouw Annapolder, Geersdijk en Caisson in de tijd.

De bedekking van de kolonievormende zakpijpen per station op de verschillende locaties in de tijd is gegeven in Figuur 18.

In de brakwater periode kwam de het sterretje *Botryllus schlosseri* als enige kolonievormde zakpijp binnen het Veerse Meer voor. In het voorjaar van 2007 werd *Didemnum vexillum* dominant op de locatie Jonkvrouw Annapolder, en in het najaar had deze zakpijp 40% van de oesters bedekt. Op de locatie Geersdijk werd de soort in het najaar van 2009 gevonden en in het najaar van 2010 waren ook hier de oesters voor 40% bedekt met de soort. Het duurde tot 2011 tot de soort ook dominant was op de locatie Caisson. Ook de andere kolonievormende zakpijpen *Botrylloides violacea* en *Diplosoma listerianum* vertoonden het patroon van een hogere bedekking in het najaar dan in het voorjaar. *Botrylloides violacea* werd vrij snel na de opening van de Katse Heule dominant op alle locaties, maar de bedekking was minder hoog dan die van *Didemnum vexillum*. *Diplosoma listerianum* was alleen in 2008 dominant op de locaties Geersdijk en Caisson en in 2009 op de locatie Jonkvrouw Annapolder. Hierna kwam de soort alleen nog in lage bedekkingen voor, hoofdzakelijk op de locatie Jonkvrouw Annapolder. De kolonievormende zakpijp *Aplidium glabrum* kwam op alle locaties voor, maar was nergens dominant.



Figuur 18. De bedekking van de kolonievormende zakpijpen per station op de locaties Jonkvrouw Annepolder, Geersdijk en Caisson in de tijd.

Discussie en conclusie

Vanaf 2004 is het Veerse Meer, door de ingebruikname van de Katse Heule veranderd van een brakwater naar een zoutwater meer, met een verbeterde waterkwaliteit. Hierdoor zijn echter wel de typische brakwater soorten van het meer verdwenen.

De kolonisatie van zoutwater soorten vanuit de Oosterschelde kwam direct in het oostelijk deel van het meer opgang, en in het westelijke deel op de locatie Caisson kwamen soorten voor die ook in het brakwater meer aanwezig waren.

De soorten die vanuit de Oosterschelde het Veerse Meer koloniseerden waren pionierssoorten zoals de solitaire zakpijp *Ascidiella aspersa*, en invasieve exoten die in de Oosterschelde aanwezig waren. Deze invasieve soorten, zoals de Japanse oester *Crassostrea gigas*, het roodwier *Heterosiphonia japonica* en de kolonievormende zakpijpen *Didemnum vexillum* en *Botrylloides violacea* hebben zich ook op grote delen van het substraat in het oostelijk deel van de Oosterschelde en in de Grevelingen gevestigd. Het ontstaan van voorjaars- en najaarsvarianten komt vooral door verschillen in de bedekkingspercentages van dit roodwier, de kolonievormende zakpijpen en grote bruinwieren. De bedekkingspercentages van de wieren zijn hoog in het voorjaar en nemen af in de zomer, terwijl kolonievormende zakpijpen sterk kunnen uitgroeien gedurende de zomer. Het verhogen van het winterpeil op de wierbedekking lijkt alleen een effect te hebben op het diepere station op de locatie Caisson. Door de verhoging van het peil is er op deze diepte te weinig licht aanwezig voor een wiergroei. Op de oostelijke locaties is op deze diepten geen hard substraat aanwezig.

De verspreiding van de soorten binnen het meer vertoonden een patroon vanaf de oostelijke locatie Jonkvrouw Annapolder richting de westelijke locatie Caisson.

Problemen die in het Veerse Meer kunnen ontstaan zijn de aanvoer van gesuspendeerd materiaal vanuit de Oosterschelde en langdurige zuurstofloosheid in de zomer in het westelijk deel van het Veerse Meer.

Het aangevoerde gesuspendeerd materiaal heeft een hoog gehalte aan organische stof en sedimenteert direct in de diepere delen achter de Katse Heule en zorgt voor anaerobe omstandigheden in de bodem. Door de aanvoer van zuurstofrijk water vanuit de Oosterschelde is deze zuurstofloosheid niet meetbaar in de waterkolom.

De zuurstofloosheid in het westelijke deel ontstaat door het ontbreken van voldoende waterbeweging, waardoor kleine verschillen in temperatuur en saliniteit kunnen leiden tot een stabiele stratificatie in de zomer.

Literatuur

Kaandorp, J.A., 1986. Rocky substrate communities of the infralittoral fringe of the Boulonnais coast, NW France: a quantitative survey. *Mar. Biol.*, 92: 255-265.

Kluijver, M.J. de & M.C. Dubbeldam, 2008. Sublittorale hard substraat levensgemeenschappen in het Veerse Meer - Inventarisatie 2008. Rapport Stichting Zeeschelp.

Kluijver, M.J. de & M.C. Dubbeldam, 2009. Sublittorale hard substraat levensgemeenschappen in het Veerse Meer - Inventarisatie 2009. Rapport Stichting Zeeschelp.

Kluijver, M.J. de & M.C. Dubbeldam, 2010. Sublittorale hard substraat levensgemeenschappen in het Veerse Meer - Inventarisatie 2010. Rapport Stichting Zeeschelp.

Kluijver, M.J. de & M.C. Dubbeldam, 2011. Sublittorale hard substraat levensgemeenschappen in het Veerse Meer - Inventarisatie 2011. Rapport Stichting Zeeschelp

Kovach, W.L., 1999. MVSP - A Multi Variate Statistical Package for Windows, version 3.1. Kovach Computing Services, Pentraeth, Wales, UK.