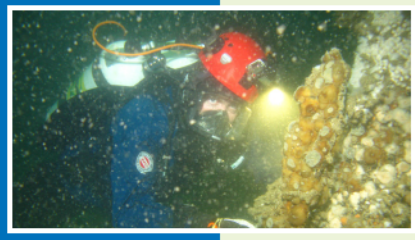
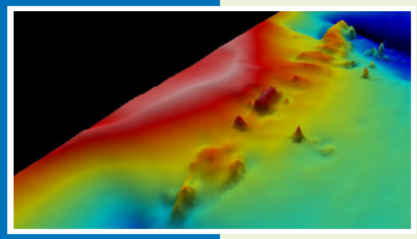
Biodiversiteit van kunstmatige substraten

Een inventarisatie van 10 scheepswrakken op het NCP





W. Lengkeek
K. Didderen
M. Dorenbosch
S. Bouma
H.W. Waardenburg

Stichting De Noordzee

Bureau Waardenburg bv
Ecologie & landschap

Biodiversiteit van kunstmatige substraten

Een inventarisatie van 10 scheepswrakken op het NCP

W. Lengkeek
K. Didderen
M. Dorenbosch
S. Bouma
H.W. Waardenburg

Bureau Waardenburg bv
Adviseurs voor ecologie & milieu

Postbus 365 4100 AJ Culemborg
Telefoon 0345 51 27 10, Fax 0345 51 98 49
info@buwa.nl www.buwa.nl

opdrachtgever: Rijkswaterstaat WVL

29 november 2013
rapport nr. 13-226

Status uitgave:	eindrapport
Rapport nr.:	13-226
Datum uitgave:	29 november 2013
Titel:	Biodiversiteit van kunstmatige substraten
Subtitel:	Een inventarisatie van 10 scheepswrakken op het NCP
Samenstellers:	Dr. W. Lengkeek Drs. K. Didderen Dr. M. Dorenbosch Drs. S. Bouma Drs. H. W. Waardenburg
Foto's omslag:	Groot: Cor Kuyvenhoven; klein: Wouter Lengkeek/ RWS
Aantal pagina's inclusief bijlagen:	76
Project nr.:	13-041
Projectleider:	Dr. W. Lengkeek
Naam en adres opdrachtgever:	Rijkswaterstaat WVL Postbus 17 8200 AA Lelystad
Referentie opdrachtgever:	zaaknummer 31082012 verplichtingsnummer 4500212667
Akkoord voor uitgave:	drs. A. Bak, Teamleider Aquatische Ecologie
Paraaf:	

Bureau Waardenburg bv is niet aansprakelijk voor gevolgschade, alsmede voor schade welke voortvloeit uit toepassingen van de resultaten van werkzaamheden of andere gegevens verkregen van Bureau Waardenburg bv.
Opdrachtgever hierboven aangegeven vrijwaart Bureau Waardenburg bv voor aanspraken van derden in verband met deze toepassing.

© Bureau Waardenburg bv / Rijkswaterstaat WVL
Dit rapport is vervaardigd op verzoek van opdrachtgever en is zijn eigendom. Niets uit dit rapport mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt worden d.m.v. druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de opdrachtgever hierboven aangegeven en Bureau Waardenburg bv, noch mag het zonder een dergelijke toestemming worden gebruikt voor enig ander werk dan waarvoor het is vervaardigd.

Het kwaliteitsmanagementsysteem van Bureau Waardenburg bv is door CERTIKED gecertificeerd overeenkomstig ISO 9001:2008.

Bureau Waardenburg bv
Adviseurs voor ecologie & milieu

Postbus 365 4100 AJ Culemborg
Telefoon 0345 51 27 10, Fax 0345 51 98 49
info@buwa.nl www.buwa.nl

De Stichting Noordzee

Voorwoord

Scheepswrakken en andere kunstmatige objecten op de bodem van de Noordzee raken begroeid met onderwaterleven en vormen uiteindelijk het habitat voor uitgebreide levensgemeenschappen. Deze hard-substraat levensgemeenschappen worden gekenmerkt door een zeer hoge biodiversiteit. Bovendien betreft dit veelal andere soorten dan die van de omringende zandbodem. Zodoende dragen kunstmatige objecten in de Noordzee bij aan de biodiversiteit van de Noordzee.

Als onderdeel van de Nederlandse uitwerking van de Kaderrichtlijn Mariene Strategie (2008/56/EC; I&M 2012) wenst het Directoraat-generaal Ruimte en Water van het ministerie van I&M (DGRW) te onderzoeken welke rol kunstmatige objecten op de zeebodem spelen voor de biodiversiteit van de Nederlandse Noordzee. De uitvoering van dit onderzoek is neergelegd bij Rijkswaterstaat (RWS). RWS wenst met de huidige studie 10 scheepswrakken op het NCP te laten onderzoeken.

Dit rapport is tot stand gekomen door een samenwerking tussen Stichting De Noordzee (SDN) en Bureau Waardenburg (BuWa). Daarnaast hebben verschillende onderaannemers een bijdrage geleverd aan het uitvoeren van de studie.

Het projectteam bestond uit:

Projectleiding	Wouter Lengkeek (**BuWa**)
Monitoringsplan	Wouter Lengkeek, Karin Didderen, Sietse Bouma en Hans Waardenburg (**BuWa**)
Duikonderzoek	Wouter Lengkeek en Sietse Bouma (**BuWa**) Leon Vroom en Thijs Coenen (**RCE**), Joop Coolen (**JWP Marine**), Ben Stiefelhagen (**Get Wet Maritiem**), Aerjen Walta (**AW Diving**)
Lab-analyses en determinaties	Martijn Dorenbosch, PieterBas Broeckx, Arie Kersbergen, Wouter Lengkeek (**BuWa**)
Einddeterminaties lab-analyse	Godfried Van Moorsel (**Ecosub**), Marco Faasse (**eCOAST**), Rykel de Bruyne (**Naturalis / Stichting ANEMOON**)
Analyses en rapportage	Wouter Lengkeek, Karin Didderen, Martijn Dorenbosch (**BuWa**)
GIS bewerkingen en kaarten	Hester Soomers (**BuWa**)
Kwaliteitsborging	Guido Schild (**SDN**), Hans Waardenburg, Sietse Bouma, Arjenne Bak (**BuWa**)

Daarnaast bedanken we de bemanning van de RWS schepen Zirfea en Arca en de aanwezige meetleiders van de RWS meetdienst. Ook danken wij Hans Ruiter (**RWS WVL**) en Waldo Broeksma (**RWS Zee en Delta**) voor hun begeleiding van deze studie en hun commentaar op een eerdere versie van dit rapport. Als laatste bedanken wij Godfried Van Moorsel (**Ecosub**) voor zijn commentaar op het monitoringsplan wat voorafgaand aan de studie tot stand kwam en onderdeel uit maakt van de rapportage.

Inhoud

Voorwoord 3

Samenvatting 7

1 Inleiding 9

1.1 Aanleiding 9

1.2 Achtergrond 9

1.3 Kennisvragen 10

2 Materiaal en methoden 11

2.1 Selectie van 10 wrakken 11

2.2 Onderzoeksmethode 13

2.2.1 Algemene duikprocedures 13

2.2.2 Onderzoeksinspanning 15

2.2.3 Informatie verzameling 15

2.2.4 Methode 1 Inventarisatie gebaseerd op zichtwaarnemingen 16

2.2.5 Methode 2 Inventarisatie door monstername 17

2.2.6 Methode 3 Inventarisatie aan de hand van beeldmateriaal 18

2.3 Verwerking 18

2.4 Analyse 19

3 Resultaten 23

3.1 Biodiversiteit 23

3.1.1 Totale soortenrijkdom van tien wrakken 23

3.1.2 Nieuwe en bijzondere soorten 23

3.1.3 Frequentie van voorkomen 24

3.1.4 Extrapolatie soortenrijkdom 24

3.1.5 Soortenrijkdom per wrak 26

3.1.6 Biodiversiteit (indices) 27

3.1.7 Wat beïnvloedt de soortenrijkdom? 29

3.2 Karakteristieken van de levensgemeenschap 31

3.2.1 De bedekking van de wrakken 31

3.2.2 Dominante soorten en algemene soorten 31

3.2.3 Structuur van de levensgemeenschap 33

3.2.2 Wat beïnvloedt de levensgemeenschap? 34

4 Discussie 37

4.1 Biodiversiteit 37

4.2 Structuur van levensgemeenschap 39
4.3 Factoren van invloed op biodiversiteit en levensgemeenschap 39
4.4 Bijzondere soorten en ecologische relevantie 40
4.5 Methode 43
4.6 Monitoringsfrequentie 44
4.7 Vrijwilligerswaarnemingen 44
5 Conclusies en aanbevelingen 47
5.1 Conclusies 47
5.2 Aanbevelingen 48
6 Literatuur 49
Bijlage 1 Monitoringsplan praktijkonderzoek biodiversiteit scheepswrakken 51
Bijlage 2 Multibeam sonar opnamen van de wrakken en de transecten 61
Bijlage 3 Totaal soortenlijst huidige studie 65
Bijlage 4 Totaal soortenlijst Nederlandse wrakken 69
Bijlage 5 Data zichtwaarnemingen 73
Bijlage 6 Data fotokwadranten 75

Samenvatting

De Europese Kaderrichtlijn Mariene Strategie (KRM 2008/56/EC) verplicht de lidstaten te bepalen wat in hun mariene wateren een goede milieutoestand is en de nodige maatregelen te treffen om deze per 2020 te bereiken en/of te behouden.

Als onderdeel van de Nederlandse uitwerking van de Kaderrichtlijn Mariene Strategie wenst het Directoraat-generaal Ruimte en Water van het ministerie van I&M (DGRW) te onderzoeken wat het belang is van kunstmatige objecten op de zeebodem voor de biodiversiteit van de Nederlandse Noordzee (uitvoering door RWS).
Om de waarde van kunstmatige objecten voor het mariene ecosysteem te bepalen, dient onderzocht te worden welke mariene biodiversiteit geassocieerd is met deze objecten. De voorliggende rapportage beschrijft een onderzoek naar de biodiversiteit van kunstmatige objecten op het NCP: allen scheepswrakken.

Het onderzoek is uitgevoerd door een duikteam met drie mariene biologen. Elk wrak is door dit team éénmalig onderzocht. De biodiversiteit is op drie manieren geïnventariseerd: door middel van zichtwaarnemingen, door het verzamelen van beeldmateriaal en door het nemen van schraapmonsters.

Op de 10 onderzochte scheepswrakken zijn 165 verschillende taxa aangetroffen. Dit betreft 156 gedetermineerde soorten en negen hogere taxa. Een totaal van 64 van deze soorten is nog niet eerder op wrakken van het NCP waargenomen. Vijf van deze soorten zijn nieuw voor Nederland (geen exoten maar inheemse soorten voor de Noordzee die nog niet eerder op het Nederlandse deel zijn waargenomen). Zestien van deze soorten zijn eerder maar zeer sporadisch waargenomen.

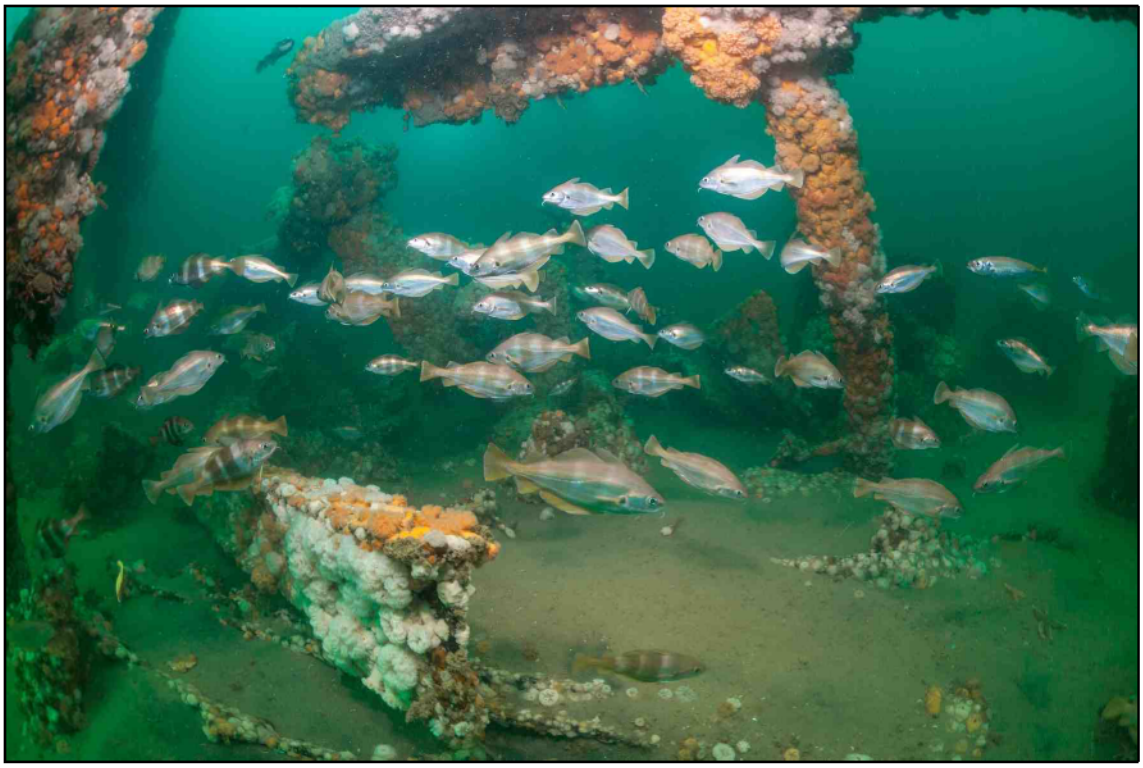
Enkele soorten illustreren in het bijzonder de ecologische relevantie van de scheepswrakken. Wrakken blijken een kraamkamer voor juveniele kabeljauw. Wrakken blijken ook een refugium voor het inheemse wandelend geraamte die langs de kust verdreven wordt door een exoot. De kliplipvis en luipaardgrondel beperken hun leefomgeving dermate strikt tot een wrak dat ze op de zandbodem van het NCP niet worden aangetroffen.

De soortenrijkdom per wrak was gemiddeld 57 soorten. Wanneer data van eerdere studies en vrijwilligersdata bij de huidige data gevoegd worden, blijkt dat het totaal aantal taxa wat op wrakken op het NCP is waargenomen nu 293 bedraagt. De wrakken worden gekenmerkt door hoge aantallen unieke soorten: 65 van de 165 soorten zijn slechts op één wrak aangetroffen.

De soortenrijkdom vertoont een sterke relatie met andere indices voor biodiversiteit, wat onderbouwt dat de soortenrijkdom een goede maat voor de biodiversiteit van scheepswrakken is. De belangrijkste factor die bepalend is voor verschillen in soortenrijkdom is de afstand uit de kust (hoe verder uit de kust hoe meer soorten). Maar ook de diepte van het wrak (hoe dieper hoe meer soorten) en de bedekking met

hydroidpoliepen (hoe hoger de bedekking hoe minder soorten) hebben een significant effect.

Het harde substraat van de wrakken is gemiddeld voor 88% bedekt met leven. De levensgemeenschappen worden sterk gedomineerd door enkele algemene soorten, zoals marmerkreeftjes, zeeanemonen en hydroidpoliepen. In tegenstelling tot levensgemeenschappen van zandbodems, die voor het overgrote deel bestaan uit wormen, kreeftachtigen en weekdieren, is de soortenrijkdom van de wrakken verdeeld over een relatief groot aantal hogere taxa.
Verschillen in de structuur van de levensgemeenschappen worden met name beïnvloed door de geografische ligging van de wrakken. Daarbinnen is de afstand uit de kust het meest bepalend.



Een school steenbolken op het wrak de HMS Aboukir, foto: C. Kuyvenhoven.

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

De Europese Kaderrichtlijn Mariene Strategie (KRM 2008/56/EC) verplicht de lidstaten te bepalen wat in hun mariene wateren een goede milieutoestand is en de nodige maatregelen te treffen om deze per 2020 te bereiken en/of te behouden. Als onderdeel van de Nederlandse uitwerking van de Kaderrichtlijn Mariene Strategie wenst het Directoraat-generaal Ruimte en Water van het ministerie van I&M (DGRW) te onderzoeken wat het belang is van kunstmatige objecten op de zeebodem voor de biodiversiteit van de Nederlandse Noordzee (uitvoering door RWS). “Nederland wil de komende jaren, onder meer in internationaal verband, verkennen hoe met kunstmatige substraten om te gaan. Hierbij worden velerlei aspecten betrokken, zoals de waarde voor het mariene ecosysteem en de cultuurhistorie, de opruimplicht van afgeschreven objecten en wrakken, de (ruimtelijke) afstemming met andere gebruiksfuncties, kostenaspecten en kansen voor duurzame ontwikkelingen.” (Mariene Strategie voor het Nederlandse deel van de Noordzee 2012-2020, Deel 1, I&M 2012).

Om de waarde van kunstmatige objecten voor het mariene ecosysteem te bepalen, dient onderzocht te worden welke mariene biodiversiteit geassocieerd is met deze objecten. In een eerder onderzoeksproject is bestaande kennis ten aanzien van de biodiversiteit van scheepswrakken ontsloten. Hieruit blijkt, dat de levens-gemeenschappen op de scheepswrakken gekenmerkt worden door een zeer hoge soortenrijkdom. Deze kennis is gebaseerd op vrijwilligersobservaties en professioneel onderzoek uit de jaren tachtig (Lengkeek *et al.*, 2011; Didderen *et al.,* 2013).

Met de huidige studie heeft DGRW de biodiversiteit van 10 scheepswrakken op het NCP laten onderzoeken. Door samenwerking aan te gaan met de Rijksdienst voor Cultureel Erfgoed is tevens geprobeerd enige archeologische informatie van deze objecten boven water te halen (RCE in voorbereiding, 2013).

1.2 Achtergrond

Harde substraten bieden een aanhechtingsmogelijkheid voor vastzittende organismen en vormen een apart habitat met een levensgemeenschap die weinig overlap vertoont met die van de omringende zachte bodems. Bovendien vormen objecten op de zeebodem zoals scheepswrakken complexe structuren met veel schuilplaatsen en veel habitatvariatie. Eind negentiende eeuw kwamen natuurlijke harde substraten voor op meer dan 20 procent van de bodem van de Nederlandse Noordzee (Olsen, 1883). Op de Klaverbank, de Texelse stenen en de Borkumse stenen waren dat stenen en grind. Het grootste oppervlak aan harde substraten werd daarnaast gevormd door biogene substraten: op de Oestergronden uitgestrekte banken van platte oesters, langs de Noord-Hollandse kust en ook op de Doggersbank, harde veenlagen (Lindeboom *et al.*, 2005; I&M 2012).

Door menselijk handelen zijn de meeste natuurlijke harde subtraten verdwenen. Oesterbanken zijn verdwenen door bodemvisserij en de introductie van (exotische) oesterziekten. Harde veenlagen zijn weggeërodeerd door bodemnetvisserij en veel stenen zijn opgevist en verplaatst (vaak aan land gebracht). Tegenwoordig bestaat minder dan 1 procent van de bodem van het NCP nog uit natuurlijke harde substraten.

Eveneens door menselijk handelen, zijn er kunstmatige harde substraten in de Noordzee geïntroduceerd, zoals scheepswrakken, kustverdedigingswerken, harde structuren van offshore windmolens en andere offshore installaties. Deze kunstmatige objecten op de bodem van de Noordzee bieden schuilplaatsen en aanhechtingsmogelijkheden, raken begroeid met onderwaterleven en vormen uiteindelijk het habitat voor uitgebreide levensgemeenschappen. Deze hard-substraat levensgemeenschappen worden gekenmerkt door een zeer hoge biodiversiteit. De soortensamenstelling van de aangehechte fauna vertoont grote overeenkomsten met die op natuurlijke harde substraten. Bovendien betreft dit veelal andere soorten dan die van de omringende zandbodem (ca 90%, Mallefet *et al.*, 2008). De ruimtelijke structuur biedt daarnaast ook levensvoorwaarden en schuilplaatsen voor soorten als steenbolk, jonge kabeljauw en Noordzeekrab (Lengkeek *et al.,* 2011). Zodoende dragen kunstmatige objecten in de Noordzee bij aan de biodiversiteit van de Noordzee. De komende jaren zal nader onderzoek worden verricht naar de waarde van kunstmatige harde substraten in relatie tot de KRM (I&M 2012).

Het huidige onderzoek naar de biodiversiteit van scheepswrakken op het NCP kent twee onderdelen, die na elkaar uitgevoerd zijn:

1) Voorselectie van scheepswrakken op basis van bestaande objectkennis en waarnemingen van vrijwilligers (Didderen *et al.,* 2013);
2) Specifiek onderzoek naar de waarden van scheepswrakken, met name die geselecteerd in 1. Het voorliggende rapport betreft de invulling van onderdeel 2.

1.3 Kennisvragen

Er zijn veel kennisvragen denkbaar waar een praktijkonderzoek aan scheepswrakken zich op kan richten. Echter door limitaties van scheepstijd, de tijd onder water en de tijd voor laboratorium-analyses is het noodzakelijk om het onderzoek af te bakenen. Het onderzoek richtte zich daarom primair op de onderstaande kennisvragen. Door het beantwoorden van deze vragen zal de belangrijkste kennisbehoefte vanuit de Kaderrichtlijn Mariene Strategie ingevuld kunnen worden.

1. Wat is de biodiversiteit op (een selectie van) wrakken op het NCP?
2. Wat is de gemiddelde biodiversiteit van één wrak op het NCP?
3. Welke soorten zijn het meest dominant aanwezig en vormen de basis van de levensgemeenschap?
4. Hoeveel leven bevatten de wrakken (met welke dichtheden/ bedekkingen komen de organismen voor)?
5. Wat bepaalt de biodiversiteit op een wrak?

2 Materiaal en methoden

2.1 Selectie van 10 wrakken

Voorafgaande aan het veldonderzoek zijn tien scheepswrakken geselecteerd met de volgende overwegingen (Tabel 2.1, Figuur 2.2):

- verspreid over het NCP (van zuid naar noord) tot maximaal 75 km uit de kust;
- waar mogelijk wrakken met een hoge biodiversiteitscore uit Didderen *et al.* (2013);
- waar mogelijk wrakken die archeologisch interessant zijn (bron RCE);
- waar mogelijk wrakken die door diverse stakeholders als waardevol worden aangemerkt (bijeenkomst Landelijk Overleg Scheepswrakken (LOS) 4 juni 2013);
- een redelijke spreiding over diepte en afstand uit de kust (vanwege mogelijke effecten op biodiversiteit);
- bereikbaar binnen de beschikbare vaartijd (2 weken RWS vaartuigen).

Tabel 2.1 Lijst met 10 onderzochte wrakken.

Nr.	Naam	Diepte min	Diepte max	Positie_E_UTM	Positie_N_UTM	Afstand kust km	Leeftijd wrak (jaar van zinken)
1	Tubantia SS	24	28	487399	5742147	53,58	1916
2	Christiaan Huygens	7	12	519312	5718522	13,88	1945
3	Klipper	26	30	534415	5758926	30,98	1980
4	HMS Hogue	28	32	547005	5789641	40,79	1914
5	HMS Aboukir	26	28	547237	5789470	40,59	1914
6	HMS Scott	23	26	564929	5805707	36,76	1918
7	Poppetjeswrak	30	32	534137	5827438	72,9	?
8	SS Nautilus	20	32	580751	5886316	35,14	1962
9	Victoria City	22	30	673643	5938014	11,11	1955
10	Amerskerk	14	22	709754	5942299	9,82	1944

Figuur 2.1 Botervis bij de HMS Aboukir, foto: W. Lengkeek.

Figuur 2.2 Kaart met de 10 onderzochte wrakken.

2.2 Onderzoeksmethode

2.2.1 Algemene duikprocedures

Het duikteam bestond uit tenminste vijf personen:

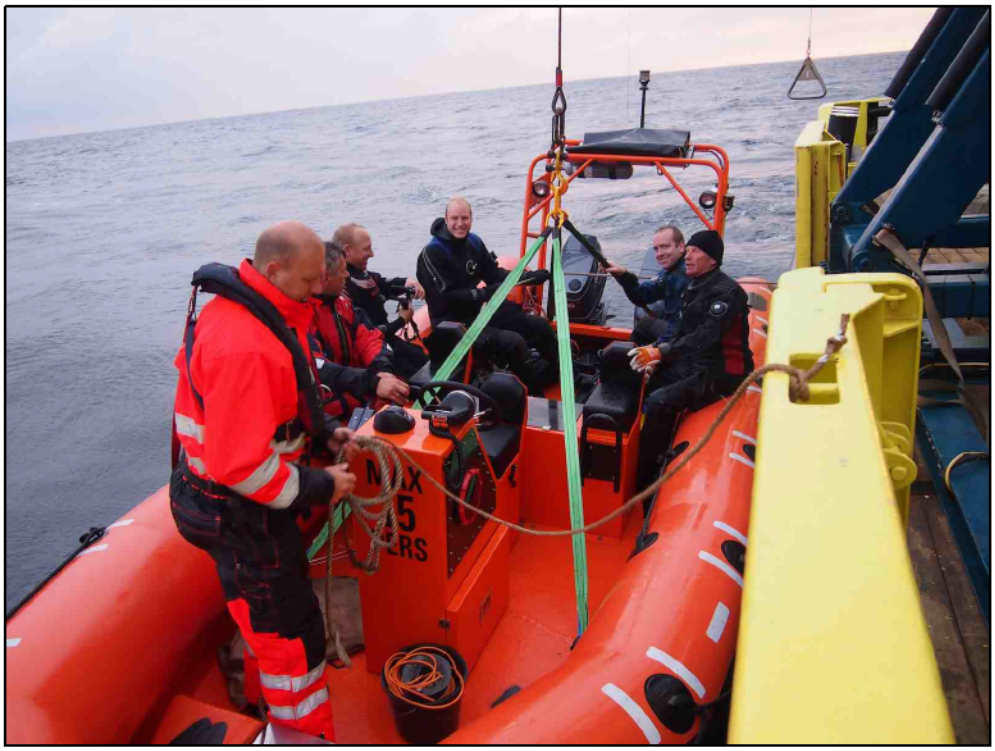
- 1 duikploegleider / medische begeleider;
- 1 reserveduiker;
- 3 duikers / onderzoekers.

Conform arbo-verplichtingen is voorafgaand aan het duiken een uitgebreide werkinstructie en RI&E opgesteld. De duiken zijn voorafgaand aan het onderzoek aangemeld bij de Arbeidsinspectie. Omdat dieper dan 15 meter werd gedoken, was er op het onderzoeksvaartuig een decompressie-tank aanwezig.
Aanvullend op de Arbo zijn vanuit Bureau Waardenburg bepaalde veiligheidseisen gesteld:

- Duikers beschikken over gesproken communicatieapparatuur voor onderlinge communicatie en communicatie met de duikploegleider.
- Alle primaire voorzieningen (ademlucht, ademautomaat en drijfvermogen) zijn volledig dubbel uitgevoerd.
- Er wordt gedoken met een NITROX ademgasmengsel en alle duikers zijn daartoe gecertificeerd.
- Alle duikers hebben ervaring met de duikprocedures en wrakduiken op de Noordzee.
- Er worden geen voorgenomen decompressieduiken gemaakt.
- Duikers dragen aanvullende noodvoorzieningen bij zich om zich zichtbaar te maken wanneer ze afdrijven (Surface Marker Buoy + vuurpijlen in waterdichte verpakking).

Er werd gewerkt vanaf de Rijkswaterstaat vaartuigen Zirfaea en Arca. Vanaf het vaartuig werd eerst een multibeam sonar opname gemaakt van het wrak. Op basis van die opname kon bepaald worden waar de boeisteen op of naast het wrak geplaatst moest worden en hoe het transect geplaatst ging worden. Vervolgens werd met behulp van het Dynamic Positioning systeem van het vaartuig een boeisteen met een kabel en een boei geplaatst op de aangewezen locatie. Vervolgens ging het 5-mans duikteam en een RIB-driver aan boord van een RIB. Deze werd gelanceerd van het vaartuig en vervolgens aan de boei naast het wrak vastgelegd. Vervolgens ging de eerste duiker te water en spande de transectlijn over het wrak. Op de terugweg voerde hij zijn onderzoekstaak uit. Zodra de transectlijn geplaatst was, gingen de andere duikers te water. De laatste duiker haalde aan het eind van zijn duik de transectlijn op.

Er kon alleen gedoken worden op de stromingsluwe periode tijdens de kentering van het getij.



Figuur 2.3 Het duikteam in de RIB 'op potdeksel' bij de Zirfaea, foto: B. Stiefelhagen.

Figuur 2.4 De duikers op de RIB gaan te water, de Arca op de achtergond, foto: W. Lengkeek.

2.2.2 Onderzoeksinspanning

Eén van de tien wrakken, de HSM Hogue, is onderzocht in juli 2013. De overige tien scheepswrakken zijn onderzocht in september en oktober 2013. In Tabel 2.2 staat de gerealiseerde onderzoeksinspanning per wrak. Met name het aantal monsters op het Poppetjeswrak is iets lager dan op de andere wrakken. Dit komt omdat de (gemiddelde) diepte van het wrak groter is dan de andere wrakken, waardoor de verblijfstijd (die afhankelijk is van veilige duiktijden) korter is.

Tabel 2.2 Aanvullende gegevens en onderzoeksinspanning per wrak.

Nr.	Naam	Datum bemonsterd	Verblijftijd bij wrak (min)	Aantal monsters	Videobeelden en foto-kwadranten verzameld	Multibeam opnamen verzameld
1	Tubantia SS	12-09-13	30	10	ja	ja
2	Christiaan Huygens	02-10-13	40	9	ja	nee
3	Klipper	13-09-13	30	9	ja	ja
4	HMS Hogue	12-07-13	30	8	nee	nee
5	HMS Aboukir	09-09-13	33	10	ja	ja
6	HMS Scott	08-10-13	31	7	ja	ja
7	Poppetjeswrak	07-10-13	23	5	ja	ja
8	SS Nautilus	08-10-13	30	9	ja	ja
9	Victoria City	10-09-13	29	10	ja	ja
10	Amerskerk	10-09-13	35	10	ja	ja

2.2.3 Informatie verzameling

De multibeam-sonar scan die voorafgaande aan de duiken werd gemaakt, gaf informatie over de ligging van het wrak, de diepte en waar de hogere en lagere delen zich bevonden. Op basis hiervan werd bepaald hoe de transectlijn gespannen moest worden om een representatief beeld te krijgen van het wrak.

Deze transectlijn was altijd 45 meter lang. De helft van de transectlijn werd over de hoogste delen van het wrak gespannen, de andere helft over de lagere delen. Bij intacte wrakken werd de transectlijn eerst in de lengte-as van het wrak gespannen en de tweede helft in dwarsrichting op deze lengteas. Bij meer uit elkaar gevallen wrakken kon dit onderscheid niet gemaakt worden.

In bijlage 2 staan de multi-beam scans van de 8 wrakken waarbij dit uitgevoerd kon worden met het onderzoekstransect er in getekend (bij twee wrakken kon geen scan gemaakt worden).

Langs deze transectlijn is door de duikers op drie manieren informatie verzameld over de biodiversiteit van de scheepswrakken:

1. inventarisatie gebaseerd op zichtwaarnemingen;
2. inventarisatie door monstername;
3. inventarisatie aan de hand van beeldmateriaal.

Door het toepassen van deze drie verschillende onderzoekstechnieken ontstaat een goed overzicht van zowel de bewegende dieren rondom het wrak (zoals bijvoorbeeld kabeljauw), de grote zichtbare epifauna op het wrak (zoals anemonen) en de kleine verborgen soorten die verscholen zitten (zoals wormachtigen).

Figuur 2.5 Links: Duiker neemt schraapmonsters van het wrak, foto: W. Lengkeek. Rechts: Duiker met foto-kwadranten apparatuur komt boven, foto: B. Stiefelhagen.

2.2.4 Methode 1 Inventarisatie gebaseerd op zichtwaarnemingen

Methode: zichtwaarneming
Gericht op: alle zichtbare fauna (en evt. flora)
Materiaal: Onderwaterschrijfmateriaal (leitje) + fotocamera voor na-determinatie, transectlijn
Bemonsteringsstrategie: systematisch, multi-habitat
Inspanning: 1 transect van 45 meter lang x twee meter breed + alle micro-habitats

Een duiker heeft onder water zichtwaarnemingen verricht, waarbij alle waarnemingen op een leitje zijn genoteerd. Door binnen circa 1 meter aan weerskanten van een transectlijn te zoeken is het wrak systematisch afgezocht. Specifiek zijn plaatsen onderzocht waar de andere twee bemonsteringstechnieken minder geschikt zijn, zoals spleten en overhangingen (micro-habitats). De zoektijd van de inspectie van een microhabitat is beperkt tot een duur van 1 minuut. Door deze techniek toe te passen verspreid over alle aanwezige habitats (multi-habitat) is getracht in korte tijd een compleet beeld van het soortenspectrum van de levensgemeenschap te krijgen. Van elke soort is de dichtheid (per transect van 45 x 2 meter) ingeschat conform de Braun-Blanquet schaal (Tabel 2.3). Dit is een maat op basis waarvan de onderlinge verhouding en dominantie van soorten ingeschat kan worden per oppervlakte-eenheid. Deze schaal is ook gebruikt in eerdere onderzoeken (o.a. Waardenburg, 1987a). Omdat niet het hele wrak onderzocht kon worden, is geschat welk percentage van het wrak systematisch onderzocht is. Wanneer een soort niet met zekerheid gedetermineerd kon worden, is een foto genomen of is de soort verzameld (methode 2 en 3).

Tabel 2.3 Braun-Blanquet schaal en eigen codering zoals die gebruikt is in analyses.

Klasse	Braun-Blanquet code	Analyse code
1 ind	r	1
2-5 ind	+	2
6-50 ind	1	3
>50 ind, <5%	2m	4
5-15%	2a	5
16-25%	2b	6
26-50%	3	7
51-75%	4	8
76-100%	5	9

2.2.5 Methode 2 Inventarisatie door monstername

Methode: Verzamelen monsters
Gericht op: sessiele en langzaam bewegende epifauna (ook minder zichtbaar)
Materiaal: frame, schraapgereedschap, net, monsterzakken
Bemonsteringsstrategie: single-habitat
Inspanning: maximaal 10 schraapmonsters van 28 x 20 cm langs transect van 45 meter

Van elk wrak zijn kwantitatieve schraapmonsters genomen. Een frame van 28 x 20 cm is op het wrak geplaatst en alle aangroei binnen dat frame is los geschraapt met een plamuurmes (methode conform eerdere onderzoeken naar wrakken en windmolens). Vervolgens is alle vrijgekomen aangroei opgevangen in een fijnmazig net (maaswijdte 1 mm). Met deze methode is gestreefd naar het nemen van circa 10 monsters per wrak, maar dit is niet altijd gelukt. De verdeling van de monsters was niet random, maar richtte zich specifiek op de maximaal begroeide delen aan de buitenkant van het wrak (single-habitat). Zo is geen random-extrapoleerbare bemonstering uitgevoerd maar een bemonstering die de hoogste soortenrijkdom zal aantonen. (Methode 1 en 3 zijn geschikt voor extrapolatie en kwantificering). Deze methode is ook toegepast bij eerdere wrakkenonderzoeken van Bureau Waardenburg (Waardenburg, 1987a; Waardenburg, 1987b; Van Moorsel, Sips & Waardenburg, 1989; Van Moorsel & Waardenburg, 1990; Van Moorsel *et al.*, 1991; Leewis & Waardenburg, 1991; Van Moorsel & Waardenburg, 1992) en bij het onderzoek in het windmolenpark bij Egmond aan Zee (Bouma & Lengkeek 2012). Een vergelijkbare methode (schraapmonsters van 25x25 cm) is toegepast in een recent wrakkenonderzoek in België (Zintzen & Massin, 2010). Hierdoor zijn de resultaten goed vergelijkbaar met andere studies.

2.2.6 Methode 3 Inventarisatie aan de hand van beeldmateriaal

Methode: foto en/of video beelden verzamelen
Gericht op: zichtbare epifauna
Materiaal: videocamera, transectlijn
Bemonsteringsstrategie: systematisch, multi-habitat
Inspanning: 20-25 minuten videobeeld, 10 fotokwadranten van 28 x 20 cm langs transect van 45 meter

Er is langs de transectlijn een video-opname gemaakt van het wrak en van alle aanwezige soorten die de video-duiker heeft waargenomen. Random verdeeld over de habitats, (d.w.z. om de 5 meter langs het transect) is een detail-foto gemaakt van een oppervlak van 28 x 20 cm. Met deze methode zijn minimaal 10 foto's per wrak genomen. Achteraf zijn deze beelden in meer detail geanalyseerd. De zichtbare soorten zijn op naam gebracht en bedekkingen zijn bepaald conform de Braun-Blanquet schaal (per fotokwadrant). Op basis van deze foto's kan de levensgemeenschap kwantitatief geanalyseerd worden. Bovendien zijn deze gegevens geschikt voor vergelijkingen met andere studies. Deze methode is toegepast bij het eerdere wrakkenonderzoek van Bureau Waardenburg (o.a. Waardenburg 1987a) en is in de literatuur geaccepteerd als geschikte methode voor kwantitatieve opnamen van hard substraat gemeenschappen in koud water (Rein *et al.*, 2009).

2.3 Verwerking

Het materiaal dat per object is verzameld, is verwerkt in een aantal stappen (zie bijlage 1 voor details):

1. soortendeterminatie verse monsters en conservering;
2. zichtwaarnemingen en beeldmateriaal;
3. analyse beeldmateriaal;
4. labanalyse (soortendeterminatie).

Het eindresultaat van de inventarisatie per wrak is drieledig:

- Een totaal soortenlijst (data van aan- of afwezigheid).
- Kwantitatieve gegevens over geschatte abundanties van de zichtbare soorten in een Braun-Blanquet schaal per transect van 45 meter (aan/afwezig + abundantie).
- Kwantitatieve gegevens over nauwkeurig bepaalde abundanties in een Braun-Blanquet schaal van op foto's zichtbare soorten per fotokwadrant van 28 x 20 cm, 10 kwadranten per wrak (aan/afwezig + abundantie).

Per analyse is vooraf bepaald of deze uitgevoerd kon worden op de totaal soortenlijst met alleen aan- of afwezigheid, of dat abundantie-gegevens ook nodig waren en daarom gebruik gemaakt moest worden van de zichtwaarnemingen of de fotokwadranten.

2.4 Analyse

Om de onderzoeksvragen te kunnen beantwoorden, zijn verschillende analyses uitgevoerd:

1. vergelijking met andere soortenlijsten van wrakken
2. extrapolatie soortenrijkdom;
3. berekenen biodiversiteit indices;
4. correlaties biodiversiteit en verklarende factoren;
5. clustering en ordinatie.

1 Vergelijking met andere soortenlijsten van wrakken

Naast een soortenlijst van de taxa die gevonden zijn in de huidige studie, is een totaal overzicht gemaakt van taxa aangetroffen op wrakken op het NCP. De huidige lijst met taxa is daarvoor samengevoegd met de volgende eerdere studies en waarnemingen:

Jaren 80/90 onderzoek Bureau Waardenburg

In de jaren tachtig onderzocht Bureau Waardenburg 22 wrakken verspreid over het Nederlands Continentaal Plat (Waardenburg, 1987a; Waardenburg, 1987b; Van Moorsel, Sips & Waardenburg, 1989; Van Moorsel & Waardenburg, 1990; Van Moorsel et al., 1991; Leewis & Waardenburg, 1991; Van Moorsel & Waardenburg, 1992).

Data vrijwilligers Duik de Noordzee schoon & Stichting ANEMOON

Binnen het initiatief Duik de Noordzee schoon worden op vrijwillige basis ecologische gegevens van wrakken verzameld door sportduikers. Stichting ANEMOON verzamelt de zogenaamde monitoringsformulieren en maakt de monitoringsgegevens van wrakken beschikbaar in een database.

De gegevens zoals deze beschikbaar waren op 12 november 2012 zijn gebruikt in Didderen *et al.*, (2012) en zijn ook voor deze studie gebruikt. Het betreft gegevens van:

- Duik de Noordzee schoon (inclusief Expeditie Doggersbank 2011 en 2012): er zijn in 2011 en 2012 respectievelijk 23 en 45 objecten bezocht.
- Stichting ANEMOON: In 2011 en 2012 zijn gegevens over de soortensamenstelling van 46 objecten verzameld (voor methode zie Gmelig Meyling & de Bruyne, 2003).

Het is belangrijk om te vermelden, dat de gegevens die verzameld zijn door vrijwilligers, niet gecontroleerd zijn door een taxonomische expert. Hierdoor is het mogelijk dat verkeerde namen zijn gebruikt voor taxa.

Er heeft een taxonomische verbetering plaatsgevonden van gegevens uit beide sets met data, waarbij oude namen zijn vervangen door geldende namen met behulp van het World Register of Marine Species (WORMS via marinespecies.org). Daarnaast zijn taxa die op hoge niveaus zijn beschreven, maar ook op lagere niveaus aanwezig zijn, verwijderd. De uiteindelijke lijsten zijn vergeleken met de lijst die verkregen is in

deze studie, waarbij dubbele taxa zijn samengevoegd, om zo tot een totaallijst van taxa op wrakken op het NCP te komen.

2 Extrapolatie soortenrijkdom

Er is een totale soortenlijst vervaardigd per wrak, waarbij de resultaten van alle bemonsteringstechnieken (1 t/m 3) zijn gecombineerd. Op basis van het aantal soorten per wrak is een soorten accumulatie curve berekend met de functie 'specaccum' in het R-package 'Vegan' (Oksanen *et al.*, 2013). Daarnaast kan op basis van het voorkomen van 'unieke' soorten (soorten die slechts één of twee keer zijn aangetroffen) de totaal te verwachten soortenrijkdom voorspeld (gemodelleerd) worden met een soorten accumulatie model. Hierbij wordt er vanuit gegaan, dat het aantal niet gevonden soorten ('gemiste' soorten) gerelateerd is aan het aantal zeldzame soorten (soorten die slechts één of twee keer zijn aangetroffen). De totale soortenrijkdom is voorspeld met de functie 'specpool' in het R-package 'Vegan' (Oksanen *et al.*, 2013). Er is gebruik gemaakt van de Chao en Jackknife techniek (Colwell 2009).

3 Berekenen biodiversiteit indices

Veelzeggende en veel gebruikte maten voor biodiversiteit zijn:

- Species richness (S);
- Shannon-Wiener Diversity Index (H');
- Pielou's Species Evenness Index (J).

Deze indices zijn uitgerekend per wrak op basis van de zichtwaarnemingen (methode 1). De data van deze zichtwaarnemingen leveren behalve aan- of afwezigheid van soorten, ook gegevens over de abundantie per soort. De combinatie tussen soortenrijkdom en abundantie levert informatie over de totale biodiversiteit, waarbij wrakken onderling vergeleken kunnen worden. In zijn algemeenheid kan gesteld worden, dat deze indices niet alleen weergeven hoeveel soorten er voor komen maar ook de abundantie mee nemen. De gedachte hierbij is dat een habitat met 90 individuen van 1 soort en 10 zeer zeldzame soorten met maar 1 individu minder biodiversiteit bevat dan een habitat met dezelfde 11 soorten die allen in redelijk evenwichtige aantallen voorkomen. Dit laatste habitat bevat een meer robuuste levensgemeenschap. Dit is nuttig, bijvoorbeeld om de 'waarde' van gelijke habitats voor biodiversiteit te kunnen vergelijken.

Species Richness (S) is simpelweg de soortenrijkdom, ofwel het aantal soorten dat aanwezig is. Dit is een maat voor biodiversiteit die populair is vanwege zijn eenvoud. Omdat soortenrijkdom niet hetzelfde is als soortendiversiteit zijn daarnaast indices voor biodiversiteit berekend.

De Shannon-Wiener diversity index (H') vormt een index waarbij soortenrijkdom en abundantie van elke soort gecombineerd wordt. De abundantie van een soort ten opzichte van het totaal aantal individuen telt mee als maat voor het relatieve voorkomen van elke soort. Hoe hoger het aantal soorten en hoe gelijkmatiger het aantal individuen verdeeld is over de verschillende soorten, hoe hoger de diversiteit.

Voor elk aantal soorten is er een maximum H' als alle soorten even sterk vertegenwoordigd zijn.
Pielou's species evenness index (J) is een afgeleide van H' die zich richt op hoe gelijkmatig de aantallen over de soorten verdeeld zijn. J is een getal tussen 0 en 1. Komen alle soorten in dezelfde aantallen voor, dan is de eveness index 1.
De combinatie soortenrijkdom (S), H' en J geeft dus een goede weerspiegeling van de biodiversiteit.

4 Correlaties biodiversiteit
Met behulp van Pearson correlatie testen is voor een aantal omgevingsvariabelen onderzocht of ze een significant verband hebben met de soortenrijkdom: de afstand uit de kust, de maximale diepte, de ligging in noord-zuid richting, het jaar van zinken, de totale bedekking met leven, de bedekking met gorgelpijpen en penneschaften, de bedekking met zeeanjelieren en de bedekking met korstzakpijpen. Voor deze analyses is het aantal soorten gecorrigeerd voor het aantal monsters en de verblijftijd bij het wrak.

5 Clustering en Ordinatie
De gegevens van de zichtwaarnemingen van de tien wrakken vormen een gestandaardiseerde dataset waarop de soortgemeenschappen van de tien wrakken onderling vergeleken kunnen worden. Om overeenkomsten en verschillen in soortgemeenschappen tussen wrakken te bepalen, kunnen cluster- en ordinatieanalyses worden uitgevoerd.

Clusteranalyse
De clusteranalyse clustert afzonderlijke wrakken in groepen op basis van overeenkomsten in het voorkomen van soorten (aan- en afwezigheid en abundantie) tussen afzonderlijke wrakken.
Clusteranalyse is uitgevoerd met de functies 'vegdist' (voor het creëren van een distance matrix op basis van Euclidean distance) en 'hclust' (voor het creëren van een dendrogram op basis van complete linkage) binnen het R- package 'Vegan'.

Ordinatie
Om uit te zoeken of er bepaalde patronen te herkennen zijn in de spreiding van de wrakken op basis van hun soortensamenstelling, is er een multivariate analyse uitgevoerd. Allereerst is er een Detrended Correspondence Analysis (DCA, detrending by segments) uitgevoerd om de lengte van de gradiënt in de dataset te bepalen. Op basis hiervan is gekozen of een lineaire of unimodale techniek het meest geschikt is om de dataset te analyseren. In dit geval is de gradiënt dusdanig kort, dat naar alle waarschijnlijkheid veel soorten een monotoon stijgend of dalend verloop vertonen ten opzichte van de gradiënten in de dataset. Daarom is ervoor gekozen een indirecte lineaire techniek te gebruiken: Principal Component Analysis (PCA). De eigenwaarde van de eerste as geeft aan welk gedeelte van de variantie wordt verklaard door deze as. Bij een indirecte ordinatie wordt geen direct verband met de milieuvariabelen gelegd, maar worden de monsters alleen op basis van hun soortensamenstelling in

een diagram geplaatst. Achteraf kan er wel een verband met bepaalde milieuvariabelen worden aangegeven. Tevens is een directe lineaire techniek, Redundantie analyse (RDA) gebruikt om te bepalen in hoeverre bepaalde variabelen de variatie in de macrofaunasamenstelling gebruiken. Met behulp van een Monte Carlo permutatie test is getest of de relatie tussen de soorten en omgevingsvariabelen groter is dan verwacht wordt op basis van toeval ($\alpha<0.05$).
De variabelen 'afstand uit de kust', 'UMT Noord coördinaat (als maat voor de noord-zuid verspreiding)' en 'maximale diepte' zijn getoetst. Daarbij is onderzocht hoeveel van de variatie in soortensamenstelling wordt verklaard door deze variabelen.
Alle multivariate analyses zijn uitgevoerd met behulp van het programma CANOCO 4.51 for Windows (Ter Braak & Smilauer 2003).

Figuur 2.6 Zeeanjelieren op het wrak de HMS Scott, foto: W. Lengkeek.

3 Resultaten

3.1 Biodiversiteit

3.1.1 Totale soortenrijkdom van tien wrakken

Op basis van drie bemonsteringtechnieken is een gecombineerde dataset samengesteld van alle taxa die op de tien wrakken zijn aangetroffen. In totaal zijn er op de 10 onderzochte wrakken **165** verschillende taxa aangetroffen, bestaande uit 156 soorten en 9 overige taxa. De totale soortenlijst is weergegeven in Bijlage 3.

Van de 165 verschillende taxa zijn er 70 met zichtwaarnemingen aangetroffen en 95 taxa zijn alleen in de monsters aangetroffen. Daarnaast zijn 34 van de taxa uit de zichtwaarnemingen ook in de monsters aangetroffen, wat het totaal aantal taxa uit de monsters op 129 brengt.

Van de 165 taxa die in deze studie zijn aangetroffen, overlappen er slechts 101 met eerdere studies en vrijwilligers waarnemingen. Een totaal van 64 taxa zijn nog niet eerder op scheepswrakken van het NCP aangetroffen. Daarnaast zijn er ook taxa die eerder wel aangetroffen zijn en nu niet. Dit betreft 45 taxa uit eerder onderzoek (Van Moorsel *et al.,*1991; Van Moorsel en Waardenburg, 1992) en 83 taxa uit vrijwilligerswaarnemingen.
Het totale aantal taxa wat tot nu toe op wrakken van het Nederlands Continentaal Plat (NCP) is waargenomen komt hiermee op **293** (Bijlage 4).

3.1.2 Nieuwe en bijzondere soorten

Van 21 taxa van de 165 waargenomen taxa kan gesteld worden dat het werkelijk zeer unieke gevallen betreft.
De gestreepte traliedrijfhoren *Crisilla semistriata*, het bruin sponshoorntje *Cerithiopsis tubercularis*, het spookkreeftje *Caprella tuberculata,* de kleine borstelworm *Procerastea nematoda* en het mosdiertje *Scruparia chelata* zijn nog niet eerder levend op Nederlands grondgebied aangetroffen (voor zover bekend bij de auteurs en onderaannemers van deze studie). Dit betreft dus vijf nieuwe soorten voor Nederland (dit betreft geen exoten maar inheemse diersoorten uit de Noordzee die nog nooit eerder levend in het Nederlands deel van Noordzee zijn waargenomen).
Voor 16 andere soorten geldt dat ze nog maar één of enkele keren eerder op het NCP zijn waargenomen (zie Tabel 4.1 in de discussie).

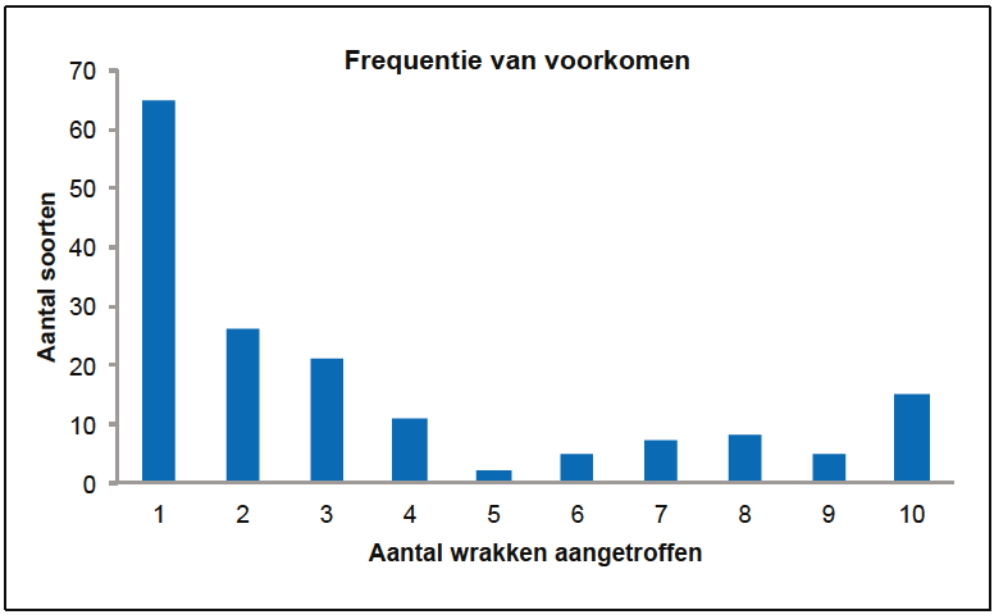
Aanvullend zijn er soorten waargenomen die de ecologische relevantie van de wrakken als offshore hardsubstraat habitat illustreren (Tabel 4.1). Het wandelend geraamte *Caprella linearis* is een inheemse diersoort die in kustgebieden niet of nauwelijks meer aangetroffen wordt, omdat hij daar verdreven is door een exotische soort *Caprella mutica*. Op geen van de 10 wrakken van deze studie is *C. mutica* aangetroffen en het inheemse wandelend geraamte komt talrijk voor.

De luipaardgrondel *Thorogobius ephippiatus* en de kliplipvis *Ctenolabrus rupestris* worden in veel publicaties niet gerekend tot inheemse soorten voor het NCP (hoewel de kliplipvis al door Redeke (1941) werd gemeld en de luipaardgrondel al in 1988 op video werd vastgelegd door Van Moorsel *et al.* (1989)). Beide soorten zijn de afgelopen decennia regelmatig aangetroffen op het NCP door duikers (met name op wrakken). De luipaardgrondel en de kliplipvis zijn beide in deze studie aangetroffen.

In §4.4 van de discussie wordt dieper ingegaan op de bijzondere soorten en de ecologische relevantie van deze waarnemingen.

3.1.3 Frequentie van voorkomen

Van de 165 verschillende taxa blijken er 65 taxa slechts op één wrak te zijn waargenomen (Figuur 3.1, Tabel 3.1). Aanvullend is het ook aantal soorten dat op twee of drie wrakken is aangetroffen relatief hoog. Er kan daarmee gesteld worden dat de levensgemeenschappen op de wrakken gekarakteriseerd worden door een hoog aantal zeldzame (soorten die voorkomen op één, twee of drie wrakken) en een beperkt aantal zeer algemene soorten (soorten die voorkomen op alle wrakken). (Figuur 3.1).

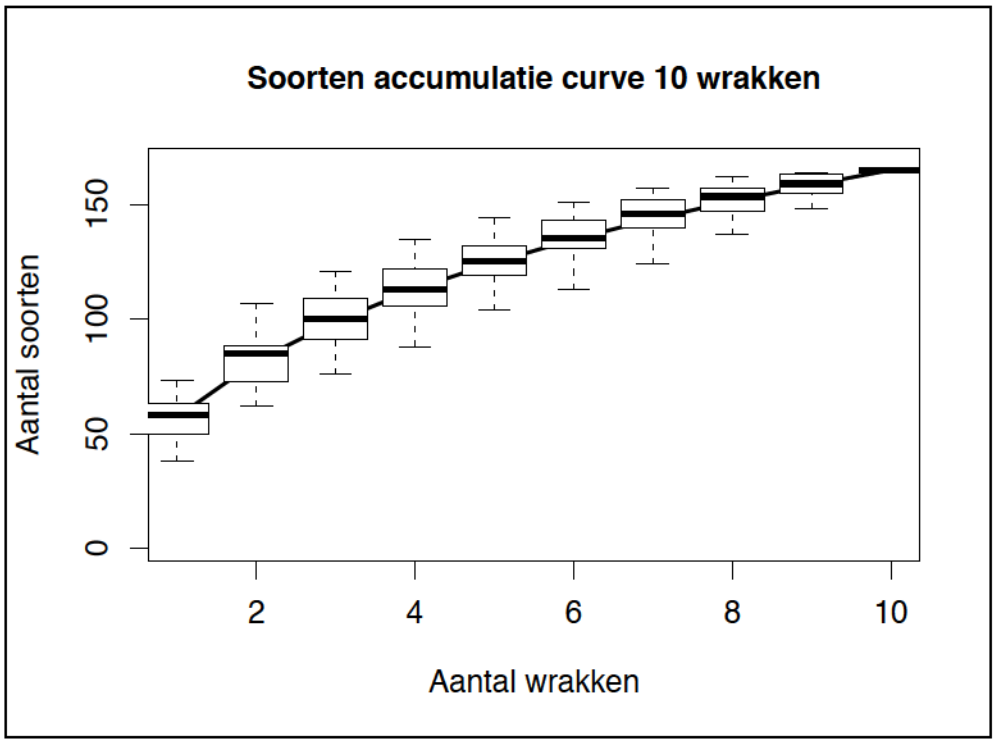


Figuur 3.1 De frequentie waarmee soorten voorkomen (het aantal wrakken waarop soorten zijn aangetroffen).

3.1.4 Extrapolatie soortenrijkdom

In de voorliggende studie zijn tien wrakken onderzocht. Een belangrijke vraag is in hoeverre de 165 aangetroffen taxa de totale potentie van wrakken als habitat voor mariene levensgemeenschappen kwantificeert. In biodiversiteitsstudies is de algemene stelregel, dat het aantal waargenomen soorten sterk beïnvloedt wordt door

de geleverde onderzoeksinspanning. Naarmate er langer gezocht wordt of meer oppervlak bemonsterd wordt, neemt het aantal aangetroffen soorten logischerwijs toe. Uiteindelijk is de onderzoeksinspanning zo groot dat het maximale aantal soorten dat in een gebied voorkomt, daadwerkelijk is waargenomen. (iets dat in praktijkstudies echter niet vaak bereikt wordt). Met andere woorden het aantal soorten versus aantal monsters (soorten accumulatie curve) vlakt asymptotisch af en geeft een indicatie van het maximaal aantal soorten dat verwacht kan worden. Om een beeld te krijgen van de volledigheid van de soortenrijkdom op de onderzochte wrakken, is een soorten accumulatiecurve berekend (Figuur 3.2).



Figuur 3.2 Soorten accumulatiecurve voor de tien onderzochte wrakken.

Wanneer het tiende wrak op het steile deel van de curve zit, betekent dit dat elk nieuw wrak nog veel taxa zou toevoegen aan het geheel en dat er sprake is van onderbemonstering. Wanneer het tiende wrak ver op het afvlakkende deel van de curve zit kan gesteld worden dat de laatste wrakken weinig nieuwe taxa hebben toegevoegd en dat de bemonstering wellicht overcompleet was. Uit Figuur 3.2 blijkt dat het tiende wrak ongeveer aan het begin van de afvlakking van de curve zit. Er is zeker geen sprake van een overbemonstering. Deze tien wrakken geven een redelijk beeld van de soortenrijkdom, maar enkele wrakken extra had ook nog niet geleid tot een overbemonstering.

Op basis van de curve en het hoge aantal 'unieke' soorten dat per wrak wordt aangetroffen (Figuur 3.3), is het aannemelijk dat het totale aantal soorten dat op wrakken voorkomt hoger is dan de 165 taxa die nu zijn aangetroffen. Het soorten accumulatiemodel voorspelt hierbij een soortenrijkdom van 224 ± 24 SE (1st order

jackknife estimator) en 246 ± 27 SE (Chao estimator) soorten. Een belangrijk aspect hierbij is dat deze schatting geldt voor wrakken binnen de geografische spreiding van deze studie (<75 km uit de kust) en binnen het bemonsteringsseizoen van deze studie (hoofdzakelijk nazomer / begin herfst). Uit de aanvullende data van eerdere studies en de vrijwilligersdata blijkt al, dat de soortenrijkdom voor een selectie van wrakken met een groter geografisch verspreidingsgebied (inclusief Doggersbank en Klaverbank) en ook bestudeerd in het voorjaar, nog hoger is (§3.1.1).

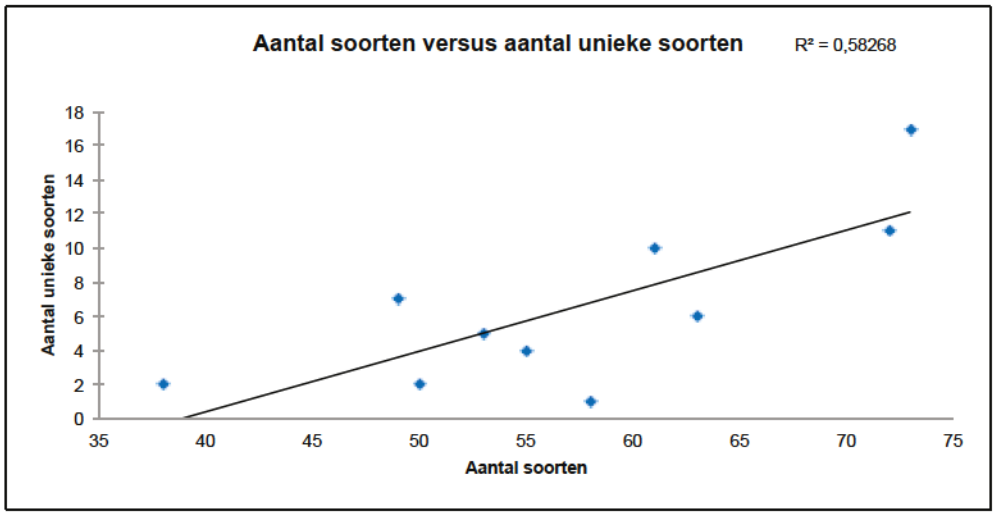
3.1.5 Soortenrijkdom per wrak

Gemiddeld zijn op één wrak 57 verschillende taxa waargenomen, met een minimum van 38 op het Poppetjeswrak (hier is ook minder onderzoeksinspanning verricht Tabel 2.2) en een maximum van 73 op de Tubantia (Tabel 3.1).

Tabel 3.1 Soortenrijkdom en unieke soorten (soort slechts aangetroffen op één wrak) per wrak.

Nr.	Naam wrak	Aantal soorten	Aantal unieke soorten
1	Tubantia SS	73	17
2	Christiaan Huygens	49	7
3	Klipper	53	5
4	HMS Hogue	61	10
5	HMS Aboukir	55	4
6	HMS Scott	63	6
7	Poppetjeswrak	38	2
8	SS Nautilus	72	11
9	Victoria City	58	1
10	Amerskerk	50	2
	Totaal	**165**	**65**

Op elk wrak zijn unieke soorten waargenomen (soorten die slechts op 1 wrak zijn aangetroffen), met een minimum van 1 op de Victoria City en een maximum van 17 op de Tubantia. Er bestaat een correlatie tussen het totaal aantal soorten en het aantal unieke soorten wat aangetroffen is op een wrak (R^2=0,58; p<0,05) (Figuur 3.3).

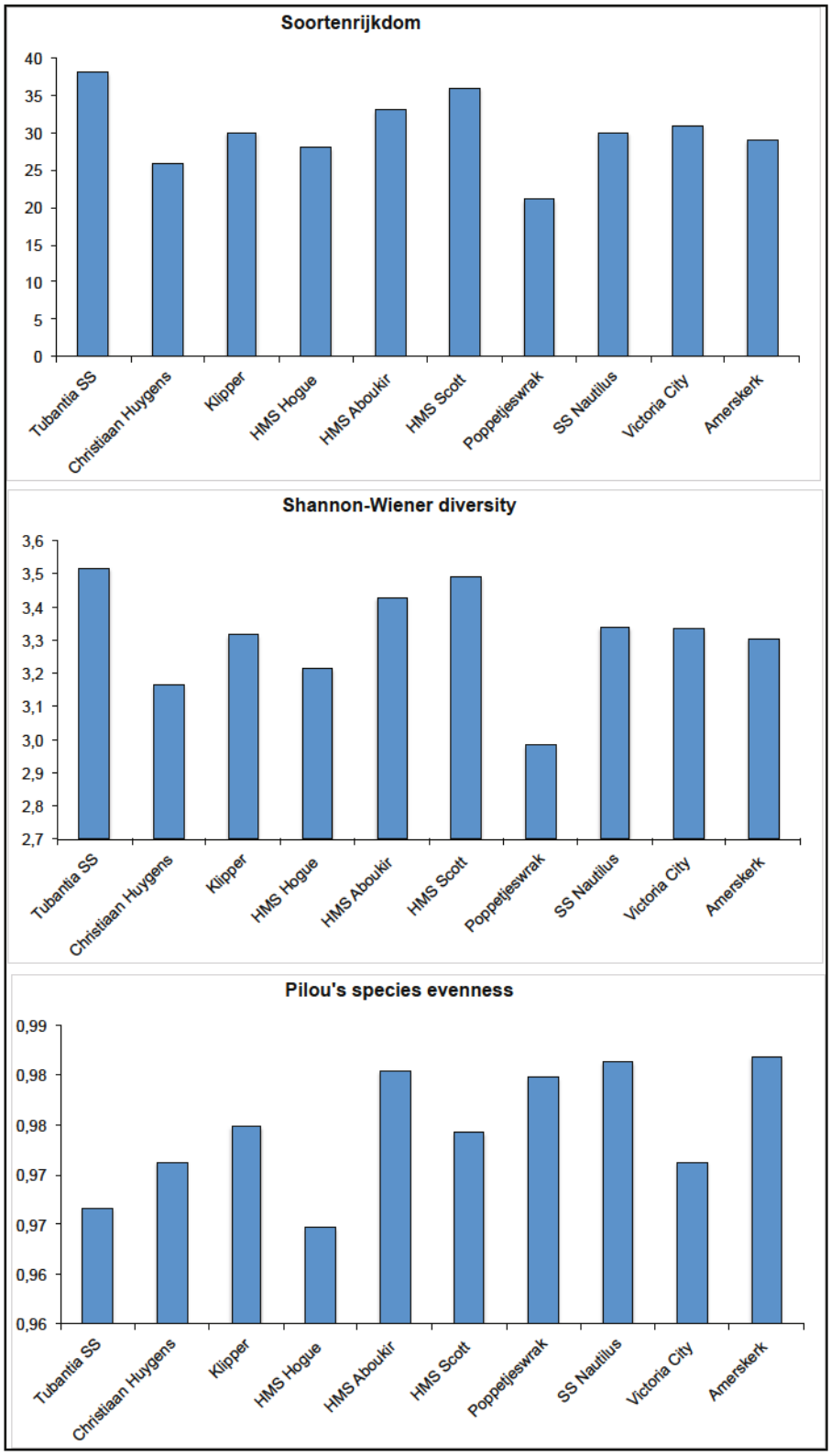


Figuur 3.3 De correlatie tussen het totaal aantal soorten en het aantal unieke soorten voor 10 wrakken.

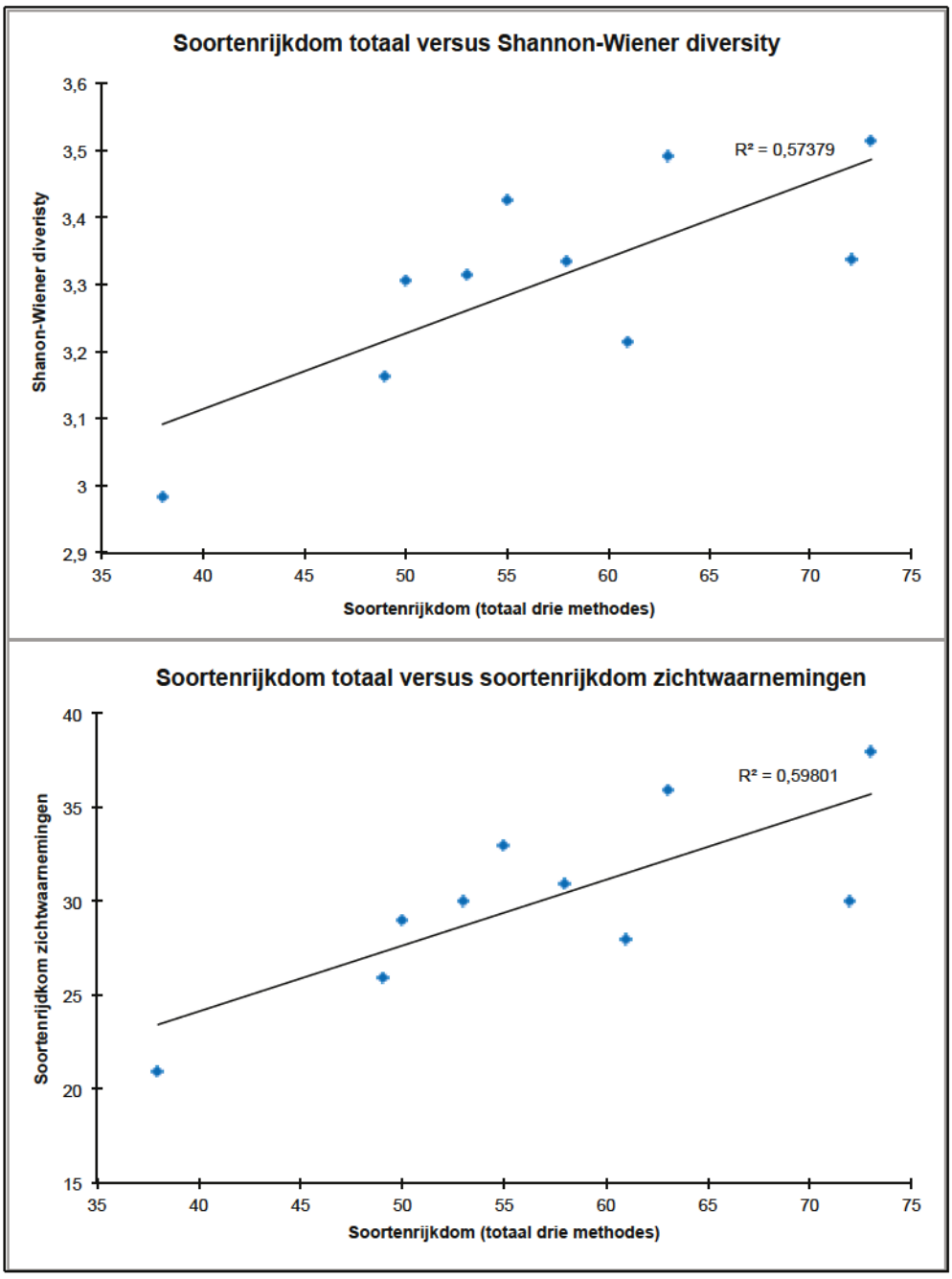
3.1.6 Biodiversiteit (indices)

Uit Figuur 3.4 blijken de Tubantia, Aboukir en Scott een relatief hoge soortenrijkdom en hoge waarde voor de Shannon diversity index te hebben ten opzichte van de andere wrakken. Hoewel de Tubantia de hoogste soortenrijkdom herbergt, is de evenness aanzienlijk lager dan die van de Aboukir en Scott. In termen van biodiversiteit scoren alle drie de wrakken dus hoog, waarbij de Tubantia weliswaar de hoogste soortenrijkdom heeft, maar waarbij een minder gelijkmatig verdeelde gemeenschap aanwezig is dan op de Aboukir en de Scott.

Voor het berekenen van deze indices zijn ook abundantiedata nodig en daarom zijn hiervoor de soortenlijsten van de zichtwaarnemingen gebruikt. De soortenrijkdom op basis van zichtwaarnemingen data is vanzelfsprekend lager dan de soortenrijkdom op basis van de totale data (combinatie van drie methodes). Het blijkt echter dat er een sterk verband is tussen H' op basis van de zichtwaarnemingen data en de totale soortenrijkdom, zoals die is waargenomen op basis van de combinatie van de drie methodes (Figuur 3.5). Daarnaast is er ook een sterk verband tussen de soortenrijkdom op basis van de zichtwaarnemingen en de totale soortenrijkdom. Dit is een belangrijke aanwijzing dat de biodiversiteit, zoals die op basis van de zichtwaarnemingen is aangetroffen, ook deels representatief lijkt voor de biodiversiteit van de totale gemeenschap.



Figuur 3.4 *Biodiversiteit (soortenrijkdom, Shannon – Wiener diversity index en Pilou's species evenness index) per wrak op basis van zichtwaarnemingen data. De wrakken staan op volgorde van zuid naar noord.*



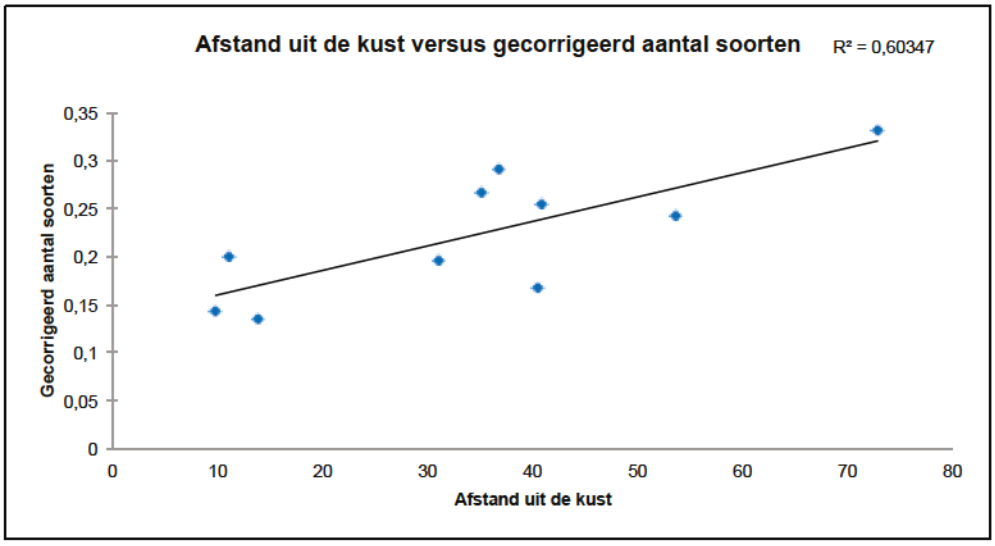
Figuur 3.5. Relatie tussen a) Shannon – Wiener diversity H' en de totale soortenrijkdom (combinatie drie methodes) (P<0,01) en b) soortenrijkdom op basis van zichtwaarnemingen en totale soortenrijkdom (combinatie drie methodes) (P<0,01).

3.1.7 Wat beïnvloedt de soortenrijkdom?

Er treden aanzienlijke verschillen op in de waargenomen soortenrijkdom van de wrakken (Tabel 3.1). Deels kan dit verklaard worden door enkele omgevingsvariabelen.

De meest overtuigende correlatie werd gevonden tussen het aantal soorten en de afstand uit de kust (Figuur 3.6). Maar ook de maximale diepte en de bedekking van het wrak met gorgelpijpen en penneschaften gaven significante correlaties (Tabel 3.2), (NB: geen autocorrelatie met afstand uit de kust).

Bij deze en verbanden tussen soortenrijkdom en omgevingsvariabelen is het belangrijk om in ogenschouw te nemen dat het correlatieve verbanden zijn, geen bewezen effecten, en dat er een potentie is voor autocorrelatie met waarnemingseffecten (zie Discussie §4.5). De correlaties geven goede aanwijzingen dat deze omgevingsvariabelen van invloed zijn maar het zijn geen (experimenteel) bewezen effecten.



Figuur 3.6 Correlatie tussen afstand uit de kust en het totaal aantal soorten (gecorrigeerd voor de waarnemingsinspanning: verblijftijd bij het wrak en aantal monsters).

Tabel 3.2 Correlaties omgevingsvariabelen en gecorrigeerd soortenaantal. Negatieve correlaties zijn aangeduid met (-).

	R^2	P
Wel significant		
Afstand uit de kust	0,60	<0,01
Maximale diepte	0,43	<0,05
Bedekking gorgelpijpen en penneschaften	0,54 (-)	<0,05
Niet significant		
Ligging noord-zuid	0,00	ns
Jaar van zinken	0,01	ns
Gemiddelde bedekking met leven	0,08 (-)	ns
Bedekking met zeeanjelieren	0,01	ns
Bedekking met korstzakpijpen	0,08	ns

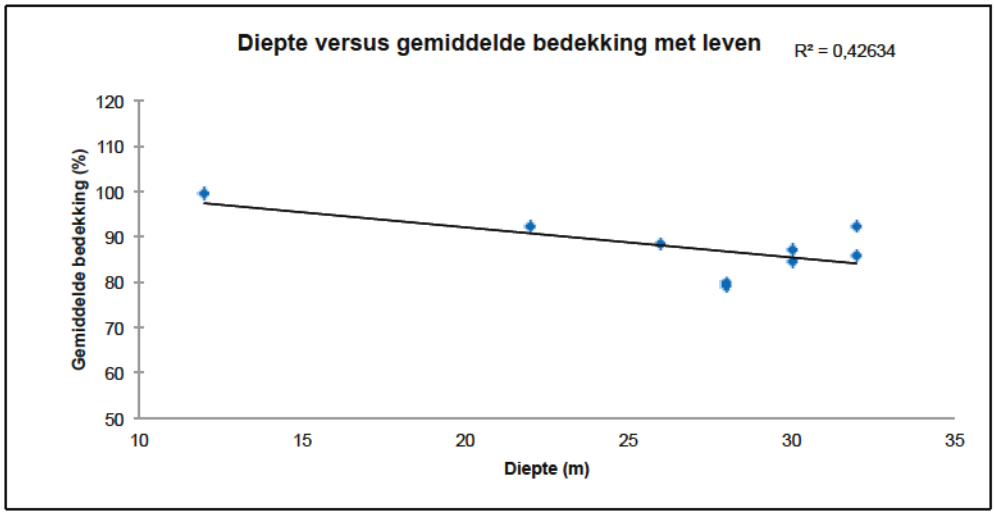
3.2 Karakteristieken van de levensgemeenschap

3.2.1 De bedekking van de wrakken

Op basis van een analyse van fotokwadranten is de bedekking van de wrakken door de levensgemeenschap gekwantificeerd. Het harde substraat van de wrakken is gemiddeld voor 88% bedekt met zichtbaar leven, met een minimum van 79% en een maximum van 99,5% (Tabel 3.3). Er bestaat een significante correlatie tussen de diepte en de gemiddelde bedekking, waarbij diepere wrakken een minder hoge bedekking hebben dan de ondiepe (R^2=0,43, P<0,05) (Figuur 3.7).

Tabel 3.3 Gemiddelde bedekking levensgemeenschap (van de HMS Hogue kon dit niet bepaald worden).

	Wrak	Bedekking in %
1	Tubantia SS	79,0
2	Christiaan Huygens	99,5
3	Klipper	87,0
4	HMS Hogue	
5	HMS Aboukir	80,0
6	HMS Scott	88,5
7	Poppetjeswrak	86,0
8	Nautilus SS	92,5
9	Victoria City	84,7
10	Amerskerk	92,2



Figuur 3.7 De correlatie tussen de maximale diepte van het wrak en de gemiddelde bedekking met leven.

3.2.2 Dominante soorten en algemene soorten

Op basis van de fotokwadranten is tevens gekwantificeerd met welke (Braun-Blanquet) abundanties de (op de foto's zichtbare) soorten voorkomen (zie bijlage 6).

De 10 meest dominante taxa in de levensgemeenschappen (in aflopende volgorde van dominantie) staan in Tabel 3.4.

Tabel 3.4 De 10 meest dominante taxa in aflopende volgorde van dominantie.

Wetenschappelijke naam	**Nederlandse naam**
Jassa herdmani	jassa garnaaltjes
Metridium senile	zeeanjelier
Tubularia spp.	gorgelpijpen en penneschaften
Diplosoma listerianum	grijze korstzakpijp
Halichondria panicea	gewone broodspons
Diadumene cincta	golfbrekeranemoon
Actinothoe sphyrodeta	margrietje
Ophiothrix fragilis	brokkelster
Sagartia elegans	sierlijke slibanemoon
Asterias rubens	gewone zeester

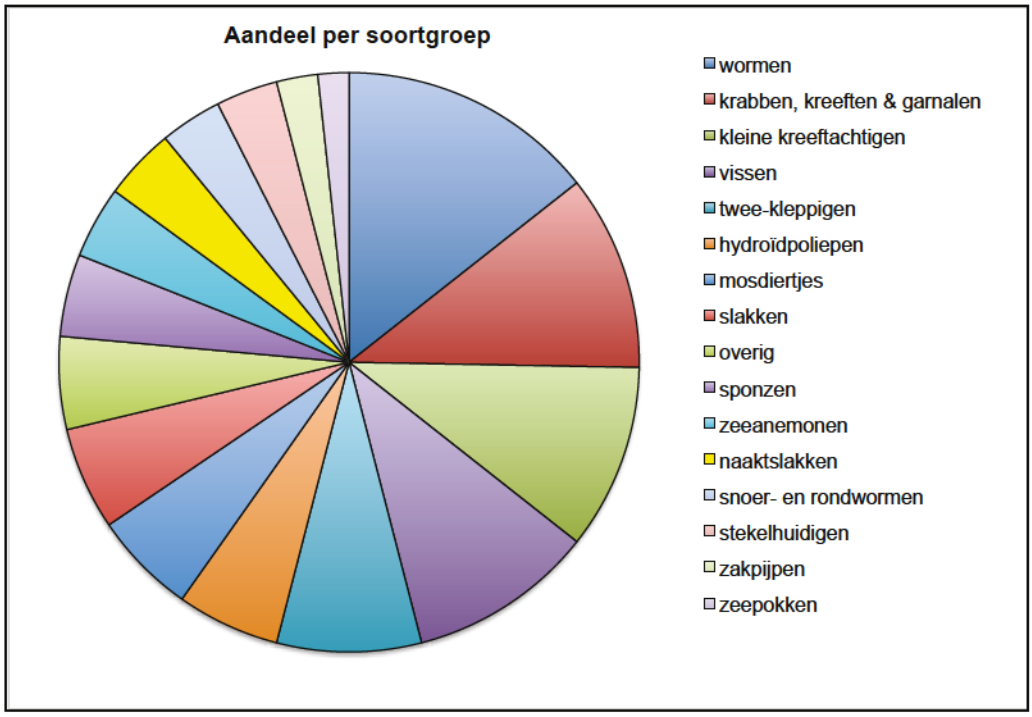
Daarnaast zijn er een aantal soorten die niet altijd dominant zijn, maar wel zo algemeen zijn dat ze op elk wrak voorkomen (Tabel 3.5):

Tabel 3.5 Lijst met soorten die op alle 10 de wrakken zijn aangetroffen.

Wetenschappelijke naam	Nederlandse naam
Lepidonotus squamatus	geschubde zeerups
Caprella linearis	wandelend geraamte
Jassa herdmani	marmerkreeftje
Phtisica marina	teringlijdertje
Cancer pagurus	Noordzeekrab
Pisidia longicornis	porseleinkrabbetje
Pilumnus hirtellus	ruig krabbetje
Necora puber	fluwelen zwemkrab
Electra pilosa	harige vliescelpoliep
Diadumene cincta	golfbrekeranemoon
Metridium senile	zeeanjelier
Sagartia elegans	sierlijke slibanemoon
Ectopleura larynx	gorgelpijp
Tubularia indivisa	penneschaft
Ophiothrix fragilis	brokkelster

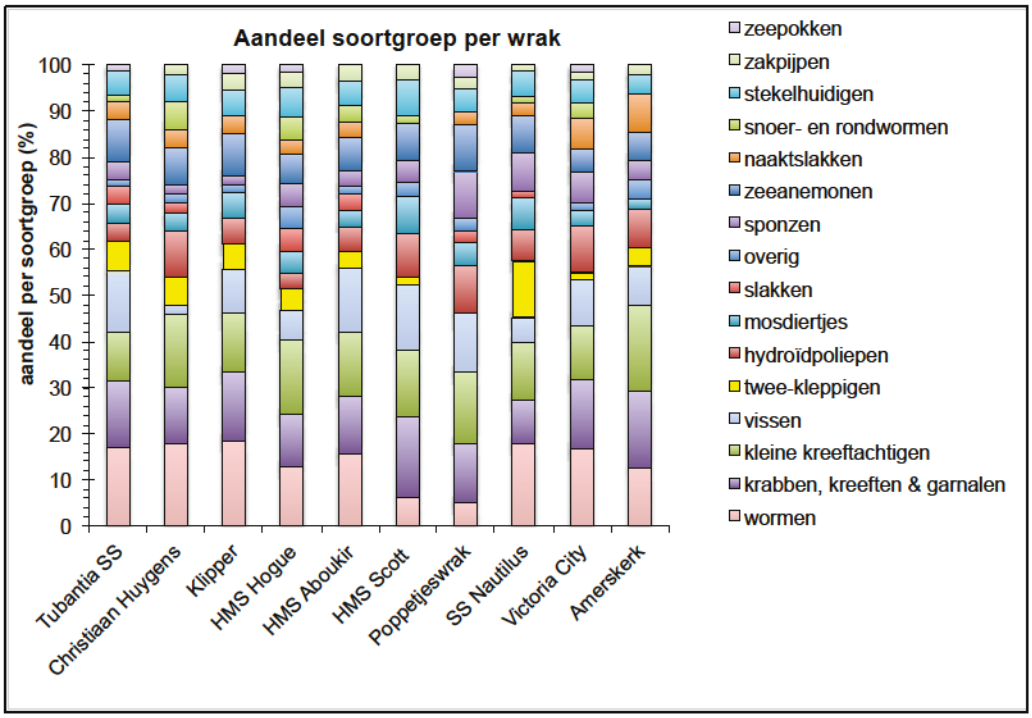
3.2.3 Structuur van de levensgemeenschap

De soortenrijkdom binnen de levensgemeenschap bestaat voor meer dan 50% uit 'wormen', 'krabben kreeften en garnalen', 'kleine kreeftachtigen', 'vissen' en 'twee-kleppigen' (Figuur 3.8). Alle overige soortgroepen bij elkaar bevatten minder dan 50% van de soortenrijkdom.



Figuur 3.8 Structuur van de levensgemeenschap voor alle wrakken samen. Weergegeven is de verdeling van de soortenrijkdom over de verschillende soortgroepen.

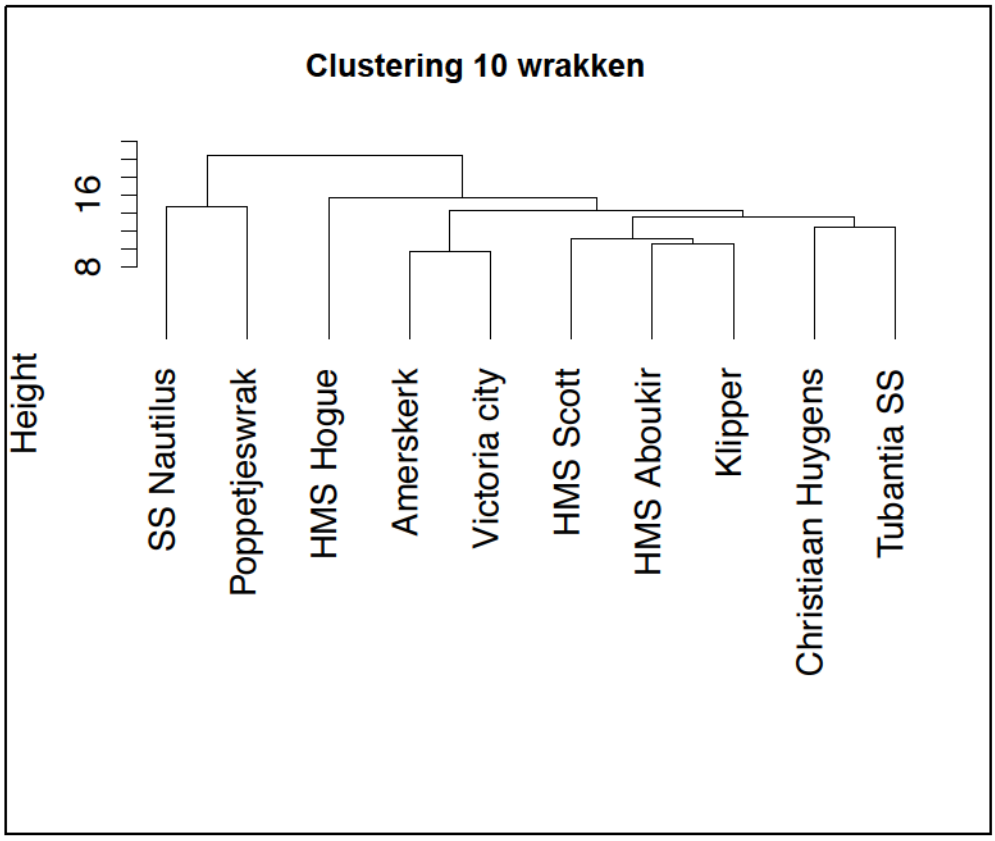
De verdeling van de soortenrijkdom verschilt tussen de wrakken, hoewel de vier meest soortenrijke groepen voor elk wrak rond de 50% van de soorten bevatten (Figuur 3.9). De groepen 'krabben kreeften en garnalen', 'kleine kreeftachtigen', 'anemonen' en 'stekelhuidigen' hebben een min of meer uniform aandeel in de soortenrijkdom. De overige groepen zijn meer variabel, zo varieert bijvoorbeeld het aandeel naaktslakken van 0 tot 7,5% en wormen van 5 tot 18,5 % tussen de wrakken.



Figuur 3.9 Structuur van de levensgemeenschap per wrak. Weergegeven is de verdeling van de soortenrijkdom over de verschillende soortgroepen.

3.2.2 Wat beïnvloedt de levensgemeenschap?

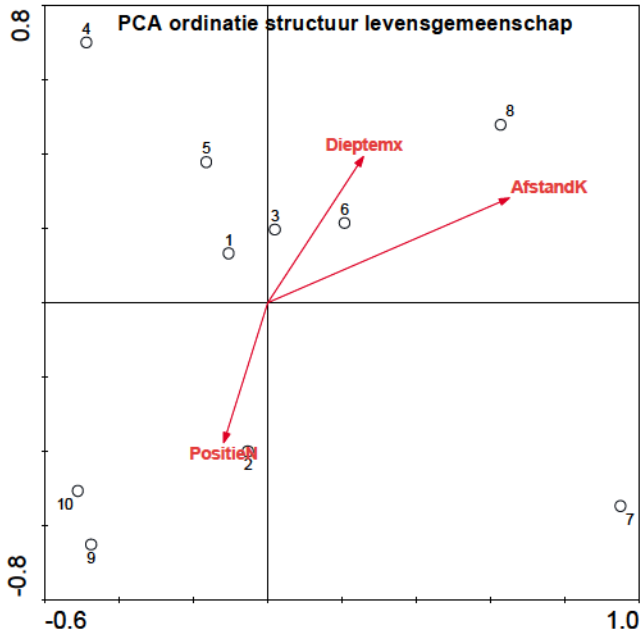
Op basis van de zichtwaarnemingen (Bijlage 5) bestaande uit soortensamenstelling met abundanties (de structuur van de levensgemeenschappen) is een clusteranalyse uitgevoerd (Figuur 3.10). De clustering van de wrakken is goed te verklaren op basis van de ligging van de wrakken. De Nautilus SS en het Poppetjeswrak zijn twee verre offshore wrakken beiden ter hoogte van de Noordelijke helft van Nederland en worden samen geclusterd apart van de rest. The HMS Hogue valt buiten een cluster, dit wrak is als enige in juli bemonsterd. Een mogelijk seizoenseffect op de levensgemeenschap kan de aparte positie in het dendogram verklaren. De Amerskerk en de Victoria City, samen in een cluster, zijn twee nearshore wrakken boven de eilanden. De HMS Scott, de Klipper, en de HMS Aboukir zijn alle drie wrakken op een middelmatige afstand van de kust ter hoogte van Zuid-Holland. De SS Tubantia en de Christiaan Huygens zijn een cluster van de meest zuidelijke wrakken. De resultaten van deze clusteranalyse duiden er op, dat de positie van de wrakken op het NCP en ten opzichte van elkaar in sterke mate bepalend is voor de levensgemeenschap.



Figuur 3.10 Dendogram van de clusteranalyse (Euclidean distance, complete linkage).

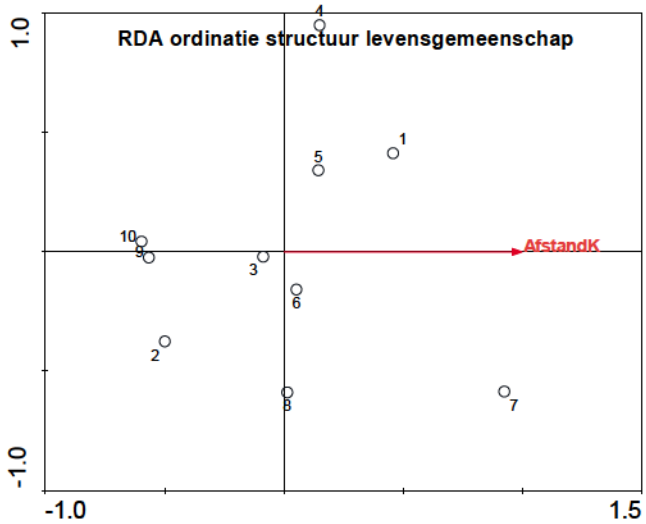
Om te onderzoeken welke geografische variabele het meeste invloed heeft, is een Principal Component Analysis (PCA) uitgevoerd op de structuur van de levensgemeenschappen. De omgevingsvariabelen 'maximale diepte', 'afstand uit de kust' en 'positie in Noordelijke richting' zijn hier aan toegevoegd ter illustratie, niet als verklarende variabelen (Figuur 3.12).

Figuur 3.11 Aangroei van zeeanemonen en hydroidpoliepen op de SS Nautilus, foto: W. Lengkeek.



Figuur 3.12 PCA ordinatie diagram van de structuur van de levensgemeenschappen met 3 omgevingsvariabelen ter illustratie geplot. 1 = Tubantia SS, 2 = Christiaan Huygens, 3 = Klipper, 4 = HMS Hogue, 5 = Aboukir, 6 = HMS Scott, 7 = Poppetjeswrak, 8 = SS Nautilus, 9 = Victoria City, 10 = Amerskerk.

Uit een opvolgende Redundancy Analysis (RDA) blijkt dat alleen 'Afstand uit de kust' een significant effect sorteert (F=1,77, P<0,05, verklaart 18% van de variatie) (Figuur 3.13).



Figuur 3.13 RDA ordinatie diagram van de structuur van de levensgemeenschappen en de verklarende factor 'Afstand uit de kust'.

4 Discussie

4.1 Biodiversiteit

Met een beperkte veld-inspanning, te weten één monitoringsronde waarbij 10 wrakken éénmalig ongeveer een half uur zijn bezocht door 3 duiker-biologen, zijn 165 verschillende taxa waargenomen en bemonsterd. Per wrak zijn dit gemiddeld 57 taxa. Deze studie voegt 64 soorten toe aan de lijst met soorten die bekend zijn van wrakken op het NCP. Het totaal aantal soorten dat is waargenomen op Nederlandse wrakken, van eerdere studies, vrijwilligersdata en deze studie bij elkaar, komt op 293.

In de eerder uitgevoerde wrakkenstudies van de jaren 80/90 werden circa 120 verschillende soorten aangetroffen en een aantal hogere taxa. Het is een interessante vraag waarom dit er nu 165 konden zijn. In de onderzoeksmethode zitten geen grote verschillen. De selectie van wrakken verschilt wel. Maar het is ook goed mogelijk dat de wrakken in de afgelopen 25 jaar meer soortenrijk zijn geworden, bijvoorbeeld door klimaatsverandering. Het meest soortenrijke wrak was de Tubantia, wat ook het meest zuidelijke wrak is. Bovendien bevatte dit wrak ook de meeste unieke soorten. Dit is een aanwijzing dat veel aanvullende soortenrijkdom vanuit het zuiden komt, mogelijk door stijgende zeewatertemperaturen. Dit is echter niet de enige verklaring, want er zijn ook een aantal (voor wrakken nieuwe) soorten aangetroffen die eerder juist alleen van de noordelijk gelegen Klaverbank bekend waren (Tabel 4.1, Van Moorsel, 2003).

In het Belgische wrakkenonderzoek van de begin jaren 2000 (Zintzen, 2007) werden 250 soorten aangetroffen. Dit betrof echter een vier jaar durend promotieonderzoek. De bemonsteringsinspanning van dat onderzoek was groter maar de methoden waren vergelijkbaar. Veel van in de huidige studie aangetroffende nieuwe soorten op de zuidelijke wrakken zijn ook in de studie van Zintzen (2007) aangetroffen. Ook dit vormt een aanwijzing dat een deel van de recent waargenomen soortenrijkdom van wrakken vanuit zuidelijkere wateren zijn intrede heeft gedaan op het NCP.

Op de Klaverbank zijn in verschillende studies bij elkaar in totaal 376 verschillende soorten aangetroffen. Daarmee is het één van de soortenrijkste gebieden van het NCP (Van Moorsel, 2003). Hiervan is echter een groot deel endofauna (van zachte bodem). Het aantal waargenomen epibenthos- en vissoorten bij elkaar bedraagt op de Klaverbank 168 (Van Moorsel, 2003, in recente jaren is daar nog een tiental bijgekomen). Het totale aantal soorten van wrakken van het NCP bedraagt nu 293. Dit is nagenoeg alleen maar epi-fauna en vissen. Daarmee kan gesteld worden, dat voor zover nu bekend, de harde substraten van de wrakken een aanzienlijk hogere soortenrijkdom aan epibenthos kennen dan de harde substraten van de Klaverbank. Dit is ook goed te verklaren doordat de onderzochte wrakken een veel grotere geografische verspreiding en een grotere habitatvariatie (meer holen, schuilplaatsen, overhangingen) hebben dan de harde substraten binnen de Klaverbank (stenen en grind).

Bij (MWTL) monitoringsrondes van het zachte substraat worden over het gehele NCP, in circa 100 monsters per ronde, tussen de 181-231 verschillende taxa aangetroffen (Daan & Mulder 2006). De huidige studie vertegenwoordigt één hard-substraat ronde met 87 monsters waarbij 165 taxa zijn aangetroffen. Hieruit kan wellicht geconcludeerd worden, dat harde substraten van het NCP minstens net zo'n hoge soortenrijkdom bevatten als het zachte substraat, ook al betreft het harde substraat een veel kleiner habitat dan de uitgestrekte zandbodem.

Naast informatie over de soortenrijkdom heeft dit onderzoek kwantificeerbare data opgeleverd over de totale bedekking van de levensgemeenschap en over relatieve abundanties van een groot aantal soorten. Deze gegevens geven inzicht in hoeveel leven een wrak bevat. Zo is duidelijk geworden dat het harde substraat van een scheepswrak binnen de huidige selecite gemiddeld voor 88% bedekt is met leven. Deze data zijn goed bruikbaar voor toekomstige vergelijkingen met andere monitoringsrondes.

Er is een relatief hoog aantal soorten (65) dat slechts op één wrak wordt aangetroffen. Dit kan twee dingen betekenen: 1) de individuele wrakken zijn tamelijk uniek in hun soortensamenstelling, veel van de unieke soorten komen werkelijk maar op één wrak voor, of 2) de wrakken worden gekenmerkt door veel zeer zeldzame soorten, de trefkans van deze soorten is laag door hun zeldzaamheid en daardoor worden veel soorten maar één of enkele keren aangetroffen.
Welke van deze hypotheses klopt, is niet vast te stellen op basis van het huidige onderzoek, maar beide geven een sterke indicatie dat dat de totale soortenrijkdom van de wrakken op het NCP nog hoger ligt dan nu aangetoond is. In geval van 1 zal de aangetoonde soortenrijkdom toenemen met onderzoek naar meer wrakken, in geval van 2 zal dit toenemen door iedere extra onderzoeksinspanning.

Figuur 4.1 Botervis op de HMS Aboukir, foto: W. Lengkeek.

Met behulp van de abundantiedata zijn ook andere biodiversiteitsindices dan soortenrijkdom te bepalen zoals de Shannon-Wiener index en de Pilou's evenness. Het is echter de vraag of deze indices, die ook vooral een gelijkmatig voorkomen van de soorten hoog waarderen, geschikt zijn voor het wrakkenhabiat. Er blijkt dat de wrakken gekenmerkt worden door een hoog aantal unieke en zeer zeldzame soorten. Dit leidt tot een lagere waardering bij indices die de 'evenness' in beschouwing nemen. Het voorkomen van veel zeldzame soorten, lijkt echter een karakteristiek van de meeste wrakkenhabitats. Dit zou daarom niet tot een onderwaardering moeten leiden. De index 'soortenrijkdom' is daarom voor wrakken wellicht de beste weergave van biodiversiteit.

4.2 Structuur van levensgemeenschap

De levensgemeenschappen worden gekarakteriseerd door een kleine groep zeer dominante soorten en een groot aantal zeer zeldzame soorten. Soorten die niet tot deze twee groepen horen zijn in aantal ondervertegenwoordigd. Het overgrote deel van de abundantie op een wrak wordt bepaald door marmerkreeftjes, zeeanemonen (met name zeeanjelieren), hydroidpoliepen (penneschaften en gorgelpijpen), sponzen en zeesterren. Ook de exotische grijze korstzakpijp is dominant aanwezig.

De structuur van de levensgemeenschap is meer divers dan die van zandbodems. Uit de verdeling van de soortenrijkdom over de verschillende soortgroepen blijkt, dat de wormen, kreeftachtigen (totaal) en weekdieren (totaal), niet meer dan 50% van de totale soortenrijkdom bevatten. De overige 50% behoort toe aan andere soortgroepen. Bij zandbodems is het aandeel van wormen, kreeftachtigen en weekdieren veel hoger, bijvoorbeeld tot wel 94 % in Mallefet *et al.* (2008). Zodoende is de structuur van de levensgemeenschap op zandbodems uniformer verdeeld over een klein aantal soortgroepen.

4.3 Factoren van invloed op biodiversiteit en levensgemeenschap

Er is voor meerdere omgevingsvariabelen onderzocht of ze invloed hebben op de biodiversiteit of de structuur van de levensgemeenschap. Uit een clusteranalyse op de structuur van de levensgemeenschappen bleek, dat de positie van de wrakken op het NCP de clustering goed kan verklaren. Een nadere ordinatie analyse op dezelfde data wijst uit, dat binnen die positie op het NCP met name de afstand uit de kust de belangrijkste verklarende factor is.

Deze bevindingen ten aanzien van de structuur in de levensgemeenschap worden bevestigd met een analyse van verklarende factoren voor de soortenrijkdom. Weer bleek afstand uit de kust het meest bepalend te zijn: hoe verder uit de kust, hoe soortenrijker. Daarnaast blijkt er ook een positief verband te bestaan tussen de soortenrijkdom en de diepte van het wrak en een negatief verband met de bedekking door gorgelpijpen en penneschaften: hoge bedekking van deze hydroidpoliepen geeft een lagere soortenrijkdom.

Er zijn nog meer variabelen getoetst waarvan mogelijkerwijs een effect te verwachten was, maar deze gaven geen verbanden met de soortenrijkdom. Deze variabelen zijn: leeftijd van het wrak (jaar van zinken), ligging noord-zuid, gemiddelde bedekking met al het leven, bedekking met zeeanjelieren, bedekking met korstzakpijpen. Over de leeftijd van het wrak moet wel gezegd worden dat alle wrakken van deze studie al meer dan 50 jaar op de zeebodem liggen. Hierdoor zijn alle onderzochte levensgemeenschappen inmiddels goed ontwikkeld. Bij veel jongere objecten in zee kan de leeftijd wel degelijk een belangrijke rol spelen in de successie van de levensgemeenschap en de soortenrijkdom.

Andere variabelen waarvan een effect denkbaar is, zijn bijvoorbeeld het materiaal van het wrak en het formaat van het wrak (Lengkeek *et al.*, 2011). Deze factoren zijn echter niet meegenomen in de analyse. Alle wrakken waren hoofdzakelijk van staal en alle wrakken waren groot (75 meter of groter). Het werkelijke formaat van de wrakken verschilt, maar kleine wrakken met een beperkte soortenrijkdom als gevolg van het formaat maken geen onderdeel uit van de selectie. Bij het selecteren van de 10 onderzoeksobjecten is immers gestreefd naar het selecteren van grote soortenrijke wrakken (Didderen *et al.*, 2013).

De gevonden relaties met de levensgemeenschap en omgevingsvariabelen betreffen correlaties en geen bewezen effecten. Er is een potentie voor neveneffecten van waarnemingseffecten. Hier wordt in §4.5 dieper op ingegaan.

4.4 Bijzondere soorten en ecologische relevantie

Veruit de meeste (circa 90%, gebaseerd op Zintzen, 2007) van de 165 aangetroffen taxa zijn bijzondere soorten voor het NCP, omdat het hard-substraat specialisten betreft, terwijl het overgrote deel van het NCP tegenwoordig een zachte bodem heeft. Bekende voorbeelden hiervan zijn de Europese zeekreeft en de Noordzeekrab. Deze dieren leven op hard substraat en niet op een zandbodem. Ze zijn op wrakken algemeen, maar worden op de zandbodem niet of nauwelijks aangetroffen. Dit geldt zowel voor veel van de algemene soorten, zoals zeeanjelieren, maar ook voor de zeldzame soorten, zoals het gevlekte koffieboontje (één van drie Nederlandse cowrieschelpen).

Van 21 taxa van de 165 waargenomen taxa kan gesteld worden dat het werkelijk zeer unieke gevallen betreft. De gestreepte traliedrijfhoren *Crisilla semistriata*, het bruin sponshoorntje *Cerithiopsis tubercularis*, het spookkreeftje *Caprella tuberculata,* de kleine borstelworm *Procerastea nematoda* en het mosdiertje *Scruparia chelata* zijn nog niet eerder levend op Nederlands grondgebied aangetroffen (voor zover bekend bij de auteurs en onderaannemers van deze studie) (Tabel 4.1). Dit betreft dus vijf nieuwe soorten voor Nederland. Dit zijn geen exoten maar diersoorten die inheems zijn in de Noordzee, maar in het Nederlands deel nog nooit eerder (levend) zijn aangetroffen. De reden voor het vinden van nieuwe soorten is waarschijnlijk niet alleen dat deze soorten nu pas in op het NCP voorkomen, maar ook vanwege het feit

dat dit type habitat op het NCP nog maar weinig onderzocht is. Doordat er nog maar weinig onderzoeken gericht zijn geweest op de biodiversiteit van offshore harde substraten is de soortenrijkdom van het NCP nog niet helemaal bekend. Een andere factor, zoals in §4.1 beschreven, kan klimaatsverandering zijn, waardoor tegenwoordig meer zuidelijke soorten voorkomen dan voorheen.
Voor 16 andere soorten geldt dat ze nog maar één of enkele keren eerder op het NCP zijn waargenomen (Tabel 4.1)

Aanvullend zijn er een aantal soorten die de ecologische relevantie van de wrakken als offshore hard-substraat habitat illustreren (Tabel 4.1). Het wandelend geraamte *Caprella linearis* is een inheemse diersoort die in kustgebieden niet of nauwelijks meer aangetroffen wordt, omdat hij daar verdreven is door een exotische soort *Caprella mutica*. Op geen van de 10 wrakken van deze studie is *C. mutica* aangetroffen en het inheemse wandelend geraamte komt talrijk voor. De wrakken lijken hier een refugium functie voor een inheemse diersoort tegen verdrijving door een exoot te vervullen. Dit fenomeen is ook beschreven in Lengkeek *et al.* (2013).

De luipaardgrondel en de kliplipvis werden tot voor kort in veel publicaties beschouwd als inheemse soorten voor het NCP. Ze ontbreken in de meest recente vissoortenlijst voor Nederland (Sportvisserij Nederland 2009), en worden niet aangetroffen in grootschalige visstandonderzoeken op de Noordzee (International Bottom Trawl Survey and the Demersal Fish Survey programmes; www.surveyswageningenimares.wur.nl). De kliplipvis werd echter al in 1941 aangetroffen op het NCP door Redeke (1941) en de luipaardgrondel werd in 1988 voor het eerst op video vastgelegd door Van Moorsel *et al*., 1989). Sinds sportduikers actief zijn op Noordzeewrakken worden de soorten met regelmaat waargenomen. De luipaardgrondel blijkt op meerdere wrakken algemeen en de kliplipvis op bijna ieder wrak (Lengkeek *et al.*, 2013). Deze soorten beperken hun leefomgeving dermate strikt tot een scheepswrak en andere harde structuren dat ze daarbuiten nooit aangetroffen worden.

Een laatste voorbeeld is de kabeljauw. Dat scheepswrakken en andere structuren in de Noordzee de laatste plekken zijn waar kabeljauw te vinden is, is al jaren bekend. Maar in Lengkeek *et al.* (2013) staat beschreven dat in juni ook grote aantallen juveniele kabeljauw aangetroffen worden op de wrakken. In deze studie (uitgevoerd in het najaar) waren de aantallen juveniele kabeljauw lager, maar de juvenielen waren inmiddels groter dan in het voorjaar. De aanwezigheid van juveniele kabeljauw op de wrakken duidt op een kraamkamerfunctie voor deze vissoort.

Tabel 4.1 Een selectie bijzondere waargenomen soorten en soorten die de ecologische relevantie van scheepswrakken als offshore hardsubstraat habitat illustreren.

Soort	Nederlandse naam	Bijzonder aspect*
Nieuw / zeldzaam		
Crisilla semistriata	gestreepte traliedrijfhoren	Nog niet eerder levend aangetroffen op het NCP
Cerithiopsis tubercularis	bruin sponshoorntje	Nog niet eerder levend aangetroffen op het NCP
Caprella tuberculata	spookkreeftje	Nog niet eerder levend aangetroffen op het NCP
Procerastea nematoda	kleine borstelworm	Nog niet eerder levend aangetroffen op het NCP
Scruparia chelata	mosdiertje	Nog niet eerder levend aangetroffen op het NCP
Lysianassa ceratina	vlokreeft	Tweede exemplaar NCP. In 2012 een eerste gevonden in Zeeland (M. Faasse).
Aonides oxycephala	borstelworm	Eerder alleen op de Klaverbank aangetroffen (van Moorsel 2003)
Nassarius cf incrassatus	verdikte fuikhoorn	Eerder alleen op Klaverbank aangetroffen (van Moorsel 2003)
Bimeria vestita	hydroid	Zeer zeldzaam, slechts enkele keren eerder aangetroffen
Trivia monacha	gevlekt koffieboontje	Zeer zeldzaam, slechts enkele keren in Oosterschelde aangetroffen
Metopa alderi	vlokreeft	Zeer zeldzaam, slechts enkele keren eerder aangetroffen
Limacia clavigera	naaktslak	Zeer zeldzaam, slechts enkele keren in Oosterschelde aangetroffen
Alcyonidium parasiticum	overwoekerend mosdiertje	Zeer zeldzaam, slechts enkele keren eerder aangetroffen
Gitana sarsi	vlokreeft	Zeer zeldzaam, slechts enkele keren in Zeeland aangetroffen
Fecampia sp.	platworm	Zeer zeldzaam, slechts enkele keren in Zeeland aangetroffen
Cirratulus cirratus	borstelworm	Zeer zeldzaam, slechts enkele keren eerder aangetroffen
Tryphosella sarsi	vlokreeft	Zeer zeldzaam, slechts enkele keren eerder aangetroffen
Janira maculosa	zeepissebed	Zeer zeldzaam, slechts enkele keren eerder aangetroffen
Kellia suborbicularis	holteschelp	Zeer zeldzaam, slechts enkele keren eerder aangetroffen
Sphenia binghami	kleine gaper	Zeer zeldzaam, slechts enkele keren eerder aangetroffen
Sabellaria spinulosa	zandkokerworm	Door bodemberoering zeldzaam geworden in de Noordzee
Ecologische relevantie		
Caprella linearis	wandelend geraamte	Nabij kust verdreven door exoot C. mutica. Op wrakken komen zuivere inheemse populaties voor
Ctenolabrus rupestris	kliplipvis	Vissoort die als niet inheems werd beschouwd maar zeer algemeen bijkt op de wrakken
Thorogobius ephippiatus	luipaardgrondel	Vissoort die als niet inheems werd beschouwd maar algemeen bijkt op enkele wrakken
Gadus morhua	kabeljauw	Aanwezigheid van juvenielen duidt op kraamkamerfunctie van wrakken

* voor zover bekend bij de auteurs

4.5 Methode

De biodiversitiet op het complexe harde substraat van de scheepswrakken of andere structuren op de bodem van het NCP is op geen andere manier te monitoren dan met duikers. Met camera's of Remotely Operated Vehicles (ROV's) zijn overzichtsbeelden te verzamelen van wrakken, maar die geven onvoldoende detailniveau en geen mogelijkheid voor het 'uitpluizen' van verschillende microhabitats.

Reguliere bodemhappers werken niet op een wrak. ROV's zijn uit te rusten met schrapers, maar schraapmonsters nemen met een ROV geeft geen mogelijkheid om nauwkeurig te werken en ook niet om verschillende micro-habitats uit te kiezen voor bemonstering.

Duikers kunnen waarnemen op verschillende detailniveau 's (grote zwemmende vissen, kleine verscholen dieren), micro-habitats zoals holtes en spleten zoeken voor nadere inspectie en gerichte kwantitatieve schraapmonsters nemen van bovenkant, zijkant of onderkant van het wrak.
De verschillende technieken die een (groep) duiker(s) gelijktijdig toe kan passen zijn ook allemaal nodig. De zichtwaarnemingen leverde 70 taxa op en de monsters 129. De overlap tussen die twee is vrij gering (34) wat betekent dat het weglaten van één van deze methoden in een sterke reductie van het aantal waargenomen soorten resulteert. De derde methode, het verzamelen van beeldmateriaal (foto en video) is essentieel gebleken bij het bepalen van de abundanties, die ook een belangrijke rol hebben gespeeld bij de analyse van de resultaten.
Zodoende kan alleen met onderzoek door duikers, die een combinatie van verschillende technieken kunnen toepassen, een volledig beeld van de biodiversiteit van een scheepswrak verkregen worden.

Dit 'volledige' beeld van de biodiversiteit kan voor bepaalde vraagstellingen 'te' volledig zijn. De duikers noteren alle soorten die waargenomen worden. Niet al deze soorten zijn daar aanwezig omdat ze uitsluitend leven op of nabij het wrakkenhabitat. Enkele kwallensoorten bijvoorbeeld, worden aangetroffen nabij de wrakken maar kunnen zich niet volledig onafhankelijk van de waterstroming voortbewegen. Ze kunnen er dus niet of nauwelijks voor kiezen om dichtbij een wrak te verblijven en worden bij toeval aangetroffen. Aan de andere kant hebben bepaalde soorten wel weer hard-substraat nodig in hun juveniele levensstadia. Zo ontstaat discussie over hoeveel van de 165 waargenomen taxa werkelijk gebonden zijn aan het wrakkenhabitat.
In deze studie is dit niet per soort uitgewerkt, omdat uit de literatuur reeds bekend is dat circa 90% van de levensgemeenschap werkelijk een hard-substraat speciaist is (Mallefet *et al.*, 2008). Er kan dus vanuit gegaan worden dat van de 165 taxa circa 90% echt gebonden is aan het wrakkenhabitat.

Er zijn verschillende waarnemerseffecten die de analyseresultaten naar het effect van omgevingsvariabelen onzekerder maken. Een duidelijk voorbeeld is het seizoenseffect. De HMS Hogue is in juli bemonsterd, de rest in het najaar. In een

ander seizoen zijn deels andere soorten abundant. Dit manifesteert zich in de clusteranalyse, waarbij de HMS Hogue een aparte plek krijgt.
Een ander effect kan komen uit het vermogen om soorten te zien onder water. Wanneer het water troebel is, worden mobiele soorten zoals vis slechter waargenomen dan bij helder water. Wanneer wrakken zeer dicht bedekt zijn met leven, met name de uitbundige begroeiingen van penneschaften en gorgelpijpen, worden kleine soorten die verscholen zitten onder de begroeiing moeilijker waargenomen (geldt alleen voor zichtdata, niet voor monsterdata).
Deze waarnemerseffecten maken de analyseresultaten iets onzekerder. Desondanks zijn bepaalde resultaten, met name die in meerdere analyses op de zelfde manier tot uiting komen, tamelijk overtuigend. Het sterke effect van 'afstand uit de kust' bijvoorbeeld, is overtuigend in zowel de analyse met soortenrijkdom als ook in de structuur van de levensgemeenschap.

4.6 Monitoringsfrequentie

Met dit onderzoek is aangetoond dat wrakken gekenmerkt worden door veel leven en een hoge biodiversiteit. Het voorgaande professionele gestructureerde onderzoek naar biodiversiteit op scheepswrakken vond plaats in de jaren '80 en begin jaren '90, meer dan 20 jaar geleden. Het habitat 'scheepswrakken' is onderhevig aan sterke veranderingen. De wrakken slijten door natuurlijk verval, maar ook door bergingsactiviteiten en sleepnetvisserij. Bovendien zijn er tal van andere oorzaken waardoor de levensgemeenschappen veranderen, zoals introducties van exoten en klimaatsverandering. Het is dan ook verklaarbaar dat er in dit onderzoek 64 soorten zijn aangetroffen die nog niet eerder op scheepwrakken zijn gevonden.

Een monitoringsfrequentie van 1 x per 25 jaar past niet bij het feit dat de wrakken belangrijk zijn voor een aanzienlijk deel van de biodiversiteit van het NCP en onderhevig zijn aan sterke veranderingen. Dit resulteert in onvoldoende inzicht in de huidige staat van instandhouding van mariene biodiversiteit.
Het staat ook niet in verhouding met de inspanning die geleverd wordt voor monitoring van het benthos van de zachte substraten van de Noordzee. Deze monitoring valt binnen het MWTL-programma en wordt tegenwoordig 1 x per drie jaar uitgevoerd. Daarnaast zijn er nog aanvullende zacht-substraat monitoringsprogramma's.

4.7 Vrijwilligerswaarnemingen

De vrijwilligerswaarnemingen dragen bij aan de continuïteit van kennis van scheepswrakken en zijn daarom zeer waardevol.
Echter de vrijwilligersgegevens worden gekenmerkt door een paar cruciale hiaten ten aanzien van monitoring van biodiversiteit. Het beperkt zich doorgaans tot visuele waarnemingen. Er worden meestal geen monsters genomen en uitgewerkt. Hierdoor worden tal van kleinere en moeilijk te determineren soorten gemist, met name van enkele soortgroepen zoals wormen en kreeftachtigen. Deze studie bevestigt juist ook

de belangrijke rol van monstername voor de waargenomen soortenrijkdom. Daarnaast kunnen door het ontbreken van monsters veldwaarnemingen niet gevalideerd worden (met uitzondering van de gevallen waar een goede foto is genomen). Er is ook geen ingangseis voor de kennis van vrijwilligers die monitoringsdata aanleveren en er is achteraf nauwelijks een mogelijkheid voor validatie van gegevens.

Figuur 4.2 Aangroei van zeeanjelieren, hydroidpoliepen en ruwe zeerasp op het wrak de Klipper, foto: W. Lengkeek.

5 Conclusies en aanbevelingen

5.1 Conclusies

Biodiversiteit

- Er zijn op 10 onderzochte scheepswrakken 165 verschillende taxa aangetroffen. Dit betreft 156 gedetermineerde soorten en 9 hogere taxa.
- 64 van deze soorten zijn nog niet eerder op wrakken van het NCP waargenomen.
- 5 van deze soorten zijn nieuw voor Nederland.
- 16 van deze soorten zijn eerder, maar zeer sporadisch waargenomen.
- De soortenrijkdom per wrak was gemiddeld 57 soorten.
- Het totaal aantal taxa wat op wrakken op het NCP is waargenomen, bedraagt 293 (eerdere studies + vrijwilligerswaarnemingen + deze studie).
- De wrakken worden gekenmerkt door hoge aantallen unieke soorten: 65 van de 165 soorten zijn maar op één wrak aangetroffen.
- De soortenrijkdom is een goede weergave van de biodiversiteit van scheepswrakken (o.a. vanwege de sterke correlatie met andere indices voor biodiversiteit).
- De belangrijkste factor die bepalend is voor verschillen in soortenrijkdom, is de afstand uit de kust. Wrakken verder uit de kust zijn soortenrijker. Maar ook de diepte van het wrak (hoe dieper hoe meer soorten) en de bedekking met hydroidpoliepen (hogere bedekking geeft minder soorten) geven een significante correlatie.
- Enkele aangetroffen voorbeeldsoorten (kabeljauw, wandelend geraamte, kliplipvis, luipaardgrondel) illustreren in het bijzonder de ecologische relevantie van de scheepswrakken voor de biodiversiteit van de Noordzee. Wrakken functioneren mogelijk als kraamkamer voor juveniele kabeljauw en als refugium voor het inheemse wandelend geraamte die langs de kust verdreven wordt door een exoot. De kliplipvis en luipaardgrondel beperken hun leefomgeving dermate strikt tot een wrak dat ze bij visbemonsteringen van de zandbodem van het NCP niet aangetroffen worden.

Karakteristieken van de levensgemeenschappen

- Het harde substraat van de wrakken is gemiddeld voor 88% bedekt met leven.
- De levensgemeenschappen worden sterk gedomineerd door enkele algemene soorten, zoals marmerkreeftjes, zeeanemonen en hydroidpoliepen.
- In tegenstelling tot levensgemeenschappen van zandbodems, die vooral bestaan uit wormen, kreeftachtigen, en weekdieren, is de soortenrijkdom van wrakken verdeeld over een relatief groot aantal hogere taxa. Zodoende kan gesteld worden dat de structuur van de levensgemeenschap meer divers is dan die van zandbodems.
- Verschillen in de structuur van de levensgemeenschappen worden met name beïnvloed door de positie van de wrakken op het NCP en ten opzichte van elkaar. De afstand uit de kust is daarbinnen het meest bepalend. Noord-zuid

richting was minder bepalend (NB: binnen onze selectie, zonder wrakken in de Noordelijke Noordzee).

5.2 Aanbevelingen

- Aanbevolen wordt om de harde substraten op het NCP, welke een aanzienlijk deel van de Nederlandse mariene biodiversiteit herbergen, frequenter te monitoren. Het voorgaande wrakkenonderzoek is meer dan 20 jaar geleden uitgevoerd. Op Klaverbank en de Borkumse stenen (het nog aanwezige natuurlijke harde substraat van het Nederlands NCP) heeft nog maar één keer adequate monitoring plaatsgevonden. De diverse hardsubstraat habitats op het NCP zijn onderhevig aan grote veranderingen. De verschillen in soortensamenstelling tussen deze wrakkenstudie en die van meer dan 20 jaar geleden zijn dan ook aanzienlijk (103 nieuwe soorten). Met de huidige frequentie van monitoring ontstaat geen goed beeld van de staat van instandhouding van mariene biodiversiteit .

Figuur 5.1 Aangroei van korstzakpijpen en zeeanemonen op het Poppetjeswrak, foto: W. Lengkeek.

6 Literatuur

Bouma, S., & Lengkeek, W. (2012). Benthic communities on hard substrates of the offshore wind farm Egmond aan Zee (OWEZ). Including results of samples collected in scour holes. Bureau Waardenburg, Culemborg.

Colwell, R.K., 2009. Biodiversity: concepts, patterns and measurement. P 257-263 In: Simon A. Levin The Princeton Guide to Ecology.

Daan, R. & M. Mulder, 2006 The macrobenthic fauna in the Dutch sector of the North Sea in 2005 and a comparison with previous data. NIOZ report 2006-3, 93 pp.

Didderen, K., W. Lengkeek, J.W.P. Coolen & H.W. Waardenburg, 2013. Harde substraten en biodiversiteit. Vooronderzoek naar kunstmatige objecten in de Noordzee (NCP). Rapport 12-181. Bureau Waardenburg bv, Culemborg.

Gmelig Meyling, A.W. & R.H. de Bruyne, 2003. Het Duiken Gebruiken 2. Gegevensanalyse van het Monitoringproject Onderwater Oever, Fauna-onderzoek met sportduikers in de Oosterschelde en het Grevelingenmeer.. Periode 1978 t/m 2002. Stichting ANEMOON. Heemstede.

Leewis, R.J. & H.W. Waardenburg, 1991. Environmental impact of shipwrecks in the North Sea. I. Positive effects: Epifauna of North Sea shipwrecks. Wat. Sci. Tech Vol. 24(10): 297-298.

Leewis, R.J., G.W.N.M. van Moorsel & H.W. Waardenburg, 2000. Shipwrecks on the Dutch Continental Shelf as artificial reefs. P419-433 in: Jensen, Collins & Lockwood (eds.), 2000. Artificial Reefs in European Seas. Kluwer, Dordrecht. 513 pp.

Lengkeek, W., S. Bouma & H.W. Waardenburg, 2011. Een beschermde status voor wrakken in de Noordzee? Rapport 11-160. Bureau Waardenburg bv, Culemborg.

Lengkeek, W., J.W.P. Coolen, A. Gittenberger & N. Schrieken. Ecological relevance of shipwrecks in the North Sea. Nederlandse Faunistische Mededelingen 40(6) 049-058.

Leujak, W. & R.F.G. Ormond, 2007. Comparative accuracy and efficiency of six coral community survey methods. J. Exp. Mar. Biol. Ec. 351: 168-187

Lindeboom, H., J.G. van Kessel, L. Berkenbosch, 2005. Gebieden met bijzondere ecologische waarden op het Nederlands Continentaal Plat. Rapport RIKZ/2005.008 / Alterra Rapport nr. 1109 / ISBN nr. 90-369-3415-X.

Mallefet, J., V. Zintzen, ,C. Massin, A. Norro, M. Vincx, V. DeMaersschalck, M. Steyaert, S. Degraer, A. Cattrijsse 2008. Belgian shipwreck : hotspots for marine biodiversity (BEWREMABI). Final Scientific Report. Belgian Science Policy. 155pp.

Ministerie van I&M, ministerie van EL&I, 2012. Mariene Strategie voor het Nederlandse deel van de Noordzee 2012-2020, Deel I. Oktober 2012.

Van Moorsel, G.W.N.M., H.J.J. Sips & H.W. Waardenburg, 1989. De fauna op en rond wrakken in de Noordzee in 1988. Rapport 89.25. Bureau Waardenburg bv, Culemborg.

Van Moorsel, G.W.N.M. & H.W. Waardenburg, 1990. De fauna op en rond wrakken in de Noordzee in 1989. Rapport 90.27. Bureau Waardenburg bv, Culemborg.

Van Moorsel, G.W.N.M., H.W. Waardenburg & J. van der Horst, 1991. Het leven op en rond scheepswrakken en andere harde substraten in de Noordzee (1986 tot en met 1990) - een synthese -. Rapport 91.19. Bureau Waardenburg bv, Culemborg.

Van Moorsel, G.W.N.M. & H.W. Waardenburg, 1992. De fauna op wrakken in de Noordzee in 1991. Rapport 92.17. Bureau Waardenburg bv, Culemborg.

Van Moorsel, G.W.N.M., 1993. Monitoring kunstriffen Noordzee 1992. Rapport 93.02, Bureau Waardenburg bv, Culemborg.

Van Moorsel, G.W.N.M., 1994. Monitoring kunstriffen Noordzee 1993. Rapport 94.05, Bureau Waardenburg bv, Culemborg.

Van Moorsel, G.W.N.M.,2003. Ecologie van de Klaverbank. BiotaSurvey 2002. Doorn: Ecosub.

Van Rein, H.B., C.J. Brown, R. Quinn, J. Breen, 2009. A review of sublittoral monitoring methods in temperate waters: a focus on scale. Underwater Technology 28(3): 1-15.

Oksanen, J., F.G. Blanchet, R. Kindt, P. Legendre, P.R. Minchin, R.B. O'Hara, G.L. Simpson, P. Solymos, M. Henry, H. Stevens, H. Wagnertitle, 2013. Vegan: Community Ecology Package, R package version 2.0-9, http://CRAN.R-project.org/package=vegan

Olsen, O.T. (1883). The piscatorial atlas of the North Sea, English and St. George's Channels, illustrating the fishing ports, boats, gear, species of fish (how, where, and when caught), and other information concerning fish and fisheries. Taylor and Francis: London, UK. 50 maps pp.

Preston, F.W., 1962. The canonical distribution of commonness and rarity: Part I. Ecology 43:185-215 and 431-432.

Redeke, H.C., 1941. Fauna van Nederland X (Pisces). Sijthoff's Leiden.

Roberts, C. M. & Ormond, R. F. G., 1987. Habitat complexity and coral reef fish diversity and abundance on Red Sea fringing reefs. Marine Ecology Progress Series 41, 1–8.

Stiefelhagen, B., C. Kuyvenhoven, K. Bartelink, A. van Aarsen, P. Verhoog, 2010. Wrakken schatkamers van de Noordzee. Underwater Magic.

Braak, C.J.F. ter & Smilauer, P., 2003. CANOCO for Windows 4.51. Biometris, Plant research international, Wageningen.

Waardenburg, H.W., 1987a. De fauna op een aantal scheepswrakken in de Noordzee in 1986. Rapport 87.19. Bureau Waardenburg bv, Culemborg.

Waardenburg, H.W., 1987b. De fauna op een aantal scheepswrakken in de Noordzee in 1987. Rapport 87.18. Bureau Waardenburg bv, Culemborg.

Zintzen, V., 2007. Biodiversity of shipwrecks from the Southern Bight of the North Sea. PHD-thesis, University of Louvain, Belgium.

Bijlage 1 Monitoringsplan praktijkonderzoek biodiversiteit scheepswrakken

Auteurs: W. Lengkeek, K. Didderen, S. Bouma & H.W. Waardenburg

1 Algemene uitgangspunten

Kern-kennisvragen

Er zijn veel kennisvragen denkbaar waar een praktijkonderzoek aan scheepswrakken zich op kan richten. Echter de scheepstijd, de tijd onder water en de tijd voor laboratorium-analyses zijn begrensd. Het is daarom belangrijk een efficiënt monitoringsplan te maken, dat zich primair richt op de kern van de openstaande kennisvragen. Deze kernvragen zijn (in volgorde van prioriteit):

6. Wat is de biodiversiteit op (een selectie van) wrakken op het NCP?
7. Wat is de gemiddelde biodiversiteit van 1 wrak op het NCP?
8. Welke soorten zijn het meest dominant aanwezig / vormen de basis van de levensgemeenschap?
9. Hoe veel leven bevatten de wrakken (met welke dichtheden/ bedekking komen de organismen voor)?

Bij de analyse van de gegevens zal tevens aandacht zijn voor:

10. Wat bepaald de biodiversiteit op een wrak? (Materiaal, afstand tot de kust etc.)

Uitgangspunten uit opdracht

Vanuit de opdrachtgever zijn de volgende uitgangspunten geformuleerd:

- Er dienen 10 wrakken onderzocht te worden.
- Elk wrak dient éénmalig geïnventariseerd te worden.
- De wrakken dienen binnen ca 75 km van de Nederlandse kust te liggen.
- Bij het samenstellen van de lijst van 10 wrakken moet de mening van diverse stakeholders overwogen worden.
- Er dient samengewerkt te worden met maritiem archeologen van het RCE, zodoende moet de lijst met wrakken ook met hun afgestemd worden.

Aanbeveling en standaardisatie met methoden uit eerder onderzoek

Uit eerder onderzoek (o.a. Didderen *et al.*, 2013) komen enkele aanbevelingen die opgevolgd zullen worden:

- De selectie van wrakken dient een zo groot mogelijke ruimtelijke variatie over het NCP te waarborgen. De aanbevolen selectie in Didderen *et al.*, 2013 dient op z'n minst aangevuld te worden met wrakken boven de eilanden.
- De onderzoeksmethoden moeten zo veel mogelijk aansluiten bij eerder uitgevoerd onderzoek.
- De onderzoeksmethoden en inspanning dienen zo goed mogelijk gestandaardiseerd te worden om een repliceerbaar onderzoek te waarborgen.

NB De hier voorgestelde methoden zijn gebaseerd op literatuur, op ervaring met gedateerde projecten en op ervaring met andere typen projecten (windmolenonderzoek). Het is mogelijk dat in het veld blijkt dat bepaalde methodieken of dat aantallen (monsters, transecten) aangepast moeten worden. Het voorliggende monitoringsplan zal als bijlage opgenomen worden in de eindrapportage. Wijzigingen op de hier voorgestelde methoden zullen daarin worden verwerkt.

2 Selectie lijst met 10 wrakken

Tabel 1. Lijst met 10 wrakken.

Nr.	Naam	Diepte min	Diepte max	Positie_E_UTM	Positie_N_UTM
1	Tubantia SS	24	28	487399	5742147
2	Christiaan Huygens	7	12	519312	5718522
3	Klipper	26	30	534415	5758926
4	HMS Hogue	28	32	547005	5789641
5	HMS Aboukir	26	28	547237	5789470
6	HMS Scott	23	26	564929	5805707
7	Poppetjeswrak	30	32	534137	5827438
8	SS Nautilus	20	32	580751	5886316
9	Victoria City	22	30	673643	5938014
10	Amerskerk	14	22	709754	5942299

De lijst is tot stand gekomen met de volgende overwegingen:

- Een goede dekking over het NCP (van zuid naar Noord) tot maximaal 75 km uit de kust;
- Waar mogelijk wrakken met een hoge biodiversiteitscore uit Didderen (*et al.*, 2013);
- Waar mogelijk wrakken die archeologisch interessant zijn (bron RCE);
- Waar mogelijk wrakken die door diverse stakeholders (bijeenkomst LOS 4 juni 2013) als waardevol worden aangemerkt;
- Een redelijke spreiding over diepte en afstand uit de kust (vanwege mogelijke effecten op biodiversiteit).

3 Bemonsteringsprogramma

Binnen de huidige onderzoeksopdracht zullen de wrakken éénmalig geïnventariseerd worden door duikers. Deze inventarisatie zal plaatsvinden binnen de periode mei-oktober 2013.

4 Overwegingen onderzoeksmethode

Bemonstering van hardsubstraat gemeenschappen

Hardsubstraat gemeenschappen worden gekenmerkt door een verscheidenheid in groeivormen en een voorkomen in complexe mozaïeken. Er is dan ook geen standaard methode om hardsubstraat gemeenschappen te bemonsteren. Daarnaast worden surveys meestal door duikers uitgevoerd waardoor de duiktijd en de aanwezigheid van voldoende doorzicht en stroming beperkend zijn voor de te gebruiken methode (Rein *et al.* 2009). Methodologisch onderzoek beperkt zich vaak tot de tropen en omvat methodes die in gematigde ecosystemen, zoals in de Noordzee, niet gebruikt kunnen worden. De onderstaande keuze voor onderzoeksmethoden is dan ook gebaseerd op een aantal uitgangspunten:

1) De methode lijkt op basis van literatuur geschikt om hard substraat te bemonsteren;
2) De methode moet uitvoerbaar zijn onder de geldende omstandigheden op de Noordzee;
3) De methode moet toegespitst zijn op het beantwoorden van de kern-kennisvragen (§1);
4) De methode moet bij voorkeur vergelijkbaar zijn met eerdere studies aan wrakken op de Noordzee.

Vergelijking van methoden

Uit een vergelijking van wetenschappelijke literatuur blijkt dat er in gematigde mariene milieus verschillende technieken toepasbaar zijn zoals kwadranten, transecten, volledige karteringen door duikers, foto mozaïeken, waarnemingen van duikers, onderwatervideo en onderwater video-stills. Over het algemeen geldt dat het gebruik van video camera's tegenwoordig de standaard is, omdat deze methode een goede mix is van nauwkeurigheid, beperkte survey tijd en beperkte verwerkingstijd (Leujak & Ormand 2007). Met behulp van een videocamera met continu beeld kunnen daarnaast vrij-zwemmende soorten of soorten die moeilijk zijn te vinden worden vastgelegd, terwijl deze met (semi)kwantitatieve methode worden gemist. Daarnaast kan met behulp van video-stills langs een transect of in kwadranten een permanente registratie worden gemaakt, waarbij ook dichtheden kunnen worden geschat. (Semi)kwantitatieve methoden waarbij een monster wordt meegenomen en geanalyseerd in het lab, geven een meer nauwkeurige schatting van abundantie, frequentie en biomassa, maar door de tijdrovende aard van deze methode wordt dit steeds minder gebruikt (Rein *et al.* 2009).

Ruimtelijke spreiding monsters

Bemonstering kan systematisch, of steekproefsgewijs uitgevoerd worden of volgens een gestratificeerde steekproef. Een systematische bemonstering bestaat uit een regelmatige verdeling van de monsterlocaties over het gehele onderzoeksgebied, bij steekproefsgewijs is de verdeling van de monsterlocaties random. Een gestratificeerde steekproef bestaat uit gebieden met homogene kenmerken (bijvoorbeeld buitenkant wrak versus overhangingen) waarbinnen streekproefsgewijs

wordt gemonsterd. Hierbij kan worden gekozen of één of meerdere habitats worden bemonsterd (multi-habitat bemonstering).
Bij bemonstering op driedimensionale structuren in water kan gekozen worden om monsters op dezelfde diepte (horizontaal) of juist op verschillende diepte (verticaal) te nemen. Op verschillende dieptes in het sublitoraal kunnen verschillende hard substraat soorten voorkomen, die wat betreft hun voorkeur verschillen in bijvoorbeeld stroming en lichtinval (Bouma & Lengkeek, 2012).

Inspanning
Op de diepere wrakken zal het duikteam niet langer dan 20-25 minuten onderzoekstijd hebben vanwege veilige duiklimieten. Met een team van drie biologen-onderzoekers resulteert dit in een totaal van 1 uur tot 1 uur en een kwartier onderzoekstijd per wrak. Het aantal observaties dat binnen deze beperkte tijd uitgevoerd kan worden is beperkt en daarom wordt zoveel mogelijk van deze tijd geïnvesteerd in monstername en video / foto name, zodat de inventarisatie boven water verder kan gaan.
Bij de ondiepere wrakken is een langere veilige onderzoekstijd mogelijk. Een langere onderzoeksinspanning kan leiden tot een hoger aantal aangetroffen soorten, vanwege een verhoogde trefkans op zeldzame soorten. Dit is een belangrijk aspect bij het vaststellen van de totale biodiversiteit. In de analyse en rapportage zal goed duidelijk gemaakt worden hoeveel onderzoekstijd er is gebruikt om tot een bepaald resultaat te komen.
In het analyse stadium zullen data verzameld door vrijwilligers worden toegevoegd aan de nieuw verzamelde data. Zo ontstaat een zo compleet mogelijk beeld van de biodiversiteit. Ook dit zal in de rapportage duidelijk onderscheiden worden van de data die in dit onderzoek verzameld zijn.
Door de nieuwe resultaten eerst apart en gekoppeld aan een gestandaardiseerde onderzoeksinspanning te presenteren, blijft de vergelijkbaarheid van de resultaten binnen dit onderzoek overeind.

5 Onderzoeksmethode

Tijdens een veldbezoek wordt gelijktijdig op drie manieren informatie verzameld van de biodiversiteit van het scheepswrak:

- Inventarisatie gebaseerd op zichtwaarnemingen;
- Inventarisatie door monstername;
- Inventarisatie aan de hand van beeldmateriaal.

Door het toepassen van deze drie verschillende onderzoekstechnieken ontstaat een goed overzicht van zowel de bewegende dieren rondom het wrak zoals kabeljauw, als ook de grote zichtbare epifauna op het wrak zoals anemonen en ook de kleine verborgen soorten die verscholen zitten, zoals wormachtigen.

Methode 1 Inventarisatie gebaseerd op zichtwaarnemingen
Methode: zichtwaarneming
Gericht op: alle zichtbare fauna (en evt. flora)
Materiaal: Onderwaterschrijfmateriaal (leitje) + fotocamera voor na-determinatie, transectlijn

Bemonsteringsstrategie: systematisch, multi-habitat
Inspanning: 1 transect van 45 meter lang, x twee meter breed + alle micro-habitats

Een duiker verricht onder water zichtwaarnemingen. Hij schrijft alle waarnemingen op. Hij zoekt het wrak systematisch af en onderzoekt plaatsen die met de andere twee bemonsteringstechnieken worden onderbemonsterd, zoals spleten en overhangingen (micro-habitats). De duiker beperkt elke inspectie van een microhabitat tot een duur van 1 minuut. Door deze techniek toe te passen verspreid over alle aanwezige habitats (multi-habitat) wordt getracht in korte tijd een compleet beeld van het soortenspectrum van de levensgemeenschap te krijgen. De duiker schat van elke soort de dichtheid (per transect) in conform de Braun-Blanquet schaal (deze schaal is ook gebruikt in eerdere onderzoeken). Dit is een maat op basis waarvan de onderlinge verhouding en dominantie van soorten ingeschat kan worden per oppervlakte-eenheid. Wanneer niet het hele wrak wordt doorzocht, wordt geschat welk percentage van het wrak systematisch onderzocht is.

Methode 2 Inventarisatie door monstername
Methode: Fysieke monstername
Gericht op: sessiele en langzaam bewegende epifauna (ook minder zichtbaar)
Materiaal: frame, schraapgereedschap, net, monsterzakken
Bemonsteringsstrategie: random, single-habitat
Inspanning: maximaal 10 schraapmonsters van 28 x20 cm langs transect van 45m

Van elk wrak worden kwantitatieve schraapmonsters genomen. Dit gebeurt door een frame te plaatsen op het wrak van 28 x 20 cm en alle aangroei binnen dat frame los te schrapen met een plamuurmes (methode conform eerdere onderzoeken naar wrakken en windmolens). Vervolgens wordt alle vrijgekomen aangroei opgevangen in een fijnmazig net (maaswijdte max 1 mm). Het monster wordt vervolgens verpakt opdat er een volgend schraapmonster genomen kan worden. Met deze methode zal gestreefd worden naar het nemen van circa 10 monsters per wrak (of dit lukt zal in het veld moeten blijken). De verdeling van de monsters is niet random maar richt zich specifiek op de maximaal begroeide delen aan de buitenkant van het wrak (single-habitat). Zo wordt dus geen random-extrapoleerbare bemonstering uitgevoerd maar wel een bemonstering die de hoogste soortenrijkdom zal aantonen. (Methode 1 en 3 zullen dienen voor extrapolatie en kwantificering).
Deze methode is ook toegepast bij eerder wrakkenonderzoek van Bureau Waardenburg (Waardenburg, 1987a; Waardenburg, 1987b; Van Moorsel, Sips & Waardenburg, 1989; Van Moorsel & Waardenburg, 1990; Van Moorsel *et al.*, 1991; Leewis & Waardenburg, 1991; Van Moorsel & Waardenburg, 1992) en bij het onderzoek in het windmolenpark bij Egmond aan Zee (Bouma & Lengkeek 2012). Een zeer goed vergelijkbare methode (schraapmonsters van 25x25 cm) is toegepast in een recent wrakkenonderzoek in Belgie (Zintzen & Massin, 2010). Hierdoor zijn de resultaten goed vergelijkbaar met andere studies.

Methode 3 Inventarisatie aan de hand van beeldmateriaal
Methode: foto en/of video beelden verzamelen
Gericht op: zichtbare epifauna
Materiaal: videocamera, transectlijn
Bemonsteringsstrategie: systematisch, multi-habitat
Inspanning: 20-25 minuten videobeeld, 10 fotokwadranten van 28 x 20cm langs transect van 45 m

Deze methode wordt random toegepast en zodoende het meest geschikt is voor kwantificering van de gegevens (de andere twee technieken worden selectief toegepast om zo veel mogelijk biodiversiteit waar te nemen).
Er wordt langs een transectlijn een video-opname gemaakt van het wrak en van alle aanwezige soorten die de video-duiker waarneemt. Om de 5 meter (=random) wordt een detail-foto* gemaakt met een vaste afmeting (van 28 bij 20 cm). Met deze methode kunnen naar verwachting minimaal 2 (maximaal 5) transecten van 20 meter per wrak genomen worden. Er wordt steeds aangevangen met een transect over de lengte-as van het wrak, waarna een dwars transect volgt (indien de vorm van het wrak dit toestaat). Achteraf worden deze beelden in meer detail geanalyseerd, worden de soorten op naam gebracht en worden bedekkingen bepaald conform de Braun-Blanquet schaal. Deze duiker richt zich op het maken van beeldmateriaal voor onderzoeksdoeleinden. Dit resulteert niet altijd in beeldmateriaal wat optimaal is voor communicatieve doeleinden.
De foto's vormen een detailopname van een oppervlak van 28 x 20 cm. Op basis van deze video-stills kan de levensgemeenschap kwantitatief geanalyseerd worden. Deze gegevens zijn geschikt voor extrapolatie. Bovendien zijn deze gegevens geschikt voor vergelijkingen met andere studies. Deze methode is toegepast bij het eerdere wrakkenonderzoek van Bureau Waardenburg (o.a. Waardenburg 1987a) en is in de literatuur geaccepteerd als geschikte methode voor kwantitatieve opnamen van hard substraat gemeenschappen in koud water (Rein *et al.*, 2009).

**Bij moeilijke omstandigheden zoals beperkt doorzicht, kan het maken van een goede foto moeilijker zijn dan een video-still. We proberen foto's te maken, maar indien dit niet lukt worden video-stills gebruikt. Video-stills geven mogelijk een iets minder gedetailleerd beeld dan foto's.*

6 Bewerking monsters en video

Stap 1 Analyse verse monsters en conservering
Direct na de duik worden de verse monsters in een emmer zeewater bewaard. Hieraan wordt een kleine hoeveelheid menthol toegevoegd. Zo blijven de monsters 1-2 uur bewaard. De menthol heeft een verdovende werking en zorgt ervoor dat organismen zoals anemonen en poliepen goed open gaan staan waardoor ze makkelijker te determineren zijn.
Waar mogelijk worden soorten vers gedetermineerd. Dit zal vooral mogelijk zijn voor de grotere soorten zoals anemonen en zeesterren. Hierna worden de monsters

gefixeerd in gebufferde (4%) formaline. Vervolgens wordt het monster geconserveerd op alcohol. Dit gebeurt in een aantal aparte groepen: Anemonen, schelpdieren, sponzen, mobiele dieren en kleine dieren overig.

Stap 2 Zichtwaarnemingen en beeldmateriaal
Eveneens direct na de duik, wordt gezamenlijk door het duikteam een soortenlijst opgesteld op basis van de zichtwaarnemingen en het beeldmateriaal. Met name soorten die mobiel zijn, zoals vissen en soorten die zeldzamer zijn en niet in de monsters aangetroffen worden, zoals naaktslakken, zullen op deze manier geregistreerd worden. Ook wordt met behulp van het beeldmateriaal en de zichtwaarnemingen bij methode 1 & 3, gestaafd of de dichtheden en bedekkingen welke ingeschat bij methode 1 juist zijn.

Stap 4 Analyse beeldmateriaal
Per foto / video-still wordt een Excel-formulier ingevuld met daarop de geregistreerde taxa en hun dichtheid conform Braun-Blanquet.

Stap 3 Labanalyse (soortendeterminatie)
In het lab worden de geconserveerde monsters verder uitgezocht en gedetermineerd. Er wordt gezeefd over 1 mm. Indien er soortgroepen aangetroffen worden waarvoor de best beschikbare kennis niet bij Bureau Waardenburg in huis is, zal een externe expert bij de determinatie betrokken worden. Er wordt naar gestreefd alle macrofaunasoorten in een monster tot op soortniveau op naam te brengen. Zeer kleine organismen zoals roeipootkreeftjes (zoöplankton) en foraminiferen kunnen bij toeval in de monsters terecht komen en niet weggezweefd worden, maar worden niet gedetermineerd.

Geen biomassa bepaling
Wel of geen biomassa bepalen is altijd onderwerp van discussie. Biomassa bepalen levert meer kwantitatieve data. Echter, het grote nadeel is dat voor veel van de hardsubstraat-soorten geen lengte-biomassa relaties bestaan waardoor een biomassabepaling alleen uitgevoerd kan worden door verassen. Het grote nadeel van verassen is dat de monsters dan vernietigd worden en niet meer beschikbaar zijn als referentiecollectie of voor nadere determinatie.
Het belang van biomassagegevens voor de kern-kennisvragen is niet groot. Er worden immers aantallen en bedekkingen per oppervlakte eenheid bepaald waardoor kwantificering van de meetgegevens mogelijk is. Het belang van het opbouwen van een referentiecollectie en om de mogelijkheid open te houden om later determinaties over te doen is groter. Daarom wordt voorgesteld geen biomassabepaling te doen. De monsters blijven bewaard op alcohol. Mocht in een later stadium blijken dat biomassa gegevens wel nodig zijn dan kan dit alsnog bepaald worden.

7 Analyse, rapportage en beeldmateriaal

Het eindresultaat van de inventarisatie per wrak is drieledig:

- Een totaal soortenlijst.
- Kwantitatieve gegevens over geschatte abundanties van de zichtbare soorten in een Braun-Blanquet schaal per transect van 45 meter.
- Kwantitatieve gegevens over nauwkeurig bepaalde abundanties in een Braun-Blanquet schaal van op foto's zichtbare soorten per fotokwadrant van 28 x 20 cm, 10 kwadranten per wrak.

De onderzoeksresultaten zullen gepresenteerd worden in een rapportage in Bureau Waardenburg huisstijl. Waar mogelijk zullen resultaten en observaties ondersteund worden met foto's en figuren.

Vanwege de kostbaarheid van werken op zee is het van groot belang efficiënt om te gaan met alle gegevens die er verzameld worden. De meetgegevens van deze studie zullen in de rapportage dan ook aangevuld worden met gegevens van vrijwilligers en van eerdere onderzoeken. Zo ontstaat een zo compleet mogelijk overzicht van de biodiversiteit op scheepswrakken.

Het is belangrijk dat het verzamelde beeldmateriaal beschikbaar blijft voor vervolgonderzoeken. Door film- of fotomateriaal van verschillende monitoringsrondes direct met elkaar te vergelijken kan een goed beeld ontstaan van veranderingen in de tijd, zonder dat dit beïnvloed worden door verschillen in interpretatie door verschillende waarnemers.

8 Praktische zaken en veiligheid

Duiken

Duikonderzoek kan veilig uitgevoerd worden mits de nodige en verplichte werkprocedures en veiligheidsvoorzieningen gehanteerd worden. Bij elke vorm van duikwerkzaamheden in Nederland dient een gecertificeerde Duikploegleider, Duikmedisch begeleider en reserveduiker aanwezig te zijn. Dit onderzoek omvat duikwerkzaamheden dieper dan 15 meter. Hiervoor is het tevens verplicht een decompressiekamer op de duiklocatie aanwezig te hebben.

Ons onderzoeksteam zal bestaan uit:

- Meerdere biologen-duikers (bij voorkeur 3; voor elke methode 1. Indien dit praktisch niet haalbaar is vanwege beperkingen aan het duikteam op de vaartuigen, wordt het foto/videowerk gecombineerd met de zichtwaarnemingen).
- Eén archeoloog-duiker
- Eén reserveduiker
- Eén duikploegleider welke tevens gecertificeerd is als duikmedisch begeleider.

De duikmiddelen bestaan onder andere uit:

- SCUBA-duikapparatuur

- Nitrox-ademgas
- Dubbel uitgevoerde duikflessen met afzonderlijke ademautomaten
- Volgelaatsmaskers met gesproken communicatie voor de duikers onderling en met de ploegleider aan de oppervlakte
- Een reellijn om te allen tijde fysiek contact te houden met de ankerlijn
- Middelen om de aandacht van een schipper te trekken (Surface Marker Buoy, handstakellichten, stroboscoop)

De veiligheidsvoorzieningen (aanvullend op datgene de duiker bij zich heeft) bestaan onder andere uit:

- Een meerpersoons decompressietank
- Zuurstof, EHBO en MAD A uitrusting
- Een standby-boot.

De voorbereiding bestaat onder ander uit:

- Het uitschrijven van de duikprocedures en opstellen RI&E
- Het aanmelden van de duikwerkzaamheden bij de AI
- Het houden van een Toolboxmeeting en Last minute RI&E.

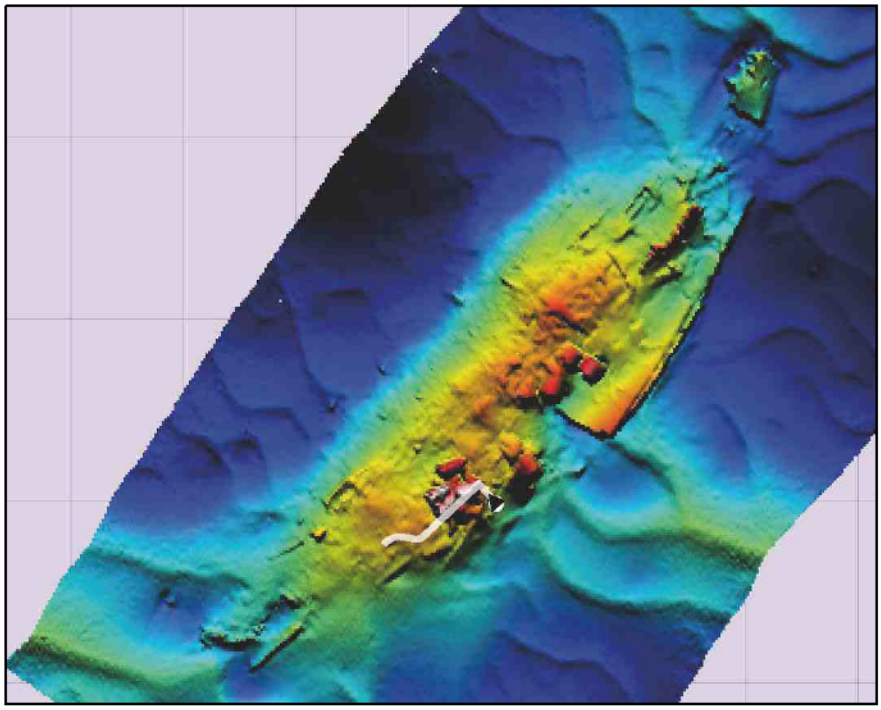
Werken op zee

In dit geval wordt gewerkt vanaf een vaartuig van de Rijksrederij, dat voldoet aan alle geldende veiligheidseisen. Er worden geen activiteiten ondernomen zonder goedkeuring van de Kapitein.

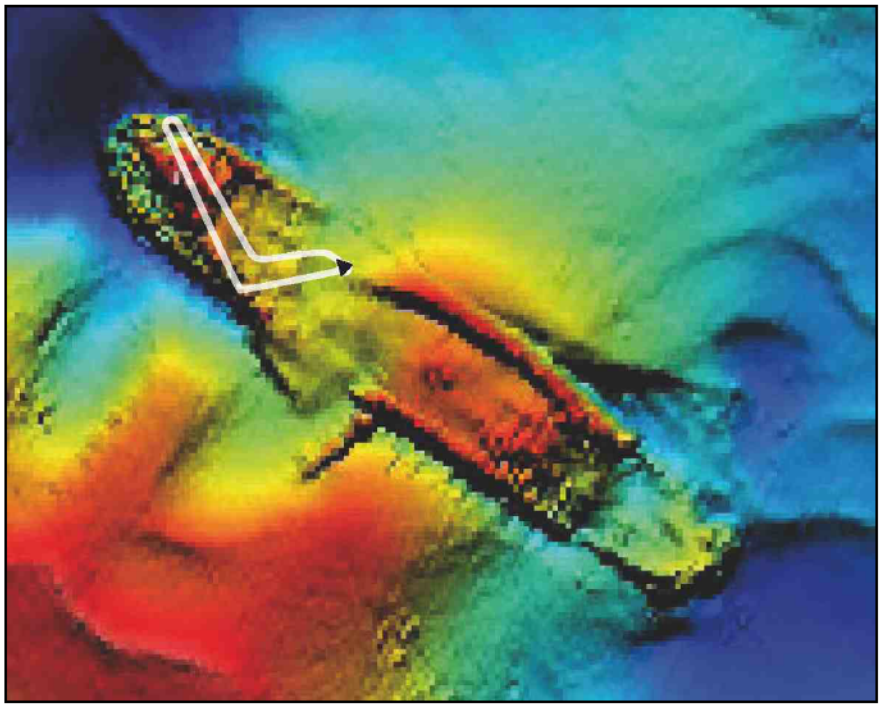
Er kan alleen gedoken worden met rustige omstandigheden op zee (tot ca 1,5 meter golfhoogte). De beslissing of een duik uitgevoerd kan worden wordt genomen door (in volgorde van zeggenschap): 1) De kapitein, 2) de duikploegleider, 3) de onderzoekers.

Bijlage 2 Multibeam sonar opnamen van de wrakken en de transecten

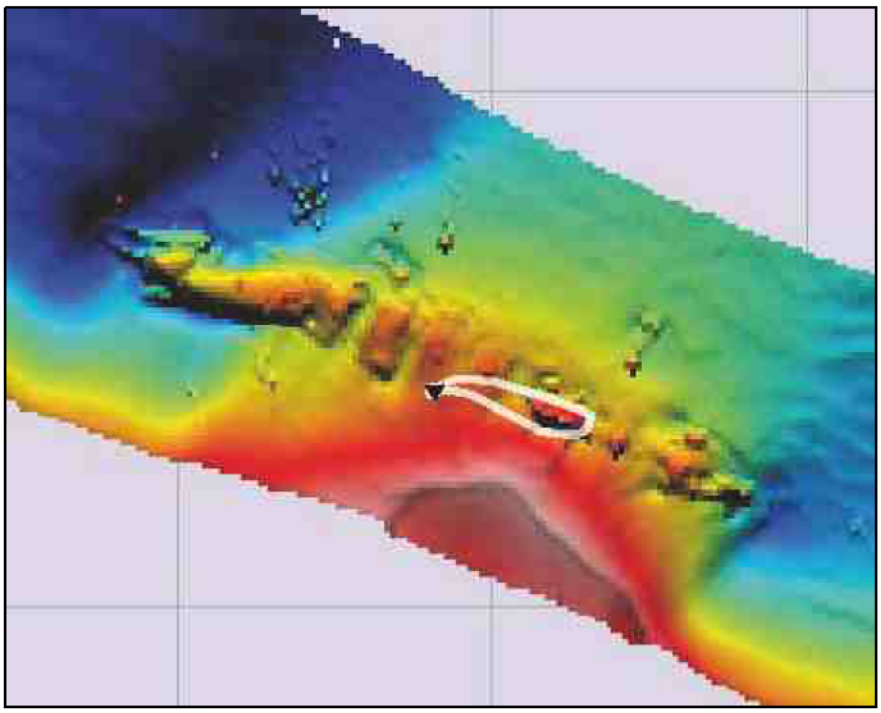
(van HMS Hogue en Christiaan Huygens zijn geen scans gemaakt)



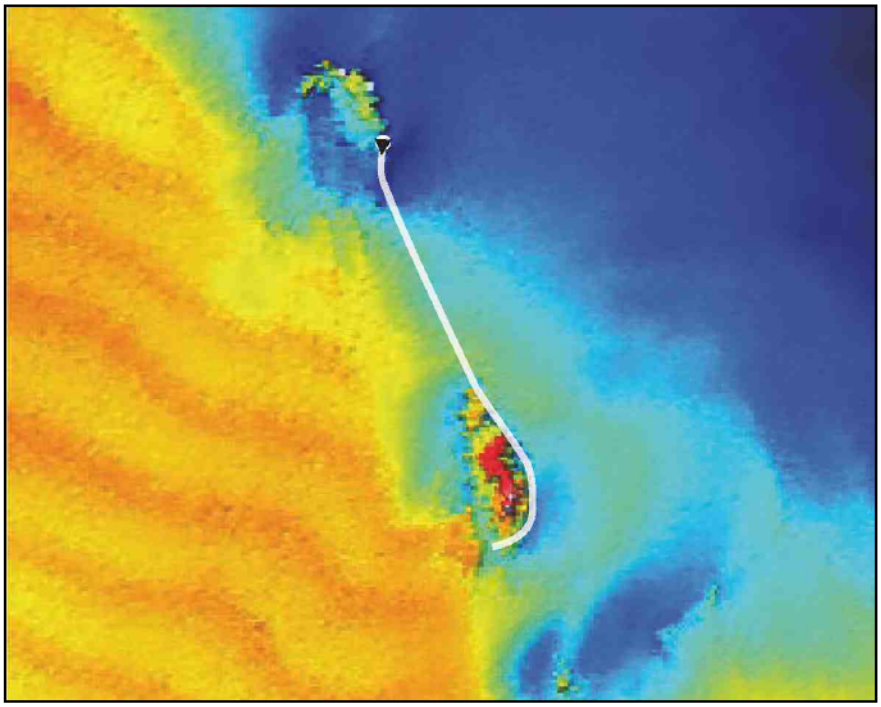
Tubantia SS (lengte 170 meter)



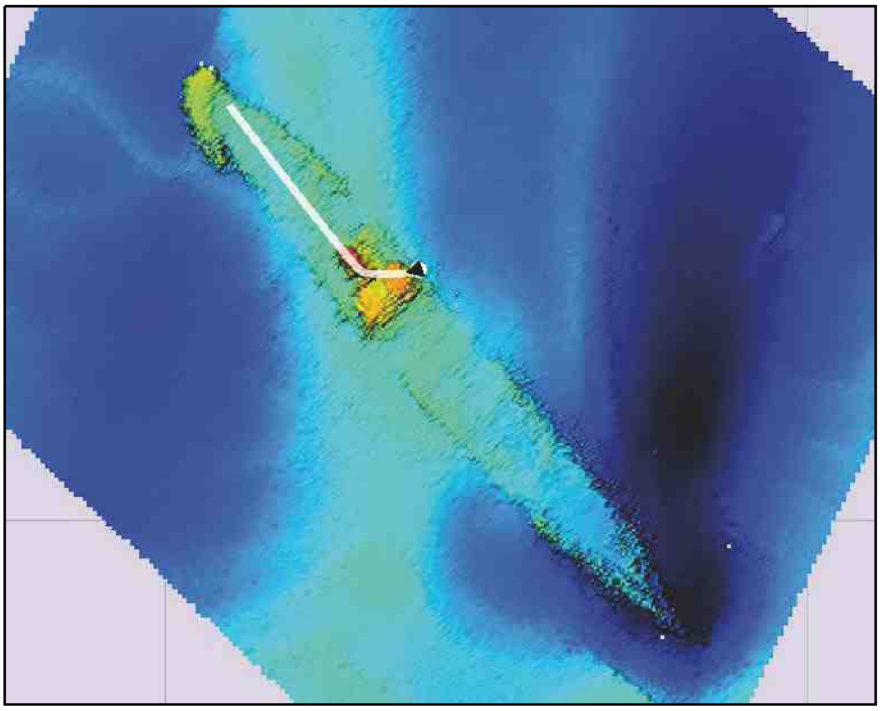
Klipper (lengte 75 meter)



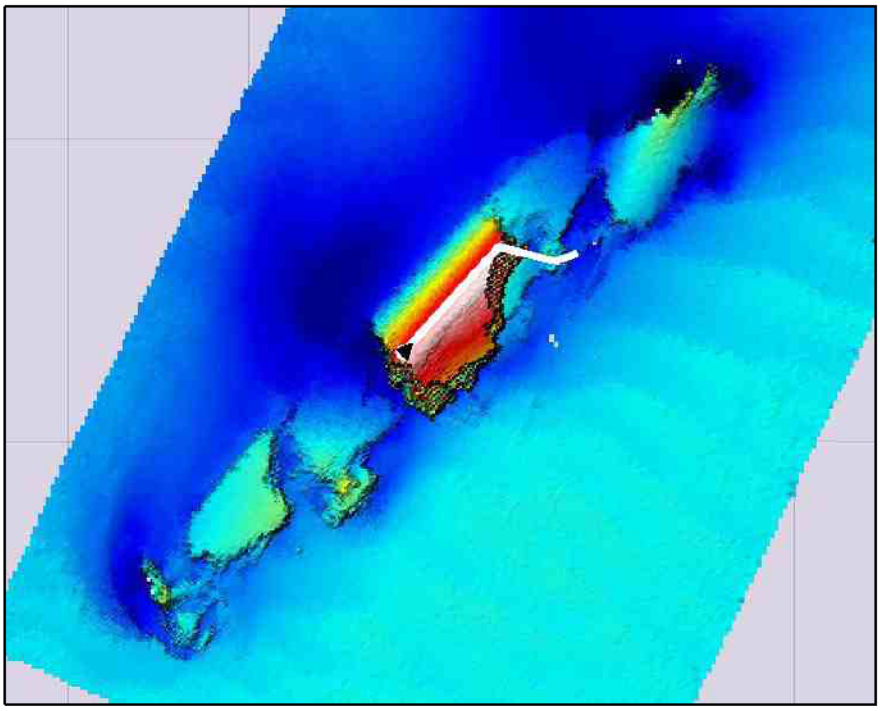
HMS Aboukir (lengte 130 meter)



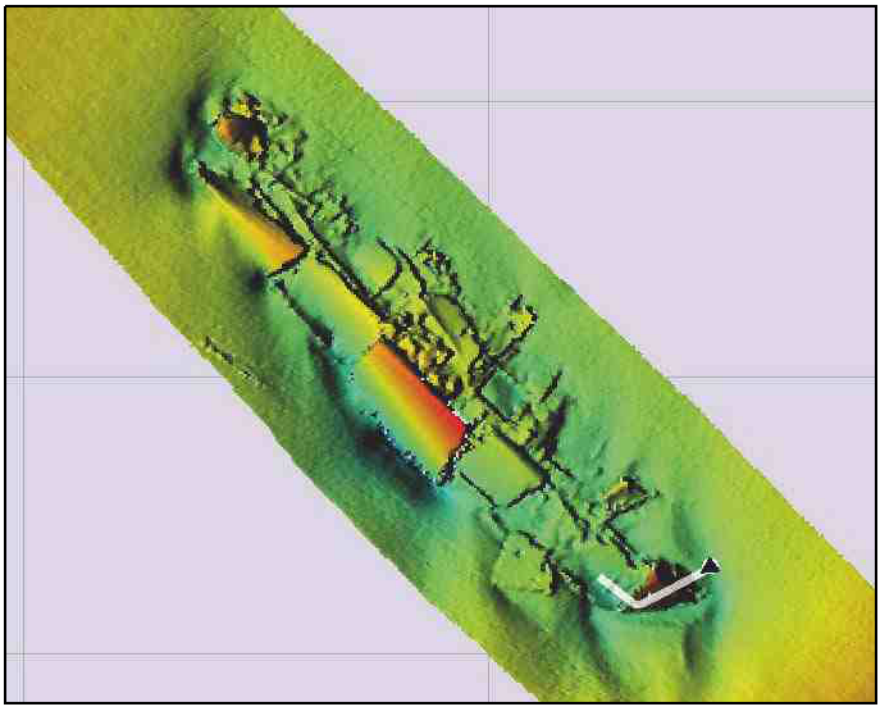
HMS Scott (lengte oorspronkelijk 100 meter, nu circa 50 meter)



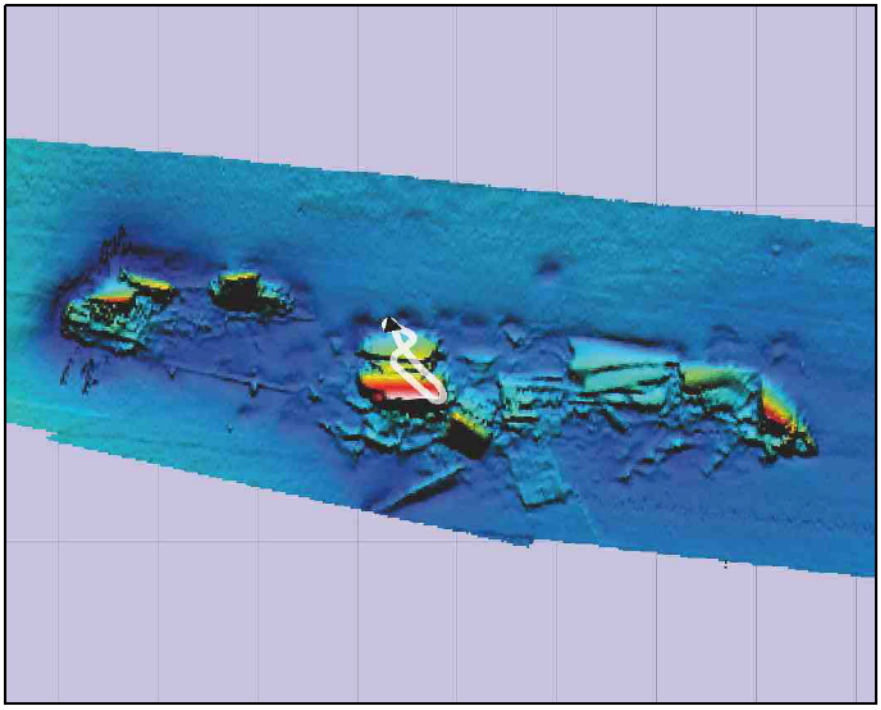
Poppetjeswrak (lengte 80 meter)



SS Nautilus (lengte 95 meter)



Victoria City (lengte 141 meter)



Amerskerk (lengte 144 meter)

Bijlage 3 Totaal soortenlijst huidige studie

Omschrijving	Order	Wetenschappelijke naam	Nederlandse naam	Observatie wijze (monster / zicht)	Tubantia	SS	Christiaan Huygens	Klipper	HMS Hogue	HMS Aboukir	HMS Scott	Poppetjes-wrak	SS Nautilus	Victoria City	Amerskerk	Aantal wrakken	
Wormen	Phyllodocida	*Eulalia viridis*		m	1		1	-	-	1	-	-	1	1	1	6	
	Phyllodocida	*Eunereis longissima*		m			1	1			1			1	1	7	
	Phyllodocida	*Glycera lapidum*		m												1	
	Phyllodocida	*Harmothoe clavigera*		m												4	
	Phyllodocida	*Harmothoe extenuata*		m	1		1	1	1	1			1	1	1	8	
	Phyllodocida	*Harmothoe imbricata*		m			1		1				1	1		3	
	Phyllodocida	*Harmothoe impar*		m	1			1								2	
	Phyllodocida	*Lepidonotus squamatus*	geschubde zeerups	m	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	
	Phyllodocida	*Nereis pelagica*		m	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	7	
	Phyllodocida	*Pholoe baltica*		m	1											1	
	Phyllodocida	*Phyllodoce maculata*	gestippelde diesellreinworm	m	1		1									1	
	Phyllodocida	*Phyllodoce mucosa*		m	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	4	
	Phyllodocida	*Procerastea nematodes*		m	1											1	
	Phyllodocida	*Prosphaerosyllis sp.*		m	1											1	
	Phyllodocida	*Syllis armillaris*		m	1			1	1	1			1	1	1	1	
	Phyllodocida	*Syllis gracilis*		m	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	7	
	Sabellida	*Ficopomatus enigmaticus*	trompet kalkkokerworm	z	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	
	Sabellida	*Sabella pavonina*	pauwkokerworm	m	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	
	Sabellida	*Sabellaria spinulosa*		m	1											1	
	Sabellida	*Spirobranchus triqueter*	driekantige kalkkokerworm	z	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	9	
	Spionida	*Aonides oxycephala*		m	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	
	Terebellida	*Cirratulus cirratus*		m	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	
	Terebellida	*Lanice conchilega*	scheijdkokerworm	zm	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	
Rondwormen	Enoplida	*Enoplus brevis*		m	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	
		Lineus longissimus	schoenveter worm	m	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	
		Nematoda		m	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	
		Nemertea sp indet		m	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	
Hoefijzerwormen	Monostilifera	*Oerstedia dorsalis*		m	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	
Platwormen	Fecampiida	*Fecampia sp*		m	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	
	Polycladida	*Leptoplana tremellaris*		m	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	
Spookkreeften	Amphipoda	*Caprella linearis*	wandelend geraamte	m	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	
	Amphipoda	*Caprella tuberculata*		m	1											1	
Kleine kreeftachtigen	Amphipoda	*Aora gracilis*		m	1			1	1	1	1	1	1	1	1	9	
	Amphipoda	*Gitana sarsi*		m	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	
	Amphipoda	*Jassa herdmani*	marmerkreeftje	zm	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	
	Amphipoda	*Lysianassa ceratina*		m	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	
	Amphipoda	*Metopa alderi*		m	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	
	Amphipoda	*Monocorophium acherusicum*		m	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	
	Amphipoda	*Monocorophium insidiosum*		m	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	
	Amphipoda	*Monocorophium sextonae*		m	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	
	Amphipoda	*Notodropis swammerdamei*		m	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	
	Amphipoda	*Phtisica marina*	teringlijdertje	m	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	
	Amphipoda	*Stenothoe marina*		m	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	
	Amphipoda	*Stenothoe monoculoides*		m	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	
	Amphipoda	*Stenothoe valida*		m	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	
	Amphipoda	*Typhosella sarsi*		m	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	
	Isopoda	*Janira maculosa*		m	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	
Zeepokken	Sessilia	*Austrominius modestus*	sterretje	m	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	
	Sessilia	*Balanus crenatus*	gekerfde zeepok	m	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	
	Sessilia	*Verruca stroemia*	ritspok	m	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	
Mosselkreeften	Podocopida	*Paradoxostoma sp.*		m	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	
Garnalen en aasgarnalen	Decapoda	*Eualus cranchii*	waaiersprietgarnaal	m	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	
	Decapoda	*Eualus occultus*		m	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	
	Decapoda	*Hippolyte varians*	veranderlijke steurgarnaal	m	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	
	Decapoda	*Pandalus montagui*	ringsprietgarnaal	z	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	
Grote kreeftachtigen	Decapoda	*Cancer pagurus*	Noordzeekrab	zm	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	
	Decapoda	*Galathea intermedia*	rugstreep oprolkreeft	z	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	
	Decapoda	*Homarus gammarus*	Europese zeekreeft	z	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	
	Decapoda	*Hyas araneus*	gewone spinkrab	z	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	
	Decapoda	*Hyas coarctatus*	rode spinkrab	m	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	
	Decapoda	*Liocarcinus holsatus*	gewone zwemkrab	zm	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	
	Decapoda	*Liocarcinus navigator*	gevlekte zwemkrab	m	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	
	Decapoda	*Liocarcinus pusillus*	kleine zwemkrab	m	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	
	Decapoda	*Macropodia parva*	hoogwagenkrab	zm	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	
	Decapoda	*Necora puber*	fluwelen zwemkrab	zm	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	
	Decapoda	*Pagurus bernhardus*	gewone heremietkreeft	zm	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	
	Decapoda	*Plumnus hirtellus*	ruig krabbetje	zm	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	
	Decapoda	*Pisidia longicornis*	porseleinkrabbetje	zm	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	
	Decapoda	*Processa modica modica*		m	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	
Mosdiertjes	Cheilostomatida	*Bugula stolonifera*		m	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	
	Cheilostomatida	*Conopeum reticulum*	zeekantwerk / zeevitrage	m	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	
	Cheilostomatida	*Electra pilosa*	harige vliescelpolikep	zm	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	
	Cheilostomatida	*Schizomavella linearis*		zm	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	

Omschrijving	Order	Wetenschappelijke naam	Nederlandse naam	Observatie wijze (monster / zicht)	Tubantia SS	Christiaan Huygens	Klipper	HMS Hogue	HMS Aboukir	HMS Scott	Poppetjes-wrak	SS Nautilus	Victoria City	Amerskerk	Aantal wrakken	
	Cheilostomatida	*Scruparia chelata*		m	--	--	--	--	–	–	–	1	–	–	1	
	Cheilostomatida	*Scrupocellaria scruposa*		m	1	1	--	1	–	1	1	1	–	–	6	
	Ctenostomatida	*Alcyonidioides mytili*		m	--	--	1	--	–	–	–	–	–	–	1	
	Ctenostomatida	*Alcyonidium parasiticum*	overwoekerend mosdiertje	m	--	--	--	--	–	–	–	1	–	–	1	
	Ctenostomatida	*Bowerbankia imbricata*		m	--	--	--	--	–	1	–	–	–	–	1	
	Cyclostomatida	*Plagioecia patina*		m	1	--	--	--	–	–	–	–	–	–	1	
Zakpijpen	Aplousobranchia	*Clavelina lepadiformis*	doorzichtige zakpijp	z	--	--	--	--	1	–	–	–	–	–	1	
	Aplousobranchia	*Didemnum vexillum*	druipzakpijp	z	--	--	1	--	–	–	–	–	–	–	1	
	Aplousobranchia	*Diplosoma listerianum*	grijze korstzakpijp	zm	--	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9	
	Stolidobranchia	*Molgula complanata*		m	--	--	--	1	–	1	–	–	–	–	2	
Zeeanemonen	Actiniaria	*Actinothoe sphyrodeta*	zeemargrietje	z	1	--	1	1	1	1	–	1	–	–	6	
	Actiniaria	*Diadumene cincta*	golfbrekeranemoon	z	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	
	Actiniaria	*Metridium senile*	zeeanjelier	zm	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	
	Actiniaria	*Sagartia elegans*	sierlijke slibanemoon	z	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	
	Actiniaria	*Sagartia troglodytes*	slibanemoon	z	1	1	--	--	–	1	1	1	–	–	5	
	Actiniaria	*Urticina felina*	zeedahlia	zm	1	--	1	--	–	–	–	1	–	–	3	
	Alcyonacea	*Alcyonium digitatum*	dodemansduim	m	1	--	--	--	–	–	–	–	–	–	1	
Kwallen en hydroidpoliepen	Anthoathecata	*Bimeria vestita*		m	--	--	--	--	–	–	1	–	–	–	1	
	Anthoathecata	*Ectopleura larynx*	gorgelpijp	zm	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	
	Anthoathecata	*Hydractinia echinata*	ruwe zeerasp	zm	--	1	1	--	1	1	1	1	1	–	7	
	Anthoathecata	*Tubularia indivisa*	penneschaft	zm	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	
	Leptothecata	*Clytia hemisphaerica*	kleine klokpoliep	m	--	1	--	--	–	1	–	–	1	1	4	
	Leptothecata	*Hydrallmania falcata*	gekromde zeeborstel	m	1	--	--	--	–	–	–	–	–	–	1	
	Leptothecata	*Obelia bidentata*		zm	--	1	--	--	–	1	–	–	–	–	2	
	Leptothecata	*Obelia dichotoma*	zeedraad	m	--	--	--	--	–	1	–	1	–	–	2	
	Leptothecata	*Obelia longissima*	lange zeedraad	m	--	--	--	--	–	–	–	–	1	1	2	
	Leptothecata	*Sertularia cupressina*	zeecypres	m	--	--	--	--	–	–	–	1	1	–	2	
	Semaeostomeae	*Chrysaora hysoscella*	kompaskwal	z	--	--	--	--	–	–	–	–	–	1	1	
	Semaeostomeae	*Cyanea lamarckii*	blauwe haarkwal	z	--	--	--	1	–	–	–	–	–	–	1	
Stekelhuidigen	Camarodonta	*Psammechinus miliaris*	gewone zeeappel	zm	1	1	1	1	1	1	–	1	–	–	7	
	Forcipulatida	*Asterias rubens*	gewone zeester	zm	1	1	1	1	1	1	–	1	1	1	9	
	Ophiurida	*Amphipholis squamata*	levendbarende slangster	m	1	--	--	--	–	–	1	–	1	–	3	
	Ophiurida	*Ophiothrix fragilis*	brokkelster	zm	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	
	Ophiurida	*Ophiura ophiura*	gewone slangster	z	--	--	--	1	–	1	–	–	–	–	2	
	Spatangoida	*Echinocardium cordatum*	hartegel	zm	--	--	--	–	–	1	–	1	–	–	2	
Twee-kleppigen	Euheterodonta	*Ensis sp.*	zwaardschede (onb)	zm	--	--	--	1	–	–	–	1	–	–	2	
	Myoida	*Sphenia binghami*	kleine gaper	m	1	--	--	--	–	–	–	–	–	–	1	
	Mytiloida	*Mytilus edulis*	mossel	zm	1	1	1	1	1	1	–	1	1	1	9	
	Ostreoida	*Crassostrea gigas*	Japanse oester	z	--	1	--	--	–	–	–	–	–	–	1	
	Pectinoida	*Aequipecten opercularis*	wijde mantel	zm	1	--	1	--	–	–	–	–	–	–	2	
	Pectinoida	*Heteranomia squamula*	schilferige dekschelp	m	1	--	--	1	–	–	–	–	–	–	2	
	Veneroida	*Cerastoderma edule*	kokkel	m	--	1	--	--	–	–	–	–	–	–	1	
	Veneroida	*Chamelea striatula*	venusschelp	m	--	--	--	--	–	–	–	1	–	–	1	
	Veneroida	*Donax vittatus*	gewoon zaagje	m	--	--	--	--	–	–	–	1	–	–	1	
	Veneroida	*Kellia suborbicularis*	holteschelp	m	1	--	--	--	1	–	–	1	–	1	4	
	Veneroida	*Spisula elliptica*	ovale strandschelp	m	--	--	--	--	–	–	–	1	–	–	1	
	Veneroida	*Spisula subtruncata*	halfgeknotte strandschelp	m	--	--	--	–	–	–	–	1	–	–	1	
	Veneroida	*Tellimya ferruginosa*	ovale zeeklitschelp	m	--	--	--	--	–	–	–	1	–	–	1	
	Veneroida	*Venerupis corrugata*	tapijtschelp	m	--	--	1	--	–	–	–	1	–	–	2	
Huisjesslakken	Caenogastropoda	*Cerithiopsis tubercularis*	bruin sponshoorntje	m	--	--	--	--	–	–	–	1	–	–	1	
	Caenogastropoda	*Epitonium clathratulum*	witte wenteltrap	m	--	--	--	1	–	–	–	–	–	–	1	
	Littorinimorpha	*Crepidula fornicata*	muiltje	m	1	--	--	--	–	–	–	–	–	–	1	
	Littorinimorpha	*Crisilla semistriata*	gestreepte traliedrijfhoren	m	1	--	--	--	–	–	–	–	–	–	1	
	Littorinimorpha	*Euspira nitida*	glanzende tepelhoorn	m	--	--	--	1	–	–	–	–	–	–	1	
	Littorinimorpha	*Trivia arctica*	ongevlekt koffieboontje	z	--	--	--	–	1	–	1	–	–	–	2	
	Littorinimorpha	*Trivia monacha*	gevlekt koffieboontje	zm	--	--	--	1	–	–	–	–	–	–	1	
	Neogastropoda	*Nassarius incrassatus*	verdikte fuikhoorn	m	1	--	--	--	–	–	–	–	–	–	1	
Zeenaaktslakken	Nudibranchia	*Aeolidia papillosa*	grote viokslak	zm	1	1	1	1	1	–	–	1	1	1	8	
	Nudibranchia	*Cuthona gymnota*	gorgelpijp-knotsslak	m	1	--	--	--	1	–	–	1	1	1	5	
	Nudibranchia	*Dendronotus frondosus*	boompjesslak	zm	--	--	--	–	–	–	–	–	1	1	2	
	Nudibranchia	*Doris pseudoargus*	citroenslak	z	--	--	1	--	–	–	1	–	–	–	2	
	Nudibranchia	*Eubranchus sp.*		m	--	1	--	--	–	–	–	–	–	–	1	
	Nudibranchia	*Facelina bostoniensis*	brede ringsprietslak	m	1	--	--	--	–	–	–	–	1	1	3	
	Nudibranchia	*Limacia clavigera*	wrattige mosdierslak	m	--	--	--	1	–	–	–	–	–	–	1	
Vissen	Gadiformes	*Ciliata mustela*	vijfdradige meun	z	--	--	--	--	1	–	–	–	–	–	1	
	Gadiformes	*Gadus morhua*	kabeljauw	z	1	--	1	--	1	1	–	–	1	1	6	
	Gadiformes	*Merlangius merlangus*	wijting	z	1	--	--	--	–	1	1	–	–	–	3	
	Gadiformes	*Pollachius pollachius*	pollak	z	1	--	--	--	–	–	–	–	–	–	1	
	Gadiformes	*Raniceps raninus*	vorskwab	z	--	--	--	–	–	1	–	–	–	–	1	
	Gadiformes	*Trisopterus luscus*	steenbolk	z	1	--	1	1	1	1	1	1	–	–	7	
	Perciformes	*Ctenolabrus rupestris*	kliplipvis	z	--	--	--	1	–	–	–	–	–	–	1	
	Perciformes	*Mullus surmuletus*	mul	z	--	--	--	1	–	–	–	–	1	–	2	

Omschrijving	Order	Wetenschappelijke naam	Nederlandse naam	Observatie wijze (monster / zicht)	Tubantia SS	Christiaan Huygens	Klipper	HMS Hogue	HMS Aboukir	HMS Scott	Poppetjes-wrak	SS Nautilus	Victoria City	Amerskerk	Aantal wrakken	
	Perciformes	*Parablennius gattorugine*	gehoornde slijmvis	z	1	1	–	–	–	–	–	–	1	–	3	
	Perciformes	*Pholis gunnellus*	botervis	z	1	–	–	–	1	1	–	–	–	1	4	
	Perciformes	*Pomatoschistus sp.*	grondel	z	1	–	1	–	1	1	1	1	1	1	8	
	Perciformes	*Thorogobius ephippiatus*	luipaardgrondel	z	1	–	–	1	1	–	–	–	–	–	3	
	Perciformes	*Trachurus trachurus*	horsmakreel	z	1	–	–	–	–	–	–	–	–	–	1	
	Pleuronectiformes	*Microstomus kitt*	tongschar	z	1	–	–	–	–	1	1	1	–	–	4	
	Pleuronectiformes	*Pleuronectes platessa*	schol	z	–	–	–	–	1	–	–	–	–	–	1	
	Scorpaeniformes	*Chelidonichthys lucerna*	rode poon	z	–	–	1	–	–	–	–	–	–	–	1	
	Scorpaeniformes	*Myoxocephalus scorpius*	gewone zeedonderpad	z	–	–	–	–	–	1	–	–	1	–	2	
	Scorpaeniformes	*Taurulus bubalis*	groene zeedonderpad	z	–	–	1	–	1	1	1	1	1	1	7	
Sponsen	Hadromerida	*Suberites domuncula*		zm	–	–	–	–	–	–	1	1	–	–	2	
	Halichondrida	*Halichondria (Halichondria) bowerbanki*	sliertige broodspons	zm	–	–	–	–	–	1	1	1	–	–	3	
	Halichondrida	*Halichondria (Halichondria) panicea*	gewone broodspons	zm	1	1	1	–	1	1	1	1	1	1	9	
	Halichondrida	*Hymeniacidon perlevis*	oranje kraterkorstspons	zm	1	–	–	–	–	–	–	–	1	1	3	
	Haplosclerida	*Haliclona (Halidona) oculata*	geweispons	zm	1	–	–	–	–	–	–	–	–	–	1	
	Leucosolenida	*Leucosolenia variabilis*	witte buisjesspons	m	–	–	–	1	–	–	–	1	1	–	3	
	Leucosolenida	*Sycon ciliatum*	gewone zakspons	zm	–	–	–	1	1	1	–	1	1	1	6	
	Poecilosclerida	*Myxilla (Myxilla) rosacea*		m	–	–	–	1	–	–	1	1	–	–	3	
Trilhaardiertjes		Suctoria	trilhaardiertje	m	–	–	–	–	–	1	–	–	–	–	1	
Foraminiferen	Spirillinida	*Spirillina vivipara*	foraminifeer	m	–	–	–	–	–	1	–	–	–	–	1	

Bijlage 4 Totaal soortenlijst Nederlandse wrakken

Omschrijving	Order	Wetenschappelijke naam	Nederlandse naam	onderzoek 2013	onderzoek jaren 80/90	vrijwilligers data
Wormen	Phyllodocida	*Alitta virens*		--	--	*1*
	Phyllodocida	*Eulalia viridis*		*1*	--	--
	Phyllodocida	*Eunereis longissima*		*1*	--	--
	Phyllodocida	*Glycera lapidum*		*1*	--	--
	Phyllodocida	*Harmothoe clavigera*		*1*	--	--
	Phyllodocida	*Harmothoe extenuata*		*1*	--	--
	Phyllodocida	*Harmothoe imbricata*		*1*	--	--
	Phyllodocida	*Harmothoe impar*		*1*	*1*	--
	Phyllodocida	*Lepidonotus clava*		--	--	*1*
	Phyllodocida	*Lepidonotus squamatus*	geschubde zeerups	*1*	*1*	*1*
	Phyllodocida	*Nereis pelagica*		*1*	*1*	*1*
	Phyllodocida	*Pholoe baltica*		*1*	--	--
	Phyllodocida	*Phyllodoce maculata*		*1*	*1*	*1*
	Phyllodocida	*Phyllodoce mucosa*		*1*	--	--
	Phyllodocida	*Procerastea nematodes*		*1*	--	--
	Phyllodocida	*Prosphaerosyllis*		*1*	--	--
	Phyllodocida	*Syllis armillaris*		*1*	--	--
	Phyllodocida	*Syllis gracilis*		*1*	--	--
	Phyllodocida	*Syllis hyalina*		--	*1*	--
	Sabellida	*Bispira volutacornis*		--	--	*1*
	Sabellida	*Ficopomatus enigmaticus*	trompet kalkkokerworm	*1*	--	--
	Sabellida	*Myxicola infundibulum*		--	--	*1*
	Sabellida	*Sabella pavonina*	pauwkokerworm	*1*	--	*1*
	Sabellida	*Sabellaria spinulosa*		*1*	--	--
	Sabellida	*Spirobranchus triqueter*	driekantige kalkkokerworm	*1*	*1*	*1*
	Spionida	*Aonides oxycephala*		*1*	--	--
	Terebellida	*Cirratulus cirratus*		*1*	--	--
	Terebellida	*Lagis koreni*	goudkammetje	--	*1*	*1*
	Terebellida	*Lanice conchilega*	schelpkokerworm	*1*	*1*	*1*
Rondwormen		*Lineus longissimus*	schoenveter worm	*1*	--	*1*
		Nematoda		*1*	--	--
		Nemertea sp indet		*1*	--	*1*
	Enoplida	*Enoplus brevis*		*1*	--	--
Hoefijzerwormen	Monostilifera	*Oerstedia dorsalis*		*1*	--	--
		Phoronis hippocrepia		--	--	*1*
Platwormen	Fecampiida	*Fecampia*		*1*	--	--
	Polycladida	*Leptoplana tremellaris*		*1*	--	--
Spookkreeften	Amphipoda	*Caprella equilibra*		--	--	*1*
	Amphipoda	*Caprella linearis*	wandelend geraamte	*1*	*1*	*1*
	Amphipoda	*Caprella tuberculata*		*1*	--	--
Kleine kreeftachtigen	Amphipoda	*Aora gracilis*		*1*	--	--
	Amphipoda	*Gitana sarsi*		*1*	--	--
	Amphipoda	*Hyperia galba*		--	--	*1*
	Amphipoda	*Jassa herdmani*		*1*	--	--
	Amphipoda	*Lysianassa ceratina*		*1*	--	--
	Amphipoda	*Metopa alderi*		*1*	--	--
	Amphipoda	*Monocorophium acherusicum*		*1*	*1*	--
	Amphipoda	*Monocorophium insidiosum*		*1*	--	--
	Amphipoda	*Monocorophium sextonae*		*1*	*1*	--
	Amphipoda	*Nototropis swammerdamei*		*1*	--	--
	Amphipoda	*Pariambus typicus*		--	*1*	--
	Amphipoda	*Phtisica marina*		*1*	*1*	--
	Amphipoda	*Stenothoe marina*		*1*	--	--
	Amphipoda	*Stenothoe monoculoides*		*1*	*1*	--
	Amphipoda	*Stenothoe valida*		*1*	*1*	--
	Amphipoda	*Tryphosella sarsi*		*1*	--	--
	Isopoda	*Janira maculosa*		*1*	*1*	--
Zeespin	Pantopoda	*Pycnogonum litorale*		--	--	*1*
	Pycnogonida	*Nymphon brevirostre*	rode zeespin	--	*1*	--
Mosselkreeften	Podocopida	Paradoxostoma		*1*	--	--
Zeepokken	Sessilia	*Austrominius modestus*		*1*	--	--
	Sessilia	*Balanus balanus*		--	--	*1*
	Sessilia	*Balanus crenatus*	gekerfde zeepok	*1*	--	*1*
	Sessilia	*Verruca stroemia*	ritspok	*1*	--	--
Garnalen en aasgarnalen	Decapoda	*Crangon crangon*	Noordzeegarnaal	--	--	*1*
	Decapoda	*Eualus cranchii*	waaiersprietgarnaal	*1*	--	--
	Decapoda	*Eualus occultus*		*1*	--	--
	Decapoda	*Hippolyte varians*	veranderlijke steurgarnaal	*1*	*1*	*1*
	Decapoda	*Palaemon adspersus*	roodsprietgarnaal	--	--	*1*
	Decapoda	*Palaemon elegans*	gewone steurgarnaal	--	--	*1*
	Decapoda	*Pandalina brevirostris*	zadelgarnaal	--	*1*	--
	Decapoda	*Pandalus montagui*	ringsprietgarnaal	*1*	*1*	*1*
Grote kreeftachtigen	Decapoda	*Cancer pagurus*	Noordzeekrab	*1*	*1*	*1*
	Decapoda	*Carcinus maenas*	strandkrab	--	--	*1*
	Decapoda	*Corystes cassivelaunus*	helmkrab	--	--	*1*
	Decapoda	*Diogenes pugilator*	boksertje	--	--	*1*
	Decapoda	*Galathea intermedia*	rugstreep oprolkreeft	*1*	--	*1*
	Decapoda	*Galathea squamifera*		--	*1*	*1*
	Decapoda	*Galathea strigosa*		--	--	*1*
	Decapoda	*Hemigrapsus sanguineus*	blaasjeskrab	--	--	*1*
	Decapoda	*Hemigrapsus takanoi*		--	--	*1*
	Decapoda	*Homarus gammarus*	Europese zeekreeft	*1*	--	*1*
	Decapoda	*Hyas araneus*	gewone spinkrab	*1*	*1*	*1*

Omschrijving	Order	Wetenschappelijke naam	Nederlandse naam	onderzoek 2013	onderzoek jaren 80/90	vrijwilligers data
	Decapoda	*Hyas coarctatus*	rode spinkrab	1	1	1
	Decapoda	*Inachus phalangium*	gladde sponspootkrab	--	1	1
	Decapoda	*Liocarcinus depurator*	blauwpootzwemkrab	--	--	1
	Decapoda	*Liocarcinus holsatus*	gewone zwemkrab	1	1	1
	Decapoda	*Liocarcinus navigator*	gewimperde zwemkrab	1	--	1
	Decapoda	*Liocarcinus pusillus*	kleine zwemkrab	1	1	1
	Decapoda	*Macropodia parva*	hooiwagenkrab	1	1	--
	Decapoda	*Macropodia rostrata*	hooiwagenkrab	--	1	1
	Decapoda	*Macropodia tenuirostris*	grote hooiwagenkrab	--	1	1
	Decapoda	*Necora puber*	fluwelen zwemkrab	1	1	1
	Decapoda	*Pagurus bernhardus*	gewone heremietkreeft	1	1	1
	Decapoda	*Pagurus cuanensis*	harige heremietkreeft	--	--	1
	Decapoda	*Philocheras trispinosus*		--	1	--
	Decapoda	*Pilumnus hirtellus*	ruig krabbetje	1	1	1
	Decapoda	*Pisidia longicornis*	porceleinkrabbetje	1	1	1
	Decapoda	*Processa modica modica*		1	--	--
Mosdiertjes	Cheilostomatida	*Bicellariella ciliata*		--	1	--
	Cheilostomatida	*Bugula plumosa*	hoorncelpoliep	--	1	1
	Cheilostomatida	*Bugula simplex*		--	--	1
	Cheilostomatida	*Bugula stolonifera*		1	1	--
	Cheilostomatida	*Bugula turbinata*		--	1	--
	Cheilostomatida	*Celleporina caliciformis*		--	--	1
	Cheilostomatida	*Conopeum reticulum*	zeekantwerk / zeevitrage	1	1	--
	Cheilostomatida	*Cryptosula pallasiana*		--	--	1
	Cheilostomatida	*Electra pilosa*	harige vliescelpoliep	1	1	1
	Cheilostomatida	*Flustra foliacea*		--	1	1
	Cheilostomatida	*Membranipora membranacea*	fijne vliescelpoliep	--	1	1
	Cheilostomatida	*Schizomavella linearis*		1	1	--
	Cheilostomatida	*Scruparia chelata*		1	--	--
	Cheilostomatida	*Scrupocellaria scruposa*		1	1	--
	Ctenostomatida	*Alcyonidioides mytili*		1	--	--
	Ctenostomatida	*Alcyonidium parasiticum*	overwoekerend mosdiertje	1	--	--
	Ctenostomatida	*Bowerbankia imbricata*		1	--	--
	Cyclostomatida	*Plagioecia patina*		1	--	--
Zakpijpen	Aplousobranchia	*Aplidium glabrum*		--	1	1
	Aplousobranchia	*Clavelina lepadiformis*	doorzichtige zakpijp	1	--	1
	Aplousobranchia	*Didemnum maculosum*		--	1	--
	Aplousobranchia	*Didemnum vexillum*	druipzakpijp	1	1	1
	Aplousobranchia	*Diplosoma listerianum*	grijze korstzakpijp	1	1	1
	Phlebobranchia	*Ascidia mentula*		--	--	1
	Phlebobranchia	*Ascidiella aspersa*	ruwe zakpijp	--	1	--
	Phlebobranchia	*Ascidiella scabra*		--	--	1
	Phlebobranchia	*Ciona intestinalis*	doorzichtige zakpijp	--	--	1
	Stolidobranchia	*Botryllus schlosseri*	paarse geleikorst	--	1	--
	Stolidobranchia	*Dendrodoa grossularia*		--	--	1
	Stolidobranchia	*Halocynthia papillosa*		--	--	1
	Stolidobranchia	*Molgula complanata*		1	--	--
Zeeanemonen	Actiniaria	*Actinia equina*	paardenanemoon	--	--	1
	Actiniaria	*Actinothoe sphyrodeta*	zeemargrietje	1	1	1
	Actiniaria	*Diadumene cincta*	golfbrekeranemoon	1	1	1
	Actiniaria	*Diadumene lineata*	groene golfbrekeranemoon	--	--	1
	Actiniaria	*Metridium senile*	zeeanjelier	1	1	1
	Actiniaria	*Sagartia elegans*	sierlijke slibanemoon	1	1	1
	Actiniaria	*Sagartia troglodytes*	slibanemoon	1	1	1
	Actiniaria	*Sagartiogeton undatus*	weduweroos	--	1	1
	Actiniaria	*Urticina felina*	zeedahlia	1	1	1
	Alcyonacea	*Alcyonium digitatum*	dodemansduim	1	1	1
Kwallen en hydroidpoliepen	Anthoathecata	*Bimeria vestita*		1	--	--
	Anthoathecata	*Ectopleura larynx*	gorgelpijp	1	1	1
	Anthoathecata	*Hybocodon prolifer*		--	1	1
	Anthoathecata	*Hydractinia echinata*	ruwe zeerasp	1	1	1
	Anthoathecata	*Neoturris pileata*		--	--	1
	Anthoathecata	*Sarsia tubulosa*	klepelklokje	--	--	1
	Anthoathecata	*Tubularia indivisa*	penneschaft	1	1	1
	Ceriantharia	*Cerianthus lloydii*		--	--	1
	Corallimorpharia	*Corynactis viridis*		--	--	1
	Leptothecata	*Abietinaria abietina*	zeedennetje	--	1	--
	Leptothecata	*Clytia hemisphaerica*	kleine klokpoliep	1	--	--
	Leptothecata	*Halecium halecinum*		--	--	1
	Leptothecata	*Hydrallmania falcata*	gekromde zeeborstel	1	1	--
	Leptothecata	*Kirchenpaueria pinnata*		--	--	1
	Leptothecata	*Laomedea flexuosa*	bochtige klokpoliep	--	1	--
	Leptothecata	*Obelia bidentata*	tweetandschelpje	1	--	--
	Leptothecata	*Obelia dichotoma*	lange zeedraad	1	--	1
	Leptothecata	*Obelia geniculata*	geknoopte zeedraad	--	--	1
	Leptothecata	*Obelia longissima*	lange zeedraad	1	--	--
	Leptothecata	*Sertularella gayi*		--	--	1
	Leptothecata	*Sertularia cupressina*	zeecypres	1	1	1
	Limnomedusae	*Gonionemus vertens*	Japanse kruiskwal	--	--	1
	Semaeostomeae	*Aurelia aurita*	oorkwal	--	1	1
	Semaeostomeae	*Chrysaora hysoscella*	kompaskwal	1	--	1
	Semaeostomeae	*Cyanea capillata*		--	--	1
	Semaeostomeae	*Cyanea lamarckii*	blauwe haarkwal	1	--	1

Omschrijving	Order	Wetenschappelijke naam	Nederlandse naam	onderzoek 2013	onderzoek jaren 80/90	vrijwilligers data
Stekelhuidigen	Camarodonta	*Psammechinus miliaris*	gewone zeeappel	*1*	*1*	*1*
	Forcipulatida	*Asterias rubens*	gewone zeester	*1*	*1*	*1*
	Ophiurida	*Amphipholis squamata*	levendbarende slangenster	*1*	--	--
	Ophiurida	*Ophiothrix fragilis*	brokkelster	*1*	*1*	*1*
	Ophiurida	*Ophiura albida*		--	--	*1*
	Ophiurida	*Ophiura ophiura*	gewone slangster	*1*	*1*	*1*
	Spatangoida	*Echinocardium cordatum*	hartegel	*1*	--	*1*
	Spatangoida	*Spatangus purpureus*	purperen zeeklit	--	--	*1*
Huisjesslakken		*Gibbula cineraria*		--	--	*1*
	Caenogastropoda	*Cerithiopsis tubercularis*	bruin sponshoorntje	*1*	--	--
	Caenogastropoda	*Epitonium clathratulum*	witte wenteltrap	*1*	--	--
	Littorinimorpha	*Crepidula fornicata*	muiltje	*1*	--	*1*
	Littorinimorpha	*Crisilla semistriata*	gestreepte traliedrijfhoren	*1*	--	--
	Littorinimorpha	*Euspira catena*		--	--	*1*
	Littorinimorpha	*Euspira nitida*	glanzende tepelhoorn	*1*	--	*1*
	Littorinimorpha	*Lamellaria perspicua*	groot glasmuiltje	--	*1*	--
	Littorinimorpha	*Simnia patula*		--	--	*1*
	Littorinimorpha	*Trivia arctica*	ongevlekt koffieboontje	*1*	--	*1*
	Littorinimorpha	*Trivia monacha*	gevlekt koffieboontje	*1*	*1*	--
	Neogastropoda	*Buccinum undatum*		--	*1*	*1*
	Neogastropoda	*Nassarius incrassatus*	verdikte fuikhoorn	*1*	*1*	--
Zeenaaktslakken	Nudibranchia	*Acanthodoris pilosa*		--	--	*1*
	Nudibranchia	*Aeolidia papillosa*	grote vlokslak	*1*	*1*	*1*
	Nudibranchia	*Cadlina laevis*		--	--	*1*
	Nudibranchia	*Cratena lineata*		--	--	*1*
	Nudibranchia	*Cuthona gymnota*	gorgelpijp-knotsslak	*1*	*1*	*1*
	Nudibranchia	*Cuthona nana*		--	*1*	*1*
	Nudibranchia	*Dendronotus frondosus*	boompjesslak	*1*	*1*	*1*
	Nudibranchia	*Doris pseudoargus*	citroenslak	*1*	--	*1*
	Nudibranchia	*Doto coronata*		--	--	*1*
	Nudibranchia	*Eubranchus*		*1*	*1*	--
	Nudibranchia	*Facelina bostoniensis*	brede ringsprietslak	*1*	--	*1*
	Nudibranchia	*Favorinus blianus*		--	--	*1*
	Nudibranchia	*Flabellina lineata*		--	--	*1*
	Nudibranchia	*Flabellina pedata*		--	--	*1*
	Nudibranchia	*Flabellina verrucosa*		--	--	*1*
	Nudibranchia	*Geitodoris planata*		--	--	*1*
	Nudibranchia	*Goniodoris castanea*		--	*1*	--
	Nudibranchia	*Janolus cristatus*		--	--	*1*
	Nudibranchia	*Janolus hyalinus*		--	--	*1*
	Nudibranchia	*Limacia clavigera*		*1*	*1*	*1*
	Nudibranchia	*Polycera faeroensis*	breedkop harlekijnslak	--	--	*1*
	Nudibranchia	*Polycera quadrilineata*	harlekijnslak	--	*1*	--
	Nudibranchia	*Tergipes tergipes*		--	--	*1*
	Nudibranchia	*Tritonia plebeia*	kleine tritonia	--	--	*1*
Twee-kleppigen	Euheterodonta	*Ensis*	zwaardschede (onb)	*1*	--	*1*
	Euheterodonta	*Hiatella arctica*		--	--	*1*
	Myoida	*Sphenia binghami*	kleine gaper	*1*	*1*	--
	Mytiloida	*Mytilus edulis*	mossel	*1*	*1*	*1*
	Ostreoida	*Crassostrea gigas*	Japanse oester	*1*	--	*1*
	Ostreoida	*Ostrea edulis*	Europese oester	--	*1*	*1*
	Pectinoida	*Aequipecten opercularis*	wijde mantel	*1*	*1*	*1*
	Pectinoida	*Anomia ephippium*		--	*1*	--
	Pectinoida	*Heteranomia squamula*	schilferige dekschelp	*1*	--	--
	Pectinoida	*Mimachlamys varia*		--	*1*	*1*
	Veneroida	*Angulus fabula*		--	--	*1*
	Veneroida	*Cerastoderma edule*	kokkel	*1*	--	--
	Veneroida	*Chamelea striatula*	venusschelp	*1*	--	--
	Veneroida	*Donax vittatus*	gewoon zaagje	*1*	--	--
	Veneroida	*Kellia suborbicularis*	holteschelp	*1*	--	--
	Veneroida	*Spisula elliptica*	ovale strandschelp	*1*	--	--
	Veneroida	*Spisula subtruncata*	halfgeknotte strandschelp	*1*	--	--
	Veneroida	*Tellimya ferruginosa*	ovale zeeklitschelp	*1*	--	--
	Veneroida	*Venerupis corrugata*	tapijtschelp	*1*	*1*	--
Inktvissen	Sepiolida	*Sepiola atlantica*	dwerginktvis	--	--	*1*
	Myopsida	*Alloteuthis subulata*		--	*1*	*1*
	Myopsida	*Loligo*	pijlinktvis	--	*1*	--
Vissen	Atheriniformes	*Atherina presbyter*	koornaarvis	--	--	*1*
	Carcharhiniformes	*Scyliorhinus canicula*	hondshaai	--	--	*1*
	Gadiformes	*Ciliata mustela*	vijfdradige meun	*1*	--	*1*
	Gadiformes	*Gadus morhua*	kabeljauw	*1*	*1*	*1*
	Gadiformes	*Gaidropsarus vulgaris*	driedradige meun	--	*1*	*1*
	Gadiformes	*Merlangius merlangus*	wijting	*1*	*1*	*1*
	Gadiformes	*Molva molva*	leng	--	--	*1*
	Gadiformes	*Pollachius pollachius*	pollak	*1*	*1*	*1*
	Gadiformes	*Pollachius virens*	koolvis	--	*1*	*1*
	Gadiformes	*Raniceps raninus*	vorskwab	*1*	--	*1*
	Gadiformes	*Trisopterus luscus*	steenbolk	*1*	*1*	*1*
	Gadiformes	*Trisopterus minutus*	dwergbolk	--	--	*1*
	Gasterosteiformes	*Gasterosteus aculeatus aculeatus*	driedoornige stekelbaars	--	--	*1*
	Lophiiformes	*Lophius piscatorius*	zeeduivel	--	--	*1*
	Mugiliformes	*Chelon labrosus*	diklipharder	--	*1*	*1*
	Perciformes	*Aphia minuta*	glasgrondel	--	--	*1*

Omschrijving	Order	Wetenschappelijke naam	Nederlandse naam	onderzoek 2013	onderzoek jaren 80/90	vrijwilligers data
	Perciformes	*Callionymus lyra*	pitvis	--	*1*	*1*
	Perciformes	*Ctenolabrus rupestris*	kliplipvis	*1*	--	*1*
	Perciformes	*Dicentrarchus labrax*	zeebaars	--	*1*	*1*
	Perciformes	*Gobius niger*	zwarte grondel	--	--	*1*
	Perciformes	*Labrus bergylta*	gevlekte lipvis	--	--	*1*
	Perciformes	*Mullus surmuletus*	mul	*1*	--	*1*
	Perciformes	*Parablennius gattorugine*	gehoornde slijmvis	*1*	--	*1*
	Perciformes	*Pholis gunnellus*	botervis	*1*	*1*	*1*
	Perciformes	*Pomatoschistus*	grondel	*1*	--	*1*
	Perciformes	*Pomatoschistus microps*	brakwatergrondel	--	*1*	*1*
	Perciformes	*Pomatoschistus pictus*	gevlekte grondel	--	*1*	*1*
	Perciformes	*Symphodus bailloni*	Baillon's lipvis	--	--	*1*
	Perciformes	*Symphodus melops*	zwartooglipvis	--	--	*1*
	Perciformes	*Thorogobius ephippiatus*	luipaardgrondel	*1*	*1*	*1*
	Perciformes	*Trachurus trachurus*	horsmakreel	*1*	*1*	*1*
	Perciformes	*Zoarces viviparus*	puitaal	--	--	*1*
	Pleuronectiformes	*Buglossidium luteum*	dwergtong	--	--	*1*
	Pleuronectiformes	*Limanda limanda*	schar	--	--	*1*
	Pleuronectiformes	*Microstomus kitt*	tongschar	*1*	--	*1*
	Pleuronectiformes	*Platichthys flesus*	bot	--	--	*1*
	Pleuronectiformes	*Pleuronectes platessa*	schol	*1*	*1*	*1*
	Pleuronectiformes	*Solea solea*	tong	--	--	*1*
	Scorpaeniformes	*Chelidonichthys lucerna*	rode poon	*1*	--	--
	Scorpaeniformes	*Cyclopterus lumpus*	snotolf	--	--	*1*
	Scorpaeniformes	*Liparis liparis liparis*	slakdolf	--	*1*	*1*
	Scorpaeniformes	*Micrenophrys lilljeborgii*	dwerg zeedonderpad	--	*1*	*1*
	Scorpaeniformes	*Myoxocephalus scorpius*	gewone zeedonderpad	*1*	*1*	*1*
	Scorpaeniformes	*Taurulus bubalis*	groene zeedonderpad	*1*	*1*	*1*
Sponsen	Demospongiae	*Cliona celata*	boorspons	--	--	*1*
	Hadromerida	*Protosuberites epiphytum*		--	--	*1*
	Hadromerida	*Suberites domuncula*		*1*	--	--
	Hadromerida	*Suberites suberia*		--	*1*	--
	Halichondrida	*Halichondria (Halichondria) bowerbanki*	sliertige broodspons	*1*	*1*	*1*
	Halichondrida	*Halichondria (Halichondria) panicea*	gewone broodspons	*1*	*1*	*1*
	Halichondrida	*Hymeniacidon perlevis*	oranje kraterkorstspons	*1*	*1*	*1*
	Haplosclerida	*Haliclona (Haliclona) oculata*	geweispons	*1*	*1*	*1*
	Haplosclerida	*Haliclona (Soestella) xena*		--	--	*1*
	Leucosolenida	*Leucosolenia variabilis*	witte buisjesspons	*1*	*1*	*1*
	Leucosolenida	*Sycon ciliatum*	gewone zakspons	*1*	*1*	*1*
	Poecilosclerida	*Mycale (Carmia) macilenta*		--	*1*	--
	Poecilosclerida	*Mycale (Carmia) micracanthoxea*		--	--	*1*
	Poecilosclerida	*Myxilla (Myxilla) rosacea*		*1*	--	--
Trilhaardiertjes		Suctoria	trilhaardiertje	*1*	--	--
Foraminiferen	Spirillinida	*Spirillina vivipara*	foramnifera	*1*	--	--

Bijlage 5 Data zichtwaarnemingen

Order	Wetenschappelijke naam	Nederlandse naam	Tubantia SS	Christiaan Huygens	Klipper	HMS Hogue	HMS Aboukir	HMS Scott	Poppetjeswrak	SS Nautilus	Victoria City	Amerskerk
Sabellida	*Sabellaria spinulosa*		1	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sabellida	*Ficopomatus enigmaticus*	trompet kalkkokerworm	--	1	--	--	--	--	--	--	--	--
Sabellida	*Spirobranchus triqueter*	driekantige kalkkokerworm	2m	2m	2m	2m	+	+	--	+	1	1
Terebellida	*Lanice conchilega*	schelpkokerworm	--	--	1	2m	2m	r	--	--	1	1
Amphipoda	*Caprella spec.*		2m	2m	2m	2m	2m	2m	--	2m	2m	2m
Amphipoda	*Jassa herdmani*		2b	4	2a	2a	3	3	4	2m	3	2m
Decapoda	*Cancer pagurus*	noordzeekrab	1	1	1	1	1	1	--	1	1	2m
Decapoda	*Galathea intermedia*	rugstreep oprolkreeft	--	--	--	--	--	--	1	--	--	--
Decapoda	*Macropodia parva*	macropodia parva	r	--	--	--	--	--	--	--	+	--
Decapoda	*Homarus gammarus*	europese zeekreeft	r	--	--	r	--	r	--	--	--	--
Decapoda	*Hyas araneus*	gewone spinkrab	--	--	--	--	--	--	--	--	r	+
Decapoda	*Pagurus bernhardus*	gewone heremietkreeft	+	r	+	1	2m	1	--	+	1	--
Decapoda	*Pandalus montagui*	ringsprietgarnaal	--	--	--	--	--	+	--	--	--	--
Decapoda	*Pilumnus hirtellus*	ruigkrabje	1	1	--	--	--	1	--	--	1	1
Decapoda	*Liocarcinus holsatus*	gewone zwemkrab	--	--	--	r	1	--	--	--	1	1
Decapoda	*Necora puber*	fluwelen zwemkrab	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Decapoda	*Pisidia longicornis*	porceleinkrabbetje	2m	2m	2m	2m	2m	2m	1	--	2m	2m
	Cirripedia	zeepokken	2m	2m	2m	2m	2m	2m	--	--	2m	2m
Cheilostomatida	*Schizomavella linearis*		--	--	--	--	--	2m	--	2m	--	--
Cheilostomatida	*Electra pilosa*	harige vliescelpoliep	2m	2m	2m	--	2m	2m	2m	2m	2m	2m
Gadiformes	*Gadus morhua*	kabeljauw	+	--	r	--	1	+	--	--	r	+
Gadiformes	*Merlangius merlangus*	wijting	r	--	--	--	--	1	1	--	--	--
Gadiformes	*Pollachius pollachius*	pollak	r	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Gadiformes	*Raniceps raninus*	vorskwab	--	--	--	--	--	r	--	--	--	--
Gadiformes	*Trisopterus luscus*	steenbolk	1	--	2m	2m	2m	2m	1	2m	--	--
Gadiformes	*Ciliata mustela*	vijfdradige meun	--	--	--	--	r	--	--	--	--	--
Perciformes	*Parablennius gattorugine*	gehoornde slijmvis	r	+	--	--	--	--	--	--	+	--
Perciformes	*Trachurus trachurus*	horsmakreel	r	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Perciformes	*Pomatoschistus spec.*	dikkopje/ bodemgrondel spec.	1	--	1	--	2m	2m	1	1	2m	1
Perciformes	*Thorogobius ephippiatus*	luipaardgrondel	r	--	--	1	+	--	--	--	--	--
Perciformes	*Ctenolabrus rupestris*	kliplipvis	--	--	--	+	--	--	--	--	--	--
Perciformes	*Mullus surmuletus*	mul	--	--	--	r	--	--	--	--	r	--
Perciformes	*Pholis gunnellus*	botervis	r	--	--	--	1	r	--	--	--	+
Pleuronectiformes	*Microstomus kitt*	tongschar	+	--	--	--	--	r	+	r	--	--
Pleuronectiformes	*Pleuronectes platessa*	schol	--	--	--	--	+	--	--	--	--	--
Scorpaeniformes	*Taurulus bubalis*	groene zeedonderpad	--	--	+	--	+	1	+	+	+	1
Scorpaeniformes	*Myoxocephalus scorpius*	gewone zeedonderpad	--	--	--	--	--	+	--	--	r	--
Scorpaeniformes	*Chelidonichthys lucerna*	rode poon	--	--	r	--	--	--	--	--	--	--
Aplousobranchia	*Clavelina lepadiformis*	doorzichtige zakpijp	--	--	--	--	1	--	--	--	--	--
Aplousobranchia	*Didemnum vexillum*	druipzakpijp	--	--	2m	--	--	--	--	--	--	--
Aplousobranchia	*Diplosoma listerianum*	grijze korstzakpijp	--	2m	2m	--	2m	2m	2b	2a	--	--

Order	Wetenschappelijke naam	Nederlandse naam	Tubantia SS	Christiaan Huygens	Klipper	HMS Hogue	HMS Aboukir	HMS Scott	Poppetjeswrak	SS Nautilus	Victoria City	Amerskerk
Actiniaria	*Urticina felina*	zeedahlia	+	--	1	--	--	--	--	1	--	--
Actiniaria	*Diadumene cincta*	golfbrekeranemoon	2m	2m	2m	2m	2a	2m	2m	2m	2m	2a
Actiniaria	*Metridium senile*	zeeanjelier	2m	3	4	4	4	2b	3	3	3	3
Actiniaria	*Actinothoe sphyrodeta*		2m	--	2m	2m	2m	2m	--	2m	--	--
Actiniaria	*Sagartia elegans*	sierlijke slibanemoon	2m	2m	2m	2m	2m	2m	2m	2m	2m	2a
Actiniaria	*Sagartia troglodytes*	slibanemoon	2m	+	--	--	--	2m	2m	2m	--	--
Anthoathecata	*Hydractinia echinata*	ruwe zeerasp	--	2m	2m	--	2m	2m	2m	2m	2m	--
Anthoathecata	*Ectopleura larynx*	gorgelpijp	2a	2b	2m	2m	2b	2a	--	2m	2a	2a
Anthoathecata	*Tubularia indivisa*	penneschaft	2a	3	2m	4	2b	2a	2m	2a	2b	2b
Leptothecata	*Obelia bidentata*		--	2m	--	--	--	--	--	--	--	--
Semaeostomeae	*Cyanea lamarckii*	blauwe haarkwal	--	--	--	r	--	--	--	--	--	--
Semaeostomeae	*Chrysaora hysoscella*	kompaskwal	--	--	--	--	--	--	--	--	--	1
Forcipulatida	*Asterias rubens*	gewone zeester	2m	2m	2m	2m	2m	1	--	--	2m	2m
Camarodonta	*Psammechinus miliaris*	gewone zeeappel	+	--	--	--	--	--	--	r	--	--
Spatangoida	*Echinocardium cordatum*	hartegel	--	--	--	--	--	--	--	+	--	--
Ophiurida	*Ophiothrix fragilis*	brokkelster	2m	2m	2m	2m	2m	2m	--	2m	2m	2m
Ophiurida	*Ophiura ophiura*	gewone slangster	--	--	--	2m	--	--	--	--	--	--
Euheterodonta	*Ensis spec.*	zwaardschede (onb)	--	--	--	2m	--	--	--	--	--	--
Mytiloida	*Mytilus edulis*	mossel	1	+	--	--	1	--	--	1	--	r
Ostreoida	*Crassostrea gigas*	japanse oester	--	r	--	--	--	--	--	--	--	--
Pectinoida	*Aequipecten opercularis*	wijde mantel	r	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Littorinimorpha	*Trivia arctica*	ongevlekt koffieboontje	--	--	--	--	--	--	1	--	--	--
Littorinimorpha	*Trivia monacha*	gevlekt koffieboontje	--	--	--	r	--	--	--	--	--	--
Nudibranchia	*Aeolidia papillosa*	grote vlokslak	--	--	r	--	--	--	--	--	1	2m
Nudibranchia	*Dendronotus frondosus*	boompjesslak	--	--	--	--	--	--	--	--	2m	2m
Nudibranchia	*Doris pseudoargus*	citroenslak	--	--	r	--	--	--	2m	--	--	--
Leucosolenida	*Sycon ciliatum*	gewone zakspons	--	--	--	2m	1	1	--	1	--	+
Hadromerida	*Suberites domuncula*		--	--	--	--	--	--	--	2m	--	--
Halichondrida	*Halichondria (Halichondria) bowerbanki*	sliertige broodspons	--	--	--	--	--	--	2m	2m	--	--
Halichondrida	*Halichondria (Halichondria) panicea*	gewone broodspons	1	2m	2m	--	1	2m	2m	2m	--	1
Halichondrida	*Hymeniacidon perlevis*	oranje kraterkorstspons	--	--	--	--	--	--	--	--	2m	--
Haplosclerida	*Halichona (Haliclona) oculata*	geweispons	+	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Order	Wetenschappelijke naam	Nederlandse naam	Tubantia SS	Christiaan Huygens	Klipper	HMS Hogue	HMS Aboukir	HMS Scott	Poppetjes wrak	SS Nautilus	Victoria City	Amerskerk
Sessiele fauna:												
Sabellida	*Spirobranchus triqueter*	driekantige kalkkokerworm	3	–	3	x	–	–	–	2	–	--
Terebellida	*Lanice conchilega*	schelpkokerworm	–	–	–	x	2	–	–	–	–	--
Cheilostomatida	*Electra pilosa*	harige vliescelpoliep	4	–	–	x	–	–	–	–	–	--
Aplousobranchia	*Diplosoma listerianum*	grijze korstzakpijp	–	4	5	x	–	4	7	4	4	5
Actiniaria	*Actinothoe sphyrodeta*	margrietje	2	–	2	x	3	9	–	2	–	--
Actiniaria	*Diadumene cincta*	golfbrekeranemoon	3	3	–	x	2	2	3	2	2	3
Actiniaria	*Metridium senile*	zeeanjelier	2	5	6	x	8	7	7	5	6	5
Actiniaria	*Sagartia elegans*	sierlijke slibanemoon	2	–	2	x	–	2	–	3	2	--
Actiniaria	*Urticina felina*	zeedahlia	1	–	–	x	–	–	–	1	–	--
Anthoathecata		gorgelpijp / penneschaft	6	7	5	x	4	4	3	4	5	6
Leucosolenida	*Sycon ciliatum*	gewone zakspons	–	–	–	x	–	–	–	–	2	1
Halichondrida	*Halichondria (Halichondria) bowerbanki*	sliertige broodspons	–	–	–	x	–	4	4	–	–	--
Halichondrida	*Halichondria (Halichondria) panicea*	gewone broodspons	–	–	4	x	4	–	4	–	5	7
Mobiele fauna:												
Amphipoda	*Caprella spec.*	spookkreeftje	–	–	–	x	4	4	–	–	–	--
Amphipoda	*Jassa herdmani*		7	8	6	x	5	7	5	6	7	8
Decapoda	*Hyas araneus*	gewone spinkrab	–	–	–	x	–	–	–	–	1	--
Decapoda	*Cancer pagurus*	noordzeekrab	–	–	–	x	–	–	–	–	1	1
Decapoda	*Necora puber*	fluwelen zwemkrab	–	–	1	x	1	–	1	–	–	--
Decapoda	*Pisidia longicornis*	porceleinkrabbetje	4	–	3	x	1	–	–	–	–	--
Scorpaeniformes	*Taurulus bubalis*	groene zeedonderpad	–	–	–	x	–	–	–	–	1	--
Forcipulatida	*Asterias rubens*	gewone zeester	1	2	–	x	2	–	–	–	2	3
Ophiurida	*Ophiura ophiura*	gewone slangster	–	–	–	x	–	2	–	–	–	--
Ophiurida	*Ophiothrix fragilis*	brokkelster	3	–	3	x	2	–	–	–	3	--
Nudibranchia	*Doris pseudoargus*	citroenslak	–	–	1	x	–	–	–	–	–	--
Nudibranchia	*Aeolidia papillosa*	grote vlokslak	–	–	–	x	–	–	–	–	2	--
		Totale bedekking:										
		aantal foto's	10	10	10	x	12	10	10	10	12	9
		gemiddelde	79,0	99,5	87,0	x	80,0	88,5	86,0	92,5	84,7	92,2
		SD	19,6	1,6	16,5	x	21,7	24,0	18,1	18,7	15,2	16,4
		SE	6,2	0,5	5,2	x	6,3	7,6	5,7	5,9	4,4	5,5

Bureau Waardenburg bv
Onderzoek en advies voor ecologie en landschap
Postbus 365, 4100 AJ Culemborg
Telefoon 0345-512710, Fax 0345-519849
E-mail info@buwa.nl, www.buwa.nl