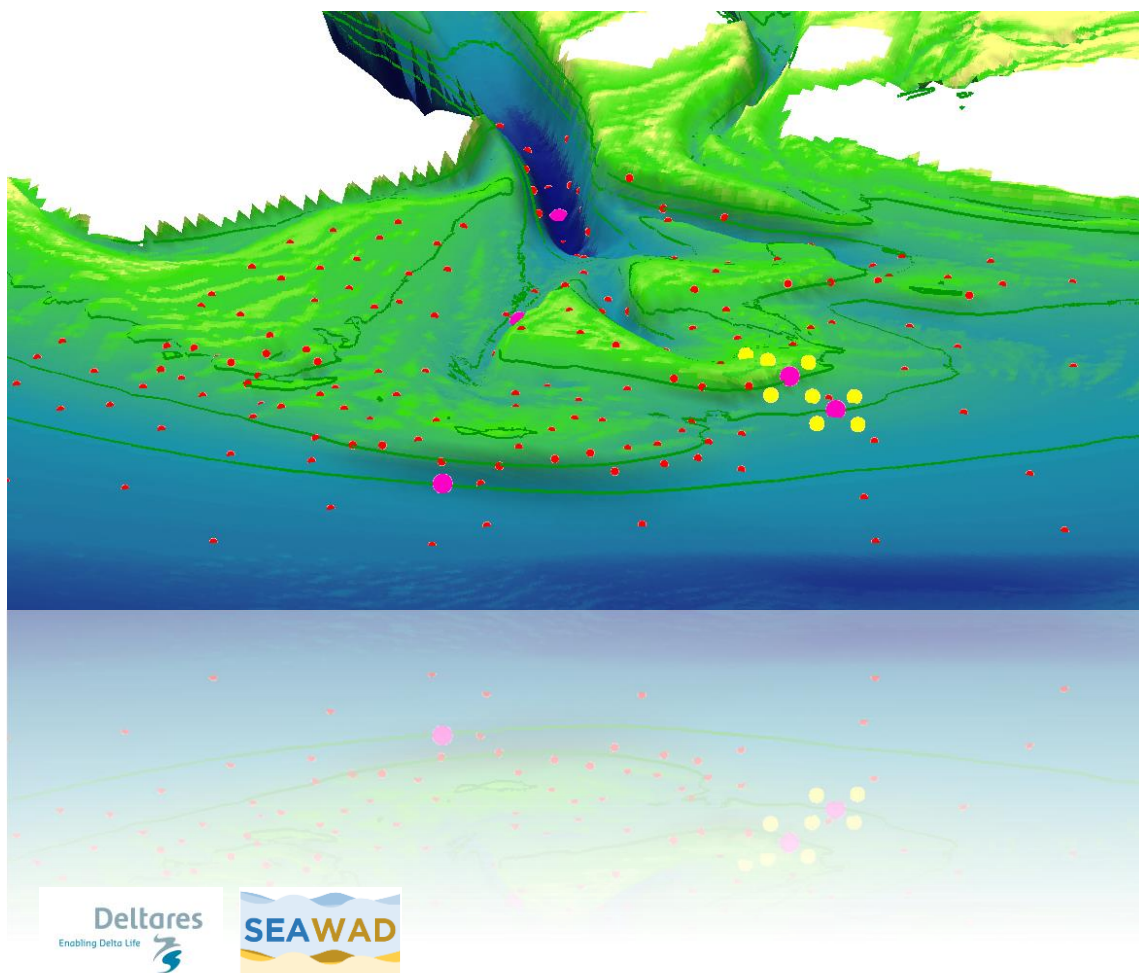


MEETLOCATIES BENTHOS

BEMONSTERING VAN DE BUITENDELTA VAN AMELAND IN
SEPTEMBER 2017 VOORAFGAAND AAN DE PROEFSUPPLETIE

H. Holzhauer
1-9-2017



COLOFON

UNIVERSITEIT TWENTE
Engineering Technology, WEM

DATUM
1-9-2017

VERSIE
1.1

STATUS
Definitief

PROJECT
Buitendelta pilot Ameland

AUTEUR(S)
H.Holzhauer

E-MAIL
H.holzhauer@utwente.nl

POSTADRES
Postbus 217
7500 AE Enschede

WEBSITE
www.utwente.nl

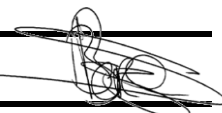
OPDRACHTGEVER
Rijkswaterstaat

TREFWOORDEN
20170908 Meetlocaties Benthos.docx

COPYRIGHT
© Universiteit Twente, Nederland.

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enigerlei wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of op enige andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de Universiteit Twente.

DOCUMENTBEHEER

VERSIE	DATUM	AUTERUR(S)	WIJZIGING	GOEDGEGEKEURD NAAM
1.0	28-8-2017	H.Holzauer	Initieel document	
1.1	1-9-2017	H.Holzauer	Definitief document	Bas Borsje 

Distributie

NAAM	FUNCTIE	ORGANISATIE
Cor Schipper	Projectleider Buitendelta pilot Ameland	Rijkswaterstaat WVL
Bart Grasmeijer	Projectleider Kustgenese II	Deltares

INHOUDSOPGAVE

Documentbeheer	3
1 Inleiding	5
1.1 Suppletiestrategie en -onderzoek	5
1.2 KUSTGENESE2.0	5
1.2.1 Buitendelta's	5
1.2.2 Pilot zandsuppletie op de buitendelta van Ameland	6
1.3 Gebruik resultaten T0-bemonstering	7
2 Habitats buitendelta	8
2.1 Waarom habitats?	8
2.2 Beschikbare gegevens	8
2.3 Aanpak groeperingsanalyse	10
2.4 Basis habitats	11
2.5 Habitat verfijning	12
3 Monsterlocaties	13
3.1 Naar de uitvoering	15
4 Literatuur	19

1 INLEIDING

1.1 Suppletiestrategie en -onderzoek

In het kader van kustveiligheid worden er door Rijkswaterstaat sinds 1990 jaarlijks verschillende zandsuppleties langs de kust uitgevoerd. Met behulp van de zandsuppleties wordt de kustlijnligging van 1990 zo reëel mogelijk in stand gehouden, deze strategie wordt: "Dynamisch handhaven" genoemd en is voor het eerst vastgelegd in de eerste kustnota "*Kustverdediging na 1990*" (Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 1990). Om in de toekomst ook op een goede en verantwoorde wijze de kustveiligheid te waarborgen wordt de suppletiestrategie steeds verder ontwikkeld en aangepast wanneer nodig. Zo werd in 1995 in de tweede kustnota, "*Kustbalans 1995*, de ingeslagen weg van dynamisch kustbeheer aangevuld met het doel om ook de zandverliezen in de diepere kustzone aan te vullen (Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 1996). Het onderzoeksprogramma Kustgenese (1986-1995) vormde hiervoor de grondslag (RIKZ, 1990). In 2001 werd de strategie wederom beoordeeld en besloten om het gehele kuststelsel mee te laten groeien met de zeespiegelstijging. Hiervoor werd de hoeveelheid te suppleren zand verdubbeld. Daarnaast werd het zand nu niet meer voornamelijk op het strand aangebracht maar zoveel mogelijk onderwater. Op deze manier kon er goedkoper en met grotere hoeveelheden zand gewerkt worden waarbij er meer gebruik gemaakt werd van het natuurlijke systeem van zandtransport langs de kust onder invloed van de stroming. De benodigde kennis voor deze aanpassing werd verkregen binnen het onderzoeksprogramma KUST2000 (1996-2000) (Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 2001). Het programma KUST2000 werd opgevolgd door het programma KUST2005, waarin voornamelijk concrete vragen en problemen vanuit beleids- en beheerinstanties centraal stonden (RIKZ, 2005). Daarna is het beheer en onderzoek in het kader van kustveiligheid ondergebracht in het huidige programma kustlijnverzorging.

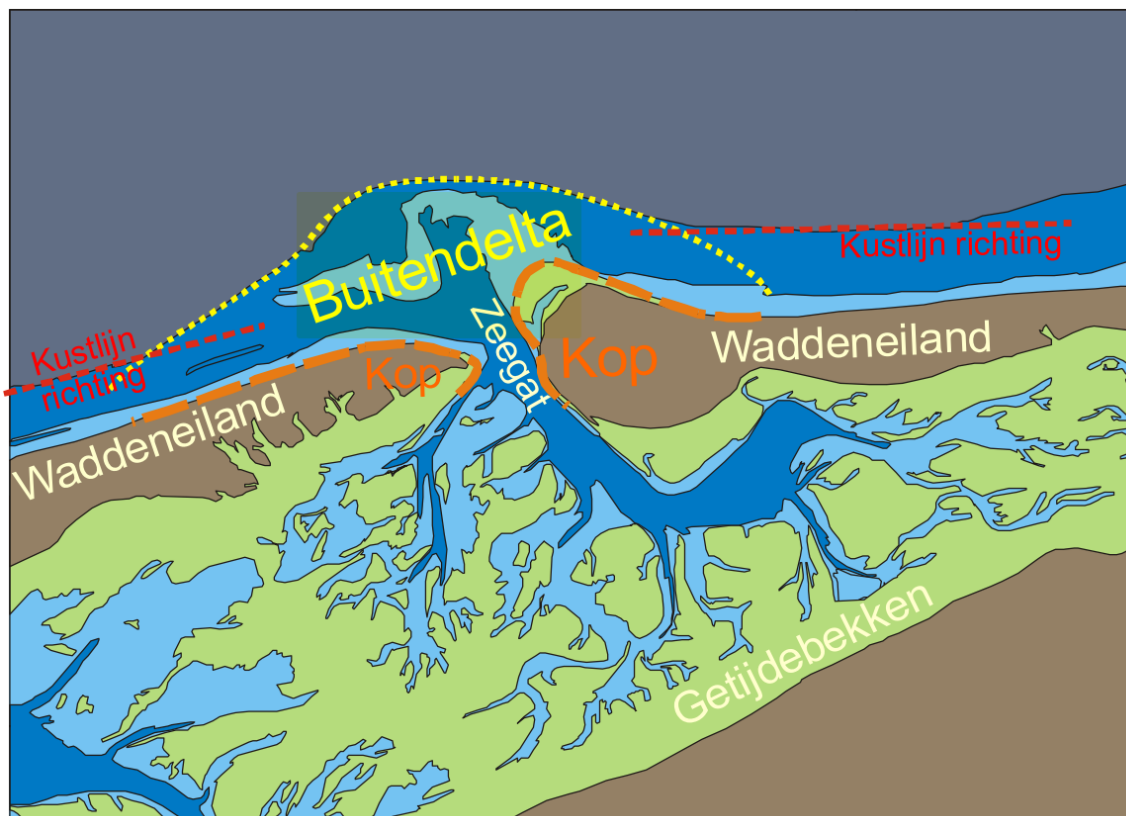
1.2 KUSTGENESE2.0

Anno 2017 is het de doelstelling van het Ministerie van Infrastructuur en Milieu om in 2020 opnieuw de suppletiestrategie tegen het licht te houden om te zien of er grote wijzigingen noodzakelijk zijn. Vooral de inbedding van de gestelde doelen voor natuurbehoud en natuurontwikkeling samen met de veiligheidsopgave is van belang. Om een weloverwogen beslissing te maken is aanvullend op het kustlijnprogramma het programma KUSTGENESE2.0 opgezet. De naam refereert aan het kustgenese programma uit de jaren 90 welke de basis vormde voor de suppletiestrategie van nu. In het kader van het KUSTGENESE2.0 programma wordt onderzocht of de hoeveelheid en locatie van het te suppleren zand anders moet dan nu gebruikelijk is. De buitendelta wordt gezien als een mogelijke nieuwe locatie om zand te suppleren.

1.2.1 Buitendelta's

Een buitendelta is de zandige ondiepte voor een zeegat. Een buitendelta wordt gekenmerkt door een getijdensysteem met geulen, ondieptes en platen die soms droogvallen. Onder invloed van voornamelijk windgedreven golven en het getij wordt het sediment verplaatst wat maakt dat de geulen, ondieptes en platen ontstaan (de Swart and Zimmerman, 2009). In Nederland bevinden zich buitendelta's tussen de waddeneilanden waarbij ze net ten noorden van de zeegaten liggen. Ook kan de voordelta gezien worden als een grote buitendelta waar de verschillende zeearmen op uitkomen. De geulen, ondieptes en platen op de buitendelta van Ameland zijn dynamisch, zowel de locatie als de hoogte verandert in de loop van de tijd (Cleveringa et al., 2004). Afhankelijk van het getij stroomt het in sommige geulen harder tijdens eb of vloed. Via het zeegat wordt er zand en slib uitgewisseld met het achterliggende bekken. Door stroomsnelheidsverschillen veroorzaakt door een combinatie van het botsen van de getijstroming

door het zeegat met de stroming langs het zeegat vindt er net buiten het zeegat sedimentatie plaats. Deze ophoping van zand voor het zeegat noemen we vervolgens de buitendelta.



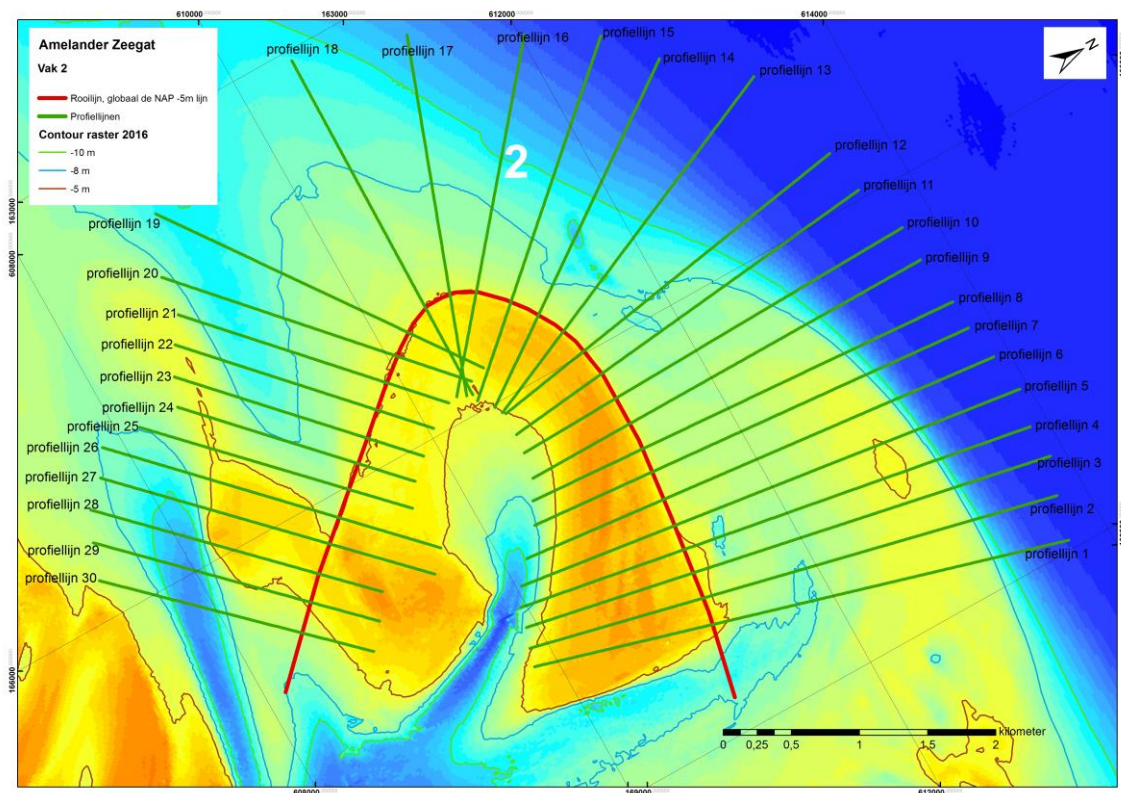
FIGUUR 1 SCHEMATISCHE VOORSTELLING VAN EEN BUITENDELTA EN AANGERENZENDE EILANDKOPPEN, MET DE KENMERKENDE MORFOLOGISCHE ELEMENTEN (CLEVERINGA ET AL., 2004)

1.2.2 Pilot zandsuppletie op de buitendelta van Ameland

Een van de doelen van KUSTGENESE2.0 is om te onderzoeken of de buitendelta van Ameland een locatie is waar een zandsuppletie neergelegd zou kunnen worden en of dit een gunstige uitwerking heeft op de kustveiligheid maar ook op de natuur. Vooral van de natuur op de buitendelta is nog weinig bekend. Dat de buitendelta wel degelijk een ecologische functie heeft volgt uit het feit dat buitendelta door verschillende dieren gebruikt wordt. Zo rusten er zehonden op de droogvallende platen en maken verschillende vogelsoorten gebruik van de buitendelta als rustplaats en foerageergebied. Met name over de bodemfauna en het voorkomen van vissen op de buitendelta is heel weinig bekend, aangezien de meeste biologische monitoringsprogramma's de buitendelta's overslaan (Cleveringa et al., 2004).

Om effecten een zandsuppletie op de buitendelta te kunnen beoordelen en de gevolgen hiervan op de instandhoudingsdoelstellingen voor de Noordzeekustzone te kunnen bepalen is kennis van het ecologische en morfologische systeem nodig. Deze kennis is echter beperkt. Er is immers nog nooit een suppletie op een buitendelta aangelegd. Daarnaast zijn er ook weinig tot geen meetgegevens beschikbaar van de sedimentsamenstelling, de stromingen in de geulen en op de platen, de aanwezige bodemdieren en vissen op de buitendelta. Daarom is ervoor gekozen om in 2018/2019 een pilot zandsuppletie aan te brengen. Hierbij wordt ongeveer 5 tot 6 miljoen m³ zand tussen de -5 en -8 meter aangebracht (Figuur 2). Voorafgaand aan het aanbrengen van het zand in zullen er in 2017 verschillende metingen worden verricht. De

onderbouwing van de verschillende metingen is vastgelegd in een meetplan (Grasmeijer et al., 2017).



FIGUUR 2 EERSTE SCHETS VAN DE GEPLANDE LOCATIE VOOR DE PROEFSUPPLETIE OP DE BUITENDELTA VAN AMELAND GEPLAND IN 2018 (MET DANK AAN RIJKSWATERSTAAT)

Een van de T0-metingen is een opname van de aanwezige bodemdieren. Bodemdieren vormen immers een belangrijke schakel in de voedselketen als prooi voor verschillende vissen vogelsoorten. Het doel van deze opname is:

- Het beschrijven van de gemeenschappen die aanwezig zijn op de buitendelta
- Inzicht krijgen of er sprake is van een ruimtelijke verdeling van bodemdieren over de buitendelta
- De basis leggen voor een effect vergelijking na aanleg van de suppletie in 2018

Tijdens de T0-bodemdierbemonstering worden er 166 monster genomen. Deze monsters zijn verdeeld over verschillende habitats. Hoe tot deze habitats is gekomen en hoe dit resulteert in het monsterlocaties voor de T0-meting is in de volgende hoofdstukken nader uitgewerkt.

1.3 Gebruik resultaten T0-bemonstering

De resultaten van de T0-bemonstering zullen worden gebuikt door Rijkswaterstaat voor de impact bepaling van de suppletie in 2018 op de buitendelta. Daarnaast worden de gegevens gebruikt binnen het onderzoeksproject SEAWAD. Dit is een onderzoeksproject dat is gekoppeld aan KUSTGENESE2.0 waarin 4 aio's onderzoek doen naar het functioneren van de buitendelta op zowel fysisch als ecologisch gebied. De kennis hiervan zal worden gebruikt voor de eventuele aanpassing van de suppletiestrategie in de toekomst.

2 HABITATS BUITENDELTA

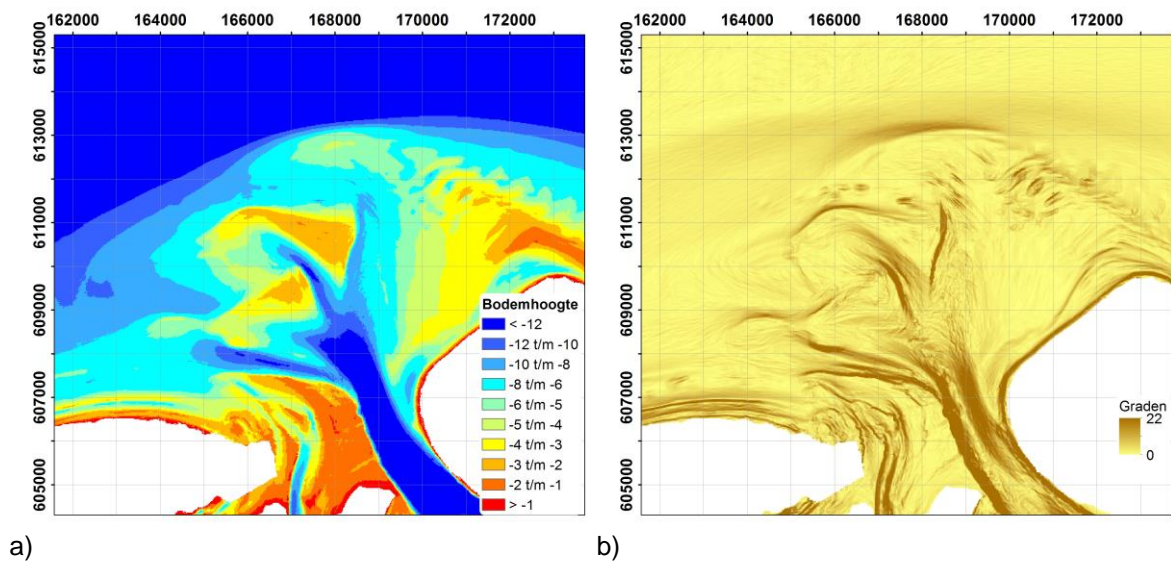
2.1 Waarom habitats?

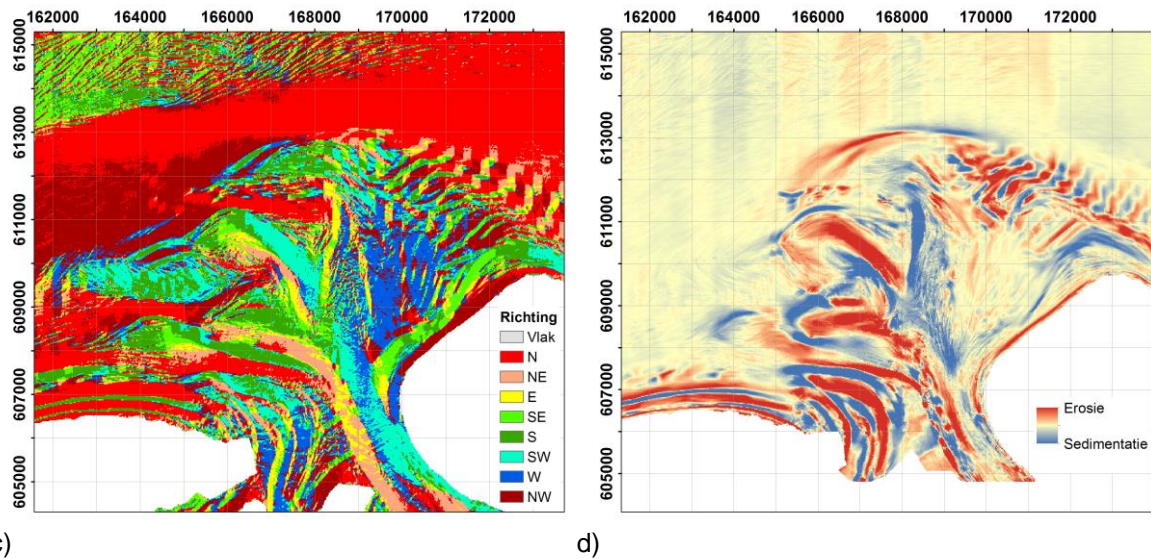
Verschillende studies geven aan dat omgevingsfactoren zoals sedimenteigenschappen, hydrodynamiek, morfologie, waterdiepte, slibgehalte, water temperatuur en geografische ligging, bepalend zijn voor het voorkomen van verschillende bodemdieren (Baptist et al., 2006; de Jong et al., 2015; Heip et al., 1992; Reiss et al., 2010; Van Dijk et al., 2012; van Hoey et al., 2004; Ysebaert and Herman, 2002). Daarnaast is gebleken dat afhankelijk van de ruimtelijke schaal waar op gekeken wordt de meest sturende omgevingsfactoren niet altijd dezelfde zijn. Zo wordt op de schaal van de gehele Noordzee hydrodynamiek en geografische ligging aangegeven als een van de belangrijkste sturende omgevingsfactoren (Künitzer et al., 1992; Reiss et al., 2010). Op regionale of lokale schaal wordt de specifieke morfologie (de Jong et al., 2015; Van Dijk et al., 2012; Ysebaert and Herman, 2002), sedimentsamenstelling (de Jong et al., 2015; Degraer et al., 2008; Heip and Craeymeersch, 1995; Van Dijk et al., 2012; van Hoey et al., 2004; Ysebaert and Herman, 2002), chlorofyll a (Heip et al., 1992; Heip and Craeymeersch, 1995; Ysebaert and Herman, 2002), bodemschuifspanning en zoutgehalte (de Jong et al., 2015) aangewezen als omgevingsfactoren die de bodemsamenstelling het best verklaren.

De buitendelta is een dynamische omgeving bestaande uit geulen, ondieptes en platen die ook nog eens verplaatsen in locatie en hoogte ligging. Dit maakt dat ruimtelijk gezien de buitendelta niet homogeen is en bestaat uit verschillende deelgebieden op habitats met een eigen karakteristiek. De verwachting is dat deze eigen karakteristiek ook zijn weerslag vindt in de aanwezige bodemdieren en/of de samenstelling van bodemdieren op een locatie.

2.2 Beschikbare gegevens

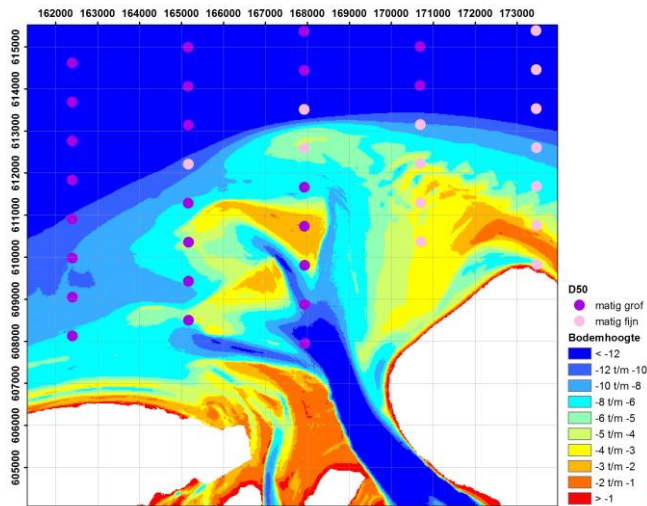
Voor het bepalen hoeveel en waar deelgebieden kunnen worden onderscheiden op de buitendelta ten behoeve van de T0-bemonstering is het gebruik van zo recent mogelijke gegevens van de morfologie, hydrodynamiek en sedimentsamenstelling wenselijk. De morfologie van de buitendelta is met behulp van de bodemhoogte kaarten uit 2016 en 2017 beschreven doormiddel van de bodemhoogte, de helling in graden, de richting van de helling en de sedimentatie en erosie tussen 2016 en 2017 (zie Figuur 3).





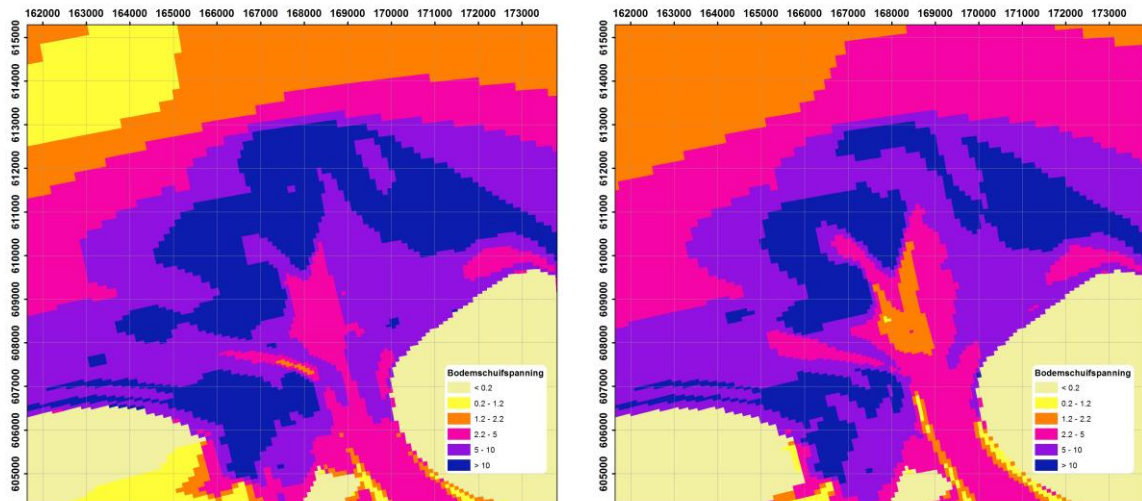
FIGUUR 3 BESCHRIJVING VAN DE MORFOLOGIE VAN DE BUITENDELTA VAN AMELAND AAN DE HAND VAN DE BODEMHOOGTE [M TOV NAP] IN 2017 (A), DE HELLING [GRADEN] IN 2017 (B), DE RICHTING VAN DE HELLING IN 2017 (C), EN SEDIMENTATIE-EROSIE TUSSEN 2016 EN 2017 (D).

Een beeld van de korreldiameter is verkregen uit metingen van de bodemsamenstelling in 2001 uitgevoerd door TNO (Figuur 4). Hieruit blijkt dat in 2001 het gebied zeer zandig was en dat het westelijk deel voornamelijk bestond uit matig grof zand (210 – 300 µm) en het oostelijk deel voornamelijk uit matig fijn zand (150 – 210 µm). De sortering gaf aan dat het sediment op alle locaties goed gesorteerd was. Ondanks dat deze gegevens niet uit 2017 zijn geeft het wel een indicatie van de verdeling van de gemiddelde korreldiameter in het gebied.



FIGUUR 4 GEMIDDELDE KORRELDIAMETER D50 IN 2001, MET DANK AAN STUART PEARSON.

Een beeld van de hydrodynamiek is verkregen aan de hand van een globale berekening van de bodemschuifspanning tijdens eb en vloed in D3D, met dank aan Stuart Pearson. Het betreft geen gekalibreerde modeloutput waardoor de waarden met voorzichtigheid gebruikt moeten worden. Desondanks geeft het een indicatie waar delen met een hogere bodemschuifspanning en delen met een lagere bodemschuifspanning verwacht kunnen worden.



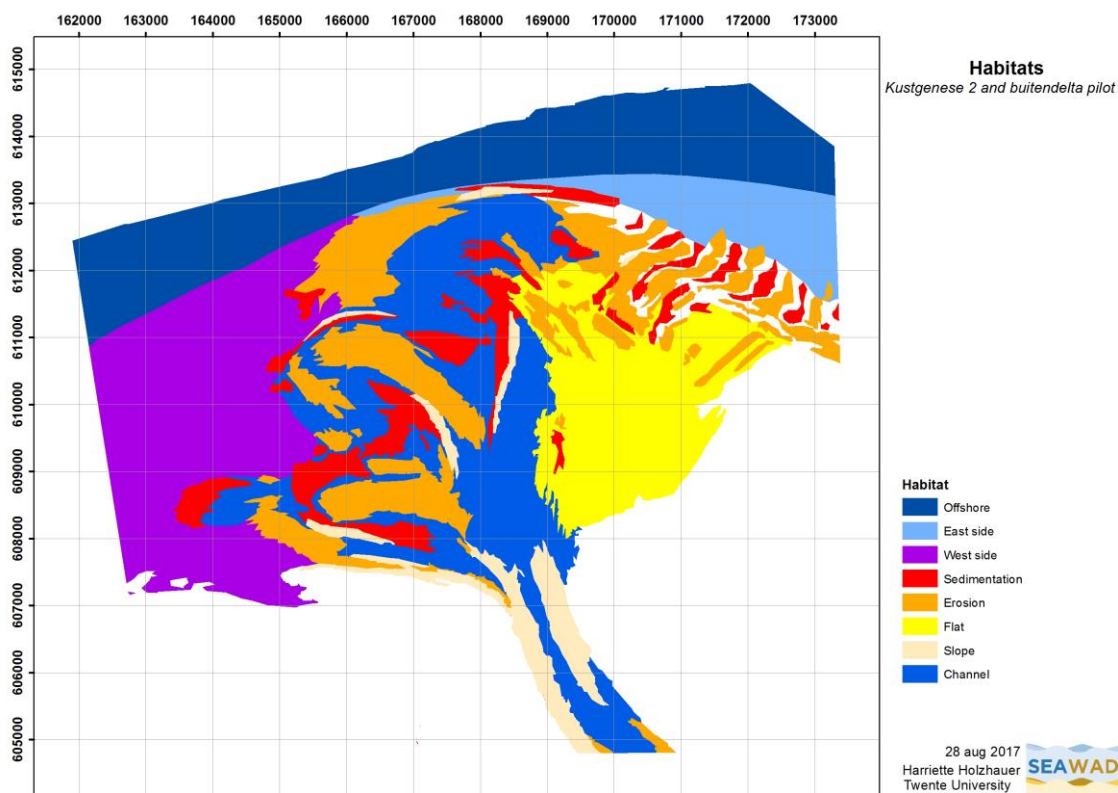
a) b)
 FIGUUR 5 BEELD MAXIMALE BODEMSCHUIFSPANNING TIJDENS EB (A) EN VLOED (B) MET GOLVEN VAN 1,6 M UIT HET NOORDWESTEN OP BASIS VAN EEN GLOBALE NOG NIET GEKALIBREERDE DELDFT3D BEREKENING.

2.3 Aanpak groepeeringsanalyse

Voor de bepaling van de habitats van de buitendelta is een groepsanalyse uitgevoerd met behulp van het pakket ArcGIS 10.4.1. Hierbij is een classificatie procedure toegepast waarbij gezocht wordt naar natuurlijke groepen in de beschikbare data. Een groep wordt gevormd wanneer alle inputparameters in een groep zo gelijk mogelijk zijn waarbij de groepen zelf zo verschillend mogelijk zijn. Er is gebruik gemaakt van een K-Means algoritme zonder ruimtelijke beperkingen. Dit houdt in dat om tot een groep gerekend te kunnen worden de parameters ruimtelijk gezien niet noodzakelijk naast elkaar hoeven te liggen. Het optimale aantal groepen is geanalyseerd volgens de Calinski-Harabasz pseudo F-statistic (Calinski and Harabasz, 1974). Dit is een ratio die de mate van overeenkomst binnen een groep ten opzichte van de mate van overeenkomst tussen de groepen weergeeft. Voor de groepsanalyse is gebruik gemaakt van de inputparameters: helling in 2017, bodemhoogte in 2017, verschil in bodemhoogte tussen 2016 en 2017 en de richting van de helling in 2017. Vervolgens is het beeld van de sedimentsamenstelling en de bodemschuifspanning gebruikt voor een verdere verfijning van de verkregen groepering. Tot slot is het resultaat bewerkt om te komen tot eenduidige habitats.

2.4 Basis habitats

Na de groeperingsberekening aan de hand van de vier input parameters zijn er 8 verschillende habitats onderscheiden. Goed om te realiseren is dat, zoals beschreven in de aanpak, de combinatie van inputparameters het habitat bepaald. Dit houdt in dat er per input parameter geen vaste klassegrens is gehanteerd. De combinatie van de waarden van de vier inputparameters samen maakt dat het habitat onderscheidend is.



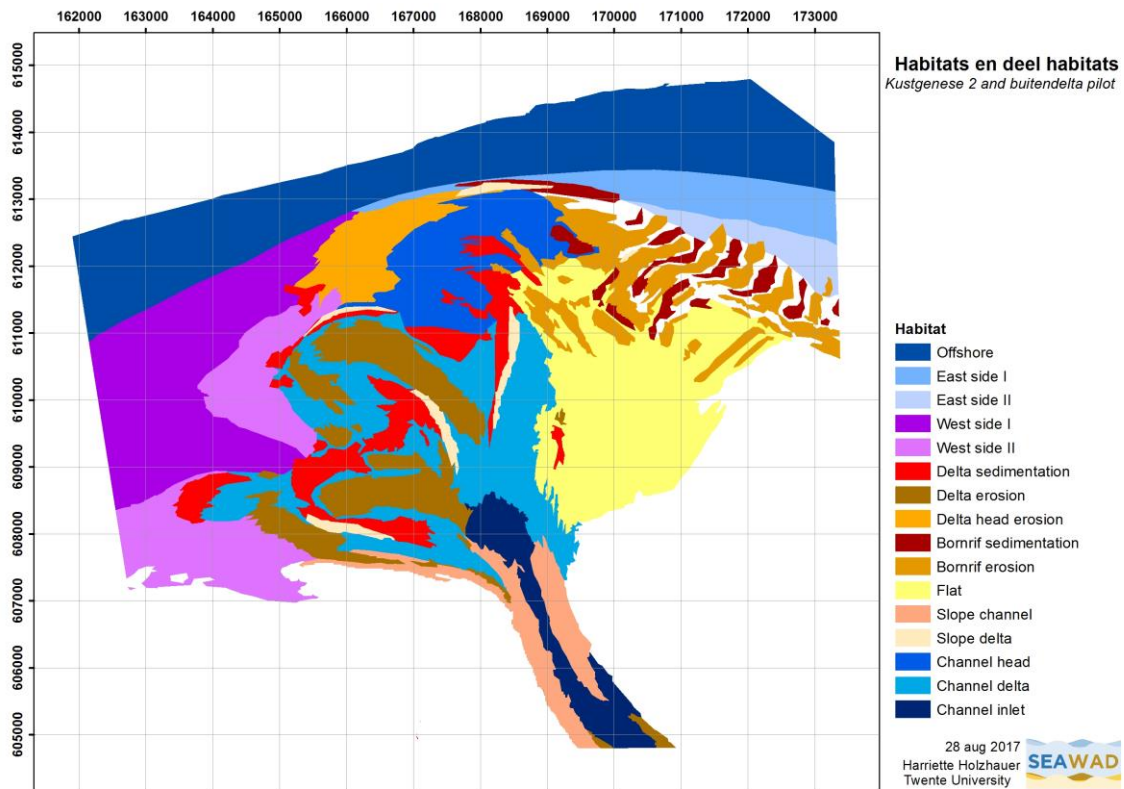
FIGUUR 6 HABITATS VAN DE BUITENDELTA BEPAALD AAN DE HAND VAN BODEMHOOGTE, HELLING, HELLINGSRICHTING EN SEDIMENTATIE-EROSIE.

Op basis van de groeperingsanalyse kunnen de volgende gebieden worden onderscheiden:

Habitat	Omschrijving
Offshore	De overgang naar het offshore gedeelte
East side	Gebied met lichte helling en een waterdiepte vanaf 5 m NAP aan de oostkant van de buitendelta
West side	Gebied met lichte helling en een waterdiepte vanaf 5 m NAP aan de westkant van de buitendelta
Sedimentation	Ondiepe gebieden met sedimentatie
Erosion	Ondiepe gebieden met erosie
Flat	Een zeer ondiep vlak gebied
Slope	De helling langs platen en geulen
Channel	De geul

2.5 Habitat verfijning

De habitats zoals weergegeven in Figuur 6 kunnen nog verder verfijnd worden. Zoals beschreven in de aanpak is in de groepeeringsanalyse geen gebruik gemaakt van hydrodynamiek en sedimentsamenstelling. Wanneer we kijken naar het beeld van het sediment (Figuur 4) en de bodemschuifspanning (Figuur 5) is de verwachting dat dit van invloed zal zijn op de habitats. De verwachting is dat dit een verschil veroorzaakt tussen de erosie- en sedimentatiegebieden aan de oostelijke en westelijke kant van de buitendelta. Tevens is de verwachting dat de stroming ook van invloed is op de hellinggebieden waarbij er een verschil zal zijn tussen de hellingen langs de getijde platen en de hellingen langs de grote geul tussen de eilandkoppen. Tot slot is er nog een opdeling gemaakt in de westelijke en oostelijke gebieden op de 8 meter diepte lijn. Deze opdeling is aangehouden omdat de suppletie in het westelijke gebied zal worden aangelegd tussen de -5 en -8 meter diepte lijn. De habitats met hun deelgebieden zijn weergegeven in de onderstaande figuur.



FIGUUR 7 HABITATS EN DEELHABITATS VAN DE BUITENDELTA BEPAALD AAN DE HAND VAN BODEMHOOGTE, HELLING, HELLINGSRICHTING, SEDIMENTATIE-EROSIE EN EEN INSCHATTING VAN HET EFFECT VAN STROMING.

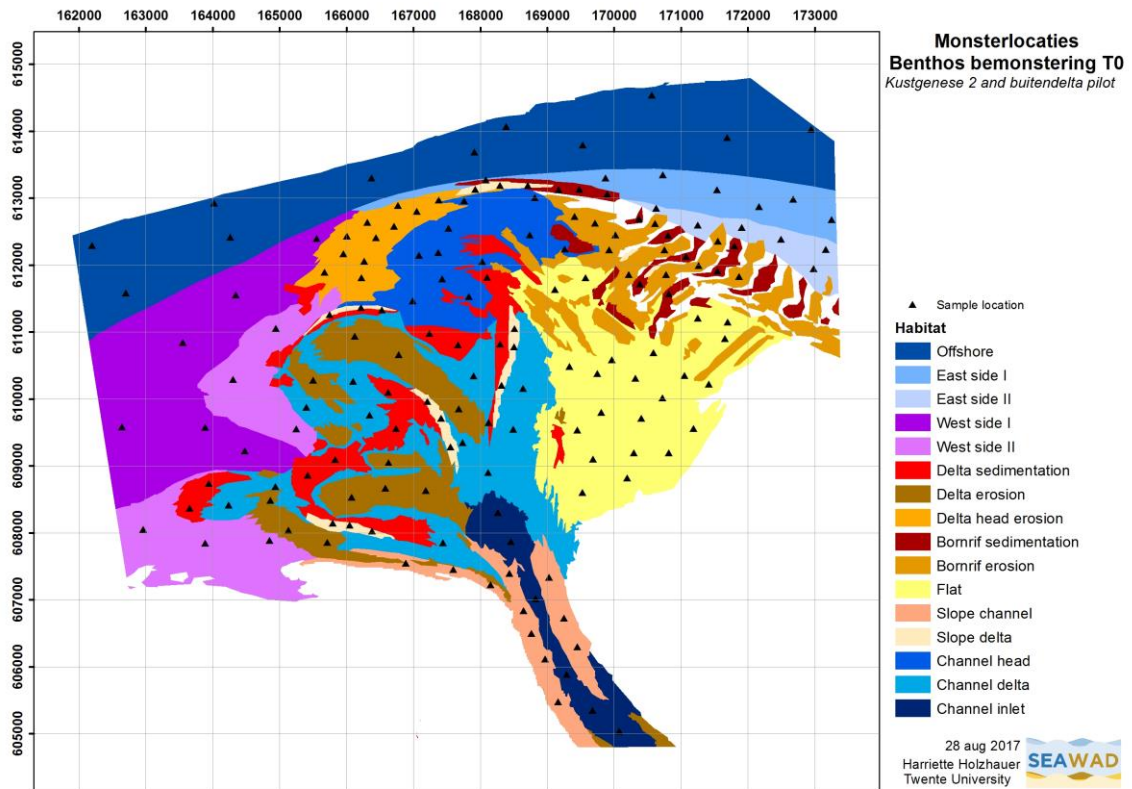
3 MONSTERLOCATIES

Voor elk van de habitats zijn per habitat de monsterlocaties random verdeeld over het habitat. Hierbij worden er steeds 22 samples genomen op de gebieden van de buitendelta (getijde platen met sedimentatie en erosie, de geul, de vlakke en de hellingen). De gebieden er omheen (de overgang naar de diepere kustzone, het westelijke en oostelijke flank van de buitendelta) worden op 6 locaties bemonsterd.

TABEL 1 HABITATS EN DEEL HABITATS MET AANTAL MONSTERLOCATIES

Habitat	Deel habitat	Aantal locaties	Argumentatie
Offshore	Offshore	11	Overgang van de buitendelta naar dieper water.
East side	East side I	6	Lichte helling naar het oosten op 8 meter en dieper
	East side II	6	Lichte helling naar het oosten tussen de 5 en 8 m diepte
West side	West side I	6	Lichte helling naar het westen op 8 meter en dieper
	West side II	6	Lichte helling naar het westen tussen 5 en 8 meter diepte.
Sedimentation	Delta sedimentation	11	Sedimentatie gebied getijde plaat
	Bornrif sedimentation	11	Sedimentatie Bornrif kant
Erosion	Delta erosion	11	Erosie gebied getijde plaat
	Delta head erosion	11	Erosie gebied aan de kop van de buitendelta
	Bornrif erosion	11	Erosie gebied Bornrif kant
Flat	Flat	22	Vlak ondiep gebied waarschijnlijk laagdynamisch
Slope	Channel	11	Zeer steilen en diepe helling langs de rand van de geul tussen de eilandkoppen
	Delta	15	Helling langs de plaatranden
Channel	Head	11	Geul aan de kop van de buitendelta
	Delta	11	Geul over de getijdeplaten
	Inlet	6	Diepe geul tussen de eilandkoppen
		166	Totaal aantal monsters

Een power analyse heeft aangetoond dat het aantal monsters voldoende is om na de suppletie in 2018 met een power van 80% een verschil van 30% te kunnen aantonen (Kater, 2017). Uit deze analyse bleek ook dat 22 monsterpunten in het habitat helling te laag was en dat dit minimaal opgehoogd diende te worden naar 24. Naar aanleiding hiervan zijn er in het habitat helling 4 extra monsterpunten geplaatst zodat er in totaal 26 monsters genomen kunnen worden in dit habitat, gelijk verdeeld over de afzonderlijke gebieden in de delta.

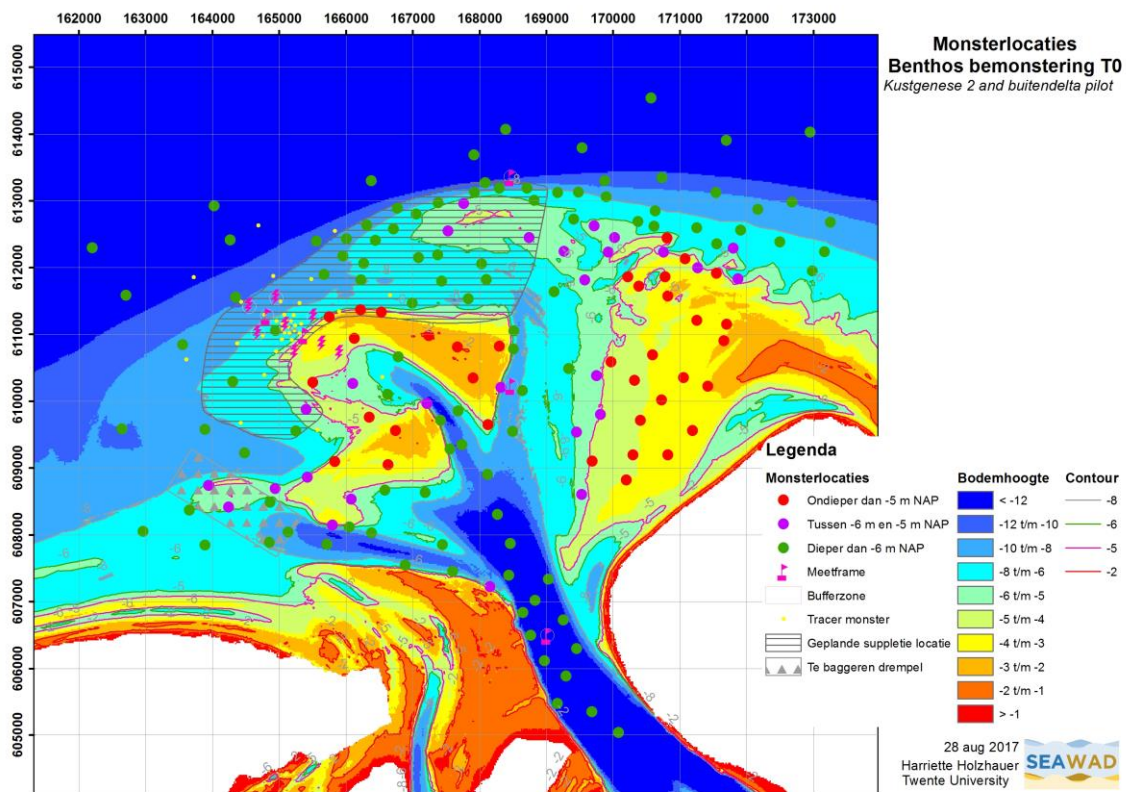


FIGUUR 8 LIGGING MONSTERLOCATIES BENTHOS BEMONSTERING T0-BUITENDELTA PILOT AMELAND

In de Tabel 2 zijn de locaties van de monsterpunten weergegeven samen met het habitat waarin het punt ligt, de bodemhoogte waarop het punt ligt ten opzichte van NAP met coördinaten (in rijksdriehoekstelsel en WGS84).

3.1 Naar de uitvoering

De monsters worden genomen door Eurofins. Aangezien een heel aantal punten ondieper liggen dan 5 m beneden NAP is er door de Edwin Verduin van Eurofins een prioritering aangegeven welke punten met welk ondiep stekend schip (WR82) genomen moeten worden en welke punten met een dieper stekend schip (Terschelling) genomen kunnen worden (Verduin, 2017) (Figuur 9). Dit is aangegeven in de onderstaande tabel de kolom 'schip' waarbij locaties met waarde 1 met de WR82 moeten worden genomen, locaties met waarde 2 door een van beide schepen moeten worden genomen en locaties met waarde 3 door de Terschelling worden genomen.



FIGUUR 9: PRIORITERING VAN DE MONSTERPUNTEN. ROOD = ONDIEPER DAN 5 M BENEDEN NAP, PRIORITEIT 1, PAARS = TUSSEN DE 5 EN 6 METER BENEDEN NAP, PRIORITEIT 2 EN GROEN = DIEPER DAN 6 M BENEDEN NAP, PRIORITEIT 3.

TABEL 2 MONSTERLOCATIE MET HABITAT, COORDINATEN IN RD EN BODEMHOOGTE TEN OPZICHTE VAN NAP

ID number	Habitat	Bodemhoogte [m tov NAP]	Prioriteit schip	X- coördinaat [RD]	Y-coördinaat [RD]	Latitude [WGS84]	Longitude [WGS84]
1	West side I	-10.8	3	165555	612397	53.4976	5.5462
2	West side I	-10.4	3	164346	611550	53.4900	5.5280
3	West side I	-9.4	3	163556	610842	53.4837	5.5161
4	West side I	-8.9	3	163886	609577	53.4723	5.5210
5	West side I	-10.0	3	162646	609580	53.4724	5.5023
6	West side I	-9.5	3	164479	609222	53.4691	5.5299
7	Flat	-5.8	2	169574	611811	53.4923	5.6068
8	Flat	-6.3	3	169117	611636	53.4907	5.5999
9	Flat	-3.1	1	171697	611150	53.4863	5.6387
10	Flat	-3.3	1	171249	611207	53.4868	5.6320
11	Flat	-3.0	1	171656	610900	53.4840	5.6381
12	Flat	-6.2	3	169335	610486	53.4804	5.6031
13	Flat	-4.9	1	169963	610584	53.4812	5.6126
14	Flat	-4.0	1	170588	610688	53.4821	5.6220
15	Flat	-3.0	1	171416	610220	53.4779	5.6345
16	Flat	-4.3	1	170319	610308	53.4787	5.6179
17	Flat	-3.4	1	171052	610349	53.4791	5.6290
18	Flat	-5.3	2	169750	610381	53.4794	5.6094
19	Flat	-3.7	1	170721	610015	53.4761	5.6240
20	Flat	-5.0	2	169806	609798	53.4742	5.6102
21	Flat	-4.0	1	170404	609709	53.4734	5.6192
22	Flat	-5.7	2	169451	609536	53.4718	5.6048
23	Flat	-3.7	1	171189	609554	53.4719	5.6310
24	Flat	-4.1	1	170295	609194	53.4687	5.6175
25	Flat	-3.7	1	170814	609192	53.4687	5.6253
26	Flat	-4.9	1	169684	609098	53.4679	5.6083
27	Flat	-4.0	1	170194	608816	53.4653	5.6160
28	Flat	-5.4	2	169527	608599	53.4634	5.6059
29	Offshore	-17.7	3	170562	614537	53.5167	5.6218
30	Offshore	-16.2	3	172943	614029	53.5121	5.6577
31	Offshore	-17.7	3	168385	614067	53.5126	5.5890
32	Offshore	-15.4	3	169531	613796	53.5101	5.6062
33	Offshore	-15.7	3	171692	613905	53.5110	5.6388
34	Offshore	-16.1	3	167910	613685	53.5091	5.5818
35	Offshore	-15.9	3	166377	613300	53.5057	5.5587
36	Offshore	-17.3	3	164025	612928	53.5024	5.5232
37	Offshore	-13.6	3	164261	612414	53.4978	5.5268
38	Offshore	-16.8	3	162196	612291	53.4967	5.4956
39	Offshore	-13.2	3	162704	611581	53.4903	5.5033
40	Channel delta	-7.9	3	168642	610153	53.4774	5.5927
41	Channel delta	-5.2	2	166100	610263	53.4784	5.5544
42	Channel delta	-2.5	1	167899	610346	53.4791	5.5815
43	Channel delta	-5.1	2	165404	609873	53.4749	5.5439
44	Channel delta	-4.6	1	166344	609758	53.4739	5.5580
45	Channel delta	-8.6	3	168491	609547	53.4719	5.5904
46	Channel delta	-10.5	3	167735	609345	53.4702	5.5790
47	Channel delta	-9.9	3	168116	608903	53.4662	5.5847
48	Channel delta	-5.2	2	164937	608691	53.4643	5.5368
49	Channel delta	-5.9	2	164240	608412	53.4618	5.5263
50	Channel delta	-6.6	3	167441	607849	53.4567	5.5745
51	West side II	-7.5	3	164942	611052	53.4856	5.5370
52	West side II	-7.5	3	164302	610290	53.4787	5.5273
53	West side II	-7.1	3	165248	609550	53.4721	5.5415
54	West side II	-7.3	3	162959	608048	53.4586	5.5070
55	West side II	-8.2	3	164851	607884	53.4571	5.5355

56	West side II	-7.1	3	163891	607844	53.4567	5.5210
57	East side II	-7.8	3	170628	612849	53.5016	5.6227
58	East side II	-7.5	3	171907	612558	53.4989	5.6420
59	East side II	-7.4	3	172493	612388	53.4974	5.6508
60	East side II	-7.2	3	171249	612595	53.4993	5.6321
61	East side II	-7.6	3	173165	612232	53.4959	5.6609
62	East side II	-6.4	3	172980	611943	53.4933	5.6581
63	Slope delta	-8.3	3	168713	613190	53.5047	5.5939
64	Slope delta	-8.2	3	167922	613131	53.5042	5.5819
65	Slope delta	-8.9	3	168292	613189	53.5047	5.5875
66	Slope delta	-4.9	1	166218	611366	53.4883	5.5562
67	Slope delta	-4.1	1	165745	611257	53.4874	5.5491
68	Slope delta	-3.9	1	166527	611331	53.4880	5.5609
69	Slope delta	-6.9	3	168511	611050	53.4855	5.5907
70	Slope delta	-6.8	3	168507	610775	53.4830	5.5907
71	Slope delta	-5.6	2	168317	610205	53.4779	5.5878
72	Slope delta	-5.6	2	167209	609964	53.4757	5.5711
73	Slope delta	-8.1	3	167411	609711	53.4735	5.5741
74	Slope delta	-7.7	3	167552	609284	53.4696	5.5762
75	Slope delta	-6.8	3	166049	608116	53.4591	5.5535
76	Slope delta	-5.0	2	165793	608146	53.4594	5.5497
77	Slope delta	-7.9	3	166384	608025	53.4583	5.5586
78	Slope channel	-14.2	3	169026	607334	53.4521	5.5983
79	Slope channel	-7.8	3	166884	607543	53.4540	5.5661
80	Slope channel	-16.3	3	168437	607391	53.4526	5.5895
81	Slope channel	-7.9	3	167593	607452	53.4532	5.5768
82	Slope channel	-5.6	2	168155	607220	53.4510	5.5852
83	Slope channel	-18.1	3	168645	606835	53.4476	5.5926
84	Slope channel	-15.4	3	169248	606727	53.4466	5.6016
85	Slope channel	-17.3	3	168765	606494	53.4445	5.5944
86	Slope channel	-15.6	3	169449	606295	53.4427	5.6046
87	Slope channel	-20.1	3	168971	606111	53.4411	5.5974
88	Slope channel	-16.0	3	169163	605472	53.4353	5.6003
89	Bornrif erosion	-6.3	3	169410	612723	53.5005	5.6044
90	Bornrif erosion	-5.7	2	169714	612623	53.4996	5.6089
91	Bornrif erosion	-5.3	2	170020	612450	53.4980	5.6135
92	Bornrif erosion	-7.3	3	170609	612617	53.4995	5.6224
93	Bornrif erosion	-5.9	2	169923	612227	53.4960	5.6121
94	Bornrif erosion	-5.3	2	170751	612225	53.4960	5.6245
95	Bornrif erosion	-6.8	3	171550	612355	53.4971	5.6366
96	Bornrif erosion	-4.0	1	170774	611859	53.4927	5.6249
97	Bornrif erosion	-5.1	2	171263	611995	53.4939	5.6322
98	Bornrif erosion	-4.4	1	170219	611854	53.4926	5.6165
99	Bornrif erosion	-5.8	2	171869	611825	53.4923	5.6414
100	Delta head erosion	-6.9	3	167378	612972	53.5027	5.5737
101	Delta head erosion	-9.1	3	166768	612887	53.5020	5.5646
102	Delta head erosion	-6.5	3	167047	612802	53.5012	5.5688
103	Delta head erosion	-7.3	3	166437	612409	53.4977	5.5595
104	Delta head erosion	-8.9	3	166310	612636	53.4998	5.5576
105	Delta head erosion	-7.1	3	166711	612577	53.4992	5.5637
106	Delta head erosion	-8.8	3	166003	612435	53.4980	5.5530
107	Delta head erosion	-8.1	3	165955	612169	53.4956	5.5523
108	Delta head erosion	-7.7	3	166262	612057	53.4946	5.5569
109	Delta head erosion	-8.2	3	166223	611809	53.4923	5.5563
110	Delta head erosion	-8.6	3	165672	611892	53.4931	5.5480
111	Delta erosion	-4.2	1	166123	610937	53.4845	5.5548
112	Delta erosion	-6.0	3	166780	610659	53.4820	5.5646
113	Delta erosion	-5.0	1	165502	610278	53.4786	5.5454
114	Delta erosion	-7.9	3	167678	609850	53.4747	5.5781
115	Delta erosion	-3.9	1	166626	609048	53.4675	5.5623

116	Delta erosion	-7.0	3	167187	608631	53.4638	5.5707
117	Delta erosion	-6.2	3	166583	608664	53.4641	5.5616
118	Delta erosion	-5.2	2	166075	608531	53.4629	5.5540
119	Delta erosion	-6.5	3	164864	608486	53.4625	5.5357
120	Delta erosion	-9.4	3	165133	608041	53.4585	5.5398
121	Delta erosion	-10.9	3	165713	607854	53.4568	5.5485
122	East side I	-11.3	3	170726	613344	53.5060	5.6242
123	East side I	-10.9	3	169874	613302	53.5057	5.6114
124	East side I	-10.1	3	171537	613123	53.5040	5.6364
125	East side I	-9.0	3	172168	612873	53.5017	5.6459
126	East side I	-10.3	3	172674	612981	53.5027	5.6536
127	East side I	-9.1	3	173249	612680	53.5000	5.6622
128	Delta sedimentation	-6.6	3	168098	611817	53.4924	5.5845
129	Delta sedimentation	-1.9	1	167236	610978	53.4848	5.5715
130	Delta sedimentation	-3.0	1	168294	610817	53.4834	5.5874
131	Delta sedimentation	-2.3	1	167663	610807	53.4833	5.5780
132	Delta sedimentation	-6.3	3	166623	610100	53.4770	5.5623
133	Delta sedimentation	-4.7	1	168126	609647	53.4729	5.5849
134	Delta sedimentation	-2.8	1	166738	609557	53.4721	5.5640
135	Delta sedimentation	-5.2	2	165417	608862	53.4659	5.5441
136	Delta sedimentation	-4.0	1	165830	609092	53.4679	5.5503
137	Delta sedimentation	-5.5	2	163939	608737	53.4648	5.5218
138	Delta sedimentation	-6.3	3	163655	608367	53.4614	5.5175
139	Bornrif sedimentation	-7.1	3	169167	613123	53.5041	5.6007
140	Bornrif sedimentation	-7.8	3	169479	613129	53.5041	5.6054
141	Bornrif sedimentation	-11.4	3	168085	613268	53.5054	5.5844
142	Bornrif sedimentation	-8.1	3	169895	613058	53.5035	5.6117
143	Bornrif sedimentation	-6.4	3	170370	612691	53.5002	5.6188
144	Bornrif sedimentation	-4.8	1	170804	612443	53.4979	5.6253
145	Bornrif sedimentation	-3.9	1	171077	612127	53.4951	5.6294
146	Bornrif sedimentation	-5.9	2	171795	612288	53.4965	5.6403
147	Bornrif sedimentation	-4.2	1	171545	611910	53.4931	5.6365
148	Bornrif sedimentation	-3.0	1	170819	611571	53.4901	5.6255
149	Bornrif sedimentation	-3.6	1	170381	611718	53.4914	5.6189
150	Channel inlet	-13.2	3	168266	608303	53.4608	5.5869
151	Channel inlet	-18.2	3	168456	607867	53.4569	5.5898
152	Channel inlet	-25.0	3	168827	607019	53.4492	5.5953
153	Channel inlet	-24.4	3	169289	605883	53.4390	5.6022
154	Channel inlet	-21.4	3	169677	605345	53.4342	5.6080
155	Channel inlet	-19.6	3	170076	605035	53.4314	5.6140
156	Channel head	-6.2	3	168815	613007	53.5030	5.5954
157	Channel head	-5.4	2	167762	612959	53.5026	5.5795
158	Channel head	-5.6	2	168741	612449	53.4980	5.5943
159	Channel head	-5.4	2	167522	612551	53.4990	5.5759
160	Channel head	-6.3	3	167372	612187	53.4957	5.5736
161	Channel head	-5.6	2	169260	612239	53.4961	5.6021
162	Channel head	-6.6	3	167088	612146	53.4953	5.5693
163	Channel head	-7.1	3	168033	612053	53.4945	5.5836
164	Channel head	-6.8	3	167429	611791	53.4921	5.5745
165	Channel head	-6.5	3	166991	611465	53.4892	5.5679
166	Channel head	-7.7	3	167833	611530	53.4898	5.5805

4 LITERATUUR

- Baptist, M.J., van Dalen, J.A., Weber, A., Passchier, S., van Heteren, S., 2006. The distribution of macrozoobenthos in the southern North Sea in relation to meso-scale bedforms. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 68, 538–546.
- Calinski, T., Harabasz, J., 1974. A dendrite method for cluster analysis. *Communications in Statistics - Theory and Methods* 3, 1–27.
- Cleveringa, J., Mulder, S., Oost, A., Koskamp, G., 2004. Kustverdediging van de koppen van de Waddeneilanden: de dynamiek van de kust nabij buitendelta's en passende maatregelen voor het kustbeheer. Rijkswaterstaat RIKZ, Haren.
- de Jong, M.F., Baptist, M.J., Lindeboom, H.J., Hoekstra, P., 2015. Relationships between macrozoobenthos and habitat characteristics in an intensively used area of the Dutch coastal zone. *ICES Journal of Marine Science*.
- de Swart, H.E., Zimmerman, J.T.F., 2009. Morphodynamics of tidal inlet systems. *Annual Review of Fluid Mechanics* 41, 203–229.
- Degraer, S., Verfaillie, E., Willems, W., Adriaens, E., Vincx, M., van Lancker, V., 2008. Habitat suitability modelling as a mapping tool for macrobenthic communities : An example from the Belgian part of the North sea. *Continental shelf research* 28, 369–379.
- Grasmeijer, B., Mol, J.W., Kok, F., Tonnon, P.K., Schipper, C., 2017. CONCEPT: Meetcampagnes Kustgenese-2 en Seawad. Meetstrategie, meetplan, analyseplan, draaiboek en data management. Delft.
- Heip, C., Basford, D., Craeymeersch, J.A., Dewarumez, J.-M., Dörjes, J., Wilde, P. de, Duineveld, G., Eleftheriou, A., Herman, P.M.J., Niermann, U., Kingston, P., Künitzer, A., Rachor, E., Rumohr, H., Soetaert, K., Soltwedel, T., 1992. Trends in biomass, density and diversity of North Sea macrofauna. *ICES J. mar. Sci* 49, 13–22.
- Heip, C., Craeymeersch, J., 1995. Benthic community structures in the North Sea. *Helgoländer Meeresuntersuchungen* 328, 313–328.
- Kater, B.J., 2017. Poweranalyses ten behoeve van proefsuppletie Ameland. Zwolle.
- Künitzer, A., Basford, D., Craeymeersch, J.A., Dewarumez, J.M., Dorjes, J., Duineveld, G.C.A., Eleftheriou, A., Heip, C., Herman, P., Kingston, P., Niermann, U., Rachor, E., Rumohr, H., De Wilde, P.A.J., 1992. The benthic infauna of the north sea: Species distribution and assemblages. *ICES Journal of Marine Science* 49, 127–143.
- Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 2001. Brochure: Kust en Kennis de resultaten van het Kust 2000 onderzoekprogramma.
- Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 1996. Kustbalans 1995. 2de kustnota. Den Haag.
- Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 1990. Kustverdediging na 1990, Beleidskeuze voor de Kustlijnzorg. 21 136 nr 6.
- Reiss, H., Degraer, S., Duineveld, G.C.A., Kröncke, I., Aldridge, J., Craeymeersch, J.A., Eggleton, J.D., Hillewaert, H., Lavaleye, M.S.S., Moll, A., Pohlmann, T., Rachor, E., Robertson, M., Vanden Berghe, E., van Hoey, G., Rees, H.L., 2010. Spatial patterns of infauna, epifauna, and demersal fish communities in the North Sea. *Ices Journal of Marine Science* 67, 278–293.
- RIKZ, 2005. Kennis voor de kust. Resultaten onderzoeksprogramma KUST2005.
- RIKZ, 1990. KUSTGENESE: onderzoek voor een gezonde kust. Evaluatie van 8 jaar onderzoek. RIKZ, Rijkswaterstaat, Den Haag.
- Van Dijk, T.A.G.P., Van Dalen, J.A., Van Lancker, V., Van Overmeeren, R.A., Van Heteren, S., Doornbal, P.J., 2012. Benthic Habitat Variations Over Tidal Ridges, North Sea, The Netherlands, in: *Seafloor Geomorphology as Benthic Habitat*. pp. 241–249.
- van Hoey, G., Degraer, S., Vincx, M., 2004. Macrobenthic community structure of soft-bottom sediments at the Belgian Continental Shelf. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 59, 599–613.

- Verduin, E.C., 2017. CONCEPT: T-nulmeting Benthos buitendelta Amelander Zeegat 2017. Uitvoeringsplan voor veldwerk. Amsterdam.
- Ysebaert, T., Herman, P.M.J., 2002. Spatial and temporal variation in benthic macrofauna and relationships with environmental variables in an estuarine, intertidal soft-sediment environment. Marine Ecology Progress Series 244.