



Littekens op de zeebodem.

Een onderzoek naar de faunistische effecten op lange termijn van diepe zandwinning voor de Nederlandse kust.

Rob Witbaard & Johan Craeymeersch

NIOZ Koninklijk Nederlands Instituut voor Onderzoek der Zee



Foto: Bianka Rasch (NIOZ)

Littekens op de zeebodem.

Een onderzoek naar de faunistische effecten op lange termijn van diepe zandwinning voor de Nederlandse kust.

Rob Witbaard¹ & Johan Craeymeersch²



In opdracht van Rijkswaterstaat,
Simeon Moons³

1; NIOZ, Netherlands Institute for Sea Research, PO box 59, 1790 AB den Burg.

2; WMR, Wageningen Marine Research,

3; RWS, Rijkswaterstaat, Zee & Delta, MEP Zand uit Zee

Met dank aan de bemanning van de ARCA, en mijn NIOZ collega's; Loran Kleine Schaars, Bianka Rasch, Evaline van Weerlee, Jeroen van Dalen, Eva Immler en Bram Parmentier.



WAGENINGEN
UNIVERSITY & RESEARCH

zand
uit zee



Rijkswaterstaat
Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat



Graag als volgt citeren:

Witbaard, R. & J. Craeymeersch, 2023. Littekens op de zeebodem. Een onderzoek naar de faunistische effecten op lange termijn van diepe zandwinning voor de Nederlandse kust. NIOZ rapport 2023-01, 42pp. DOI: 10.25850/nioz/7b.b.8d.

Inhoud

SAMENVATTING.....	3
1.0 INLEIDING.....	4
1.1 Veldwerk-algemeen.....	5
1.2 Weersomstandigheden.....	6
1.3 Locaties.....	7
2.0 METHODE.....	8
2.1 Triple-D sampling.....	8
2.2 Vangst analyse.....	8
2.3 Lab analyses.....	9
2.4 Univariate indicatoren.....	9
2.5 Multivariate analyses.....	10
3.0 RESULTATEN.....	11
3.1 Univariaat-Schaaf performance.....	11
3.2 Univariaat-Sediment.....	12
3.3 Univariaat-Macrofauna.....	14
3.4 Univariate biodiversiteit indices.....	16
3.5 Taxonomische uniciteit.....	17
3.6 Feeding groups.....	19
3.7 Kenmerkende soorten.....	20
3.8 Macrofauna Multivariaat.....	24
3.9 Univariaat Vissen.....	31
3.10 Multivariaat Vissen.....	32
3.11 Chronosequentie.....	33
4.0 DISCUSSIE.....	34
4.1 Achtergrond beleid.....	34
4.2 Effecten zandwinning literatuur.....	34
4.3 Benthos en sediment.....	35
4.4 Vis.....	37
4.5 Opmerkingen en Conclusies.....	38
5.0 LITERATUUR.....	41
Appendices I-III	

SAMENVATTING

In dit rapport worden de resultaten van een studie naar de lange termijn effecten van middeldiepe zandwinning voor de Nederlandse kust gepresenteerd. Om deze effecten in te schatten is een vergelijking gemaakt van de samenstelling van de bodemfauna in de zandwinputten van verschillende leeftijden met de eromheen liggende referentiestations. Daarnaast zijn van de bemonsterde stations, waterdiepte, mediane korrelgrootte, slibgehalte en percentage organische stof bepaald. De zandwinputten verschilden van elkaar wat betreft leeftijd tussen 2 en 12 jaar. De geografische ligging liep van terHeide (52° 04'NB) tot Ameland (53°34'NB).

Tijdens de bemonstering in februari 2022 was de waterdiepte van alle vier zandwinputten gemiddeld 4 meter groter dan de omliggende referentiegebieden. Er zijn grote regionale verschillen in gevonden slibgehalten in zowel referentie gebieden als in zandwinputten. Gemiddeld is het slibgehalte in de bemonsterde zandwinputten met een factor 4 toegenomen t.o.v. de omliggende referentie gebieden en is het gemiddelde slibgehalte 9.5% (range=0 tot 46%). Mediane korrelgrootte in de zuidelijkste en meest noordelijke winput is gemiddeld 55 % gedaald t.o.v. de referentiegebieden. In de twee winputten die voor de Noordhollandse kust liggen is er geen verschil in mediane korrelgrootte, maar slibgehalten in die putten zijn wel verhoogd. Het percentage organische stof is sterk gekoppeld met het slibgehalte en het gemiddelde gehalte verdubbelt van 0.87% in de referentie gebieden tot 1.50 % in de putten.

Multivariate analyse laat zien dat er sprake is van 3 regio's die gekenmerkt worden door verschillende bodemfauna's. Omdat het verschil in ouderdom van de zandwinputten in deze 3 regio's parallel loopt met de geografische ligging kan het effect van leeftijd en geografische ligging niet van elkaar gescheiden worden.

De bemonsterde middeldiepe zandwinputten worden gekenmerkt door een gemiddeld hogere biomassa en dichtheid. Het aantal soorten laat geen duidelijke verschil zien maar heterogeniteit van de fauna in de putten is lager dan in de omliggende referentie gebieden. Dominantie is hoger in de zandwinputten.

De fauna in de zandwinputten wordt gekarakteriseerd door de aanwezigheid van deposit feeders en interface feeders. De fauna in de omliggende referentiegebieden is gekenmerkt door tweekleppige filterfeeders.

De resultaten van deze studie laten zien dat rekolonisatie van een nieuw gedolven zandwinput welliswaar snel is, maar een volledig herstel en terugkeer van de originele bodemfauna in middeldiepe zandwinputten een zeer langdurig proces kan zijn. De mogelijkheden van herstel hangen waarschijnlijk sterk af van de abiotiek in de omgeving en de exacte locatie en oriëntatie van de winput.

1.0 INLEIDING

Om kusterosie te compenseren wordt er jaarlijks onder toezicht van Rijkswaterstaat gemiddeld 10 miljoen kubieke meter zand gewonnen uit de Noordzee en langs de kwetsbare delen van de kust aangebracht. Hiermee wordt er voor gezorgd dat de aanvoer van zand voor strand en duinvorming niet beperkt is en de kustlijn zich op min of meer natuurlijke wijze kan handhaven.

Het zand wordt gewonnen uit de bodem van de Noordzee, in een gebied doorgaans dieper dan 20 meter dat parallel aan de kust loopt. Aan de buitenzijde wordt het gebied begrensd door de 12 mijlszone. Middel-diepe zandwinning is toegestaan waar die zone ver genoeg van de kust ligt en er geen ondermijning van het kustfundament kan plaatsvinden. Bij middel-diepe winning gaat het om extractieputten die 4-6 meter dieper worden dan de omgeving.

Door deze diepe winning ontstaan er lokaal andere fysische condities en daarmee een andere habitat. Niet alleen de waterdiepte is groter dan in de omgeving, maar met het verwijderen van het zand tot op geologisch oudere lagen kunnen er ook verschillen in korrelgrootte en samenstelling van de bodem t.o.v. de omgeving, ontstaan. Het valt daarmee te verwachten dat in deze diepe zandwinputten ook andere benthos-gemeenschappen ontstaan die zich daarna weer langzaam richting oorspronkelijke fauna ontwikkelen. Lokaal kunnen stroomsnelheden verlaagd zijn waardoor er extra sedimentatie van fijn materiaal plaats heeft en ook stratificatie en zuurstofloosheid kunnen door de diepere ligging van de bodem in de hand gewerkt worden. Hoe en waar deze processen een rol spelen is onduidelijk. Tot op heden is er vooral naar statische parameters zoals sediment- en faunasamenstelling gekeken om onder andere rekolonisatiesnelheden in te schatten.

In het kader van de beoordeling van de effecten van middeldiepe zandwinning stelde RWS de volgende vraag:

“Hoe verloopt de ontwikkeling van benthosgemeenschappen van middeldiepe zandwingebieden in relatie tot de karakteristieken van het wingebied en de veranderende abiotische condities?”

Bij de planning van deze studie werd beoogd om inzicht te krijgen in het tijdsfad van rekolonisatie van middel-diepe zandwinputten. Dit is gedaan door 4 putten van verschillende leeftijd te bemonsteren. Bij deze benadering wordt impliciet de aanname gemaakt dat abiotiek en fauna in de verschillende regio's hetzelfde is.

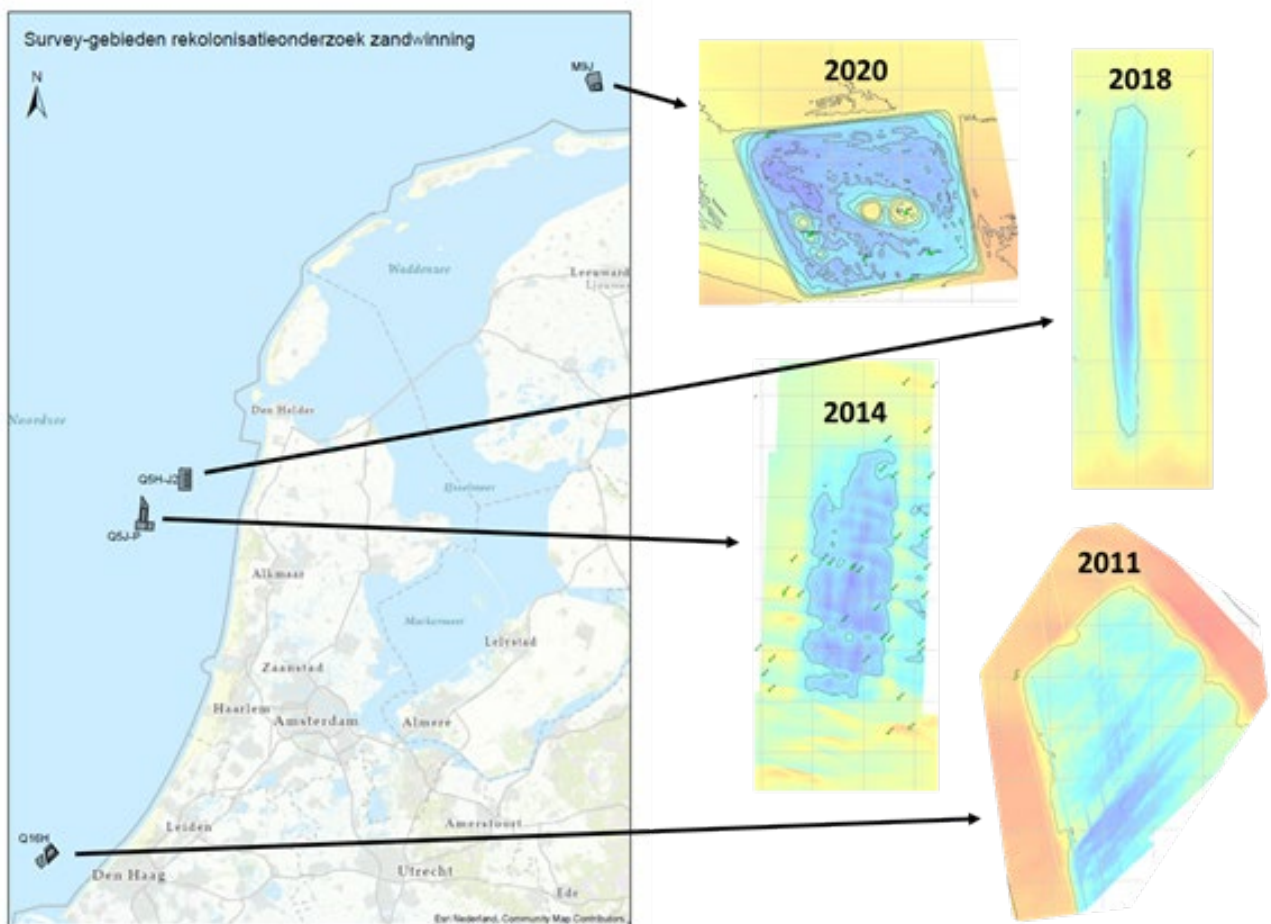


Figuur 1. Overzicht van de ligging van zandwingebieden voor de Nederlandse kust. Het zandwingebied is begrensd door de doorgetrokken 20 meter diepte contour aan landzijde en de 12 mijlsgrens aan zeezijde. Binnen dit gebied mag zandwinning plaatsvinden. Dit gebied is blauw gestippeld in bovenstaande overzichtskaart (<https://zanduitzee.nl/zand-zee/zandwinning-zandtransport>).

1.1 Veldwerk-algemeen

In de periode van 7 februari tot en met 1 april 2022 is met behulp van het RWS onderzoeksvaarttuig "Arca" een viertal diepe zandwinputten bemonsterd op macrobenthos met behulp van de NIOZ Triple D schaaaf. Doel van de bemonstering was het verzamelen van grotere macrofauna soorten en bodemvis die op en in de bovenste 20 cm van de zeebodem leven. Voor dit project was een schaaftrek lengte van 50 meter ingesteld hetgeen overeenkomt met een bemonsterd oppervlak van 10 m². Dit oppervlak komt overeen met ongeveer 140 boxcore samples met een busdiameter van 30 cm. Door het grote oppervlak dat bemonsterd wordt, kunnen soorten (>7 mm) die in lage dichtheden voorkomen toch kwantitatief bemonsterd worden. Het zijn juist vaak de populaties van deze soorten die duidelijke effecten van een ingreep laten zien. Aanvullend op de studie met schaaaf heeft Rijkswaterstaat ook een studie met boxcorer laten uitvoeren in dezelfde gebieden (resultaten verwacht eind 2023), deze vallen buiten de scope van dit rapport.

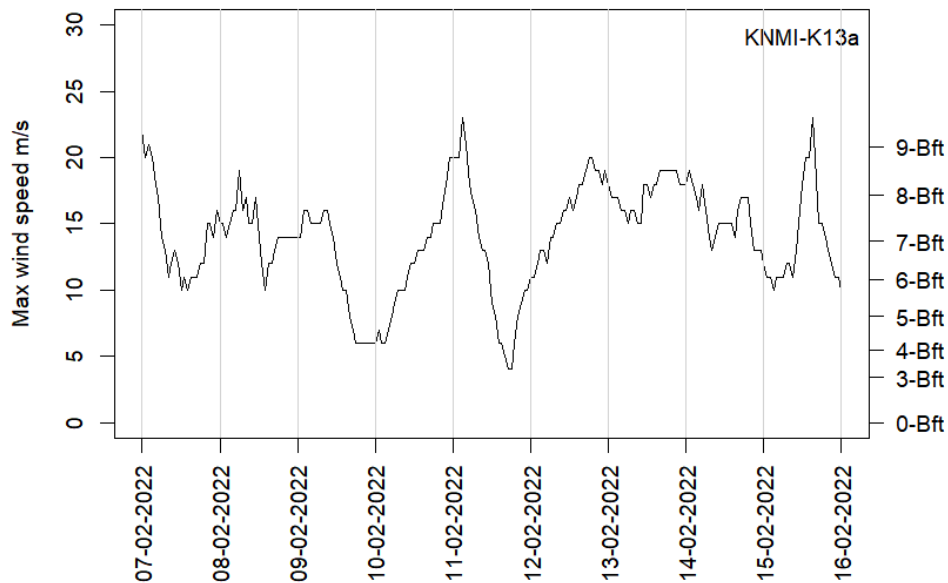
De 4 bemonsterde zandwinlocaties verschillen van elkaar qua ligging (Figuur 2) en tijd die is verstreken sinds de daadwerkelijke zandwinning. Per zandwinput zijn minimaal 8 monsters in de put en 8 monsters daarbuiten genomen. In totaal zijn er 71 schaaftrekken genomen terwijl er 96 gepland waren.



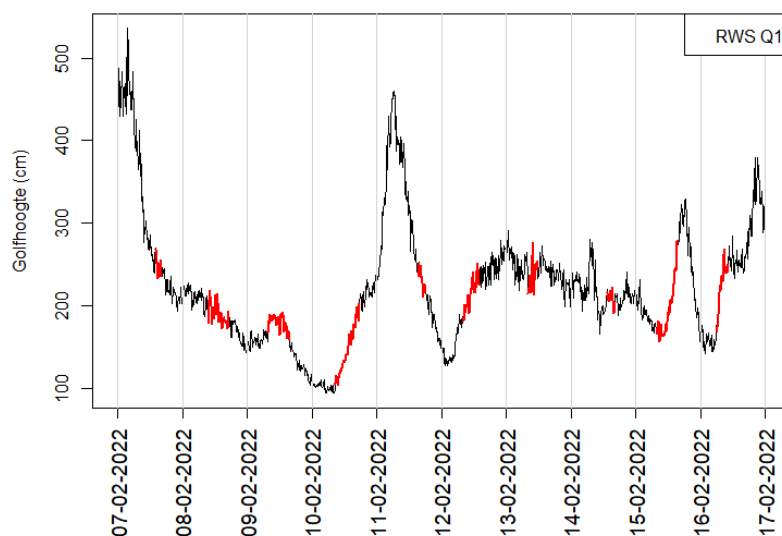
Figuur 2. De geografische ligging van de onderzochte gebieden. Van noord naar zuid gaand; M9J, Q5HJ2, Q5JP en Q16H. Voor iedere zandwinput is een diepte kaart gegeven op grond van de lodingen die in het najaar van 2021 zijn gemaakt. Jaar van zandextractie is aangegeven.

1.2 Weersomstandigheden

Om een indruk te geven van de weersomstandigheden tijdens de werkzaamheden op zee is achteraf data met betrekking tot wind en golfcondities gedownload. De periode van 7 tot 16 februari werd gekenmerkt door continue sterke wind (Figuur 3) en hoge golven (Figuur 4). Uit de combinatie van deze data werd duidelijk dat de maximale golfhoogtes waarbij nog geschaafd kon worden rond de 2.5 meter lag. Veel hing echter ook af van de combinatie stroomrichting, windrichting en nautische mogelijkheden. In appendices zijn de details van de schaaf trekken en de bemonsterde stations weergegeven.



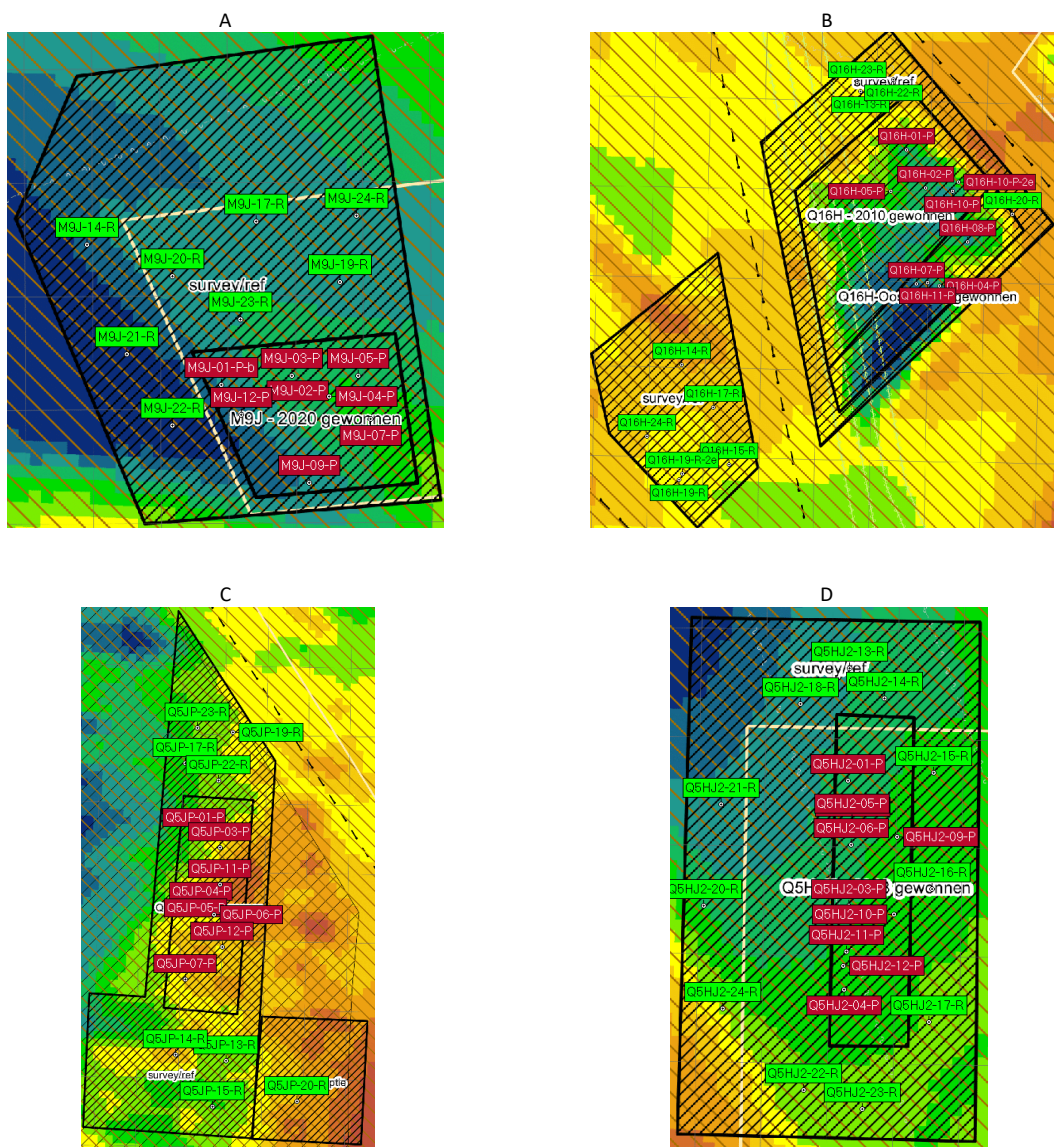
Figuur 3. Maximale windsnelheid, gemiddelde snelheid en windrichting zoals gemeten door het KNMI op weerstation K13 (53.2°N 3.2°E)



Figuur 4. Golfcondities in het werkgebied, met in rood aangegeven de periodes dat daadwerkelijk geschaafd werd.

1.3 Locaties

De te bemonsteren gebieden zijn door RWS vastgesteld. Binnen die gebieden zijn in overleg met RWS, 12 monsterlocaties in de put en 12 in het referentie gebied bepaald. De basisdata voor de selectie van locaties zijn gebaseerd op lodingen uitgevoerd in de nazomer van 2021. In de meeste gevallen vallen de gerealiseerde posities goed samen met de geplande posities. Voor een aantal stations wijken ze af doordat ter plekke bleek dat de locatie ongeschikt was voor bemonstering door de aanwezigheid van kabels, leidingen of door de geomorfologie. Verder beperkte de aanwezigheid van scheepswrakken en andere objecten een volledig vrije keuze van de ligging van monsterpunten. Een overzicht van de ligging van de stations is weergegeven in Figuur 5.



Figuur5. Overzicht van de ligging van de daadwerkelijk bemonsterde stations. 5A, M9J, locatie bij Ameland; 5B, Q16H Locatie nabij Ter Heide; 5C Q5JP Locatie ter hoogte van Callantssoog/Petten; 5D Q5HJ2 Locatie ter hoogte van Callantssoog/Petten (zie ook figuur 2). Stations aangegeven met een rood gekleurd label liggen in de voormalige zandwininput. Stations met groene labels zijn de referentie stations in een gebied waar geen zandwinning heeft plaatsgevonden.

2.0 METHODE

2.1 Triple-D sampling

Een schaafoperatie met de NIOZ triple-D schAAF bestaat uit verschillende fases. Op een afstand van ongeveer 300 meter voor het geplande middenpunt van de trek wordt de schAAF weggezet en wordt 5 X de waterdiepte aan kabellengte gevierd. Viersnelheid moet zodanig zijn dat de schAAF nagenoeg stilstaat op de bodem terwijl het schip voorwaarts gaat. Idealiter is de viersnelheid gelijk aan de vaarsnelheid, maar door de verschillende fases waarin een schAAftrek is ingedeeld mag tijdens het vieren de vaarsnelheid iets hoger zijn dan de viersnelheid. In deze fase is het schAAFmes namelijk opgetrokken en afgesloten door een klep. Dit houdt in dat als de schAAF tijdens het vieren, voorwaarts beweegt er geen materiaal in het net kan komen. Wanneer de volledige kabellengte is gevierd en onder continue spanning komt, begint de schAAF eenparig over de zeebodem te bewegen met een snelheid die gelijk is aan die van het schip. Het mes blijft opgetrokken totdat de ingestelde voorloopafstand (aanloop) is afgelegd. Gezien de waterdieptes, is voor deze bemonstering een voorloopafstand van 256 meter gebruikt. Zodra deze afstand door de schAAF over de bodem is afgelegd, wordt het schAAFmes de bodem ingedrukt met behulp 12 bar luchtdruk. In dit onderzoeksprogramma is per locatie 10 m² bemonsterd, d.w.z. een trek lengte van 50 meter gebruikt. Bij het naar beneden drukken van het schAAFmes, klapt de klep die het mes tijdens de aanloop afsluit, weg en begint de werkelijke bemonstering. Door middel van tiltsensoren wordt de stand van het mes continue gemeten. Achteraf wordt de tiltuitlezing gebruikt om het exacte tijdstip van start en eind van de schAAftrek te bepalen. Deze data wordt vervolgens gecombineerd met positiedata die met behulp van een transponder op de schAAF en de USBL op het schip per seconde wordt bijgehouden. Op grond van deze data kunnen start en eindpositie en dus ook de trek lengte bepaald worden. In deze trek lengte berekening zit een onnauwkeurigheid van enkele meters. Dit komt doordat de transponder soms niet communiceert met de USBL en doordat aan het einde van de trek eerst het mes uit de bodem omhoog komt en daarna pas het meetwiel geblokkeerd wordt.

Als er helemaal geen transponder posities beschikbaar zijn dan wordt het middenpunt van de schAAftrek geschat op grond van de positie waarop de schAAF op de bodem komt bij vieren en de koers van het schip en de ingestelde voorloopafstand + ½ trek lengte.

Tussen monstereen in de winningsput en het referentie gebied en tussen verschillende gebieden werd het net gespoeld door het net met open kuil gedurende 10 minuten te spoelen in het schroefwater van het schip.

Bij de start van de eigenlijke schAAftrek, het neergaan van het mes, wordt er een klein sedimentmonster van het bodemoppervlak genomen. Op grond van deze monsters is mediane korrelgrootte en slibpercentage berekend. Daarnaast is door verassing van een deel van het monster het percentage organische stof bepaald.

In appendix I t/m appendix III zijn alle details m.b.t. de schAAftrekken in tabelvorm weergegeven. Appendix I is de plotlijst waarop de meetleider van RWS de posities van de verschillende relevante stappen in de schAAFprocedure heeft vastgelegd. Appendix II geeft een overzicht van de start en stop posities van de daadwerkelijke monsternamen. Appendix III is de registratie van de schAAftrekken aan dek, met daarbij actietijdstippen en performance indicatoren voor de schAAftrekken.

2.2 Vangst analyse

Voordat de vangst aan boord komt worden de monsters in het net achter het schip gespoeld in het schroefwater. Hiermee wordt zand en prut uit de monsters gespoeld en er wordt voor gezorgd dat de vangst zich naar de kuil van het net verplaatst. Aan dek wordt de vangst in 1 of meerdere metselkuipen gestort. Het volume van de vangst wordt genoteerd. Daarnaast worden er foto's van de vangst gemaakt. Indien de vangst een groot volume heeft wordt de vangst gehomogeniseerd door de vangst

over een tweede serie kuipen te herverdelen. Vervolgens wordt de vangst uitgezocht op een uitzoektafel. Hierbij is de methode gevolgd zoals beschreven in RWSV (913.00.B080). In geval van subsampling worden checks uitgevoerd op de homogeniteit van de (deel)monsters. Vis wordt met voorrang uit de vangst gehaald om onnodig lijden te voorkomen en om te voldoen aan de richtlijnen die volgen op grond van de Wet op de Dierproeven en CCD protocol AVD80200202115660. Er wordt vangst voor vangst verwerkt om verwarring te voorkomen.

Van alle soorten worden individuele lengtes (mm) en het gezamenlijk natgewicht bepaald met behulp van een Marel 2000 weegschaal. Vissen worden individueel opgemeten (mm of 1/2cm) en individueel gewogen. De weegnauwkeurigheid is 0.5 gram. In het lab worden gegevens ingevoerd en voor deze rapportage is voor de naamgeving de nomenclatuur volgens WORMS (www.marinespecies.org) gevolgd.

Op grond van een aantal schaaftperformance parameters is beoordeeld of er systematische verschillen bestonden in de werking van de schAAF tussen gebieden.

2.3 Lab analyses

Mediane korrelgrootte, slib gehalte en percentage organische stof zijn achteraf in het lab bepaald met een Beckman Coulter LS 13 320 volgens NIOZ protocol-WI.Benthos 13 (Revisie 2018/04/17). Daarbij zijn mediane korrelgrootte en percentage slib bepaald over de fractie kleiner dan 2000µm. De Beckman Coulter werkt volgens het principe van laserdiffractie en lichtverstrooiingsmeting (PIDS). Voor analyse zijn de monsters gevriesdroogd. Er hebben geen andere voorbehandelingen plaats gehad om calcium carbonaat (HCl) of organische stof te verwijderen (H₂O₂). Het percentage organisch stof is bepaald door uitgloeien van een vooraf bekend gewicht sediment bij 540°C. Na uitgloeien worden de monsters teruggewogen. Het gewichtsverlies wordt toegeschreven aan de hoeveelheid verdwenen organische stof en als percentage van het oorspronkelijke gewicht gegeven. Deze methode geeft geen inzicht over de aard van het organisch materiaal.

2.4 Univariate indicatoren

Om een eerste indruk te krijgen van eventuele verschillen tussen de zandwinputten en bijbehorende referentie gebieden is op grond van univariate parameters een vergelijking gemaakt. Als eerste stap is gekeken of er verschillen in schaaftperformance bestaan tussen de verschillende gebieden en tussen stations in zandwinputten en hun referentiestations. Vervolgens zijn verschillen in totale dichtheid van organismen, totale biomassa en het aantal soorten bepaald. Op grond van de dichtheids data is voor het macrobenthos met behulp van diversiteits-indices gekeken naar verschillen in heterogeniteit en dominantie. Verschillen in waterdiepte, mediane korrelgrootte, slibgehalte en percentage organische stof in de bodem zijn ook univariaat vergeleken. Deze grootheden zijn later in de multivariate analyses gebruikt. De soortensamenstelling is daarnaast geanalyseerd op verschillen in de aanwezigheid van voedselgroepen (conform Rees et al 2007) en phyla (conform WORMS).

Voor de meest algemene soorten is naar de grootteverdeling gekeken door middel van dichtheid-frequentie diagrammen en is er een vergelijking gemaakt tussen de gemiddelde dichtheden in de zandwinput en referentiestations

Voor vergelijkingen zijn “notched Box and Whisker” plots (McGill e.a., 1978) getekend zodat direct een indicatie voor significantie van het verschil in mediaan uit de grafiek opgemaakt kan worden. In enkele gevallen is een postHoc Tukey HSD (Honestly Significant Difference) test uitgevoerd om de mate van significantie te bepalen. Analyses zijn uitgevoerd in R (R Core Team (2022)). Voor de weergave in de grafieken is een kleurcodering gebruikt waarbij de groene kleur betrekking heeft op de resultaten van de referentie stations en de rode kleur juist de resultaten voor de stations in de werkelijke zandwinput weergeven.

2.5 Multivariate analyses

De mate waarin de monsters op elkaar lijken wat betreft de soortensamenstelling en de dichtheid van de verschillende soorten, is *eerst* onderzocht via een indirecte gradiëntanalyse, met name Detrended Correspondence Analysis (DCA). DCA is een methode voor ordinatie. Ordinatie, ook wel (multivariate) gradiëntanalyse genoemd, is het rangschikken van objecten langs gradiënten op grond van waarnemingen aan meerdere afhankelijke variabelen. DCA wordt in de ecologie veel toegepast in het onderzoek van levensgemeenschappen, waarbij alle voorkomende soorten in een analyse meegenomen worden. Daarbij kan elk monster in een plot weergegeven worden als een punt in een multidimensionale ruimte met de dichtheden per soort als coördinaten. Vervolgens kan de dimensionaliteit gereduceerd worden door een nieuwe, eerste as te trekken zodanig dat deze de aanwezige variatie maximaal representeert. Een tweede as, loodrecht op de eerste as kan getrokken worden om de overblijvende variatie maximaal te representeren, etc. voor verdere assen. Aldus laten de assen van een dergelijke plot (ook ordinatiediagram genoemd) de voornaamste trends in de data zien, in afnemende volgorde. In de ecologische praktijk volstaan meestal twee of drie assen. Hierbij is de eigenwaarde per as een maat voor de door deze as verklaarde variantie. In zo'n ordinatiediagram kunnen zowel de monsters als de soorten weergegeven worden, in aparte diagrammen of samen in een zogenaamd biplot. Op grond van de spreiding in de diagrammen kunnen conclusies getrokken worden over verschillen en overeenkomsten in de monsters, in soortensamenstelling en –dichtheid (Borcard e.a. 2011; Jongman e.a. 1987).

Wij hebben ons hierbij met name gericht op 1) het nagaan van verschillen tussen de zandwinputten, en 2) het nagaan van verschillen tussen referentie- en controlegebieden in en rond iedere zandwinput. Dit laatste is gedaan op basis van alle gegevens, en per zandwingebied. De analyses zijn voor de macrobenthos en visgemeenschap gescheiden gedaan.

Bij DCA hebben abiotische variabelen die potentieel een invloed hebben op het voorkomen van soorten, en de dichtheden, geen invloed op de ordening van de monsters in het multidimensionale vlak. Verschillen tussen referentie- en controlegebieden zijn *vervolgens* gerelateerd aan verschillen in omgevingsvariabelen, via een Canonical Correspondence Analysis (CCA): Waterdiepte, sedimentsamenstelling (mediane korrelgrootte, slibgehalte, gehalte organische stof) en afstand tot het centrum van de zandwinput, als proxy voor een eventuele gradiënt in abiotiek waar geen directe gegevens over zijn. Analyses zijn uitgevoerd met alle gegevens en per zandwinput. In het eerste geval is gebruik gemaakt van partiële Canonical Correspondence Analysis (pCCA), waarbij eerst gecorrigeerd wordt voor de variatie in de samenstelling van de bodemdiergemeenschap die veroorzaakt wordt door ruimtelijke verschillen tussen de zandwinputten (Jongman e.a. 1987; ter Braak 1988, Borcard e.a. 1992).

De globale significantie van de relatie met alle variabelen samen is getest met een Monte-Carlo-permutatietest (999 permutaties). Via een voorwaartse en achterwaartse selectie is nagegaan of omgevingsvariabelen gemist konden worden in het 'optimale' model, bijv. omdat ze onderling sterk correleren. Correlatie tussen de omgevingsvariabelen is gecheckt door bepaling van de Pearson's correlatiecoëfficiënt.

De analyses zijn uitgevoerd met de dichtheden per soort na vierdemachtswortel-transformatie (en zo het relatieve gewicht van kwantitatief dominante soorten te verkleinen; Field e.a. 1982). Veel soorten zijn maar een enkele keer of enkele keren aangetroffen. In de exploratieve eerste analyses bleek dat deze toevallige vangsten de ordinatie grotendeels bepaalden zonder dat deze soorten bijdroegen aan het verschil van de fauna op hoofdlijnen. De analyses zijn daarom uiteindelijk uitgevoerd met soorten die minimaal op drie locaties minstens 1% van de totale dichtheid van het monster uitmaakten.

DCA- en CCA-analyses zijn uitgevoerd met behulp van de bibliotheek *vegan* (Oksanen e.a. 2022) binnen R (R Core Team, 2020). Verder is gebruik gemaakt van de bibliotheken *doBy*, *ggplot2*, *gridExtra*, *gtable*, *grid*, *readxl*, *reshape2*, *dplyr*, *lattice*, *geosphere*, *data.table*, *ggrepel*, *corrplot*.

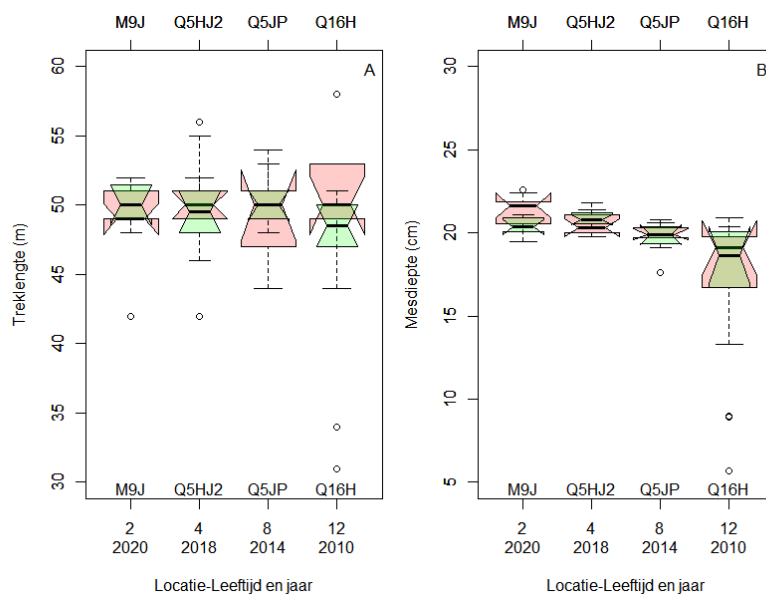
3.0 RESULTATEN

3.1 Univariaat-Schaaf performance

Tijdens de schaafoperaties wordt aan dek een aantal parameters direct na de schaaftrek afgelezen om direct na de schaaftrek de kwaliteit in te schatten. Op grond van deze parameters in combinatie met kwalitatieve kenmerken van de vangst en eventuele bijzonderheden, wordt de schaaftrek goed of afgekeurd (Appendix III). De praktijk laat zien dat de uitlezing aan dek een zeer betrouwbare voorspeller is voor de kwaliteit van de schaaftrek.

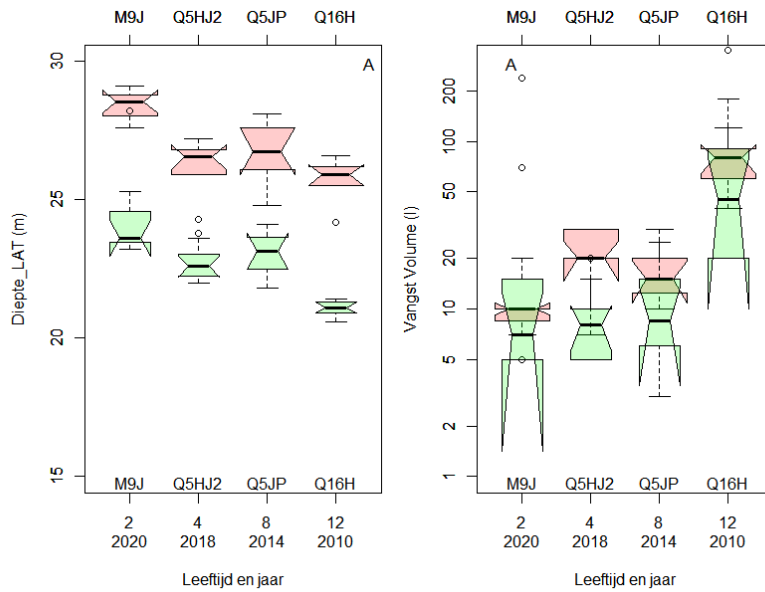
De gemiddelde gerealiseerde trek lengte over alle (goede) schaaftrekken=49.8 meter. Er is geen systematisch significant verschil in trek lengte tussen gebieden of tussen referentie- en zandwinlocaties (figuur 6A). Gebied Q16H laat wel de grootste verschil in trek lengte zien tussen put en referentiestations. Waarschijnlijk hangt dit samen met het waargenomen verschil in sedimentsamenstelling tussen het referentiegebied en de eigenlijke zandwinput.

Ook zijn er geen duidelijke verschillen in de gemiddelde mesdiepte waargenomen (Figuur 6B). Voor gebied M9J wordt weliswaar een grotere mesdiepte geschat, maar dit is een artefact dat valt terug te voeren op de zeer harde bodem in de zandwinput waardoor de tiltmetingen (op basis van versnelling) zeer grote uitschieters geeft als het mes van de schaar een schelpenbank of stenen raakt. Deze onregelmatigheid is goed waarneembaar in de diepte profiel grafieken. (Appendix IV, vaarverslag).



Figuur 6. Notched Box and Whisker plot die een overzicht geven van de trek lengtes (A) en mesdieptes (B) per onderzocht gebied uitgesplitst naar Put (-P) en Referentie (-R) gebied. Niet overlappende notches betekenen een significant verschil

Het gemiddeld diepteverschil van de monsterlocaties binnen de zandwinputten en de referentie gebieden varieert tussen de 3.4 en 4.7 meter (Tabel 1). Over alle putten is het gemiddeld verschil in diepte 3.9 meter (Figuur 7A). Het volume van de vangsten varieerde tussen de 3 en 350 liter (Figuur 7B). De maximale vangstvolumes hangen samen met het massale voorkomen van *Spisula subtruncata*, of het grote aandeel dood schelpmateriaal in de vangst. Ten opzichte van de andere gebieden waren de gemiddelde vangstvolumes in en rondom Q16H het grootst. Voor de bemonsterde gebieden voor de Noordhollandse kust (Q5H-J2 Q5J-P) zijn de vangstvolumes in de winputten groter dan in de omliggende referentie gebieden (Figuur 7B). Dit verschil is eveneens terug te voeren op de vangstsamenstelling.



Figuur 7. Notched Box and Whisker plots van de waterdieptes per gebied opgesplitst naar Put en Referentie (7A) ,en vangst volumes opgesplitst naar put en Referentie (7B). Overlappende notches betekenen de afwezigheid van een significant verschil.

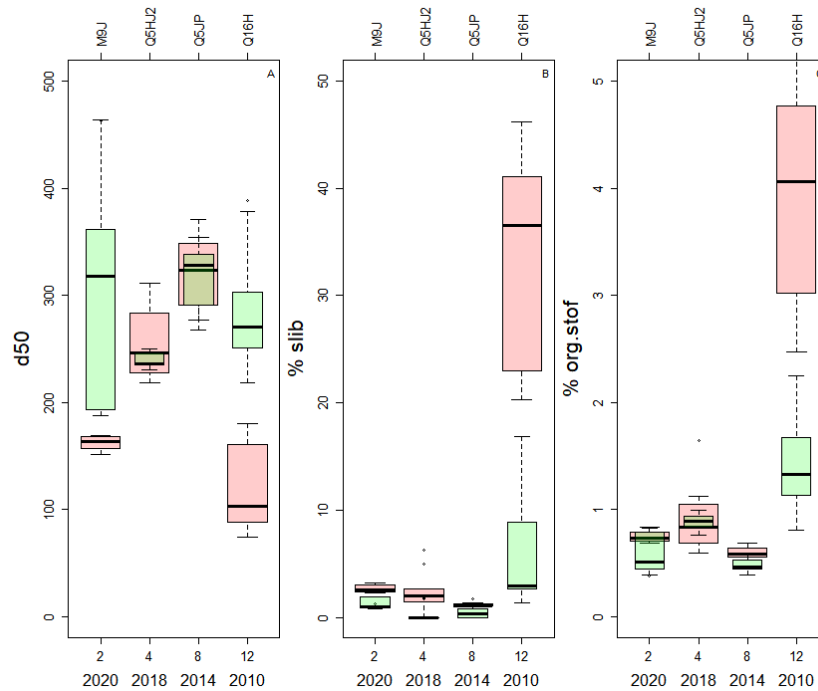
3.2 Univariaat-Sediment

In figuur 8 en tabel 1 zijn de verschillen in mediane korrelgrootte, slibgehalte en percentage organische stof tussen put en referentiegebied per locatie weergegeven. Voor de twee zandwinputten voor de Noordhollandse kust (Q5HJ2 & Q5JP) wordt geen verschil gevonden in mediane korrelgrootte. Juist de oudste put (Q16H) en de jongste put (M9J) laten wel een groot verschil zien. Mediane korrelgrootte in de referentie zone rondom de M9J put heeft een korrelgrootte van rond de 320 µm. In de put is de mediane korrelgrootte gehalveerd. Eenzelfde patroon is evident voor zandwinput Q16H waar ook een halvering van de mediane korrelgrootte heeft plaats gevonden.

Slib gehalten geven het tegengestelde beeld. In de alle putten neemt het slibgehalte toe t.o.v. de referentiegebieden. Percentage organische stof (mediaan) is, met uitzondering van Q5HJ2, hoger in de put t.o.v. de referentie monsters uit de omgeving.

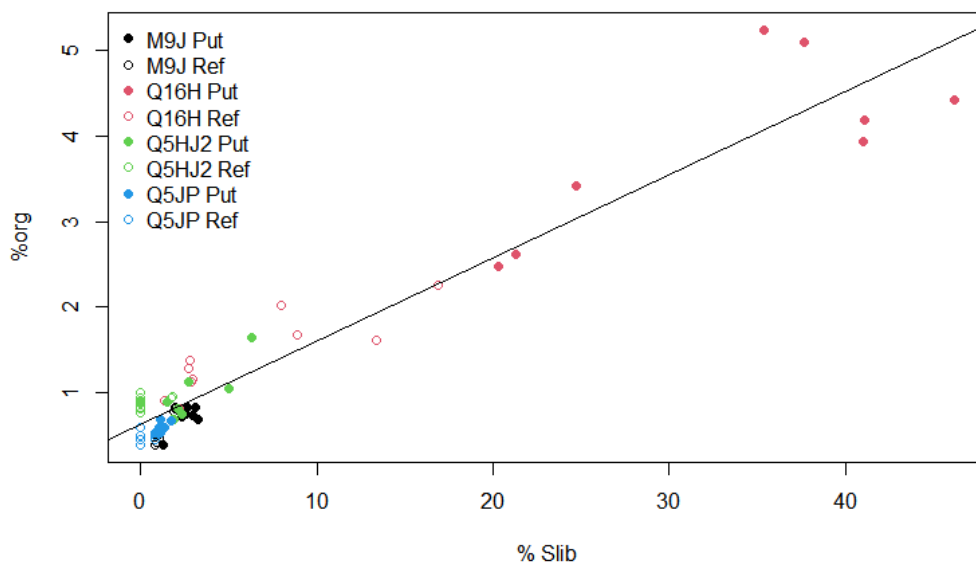
Tabel 1. Overzicht van de voornaamste kenmerken van iedere zandwinput en de bijbehorende referentiegebieden. Oppervlak van de zandwinput, Mediane Korrelgrootte (d50), Percentage slib (<63), Percentage organische stof (%Org) en Diepte in meters tov LAT. De gegevens van de put zijn in rood weergegeven. De gegevens voor de referentiestations in groen. Waarden zijn gemiddelden over de verschillende stations in betreffende put of referentiegebied.

Gebied	Jaar	Op p. (km ²)	d50 put	d50 ref	<63µm put	<63µm ref	%Org put	%Org ref	Diepte put LAT	Diepte ref LAT
M9J	2020	1.9	195	299	2.5	1.3	0.70	0.58	28.4	24.3
Q5JP	2014	2.8	319	314	1.2	0.3	0.59	0.48	26.7	23.1
Q5HJ2	2018	1.9	256	238	2.5	0.3	0.90	0.88	26.1	22.7
Q16H	2010	4.1	125	288	30	6.2	3.9	1.42	25.7	21.0



Figuur 8. Notched Box and Whisker plots die de verschillen tussen sedimentkarakteristieken voor de 4 verschillende gebieden zoals boven aan de grafiek weergeven. Langs de onderste x-as staan leeftijd van de put met het jaar van zandwinning erbij. In rood de samples uit de daadwerkelijke zandwininput; in groen de samples uit de omliggende omgeving (Referentie). 8A; Mediane korrelgrootte, 8B; Percentage Slib, 8C; Percentage Organische stof.

Er is een zwak niet significant (F-test $p=0.14$) negatief verband tussen de diepte van de bemonsterde stations en de mediane korrelgrootte. Percentage organische stof en percentage slib laten geen duidelijk verband met de diepte zien maar wel een sterke opsplitsing tussen put- en referentiegebied. Het percentage organische stof en slibgehalte zijn sterk aan elkaar gekoppeld (Figuur 9). Er is dus een duidelijke trend dat de putten dieper zijn met een sediment dat meer slib bevat en daarmee ook hogere gehalten organisch stof.



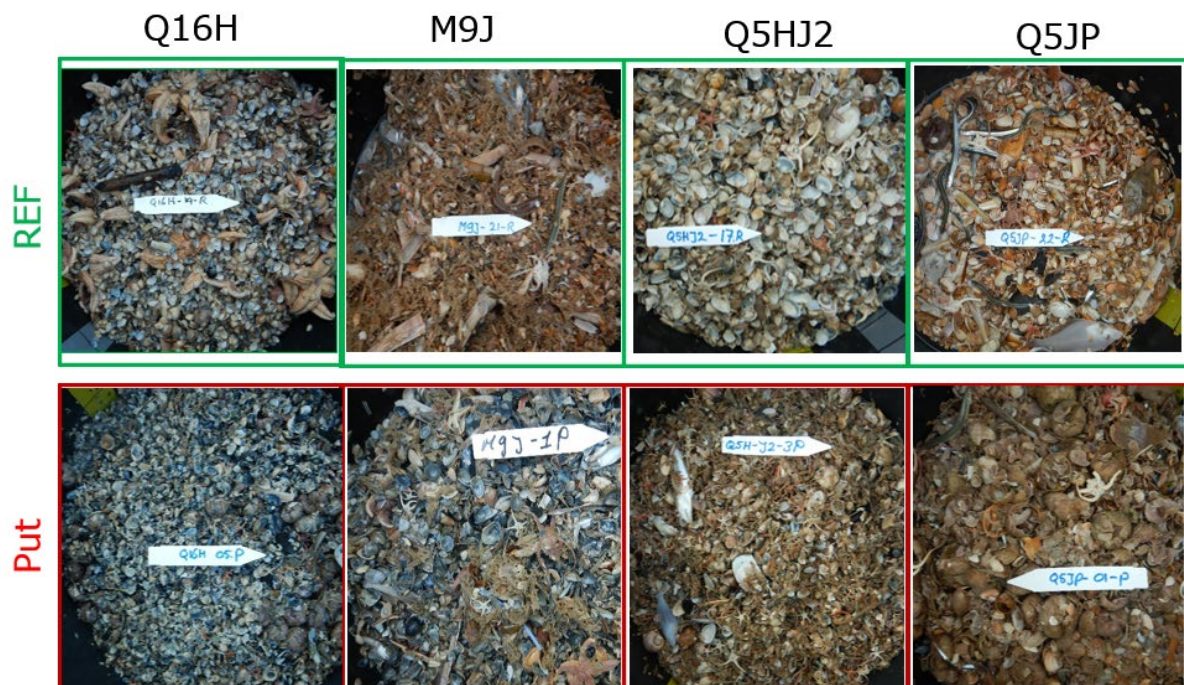
Figuur 9. Relatie tussen percentage organische stof en percentage slib van het sediment.

3.3 Univariaat-Macrofauna

Per locatie werden er tussen de 22 en 44 soorten gevonden. Het gemiddeld aantal soorten lag op 32. Er bestonden grote verschillen tussen de aangetroffen dichtheden per gebied. In en rondom M9J werden gemiddeld 37.5 individuen per vierkante meter gevonden. De rijkste locatie lag in het zuiden van het onderzoeksgebied en was Q16H (ref + put) waar gemiddeld 1749 individuen per vierkante meter werd aangetroffen. Deze hoge dichtheden kunnen worden toegeschreven aan de hoge abundanties van *Abra alba* in de put en aan *Spisula subtruncata* in het referentiegebied. De locaties Q5HJ2 en Q5JP met respectievelijk 107 en 41 individuen per vierkante meter ligt tussen de extremen van M9J en Q16H in. De biomassa van de macrofauna op de locaties rondom Q16H (ref +put) liep op tot 224 gram natgewicht. De biomassa in de andere gebieden liep uiteen van 10.3 tot 19.4 gram natgewicht. Over alle monsters gezien waren de meest talrijke soorten *Echinocardium cordatum*, *Ophiura albida* en *Ophiura ophiura* en de polychaete *Owenia fusiformis*.

Van de 26 vissoorten die zijn aangetroffen waren de drie zandspiering soorten (*Ammodytes tobianus*, *Ammodytus marinus* en *Hyperoplus lanceolatus*) het meest algemeen. Zij maakten zelfs 42% van de aantallen uit. Grondels (*Gobiidae*) maakten 35 % van de aantallen uit. Binnen deze laatste soortsgroep kunnen 5 soorten onderscheiden worden maar in huidige studie is dat maar ten dele gelukt. Er werden 6 soorten platvis gevangen en deze maakten 14% van de vangst uit qua aantallen. De andere vissoorten waren minder talrijk. Qua biomassa (natgewicht) vormden platvissen 49% van de vis biomassa. Zandspieringen vertegenwoordigde 14% van de visbiomassa.

In zandwinput Q16H werd op station 10 een voor de offshore Noordzee nieuwe soort aangetroffen. Het betrof hier *Yoldia limatula*. Een soort die wel al uit de Westerschelde bekend was maar nog niet eerder in de offshore Noordzee is aangetroffen. Verder werd er 1 zeepaardje (*Hippocampus hippocampus*) gevangen op station 5 in Q5JP.



Figuur 10. Foto impressie van de verschillen in vangstsamenstelling tussen een monster dat in de zandwinput en daarbuiten is genomen.

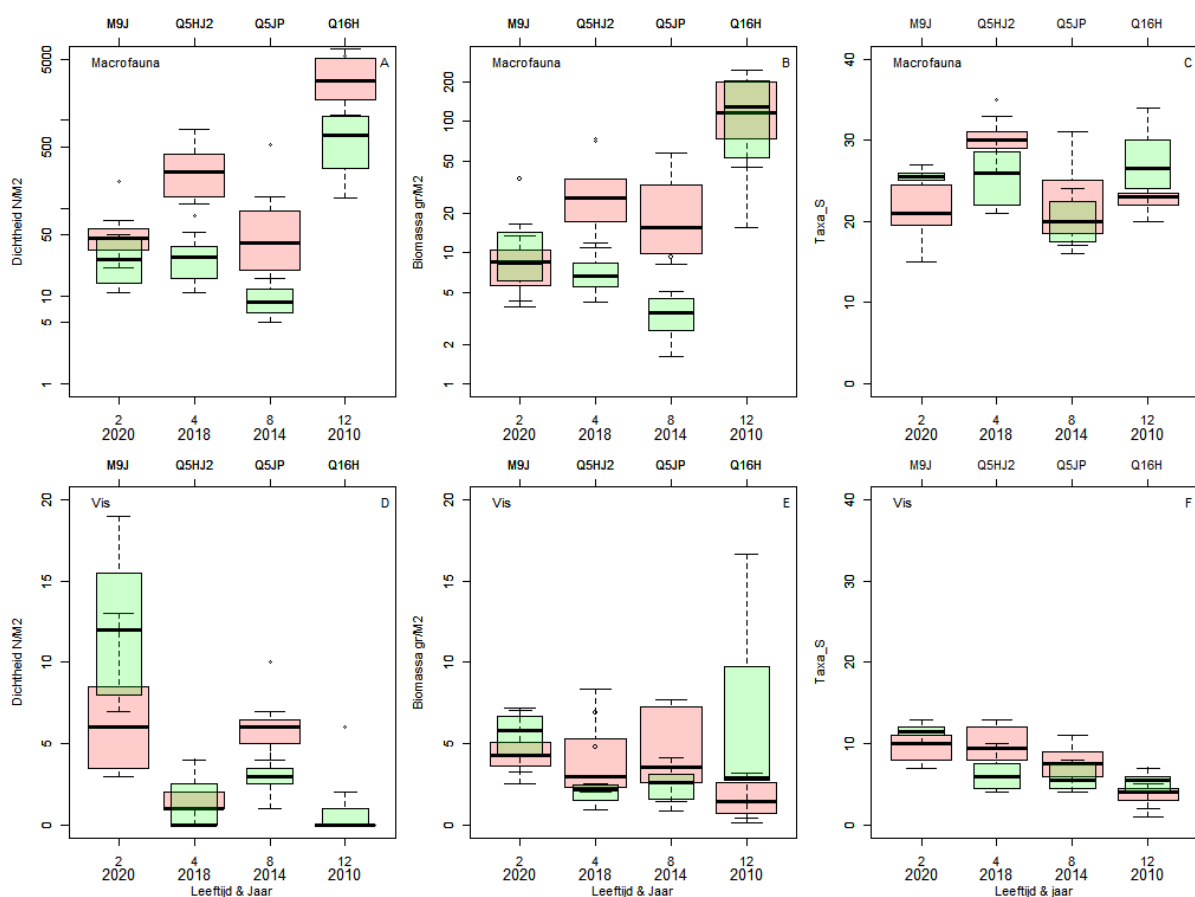
Voor alle gebieden was tijdens de bemonstering op zee al duidelijk dat de fauna in en rondom de zandwinput van elkaar verschillen. Een illustratie van deze verschillen zijn als foto impressie weergegeven in Figuur 10. Een grafisch overzicht van de verschillen in dichtheden, biomassa en aantal soorten tussen put en referentie stations is gegeven in figuur 11. Voor alle gebieden werd gevonden

dat het aantal individuen (macrofauna) in de put hoger was dan in de referentiegebieden. Qua biomassa is er geen uniforme trend. Het verschil in biomassa tussen put en referentiegebied is nihil voor locaties M9J & Q16H. Voor de twee zandwinputten langs de Noord-Hollandse kust (Q5JP & Q5HJ2) is de biomassa in de put hoger dan in de referentie gebieden. Op locatie Q5HJ2 werden in de put iets meer soorten gevonden dan in de referentie gebieden. Voor put Q5JP is een dergelijk verschil niet aanwezig.

De verschillen in visfauna geven een iets ander beeld. Het hoogste aantal soorten vis werden ten noorden van Ameland (M9J) in en rondom de put gevonden. De oudste put (Q16H) had de laagste dichtheid vis en het laagste aantal soorten. In de putten voor de Noordhollandse kust werden in de zandwinputten juist meer vissoorten gevonden. Het verschil in aantal soorten was significant voor put M9J en Q5HJ2. In de zandwinput bij Ameland (M9J) was het aantal gevangen vissen op de referentie stations aanmerkelijk hoger dan in de put. In gebied Q5JP was juist de visdichtheid in de put weer hoger. Verschillen in visdichtheid voor de andere putten (Q16H & Q5HJ2) lijken afwezig.

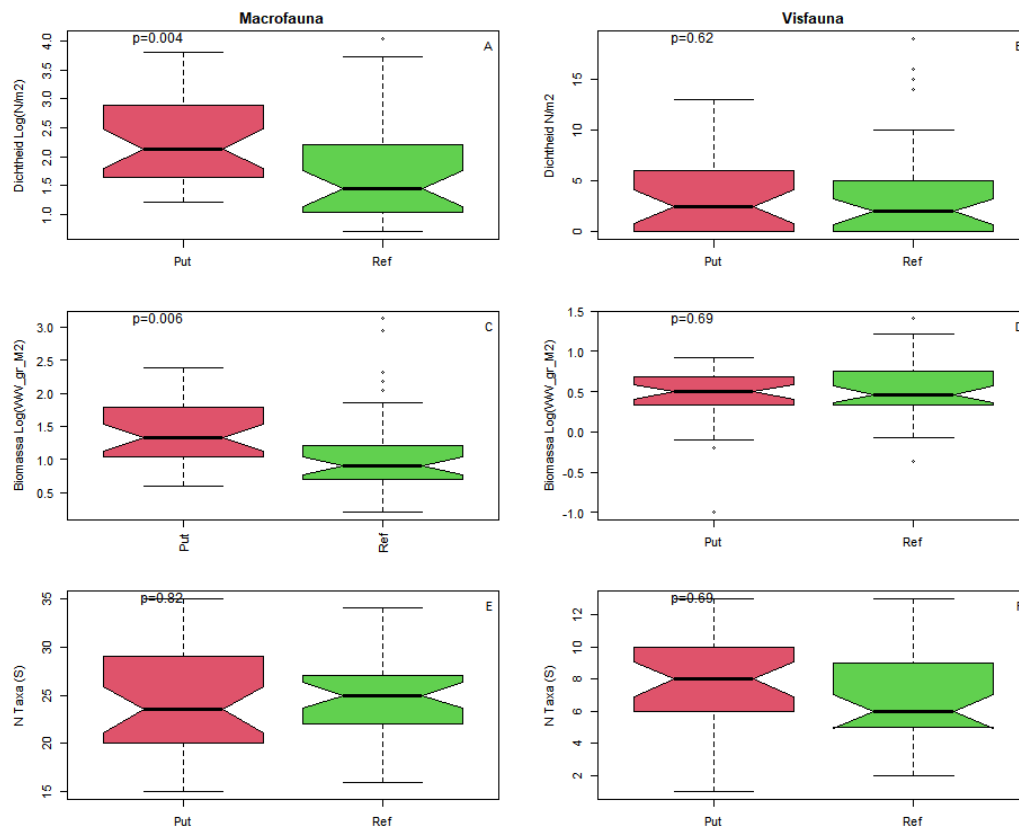
De vangsten uit de winput M9J bestond voor een groot deel uit oude fossiele kokkels. Dit suggereert dat het zand is gewonnen tot op de oude holocene wadbodem.

Het is opvallend te noemen dat de verschillen tussen de put en referentie stations van de twee locaties voor de Noordhollandse kust zich anders openbaren dan de verschillen voor de twee andere gebieden.



Figuur 11. Box and whisker plots die de verschillen tussen put en referentiegebied per locatie weergeven. Locaties zijn boven ieder deelgrafiek aangegeven. De X-as geeft het aantal verstreken jaren tussen zandwinning en moment van bemonstering alsmede het jaar waarin zand uit de desbetreffende put is gewonnen. Groene bars vertegenwoordigen de monsters uit het referentiegebied, Rood vertegenwoordigd de monsters uit de zandwinput zelf. 7A -7C geeft dichtheid , biomassa en aantal aangetroffen soorten weer. 7D-F idem voor vis.

Om het beeld te vereenvoudigen zijn in figuur 12 de verschillen tussen de putten en de referentiegebieden verder samengevat. Hiervoor zijn alle data uit de zandwinputten vergeleken met alle data uit de referentiestations. Deze figuur laat zien dat er tussen de put en referentie gebied geen verschil aangetoond kan worden voor de visfauna terwijl de verschillen in dichtheid en biomassa van de macrofauna juist wel significant zijn. Het verschil in aantal aangetroffen macrobenthos soorten verschilt echter niet. Om inzicht te krijgen in verschillen in soortensamenstelling is een multivariate analyse nodig (zie sectie 3.8).

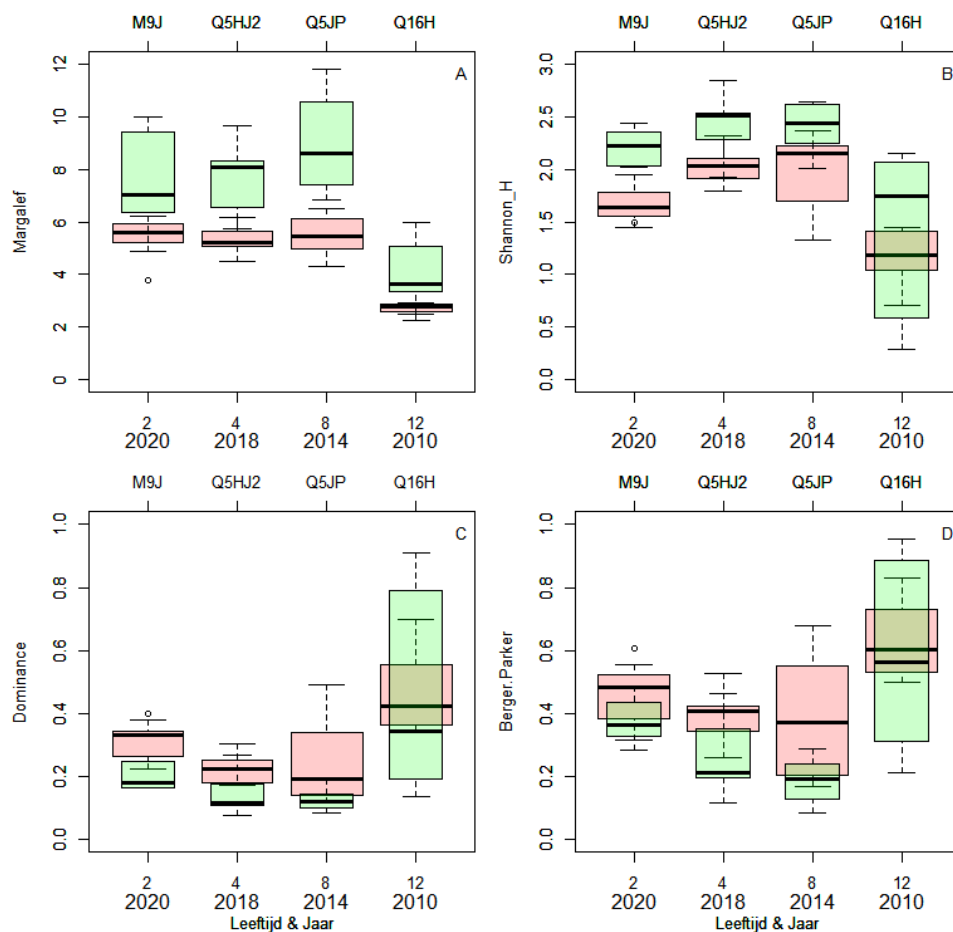


Figuur 12. Notched box and whisker plots die de verschillen tussen put en referentiegebied zoals weergegeven in figuur 11 samenvatten. Als er geen overlap tussen de notches is, is er sprake van een significant verschil. Dit is nogmaals getest met een posthoc Tukey HSD test. P-waarden zijn linksboven weergegeven. 12A en 12B; Vergelijking dichtheden macrobenthos en vis. 12C en 12D; Vergelijking biomassa macrobenthos en vis. 12E en 12F Vergelijking van het aantal macrobenthos en vissoorten. In geen van de gevallen verschillen de parameters voor vis. Voor macrobenthos zijn de verschillen tussen put en referentie stations wat betreft dichtheden en biomassa significant verschillend. Het aantal soorten verschilt niet tussen put en referentie.

3.4 Univariate biodiversiteit indices.

In figuur 11 en figuur 12 is het aantal aangetroffen (S) weergegeven maar dit zegt weinig over de structuur van de fauna. De verdeling van individuen over de gevonden soorten geeft veel informatie over de staat van verstoring waarin de gemeenschap zich bevindt (Rosenberg, 2001, Gray & Elliot, 2009). Er kan daarbij onderscheid gemaakt worden tussen indices die de heterogeniteit (Diversiteit) uitdrukken en indices die uitdrukken hoe dominant soorten aanwezig zijn ("Evenness" of "Dominance"). Algemeen wordt aangenomen dat in sterk verstoorte milieus de dominantie toeneemt van 1 of enkele opportunistische soorten omdat ze weinig gevoelig zijn voor verstoring of daar juist van profiteren. In de literatuur worden veel verschillende indices gebruikt. Ieder met zijn eigen voor en nadelen. In figuur 13 zijn om de diversiteit uit te drukken Margalef's index en Shannon-H weergegeven samen met dominantie (1-Simpson's) en de Berger Parker index (dominantie van meest

algemene soort). Dit figuur illustreert dat de fauna in de putten gekenmerkt is door een lagere biodiversiteit en heterogeniteit. De dominantie index laat zien dat het aantal individuen in de putten scheef verdeeld is over het totaal van alle gevonden soorten. De Berger Parker index illustreert dat de dominantie van de meest algemene soort in een bepaald gebied kan oplopen tot gemiddeld 46%. In de praktijk was dit al direct duidelijk uit de verschijning van de vangsten aan dek. Zie sectie 3.7 voor illustraties van een aantal dominante soorten zoals *Echinocardium cordatum*, *Abra alba* in de zandwinputten, of juist *Spisula subtruncata* in de referentiegebieden. Het beeld dat ontstaat op grond van de faunasamenstelling is dat er, volgens de systematiek van Rosenberg (2001), in de oude zandwinputten sprake is van een verstoord systeem waarin opportunistische soorten massaal voorkomen en profiteren van vooral de aanvoer van organisch materiaal.

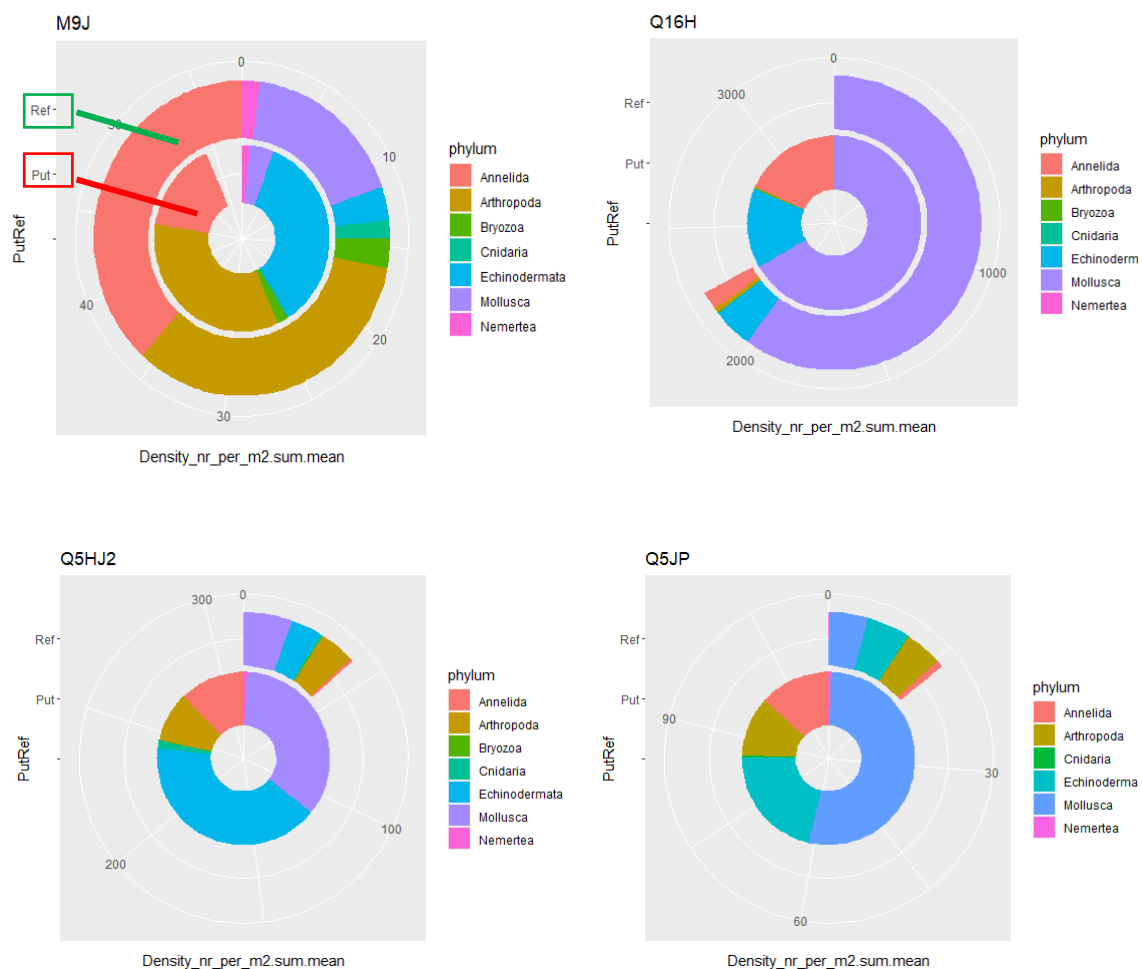


Figuur 13. Overzicht van diversiteits- en dominantieverschillen tussen de zandwinputten en de referentie stations voor alle vier gebieden. De zandwinputten zijn van links naar rechts op volgorde van ouderdom gerangschikt. De naam van ieder gebied is boven iedere figuur weergegeven. Leeftijd van de put en jaar van zandwinning zijn langs de X-as weergegeven. 13A Margalef's diversiteits index, 13B Shannon_H diversiteits index, 13C: Dominance, 13D: Dominantie van de meest algemene soort in ieder gebied. De uitbuiters in dominantie voor de referentiestations in gebied Q16H zijn gekoppeld aan het massaal voorkomen van *Spisula subtruncata*.

3.5 Taxonomische uniciteit

Behalve biomassa of dichtheden kunnen macrofauna gemeenschappen ook sterk verschillen in de verdeling van soorten over hogere taxonomische eenheden. Verschillen in de opbouw daarvan kunnen een directe aanwijzing geven over de sturende abiotische factoren, type voedselweb of mate van verstoring van de habitat. Daartoe zijn per gebied cirkeldiagrammen gemaakt waarin de verdeling van de gemiddelde dichtheden over 7 prominente phyla is gegeven (Figuur 14). In de figuur

representeert de buitenste ring telkens de dichtheid en faunasamenstelling in de referentiemonsters terwijl de binnenring de faunasamenstelling van de zandwinlocatie weergeeft. Uit de figuur blijkt dat de opbouw van de fauna zowel tussen de gebieden als tussen referentie en putlocaties verschilt. Met uitzondering van M9J zijn de dichtheden in de referentie monsters altijd lager dan in de putmonsters. Het verschil tussen beide is in M9J echter klein. Wel is voor M9J het aandeel mollusken en wormen in de put slechts een fractie van wat er in de omliggende referentie stations gevonden wordt. Het aandeel van Echinodermata en Arthropoda van de fauna is in gebied M9J in de put t.o.v. van de referentie aanmerkelijk hoger. Zowel referentiestations als putlocaties in gebied Q16H worden gedomineerd door mollusken. Uit soortanalyse is het echter evident dat het om verschillende soorten (met verschillende feeding guilds (sectie 3.6), gaat. De zandwinputten Q5HJ2 en Q5JP laten een grotendeels zelfde beeld zien. Op de referentiestations worden veel lagere dichtheden aangetroffen en voor beide gebieden maken Echinodermata, Mollusca en Arthropoda ieder ongeveer 1/3 van het totaal uit. In de zandwinputten zelf maken Echinodermata en Mollusca samen ongeveer 3/4 uit van het totaal. De verschillen tussen de gebieden in de opbouw van de macrofauna zijn duidelijk.



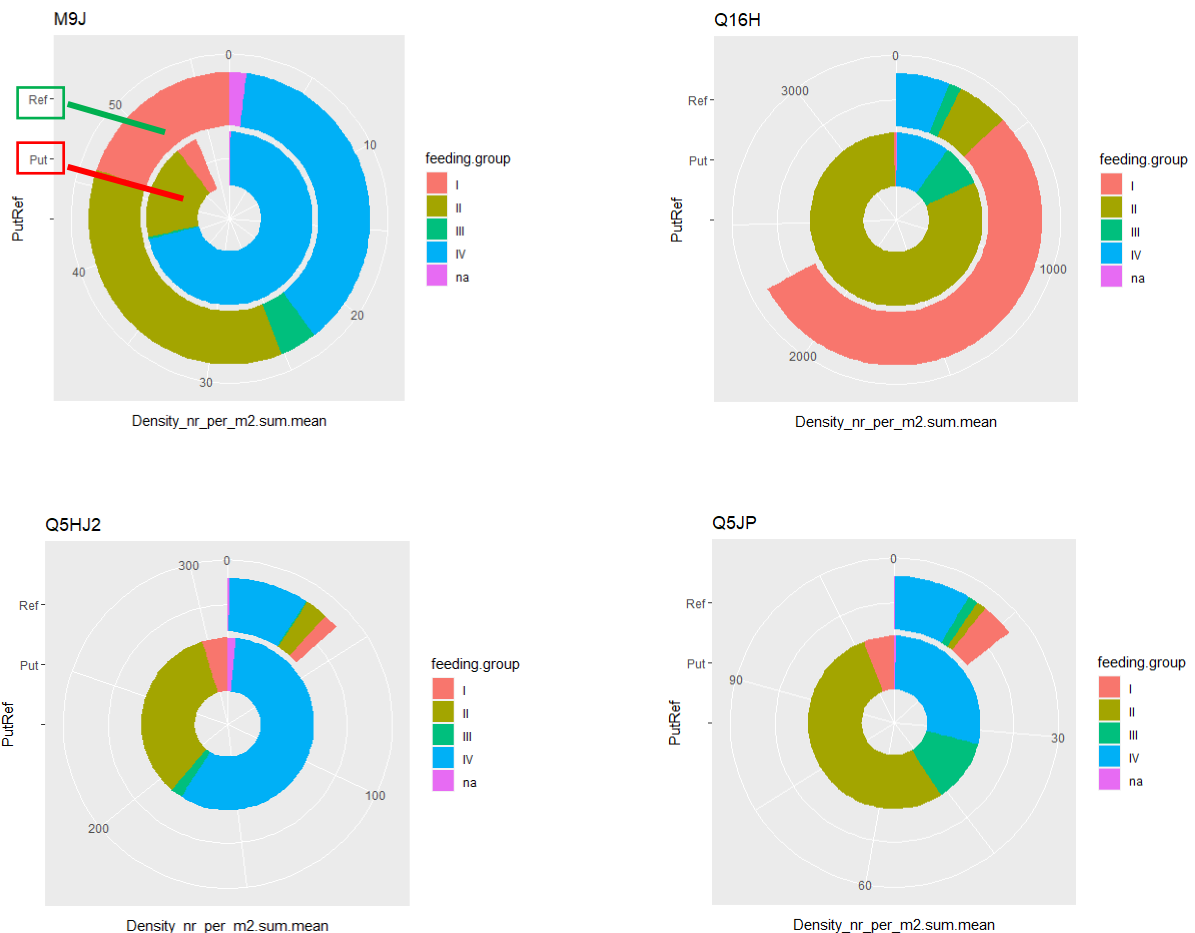
Figuur 14. Verdeling van de aantallen macrofauna over de belangrijkste taxonomische groepen (phyla). De buitencirkel vertegenwoordigd de samenstelling in de referentiemonsters, de binnencirkel de samenstelling in de zandwinput zelf.

3.6 Feeding groups.

Behalve taxonomische samenstelling van de macrofauna kan er ook gekeken worden naar de verdeling van “feeding groups”. De manier waarop een organisme zijn voedsel tot zich neemt zegt veel over de heersende abiotische condities. Voor de analyse is gebruik gemaakt van de opdeling in Rees e.a. (2007) (tabel 2). Van deze originele indeling zijn 5 categoriën relevant. De categorie “parasiet” blijft in de hier uitgevoerde analyse buiten beschouwing.

Tabel 2 Definition of feeding groups used in this study (Rees et al 2007).

FEEDING GROUP	DESCRIPTION
I	Suspension- or filter-feeder
II	Interface-feeder, surface deposit-feeder, facultative suspension-feeder
III	Subsurface deposit-feeder, grazer
IV	Predator, omnivore, scavenger
V	Parasite
na	Not appropriate at the recorded taxonomic level
U	Unknown



Figuur 15. Verdeling van de feedingguilts van macrofauna in de monsters. De buitencirkel vertegenwoordigd de samenstelling in de referentiemonsters, de binnencirkel de samenstelling in de zandwinput zelf.

In figuur 15 zijn cirkeldiagrammen volgens dezelfde systematiek als figuur 14 weergegeven, maar de primaire classificatie reflecteert hier de manier waarop verschillende delen van de gemeenschap voedsel verzamelt. Dit betekent dat soorten uit geheel verschillende hogere Taxa bij elkaar in dezelfde

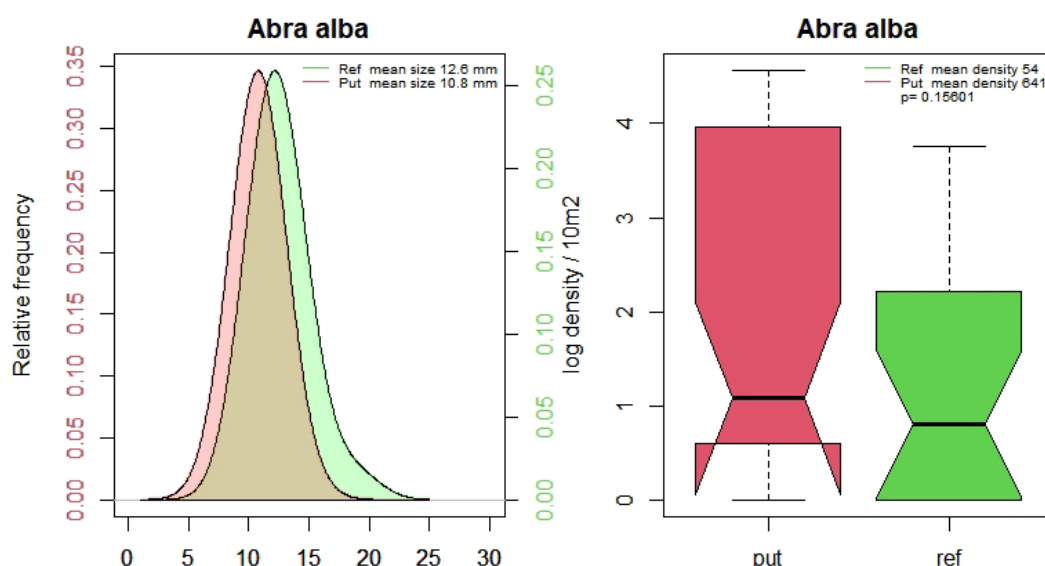
categorie kunnen vallen of juist niet. Deze indeling zegt veel over de beschikbaarheid en het type materiaal dat een soort als voedselbron benut. Daarmee geeft het ook informatie over de abiotiek ter plekke.

Voor de twee meest extreme gebieden Q16H en M9J kunnen de soorten uit de referentiegebieden voor een groot deel in klasse van suspensionfeeders (I) worden ingedeeld. In de zandwinputten op deze locaties ontbreken deze vrijwel geheel of zijn vervangen door interface / surface depositfeeders. Locatie Q16H is heel illustratief. In de referentie gebieden worden hoge dichtheden *Spisula subtruncata* gevonden, een typische filterfeeder die tot de mollusca behoort. In de zandwinput zelf worden ook zeer veel schelpen gevonden. Hier gaat het om *Abra alba* een typische interface feeder. Dus ondanks de schijnbare overeenkomst op hoger taxonomisch niveau verschillen de locaties sterk in termen van de aanwezige “feeding guilds”. In de jongste zandwinput (M9J) is het aandeel predatoren (IV) in de put zeer hoog (¾). Subsurface deposit feeders ontbreken vrijwel. In beide Q5 gebieden zijn zowel in de referentiemonsters als in de putmonsters ¼ tot ½ van de individuen predatoren (IV). Hier is het aandeel interface feeders in de putten aanmerkelijk hoger. In put Q5JP maken subsurface deposit feeders een redelijk deel uit van de fauna. Deze ontbreken vrijwel geheel in de omliggende referentie gebieden.

Deze analyse illustreert dat wanneer de vergelijkingen over alle putten wordt samengenomen filterfeeders vooral in de referentiesamples gevonden worden en dat de fauna in de putten wordt gekenmerkt door het grote aandeel predatoren en interface-deposit en deposit feeders.

3.7 Kenmerkende soorten

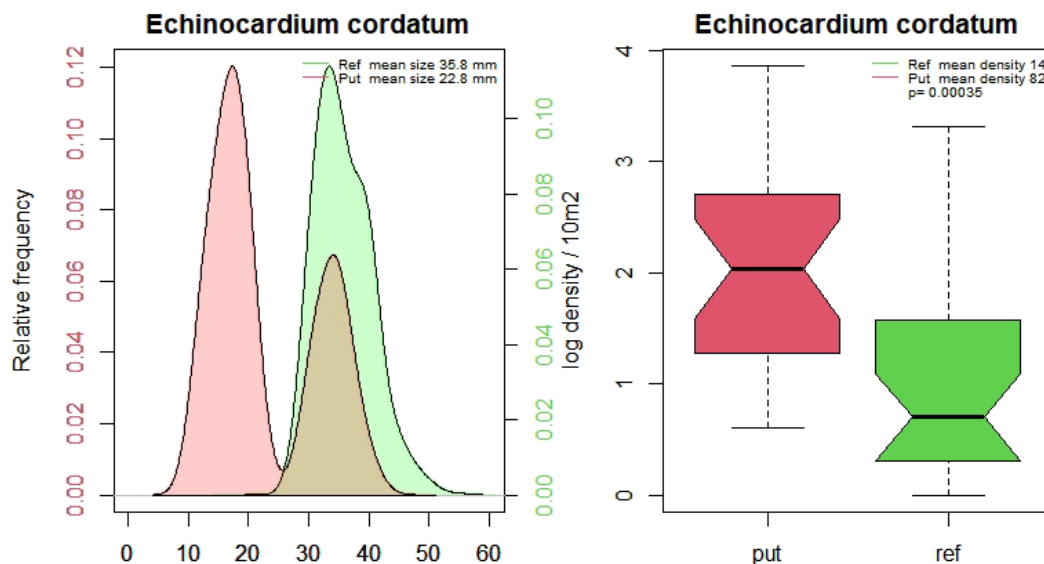
Uit de observaties aan boord en de multivariatie analyses hieronder (zie 3.8) blijkt dat een aantal soorten een sterke rol spelen in de bepaling van de gevonden verschillen. In figuren 16 tot 22 zijn voor deze soorten frequentiediagrammen van de grootteverdelingen en boxplots van de verschillen in dichtheid gegeven uitgesplitst naar “put” en “referentie”. Ze laten allen het verschil voor de betreffende soort tussen put en referentie zien. Er zijn zowel verschillen in dichtheden maar ook in gemiddelde grootte gevonden.



Figuur 16. Lengte frequentie diagram en vergelijking van gemiddelde dichtheden voor *Abra alba* over alle Put en Referentie stations.

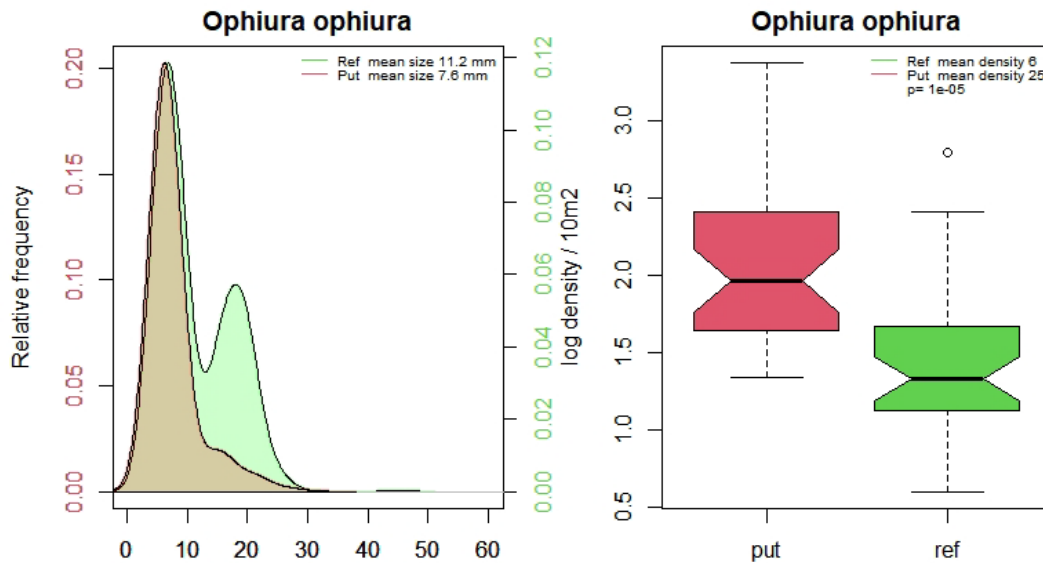
De kleine tweekleppige *Abra alba* (Figuur 16) is in alle gebieden gevonden en overall is deze soort algemener in de put dan in de referentie locaties. *Abra alba* is heel dominant aanwezig in zandwinput Q16H. Het verschil in gemiddelde dichtheden over alle putten (641/m²) en referentiestations (54/m²) is echter statistisch niet significant. *Abra alba* is een soort die als deposit / interface feeder wordt ingedeeld en kenmerkend is voor organisch verrijkte bodems. Gemiddelde schelpenlengte in de putten is iets kleiner dan op de referentiestations.

Een andere typische en zeer dominante soort in de zandwinputten is *Echinocardium cordatum* (Figuur 17). Deze zeeegel profiteert als “subsurface deposit feeder” heel direct van de verhoogde aanvoer van slib en organisch materiaal. *Echinocardium* is een zeer algemene soort in de Noordzee en kan zich snel ergens vestigen. In zandwinput Q16H zijn de hoogste dichtheden gevonden en er zijn heel duidelijk 2 lengte-klassen aanwezig. In de andere zandwinputten is de verdeling uni-modaal. Voor alle putten zijn de gevonden lengtes in de referentiestations groter dan in de putten. In de meest recent gegraven put zijn in totaal maar 4 exemplaren gevonden. Hier heeft deze soort zich (nog) niet overtuigend kunnen vestigen. Gemiddelde dichtheden over alle putten is 82 exemplaren per m². In de referentiegebieden werd gemiddeld 14 individuen per m² gevonden. Het gemiddeld verschil in dichtheden is statistisch significant (TukeyHSDtest, $p < 0.05$).



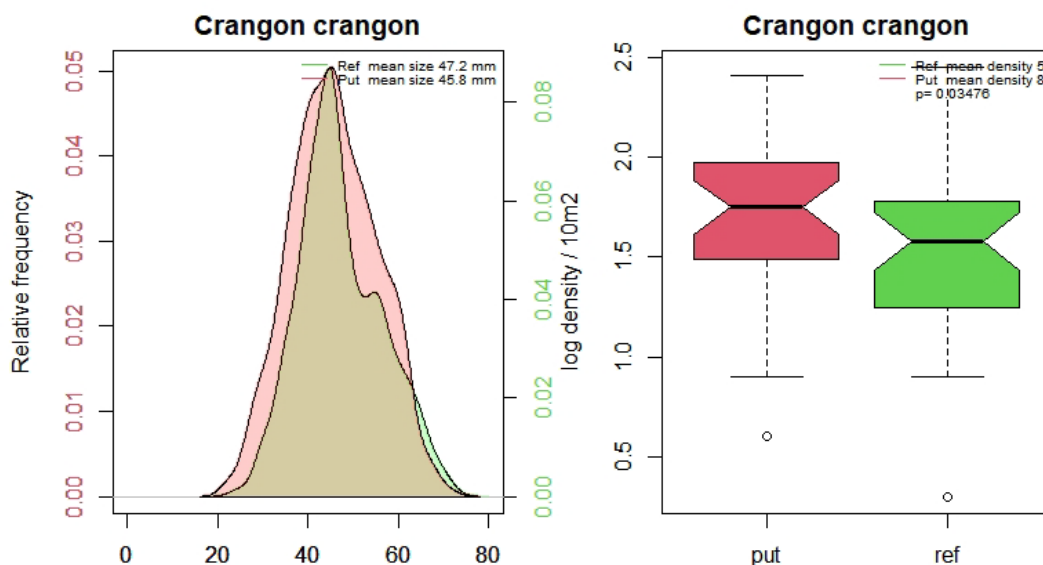
Figuur 17 Lengte frequentie diagram en vergelijking van gemiddelde dichtheden voor *Echinocardium cordatum* over alle Put en Referentie stations.

Van twee nauwverwante soorten slangsterren (*Ophiura albida* en *Ophiura ophiura*) is vooral *O. ophiura* (Figuur 18) kenmerkend voor de fauna in de zandwinputten. De gemiddelde dichtheden van deze soort zijn significant hoger in de putten. De grootteverdeling in de monsters uit de zandwinputten is unimodaal m.u.v. de stations in Q5JP. De frequentieverdeling van lengtes op de referentiestations is overall bimodaal. Gemiddelde dichtheid in de put is 25 individuen per m² en in de referentiestations 6 individuen per m². Voor *Ophiura albida* zijn geen verschillen in grootte of dichtheid aantoonbaar, hoewel “put” stations over het algemeen wel iets hogere dichtheden hebben.



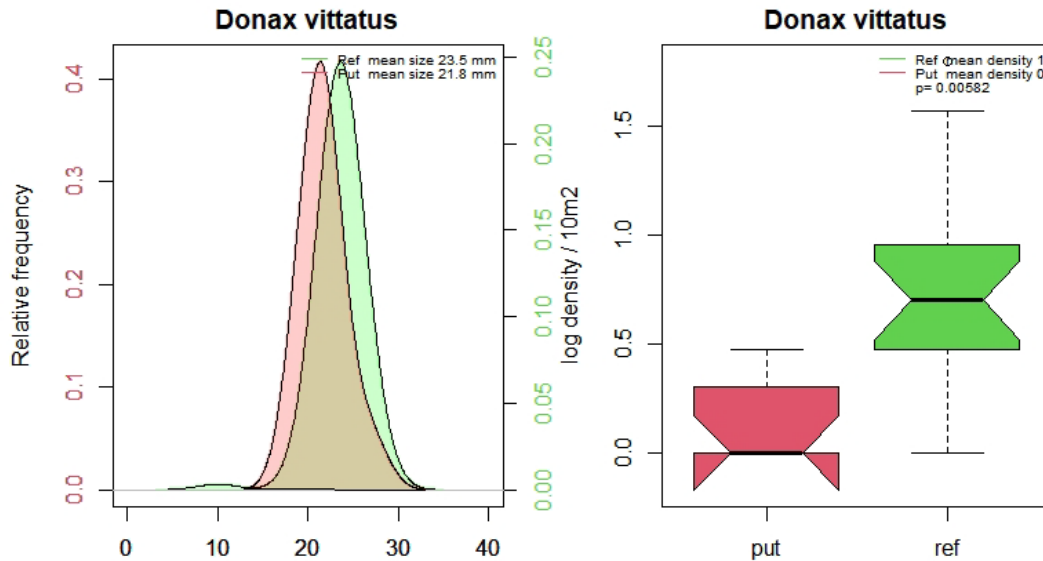
Figuur 18 Lengte frequentie diagram en vergelijking van gemiddelde dichtheden voor *Ophiura ophiura* over alle Put en Referentie stations

Voor sommige soorten wordt er geen verschil gevonden in gemiddelde groottes en zijn de verschillen in dichtheden klein maar toch significant. Dit laatste komt doordat de soort algemeen is en op iedere locatie in grote aantallen gevangen wordt. De gewone garnaal (*Crangon crangon*) is daar een voorbeeld van (Figuur 19). In de putten worden gemiddeld 8 individuen per m² en in de referentiegebieden 5 individuen per m² gevonden. Gemiddelde grootte is 47.2 (ref) en 45.8 (put) mm.



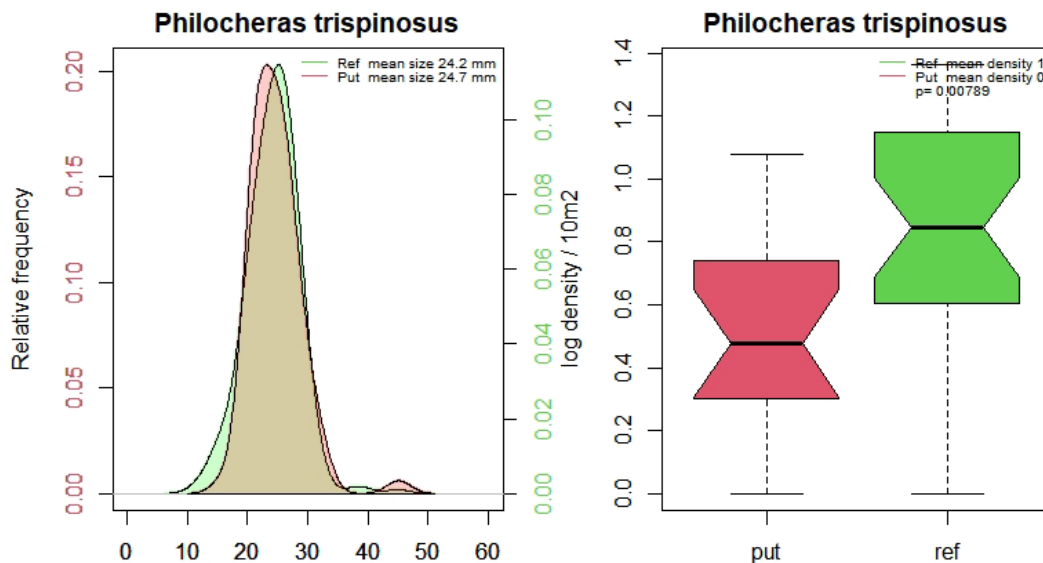
Figuur 19. Lengte frequentie diagram en vergelijking van gemiddelde dichtheden voor *Crangon crangon* over alle Put en Referentie stations

Er zijn ook een aantal soorten die juist kenmerkend voor de referentiegebieden zijn. De tweekleppige *Donax vittatus* (het zaagje) (Figuur 20) komt bij voorkeur in slibarme zandige sedimenten voor en is alleen in noemenswaardige aantallen gevonden in gebied M9j (153 ref; 8 put) en Q5HJ2(36 ref; 4 put). Dichtheden in de deze twee referentiegebieden was ongeveer 1 individu per m². In de putten ligt de gemiddelde dichtheid onder 1 individu per m². Er lijkt een klein verschil in schelpengte te bestaan tussen put en referentie waarbij de exemplaren uit de putten kleiner zijn.



Figuur 20. Lengte frequentie diagram en vergelijking van gemiddelde dichtheden voor *Donax vittatus* over alle Put en Referentie stations.

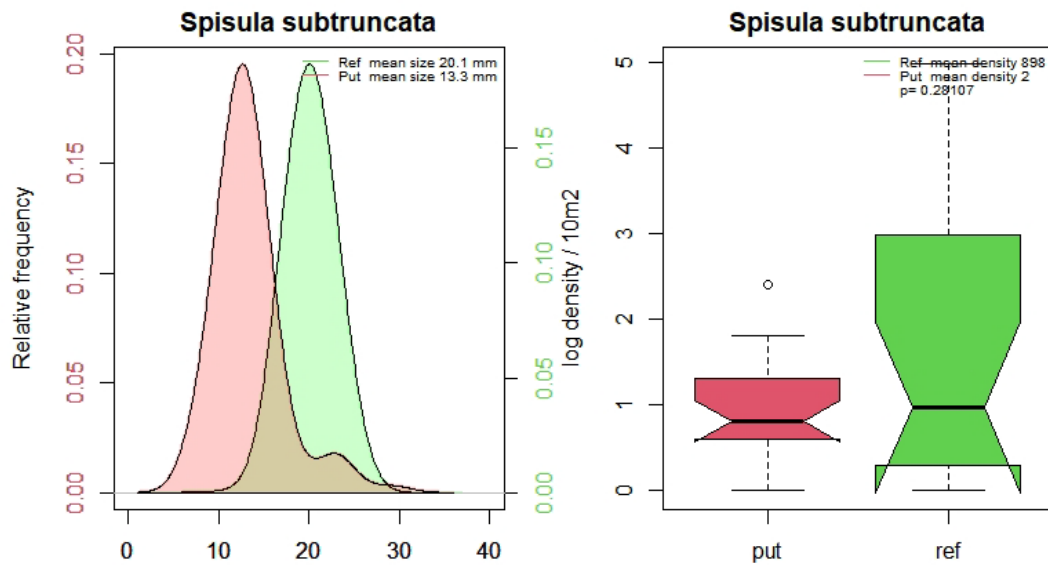
Philocheras trispinosa is een kleine garnalensoort die nauwelijks in de zandwinputten zelf wordt gevonden (Figuur 21). Net als bij gewone garnalen is er geen noemenswaardig verschil in lichaamslengte tussen de exemplaren uit de zandwinputten en de omliggende referentiegebieden, maar de gemiddelde dichtheden verschillen significant.



Figuur 21 Lengte frequentie diagram en vergelijking van gemiddelde dichtheden voor *Philocheras trispinosa* over alle Put en Referentie stations.

Een laatste noemenswaardige soort die in hoge aantallen in de referentiegebieden wordt gevonden is de halfgeknotte strandschelp (*Spisula subtruncata*) (Figuur 22). In de zandwinputten is de gemiddelde dichtheid 2 individuen per m². De gemiddelde dichtheid op de referentie stations is 898 exemplaren per m². Het verschil in dichtheid tussen put en referentie is niet significant door de enorme spreiding van de dichtheidsschattingen. Dit komt omdat deze soort sterk geclusterd voorkomt. Juist die typische “banken” met , met dichtheden van honderden per vierkante meter lijken te ontbreken in de putten. Het verschil in gemiddelde schelpenlengte tussen put (13.3mm) en referentie

(20.1mm) is opvallend. Dus niet alleen de dichtheden in de put zijn lager maar ze zijn ook kleiner, wat kan duiden op een lagere overleving of lagere groeisnelheden in de diepe zandwinputten.

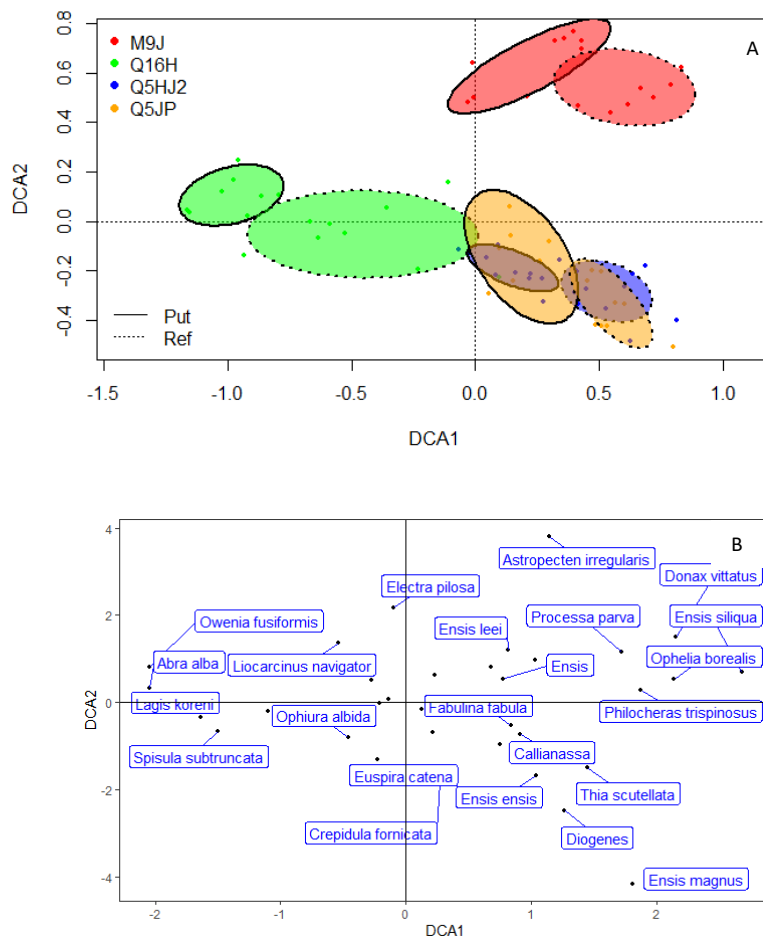


Figuur 22 Lengte frequentie diagram en vergelijking van gemiddelde dichtheden voor *Spisula subtruncata* over alle Put en Referentie stations.

3.8 Macrofauna Multivariaat

Bovenstaande analyses geven geen inzicht in verschillen in soortensamenstelling of de verdeling van individuen over deze soorten. Dit wordt geïllustreerd door het vrijwel identieke aantal soorten (S) per gebied of tussen put- en referentiestations (Figuur 12). Margalef's, Shannon_H en de dominance indices suggereren echter duidelijk een andere verdeling van de individuen over de soorten wanneer put en referentie vergeleken worden (Figuur 13) en laat zien dat dit voor alle gebieden het geval is. De grote overlap van de indices in gebied Q16H valt terug te voeren op de enorme dominantie van *Spisula subtruncata* op een aantal monsterpunten buiten de eigenlijke zandwinput. Uit de dominantie index is duidelijk dat in de putten 1 of enkele soorten numeriek dominant zijn.

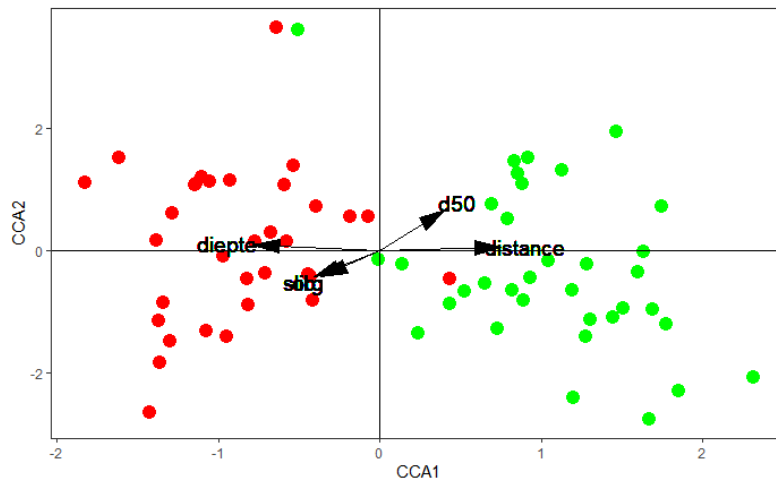
De verschillen tussen de verschillende putten als ook tussen referentie en put binnen 1 gebied kunnen gepaard gaan met een verschuiving van kenmerkende soorten. Een eerste aanwijzing hiervoor vormt bijvoorbeeld de verdeling van hogere taxonomische groepen of feeding guilds tussen regio's en put en referentie gebieden anderzijds. Multivariate technieken zijn beter in staat om deze meer subtiele verschuivingen in faunasamenstelling te detecteren en samen te vatten in een twee dimensionale grafiek. Daarnaast kan met deze techniek een koppeling gemaakt worden tussen de gevonden indeling en gemeten abiotische factoren.



Figuur 23. Grafische weergave van een detrended correspondence analyses (DCA) op grond van de dichtheden en samenstelling van de macrofauna. Er is een onderscheid gemaakt tussen de Put en Referentie samples in ieder gebied. 23A Ligging van de stations in het ordinaatstelsel met 95% betrouwbaarheids elipsen voor de verschillende groepen die onderscheiden zijn. 23B; Relatieve positie het voorkomen van soorten in dezelfde twee dimensionale ordinaatruimte. Hiermee ontstaat een idee over de soorten die bijdragen aan de geobserveerde verschillen tussen de gebieden.

Figuur 23 toont de resultaten van de DCA (detrended correspondance analyses) dat drie van de vier geografische regio's die bemonsterd zijn, significant van elkaar verschillen. Ook het verschil tussen monsters van de zandwinlocatie en referentie gebieden is duidelijk. Er is vrijwel geen overlap tussen referentie en zandwininput voor M9J, Q16H en de twee gebieden in Q5. Opvallend voor dat laatste gebied is dat is dat de referentie gebieden van Q5HJ2 en Q5J2 sterk overlappen wat suggereert dat de faunasamenstelling identiek is. In deze ordinatie zijn de abiotische factoren niet meegenomen. Daarom berusten deze geconstateerde verschillen uitsluitend op de verschillen in soortensamenstelling en dichtheden.

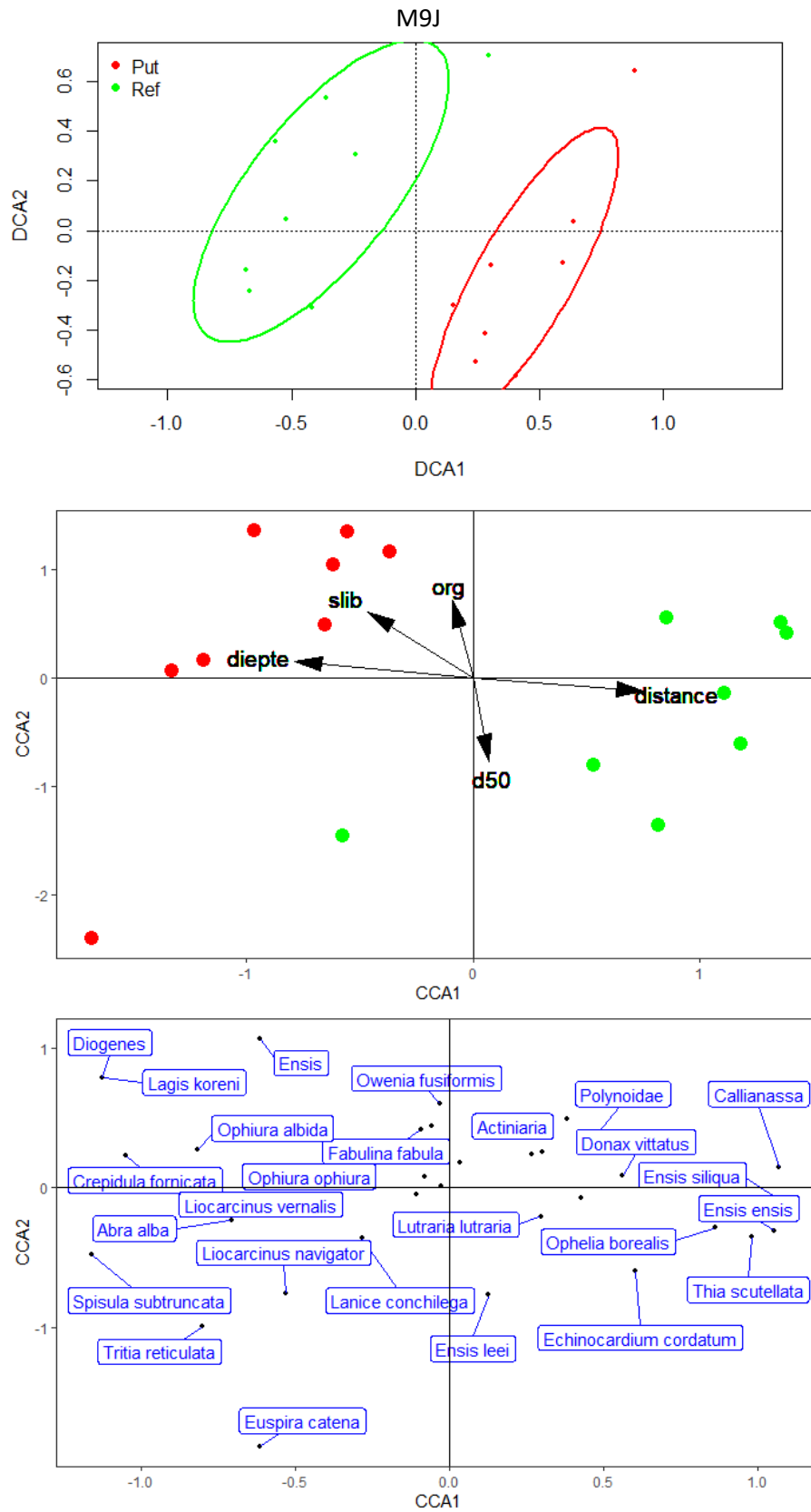
De volgende stap in de analyse is het gebruik van de gemeten abiotische variabelen in een canonical correspondence analyse om de bijdrage van die factoren in de verklaarde variantie te kunnen bepalen (door permutatie). Op grond van de DCA weten al dat de gebieden verschillen qua faunasamenstelling door "gebied" als voorwaardelijke factor mee te nemen kan men onderzoeken of er *ruimtelijke* verschillen bestaan in de samenstelling van de fauna.



Figuur 24. Resultaten van pCCA waarin “gebied” als conditional factor is meegenomen. Rode symbolen geeft de relatieve ligging van de monsters die afkomstig zijn uit de zandwinputten zelf. In groen de monsters uit de omliggende referentiegebieden met daaroverheen geplote verklarende abiotische factoren. De richting waarin deze vectoren lopen geeft een indicatie over de aard van de CCA-as.

In figuur 24 zijn de resultaten van pCCA op grond van de abiotiek uitgevoerd met daarin het zandwingebied als voorwaardelijke factor. Deze voorwaardelijke factor verklaart 38 % van de variantie in de hele dataset (abiotiek-species-stations matrix, alle locaties). Van de overblijvende variantie wordt 17 % verklaard door de abiotiek. Uit de analyse blijkt dat de 1ste “vrije as” minder variantie verklaart dan de 1e “voorwaardelijke (abiotiek)” as. Dit betekent dat het verschil in abiotiek de belangrijkste bron van variantie verklaart en daarmee zorgt voor verschillen in faunasamenstelling. Uit de figuur is duidelijk dat diepte samen met slibgehalte een groot deel van de variantie langs de 1e as (CCA1) verklaart. Verder laat de figuur zien dat slibgehalte en percentage organische stof sterk gecorreleerd zijn aan elkaar (zie ook Figuur 9) en tegengesteld aan het effect van mediane korrelgrootte. Door de sterke correlatie tussen slibgehalte en het percentage organische stof draagt deze laatste factor nauwelijks bij aan het verklaren van extra variantie. Soorten die als “put-specifiek” uit de analyse naar voren komen zijn *Abra alba*, *Echinocardium cordatum*, *Owenia fusiformis* en *Lagis koreni*. In de referentiegebieden zijn het vooral *Ensis* soorten, *Donax vittatus* en *Ophelia borealis* die zich als kenmerkend onderscheiden.

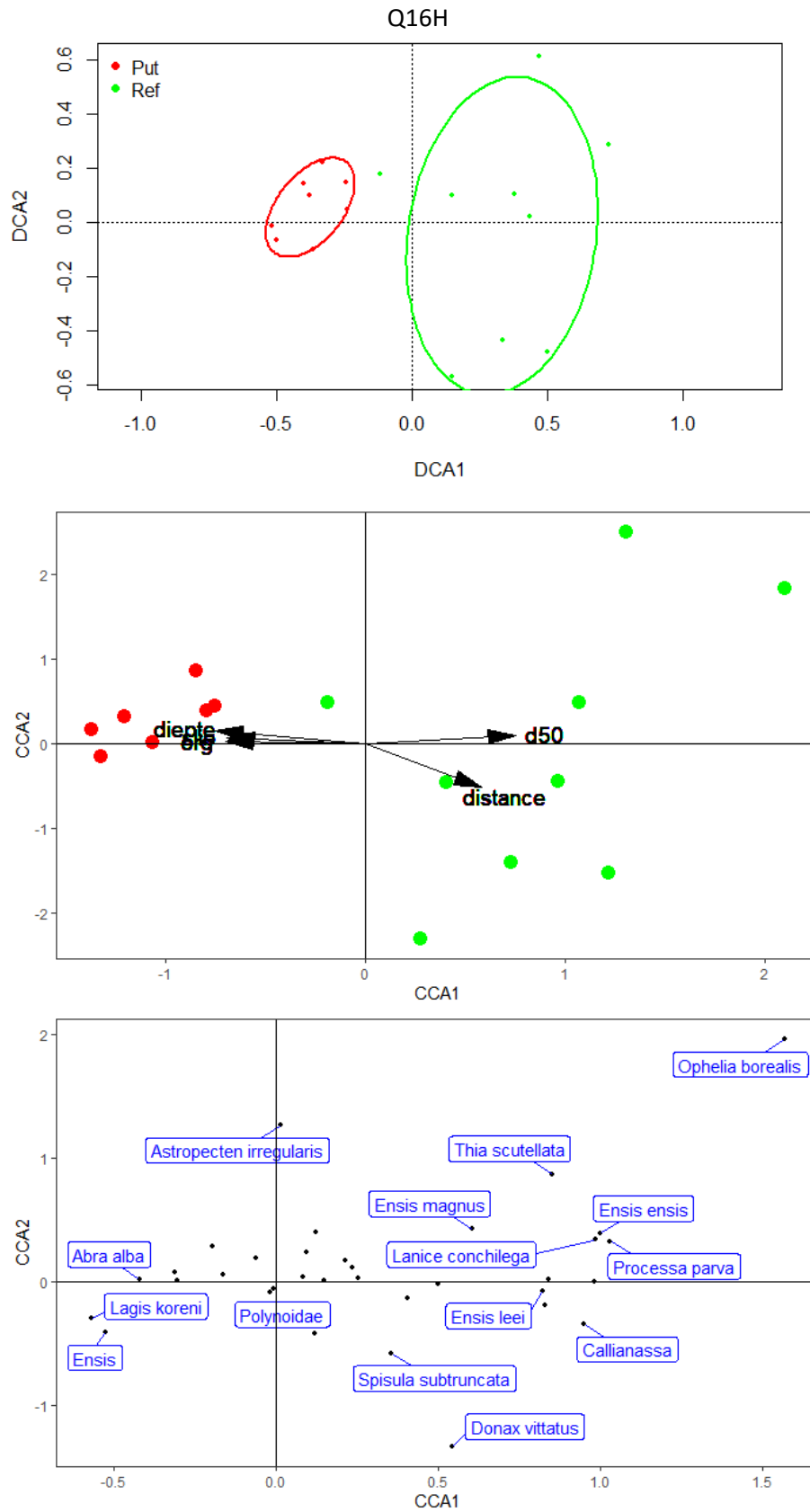
Dezelfde soortanalyse is ook uitgevoerd op de datasets specifiek per gebied. Deze analyses zijn hieronder in figuur 25 t/m 28 weergegeven en illustreren dat er voor ieder van de vier gebieden een groot verschil is in faunasamenstelling tussen put en referentie. Ook voor de afzonderlijke gebieden verklaren de abiotische variabelen voor een groot deel de verschillen. Percentages verklaarde variantie lopen voor de gebieden uiteen van 45 tot 65%. In de figuren zijn telkens van boven naar beneden gaand de DCA analyse, de koppeling met de abiotiek en als laatste de soorten weergegeven. In de bijbehorende onderschriften zijn de kenmerkende soorten weergegeven voor zowel de put als het referentie gebied. Hierbij is telkens dezelfde kleurcodering gebruikt. Groen vertegenwoordigd de referentie monsters, rood vertegenwoordigen de monsters uit de daadwerkelijke zandwinput.



Figuur 25. Resultaten van de ordinatie van de macrobenthosmonster in en rondom zandwinput M9J. Uit de hierop volgende CCA analyse blijkt dat de abiotiek 65.15% van de variantie in het macrobenthos kan verklaren. Kenmerkende soorten zijn:

REF: *Thia scutulata*, *Ophelia borealis*, *Ensis siliqua*, *Ensis ensis*.

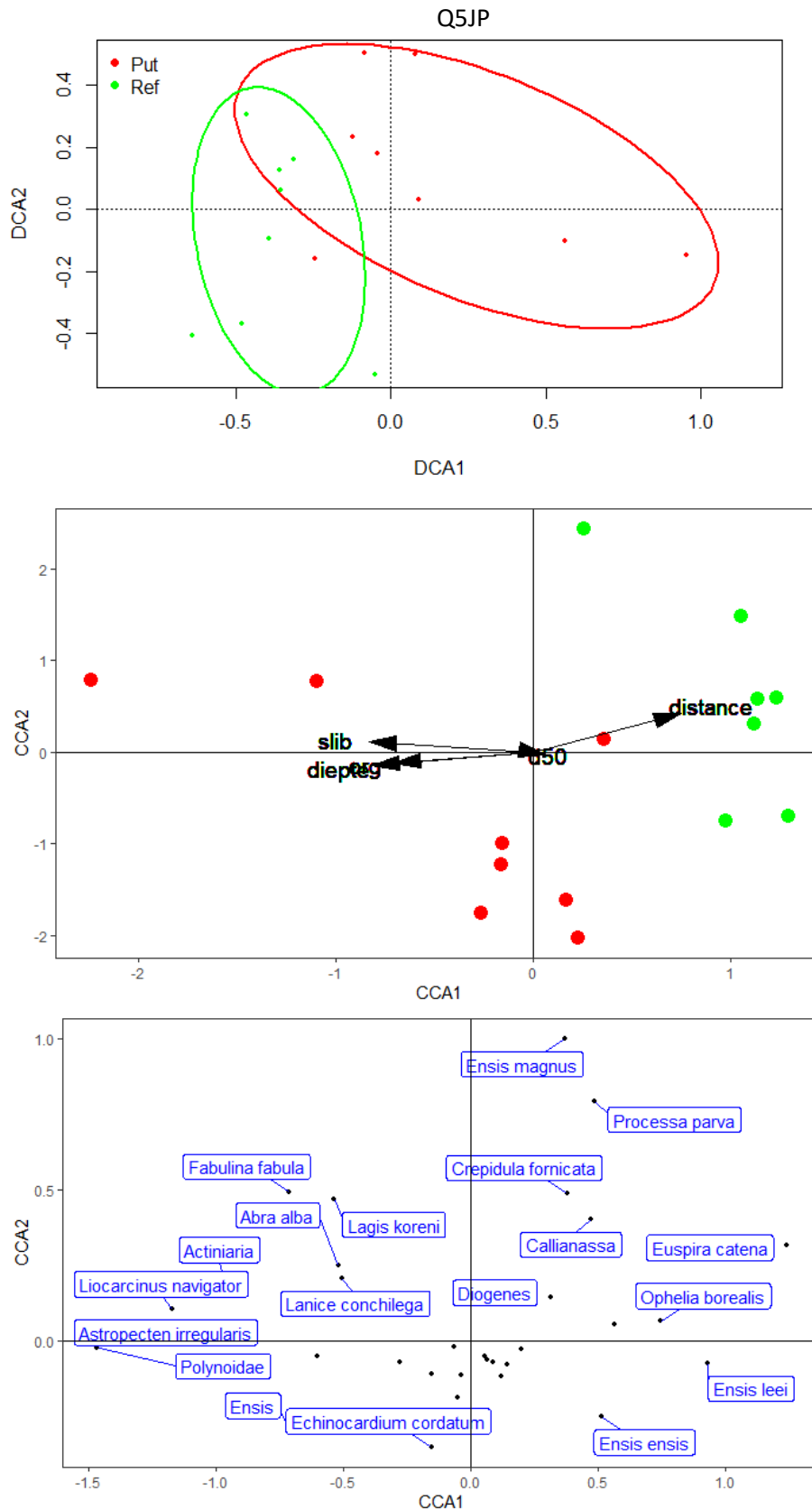
PUT; *Spisula subtruncata*, *Tritia reticulata*, *Liocarcinus vernalis*, *Ophiura albida*, *Abra alba*



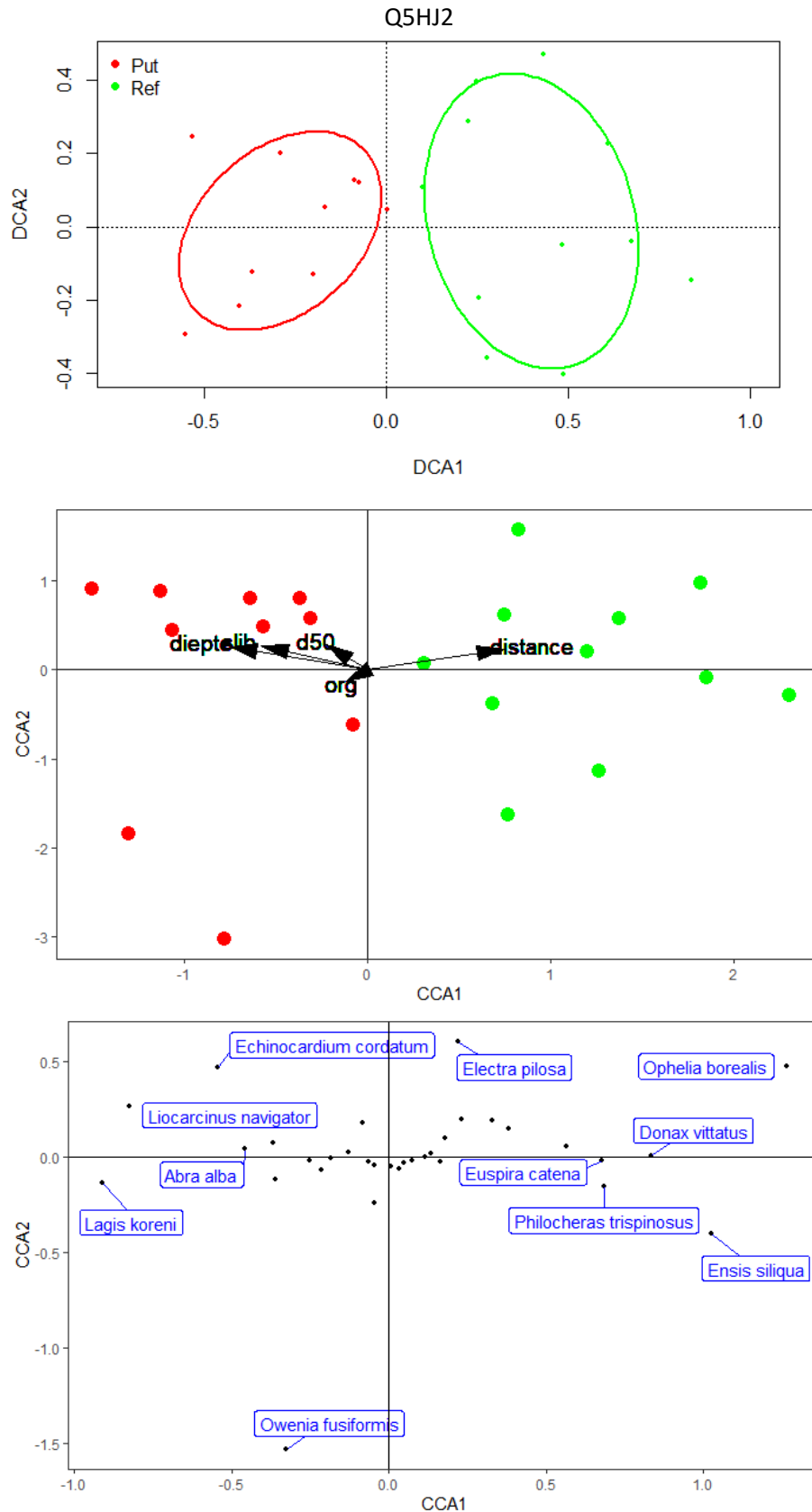
Figuur 26. Resultaten van de ordinatie van de macrobenthosmonster in en rondom zandwinput Q16H. Uit de hierop volgende CCA analyse blijkt dat de abiotiek 49.3 % van de variantie in het macrobenthos kan verklaren. Kenmerkende soorten zijn:

REF: *Thia scutulata*, *Ensis leei*, *Lanice conchilega*, *Fabulina fabula*.

PUT; *Echinocardium cordatum*, *Lagis koreni*, *Owenia fusiformis*, *Actiniaria*, *Abra alba*



Figuur 27. Resultaten van de ordinaties van de macrobenthosmonster in en rondom zandwinput Q5JP. Uit de hierop volgende CCA analyse blijkt dat de abiotiek 47.0% van de variantie in het macrobenthos kan verklaren. Kenmerkende soorten zijn;
 REF: *Ophelia borealis*, *Ensis magnus*, *Ensis leei*, *Euspira catena*.
 PUT: *Spisula subtruncata*, *Liocarcinus navigator*, *Fabulina fabula*, *Lagis koreni*, *Abra alba*



Figuur 28. Resultaten van de ordinatie van de macrobenthosmonster in en rondom zandwininputQ5HJ2. Uit de hierop volgende CCA analyse blijkt dat de abiotiek 45.2% van de variantie in het macrobenthos kan verklaren. Kenmerkende soorten zijn:
 REF: *Ophelia borealis*, *Ensis siliqua*, *Donax vittatus*.
 PUT; *Echinocardium cordatum*, *Liocarcinus navigator*, *Abra alba*, *Lagis koreni*

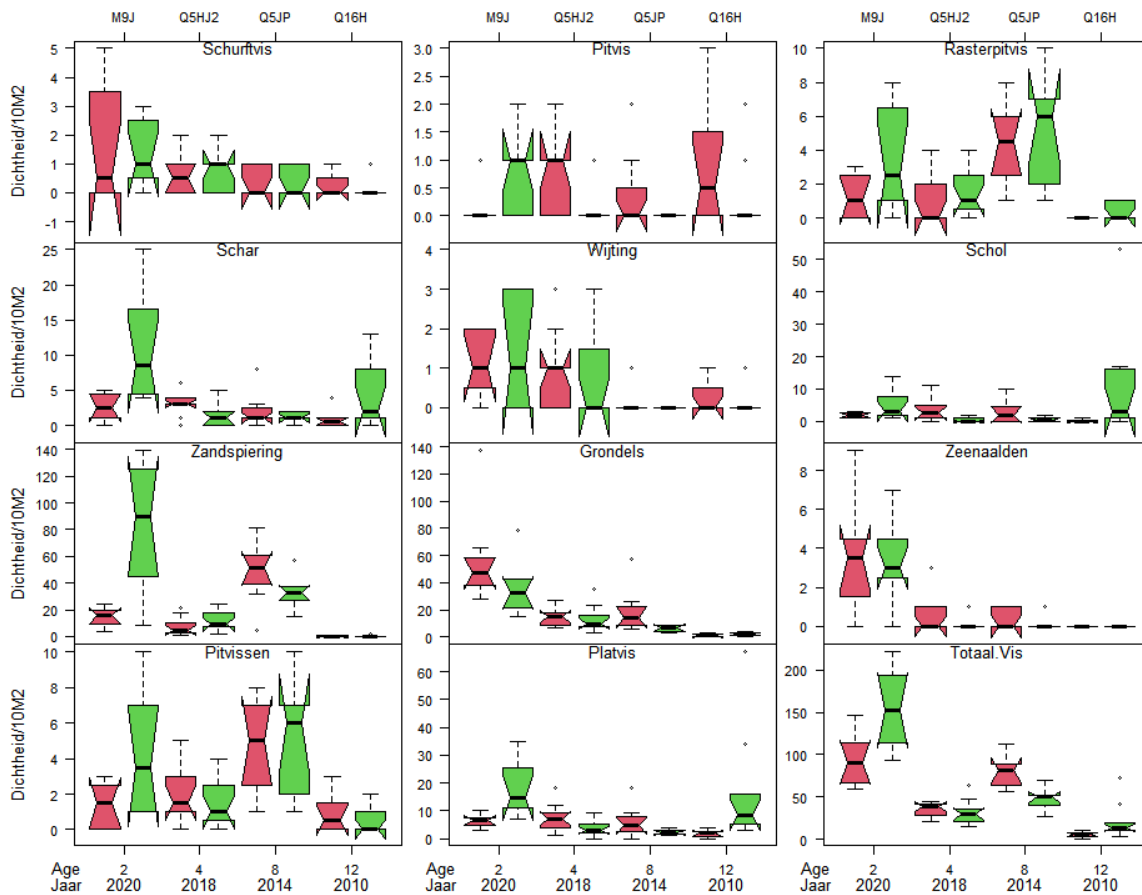
3.9 Univariaat Vissen

Er zijn 26 soorten vis gedetermineerd. De drie zandspiering soorten, *Ammodytes tobianus*, *Ammodytes marinus* en *Hyperoplus lanceolatus* waren het meest algemeen en maakten 42% van de aantallen uit. Grondels (*Gobiidae*) maakten 35 % van de aantallen uit. Binnen deze groep konden 5 soorten onderscheiden worden. Er werden 6 soorten platvis gevangen en deze maakten 14% van de vangst uit qua aantallen. De andere vissoorten waren minder talrijk en werden soms maar op 1 station gevonden. In termen van biomassa (natgewicht) maakten platvissen 49% uit. Zandspieringen vormden 14% van de visbiomassa, gevolgd door de grondels die 11 % bijdroegen. Een overzicht van de aantallen en gewichten per gevangen soort is weergegeven in tabel 3

Tabel3. Overzicht van de bemonsterde vissoorten, aantallen en natgewicht. Verder is aangegeven op hoeveel stations de betreffende soort is aangetroffen.

species		N_totaal		WW_totaal gram	N stations
Agonus cataphractus	harnasmannetje	24		145	17
Ammodytes marinus	noorse zandspiering	1		3	1
Ammodytes sp.	zandspiering sp.	1616		1727.7	54
Ammodytes tobianus	kleine zandspiering	18		82	15
Aphia minuta	Glas/Kristal grondel	2		0	2
Crystallogobius linearis					
Arnoglossus laterna	Schurftvis	46		259	30
Buglossidium luteum	Dwergtong	13		87.5	12
Callionymus lyra	Pitvis	29		435.5	22
Callionymus reticulatus	Rasterpitvis	143		377.5	42
Ciliata mustela	Meun	6		138.5	5
Echiichthys vipera	kleine Pieterman	2		98.5	2
Entelurus aequoreus	Adderzeenaald	5		29	5
Gobiidae	Grondels	835		964.5	54
Gobius niger	Zwarte Grondel	2		15	1
Hippocampus hippocampus	kortsnuut zeepaardje	1		6	1
Hyperoplus lanceolatus	Smelt	1		0	1
Limanda limanda	Schar	233		3252	58
Merlangius merlangus	Wijting	45		1499	26
Myoxocephalus scorpius	Zeedonderpad	21		422.5	15
Pholis gunnellus	Botervis	9		39	8
Platichthys flesus	Bot	4		209	4
Pleuronectes platessa	Schol	227		2006.3	49
Pleuronectiformes	Scholachtig	4		3.5	4
Pomatoschistus lozanoi	Lozanoi's grondel	138		124.5	12
Pomatoschistus minutus	Dikkopje	213		309.5	13
Pomatoschistus pictus	Gevlekte grondel	203		113	31
Solea solea	Tong	17		717.5	12
Sprattus sprattus	Sprot	14		72.5	9
Syngnathus rostellatus	Kleine zeenaald	61		35	19

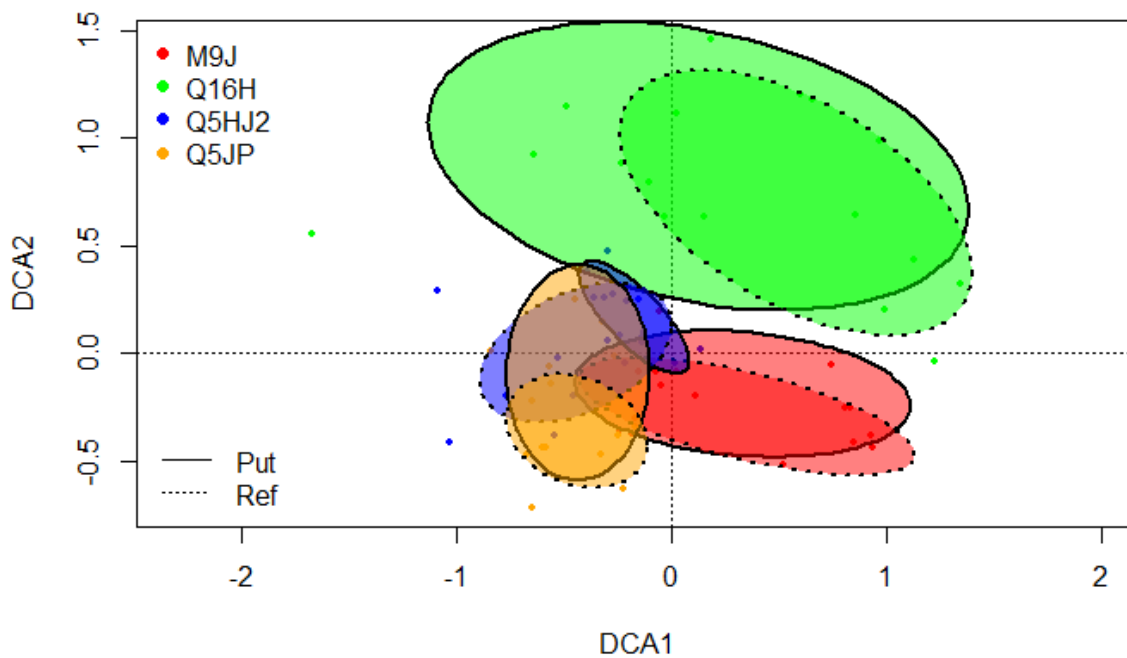
De meest extreme verschillen in de abundantie van vis tussen put en referentie werd vooral gevonden voor gebied M9J. Op de referentiestations rondom deze zandwinput waren dichtheden van zandspiering, schar en wijting significant hoger dan in de zandwinlokatie zelf. Schurftvis en grondels laten een tegenovergestelde trend zien met hogere dichtheden in de winputten. De totale visdichtheid in de referentiegebieden rondom putten M9J en Q16H is hoger terwijl die in de referentie gebieden rondom winputten Q5HJ2 en Q5J2 juist lager is. Voor gebied Q5HJ2 is het verschil niet significant, voor de andere drie locaties zijn de verschillen in totale visdichtheid wel significant. Voor vis ontstaat dus een inhomogeen beeld wat betreft voorkomen en abundantie (Figuur 29).



Figuur 29. Box and whiskerplot die het verschil in abundantie van vissoorten of soortsgroepen aangeeft tussen put en referentie. Er is sprake van een statistisch significant verschil indien de notches van de boxplots niet overlappen. Gebieden van links naar rechts gesorteerd op ouderdom van de zandwinput. Leeftijd een jaren zijn aangegeven langs de X-as. Boven de bovenste panels staan de gebiedsnamen gegeven.

3.10 Multivariaat Vissen.

De samenstelling van de visgemeenschap en de dichtheden zijn op een zelfde wijze geanalyseerd als het macrobenthos. Zeldzame soorten zijn bij deze analyse buiten beschouwing gelaten. Het blijkt dat de visgemeenschap wanneer alle gebieden worden vergeleken wel verschilt maar dat de verschillen tussen zandwinput en referentie in deze vergelijking zwak is. Uiteindelijk wordt voor de visgemeenschap 19% van de variantie verklaard door het gebied en slechts 10% door de abiotiek. Hetzelfde type analyses naar de verschillen tussen referentie en zandwinput per gebied laat zien dat het verklarend vermogen van de voorwaardelijke assen (abiotiek) t.o.v. de vrije assen (onbekende factoren) gelijk of lager is. Dit suggereert dat de gevonden relaties tussen de visgemeenschap en de abiotiek zwak zijn. Mogelijkerwijs zijn ongemeten factoren zoals bijvoorbeeld voedselbeschikbaarheid, van groter belang. Dit is goed te zien in figuur 30 waarin duidelijk is dat er per gebied een zeer grote overlap is tussen de 95% betrouwbaarheid-ellipsen van put en referentie, maar dat de gebieden wel van elkaar gescheiden liggen.



Figuur 30. Grafische weergave van een Detrended Correspondence analyses op uitsluitend de visfauna. Zeldzame soorten waarvan maar 1 exemplaar op 1 locatie is gevonden zijn in deze analyse buiten beschouwing gelaten. De figuur illustreert dat de M9J, Q16H en de twee locaties in Q5 van elkaar verschillen. Er is geen verschil tussen monsters uit de zandwinputten en de omgeving voor geen van de gebieden. Abiotiek kan de verschillen niet overtuigend verklaren.

3.11 Chronosequentie

RWS beoogde met het hier uitgevoerde onderzoek te bepalen of er sprake is van een chronosequentie wat betreft de herkolonisatie van middeldiepe zandwinputten. Daartoe zijn op voorhand 4 middeldiepe zandwinputten en omliggende referentie gebieden gekozen die verschilden in leeftijd. Daarbij is impliciet de aanname gemaakt dat de 4 referentiegebieden gelijk zijn wat betreft abiotiek en fauna. Een anosim test (Bray Curtis similarity) laat zien dat de referentiestations binnen ieder van de vier gebieden op grond van diepte, d50, slib en organische stof, meer op elkaar lijken dan op de referentiestations in de andere regio's. Dit suggereert dat er op grond van deze kenmerken gebiedsverschillen bestaan. Een permanova test laat inderdaad zien dat de verschillen tussen de referentiestations in de vier regio's significant zijn. Op grond van de gebruikte sedimentkenmerken en diepte kan 92% van de stations in de juiste groep geklassificeerd worden. Een Simper analyse laat zien dat de verschillen tussen M9J en Q16H voor 30% berusten op het verschil in diepte. Verder verschillen de referenties in gebied Q16H vooral op grond van de fijne sediment fractie van de twee Q5 gebieden. De rest van de paarsgewijze verschillen berusten op sterke bijdrage (49-58%) van mediane korrelgrootte. De DCA (Figuur 23) laat zien dat ook de fauna in de 4 regio's van elkaar verschillen. Deze ruimtelijke verschillen in zowel de abiotiek en faunasamenstelling maken het onmogelijk om de geobserveerde faunaverschillen tussen put en referenties met zekerheid toe te schrijven aan alleen het verschil in plaats of tijd.

De data illustreren echter dat ongeacht de verstreken tijd sinds zandwinning er altijd accumulatie van extra slib in de putten is opgetreden. Dit is een belangrijke sturende factor voor faunadichtheid en samenstelling. In de discussie wordt hier verder op in gegaan.

4.0 DISCUSSIE

4.1 Achtergrond beleid

In de beleidsnota Noordzee 2016-2021 is zandwinning aangemerkt als activiteit van nationaal belang. Niet alleen voor het tot stand brengen van grote infrastructurele werken maar vooral vanwege de toenemende noodzaak om de Nederlandse kust tegen verdergaande zeespiegelstijging te beschermen. In de laatste decennia is een enorme zandhonger ontstaan. In 2021 is 16.2 miljoen m³ zand gesuppleerd (<https://storymaps.arcgis.com/stories/06e1a238b40147728b9981a7d14faaf4>) om de basiskustlijn op zijn plek te houden. Er wordt geschat dat op jaarlijkse basis (suppletie en bouwzand) ongeveer 25 miljoen m³ zand wordt gewonnen (Mariene Strategie voor het Nederlandse deel van de Noordzee 2022-2027). Aanvankelijk werd het zand relatief ondiep gewonnen, d.w.z. tot een maximale diepte van 2 meter onder het huidige sediment oppervlak. De behoefte aan zand is echter zo groot dat voor grote projecten ook zand tot op grotere diepte uit de bodem weggehaald mag worden. Voorbeelden van dergelijke projecten waren de zandmotor en Maasvlakte II.

Om alle belangen in te passen heeft de overheid een zandwinstrategie ontwikkeld. In die strategie is het gebied tussen de 20 meter basiskustlijn en de 12 mijl zone gereserveerd voor zandwinning. Er wordt vanuit gegaan dat door hier tot op grotere diepte zand te winnen de mogelijke effecten op het bodemleven beperkt kan worden en er zolang mogelijk binnen de 12-mijlszone door gegaan kan worden. In dezelfde beleidsnota wordt erkend dat er meer onderzoek nodig is naar de effecten van *diepe* zandwinning, voornamelijk met betrekking tot de ecologie en rekolonisatiesnelheid van het macrobenthos. Ondanks het nationale belang van de grote Nederlandse zandhonger is zandwinning ook in strijd met onze plicht om de zee te beschermen met oog op de afspraken voor Natura 2000 en de kaderrichtlijn marien (Vermolen, 2015).

Er is dus sprake van een praktisch dilemma, waarbij gekozen moet worden tussen ondiepe zandwinning over een zeer groot oppervlak, of winning over een beperkt oppervlak maar dan diep. De ruimtevraag vanuit zandwinning t.o.v. het totale oppervlak van de Nederlandse Noordzee wordt niet heel groot geacht. Ten opzichte van het typische kusthabitat loopt het oppervlak waarover zand gewonnen wordt met de jaren wel gestaag op. Er wordt bijvoorbeeld geschat dat er per vijf jaar over een oppervlak van 60 tot 90 km² zand gewonnen wordt. Volgens de Jong (2016) kunnen er grote hydrografische effecten optreden als er een reeks van aaneengesloten diepe zandwinputten langs de kust en in de stroomrichting, ontstaan. Een verdieping op die schaal kan de sedimentatie-erosie balans verstoren en daarmee onbedoelde effecten teweeg brengen. Een voorbeeld van zoiets lijkt te zijn gebeurd op de Kwinte Bank in de Belgische Noordzee.

4.2 Effecten zandwinning literatuur

In wetenschappelijke literatuur zijn veel studies te vinden waarin de directe en korte termijn effecten van zand- en grindwinning op het macrobenthos worden beschreven. Deze laten zien dat direct na de exploitatie, biomassa en dichtheden afgenomen zijn, maar na enkele jaren is er veelal geen verschil meer waarneembaar (van Dalftsen e.a. 2001, van Dalftsen 2000, Newell, 1998, Boyd e.a. 2005),

Er wordt geschat dat de effecten van zandwinning bij een verdieping tot twee meter kortdurend zijn en dat het bodemleven zich na vier á zes jaar volledig hersteld heeft. Voor een grotere verdieping van zandwinputten worden vergelijkbare herstelperiodes aangehouden maar in de beleidsnota 2016-2021 wordt onderschreven dat dit nog wel nader onderzocht moet worden. Verder kan men zich de vraag stellen van wat er onder *herstel* wordt verstaan. Is dat terugkeer naar de oorspronkelijke bodemdierengemeenschap of terugkeer naar een *variatie* van de oorspronkelijke levensgemeenschap zoals die ergens in deze kustzone kan worden aangetroffen? In 2016 concludeerde de Jong e.a. al dat het waarschijnlijk decennia duurt voordat de benthos gemeenschap na diepe zandwinning volledig is teruggekeerd naar de situatie van voor de zandwinning. Hij baseerde zich o.a. op de fauna in de

Euromaasgeul. Volgens hem bestaat er de mogelijkheid dat volledig herstel nooit plaats vindt. Het is dus de vraag of diepe zandwinputten zich volledig kunnen herstellen en hoe lang dat duurt. Blijven ze als littekens op de zeebodem achter?

4.3 Benthos en sediment

Doel van de huidige studie was om specifiek te kijken naar het effect van tijd op rekolonisatie en herstel van de macrofauna levensgemeenschap in diepe zandwinputten. Daarom waren er vier locaties gekozen waar diepe zandwinning had plaats gevonden, maar die verschilden qua leeftijd (Zie tabel 1). De selectie van locaties was dusdanig dat er in de directe omgeving (referentiegebied) van de zandwinlocatie geen zandwinning was geweest. Op grond van deze laatste voorwaarde is dan aan te nemen dat in de referentiegebieden de oorspronkelijke fauna voorkomt, hoewel effecten op de fauna ten gevolge van bodemberoerende visserij in die referentiegebieden (van Denderen ea 2014.) hiermee niet uitgesloten kan worden.

De oudste zandwinput (Q16H) is in 2010 gegraven en lag ter hoogte van ter Heide (Zandmotor). De jongste zandwinput stamde uit 2020 (M9J) en lag ten noorden van Ameland. De twee locaties voor de Noord-Hollandse kust (Petten & Callantsoog) stamden uit 2014 (Q5JP) en 2018 (Q5HJ2). Op grond van de multivariate analyses bleek dat het niet mogelijk was om het effect van locatie en leeftijd van elkaar te scheiden omdat geografische breedte en leeftijd van de winput zich als covariaten gedragen. Van zuid naar noord gaan nam de leeftijd van de putten af en is er tevens sprake van verschillende macrobenthos gemeenschappen. Dit laatste wordt geïllustreerd in figuur 23A waaruit duidelijk is dat de ordinatie, van de referentiestations 3 zeer verschillende macrobenthos-gemeenschappen onderscheidt. Alleen de fauna's in de twee referentie gebieden voor de Noordhollandse kust (Q5JP en Q5HJ2) verschilden niet van elkaar. Ze verschilden wel sterk van de fauna in de twee andere referentie gebieden (M9J en Q16H). Dus verschillen in fauna van de putten in deze drie faunistisch verschillende gebieden kunnen nooit exclusief toegeschreven worden aan de leeftijd van de put. Ze zijn het resultaat van het verschil in leeftijd en regio waar de put ligt.

Bij een vergelijk per gebied tussen winput en referentie is een "puteffect" in alle gevallen duidelijk, ook in gebied Q5. Voor alle vier gebieden zijn de verschillen significant. De verschillen in abiotiek verklaren tussen de 45% en 65% van de variantie in de similariteit van de faunagemeenschappen op de bemonsterde stations. Het gaat daarbij vooral om het effect van diepte, slibgehalte en mediane korrelgrootte. Het percentage organische stof dat sterk gecorreleerd (0.96) is met het slibgehalte draagt weinig bij aan het verklaren van extra variantie in faunasamenstelling. Toch is het waarschijnlijk dat de hoeveelheid organisch stof (voedsel) sturend is voor de fauna.

De sedimentmonsters laten zien dat de diepere zandwinputten in alle gevallen tot verhoogde slibgehalten hebben geleid en dat het percentage organische stof dit patroon volgt (Figuur 9). Mediane korrelgrootte blijft in de twee Q5 putten vrijwel gelijk maar ook hier zijn in de put verhoogde slibgehalten gevonden. De lodingskaarten laten zien dat het gebied waarin Q5JP ligt, gekenmerkt wordt door zandgolven. Anno 2022 (na 8 jaar) hebben zandgolven deze put alweer gedeeltelijk opgevuld. Het feit dat in alle zandwinputten het gemiddeld slibpercentage toeneemt suggereert dat ongeacht de geografische locatie van de put er op lange termijn extra bezinking en begraving van slib plaats heeft.

Bonne (2010) vond voor de Kwinte Bank dat in de "kuil" die ontstaan was door zandwinning het sediment fijner was maar kon geen verschil aantonen tussen dichtheden of aantal soorten t.o.v. referentie gebieden. Verschillen in soortensamenstelling waren echter evident en er werden in de depressie (door zandwinning) meer Annelida, Crustacea en Echinodermen gevonden. Het gaat daarbij specifiek om hogere gemiddelde dichtheden van *Ophiura* en *Echinocardium cordatum*. In de studie van Thatje e.a. (1999) wordt voor een krater (gas blowout) in de Duitse Bocht beschreven hoe deze is

veranderd in een depositiecentrum en 30 jaar na dato nog steeds gekenmerkt wordt door een dominantie van *Echinocardium cordatum* en *Ophiura sp.* Juist soorten die ook in onze studie kenmerkend zijn voor de zandwinputten (Figuur 17, Figuur 18).

Waar Bonne (2010) geen verschil kon vinden in dichtheden, zagen Thatje e.a. (1999) dat biomassa en dichtheden in het centrum van de krater veel hoger was dan op de locaties rondom de krater. Eenzelfde beeld wordt geschetst door de Jong e.a. (2015; 2016) voor een zeer diepe zandwinput (ca. 20 m diep) die gegraven is t.b.v. de aanleg van Maasvlakte II. Zij vonden dat die winlocatie werd opgevuld met fijnzandig zeer slib- en organisch rijk sediment. Dit gaf aanleiding tot een 5-voudige biomassa. Toename van dichtheden en biomassa werd ook door Sardá e.a. (2000) voor een zandwinlocatie in de Middellandse Zee gevonden. In de door ons bestudeerde middeldiepe zandwinlocaties werden eveneens verhoogde dichtheden en biomassa op alle vier locaties gevonden (Figuur 11 en 12). Dit suggereert dat een toename van biomassa en dichtheden in middeldiepe en diepe winputten met sedimentatie van fijn sediment en slib een algemeen principe lijkt.

De accumulatie van slib in de middeldiepe putten die hier beschreven zijn is vergelijkbaar met het proces in zeer diepe putten (de Jong, 2016; Thatje e.a. 1999; Mielck ea, 2019). Dit suggereert dat reeds bij middeldiepe zandwinning een kritische dieptegrens wordt overschreden waarboven de invang van slib aanmerkelijk toeneemt. Accumulatie van slib in ondiepe zandwinputten lijkt nergens beschreven te zijn. Dit kan duiden op een fundamenteel effect verschil tussen beide manieren van zandwinning.

Op grond van de literatuur (Thatje e.a. 1999, de Jong, 2016; Mielck ea, 2019) en de resultaten uit deze studie lijkt het ook geen kortdurend effect te zijn, maar een proces dat decennia lang kan blijven bestaan. Hiermee wordt het vermoeden van de Jong (2016) over uitblijven van volledig herstel van het benthos naar de oorspronkelijke fauna, bevestigd.

Toch zijn er ook studies die geen toename van biomassa of dichtheden vonden. In een zand/grind locatie voor de Engelse zuidoost kust werd vier jaar na beëindiging van de winning juist vastgesteld dat biomassa en dichtheden nog steeds lager waren dan in hun referentiegebieden (Boyd et al 2003; Boyd et al 2005). Ook Desprez (2000) vond dat biomassa en dichtheden op een zandwinlocatie voor de kust bij Dieppe (Frankrijk) na 28 maanden nog steeds lager waren dan voor de ingreep. Daarmee lijkt ook alsof er twee verschillende ontwikkelingsrichtingen voor herstel bestaan. Waarschijnlijk spelen de heterogeniteit van de oorspronkelijke bodemsedimenten en fauna een rol en zijn lokale stromingscondities van doorslaggevende betekenis (samengevat in de Jong 2016). Het lijkt erop dat in gemengde grind/zand afzettingen, zandwinning anders uitpakt op de benthosgemeenschap dan in een omgeving met vrij uniform type zandig sediment zoals langs de Nederlandse kust worden gevonden.

Uiteindelijk speelt ook de perceptie van de betrokken onderzoeker een rol. De één classificeert de waargenomen verandering als een variatie op de lokale gemeenschap die past binnen de variatie over grotere ruimtelijke schaal, terwijl er ook onderzoekers zijn die een beeld schetsen waarin de faunagemeenschap nooit helemaal terug keert naar zijn oorspronkelijke staat.

Boyd e.a. (2005), LeBot e.a. (2010) en Krause e.a. (2010) noemen toegenomen ruimtelijke heterogeniteit als gevolg van zand en grindwinning als belangrijke sturende factor maar juist in methodologisch opzicht vormt heterogeniteit een moeilijk te quantificeren grootte. Verschillen en veranderingen in de fauna zijn daardoor soms moeilijk detecteerbaar. Er is snel sprake van "undersampling". Juist om de bemonsteringsproblemen die samenhangen met heterogeniteit van het habitat heeft het NIOZ de Triple D als instrument ontwikkeld. Met dat instrument kan over oppervlakten van 10-20 m² op kwantitatieve wijze de grotere epi en endobenthos soorten worden bemonsterd. In deze studie werden sedimentoppervlakten bemonsterd van ~10 m² per station over een striplengte van 50meter. Dit oppervlak is equivalent aan meer dan 128 boxcores. Bij de bemonstering van een dergelijk groot oppervlak wordt de rol van spatiële heterogeniteit in de

vangstsamenstelling aanmerkelijk kleiner (Bergman en Santbrink, 1994). Een eerdere studie m.b.t. de effecten van bodemvisserij illustreerde dit heel duidelijk. De boxcore monsters lieten geen verschil zien, maar de verschillen op grond van de Triple D vangsten waren zeer overtuigend (Duineveld et al, 2007).

Rekolonisatie en de verdere successie van benthos gemeenschappen hangen nauw samen met verstoring en voedselbeschikbaarheid (Rosenberg 2001, Pearson en Rosenberg, 1978, Gray en Elliot 2009). In de praktijk is het voorkomen van soorten en gemeenschappen gekoppeld met mediane korrelgrootte, slibgehalten en hoeveelheid organische stof in de bodem. In de ondiepe kustzone worden deze eigenschappen voornamelijk bepaald door hydrografie. Het valt te verwachten dat in diepe putten fijn materiaal gaat bezinken doordat stroomsnelheden lokaal lager zijn en golfwerking minder vat op de bodem heeft. Daarom kan zich in de zandwinputten een fauna ontwikkelen die fijn slib en organisch rijke bodem prefereert. Zowel de studie van Thatje e.a. (1999), de Jong (2016) als de huidige studie illustreren dit. In alle vier onderzochte zandwinputten is het percentage slib ten opzichte van de omliggende referentiestations gemiddeld met een factor 2 tot 8 toegenomen. De toename van organische stof varieerde van enkele procenten tot bijna een verdrievoudiging. De data laten zien dat dit heeft geleid tot een fauna die voor een groot deel uit “depositfeeders” bestaat. Opvallend is dat de verandering in sedimentparameters in de twee putten Q5 weliswaar gering is t.o.v. de referentie stations (Tabel 1; Figuur 8) (en de andere onderzochte zandwinputten), maar toch een sterk effect blijkt te hebben op het benthos.

De referentie gebieden bestaan uit soorten die kenmerkend voor “schoon zand habitat” zijn. Het gaat om bijvoorbeeld *Ensis* soorten, *Donax vittatus*, *Thia scutellata* en *Ophelia borealis*. In de winputten zelf worden juist soorten van een slib en organisch rijke omgeving gevonden, bijvoorbeeld *Echinocardium cordatum*, *Abra alba*, *Owenia fusiformis*, *Lagis koreni* en *Ophiura sp.*

Dit patroon wordt bevestigd door de studie van zowel Bonne e.a. (2010) op de Kwinte Bank (Belgie) en in de Duitse bocht Thatje e.a. (1999). Diepe depressies in de zeebodem (gaan) fungeren als sedimentval waar “depositfeeders” profiteren van de verhoogde aanvoer van slib en organisch materiaal. De heterogeniteit van de fauna in de putten is afgenomen en één of enkele soorten worden zeer dominant (Figuur 13). Dit zijn typische kenmerken van een fauna in een verstoorde omgeving door verhoogde aanvoer van organisch rijk materiaal (Rosenberg 2001, Gray & Elliot 2009).

4.4 Vis

In de studie van de Jong e.a. (2014) is specifiek ook naar de effecten op vis gekeken. In totaal vonden zij 32 vissoorten en constateerden dat visbiomassa in het diepste deel van de put met een factor 20 toenam. Het aantal soorten dat in de huidige studie is gevonden (26) is zeer vergelijkbaar. Wat betreft visdichtheden en biomassa is er in de huidige studie geen eenduidige trend zichtbaar tussen put en referentiegebied. Hoewel met de triple D in kwantitatieve zin, vis goed vangt, is voor de meeste soorten het aantal gevangen individuen te laag om relevante vergelijkingen te maken. Daarnaast is het is een eenmalige monstername geweest die geen rekenschap kan geven van migratie of seizoenspatronen van vis. Ten opzichte van benthos is vis zeer mobiel en foerageert opportunistisch. De resultaten van de Jong bevestigen dit met de vondst van hogere dichtheden schol (*Pleuronectes platessa*) die gekoppeld waren aan het voorkomen van *Abra alba* die als voedsel gebruikt werd. De geschatte visdichtheden hebben daarom waarschijnlijk een sterk momentaan karakter en zijn waarschijnlijk ook sterk gekoppeld met broedval van benthos dat bij voorkeur gegeten wordt.

Wel verschillen de gebieden qua visgemeenschap duidelijk van elkaar (Figuur 30) en bevestigen de resultaten op grond van macrobenthos. Er lijkt wat betreft vis geen verschil te bestaan tussen de twee gebieden voor de Noordhollandse kust (Q5) maar wel weer met de twee andere gebieden. Daarbij zijn tussen Q5 enerzijds en M9J en Q16H anderzijds, de trends tegengesteld. De twee putten in gebied Q5

hebben hogere visdichtheden en biomassa dan bijbehorende referentiestations. Dit bevestigt de waarneming van de Jong (2014) waarbij diep in de put de visbiomassa van schol sterk toenam. Ook is het aantal soorten vis in deze putten hoger dan in de omliggende referentiestations. De twee zandwinputten Q16H en M9J laten juist zien dat dichtheden en biomassa en diversiteit in de omliggende referentie stations hoger zijn dan in de put.

Zandspiering (Ammoditidae) is een van de soorten die in hoge aantallen is gevangen. Het verschil in zandspiering dichtheden in gebied M9J is extreem en zeer significant (Figuur 29). In de put werd bijna geen zandspiering gevangen terwijl daarbuiten juist hele grote aantallen werden gevangen. Zandspiering werd ook in gebied Q5 gevangen maar een verschil in abundantie tussen put en referentiestations was niet aanwezig. Zandspiering is heel sterk aan sedimenttype gebonden. In de winter en zomers gedurende de nacht, leeft zandspiering ingegraven in grofzandige bodems. Slibrijke sedimenten waarin deze soort zich niet kan ingraven worden gemeden. Daarmee is zandspiering een hele goed indicator voor veranderingen in sedimentsamenstelling. In zandwinput M9J is de gemiddelde mediane korrelgrootte van ruim 299µm naar 195µm gedaald (Tabel 1) en het gemiddelde percentage slib is bijna verdrievoudigd. Met deze verandering is het habitat ongeschikt geworden voor zandspiering. De twee zandwinputten in gebied Q5 zijn opgevuld geraakt met hetzelfde soort zand en de mediane korrelgrootte is bijna niet veranderd. Wel zijn de slibgehalten iets toegenomen, maar nog steeds laag. In dit gebied zijn de verschillen in zandspiering dichtheden niet verschillend van elkaar. In en rondom de zuidelijkste winput (Q16H) werd nagenoeg geen zandspiering gevangen. Een andere soort waarvan grote aantallen werden gevangen waren grondeltjes (Gobiidae). Deze waren in de winput M9J het meest algemeen. Hoewel er een duidelijke trend was, waren de dichtheids- noch biomassaverschillen significant (Tukey HSD; $p=0.088$)

4.5 Opmerkingen en Conclusies.

Rijkswaterstaat heeft onderstaande vraag gesteld.

“Hoe verloopt de ontwikkeling van benthosgemeenschappen van middeldiepe zandwingebieden in relatie tot de karakteristieken van het wingebied en de veranderende abiotische condities?”

Hierin zitten een drietal deelvragen opgesloten. Enerzijds de vraag in hoeverre zandwinput verschilt van de nabije omgeving? Is er een bepaalde sequentie van rekolonisatie en hoe veranderen de abiotische condities.

De resultaten laten zien dat in alle gebieden de zandwinputten wat betreft fauna en sedimentkarakteristieken van elkaar verschillen. In dit onderzoek omvat abiotiek eigenlijk alleen de sedimentkarakteristieken in samenhang met waterdiepte. Andere, niet gemeten factoren of processen kunnen echter ook een grote rol spelen, maar die zijn niet gemeten. Te denken valt aan watermenging in de put, eventuele anoxia, of het type bodemsediment dat direct na winning aan het oppervlak is blootgesteld en het startpunt voor rekolonisatie vormt. Deze vragen kunnen op grond van deze monsternames maar tendele beantwoord worden. Als derde werd beoogd om te kijken of er duidelijke patronen in de fauna en abiotiek van de putten zichtbaar is die aan de leeftijd van de winput gekoppeld kunnen worden.

Hoewel op het moment van monsternames de vier zandwinputten sterk verschilden in leeftijd (2-12jaar) kunnen geen conclusies getrokken worden die een duidelijk verband leggen tussen leeftijd van de put en de huidige bodemgemeenschap. Dit komt omdat geografische positie en leeftijd als covariabele statistisch niet van elkaar te scheiden zijn (zie 3.11) en de referentie gebieden bij voorbaat al van elkaar verschilden in sediment en faunasamenstelling. Toch komen er een aantal duidelijke

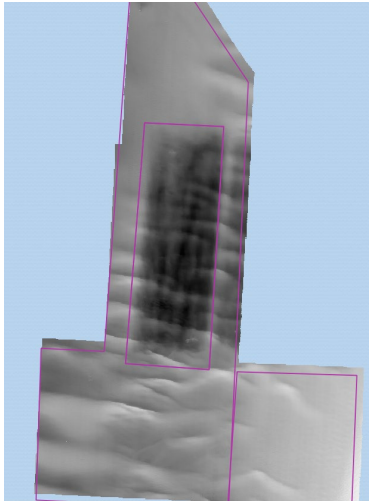
patronen uit de data naar voren die illustreren dat er bij diepe zandwinning sprake is van effecten die langdurig meetbaar blijven.

De mediane korrelgrootte in put Q16H en M9J is duidelijk afgenomen ten opzichte van de omliggende referentie stations. In het geval van de twee winputten in gebied Q5 is er geen verschil in mediane korrelgrootte tussen put en referentie. Zonder uitzondering is het slibgehalte van het sediment in de putten toegenomen t.o.v. de omgeving. Met de toename van het slibgehalte is ook het organisch stofgehalte verhoogd. Deze data illustreren dat de putten fungeren als invang voor fijn sediment en slib en bevestigen daarmee het beeld dat de Jong (2016) en Thatje e.a. (1999) schetsen voor dergelijke diepe putten. Met name zandwinput Q16H is een centrum van depositie geworden. Het is onduidelijk waar de grote hoeveelheid fijn materiaal, waarmee deze put is opgevuld, vandaan is gekomen. Meest waarschijnlijk is hier sprake van een verhoogde lokale aanvoer die samenhangt met de lokale hydrografie. De slib percentages rondom deze zuidelijke zandwinput zijn namelijk hoger dan wat in de andere referentiegebieden is gevonden (Figuur 8).

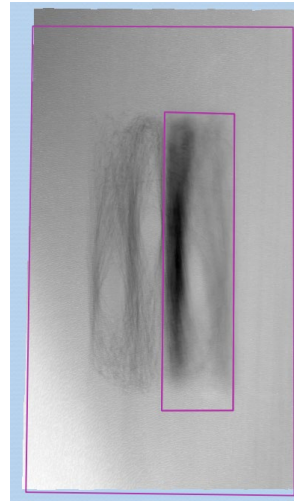
In alle putten vertaalt de invang van fijn materiaal zich door naar de samenstelling van de fauna. In de put worden “deposit feeders” en “surface deposit feeders” dominant. In de putten neemt ook de dominantie van een of enkele soorten toe. Het gaat daarbij om bijvoorbeeld *Echinocardium cordatum* en *Abra alba* of *Ophiura ophiura*. De fauna in de referentiegebieden wordt gekenmerkt door veelal grote tweekleppige schelpdieren die hun voedsel door filtratie direct uit het water opnemen. In de referentie gebieden zijn de individuen meer gelijkmatig over de verschillende soorten verdeeld, dominantie is lager. Een uitzondering hierop vormen de *Spisula* banken die voor hoge dominantie in de referentiegebieden zorgen.

Over het algemeen zijn totale dichtheid en biomassa van de macrofauna in de putten hoger dan op de referentiestations. Dit is illustratief voor de grotere voedselaanvoer in de vorm van sedimenterend slib met organische stof. De fauna in de putten kan gekarakteriseerd worden als een fauna die kenmerkend is voor verstoring door verhoogde toevoer van organisch materiaal.

Samen met de resultaten van de Jong (2016) en Thatje e.a. (1999) geven de resultaten van de huidige studie duidelijke aanwijzingen dat hersteltijd van fauna in (middel-)diepe zandwinlocaties aanmerkelijk langer is dan de 2-6 jaar die voor ondiepe zandwinning langs de Nederlandse kust genoemd wordt. Locaties Q5HJ2, Q5JP en Q16H waren ten tijde van bemonstering respectievelijk 4, 8 en 12 jaar oud en allen vertonen nog opmerkelijke verschillen met hun omgeving. Zelfs voor zandwinput Q5JP die alweer gedeeltelijk opgevuld is met zandgolven vertoont nog duidelijke faunaverschillen met de omgeving. Voor locatie Q16H is het de vraag of de fauna zich ooit volledig zal herstellen tot de oorspronkelijke fauna. Veel zal afhangen van de sedimentsamenstelling aan het oppervlak als de winput eenmaal volledig is opgevuld. De rol van abiotiek (stroomsnelheid-richting) en de beschikbaarheid van oorspronkelijk (grof) sediment speelt hierin hoogstwaarschijnlijk een doorslaggevende rol.



31A. Bodemtopografie Q5JP sept. 2021.



31B Bodemtopografie Q5HJ2 in sept. 2021.

Wat betreft de abiotiek lijken de twee putten in gebied Q5 (2014-2018) alweer het meest op hun omgeving, terwijl juist de oudste locatie (Q16H) totaal verschilt van zijn omgeving. Hoewel in de jongste put (M9J) twee jaar na winning, de biomassa en dichtheden alweer bijna gelijk zijn aan die in de referentie stations, laat dit slechts zien dat rekolonisatie in globale termen van biomassa en dichtheden snel kan plaats vinden, maar dat er nog niet gesproken kan worden van herstel. Het aantal soorten in winput M9J is significant iets lager dan in de omliggende referentiestations. Dus alleen biomassa en dichtheden zegt niets over een kwalitatief herstel op lange termijn in de richting van oorspronkelijke fauna en abiotische condities. De twee zandwinputten in Q5 bevestigen dat hydrografie en omgeving een doorslaggevende rol spelen. De lodingsdata uit september 2021 laten duidelijk zien dat put Q5JP in een gebied met zandgolven ligt. De zandgolf structuur en dynamiek rondom de put zijn duidelijk ook in de put aanwezig (Figuur 31A) hetgeen goed kan verklaren waarom de verschillen in sedimentparameters relatief klein t.o.v. die van de referentie stations. Toch verschillen beiden putten nog sterk van hun omgeving, al is het beduidend minder dan in M9J of Q16H. Dit illustreert hoe subtiel de dier-sediment relaties en de processen zijn, die het herstel bepalen. Figuur 31 illustreert verder dat ieder van de twee zandwinputten in Q5 in een ander type gebied liggen. Q5JP ligt in een gebied met zandgolven terwijl Q5HJ2 in een gebied met vrijwel vlakke zandbodem ligt. Dit kan hun onderlinge verschil en het verschil in respons t.o.v. de andere twee locaties (M9J en Q16H) verklaren. De twee zandwinputten in Q5 hebben een uitgesproken vorm en oriëntatie t.o.v. de getijdestroom. Dit kan betekenen dat het vanuit het oogpunt van fauna herstel na diepe zandwinning veel uit kan maken in wat voor type gebied een winput ligt en hoe deze georiënteerd is t.o.v. de overheersende waterstroom. Procesmetingen in en om verschillende zandwinputten zouden een waardevolle aanvulling van het onderzoek kunnen zijn om de totaal verschillende ontwikkelingslijnen van de hier bestudeerde zandwinputten te kunnen doorgronden. Op grond van deze nieuw verzamelde gegevens en literatuur blijft echter de vraag bestaan in hoeverre middel-diepe zandwinputten zich volledig kunnen herstellen en hoe lang dat dan duurt. Vooral nog lijkt het dat diepe zandwinputten decennia lang als littekens op de zeebodem achter blijven.

5.0 LITERATUUR.

- Anonymous, 2016. Ontwerp Beleidsnota Noordzee 2016-2021;.
- Anonymous, 2022. Mariene Strategie voor het Nederlandse deel van de Noordzee 2022-2027. Bijlage onderdeel van het Nationaal water programma 2022-2027. 164pp.
- Bergman, M.J.N and J.van Santbrink, 1994. A new benthos dredge (“triple D”) for quantitative sampling of infauna species of low abundance. *Neth. J. Sea Res.* 33(1): 129-133.
- Bonne, W. 2010. Macrobenthos characteristics and distribution, following intensive sand extraction from a subtidal sandbank. *J. Coast. Res.* 51: 141-150.
- Borcard D, Gillet F, Legendre P (2011) *Numerical Ecology* with R. Springer, New York
- Boyd, S. E., D.S. Limpenny, H.L. Rees, K.M. Cooper, K. M. 2005. The effects of marine sand and gravel extraction on the macrobenthos at a commercial dredging site (results 6 years post-dredging). *ICES J. Mar. Sci.*, 62: 145e162.
- Boyd, S.E., D.S. Limpenny, H.L. Rees, K.M. Cooper, S. Campbell. 2003. Preliminary observations of the effects of dredging intensity on the re-colonisation of dredged sediments off the southeast coast of England (Area 222). *Est. Coast. Shelf Sci.* 57: 209-223.
- De Jong, M.F., M.J. Baptist, H.J. Lindeboom, P. Hoekstra, 2015. Short term impact of deep sand extraction and ecosystem based landscaping on macrozoobenthos and habitat characteristics. *Marine Pollution Bulletin*, 97 (1-2):294-308
- deJong, 2016. The ecological effects of deep sand extraction on the Dutch continental shelf. Implications for future sand extraction. PhD thesis, Wageningen 164pp.
- deJong, M.F., M.J. Baptist, H.J. Lindeboom, P. Hoekstra, 2014. Short term impact on demersal fish of a large scal and deep borrow pit with ecosystem based landscaped sandbars. *Estuarine and Coastal Shelf Science* 146: 83-94.
- Desprez, M., 2000. Physical and biological impact of marine aggregate extraction along the French coast of the Eastern English Channel: short-and long-term post-dredging restoration. *ICES. J. Mar. Sci* 57:1428-1438.
- Duineveld, G.C.A. , M.J.N. Berman, M.S.S. Lavaleye, 2007. Effects of an area closed to fisheries on the composition of the benthic fauna in the southern North Sea. *ICES J. Mar. Sci.* 64: 899-908.
- Field JG, Clarke KR, Warwick RM (1982) A Practical Strategy for Analyzing Multispecies Distribution Patterns. *Mar Ecol Prog Ser* 8:37-52
- Gray , J.S. & M. Elliot, 2009. *Ecology of Marine Sediments; From science to management*. Second edition. Oxford University Press. 225 pp.
- Jongman RHG, ter Braak CJF, van Tongeren OFR (1987) *Data analysis in community and landscape ecology*. Pudoc, Wageningen
- Krause, C.J., M. Diesing, M., G. Arlt, 2010. The physical and biological impact of sand extraction: a case study of the western Baltic Sea. *J. Coast. Res.* 51:215-226.
- LeBot, S. R. Lafite, M. Fournier, A. Baltzer, M. Desprez, 2010. Morphological and sedimentary impacts and recovery on a mixed sandy to pebbly seabed exposed to marine aggregate extraction (Eastern English Channel, France). *Est. Coast. Shelf. Sci* 89: 221-233.
- McGill, R. J.W. Tukey, W.A. Larsen, 1978. Variations of Boxplots. *The American Statistician* 32 (1):12-16.
- Mielck, F, H.C. Hass, R. Michaelis, L. Sander, S. Papenmeier & K. Wiltshire, 2019. Morphological changes due to marine aggregate extraction for beach nourishment in the German Bight (SE North Sea). *Geo Marine Letters* 39:47-58.

- Newell, R.C., L.J. Seiderer, D.R. Hitchcock, 1998. The impact of dredging works in coastal waters: A review of the sensitivity to disturbance and subsequent recovery of biological resources on the sea bed. *Oceanography and Marine Biology. An Annual Review*. 36:127-178.
- NIOZ, 2018. WI.Benthos 13 Analyse van sediment monsters. 35pp..
- Oksanen, J., G. L. Simpson, F. Blanchet, R. Kindt, P. Legendre, P.R. Minchin, R.B. O'Hara, P. Solymos, M.H. Stevens, E. Szoecs, H. Wagner, M. Barbour, M. Bedward, B. Bolker, D. Borcard, G. Carvalho, M. Chirico, M. De Caceres, S. Durand, H. B.A. Evangelista, R. FitzJohn, M. Friendly, B. Furneaux, G. Hannigan, M.O. Hill, L. Lahti, D. McGlenn, M.H. Ouellette, E. Ribeiro Cunha, T. Smith, A. Stier, C.J.F. Ter Braak and J. Weedon (2022). *Vegan: Community Ecology Package*. R package version 2.6-2. <https://CRAN.R-project.org/package=vegan>
- Pearson, T.H., Rosenberg, R., 1978. Macrobenthic succession in relation to organic enrichment and pollution of the marine environment. *Oceanography Marine Biology Annual Review* 16,229-311.
- R Core Team (2022). *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
- Rees, H.L.; Eggleton, J.D.; Rachor, E.; Vanden Berghe, E. (Ed.) (2007). *Structure and dynamics of the North Sea benthos*. ICES Cooperative Research Report, 288. ICES: Copenhagen. ISBN 87-7482-058-3. III, 258 + annexes pp.
- Rosenberg, R. 2001. Marine benthic faunal successional stages and related sedimentary activity. *Scientia Marina* 65 (suppl 2) 107-119.
- Sardá, R. S. Pinedo, A. Gremare, S. Taboada, 2000. Changes in the dynamics of shallow sandy-bottom assemblages due to sand extraction in the Catalan Western Mediterranean Sea. *ICES J. Mar. Sci.* 57: 1446-1453.
- Thatje, S., D. Gerdes, E. Rachor, 1999. A seafloor crater in the German Bight and its effects on the benthos. *Helgol. Mar. Res.* 53:36-44.
- VanDalfsen, J. and K. Essink, 2001. Benthic community response to sand dredging and shoreface nourishment in Dutch coastal waters. *Senckenbergiana maritima* 31 (2) :329-332.
- VanDalfsen, K. Essink, H. T. Madsen, J. Birklund, R. Romero, M. Manzanera, 2000. Differential response of macrozoobenthos to marine sand extraction in the North Sea and the Western Mediterranean. *ICES J. Mar. Sci.* 57:1439-1445.
- vanDenderen, P.D., N.T. Hintzen, A.D. Rijnsdorp, P. Ruardij T. Van Kooten, 2014. Habitat-specific effects of fishing disturbance on benthic species richness in marine soft sediments. *Ecosystems* 17:1216-1226.
- Vermolen, R.A.F., 2015. Zandwinning, zandsuppletie en kaderrichtlijn Mariene Strategie Over de juridische betekenis van de KMS en de mogelijkheid Nederland te beschermen in verband met klimaatadaptatie door zandwinnning en zandsuppleties voor de kust. *Tijdschrift voor omgevingsrecht* 1. Doi: 10.5553/TO/156850122015015001004

APPENDIX I : MS. ARCA BODEMSCHAAF TRACKS PLOTLIJST																							
Datum: 07-02-2022-30-03-2022				Werkgebied: Noordzee								Project: NIOZ schaven 2022											
Track nr	Datum	Gebied	Starttijd (UTC)	Diepte	Positie (ETRS 89) (Start vieren)		Positie ETRS 89 (Schaaf op Bodem)		Positie ETRS 89 (Stop Vieren)		Positie ETRS 89 (Schaaf Halen)		Eindtijd (UTC)	Gevierde Draad Lengte (5 x WD)	Koers	Vaar Snelheid (kn)	Stroom Richting	Stroom Snelheid (Kn)	Windkracht (Bft)	Windrichting	Temperatuur (C)	Golfhoogte (m)	Comment
					UTM (E)	UTM (N)	UTM (E)	UTM (N)	UTM (E)	UTM (N)	UTM (E)	UTM (N)											
Q16H_15r	07/02/2022	Q16H	14:04	22	570975	5770464	571018	5770580	570464	5770580	571264	5771088	14:13	110	25	3	190	0.7	6	ZW	10	1.5	SV 1472
Q16H_19r	07/02/2022	Q16H	14:45	23	570389	5770314	570388	5770381	570447	5770366	570685	5770772	14:48	110	31	2.5	190	0.7	6	ZW	9	1.5	
Q16H_24r	07/02/2022	Q16H	15:20	23	569966	5770798	569965	5770867	570051	5770858	570390	5771349	15:28	120	42	3	190	0.7	6	ZW	9	1.5	
Q16H_17r	07/02/2022	Q16H	16:00	23	570668	5771065	570688	5771061	570719	5771255	571020	5771494	16:08	120	43	3	190	0.6	6	ZW	9	1.5	
M9J_01p	08/02/2022	M9J	10:55	30	681685	5938180	681877	5938136	681801	5938093	681278	5938027	11:05	150	258	3	70	0.6	6	ZW	9	1.5	2e poging
M9J_03p	08/02/2022	M9J	12:42	31	682411	5938209	682404	5938197	682260	5938190	681827	5938108	12:57	155	264	3.2	70	1.2	6	ZW	9	1.5	SV 1476
M9J_12p	08/02/2022	M9J	13:31	32	682007	5937861	681998	5937873	681947	5937867	681439	5937788	13:47	160	265	3.1	70	1.2	6	ZW	9	1.5	opnieuw aanvaren
M9J_21r	08/02/2022	M9J	15:37	26	680937	5938563	980942	5938426	680894	5938454	680608	5938134	15:47	130	232	2.9	70	0.3	6	ZW	10	1.3	QINSy te laat aangezet
M9J_22r	08/02/2022	M9J	16:05	28	680745	5937715	680818	5937698	680891	5937702	681378	5937808	16:15	140	85	3.1	260	0.3	5	ZW	10	1.2	
M9J_23r	08/02/2022	M9J	16:39	26	681330	5938631	681335	5938638	681420	5938622	681885	5938614	16:53	130	103	3	260	0.6	5	ZW	9	1.2	
M9J_20r	09/02/2022	M9J	07:43	26	680791	5938862	680851	5938873	680888	5938888	681385	5939063	07:53	130	82	3.2	70	1	6	WZW	10	2	
M9J_19r	09/02/2022	M9J	08:16	25	682192	5938784	682123	5938810	682328	5938784	682741	5939140	08:26	125	62	3.5	62	0.9	6	WZW	10	2	schaafsnelheid iets te hard door wind mee stroom tegen
M9J_17r	09/02/2022	M9J	08:49	25	682029	5939537	682042	5939537	681981	5939508	681506	5939317	09:02	125	250	3	70	0.9	6	WZW	10	2	Koers omgedraait ivm snelheid
M9J_02p	09/02/2022	M9J	09:59	30	682109	5938184	682111	5938176	682075	5938160	680671	5937954	10:13	150	250	2.9	80	0.2	6	WZW	10	2	9:11 net spelen
M9J_09p	09/02/2022	M9J	10:38	30	682550	5937381	682576	5937360	682495	5937345	682016	5937237	10:51	150	255	2.9	90	0.7	6	WZW	10	2	M9J-09p iets verlegd 123 meter
M9J_07p	09/02/2022	M9J	12:23	30	683095	5937879	683057	5937880	682999	5937868	682585	5937824	12:37	150	266	2.9	85	1.1	6	WZW	10	2	Rand put oost
M9J_04p	09/02/2022	M9J	12:58	30	682735	5938042	682720	5938039	682668	5938034	682230	5937995	13:13	150	268	2.7	90	1.2	6	WZW	10	2	
M9J_05p	09/02/2022	M9J	13:36	30	682978	5938249	682943	5938252	682859	5938238	682423	5938144	13:51	150	268	2.6	90	1.3	6	WZW	10	2	
M9J_24r	09/02/2022	M9J	14:47	26	682921	5939547	682875	5939536	682802	5939527	682353	5939463	15:00	130	266	2.8	85	0.6	5	WZW	10		
M9J_14r	09/02/2022	M9J	15:15	26	680716	5939169	680717	5939153	680668	5939155	680075	5939217	15:27	130	265	2.9	85	0.6	5	WZW	10		
QFHJ2_15r	10/02/2022	QFHJ2	08:44	25	599105	5853855	599112	5853839	599117	5853796	599153	5853310	08:56	125	174	2.9	33	1	4	W	10	0.5	
QFHJ2_16r	10/02/2022	QFHJ2	09:40	25	599130	5852881	599131	5852850	599134	5852802	599179	5852310	09:53	125	180	3	33	1	4	W	10	0.5	
QFHJ2_17r	10/02/2022	QFHJ2	10:14	25	599143	5851734	599136	5851713	599139	5851664	599182	5851134	10:22	125	180	3.1	14	1.2	4	W	10	0.5	

APPENDIX I : MS. ARCA BODEMSCHAAF TRACKS PLOTLIJST																							
Datum: 07-02-2022-30-03-2022			Werkgebied: Noordzee								Project: NIOZ schaven 2022												
Track nr	Datum	Gebied	Starttijd (UTC)	Diepte	Positie (ETRS 89) (Start vieren)		Positie ETRS 89 (Schaaf op Bodem)		Positie ETRS 89 (Stop Vieren)		Positie ETRS 89 (Schaaf Halen)		Eindtijd (UTC)	Gevierde Draad Lengte (5 x WD)	Koers	Vaar Snelheid (kn)	Stroom Richting	Stroom Snelheid (Kn)	Windkracht (Bft)	Windrichting	Temperatuur (C)	Golfhoogte (m)	Comment
					UTM (E)	UTM (N)	UTM (E)	UTM (N)	UTM (E)	UTM (N)	UTM (E)	UTM (N)											
QFHJ2_23r	10/02/2022	QFHJ2	10:40	25	598690	5850985	598673	5850940	598664	5850891	598593	5850409	10:52	125	190	2.9	12	1.2	4	W	10	1	spoelen voor put
Q5HJ2_02p_2	10/02/2022	Q5HJ2	12:38	28	598456	5853420	598458	5853390	598461	5853338	598473	5852863	12:46	140	190	2.9	29	0.6	5	W	10	1	verlegd ivm kabel op bodem
Q5HJ2_01p	10/02/2022	Q5HJ2	13:19	28	598406	5853834	598414	5853750	598415	5853675	598410	5853084	13:29	140	190	2.9	36	0.2	5	W	10	1.5	
Q5HJ2_05p	10/02/2022	Q5HJ2	14:43	28	598409	5852752	598429	5852811	598436	5852897	598479	5853352	14:56	140	340	2.9	191	0.8	6	W	10	1.5	
Q5HJ2_06p_b	10/02/2022	Q5HJ2	15:30	28	598416	5852544	598438	5852584	598440	5852649	598472	5853142	15:43	140	340	3	190	1	6	W	10	2	verlegd ivm kabel op bodem
Q5HJ2_12p	10/02/2022	Q5HJ2	16:22	27	598742	5851878	598506	5851559	598484	5851619	598370	5852024	16:38	135	335	2.5	196	1.1	6	W	10	2	
Q5HJ2_04p	10/02/2022	Q5HJ2	17:03	27	598526	5851303	598517	5851366	598497	5851438	598384	5851837	17:18	135	340	3	196	1	6	W	10	2	
QFHJ2_22r	11/02/2022	QFHJ2	15:34	24	598290	5850489	598278	5850521	598237	5850591	598013	5851015	15:48	120	330	3.1	160	0.2	4	NNW	10	2	
QFHJ2_20r	11/02/2022	QFHJ2	16:04	24	597387	5852075	597353	5852115	597303	5852197	597043	5852606	16:18	120	330	2.9	160	0.3	4	NNW	10	1.5	
QFHJ2_21r	11/02/2022	QFHJ2	16:37	24	597333	5852860	597335	5852891	597331	5852960	597328	5853479	16:49	120	360	2.9	160	0.5	4	NNW	10	1.5	
QFHJ2_14r	11/02/2022	QFHJ2	17:36	25	598691	5853801	598686	5853828	598681	5853867	598651	5854329	17:49	125	360	3.1	160	0.6	3	NNW	10	1.5	
Q5HJ2_03p	12/02/2022	QFHJ2	08:12	28	598378	5852028	598388	5852075	598405	5852144	598484	5852589	08:27	140	10	3.1	200	1	6	ZZW	10	1.5	
Q5HJ2_11p	12/02/2022	QFHJ2	08:46	28	598535	5852325	598530	5852283	598520	5852230	598379	5851740	08:58	140	200	3.1	200	1	6	ZZW	10	2	
Q5HJ2_09p	12/02/2022	QFHJ2	09:42	25	598960	5853294	598952	5853253	598929	5853197	598775	5852800	09:55	125	200	2.8	200	0.6	6	ZZW	10	2	
Q5HJ2_10p	12/02/2022	QFHJ2	10:31	25	599079	5852561	599046	5852546	599012	5852500	598645	5852104	10:41	125	220	3.1	200	0.2	6	ZZW	10	2.5	
Q5HJ2_24r	12/02/2022	QFHJ2	12:26	25	597607	5851753	597572	5851717	597552	5851687	597299	5851304	12:36	125	215	3.2	16	1.2	6	ZZW	10	2.5	
QFHJ2_18r	12/02/2022	QFHJ2	13:10	25	598160	5854384	598132	5854358	598108	5854318	597903	5853949	13:24	125	210	3.2	16	1.3	6	ZZW	10	2.5	
QFHJ2_13r	12/02/2022	QFHJ2	13:50	25	598571	5854708	598547	5854667	598522	5854634	598300	5854268	14:01	125	210	3	16	1.3	6	ZZW	10	2.5	
Q16H_11p	13/02/2022	Q16H	07:52	27	573228	5773007	573204	5772983	573167	5772909	572942	5772480	08:03	135	210	3	220	1.3	7	ZZW	10	1	
Q16H_04p	13/02/2022	Q16H	08:30	26	573429	5773174	573416	5773134	573384	5773075	573153	5772615	08:41	130	210	3.1	215	0.8	7	ZZW	10	1	
Q16H_08p	13/02/2022	Q16H	09:09	27	573467	5773505	573471	5773459	573466	5773392	573436	5772873	09:25	135	180	3	220	0.9	7	ZZW	10	1	
Q16H_10p	13/02/2022	Q16H	09:54	27	573397	5773987	573388	5773947	573364	5773883	573193	5773396	10:02	135	200	3	220	0.5	7	ZZW	10	1	
Q16H_22r	13/02/2022	Q16H	10:40	24	572605	5775141	572628	5775074	572632	5775022	572630	5774575	10:54	120	180	3	66	0.2	7	ZZW	10	1	

APPENDIX I : MS. ARCA BODEMSCHAAF TRACKS PLOTLIJST																							
Datum: 07-02-2022-30-03-2022				Werkgebied: Noordzee								Project: NIOZ schaven 2022											
Track nr	Datum	Gebied	Starttijd (UTC)	Diepte	Positie (ETRS 89) (Start vieren)		Positie ETRS 89 (Schaaf op Bodem)		Positie ETRS 89 (Stop Vieren)		Positie ETRS 89 (Schaaf Halen)		Eindtijd (UTC)	Gevierde Draad Lengte (5 x WD)	Koers	Vaar Snelheid (kn)	Stroom Richting	Stroom Snelheid (Kn)	Windkracht (Bft)	Windrichting	Temperatuur (C)	Golfhoogte (m)	Comment
					UTM (E)	UTM (N)	UTM (E)	UTM (N)	UTM (E)	UTM (N)	UTM (E)	UTM (N)											
Q16H_23r	13/02/2022	Q16H	11:07	24	572379	5775058	572368	5775014	572352	5774969	572146	5774445	11:21	120	200	3	53	0.6	7	ZZW	10	1	
Q16H-01-p	14/02/2022	Q16H	13:49	23	573034	5774290	572985	5774241	572985	5774241	572673	5773927	13:57	115	225	3	40	1.2	6	ZW	9	1.5	
Q16H-02-p	14/02/2022	Q16H	14:30	25	573193	5773857	573229	5773894	573274	5773881	572955	5773618	14:36	125	225	3	40	1.2	6	ZW	9	1.5	16:17 monstername op punt
Q16H-05-p	11/02/2022	Q16H	15:26	27	572884	5773873	572854	5773843	572841	5773832	572587	5773559	15:33	135	225	3	40	1.2	6	ZW	9	1.5	
Q5Jp-01-p	15/02/2022	Q5Jp	07:40	25	589491	5845543	589504	5845510	589509	5845524	589629	5845918	07:48	125	358	3	195	1	6	z		2	
Q5Jp-05-p	15/02/2022	Q5Jp	08:40	27	589662	5844293	589666	5844259	589663	5844304	589654	58444741	08:48	135	358?	3	195	1	6	z		2	
Q5Jp-06-p	15/02/2020	Q5Jp	09:17	27	589909	5844383	589906	5844422	589905	5844478	589887	5844908	09:22	135	385	3	195	1	6	z		2	
Q5Jp-17-r	15/02/2022	Q5Jp	10:12	24	589447	5846424	589444	5846456	589442	5846490	589439	5846900	10:18	120	360	3	195	1	6	z		2	
Q5Jp-22-r	15/02/2022	Q5Jp	10:41	24	589889	5846195	589887	5846221	589885	5846242	589891	5846657	10:47	120	360	3	195	1	7	zzw		2	
Q5Jp-13-r	15/02/2022	Q5Jp	12:42	23	590342	5843023	590302	5842978	590302	5842978	590028	5842644	12:48	115	219	3	195	1	7	zzw		2	
Q5Jp-14-r	15/02/2022	Q5Jp	13:31	26	589696	5843104	589638	5843041	589630	5843033	589274	5842695	13:36	135	223	3	195	1	7	zzw		2,5	
Q5Jp-11-p	15/02/2022	Q5Jp	14:28	28	590190	5845389	590134	5845340	590116	5845309	589887	5845053	14:34	140	221	3	195	1	7	zzw		2,5	
Q5Jp-07-p	15/02/2022	Q5Jp	15:10	28	589726	5844099	589748	5844095	589748	5844095	589748	5844095	15:14	140	221	3	195	1	7	zzw		2,5	
Q5Jp-23-r	16/02/2022	Q5Jp	06:23	24	589682	5847510	589691	5847514	589681	5847495	589516	5847109	06:28	120	206	3	30	1,5	7	zw		2,5	
Q5Jp-29-r	16/02/2022	Q5Jp	07:14	25	590160	5847473	590174	5847474	590159	5847457	590008	5847108	07:19	125	206	3	30	2	7	zw		2,5	
Q5Jp-03-p	16/02/2022	Q5Jp	07:40	27	590080	5845924	590063	5845912	590041	5845874	589857	5845452	07:45	135	206	3	30	1,5	7	zw		2,5	
Q5Jp-04-p	16/02/2022	Q5Jp	08:12	27	589849	5845159	589846	5845121	589838	5845103	589637	5844667	08:17	135	206	3	30	1,5	7	zw		2,5	
Q5Jp-12-p	16/02/2022	Q5Jp	08:43	28	590114	5844568	590129	5844545	590108	5844518	589939	5844148	08:48	140	206	3	30	1,5	7	zw		2,5	
Q5Jp-15-r	16/02/2022	Q5Jp	09:23	25	590076	5842462	590073	5842407	590062	5842393	589850	5841943	09:32	125	206	3	30	1,5	8	zw		2,5	
Q5Jp-20-r	16/02/2022	Q5Jp	10:05	23	591223	5842549	591189	5842461	591167	5842449	590904	5841829	10:12	115	206	3	30	1,5	8	zw		2,5	
Q16H-20r	28/03/2022	Q16H	14:21	22	574131	5773680	574122	5773670	574097	5773641	573778	5773282	14:31	110	221	3	20	0.3	2	N	6	0.6	
Q16H-07p	28/03/2022	Q16H	14:58	26	573061	5772172	573054	5772198	573045	5772240	572941	5772679	15:10	130	347	3	247	0.2	1	N	6	0.6	
Q16H-13r	28/03/2022	Q16H	15:29	22	572429	5774329	572422	5774349	572399	5774397	572247	5774783	15:43	110	338	3	230	0.2	1	N	6	0.6	200m verlegd ivm talud

APPENDIX I : MS. ARCA BODEMSCHAAF TRACKS PLOTLIJST																							
Datum: 07-02-2022-30-03-2022			Werkgebied: Noordzee								Project: NIOZ schaven 2022												
Track nr	Datum	Gebied	Starttijd (UTC)	Diepte	Positie (ETRS 89) (Start vieren)		Positie ETRS 89 (Schaaf op Bodem)		Positie ETRS 89 (Stop Vieren)		Positie ETRS 89 (Schaaf Halen)		Eindtijd (UTC)	Gevierde Draad Lengte (5 x WD)	Koers	Vaar Snelheid (kn)	Stroom Richting	Stroom Snelheid (Kn)	Windkracht (Bft)	Windrichting	Temperatuur (C)	Golfhoogte (m)	Comment
					UTM (E)	UTM (N)	UTM (E)	UTM (N)	UTM (E)	UTM (N)	UTM (E)	UTM (N)											
Q16H-19r	28/03/2022	Q16H	16:35	22	570456	5770320	570465	5770337	570488	5770388	570682	5770845	16:46	110	24	3	200	0.8	2	NW	6	0.5	
Q16H14-r	29/03/2022	Q16H	06:06	22	570466	5771406	570473	5771427	570472	5771454	570575	5771844	06:18	110	24	3	219	1.1	2	NO	7	0.6	
Q16H10-p	29/03/2022	Q16H	06:37	26	573123	5773407	573136	5773429	573161	5773469	573422	5773874	06:56	130	34	3	202	1.2	2	NO	7	0.6	

Appendix II; Locatie details														TRIPLE-D										TRANSPONDER									
Stationnr	Water Depth (meter; LAT)	Startbottom dd/mm/yyyy hh:mm:ss	Stopbottom dd/mm/yyyy hh:mm:ss	Duration (s)	Meanangle	Sdangle	avg Sampling Depth (cm)	SDDepth (cm)	Speed (m/s)	Xstart Easting	Ystart Northing	Lon.Start (DD.ddd (E))	Lat.Start (DD.ddd (N))	Xstop Easting	Ystop Northing	Lon.Stop (DD.ddd (E))	Lat.Stop (DD.ddd (N))	Bearing degrees	Course	Lon.Midpoint (DD.ddd (E))	Lat.Midpoint (DD.ddd (N))	Track.Length (m)	Comment										
Q16H-15-R	21	07/02/2022 14:01:23	07/02/2022 14:01:46	23	6.4	2.9	16.7	0.5	2.2	571067.58	5770723.6	4.03713	52.08252	571080.78	5770752.02	4.03733	52.08277	26	26	4.03723	52.08264	31	mes moeizaam de bodem in.										
Q16H-19-R	21.4	07/02/2022 14:39:23	07/02/2022 14:39:51	28	20.2	2.8	5.7	0.7	1.8	570551.17	5770550.87	4.02956	52.08103	570578.75	5770591.23	4.02997	52.08139	35	35	4.02976	52.08121	49											
Q16H-24-R	21.2	07/02/2022 15:18:18	07/02/2022 15:18:46	28	3.5	5.7	19.1	1.3	1.8	570199.71	5770992.06	4.02452	52.08504	570232.89	5771026.35	4.02501	52.08535	45	45	4.02477	52.08519	48											
Q16H-17-R	21	07/02/2022 15:58:58	07/02/2022 15:59:32	34	16.1	4.8	8.9	1.7	1.5	570867.77	5771299.81	4.03433	52.08772	570904.52	5771344.54	4.03488	52.08812	40	40	4.03461	52.08792	58											
M9J-01-P_b	28.8	08/02/2022 10:54:14	08/02/2022 10:54:48	34	2.8	13.6	19.9	1.9	1.5	681536.92	5938081.22	5.74096	53.56016	681495.45	5938073.65	5.74033	53.56011	-98	262	5.74065	53.56013	42	transponder 7 sec te laat gestart										
M9J-03-P	28.2	08/02/2022 12:44:41	08/02/2022 12:45:15	34	0.3	14.6	21.8	2.5	1.5	682119.01	5938173.1	5.74979	53.56078	682070.05	5938167	5.74905	53.56075	-95	265	5.74942	53.56077	49											
M9J-12-P	29.1	08/02/2022 13:34:29	08/02/2022 13:34:57	28	0.5	14.0	21.5	3.0	1.8	681713.02	5937841.8	5.74348	53.55795	681661.23	5937836.22	5.74269	53.55792	-94	266	5.74308	53.55793	52											
M9J-21-R	25.3	08/02/2022 15:35:23	08/02/2022 15:35:58	35	1.6	7.2	20.7	1.4	1.4	680754.33	5938320.17	5.72930	53.56258	680720.16	5938283.36	5.72876	53.56226	-135	225	5.72903	53.56242	50											
M9J-22-R	28.2	08/02/2022 16:02:41	08/02/2022 16:03:12	31	3.0	5.8	19.5	1.2	1.6	681109.98	5937729.78	5.73432	53.55715	681159.46	5937736.76	5.73507	53.55720	84	84	5.73469	53.55718	50											
M9J-23-R	23.2	08/02/2022 16:40:40	08/02/2022 16:41:13	33	2.3	8.5	20.1	1.5	1.5	681629.64	5938622.5	5.74267	53.56499	681681.7	5938621.22	5.74346	53.56496	94	94	5.74306	53.56497	52											
M9J-20-R	23.4	09/02/2022 07:40:39	09/02/2022 07:41:06	27	2.4	10.1	20.1	2.0	1.9	681067.74	5938944.35	5.73439	53.56807	681113.04	5938959.7	5.73508	53.56820	73	73	5.73473	53.56813	48											
M9J-19-R	23.5	09/02/2022 08:14:11	09/02/2022 08:14:37	26	1.2	10.8	21.1	2.6	1.9	682438.02	5938932.97	5.75505	53.56750	682476.63	5938961.8	5.75564	53.56774	55	55	5.75534	53.56762	48											
M9J-17-R	23.7	09/02/2022 08:50:49	09/02/2022 08:51:21	32	2.1	11.5	20.3	2.0	1.6	681785.16	5939427.46	5.74549	53.57216	681736.37	5939408.41	5.74474	53.57201	-109	251	5.74511	53.57209	52											
M9J-02-p	28.8	09/02/2022 10:00:57	09/02/2022 10:01:33	36	-0.5	11.7	22.4	3.0	1.4	681861.34	5938052.25	5.74584	53.55979	681816.97	5938029.54	5.74515	53.55960	-115	245	5.74549	53.55969	50											
M9J-09-p	27.6	09/02/2022 10:39:19	09/02/2022 10:39:47	28	1.0	12.5	21.2	2.1	1.8	682291.67	5937309.9	5.75189	53.55297	682243.56	5937299.58	5.75116	53.55290	-100	260	5.75153	53.55294	49											
M9J-07-p	28.5	09/02/2022 12:25:26	09/02/2022 12:26:02	36	0.0	13.0	22.0	2.4	1.4	682773.1	5937841.99	5.75946	53.55758	682724.46	5937836.96	5.75872	53.55756	-94	266	5.75909	53.55757	49											
M9J-04-p	28.6	09/02/2022 12:59:25	09/02/2022 13:00:00	35	3.0	8.3	19.5	1.4	1.4	682433.34	5938011.97	5.75444	53.55923	682381.47	5938006.46	5.75365	53.55920	-94	266	5.75404	53.55921	52											
M9J-05-p	27.9	09/02/2022 13:38:57	09/02/2022 13:39:32	35	0.2	14.8	21.8	2.9	1.4	682661.66	5938195.9	5.75799	53.56080	682613.32	5938185.25	5.75725	53.56072	-100	260	5.75762	53.56076	49											
M9J-24-R	23.5	09/02/2022 14:47:37	09/02/2022 14:48:10	33	-0.7	10.1	22.6	2.0	1.5	682600.22	5939498.22	5.75782	53.57251	682551.08	5939491.56	5.75708	53.57247	-96	264	5.75745	53.57249	50											
M9J-14-R	23.9	09/02/2022 15:15:52	09/02/2022 15:16:21	29	2.1	10.0	20.4	1.6	1.7	680414.95	5939186.62	5.72468	53.57047	680364.42	5939193.08	5.72392	53.57055	-80	280	5.72430	53.57051	51											
Q5HJ2-15-R	22.6	10/02/2022 08:44:26	10/02/2022 08:44:55	29	1.0	12.0	21.3	2.1	1.7	599142.05	5853555.04	4.47132	52.82264	599144.14	5853508.4	4.47134	52.82222	179	179	4.47133	52.82243	47											
Q5HJ2-16-R	NA	10/02/2022 09:41:05	10/02/2022 09:41:35	30	0.3	16.1	21.8	2.1	1.7	599151.36	5852566.28	4.47116	52.81375	599157.32	5852515.99	4.47123	52.81330	174	174	4.47119	52.81352	51											

Appendix II; Locatie details														TRIPLE-D														TRANSPONDER													
Stationnr	Water Depth (meter, LAT)	Startbottom dd/mm/yyyy hh:mm:ss	Stopbottom dd/mm/yyyy hh:mm:ss	Duration (s)	Meanangle	SDangle	avg Sampling Depth (cm)	SDdepth (cm)	Speed (m/s)	Xstart Easting	Ystart Northing	Lon.Start (DD.ddd (E))	Lat.Start (DD.ddd (N))	Xstop Easting	Ystop Northing	Lon.Stop (DD.ddd (E))	Lat.Stop (DD.ddd (N))	Bearing degrees	Course	Lon.Midpoint (DD.ddd (E))	Lat.Midpoint (DD.ddd (N))	Track Length (m)	Comment																		
Q5HJ2-17-R	22.3	10/02/2022 10:12:30	10/02/2022 10:13:00	30	0.7	13.9	21.4	2.1	1.7	599164.12	5851427.19	4.47100	52.80351	599166.32	5851375.64	4.47102	52.80305	179	179	4.47101	52.80328	52																			
Q5HJ2-23-R	22.2	10/02/2022 10:41:11	10/02/2022 10:41:43	32	1.5	9.7	20.8	1.4	1.6	598628.66	5850663.34	4.46283	52.79674	598621.17	5850615.03	4.46271	52.79631	-170	190	4.46277	52.79653	49																			
Q5HJ2-02-P	27.1	10/02/2022 12:37:03	10/02/2022 12:37:34	31	2.5	11.6	20.0	1.7	1.6	598466.42	5853102.19	4.46116	52.81869	598469.08	5853052.5	4.46118	52.81824	178	178	4.46117	52.81847	50																			
Q5HJ2-01-P	26.4	10/02/2022 13:16:32	10/02/2022 13:17:05	33	2.5	10.0	20.0	1.4	1.5	598411.69	5853466.44	4.46046	52.82197	598411.3	5853417.51	4.46044	52.82154	-178	182	4.46045	52.82176	49																			
Q5HJ2-05-P	26.8	10/02/2022 14:44:10	10/02/2022 14:44:41	31	1.7	11.5	20.6	2.8	1.6	598452.91	5853075.32	4.46095	52.81845	598456.91	5853124.89	4.46103	52.81890	6	6	4.46099	52.81867	50																			
Q5HJ2-06-P	27.2	10/02/2022 15:31:44	10/02/2022 15:32:16	32	2.7	10.7	19.8	1.5	1.6	598452.87	5852867.42	4.46089	52.81658	598458.23	5852919.31	4.46098	52.81705	7	7	4.46094	52.81682	52																			
Q5HJ2-12-P	26.7	10/02/2022 16:25:26	10/02/2022 16:26:07	41	1.2	7.8	21.1	1.6	1.2	598425.54	5851828.4	4.46017	52.80725	598412.17	5851877.88	4.45999	52.80770	-14	346	4.46008	52.80748	51																			
Q5HJ2-04-P	25.9	10/02/2022 17:04:41	10/02/2022 17:05:18	37	2.4	8.1	20.0	1.4	1.4	598442.52	5851632.85	4.46036	52.80549	598428.49	5851681.79	4.46017	52.80593	-15	345	4.46027	52.80571	51																			
Q5HJ2-22-R	22.2	11/02/2022 15:35:39	11/02/2022 15:36:12	33	1.8	10.0	20.6	1.9	1.5	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	330	4.45532	52.79791	NA	no transponder data																		
Q5HJ2-20-R	22.8	11/02/2022 16:05:36	11/02/2022 16:06:05	29	1.1	11.8	21.1	1.9	1.7	597225.84	5852317.08	4.44252	52.81186	597200.62	5852355.36	4.44216	52.81221	-32	328	4.44234	52.81204	46																			
Q5HJ2-21-R	23.6	11/02/2022 16:37:32	11/02/2022 16:38:01	29	1.6	11.9	20.8	2.3	1.7	597332.17	5853177.51	4.44436	52.81957	597331.18	5853227.51	4.44436	52.82002	0	0	4.44436	52.81980	50																			
Q5HJ2-14-R	22.9	11/02/2022 17:37:55	11/02/2022 17:38:24	31	2.1	11.3	20.3	2.0	1.6	598665.3	5854112	4.46442	52.82773	598662.41	5854161	4.46439	52.82817	33	33	4.46440	52.82795	48	posities gecorrigeerd transponder verspringt.																		
Q5HJ2-03-P	26.4	12/02/2022 08:12:49	12/02/2022 08:13:23	34	2.4	6.3	20.1	1.2	1.5	598449.74	5852347.88	4.46069	52.81192	598453.6	5852389.54	4.46076	52.81229	6	6	4.46072	52.81210	42																			
Q5HJ2-11-P	26.8	12/02/2022 08:47:58	12/02/2022 08:48:27	29	1.9	10.9	20.5	1.8	1.7	598452.47	5852004.02	4.46062	52.80883	598438.65	5851956.2	4.46040	52.80840	-163	197	4.46051	52.80861	50																			
Q5HJ2-09-P	23.8	12/02/2022 09:43:13	12/02/2022 09:43:49	36	0.9	11.0	21.3	1.7	1.4	598861.99	5853001.97	4.46700	52.81772	598827.56	5852958.06	4.46647	52.81733	-141	219	4.46674	52.81752	56																			
Q5HJ2-10-P	24.3	12/02/2022 10:29:00	12/02/2022 10:29:30	30	0.7	11.0	21.4	2.3	1.7	598855.02	5852329.06	4.46669	52.81167	598823.73	5852291.8	4.46622	52.81134	-139	221	4.46645	52.81151	49																			
Q5HJ2-24-R	22	12/02/2022 12:25:00	12/02/2022 12:25:32	32	1.8	9.6	20.5	2.2	1.6	597418.65	5851477.79	4.44513	52.80428	597391.14	5851437.57	4.44471	52.80393	-145	215	4.44492	52.80411	49																			
Q5HJ2-18-R	23.6	12/02/2022 13:12:37	12/02/2022 13:13:26	49	2.1	7.4	20.3	1.1	1.0	597993.21	5854111.45	4.45444	52.82785	597969.65	5854065.84	4.45408	52.82744	-152	208	4.45426	52.82764	51																			
Q5HJ2-13-R	23.2	12/02/2022 13:49:44	12/02/2022 13:50:22	38	1.1	8.8	21.1	1.8	1.3	598411.29	5854428.13	4.46074	52.83062	598374.95	5854386.76	4.46019	52.83025	-138	222	4.46047	52.83043	55																			
Q16H-11-P	26.2	13/02/2022 07:51:20	13/02/2022 07:51:52	32	2.3	2.9	20.1	1.0	1.6	573067.88	5772713.14	4.06674	52.10014	573042.59	5772669.88	4.06636	52.09976	-149	211	4.06655	52.09995	50																			
Q16H-04-P	25.7	13/02/2022 08:32:23	13/02/2022 08:32:51	28	2.7	2.9	19.8	1.0	1.8	573188.31	5772676.92	4.06849	52.09980	573164.93	5772633.9	4.06814	52.09942	-151	209	4.06832	52.09961	49																			
Q16H-08-P	24.2	13/02/2022 09:09:22	13/02/2022 09:09:43	21	6.5	1.7	16.7	0.5	2.4	573454.32	5773137.98	4.07247	52.10391	573451.94	5773104.03	4.07243	52.10360	-175	185	4.07245	52.10376	34	transponderdata verspringt.																		
Q16H-10-P	25.5	13/02/2022 09:52:08	13/02/2022 09:52:44	36	16.0	3.3	9.0	1.5	1.4	573289.45	5773668.08	4.07018	52.10870	573269.51	5773609.66	4.06988	52.10817	-160	200	4.07003	52.10844	62																			
Q16H-22-R	20.9	13/02/2022 10:39:46	13/02/2022 10:40:15	29	2.2	6.6	20.2	1.4	1.7	572634.49	5774786.38	4.06086	52.11884	572632.97	5774739.69	4.06083	52.11842	-177	183	4.06084	52.11863	47																			

Appendix II; Locatie details														TRIPLE-D														TRANSPONDER													
Stationnr	Water Depth (meter; LA T)	Startbottom dd/mm/yyyy hh:mm:ss	Stopbottom dd/mm/yyyy hh:mm:ss	Duration (s)	Meanangle	SDangle	avg Sampling Depth (cm)	SDDepth (cm)	Speed (m/s)	Xstart Easting	Ystart Northing	Lon.Start (DD.ddd (E))	Lat.Start (DD.ddd (N))	Xstop Easting	Ystop Northing	Lon.Stop (DD.ddd (E))	Lat.Stop (DD.ddd (N))	Bearing degrees	Course	Lon.Midpoint (DD.ddd (E))	Lat.Midpoint (DD.ddd (N))	Track Length (m)	Comment																		
Q16H-23-R	21.3	13/02/2022 11:09:57	13/02/2022 11:10:28	31	1.9	4.5	20.4	1.2	1.6	572271.46	5774741.61	4.05555	52.11848	572252.54	5774695.26	4.05526	52.11807	-157	203	4.05540	52.11827	50																			
Q16H-01-P	26	14/02/2022 13:46:25	14/02/2022 13:47:12	47	10.7	4.0	13.3	2.1	1.1	572815.35	5774065.77	4.06335	52.11233	572777.82	5774027.74	4.06279	52.11200	-135	225	4.06307	52.11217	53																			
Q16H-02-P	25.9	14/02/2022 14:27:37	14/02/2022 14:28:12	35	3.6	2.9	19.1	1.1	1.4	573020.29	5773681.9	4.06626	52.10886	572983.2	5773644.74	4.06571	52.10853	-134	226	4.06598	52.10869	53																			
Q16H-05-P	26.2	14/02/2022 15:24:31	14/02/2022 15:25:25	54	1.4	4.8	20.9	2.2	0.9	572656.42	5773634.07	4.06093	52.10847	572622.28	5773597.36	4.06043	52.10815	-136	224	4.06068	52.10831	50																			
Q5JP-01-P	24.8	15/02/2022 07:39:36	15/02/2022 07:40:11	35	2.8	9.8	19.7	1.8	1.4	589584.48	5845786.01	4.32740	52.75449	589600.12	5845834.26	4.32764	52.75492	19	19	4.32752	52.75470	51																			
Q5JP-05-P	27.5	15/02/2022 08:38:34	15/02/2022 08:39:12	38	2.0	7.5	20.4	1.4	1.3	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	358	4.32804	52.74374	NA	no transponder data middenpositie op grond van schaaf bodem																		
Q5JP-06-P	27.7	15/02/2022 09:12:21	15/02/2022 09:12:59	38	2.9	6.0	19.7	1.1	1.3	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	358	4.33163	52.74493	NA	no transponder data middenpositie op grond van schaaf bodem																		
Q5JP-17-R	23.6	15/02/2022 10:08:44	15/02/2022 10:09:22	38	2.0	5.6	20.3	1.6	1.3	589426.26	5846726.54	4.32531	52.76297	589443.24	5846776.27	4.32558	52.76341	20	20	4.32544	52.76319	53																			
Q5JP-22-R	22.9	15/02/2022 10:38:24	15/02/2022 10:38:58	34	1.5	7.1	20.8	1.6	1.5	589891.2	5846503.67	4.33214	52.76089	589891.55	5846553.22	4.33216	52.76133	1	1	4.33215	52.76111	50																			
Q5JP-13-R	23.7	15/02/2022 12:39:01	15/02/2022 12:39:39	38	2.8	7.1	19.7	1.2	1.3	590134.43	5842775.08	4.33472	52.72734	590104.03	5842736.1	4.33426	52.72699	-141	219	4.33449	52.72716	49																			
Q5JP-14-R	22.2	15/02/2022 13:26:56	15/02/2022 13:27:22	26	3.4	7.6	19.3	2.2	1.9	589440.49	5842831.58	4.32446	52.72796	589408.6	5842792	4.32398	52.72761	-139	221	4.32420	52.72779	52	corrected for bottom topography																		
Q5JP-11-P	26.8	15/02/2022 14:24:16	15/02/2022 14:24:54	38	1.7	8.6	20.6	1.5	1.3	589971.06	5845151.58	4.33295	52.74872	589938.64	5845112.12	4.33246	52.74837	-140	220	4.33270	52.74855	51																			
Q5JP-07-P	25.8	15/02/2022 15:06:00	15/02/2022 15:06:50	50	2.2	5.3	20.2	1.2	1.0	589524.75	5843859.91	4.32599	52.73719	589537.4	5843807.19	4.32616	52.73671	168	168	4.32607	52.73695	54																			
Q5JP-23-R	23.4	16/02/2022 06:18:48	16/02/2022 06:19:23	35	2.3	6.3	20.1	1.6	1.4	589581.37	5847257.19	4.32775	52.76771	589561.39	5847210.96	4.32744	52.76730	-156	204	4.32760	52.76750	50																			
Q5JP-19-R	22.8	16/02/2022 07:10:47	16/02/2022 07:11:25	38	3.6	7.0	19.1	1.1	1.3	590061.18	5847210.17	4.33485	52.76721	590052.19	5847163.34	4.33470	52.76679	-168	192	4.33478	52.76700	48																			
Q5JP-03-P	26.7	16/02/2022 07:35:30	16/02/2022 07:35:58	28	5.4	10.7	17.6	1.2	1.8	589947.08	5845649.85	4.33273	52.75320	589925.29	5845611.13	4.33240	52.75286	-150	210	4.33256	52.75303	44																			
Q5JP-04-P	26.4	16/02/2022 08:08:24	16/02/2022 08:08:49	25	2.9	10.3	19.7	1.7	2.0	589720.77	5844850.42	4.32916	52.74606	589702.02	5844807.29	4.32887	52.74567	-155	205	4.32902	52.74586	47																			
Q5JP-12-P	28.1	16/02/2022 08:38:48	16/02/2022 08:39:30	42	2.3	4.6	20.1	0.9	1.2	590022.64	5844314.03	4.33348	52.74119	590004.33	5844268.43	4.33320	52.74078	-157	203	4.33334	52.74098	49																			
Q5JP-15-R	24.1	16/02/2022 09:18:43	16/02/2022 09:19:11	28	1.9	8.2	20.5	1.5	1.8	589960.58	5842157.43	4.33197	52.72181	589939.51	5842112.46	4.33165	52.72141	-154	206	4.33181	52.72161	50																			
Q5JP-20-R	21.8	16/02/2022 09:59:43	16/02/2022 10:00:18	35	3.2	6.7	19.4	1.1	1.4	591101.15	5842260.71	4.34888	52.72255	591080.87	5842215.58	4.34857	52.72215	-155	205	4.34873	52.72235	49																			
Q16H-20-R	20.6	28/03/2022 14:29:18	28/03/2022 14:29:44	26	2.8	9.0	19.7	1.6	1.9	573916.92	5773435.08	4.07929	52.10652	573885.32	5773398.23	4.07882	52.10619	-139	221	4.07906	52.10636	49																			
Q16H-07-P	26.6	28/03/2022 15:07:36	28/03/2022 15:08:06	30	3.0	3.4	19.6	1.2	1.7	572949.39	5772642.23	4.06500	52.09952	572938.1	5772693.81	4.06484	52.09999	-11	349	4.06492	52.09975	53																			
Q16H-13-R	21.3	28/03/2022 15:37:51	28/03/2022 15:38:24	33	4.7	3.1	18.2	1.0	1.5	572311.45	5774615.7	4.05610	52.11734	572294.1	5774659.14	4.05586	52.11774	-21	339	4.05598	52.11754	47																			
Q16H-19-R	21.4	28/03/2022 16:41:31	28/03/2022 16:41:56	25	6.5	3.2	16.7	0.4	2.0	570581.36	5770608.4	4.03001	52.08154	570598.54	5770647.74	4.03027	52.08190	24	24	4.03014	52.08172	51	distance gecorrigeerd ogv tilt graph startpunt. (tijd 16:51:24 ipv 31).																		

Appendix II; Locatie details														TRIPLE-D											TRANSPONDER										
Stationnr	Water Depth (meter, LAT)	Startbottom dd/mm/yyyy hh:mm:ss	Stopbottom dd/mm/yyyy hh:mm:ss		Duration (s)	Meanangle	SDangle	avg Sampling Depth (cm)	SDDepth (cm)	Speed (m/s)		Xstart Easting	Ystart Northing	Lon.Start (DD.ddd (E))	Lat.Start (DD.ddd (N))		Xstop Easting	Ystop Northing	Lon.Stop (DD.ddd (E))	Lat.Stop (DD.ddd (N))	Bearing degrees	Course	Lon.Midpoint (DD.ddd (E))	Lat.Midpoint (DD.ddd (N))	Track.Length (m)	Comment									
Q16H-14-R	20.8	29/03/2022 06:14:41	29/03/2022 06:15:19		38	2.4	6.3	20.1	1.2	1.3		570546.96	5771733.1	4.02974	52.09166		570558.43	5771778.93	4.02992	52.09207	15	15	4.02983	52.09186	47										
Q16H-10-P-b	25.5	29/03/2022 06:51:37	29/03/2022 06:52:05		28	4.2	2.5	18.6	0.7	1.8		573324.96	5773716.49	4.07071	52.10913		573349.07	5773753.02	4.07107	52.10945	34	34	4.07089	52.10929	44										

Appendix III; Schaafdetails																									
Date (dd/mm/yyyy)	Stationnr	Water depth uncorrected	strt vieren UTC hh:mm:ss	Schaaf bodem UTC hh:mm:ss	stop vieren UTC hh:mm:ss	strt halen UTC hh:mm:ss	End UTC hh:mm:ss	Duration hh:mm:ss	Waterdepth	Pre-run set.	fished distance	T-vieren calculation	V-vieren calculation	Cable Length	SB counter	BB counter	Happertje	Plaatje	Buffer	Zuiger	Reducer	Batterij	Volume catch (L)	Duikfles (bar)	Comment
07/02/2022	Q16H-15-R	22	13:57:00	13:57:26	13:59:14	14:05:43	-	00:08:43	22	4	50	02:14	0.82	110	156	28	OK	NO	0.5	10.5	-	20	220		
07/02/2022	Q16H-19-R	22	14:34:34	14:35:03	14:36:38	14:41:38	-	00:07:04	22	4	50	02:04	0.89	110	156	28	OK	NO	0.5	11	-	20	-		
07/02/2022	Q16H-24-R	23	15:13:50	15:14:21	15:16:02	15:21:02	15:31:00	00:07:12	22	4	50	02:12	0.87	115	158	30	OK	NO	0.5	11	-	350	-	Bijna 6 kuipen spisula	
07/02/2022	Q16H-17-R	24	15:53:50	15:54:31	15:56:13	16:01:13	16:10:55	00:07:23	23	4	50	02:23	0.80	115	156	27	OK	NO	0.5	11	-	50	-	Nethoepel gebroken.	
08/02/2022	M9J-01-P-a	30	09:33:35	09:34:12	09:36:23	09:41:23	-	00:07:48	30	4	50	02:48	0.89	150	158	30	OK	OK	-	-	-	5	-	Nethoepel vervangen tiltmeters vergeten	
08/02/2022	M9J-01-P-b	30	10:48:37	10:49:48	10:51:59	10:57:00	-	00:08:23	30	4	50	03:22	0.74	150	158	30	OK	OK	0.7	11.8	0.53	7	-	Switch Blokje stuk en vervangen.	
08/02/2022	M9J-03-P	31	12:40:00	12:40:46	12:42:58	12:47:58	-	00:07:58	31	4	50	02:58	0.87	155	158	30	OK	OK	1.5	11	12.93	10	-		
08/02/2022	M9J-12-P	32	13:28:29	13:29:12	13:31:54	13:37:00	-	00:08:31	32	4	50	03:25	0.78	160	159	31	OK	OK	0.5	11	-	10	-		
08/02/2022	M9J-21-R	26	15:30:35	15:31:41	15:33:08	15:38:00	-	00:07:25	32	4	50	02:33	0.85	130	158	22	OK	OK	-	-	-	20	-		
08/02/2022	M9J-22-R	28	15:57:38	15:58:15	16:00:19	16:05:20	16:10:31	00:07:42	28	4	50	02:41	0.87	140	157	26	OK	OK	1.5	10.5	-	70	-		
08/02/2022	M9J-23-R	26	16:35:45	16:36:21	16:38:19	16:43:20	16:50:17	00:07:35	26	4	50	02:34	0.84	130	157	25	OK	OK	1.5	11	-	10	100		
09/02/2022	M9J-20-R	26	07:36:33	07:37:05	07:38:51	07:43:50	07:51:26	00:07:17	26	4	50	02:18	0.94	130	158	28	OK	OK	2	11	-	5	220		
09/02/2022	M9J-19-R	25	08:10:25	08:10:55	08:12:39	08:17:39	08:23:17	00:07:14	25	4	50	02:14	0.93	125	159	31	OK	OK	0.7	11	-	7	-		
09/02/2022	M9J-17-R	25	08:46:00	08:46:30	08:48:26	08:53:26	09:00:36	00:07:26	25	4	50	02:26	0.86	125	159	31	OK	OK	0.7	10.6	-	5	-		
09/02/2022	M9J-02-P	30	09:55:00	09:56:02	09:58:17	10:03:20	10:09:23	00:08:20	30	4	50	03:17	0.76	150	157	29	OK	OK	1.5	10.5	-	5	-		
09/02/2022	M9J-09-P	30	10:34:15	10:34:47	10:37:11	10:42:11	10:47:49	00:07:56	30	4	50	02:56	0.85	150	159	30	OK	OK	0.6	11	-	10	-		
09/02/2022	M9J-07-P	30	12:19:51	12:20:23	12:22:45	12:22:45	12:35:00	00:02:54	30	4	50	02:54	0.86	150	157	27	OK	OK	1.2	11	12.86	10	-	noordzeekrab	
09/02/2022	M9J-04-P	30	12:53:45	12:54:30	12:56:45	13:01:45	13:11:23	00:08:00	30	4	50	03:00	0.83	150	157	29	OK	OK	1.1	11	12.84	240	-	Grijze schelpen, kokkels met klei, oude wadbodem. Lier en Aframe hebben moeite	
09/02/2022	M9J-05-P	30	13:33:50	13:34:27	13:36:43	13:41:43	-	00:07:53	30	4	50	02:53	0.87	150	158	30	OK	OK	1.2	11	-	10	-		
09/02/2022	M9J-24-R	26	14:42:48	14:43:35	14:45:28	14:50:28	14:56:41	00:07:40	26	4	50	02:40	0.81	130	158	30	OK	OK	1.2	11	12.83	5	-		
09/02/2022	M9J-14-R	26	15:10:30	15:11:13	15:13:15	15:18:56	-	00:08:26	26	4	50	02:45	0.79	130	158	27	OK	OK	1.1	10	-	7	110		
10/02/2022	Q5HJ2-15-R	25	08:39:39	08:40:03	08:41:50	08:46:50	08:54:22	00:07:11	25	4	50	02:11	0.95	125	158	30	OK	OK	1.5	11	12.84	10	220	flessen gevuld	

Appendix III; Schaafdetails																									
Date (dd/mm/yyyy)	Stationnr	Water depth uncorrected	strt vieren UTC hh:mm:ss	Schaaf bodem UTC hh:mm:ss	stop vieren UTC hh:mm:ss	strt halen UTC hh:mm:ss	End UTC hh:mm:ss	Duration hh:mm:ss	Waterdepth	Pre-run set.	fished distance	T-vieren calculation	V-vieren calculation	Cable Length	SB counter	BB counter	Happertje	Plaatje	Buffer	Zuiger	Reducer	Batterij	Volume catch (L)	Duikfles (bar)	Comment
10/02/2022	Q5HJ2-16-R	25	09:36:12	09:36:51	09:38:38	09:43:38	09:50:35	00:07:26	25	4	50	02:26	0.86	125	158	30	OK	OK	1.2	10.8		-	15	-	
10/02/2022	Q5HJ2-17-R	25	10:07:28	10:08:04	10:10:00	10:15:00	10:21:43	00:07:32	25	4	50	02:32	0.82	125	159	30	OK	OK	?	10.8		-	20	-	
10/02/2022	Q5HJ2-23-R	25	10:35:55	10:36:39	10:38:27	10:43:27	10:48:55	00:07:32	25	4	50	02:32	0.82	125	158	30	OK	OK	1.1	11		12.78	10	-	
10/02/2022	Q5HJ2-02-P	28	12:31:42	12:32:17	12:34:33	12:39:33	12:48:17	00:07:51	28	4	50	02:51	0.82	140	158	26	OK	OK	1.4	10.5		-	-	-	Aframe beweegt no foto
10/02/2022	Q5HJ2-01-P	28	13:11:16	13:11:58	13:14:03	13:20:00	13:27:03	00:08:44	28	4	50	02:47	0.84	140	157	28	NO	OK	1.3	10.7		-	7	-	
10/02/2022	Q5HJ2-05-P	28	14:38:50	14:39:38	14:41:58	14:47:00	14:53:27	00:08:10	28	4	50	03:08	0.74	140	158	27	NO	OK	0.7	11		-	15	-	
10/02/2022	Q5HJ2-06-P	28	15:26:38	15:27:21	15:29:30	15:34:30	15:41:19	00:07:52	28	4	50	02:52	0.81	140	158	29	OK	OK	1.1	10.7		-	20	-	
10/02/2022	Q5HJ2-12-P	27	16:19:58	16:20:39	16:22:43	16:27:43	16:34:21	00:07:45	27	4	50	02:45	0.82	135	157	26	NO	OK	1.1	10.5		-	20	-	
10/02/2022	Q5HJ2-04-P	27	16:59:13	17:00:04	17:02:10	17:07:10	17:13:15	00:07:57	27	4	50	02:57	0.76	135	156	23	OK	OK	1.1	10.1		-	30	220	flessen gevuld
11/02/2022	Q5HJ2-22-R	24	15:31:10	15:31:45	15:33:29	15:38:00	15:44:09	00:06:50	24	4	50	02:19	0.86	120	158	28	OK	OK	0.8	11		-	5	-	
11/02/2022	Q5HJ2-20-R	24	16:01:49	16:02:26	16:04:07	16:09:07	16:14:14	00:07:18	24	4	50	02:18	0.87	120	159	27	OK	OK	0.6	11.2		-	5	-	
11/02/2022	Q5HJ2-21-R	25	16:32:38	16:33:10	16:35:00	16:40:00	16:46:03	00:07:22	25	4	50	02:22	0.88	125	158	30	OK	OK?	0.7	12		-	5	-	
11/02/2022	Q5HJ2-14-R	25	17:32:46	17:33:18	17:35:07	17:40:07	17:46:21	00:07:21	25	4	50	02:21	0.89	125	158	30	NO	OK	0.9	8.5		12.68	8	180	flessen niet gevuld, Batterij geladen
12/02/2022	Q5HJ2-03-P	28	08:07:46	08:08:19	08:10:24	08:15:24	-	00:07:38	28	4	50	02:38	0.89	140	157	27	OK	NO	0.7	11.7		-	30	220	
12/02/2022	Q5HJ2-11-P	28	08:42:49	08:43:18	08:45:30	08:50:30	08:56:27	00:07:41	28	4	50	02:41	0.87	140	159	28	OK	NO	0.7	12		-	20	-	
12/02/2022	Q5HJ2-09-P	25	09:38:00	09:38:26	09:40:21	09:45:21	09:50:45	00:07:21	25	4	50	02:21	0.89	125	158	28	OK	NO	0.9	10.7		-	20	-	Neuring lijn rondom net. opnieuw naar buiten en alles naar achter gespoeld
12/02/2022	Q5HJ2-10-P	25	10:24:08	10:24:40	10:26:30	10:31:30	10:58:20	00:07:22	25	4	50	02:22	0.88	125	157	28	OK	NO	0.8	10.9		-	30	-	plaatje wel opgepikt maar los gevallen. hing buiten houder.
12/02/2022	Q5HJ2-24-R	25	12:19:55	12:20:35	12:22:17	12:27:17	-	00:07:22	25	4	50	02:22	0.88	125	158	30	OK	NO	0.8	10.7		-	5	-	plaatje wel opgepikt maar los gevallen. hing buiten houder.
12/02/2022	Q5HJ2-18-R	25	13:07:23	13:08:02	13:09:47	13:14:47	13:20:10	00:07:24	25	4	50	02:24	0.87	125	157	27	OK	OK	0.8	11		-	10	-	
12/02/2022	Q5HJ2-13-R	25	13:43:55	13:44:30	13:46:26	13:51:26	13:57:10	00:07:31	25	4	50	02:31	0.83	125	157	29	OK	OK	0.7	10.5		-	5	120	Flessen gevuld
13/02/2022	Q16H-11-P	27	07:46:26	07:46:50	07:49:00	07:54:00	07:59:59	00:07:34	27	4	50	02:34	0.88	135	157	30	OK	OK	0.8	9.8		-	80	220	
13/02/2022	Q16H-04-P	26	08:25:22	08:25:56	08:27:55	08:32:55	08:39:45	00:07:33	26	4	50	02:33	0.85	130	158	31	OK	OK	0.8	11.3		-	90	-	
13/02/2022	Q16H-08-P	27	09:03:46	09:04:16	09:06:30	09:11:30	09:20:40	00:07:44	27	4	50	02:44	0.82	135	156	28	OK	NO	0.9	9.8		-	70	-	

Appendix III; Schaafdetails																									
Date (dd/mm/yyyy)	Stationnr	Water depth uncorrected	strt vieren UTC hh:mm:ss	Schaaf bodem UTC hh:mm:ss	stop vieren UTC hh:mm:ss	strt halen UTC hh:mm:ss	End UTC hh:mm:ss	Duration hh:mm:ss	Waterdepth	Pre-run set.	fished distance	T-vieren calculation	V-vieren calculation	Cable Length	SB counter	BB counter	Happertje	Plaatje	Buffer	Zuiger	Reducer	Batterij	Volume catch (L)	Duikfles (bar)	Comment
13/02/2022	Q16H-10-P	27	09:46:46	09:47:31	09:49:38	09:54:38	-	00:07:52	27	4	50	02:52	0.78	135	155	30	OK	NO	0.5	10.4	-	-	90	-	
13/02/2022	Q16H-22-R	24	10:34:46	10:35:09	10:36:50	10:41:50	10:47:10	00:07:04	24	4	50	02:04	0.97	120	158	28	OK	OK	0.8	10.4	-	-	20	-	
13/02/2022	Q16H-23-R	24	11:04:42	11:05:24	11:07:11	11:12:11	11:19:10	00:07:29	24	4	50	02:29	0.81	120	158	29	OK	OK	0.7	10	-	-	40	160	
14/02/2022	Q16H-01-P	23?	13:41:13	13:41:36	13:42:55	13:47:55	13:53:42	00:06:42	23	4	50	01:42	0.93	95	155	29	OK	NO	0.7	10.5	-	-	60	-	veel prut uit vangst gespoeld
14/02/2022	Q16H-02-P	25	14:20:47	14:21:26	14:23:17	14:28:17	14:34:01	00:07:30	25	4	50	02:30	0.83	125	156	30	NO	NO	NA	10.5	-	-	120	-	veel prut met spoelen, monocorer ipv sedhapper. 6 lagen gemonsterd. 0-3.5-7-10.5-14-17.5-21cm
14/02/2022	Q16H-05-P	27	15:18:18	15:18:52	15:20:49	15:25:49	15:50:00	00:07:31	27	4	50	02:31	0.89	135	154	28	OK	OK	1.2	10.5	-	-	40	-	
15/02/2022	Q5JP-01-P	25	07:33:35	07:34:06	07:35:56	07:41:00	07:46:52	00:07:25	25	4	50	02:21	0.89	125	158	27	NO	OK	1.1	10	-	-	10	-	
15/02/2022	Q5JP-05-P	27	08:33:00	08:33:56	08:35:34	08:40:34	08:47:08	00:07:34	27	4	50	02:34	0.88	135	157	22	OK	OK	1.4	11	-	-	15	-	
15/02/2022	Q5JP-06-P	27	09:07:02	09:07:41	09:09:40	09:14:40	09:22:40	00:07:38	27	4	50	02:38	0.85	135	157	22	OK	OK	1.2	10.5	-	-	30	-	
15/02/2022	Q5JP-17-R	24	10:03:38	10:04:04	10:05:46	10:10:46	10:16:42	00:07:08	24	4	50	02:08	0.94	120	157	27	OK	OK	1.1	10.7	-	-	5	-	
15/02/2022	Q5JP-22-R	24	10:32:43	10:33:05	10:34:51	10:39:51	10:45:14	00:07:08	24	4	50	02:08	0.94	120	157	NA	OK	OK	1.1	11	-	-	7	-	
15/02/2022	Q5JP-13-R	23	12:33:31	12:33:56	12:35:44	12:40:44	12:45:50	00:07:13	23	4	50	02:13	0.86	115	157	23	OK	OK	1.1	11	-	-	7	-	sedimentpotje half vol
15/02/2022	Q5JP-14-R	26	13:21:24	13:21:50	13:23:54	13:29:00	13:34	00:07:36	26	4	50	02:30	0.87	130	157	23	OK	OK	1.1	10.5	-	-	15	-	
15/02/2022	Q5JP-11-P	28	14:18:17	14:19:02	14:20:54	14:26:00	14:30:20	00:07:43	28	4	50	02:37	0.89	140	156	26	OK	OK	1.2	10	-	-	20	-	plaatje losgeschoten
15/02/2022	Q5JP-07-P	28	14:58:52	14:59:31	15:01:55	15:07:00	15:20:34	00:08:08	28	4	50	03:03	0.77	140	156	19	OK	OK	1.2	11.2	-	-	15	-	laag bakboordwiel
16/02/2022	Q5JP-23-R	24	06:13:11	06:13:38	06:15:20	06:20:00	-	00:06:49	24	4	50	02:09	0.96	124	157	26	OK	OK	1	10	-	-	3	-	
16/02/2022	Q5JP-19-R	25	07:04:47	07:05:09	07:07:03	07:12:00	07:17:07	00:07:13	25	4	50	02:16	0.92	125	156	26	OK	OK	1.2	11.2	-	-	10	-	
16/02/2022	Q5JP-03-P	27	07:30:04	07:30:56	07:32:55	07:37:55	07:46:40	00:07:51	27	4	50	02:51	0.79	135	157	27	OK	OK	1	11	-	-	10	-	
16/02/2022	Q5JP-04-P	27	08:02:26	08:02:50	08:05:12	08:10:12	08:16:50	00:07:46	27	4	50	02:46	0.81	135	159	28	OK	OK	1.2	11.8	-	-	15	-	
16/02/2022	Q5JP-12-P	28	08:33:06	08:33:28	08:35:44	08:40:45	-	00:07:39	28	4	50	02:38	0.89	140	155	25	OK	OK	1.1	10.9	-	-	20	-	
16/02/2022	Q5JP-15-R	24	09:13:38	09:14:12	09:14:55	09:19:55	-	00:06:17	24	4	50	01:17	1.62	125	158	26	OK	OK	1.1	11	-	-	15	-	
16/02/2022	Q5JP-20-R	23	09:54:52	09:55:30	09:57:12	10:02:12	10:09:29	00:07:20	23	4	50	02:20	0.82	115	157	24	OK	OK	1.1	11.1	-	-	25	-	
28/03/2022	Q16H-20-R	22	14:24:33	14:24:57	14:26:38	14:31:08	14:36:50	00:06:35	22	4	50	02:05	0.88	110	158	27	OK	OK	0.9	9	-	-	20	-	

Appendix III; Schaafdetails																									
Date (dd/mm/yyyy)	Stationnr	Water depth uncorrected	strt vieren UTC hh:mm:ss	Schaaf bodem UTC hh:mm:ss	stop vieren UTC hh:mm:ss	strt halen UTC hh:mm:ss	End UTC hh:mm:ss	Duration hh:mm:ss	Waterdepth	Pre-run set.	fished distance	T-vieren calculation	V-vieren calculation	Cable Length	SB counter	BB counter	Happertje	Plaatje	Buffer	Zuiger	Reduceer	Batterij	Volume catch (L)	Duikfles (bar)	Comment
28/03/2022	Q16H-07-P	26	15:00:23	15:00:51	15:02:50	15:02:50	15:07:50	00:02:27	26	4	50	02:27	0.88	130	159	31	OK	OK	0.6	10		-	80	-	
28/03/2022	Q16H-13-R	22	15:32:51	15:33:16	15:34:55	15:39:55	15:45:40	00:07:04	22	4	50	02:04	0.89	110	156	28	OK	NO	0.7	10		-	50	-	
28/03/2022	Q16H-19-R-2e	22	16:37:00	16:37:25	16:39:00	16:44:00	16:50:40	00:07:00	22	4	50	02:00	0.92	110	156	30	OK	NO	0.6	10.5		-	90	150	
29/03/2022	Q16H-14-R	22	06:08:55	06:09:17	06:10:55	06:15:55	06:23:00	00:07:00	22	4	50	02:00	0.92	110	156	28	OK	OK	0.8	9		-	180	-	
29/03/2022	Q16H-10-p-2e	26	06:46:02	06:46:44	06:48:33	06:53:33	07:00:30	00:07:31	26	4	50	02:31	0.86	130	157	17	OK	NO	0.8	10		-	60	-	

Het Koninklijk Nederlands Instituut voor Onderzoek der Zee, doet als nationaal oceanografisch onderzoeksinstituut multidisciplinair fundamenteel zeegaand onderzoek naar wetenschappelijk en maatschappelijk belangrijke vraagstukken over het functioneren van delta- en kustgebieden, zeeën en oceanen. Daarnaast beheert het NIOZ de nationale onderzoeksschepen en de apparatuur voor de Nederlandse onderzoeksgemeenschap. Ook stimuleert en ondersteunt het NIOZ het mariene onderzoek, onderwijs en beleidsontwikkeling op nationaal en internationaal niveau.

NIOZ is onderdeel van de institutenorganisatie van NWO



www.nioz.nl

