

# Sedimentsamenstelling Studiegebied zoutwinning Waddenzee Jaarrapport 2021

A&W-rapport 21-009



in opdracht van



# **Sedimentsamenstelling Studiegebied zoutwinning Waddenzee**

## Jaarrapport 2021

A&W-rapport 21-009

---

N. Fieten<sup>1</sup>  
E. van der Zee<sup>1</sup>  
R. Snoek<sup>2</sup>

**Foto Voorplaat**

Het wad bij Griend, Els van der Zee

**N. Fieten<sup>1</sup>, E. van der Zee<sup>1</sup>, R. Snoek<sup>2</sup> 2022**

Sedimentsamenstelling Studiegebied zoutwinning Waddenzee. Jaarrapport 2021. A&W-rapport 21-009

Altenburg & Wymenga ecologisch onderzoek, Feanwâlden

**Opdrachtgever**

**Frisia Zout B.V.**

Lange Lijnbaan 15

8861 NW HARLINGEN

Telefoon 0517-492499

**Uitvoerder**

**<sup>1</sup>Altenburg & Wymenga ecologisch onderzoek bv**

Suderwei 2

9269 TZ Feanwâlden

Telefoon 0511 47 47 64

info@altwym.nl

[www.altwym.nl](http://www.altwym.nl)

**<sup>2</sup>WaterProof BV.**

IJsselmeerdijk 2

8221 RC, Lelystad

Tel: +31 (0)6 124 00 128

Info@waterproofbv.nl

[www.waterproofbv.nl](http://www.waterproofbv.nl)

© Altenburg & Wymenga ecologisch onderzoek bv. Overname van gegevens uit dit rapport is toegestaan met bronvermelding.

---

**Projectnummer**

21-009

**Projectleider**

N. Fieten

**Status**

Concept

---

**Autorisatie****Paraaf**

E. van der Zee

**Datum**

8 maart 2022

---

**Kwaliteitscontrole**

E. van der Zee

# Inhoud

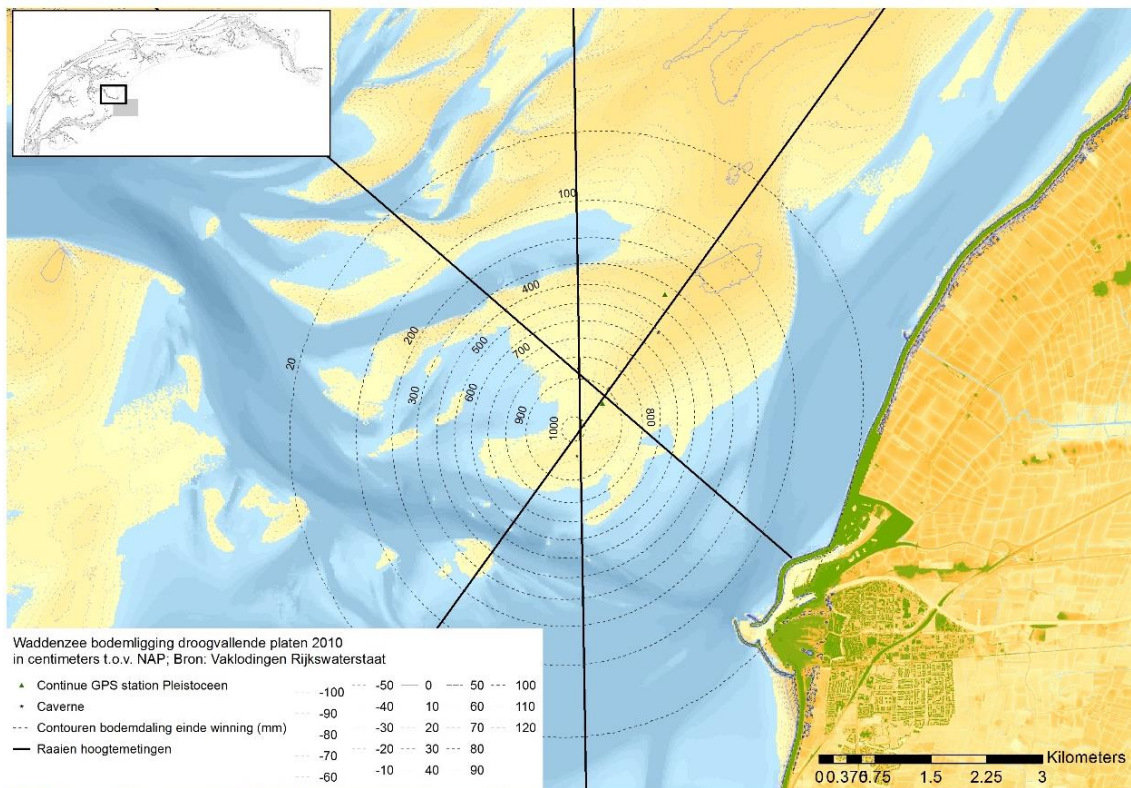
---

<b>1</b>	<b>Inleiding</b>	<b>6</b>
<b>2</b>	<b>Methode</b>	<b>8</b>
2.1	Bemonsteringslocaties en opzet	8
2.2	Veldwerk	10
2.3	Analyse sedimentsamenstelling	11
<b>3</b>	<b>Resultaten</b>	<b>14</b>
<b>4</b>	<b>Conclusie en discussie</b>	<b>19</b>
<b>5</b>	<b>Referenties</b>	<b>20</b>

# 1 Inleiding

Frisia Zout B.V. (dochteronderneming van European Salt Company) te Harlingen produceert hoogwaardig vacuümzout (primair NaCl) d.m.v oplosmijnbouw op ongeveer 2,5 km diepte onder het vasteland nabij Harlingen. Bij deze productie ontstaan holle ruimtes (cavernes) die na winning gevuld zijn met zout water. Voor zoutwinning onder het vasteland worden in de toekomst echter geen nieuwe vergunningen afgegeven. Frisia Zout B.V. wil daarom nieuwe zoutwinningcavernes in de Waddenzee nabij Harlingen aanleggen en exploiteren.

Frisia Zout B.V. heeft inmiddels een vergunning Wet natuurbescherming gekregen voor de winning van zout uit cavernes diep onder de Waddenzee. Vanaf de productielocatie van Frisia Zout B.V. in Harlingen zal worden geboord naar het wingebied Havenmond in de Waddenzee. Dit gebied ligt onder de Ballastplaat (Figuur 1-1). De Ballastplaat is o.a. van groot belang voor trekkende wadvogels. De zoutwinning zal daling van de diepe ondergrond tot gevolg hebben. De mogelijke gevolgen van deze diepe bodemdaling voor de hoogte van de wadplaten, het plaatoppervlak en voor de natuur in de Waddenzee zullen worden gemonitord. Het uitvoeren van de zoutwinning vindt plaats volgens het hand-aan-de-kraan-principe: als blijkt dat de bodemdaling van de pleistocene ondergrond groter is dan verwacht of dat er significant negatieve effecten in de Waddenzee optreden als gevolg van bodemdaling door de zoutwinning, dan is het mogelijk om de winningsstrategie aan te passen op een zodanige wijze dat de effecten binnen de gestelde grenzen blijven.



Figuur 1-1 Het droogvallende deel van Ballastplaat in 2010 en de contouren van de diepe daling door zoutwinning aan het eind van de winning (bron: Cleveringa 2016).

Onderdeel van de vergunning Wet natuurbescherming en het hand-aan-de-kraan-principe is een monitoringsprogramma, dat er op is gericht de morfologische en ecologische ontwikkelingen in de Waddenzee in de gaten te houden. Onderdeel van dit monitoringsprogramma is de bemonstering en analyse van de sedimentsamenstelling, zowel in het gebied waar bodemdaling optreedt als op een aantal referentielocaties.

Het doel van de monitoring van de sedimentsamenstelling is om vast te stellen of en welke veranderingen plaatsvinden in de sedimentsamenstelling tijdens en na de winning. Daarnaast is deze abiotische factor sterk medebepalend voor de geschiktheid van het habitat voor benthos (en indirect wadvogels). De integratie van de resultaten van de monitoring van de sedimentsamenstelling in relatie met de andere monitoringsresultaten wordt uitgevoerd met alle betrokkenen en is beschreven in het rapport "Monitoring T0-Situatie studiegebied zoutwinning Waddenzee" (Cleveringa 2020).

Voorliggend rapport is het jaarrapport van het vierde monitoringsjaar 2021. In dit rapport worden de resultaten van de korrelgrootteverdeling en slibpercentages gepresenteerd.

## 2 Methode

In dit hoofdstuk worden de locaties van de sedimentbemonstering beschreven. Vervolgens wordt toegelicht hoe de bemonstering in het veld is uitgevoerd en hoe de sedimentsamenstelling is geanalyseerd.

Gelijktijdig met de sedimentbemonsteringen op Ballastplaat zijn spijkermetingen uitgevoerd. De locaties van deze spijkermetingen zijn ook in de beschrijving meegenomen omdat daar tevens sedimentmonsters zijn genomen. De resultaten van de spijkermetingen zelf zijn in een apart document gerapporteerd (Van der Zee *et al.* 2021).

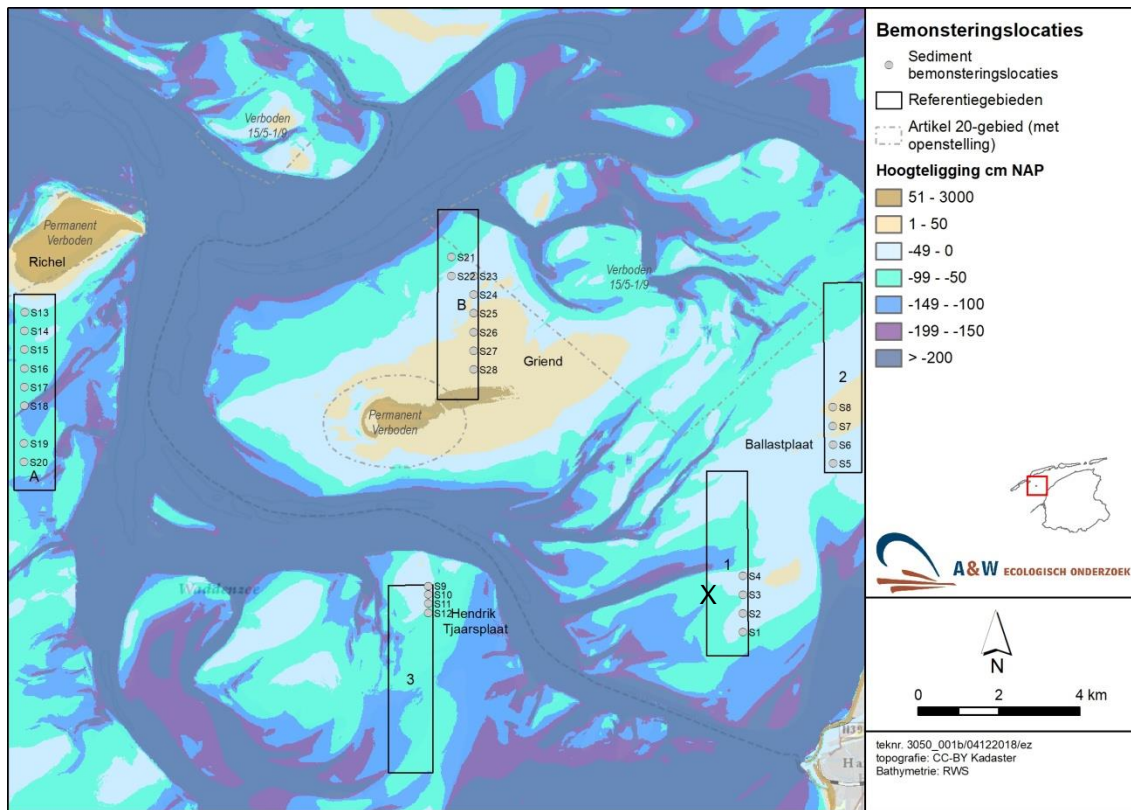
### 2.1 Bemonsteringslocaties en opzet

Voor de sedimentbemonstering zijn 6 analysegebieden geselecteerd (: (zie Tabel 2-1, Figuur 2-1 en Figuur 2-2). Deze 6 gebieden liggen verspreid op de droogvallende platen, omdat dit het relevante habitatype is waar wadvogels gebruik van maken. De bemonsteringslocaties zijn gekozen op basis van de benthosbemonstering die door Wageningen Marine Research (WMR) worden uitgevoerd. Op twee monsterlocaties na (S9 & S11, gebied 3), komen alle locaties overeen met locaties van de benthosbemonsteringen. In de gebieden 1 t/m 3 zijn 4 locaties bemonsterd langs een raai. In de gebieden A en B zijn 8 (2x4) locaties bemonsterd langs een raai. Daarnaast is het sediment bemonsterd op alle spijkermetinglocaties (BP monsterlocaties) (zie Figuur 2-2. En Tabel 2-1). In totaal worden 42 sedimentmonsters in het veld genomen welke in duplo worden geanalyseerd in het lab.

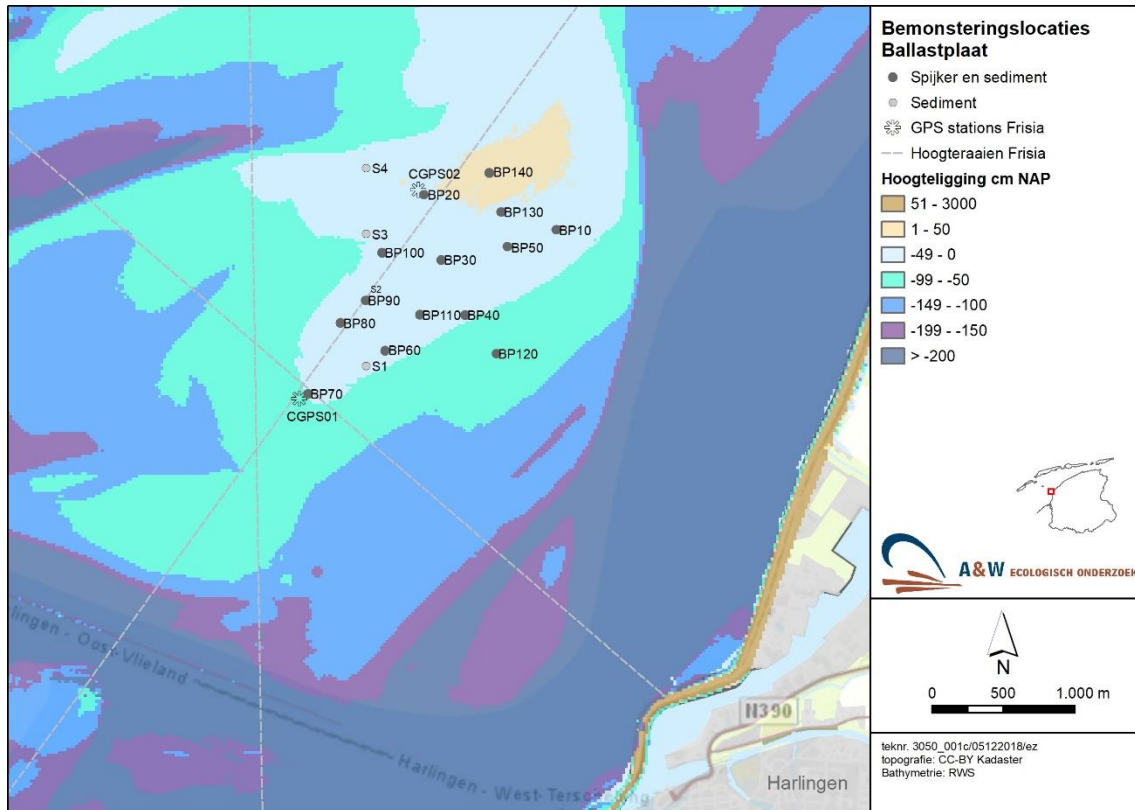
Tabel 2-1 Overzicht analysegebieden en bemonsteringsopzet

Gebieden	Toelichting	Wadplaat	# monster-punten	Sample ID
Gebied 1	In het bodemdalingsgebied	Ballastplaat	4	S1 t/m S4
Referentiegebied 2	Binnen het invloedgebied	Ballastplaat	4	S5 t/m S8
Referentiegebied 3	Binnen het invloedgebied	Hendrik	4	S9 t/m S12
		Tjaarsplaat		
Benthosgebied A	Buiten het invloedgebied	Richel	2x4 = 8	S13 t/m S20
Benthosgebied B	Buiten het invloedgebied	Griend	2x4 = 8	S14 t/m S28
Gebied van de spijkermetingen (X)	In het bodemdalingsgebied	Ballastplaat	14	BP 10 t/m BP140
<b>Totale bemonstering in het veld</b>			<b>42</b>	
In duplo geanalyseerd in het lab			X 2	
<b>Totale analyse in het laboratorium</b>			<b>84</b>	





Figuur 2-1. Bemonsteringslocaties voor sedimentsamenstelling (locaties 1 t/m 3, locaties A & B en locatie X van de spijkermetingen).



Figuur 2-2 Bemonsteringslocaties ingezoomd op de Ballastplaat. Overzichtskaart geeft de locaties weer van de permanente GPS-locaties, de sedimentlocaties S1 t/m S4 en de spijkermetinglocaties.

## 2.2 Veldwerk

De sedimentbemonstering van 2021 is uitgevoerd op 23 en 24 juni. Hierbij is een grote RIB van WaterProof B.V. gebruikt om de verschillende locaties te bereiken. De locaties op de Ballastplaat (1, 2, en spijkermetinglocaties), Hendrik Tjaarsplaat (3) en Griend (B) zijn te voet bemonsterd tijdens laag water. De locaties op de Richel (A) zijn met afgaand water bemonsterd vanuit de RIB met nog ongeveer 0,8 tot 1 meter water op de plaat (1, 5 à 2 uur na hoog water). Deze locatie was te voet moeilijk bereikbaar en is daarom tijd-technisch met afgaand water vanuit de RIB bemonsterd. De bemonsteringslocaties zijn gelokaliseerd met een handheld GPS, die is geprogrammeerd in het RD stelsel.

Op elke bemonsteringslocatie is een monster genomen met een steekbuis (doorsnede  $\varnothing$  10 cm en oppervlakte 0,0079 m<sup>2</sup>) (fig. 2.3). De steekbuis is op de bodem gezet en tot ongeveer 20 cm diepte bemonsterd. Van dit monster is een sedimentmonster genomen met een kleine steekbuis tot 4 cm diepte. Het sediment is gelabeld en in plastic zakjes bewaard. Bij de bemonstering zijn opvallende kenmerken van het sediment genoteerd en is een kwalitatieve inschatting van de ecologische rijkheid gemaakt (zie het Document Veldformulieren). Bij terugkomst zijn, per bemonsteringslocatie, twee potjes gevuld met elk minimaal 30 gram aan sediment (duplo's) voor de analyse van de sedimentsamenstelling. Vervolgens zijn de sedimentmonsters ingevroren, alvorens ze naar het NIOZ zijn gebracht voor analyse.



Figuur 2-3 Overzicht van sedimentbemonstering vanuit de RIB op 24 juni 2021.

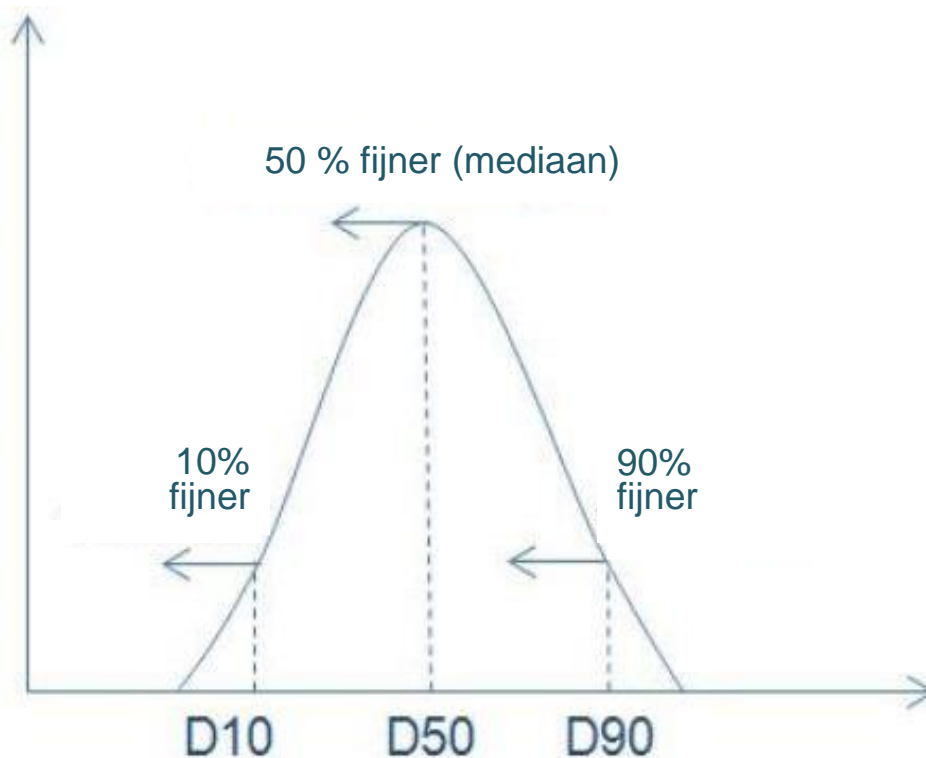
### 2.3 Analyse sedimentsamenstelling

Alle sedimentmonsters zijn op het NIOZ tot 96 uur gevriesdroogd en vervolgens gehomogeniseerd. Elk monster is over een 2 mm zeef ingewogen in een 13 ml PP reageerbuis (deeltjes groter dan 2 mm kunnen de meetcel beschadigen en worden dus niet gemeten). Vervolgens is RO (Reversed Osmosis) water toegevoegd om de sediment deeltjes in suspensie te brengen met een Vortex mixer. Daarna zijn de gevulde buizen in de Autoprep module van de Beckman Coulter LS 13 320 gezet. Voorafgaand aan het meten, vindt sonicatie van de monsters plaats om eventuele resterende verkleefde deeltjes te scheiden. Na het invullen van de bemonsteringsgegevens in de gekoppelde computer zijn de monsters gemeten.

De verdeling van de korrelgrootte is bepaald op onbehandelde monsters, d.w.z. dat de organische stof en calciumcarbonaat niet uit de monsters worden verwijderd (biologische benadering). Deze methode is identiek aan de SIBES methode. Alle sedimenten zijn geanalyseerd met de Beckman Coulter LS 13 320 (Aqueous Liquid Module, optische module 'gray'). De Beckman Coulter LS 13 320 is een deeltjesgrootte analyzer, die werkt volgens het principe van laserdiffractie en lichtverstrooiingsmeting (Polarization Intensity Differential Scattering technology - PIDS). De methode werkt in grote lijnen als volgt: een laser vuurt een laserstraal af op de deeltjes in de meetcel. Het licht dat op de deeltjes komt wordt verstrooid in

verschillende richtingen. Vervolgens pikken de 132 detectoren die rondom de meetcel geplaatst zijn het licht weer op. Aan de hand van de intensiteit van het licht en de hoek waaronder deze op de detectoren vallen, kan via een complex algoritme de grootte van het deeltje berekend worden. Bij de analyse worden 126 klassen onderscheiden tussen 0.04 - 2000  $\mu\text{m}$ . Naast de D50 en korrelgrootteverdeling van de zandfractie is daarmee ook het percentage slib (fractie < 63  $\mu\text{m}$ ) en de verdeling van de slibfractie bepaald. De korrelgrootteverdeling van de verschillende fracties is bepaald op basis van het volumepercentage.

In dit rapport wordt een samenvatting van de resultaten gepresenteerd. De sedimentsamenstelling wordt aan de hand van de volgende parameters beschreven: gemiddelde korrelgrootte ( $\mu\text{m}$ ), mediaan korrelgrootte ofwel D<sub>50</sub> ( $\mu\text{m}$ ), slib percentage (volume % < 63  $\mu\text{m}$ ) en de korrelgroottes D<sub>90</sub> - D<sub>10</sub> ( $\mu\text{m}$ ). D<sub>90</sub> geeft de diameter weer van de cumulatieve percentielwaarde van 90%, d.w.z. 90% van de deeltjes in het sedimentmonster die fijner zijn dan de D<sub>90</sub> korrelgrootte. D<sub>10</sub> geeft de diameter weer van de cumulatieve percentielwaarde van 10%, d.w.z. 10% van de deeltjes in het sedimentmonster die fijner zijn dan de D<sub>10</sub> korrelgrootte. Het verschil tussen deze laatste twee geeft een indicatie van de heterogeniteit van een monster: bij een groot verschil tussen D<sub>90</sub> en D<sub>10</sub> is het monster heterogener dan bij een klein verschil tussen D<sub>90</sub> en D<sub>10</sub> (zie Figuur 2-4). In de ruwe data (bijgeleverd als Excel-file) is een volledig spectrum van de korrelgrootte (verdeling 0.04 - 2000  $\mu\text{m}$ ) terug te vinden met daarnaast ook o.a. de standaarddeviatie binnen een monster, het lutum gehalte (% < 2  $\mu\text{m}$ ) en het gehalte (%) van de fracties < 16  $\mu\text{m}$  wat ook vaak gebruikt wordt als slibmaat.



Figuur 2-4 Overzichtsfiguur cumulatieve percentielwaarden: 90% van de korrelgrootteverdeling van een sedimentmonster ligt onder D<sub>90</sub>, 50% ligt onder de D<sub>50</sub> (mediaan), en 10% ligt onder de D<sub>10</sub>. Figuur gebaseerd op Azom, Palani D.

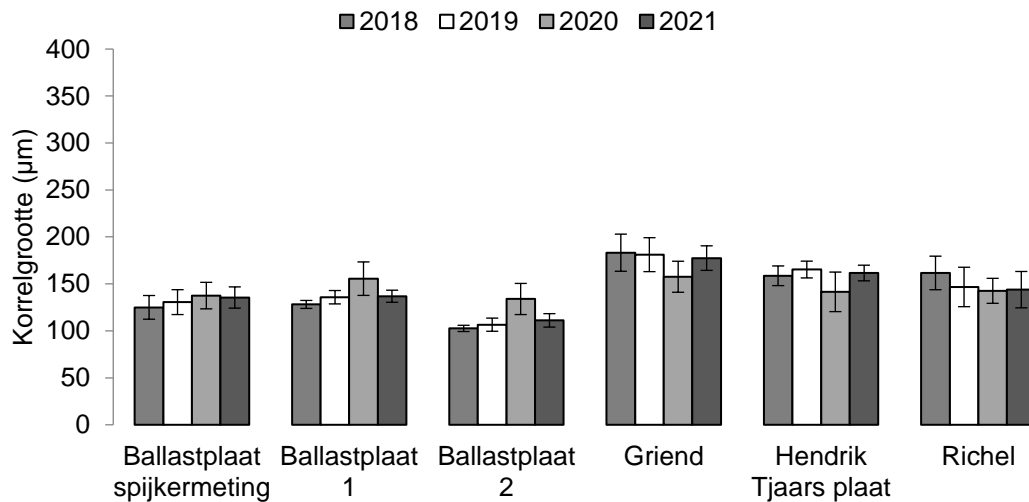
Na afronding van de analyses zijn de gegevens in Excel format gerapporteerd. In 2022 wordt de Excel-file aangevuld met nieuwe sedimentgegevens. Doordat dezelfde methodiek voor bemonstering en analyse is gebruikt als bij het SIBES programma, kunnen de resultaten uit voorliggende studie vergeleken worden met eerdere en komende jaren van de bemonsterde gebieden en/of andere gebieden (nabij liggende platen, kombergingsgebieden etc.). De resultaten kunnen daarmee in een Waddenzee breed perspectief geplaatst worden.

### 3 Resultaten

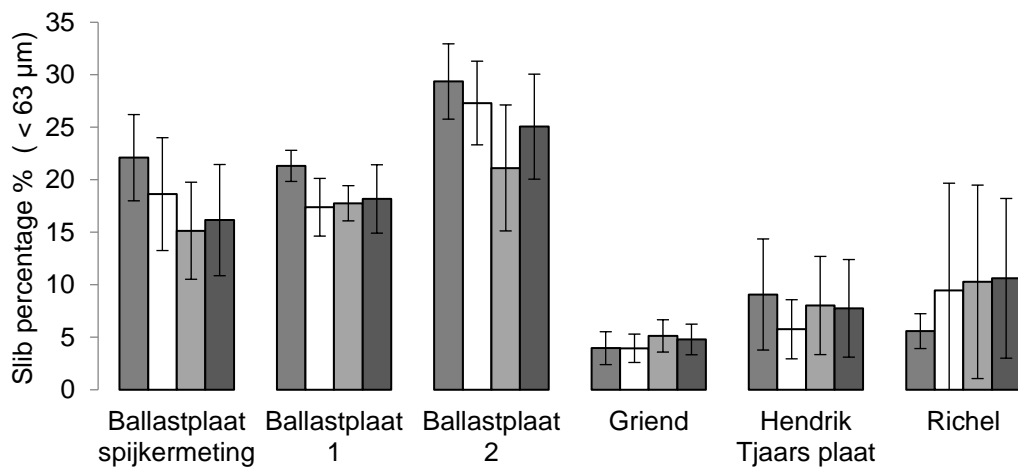
#### Korrelgrootte

Figuur 3-1 A. geeft de gemiddelde korrelgrootte weer per gebied per jaar. Uit de resultaten blijkt dat de korrelgroottes gemiddeld kleiner zijn in het onderzochte gebied op de Ballastplaat in vergelijking met de gebieden op Griend, Hendrik Tjaarsplaat, en Richel. Sinds 2018 is er een lichte toename te zien in de korrelgrootte op de locaties op de Ballastplaat, echter lijkt dit in 2021 weer wat af te nemen. Voor Griend, Richel en Hendrik Tjaarsplaat is er sinds 2018 een lichte afname te zien in de gemiddelde korrelgrootte, met een lichte toename in 2021 (zie ook Tabel 3-1). In algemene zin komen de waarden overeen met eerdere metingen die gedaan zijn in het kombergingsgebied Vlie (Compton *et al* 2013, Christianen *et al* 2015).

A.



B.



Figuur 3-1 Overzicht veranderingen in A) gemiddelde korrelgrootte (µm) en B) gemiddeld slib percentage (% < 63 µm) en bijbehorende standaarddeviaties voor 2018, 2019, 2020 en 2021 op de Ballastplaat Spijkermeting (spijkermeting locaties), Ballastplaat 1 (bodemdalingsgebied 1), Ballastplaat 2 (referentiegebied 2), Griend (referentiegebied B), Hendrik Tjaarsplaat (referentiegebied 3) en Richel (referentiegebied A).



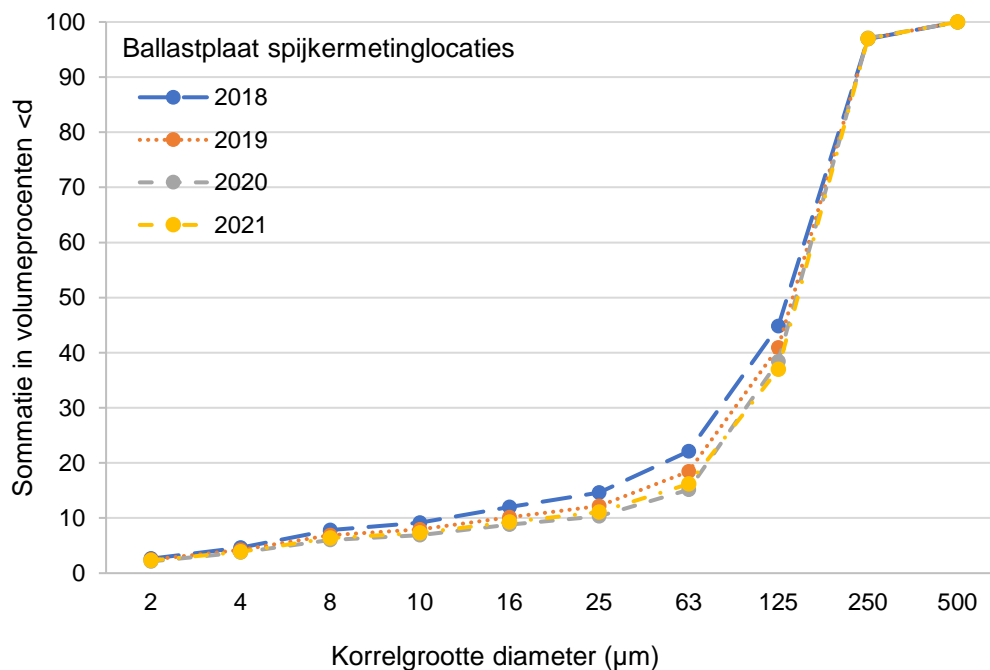
### Slibpercentage

Figuur 3-1 B geeft het gemiddelde slibpercentage (% < 63  $\mu\text{m}$ ) weer per gebied per jaar. Het onderzochte gebied op de Ballastplaat heeft gemiddeld een hoger slibpercentage dan de gebieden op Griend, Hendrik Tjaarsplaat en Richel. Sinds 2018 is er een afname te zien in het percentage slib op de locaties op de Ballastplaat, echter lijkt dit weer toe te nemen in 2021 (Zie ook Tabel 3-1). Deze trend is ook te zien in de korrelgrootte. De slibpercentages op Griend en Richel lijken wat te zijn toegenomen. Het slibpercentage op de Hendrik Tjaarsplaat varieert. Door de aanwezigheid van een mosselbank bij Richel, kent ook deze locatie veel variatie tussen de monsters.

Vanwege de variatie en de kort lopende tijdreeks kunnen er nog geen harde conclusies ontleend worden aan de resultaten. Het percentage van de verschillende sedimentfracties is gebaseerd op het volume.

### Cumulatieve korrelgrootteverdeling

Figuur 3-2 geeft de gemiddelde cumulatieve korrelgrootteverdeling weer voor de spijkermeting locaties op de Ballastplaat. Ook hierin is te zien dat de percentages met kleinere korrelgroottes licht afnemen tussen 2018 en 2020/2021. Dit is met name te zien in de fracties kleiner dan 125  $\mu\text{m}$ .

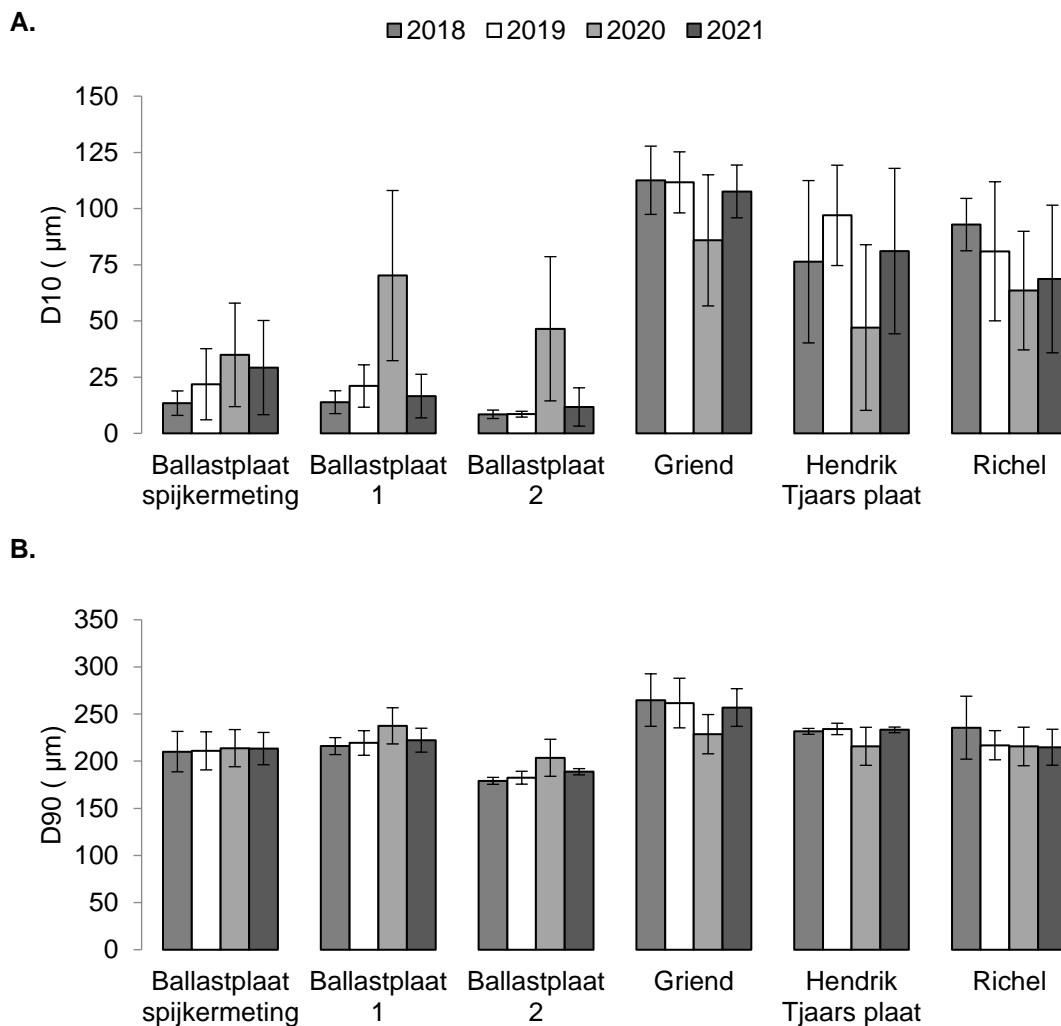


Figuur 3-2 Gemiddelde cumulatieve korrelgrootteverdeling voor 2018, 2019, 2020 en 2021 op de Ballastplaat voor de spijkermeting locaties. Op de x-as is de korrelgrootte (diameter in  $\mu\text{m}$ ) weergegeven. Op de y-as is het cumulatieve volume-percentage van de gevonden volumes weergegeven, beginnend bij de kleinste korrelafmeting.

### Korrelgrootte $D_{10}$ - $D_{90}$

Figuur 3-3 A en B geven respectievelijk de gemiddelde korrelgrootte van  $D_{10}$  en  $D_{90}$  weer per gebied per jaar. Op de Ballastplaat (spijkermetingsgebied, bodemdalings- en referentiegebied samengenomen) heeft de  $D_{10}$  een gemiddelde korrelgrootte van ca. 13  $\mu\text{m}$  in 2018, 19  $\mu\text{m}$  in 2019, 43  $\mu\text{m}$  in 2020 en 24  $\mu\text{m}$  in 2021 (10% van de deeltjes is kleiner dan 24  $\mu\text{m}$ ) (Zie Tabel 3-1).  $D_{90}$  is op de Ballastplaat ca. 205  $\mu\text{m}$  in 2018, 207  $\mu\text{m}$  in 2019, 216  $\mu\text{m}$  in 2020 en 211  $\mu\text{m}$  in

2021 (90% van de deeltjes is kleiner dan 211  $\mu\text{m}$ ). Het verschil tussen  $D_{10}$  en  $D_{90}$  in 2018 ligt rond 192  $\mu\text{m}$ , in 2019 rond 188  $\mu\text{m}$  en 173  $\mu\text{m}$  in 2020 rond. In 2021 ligt het verschil tussen  $D_{10}$  en  $D_{90}$  rond 187  $\mu\text{m}$  (Zie Tabel 3-1). Gemiddeld genomen is het sediment homogener geworden met grotere korrelgroottes en minder slib. Op basis van de  $D_{10}$ - $D_{90}$  metingen lijken de monsterlocaties in 2018 en 2019 op de Ballastplaat heterogener dan de locaties op Griend, Hendrik Tjaarsplaat en Richel wat te verklaren is door het hogere slibgehalte op de Ballastplaat. In 2020 trekken de sedimentcondities naar elkaar toe, doordat de Ballastplaat zandiger lijkt te worden en Griend, Richel en Hendrik Tjaarsplaat wat slikkiger. In 2021 is dezelfde tendens zichtbaar, maar minder sterk dan in 2020.



Figuur 3-3 Overzicht veranderingen in A) gemiddelde korrelgrootte  $D_{10}$  ( $\mu\text{m}$ ) en B) gemiddelde korrelgrootte  $D_{90}$  ( $\mu\text{m}$ ) en bijbehorende standaarddeviaties voor 2018, 2019, 2020 op de Ballastplaat Spijkermeting (spijkermeting locaties), Ballastplaat 1 (bodemdalingengebied 1), Ballastplaat 2 (referentiegebied 2), Griend (referentiegebied B), Hendrik Tjaarsplaat (referentiegebied 3) en Richel (referentiegebied A).

### Variatie

De resultaten van 2018 en 2019 laten zien dat er weinig variatie zit tussen de duplo's en dat de resultaten reproduceerbaar zijn. In 2020 is de variatie binnen een aantal duplo's en monsterpunten groter. De variatie is vooral terug te zien in de kleinere korrelgroottes (Figuur 3-1 B; Figuur 3-3). In 2021 is de variatie in duplo's vergelijkbaar met 2018 en 2019.



Tabel 3-1 Gemiddelde waarden in jaar 2021 voor de parameters: gemiddelde korrelgrootte ( $\mu\text{m}$ ), mediaan korrelgrootte ( $\mu\text{m}$ ), slibpercentage (% volume <63  $\mu\text{m}$ ), D10 ( $\mu\text{m}$ ), D90 ( $\mu\text{m}$ ) en bijbehorende standaard deviatie voor de duplo's per bemonsteringslocaties van deze parameters (n=2).

Locatie	Monster nummer	N	Gemiddelde korrelgrootte	st.dev	Mediaan korrelgrootte	st.dev	Slib (%)	st.dev	D <sub>10</sub>	st.dev	D <sub>90</sub>	st.dev
Ballastplaat Spijkermeting	BP10	2	118,2	1,6	128,7	0,9	20,6	2,1	11,7	3,2	190,6	1,3
Ballastplaat Spijkermeting	BP20	2	123,9	5,8	132,0	3,6	19,0	4,0	17,0	11,5	200,5	0,9
Ballastplaat Spijkermeting	BP30	2	147,2	3,8	153,0	2,3	10,1	1,9	61,9	19,2	215,6	2,6
Ballastplaat Spijkermeting	BP40	2	125,4	1,1	136,2	1,1	18,9	0,3	12,7	0,6	199,8	1,6
Ballastplaat Spijkermeting	BP50	2	135,7	0,4	143,1	0,4	12,3	1,1	40,5	12,0	201,9	1,6
Ballastplaat Spijkermeting	BP60	2	122,4	10,3	132,9	9,9	28,1	7,1	7,5	1,5	220,5	4,2
Ballastplaat Spijkermeting	BP70	2	154,1	6,6	153,9	4,5	13,6	1,8	37,9	12,8	254,7	9,8
Ballastplaat Spijkermeting	BP80	2	140,6	1,3	149,9	1,3	20,0	1,1	12,1	0,4	233,8	1,8
Ballastplaat Spijkermeting	BP90	2	147,0	3,8	152,8	2,1	13,3	2,3	36,9	15,3	227,4	1,2
Ballastplaat Spijkermeting	BP100	2	144,5	2,3	151,5	2,5	13,5	0,8	30,1	4,4	222,8	5,4
Ballastplaat Spijkermeting	BP110	2	138,6	5,1	146,4	2,5	15,0	4,0	31,1	19,0	214,6	0,8
Ballastplaat Spijkermeting	BP120	2	126,3	0,7	135,4	1,3	18,0	0,4	14,6	1,3	199,8	1,6
Ballastplaat Spijkermeting	BP130	2	142,2	0,6	147,7	0,7	8,8	0,2	74,7	0,5	203,6	1,1
Ballastplaat Spijkermeting	BP140	2	131,1	3,0	139,6	2,1	15,2	1,8	20,9	8,4	202,2	0,9
<b>gemiddelde</b>			<b>135,5</b>	<b>11,1</b>	<b>143,1</b>	<b>8,8</b>	<b>16,2</b>	<b>5,0</b>	<b>29,3</b>	<b>20,0</b>	<b>213,4</b>	<b>17,3</b>
Ballastplaat (bodemdaling)	S1	2	139,3	0,1	147,4	1,4	21,3	1,1	10,8	1,9	238,5	1,8
Ballastplaat (bodemdaling)	S2	2	143,7	3,1	150,6	1,2	15,3	3,0	26,2	17,3	228,2	2,5
Ballastplaat (bodemdaling)	S3	2	132,5	1,9	142,6	1,7	17,8	0,1	13,7	0,1	209,8	3,2
Ballastplaat (bodemdaling)	S4	2	132,0	9,3	140,3	6,3	18,4	5,2	15,6	9,4	212,9	4,2
Ballastplaat (referentie)	S5	2	115,8	12,2	124,8	10,8	21,4	9,0	20,4	16,6	186,8	2,2
Ballastplaat (referentie)	S6	2	103,9	0,1	112,6	2,6	29,9	0,2	8,0	1,8	185,5	0,5
Ballastplaat (referentie)	S7	2	109,5	2,9	118,9	3,2	26,3	1,2	7,6	1,5	190,1	1,8
Ballastplaat (referentie)	S8	2	115,6	2,8	124,3	1,8	22,8	2,5	11,1	3,2	193,0	0,4
<b>gemiddelde</b>			<b>124,0</b>	<b>4,0</b>	<b>132,7</b>	<b>14,3</b>	<b>21,7</b>	<b>4,7</b>	<b>14,2</b>	<b>6,4</b>	<b>205,6</b>	<b>20,1</b>

Locatie	Monster nummer	N	Gemiddelde korrelgrootte	st.dev	Mediaan korrelgrootte	st.dev	Slib (%)	st.dev	D <sub>10</sub>	st.dev	D <sub>90</sub>	st.dev
Hendrik Tjaars plaat	S9	2	164,9	1,1	167,9	1,6	5,9	0,5	95,6	2,0	235,3	2,8
Hendrik Tjaars plaat	S10	2	168,8	1,3	171,1	0,9	4,5	0,3	109,1	2,8	233,7	0,8
Hendrik Tjaars plaat	S11	2	163,1	4,5	166,4	3,7	5,6	0,9	97,3	6,6	230,5	3,5
Hendrik Tjaars plaat	S12	2	149,5	6,6	159,4	5,9	15,1	2,5	22,4	5,5	233,6	4,2
<b>gemiddelde</b>			<b>161,6</b>	<b>8,4</b>	<b>166,2</b>	<b>4,9</b>	<b>7,8</b>	<b>4,9</b>	<b>81,1</b>	<b>39,6</b>	<b>233,3</b>	<b>2,0</b>
Richel	S13	2	111,9	16,7	112,7	18,9	27,6	8,4	8,7	1,8	204,6	18,0
Richel	S14	2	166,6	0,8	170,1	0,0	7,3	1,3	91,3	10,6	241,5	2,3
Richel	S15	2	164,1	1,9	165,0	0,7	5,4	1,2	100,2	4,4	234,2	0,9
Richel	S16	2	147,3	10,2	153,1	5,7	11,0	6,7	56,8	48,8	219,9	2,3
Richel	S17	2	156,1	4,8	160,4	2,6	7,5	2,3	84,1	16,3	225,7	2,8
Richel	S18	2	133,4	1,6	133,6	1,2	6,1	0,2	82,6	1,5	191,4	1,8
Richel	S19	2	147,0	0,1	149,5	0,1	7,3	0,0	84,6	0,7	212,1	0,6
Richel	S20	2	124,5	3,7	127,8	1,5	12,9	0,6	41,0	5,5	189,4	5,7
<b>gemiddelde</b>			<b>143,9</b>	<b>19,3</b>	<b>146,5</b>	<b>20,0</b>	<b>10,6</b>	<b>7,3</b>	<b>68,7</b>	<b>30,9</b>	<b>214,8</b>	<b>19,0</b>
Griend	S21	2	192,3	1,0	189,6	1,3	2,5	0,1	126,3	2,0	270,8	0,7
Griend	S22	2	185,0	4,9	182,2	5,0	4,7	0,5	107,5	7,7	274,6	3,1
Griend	S23	2	178,1	1,1	178,8	0,6	7,1	0,2	93,0	1,4	267,0	4,7
Griend	S24	2	195,1	2,9	192,7	2,8	3,4	0,0	122,8	2,2	279,7	3,2
Griend	S25	2	180,4	0,1	179,0	0,1	5,1	0,1	107,9	0,4	265,1	1,1
Griend	S26	2	162,9	0,3	163,0	0,1	5,8	0,1	99,1	1,0	236,0	0,1
Griend	S27	2	166,6	2,0	166,2	1,6	4,0	0,3	108,0	2,6	234,6	2,1
Griend	S28	2	159,2	0,8	160,5	0,4	5,8	1,1	96,6	4,3	228,0	0,1
<b>gemiddelde</b>			<b>177,4</b>	<b>13,4</b>	<b>176,5</b>	<b>12,1</b>	<b>4,8</b>	<b>1,5</b>	<b>107,6</b>	<b>11,9</b>	<b>256,9</b>	<b>20,6</b>

## 4 Conclusie en discussie

---

Voorliggende rapportage geeft de resultaten van de bemonstering en analyse van de sedimentsamenstelling weer voor de eerste vier monitoringsjaren (2018-2021). Deze resultaten zijn onderdeel van het meerjarige monitorings-programma t.b.v. de vergunning Wet natuurbescherming die Frisia Zout B.V. heeft gekregen voor de winning van zout uit cavernes diep onder de Waddenzee.

Het doel van het monitoringsprogramma van de sedimentsamenstelling is om vast te stellen of en welke veranderingen plaatsvinden in de sedimentsamenstelling tijdens en na de winning, zowel in het gebied waar bodemdaling optreedt als op een aantal referentielocaties. In dit rapport staan de resultaten van het vierde monitoringsjaar (2021) centraal en zijn de resultaten van het eerste jaar (2018), tweede jaar (2019) en derde jaar (2020) hiermee vergeleken.

De resultaten uit 2018 en 2019 laten zien dat de Ballastplaat (spijkermetinggebied, bodemdalingsgebied en referentie binnen het invloedgebied) relatief gezien vrij slikkig is met respectievelijk een gemiddelde korrelgrootte van 121  $\mu\text{m}$  en 127  $\mu\text{m}$  en slibpercentage van 23% en 20%. In 2020 is dit gebied iets zandiger met een gemiddelde korrelgrootte van 140  $\mu\text{m}$  en slibpercentage van 17%. In 2021 is de korrelgrootte weer iets kleiner met 131  $\mu\text{m}$  en een slibpercentage van 18%. In alle vier de jaren zijn de referentiegebieden in de omgeving zandiger met minder slib. Dit is grotendeels te verklaren door de natuurlijk dynamiek en ligging. De Ballastplaat ligt in de buurt van het wantij met minder dynamiek (vooral Ballastplaat 2: locatie S5 t/m S8), op de Hendrik Tjaarsplaat wordt het al zandiger met slikkige delen en richting de zeegaten nabij Richel en Griend wordt het nog zandiger. In 2020 zijn de verschillen tussen locaties minder groot. De Ballastplaat is zandiger geworden en de platen bij Hendrik Tjaarsplaat, Richel en Griend zijn minder zandig geworden. Mogelijk komt dit door de frequente harde wind/storm in de winter/voorjaar van 2020, voorafgaand aan de metingen. Met name op de locaties op de Ballastplaat kunnen golven zich bij opbouwen door de lange strijklente vanuit het zuidwesten, westen of noordwesten. Dit kan effect hebben op de sedimentsamenstelling. In 2021 lijken de gebieden weer wat meer van elkaar te verschillen. Of ter plaatse veranderingen optreden door zoutwinning is op basis van vier jaar monitoring echter niet te zeggen.

De bemonstering in het veld is goed verlopen en door het gebruik van de grote RIB zijn de wadplaten gemakkelijk en veilig te bereiken. De sedimentresultaten van 2021 liggen in de reeks van eerdere jaren en metingen (Compton *et al.* 2013, Christianen *et al.* 2015) en laten min of meer gelijke variatie zien met de jaren 2018 en 2019. In het jaar 2020 was meer variatie aanwezig (met name ook tussen duplo's) en lijkt enigszins af te wijken van de andere jaren. Deze variatie kan mogelijk ontstaan zijn doordat er op sommige platen nog een dun laagje water stond tijdens de bemonstering. Op een aantal locaties zoals bijv. op Griend en Hendrik Tjaarsplaat is de plaat heel vlak waardoor er onder invloed van de wind en de waterstand het water niet helemaal wegloopt. Hierdoor is het mogelijk dat een heel klein deel van het sediment, en dan met name het fijne sediment, is weggespoeld tijdens het bemonsteren. Daarnaast zijn een deel van de monsters in 2020 door logistieke redenen gemeten met een ander apparaat dan de jaren ervoor. Ook dit zou mogelijk tot iets afwijkende waarden geleid kunnen hebben. Dit is een aandachtspunt voor de komende monitoringsjaren, maar het lijkt geen groot effect te hebben op de gemiddelden per gebied en variatie binnen de gebieden zelf.

## 5 Referenties

---

- Christianen, M.J.A., Holthuijsen, S., Van der Zee, E.M., Van der Eijk, A., Govers, L.L., Van der Heide, T., de Paoli, H., Olf, H. (2015). Ecotopen- en Kansrijkdomkaart van de Nederlandse Waddenzee. Rapportnummer 2015.04.01, Waddensleutels.
- Cleveringa, J. (2016). Notitie Morfologische ontwikkelingen Ballastplaat. ARCADIS. Arnhem.
- Cleveringa, J. (2020). Monitoring T0-Situatie studiegebied zoutwinning Waddenzee. ARCADIS. Arnhem.
- Compton, T.J., Holthuijsen, S., Koolhaas, A., Dekinga, A., ten Horn, J., Smith, J., Galama, Y., Brugge, M., van der Wal, D., van der Meer, J., van der Veer, H.W., Piersma, T., (2013). Distinctly variable mudscapes: Distribution gradients of intertidal macrofauna across the Dutch Wadden Sea. *J. Sea Res.* 82, 103–116. doi:10.1016/j.seares.2013.02.002
- Van der Zee, E., Snoek, R., Olivierse, M., Perk, L. (2018). Sedimentsamenstelling Ballastplaat. Jaarrapport 2018. A&W-rapport 2525. Altenburg & Wymenga ecologisch onderzoek, Feanwâlden
- Van der Zee, E., Krol, J., Fieten, N., Snoek, R. (2021) Wadsedimentatie Studiegebied zoutwinning Waddenzee. Jaarrapport 2021. A&W-rapport 21-010. Altenburg & Wumenga ecologisch onderzoek, Feanwâlden.



**Adres**

Suderwei 2  
9269 TZ Feanwâlden  
Telefoon 0511 47 47 64  
info@altwym.nl

**[www.altwym.nl](http://www.altwym.nl)**