



Resultaten van monitoring Waddenzee vanwege bodemdaling door Zoutwinning

Integratie en samenvatting resultaten tot 2024
Frisia Zout B.V.

30 april 2024 - Confidential

Contactpersoon

JELMER CLEVERINGA
Senior Advisor Coastal
Morphodynamics

T +31 (0)88 4261 440

M +31 (0)6 5073 6850

E jelmer.cleveringa@arcadis.com

Arcadis Nederland B.V.

Postbus 137

8000 AC Zwolle

Nederland

Inhoudsopgave

1	Zoutwinning onder de Waddenzee	5	4	Erosie- en sedimentatie op verschillende ruimtelijke schalen	23
1.1	Zoutwinning en -productie in Harlingen	5	4.1	Structuur en functie	23
1.2	Zout is essentieel voor Nederland	5	4.2	Eerste orde effecten van bodemdaling door zoutwinning	23
1.3	Bodemdaling door zoutwinning	5	4.3	Raaimetingen	23
1.4	Bodemdaling onder de Waddenzee	6	4.4	Sedimentatiemetingen	27
1.5	'Zoutwinning met "de hand aan de kraan" voor extra zekerheid	6	4.5	Gebiedsdekkende hoogtemetingen	29
1.6	Controle, onafhankelijkheid en transparantie	7	4.6	Sedimentsamenstelling	29
1.7	Bodemdaling onder de stad Harlingen	8	4.7	Conclusies eerste orde effecten	31
1.8	Het monitoringprogramma	8	5	Draagkracht voor vogels	32
1.9	Dit rapport	9	5.1	Hogere orde effecten van bodemdaling door zoutwinning	32
2	De Waddenzee bij Harlingen	11	5.2	Aanwezigheid en bereikbaarheid van bodemdieren	32
2.1	Inleiding	11	5.3	Aanwezigheid van bodemdieren op de Ballastplaat en de draagkracht per vogelsoort	33
2.2	Waterstanden	11	5.4	Vogels op de Ballastplaat	36
2.3	Veranderingen in de waterstanden op de langere termijn (jaren)	12	5.5	Vogels op de hoogwatervluchtplaatsen	37
2.4	Waterstanden en zeespiegelstijging	13	5.6	Rol van de Ballastplaat zuid als foerageergebied	40
2.5	Menselijke activiteiten nabij het monitoringgebied	14	5.7	Conclusies tweede en derde orde effecten	41
3	Bodemdaling en het Hand Aan de Kraan principe	19	6	Conclusies en slotwoord	42
3.1	Zoutwinning en bodemdaling	19	6.1	Algemene conclusies	42
3.2	Belasting gebruiksruimte	21	6.2	Ontwikkelingen in het monitoringsprogramma	42
3.3	Conclusies t.a.v. bodemdaling door zoutwinning	22	7	Referenties en rapporten	43
			7.1	Rapporten Monitoring Frisia over 2022	43
			7.2	Referenties	43

7.3	Rapporten monitoring Frisia Havenmond voorgaande jaren	44
	Bijlage A Actuele adviezen Auditcommissie	47
	Colofon	49

1 Zoutwinning onder de Waddenzee

1.1 Zoutwinning en -productie in Harlingen

Frisia Zout B.V. wint zout uit ondergrondse steenzoutlagen in de omgeving van Harlingen. Dit doet Frisia door putten naar die steenzoutlagen aan te leggen en het zout op te lossen door zoet water naar beneden te spoelen. Met zout verzadigt water (genaamd pekkel) stroomt door een andere buis omhoog naar de zoutfabriek in de industriehaven van Harlingen. Dit proces wordt oplosmijnbouw genoemd. Onderaan de put in de steenzoutlaag laat Frisia een zogenaamde zoutcaverne ontstaan. Dit is een grote met pekkel gevulde holruimte waarvan Frisia de omvang kan laten toe- of afnemen. De zoutcaverne fungeert als een soort buffer die zorgt voor een pekelaanvoer met een stabiel zoutgehalte (zie figuur 1-1).

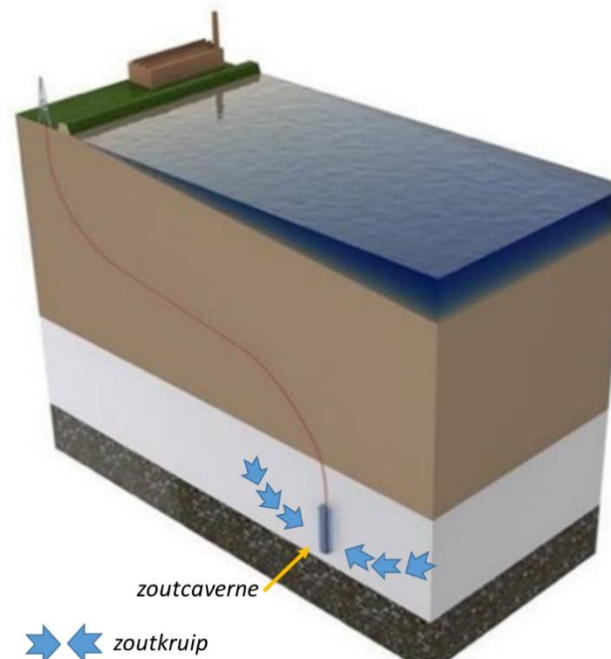
In de zoutfabriek wordt de pekkel gezuiverd van hoofdzakelijk kalk en magnesium en vervolgens ingedampt en gedroogd. Van het ingedampte en/ of gedroogde zout maakt Frisia verschillende zoutproducten. Het grootste deel van dit zout wordt verkocht aan de chemische industrie voor de productie van bijvoorbeeld glas en kunststoffen. Daarnaast wordt het zout gebruikt in de voedings- en diervoedingsindustrie en produceert Frisia blokken en tabletten voor waterontharding.

1.2 Zout is essentieel voor Nederland

Frisia produceert puur zout. Dat wil zeggen dat het zout van een zeer hoge kwaliteit is. Voor de zoutverwerkende industrie is deze hoge kwaliteit noodzakelijk. In de "Contourennota aanpassing Mijnbouwwet" van januari 2023 staat dat zout een essentiële grondstof voor de chemische industrie is in Nederland en Noordwest-Europa en van belang is voor producten die nodig zijn voor de energietransitie.

1.3 Bodemdaling door zoutwinning

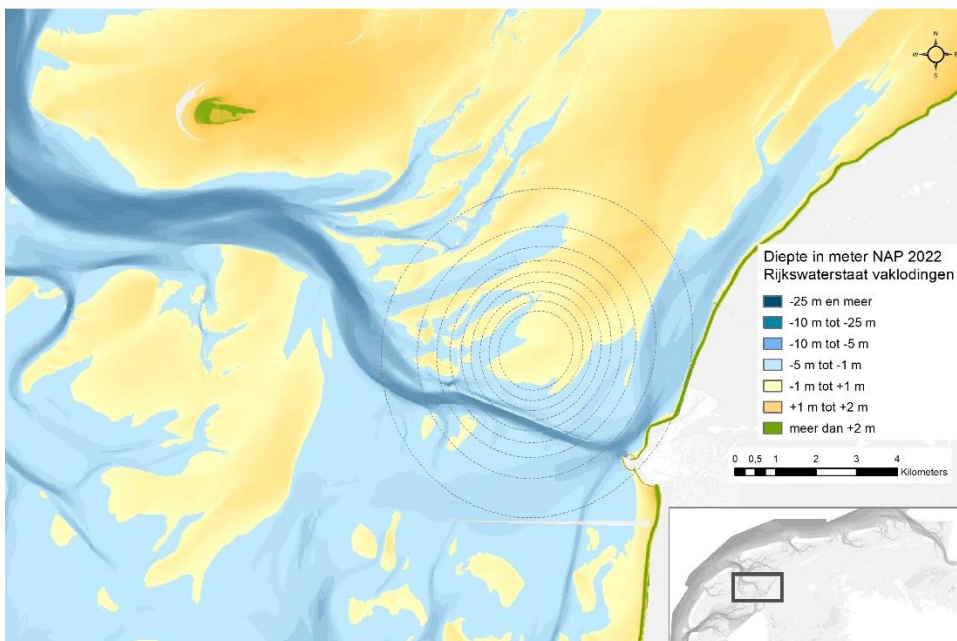
De zoutwinning bij Harlingen vindt plaats in een 700 tot 1100 meter dikke zoutlaag die zich op ca. 2,5 km diepte in de aardbodem bevindt. Op die diepte heerst een hoge druk en is de temperatuur meer dan 100°C. Onder deze condities is steenzout enigszins "vloeibaar". Wanneer Frisia de druk in de zoutcaverne laat afnemen, kruipt het zout toe en wordt de zoutcaverne kleiner. Deze zoutkruip vertaalt zich naar bodemdaling in bovenliggende aardlagen (Figuur 1-1).



Figuur 1-1 Schematische weergave van de boring, de zoutcaverne en de zoutkruip.

Wanneer zoutwinning onder land plaatsvindt, leidt dit tot bodemdaling aan het maaiveld in de vorm van cirkels met als middelpunt de ligging van de zoutcaverne. Deze cirkels worden bodemdalingsschotels genoemd. In de buurt van Harlingen, onder agrarisch gebied, hebben ze een maximale diepte van 30 cm en een diameter van ca. 10 km. Als grens wordt voor bodemdalingsschotels 2 cm bodemdaling aangehouden. Bodemdaling van minder dan 2 cm is moeilijk

te onderscheiden van andere hoogteveranderingen aan het maaiveld en heeft geen consequenties voor andere gebruiksfuncties op het land.



Figuur 1-2 Kaart met de prognose van de totale bodemdalingsschotel aan het einde van de winning uit vier cavernes.

1.4 Bodemdaling onder de Waddenzee

Sinds 1 januari 2022 wint Friesland geen zout meer onder land. In overeenstemming met de Provincie Friesland en de Rijksoverheid heeft Friesland haar zoutproductie verplaatst naar een nieuw winningsgebied dat zich onder de Waddenzee bevindt. Dit gebied heet "concessie Havenmond". In tegenstelling tot de bodemdaling door zoutwinning onder het vasteland, is de bodemdaling in de Waddenzee niet merkbaar of meetbaar aan het oppervlak. Dit werkt als volgt.

Door het getij en door de invloed van het weer is het water in de Waddenzee en de Noordzeekustzone continu in beweging. Het stromende water woelt zand en slib los (erosie), voert dit mee en zet het elders weer af (sedimentatie). Hierdoor verandert de bodem van de Waddenzee voortdurend: zandplaten verplaatsen zich, geulen slibben op de ene plaats dicht en elders ontstaan weer nieuwe

geulen. Dit proces van erosie en sedimentatie houdt de Waddenzee in stand. Het zorgt ervoor dat de wadplaten in het gehele Waddengebied kunnen meegroeien met zeespiegelstijging en lokaal met bodemdaling als gevolg van zoutwinning.

1.5 ‘Zoutwinning met “de hand aan de kraan” voor extra zekerheid

Voorafgaand aan de start van zoutwinning onder de Waddenzee zijn studies verricht en vergunningen verleend. Deze studies hebben aannemelijk gemaakt dat negatieve effecten van de zoutwinning op de Waddenzeenatuur op voorhand konden worden uitgesloten. In de vergunningen zijn aanvullende eisen aan de zoutwinning gesteld, zoals een maximaal toelaatbare bodemdalingssnelheid en een monitoringprogramma. Omdat de bodemdalingssnelheid bepaald wordt door de snelheid van zoutproductie, noemen we dit “zoutwinning met de hand aan de (zout-)kraan”.

De hierboven genoemde maximaal toelaatbare bodemdalingssnelheid is afhankelijk van twee zaken. Dit zijn het meegroeivermogen van het getijdenbassin van de Waddenzee waaronder de zoutwinning plaatsvindt en de snelheid van zeespiegelstijging. De snelheid van zeespiegelstijging plus de snelheid van bodemdaling mogen samen niet meer bedragen van het meegroeivermogen van dit bassin. Dit getijdenbassin heet “het Vlie”. Het exacte meegroeivermogen van het Vlie is onbekend. In de vergunningen voor de zoutproductie wordt daarom een veilige grens van 5 mm wadbodemhoogte per jaar gehanteerd. Voor de zoutwinning onder de Waddenzee wordt conform het advies van de expertgroep over het beleids- en richtscenario een zeespiegelstijging van 3,6 mm per jaar aangehouden (Expertgroep, 2024). De beschikbare ruimte voor bodemdaling door zoutwinning is daarom 1,4 mm per jaar. De verwachting is dat deze ruimte zal afnemen als gevolg van een sneller stijgende zeespiegel.

Naast de bovengenoemde voorwaarden rust op Friesland ook de verplichting om de Waddenzeenatuur te monitoren in het gebied waaronder de bodemdaling plaatsvindt. Wanneer uit de monitoring blijkt dat het niet goed gaat met deze natuur, moet Friesland aannemelijk maken dat dit geen gevolg van de zoutwinning is. Wanneer dit niet lukt, treedt het voorzorgsbeginsel in werking en zal de zoutwinning getemporiseerd of gestopt moeten worden. Ook dit proces is onderdeel van “zoutwinning met de hand aan de kraan”.

1.6 Controle, onafhankelijkheid en transparantie

In het kader van de bovengenoemde monitoring wordt ieder jaar de voortgang van de zoutwinning onder de Waddenzee gerapporteerd. Deze rapporten beschrijven de zoutproductie, caverne-ontwikkeling en de bodemdaling, maar ook de ontwikkeling van de wadplaten, bodemdieren en beschermde vogelsoorten in het gebied. Deze rapporten worden in opdracht van Frisia opgesteld door de onderzoekers die de veldstudies uitvoeren. Frisia stuurt deze rapporten naar het Ministerie van Economische Zaken en Klimaat en het Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit.

De Minister van Economische Zaken en Klimaat legt de rapporten ter controle voor aan een onafhankelijke auditcommissie, genaamd "Auditcommissie voor zoutwinning onder de Waddenzee". Deze commissie beoordeelt de kwaliteit van de rapporten. Ze adviseert de Minister t.a.v. de inhoud en publiceert haar bevindingen op het Internet. Deze publicatie maakt ze kenbaar middels een persbericht zodat iedereen in staat is het oordeel te lezen. Op deze wijze beoogt de Minister de controle op de monitoringsresultaten te scheiden van de politieke discussies die spelen rond mijnbouw in het Waddegebied. De Minister stuurt de rapporten en het advies van de auditcommissie vervolgens naar de Tweede Kamer. Dit proces wordt ieder jaar opnieuw doorlopen. Een overzicht van de meest recente opmerkingen en adviezen van de auditcommissie is te vinden in tekstbox op deze pagina. De volledige tekst is te vinden in het advies op https://www.commissiemer.nl/docs/mer/p37/p3746/3746_ov_advies_auditcommissie_2023.pdf. Op de website van de Commissie voor de milieueffectrapportage (<https://www.commissiemer.nl/>) zijn de adviezen te vinden door te zoeken op "Frisia". In Bijlage A is toegelicht hoe is omgegaan met de onderdelen van het advies.

Actuele adviezen Auditcommissie

Uit het oordeel van de Commissie voor de milieueffectrapportage over het monitoringsjaar 2023: "De rapportage over meetjaar 2022 is van goede kwaliteit en bevat degelijke achtergrondrapporten. De Auditcommissie vindt het nieuwe samenvattende rapport een goede, overzichtelijke, toevoeging. Ze is verder van oordeel dat het monitoringsprogramma een compleet en samenhangend beeld geeft van de huidige situatie en trends in het gebied. Dit geldt zowel voor (pleistocene) bodemdaling, als de effecten op morfologie en de natuur.

Tegelijkertijd constateert de Auditcommissie dat er nog verbeteringen mogelijk zijn. Incidenteel is er sprake van afwijkende meetresultaten en ook is de omgang met onzekerheden van verschillende meetmethoden, zoals de raaimetingen, niet goed beschreven. De Auditcommissie adviseert om in het volgende monitoringsjaar (de omgang met) onzekerheden en afwijkingen en de mogelijke impact hiervan te beschrijven "

Specifieke adviezen bij onderdelen van het programma

- *Zorg dat het hoofdrapport en de technische deelrapporten met elkaar overeenstemmen;*
- *Het is wellicht mogelijk om op basis van de gemeten raaien en met gebruik van interpolatietechnieken (en al dan niet in combinatie met de jaarlijkse resultaten van de spijkermetingen) te komen tot een hoogtekaart van het onderzoeksgebied. Een dergelijke kaart kan meer inzicht geven in de ruimtelijke patronen van morfologische ontwikkelingen/*
- *Analyseer de LiDAR metingen uit 2022 en presenteer de resultaten.*
- *Ten aanzien van de sedimentsamenstelling:*
 1. *Geef inzicht in de lokale verspreiding van mossel- en oesterbanken in het gebied en in de mogelijke effecten voor de korrelgrootte en het slibpercentage van het sediment;*
 2. *Geef inzicht in de mate waarin slibverspreiding vanuit de stortlocatie Kimstergat van invloed kan zijn op de sedimentsamenstelling van de Ballastplaat.*
 3. *In 2022 heeft bemonstering zich uitgestrekt over een periode van meer dan 2 maanden. Weliswaar vond dit plaats in een rustige zomerperiode, maar het is voor de kwaliteit van de data raadzaam om zoveel mogelijk rond dezelfde tijd te bemonsteren.*

Actuele adviezen Auditcommissie – Vervolg

- *Voor een betere navolgbaarheid aansluiten bij gangbare terminologieën en werkwijzen t.a.v. beschikbaarheid en bereikbaarheid van voedsel voor vogels;*
- *Voor een goede vergelijking tussen de verschillende monitoringsjaren is het nuttig om inzicht te bieden in de grootteklassen van de aanwezige (bemonsterde) bodemdieren door gebruik van jaarlijks box-plots of histogrammen, met grootteverdelingen;*
- *Voer de indexering en combinatie van de trends van de vogelaantallen ook zodanig uit dat de vogels die in grote aantallen aanwezig zijn zwaarder meewegen dan de soorten die in kleinere aantallen aanwezig zijn.*

1.7 Bodemdaling onder de stad Harlingen

De locaties van het winningsgebied Havenmond onder de Waddenzee is zo gekozen dat er geen hinderlijke bodemdaling meer optreedt onder land. De voorspelde grens van de bodemdalingsschotel ligt met 2 cm bodemdaling aan het eind van de zoutwinning onder de industriehaven van Harlingen. Hiermee beoogt Frisia de inwoners van Harlingen en omgeving niet tot last te zijn.

Als gevolg van problemen met bodemdaling en aardbevingen zijn er veel zorgen over mijnbouwactiviteiten in Nederland. Ook rond de zoutwinning in Harlingen. De inwoners van Harlingen en omgeving nemen de voorspellingen t.a.v. bodemdaling niet per se voor waar aan en vragen om aanvullende garanties. Met als doel invulling te geven aan deze behoefte is er een samenwerking gestart tussen de lokale overheden, vertegenwoordigers van de bewoners van Harlingen en Frisia. Deze samenwerking heet de Pilot Harlingen. Dit samenwerkingsverband heeft een aanvullend meetnet voor bodembeweging aangelegd in de stad Harlingen en maakt afspraken over maximaal toelaatbare scheefstand en het vergoeden van onverhoopte mijnbouwschade. Via de website www.pilotharlingen.nl en inloopavonden communiceert de Pilot Harlingen met de inwoners van de stad. De Pilot Harlingen staat inmiddels in heel Nederland bekend als een voorbeeld van goede samenwerking rond een groot commercieel project.

1.8 Het monitoringprogramma

Het doel van het monitoringprogramma voor zoutwinning onder de Waddenzee is informatie te verzamelen op basis waarvan aan een aantal vergunningseisen kan worden voldaan. Grofweg zijn dit 1) het bepalen en karteren van de bodemdaling en 2) het meten van de ontwikkeling van de natuur boven die bodemdaling. Daarnaast wordt de ontwikkeling van de natuur ook op een aantal andere, nabijgelegen plekken gemonitord. Dit dient ter vergelijking tussen gebieden waar wel en geen bodemdaling optreedt. In dit rapport wordt per onderdeel van het monitoringprogramma kort ingegaan op het type metingen dat verricht wordt. Voor een meer gedetailleerde beschrijving van de meetmethoden wordt doorverwezen naar de achterliggende onderzoeksrapporten.

De Waddenzeenatuur bestaat uit een grote hoeveelheid levende organismen en milieu-omstandigheden. In het ontwerp van het monitoringprogramma is daarom eerst nagegaan hoe bodemdaling in de diepe ondergrond zou kunnen doorwerken en een effect zou kunnen hebben op de natuur. Dit criterium wordt de effectketen genoemd (Figuur 1-3). Het volgen van de effectketen helpt bij het kiezen van de relevante te monitoren onderdelen. In de effectketen is ook zichtbaar dat de afstand tussen de bodemdaling en de gevolgen steeds verder toeneemt doordat er steeds meer schakels bijkomen. Daarom wordt ook wel gesproken over directe effecten en hogere orde effecten. De effectketen ziet er als volgt uit:



Figuur 1-3 De effectketen die de samenhang tussen de zoutwinning, de bodemdaling en de veranderingen in de Waddenzee beschrijft.

Een tweede criterium bij het kiezen van de monitoringonderdelen vormen de instandhoudingsdoelen van de Waddenzee. Wettelijk gezien spreek je namelijk van natuurschade wanneer er sprake is van een significante negatieve ontwikkeling in een instandhoudingsdoel. De twee criteria leiden samen tot de volgende monitoringonderdelen.

Monitoringonderdeel	Hoofdstuk
(Pleistocene) Bodemdaling, zoutproductie, cavernevolume,	3
Erosie- en sedimentatie, hoogteligging en sedimentsamenstelling	4
Bodemdieren op de Ballastplaat	5
Vogeltellingen op hoogwatervluchtplaatsen en monitoring van trekbewegingen tussen hoogwatervluchtplaatsen en de Ballastplaat	5

1.9 Dit rapport

Het voorliggende rapport is opgesteld om een beknopt en toegankelijk overzicht te geven van de resultaten van de meet- en monitoringsinspanningen die tot en met het jaar 2023 in opdracht van Frisia zijn uitgevoerd. Dit rapport is dan ook een samenvatting van de monitoringrapportages die door de verschillende onderzoekers zijn opgesteld.

In tegenstellingen tot eerdere jaren, is dit overzichtsrapport compacter omdat de integratie tussen de verschillende monitoringonderdelen en een beschrijving van de toegepaste meet- en analysemethoden reeds grotendeels in de onderliggende deelrapporten plaatsvindt. Een overzicht van deze deelrapporten is te vinden in de volgende tabel.

Onderwerp	Rapport
Bodemdaling	
	Antea, 2024. Monitoring bodemdaling zoutwinning Waddenzee; Jaarrapportage 2023. projectnummer 04825281.100 definitief revisie 01; definitief revisie 00; 24 januari 2024
	Chorus, T.A., 2024. Beheerscyclus Meet- en regelprotocol Havenmond over het jaar 2023. Well Engineering Partners B.V notitie versie 1.1.
Bodemligging, sedimentatie en erosie	
	Spaans, D. & J. Cleveringa, 2024. Monitoring situatie 2023 bodemligging studiegebied zoutwinning Waddenzee. Arcadis-rapport
	Krol, J., L. Saathof, J.G. Lodewijks, Kappers, E.F. & M.A.T. Marijt. 2024. Wadsedimentatie Studiegebied zoutwinning Waddenzee. Jaarrapport 2023. A&W-rapport 21-010#3.
Sedimentsamenstelling	
	Marijt, M.A.T. & Kappers, E.F., 2024. Sedimentsamenstelling Studiegebied zoutwinning Waddenzee Jaarrapport 2023. A&W-rapport 21-009#3.
Bodemdieren en wadvogels	
	Kappers, E.F, 2024. Draagkracht van de Ballastplaat voor foeragerende vogels. Benthosbemonstering 2022; A&W-rapport 23-109
	Kersten, M., J. Krol, J. van der Kamp & K. Rappoldt. 2024. Aantallen en verspreiding van wadvogels op de Ballastplaat

Onderwerp	Rapport
	en omgeving; Verkenning van de mogelijkheden. EcoCurves rapport 31; versie januari 2024.
	Wortelboer, R., & R. Elias, 2024. Trends van vogels studiegebied zoutwinning Waddenzee 2023. Arcadis-rapport

2 De Waddenzee bij Harlingen

2.1 Inleiding

De bodemdaling door de zoutwinning onder de Waddenzee vindt plaats boven de zoutcaverne en die ligt op ruim 3 km afstand van de fabriek van Frisia in Harlingen. Het gebied waar de bodemdaling optreedt bestaat deels uit droogvallende wadplaten en deels uit gebieden die ook bij laagwater niet droogvallen. De grootste aaneengesloten droogvallende wadplaat in het gebied waar de bodemdaling optreedt is de Ballastplaat. Dit is ook de wadplaat waar de monitoring is geconcentreerd.

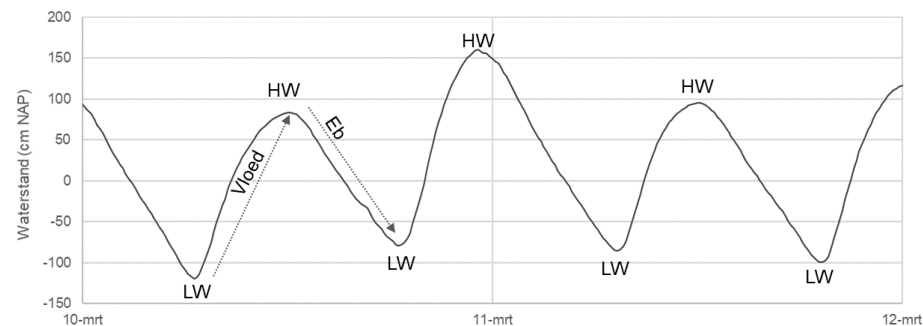
De Ballastplaat ligt in het kombergingsgebied Vlie, dat in verbinding staat met de Noordzee via de grote getijdegeul Vliestroom die tussen Vlieland en Terschelling loopt. Het zuidelijke deel van de Ballastplaat, waaronder de bodemdaling plaatsvindt, ligt relatief laag. Naar het noorden toe liggen de deelgebieden die zijn aangeduid als “Ballastplaat-midden” en “Ballastplaat-noord”. Deze delen van de Ballastplaat liggen hoger en vallen daardoor langer droog. In het noordelijke deel van de Ballastplaat en op de naastgelegen Vlakte van Oosterbierum is het slibgehalte in het sediment hoger.

De Ballastplaat bestond nog niet voor de afsluiting van de Zuiderzee. Waarschijnlijk is de plaat ontstaan in de luwte van de Pollendam. In de ruimere omgeving van Harlingen heeft een duidelijke en grote toename van het areaal droogvallende wadplaten plaatsgevonden na de aanleg van de Zuiderzee. Ook onder het niveau van laagwater heeft sedimentatie plaatsgevonden in dit gebied. Dit is bijvoorbeeld heel duidelijke ten zuidwesten van Harlingen, waar rondom de vaargeul Boontjes het ondiepe gebied geleidelijk aan steeds groter is geworden. De toename van het oppervlakte droogvallende platen in de periode 1992-2022 bedroeg gemiddeld 77 ha/jaar.

Bij de beschouwing van de veranderingen van het areaal wadplaten is een vaste grens gehanteerd voor de overgang van gebieden die droogvallen (het litoraal) en de gebieden die nooit droogvallen (het sublitoraal). Het hanteren van een vaste overgang is handig, omdat daarmee direct inzichtelijk is welke morfologische veranderingen zijn opgetreden. Maar het hanteren van een vaste grens doet geen recht aan de veranderingen die optreden in de waterstanden. Om de gevolgen daarvan te illustreren wordt in de volgende paragrafen ingegaan op variaties in de waterstanden.

2.2 Waterstanden

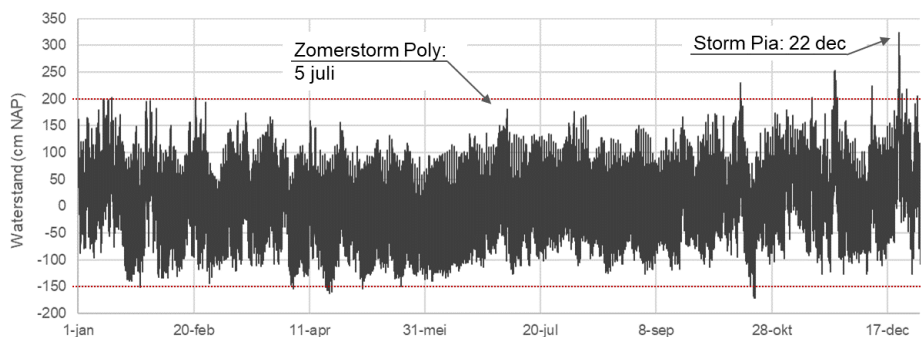
In de Waddenzee treedt ieder getij een laag- een hoogwater op, met opgaand water, oftewel vloed van laag- naar hoogwater en afgaand water, oftewel eb, van hoog- naar laagwater. Eén getijcyclus van eb en vloed duurt 12 uur en 25 minuten. Vrijwel iedere dag is er sprake van twee hoog- en twee laagwaters, zoals te zien is in Figuur 2-1. De hoogte van de waterstanden die ieder getij optreden varieert. Enerzijds is sprake van verschillende astronomische variaties, die optreden doordat de stand van de maan ten opzichte van de aarde en de stand van de aarde ten opzichte van de maan veranderen in de loop van het jaar en ook over langere perioden. De bekendste astronomische variatie is misschien wel die van doortij en springtij. Anderzijds is ook het weer van invloed op de waterstanden, doordat de wind meer of juist minder water de Waddenzee in- of juist uitblaast. Dit worden meteorologische variaties genoemd. De omvang van verhoging of verlaging van de waterstand door de wind is afhankelijk van de windrichting en de -sterkte.



Figuur 2-1 Grafiek met de gemeten waterstanden op twee willekeurig gekozen dagen in Harlingen in 2023 (gegevens Rijkswaterstaat). HW: Hoogwater; LW: Laagwater.

De waterstanden nabij de Ballastplaat worden gemeten bij het Waterstandsstation Harlingen door Rijkswaterstaat. Een overzicht van gemeten waterstanden in 2023 is weergegeven in figuur 3-5. In deze grafiek zie je niet de waterstanden per getij, maar wel de hoogste en laagste waarden per getij. Duidelijk is dat de hoog- en laagwaterstanden verschillen gedurende het jaar. De laagst gemeten waterstand was -171 cm t.o.v. NAP op 20 oktober. De hoogste gemeten waterstand was +324 cm t.o.v. NAP en deze waterstand werd gemeten tijdens storm Pia op 22 december 2023.

In Figuur 2-2 zijn met twee gestippelde rode lijnen ook twee waarden voor zeer hoge en zeer lage waterstanden weergegeven. De hoge waterstand van NAP + 200 cm wordt slechts enkele malen [per jaar overschreden, wanneer tijdens stormen het water in de Waddenzee wordt opgestuwd. Merk op dat tijdens zomerstorm Poly deze waarden van NAP +200 m niet is bereikt. Waterstanden onder NAP -1,50 m kwamen vrijwel niet voor, hiervoor moet gedurende tenminste een dag een harde wind uit het oosten of noordoosten staan en die omstandigheden treden zelden op. Veel van de laagwaterstanden lagen in 2023 boven de NAP -1 m. De Ballastplaat valt onder deze omstandigheden per getijdencyclus een aantal uur droog. Sterk verhoogde waterstanden, zoals tijdens storm Pia, hebben tot gevolg dat de Ballastplaat niet droogvalt.

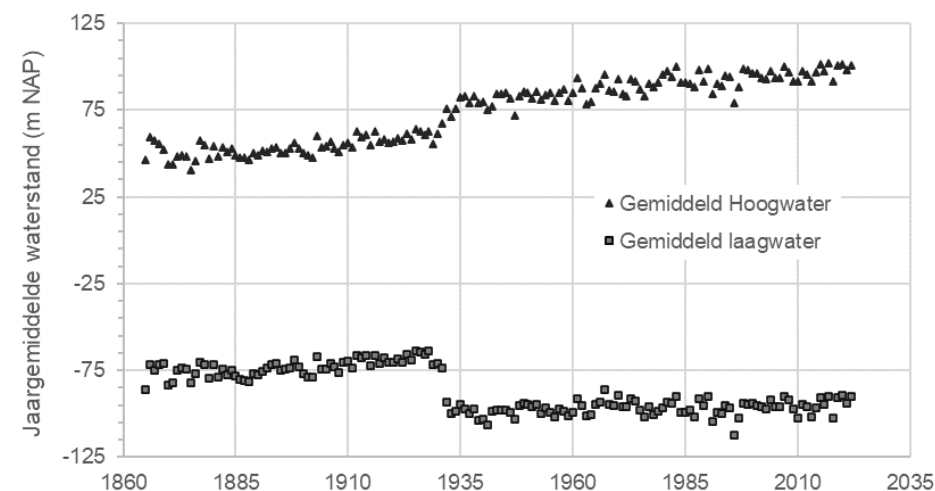


Figuur 2-2 Grafiek met de gemeten waterstanden in Harlingen in 2023 (gegevens Rijkswaterstaat).

2.3 Veranderingen in de waterstanden op de langere termijn (jaren)

In de voorgaande paragraaf is getoond dat de waterstanden per getij variëren en ook dat iedere getij sprake is van een andere laag- en hoogwaterstand. Ook op langere termijn variëren de waterstanden. Om dat inzichtelijk te maken wordt niet gekeken naar de waterstanden zoals die iedere 10-minuten worden gemeten (zoals weergegeven in Figuur 2-1 en in Figuur 2-2), maar naar de

jaargemiddelde waarden van het laag- en hoogwater. De jaargemiddelde waarden worden door Rijkswaterstaat berekend uit de gemeten waterstanden. Figuur 2-3 laat deze jaargemiddelde waarden zien¹.

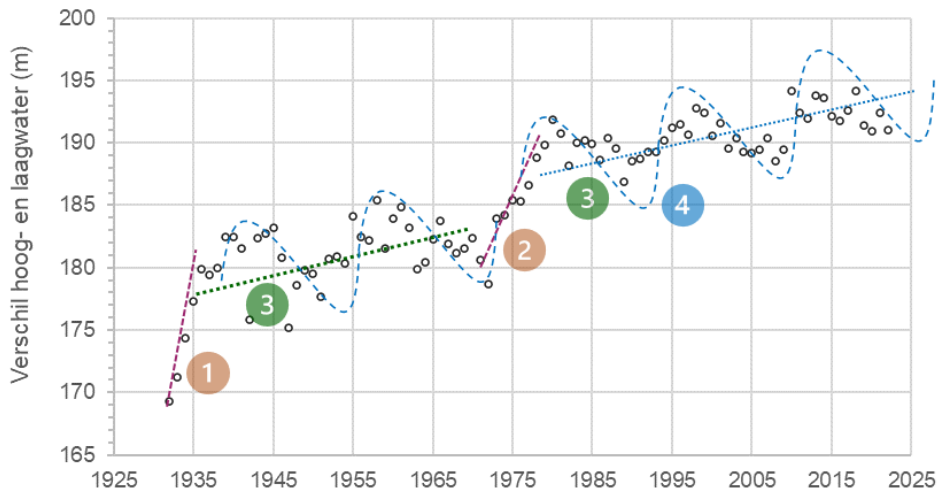


Figuur 2-3 Jaargemiddelde laag- en hoogwaterstanden voor Harlingen voor de periode 1865-2022 (gegevens Rijkswaterstaat).

Het meest opvallende kenmerk van de grafiek in Figuur 2-3 is ongetwijfeld de sprong in de waarden rond 1932. Deze sprong, die het meest uitgesproken is in de laagwaterstanden, maar ook zichtbaar is in de hoogwaterstanden, is het gevolg geweest van de aanleg van de Afsluitdijk, waardoor de voortplanting van het getij sterk is veranderd (zie bijvoorbeeld Elias, 2006). Wat verder opvalt is dat het niveau van laagwater voor en de sprong in 1932 een klein beetje toeneemt, terwijl het niveau van hoogwater veel duidelijker toeneemt. Het verschil tussen laag- en hoogwater is daardoor ook toegenomen. Die toename wordt duidelijker wanneer het verschil tussen het jaargemiddelde laag- en hoogwater wordt getoond, zoals is gedaan in Figuur 2-4, voor de periode na 1925. In deze figuur zijn ook een aantal veranderingen gemarkeerd. De lijn bij 1 markeert de sprong die is opgetreden in de waterstanden rond de aanleg van de

¹ De jaargemiddelde waterstanden waren ten tijde van het opstellen van het rapport nog niet beschikbaar voor 2023.

Afsluitdijk. Door de combinatie van de afname van de laagwaterstanden en de toename van de hoogwaterstanden is de getijslag in een tijdsbestek van enkele jaren met 50 cm toegenomen (die sprong staat niet compleet in Figuur 2-4, voor 1930 was het verschil tussen laag- en hoogwater minder dan 130 cm en dat ligt buiten het bereik van de y-as). Bij 2 is nog een toename gemarkeerd van het verschil, waarvan de oorsprong minder duidelijk is, maar die mogelijk gerelateerd is aan veranderingen in de haven van Harlingen. Bij 3 geven de gestippelde groene lijnen de trendmatige toename van het verschil weer. Door combinatie van de trendmatige toename bij 3 en de sprong bij 2 is het verschil tussen laag- en hoogwater tegenwoordig meer dan 190 cm, terwijl het rond 1935 nog rond de 180 cm lag. Bovenop deze toename is variatie zichtbaar. Bij deze variatie is een cyclus aangegeven, van ongeveer 19 jaar. Een van de langjarige fluctuaties in het getij is de 18,6 jarige cyclus en dit is waarschijnlijk een van de redenen van de variatie in de verschillen. De andere reden is de variatie die optreedt door verschillen in de meteorologische omstandigheden per jaar.



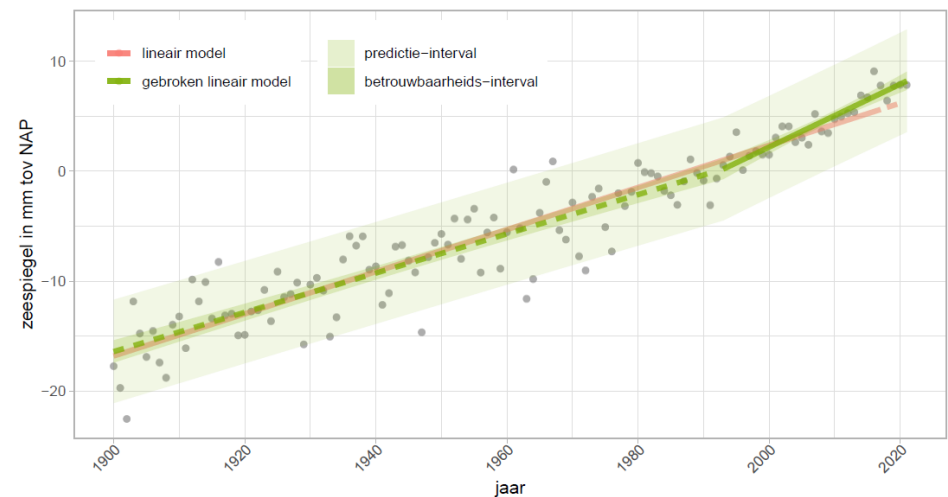
Figuur 2-4 Verschil tussen de jaargemiddelde laag- en hoogwaterstanden voor Harlingen voor de periode 1865-2022 (op basis van gegevens Rijkswaterstaat). Toelichting op de gestippelde lijnen en getallen in de tekst.

De veranderingen van de waterstanden in de Waddenzee zijn op verschillende manieren relevant voor de zoutwinning onder de Waddenzee. In de volgende paragraaf wordt ingegaan op de stijging van de gemiddelde zeespiegel, die een belangrijke variabele vormt voor het Hand-aan-de-Kraan principe. In hoofdstuk 5

komt het droogvallen van de Ballastplaat aan de orde, die medebepalend is voor de draagkracht voor foeragerende wadvogels. Veranderingen in de waterstanden hebben gevolgen voor het droogvalduur.

2.4 Waterstanden en zeespiegelstijging

Op de lange termijn, over perioden van tientallen jaren, bepalen de gemiddelde waterstanden de ontwikkeling van de zeespiegel. De snelheid waarmee de zeespiegel stijgt is bepalend voor de maximaal toelaatbare bodemdalingssnelheid en daarom een belangrijk onderdeel van het Hand Aan de Kraan principe. Wanneer de variaties in de waterstanden die optreden door de wind over het hele jaar worden beschouwd, dan leiden deze tot een gemiddeld iets hogere of iets lagere gemiddelde zeespiegel. In de "Zeespiegelmonitor" van Deltares (Stolte et al., 2023) is met behulp van nieuwe berekeningen aan de windinvloed een analyse van de zeespiegelstijging uitgevoerd. Nadat de effecten van wind en door langjarige variaties in het getij uit de waarnemingen zijn gefilterd, maken Stolte et al. (2023) onderscheid tussen de snelheid van zeespiegelstijging voor en na 1993. Voor 1993 lag de trend op 1,8 mm per jaar en na 1993 op 2,9 mm per jaar (figuur 2-2). Dit is van belang bij het vaststellen van de belasting van het meegroeivermogen van het Vlie, hetgeen in de volgende paragraaf wordt besproken.



Figuur 2-2 Jaargemiddelde zeespiegel (grijze stippen) gemiddeld voor de stations Vlissingen, Hoek van Holland, IJmuiden en Harlingen, gecorrigeerd voor

de windopzet en het nodaal getij, met de lineaire trend en gebroken lineaire trend (uit Stolte et al., 2023).

2.5 Menselijke activiteiten nabij het monitoringgebied

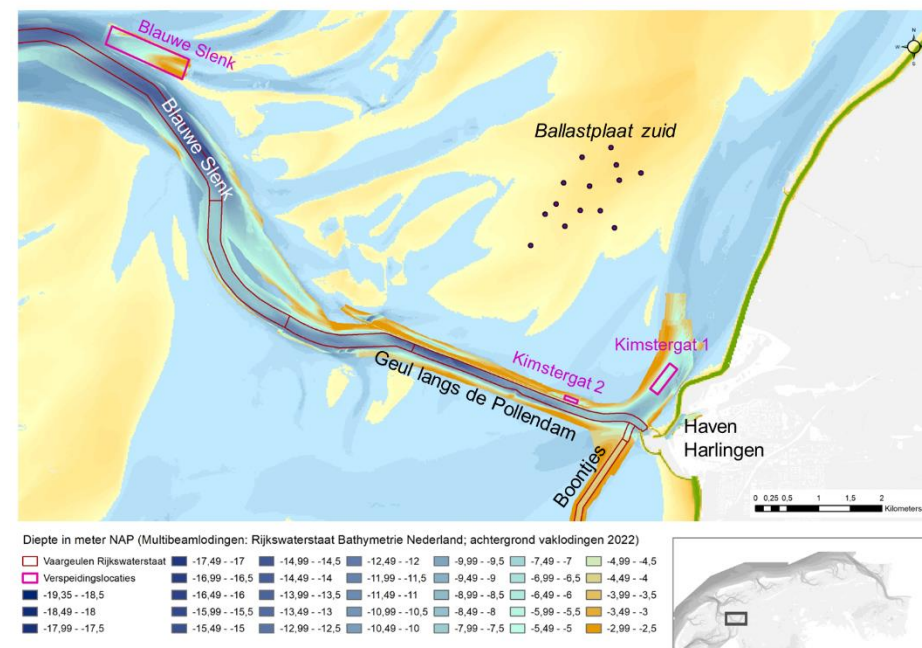
De Ballastplaat en de omliggende hoogwatervluchtplaatsen worden op verschillende manieren door menselijke activiteiten beïnvloed. Het is in het belang van dit monitoringprogramma om de invloed van deze factoren te gaan begrijpen zodat we veranderingen in natuurwaarden kunnen duiden. Factoren die we op dit moment in beeld hebben, zijn baggerwerkzaamheden (baggeren van vaargeulen en de haven Harlingen en het verspreiden van de baggerspecie), spuien van zoetwater uit het IJsselmeer (Kornwerderzand) en Friesland (Harlingen en Roptazijl), verstoring van de plaat en hoogwatervluchtplaatsen door recreanten, de toename van exotische bodemdieren en visserij. Deze factoren worden hieronder kort besproken.

Baggerwerkzaamheden

In vaargeulen in de Waddenzee wordt gebaggerd op die plekken waar een minimale diepte is afgesproken vanwege de scheepvaart. Ook in de havens die aan de Waddenzee grenzen wordt gebaggerd, om een minimale diepte te kunnen garanderen. De vaargeulen in de nabijheid van de Ballastplaat Zuid waar frequent wordt gebaggerd zijn aangegeven in Figuur 2-5, waarin ook de haven van Harlingen is aangegeven.

Het baggeren vindt plaats met verschillende technieken, zoals het gebruik van een sleephopperzuiger, kraanschip, verschillende vormen van agitatiebaggeren (opwoelen door waterinjectiebaggeren of het gebruik van een airset) en ploegen. Bij het gebruik van een sleephopperzuiger of kraanschip wordt het gebaggerde zand en slib (de baggerspecie) met een schip verplaatst naar een nabijgelegen verspreidingslocatie, waar de baggerspecie op de bodem wordt geplaatst.

De hoeveelheden die worden gebaggerd variëren van jaar op jaar, zoals zichtbaar is in Tabel 2-1. De redenen voor de (grote) verschillen in de gebaggerde volumes ligt enerzijds in de sedimentatie in de geulen en havens die van jaar op jaar verschilt en anderzijds in de baggerinspanning die wordt gepleegd (Cleveringa, 2024).



Figuur 2-5 De omgeving van Harlingen met de vaargeulen en de haven waar wordt gebaggerd en de verspreidingslocaties waar de baggerspecie wordt verspreid. De stippen op de Ballastplaat zijn de locaties van de Sedimentatiemetingen.

Voor het baggeren zijn verschillende technieken beschikbaar, zoals het opzuigen met een sleephopperzuiger, het opscheppen met een kraanschip, lokaal herverdelen met een ploeg en het in de waterkolom brengen met waterinjectie (WID-en) of het gebruik van de Airset. Bij een deel van deze technieken wordt het gebaggerde zand- en slib naar een verspreidingslocatie gebracht, terwijl andere baggertechnieken voor de verspreiding gebruik maken van de stroming. In Cleveringa (2024) staat een compleet overzicht en beschrijvingen van de ingezette bagger- en verspreidingstechnieken. Voor de baggerwerkzaamheden in de omgeving van Harlingen is geen compleet overzicht van de ingezette technieken beschikbaar. In Tabel 2-1 is voor de vaargeulen voor de jaren 2021, 2022 en 2023 aangegeven welk volume sediment is verplaatst door ploegen. Maar voor de haven van Harlingen is in 2023 ook sprake geweest van agitatiebaggeren (waarneming J. Cleveringa, Figuur 2-6).

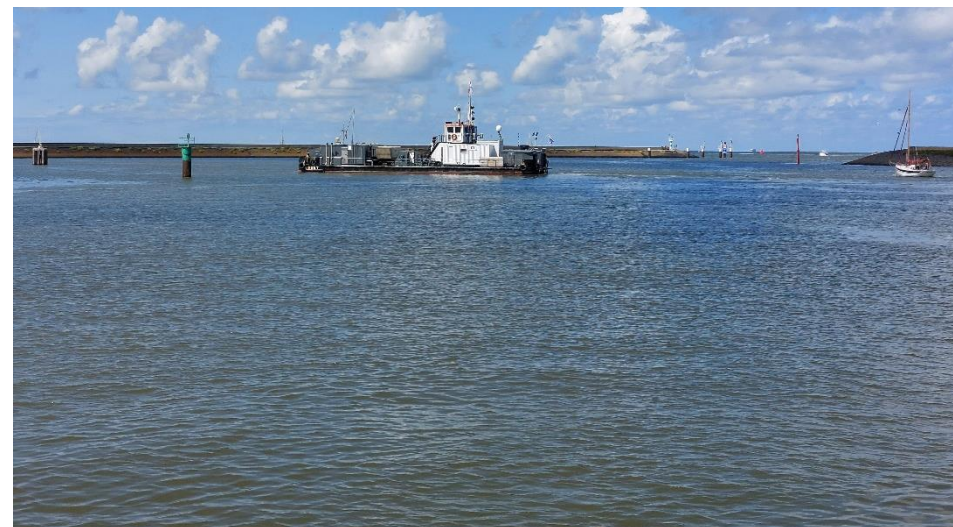
Tabel 2-1 Baggervolumes per baggerlocatie van 2019 t/m 2023 in m³ in het Zeegat van het Vlie, tussen haakjes het volume dat in 2021, 2022 en 2023 door middel van ploegen op stroom is gezet (Mulder & Posthuma, 20224).

Baggerlocatie	2019	2020	2021	2022	2023
Haven van Harlingen	Niet beschikbaar	1.161.274	1.031.414	1.014.302	734.595
Blauwe Slenk	456.529	417.376	257.316 (6.575)	468.611 (0)	356.706 (954)
Vaargeul langs Pollendam	80.088	123.995	6.160 (2.025)	66.165 (3.925)	109.523 (6.462)
Boontjes	363.992	221.541	120.876 (4.400)	262.922 (21.204)	110.710 (5.058)

De verspreidingslocaties waar de baggerspecie wordt aangebracht in de nabijheid van de Ballastplaat Zuid zijn ook aangegeven in Figuur 2-5. De totale hoeveelheden die zijn verspreid op de verspreidingslocatie nabij Harlingen zijn niet bekend, omdat geen opgave beschikbaar is van de verspreidingslocaties van de haven van Harlingen in de baggerrapportage 2023 (Mulder & Posthuma, 2024). De verspreide volume van Rijkswaterstaat staan in Tabel 2-2. De gebaggerde volumes uit de haven van Harlingen worden verspreid op de locatie Kimstergat 1. De locatie Kimstergat 2 (ook wel aangeduid als Pollendam) is volgens Mulder & Posthuma (2024) in 2023 niet gebruikt, omdat deze te ondiep is geworden. Ook een belangrijk deel van de baggerde volumes uit de Boontjes wordt op de Kimstergat locaties verspreid, evenals de baggerspecie uit de Geul langs de Pollendam. De gebaggerde volumes van de Blauwe Slenk worden voornamelijk naar de verspreidingslocatie Blauwe Slenk gebracht.

Tabel 2-2 Verspreid volume van Rijkswaterstaat per verspreidingslocatie in de Waddenzee (Mulder & Posthuma, 20224). De volumes die vanuit de haven van Harlingen zijn verspreid zijn niet opgenomen in dit overzicht.

Verspreidingslocatie	2019	2020	2021	2022	2023
Kimstergat 1	406.152	282.894	114.363	181.975	110.193
Blauwe Slenk	187.212	219.181	54.673	373.467	322.040



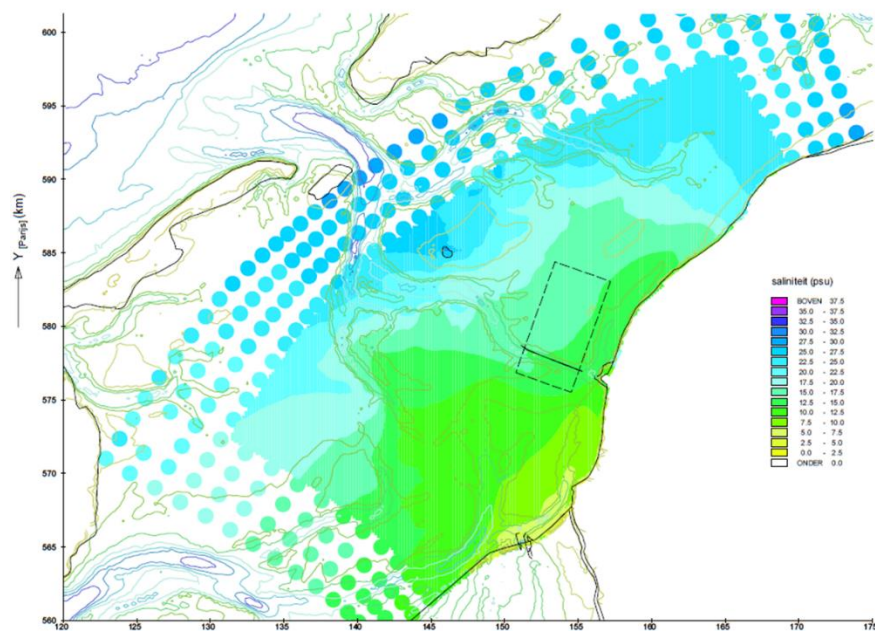
Figuur 2-6 Airset aan het werk in de haven van Harlingen op 20 juli 2023 (foto auteur).

Gegevens over de sedimentsamenstelling van de baggerspecie zijn niet beschikbaar. Verondersteld wordt dat de baggerspecie in de haven van Harlingen slibrijk is, met meer zandig materiaal bij de haveningang, tot vrijwel puur slib achterin de havenbekkens. Ook de baggerspecie uit de Boontjes bestaat deels uit slib (Alonso et al., 2021).

In totaal worden ieder jaar meer dan 1×10^6 m³ baggerspecie nabij de Ballastplaat zuid. Het grootste deel hiervan werd in 2023 op de Kimstergat 1 locatie verspreid. Modelberekeningen laten zien dat het meeste slib dat op de verspreidingslocatie Kimstergat door stroming wordt geërodeerd, wordt getransporteerd via de geulen en dat ook het meeste slib in de diepere delen (geulen en haven) tot afzetting komt (van Weerdenburg et al., 2019). Een klein deel van de verspreide baggerspecie zal bijdragen aan de sedimentatie op de Ballastplaat en dan met name in de gebieden die direct aan het Kimstergat grenzen. Het is (nog) niet mogelijk om deze bijdrage aan de (slib)sedimentatie te kwantificeren. Enerzijds zijn nog niet alle processen die bijdragen aan de sedimentatie en erosie op wadplaten voldoende geïmplementeerd in de numerieke modellen, zoals is beschreven door Colosimo et al. (2023) op basis van metingen in de nabijheid van de Ballastplaat. Anderzijds mist er nog informatie over de samenstelling van de baggerspecie, de ingezette baggertechniek in de haven van Harlingen.

Spuien van zoetwater

Het zoutgehalte van het zeewater heeft een grote invloed op de groei, voortplanting en overleving van bodemdieren. Met name via de sluizen bij Kornwerderzand worden periodiek grote hoeveelheden zoetwater de Waddenzee ingebracht. Dat zoete water bereikt ook de Ballastplaat, zoals zichtbaar is in Figuur 2-7. Ook vanuit Harlingen en Roptazijl wordt zoetwater gespuid, direct nabij de Ballastplaat, maar deze volumes zijn veel kleiner dan de aangevoerde hoeveelheden zoetwater vanuit het IJsselmeer (zie hiervoor Digitale Systeemrapportage van de Waddenzee hoofdstuk 3 Hydrodynamiek; <https://systeemrapportage.nl/wadden/index.html>).

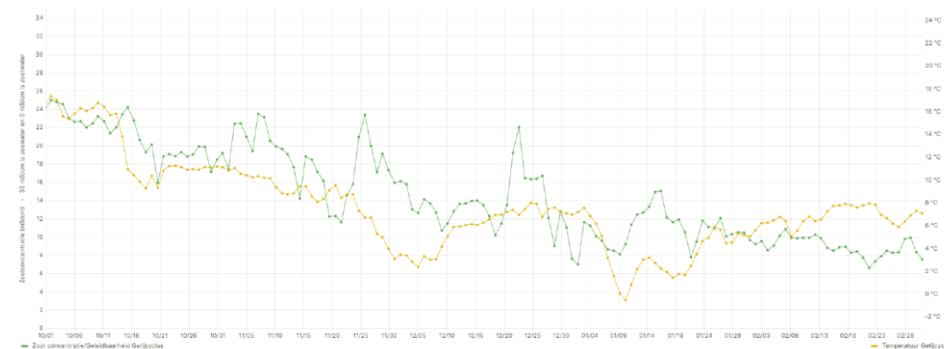


Figuur 2-7 Berekende minimum saliniteit gedurende springtij-doottij cyclus voor de referentiesituatie (Hartsuiker, 2010).

De hoeveelheden zoetwater die worden gespuid naar de Waddenzee verschillen in hoge mate gedurende het jaar en ook tussen jaren. Een voorbeeld van de variatie die optreedt is zichtbaar in Figuur 2-9, met de kanttekening dat de getoonde grafieken niet het hele jaar omvatten. In de getoonde periode van mei

tot oktober waren de afvoeren in 2022 laag in vergelijking met de andere jaren. De reden voor de variaties is uiteindelijk het weer. De reden voor het spuien is het handhaven van de streefpeilen in de watersystemen IJsselmeer en de Friese boezem. Meer neerslag in de achterlanden van deze watersystemen leidt over het algemeen tot hogere waterpeilen. Bij (dreigende) overschrijding van de streefpeilen moet water worden afgevoerd door te spuien. In 2023 begon bijvoorbeeld na een relatief droge periode tegen het einde van juli een natte periode, die zich vertaalde in relatief hoge afvoeren in augustus.

De saliniteit is een abiotische factor die van invloed is op de samenstelling van het bodemleven in de Waddenzee. De tolerantie van de verschillende soorten bodemdieren voor de saliniteit en voor variaties daarin verschilt. De relatief hoge biodiversiteit op de Ballastplaat suggereert dat ondanks de nabijheid van de spuisluizen bij Kornwerderzand en de berekende invloed daarvan op de saliniteit (Figuur 2-7), de invloed van dit zoete water hier beperkt is. Om meer inzicht te krijgen in de saliniteit op de Ballastplaat is gestart met monitoren van het zoutgehalte op Ballastplaat. Loggers aan een van de permanente meetpalen (Figuur 3-1) registreren de saliniteit en de temperatuur van het water op de Ballastplaat. In de grafiek met de meetwaarden over de periode 1 oktober 2023 – 1 maart 2024 is zichtbaar dat over de hele periode de saliniteit is afgenomen, van rond de 24 mS/cm tot rond de 8 mS/cm (waarbij 35 mS/cm overeenkomt met zeewater en 0 mS/cm met zoetwater). Deze afname is het gevolg van de grote afvoer van zoetwater in de natte periode.



Figuur 2-8 Grafiek met de temperatuur (geel) en saliniteit (groen) gemeten op de Ballastplaat ter plaatse van meetpaal CGPS02 voor de periode 1 oktober 2023 tot 1 maart 2024, waarbij de waarde per getijdencyclus is weergegeven.

Verstoring door recreanten

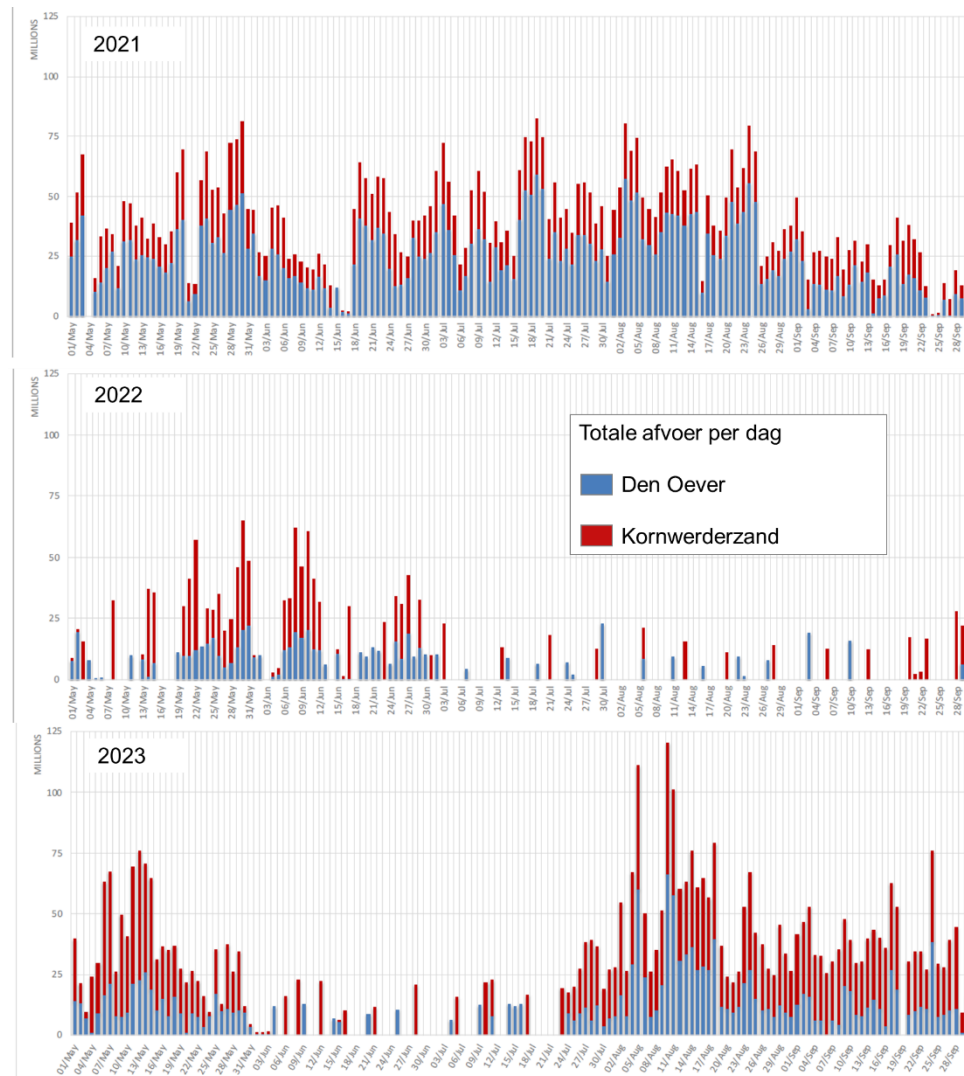
Verstoring van de Ballastplaat zelf door bezoekers en droogvallende schepen valt gelukkig heel erg mee. Een grotere zorg is de verstoring van de hoogwatervluchtplaatsen, zie bijvoorbeeld Ens et al. (2021). Op verschillende plaatsen langs de Waddenzee kust wordt aan dit probleem aandacht besteed (Fietsen et al, 2022). Bij de hoogwatervluchtplaats “Westhoek” heeft de beheerder een informatiezuil geplaatst, die fungeert als een stoplicht dat op rood springt tijdens hoogwater. De recreanten kunnen dan weten dat het gebied op dat moment verstoringsgevoelig is.

Visserij

Voor zover bekend vindt op de Ballastplaat geen garnalenvisserij of handkorkelvisserij plaats. Wanneer dit zou veranderen, dan heeft het onderwerp aandacht nodig. Bodemberoerende visserij kan namelijk invloed hebben op de bodemdierensamenstelling in het gebied (zie hiervoor bijvoorbeeld Heidinga et al., 2022). Op dat moment moet worden gekeken of sprake is van interactie met de monitoring voor de zoutwinning.

Exoten

Het belangrijk deel van de biomassa bodemdieren in de Waddenzee bestaat inmiddels uit exotische soorten krabben, schelpdieren, wormen, etc. Een deel van deze exoten heeft een invasief karakter en is zodoende in staat de bodemdierensamenstelling sterk te beïnvloeden. Dit kan een probleem zijn voor de beschermde natuurwaarden van het gebied. Zo is een mosselbank die door Japanse oesters wordt overgroeid minder geschikt als foerageergebied voor steenlopers, scholeksters en zilvermeeuwen. Op de Ballastplaat worden (nog) geen oesters aangetroffen. Een invasieve exoot die vrij algemeen aanwezig op de Ballastplaat, is het Mesheft (Amerikaanse zwaardschede). De Mesheften komen niet in de benthosbemonsteringen naar voren omdat ze snel kunnen graven en daardoor moeilijk te vangen zijn. Mochten ze zich uitbreiden dan zien we dit direct in het monitoringprogramma omdat de jonge Mesheften (broedjes) wel goed bemonsterd worden. In de benthosbemonstering in 2023 is voor het eerst de Filipijnse tapijtschelp (*Ruditapes (venerupis) philippinarum*) waargenomen.



Figuur 2-9 Grafiek met de som van de afvoeren per dag vanuit de sluisen bij Kornwerderzand en Den Oever voor de periode mei tot oktober voor 2021, 2022 en 2023 (uit Jager, 2023; de gegevens over 2023 betreffen voorlopige gegevens).

Zeegras

Groot zeegras (*Zostera marina*) komt van nature voor in de Waddenzee, maar de omvang van het areaal waar Groot zeegras aanwezig is, is sterk afgenomen. Omdat Groot zeegras (*Zostera marina*) en Klein Zeegras (*Zostera noltii*) belangrijke kwaliteitselementen zijn van de wadplaten in de Waddenzee, is de afgelopen jaren gewerkt aan het herstel van zeegras. Dit heeft geresulteerd in een zeegrasveld bij Griend, waarvan de omvang de afgelopen jaren is toegenomen (Marijt et al., 2024). Tijdens het bemonsteren van de Ballastplaat-Noord voor het monitoringprogramma voor de zoutwinning zijn op de Ballastplaat-Noord een twintigtal platen van Groot zeegras aangetroffen (Figuur 2-10). Waarschijnlijk zijn deze platen opgekomen uit zaad dat afkomstig is van het zeegrasveld bij Griend (Marijt et al., 2024). Omdat uit de spontane vestiging van het Groot zeegras op deze locatie is gebleken dat de Ballastplaat-Noord geschikt habitat vormt, is hier in het vroege voorjaar van 2024 op meerdere plots van 400m² zeegras ingezaaid (nieuwsbericht Omrop Fryslân: <https://www.omropfryslan.nl/nl/nieuws/16376511/het-voor-de-natuur-belangrijke-zeegras-komt-steeds-dichter-bij-de-friese-kust>). Omdat de aanwezigheid van zeegras kan doorwerken op de sedimentatiesnelheid en de sedimentamenstelling, zal de ontwikkeling van het zeegras op de Ballastplaat in de gaten worden gehouden.



Figuur 2-10 Foto van Groot zeegras (*Zostera marina*), zoals aangetroffen op de Ballastplaat- Noord op 28 juni 2023 (foto Johan Krol).

3 Bodemdaling en het Hand Aan de Kraan principe

De resultaten die in dit hoofdstuk centraal staan, zijn afkomstig uit deze rapporten:

Antea, 2024. Monitoring bodemdaling zoutwinning Waddenzee; Jaarrapportage 2023. projectnummer 04825281.100 definitief revisie 01; definitief revisie 00; 24 januari 2024

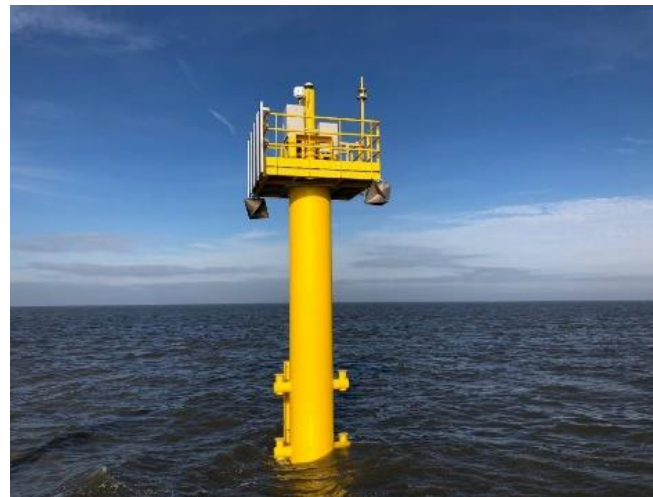
Chorus, T.A., 2024. Beheerscyclus Meet- en regelprotocol Havenmond over het jaar 2023. Well Engineering Partners B.V notitie versie 1.1.

3.1 Zoutwinning en bodemdaling

Bodemdaling wordt bepaald door veranderingen in hoogteligging in de tijd te registreren en te analyseren. Op het land worden hiervoor vaak vaste punten bezocht die meestal op wegen zijn aangebracht. Samen vormen deze punten een netwerk. De hoogteligging van de punten wordt met zeer nauwkeurige waterpassen ingemeten. Naast deze waterpassingen wordt op een aantal punten de hoogteligging continu gemeten met een GPS waarvan de antenne op een gefundeerde constructie is bevestigd. GPS-metingen zijn minder nauwkeurig dan waterpassingen, maar omdat het er zoveel zijn, kan er een betrouwbaar gemiddelde worden berekend.

Op het wad zijn er geen wegen en gefundeerde constructies. Om toch bodemdaling te kunnen meten, zijn er daarom palen diep in de wadbodem gezet. Deze palen dalen mee met de bodemdaling. Het monitoringprogramma voor zoutwinning onder de Waddenzee beschikt over verschillende soorten meetpalen. Twee grote meetpalen steken altijd boven water uit (een hiervan is getoond in Figuur 3-1). Deze meetpalen zijn voorzien van GPS-meetstations en meten continu de hoogteligging. Deze twee staan min of meer centraal in het bodemdalingsgebied opgesteld. Daarnaast is er een aantal meetpalen die 6 meter diep in de wadbodem staan, maar niet boven het zand uitsteken. Tijdens een jaarlijkse meetcampagne worden deze palen opgezocht en wordt er bovenop deze palen een GPS-meetstation geplaatst (Figuur 3-2). Dit station moet een aantal dagen meten om met voldoende nauwkeurigheid de hoogte van de paal te bepalen. Dit type meetpalen zijn verspreid over het bodemdalingsgebied op verschillende afstanden van het centrum van de

toekomstige bodemdalingsschotel neergezet. Op deze wijze beschrijven ze samen in de loop van de tijd de ontwikkeling van de vorm van de bodemdalingsschotel.

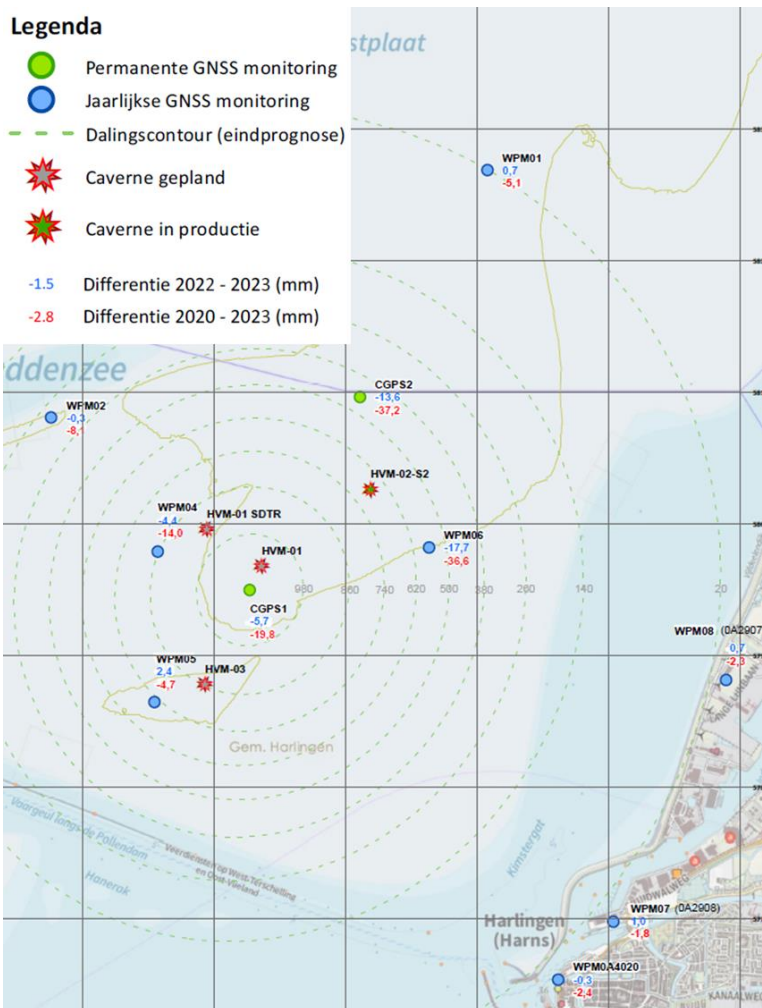


Figuur 3-1 Een van de twee continue meetpalen die permanent in de Waddenzee zijn opgesteld, bij hoogwater.



Figuur 3-2 Opbouw van een tijdelijk GPS-meetstation op de Ballastplaat in de Waddenzee.

De ruimtelijke verdeling van de bodemdaling is zichtbaar in de kaart met zowel de permanente metingen als de jaarlijkse metingen in Figuur 3-3. Zichtbaar is dat de grootste bodemdaling optreedt in de meetpunten CGP S2 en WPM06 nabij de caverne. Verder van de caverne is de omvang van de bodemdaling kleiner.



Figuur 3-3 Kaart met resultaten van de jaarlijkse GPS hoogtemetingen (Antea, 2024). Verschillen in millimeters. De contouren (stippellijn) representeren de voorspelde diepe bodemdaling in 2052.

Voor het berekenen van de bodemdalingsschotel en de gemiddelde bodemdalingssnelheid zijn naast bodemdalingssmetingen ook het volume

geproduceerd zout en de omvang van de caverne van belang. Deze informatie geeft namelijk aan hoeveel volume bodemdaling er heeft plaatsgevonden. Voor het bepalen van de omvang en vorm van de caverne wordt een zogenaamde “holruimtemeting” uitgevoerd. Dit gebeurt met een akoestisch meetinstrument dat men via het boorgat de caverne in laat zakken. Sinds de start van de winning onder de Waddenzee heeft Frisia ieder jaar een nieuwe holruimtemeting uitgevoerd. Om de geproduceerde hoeveelheid zout te bepalen wordt continue het debiet van de pekelstroom uit de caverne gemeten. Dit gebeurt met flowmeters die in duplo zijn uitgevoerd. Ook wordt de pekelstroom dagelijks bemonsterd om de zoutconcentratie te bepalen. Verder is een deel van de pekel gebonden in de caverne. Op basis van deze gegevens wordt berekend hoeveel volume er aan de diepgelegen zoutlaag wordt onttrokken, dit wordt het convergentievolume genoemd. De resultaten van deze bepalingen en berekeningen staan in Tabel 3-1.

Tabel 3-1 Opgeloste zoutvolume, volume van de holruimte (caverne), gebonden volume pekel en het berekende convergentievolume in de periode van 1 januari 2021 tot 1 januari 2024.

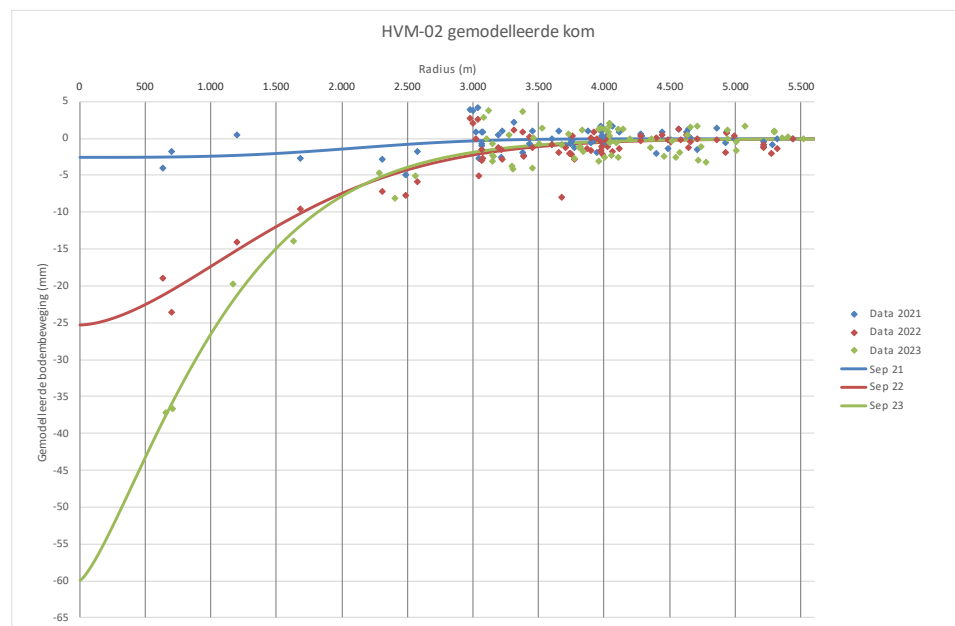
HVM-02	Jan. 21	Jan. 22	Jan. 23	Jan. 24
Opgelost zoutvolume (m³)	33.496	391.561	864.673	1.377.523
Open cavernevolumen (m³)	23.070	272.046	521.534	745.660
Gebonden pekelvolume (m³)	477	5.580	12.322	19.630
Convergentievolumen (m³)	9.949	113.935	330.817	612.233

Het in Tabel 3-1 opgenomen convergentievolumen is niet gelijk aan het bodemdalingsschotel. Voor het bepalen van het bodemdalingsschotel wordt namelijk gebruik gemaakt van het ruimtelijke (kom)model van de bodemdaling, dat is geoptimaliseerd op basis van de bodemdalingssmetingen. De vergelijking van de gemeten bodembeweging ten opzichte van de gemodelleerde kom staat in Figuur 3-4. De gemodelleerde bodemdaling op basis van de meetpunten staat in Tabel 3-2. De gemodelleerde bodemdaling is kleiner dan het convergentievolumen, ook wanneer rekening wordt gehouden met de nauwkeurigheid van het convergentievolumen. De verklaring voor dit verschil wordt gevonden in de meetpunten van de bodemdaling aan de buitenzijde van de bodemdalingsschotel aan, op een afstand van 2,5-3 km van het centrum van de bodemdalingsschotel. Deze meetpunten laten nog geen bodemdaling zien. Door de grote oppervlakte van dit gebied, dat zichtbaar is als het groene gebied in de kaart in Figuur 3-5, zou een extra gemeten bodemdaling van 1-2 mm een

grote bijdrage aan het bodemdalingvolume leveren. Naarmate de omvang van de bodemdaling toeneemt, zal omvang van de gemeten bodemdaling beter overeen gaan komen met het convergentievolume.

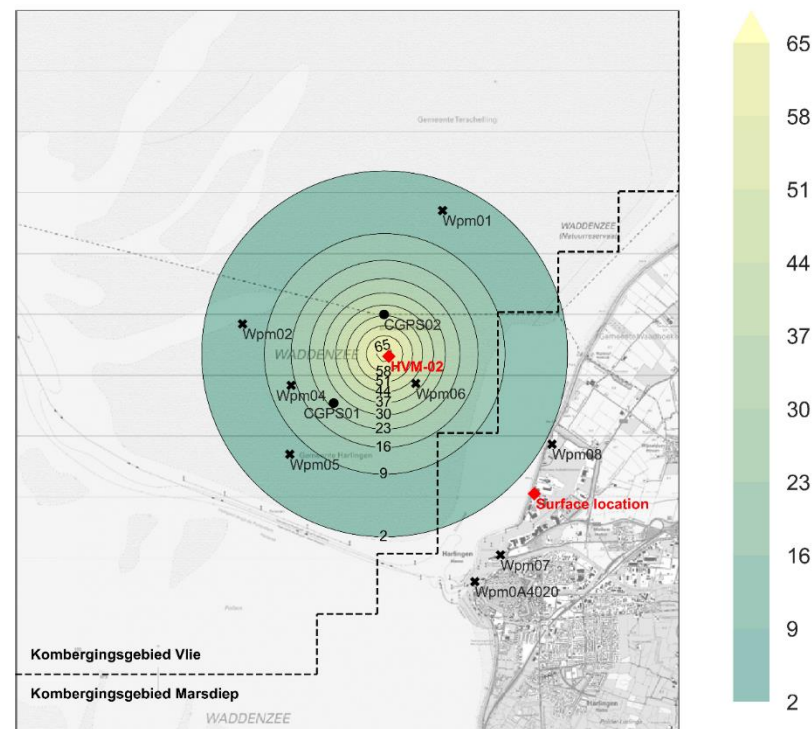
Tabel 3-2 Pleistocene bodemdaling op basis van het ruimtelijke model van de bodemdaling.

	2022	2023
Totale bodemdalingvolume	325.443	393.094



Figuur 3-4 Gemeten bodemdaling (punten) en de gemodelleerde bodemdaling op basis van het bodemdalingvolume (lijnen) in september 2021, 2022 en 2023.

Het volume van de gemodelleerde bodemdalingsskom dat is gebaseerd op de metingen is gebruikt voor de berekeningen van de gemiddelde bodemdalingssnelheid in het kombergingsgebied en de gebruiksruimte in paragraaf 3.2.



Figuur 3-5 Gemodelleerde contourenkaart Pleistocene bodemdaling januari 2024 in mm.

3.2 Belasting gebruiksruimte

Zoals toegelicht in hoofdstuk 1 van dit rapport mogen de gemiddelde bodemdalingssnelheid en de snelheid van zeespiegelstijging opgeteld niet meer bedragen dan 5 mm per jaar. De 5 mm per jaar wordt gezien als een snelheid waarmee de wadplaten in het Vlie prima kunnen groeien. Dreigt deze grens te worden overschreden dan moet Frisia de zoutproductie zodanig aanpassen dat dit niet gebeurt.

De ruimte tussen de 5 mm grens en de snelheid van zeespiegelstijging heet “de gebruiksruimte”. Bij het vigerende zeespiegelstijgingsscenario van 3,6 mm per jaar bedraagt de gebruiksruimte 1,4 mm per jaar (Expertgroep, 2024). Dit is zichtbaar in de grafiek met de belasting van de gebruiksruimte door zoutwinning (Figuur 3-6). In deze grafiek is ook zichtbaar dat voorafgaand aan 2024 werd

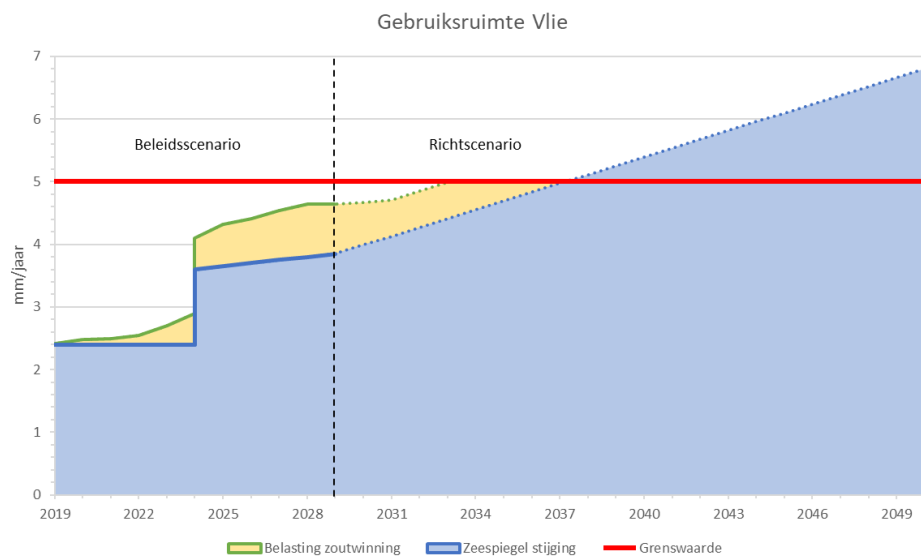
gerekend met het voorgaande beleidsscenario voor zeespiegelstijging (Adviesgroep, 2020), waardoor de knik optreedt in de snelheid van zeespiegelstijging. In het voorgaande beleidsscenario werd uitgegaan 2,4 mm zeespiegelstijging per jaar tot 2026. In het vigerende scenario wordt uitgegaan van 3,6 mm/jaar in 2024, met een jaarlijkse versnelling van 0,05 mm/jaar.

Op basis van de bodemdalingenvolumes in Tabel 3-2 in combinatie met de omvang van het kombergingsgebied Vlie van 668 km² is de gemiddelde bodemdalingssnelheid door de zoutwinning 0,11 mm/jaar in 2023. Uitgaan van het convergentievolume levert een gemiddelde bodemdalingssnelheid van 0,44 mm/jaar in 2023, waarmee nog steeds ruim binnen de gebruiksruijme wordt gebleven. Hierbij wordt opgemerkt dat bij de berekening van de belasting van de gebruiksruijme rekening wordt gehouden met het gemiddelde over 6 jaar van het bodemdalingenvolume, zodat de getallen hierboven, die specifiek voor 2023 zijn berekend, anders zijn dan de getallen die zijn gebruikt in Figuur 3-6. De belasting van de gebruiksruijme van het Vlie als gevolg van bodemdaling door de zoutwinning ligt daarmee binnen de beschikbare gebruiksruijme.

Conclusies t.a.v. bodemdaling door zoutwinning

- De gemeten bodemdaling is in overeenstemming met de vergunde hoeveelheid.
- De gemeten bodemdaling is beduidend kleiner dan de omvang die volgt uit de zoutproductie en de omvang van de caverne, waarschijnlijk doordat een in deel van de meetpunten de bodemdaling vanwege de beperkte omvang nog niet wordt gemeten.
- Het cavernevolumen ligt ruim onder het maximum volume van 1.250.000 m³.
- De gemiddelde bodemdalingssnelheid, opgeteld bij de snelheid van zeespiegelstijging ligt beneden de gebruiksruijmetegrens van 5 mm per jaar.

Geconcludeerd kan worden dat Frisia binnen de vergunde grenzen is gebleven.



Figuur 3-6 Belasting gebruiksruijme Vlie door de zoutwinning, waarbij de gebruiksruijme wordt bepaald door de zeespiegelstijging en het Meegroeivermogen (=grenswaarde). Na 2029 is sprake van een inschatting op basis van het richtscenario en dat komt tot uitdrukking in het gebruik van stippellijnen.

4 Erosie- en sedimentatie op verschillende ruimtelijke schalen

De resultaten die in dit hoofdstuk centraal staan, zijn afkomstig uit deze rapporten:

Spaans, D. & J. Cleveringa, 2024. Monitoring situatie 2023 bodemligging studiegebied zoutwinning Waddenzee. Arcadis-rapport

Krol, J., L. Saathof, J.G. Lodewijks, Kappers, E.F. & M.A.T. Marijt. 2024. Wadsedimentatie Studiegebied zoutwinning Waddenzee. Jaarrapport 2023. A&W-rapport 21-010#3.

Marijt, M.A.T. & Kappers, E.F., 2024. Sedimentsamenstelling Studiegebied zoutwinning Waddenzee Jaarrapport 2023. A&W-rapport 21-009#3.

4.1 Structuur en functie

Wadplaten vormen een beschermd habitatype. Hierbij gaat het om het oppervlak en de kwaliteit van de wadplaten. Kwaliteit wordt uitgedrukt in de termen “structuur en functie”. Deze structuur betreft de variatie in de fysische structuur, zoals variatie in hoogteligging en sedimentstructuur, maar ook biogene structuren, zoals schelpdierbanken, horen daarbij. In principe hoeft niet op iedere wadplaat de volledige diversiteit aan structuuraspecten te worden aangetroffen. De beoordeling van de staat van de droogvallende wadplaten wordt op de schaal van de hele Nederlandse Waddenzee gedaan.

De Ballastplaat Zuid is een relatief laaggelegen wadplaat. Volgens de ecotopenkaart, waarop voor droogvallende wadplaten verschillende structuurtype worden aangegeven (Baptist et al., 2019), is op de Ballastplaat slechts één type ecotoop aanwezig. Op kleine ruimtelijke schaal is de variatie echter behoorlijk groot. Langs de oostrand van de plaat ligt een dikke laag zeer fijn slib. Dit gebied valt niet vaak droog en er leven weinig bodemdieren die op een 2mm-zeef blijven liggen. De plaat zelf bestaat uit een stevige ondergrond met daarop variërend zachte en stevige structuren. In de bodem zijn op verschillende plaatsen hoge dichtheden kokkels en strandgapers te vinden en in

de zomer van 2022 had zich een jonge mosselbank gevormd, waar in 2023 alleen fragmenten van over waren.

Wat betreft de “functie” van de wadplaten wordt in dit monitoringprogramma gefocust op de foerageerfunctie voor vogels. Dat wil zeggen, op hoe geschikt de wadplaten zijn voor vogels om eten te verzamelen. Dit komt in hoofdstuk 5 aan bod.

4.2 Eerste orde effecten van bodemdaling door zoutwinning

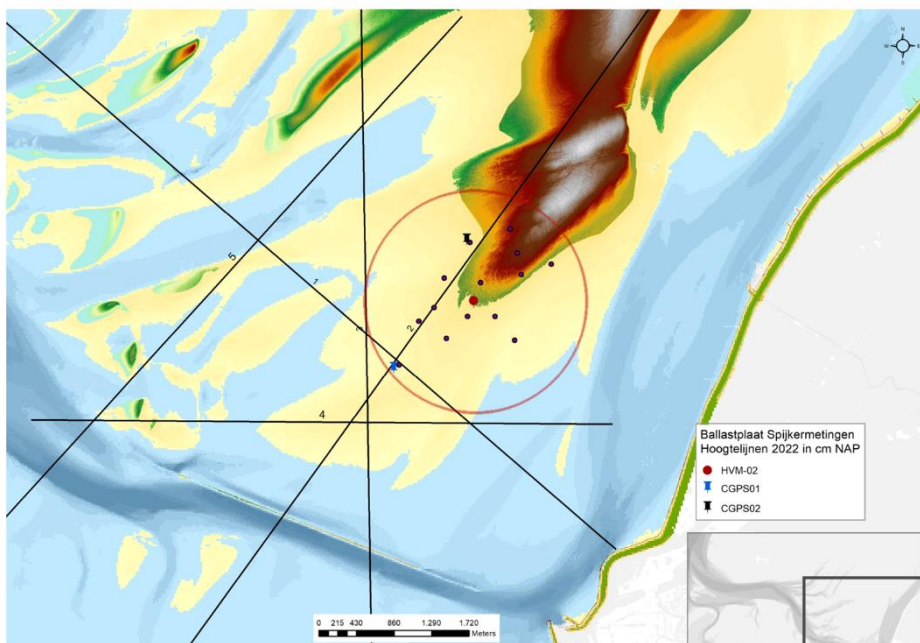
Wanneer de bodem onder de wadplaten daalt hoeft dit geen effect te hebben op de structuur van het wadoppervlak erboven. De theorie luidt namelijk dat er gedurende een jaar sowieso sprake is van enkele centimeters erosie en sedimentatie. Wanneer daaronder bodemdaling optreedt, leidt dat niet tot een andere structuur aan het oppervlak. Onder omstandigheden met zeer weinig erosie en/of sedimentatie is het voorstelbaar dat er door bodemdaling een tijdelijke depressie in de wadplaat ontstaat. Dit kan dan leiden tot vormverandering, verandering in hoogteligging of sedimentstructuur. Dit noemen we “eerste orde effecten” van bodemdaling (Figuur 1-3).

Om dit goed in de gaten te houden maken we gebruik van drie typen metingen om veranderingen in wadplaathoogte te bepalen en één type meting om de samenstelling van het sediment te bepalen. Figuur 4-1 toont de omgeving van de Ballastplaat met een indicatie van het gebied waar tot en met eind 2023 bodemdaling is opgetreden en meetlocaties. De resultaten van de metingen aan de morfologie worden hieronder besproken in samenhang met de opgetreden bodemdaling.

4.3 Raaimetingen

Raaimetingen worden ieder jaar uitgevoerd, door tijdens hoogwater met een meetschip over de Ballastplaat en omgeving heen te varen, waarbij de hoogte van de plaat en diepte van de geulen wordt gemeten. Dit gebeurt door telkens over vaste raaien te varen, die zijn aangegeven in Figuur 4-1. Ieder jaar kunnen de nieuwe raaien met die van de voorgaande jaren worden vergeleken. Raaimetingen zijn niet gebiedsdekkend, maar doorkruisen het bodemdalingsgebied verschillende keren. Zodoende kan bepaald worden of er sprake is van bodemdaling aan het wadoppervlak. De hoogte/diepte raaien die

één keer per jaar op de Ballastplaat worden gemeten, laten zien dat er geen afwijkende ontwikkelingen plaatsvinden.

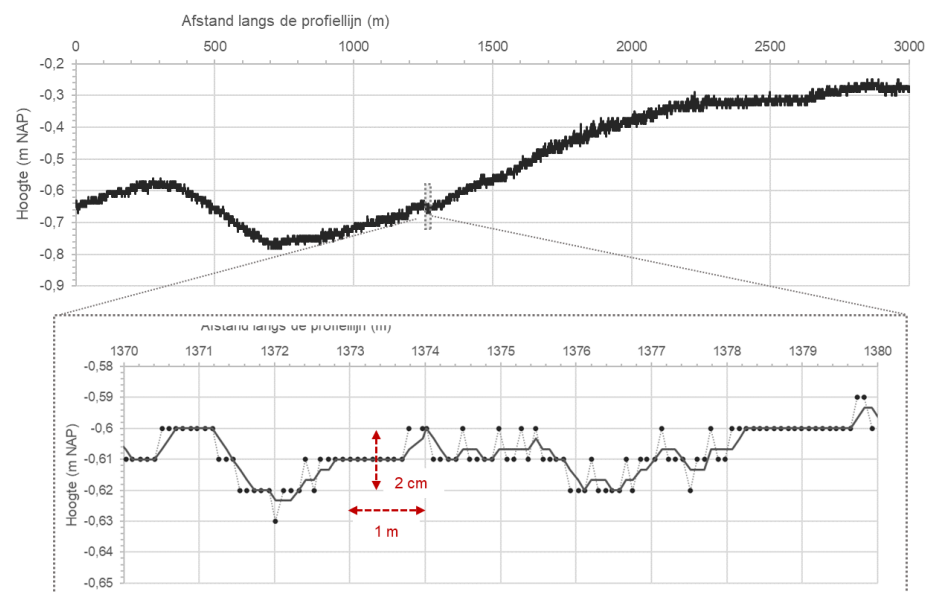


Figuur 4-1 Omgeving rond de gemodelleerde 2 cm contour van de bodemdalingsschotel (Figuur 3-5) aan begin van 2024. Met de punten van de spijkermetingen, de raaien van de hoogte/dieptemetingen en de resultaten van de 2022 LiDAR hoogtemeting.

De meetpunten op de raaien hebben een onderlinge afstand van ongeveer 1 decimeter. De praktijknauwkeurigheid waarmee de hoogte wordt gemeten bedraagt enkele centimeters. Figuur 4-2 laat zien in welk de hoogte van de plaat wordt gemeten. De weergave van de meetresultaten over het bereik van 3 kilometer (bovenste deel Figuur 4-2) laat een band zien, met een breedte van enkele centimeters. Inzoomen op een klein deel van deze raai laat zien dat de hoogte over een afstand van 10 meter varieert met stapjes van 1 cm. De hoogteverschillen komen overeen met de hoogteverschillen die worden waargenomen tijdens veldbezoeken aan de Ballastplaat. Figuur 4-3 laat zien

hoe deze hoogteverschillen in het veld zichtbaar zijn. Lucht- en satellietfoto's van de Ballastplaat geven ondersteunde informatie over de aanwezigheid van bodemvormen op de Ballastplaat.

De metingen op de kruispunten van de raaien geven inzicht in deze nauwkeurigheid. De raaimetingen maken het mogelijk om kleine hoogteverschillen op de wadplaat te meten, die over afstanden van enkele decimeters optreden.



Figuur 4-2 Boven een voorbeeld van de hoogte van de Ballastplaat zoals gemeten in dwarsprofiel langs een stuk van raai 2 van zuidoost naar noordwest. Onder een detail van 10 meter, waarin de bolletjes de meetpunten zijn en de doorgetrokken lijn het 3-punt lopende gemiddelde (meetgegevens 2023).

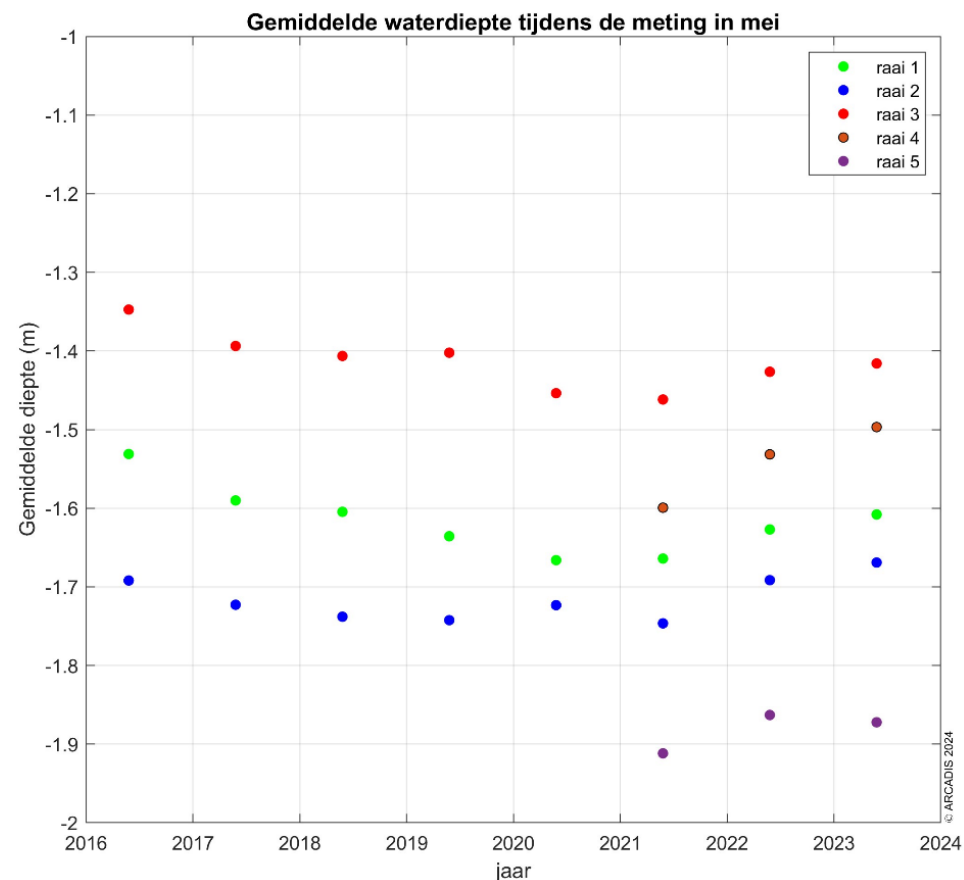
De gemiddelde hoogte over het overlappende bereik van de raaimetingen die is weergegeven in Figuur 4-4, geeft inzicht in de trendmatige veranderingen in de raaien. De gemiddelde hoogte lag in 2023 in alle raaien behalve raai 5 boven het gemiddelde van 2022. In deze grafiek is ook zichtbaar dat in 2020 sprake was van gemiddeld lage hoogtes in alle raaien. In de rapportage van 2020 is geconstateerd dat in de raaien de waarden in 2021 op sommige plekken bijna 1

decimeter onder de waarde van de jaren er voor lag. Deze lagere ligging in de raaien in 2021 was niet structureel over het volle bereik van de raaimetingen, zoals tot uitdrukking komt in de gemiddelde hoogte per jaar, die is weergegeven in Figuur 4-4. De gemiddelde dieptes in 2021 lagen in raai 2 en 3 lager dan de voorgaande jaren, maar beduidend minder dan 1 decimeter. Na aanvulling met de gemiddelde hoogtes van 2022 en 2023 lijkt in 2021 sprake te zijn van een minimum in de hoogtes. Na een periode van overwegend afname van de gemiddelde hoogte vanaf het begin van de meetreeks in 2016, is na 2021 sprake van een toename. Uit de gemiddelde waterdiepte in Figuur 4-4 blijkt dat na het begin van de zoutwinning in 2020 geen verlaging van de gemiddelde hoogte van de plaat heeft plaatsgevonden.



Figuur 4-3 Ballastplaat met hoogte variaties in de wadbodem die zichtbaar zijn doordat in de lagere delen water blijft staan, terwijl de hogere delen droog zijn gevallen. De donkere verhogingen in de verte op de wadplaat zijn de restanten van mosselbanken die in 2022 zijn gevormd. Foto genomen tijdens veldbezoek 10 juli 2023, kijkend naar het oosten.

Grafiek met de hoogte in de raaimetingen en grafieken met de hoogteverschillen tussen opeenvolgende raaimetingen laten zien dat de grootste veranderingen plaatsvinden in en rond de getijdegeulen. Ter illustratie is in Figuur 4-5 de ingemeten diepte in raai 1 weergegeven, waarbij de grote veranderingen plaatsvinden bij de drie geultjes aan de noordwestzijde in de raai. Ook het Kimstergat aan de zuidoostzijde van de meetraai is veranderlijk. In vergelijking met de geulen verandert de hoogte van de Ballastplaat slechts beperkt.

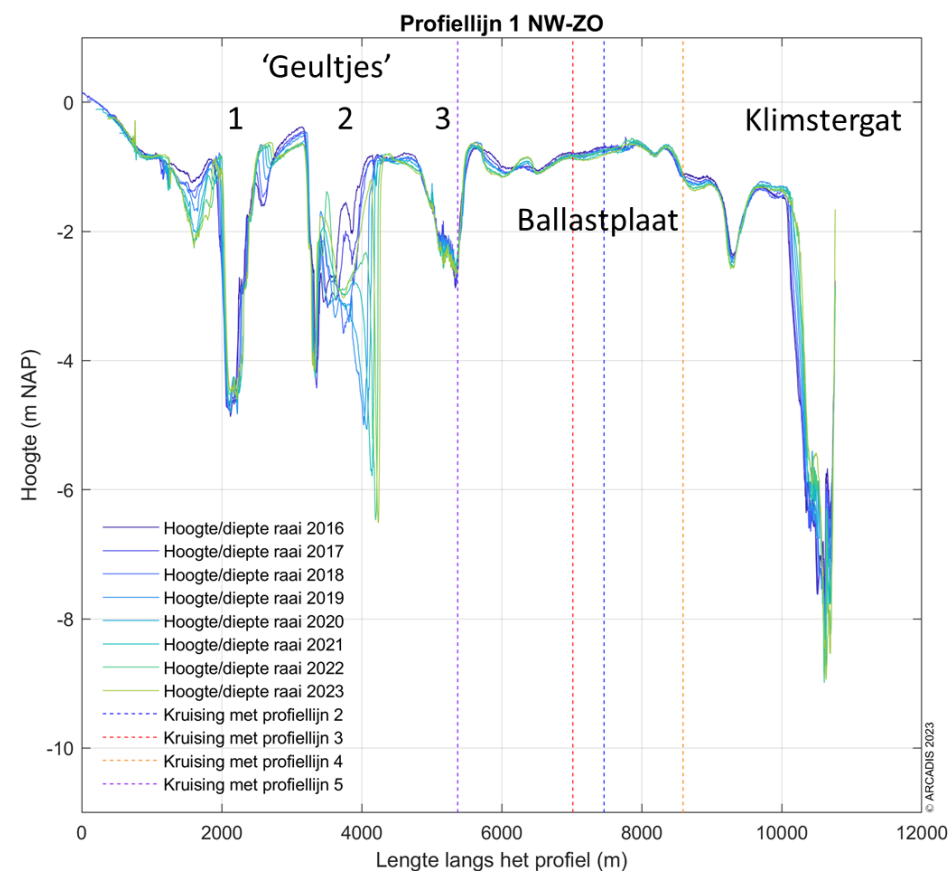


Figuur 4-4 Plot van de gemiddelde waterdiepte per raai voor alle meetmomenten. Binnen de raai zijn alleen de punten meegenomen waar voor elk jaar een dieptemeting beschikbaar is in de berekening van de gemiddelde diepte.

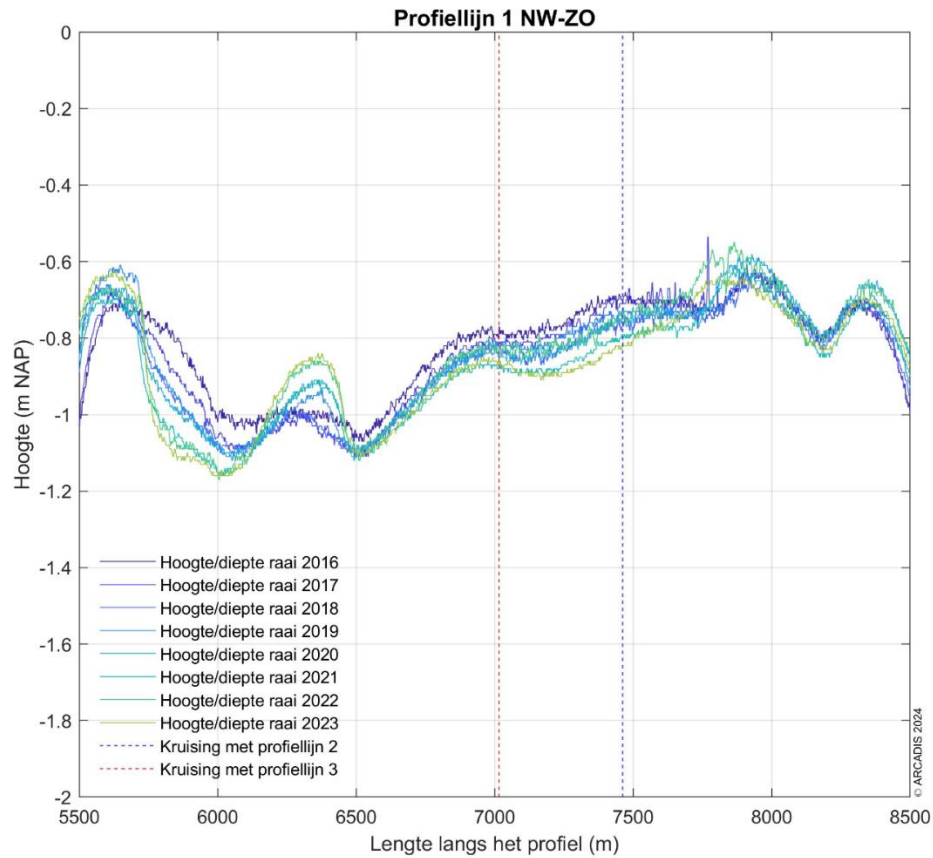
Om de veranderingen op de Ballastplaat in beeld te krijgen moet worden ingezoomd op het hoogtebereik van de wadplaat. Dit is gedaan in Figuur 4-6, waarin het deel van raai 1 is weergegeven dat over de Ballastplaat loopt. Merk hierbij bij op dat het hoogte van de Ballastplaat in raai 1 vrijwel nergens boven de NAP -0,6 m uitkomt en dat betekent dat het een relatief laag deel van de plaat betreft.

In de dwarsdoorsnede is zichtbaar is dat de hoogte van de alle metingen uit de periode 2016-2023 binnen een beperkte bandbreedte ligt. In de dwarsdoorsnedes zijn verschillende glooiingen zichtbaar met een hoogte van enkele decimeters en lengtes van 100-en meters, die de dwarsdoorsnedes zijn van grootschalige bodemvormen op de plaat. Deze grootschalige bodemvormen veranderen duidelijk van vorm, hoogte en positie. Het meest uitgesproken is het ontstaan van een verdieping tot NAP -1,1 m rond 6000 m en het vormen van een "bult" rond 6400. Tussen 7000 m en 7500 m is de Ballastplaat in 2022 enkele centimeters lager komen te liggen en in 2023 nog iets lager. Deze afname is al eerder begonnen, met de hoogste ligging tussen 7000 m en 7500 m in 2016. Deze hoogte afname is niet het gevolg van de bodemdaling onder de Ballastplaat. Niet alleen was de hoogteafname al begonnen voordat sprake was van zoutwinning, maar de omvang van de verlaging van de wadplaat is ook groter dan de bodemdaling van ongeveer 2 cm die hier heeft plaatsgevonden. Daarbij is rekening gehouden met de opnameperiode van de raaimetingen (april/mei 2023) ten opzichte van het moment van weergave van de bodemdaling op jan 2024 in Figuur 3-5.

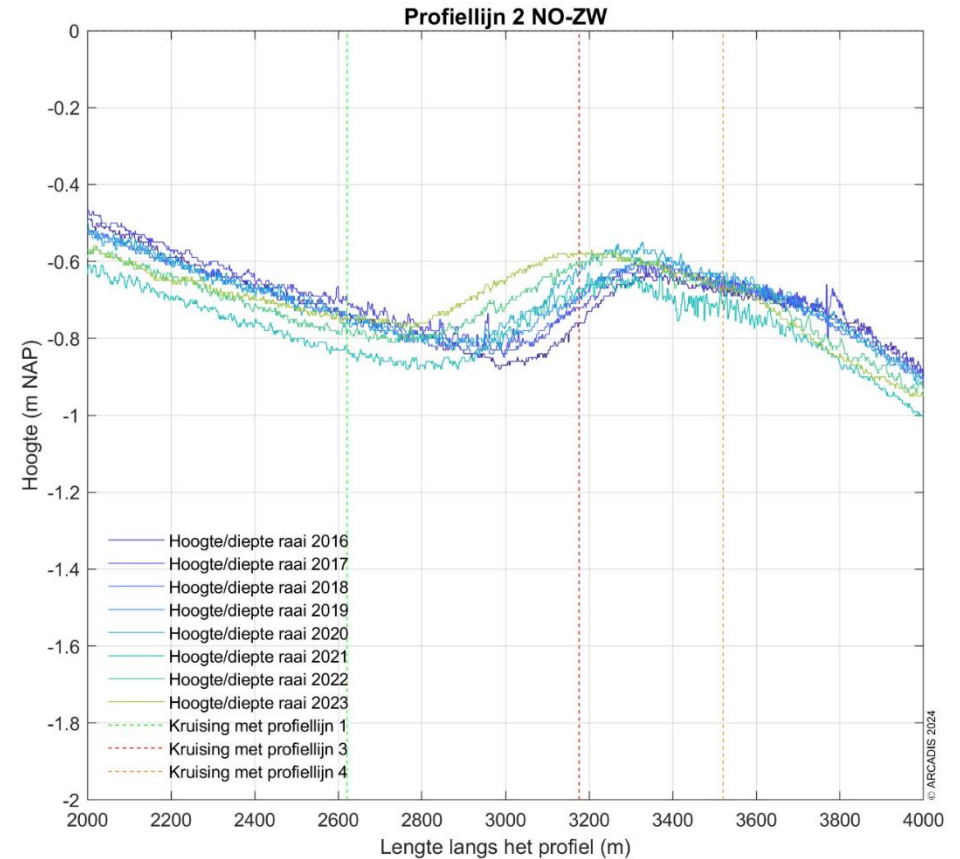
Onder raai 2 is de bodemdaling onder de Ballastplaat groter dan in raai 1 en hier heeft geen zichtbare verlaging plaatsgevonden van de wadplaat na 2020, zoals duidelijk is in Figuur 4-7. De ontwikkelingen in de bodemhoogte in 2022 en 2023 zijn een voortzetting van de ontwikkelingen in de voorgaande jaren. De verplaatsing van de grootschalige bodemvorm, waarvan het diepste deel is opgeschoven van rond de 3000 m naar 2800 m is de dominante ontwikkeling in dit deel van de Ballastplaat.



Figuur 4-5 Hoogte zoals gemeten in dwarsprofiel langs raai 1 van noordwest naar zuidoost voor de hoogte/diepte raai meetgegevens van 2016 – 2023 (locatie in Figuur 4-1).



Figuur 4-6 Hoogte zoals gemeten in dwarsprofiel langs profiellijn 1 op de Ballastplaat, van noordwest naar zuidoost voor de hoogte/diepte raai meetgegevens van 2016 – 2023 (locatie in Figuur 4-1).



Figuur 4-7 Hoogte zoals gemeten in dwarsprofiel langs profiellijn 2 op de Ballastplaat, van noordoost naar zuidwest voor de hoogte/diepte raai meetgegevens van 2016 – 2023 (locatie in Figuur 4-1).

4.4 Sedimentatiemetingen

De Sedimentatiemeting, die ook wordt aangeduid met “Spijkermeting” geeft, zoals de naam aangeeft inzicht in de sedimentatie of erosie die optreedt in één punt. Sedimentatiemetingen zijn zeer nauwkeurige metingen die vier keer per jaar worden uitgevoerd. Deze metingen zijn representatief voor een zeer klein

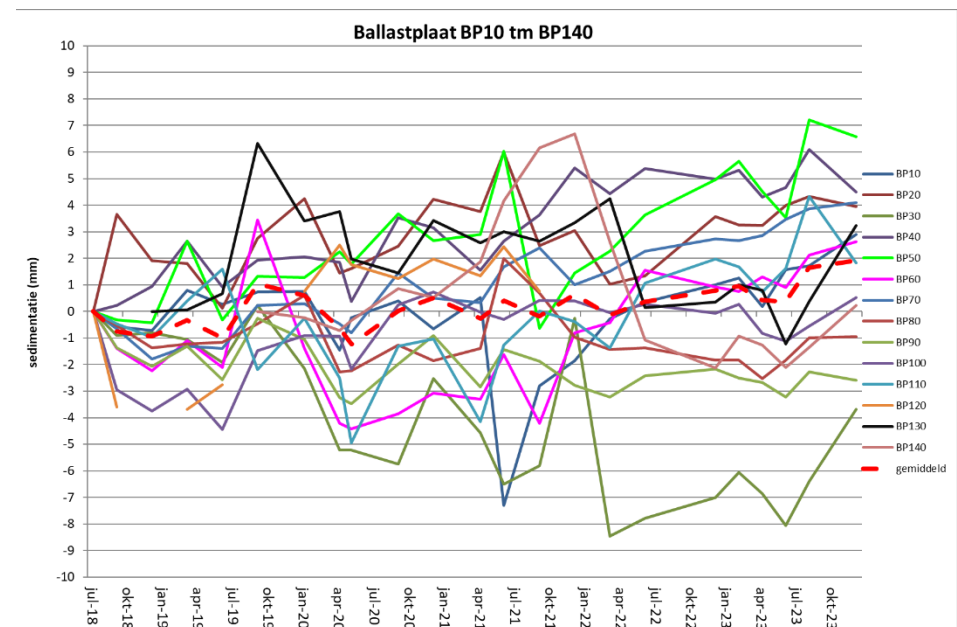
gebied, waar 4 meetpunten op een onderlinge afstand van 1 m. De 4 metingen worden samen gemiddeld tot één waarde voor die locatie. Op de Ballastplaat Zuid liggen de Sedimentatiemetingen verspreid over het gebied zodat de meetpunten gezamenlijk een representatieve steekproef zijn voor de hoogteontwikkeling van de plaat. Op de locaties waar de Sedimentatiemetingen worden uitgevoerd, wordt ook de bodemdierensamenstelling en sedimentstructuur gemeten, zodat deze resultaten met elkaar vergeleken kunnen worden.

De Sedimentatiemetingen meten de relatieve verandering in bodemhoogte². Omdat de Sedimentatiemetingen zo nauwkeurig zijn, is het mogelijk om op termijn de gevolgen van de bodemdaling te meten in de vorm van een versterkte sedimentatie op punten die meer in het centrum van de bodemdalingsschotel liggen.

De Sedimentatiemetingen op de Ballastplaat zijn gestart in 2018. Sinds de start zien we erosie en sedimentatie optreden variërend van -8 tot +7 cm. Dit is vergelijkbaar met andere gebieden in de Waddenzee waar deze metingen worden uitgevoerd. De Sedimentatiemetingen laten zien dat niet alleen sprake is van trendmatige erosie of sedimentatie, maar ook dat van meting op meting variatie optreedt. Dit is zichtbaar in de pieken en dalen in de grijze lijnen in Figuur 4-8, die ook doorwerken in fluctuaties in de gemiddelde waarde voor alle stations (de rode lijn in Figuur 4-8). Dit soort fluctuaties zijn ook geobserveerd in de Sedimentatiemetingen in de kombergingsgebieden Borndiep en Friesche zeegat (Krol, 2022). Het is plausibel dat op de wadplaten kleine variaties tot enkele centimeters in de hoogte optreden. Variaties in de hoogte treden onder andere op door tijdelijke sedimentatie van met name slib onder rustige omstandigheden, die wordt gevolgd door erosie tijdens hoger energetische condities. De recente publicatie van Colosimo et al. (2023) geeft nieuwe inzichten in de complexiteit van de mechanismen voor de sedimentatie en erosie van slib en de rol van de wind daarbij, op basis van metingen nabij de Ballastplaat. Ook de verplaatsing, groei en krimp van grootschalige bodemvormen op de wadplaat resulteren in kleine hoogteveranderingen. Ten slotte kunnen ook biologische activiteiten leiden tot kleine veranderingen,

bijvoorbeeld doordat menging van zand en slib optreedt door bioturbatie en doordat de porositeit toeneemt door biologische activiteit.

De grafiek in Figuur 4-8 laat zien dat gemiddeld voor alle Sedimentatiemetingen sprake is van sedimentatie sinds het begin 2022. Daarvoor vond gemiddeld geen erosie of sedimentatie plaats sinds 2018 stabiel is geweest. Het optreden van gemiddelde sedimentatie in de Sedimentatiemetingen komt overeen met de verwachting dat na het opgang van de bodemdaling vereffening van de bodemdalingsschotel plaatsvindt door sedimentatie.



Figuur 4-8 Gemiddelde sedimentatie van de stations BP10 t/m BP140 (grijze lijnen) en overall gemiddelde van alle stations (rode stippenlijn) op Ballastplaat bijgewerkt t/m februari 2023, uit Kappers et al, 2023a.

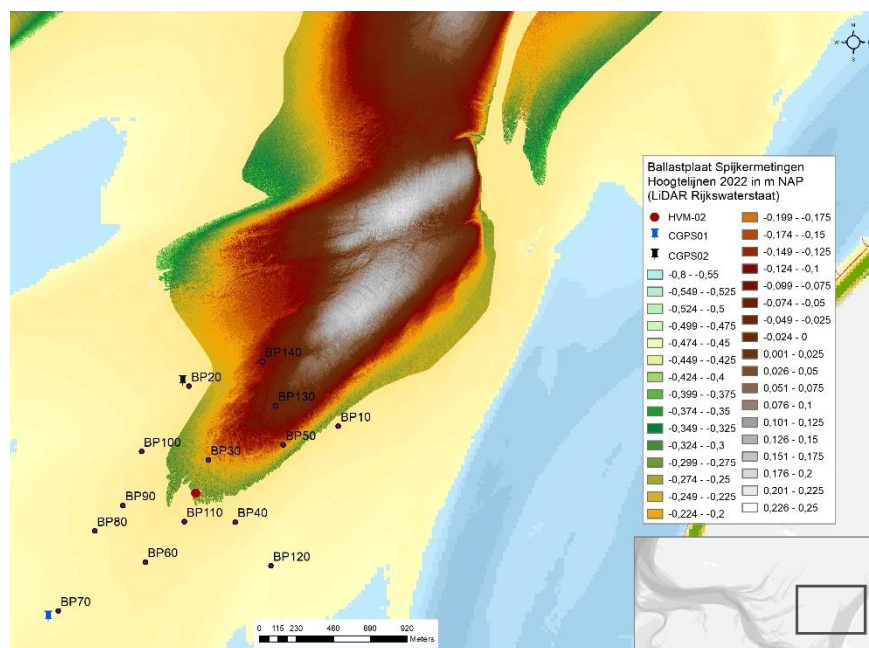
Raaimetingen die de absolute verandering van de bodemhoogte ten opzichte van NAP vastleggen.

² De Sedimentatiemeting wordt uitgevoerd ten opzichte van de spijker die in de wadbodem is geboord. De spijker zakt mee met de bodemdaling. Het meten van de relatieve verandering in de bodemhoogte is het belangrijke verschil met de

In juni 2023 is het meetnetwerk van de Sedimentatiemetingen uitgebreid met tien meetpunten op de Ballastplaat-Noord. Deze meetpunten die buiten het gebied met bodemdaling liggen zullen dienen als referentie voor de bestaande punten die in het bodemdalingsgebied liggen.

4.5 Gebiedsdekkende hoogtemetingen

Op grote schaal wordt de hoogteligging van het gebied in kaart gebracht aan de hand van "LiDAR" opnames. LiDAR is een soort laserscanner waarmee vanuit een vliegtuig meerdere metingen per m² worden uitgevoerd. Deze meting vinden eens per drie jaar plaats en zijn vergelijkbaar met andere LiDAR-metingen in het Waddengebied. De meest recente LiDAR-meting is in september 2022 uitgevoerd door Rijkswaterstaat. De data is eind april 2023 beschikbaar gekomen en daarom nog niet geanalyseerd in de rapportages over 2022. Figuur 4-9 laat de plaathoogte zien, zoals gemeten met de LiDAR.



Figuur 4-9 Kaart met de hoogteligging van de wadplaten volgens de meest recente LiDAR-opname door Rijkswaterstaat. Omgeving van Harlingen, met de Ballastplaat (met de punten van de Sedimentatiemetingen) en de Grienderwaard.

Duidelijk zichtbaar is in Figuur 4-9 dat de LiDAR hoogtemetingen zeker niet het hele areaal aan droogvallende wadplaten dekken. Bij de Ballastplaat vallen meer dan de helft van de Sedimentatiemetingen buiten de dekking van de LiDAR opname van 2022. Ook de overlap met de raaimetingen is beperkt. De hoogtemeting van de LiDAR op de locaties waar deze overlappen met de raaimetingen komen grotendeels overeen. Daar waar grotere verschillen optreden zijn deze het gevolg van morfologische veranderingen die zijn opgetreden in de periode tussen april 2022 toen de Raaimeting is uitgevoerd en september 2022 toen de LiDAR meting is uitgevoerd.

In dit monitoringprogramma spelen de LiDAR-opnames een rol bij de interpretatie van grootschalige veranderingen van en rond de plaat.

4.6 Sedimentsamenstelling

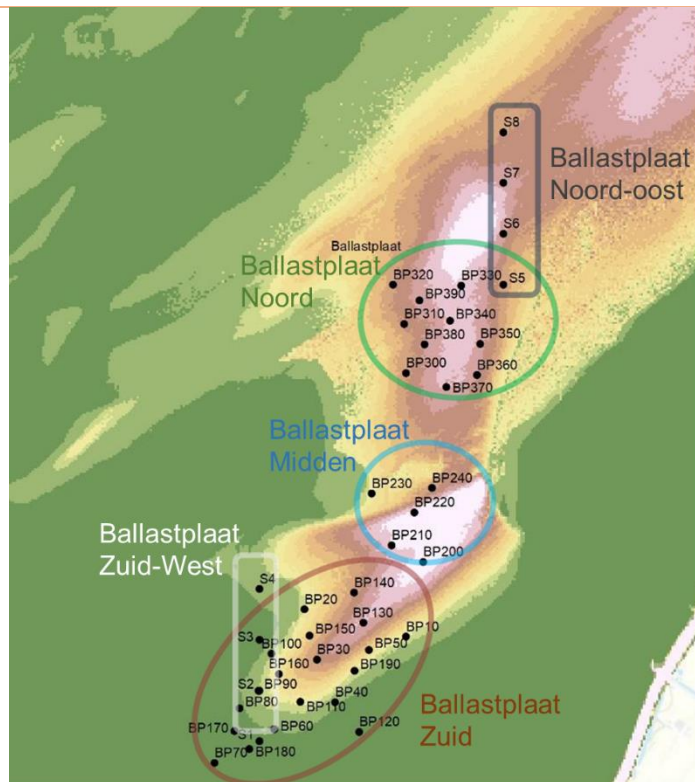
Om vast te stellen of en hoe de korrelgrootte en het slibgehalte van de toplaag van de wadplaten veranderen, wordt de sedimentsamenstelling gemeten. Eén keer per jaar wordt op verschillende plekken op de Ballastplaat (Figuur 4-10) een monster verzameld van de bovenste 4 centimeter van de wadplaat. Van deze monsters wordt de korrelgrootteverdeling gemeten. Deze korrelgrootteverdeling gaat over hoeveel zand en slibkorrels er van welke grootte in de bodem aanwezig zijn. In een zandige omgeving vind je vooral grotere zandkorrels, terwijl je in een slikrijke omgeving relatief veel heel erg kleine korreltjes aantreft.

In 2023 zijn op aanwijzing van de Audit commissie nieuwe referentiegebieden geselecteerd, ter vervanging van de referentiegebieden Griend, Hendrik Tjaarsplaat en Richel. De reden voor de selectie van nieuwe referentiegebieden was de observatie dat de sedimentsamenstelling van de bestaande referentiegebieden veel minder slib liet zien en grotere gemiddelde korrelgroottes. Niet alleen maakt dit het vergelijken van de veranderingen in de sedimentsamenstelling minder zinvol, ook het leggen van relaties met de bodemdieren werd hierdoor lastig. De namen van de gebieden in Figuur 4-10 zijn anders dan de naamgeving die eerder is gehanteerd en daarom is Tabel 4-1 opgenomen

Tabel 4-1 Naamgeving van de gebieden voor de bemonstering van de sedimentsamenstelling.

Huidige naam (2023)	Eerder gebruikte naam (2022 en eerder)
Ballastplaat Zuid-West (ZW)	Ballastplaat 1

Ballastplaat Zuid	Ballastplaat Spijkermeting
Ballastplaat Noord-Oost	Ballastplaat 2
Ballastplaat Midden	Nieuw: niet eerder gebruikt
Ballastplaat Noord	Nieuw: niet eerder gebruikt

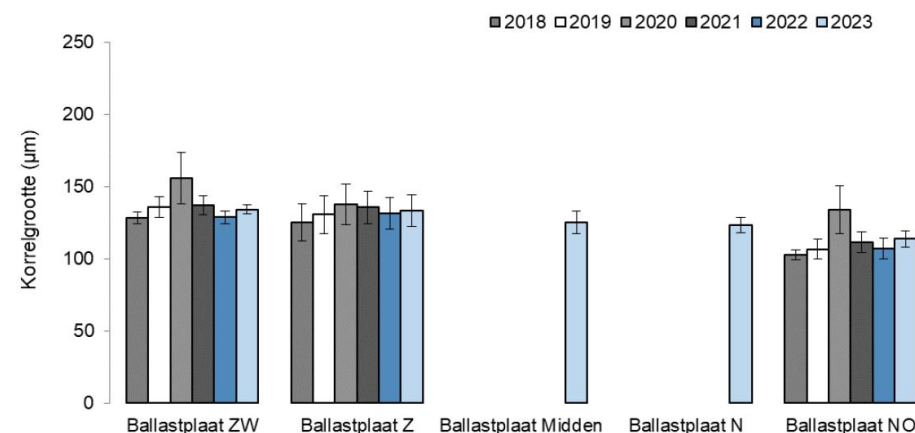


Figuur 4-10 Locaties van de bemonstering voor bepaling van de sedimentsamenstelling vanaf 2023.

De gemiddelde korrelgrootte van de nieuwe referentiegebieden komt goed overeen met de gemiddelde korrelgroottes in de bestaande gebieden op de Ballastplaat, zoals zichtbaar is in Figuur 4-11. Het gemiddelde slibgehalte in het nieuwe gebied Ballastplaat Noord is vergelijkbaar met dat van de gebieden Zuid-West en Zuid. Het slibgehalte van de Ballastplaat Midden is iets lager. In vergelijking met de referentiegebieden die eerder zijn gebruikt, is de

overeenkomst in de slibgehalten tussen de referentiegebieden het invloedsgebied uitstekend.

In 2023 is voor het eerst, in aanvulling op het gebruik van duplo's voor het vaststelling van de reproduceerbaarheid van de metingen gebruik gemaakt van een referentiemonster. Het referentiemonster geeft bij de analyses die de komende jaren worden uitgevoerd een check op de meetvariatie tussen de jaren. 2023 is het startjaar, zodat nog geen vergelijking heeft plaatsgevonden.

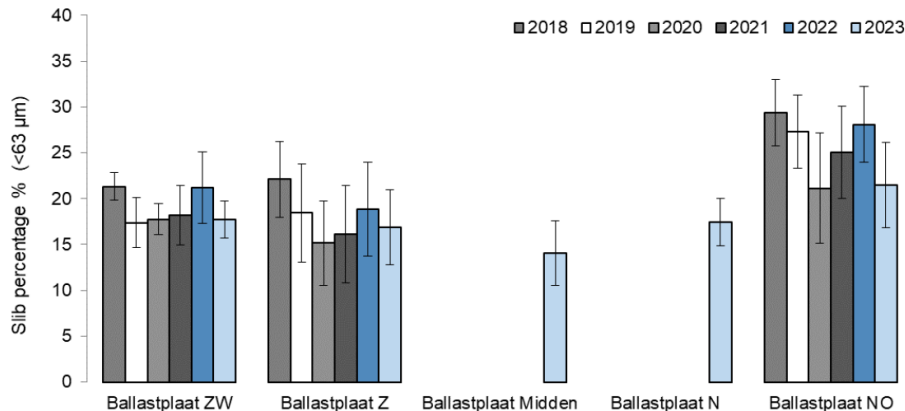


Figuur 4-11 Overzicht van de gemiddelde korrelgrootte en bijbehorende standaarddeviaties voor 2018 t/m 2023 op de verschillende gebieden. De locaties “Ballastplaat spijkermeting” en “Ballastplaat 1” liggen ter plaatse van het gebied waaronder bodemdaling door de zoutwinning plaatsvindt. “Ballastplaat 2” ligt daarbuiten, net als de drie andere gebieden. (uit Kappers et al, 2023b).

Door De la Barra et al. (2024) is een relatie gesuggereerd tussen de bodemdaling door de gaswinning onder het Pinkegat en de Zoutkamperlaag (Frische zeegat) en een afname van de mediane korrelgrootte. Een dergelijke verandering is niet vastgesteld bij de Ballastplaat. De jaarlijkse metingen aan de sedimentsamenstelling laten geen grote verschuivingen zien in de korrelgrootteverdelingen (Figuur 4-11) en in de slibgehalten (Figuur 4-11). De slibgehalten in 2023 zijn iets lager dan in 2022 en de gemiddelde korrelgrootte is iets groter. Deze kleine verschillen die optreden in de korrelgroottes en slibgehalten passen uitstekend bij de observaties aan de Sedimentatiemetingen, die kleine fluctuaties in de hoogte laten zien. Veel van de processen die zijn

beschreven bij fluctuaties in de Sedimentatiemetingen, zoals de tijdelijke opbouw van een sliblaag onder rustige omstandigheden, hebben een relatie met de sedimentsamenstelling.

- De Ballastplaat is een relatief slikrijke omgeving. Uit de data blijkt dat geen verandering in de korrelgrootteverdeling van het sediment plaatsvindt.
- De gemiddelde korrelgroottes en slibgehalten in de nieuwe referentie gebieden sluiten goed aan bij de waarden van de bestaande gebieden op de Ballastplaat.
- De verschillende metingen geven tot dusver geen aanleiding om te veronderstellen dat de bodemdaling door zoutwinning leidt tot veranderingen in de morfologie van de Ballastplaat.



Figuur 4-12 Overzicht van het gemiddelde slibpercentage (= % sediment met een korrelgrootte <63 µm in diameter) en bijbehorende standaarddeviaties voor 2018 t/m 2022 op de verschillende gebieden. De locaties “Ballastplaat spijkermeting” en “Ballastplaat 1” liggen ter plaatse van het gebied waaronder bodemdaling door de zoutwinning plaatsvindt. “Ballastplaat 2” ligt daarbuiten, net als de drie andere gebieden. (uit Kappers et al, 2023b).

4.7 Conclusies eerste orde effecten

- De variaties in de erosie en sedimentatie met de Sedimentatiemetingen worden gemeten passen bij de normale dynamiek van wadplaten zoals we die kennen uit andere studies en sluiten aan bij de Raaimetingen.
- De gemeten erosie en sedimentatie met de Sedimentatiemetingen (Spijkermetingen) in het onderzoeksgebied laten na 2022 een gemiddelde sedimentatie zien. Dit komt overeen met de verwachte ontwikkelingen

5 Draagkracht voor vogels

De resultaten die in dit hoofdstuk centraal staan, zijn afkomstig uit deze rapporten:

Kappers, E.F., 2024. Draagkracht van de Ballastplaat voor foeragerende vogels. Benthosbemonstering 2022; A&W-rapport 23-109

Kersten, M., J. Krol, J. van der Kamp & K. Rappoldt. 2024. Aantallen en verspreiding van wadvogels op de Ballastplaat en omgeving; Verkenning van de mogelijkheden. EcoCurves rapport 31; versie januari 2024.

Wortelboer, R., & R. Elias, 2024. Trends van vogels studiegebied zoutwinning Waddenzee 2023. Arcadis-rapport

5.1 Hogere orde effecten van bodemdaling door zoutwinning

In dit hoofdstuk worden de resultaten van de ecologische monitoring beschouwd. Het gaat om de resultaten van de bemonstering van bodemdierensamenstelling op de Ballastplaat Zuid, de trektellingen van de vogels op de Ballastplaat Zuid en de vogeltellingen op de hoogwatervluchtplaatsen. De aanwezigheid van de bodemdieren en vogels op de Ballastplaat wordt niet direct beïnvloedt door de zoutwinning en de bodemdaling. Eventuele veranderingen in de plaathoogte en sedimentsamenstelling vormen de schakel tussen de bodemdaling en de bodemdieren. De beschikbaarheid en bereikbaarheid van bodemdieren vormen vervolgens de schakels naar de vogels. Daarom worden de veranderingen bij bodemdieren en vogels beschouwd als hogere (2^e en 3^e) orde effecten (zie ook de schematische weergaven in de effectketen in Figuur 1-3).

5.2 Aanwezigheid en bereikbaarheid van bodemdieren

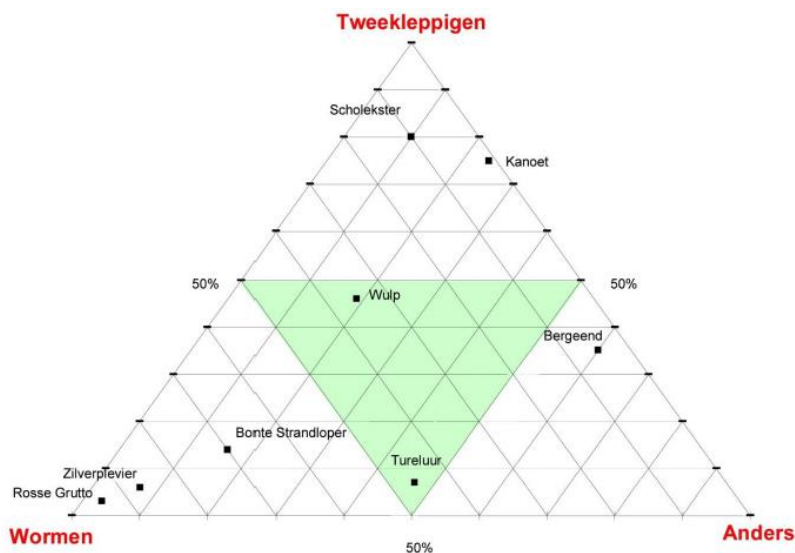
Zoals in dit rapport verschillende keren terugkomt, kent de Ballastplaat Zuid een rijke en diverse gemeenschap bodemdieren. In dit monitoringprogramma zijn we specifiek geïnteresseerd in deze bodemdieren als voedingsbron voor

vogelsoorten. Daarom meten we de ontwikkelingen in de bodemdieren drie keer per jaar, indien de omstandigheden dit toelaten. Twee keer tijdens de vogeltrek (mei en september) en één keer in de winterperiode. De bemonstering in de winterperiode is speciaal voor de scholekster die dan van de wadplaten als foerageergebied afhankelijk is.

De biomassa aanwezige bodemdieren wordt omgerekend naar voedselbeschikbaarheid via de diëten van de verschillende vogelsoorten, zoals schematisch is weergegeven in Figuur 5-1. Hierbij wordt rekening gehouden de omvang van individuele bodemdieren. Voor bijvoorbeeld de Kanoetstrandloper geldt dat alleen kleine schelpdieren meetellen omdat hij zijn prooi in zijn geheel inslikt. Deze diëten zijn gebaseerd op eerder verricht onderzoek (zie Kappers et al, 2024, voor een toelichting hierop en de gebruikte bronnen). Voor veel prooidieren en vogelsoorten geldt echter dat er geen specifieke informatie over hun relatie beschikbaar is. Voor het berekenen van voedselbeschikbaarheid gaan we dan ook uit van gelijkenis tussen prooidieren: wanneer bekend is dat een vogelsoort één soort “kleine wormen” eet, gaan we ervan uit dat hij alle soorten kleine worden eet. Determinatie van een deel van de macrofauna vindt dan ook plaats op familie-niveau. Dit betekent dat we niet onderzoeken met welke soort Slijkgarnaal of Wadslakje we te maken hebben. We noteren eenvoudigweg respectievelijk *Corophium* en *Hydrobia*.

Naast voedselbeschikbaarheid is ook voedselbereikbaarheid van belang. Op de wadplaten wordt dit voor foeragerende vogels bepaald door de droogvalduur en -frequentie. Voor het berekenen van de voedselbereikbaarheid wordt de getijdensimulator Intertides van Ecocurves gebruikt (Rappoldt et al., 2020). Intertides berekent de droogvalduur op iedere gewenste locatie in de Waddenzee aan de hand van een (driehoeks-) interpolatie tussen de getijdenstations. Hiervoor is gebruik gemaakt van de gemeten waterstanden in de Waddenzee in 2023, waarbij de waterstanden in een periode van 3 maanden rond de datum van bemonstering worden gebruikt. In paragraaf 2.2 is ingegaan op de variaties die optreden in de waterstanden. De grafiek van de gemeten waterstanden in 2023 in Figuur 2-2 laten de grote variatie zie die optreedt in de waterstanden in de loop van het jaar.

Tabel 5-1



Figuur 5-1 Het dieet van de acht vogelsoorten bodemdiereters samengevat. Het dieet van iedere soort is weergegeven door één punt in dit vlak. De afstand tot elk van de hoekpunten geeft het relatieve belang van tweekleppige schelpdieren (boven), wormen (linksonder) en andere prooi in het dieet aan: hoe kleiner deze afstand, dus hoe dichter het punt bij een hoekpunt ligt, hoe groter het relatieve belang van de daar aangegeven prooigroep. Figuur uit Kappers (2024), aangepast uit Leopold et al. (2004).

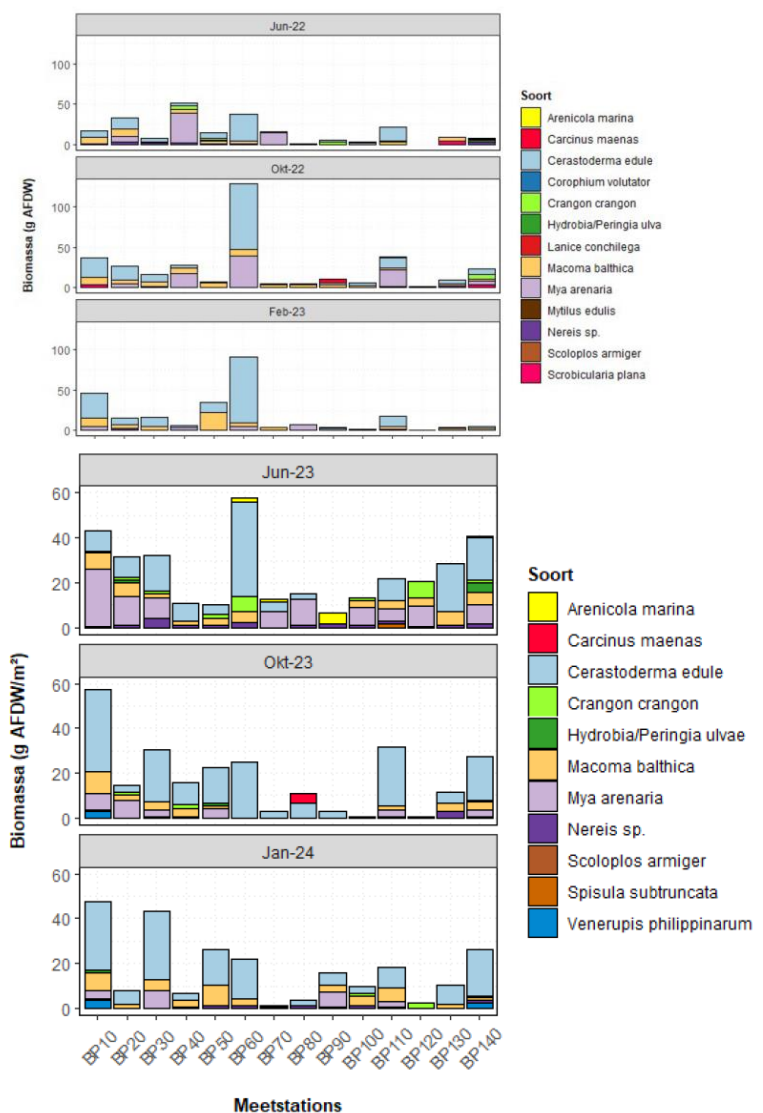
De combinatie tussen voedselbeschikbaarheid en voedselbereikbaarheid is een maat voor de kwaliteit van de Ballastplaat Zuid als foerageergebied voor vogels. In dit monitoringprogramma noemen we dat de “draagkracht” van het gebied omdat het indicatief is voor de hoeveelheid vogels die van dit gebied gebruik zouden kunnen maken. Hiervoor is het maximale aantal gebruikers (vogels) van belang. Omdat we nog onvoldoende kennis hebben om uit te rekenen om hoeveel vogels dit precies zou gaan, zien we voorlopig alleen in hoeverre deze draagkracht toe- of afneemt. Voor deze berekeningen maken we gebruik van de rekenregels uit het model WADMAP (Rappoldt et al. 2019).

Eerder onderzoek naar relatie tussen de bovengenoemde draagkracht en de aanwezigheid van vogelaantallen op hoogwatervluchtplaatsen heeft aangetoond dat de verspreiding van een deel van de vogelsoorten zich goed laat voorspellen op basis van de berekende draagkracht (Ens et al. 2019). In dit onderzoek wordt

aan een hoogwatertelgebied een laagwatersverspreidingsgebied toegewezen. Om in de toekomst voor de Ballastplaat de relatie tussen de vogelaantallen op de HVP's en de draagkracht van deze plaat te kunnen leggen is in 2023 onderzoek gedaan naar de laagwatersverspreiding. Dit is een aanvulling op het onderzoek naar de migratie van vogels tussen de hoogwatertelgebieden en laagwatersverspreidingsgebieden.

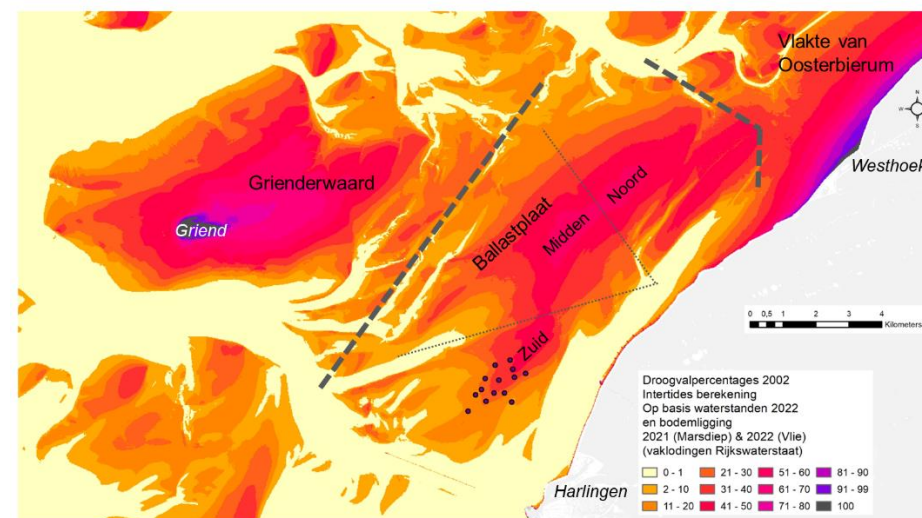
5.3 Aanwezigheid van bodemdieren op de Ballastplaat en de draagkracht per vogelsoort

De bodemdieren op de Ballastplaat zijn bemonsterd in juni, oktober en december 2023. De meting in oktober was voorzien in voor september, maar deze is slechte weersomstandigheden uitgesteld. De meting in december was niet compleet (9 van de 14 punten) en deze is daarom herhaald in januari 2024. De methodes voor bemonstering, analyse en de bepaling van het asvrijdrooggewicht per m², staan in Kappers et al. (2024). Figuur 5-2 geeft de aanwezigheid van de biomassa per soort op alle bemonsterde punten weer. In deze figuur is zichtbaar dat de grootste bijdrages aan de biomassa worden geleverd door verschillende schelpdieren, zoals de Kokkel *Cerastoderma edule*, de Strandgaper *Mia arenaria* en het Nonnetje *Limecola (Macoma) balthica*. Dit zijn overigens niet de soorten waarvan de grootste aantallen aanwezig zijn op Ballastplaat, dat zijn namelijk verschillende soorten wormen. In mei 2022 waren op enkele locaties ook grote aantallen Wadslakjes *Peringia (Hydrobia) ulvae* aanwezig. In 2023 zijn enkele schelpdiersoorten aangetroffen die in 2022 niet zijn aangetroffen, waaronder de Strandschelp *Spisula subtruncata* en de exoot Filipijnse tapijtschelp *Venerupis philippinarum*. In 2023 zijn geen Mossels *Mytilus edulis* en Slijkgarnalen *Corophium volutator* aangevonden die in 2022 wel aanwezig waren. De verschillen in biomassa en in soortensamenstelling tussen de veertien bemonsterde punten zijn in 2023 onverminderd groot.

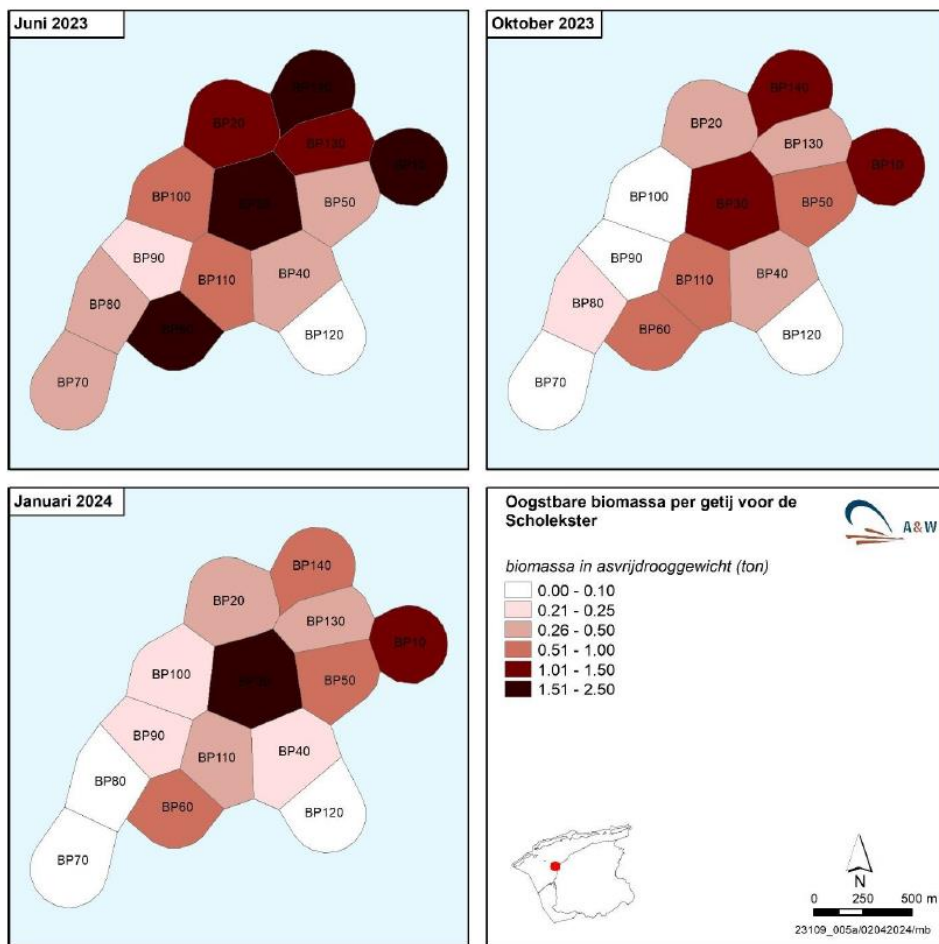


Figuur 5-2 Biomassa in asvrijdrooggewicht per vierkante meter van benthosoorten over alle bemonsterde meetstations van de Ballastplaat in juni, oktober (2022) en februari (2023), juni 2023, oktober 2023 en januari 2024.

Het dieet per vogelsoort is bepaald op basis van actuele inzichten, waarbij rekening is gehouden met de soorten bodemdieren en hun omvang. Dit levert voor iedere vogelsoort per monsternoment en per meetstation inzicht in het beschikbare voedsel, zoals is uitgewerkt in Kappers et al. (2024). Vervolgens is per meetstation met het droogvalpercentage (Figuur 5-3) berekend hoeveel voedsel per getij beschikbaar is voor iedere vogelsoort. Het resultaat van de berekeningen is dat voor iedere vogelsoort per bemonstering op een kaart de beschikbare prooidierbiomassa is bepaald. Een voorbeeld van deze resultaten staat in Figuur 5-4, waarbij de oogstbare biomassa voor de Scholekster in beeld is gebracht. Uit deze kaarten wordt duidelijk dat niet overal op de Ballastplaat evenveel voedsel beschikbaar is voor de Scholeksters. Deze verschillen zijn het gecombineerde resultaat van de aanwezigheid van prooien en van de bereikbaarheid daarvan. De drie kaarten laten ook zien dat op de drie verschillende momenten in de tijd de oogstbare biomassa duidelijke verschillen vertoont.



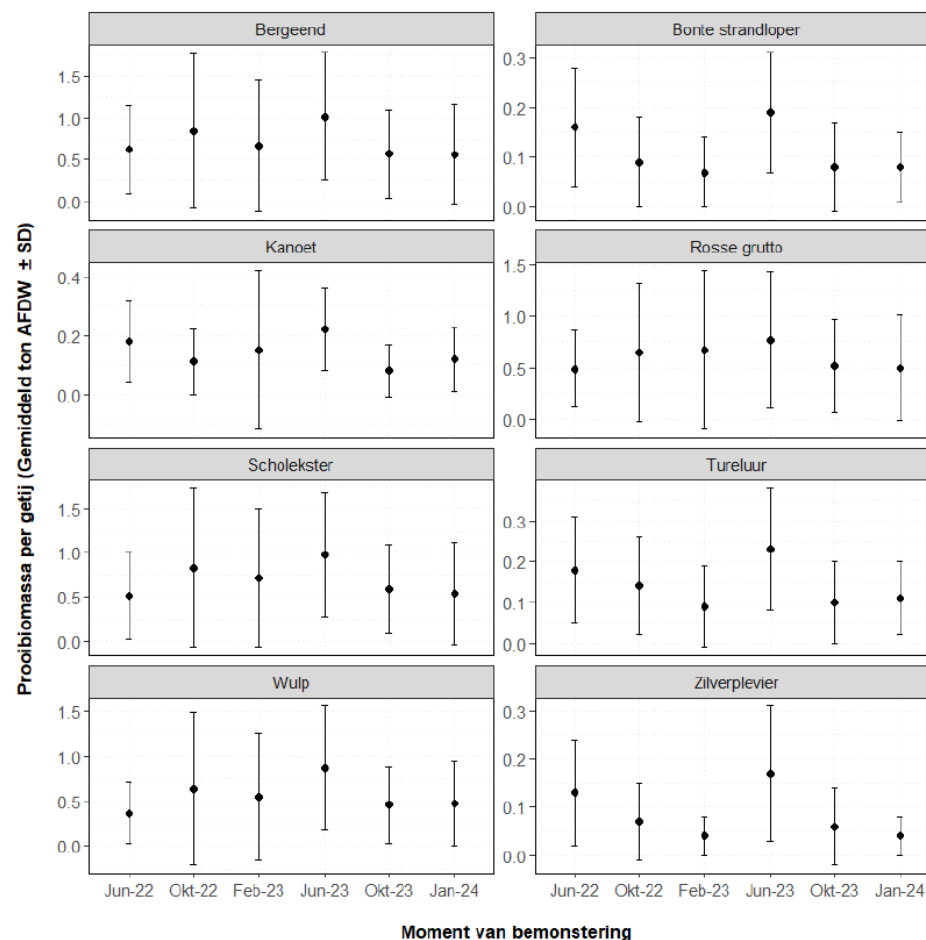
Figuur 5-3 Kaart met de droogvalpercentages van de wadplaten (0%: valt nooit droog; 100%: altijd droog). De stippen zijn de locaties van de Sedimentatiemetingen. De drie belangrijke telgebieden Griend, Westhoek en Harlingen zijn ook aangegeven.



Figuur 5-4 Kaart met de van de oogstbare biomassa per getij voor de Scholekster voor de verschillende momenten van bemonstering.

De variatie in de tijd in de beschikbare biomassa is in beeld gebracht in Figuur 5-5 voor acht vogelsoorten, door de gemiddelde beschikbare biomassa over alle punten op de Ballastplaat te berekenen. Hierbij dient opgemerkt te worden dat voor de berekening van de bereikbaarheid via de droogvalduur voor de berekeningen over 2002 dezelfde jaarrond getallen zijn gebruikt voor de drie metingen, terwijl in 2023 voor elke moment een periode van 3 maanden is gebruikt. De berekende variatie in de beschikbare biomassa is hierdoor

waarschijnlijk groter in 2023 dan 2022. Voor de toekomstige analyses zal een definitieve methode worden gekozen.



Figuur 5-5 Grafiek met de gemiddelde biomassa met de standaarddeviatie voor alle monsterlocaties per getij per vogelsoort voor de zes bemonsteringsmomenten in 2022-2024. Let op: de waarden op de y-as zijn voor iedere soort anders.

De beschikbare biomassa verschilt per vogelsoort. De laagste waarden worden gevonden voor Bonte strandloper, Kanoetstrandloper, Tureluur en Zilverplevier. De hoogste waarden worden gevonden voor Bergeend, Rosse Grutto, Wulp en

Scholekster. Deze verschillen zijn met name het gevolg van de voedselvoorkeuren van de verschillende soorten. Per vogelsoort verschilt het patroon in de gemiddelde beschikbare biomassa. De hoogste waarden voor de beschikbare prooibiomassa worden gevonden voor juni 2023, waarschijnlijk door een combinatie van relatief hoge biomassa's aan bodemdieren (zie Figuur 5-2) en relatief lage waterstanden (zie Figuur 2-2). De hoge waterstanden rond oktober 2023 en januari 2024 verklaren de relatief beperkte beschikbaarheid van proodierbiomassa tezamen met de langer biomassa's van de bodemdieren.

De monitoring van de bodemdieren op de Ballastplaat in 2022, 2023 en begin 2024 bevestigt dat het gebied een rijke en gevarieerde bodemfauna heeft. Daarmee is voor veel verschillende wadvogels voedsel beschikbaar, gedurende een groot deel van het jaar.

5.4 Vogels op de Ballastplaat

Na de eerste twee verkennende tellingen in 2021 zijn in 2023 in drie tellingen uitgevoerd om de trek van de foeragerende wadvogels tussen de Ballastplaat naar en de hoogwatervluchtplaatsen in beeld te brengen. Een van deze tellingen betreft een laagwatertelling, die is uitgevoerd vanaf de meest noordelijke permanente meetpaal (Figuur 3-1; locatie CGPS02 in Figuur 4-1). De tellingen hebben als doel om het belang van de Ballastplaat Zuid voor foeragerende vogels scherp te krijgen. Uiteindelijk willen we aan de hand van de trektellingen en de laagwatertelling de vragen beantwoorden welke vogelsoorten in welke periode van het jaar foerageren in het bodemdalingsgebied? Daarbij willen we ook vaststellen welke aantallen van welke vogelsoort afkomstig is van welke hoogwatervluchtplaats? Met de antwoorden op deze vragen kan aan de ene kant de relatie worden gelegd tussen de draagkracht van de Ballastplaat voor foeragerende vogels (zie de voorgaande paragraaf) en het daadwerkelijke gebruik. Aan de andere kant kan zo de relatie worden geduid tussen de waargenomen vogelaantallen op de HVP's (zie de volgen paragraaf) en de ontwikkelingen op de Ballastplaat.

De trektellingen in 2023 zijn uitgevoerd op 10 mei 2023, 5 september 2023 en de laagwatertelling vanuit de meetpaal is uitgevoerd op 6 september. In combinatie met de eerder uitgevoerde metingen in 2022 (20 mei, 3 augustus en 29 september) is een verbeterde schatting opgesteld van de maximale aantallen wadvogels op de Ballastplaat-Zuid. De verbeterde schattingen staan in Tabel

5-2. Van de Scholeksters en Wulpen zijn de schattingen iets naar beneden bijgesteld, terwijl van de Rosse grutto en Zilverplevier duidelijke is geworden dat grotere aantallen aanwezig zijn.

Tabel 5-2 Eerste schattingen van de maximale aantallen wadvogels op Ballastplaat-Zuid en het seizoen (maand) wanneer deze optreden. Tevens is aangegeven van welke hoogwatervluchtplaatsen (HVP's) deze vogels gebruik maken (uit Kerstens et al, 2024).

Tabel D.7. De maximale aantallen wadvogels op Ballastplaat-Zuid en het seizoen (maand) waarin deze optreden.

soort	maand	schatting 2022	verbeterde schatting
Scholekster	september	2 000	1 800 ¹
Zilverplevier	mei	?	1 300 ¹
	september	500	500 ¹
Wulp	augustus	1 000	900 ¹
	september	580	900 ¹
Rosse Grutto	mei	500	1 000 ¹
	augustus	500	500 ²
Tureluur	augustus	1 000	1 000 ²
Kanoet	mei	?	100 ¹
	september	1 000	1 000 ²
Bonte Strandloper	mei	?	4 400 ¹
	september	2 500	2 500 ¹
Drieteenstrandloper	mei	?	nihil ¹
Steenloper	augustus	nihil	nihil ²
Kluut	september	nihil	nihil ²

¹ nieuwe schatting

² schatting uit 2022 gehandhaafd

Het overgrote deel van de Scholeksters die op de Ballastplaat foerageren vliegen vrijwel voor een belangrijk deel naar het rustgebied op de dijk bij Harlingen (nabij de Frisia-fabriek). Op dat rustgebied zitten ook scholekster die foerageren op droogvallende platen ten zuidwesten van de Ballastplaat-Zuid.

Andere vogelsoorten overtijden daar vrijwel niet. De grootste aantallen Zilverplevieren zijn aanwezig tijdens de voorjaars trek in mei, waarbij het in de omgeving Grienderwaard-Ballastplaat doorgaans 4000–7000 vogels betreft. Van deze vogels foerageren op Ballastplaat-Zuid meer dan 1000 Zilverplevieren. Van de vogels op de Ballastplaat-Zuid is het nog niet duidelijk of deze naar de hoogwatervluchtplaats bij Westhoek gaan, of naar Griend, omdat de Zilverplevieren eerst nog foerageren op de Ballastplaat-Midden.

Hoge aantallen Wulpen zijn aanwezig vanaf eind juli tot eind september. Het overgrote deel van Wulpen vliegt naar Griend om te rusten tijdens hoogwater.

Tijdens de voorjaars trek in mei en tijdens de najaars trek begin augustus zijn grote aantallen Rosse Grutto's aanwezig. Waarschijnlijk gaan de meeste Rosse Grutto's die op Ballastplaat-Zuid foerageren naar Griend om te overtijden en gaat een minderheid naar de Westhoek.

De waarnemingen in 2021, 2022 en 2023 laten dat vrijwel geen Kluten foerageren op de Ballastplaat, ondanks de aanwezigheid van veel Kluten op het nabijgelegen telgebied Zwarte Haan. Ook de Steenloper en Driesteenstrandlopers blijken vrijwel geheel afwezig op de Ballastplaat-Zuid en deze soort is terecht geen onderdeel van het monitoringsprogramma. In Tabel 5-2 staan nog enkele vraagtekens, bij de aantallen van de Zilverplevier, Kanoet, Bonte strandloper en Drieteenstrandloper in mei. De verwachting is dat door toekomstige metingen ook voor deze soorten duidelijk zal worden in welke aantallen deze foerageren op de Ballastplaat-Zuid.

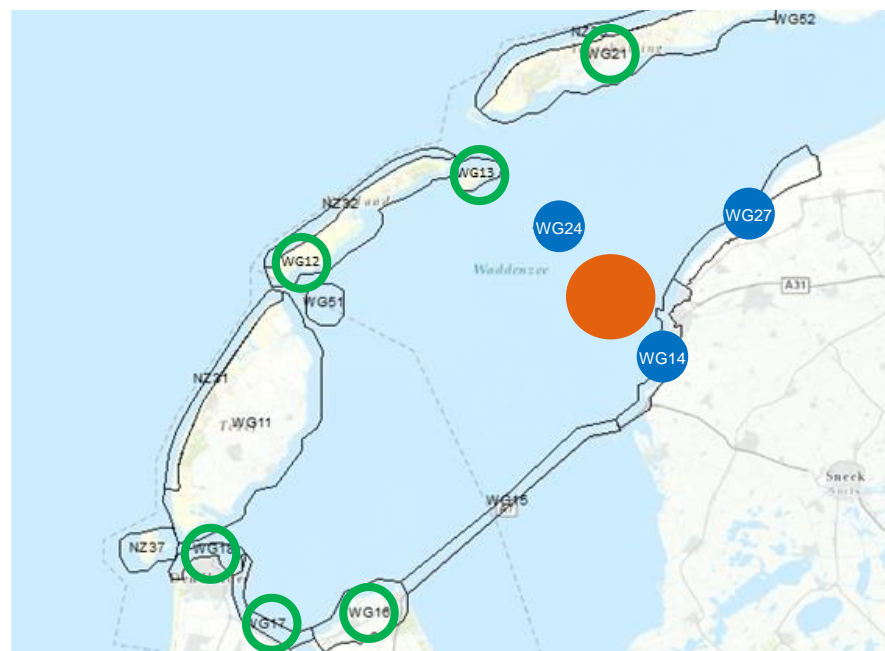
Na drie jaren met tellingen rond en op de Ballastplaat wordt steeds duidelijker welke rol de Ballastplaat vervuld voor de verschillende vogelsoorten en in hoeverre de aantallen op de hoogwatervluchtplaatsen gerelateerd kunnen zijn aan het gebruik van de Ballastplaat. Voor de scholekster lijkt sprake te zijn van de meest uitgesproken relatie tussen de aantallen die foerageren op de Ballastplaat en de aantallen die aanwezig zijn op de HVP bij de Dijk bij Harlingen (vlakbij de Frisia fabriek).

5.5 Vogels op de hoogwatervluchtplaatsen

Sovon is het kennisinstituut dat vogeltellingen in Nederland coördineert en de data archiveert. Voor vogelaantallen op de hoogwatervluchtplaatsen in en rond de Waddenzee is data vanaf 1975 beschikbaar. Op basis van deze data, die elk

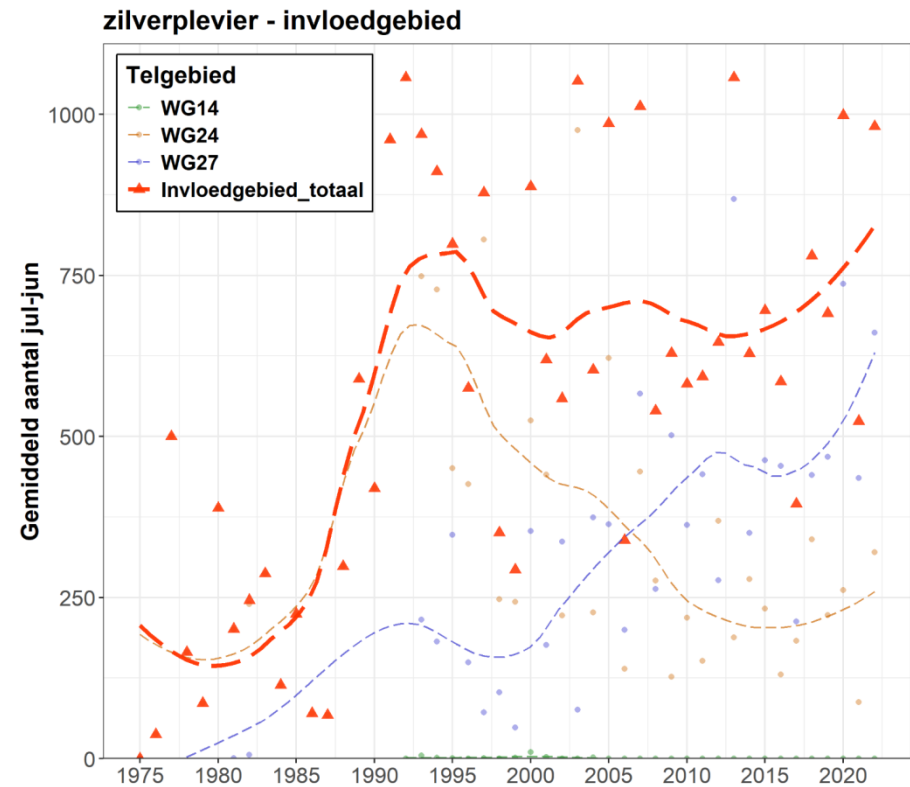
jaar met nieuwe gegevens wordt aangevuld, bestuderen we de trends in de vogelaantallen in de buurt van het bodemdalingsgebied en vergelijken dit met een aantal andere hoogwatervluchtplaatsen in de Westelijke Waddenzee (figuur 5-7).

Uit onderzoek naar de bruikbaarheid van de data bleek dat de tellingen van voor 1995 minder betrouwbaar zijn. Dit heeft te maken met het beperkte aantal tellingen uit de periode van voor 1995 in de database. Voor de ontbrekende gegeven wordt in de Sovondatabase aan "inputting" gedaan. Dat wil zeggen dat de in dit geval de ontbrekende gegeven worden geschat op basis van interpolatie. Wanneer er te weinig data beschikbaar is en te veel geïnterpoleerd moet worden, zijn de resultaten onbetrouwbaar. Het is daarom verstandig alleen naar de trends te kijken na 1995.

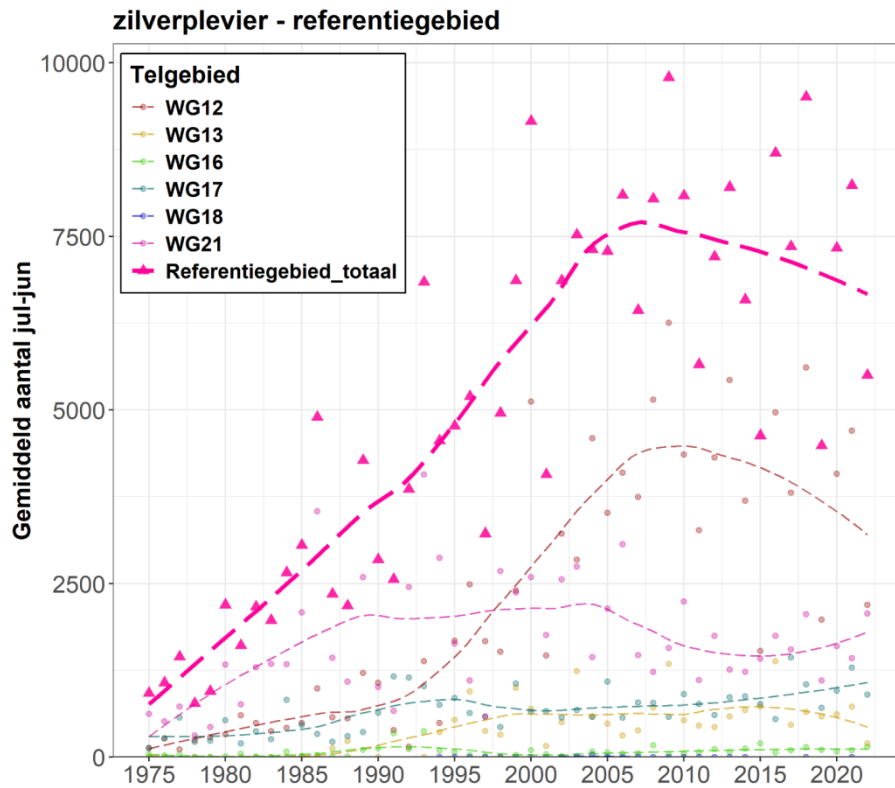


Figuur 5-6 Ligging van het gebied waar bodemdaling kan optreden (oranje cirkel). De blauwe cirkels zijn de hoogwatervluchtplaatsen die tot het invloedgebied gerekend worden en groen cirkels worden als referentiegebied gehanteerd (uit Wortelboer & Bensink, 2023).

Als voorbeeld van de wijze waarop de ontwikkelingen worden geanalyseerd zijn de grafieken met de jaargemiddelde aantallen en de trends daarin van de Zilverplevier weergegeven in Figuur 5-7 voor het Invloedsgebied en in Figuur 5-8 voor de referentiegebieden rond de Westelijke Waddenzee. Ter vergelijking zijn ook de ontwikkelingen weergegeven zoals die zijn gerapporteerd in Duijns et al. (2023) vanwege de gaswinning Waddenzee in Figuur 5-9. Dit gaat om de aantallen in de kombergingsgebieden Pinkegat en Zoutkamperlaag, de rest van de Nederlandse Waddenzee en de Duitse en Deense Waddenzee. Voor de Zilverplevier geldt dat aantallen en de ontwikkelingen duidelijk verschillen per telgebied. Zo zijn de aantallen in het totale invloedsgebied van 1995 relatief stabiel, waarbij de aantallen op Griend (WG24) sterk zijn afgenomen en de aantallen langs de Friesche kust (WG27) sterk zijn toegenomen. In het referentiegebied is vanaf 1995 eerst sprake van een toename tot rond 2007, gevolgd door een afname. Deze ontwikkelingen worden gedomineerd door de aantallen op telgebied Vlieland (WG12). De aantallen en de ontwikkelingen daarin voor het Pinkegat en Zoutkamperlaag laten stabiele aantallen zien, terwijl in de hele Nederlandse Waddenzee sprake is van een matige toename. In de Duitse en Deense Waddenzee nemen de aantallen daarentegen af.



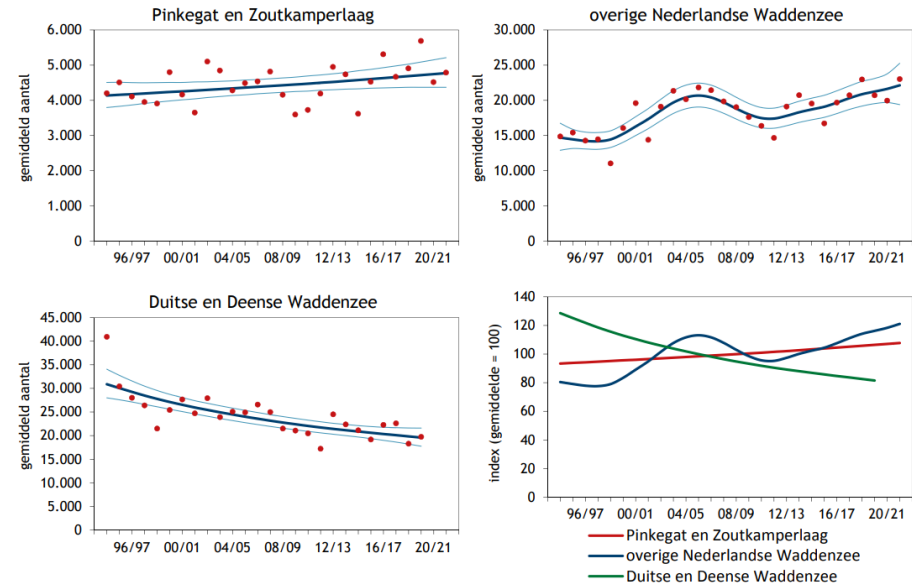
Figuur 5-7 Ontwikkeling in jaargemiddelde aantallen (juli - juni) Zilverplevier in de periode juli 1975 t/m juni 2023 voor de telgebieden in het invloedsgebied (zie Figuur 5-6 voor de ligging van de telgebieden). Jaartallen op de x-as geven het jaartal aan het begin van elke telperiode (juli - juni) aan (Wortelboer & Bensink, 2024).



Figuur 5-8 Ontwikkeling in jaargemiddelde aantallen (juli - juni) Zilverplevier in de periode juli 1975 t/m juni 2023 voor de telgebieden in het referentiegebied (zie Figuur 5-6 voor de ligging van de telgebieden). Jaartallen op de x-as geven het jaartal aan het begin van elke telperiode (juli - juni) aan (Wortelboer & Bensink, 2024).

In Tabel 5-3 staat een overzicht van de waargenomen trends in de afgelopen 10 jaar. Hieraan zijn de trends toegevoegd die door Duijns et al. (2023) zijn gerapporteerd voor het Pinkegat en de Zoutkamperlaag en de rest van de Nederlandse Waddenzee. Wat direct duidelijk is bij het bekijken van de tabel is dat trends voor de verschillende vogelsoorten duidelijk verschillen en ook dat de trends in het referentiegebied en het invloedsgebied niet voor alle soorten hetzelfde is. Ook zijn de trends zoals Duijns et al. (2023) rapporteren niet voor alle soorten hetzelfde. Zelfs voor het referentiegebied uit deze studie en de 'Rest NL Waddenzee' die voor een belangrijk deel overlappen is de trend niet

hetzelfde, met uitzondering van de afname van de aantallen Scholeksters en Wulpen.



Figuur 5-9 Aantalsverloop (seizoensgemiddelde) tot juli 2022 van de Zilverplevier in de kombergingen van Pinkegat en Zoutkamperlaag, vergeleken met het verloop van het seizoensgemiddelde in de rest van de Nederlandse Waddenzee en de Duitse en Deense Waddenzee (uit Duijns et al, 2023).

De afname van de aantallen scholeksters past in de landelijke trend die al een tijd aan de gang is (Ens et al., 2009). Deze grootschalige ontwikkeling werkt door in de gehele Waddenzee. De scholekster is een soort waarvan de trektellingen laten zien dat de aantallen op de Ballastplaat Zuid waarschijnlijk gekoppeld zijn aan de aantallen op de hoogwatervluchtplaats op de dijk bij Harlingen. Ook de Wulp is in relatief grote aantallen aanwezig op de Ballastplaat Zuid, maar de trektellingen laten zien dat deze vogels zich verspreiden over verschillende hoogwatervluchtplaatsen. In potentie is het volgen van de aantallen Scholeksters als indicator van het gebruik van de Ballastplaat daarom eenvoudiger dan het beschouwen van de Wulp. Ook voor de Wulp geldt dat de aantallen overal afnemen.

Tabel 5-3 Trend in de afgelopen 10 jaar, op basis van de trends in jaargemiddelde aantallen en de MSI (Multi-Species Index) voor de acht vogelsoorten (op basis van Wortelboer en Bensink, 2024). (+)+=(sterke) toename; = stabiel; (-) (sterke) afname. Duijs et al., 2023 gebruiken 0 voor stabiel. Onder 'Rest NL Waddenzee' worden alle kombergingsgebieden beschouwd behalve Pinkegat en Zoutkamperlaag.

Vogelsoort	Referentie-gebied	Invloeds-gebied	Pinkegat en Zoutkamperlaag (Duijs et al., 2023)	Rest NL Waddenzee
Bonte strandloper	-	++	0	0
Kanoetstrandloper	--	-	-	0
Krombekstrandloper	-	=	Niet beschikbaar	
Rosse grutto	-	=	0	0
Scholekster	-	-	-	-
Tureluur	+	=	-	0
Wulp	-	-	-	-
Zilverplevier	-	+	0	+

De aantallen van de Bonte strandloper zijn sterk toegenomen in het invloedsgebied, terwijl sprake is van een afname in de referentiegebieden. De Rosse Grutto stabiele aantallen in het invloedsgebied en een afname in de referentiegebieden. De werkhypothese is voorlopig dat de draagkracht voor een aantal soorten in de nabijheid van de Friese kust (WG27) is toegenomen. Dit geldt ook voor de toename van de aantallen Kluten en ruiende Bergeenden in dezelfde omgeving.

De ontwikkelingen in de vogelaantallen zijn geen gevolg van de bodemdaling, De bodemdaling door de zoutwinning is in september 2020 begonnen en de tot nu toe beperkte bodemdaling heeft geen gevolgen gehad voor de bodemligging en de beschikbaarheid en bereikbaarheid van het voedsel van de vogels.

5.6 Rol van de Ballastplaat zuid als foerageergebied

De Ballastplaat Zuid is relatief rijk aan voedsel voor de verschillende vogelsoorten, maar de bereikbaarheid ervan is beperkt. In de buurt liggen grote aaneengesloten gebieden die langer droogvallen en ook rijk zijn aan voedsel

(Duijs et al., 2022; 2023). De vraag is welke rol de Ballastplaat Zuid speelt voor het foerageren door de verschillende vogelsoorten.

De vergelijking tussen de vogelaantallen op de hoogwatervluchtplaatsen en de aantallen op de Ballastplaat geeft een eerste gevoel voor het belang van de Ballastplaat zuid als foerageergebied in vergelijking met de rest van de Ballastplaat, de Grienderwaard en de Vlakte van Oosterbierum. Een eerste grove vergelijking van de waargenomen vogelaantallen op de Ballastplaat Zuid in Tabel 5-2 en de aantallen die op de hoogwatervluchtplaatsen worden waargenomen (in Wortelboer & Bensink, 2024), laat voor de meeste vogelsoorten zien dat de aantallen op de hoogwatervluchtplaatsen een veelvoud zijn van de aantallen die op de Ballastplaat Zuid worden aangetroffen. Alleen voor de Tureluur en de Zilverplezier komen de aantallen op de hoogwatervluchtplaatsen overeen met de aantallen op de Ballastplaat Zuid. Overigens gaat deze directe vergelijking niet helemaal op, omdat de aantallen op de hoogwatervluchtplaatsen de jaargemiddelde aantallen betreffen, waardoor de piekvoorkomens in het jaar worden uitgemiddeld. De aantallen in Tabel 5-2 betreffen juist de aantallen per periode. Het kan daarom nog steeds zo zijn dat de 1000 Tureluurs op de Ballastplaat Zuid in augustus, onderdeel zijn van een veel groter aantal dat in die periode aanwezig was op de hoogwatervluchtplaats Friesche kust (Westhoek-Zwarte Haan, WG27).

De resultaten van de trektellingen (Kerstens et al., 2024) in combinatie met de aantallen op de hoogwatervluchtplaatsen (in Wortelboer & Bensink, 2024) kunnen worden gebruikt om een eerste weging toe te kennen aan de aantallen op de hoogwatervluchtplaatsen, om daarmee de relatie met de vogelaantallen op de Ballastplaat zuid beter vast te stellen. Op basis van de waargenomen aantallen vogels op de Ballastplaat Zuid (zie Tabel 5-2) constateren we dat grotendeels de juiste vogelsoorten op de hoogwatervluchtplaatsen (zie Tabel 5-3) worden beschouwd. Het tellen van de aantallen van de kleine vogelsoorten (Kanoet, Bonte strandloper, Drieteenstrandloper en Krombekstrandloper) en het vaststellen van hun routes vanaf de Ballastplaat-Zuid naar de HVP's via andere foerageerlocaties zal lastiger blijven dan voor de grote en middelgrote vogels. Een nadere en meer gedetailleerde analyse van de aantallen Scholeksters per maand op het HVP op de dijk bij Harlingen in relatie tot het beschikbare voedsel op de Ballastplaat ligt voor de hand.

5.7 Conclusies tweede en derde orde effecten

Omdat geen sprake is van eerste orde effecten van de bodemdaling door de zoutwinning is het niet plausibel dat sprake zou zijn van tweede orde effecten op de aanwezige bodemdieren en al helemaal niet derde orde effecten, op de vogelaantallen. De conclusies zijn daarom gericht op het vaststellen van het belang van de Ballastplaat voor foeragerende vogels. Door het belang van de Ballastplaat als foerageergebied vast te stellen en in de toekomst mogelijk ook de relatie te leggen met de draagkracht van de Ballastplaat, kan indien zich wel eerste orde effecten zouden voordoen, een meer eenduidig verband worden gelegd met de bodemdieren en foeragerende vogels.

- De Ballastplaat Zuid is rijk aan verschillende soorten bodemdieren, die prooidieren vormen voor verschillende vogelsoorten aanwezig zijn.
- De beschikbare biomassa prooidieren per getij verschilt per vogelsoort, is ruimtelijk gedifferentieerd en varieert in de tijd.
- De trektellingen van de vogels naar en van de Ballastplaat geven een inzicht in de aantallen van de verschillende soorten die tijdens hun piekvoorkomens in 2022 en 2023 foerageerden en van welke hoogwatervluchtplaats zij afkomstig waren.
- Geen enkele van de acht vogelsoorten waarvan de jaargemiddelde ontwikkelingen worden beschouwd, laat een ontwikkeling in het studiegebied zien die aanleiding geeft om een relatie met de bodemdaling te veronderstellen. Dit wordt ook niet verwacht, omdat de omvang van de bodemdaling nog heel beperkt is en er geen nadelige veranderingen in de bodemhoogte en sedimentsamenstelling (1^e orde effecten) zijn waargenomen.

6 Conclusies en slotwoord

6.1 Algemene conclusies

Na de start van de productie in 2020 is de bodemdaling onder Ballastplaat Zuid nu meetbaar op gang gekomen. De gemeten en gemodelleerde bodemdaling valt binnen de grenzen van de vergunningen. De aan de hand van metingen gemodelleerde bodemdaling is kleiner dan de omvang die volgt uit de berekende zoutproductie en groei van de zoutcaverne. Het verschil wordt verklaard door de beperkte omvang van de bodemdaling aan de buitenzijde van de bodemdalingsschotel. De response en de nauwkeurigheid van de metingen aan de bodemdaling nabij het centrum van de bodemdalingsschotel voldoen voor het verifiëren van het bodemdalingsmodel.

In het nieuwe zeespiegelstijgingsscenario dat is gehanteerd in deze berekening is sprake van een beduidend hoger stijgingssnelheid van de zeespiegel. De gemiddelde bodemdalingssnelheid, opgeteld bij de snelheid van zeespiegelstijging ligt nog steeds beneden de gebruiksruimtegrens van 5 mm per jaar.

De morfologische ontwikkelingen van de wadplaten en geulen zetten zich op een vergelijkbare wijze voort als in de jaren ervoor. In het bodemdalingsgebied geven de Sedimentatie- en Raaimetingen geen aanleiding om te veronderstellen dat de bodemdaling door zoutwinning leidt tot veranderingen in de morfologie van de Ballastplaat. De kwaliteit en nauwkeurigheid van de metingen is voldoende groot om vast te kunnen stellen of de verwachte ontwikkelingen plaatsvinden. De Sedimentatiemetingen laten, na middeling van alle punten sedimentatie zien en dit wijst er op dat vereffening van de bodemdaling plaatsvindt. De metingen van de sedimentsamenstelling laten geen veranderingen zien van de korrelgrootte en het slibgehalte die groter zijn dan de eerdere variaties. De sedimentsamenstelling op de nieuwe referentielocaties komt goed overeen met die op de Ballastplaat-Zuid/

Omdat 1^{ste} orde effecten (fysische veranderingen als gevolg van bodemdaling) niet zijn aangetroffen, worden 2^{de} (voedselbeschikbaarheid) en 3^{de} orde (vogelaantallen) effecten niet verwacht. De draagkracht voor foeragerende vogels en de vogelaantallen zelf tonen geen zorgwekkende ontwikkelingen die op een mogelijke negatieve relatie met bodemdaling door zoutwinning duiden.

Geconcludeerd kan worden dat de zoutwinning onder de Ballastplaat Zuid tot dusver geen effect heeft op de beschermde natuurwaarden van de Waddenzee.

6.2 Ontwikkelingen in het monitoringsprogramma

In het monitoringsprogramma is de afgelopen jaren de focus gelegd op de Ballastplaat. Ook de locatieleuze van de nieuwe referentielocaties voor de sedimentsamenstelling sluit hierbij aan. In de komende jaren wordt verder ongezet op het vergroten van het begrip van de rol die de Ballastplaat speelt voor de verschillende vogelsoorten die er foerageren.

De toegevoegde waarde van de LiDAR hoogtemetingen in het monitoringsprogramma zijn tot nu toe beperkt. Vanwege de relatief lage ligging van de Ballastplaat wordt slechts een beperkt areaal ingemeten, zodat de overlap met de andere metingen (raai- en Sedimentatiemetingen) beperkt is. De ruimtelijke resolutie is beperkt vergeleken met de resolutie van de raaimetingen. De komende tijd zal worden nagedacht over de noodzaak om de LiDAR-hoogtemetingen in 2025 volgens planning uit te voeren, waarbij zal worden beschouwd of met alternatieve metingen niet meer toegevoegde waarde kan worden gecreëerd.

7 Referenties en rapporten

7.1 Rapporten Monitoring Frisia over 2023

- Antea, 2024. Monitoring bodemdaling zoutwinning Waddenzee; Jaarrapportage 2023. projectnummer 04825281.100 definitief revisie 01; definitief revisie 00; 24 januari 2024
- Antea, 2024. Monitoring bodemdaling zoutwinning Waddenzee; Jaarrapportage 2023. projectnummer 04825281.100 definitief revisie 01; definitief revisie 00; 24 januari 2024
- Chorus, T.A., 2024. Beheerscyclus Meet- en regelprotocol Havenmond over het jaar 2023. Well Engineering Partners B.V notitie versie 1.1.
- Spaans, D. & J. Cleveringa, 2024. Monitoring situatie 2023 bodemligging studiegebied zoutwinning Waddenzee. Arcadis-rapport
- Krol, J., L. Saathof, J.G. Lodewijks, Kappers, E.F. & M.A.T. Marijt. 2024. Wadsedimentatie Studiegebied zoutwinning Waddenzee. Jaarrapport 2023. A&W-rapport 21-010#3.
- Marijt, M.A.T. & Kappers, E.F., 2024. Sedimentsamenstelling Studiegebied zoutwinning Waddenzee Jaarrapport 2023. A&W-rapport 21-009#3.
- Kappers, E.F., 2024. Draagkracht van de Ballastplaat voor foeragerende vogels. Benthosbemonstering 2022; A&W-rapport 23-109
- Kersten, M., J. Krol, J. van der Kamp & K. Rappoldt. 2024. Aantallen en verspreiding van wadvogels op de Ballastplaat en omgeving; Verkenning van de mogelijkheden. EcoCurves rapport 31; versie januari 2024.
- Wortelboer, R., & R. Elias, 2024. Trends van vogels studiegebied zoutwinning Waddenzee 2023. Arcadis-rapport

7.2 Referenties

- Adviesgroep, 2020. Advies beleids- en richtscenario relatieve zeespiegelstijging Waddenzee. Brief Universiteit Utrecht, 18 december 2020.
- Baptist et al. 2019 Beneficial use of dredged sediment to enhance salt marsh development by applying a 'Mud Motor': evaluation based on monitoring.

- Baptist, M., J.T. Wal, E. Folmer, U. Gräwe, K. Elschot, 2019. An ecotope map of the trilateral Wadden Sea. *Journal of Sea Research*. 152
- Beukema, J. J. 1976. Biomass and species richness of the macro-benthic animals living on the tidal flats of the Dutch Wadden Sea. *Netherlands Journal of Sea Research* 10:236-261.
- Cleveringa, J., 2024. Ecosysteemgericht baggeren. Fase 2: Literatuuronderzoek t.b.v. beantwoording kennisvragen. Rapport 2024-02, Waddenacademie, Leeuwarden.
- Colina Alonso, A., B. Smits & J. Vroom, 2021b. Stijging baggerhoeveelheden vaargeul Boontjes. Deltares rapport met Kenmerk: 11206799-007-ZKS-0001. Versie 1.0.
- Colina Alonso, A., Smits, B.P., Vroom, J. (2021). Stijging Baggerhoeveelheden Vaargeul Boontjes. Deltares rapport 11206799-007-ZKS-0001 versie 1.0.
- Colina Alonso, A., Van Maren, D. S., Elias, E. P. L., Holthuijsen, S. J., & Wang, Z. B., 2021b. The contribution of sand and mud to infilling of tidal basins in response to a closure dam. *Marine Geology*, 439, 106544.
- Colosimo, I., van Maren, D. S., de Vet, P. L. M., Winterwerp, J. C., & van Prooijen, B. C. (2023). Winds of opportunity: The effects of wind on intertidal flat accretion. *Geomorphology*, 439, Article 108840.
- Commissie voor de milieueffectrapportage, 2022. Zoutwinning Waddenzee; Advies Auditcommissie over monitoringsjaar 2021. Commissie voor de milieueffectrapportage Kenmerk 17 november 2022 / projectnummer: 3654
- 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. *Journal of sea research*, 82, 103-116.
- De la Barra, P.; Aarts, G.M; Bijleveld, A., 2024. The effects of gas extraction under intertidal mudflats on sediment and macrozoobenthic communities. *J. Appl. Ecol.* 61(2): 390-405.
- Duijns, S.; Holthuijsen, S.; Koolhaas, A.; Piersma, T. (2013). Het belang van de Ballastplaat voor wadvogels in de westelijke Waddenzee : een literatuurstudie naar de effecten van zoutwinning op de aanwezige wadvogels. NIOZ-rapport, 2013(8). NIOZ: Texel. 49 pp.
- Duijns S., K. Troost, E. van Winden, H. Schekkerman, C. Rappoldt, J. Nienhuis & E.O. Folmer, 2022. Monitoring van het voor vogels oogstbare voedselaanbod in de kombergingen van het Pinkegat en Zoutkamperlaag - rapportage tot en met monitoringjaar 2021. Sovon-rapport 2022/30.

- Duijns, S., Troost K., van Winden E., Rappoldt K., Nienhuis J., Schekkerman H. & Folmer, E.O. 2023. Monitoring van het voor vogels oogstbare voedselaanbod in de kombergingen van het Pinkegat en Zoutkamperlaag - rapportage tot en met monitoringjaar 2022. Sovon-rapport 2022/35.
- Elias, E.P.L., 2006. Morphodynamics of Texel inlet. PhDthesis, Department of Civil Engineering, Technical University of Delft, The Netherlands
- Ens B. J., J. van der Meer, K. Troost. E. van Winden, H. Schekkerman & K. Rappoldt, 2019 Monitoring van het voor vogels oogstbare voedselaanbod in de kombergingen van het Pinkegat en Zoutkamperlaag; Rapportage t/m monitoringjaar 2018. Sovon-rapport 2019/22.
- Ens B.J., Eckhardt R., Kampichler C., Kleefstra R., Schekkerman H., van Wijk J. & Nienhuis J. 2021. Aard en omvang verstoring van overtuigende wadvogels voor de kwelder bij Westhoek. Sovon-rapport 2021/30. Sovon Vogelonderzoek Nederland.
- Ens, B.J., B. Aarts, K.H. Oosterbeek, M. Roodbergen, H. Sierdsema, R. Slaterus & W. Teunissen.2009b, Onderzoek naar de oorzaken van de dramatische achteruitgang van de Scholekster in Nederland. Limosa 82 (2), 83-92.
- Expertgroep, brief d.d. 31 januari 2024, bijlage bij de Kamerbrief "Kamerbrief over besluitvorming gaswinning onder Waddenzee vanuit Ternaard" d.d. 5 maart 2024.
- Fieten, N., Frauendorf, M., & Ens, B. J. (2022). 'Quickscan' handelingsperspectief voor hoogwatervluchtplaatsen in de Nederlandse Waddenzee Mogelijke maatregelen ten aanzien van menselijke verstoring (p. 73). Altenburg & Wymenga, Sovon, EcoSpace
- Hartsuiker, G.H., 2010. MER studie Hydrodynamische effecten Zoutwinning Waddenzee abiotische parameters. Alkyon rapportkenmerk A2062R1r2.
- Heidinga, D.E., J. Latour & M. Bekkema. 2022. Impact bodemberoering door garnalenvisserij in de Waddenzee. Altenburg en Wymenga; A&W-notitie : 22-388.
- Jager, Z., 2023. Wad Nu Harlingen Strand – Algensmurrie. Rapport Ziltwater.
- Krol, J., 2022. Sedimentatie metingen op het wad van Ameland, Paesens, Piet Scheve plaat, Engelsmanplaat en Schiermonnikoog; rapport 2021. Rapport Natuur Centrum Ameland.
- Leopold, M. F., Smit, C. J., Goedhart, P. W., Van Roomen, M. W. J., Van Winden, A. J., & Van Turnhout, C., 2004. Langjarige trends in aantallen wadvogels, in relatie tot de kokkelvisserij en het gevoerde beleid in deze; eindverslag EVA II (evaluatie schelpdiervisserij tweede fase) deelproject C2 (No. 2004/07). Alterra.
- Marijt, M.A.T. , A. Wolma, L. Bruil, N. Hijner, J. Heusinkveld, T. van der Stegen, Y. Hill, L.L. Govers. Rapportage kennisontwikkeling Groot en Klein zeegras 2023-2024. Rapport met kenmerk 129454/24-002.292.
- Mulder, P. & Posthuma, A. 2024. Jaarrapportage baggerwerkzaamheden Waddenzee 2023. Rijkswaterstaat rapport V2 definitief.
- Oost, A.P., J. Cleveringa & M. Taal, 2019. Morfologie Kombergingsgebieden Marsdiep en Vlie; Beheerbibliotheek Waddenzee, versie 2019. Deltares rapport 11203669-000-ZKS-0006.
- Rappoldt, C., B.J. Ens en H. Schekkerman, 2019. Wadvogel habitat model Wadmap; Technische documentatie. EcoCurves rapport 30.
- Rappoldt, C., O.R. Roosenschoon, D.W.G. van Kraalingen, 2020. InterTides maps of the intertidal by interpolation of tidal gauge data. EcoCurves rapport 19.
- Stolte, W., F. Baart, S. Muis, M.P. Hijma, M. Taal, D. Le Bars & S. Drijfhout, 2023. Zeespiegelmonitor 2022. Deltares rapport met kenmerk 11209266-000-ZKS-0001.
- Van der Vegt, H. & J. Cleveringa. 2022. Dynamische Vaargeulbeheer Waddenzee. Deltares rapport met kenmerk 11208040-009-ZKS-0003.
- Van Weerdenburg, R., J. Vroom & B. van Maren, 2019. Transport of Mud Motor sediment; Modelling hydrodynamics and sediment transport. Deltares rapport met kenmerk 1209751-012-ZKS-0002
- Ysebaert, T., P. Meire, P. M. J. Herman, and H. Verbeek.2002. Macrobenthic species response surfaces along estuarine gradients: prediction by logistic regression. Marine Ecology Progress Series 225:79-95.
- Website: <https://testsysteemrapportage.nl/wadden/index.html> Digitale Systeemrapportage van de Waddenzee; Abiotische indicatoren (geraadpleegd op 21 april 2023)

7.3 Rapporten monitoring Frisia Havenmond voorgaande jaren

Rapporten Monitoring Frisia Havenmond over 2022

- Antea, 2022. Monitoring bodemdaling zoutwinning Waddenzee; Jaarrapportage 2022. Antea projectnummer 0475051.100; definitief revisie 00; 5 januari 2023
- Chorus, T.A., 2023. Beheerscyclus Meet- en regelprotocol Havenmond over het jaar 2022. Well Engineering Partners B.V notitie versie 1.1.

Kappers, E.F., J. Krol, M. Olivierse & R. Snoek. 2023a. Wadsedimentatie Studiegebied zoutwinning Waddenzee. Jaarrapport 2022. A&W-rapport 21-010.

Kappers, E.F., F. Versloot & R. Snoek, 2023b. Sedimentsamenstelling Studiegebied zoutwinning Waddenzee Jaarrapport 2022. A&W-rapport 21-009.

Kappers, E.F. & F. Versloot. 2023c Draagkracht van de Ballastplaat voor foeragerende vogels Resultaten benthosbemonstering 2022; A&W-rapport 23

Altenburg & Wymenga ecologisch onderzoek, Feanwâlden.

Altenburg & Wymenga ecologisch onderzoek, Feanwâlden

Kersten, M., J. Krol, J. van der Kamp & K. Rappoldt. 2021. Aantallen en verspreiding van wadvogels op de Ballastplaat en omgeving; Verkenning van de mogelijkheden. EcoCurves rapport 31; versie april 2023.

Spaans, D. & J. Cleveringa, 2023. Monitoring situatie 2022 bodemligging studiegebied zoutwinning Waddenzee. Arcadis-rapport

Wortelboer, R., & O. Bensink, 2023. Trends van vogels studiegebied zoutwinning Waddenzee 2022; T0-situatie+1 Frisia Zout. Arcadis-rapport.

Rapporten Monitoring Frisia Havenmond over 2021

Antea, 2021. Monitoring bodemdaling zoutwinning Waddenzee; Jaarrapportage 2020". Rapport Antea.

Arcadis, Monitoring studiegebied zoutwinning Waddenzee; Rapportage over 2021. Arcadis rapport.

Fieten, N. Van der Zee, E., R. Snoek, 2021. Sedimentsamenstelling Studiegebied Zoutwinning Waddenzee; Jaarrapport 2021. Altenburg & Wymenga ecologisch onderzoek in samenwerking met WaterProof, Feanwâlden, AW rapport 21-009.

Spaans, D. & J. Cleveringa, 2021. Monitoring situatie 2021 bodemligging studiegebied zoutwinning Waddenzee. Arcadis-rapport

Wortelboer, R., & O. Bensink, 2022. Monitoring Tnul-situatie ecologie studiegebied zoutwinning Waddenzee; Data-analyse. Arcadis-rapport

Fieten, N. 2022. "Draagkracht van de Ballastplaat voor foeragerende vogels; Analyse pilot benthosbemonstering 2021". A&W rapport 22-003.

Van der Zee, E., J. Krol, N. Fieten, R. Snoek. 2021. Wadsedimentatie Studiegebied Zoutwinning Waddenzee; Jaarrapport 2021. Altenburg & Wymenga ecologisch onderzoek, in samenwerking met Natuurcentrum Ameland en WaterProof, Feanwâlden. AW rapport 21-010.

Kersten, M., J. Krol, J. van der Kamp & K. Rappoldt. 2021. Aantallen en verspreiding van wadvogels op de Ballastplaat en omgeving; Verkenning van de mogelijkheden. EcoCurves rapport 31.

Rapporten Monitoring Frisia Havenmond over 2020

Arcadis, 2021. Monitoring T0-situatie studiegebied zoutwinning Waddenzee – Rapportage over 2020, Arcadis.

Antea, 2021. Monitoring bodemdaling zoutwinning Waddenzee; Jaarrapportage 2020". Rapport Antea.

Van der Zee, E., J. Krol, M. Olivierse, R. Snoek. 2021a. Wadsedimentatie Studiegebied Zoutwinning Waddenzee; Jaarrapport 2020..Altenburg & Wymenga ecologisch onderzoek, in samenwerking met Natuurcentrum Ameland en WaterProof, Feanwâlden.

Van der Zee, E., R. Snoek, M. Olivierse, L. Perk 2020b. Sedimentsamenstelling Studiegebied Zoutwinning Waddenzee; Jaarrapport 2020. Altenburg & Wymenga ecologisch onderzoek in samenwerking met WaterProof, Feanwâlden

Bergsma, J., S. de Haan & J. Cleveringa, 2020. Monitoring t0-situatie bodemligging Waddenzee; Zoutwinning havenmond. Arcadis-rapport

B. Kater, B.& K. Wesdorp, 2021. Monitoring Tnul-situatie ecologie studiegebied zoutwinning Waddenzee; Data-analyse. Arcadis-rapport.

Rapporten Monitoring Frisia Havenmond over 2019

Arcadis, 2020. Monitoring T0-situatie studiegebied zoutwinning Waddenzee – Rapportage over 2019, Arcadis, 30 juni 2020

Antea, 2020. Monitoring bodemdaling zoutwinning Waddenzee; Jaarrapportage 2019". Rapport Antea projectnummer 0453266.100 19 maart 2020.

Van der Zee, E., J. Krol, M. Olivierse, R. Snoek. 2020a. Wadsedimentatie Studiegebied Zoutwinning Waddenzee; Jaarrapport 2019. A&W-rapport 2527.19 Altenburg & Wymenga ecologisch onderzoek, in samenwerking met Natuurcentrum Ameland en WaterProof, Feanwâlden.

Van der Zee, E., R. Snoek, M. Olivierse, L. Perk 2020b. Sedimentsamenstelling Studiegebied Zoutwinning Waddenzee; Jaarrapport 2019. A&W-rapport 2525.19 Altenburg & Wymenga ecologisch onderzoek in samenwerking met WaterProof, Feanwâlden

Bergsma, J. & J. Cleveringa, 2020. Monitoring t0-situatie bodemligging Waddenzee; Zoutwinning havenmond. Arcadis-rapport

Kater, B., K. Wesdorp & H. van Lavieren. 2020. Monitoring Tnul-situatie ecologie studiegebied zoutwinning Waddenzee; Data-analyse. Arcadis-rapport

Rapporten Monitoring Frisia Havenmond over 2018

Antea, 2019. Monitoring bodemdaling zoutwinning Waddenzee; Rapportage GNSS metingen Oktober 2018 - September 2019". Rapport Antea 11 decmeber 2019

E. van der Zee, J. Krol, M. Olivierse, R. Snoek. 2018a. Wadsedimentatie Ballastplaat 2018.Jaarrapport 2018. A&W-rapport 2527 Altenburg & Wymenga ecologisch onderzoek, Feanwâlden

E. van der Zee, R. Snoek, M. Olivierse, L. Perk 2018b. Sedimentsamenstelling Ballastplaat. Jaarrapport 2018. A&W-rapport Altenburg & Wymenga ecologisch onderzoek, Feanwâlden

Bergsma, J. & J. Cleveringa, 2019. Monitoring t0-situatie bodemligging Waddenzee concept; Zoutwinning havenmond. Arcadis-rapport 079824510 0.1

Lysen, L. 2019. Monitoring Tnul-situatie ecologie studiegebied zoutwinning Waddenzee; Data-analyse. Arcadis-rapport

Bijlage A Actuele adviezen Auditcommissie

De Commissie voor de milieueffectrapportage (2023) geeft een aantal algemene en specifieke adviezen en vragen voor Frisia, die in de onderstaande tabel zijn samengevat en waarbij aangegeven op welke wijze met het advies is omgegaan.

Samengevat advies	Verwerking
Incidenteel is er sprake van afwijkende meetresultaten en ook is de omgang met onzekerheden van verschillende meetmethoden, zoals de raaimetingen, niet goed beschreven. De Auditcommissie adviseert om in het volgende monitoringsjaar (de omgang met) onzekerheden en afwijkingen en de mogelijke impact hiervan te beschrijven ”	In de onderliggende rapporten is nader ingegaan op de nauwkeurigheden en onzekerheden. Voor de raaimetingen heeft een beschouwing plaatsgevonden van de variaties in de bodemhoogte.
Zorg dat het hoofd rapport en de technische deelrapporten met elkaar overeenstemmen.	Bij het opstellen van de Integrale Rapportage is extra aandacht besteedt aan de overeenstemming met de onderliggende rapporten.
Analyseer de LiDAR metingen uit 2022 en presenteer de resultaten.	De analyse van de LiDAR-hoogtemetingen heeft plaatsgevonden en de resultaten staan in het rapport <i>Monitoring situatie 2023 bodemligging studiegebied zoutwinning Waddenzee</i> .
Het is wellicht mogelijk om op basis van de gemeten raaien en met gebruik van interpolatietechnieken (en al dan niet in combinatie met de jaarlijkse resultaten van de spijkermetingen) te komen tot een hoogtekaart van het onderzoeksgebied. Een dergelijke kaart kan meer inzicht geven in de ruimtelijke patronen van morfologische ontwikkelingen/	De ruimtelijke dekking van de gemeten raaien en de spijkermetingen maken het nog niet mogelijk om op basis van interpolatie een gebiedsdekkende kaart te maken. De mogelijkheden om met aanvullende meetgegevens dit alsnog te doen, om daarmee een alternatief te bieden voor de LiDAR hoogtemeting wordt verder verkend

Samengevat advies	Verwerking
Ten aanzien van de sedimentsamenstelling: Geef inzicht in de lokale verspreiding van mossel- en oesterbanken in het gebied en in de mogelijke effecten voor de korrelgrootte en het slibpercentage van het sediment;	De verhoging van het slibgehalte van de bodem ter plaatse en in de omgeving stabiele mossel- en oesterbanken is een belangrijk mechanisme op wadplaten. De stabiele mossel- en oesterbanken kunnen ook leiden extra sedimentatie. Op dit moment zijn geen stabiele mossel- of oesterbanken aanwezig op de Ballastplaat-Zuid. Van de in 2022 nieuwgevormde mosselbanken van juveniele mosselen zijn in 2023 alleen nog restanten aangetroffen. In 2023 zijn losse planten zee gras aangetroffen op de Ballastplaat-Noord. Omdat zee gras ook invloed kan hebben op het slibgehalte en de sedimentatie zal ook het voorkomen van zee gras op de Ballastplaat in de gaten worden gehouden.
Ten aanzien van de sedimentsamenstelling: Geef inzicht in de mate waarin slibverspreiding vanuit de stortlocatie Kimstergat van invloed kan zijn op de sedimentsamenstelling van de Ballastplaat.	Het baggeren in de nabijheid van de Ballastplaat en de verspreiding van de baggerspecie op het Kimstergat kunnen in potentie van invloed zijn op de sedimentatie van slib op de Ballastplaat. Dit biedt een mogelijke verklaring voor de variaties in het slibgehalte in de loop van de tijd. In paragraaf 2.5 is uitgebreid ingegaan op de beschikbare gegevens over de omvang van de verspreiding van baggerspecie en op het ontbreken van gegevens over de samenstelling van de baggerspecie en de ingezette baggertechnieken. Van een directe relatie tussen de gebaggerde volumes en het slibpercentage is geen sprake. De ruimtelijke verdeling van de slibpercentages op de Ballastplaat laat

Samengevat advies	Verwerking
	geen direct relatie zien met de nabijheid van het Kimstergat. Nadere analyse vraagt om meer gedetailleerde informatie over het moment van verspreiden, de samenstelling van de baggerspecie en kennis van de processen die van invloed zijn op de sedimentatie van slib in de havens en vaargeulen en op de Ballastplaat en dit zal in de toekomst worden verkend.
Ten aanzien van de sedimentsamenstelling: 3. In 2022 heeft bemonstering zich uitgestrekt over een periode van meer dan 2 maanden. Weliswaar vond dit plaats in een rustige zomerperiode, maar het is voor de kwaliteit van de data raadzaam om zoveel mogelijk rond dezelfde tijd te bemonsteren.	Het streven is om de bemonstering zoveel als mogelijk op één dag uit te voeren. Omdat het beschikbare tijdvenster op de plaat beperkt is door het getij is dit niet altijd mogelijk. De bemonstering van de bestaande punten en een groot deel van de nieuwe referentiepunten heeft plaatsgevonden op één dag. De resterende punten in het referentiegebied zijn drie weken later bemonsterd.
Voor een betere navolgbaarheid aansluiten bij gangbare terminologieën en werkwijzen t.a.v. beschikbaarheid en bereikbaarheid van voedsel voor vogels;	De gebruikte termen, zoals draagkracht en bereikbaarheid van het aanwezige voedsel komen overeen met de gehanteerde termen bij de monitoring bij de gaswinning inde Waddenzee (Duijns et al., 2023). De aanpak is ook grotendeels vergelijkbaar.
Voor een goede vergelijking tussen de verschillende monitoringsjaren is het nuttig om inzicht te bieden in de grootteklassen van de aanwezige (bemonsterde) bodemdieren door gebruik van jaarlijks box-plots of histogrammen, met grootteverdelingen;	In het rapport <i>Draagkracht van de Ballastplaat voor foeragerende vogels. Benthosbemonstering 2022</i> (Kappers, 2024) zijn histogrammen opgenomen met de verdeling van de groottes voor verschillende soorten bodemdieren .

Samengevat advies	Verwerking
Voer de indexering en combinatie van de trends van de vogelaantallen ook zodanig uit dat de vogels die in grote aantallen aanwezig zijn zwaarder meewegen dan de soorten die in kleinere aantallen aanwezig zijn.	In de integratie wordt niet meer ingegaan op de totale aantallen, omdat de draagkracht van de Ballastplaat voor de acht vogelsoorten is bepaald. In combinatie met de resultaten van de trektellingen en laagwatertelling
Eerder samengevat advies uit	
Openstaand punt uit het advies 2022: Aan de zuidelijke rand van voorspelde bodemdalingsschotel ligt (nog) geen meetpunt van de Pleistocene meetpunt en de vraag is in hoeverre hiermee wel voldoende zicht is op de bodemdaling in deze omgeving?	De beheerder van de Pollendam heeft lijkt toestemming te verlenen voor het plaatsen van een meetpunt op de Pollendam. De dialoog wordt nog gevoerd en de mogelijkheden van een alternatieve locatie of alternatieve meetmogelijkheden worden onderzocht.
Openstaand punt uit het advies 2022: Beschouw of de gebruikte referentiegebieden voor de sedimentsamenstelling als zodanig gebruik kunnen worden.	De sedimentsamenstelling (korrelgrootte en slibpercentage) van de referentiegebieden is dermate afwijkend van de Ballastplaat zuid dat deze niet goed bruikbaar zijn. In 2023 is in het veld gebleken dat de aanvullende locaties op de Ballastplaat in de praktijk geschikt zijn en heeft bemonstering plaatsgevonden.

Colofon

RESULTATEN VAN MONITORING WADDENZEE VANWEGE
BODEMDALING DOOR ZOUTWINNING
INTEGRATIE EN SAMENVATTING RESULTATEN TOT 2024

KLANT

Frisia Zout B.V.

AUTEUR

Jelmer Cleveringa

PROJECTNUMMER

30207538

ONZE REFERENTIE

V2J6PECPWNXK-492447492-103:2

DATUM

30 april 2024

STATUS

Definitief

Over Arcadis

Arcadis is de leidende wereldwijd opererende datagedreven duurzame ontwerp-, advies- en consultancyorganisatie op het gebied van de natuurlijke en gebouwde omgeving. Wij zijn met 36.000 architecten, data-analisten, ingenieurs, projectplanners, water- en duurzaamheidexperts. Onze gedeelde passie is: Improving quality of life. Toewijding aan de strategie 'accelerating a planet positive future' onderschrijft onze wereldwijde samenwerking met klanten en hoe we hen helpen met duurzame projectkeuzes. We combineren digitale met mensgerichte innovaties en omarmen toekomstgerichte vaardigheden op het gebied van milieu, energie, water, gebouwen, transport en infrastructuur. We werken vanuit meer dan dertig landen en rapporteerden in 2023 een bruto omzet van 5 miljard euro.
www.arcadis.com

www.arcadis.com

Arcadis Nederland B.V.

Postbus 137
8000 AC Zwolle
Nederland

T +31 (0)88 4261 261