

# MONITORING T0-SITUATIE STUDIEGEBIED ZOUTWINNING WADDENZEE

Herziene versie rapportage 2019

Frisia Zout B.V.



## Contactpersoon

Arcadis Nederland B.V.  
Postbus 137  
8000 AC Zwolle  
Nederland

---

# INHOUDSOPGAVE

<b>SAMENVATTING</b>	<b>6</b>
<b>1 INLEIDING</b>	<b>10</b>
1.1 Doel van de monitoring	10
1.2 Brondocumenten	10
1.3 Bevoegde gezagen en de Auditcommissie	11
1.4 Doel van dit document	12
<b>2 HOOFDSTUK “INLEIDING ZOUTWINNING ONDER WADDENZEE”</b>	<b>14</b>
2.1 Zoutwinning en bodemdaling	14
2.2 De ligging van de Pleistocene bodemdalingsschotel	16
2.3 Zoutwinning en bodemtrillingen	16
2.4 De Waddenzee en de bodemdaling door zoutwinning	17
2.5 Bodemdaling door zoutwinning i.r.t. meten en monitoren	19
<b>3 OVERZICHT MEETPLAN EN MONITORINGSPROGRAMMA</b>	<b>22</b>
3.1 Metingen	22
3.2 Monitoring	22
3.3 Planning	23
3.4 Jaarkalender	24
3.5 Pleistocene bodemdaling, morfologie & ecologie	25
3.6 Samenhang in de monitoring	26
<b>4 HET ‘HAND AAN DE KRAAN’-PRINCIPE</b>	<b>28</b>
4.1 Introductie	28
4.2 Stappenplan en beslisboom jaarlijkse rapportage	28
4.3 Jaarlijkse rapportage en zesjaarlijkse evaluatie	30
4.4 Voorbeelduitwerkingen ‘Hand aan de Kraan’	30
<b>5 METINGEN PLEISTOCENE BODEMDALING</b>	<b>34</b>
5.1 Introductie van de meetmethodes	34

5.2	Gegevens	35
5.3	Analyse	37
5.4	Samenhang met andere metingen	37
<b>6</b>	<b>VAKLODINGEN</b>	<b>38</b>
6.1	Introductie van de meetmethode	38
6.2	Gegevens	38
6.3	Analyse	39
6.4	Bruikbaarheid en samenhang met andere metingen	41
<b>7</b>	<b>HOOGTE/DIEPTE RAAIEN</b>	<b>42</b>
7.1	Introductie van de meetmethode	42
7.2	Gegevens	43
7.3	Analyse	43
7.4	Bruikbaarheid en samenhang met andere metingen	48
<b>8</b>	<b>HOOGTE WADPLATEN LIDAR</b>	<b>50</b>
8.1	Introductie meetmethode	50
8.2	Gegevens	51
8.3	Analyse	52
8.4	Bruikbaarheid en samenhang met andere metingen	54
<b>9</b>	<b>SPIJKERMETINGEN OP DE BALLASTPLAAT</b>	<b>55</b>
9.1	Introductie meetmethode	55
9.2	Gegevens	57
9.3	Analyse	59
9.4	Bruikbaarheid en samenhang met andere metingen	60
<b>10</b>	<b>BENTHOS BEMONSTERING</b>	<b>61</b>
10.1	Introductie meetmethode	61
10.2	Gegevens	62
10.3	Benthos en de habitatkwaliteit van de wadplaten	63
10.4	Aanpak van de ecologische analyses	63
10.5	Analyse en interpretatie	69
10.6	Bruikbaarheid en samenhang met andere metingen	76
<b>11</b>	<b>SEDIMENTSAMENSTELLING</b>	<b>77</b>
11.1	Introductie meetmethode	77
11.2	Gegevens	78

11.3	Analyse	79
11.4	Bruikbaarheid en samenhang met andere metingen	80
<b>12</b>	<b>HOOGWATERVLUCHTPLAATS (HVP) TELLINGEN</b>	<b>81</b>
12.1	Introductie meetmethode	81
12.2	Gegevens	82
12.3	Analyse en interpretatie	84
12.4	Bruikbaarheid en samenhang met andere metingen	88
<b>13</b>	<b>RUIENDE BERGEENDEN</b>	<b>89</b>
13.1	Introductie meetmethode	89
13.2	Gegevens	90
13.3	Analyse	91
13.4	Bruikbaarheid en samenhang met andere metingen	93
<b>14</b>	<b>AANVULLENDE INFORMATIE</b>	<b>95</b>
14.1	Veldbezoek	95
14.2	Reguliere monitoring en informatie over andere activiteiten	98
<b>15</b>	<b>OPMERKINGEN OVER HET MONITORINGSPROGRAMMA</b>	<b>99</b>
<b>16</b>	<b>INTEGRATIE EN BEOORDELING</b>	<b>100</b>
<b>17</b>	<b>REFERENTIES</b>	<b>101</b>
<b>COLOFON</b>		<b>103</b>

## SAMENVATTING

### Achtergronden

Frisia Zout B.V. (hierna verder als Frisia) produceert en verkoopt hoogwaardig zout. Het zout wordt gewonnen uit steenzoutlagen die zich op circa 2,5 tot 3 kilometer diep in de ondergrond van het noorden van Nederland bevinden. De zoutwinning vindt plaats door middel van oplosmijnbouw: door zoetwater in de steenzoutlagen te injecteren lost het zout op, waardoor pekkel ontstaat. Deze pekkel wordt in de zoutverwerkingsfabriek van Frisia in Harlingen gezuiverd en ingedampt, zodat zout ontstaat. Het geproduceerde zout wordt voor een groot deel per schip – vanuit de haven van Harlingen – vervoerd naar afnemers die het zout gebruiken voor allerlei toepassingen en als grondstof voor uiteenlopende producten: van oplosmiddelen, desinfecteermiddelen en glas tot diervoeding, zeep, medicijnen en bakpoeder. Het zeer zuivere zout dat door Frisia geproduceerd wordt, is noodzakelijk voor een milieutechnisch verantwoorde productie van onder andere chloor en natronloog.

Frisia heeft tot op heden zout gewonnen onder het vasteland. Door de lokale en regionale politiek is het plan omarmt om Frisia actief te laten bewegen naar zoutwinnen onder de Waddenzee, onder de voorwaarde dat dit geen nadelige gevolgen voor natuur & milieu oplevert. Frisia heeft daarom een MER-traject en vergunningenprocedure doorlopen. Frisia heeft voor de zoutwinning onder de Waddenzee alle benodigde vergunningen en ontheffingen verkregen. Uit het Winningsplan en de Natuurbeschermingswetvergunning volgt de verplichting om te meten en te monitoren.

### Metten en Monitoren

De zoutwinning door oplosmijnbouw leidt tot daling van de bodem. In de Waddenzee zal deze bodemdaling niet meetbaar zijn aan het wadoppervlak, vanwege de dynamiek van zand en slib. Daarom wordt de bodemdaling diep onder de wadbodem gemeten en wordt gesproken over het meten van de Pleistocene bodemdaling. Deze metingen zijn vastgelegd in het meetplan, dat jaarlijks wordt voorgelegd aan en goedgekeurd door het Staatstoezicht op de Mijnen (SodM).

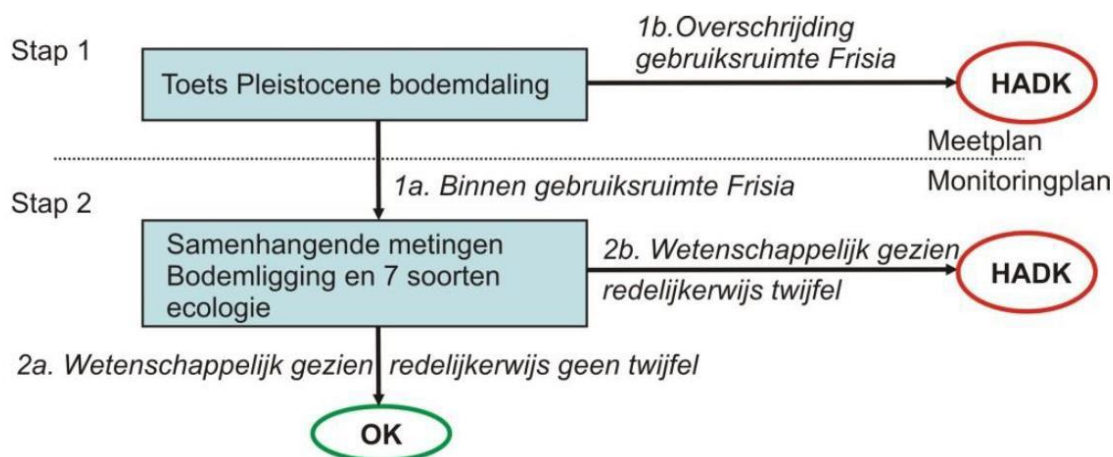
In de Waddenzee verandert de wadbodem niet meetbaar of merkbaar door de Pleistocene bodemdaling als gevolg van de zoutwinning. De bodemligging (morfologie) en een aantal ecologische parameters worden wel zekerheidshalve gemonitord (signaleringsmetingen). Het monitoringsprogramma is tot stand gekomen in samenspraak met deskundigen en aangepast naar aanleiding van zienswijzen, bezwaar en beroep rond de vergunningverlening. Het volledige monitoringsprogramma is opgenomen in "Monitoring T0-Situatie Waddenzeezoutwinning Frisia Zout B.V. Arcadis-rapport 25 juni 2018".

### Zoutwinnen met de Hand-aan-de-Kraan

De zoutwinning onder de Waddenzee vindt plaats volgens de Hand-aan-de-Kraan (HadK) systematiek. De HadK-systematiek is direct gekoppeld aan de metingen van de Pleistocene bodemdaling en de monitoring van de morfologie en ecologie. In de onderstaande figuur is deze relatie schematisch weergegeven.

In stap 1 wordt vastgesteld of de bodemdaling door de zoutwinning past binnen de voor zoutwinning beschikbare gebruiksruimte. In essentie wordt hiermee vastgesteld of de bodemdaling in combinatie met de stijging van de zeespiegel niet leidt tot het 'verdrinken' van de wadplaten in het Vlie. Zolang de zeespiegelstijging in combinatie met de bodemdaling door zoutwinning (waarbij wordt gerekend met de gemiddelde bodemdaling door zoutwinning in de kombereingsgebieden het Vlie en het Marsdiep) kleiner is dan het meegroeivermogen (van 5 mm/jaar voor het Vlie) treden geen permanente gevolgen op voor de morfologie van het Waddengebied. Het volume van de bodemdaling door de zoutwinning wordt bepaald door het meten van de Pleistocene bodemdaling, in combinatie met het registreren van het gewonnen volume zout.

In stap 2 wordt gekeken naar de resultaten van de monitoring aan de bodemligging en de ecologie. Hierbij zal worden gekeken in hoeverre zich ontwikkelingen voordoen in het gebied waar de Pleistocene bodemdaling plaatsvindt, die anders verlopen dan ontwikkelingen van referentiegebieden elders in het Waddengebied. De trends en variaties die in het verleden zijn opgetreden worden vergeleken met de trends nadat de Pleistocene bodemdaling door zoutwinning is opgetreden. Mochten zich afwijkende ontwikkelingen voordoen, dan zal worden gekeken hoe deze zich verhouden tot andere gebieden en ook tot de overige parameters die worden beschouwd.



Ieder jaar worden de resultaten van metingen en monitoring gerapporteerd aan de onafhankelijke Auditcommissie en de ministeries van EZK en LNV. De auditcommissie is ingesteld vanwege de vergunning voor de Wet Natuurbescherming als onafhankelijke wetenschappelijke beoordelingscommissie. De Auditcommissie adviseert op basis van de rapportage de ministeries van EZK en LNV over de gevolgen van de zoutwinning onder Waddenzee. De ministers besluiten vervolgens over de voortgang van de zoutwinning, dat wil zeggen of deze volgens plan kan worden voortgezet, of dat de gereduceerd dient te worden.

### Resultaten Meten en Monitoring (Nul-situatie - T0)

De zoutwinning onder de Waddenzee is nog niet begonnen. In 2019 is gestart met de boring naar de steenzoutlaag onder de Waddenzee. In 2020 zal de eerste winning van zout plaatsvinden, waarbij nog geen Pleistocene bodemdaling plaatsvindt. Vóór 2021 zal geen Pleistocene bodemdaling aan de orde zijn. Deze periode wordt gebruikt om de nul-situatie, voorafgaand aan de Pleistocene bodemdaling door zoutwinning, vast te leggen en ervaring op te doen met de metingen, de monitoring, de analyses en de rapportage. In de onderstaande tabel wordt een overzicht van de uitgevoerde metingen en conclusies op hoofdlijnen weergegeven.

Metingen	Resultaat
<p><u>Pleistocene bodemdaling:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Twee meetpalen met continue metende GPS stations</li> <li>8 locaties, waarvan 5 op het Wad en 3 op het vasteland (Harlingen) jaarlijkse GPS- meetcampagnes</li> </ul>	<p>De meetpalen en vaste locaties zijn op het wad geplaatst en de eerste metingen zijn uitgevoerd. De uitkomsten van de metingen komen overeen met de verwachtingen in de situatie zonder <b>Pleistocene</b> bodemdaling door zoutwinning. Er komen geen specifieke afwijkingen of verrassende uitkomsten naar voren.</p>
<p><u>Raaimeting:</u> Hoogtemeting in 3 meettraaien op Ballastplaat en aangrenzende gebieden.</p> <p>Meting 1 x per jaar vanuit boot tijdens hoogwater</p>	<p>De metingen zijn succesvol uitgevoerd in 2016 en 2017. De bodemhoogte wordt met een voldoende hoge nauwkeurigheid (van enkele centimeters) en resolutie ingemeten. Mochten zich onvoorziene effecten van de <b>Pleistocene</b> bodemdaling voordoen aan de wadbodem, dan zijn deze meetbaar met de raaimetingen. De uitgevoerde metingen in de situatie zonder <b>Pleistocene</b> bodemdaling laten de verwachte hoogteverschillen zien, die het gevolg zijn van de dynamiek van de wadbodem.</p>
<p><u>Spijkermetingen:</u></p>	<p>De spijkers zijn op voorziene locaties geplaatst en de eerste metingen zijn uitgevoerd. Op basis van de nog korte meetreeks kunnen nog geen uitspraken worden gedaan over eventuele</p>



Metingen	Resultaat
<p>14 meetpunten op de Ballastplaat. Meting hoger en lager worden van wadplaten 4 x per jaar</p>	<p>trends of variaties in de sedimentatie. De spijkermetingen vullen de raaimetingen aan op de stabiele droogvallende platen.</p>
<p><u>Hoogte wadplaten LiDAR:</u> Vlakdekkende hoogtemeting droogvallende wadplaten: Ballastplaat en aangrenzende gebieden. Meting iedere 3 jaar vanuit vliegtuig</p>	<p>De LiDAR hoogtemeting is in 2016 uitgevoerd door Rijkswaterstaat. De LiDAR hoogtemetingen geeft de hoogte van de droogvallende wadplaten integraal en goed weer, met een nauwkeurigheid van enkele centimeters. De LiDAR hoogtemetingen geven iets andere hoogtes dan de raaimetingen en daar zijn goede verklaringen voor te vinden. De raaimetingen zijn en blijven de basis voor de monitoring van de bodemligging, ook omdat deze jaarlijks worden opgemeten. Mochten zich in de raaimetingen onvoorziene effecten van de <b>Pleistocene</b> bodemdaling voordoen aan de wadbodem, dan is de ruimtelijke verbreiding over de wadplaat meetbaar met de LiDAR.</p>
<p><u>Vaklodingen:</u> Reguliere (MWTL) metingen van Rijkswaterstaat. 1 x per 6 jaar gebiedsdekkende opname van het kombergingsgebied van het Vlie</p>	<p>De vaklodingsopname van het kombergingsgebied van het Vlie zijn in 2016 opgenomen. De trend in de opeenvolgende vaklodingen is een toename van de droogvallende platen in het invloedsgebied voor de zoutwinning.</p>
<p><u>Benthos:</u> Bemonstering 3 schelpdiersoorten: kokkel, mossel, nonnetje. Reguliere schelpdierinventarisaties WMR 1 x per jaar; 9 analysegebieden van elk circa 400 ha</p>	<p>De benthosgegevens van de drie soorten van de afgelopen jaren zijn geanalyseerd. Op basis van de trends en de variaties daarin zijn de verwachte toekomstige aantallen en de biomassa bepaald. De variatie in de aantallen en de biomassa van de schelpdieren is groot. Dit is eigen aan het waddengebied en het gevolg van een combinatie van ecologische en abiotische factoren. Omdat de variatie in de aantallen en de biomassa groot is, wordt verwacht dat in toekomstige metingen regelmatig een waarneming buiten de bandbreedte zal vallen. Dat is dan niet noodzakelijkerwijs een gevolg van de zoutwinning. In dergelijke gevallen zal een nadere analyse plaatsvinden om de afwijkende waarneming te plaatsen.</p>
<p><u>Sedimentsamenstelling:</u> Bemonstering wadbodem en korrelgrootteanalyse 1 x per jaar op locaties benthosbemonstering</p>	<p>De metingen en analyses zijn uitgevoerd en geven inzicht in het slibgehalte en de korrelgrootte van de locaties waar het benthos wordt bemonsterd. Eventuele veranderingen in de sedimentsamenstelling kunnen met deze metingen worden waargenomen. Daarmee kan in de toekomst worden vastgesteld of veranderingen in benthos en de vogels het gevolg kunnen zijn van veranderingen in de sedimentsamenstelling.</p>
<p><u>HVP-tellingen:</u> Reguliere tellingen 5 x per jaar, gecoördineerd door SOVON, uitgevoerd door vrijwilligers. Voor Frisia analyse van 3</p>	<p>De gegevens van de drie vogelsoorten van de afgelopen jaren zijn geanalyseerd en op basis van de trends en de variaties daarin, zijn de verwachte toekomstige aantallen bepaald. De variatie in de aantallen kanoetstrandlopers is groot en dat is het gevolg van de wijze waarop deze soort in zeer grote</p>



Metingen	Resultaat
<p>vogelsoorten (scholekster, bonte strandloper, kanoetstrandloper) op 9 hoogwatervluchtplaatsen (HVP's)</p>	<p>groepen door het Waddengebied trekt. Dat betekent dat de kanoetstrandlopers in sommige jaren vrijwel niet aanwezig zijn in het aandachtsgebied, dan wel gemist worden tijdens de waarnemingsmomenten. Vanwege de grote variaties in de aantallen kanoeten wordt verwacht dat in toekomstige metingen regelmatig een waarneming buiten de bandbreedte zal vallen.</p> <p>De aantallen scholeksters zijn veel stabiel, omdat deze soort relatief honkvast is. De aantallen scholeksters in het Waddengebied nemen sinds halverwege de jaren '80 af. Hoewel nog niet onomstotelijk vast staat waarom deze afname plaats heeft gevonden, zijn er geen redenen om te veronderstellen dat een stabilisatie of herstel zal optreden.</p> <p>De aantallen bonte strandlopers vertonen ook fluctuaties, maar deze zijn minder uitgesproken dan bij de kanoetstrandloper.</p> <p>De variatie in de aantallen van de drie soorten is groot en daarom wordt verwacht dat in toekomstige metingen regelmatig een waarneming buiten de bandbreedte zal optreden. Een dergelijke uitschieter is dan niet noodzakelijkerwijs een gevolg van de zoutwinning. In dergelijke gevallen zal een nadere analyse plaatsvinden om de afwijkende waarneming te plaatsen.</p>
<p><u>Ruiende bergeenden:</u> Reguliere telling 1 x per jaar, door de Waddenunit (Ministerie van LNV) i.s.m. SOVON. Locatie oostzijde Ballastplaat en Vlakte van Oosterbierum</p>	<p>De gegevens van de aantallen ruiende bergeenden laten een toename zien sinds het begin van de 21<sup>ste</sup> eeuw op deze locatie. De toename op deze locatie is gepaard gegaan met een afname in de Duitse Waddenzee. De onderliggende oorzaak voor de verplaatsing van de ruiende bergeenden naar de oostzijde van de Ballastplaat en de Vlakte van Oosterbierum is niet bekend. Wel is bekend dat de beschikbaarheid van slijkgarnaaltjes als voedselbron, uitstekend is in dit gebied.</p>

### Vervolg Meten en Monitoren

De voorliggende rapportage geeft inzicht in de Nul-situatie, omdat nog geen Pleistocene bodemdaling door de zoutwinning onder de Waddenzee heeft plaatsgevonden. De rapportage over 2021 zal de eerste monitoringsrapportage worden over een periode waarin Pleistocene bodemdaling is opgetreden. De rapportages worden jaarlijks herhaald en in 2027 (1 keer per 6 jaar) volgt een breed evaluatierapport.

## 1 INLEIDING

### 1.1 Doel van de monitoring

De Staatssecretaris van Economische Zaken heeft instemming verleend op het Winningsplan voor het winnen van zout onder de Waddenzee. Frisia heeft voor deze activiteit ook een vergunning vanwege de Wet natuurbescherming. In het instemmingsbesluit en de vergunning is vastgelegd dat het uitvoeren van de zoutwinning zal plaatsvinden volgens het Hand-aan-de-Kraan-principe. Indien de bodemdaling van de pleistocene ondergrond groter is dan verwacht, dan wel effecten in de Waddenzee optreden die het gevolg zijn van de Pleistocene bodemdaling door zoutwinning, dan zal de winningstrategie op een zodanige wijze worden aangepast dat de effecten binnen de gestelde grenzen blijven. De metingen die worden uitgevoerd om invulling te kunnen geven aan het Hand-aan-de-Kraan principe zijn vastgelegd in het meetplan en het monitoringsprogramma.

Het Meetplan heeft betrekking op de mijnbouwkundige aspecten van de zoutwinning. Het Meetplan omvat de metingen van de Pleistocene bodemdaling, de metingen die in de ondergrond aan de caverne worden uitgevoerd en de wijze waarop bodemtrillingen worden geregistreerd.

Het Monitoringsprogramma heeft betrekking op het signaleren van onverwachte effecten in het Waddengebied, in de bodemligging en de ecologie. Het monitoringsprogramma omvat de metingen en de cyclus van meten en evalueren.

Voorafgaand aan de monitoring tijdens de zoutwinning zal de nulsituatie worden vastgelegd. De nulsituatie bestaat niet sec uit de situatie in dat ene jaar van opname, maar uit de plaats die deze in een eventuele trend inneemt.

Het voorliggende document geeft een overzicht van het Meetplan en het Monitoringsprogramma, de resultaten van de metingen en van de nulsituatie (Tnul), voordat sprake is van zoutwinning en Pleistocene bodemdaling onder de Waddenzee.

### 1.2 Brondocumenten

#### Monitoringsprogramma

Het monitoringsprogramma is tot stand gekomen in samenspraak met deskundigen en aangepast naar aanleiding van zienswijzen, bezwaar en beroep rond de vergunningverlening. Het gehele programma is opgenomen in het document<sup>1</sup>:

- Monitoring t0-situatie Waddenzee zoutwinning Frisia zout b.v. Arcadis-rapport 25 juni 2018

De basisinformatie in dat document is ontleend aan:

1. Monitoringsplan Havenmond; Frisia Zout B.V. 23 jan 2013. Arcadis rapport ref 074907501.
2. Addendum Monitoringplan Zoutwinning Waddenzee, Arcadis Memo d.d. 28 november 2014.
3. Aangepast Addendum Monitoringplan Zoutwinning Waddenzee, d.d. 23 maart 2016, referentie 078878869 0.1.

In ieder hoofdstuk dat een onderdeel van het monitoringsprogramma beschrijft (hoofdstukken 4 tot en met 11) is aangegeven aan welk van deze drie documenten de betreffende beschrijving is ontleend.

Ter completering: er is ook een versie van het Monitoringplan uit 2010, dat onderdeel vormde van de MER-rapporten. Dit document uit 2010 is een eerdere versie van het monitoringsplan 2013 en wordt verder niet beschouwd.

---

<sup>1</sup> Dit is het vigerende vergunde monitoringsprogramma, zie hiervoor de brief van Ministerie van LNV van 5 juli 2018, met kenmerk DGAN-NB / 18151373: Instemming integraal monitoringsplan zoutwinning Waddenzee en oplevering rapportage nulmeting vóór 1 mei 2019.

## Meetplan

Het meetplan is tot stand gekomen in samenspraak met het Ministerie van Economische Zaken en het Staatstoezicht op de Mijnen. Bij het opstellen van het Meetplan is geput uit de ervaringen die zijn opgedaan met het de verschillende zoutcavernes onder het vasteland van Friesland. Het meetplan draagt bij aan het doorlopen van het meet- en regelprotocol, zoals dat is ingediend bij het Winningsplan voor de zoutwinning. In de technische bijlage bij het meet- en regelprotocol is opgenomen op welke wijzen het bodemdalingsvolume zal worden bepaald.

- Technische Bijlage bij Meet- en regelprotocol zoutwinning 'Havenmond' v.3.2, rapport Frisia Zout B.V. en Well Engineering Partners B.V., Hoogeveen 14 december 2012.

De wijze waarop de Pleistocene bodemdaling onder de Waddenzee wordt gemeten is vastgelegd in het Meetplan, dat jaarlijks ter instemming wordt voorgelegd aan het Staatstoezicht op de Mijnen. Het uitvoeren van de metingen is voorgeschreven in het instemmingsbesluit op het winningsplan.

Het meeste recente Meetplan is:

- Gestandaardiseerde aanvraag "Instemming meetplan in geval van zoutwinning", conform artikel 41, lid 1, Mijnbouwwet (Mbw) en artikelen 30 en 33, Mijnbouwbesluit (Mbb). Frisia Zout B.V. d.d. 31-10-2019

Een gedetailleerde beschrijving van de meetopstellingen in de Waddenzee is opgenomen in de onderstaande twee documenten:

- Bijlage: Update toelichting; meetplan Havenmond; Rapport Antea projectnummer 0267807.00, definitief revisie 11 13 juli 2018
- Duisterwinkel, E., 2018. Bodemdalingsschotel in kaart brengen met geplande meetpunten. Memo Antea 2018-002.

## 1.3 Bevoegde gezagen en de Auditcommissie

### Monitoringsprogramma

Het monitoringsprogramma is onderdeel van de vergunningaanvraag voor de Wet Natuurbescherming (destijds Natuurbeschermingswetvergunning: NB-wet). De monitoring daarmee een onderdeel van de vergunning. Het bevoegd gezag voor deze vergunning is het Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselveiligheid.

### Nb-wet vergunningverlening; Zoutwinning onder de Waddenzee<sup>2</sup>

In de vergunning is het volgende opgenomen over de monitoring:

#### Monitoring en rapportage

19. Het optreden van eventuele effecten op de relevante beschermde waarden van het Natura 2000-gebied Waddenzee, als gevolg van de aangevraagde activiteit, wordt door middel van monitoring door of vanwege de vergunninghouder gevolgd.

20. Hiertoe dient de vergunninghouder het monitoringsprogramma uit te voeren dat als bijlage bij de aanvraag is gevoegd, tenzij deze voorschriften daarvan afwijken.

21. Vergunninghouder dient uiterlijk binnen drie maanden na dagtekening van dit besluit dit monitoringsprogramma aan te vullen en de aanvullingen voor schriftelijke instemming voor te leggen aan het bevoegd gezag (t.a.v. het Nbwet team) op de volgende punten:

- Lidar-hoogtemetingen van de Ballastplaat,
- de rui- en foerageerfunctie van het gebied voor de Bergeend,
- het aanvullen van het benthosonderzoek met sedimentbemonsteringen,
- het versterken van de samenhang van de onderdelen van de monitoring door de monitoring en bemonstering op zoveel mogelijk dezelfde momenten en plaatsen uit te voeren,

---

<sup>2</sup> Ministerie van Economische Zaken, 4 september 2014, met kenmerk DGNR-RRE / 14040193

- het verwerken van het gestelde in voorschrift 17 in de beschrijving van het 'hand aan de kraan'-principe. Deze aanvullingen vallen opvolgend onder dezelfde verplichtingen als benoemd in voorgaande en volgende voorschriften waar gesproken wordt van de monitoring en daaraan gerelateerde verplichtingen.

22. Jaarlijks voor 1 mei, volgend op het kalenderjaar waarop de verslaglegging betrekking heeft, stuurt de vergunninghouder aan het bevoegd gezag (t.a.v. het Nb-wet team) de monitoringsrapporten die overeenkomstig het monitoringsprogramma zijn opgesteld.

23. Door of namens het bevoegd gezag kunnen schriftelijke aanwijzingen worden gegeven in hoeverre de monitoring gedurende de looptijd van de onderhavige vergunning dient te worden aangepast of deels dan wel geheel kan worden beëindigd.

24. Het monitoringsprogramma wordt in ieder geval op schriftelijke aanwijzing van of namens het bevoegd gezag door vergunninghouder bijgesteld indien nieuwe (wetenschappelijke) inzichten, wijzigingen in wetgeving dan wel de monitoringsresultaten zelf daartoe aanleiding geven. Dergelijke ontwikkelingen kunnen ook door de vergunninghouder zelf schriftelijk bij het bevoegd gezag worden aangedragen. Tussentijdse wijzigingen van het monitoringsprogramma behoeven schriftelijke instemming van of namens het bevoegd gezag, alvorens zij worden doorgevoerd.

25. Indien uit monitoring blijkt dat de getroffen mitigerende maatregelen onvoldoende zijn, in die zin dat blijkt dat optredende effecten als gevolg van de aangevraagde activiteit anders en/of nadeliger zijn dan beschreven in de passende beoordeling dan wel dat de effectiviteit van mitigatie onvoldoende is gebleken, zal vergunninghouder extra mitigerende maatregelen nemen om nadelige effecten te voorkomen. Een inhoudelijk onderbouwd voorstel hiertoe wordt ter schriftelijke instemming voorgelegd aan het bevoegd gezag (t.a.v. het Nb-wetteam).

26. Zes jaar na aanvang van de werkzaamheden (en opvolgend elke verdere zes jaren) zal door of namens de vergunninghouder een volledige evaluatie plaatsvinden over de ontwikkeling van de bodemligging en de ecologische parameters in relatie tot de specifiek benoemde relevante beschermde natuurwaarden.

### **Instemmingsbesluit winningsplan Havenmond<sup>3</sup>**

Vanwege de Mijnbouwwet is het Ministerie van Economische Zaken en Klimaat (EZK) het bevoegde gezag. In het instemmingsbesluit bij het winningsplan Havenmond is de instellen van de Auditcommissie opgenomen:

#### **5.2.3 Randvoorwaarde 3:**

“Een onafhankelijke instantie adviseert het bevoegd gezag over de opzet, uitvoering en beleidsconsequenties van een adequate monitoring van alle relevant effecten en ontwikkelingen, zodat indien nodig door het bevoegd gezag kan worden ingegrepen volgens het “Haan aan de Kraan” principe.”

##### **5.2.3.1. Onafhankelijke auditcommissie**

De Minister van EZ zal voor aanvang van de zoutwinning een onafhankelijke Auditcommissie zoutwinning onder Waddenzee instellen, welke het bevoegd gezag zal adviseren over de opzet, uitvoering en beleidsconsequenties van een adequate monitoring van alle relevante effecten en ontwikkelingen. Het is voorzien dat deze rol, naast het reguliere toezicht, door de Commissie m.e.r. onder de naam Auditcommissie zoutwinning onder de Waddenzee, zal worden vervuld

## **1.4 Doel van dit document**

Het doel van het voorliggende conceptdocument is om een overzicht te geven van de resultaten van de eerste meet- en monitoringsinspanningen, nog voordat de Pleistocene bodemdaling door zoutwinning heeft plaatsgevonden. Ook wordt in dit rapport nadere invulling gegeven aan de wijze van analyseren, conform de Hand-aan-de-Kraan methode (hoofdstuk 3)

<sup>33</sup> Ministerie van Economische Zaken, 12 mei 2015, met kenmerk DGETM-EM / 13005869.

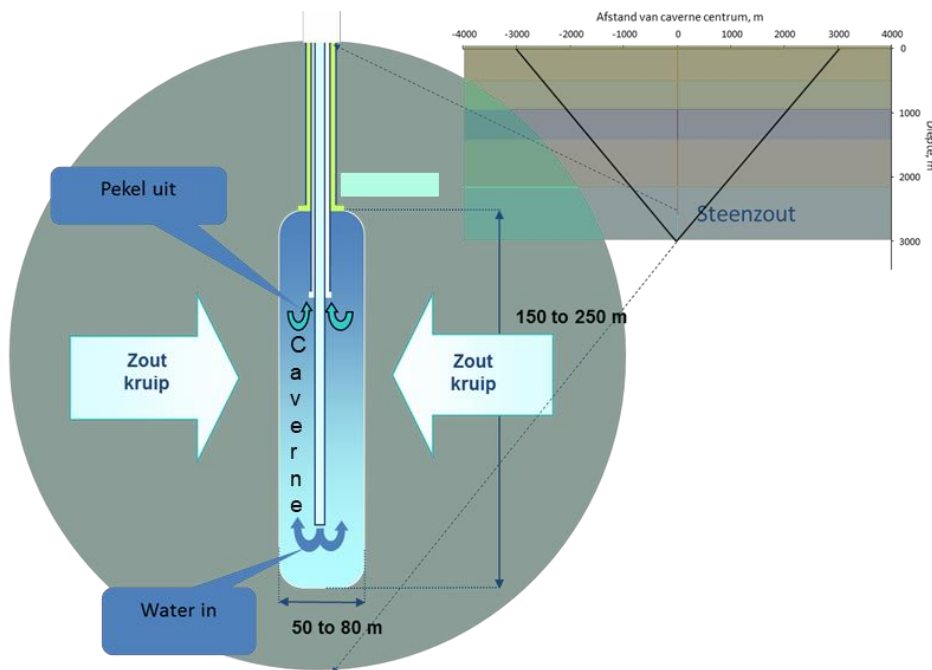
Het conceptrapport is opgesteld voor de Auditcommissie die in brede zin toezicht zal houden op de monitoring. De meetresultaten worden vooraf door Frisia besproken met de "Groene Wetenschap". Opvallende ontwikkelingen worden door hen voorzien van voorlopige verklaringen en aandachtspunten.

## 2 HOOFDSTUK “INLEIDING ZOUTWINNING ONDER WADDENZEE”

### 2.1 Zoutwinning en bodemdaling

Frisia produceert en verkoopt kwalitatief hoogwaardige zoutproducten die worden gewonnen uit de ondergrondse zoutvoorraden in de nabije omgeving van Harlingen. De locatie waar het zout wordt verwerkt, is gevestigd in de industriehaven van Harlingen. Het zout dat Frisia wint, bevindt zich in ondergrondse lagen van 700 tot 1100 m dikte in de nabije omgeving van Harlingen op circa 2,5 tot 3 kilometer diepte. De steenzoutlagen komen uit het Perm geologische tijdperk. Frisia wint dit zout door middel van oplosmijnbouw: het ondergrondse steenzout wordt gewonnen door het in water op te lossen. De gewonnen pekels (zoutoplossing) wordt in de zoutverwerkingslocatie in Harlingen gezuiverd, waarna zeer zuiver zout geproduceerd wordt.

Voordat zoutwinning kan plaatsvinden wordt een boring uitgevoerd. Hiervoor is een tijdelijke boorinstallatie (boortoren) geplaatst naast de Frisia-fabriek in Harlingen, die na afronding weer zal worden verwijderd. De boring reikt tot in de zoutlaag. In het boorgat worden buizen geplaatst. Via de buizen die in het boorgat worden geplaatst wordt water naar de zoutlaag gepompt en wordt pekels teruggevoerd. De pekels ontstaat doordat het steenzout oplost in het water. Doordat het steenzout oplost in het water wordt een caverne gevormd in de steenzoutlaag, zoals schematisch is aangegeven in Figuur 2-1. De caverne is gevuld met pekels, het is dus geen holle ruimte in de ondergrond<sup>4</sup>. De caverne neemt in eerste instantie in omvang toe, maar stabiliseert na enkele jaren. Dat stabilisatieproces treedt op doordat het steenzout uit de omgeving naar de caverne toestroomt of kruipt.



Figuur 2-1 Schematische weergave zoutwinning door middel van oplosmijnbouw. In de cirkel de caverne. De grafiek is een schematische dwarsdoorsnede van de ondergrond, die laat zien waar de caverne zich in de ondergrond bevindt. Ook verbreiding van de Pleistocene bodemdaling is daarin aangegeven met de zwarte lijnen.

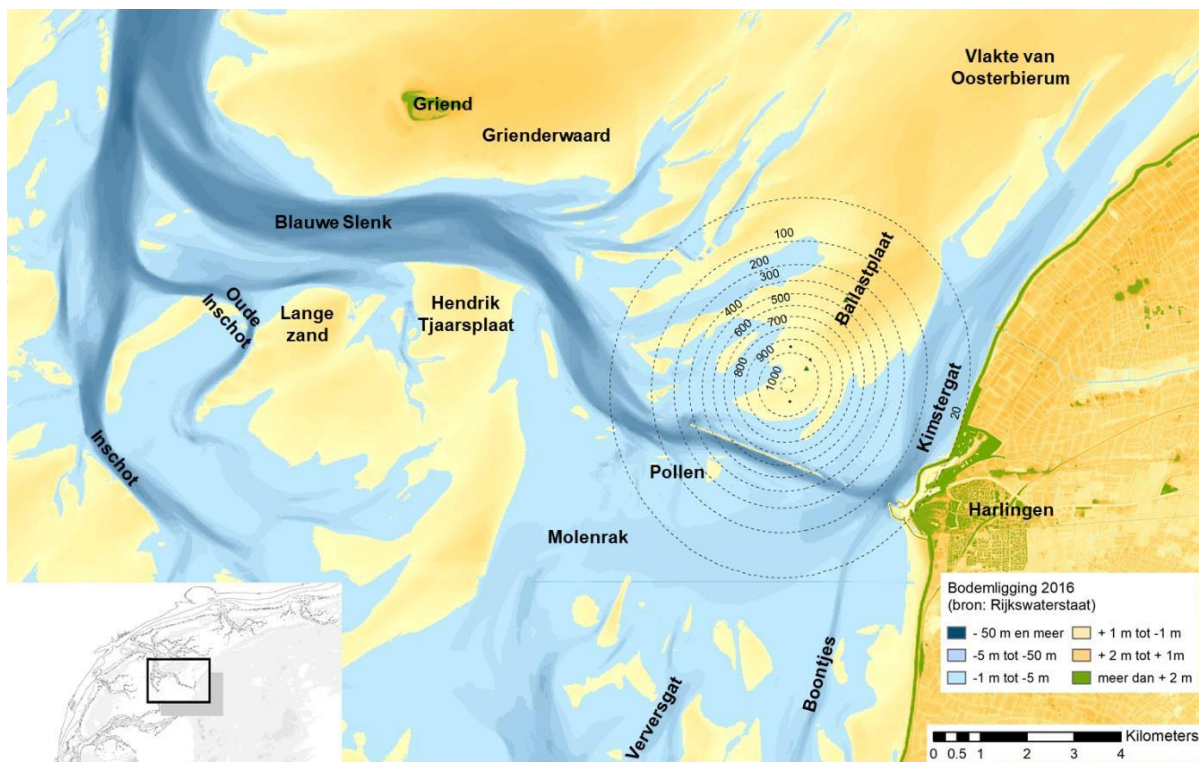
De bodemdaling door de zoutwinning treedt op doordat een volume van het steenzout in de ondergrond afneemt. Het volume van de bodemdaling is gelijk aan het volume zout dat wordt gewonnen minus het volume zout dat in pekelsvorm in de caverne aanwezig blijft. De Pleistocene bodemdaling treedt op in een

<sup>4</sup> Bij de oplosmijnbouw in de diepe steenzoutlagen, zoals door Frisia wordt uitgevoerd ontstaat dus geen holle ruimte dicht onder het aardoppervlak. Dat betekent dat er ook geen ‘sink holes’ aan het aardoppervlak kunnen ontstaan.



gebied dat wordt begrensd door, gerekend vanaf de caveerne, met een hoek van 45° naar het aardoppervlak te bewegen (zie de dwarsdoorsnede van de ondergrond, rechtsboven in Figuur 2-1). Boven de caveerne wordt een ronde Pleistocene bodemdalingsschotel gevormd, waarvan de straal gelijk is aan de diepte van de caveerne. De grootste Pleistocene bodemdaling treedt op direct boven de caveerne en deze wordt kleiner naar buiten toe. De voorspelbaarheid van de bodemdaling door zoutwinning is tegenwoordig groot, zoals in gebleken uit de recente zoutwinning door Frisia onder het vasteland en de vergelijking tussen de voorspelede en waargenomen bodemdaling.

Figuur 2-2 toont de Pleistocene bodemdaling aan het einde van de vergunde zoutwinning. De vorm van deze bodemdalingsschotel is niet rond, maar enigszins ovaal. Dat komt omdat de vergunde zoutwinning niet volledig vanuit één caveerne kan plaatsvinden, maar uit meerdere cavernes. De getoonde Pleistocene bodemdalingsschotel in Figuur 2-2 is de optelsom van de bodemdaling uit vier cavernes. De snelheid waarmee de Pleistocene bodemdaling optreedt is in de eerste jaren nog beperkt, omdat dan de caveerne wordt gevormd en bedraagt dan ten hoogste enkele centimeters per jaar in het diepste punt van de Pleistocene bodemdalingsschotel. Daarna neemt de snelheid toe tot meerdere centimeters per jaar in het diepste punt van de Pleistocene bodemdalingsschotel. Aan het einde van winning van de vergunde hoeveelheid zoutwinning is de Pleistocene bodemdaling in het diepste punt 100 cm.



Figuur 2-2 Kaart van de Waddenzee, met de Pleistocene bodemdalingsschotel (contouren met de bodemdaling in mm) aan het einde van de vergunde zoutwinning.

### **Te meten bodemdalingssnelheid en berekende bodemdalingssnelheid**

In dit rapport wordt gesproken over de bodemdalingssnelheid in cm/jaar in het diepste punt van de bodemdalingsschotel. Verder van het centrum van de bodemdalingsschotel zijn de snelheden lager. Dit is de snelheid zoals die wordt gemeten met de peilmerken in de Pleistocene ondergrond.

Bij het bepalen van de gebruiksruimte wordt ook gerekend met een bodemdalingssnelheid. Dit is echter geen waarde die in het veld wordt gemeten. De bodemdalingssnelheid die wordt gebruikt in de gebruiksruimteberekening is namelijk de gemiddelde bodemdalingssnelheid over het hele kombergingsgebied van het Vlie. De waarde van de gemiddelde bodemdalingssnelheid wordt berekend door het opgetreden bodemdalingssdalingsvolume (in m<sup>3</sup>/jaar) te delen door de oppervlakte van het kombergingsgebied (in m<sup>2</sup>). De gemiddelde bodemdalingssnelheid wordt vrijwel altijd uitgedrukt in mm/jaar, om de vergelijking met het meegroeivermogen (5 mm/jaar voor het Vlie) en de zeespiegelstijging makkelijk te maken.



De gemiddelde bodemdalingssnelheid over het kombergingsgebied is altijd veel kleiner dan de bodemdalingssnelheid van de bodemdalingsschotel. De twee snelheden hebben fysisch gezien verschillende betekenissen en dienen niet met elkaar vergeleken te worden. Het is ook niet mogelijk om de ene bodemdalingssnelheid naar de andere -snelheid om te rekenen. Vanwege de verschillen tussen deze twee waarden is het altijd belangrijk te controleren welk soort bodemdalingssnelheid het betreft.

## 2.2 De ligging van de Pleistocene bodemdalingsschotel

Tijdens het doorlopen van de m.e.r.-procedure, in voorbereiding op de aanvraag voor de vergunning voor de Wet natuurbescherming en de instemming op het Winningsplan, heeft een afweging plaatsgevonden van de verschillende locaties voor de cavernes voor de zoutwinning en daarmee van de bodemdalingsschotel. De keuze voor de winning onder Waddenzee (winningsgebied Havenmond) in plaats verdere winning onder het vaste land (winningsgebied Oost) is gemotiveerd in het MER. Tijdens de m.e.r.-procedure is duidelijk geworden dat de winning onder de Waddenzee het meest milieuvriendelijke alternatief is.

De keuze voor de locaties van de cavernes in het winningsgebied Havenmond is gebaseerd op een aantal overwegingen:

- De potentiële gevolgen voor de natuurwaarden van de Waddenzee zijn het geringst als de cavernes ten opzichte van de fabriek zo zuidelijk mogelijk worden gesitueerd. In het zuidelijk deel van het winningsvergunninggebied is vooral ondiep en diep water aanwezig, terwijl de droogvallende wadplaten zich in het noordelijk deel bevinden. Een winning in het zuidelijk deel heeft de minste potentiële gevolgen voor deze droogvallende platen en de daar aanwezige bodemdieren en foeragerende steltlopers. Gevolg van winning in het zuidelijke deel is dat het ondiep water iets dieper zou worden. Gevolgen voor duikende vogels (eenden) zijn er echter niet tot nauwelijks, omdat tegenover het mogelijk te diep worden van een deel van het gebied, verdieping van in de huidige situatie te ondiepe delen optreedt. Winning zoveel mogelijk in het zuidelijke deel van het winningsgebied is daarmee het uitgangspunt vanuit de ecologie voor de keuze van de locaties van cavernes, om op voorhand mogelijke gevolgen voor de natuurwaarden te voorkomen.
- Voldoende afstand tot Waddendijk: om effecten op de Waddendijk zoveel mogelijk te voorkomen wordt een buffer van ca. 3 kilometer tot de Waddendijk aangehouden.
- Afstand die met een gedeveerde boring overbrugbaar is: er zitten limiterende factoren aan de afstand waarop gedeveerd geboord kan worden (mogelijkheid verwijdering boorgruis, maximale wrijvingskracht i.r.t. hijsvermogen landboortoren, maximale mechanische belasting van de buizen, dynamische weerstand in leidingen). De maximale afstand tot de kust die met een gedeveerde boring kan worden afgelegd is 3.750 meter.
- Lengte van het leidingtracé: vanuit financieel en milieutechnisch oogpunt (ruimtebeslag, energieverbruik voor transport) is het gewenst het leidingtracé zo kort mogelijk te maken met zo min mogelijk kruisingen. De optimale ligging van de winningslocatie is daarom aan de noordzijde van Harlingen en zo dicht mogelijk bij of op het terrein van de verwerkingslocatie;
- Aanwezigheid van geologische breukzones aan de onderzijde van de te ontginnen zoutformaties. De cavernes worden op voldoende afstand van deze breukzones geplaatst om een voldoende stabiele zoutbodem onder de caveerne te waarborgen.

Op basis van deze overwegingen is de keuze voor de zoutwincavernes en de bijbehorende bodemdalingsschotel, zoals getoond in Figuur 2-2, tot stand gekomen.

## 2.3 Zoutwinning en bodemtrillingen

Aandacht voor bodemtrillingen (aardbevingen, seismische activiteit) is onderdeel van het Winningsplan en is ook beschouwd tijdens de m.e.r.-procedure. De aandacht voor bodemtrillingen is, onder invloed van de gaswinningen Groningen, sinds het doorlopen van de m.e.r.-procedure alleen maar toegenomen. De fysische processen die in de ondergrond optreden tijdens de winning van het steenzout op meer dan 2 km diepte zijn geheel anders dan de fysische processen die optreden tijdens de gaswinning. Vanwege het verschil in de fysische processen wordt niet verwacht dat door de zoutwinning aan het aardoppervlak meetbare of merkbare bodemtrillingen zullen optreden.

Tijdens de actieve zoutwinning door Frisia vanaf 1995 tot heden hebben zich in de verschillende winningsgebieden geen door het KNMI-geregistreerde bodemtrillingen voorgedaan. Ook uit de vakliteratuur zijn geen waarnemingen bekend aan de bodemtrillingen veroorzaakt door de winning van steenzout door

oplosmijnbouw. De bodemtrillingen worden gemonitord met de in Noord-Nederland aanwezige seismometers, die door het KNMI beheerd en uitgelezen worden. In noordwest Friesland zijn aanvullende meetinstrumenten geplaatst. De detectiegrens van trillingen met het bestaande instrumentarium ter plekke van de winning Havenmond is 1,0 op schaal van Richter. Dat is voldoende nauwkeurig om eventuele schadeveroorzakende bevingen waar te nemen en te lokaliseren.

Omdat het uiterst onwaarschijnlijk is dat zich bodemtrillingen zullen voordoen als gevolg van de zoutwinning Havenmond, wordt hierover niet gerapporteerd in het voorliggende document.

## 2.4 De Waddenzee en de bodemdaling door zoutwinning

De gevolgen van de Pleistocene bodemdaling door de zoutwinning voor de Waddenzee zijn uitgebreid onderzocht en gerapporteerd in het kader van de MER en het traject voor het verkrijgen van de Wet Natuurbeschermingvergunning. Tijdens de Raad van State-procedure over deze vergunning zijn aanvullende analyses opgesteld en gepresenteerd. In deze paragraaf wordt beknopt ingegaan op de gevolgen van de Pleistocene bodemdaling door de zoutwinning voor de Waddenzee. Voor een meer diepgaande analyse wordt verwezen naar de Passende beoordeling (Arcadis, 2013), het MER en de achtergronddocumenten Meegroeivermogen en gebruiksruimte (Meegroeivermogen en gebruiksruimte in de getijdebekkens Vlie en Marsdiep; Grootschalige morfologische ontwikkelingen westelijke Waddenzee; Alkyon, 2010a) en Hydromorfologie en ecologie (Effecten van zoutwinning op de ecologische waarden in de Waddenzee; Alkyon, 2010b).

Door het getij en door de invloed van het weer is het water in de Waddenzee continu in beweging. Het stromende water woelt zand en slib los (erosie), voert dit mee en zet dit 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. Die veranderingen verlopen gewoonlijk geleidelijk, maar bijvoorbeeld na een zware storm kunnen die veranderingen ineens heel groot zijn.

De Pleistocene bodemdaling door de zoutwinning vindt plaats onder dit dynamische waddensysteem. De geleidelijke Pleistocene bodemdaling is relatief klein ten opzichte van de natuurlijke dynamiek van de wadbodem. De dynamiek zorgt ervoor dat de Pleistocene bodemdaling weer ongedaan wordt gemaakt, mits de snelheid van deze bodemdaling beneden een bepaalde kritische grens blijft.

De zeer kleine daling van de bodem, zoals die van dag tot dag zal optreden onder de Waddenzee, wordt aan de wadbodem vrijwel direct vereffend door de steeds optredende erosie en sedimentatie. De Pleistocene bodemdaling wordt daarmee als het ware uitgesmeerd over een veel groter gebied dan de bodemdalingsschotel zelf, zoals ook bij de bodemdaling door gaswinning onder de Waddenzee het geval is. De verlaging van het wad, die optreedt na de vereffening is beduidend kleiner dan de natuurlijke variatie in de oppervlakte van de droogvallende platen. En de verlaging wordt overschaduwd door de natuurlijke erosie en sedimentatie in de Wadden die tenminste tien keer zo groot is. De snelheid waarmee de sedimentatie kan plaatsvinden is voldoende groot om de Pleistocene bodemdaling door zoutwinning zelfs in het diepste en snelst dalende deel van de bodemdalingsschotel, te vereffenen. De zeer kleine verlaging van de wadbodem, die na vereffening optreedt over een groter gebied, is een tijdelijk effect van de bodemdaling door zoutwinning. De omvang van de verlaging is afhankelijk van het grootte van het gebied waarover deze vereffening plaatsvindt en is niet meetbaar of merkbaar. Het is nadrukkelijk niet het doel van het monitoringsprogramma om deze voorspelde verandering te meten, dit is immers bij voorbaat niet mogelijk. De monitoring is gericht op het signaleren van niet-voorspelde, onverwachte veranderingen in het gebied waar de Pleistocene bodemdaling door zoutwinning plaatsvindt en het vaststellen van de eventuele relatie tussen dergelijke veranderingen en de zoutwinning.

De gevolgen van de bodemdaling door zoutwinning worden ook beschouwd op de schaal van de kombergingsgebieden en in relatie tot de stijging van de zeespiegel. Zeespiegelstijging heeft hele andere oorzaken dan bodemdaling, maar de uitwerking ervan op het Waddensysteem is hetzelfde: de afstand tussen de zeebodem en de waterspiegel kan groter worden. De zeespiegel stijgt in Nederland al sinds het begin van het Holocene geologische tijdperk. De afgelopen eeuwen stijgt de zeespiegel nog steeds, ook bij het Waddengebied. Dat de Waddenzee desondanks al die tijd is blijven voortbestaan, is te danken aan het feit dat het Waddensysteem over een meegroeivermogen beschikt. De Waddenzee streeft er van nature naar om een bepaald evenwicht te bereiken tussen de hoeveelheid water en de hoeveelheid sediment (zand en slib). Door de zeespiegelstijging komt de Waddenzee in feite constant sediment tekort om die evenwichtstoestand te bereiken. Er wordt voortduren zand en slib via de zeegaten vanuit de Noordzee en vanaf de kusten zand aangevoerd naar de Wadden. De motor voor het transport van zand en slib naar de

Waddenzee is het getij. Met elke vloed komt er, behalve heel veel water, ook zand en slib uit de Noordzee in de Waddenzee terecht. Bij eb gaat telkens een groot deel van het aangevoerde zand en slib weer terug naar de Noordzee, maar een deel blijft achter. Daardoor komt de zeebodem steeds een heel klein beetje hoger te liggen, en kan de Waddenzee de zeespiegelstijging bijbenen. Zonder dit vermogen om mee te groeien, zouden alle bij droogvallende wadplaten al lang verdwenen zijn.

De omvang van de aanvoer van zand en slib is niet onbeperkt. De kombergingen in de Waddenzee hebben een kritische grens, waarbij de snelheid waarmee de zeespiegel stijgt groter wordt dan de hoeveelheid zand en slib die wordt aangevoerd. Deze kritische grens wordt het meegroeivermogen genoemd. De zoutwinning heeft invloed op twee kombergingsgebieden van de Waddenzee: de komberging Het Vlie en de komberging Marsdiep. Beide grote kombergingsgebieden hebben elk een meegroeivermogen van minimaal 5 millimeter per jaar. Het begrip “meegroeivermogen” van de Waddenzee is gedefinieerd als: “Het natuurlijke vermogen van een kombergingsgebied, uitgedrukt in mm/jaar over het hele gebied, om de relatieve zeespiegelstijging (rZSS) op lange termijn bij te houden terwijl het geomorfologisch evenwicht en de sedimentbalans in stand blijven” (Ministerie van Economische Zaken, 2006).

Zolang de snelheid van zeespiegelstijging kleiner is dan het meegroeivermogen, is er ruimte voor andere activiteiten die een vergelijkbaar effect hebben als de zeespiegelstijging. Bodemdaling door de winning van diepe delfstoffen (zout en gas) en ook de winning van oppervlakte delfstoffen (zand, schelpen) hebben een vergelijkbaar effect. Deze beschikbare ruimte voor andere activiteiten, zolang de snelheid van zeespiegelstijging kleiner is dan het meegroeivermogen, is de gebruiksruimte genoemd. De gebruiksruimte van de Waddenzee is gedefinieerd als: “Het verschil tussen het meegroeivermogen van een kombergingsgebied en de relatieve zeespiegelstijging (rZSS). Dit verschil is de ruimte die te gebruiken is (na middeling over 6 jaar, voortschrijdend gemiddeld, symmetrisch) voor menselijke activiteiten, die zandhonger genereren, bijvoorbeeld bodemdaling veroorzaakt door gaswinning (Ministerie van Economische Zaken, 2006). De relatieve zeespiegelstijgingssnelheid is het gecombineerde effect van de absolute stijging van de zeespiegel en de natuurlijke, autonome daling van de bodem.

Wanneer de snelheid van de bodemdaling (berekend door het gemiddelde jaarlijkse bodemdalingsvolume te delen door de oppervlakte van het kombergingsgebied) kleiner is dan de beschikbare gebruiksruimte, vindt er geen verandering plaats in de kenmerken van de Waddenzee.

De omvang van de belastbare gebruiksruimte voor de bodemdaling door Frisia is vastgelegd in het Instemmingsbesluit op het Winningsplan. Deze omvang van de belastbare gebruiksruimte is een harde randvoorwaarde voor de zoutwinning door Frisia. Het betekent dat de omvang van de bodemdaling door de zoutwinning, niet groter mag worden dan de voor Frisia belastbare gebruiksruimte. Bij dreigende overschrijding hiervan zal de zoutwinning door Frisia en daarmee de bodemdaling worden gereduceerd. Dit is de eerste stap uit het Hand-aan-de-Kraanprincipe, zoals dat in het hoofdstuk 4 wordt toegelicht.

### **De overeenkomsten tussen de bodemdaling onder de Waddenzee door zoutwinning en door gaswinning**

Onder Waddenzee wordt op verschillende plekken gas gewonnen, waardoor Pleistocene bodemdaling onder de Waddenzee optreedt. De response in de Waddenzee op de bodemdaling door gaswinning is hetzelfde als de response op de bodemdaling door de zoutwinning, namelijk een vereffening van de bodemdaling over een groter gebied en de aanvoer van meer zand en slib vanuit de Noordzee. De basis voor het Hand-aan-de-kraan principe in de vergunning voor de zoutwinning is dan ook gelegd bij de gaswinning onder de Waddenzee. In grote lijnen komt het meten en de monitoring van de zoutwinning dan ook overeen met die van de gaswinning Waddenzee (ook wel de gaswinning Moddergat, Lauwers en Vierhuizen): de omvang van de bodemdaling wordt bepaald, omdat deze dient plaats te vinden binnen de beschikbare gebruiksruimte en er vinden signaleringsmetingen plaats aan de morfologie en de ecologie.

De belangrijkste verschillen tussen de bodemdaling door de zoutwinning en die door de gaswinning onder de Waddenzee hebben betrekking op de voorspelbaarheid en de ruimtelijke verbreiding. De fysische mechanismen achter de bodemdaling door zoutwinning zijn eenvoudiger dan die bij de bodemdaling door gaswinning. Daardoor is de afgelopen jaren bij de bodemdaling door de zoutwinning onder land gebleken dat de voorspelbaarheid groot is. Verassingen, in de vorm van grotere of kleinere bodemdaling, of een andere vorm van de bodemdalingsschotel dan voorspeld, hebben zich bij de zoutwinning niet voorgedaan. De voorspelbaarheid van de bodemdaling door de zoutwinning geldt ook de response op het verminderen of stoppen van de zoutwinning, waarbij de bodemdaling vrijwel meteen stopt. In vergelijking met de bodemdaling door de gaswinning is de bodemdaling door de zoutwinning meer lokaal en is de omvang en de snelheid van daling in het diepste punt van de bodemdalingsschotel groter.

## 2.5 Bodemdaling door zoutwinning i.r.t. meten en monitoren

In de voorgaande paragraaf is uitgelegd welke veranderingen plaatsvinden in de Waddenzee in response op de bodemdaling door de zoutwinning. De relatie met het meetplan en de monitoring is als volgt:

### Meetplan

De metingen zijn gericht op het vaststellen van het volume van de bodemdaling en de mate en snelheid van de bodemdaling onder de Waddenzee. Voor het vaststellen van het volume van de bodemdaling worden geregistreerd en gemeten:

- Geproduceerde volume zout
- Waterbalans
- Akoestische holruimtemetingen (sonar echometing) van omvang van caverne

Voor het meten van de mate en snelheid van de Pleistocene bodemdaling onder de Waddenzee wordt in de Waddenzee

- Continue de hoogte van de Pleistocene ondergrond gemeten op twee locaties
- Eenmaal per jaar op vijf punten in de Waddenzee en drie punten op het vasteland de hoogte van de Pleistocene ondergrond gemeten

Het gemeten volume aan bodemdaling, zoals dat jaarlijks optreedt, wordt gebruikt om vast te stellen of Frisia binnen de belastbare gebruiksruimte opereert. De metingen aan de Pleistocene bodemdaling worden gebruikt om te verifiëren of het ruimtelijke model van de bodemdaling overeenkomt met de voorspellingen en vormt de link met de monitoring.

### Monitoring

De voorspelde response van de wadbodem op de bodemdaling door de zoutwinning is dat een onmeetbare en onmerkbare verlaging van de wadbodem optreedt en dat er in het geheel geen meetbare of merkbare gevolgen zijn voor de ecologie. Het schema voor onderlinge afhankelijkheid tussen zoutwinning, de bodemdaling en de veranderingen in de morfologie en ecologie is opgenomen in Figuur 2-3. In dit schema is zoutwinning de aanleiding en de bodemdaling van de Pleistocene ondergrond is het directe effect. De veranderingen in morfologie zijn in dit schema 1<sup>e</sup> orde afgeleide effecten van de zoutwinning, via de Pleistocene bodemdaling. De ecologische effecten zijn 2<sup>e</sup> orde afgeleide effecten, dat wil zeggen dat ze alleen via de 1<sup>e</sup> orde afgeleide effecten beïnvloed worden.

Hoe verder er wordt afgedaald in het schema met onderlinge afhankelijkheden, des te meer externe invloeden ontstaan op te meten indicatoren. Hierdoor is de relatie met zoutwinning steeds moeilijker vast te stellen. Het directe gevolg (bodemdaling) heeft een grote samenhang met de zoutwinning. De 1<sup>e</sup> orde afgeleide gevolgen worden beïnvloed door de zoutwinning, maar tevens door een groot aantal andere factoren, zoals de 18,6 jarige cyclus in het getij. De 2<sup>e</sup> orde afgeleide gevolgen worden beïnvloed door de 1<sup>e</sup> orde afgeleide effecten én tevens door een groot aantal externe factoren. Omdat de gevolgen van de zoutwinning op de 1<sup>e</sup> orde en de 2<sup>e</sup> orde afgeleiden vele malen kleiner zijn dan de gevolgen van de natuurlijke dynamiek, zullen deze gevolgen niet meetbaar of merkbaar zijn.

De monitoring is dan ook niet ingericht op het meten van de voorspelde gevolgen van de zoutwinning, omdat deze gevolgen niet meetbaar zijn. De monitoring is wel ingericht als signaleringsmeting, om vast te stellen of zich onvoorziene veranderingen voordoen in de bodemligging en de ecologie en om het verband tussen deze onvoorziene veranderingen en de Pleistocene bodemdaling door zoutwinning vast te kunnen stellen, dan wel uit te sluiten.

Om die signalering mogelijk te maken is de monitoring ingericht op de analyse van trends. Door gebieden te selecteren binnen en buiten het invloedsgebied van de zoutwinning kan een goede signalering plaatsvinden van de ontwikkelingen. De samenhang tussen de indicatoren staat hierbij centraal.



Figuur 2-3 Schema met de onderlinge afhankelijkheid tussen Zoutwinning, Pleistocene bodemdaling en veranderingen in de morfologie en in de ecologie.

Op basis van het voorgaande is bij het samenstellen van de monitoring primair gekozen voor de monitoring van de abiotiek (de 1<sup>e</sup> orde gevolgen in het schema in Figuur 2-3) en in beperkte mate, vanuit het voorzorgprincipe, voor de monitoring van biotiek (de 2<sup>e</sup> orde gevolgen in het schema in Figuur 2-3).

De monitoring voor het vaststellen van de abiotische 1<sup>e</sup> orde gevolgen (Figuur 2-3) omvat raaimetingen in drie raaien, Spijkermetingen en bepalingen van de sedimentsamenstelling, LiDAR hoogtemetingen en de Vaklodingen van het gehele kombergingsgebied. Met deze metingen wordt vastgesteld welke veranderingen optreden in de wadbodem, ter plaatse van de Pleistocene bodemdaling en daarbuiten. De raaimetingen en de spijkermetingen geven jaarlijks inzicht in respectievelijk de hoogte-ontwikkeling van het wad en de sedimentatie en erosie op de wadplaat ter plaatse van de Pleistocene bodemdaling. De jaarlijkse bepalingen van de sedimentsamenstelling laten zien welke variatie daar in optreedt. Door naar de trends in de ontwikkelingen te kijken worden de korte termijn fluctuaties buiten beschouwing gelaten. Door de trends in het gebied met de Pleistocene bodemdaling te vergelijken met de trends in het gebied daarbuiten, kunnen onvoorziene gevolgen van bodemdaling op morfologie worden gesignaleerd. De LiDAR metingen van de hoogte van de droogvallende wadplaten geven inzicht in de ruimtelijke verbreiding van de hoogte-ontwikkeling. Tenslotte geven de vaklodingen inzicht in de morfologische ontwikkelingen op de schaal van de kombergingsgebieden. Veranderingen in het wadplaathabitat worden op deze wijze inzichtelijk en dit vormt de verbinding met de ecologische veranderingen.

In overleg met ecologische deskundigen zijn een beperkt aantal benoemd ecologische parameters geselecteerd die uit voorzorg gemonitord zullen worden. Deze parameters sluiten het beste aan bij het gebied en doel van de monitoring. De zeven parameters vormen een goede doorsnede van de ecologische benutting van het bodemdalingsgebied en zijn voldoende goed meetbaar. De monitoring voor het vaststellen van de biotische 2<sup>e</sup> orde gevolgen (Figuur 2-3) omvat:

- Benthosbemonstering een keer per jaar van drie schelpdiersoorten: kokkels *Cerastoderma edule*, mossel *Mytilus edule* en nonnetje *Macoma baltica* in negen analysegebieden;
- Vogeltellingen (HVP tellingen) vijf keer per jaar voor drie vogelsoorten: één schelpdieretende vogelsoort (Scholekster *Haematopus ostralegus*); één wormenetende vogelsoort (Bonte strandloper *Calidris alpina*) en de Kanoet (*Calidris canutus*) op negen hoogwatervluchtplaatsen (HVP)
- Telling van Ruiende Bergeenden een keer per jaar op de locatie aan oostzijde Ballastplaat & Vlakte van Oosterbierum

Met de metingen aan het benthos wordt vastgesteld welke veranderingen optreden in de kwaliteit van de waddenhabitats. De keuze voor deze drie benthos-soorten is ingegeven doordat deze onderdeel uitmaken van het dieet van een van de drie vogelsoorten, in combinatie met de beschikbaar van meetgegevens over een langere periode. Voor bijvoorbeeld de verschillende soorten wormen (onder ander wadpier en zeeduizendpoot) zijn de meetreeksen minder lang en is de relatie met de aan- of afwezigheid van de vogelsoorten minder duidelijk. Daarom zijn deze soorten buiten de analyse gebleven.



De vogeltellingen geven inzicht in de benutting van de waddenhabitats door de wadvogels, ter plaatse van de Pleistocene bodemdaling en in de gebieden daarbuiten. De drie indicatorsoorten (Kanoet, Scholekster en Bonte Strandloper) zijn geselecteerd op basis het advies van experts. De selectie betreft beschermde niet-broedvogelsoorten (conform het onderscheid broedvogel en niet-broedvogel in de Vogelrichtlijn) die veel en regelmatig in de Wadden voorkomen, die in de Wadden foerageren en die via hun voedselkeuze en foerageerhabitat een mogelijk effect van bodemdaling kunnen ondervinden, waarvoor over een lange periode voldoende gegevens beschikbaar zijn. Het onderzoek beperkt zich tot die vogelsoorten die voor hun voedsel (bodemdieren) helemaal of grotendeels afhankelijk zijn van droogvallende platen (in het intergetijdengebied) in de Waddenzee. Potentieel ondervinden deze wadvogels de meeste hinder van een (niet-voorspelde) verlaging van de wadbodem als gevolg Pleistocene bodemdaling, omdat hun voedselgebied tijdens laagwater dan minder lang droog ligt en dus ook minder lang toegankelijk is. Veel van de beschermde niet-broedvogelsoorten in de Waddenzee zullen op deze wijze geen invloed ondervinden van de Pleistocene bodemdaling. Soorten die bijvoorbeeld exclusief viseters zijn, zoals aalscholvers, grote sterns en futen vallen hierdoor af. Omdat bemonsteringen van de bodemdieren geen goed beeld leveren van de epibenthische bodemdieren vallen ook de soorten af die daarop foerageren, zoals de Lepelaar, Groenpootruiter en Zwarte Ruiter op jagen.

De Scholekster en Bonte strandloper zijn over het algemeen in dermate grote aantallen aanwezig in het invloedsgebied en in de referentiegebieden, dat de aantallen zich goed lenen voor (statistische) analyse. Dat geldt in veel mindere mate voor de Kanoetstrandloper, die zo nu en dan in zeer grote aantallen aanwezig is, maar in andere jaren geheel of vrijwel geheel afwezig is. Vanwege het belang van de gehele Waddenzee voor de Kanoetstrandloper is deze wel meegenomen in de analyse. Andere vogelsoorten zijn in lagere aantallen en met grote variaties aanwezig in het gebied, zodat het niet zinvol is geacht om deze in de analyse te betrekken.

Door de trends in het benthos en de vogels te analyseren worden de korte termijn fluctuaties buiten beschouwing gelaten. En door de trends in het gebied met de Pleistocene bodemdaling te vergelijken met de trends in de referentiegebieden, kunnen onvoorziene gevolgen van veranderingen in de waddenhabitats worden gesignaleerd.

Naast de monitoring die is opgenomen in het monitoringsplan, wordt in en rond de Waddenzee gemeten vanwege reguliere meetprogramma's, bijvoorbeeld door Rijkswaterstaat aan de waterstanden. Daar waar de analyse van de resultaten vraagt om aanvullende gegevens, zal dit worden betrokken vanuit de reguliere monitoring.

In het volgende hoofdstuk wordt dieper ingegaan op de metingen en de onderlinge samenhang.

## 3 OVERZICHT MEETPLAN<sup>5</sup> EN MONITORINGSPROGRAMMA<sup>6</sup>

### 3.1 Metingen

De metingen betreffen de bodemdaling van de ondergrond onder de Waddenzee. De onderstaande Tabel 3-1 geeft een beknopt overzicht van de metingen.

Tabel 3-1 Beknopt overzicht van het meetplan zoutwinning Waddenzee.

Metingen	Toelichting	Frequentie
Twee continue GPS <sup>1</sup> hoogtemetingen op het wad	Twee permanente GNSS-stations in de Waddenzee en één (referentie-) GNSS-station op het vaste land (Zweins). De meetpalen zijn in de Pleistocene ondergrond verankerd.	Continue, iedere 12 seconde
Vijf GPS hoogtemetingen op het wad en drie op het vasteland.	De meetpalen zijn permanent in het Pleistoceen verankerd. Hierop wordt jaarlijks gedurende enkele dagen een GNSS meetopstelling geplaatst.	Jaarlijks
Akoestische holruimtemetingen (sonar echometing) van omvang van caverne	De vorm en het volume van de open, met pekel gevulde ruimte van de caverne wordt gemeten door het meetinstrument via de verbuizing in de caverne te laten zakken	Iedere 1 tot 5 jaar
Geproduceerde volume zout	De geproduceerde hoeveelheid zout wordt continue gemeten met debietmeters in de pekelleiding. Dagelijks wordt de dichtheid van de pekel gemeten. Op basis hiervan wordt de hoeveelheid gewonnen zout berekend	Dagelijks
Waterbalans	De waterbalans berekend het volume van de caverne op basis van de hoeveelheid geïnjecteerd water, de hoeveelheid geproduceerde pekel en de berekende zoutkruip (convergentie)	Maandelijks

1. GPS staat voor Global Positioning System. Dit is één van de verschillende Global Navigation Satellite Systemen, of GNSS.

### 3.2 Monitoring

De onderstaande Tabel 3-2 geeft een beknopt overzicht van de monitoring.

<sup>5</sup> Zie hiervoor:

- Gestandaardiseerde aanvraag "Instemming meetplan in geval van zoutwinning", conform artikel 41, lid 1, Mijnbouwwet (Mbw) en artikelen 30 en 33, Mijnbouwbesluit (Mbb). Frisia Zout B.V. d.d. 31-10-2019
- Technische Bijlage bij Meet- en regelprotocol zoutwinning 'Havenmond' v.3.2, rapport Frisia Zout B.V. en Well Engineering Partners B.V., Hoogeveen 14 december 2012.
- Bijlage: Update toelichting; meetplan Havenmond; Rapport Antea projectnummer 0267807.00, definitief revisie 11 13 juli 2018
- Duisterwinkel, E., 2018. Bodemdalingsschotel in kaart brengen met geplande meetpunten. Memo Antea 2018-002.

<sup>6</sup> Met uitzondering van de jaarkalender is de inhoud over het monitoringsprogramma in dit hoofdstuk afkomstig uit: Aangepast Addendum Monitoringplan Zoutwinning Waddenzee, d.d. 23 maart 2016, referentie 078878869 0.1.



Tabel 3-2 Beknopt overzicht van het monitoringsprogramma zoutwinning Waddenzee.

Metingen	Toelichting	Frequentie	Gebied
Hoogte/diepte raaien (H5)	Primaire meting hoogte wadbodem	1 x per jaar	Drie raaien in invloedsgebied
Spijkermetingen (H7)	Meting sedimentatie	4 x per jaar	Nader te bepalen aantal punten langs drie raaien
Hoogte wadplaten LIDAR (H6)	Ruimtelijke beeld hoogte wadplaat	1 x per 3 jaar	Ballastplaat
Vaklodingen (H4)	MWTL-metingen van RWS	1 x per 6 jaar	Kombergingsgebieden
Benthos bemonstering (H8)	3 schelpdiersoorten: kokkel, mossel, nonnetje	1 x per jaar	9 analysegebieden van elk circa 400 ha
Sediment-samenstelling (H9)	Tijdens benthosbemonstering	1 x per jaar	Identiek aan benthosbemonstering
HVP tellingen (H10)	3 vogelsoorten: scholekster, bonte strandloper, kanoetstrandloper	5 x per jaar	9 hoogwatervluchtplaatsen (HVP)
Ruiende Bergeenden (H11)		1 x per jaar	Oostzijde Ballastplaat & Vlakte van Oosterbierum

### 3.3 Planning

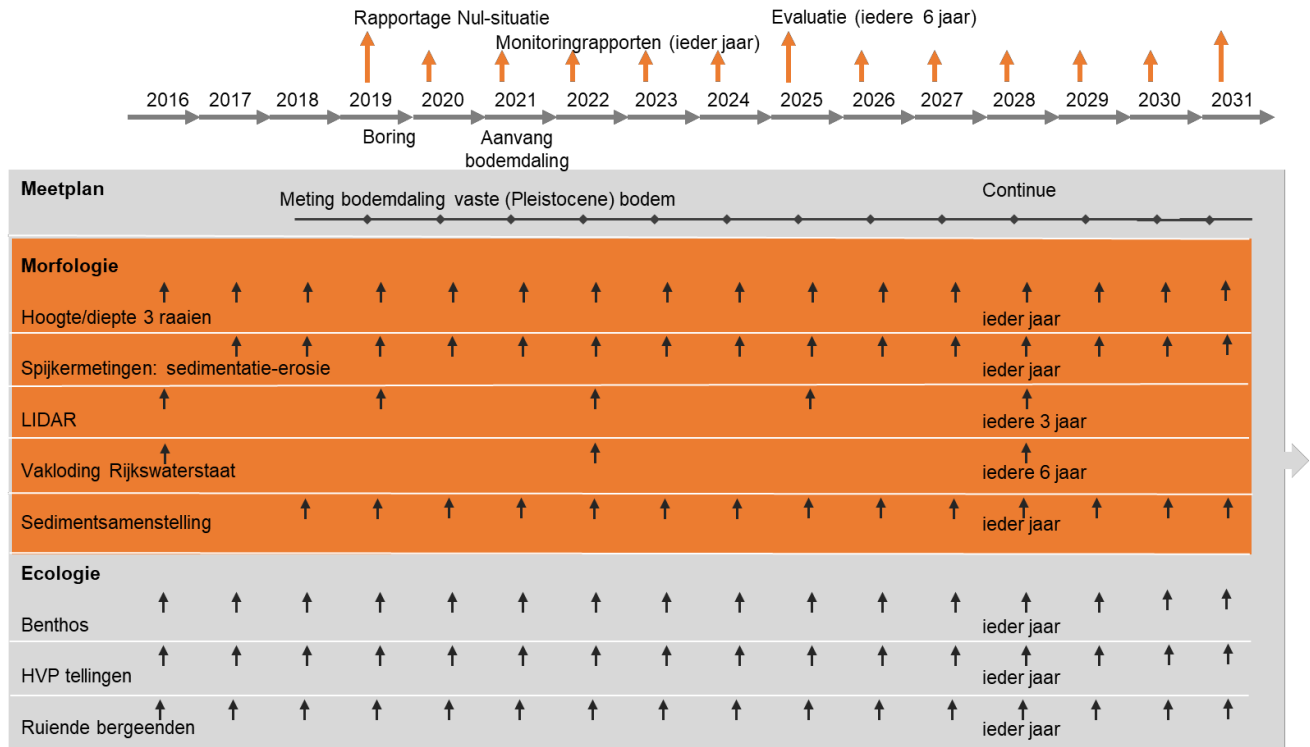
De planning is thans gebaseerd op het starten van de eerste boring aan het einde van 2019 en het afronden aan het begin van 2020. Voorafgaand daaraan zullen de metingen worden uitgevoerd die worden betrokken in het vaststellen van de nulsituatie. De eerste oplevering van de Tnul rapportage heeft plaatsgevonden in 2019 en de voorliggende herziene versie wordt opgeleverd in het eerste kwartaal van 2020. Deze rapportage omvat de metingen tot en met 2018. Over de resultaten van de metingen tot en met 2019 wordt ook in 2020 gerapporteerd, in de tweede Tnul rapportage. Per onderdeel van de metingen zal zoveel als mogelijk gebruik worden gemaakt van een referentieperiode die meerdere jaren omvat. Dit is afhankelijk van de beschikbaarheid van de gegevens. Dit zal worden opgenomen in het monitoringsplan. Bij het vaststellen van de nulsituatie zullen de langjarige monitoringsreeksen worden betrokken. Dit betreft de vaklodingsgegevens van de hoogte van de Ballastplaat, HVP-tellingen en de benthosinventarisaties. Op basis daarvan zal vastgesteld worden of sprake is van trends in de ontwikkelingen en welke variatie in de autonome situatie zonder Pleistocene bodemdaling optreedt. In de eerste anderhalf tot twee jaar na het uitvoeren van de boring zal nog geen sprake zijn van Pleistocene bodemdaling (in deze fase is sprake van het inloggen en de ontwikkeling van de caverne). Dat betekent dat de gegevens van de monitoringsactiviteiten voor deze periode aanvullende informatie opleveren voor de situatie zonder Pleistocene bodemdaling.

De planning van de aanvangsperiode is op hoofdlijnen:

- 2016-2019: Nulmeting;
- Eind 2019-begin 2020: Boring;
- 2020: vaststellen nulsituatie;
- 2020-2021: Inloof fase en caverne ontwikkeling
- 2021: eerste Pleistocene bodemdaling.

De voorliggende herziene eerste Tnul rapportage omvat de metingen tot en met 2018, zodat deze de gegevens tot en met het jaar voorafgaande aan de boring omvatten. De tweede Tnul rapportage tot en met 2019 zal plaatsvinden voor 1 mei 2020.

In de onderstaande figuur zijn de metingen weer gegeven, inclusief de momenten van rapportage.

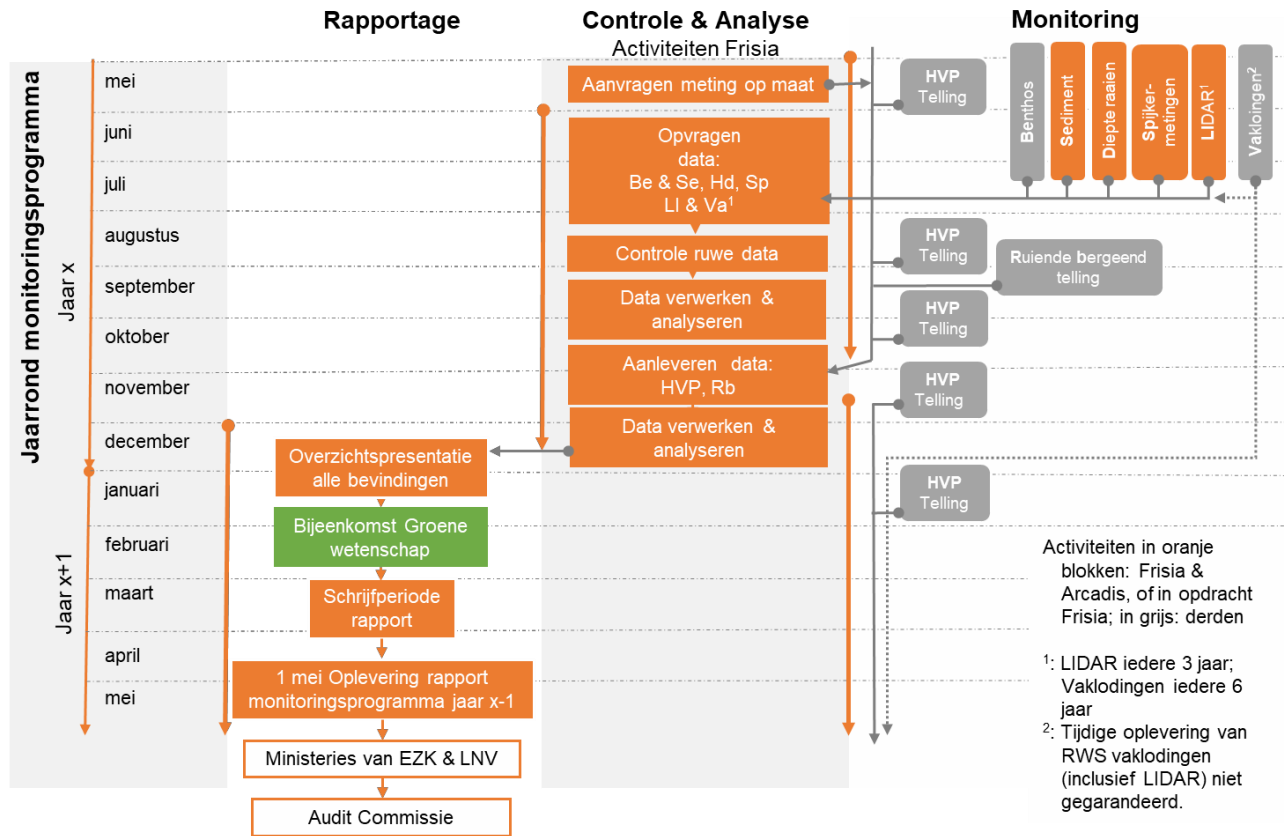


### 3.4 Jaarkalender

De jaarkalender (zoals hieronder getoond) is gebaseerd op een jaarlijks rapportage rapport dat elk jaar aan de Audit Commissie wordt voorgedragen in mei. De jaarkalender is opgedeeld in rapportage, controle & analyse en monitoring. Hierbij wordt gebruik gemaakt van verschillende metingen zowel in opdracht van Frisia als in opdracht van derden. De jaarkalender laat zien wanneer:

- Welke meetgegevens in het jaar worden gemeten;
- Welke data op welk moment verwacht wordt;
- Wanneer welke controle op de data plaats vindt;
- Wanneer de data verwerkt en geanalyseerd wordt;
- Wanneer welke rapportage plaats vindt.

Op basis van deze rapportage structuur kan bodemverandering per jaar op een eenduidige manier vergeleken worden. Mocht er echter grote afwijkingen in de ruwe data zitten, dan zal hierover eerder contact worden gezocht met de opdrachtgever om hen hiervan op de hoogte te stellen.



### 3.5 Pleistocene bodemdaling, morfologie & ecologie

De bepaling van het bodemdalingsvolume vindt plaats door de productie van de pekel uit de caverne(s) te registreren. In combinatie met de waterbalans en de resultaten van de holruimtemetingen wordt vastgesteld hoeveel zout is onttrokken aan de steenzoutlagen en welk Pleistocene bodemdalingsvolume dit oplevert. De metingen aan de Pleistocene bodemdaling onder de Waddenzee worden gebruikt om vast te stellen of deze overeenkomt met het gemeten bodemdalingsvolume en het ruimtelijke model voor de daling.

De meting van de Pleistocene bodemdaling omvat:

- Twee continue hoogtemetingen van de Pleistocene ondergrond op het wad
- Acht jaarlijkse hoogtemetingen van de Pleistocene ondergrond (waarvan vijf op het wad)
- Geproduceerde volume zout
- Waterbalans
- Akoestische holruimtemetingen (sonar echometing) van omvang van caverne

De morfologische monitoring omvat opnamen van de diepte van de geulen en de hoogte van de platen (de bodem van de Waddenzee) en de toe- dan wel afname van de hoogte van de droogvallende platen. Op basis hiervan wordt vastgesteld welke veranderingen zich voordoen in de hoogte van de platen en in de diepte van de geulen en welke veranderingen optreden in de ligging van de geulen en de platen.

De monitoring van de morfologie omvat:

- Hoogte/diepte raaien
- Spijkermetingen
- Hoogte wadplaten LIDAR
- Vakloedingen

De verwachte morfologische respons op de Pleistocene bodemdaling is een vereffening door de aanvoer van sediment uit de omgeving. Wanneer deze verwachte respons optreedt, dan zal dit niet in de bodemligging zichtbaar zijn. Het eventuele effect is namelijk kleiner dan de nauwkeurigheid waarmee de bodemligging wordt gemeten.

De ecologische monitoring omvat:

- Benthos bemonstering
- Sediment-samenstelling
- HVP tellingen<sup>2</sup>
- Ruiende Bergeenden

### 3.6 Samenhang in de monitoring

Door de monitoring en bemonstering op dezelfde momenten en plaatsen uit te voeren wordt de samenhang van de onderdelen van de monitoring versterkt. De samenhang tussen de metingen aan de bodemdaling (van de Pleistocene ondergrond) en monitoring op en in de wadbodem is maximaal doordat de meting van de pleistocene bodemdaling continu plaatsvindt.

Enkele aandachtspunten:

- De meting van de wadbodemhoogte in raaien moeten zoveel mogelijk plaatsvinden in dezelfde week als de benthosbemonstering op de Ballastplaat (= in de onderstaande tabel 3).
- De benthosbemonstering en de bemonstering voor het bepalen van de sedimentsamenstelling zal simultaan plaatsvinden (= in de onderstaande tabel 3).
- De meting van de wadhoogte (LIDAR) zal worden afgestemd op de periode waarin de benthosbemonstering plaatsvindt.
- Een van de vogeltellingen op de HVP's wordt uitgevoerd in dezelfde periode als de benthosbemonstering.
- Bergeenden ruien na het broedseizoen en de observaties moeten in die periode worden uitgevoerd.

De metingen zullen zoveel mogelijk tegelijkertijd wordt uitgevoerd, door de uitvoering van de hoogtemetingen te koppelen aan de benthosmetingen op de Ballastplaat. Dit zal in de opdrachtschrijving voor deze worden vastgelegd. De uitvoering van de metingen in de Waddenzee is afhankelijk van de condities ter plaatse (getij, meteorologische omstandigheden) en praktische uitvoeringsaspecten (beschikbaarheid van mensen, schepen en vliegtuig), zodat het niet altijd mogelijk zal zijn de metingen in precies dezelfde week uit te voeren. Voor de LIDAR hoogtemetingen in opdracht van Frisia zal worden gestreefd naar uitvoering tijdens de benthosbemonstering. LIDAR metingen zijn gevoeliger voor de weersomstandigheden en het volledig droogvallen van de platen dan de andere metingen.

Tabel 3-3 Jaarrond planning van meetplan en het monitoringprogramma.

Meting	Jan	Feb	Maa.	April	Mei	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dec.
Pleistocene bodemdaling <sup>1</sup>												
Hoogte/diepte raaien					=							
Spijkermetingen			X		=		X		X			
Hoogte wadplaten LIDAR <sup>3</sup>												
Benthos bemonstering					=							
Sediment-samenstelling					=							
HVP tellingen <sup>2</sup>	X				X			X			X	
Ruiende Bergeenden								X				

1. De meting van de Pleistocene bodemdaling is onderdeel van het meetplan.

2. X Integrale telling hele Waddenzee, daarvan vindt er jaarlijks nog een plaats in wisselende maand.
3. Dit betreffen metingen die Rijkswaterstaat uitvoert tegelijkertijd met de vaklodingen. De LIDAR-metingen worden eens per drie jaar verricht, met ingang van 2016.

NB: alle monitoringsactiviteiten die met een '=' zijn aangeduid, zullen zo veel mogelijk simultaan plaatsvinden met dien verstande dat de LIDAR-metingen eens per drie jaar worden verricht."

## 4 HET 'HAND AAN DE KRAAN'-PRINCIPE<sup>7</sup>

### 4.1 Introductie

In de beschrijving van het 'hand aan de kraan'-principe moet het gestelde in de voorschriften over 'hand aan de kraan' worden verwerkt. In de voorschriften bij de Natuurbeschermingswetvergunning staat:

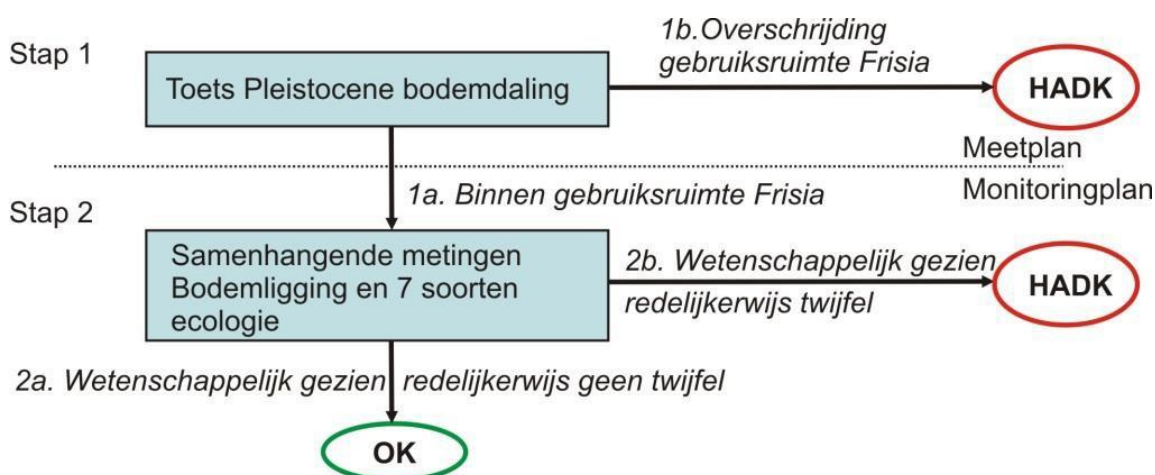
*Hand aan de Kraan*

17. De winning van het zout wordt uitgevoerd conform het winningsplan Harlingen Havenmond.

18. Tenzij er wetenschappelijk gezien redelijkerwijs geen twijfel bestaat dat er geen schadelijke gevolgen zijn of dreigen op te treden voor de natuurlijke kenmerken van het Natura 2000-gebied Waddenzee als gevolg van de bodemdaling door de onderhavige winning van zout, dient - gelet op het voorzorgsbeginsel - de winning (afhankelijk van de aard en ernst van deze schadelijke gevolgen) te worden getemporiseerd dan wel gestopt opdat de schadelijke gevolgen worden voorkomen dan wel weggenomen. Deze temporisering dan wel stopzetting vindt, na overleg met vergunninghouder, plaats op de door het bevoegd gezag aangegeven wijze en conform hetgeen het bevoegd gezag hiertoe schriftelijk heeft bepaald.

Dit voorschrift is uitgewerkt in de onderstaande beslisboom. In de beschrijving van het Stappenplan voor de verwerking van de resultaten van het monitoringsprogramma worden de stappen toegelicht.

### 4.2 Stappenplan en beslisboom jaarlijkse rapportage



#### Toelichting bij Stap 1:

Jaarlijks wordt gerapporteerd over het bodemdalingsvolume in de tijd. De winning van zout heeft een zeer directe relatie met Pleistocene bodemdaling. De hoeveelheid zoutwinning geeft een 1:1 vertaling naar Pleistocene bodemdaling en dit is een betrouwbaar en direct causaal verband. De Pleistocene bodemdaling ijlt zeer kort na, na het stopzetten van de winning.

- Bij substantiële afwijking van de verwachte Pleistocene bodemdaling vindt een nadere analyse plaats. Conform het meetplan zullen twee permanente GPS meetstations worden geplaatst om de Pleistocene bodemdaling van de vaste wadbodem continue te meten (Figuur 4-1). De metingen van de meetstations worden berekend t.o.v. een onafhankelijk referentienetwerk van meerdere GPS-stations. De ervaring met vergelijkbare continue GPS monitoring en deze berekeningswijze tonen aan dat het 95% betrouwbaarheidsinterval ligt op 1.2 mm voor de hoogte. Met andere woorden: 95% van de berekende hoogtes schommelt binnen een bandbreedte van 2.4 mm..

<sup>7</sup> De inhoud van dit hoofdstuk is afkomstig uit: Aangepast Addendum Monitoringplan Zoutwinning Waddenzee, d.d. 23 maart 2016, referentie 078878869 0.1.

- Bij dreigende overschrijding van de gebruiksruimte<sup>8</sup> wordt de winning aangepast (1b).
- Indien het dalingsvolume binnen de afgesproken gebruiksruimte blijft (1a), wordt doorgegaan naar stap 2.

#### Toelichting bij Stap 2:

Jaarlijks wordt gemeten en gerapporteerd:

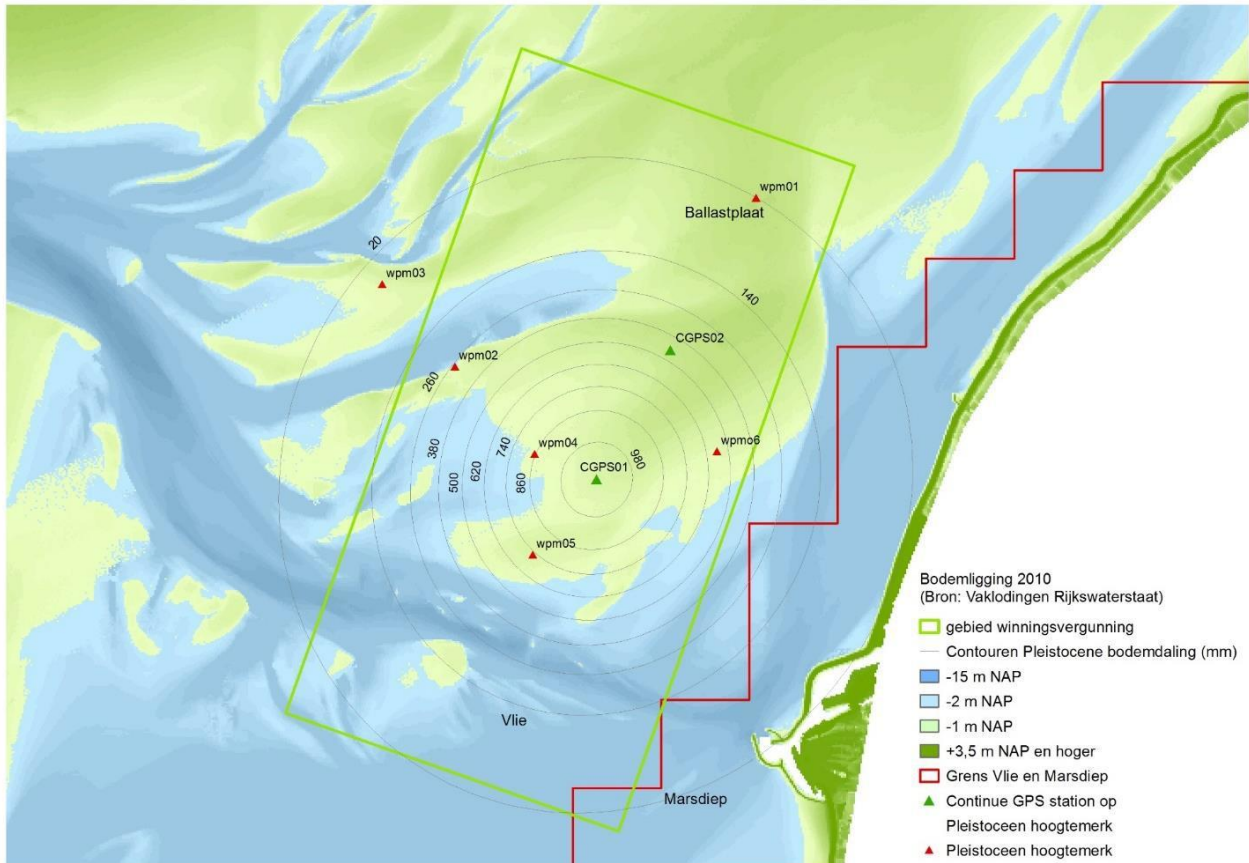
- Alle metingen van jaar x worden in kwartaal 1 van jaar x+1 verwerkt;
- In april van jaar x+1 worden trendanalyses uitgevoerd;
- Op 1 mei volgt een rapportage aan het bevoegde gezag (Ministerie van EZ).
- Trendanalyse ecologie van de bodemdieren drie gebieden in invloedsgebied en vogels HVP in nabijheid invloedsgebied. Indien hier geen afwijking buiten de natuurlijke dynamiek (zoals het in het monitoringsplan is geformuleerd in paragraaf 2.3, is het vaststellen van de bandbreedte onderdeel van het opstellen van de nulmeting en de rapportage van nulsituatie) voor betreffende trendlijn aan de orde is, dan geen vervolgactie.
- Trendanalyse morfologie (raaimetingen, sediment en ruimtelijke toets). Ruimtelijke toets heeft betrekking op de ruimtelijke spreiding van de veranderingen in de hoogteligging, in relatie tot de waargenomen Pleistocene bodemdaling. De nauwkeurigheid van de opeenvolgende morfologische metingen in het monitoringsplan is voldoende groot om onverwachte ontwikkelingen in de (plaat)hoogte te signaleren
- Bij afwijking ecologische trendlijnen (buiten range natuurlijke dynamiek) dan vervolgens beoordelen of dit alleen binnen invloedsgebied aan de orde is, of ook in kombergingsgebieden Vlie en Marsdiep en daarbuiten. Het is fysisch en ecologisch niet voorstelbaar dat effecten door Pleistocene bodemdaling buiten het invloedsgebied plaatsvinden en hoe vastgesteld zou moeten worden dat de oorzaak daarvan bij de zoutwinning ligt. De inzichten rond de invloed van theoretische veranderingen in de arealen droogvallende plaat, zoals opgenomen in het rapport 'Tijdelijke effecten' zullen worden gebruikt als indicator voor de maximale denkbare impact van Pleistocene bodemdaling op ecologische indicatoren.
- Bij afwijking ecologische trendlijnen (buiten range natuurlijke dynamiek) en dit is alleen in het invloedsgebied aan de orde, dan dit verbinden aan de trendanalyse morfologie. Hierbij zullen de gegevens over de morfologie nogmaals in detail worden beschouwd. Indien geen relatie tussen afwijkingen in de ecologische trends en morfologische veranderingen door bodemdaling van de Pleistocene ondergrond aan de orde is, dan geen vervolgstap.
- Indien een negatieve trend in zowel ecologie als morfologie aan de orde is in het invloedsgebied, dan zal met de onafhankelijke wetenschappelijke beoordelingscommissie de uitgevoerde metingen ten behoeve van de zoutwinning worden vergeleken met bestaande metingen uit andere programma's. Als eerste zal de data op maat worden verwerkt en vervolgens worden door middel van 2-3 werksessies hypothesen bepaald, over de oorzaken van de betreffende afwijkingen van de trendlijnen. Deze hypothesen worden meegenomen in de interpretatie van data voor het volgende jaar. Omdat er grote variaties optreden in de aanwezigheid en hoeveelheid bodemdieren en vogels, zowel in de tijd (van jaar op jaar) als in de ruimte (van gebied naar gebied), levert één jaar met aanvullende waarnemingen, inclusief Pleistocene bodemdaling en de gevolgen daarvan, voor alle partijen de meeste duidelijkheid over oorzaak en gevolg. Indien twee jaar achter elkaar negatieve trends alleen in het invloedsgebied aan de orde zijn, dan zal met de onafhankelijke wetenschappelijke beoordelingscommissie worden bepaald of er redelijkerwijs wetenschappelijk gezien geen twijfel bestaat dat de waargenomen trendontwikkelingen geen gevolg zijn van de Pleistocene bodemdaling door zoutwinning. Mocht al na het eerste jaar anderszins duidelijk zijn dat er twijfel bestaat over een oorzakelijke relatie met de zoutwinning, dan biedt de Nb-wet vergunning voldoende mogelijkheden om eerder in te grijpen, als de ernst van de ontwikkelingen daar aanleiding toe geeft. Bij wetenschappelijk gezien redelijkerwijs geen twijfel, dan kan de zoutwinning doorgaan. Anders volgt het principe Hand Aan De Kraan<sup>9</sup>.

---

<sup>8</sup> De beschikbare gebruiksruimte is afhankelijk van toekomstige zeespiegelstijging en het meegroeivermogen. Elke 5 jaar wordt het relatieve zeespiegelstijgingsscenario vastgesteld. Indien blijkt dat de zeespiegelstijging anders is dan verwacht, dan is er in principe meer of minder gebruiksruimte.

<sup>9</sup> Het is in dit stadium nog niet mogelijk een richtlijn te geven voor de mate van de Hand aan de Kraan (volledig stopzetten of verminderen van de zoutwinning) na het constateren van 'wetenschappelijk gezien redelijkerwijs twijfel'. In het Tnul rapport wordt aan de hand van de resultaten aangegeven welke trend en variatie optreden in de verschillende monitoringsparameters. Op basis hiervan kan de te verwachten autonome bandbreedte worden bepaald.





Figuur 4-1 Meetpunten Bodemdaling diepe (Pleistocene) ondergrond.

### 4.3 Jaarlijkse rapportage en zesjaarlijkse evaluatie

Iedere zes jaar, aansluitend aan het beschikbaar komen van de metingen van de bodemligging door Rijkswaterstaat (vaklodging), wordt een volledige evaluatie van het monitoringsprogramma opgesteld. In deze evaluatie wordt gerapporteerd over de Pleistocene bodemdaling, de ontwikkeling van de bodemligging en de ecologische parameters en wordt gekeken naar het monitoringsprogramma. In de evaluatie worden de data van het meetplan en het monitoringsplan gekoppeld. In de evaluatie wordt ingegaan op:

- Trendanalyses op vloedkominiveau in combinatie met de trendanalyses op invloedsgebiedniveau over de afgelopen jaren (indien geen blijvende afwijkingen van natuurlijke dynamiek, dan geen nadere analyse).
- Betrouwbaarheid van metingen (o.a. op hoofdlijnen verklaren afwijkingen).
- Welke onduidelijkheden treden op en hoe kunnen die worden ondervangen.
- Zo nodig: verdere optimalisatie van monitoring.
- Zijn de afgelopen jaren de juiste conclusies getrokken?

De concept-evaluatie zal worden voorgelegd aan de onafhankelijke wetenschappelijke beoordelingscommissie en daar waar nodig aangepast naar aanleiding van het geleverde commentaar.

### 4.4 Voorbeelduitwerkingen 'Hand aan de Kraan'

Om duidelijk te maken op welke wijze veranderende inzichten in de snelheid van zeespiegelstijging en de resultaten van de metingen en de monitoring kunnen leiden tot aanpassingen in de zoutwinning vanwege het Han-aan-de-Kraan principe, zijn hieronder vier situaties opgenomen, die zich in de toekomst zouden kunnen voordoen.

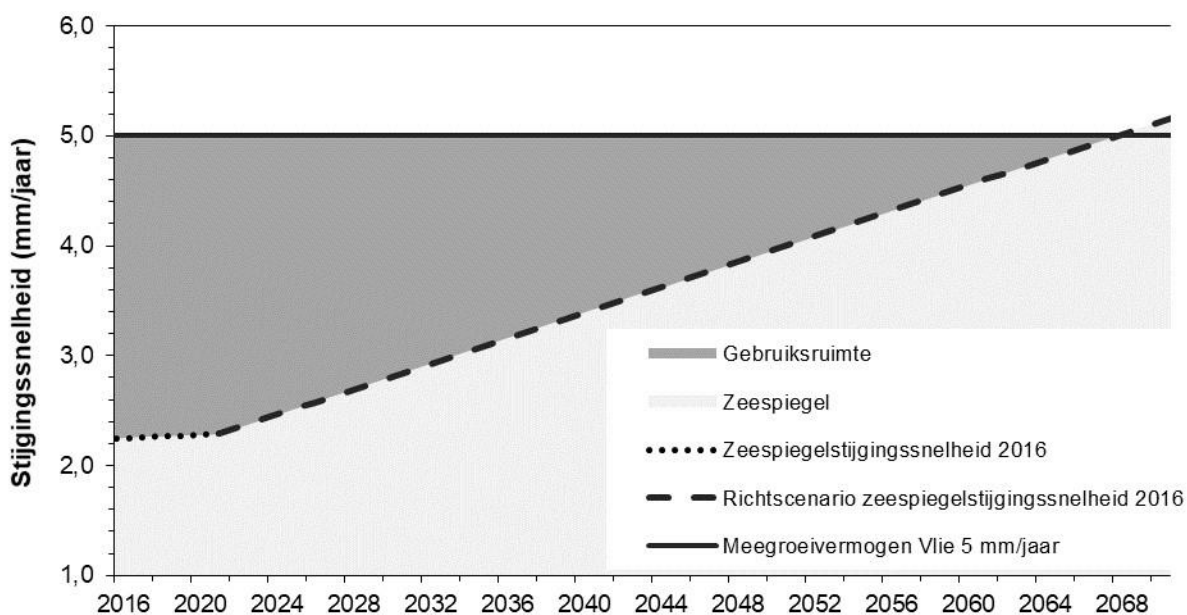
#### Situatie 1: versnelde zeespiegelstijging;

De snelheid van zeespiegelstijging is onderdeel van de gebruiksrumberekening. Iedere vijf jaar wordt door het Ministerie van EZK het scenario voor de zeespiegelstijging voorgeschreven, waarbij sprake is van een beleidsscenario voor de volgende vijf jaar en een richtscenario voor na die vijf jaar. Indien er aanwijzingen zijn dat de zeespiegelstijging anders gaat verlopen dan voorzien, dan zal dit in het

zeespiegelstijgingsscenario worden opgenomen. Veranderingen in de snelheid van zeespiegelstijging hebben gevolgen voor de beschikbare gebruiksruimte. Ter illustratie zijn hieronder in twee grafieken opgenomen. In de eerste grafiek staat het vigerende scenario voor zeespiegelstijging, waarbij is uitgegaan van een versnelling in 2021, bij het ingaan van het richtscenario. Het totaal beschikbare volume aan gebruiksruimte<sup>10</sup> in het kombergingsgebied van het Vlie is  $242 \times 10^6 \text{ m}^3$  in de periode van 2020 tot in 2068, wanneer de stijgingssnelheid van de zeespiegel groter is dan het meegroeivermogen. In de tweede grafiek staat de situatie met een hogere stijgingssnelheid. De versnelling van de stijgingssnelheid na 2021 is in dit "situatie 1" scenario 0,116 mm/jaar (overeenkomend met de versnelling die in het Rijksprojectenbesluit en het 2011 scenario werd gehanteerd voor het richtscenario), in plaats van de 0,058 mm/jaar uit het 2016 scenario. In dit scenario is het totaal beschikbare volume aan gebruiksruimte  $24 \times 10^6 \text{ m}^3$  in het kombergingsgebied van het Vlie in de periode van 2020 tot in 2045, als de stijgingssnelheid van de zeespiegel groter is dan het meegroeivermogen.

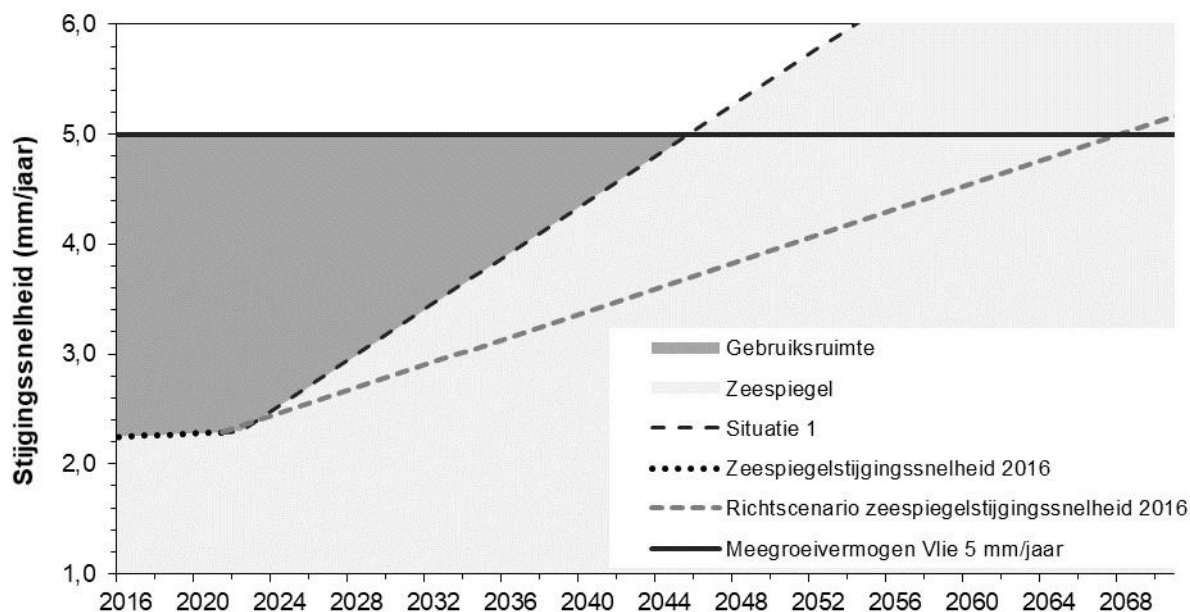
Wanneer aanwijzingen voor het optreden van een grotere versnelling van de zeespiegelstijging aanleiding zijn tot het aanpassen van het scenario voor de zeespiegelstijging, dan wordt het moment dat de snelheid van zeespiegelstijging eerder bereikt en is het beschikbare volume aan gebruiksruimte kleiner.

De metingen die van belang zijn voor het bepalen van de huidige snelheid van zeespiegelstijging, zijn de waterstandsmetingen die door Rijkswaterstaat worden uitgevoerd, onder andere in Harlingen. De mogelijke versnelling van de zeespiegelstijging raakt aan verschillende beheer- en beleidsonderwerpen, zoals de veiligheid tegen overstromingen, de kustlijn­zorg, wateroverlast en de beschikbaarheid van zoetwater. Nieuwe inzichten over de scenario's voor de regionale zeespiegelstijging komen voort uit (onderzoeks)-projecten en -programma die vanuit verschillende achtergrond lopen, of worden opgestart.



Figuur 4-2 Grafiek met de gebruiksruimte in het Vlie bij het vigerende "2016" scenario voor de snelheid van de toekomstige zeespiegelstijging.

<sup>10</sup> Niet alle gebruiksruimte in het kombergingsgebied van het Vlie is beschikbaar voor zoutwinning. In het Instemmingsbesluit op het Winningsplan is per jaar 0,99 mm, overeenkomend met een bodemdalingsvolume van 624.000 m<sup>3</sup>/jaar beschikbaar voor de zoutwinning door Frisia. Een klein deel van Pleistocene bodemdaling door zoutwinning vindt plaats onder het Marsdiep en belast de gebruiksruimte van dat kombergingsgebied.



Figuur 4-3 Grafiek met de gebruiksruimte in het Vlie in het “situatie 1” scenario voor de snelheid van de toekomstige zeespiegelstijging. Ter vergelijking is ook het vigerende “2016” scenario opgenomen in deze grafiek.

### Situatie 2: een tegenvallende jaar op jaar sedimentatiesnelheid

Volgens de voorspellingen zal de hoogte van de wadbodem niet meetbaar of merkbaar veranderen door de Pleistocene bodemdaling als gevolg van de zoutwinning, doordat de daling wordt vereffend met sediment dat uit de omgeving wordt aangevoerd. Mocht onverwacht sprake zijn van een jaar op jaar tegenvallende sedimentatie op de wadbodem, ter plaatse van de bodemdaling in de Pleistocene ondergrond, dan zal een geleidelijke verdieping van de wadbodem plaatsvinden. De omvang van de Pleistocene bodemdaling door zoutwinning in het diepste deel van de bodemdalingsschotel is met enkele centimeters per jaar dermate groot, dat een dergelijke onvoorziene ontwikkeling meetbaar is in de raaimetingen. De raaimetingen hebben een nauwkeurigheid van enkele centimeters, zodat een verlaging van de wadbodem van meer dan 5 centimeters meetbaar is. Doordat in drie raaien wordt gemeten, die over de Pleistocene bodemdalingsschotel liggen wordt een tegenvallende sedimentatiesnelheid in een periode van enkele jaren zichtbaar. De LiDAR metingen geven aanvullend inzicht in de verdeling van de tegenvallende sedimentatiesnelheid over de droogvallende platen. De Spijkermetingen even inzicht in de variatie in de sedimentatiesnelheid in de loop van de tijd in een beperkt aantal locaties.

Voor alle duidelijkheid, het betreft hier de sedimentatie ter plaatse van de bodemdalingsschotel in de Pleistocene ondergrond. De sedimentatie in het hele kombergingsgebied van het Vlie is geen onderwerp van de monitoring, omdat de sedimentatie op deze schaal niet met voldoende nauwkeurigheid meetbaar is. Om desondanks voldoende zekerheid te krijgen dat de sedimentatie in het kombergingsgebied voldoende groot is om de stijgende zeespiegel en de Pleistocene bodemdaling bij te houden, is de gebruiksruimte geïntroduceerd. Zolang de omvang van de Pleistocene bodemdaling door de zoutwinning binnen de gebruiksruimte blijft, doen zich geen effecten voor op de sedimentatie op de schaal van het kombergingsgebied van het Vlie.

### Situatie 3: een daling die sneller is en/of een volumetoename van de dalingskom groter dan verwacht

De Pleistocene bodemdaling als gevolg van de zoutwinning in de diepe ondergrond, is zeer goed voorspelbaar gebleken. Dit betreft zowel de bodemdalingssnelheid, als de ruimtelijke verbreiding en het bodemdalingsvolume. De goede voorspelbaarheid is gerelateerd aan de fysische mechanismen van de Pleistocene bodemdaling door zoutwinning, waarbij de omvang van de Pleistocene bodemdaling één op één is gekoppeld aan de hoeveelheid zout die wordt gewonnen.

Om te controleren of de daling die optreedt overeenkomt met de voorspellingen, wordt de Pleistocene bodemdaling continue en real-time gemeten. Over de metingen wordt maandelijks gerapporteerd aan het SODM. Afwijkingen in de dalingsnelheid worden binnen een maand gesignaleerd. Door de snelheid van de zoutwinning aan te passen kan de snelheid van de daling weer op peil worden gebracht.

De omvang van de Pleistocene bodemdaling wordt gecontroleerd door een aantal peilmerken onder de wadbodem jaarlijks in te meten. Hierover wordt ieder jaar gerapporteerd. Indien zich afwijkingen voordoen van de voorspellingen van de omvang van de Pleistocene bodemdaling, dan zal dit nader worden geanalyseerd. De omvang van de Pleistocene bodemdaling wordt gebruikt in de berekeningen van de belasting van de gebruiksruijnte. De omvang van de zoutwinning zal altijd dusdanig worden gecontroleerd dat deze binnen de voor zoutwinning beschikbare gebruiksruijnte blijft.

**Situatie 4: een combinatie van deze drie in een ‘worst-case’**

Elk van de drie bovenstaande situaties leidt tot een reductie van de zoutwinning, waarbij de omvang en het moment van de reductie afhankelijk zijn van de omvang van de geconstateerde afwijking. Mocht zich een situatie voordoen, waarbij sprake is van én een grotere versnelling van de zeespiegelstijging én een tegenvallende sedimentatie én een grotere Pleistocene bodemdaling dan voorzien, dan zal dit ook leiden tot een reductie van de zoutwinning. Bepalend voor de omvang en het moment van de reductie is dan het zwaarstwegende aspect. Met de reductie van de zoutwinning en daarmee van de Pleistocene bodemdaling vanwege het zwaarstwegende aspect worden ook de andere aspecten bediend.

De metingen die van toepassing zijn op situatie 4 zijn hierboven voor de drie situaties reeds beschreven.



## 5 METINGEN PLEISTOCENE BODEMDALING

### 5.1 Introductie van de meetmethodes<sup>11</sup>

De meetmethodes zijn gericht op het vaststellen van de Pleistocene bodemdaling onder de Waddenzee. Het gaat daarbij zowel om het vaststellen van het bodemdalingsvolume, als om het vaststellen van de ruimtelijke verbreiding van de Pleistocene bodemdaling.

De metingen aan de Pleistocene bodemdaling onder Waddenzee worden uitgevoerd met twee permanente meetopstellingen (meetpalen), die continue de hoogte meten. Deze meetpalen zijn verankerd in de Pleistocene ondergrond, zodat hoogteveranderingen de Pleistocene ondergrond direct worden gemeten. Een van de permanente meetopstellingen is nabij het punt geplaatst waar volgens de prognose de grootste en snelste Pleistocene bodemdaling plaats zal vinden. De andere permanente meetopstelling is verder naar het noordoosten geplaatst, waar de omvang van de Pleistocene bodemdaling kleiner is. De gegevens van de twee permanente meetopstellingen geven daarmee inzicht in het verschil in Pleistocene bodemdaling nabij en verder van de zoutwincavernes. Jaarlijks worden verificatiemetingen uitgevoerd aan beide permanente meetopstellingen, waarvoor in de directe nabijheid van de meetpaal nog één controlepaal onder de wadbodem tot in het Pleistoceen is geplaatst en drie controlepalen ondieper zijn verankerd.

In aanvulling op de twee permanente meetopstellingen zijn in het wad op vijf locaties meetpalen onder de wadbodem aangebracht, die tot in het Pleistoceen reiken. Op deze meetpalen wordt ieder jaar gedurende ongeveer 5 dagen een tijdelijke meetopstelling geplaatst, waarbij de hoogte wordt ingemeten. Het type meting dat dan wordt uitgevoerd is geheel vergelijkbaar met de metingen van de permanente meetopstellingen. Ook voor deze metingen geldt dat aanvullende verificatiemetingen worden uitgevoerd, waarvoor controlepalen zijn geplaatst.

Door de plaatsing van deze meetpalen wordt het ruimtelijke beeld van de Pleistocene bodemdaling compleet gemaakt en kan worden gecontroleerd of deze Pleistocene bodemdaling inderdaad plaatsvindt volgens de voorspellingen. Met deze controle wordt tevens geverifieerd of de omvang de bodemdalingsschotel overeenkomt met de omvang die met andere metingen is bepaald.

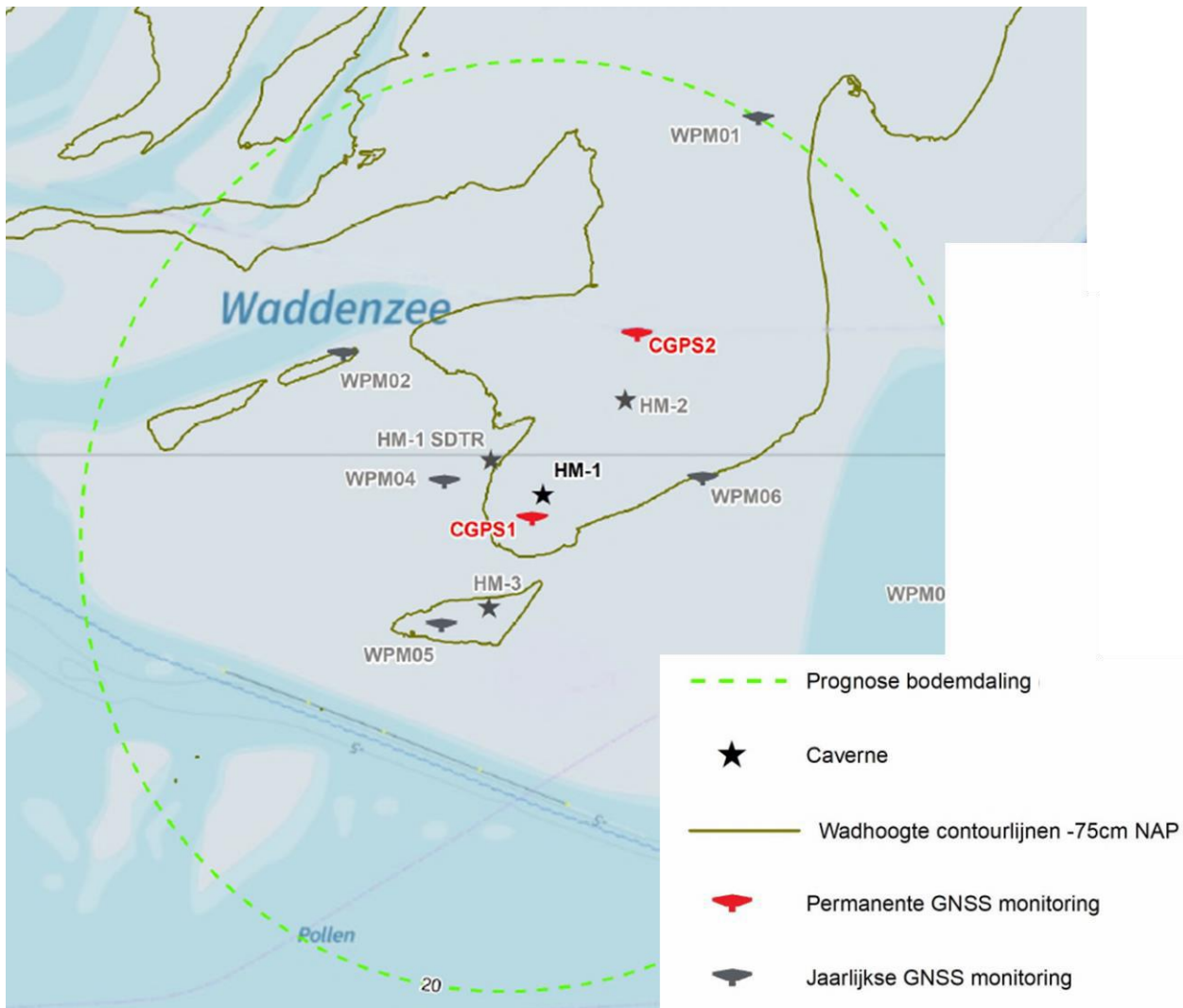
De omvang van de bodemdaling wordt berekend op basis van het geproduceerde zoutvolume, in combinatie met de waterbalans. De waterbalans geeft zicht op de omvang van de caverne. De holruimte metingen worden uitgevoerd om het volume van de caverne te controleren en dienen daarnaast mijnbouwkundige doeleinden.

De pleistocene bodemdaling onder de Waddenzee, wordt met behulp van diep gefundeerde GPS meetstations gemeten. Twee van deze meetstations zijn permanent, vijf worden éénmaal per jaar gemeten. De jarenlange ervaring van bodemdalingsmetingen bij zoutwinning onder land heeft aangetoond dat de bodemdalingsschotel nauwkeurig met een relatief eenvoudige wiskundige vergelijking te beschrijven is. Met de zeven meetpunten, die strategisch op verschillende afstanden van het voorziene diepste punt geplaatst zijn, kunnen de variabelen van bovengenoemde wiskundige vergelijking worden vastgesteld. Met de resulterende vergelijking kan vervolgens de bodemdaling op elk punt in het invloed gebied berekend worden. Ook kan met deze formule eenvoudig het totale bodemdalingsvolume berekend worden.

---

<sup>11</sup> De inhoud van deze paragraaf is afkomstig uit:

- Technische Bijlage bij Meet- en regelprotocol zoutwinning 'Havenmond' v.3.2, rapport Frisia Zout B.V. en Well Engineering Partners B.V., Hoogeveen 14 december 2012.
- Gestandaardiseerde aanvraag "Instemming meetplan in geval van zoutwinning", conform artikel 41, lid 1, Mijnbouwwet (Mbw) en artikelen 30 en 33, Mijnbouwbesluit (Mbb). Frisia Zout B.V. d.d. 31-10-2019
- Bijlage: Update toelichting; meetplan Havenmond; Rapport Antea projectnummer 0267807.00, definitief revisie 11 13 juli 2018
- Duisterwinkel, E., 2018. Bodemdalingsschotel in kaart brengen met geplande meetpunten. Memo Antea 2018-002.



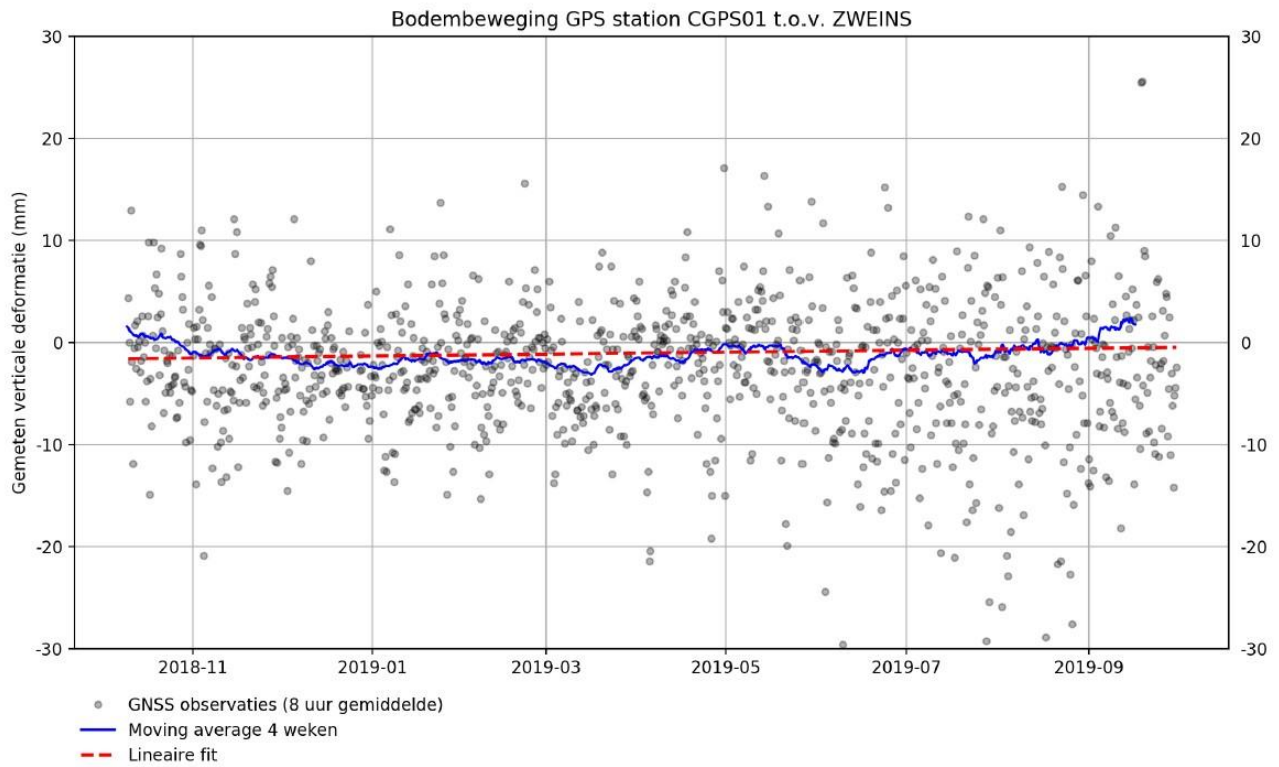
Figuur 5-1 Kaart met de locaties van de monitoringslocaties voor de Pleistocene bodemdaling. De groene contour geeft de uiterste (2 cm) contour van de Pleistocene bodemdaling aan het einde van winning van het totale vergunde zoutvolume weer.

## 5.2 Gegevens

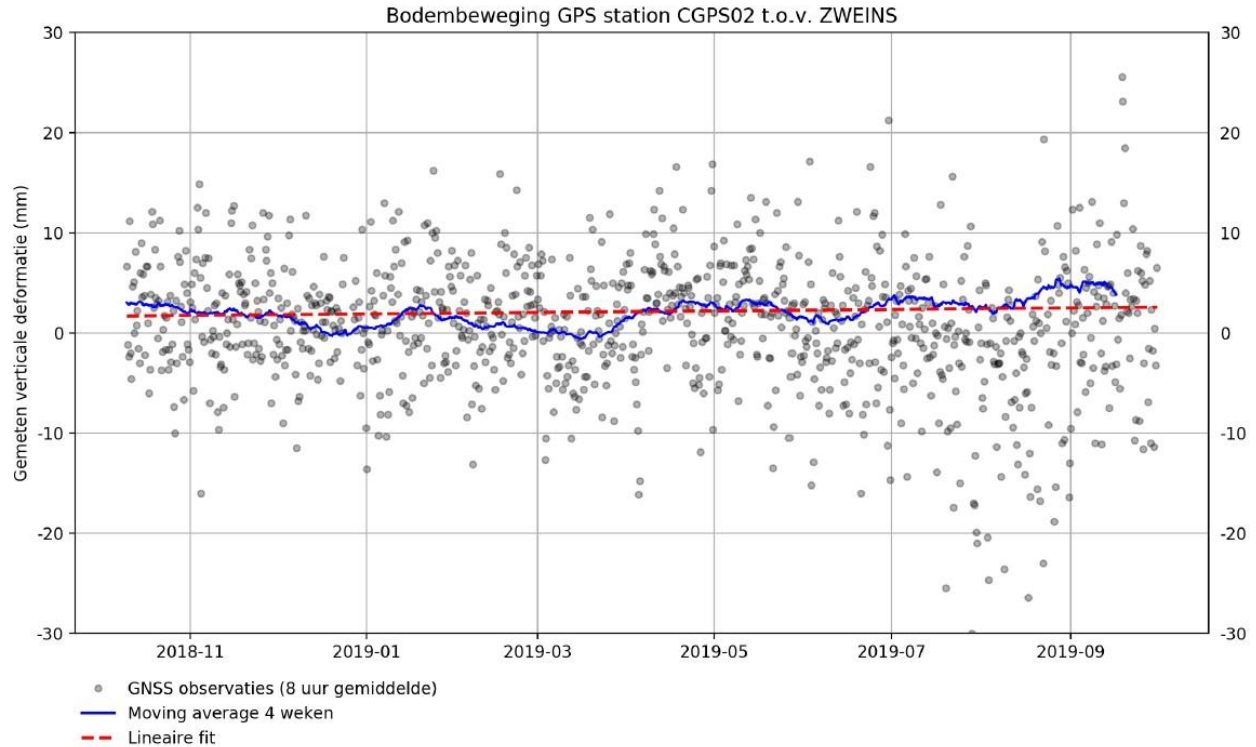
De gegevens van de metingen aan de Pleistocene bodemdaling zijn opgenomen in het rapport “Monitoring bodemdaling zoutwinning Waddenzee; Rapportage GNSS metingen Oktober 2018 - September 2019” (Antea, 2019). Een separate rapportage over 2018 is niet beschikbaar, omdat de meetperiode in 2018 dermate kort was, dat hierover nog niet gerapporteerd kon worden. De grafieken met de meetresultaten van de permanente meetstations zijn opgenomen in Figuur 5-2 en Figuur 5-3. De algehele trend (lineaire fit) van de hoogte van station CGPS01 en CGPS02 is nagenoeg stabiel. De lineaire fit van CGPS01 laat een kleine stijging zien van +1.1 mm over de gemeten periode en voor CGPS02 een kleine daling van -0.9 mm. Deze waarden veranderen lichtelijk over het jaar heen, wat kan betekenen dat nog niet alle seizoensinvloeden eruit worden gefilterd. Bij aanvang van de zoutwinning worden de analyses herhaald en dan wordt ook opnieuw de beginhoogte van de GNSS metingen bepaald zodat deze op nul begint. De huidige beginhoogte is bepaald aan de hand van metingen in de eerste paar weken.

De gegevens aan de peilmerken die jaarlijks worden opgenomen, zijn niet opgenomen in deze rapportage, omdat hiervan één waarneming beschikbaar is.

Omdat de zoutwinning nog niet is gestart, zijn nog geen gegevens over de zoutproductie, waterbalans en de holruimte beschikbaar.



Figuur 5-2 Grafiek met de resultaten van de continue GNSS-monitoring van station CGPS01(uit Antea, 2019).



Figuur 5-3 Grafiek met de resultaten van de continue GNSS-monitoring van station CGPS01 (uit Antea, 2019).



### 5.3 Analyse

Op basis van de Tnul meting, waarin nog sprake is van Pleistocene bodemdaling, heeft nog geen analyse plaatsgevonden van de metingen.

In toekomstige rapportages zal worden opgenomen

- Toetsing van het bodemdalingsvolume aan de beschikbare gebruiksruimte. Daartoe wordt het gemeten bodemdalingsvolume toegerekend aan de kombergingsgebieden Vlie en Marsdiep, gemiddeld over een periode van zes jaar en wordt bepaald of dit volume past binnen de voor zoutwinning beschikbare gebruiksruimte.
- Bepaling van de omvang van de Pleistocene bodemdaling

### 5.4 Samenhang met andere metingen

De metingen aan de Pleistocene bodemdaling (permanente en jaarlijkse metingen) worden vergeleken met de bodemhoogteverandering die op of in de nabijheid van die locaties worden gemeten met de raaimetingen en de spijkermetingen. Indien deze vergelijkingen aanleiding geven tot het beschouwen van de ruimtelijke verbreiding van de Pleistocene bodemdaling en de ruimtelijke veranderingen in de bodemhoogte, dan zal het ruimtelijke model van de Pleistocene bodemdaling, dat is geverifieerd aan de hand van de metingen, worden vergeleken met de gemeten bodemhoogteveranderingen uit de LiDAR-opnamen.

## 6 VAKLODINGEN

### 6.1 Introductie van de meetmethode<sup>12</sup>

De dieptemetingen van de geulen worden uitgevoerd met een (singlebeam) echolood dat is gemonteerd op een vaartuig, dat is uitgevoerd met nauwkeurige plaatsbepaling- en registratieapparatuur. Al varend wordt de diepte onder het schip gemeten. De hoogte van de droogvallende platen wordt ingemeten met LIDAR, zie hiervoor hoofdstuk 4.

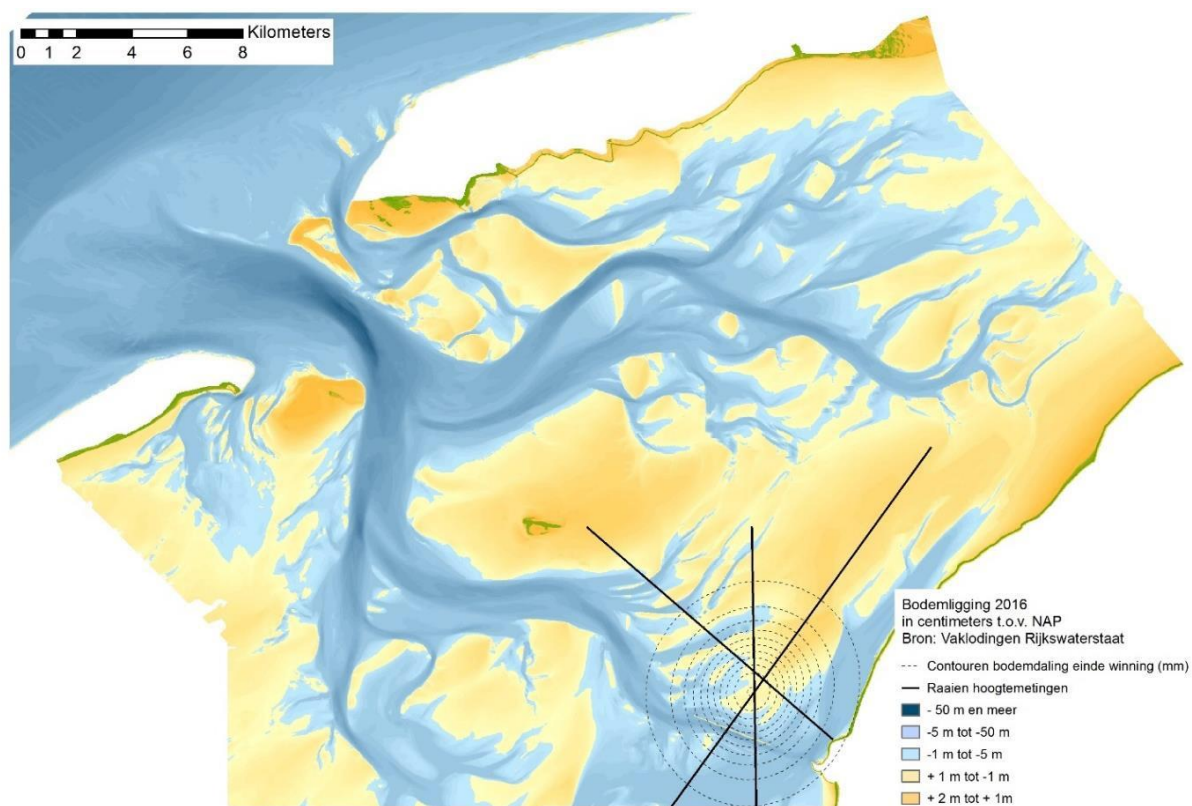
Het doel van deze metingen is om vast te stellen welke veranderingen in de hoogte/diepte optreden in het gehele kombergingsgebied. Doordat de meetraaien doorlopen tot buiten het gebied met Pleistocene bodemdaling worden referentiegebieden ingemeten.

Vaklodingen worden per kombergingsgebied in de Waddenzee 1 keer in de 6 jaar uitgevoerd in opdracht van Rijkswaterstaat. De vaklodingen maken deel uit van de MWTL (Monitoring Waterstaatkundige Toestand des Lands).

Rijkswaterstaat is de opdrachtgever voor het uitvoeren van deze meting. Frisia vraagt de gegevens op bij Rijkswaterstaat.

### 6.2 Gegevens

Iedere zes jaar worden door Rijkswaterstaat vaklodingen uitgevoerd van het kombergingsgebied van het Vlie, waarbij de meest recente opname die van 2016 is (Figuur 6-1). De resultaten van de metingen zijn opgenomen in het conceptrapport "Monitoring t0-situatie bodemligging Waddenzee; Zoutwinning havenmond" (Bergsma, J. & J. Cleveringa, 2019).



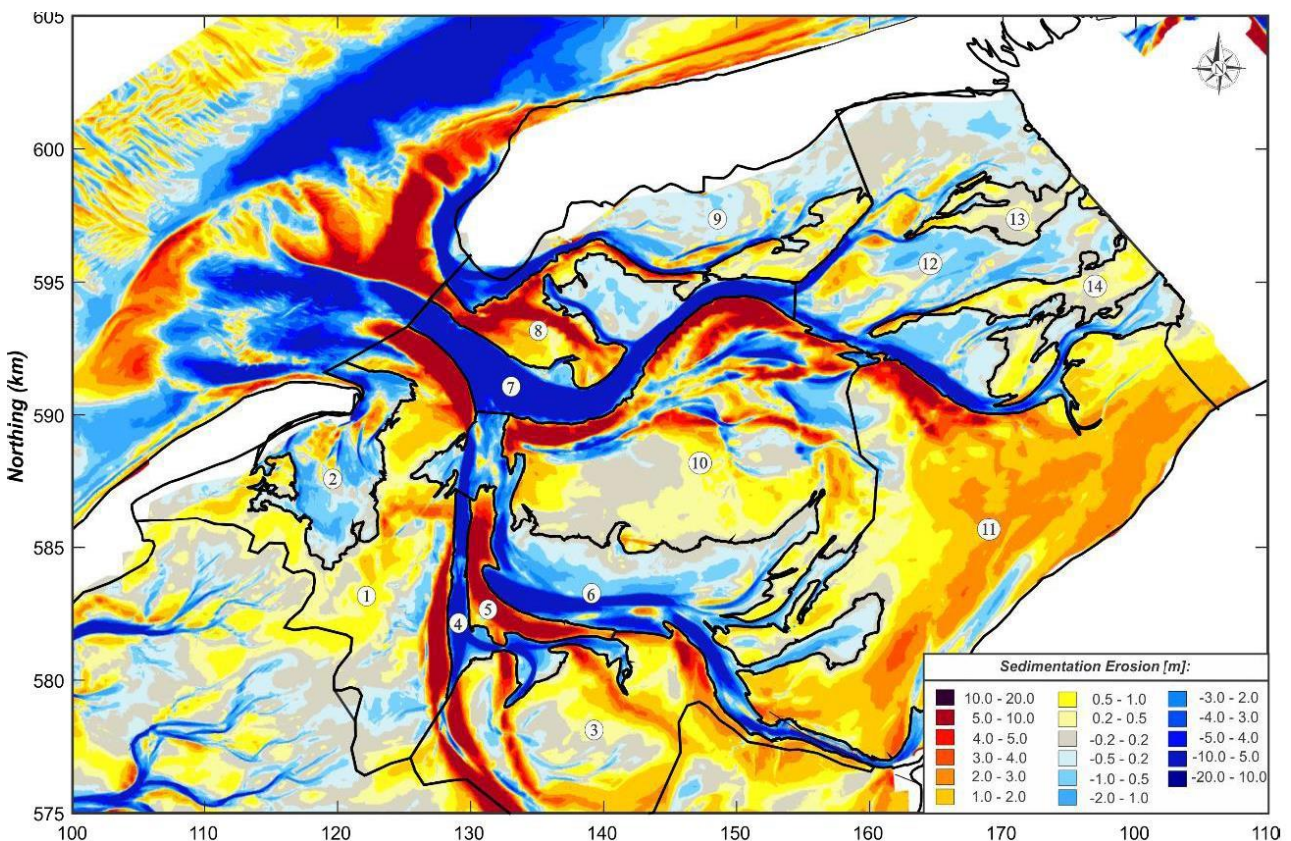
*Figuur 6-1 Overzichtskartaal van de vaklodingsmetingen 2016 van het kombergingsgebied van het Vlie. Ter indicatie zijn de contouren van de Pleistocene bodemdaling door zoutwinning aan het einde van de winning aangegeven, evenals de ligging van de drie hoogte/diepteraaien.*

<sup>12</sup> De inhoud van deze paragraaf is afkomstig uit: Monitoringsplan Havenmond; Frisia Zout B.V. 23 jan 2013. Arcadis rapport ref 074907501.

### 6.3 Analyse

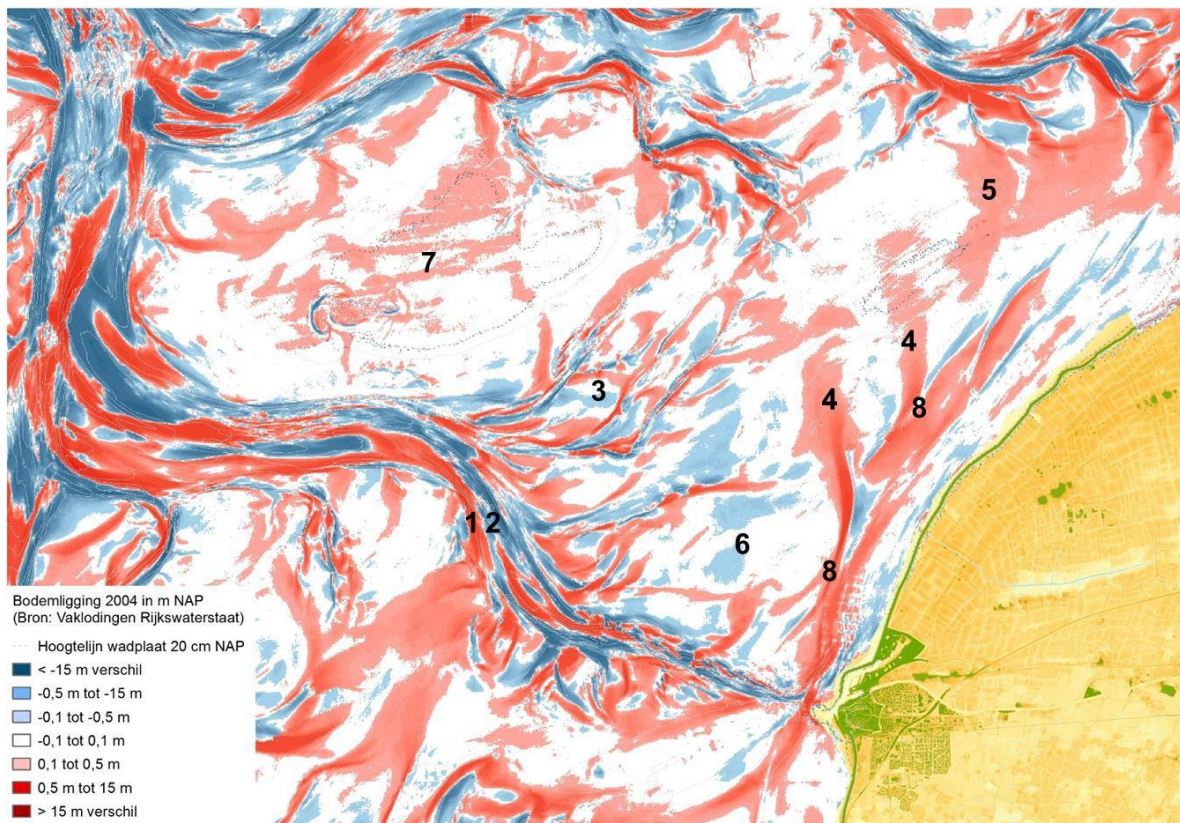
De vaklodingen zijn uitstekend bruikbaar om de grootschalige en langjarige ontwikkelingen in beeld te brengen. De vaklodingen komen iedere zes jaar beschikbaar en de meest recent vakloding van het kombergingsgebied Vlie is in 2016 uitgevoerd.

In het studiegebied voor de zoutwinning treden een aantal structurele langjarige veranderingen op, die zichtbaar zijn in de opeenvolgende vaklodingen. Dit is geïllustreerd met de verschilkaarten tussen vakloding 1933-2015 van Elias (2019) in Figuur 6-2 en die van de vakloding van 2010 en die van 2016 in Figuur 6-3. In de verschilkaart over de lange periode in Figuur 6-2 is polygoon 11 de Vlake van Oosterbierum, met de Ballastplaat het grootste gebied met sedimentatie in het kombergingsgebied van het Vlie. Ook tegenwoordig vindt hier nog sedimentatie plaats. Verder springen de gevolgen van de verplaatsing en lokale verdieping en verondieping van geulen in het oog. In de verschilkaarten manifesteren deze ontwikkelingen van de geulen als rood-blaue banden, zoals bij 4, 5 en 6 in Figuur 6-2 en bij 1 en 2 in Figuur 6-3. Deze grote veranderingen domineren het beeld, maar leveren voor het overgrote deel geen structurele veranderingen op in het plaat- en het geulareaal, omdat het plaatareaal dat door erosie aan de ene zijde verdwijnt door de sedimentatie aan de andere zijde wordt aangevuld. Ook de verplaatsing van kleinere geultjes levert dit soort rood-blaue paren op, zoals zichtbaar bij 3 in Figuur 6-3. Deze geultjes tussen de Ballastplaat en de Grienderwaard zijn dynamische onderdelen van het studiegebied, de geultjes verplaatsen en verdiepen en verondiepen. Op de Vlake van Oosterbierum (5) en de Ballastplaat (4) vindt sedimentatie plaats, waardoor de hoogte van de droogvallende plaat is toegenomen evenals het areaal. Hierbij hoort de afname van de omvang van de getijdegeul Kimstergat (8). Het drainagegebied van deze getijdegeul neemt door de sedimentatie op en uitbreiding van de droogvallende plaat steeds verder af en daar hoort een steeds kleinere geul bij. Aan de westzijde van de Ballastplaat heeft een beperkte afname van de hoogte plaatsgevonden (6). De Grienderwaard zelf is relatief stabiel, hoewel van opname naar opname wel kleine verschillen in de hoogte van de droogvallende plaat zichtbaar zijn (7).



Figuur 6-2 Een overzicht van de sedimentatie-erosie patronen (1933-2015) en polygoon indeling in het bekken van het Zeegat van het Vlie (uit Elias, 2019). Polygoon 11 is de Vlake van Oosterbierum, die ook de Ballastplaat omvat.

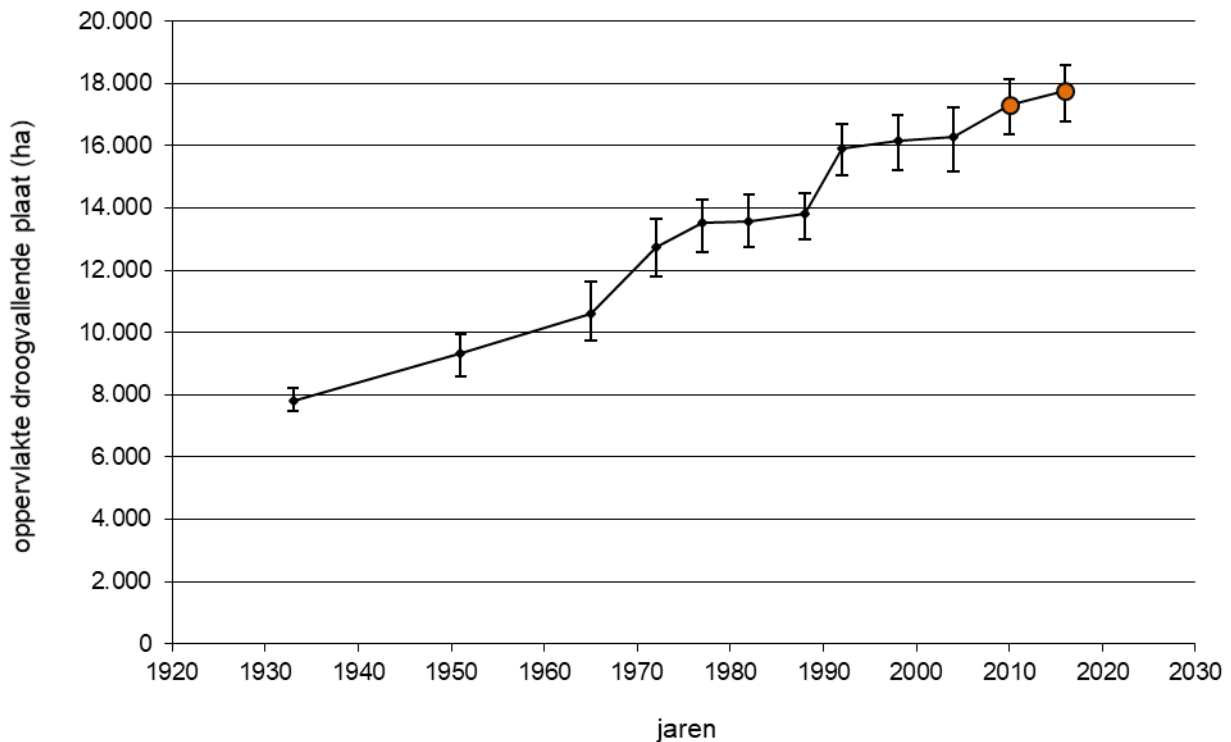




*Figuur 6-3 Kaart met de verschillen in bodemhoogte tussen de vaklodingen 2010 en 2016 (Blauw: de bodem ligt lager; Rood: de bodem ligt hoger).*

Ten zuidwesten van de Pollendam is het gebied van “de Pollen” relatief dynamisch, hier ontstaan en verdwijnen droogvallende en sublitorale platen. Het is wel een netto sedimentatie gebied, dat geleidelijk ondieper wordt.

In de kombergingsgebieden Vlie en Marsdiep is het areaal en de hoogte van de droogvallende platen als gevolg van de forse sedimentatie aanzienlijk toegenomen nadat in 1932 de Zuiderzee van de Waddenzee is afgedamd door het voltooiën van de Afsluitdijk. In de Passende Beoordeling Zoutwinning onder de Waddenzee is een beschrijving opgenomen van de autonome ontwikkeling van 1932 tot en met 2004 van het plaatareaal in het studiegebied voor de zoutwinning. Dat die trend onverminderd doorzet, wordt bevestigd door de resultaten van vaklodingen die in 2009 en 2015 (Marsdiep) en 2010 en 2016 (Vlie) zijn uitgevoerd. In de onderstaande grafiek (Figuur 6-4), zijn deze recente gegevens verwerkt (de twee oranje punten). De toename van het oppervlakte droogvallende platen in de periode 1992-2016 bedroeg gemiddeld 80 ha/jaar. Deze gemiddelde toename is meer dan twee keer zo groot als de in de Passende Beoordeling gehanteerde toename van 30 ha/jaar in de periode 1992-2004.



Figuur 6-4 Grafiek met de arealen droogvallende plaat in de opeenvolgende vaklodingen van het studiegebied.

## 6.4 Bruikbaarheid en samenhang met andere metingen

De toegevoegde waarde van vaklodingen is dat deze op de schaal van de kombergingsgebieden en daarmee ook op de schaal van het studiegebied, een overzicht bieden van alle morfologische ontwikkelingen. Zowel de ontwikkelingen van de droogvallende platen als de getijdegeulen worden met de metingen in beeld gebracht. Hiermee bieden de vaklodingen een uitbreiding van het lokale beeld dat wordt verkregen met de raaimetingen. De vaklodingen geven ook een ruimer beeld dan de LiDAR-metingen, omdat die alleen de droogvallende gebieden omvatten. De vaklodingen zijn bij uitstek geschikt om langjarige trends in beeld te brengen, zoals de getoonde toename van het areaal droogvallende platen (Figuur 6-4). De vaklodingen zijn niet geschikt om vast te stellen of de sedimentatie in de kombergingsgebieden voldoende groot is om de zeespiegelstijging en de Pleistocene bodemdaling bij te houden. De omvang van die sedimentatie is ten opzichte van de omvang van het kombergingsgebied dusdanig klein, dat deze niet waargenomen kan worden. Om desondanks een uitspraak te kunnen doen over het vermogen om mee te groeien met de stijgende zeespiegel is de gebruiksruimte methodiek ontwikkeld.

## 7 HOOGTE/DIEPTE RAAIEN

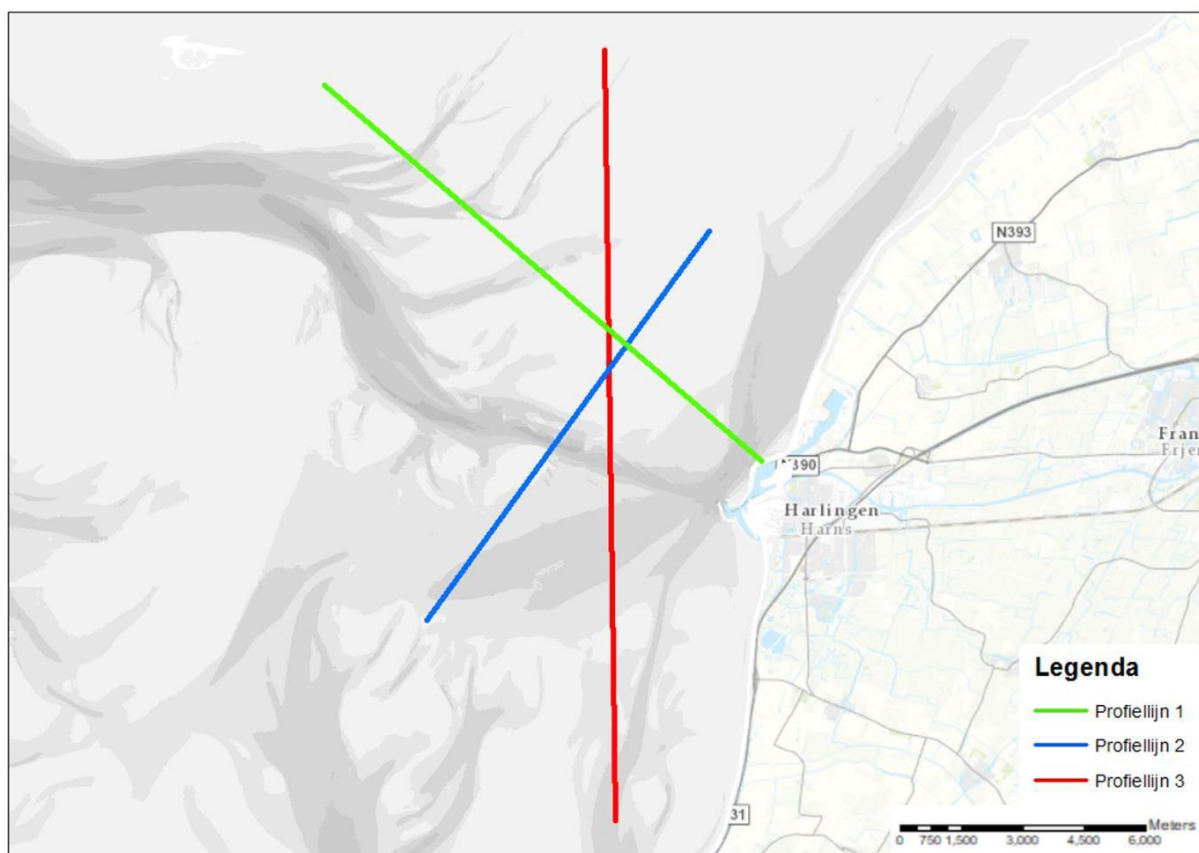
### 7.1 Introductie van de meetmethode<sup>13</sup>

De metingen van de diepte/hoogte worden uitgevoerd met een (singlebeam) echolood dat is gemonteerd op een ondiepstekend vaartuig, dat is uitgevoerd met nauwkeurige plaatsbepaling- en registratieapparatuur. Tijdens hoogwater wordt varend de diepte onder het schip gemeten. Omdat in het interessegebied de hoogte van de droogvallende platen beperkt is, kan op deze wijze zowel de hoogte van de platen, als de diepte van de geulen worden gemeten.

Het doel van deze metingen is om vast te stellen welke veranderingen in de hoogte/diepte optreden. De ruimtelijke resolutie van de metingen sluit aan bij de omvang van de Pleistocene bodemdaling. De frequentie van de aanvullende metingen is relatief hoog, dat wil zeggen dat er vaak wordt gemeten in verhouding tot de omvang van de Pleistocene bodemdaling. Doordat de meetraaien doorlopen tot buiten het gebied met Pleistocene bodemdaling worden referentiegebieden ingemeten.

De frequentie is 1 keer per jaar bodemliggingsmetingen in drie raaien in het invloedsgebied (circa 2 tot 3 maal de oppervlakte van de Pleistocene bodemdalingsschotel). In de onderstaande kaart (Figuur 7-1) is aangegeven hoe deze raaien lopen. De meetraaien lopen niet in de directe nabijheid van de meetlocatie van de pleistocene ondergrond, zodat lokale effecten rond deze locatie de metingen niet beïnvloeden. Door de raaien op drie locaties te laten kruisen worden drie punten verkregen waar een onderlinge vergelijking van de metingen kan plaatsvinden.

Frisia Zout B.V. is de opdrachtgever voor het uitvoeren van deze meting. In 2016-2018 zijn de metingen uitgevoerd door Deep B.V.



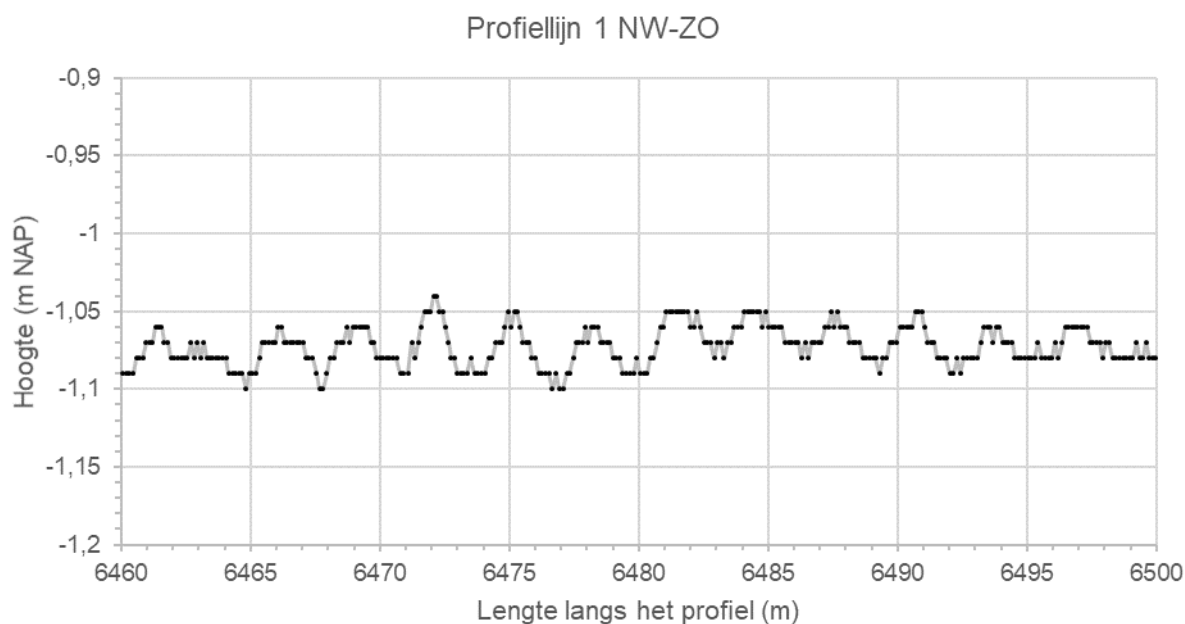
Figuur 7-1 Overzichtskaat van het gebied waar Pleistocene bodemdaling door zoutwinning kan optreden, met daarbij een overzicht van de hoogte/diepte raaien die jaarlijks worden gemeten.

<sup>13</sup> De inhoud van deze paragraaf is afkomstig uit: Monitoringsplan Havenmond; Frisia Zout B.V. 23 jan 2013. Arcadis rapport ref 074907501.



## 7.2 Gegevens

Jaarlijks worden drie dezelfde raaien ingemeten, zoals aangegeven in Figuur 7-1. De metingen worden tijdens hoogwater varend uitgevoerd met een ondiep stekend meetschip. Tot heden zijn er hoogte/diepte raaien ingewonnen in 2016, 2017 en 2018. Om een indruk te geven van het detail waarmee deze metingen worden uitgevoerd is in Figuur 7-2 een deel van veertig meter weergegeven met de meetpunten. Elke meter zijn er meer dan vijf meetpunten beschikbaar, zodat ook kleine bodemstructuren zichtbaar worden. In de het voorbeeld zijn ribbels zichtbaar, die een hoogte hebben van maximaal 5 centimeter van trog tot top en een lengte van 3 tot 4 meter (van trog tot trog).



*Figuur 7-2 Detail van het dwarsprofiel langs profiellijn 1 van noordwest naar zuidoost voor de hoogte/diepte raai meetgegevens 2018.*

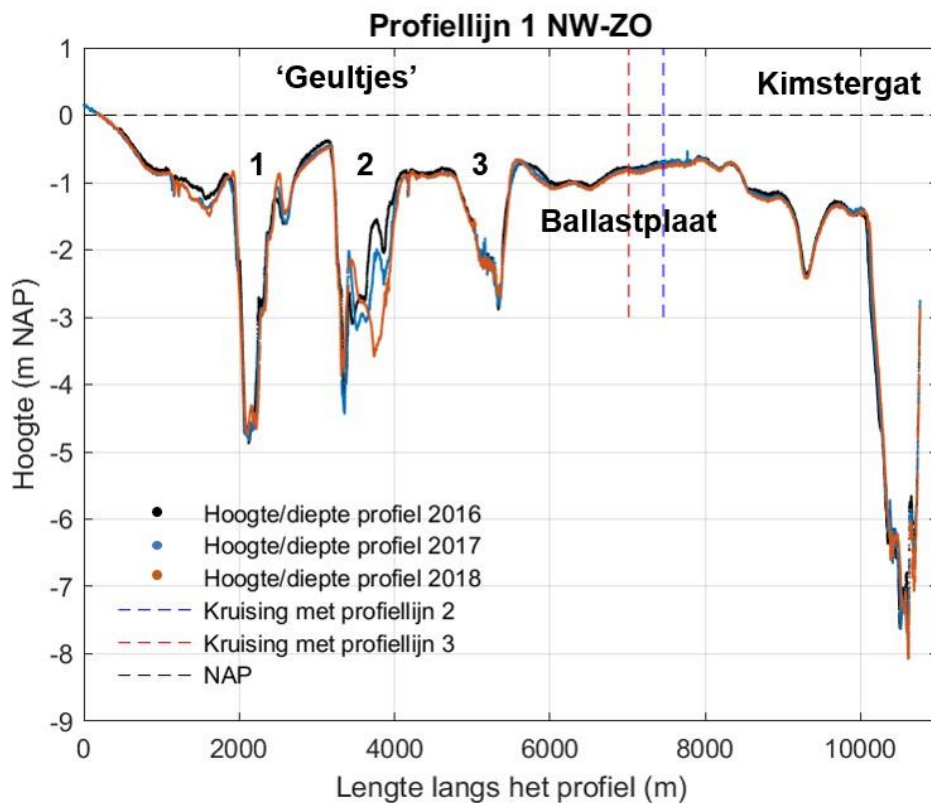
De resultaten van de metingen zijn opgenomen in het conceptrapport “Monitoring t0-situatie bodemligging Waddenzee concept; Zoutwinning havenmond” (Bergsma, J. & J. Cleveringa, 2019).

## 7.3 Analyse

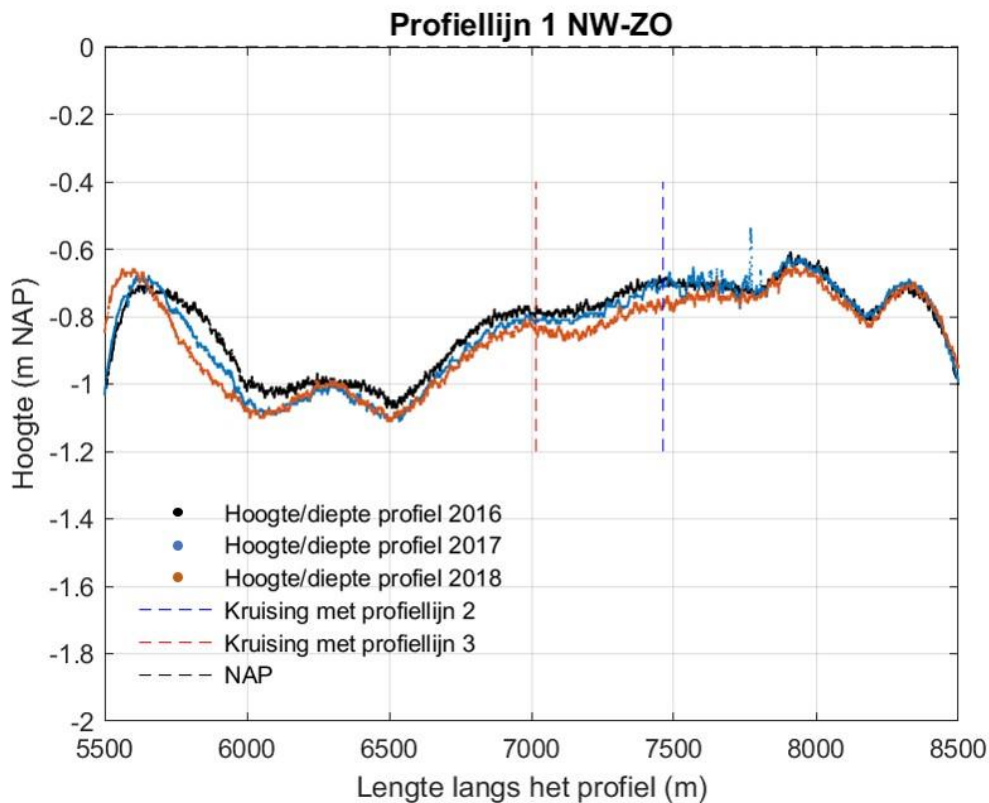
Jaarlijks wordt er door Frisia Zout hoogte/diepte raaimetingen gedaan in het gebied waar bodemdaling van de Pleistocene ondergrond zal gaan optreden als gevolg van zoutwinning onder de Waddenzee. De hoogte/diepte raaien zijn met succes uitgevoerd in 2016, 2017 en 2018. Het studiegebied leent zich, door de relatief lage ligging van de platen ter plaatse van het studiegebied, uitstekend voor het uitvoeren van deze varende metingen. De metingen zijn per jaar onderling consistent binnen de betrouwbaarheids-bandbreedte. Ook de metingen uit de opeenvolgende jaren laten betrouwbare resultaten zien. De raaimetingen zijn uitstekend bruikbaar voor het uitvoeren van de monitoring.

De verschillen tussen de drie opeenvolgende opnamen zijn zichtbaar in dwarsdoorsneden van de drie profiellijnen met de drie opeenvolgende metingen van 2016, 2017 en 2018. De overzichtsdwarsdoorsnede van profiellijn 1 staat in Figuur 7-3. In dit overzicht is zichtbaar dat de duidelijk veranderingen optreden rond de geulen in het gebied. Op deze schaal lijken de droogvallende platen vrijwel niet te veranderen. Om duidelijk te maken dat er wel degelijk kleine veranderingen optreden op de droogvallende platen is een ingezoomd detail toegevoegd van de Ballastplaat in Figuur 7-4. In deze dwarsdoorsnede zijn kleine hoogteverschillen tussen de drie opnames zichtbaar, die niet meer dan een decimeter bedragen.

Uitzondering zijn enkele grote spikes rond 7200 m in de opname van 2017, waarvan mag wordt betwijfeld of dit de werkelijke bodemligging is, of een fout in de metingen. Tussen 6200 m en 7200 m liggen de opnames van de opeenvolgende jaren steeds lager. Vanwege de beperkte hoogteverschillen en het beperkte aantal opnames is het nog niet mogelijk om van een trendmatige verandering te spreken. Ten noordwesten en ten zuidoosten van dit stuk varieert de bodemligging.

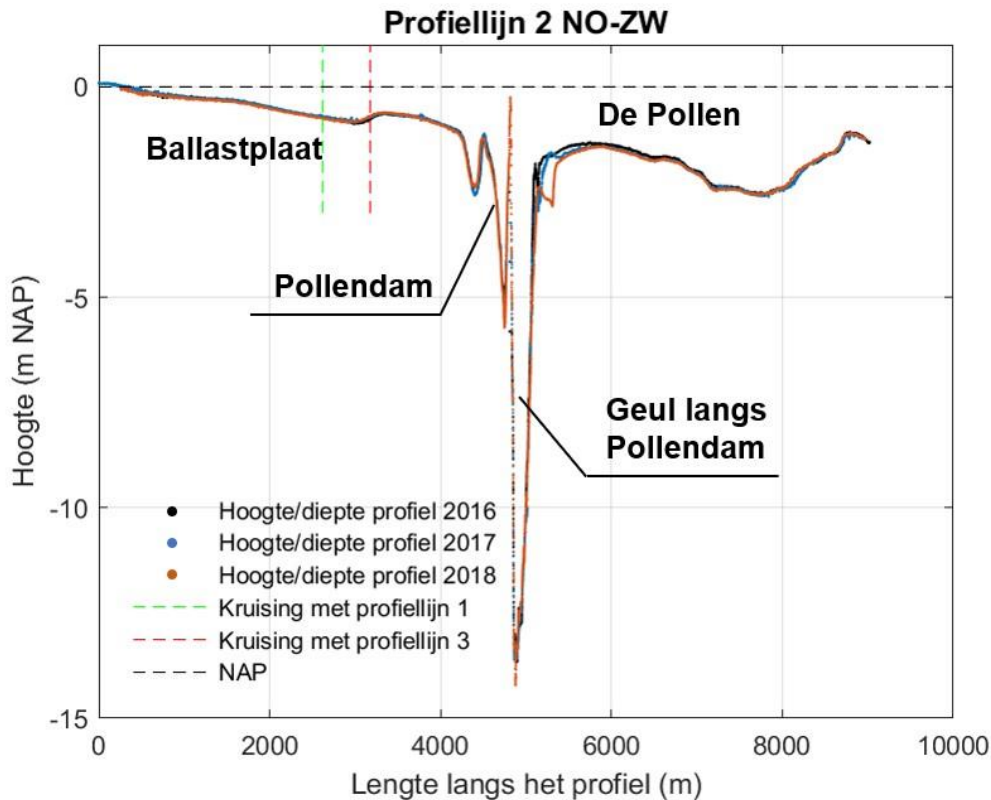


Figuur 7-3 Dwarsprofiel langs profiellijn 1 van noordwest naar zuidoost voor de hoogte/diepte raai meetgegevens van 2016, 2017 en 2018.

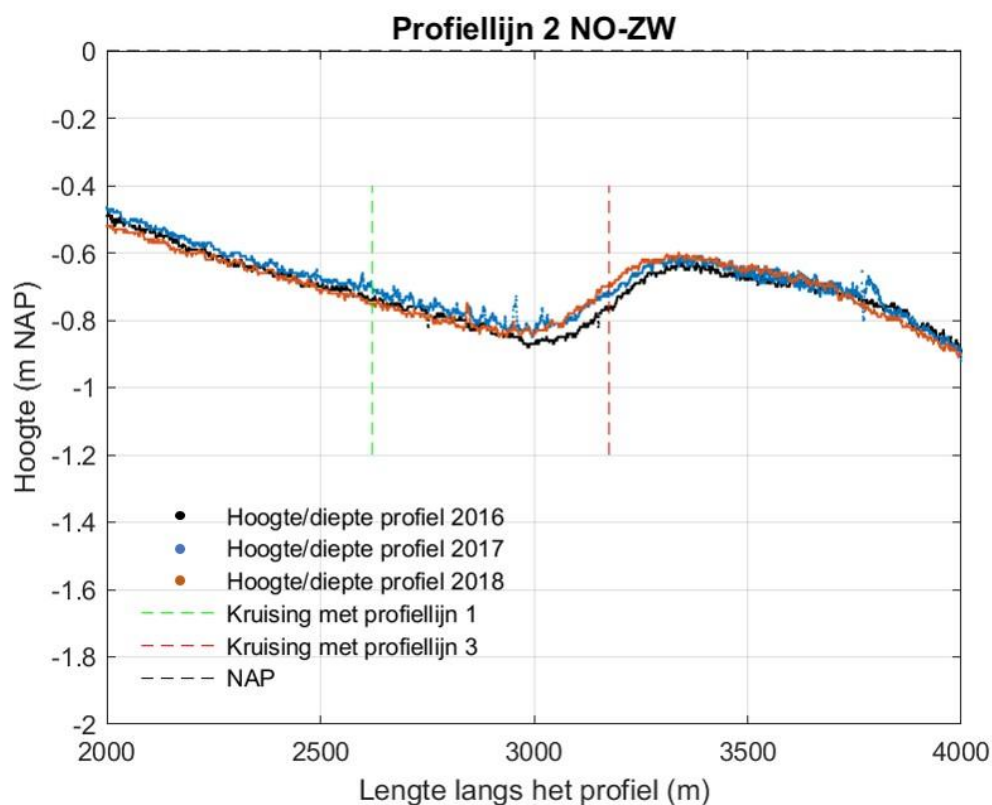


Figuur 7-4 Ingezoomd dwarsprofiel van de Ballastplaat langs profiellijn 2 van noordwest naar zuidoost voor de hoogte/diepte raai meetgegevens van 2016, 2017 en 2018 (Detail van Figuur 7-3).

In de dwarsdoorsnede van profiellijn 2 (Figuur 7-5) is nog duidelijker dan in profiellijn 1 zichtbaar dat de veranderingen in de morfologie optreden bij de geulen. De veranderingen bij de droogvallende platen zijn zeer beperkt. De veranderingen in de geulen treden op rond de Pollendam, zowel bij de grotere geul langs de Pollendam aan de zuidwestzijde van de dam, als bij de veel kleinere en ondiepere geulen aan de noordoostzijde. Figuur 7-6 laat een detail van de Ballastplaat zien uit profiellijn 2. De gemeten diepteligging lijkt nergens meer dan een decimeters te verschillen in de drie opnames. Structurele verschillen, met de opeenvolgende metingen consequent hoger of lager dan de voorgaande, doen zich in deze profiellijn niet voor op de Ballastplaat.

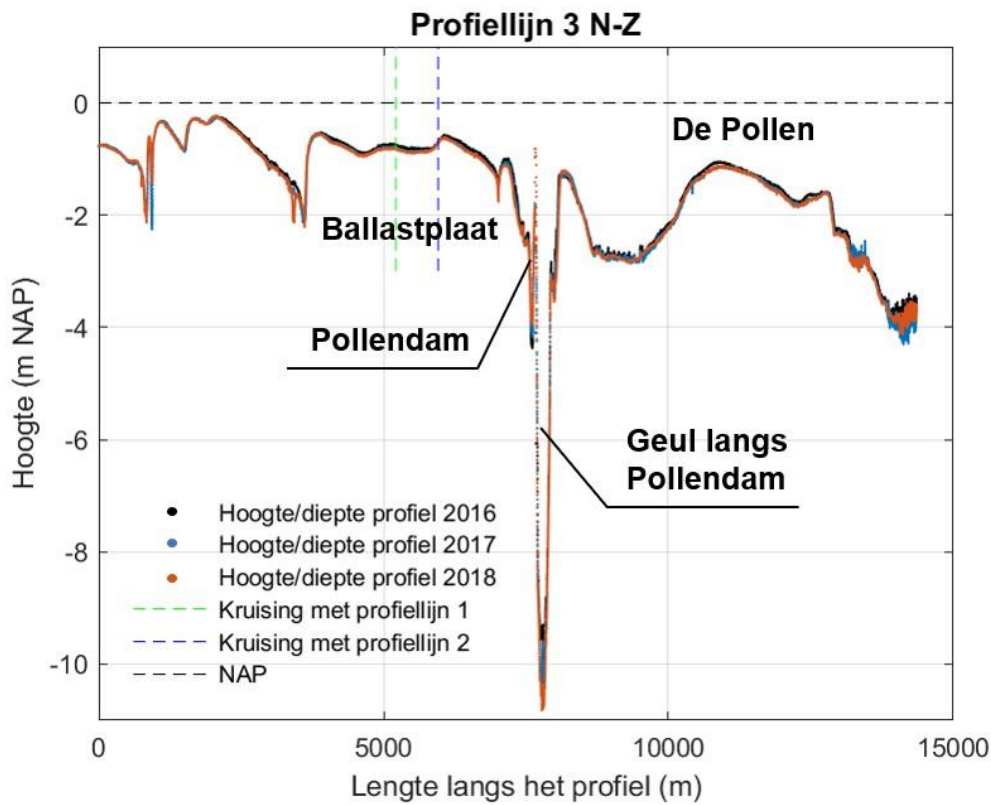


*Figuur 7-5 Dwarsprofiel langs profiellijn 2 van noordoost naar zuidwest voor de hoogte/diepte raai meetgegevens van 2016, 2017 en 2018.*

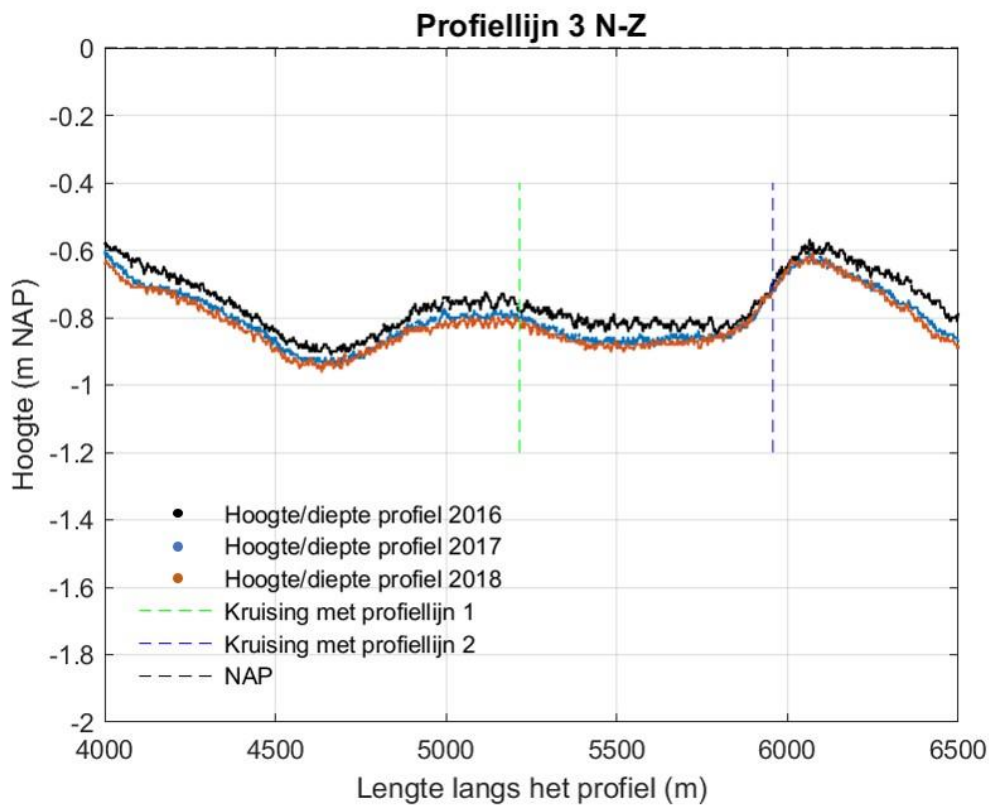


*Figuur 7-6 Ingezoomd dwarsprofiel langs profiellijn 2 van noordoost naar zuidwest voor de hoogte/diepte raai meetgegevens van 2016, 2017 en 2018 (Detail van Figuur 7-5).*

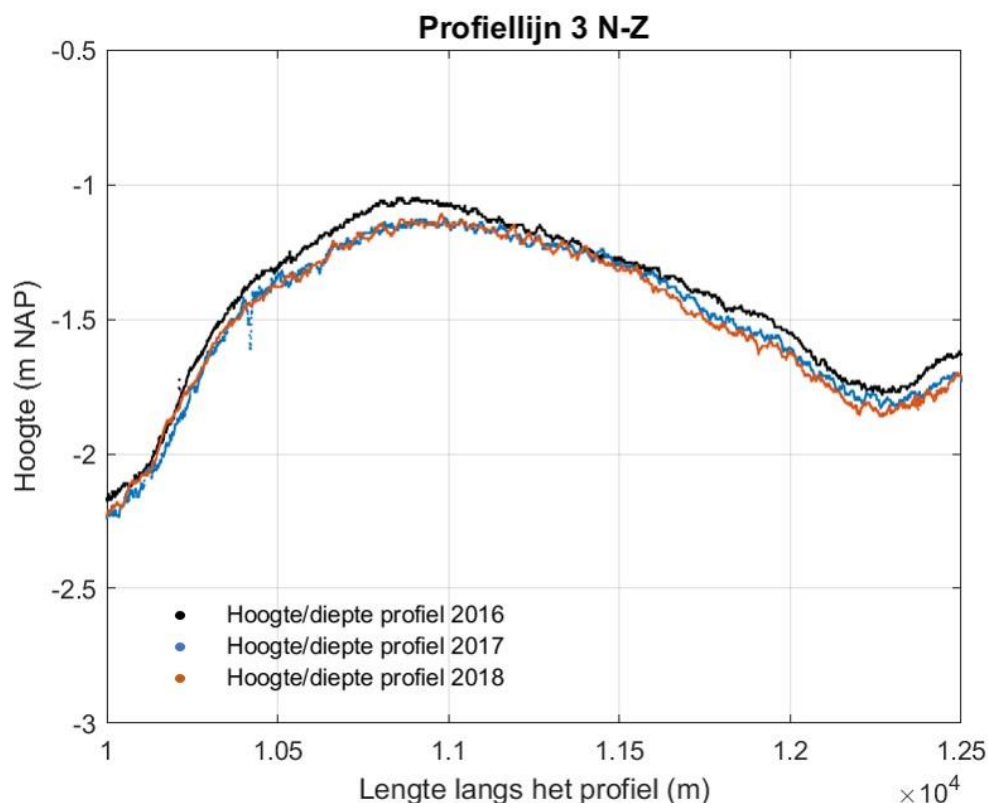
De overzichtsdwarsdoorsnede van profiellijn 3 in Figuur 7-7 laat zien dat de verschillen tussen de opeenvolgende metingen bij de geulen beperkt zijn. Figuur 7-8 toont een detail van de Ballastplaat waarin opvalt dat in het noordelijk deel van deze detailraai, van 4000 tot 4700 en in het midden, van 4950 tot 5450, de hoogteligging in de opeenvolgende metingen steeds iets lager ligt. Vanwege de beperkte hoogteverschillen en het beperkte aantal opnames is het nog niet mogelijk om van een trendmatige verandering te spreken. Figuur 7-9 is ook een detail van profiellijn 3, maar dan ten zuiden van de Pollendam in het gebied dat “de Pollen” wordt genoemd. Het detailgebied is geen droogvallende plaat, maar een sublitorale plaat die (vrijwel) altijd onderwater ligt. Duidelijk is dat de hoogtes van 2017 en 2018 aan de noordflank van deze sublitorale plaat lager liggen dan in 2016. De waarden voor 2017 en 2018 komen grotendeel overeen. Aan de zuidflank zijn de verschillen in hoogte tussen opeenvolgende opnames veel kleiner, met alleen in het uiterste zuiden consequent afnemende hoogtes in de opeenvolgende opnames.



Figuur 7-7 Dwarsprofiel langs profiellijn 3 van noord naar zuid voor de hoogte/diepte raai meetgegevens van 2016, 2017 en 2018.



Figuur 7-8 Ingezoomd dwarsprofiel van de Ballastplaat langs profiellijn 3 van noord naar zuid voor de hoogte/diepte raai meetgegevens van 2016, 2017 en 2018 (Detail van Figuur 7-7).



*Figuur 7-9 Ingezoomd dwarsprofiel langs profiellijn 3 van noord naar zuid voor de hoogte/diepte raai meetgegevens van 2016, 2017 en 2018 (Detail van Figuur 7-7).*

## 7.4 Bruikbaarheid en samenhang met andere metingen

De raaimetingen geven een zeer gedetailleerd beeld van de hoogte van de droogvallende platen en van de geulen in de drie raaien. Omdat de nauwkeurigheid van de raaimetingen hoog is, zijn deze metingen bij uitstek bruikbaar om vast te stellen of zich, ter plaatse van de Pleistocene bodemdaling, onverwachte verlagingen van de wadplaat optreden. En omdat de raaimetingen jaarlijks worden uitgevoerd, kan een onverwachte ontwikkeling snel worden opgewerkt.

Vanwege hun hoge nauwkeurigheid en de jaarlijkse uitvoering, vormen de raaimetingen de primaire morfologische metingen. De samenhang van raaimetingen met de andere metingen is dan ook cruciaal.

De metingen van de Pleistocene bodemdaling geven inzicht in de locatie en de omvang daarvan onder de drie raaien. De ligging van de drie raaien is zo gekozen dat deze nabij de vast meetpunten van de Pleistocene bodemdaling liggen. De omvang en locatie van eventuele onvoorziene veranderingen in de raaimetingen kan daarom worden vergeleken met de Pleistocene bodemdaling ter plaatse.

De LiDAR metingen van de plaathoogte geven een ruimtelijk beeld van de hoogte van de platen. Weliswaar is de nauwkeurigheid van de LiDAR hoogtemetingen minder groot dan die van de raaimetingen, maar de nauwkeurigheid is wel voldoende groot om vast te stellen of onverwachte ontwikkelingen in de raaimetingen zich verder uitstrekken over de droogvallende plaat. Zo kan de ruimtelijke verbreiding van onverwachte ontwikkelingen worden vastgesteld.

De Spijkermetingen worden vaker uitgevoerd dan de raaimetingen, maar hebben een beperktere ruimtelijke dekking. Spijkermetingen zijn in essentie puntmetingen. Het andere belangrijke verschil tussen de spijkermetingen en de raaimetingen is gerelateerd aan hun referentieniveau. De bepaling van de sedimentatie en erosie vindt bij een spijkermeting plaats ten opzichte van de spijkers, die in de ondergrond zijn verankerd. Raaimetingen worden uitgevoerd ten opzichte van een vast referentieniveau (in de praktijk wordt de hoogte ten opzichte van NAP gebruikt). Bij het hoofdstuk over de Spijkermetingen wordt uitgelegd wat de toegevoegde waarde is van het gebruik het lokale referentieniveau bij de spijkermetingen. De hogere



frequentie van de spijkermetingen ten opzichte van de raaimetingen betekent dat meer van de lokale korte termijn dynamiek wordt gemeten. Dat is belangrijk, want kennis van die dynamiek is nodig om de waargenomen hoogteverschillen in de raaimetingen te interpreteren.

De raaimetingen geven ten opzichte van de vaklodingen een veel gedetailleerder beeld, in ruimte en in tijd, van een beperkt deel van het kombergingsgebied. Voor het volgen van de ontwikkelingen op de schaal van het kombergingsgebied zijn de vaklodingen onmisbaar.

De raaimetingen geven ook de meest actuele informatie over de morfologie, als daarover vragen ontstaan vanuit de ecologische metingen.

## 8 HOOGTE WADPLATEN LIDAR

### 8.1 Introductie meetmethode<sup>14</sup>

LIDAR metingen zijn hoogtemetingen die worden uitgevoerd vanuit een vliegtuig (of een helikopter, nog niet met een drone<sup>15</sup>), met behulp van een naar de grond gerichte laserbundel en plaatsbepalingsapparatuur (die niet alleen de x, y en z-positie van het vliegtuig vaststelt, maar ook corrigeert voor de bewegingen van het vliegtuig). Al vliegend wordt de hoogte gemeten in een baan onder het vliegtuig. Door een vliegpatroon in raaien komen de banen langs elkaar te liggen en wordt een gebiedsdekkende opname verkregen.

Voorwaarden voor een geslaagde LIDAR hoogtemeting van wadplaten zijn:

- Het ontbreken van water boven de plaat, dus meten tijdens laagwater;
- Goede weersomstandigheden: geen laaghangende bewolking, regen of harde wind.

LIDAR wordt sinds het einde van jaren '90 door Rijkswaterstaat standaard ingezet voor hoogtemetingen van de droogvallende delen van de Zoute Rijkswateren (Waddenzee, Oosterschelde en Westerschelde, strand en duinen). De NAM laat in het kader van de monitoring van de gaswinning onder de Waddenzee de hoogte van de droogvallende platen in de komberging van het Pinkegat en het Friesche Zeegat met LIDAR meten.

De primaire metingen van de hoogte van de droogvallende platen en het sublitoraal zijn de raaimetingen die zijn opgenomen in het monitoringsplan. Deze raaimetingen hebben een hoge mate van betrouwbaarheid en zijn in de tijd goed te koppelen aan andere metingen. Dat laatste betekent dat de samenhang in het meetprogramma goed kan worden geborgd met de raaimetingen. Op basis van de raaimetingen zal worden vastgesteld hoe hoog de wadbodem van jaar op jaar is. De LIDAR hoogtemetingen leveren aanvullende informatie met betrekking tot de ruimtelijk ontwikkeling in het droogvallende gebied.

De Pleistocene bodemdaling door de zoutwinning vindt geleidelijk plaats. Deze bodemdaling manifesteert zich in de diepe (Pleistocene) ondergrond. Op de wadbodem wordt deze Pleistocene bodemdaling vereffend over een groot gebied en overprint door de autonome erosie en sedimentatie (onder andere door de verplaatsing en de vorming van geultjes). De verwachting is dan ook dat de hoogte van de wadbodem niet meetbaar of merkbaar zal veranderen door de Pleistocene bodemdaling. De raaimetingen zijn zo ingericht, dat kan worden gesignaleerd of eventuele dalingen van de wadbodem groter zijn, in die delen van het gebied waar ook de daling van de vaste ondergrond groter is. Bij signalering hiervan moet, al naar gelang wat zich precies voordoet, nader worden onderzocht of er ook een causale relatie met de zoutwinning bestaat.

De raaimetingen geven goed inzicht in de hoogte van de wadbodem en de uitvoering is goed te koppelen aan andere monitoringinspanningen. Het meten van de wadbodemhoogten met raaimetingen is niet gevoelig voor de aanwezigheid van een laagje water op de platen. LIDAR metingen van de plaathoogte hebben dezelfde nauwkeurigheid als de raaimetingen, maar zijn wel gevoelig voor aanwezigheid van een laagje water op de platen. De aanwezigheid van een dun laagje water verandert niet alleen de gemeten hoogte, omdat het wateroppervlak wordt opgemeten in plaats van de wadbodem, maar resulteert ook in minder gemeten punten, doordat de laserbundel niet voldoende wordt verstrooid door het wateroppervlakte. Een groot gedeelte van het invloedgebied kent geen wadplaten, waardoor LIDAR metingen voor het inmeten van hoogte daar niet haalbaar is. De raaimetingen geven veel zekerheid voor de inwinning van voldoende gegevens en vormen daarom de basis van de hoogtemetingen. De LIDAR metingen dienen hierdoor gezien te worden als een aanvulling, waarmee het ruimtelijk beeld wordt vastgelegd.

De raaimetingen zullen jaarlijks worden ingemeten om de hoogteontwikkeling van de platen met zekerheid vast te kunnen stellen. De LIDAR metingen zijn verificatie metingen en vormen een aanvulling op de raaimetingen, waarmee het ruimtelijke beeld van de hoogteontwikkeling wordt aangevuld. De LIDAR metingen zijn niet bedoeld als signaleringsmeting en worden daarom niet jaarlijks uitgevoerd, zoals de raaimetingen. De LIDAR hoogtemetingen zullen iedere drie jaar worden uitgevoerd, gebiedsdekkend voor de

---

<sup>14</sup> Afkomstig uit: Aangepast Addendum Monitoringplan Zoutwinning Waddenzee, d.d. 23 maart 2016, referentie 078878869 0.1.

<sup>15</sup> LIDAR metingen met een drone zijn (nog) niet mogelijk boven het studiegebied, vanwege praktische bezwaren (omvang gebied in verhouding tot de accucapaciteit), de algemene regels over het besturen van drones en specifieke regels over het vliegen met drones boven Natura 2000-gebieden.

Ballastplaat. Het gebied voor de LIDAR opnamen is ruimer dan het gebied met de Pleistocene bodemdaling. Het opnamegebied sluit aan bij de raaimetingen, die zijn verlengd tot buiten het gebied met bodemdaling in de vaste (Pleistocene) ondergrond. Op deze wijze wordt zowel een gebied ingemeten waaronder sprake is van Pleistocene bodemdaling, als een gebied waar dat niet het geval is (referentie).

Indien in het gebied waarin de bodemdalingsschotel onder de droogvallende plaat ligt geen verlaging van de wadbodem wordt waargenomen, dan is het uiterst onwaarschijnlijk dat in de aanliggende of andere plaatgebieden een meetbare of merkbare verlaging van de wadbodem zal optreden door de Pleistocene bodemdaling. Het is daarom niet zinvol om het meetgebied voor LIDAR uit te breiden tot buiten de Ballastplaat.

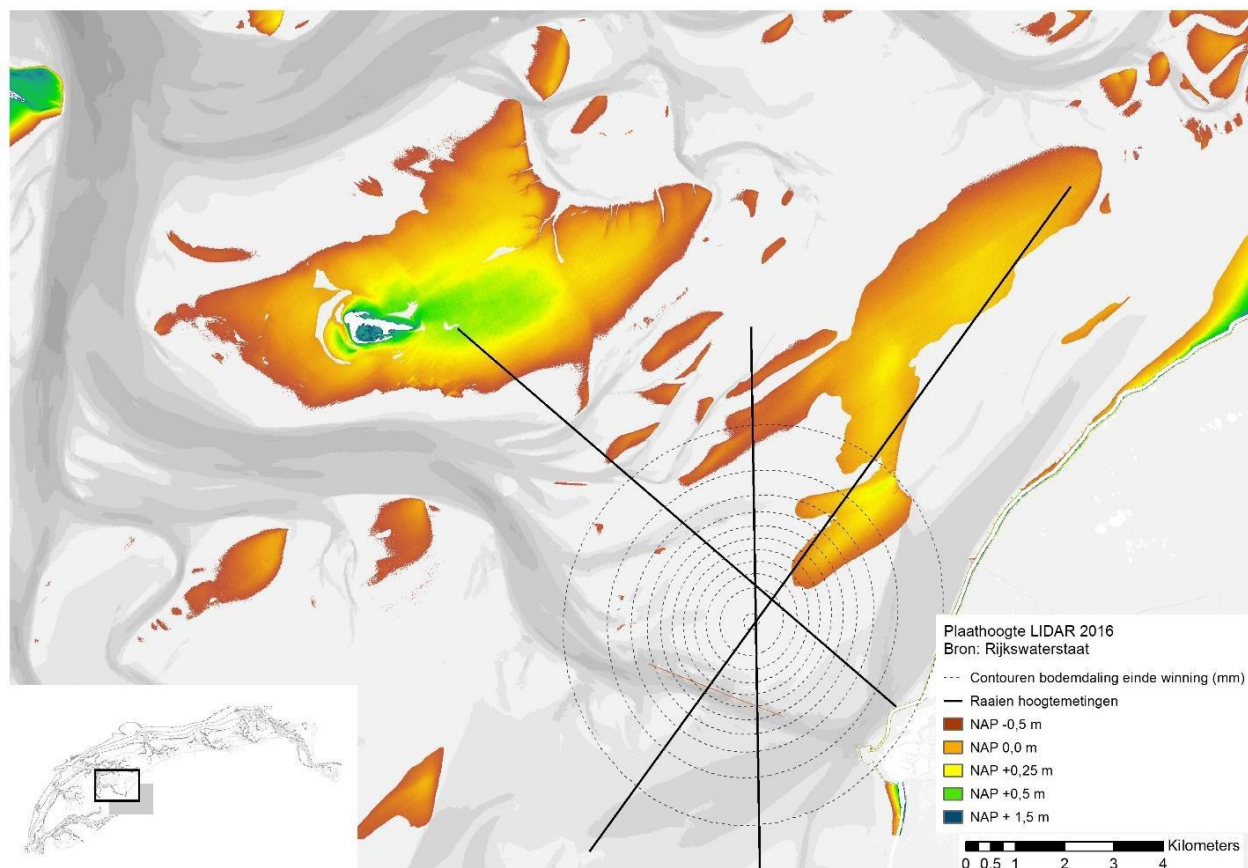
De periode van uitvoering wordt gekoppeld aan de hoogte/dieptemetingen met raaien (mei). Het exacte moment van de opname wordt bepaald door de vereiste omstandigheden voor de meting (buiten het stormseizoen, laagwater, droog, geen mist).

In 2016 is volgens de planning van Rijkswaterstaat de volgende vakloding uitgevoerd in het kombergingsgebied van het Vlie. De plaathoogte is hiervoor met LIDAR opgemeten. De resultaten van deze meting worden ingezet voor de monitoring. De LIDAR meting van deze vakloding zal dienen als TNUL meting. Indien de LIDAR meting van de vakloding door Rijkswaterstaat om enige reden niet wordt uitgevoerd, zal Frisia zelf zorgdragen voor de uitvoering van de LIDAR TNUL meting.

Rijkswaterstaat is in 2016 opdrachtgever voor de LIDAR hoogtemetingen, die worden gebruikt voor de vaklodingen. Frisia Zout B.V. zal in 2019 opdrachtgever zijn voor het uitvoeren van deze meting.

## 8.2 Gegevens

In 2010 en 2016 is door Rijkswaterstaat de plaathoogte in het kombergingsgebied Vlie ingewonnen met LIDAR. De resultaten van de metingen zijn opgenomen in het conceptrapport "Monitoring t0-situatie bodemligging Waddenzee concept; Zoutwinning havenmond" (Bergsma, J. & J. Cleveringa, 2019).



Figuur 8-1 Detailkaart van het gebied waar Pleistocene bodemdaling door zoutwinning kan optreden, met de LIDAR opname van 2016. Ter indicatie zijn de contouren van de Pleistocene bodemdaling door zoutwinning aan het einde van de winning aangegeven, evenals de ligging van de drie hoogte/diepteraaien.

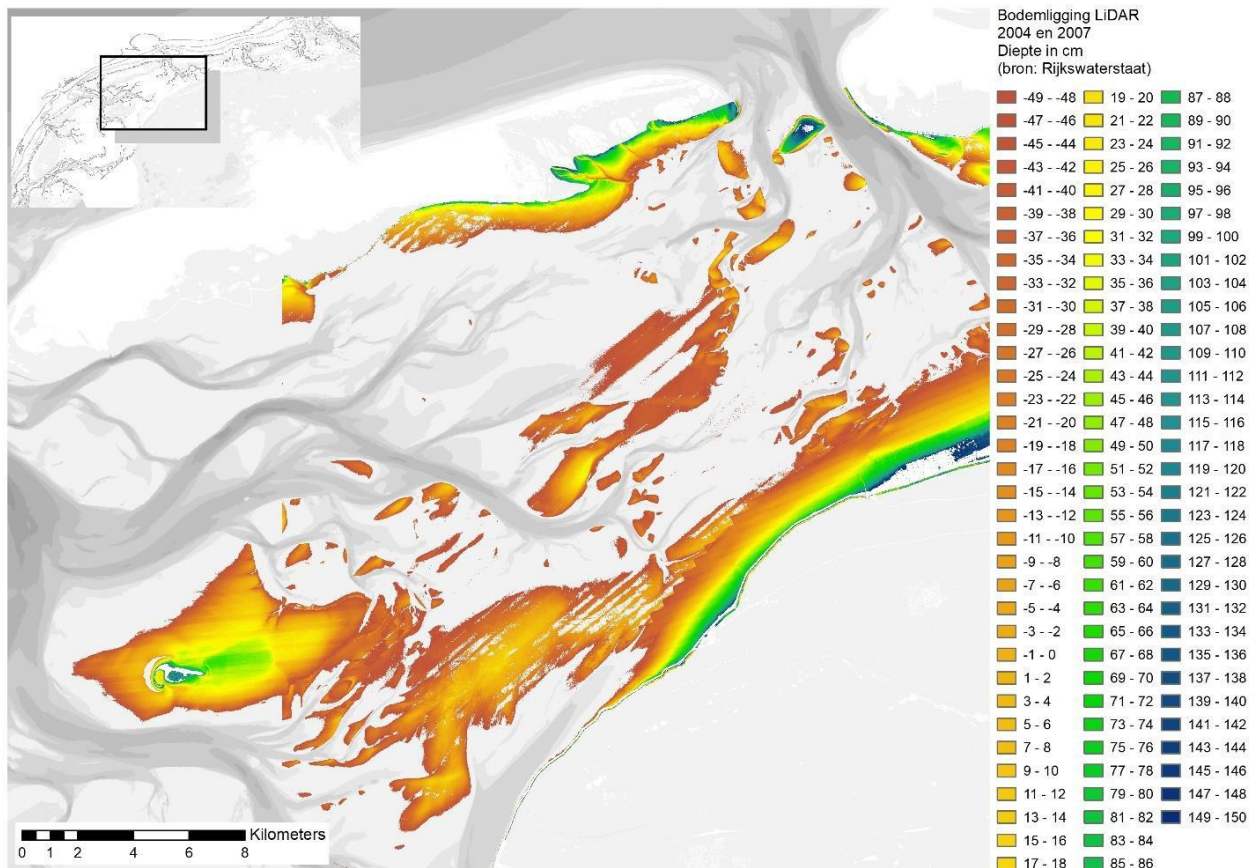
### 8.3 Analyse

De LIDAR hoogtemetingen van de droogvallende platen, die zijn uitgevoerd in 2004 & 2007, 2010 en 2016 in opdracht van Rijkswaterstaat zijn in deze Tnul rapportage gebruikt. Opvallend zijn de zichtbaarheid van vluchtbanen in de opnamen van 2004 & 2007 en 2010 en de beperkte dekking van de droogvallende wadplaten in de opname van 2016 (Figuur 8-4). Zo ontbreekt in de opname van 2016 bijvoorbeeld het gebied tussen de Ballastplaat en de Vlakte van Oosterbierum. Het is niet zo dat dit gebied in 2016 geen droogvallende plaat meer is, zoals blijkt uit de volledige dekkende vaklodingen van 2016 (volgende paragraaf). Dat een kleiner gebied beschikbaar is in de LIDAR van 2016 heeft waarschijnlijk te maken met de gehanteerde kwaliteitscriteria voor de gegevens, waardoor een groot deel van de meetpunten van de lager liggende wadplaten zijn uitgesloten.

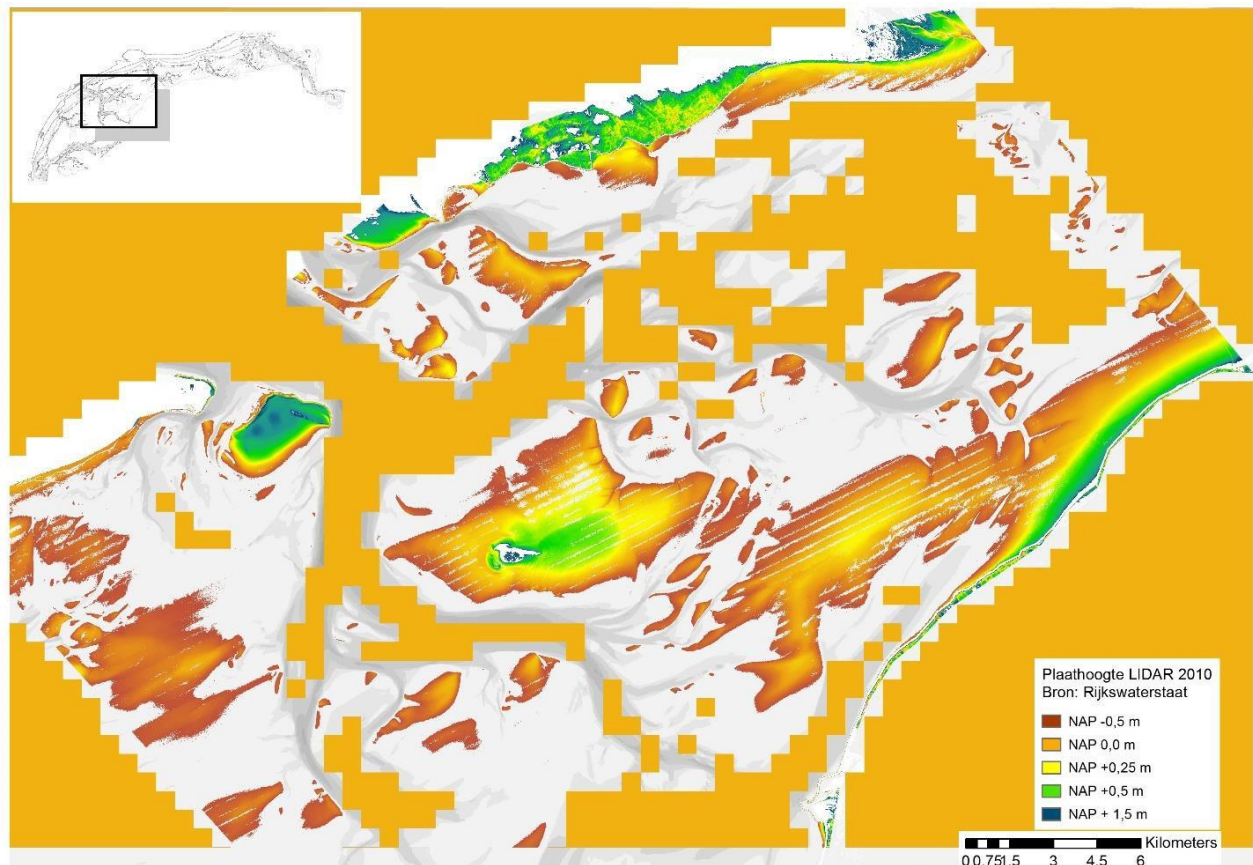
Vergelijking van de LIDAR opnames van 2010 en 2016 laat voor een groot deel van het gemeten plaatoppervlakte in studiegebied zien dat de hoogte van deze platen in 2016 lager is dan in 2010. Uitzondering zijn een aantal overgangsgebieden van wadplaat naar geul, waar de plaat in 2016 hoger ligt dan in 2016. Bij de Ballastplaat is dit het geval aan de zuidzijde. Hierbij past de opmerking dat alleen voor het plaatgebied waarvoor in 2010 én 2016 meetresultaten beschikbaar zijn een vergelijking van de hoogte mogelijk is. Van een groot deel van de wadplaten zijn 2016 meetresultaten beschikbaar, zodat daarvan geen ontwikkeling op basis van LIDAR-gegevens kan worden vastgesteld.

Voor het inwinnen van de LIDAR hoogtemetingen in 2019 zal aandacht worden besteed aan het inwinnen van het volledige droogvallende areaal (boven NAP -0,5 m) in het studiegebied. De vergelijking van de raaimetingen en de LIDAR hoogtemetingen uit 2016 laten verschillen zien, die groter zijn dan verwacht mag worden op basis van de beide meettechnieken. Het is nog niet mogelijk om uitspraken te doen over de oorsprong van deze verschillen. De LIDAR en raaimetingen van 2019 zullen hier uitsluitend over moeten geven.

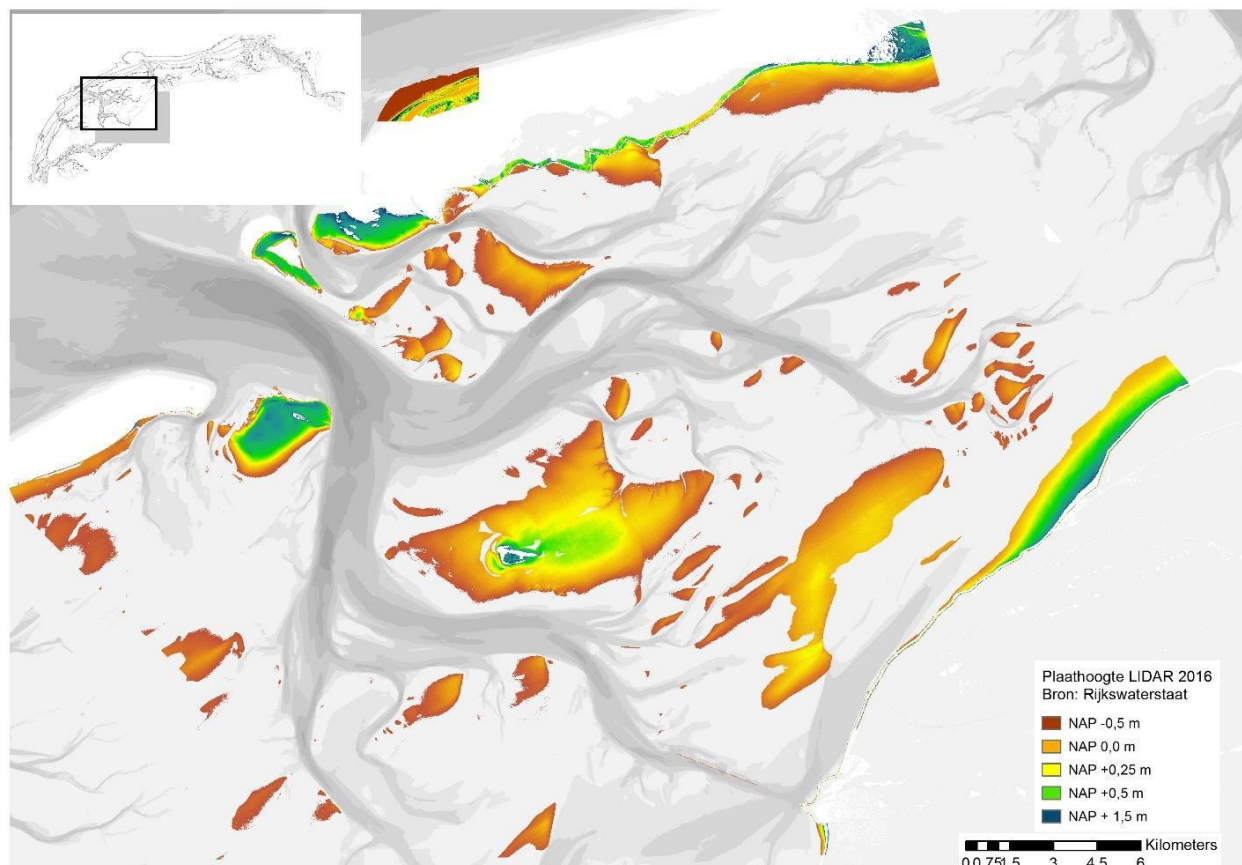




Figuur 8-2 Overzichtskaarten van het kombergingsgebied van het Vlie met de gecombineerde LIDAR opname van 2004 en 2007.



Figuur 8-3 Overzichtskaart van het kombergingsgebied van het Vlie met de LIDAR opname van 2010.



Figuur 8-4 Overzichtskarten van het kombergingsgebied van het Vlie met de LIDAR opname van 2016.

## 8.4 Bruikbaarheid en samenhang met andere metingen

Het blijkt lastig om de LiDAR-metingen te verkrijgen voor het gehele droogvallende areaal, omdat het studiegebied relatief veel laagliggende wadplaten omvat. En de nauwkeurigheid van de LiDAR-metingen is minder groot dan de nauwkeurigheid van de raaimetingen. Dat neemt niet weg dat de nauwkeurigheid van de LiDAR-metingen nogal altijd voldoende groot is om onverwachte veranderingen, met een omvang in de orde van grootte van de Pleistocene bodemdaling, vast te stellen. Dat betekent dat, als in de raaimetingen onverwachte veranderingen worden geconstateerd, die in termen van locatie en omvang zouden kunnen samenhangen met de zoutwinning, deze ook in de LiDAR-hoogtemetingen zichtbaar worden. De LiDAR-hoogtemetingen van de droogvallende platen kunnen daarom worden gebruikt om de ruimtelijke verbreiding van onverwachte ontwikkelingen in beeld te brengen. Simpel gezegd: als onverwacht en niet voorspeld toch sprake zou zijn van verlaging van de wadbodem door de zoutwinning, dan wordt een bodemdalingsschotel in de droogvallende wadplaten met de LiDAR metingen gemeten.

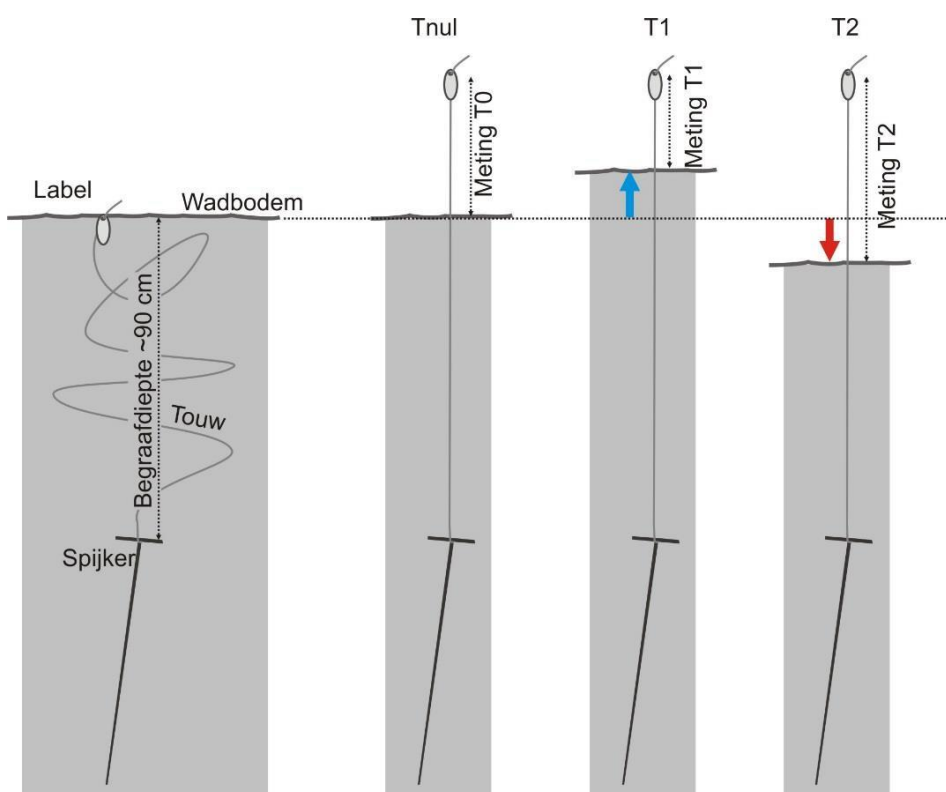
De samenhang met de raaimetingen is hierboven en bij de raaimetingen zelf al aangestipt. De raaimetingen geven in de drie raaien een nauwkeurig en frequent inzicht in de hoogteveranderingen. De LiDAR-hoogtemetingen voegen daar het ruimtelijk dekkende beeld van de platen aan toe. De LiDAR hoogtemetingen die door Rijkswaterstaat worden ingewonnen, worden ook gebruikt in de vaklodingen. Omdat de ruimtelijke resolutie van de vaklodingen met 20 m x 20 m veel grover is dan de ruimtelijke resolutie van 5 m x 5 m, is het zinvol om beide te beschouwen.



## 9 SPIJKERMETINGEN OP DE BALLASTPLAAT

### 9.1 Introductie meetmethode<sup>16</sup>

Spijkermetingen, of wadsedimentatiemetingen, worden uitgevoerd met een op 60 tot 90 cm diepte begraven ondergronds merk (de spijker), waaraan een touw met label is bevestigd (Figuur 9-1 en Figuur 9-2). De afstand tussen het label en de wadbodem wordt opgemeten. Per meetstation zijn vier van deze spijkers begraven, die iedere meting worden opgenomen. Per opname is daarmee een gemiddelde met een spreiding beschikbaar van de afstand tussen het label en de wadbodem. Uitgaande van een stabiele positie van de spijker in de ondergrond betekent een toename van de afstand dat er lokaal erosie heeft plaatsgevonden (getoond bij T2 in figuur 1) en omgekeerd, een afname van de afstand betekent dat er lokaal sedimentatie heeft plaatsgevonden (getoond bij T1 in figuur 1).



*Figuur 9-1 Schematische doorsnede van de wadbodem met een spijkermeting, met aan de linkerzijde de verschillende onderdelen en aan de rechterzijde drie metingen.*

Spijkermetingen zijn alleen praktisch uitvoerbaar op droogvallende platen, die relatief stabiel zijn. Relatief stabiel wil zeggen dat er geen erosie mag optreden die de stabiliteit van het ondergrondse merk in gevaar brengt. Alleen op droogvallende platen zijn bij laagwater de labels terug te vinden en kan de afstand tussen label en wadbodem worden opgemeten.

In het oorspronkelijke monitoringsplan, het addendum en de Natuurbeschermingswetvergunning zijn geen spijkermetingen opgenomen. Hiervoor zijn drie argumenten aangevoerd, namelijk dat andere metingen van de bodemhoogte (raaimetingen en LIDAR) al voldoende gegevens opleveren om de ontwikkeling van de hoogte van de wadbodem vast te stellen, de beperkte ruimtelijke overlap van de Pleistocene bodemdalingsschotel met droogvallende wadplaten waar spijkermetingen kunnen worden uitgevoerd (het grootste deel van het gebied ligt te diep voor spijkermetingen) en de verstoring die de optreedt bij het

<sup>16</sup> De inhoud van deze paragraaf is afkomstig uit: Aangepast Addendum Monitoringplan Zoutwinning Waddenzee, d.d. 23 maart 2016, referentie 078878869 0.1.

frequent uitvoeren van spijkermetingen. Door de StAB is aangevoerd dat het gecombineerd uitvoeren van spijkermetingen met de raaimetingen geen extra verstoring oplevert. Door StAB en Waddenvereniging is aangevoerd dat de spijkermetingen een nuttige en belangrijke aanvulling op de andere metingen. Hoewel slechts een beperkt gebied wordt opgemeten van het gebied waar Pleistocene bodemdaling onder het wadoppervlakte plaatsvindt, is dit wel het gebied waar vanwege het belang voor de foeragerende steltlopers, de meeste aandacht naar uit gaat. Vanwege dit aspect en rekening houdend met de suggestie van de StAB over de verstoring, zijn in dit aangepaste monitoringsplan wel spijkermetingen opgenomen. De spijkermetingen leveren aanvullende gegevens over de ontwikkeling van de hoogte van de droogvallende wadplaat en het optreden van erosie dan wel sedimentatie. De spijkermetingen zijn volledig onafhankelijk van de andere hoogtemetingen (raaimetingen en LIDAR) en bieden daarmee de mogelijkheid om de waargenomen ontwikkelingen met raaimetingen en LIDAR van de hoogte te verifiëren.



*Figuur 9-2 Touwtje met ring, dat is bevestigd aan een spijker die in de ondergrond is verankerd (uit Van der Zee et al., 2018a).*

Oorspronkelijk is in het document “Aangepast Addendum Monitoringplan Zoutwinning Waddenzee, d.d. 23 maart 2016, referentie 078878869 0.1.” opgenomen dat de spijkermetingen éénmaal per jaar gelijktijdig worden uitgevoerd, in dezelfde periode als de raaimetingen. Op basis van de ervaringen met de spijkermetingen bij de gaswinningen Ameland en Waddenzee is vastgesteld dat het éénmaal per jaar uitvoeren van de spijkermetingen risicovol is, omdat de kans dan groot wordt dat meetpunten beschadigen of niet worden teruggevonden. Tevens neemt de waarde van de metingen toe door deze vaker uit te voeren. Indien sprake is van een trendmatige ontwikkeling is deze met een grotere nauwkeurigheid te bepalen bij het frequenter uitvoeren van de metingen. Het gebiedsbezoek heeft duidelijk gemaakt dat het uitvoeren van meer dan vier metingen per jaar (zoals gebeurt bij de gaswinning) praktisch niet uitvoerbaar is op de Ballastplaat, vanwege de relatief lage ligging van het gebied en de onmogelijkheid het gebied vanaf de vaste wal te bereiken. Het uitvoeren van de metingen vier keer per jaar is daarmee een praktisch optimum voor dit gebied. Hierbij wordt gestreefd naar de volgende planning: Advies:

1. Vóór het broedseizoen in maart;
2. In mei om de 2de spijkermeting te laten samenvallen met een raaimeting;
3. In juli (na het broedseizoen en vóórdat overwinterende vogels massaal terugkeren);
4. In september (na het broedseizoen en vóórdat overwinterende vogels massaal terugkeren).

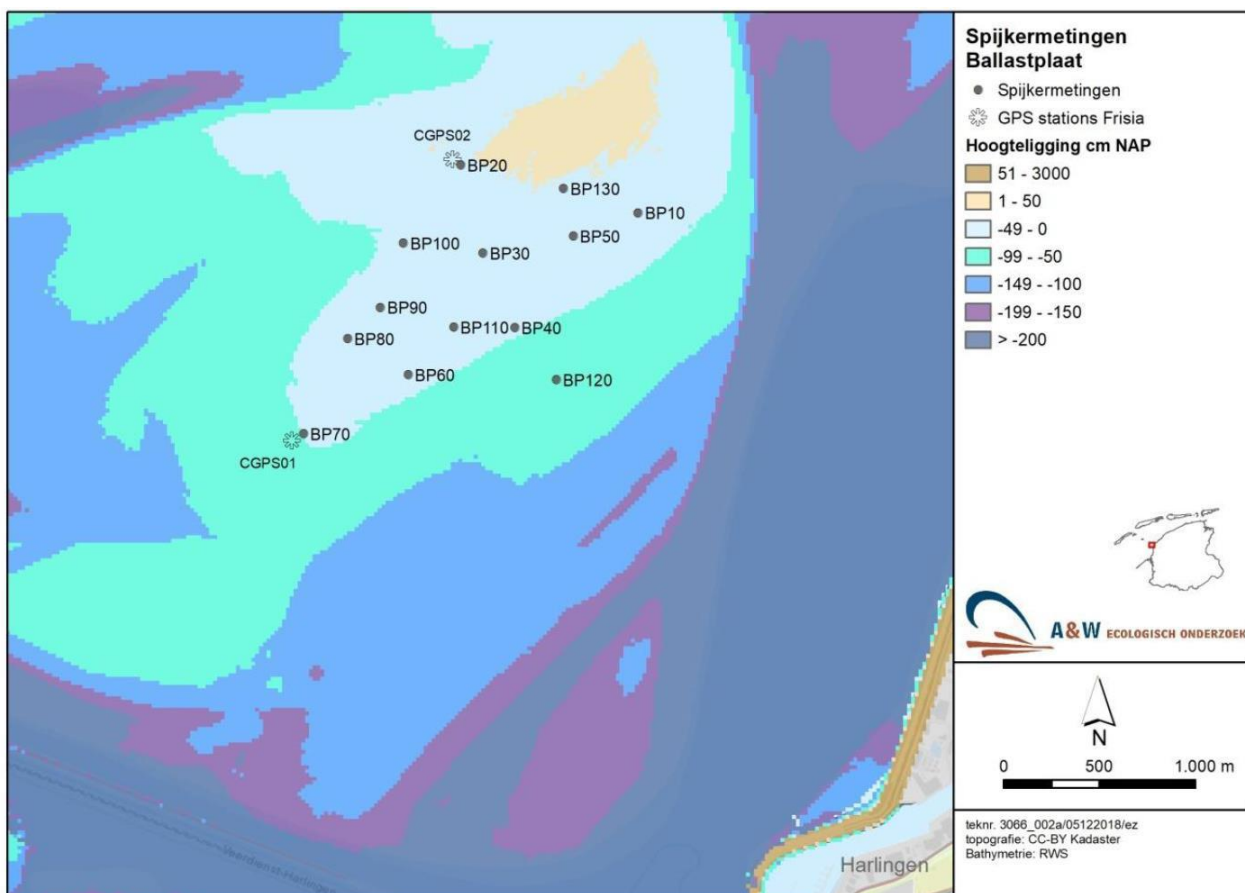
De locaties voor de spijkermetingen zijn gekozen in de nabijheid van de raaimetingen, zodat de onderlinge verificatie mogelijk blijft. Het aantal meetpunten en de locatie ervan is nader bepaald aan de hand van de LIDAR opname uit 2016 en verschilkaarten met eerdere jaren. Op deze wijze kan zo recent mogelijke informatie worden gebruikt over de hoogte van de plaat en de vereiste stabiliteit.

Frisia Zout B.V. is de opdrachtgever voor het uitvoeren van deze meting. De metingen worden uitgevoerd door Bureau Altenburg en Wymenga, in samenwerking met het Natuurcentrum Ameland en WaterProof.

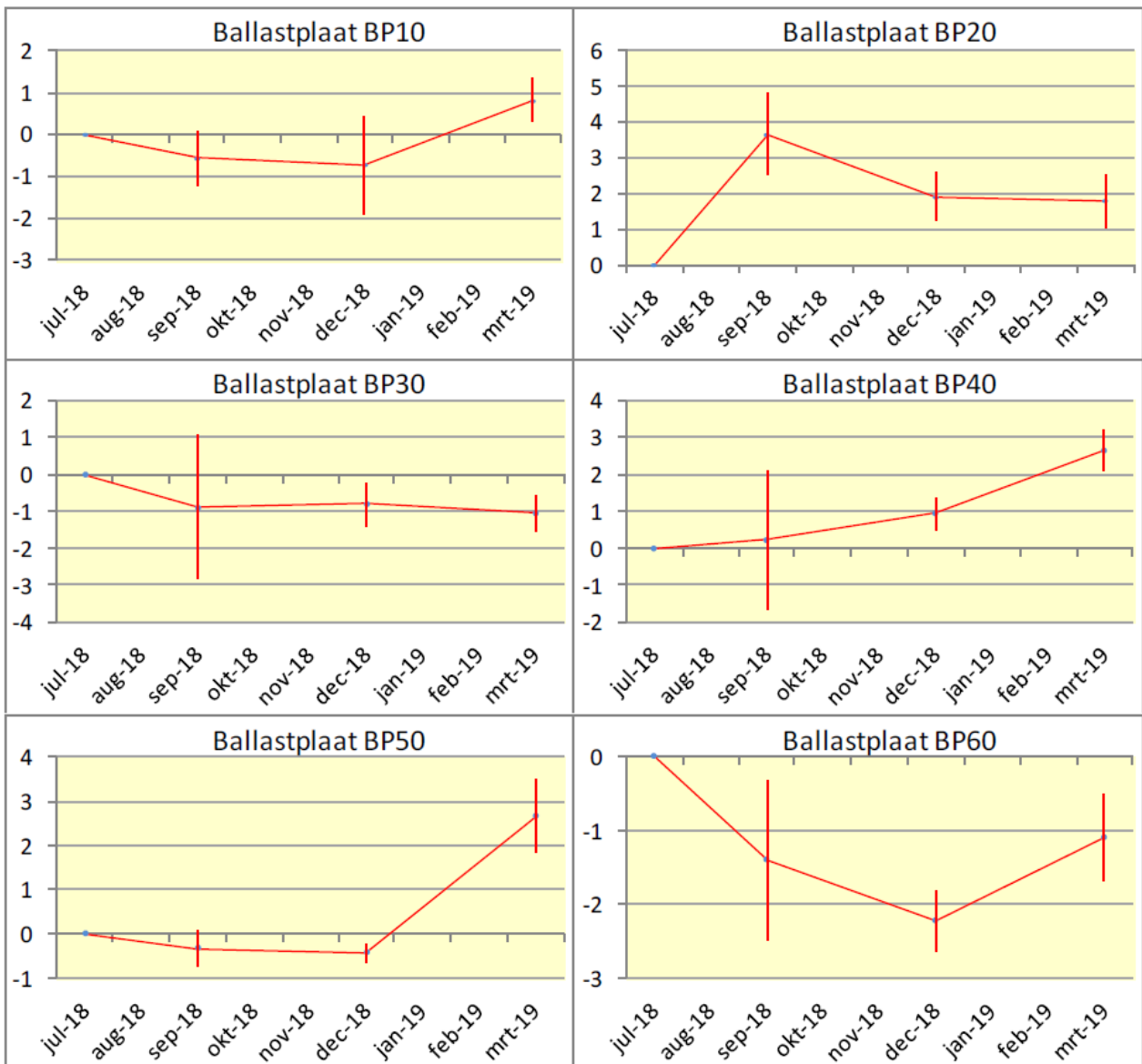
## 9.2 Gegevens

In juni 2018 zijn 12 meetstations uitgezet. In september 2018 is een dertiende station toegevoegd. In Figuur 9-3 zijn de locaties van de stations ingetekend. Er wordt viermaal per volledig jaar gemeten, waarbij de meetstations tijdens laagwater lopend over het wad bezocht worden. Hiervoor is een getij nodig met een laagwaterstand van tenminste -100cm NAP. Omdat de stations in juni en september zijn geplaatst zijn voor de meeste stations (11) twee metingen uitgevoerd en voor resterende twee stations was dit respectievelijk één en nul meting.

De gegevens van de spijkermetingen zijn opgenomen in het rapport “Wadsedimentatie Ballastplaat 2018.Jaarrapport 2018a” (van der Zee et al., 2018a). De eerste resultaten zijn opgenomen in de grafieken in Figuur 9-4 en Figuur 9-5.



Figuur 9-3 Meetstations van de spijkermetingen en de twee vaste GPS stations op de Ballastplaat (uit van der Zee et al., 2018a).



Figuur 9-4 Grafieken met de gemiddelde sedimentatie en standaarddeviatie (balken) van de meetstations BP10-BP60 op Ballastplaat bijgewerkt t/m december 2018. Op Y-as sedimentatie in cm (uit van der Zee, 2018a).



Figuur 9-5 Grafieken met de gemiddelde sedimentatie en standaarddeviatie (balken) van de meetstations BP70-BP130 op Ballastplaat bijgewerkt t/m december 2018. Op Y-as sedimentatie in cm (uit van der Zee, 2018a).

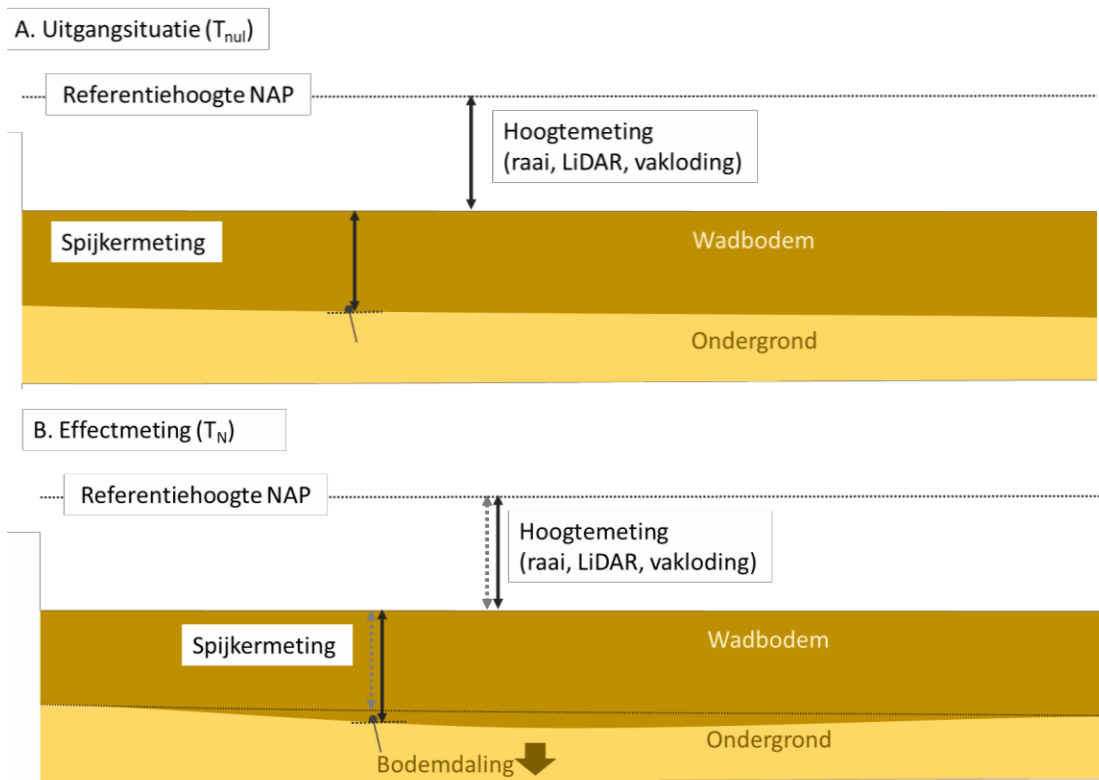
### 9.3 Analyse

De eerste resultaten van de spijkermetingen zijn opgenomen in de grafieken in Figuur 9-4 en Figuur 9-5. Een inhoudelijke analyse na drie metingen is niet mogelijk, hiervoor moet de reeks langer zijn.

## 9.4 Buikbaarheid en samenhang met andere metingen

De bruikbaarheid van de spijkermetingen voor het verkrijgen van inzicht in de sedimentatie en erosie op wadplaten is bij de bodemdaling door de gaswinning Ameland en MLV al aangetoond. Op de Ballastplaat blijken de spijkermetingen ook uitvoerbaar, ondanks de lastiger werkomstandigheden. De inhoudelijke bruikbaarheid van de gegevens zal duidelijk worden naarmate de meetreeks langer wordt.

Bij de raaimetingen is al ingegaan op de drie verschillen tussen de spijkermetingen en de raaimetingen. De spijkermetingen geven aanvullend inzicht in de variatie in de sedimentatie en erosie in de tijd, op een beperkt aantal puntlocaties. Met die informatie ontstaat meer kennis van de tijdelijke variaties die optreden in de bodemligging en dat is zinvol voor het interpreteren van de raaimetingen en de andere morfologische metingen. Daarnaast worden spijkermetingen uitgevoerd ten opzichte van hun eigen lokale referentieniveau, dat wordt gevormd door de in de ondergrond verankerde spijker. In Figuur 9-6 is schematisch aangegeven wat de gevolgen hiervan zijn voor de het meten van hoogte en sedimentatie en erosie. In de figuur is de wadbodem niet veranderd, omdat de Pleistocene bodemdaling is vereffend door sedimenttransport op het wad. De hoogte van het wad die wordt gemeten ten opzichte van de vaste referentiehoogte is daarmee ook niet gewijzigd. Maar omdat de spijker, die het referentieniveau vormt voor de spijkermeting, wel is mee gedaald met de Pleistocene bodemdaling, wordt bij de spijkermeting sedimentatie gemeten. De spijkermetingen geven hiermee ook aanvullende inzichten in de extra sedimentatie onder invloed van de Pleistocene bodemdaling.



Figuur 9-6 Schematische weergave van metingen ten opzichte van een vaste referentiehoogte (raaimetingen, LiDAR-metingen en vaklodingen) en metingen ten opzichte van een lokaal referentieniveau in de ondergrond (spijkermetingen), waarbij A de uitgangssituatie voorafgaande aan de bodemdaling is en B de situatie na het optreden van bodemdaling.

De getoonde situatie in Figuur 9-6 is sterk geschematiseerd. In werkelijkheid varieert de ligging van de wadbodem onder invloed van allerlei autonomen processen. Dat betekent dat de trends in de hoogteligging uit de raaimetingen en trends in de sedimentatie- en erosie beschouwd zullen worden, om zo inzicht te krijgen in de sedimentatie en erosie onder invloed van de Pleistocene bodemdaling.



## 10 BENTHOS BEMONSTERING

### 10.1 Introductie meetmethode<sup>17</sup>

De benthosbemonstering op de droogvallende platen (o.a. Ballastplaat) wordt uitgevoerd met steekbuizen. Deze buizen worden de bodem ingeduwd en zo gevuld met sedimenten en de in het sediment aanwezige bodemdieren. De gevulde steekbuis wordt uit het sediment getrokken en het monster wordt uit de steekbuis gehaald en meegenomen. Daarna wordt het sediment wordt gezeefd zodat de bodemdieren van het sediment worden gescheiden. Voordat het monster wordt gezeefd wordt een (sub)monster genomen voor het bepalen van de sedimentsamenstelling. De bodemdieren worden geïdentificeerd en gesorteerd. Voor de drie sleutelsoorten kokkel *Cerastoderma edule*, mossel *Mytilus edulis* en het nonnetje *Limecola (Macoma) balthica* wordt het aantal bepaald en daarna het asvrije drooggewicht bepaald.

De bemonstering van de schelpdieren vindt plaats als onderdeel (seizoen, methode, frequentie, dichtheid) van een bestaande bemonstering, namelijk de schelpdiersurveys door Wageningen Marine Research.

De kwaliteit van de habitats droogvallende platen en permanent overstroomde zandbanken wordt voor het studiegebied geïnterpreteerd als de aanwezigheid van voedsel voor de wadvogels in de vorm van schelpdieren, wormen en andere bodembewoners: het benthos. De benthosbemonstering is gericht op drie sleutelsoorten die inzichtelijk maken of de kwaliteit van het habitat droogvallende plaat verandert en welke eventuele gevolgen dat heeft voor de foeragerende wadvogels. De sleutelsoorten voor de kwaliteit van het habitat droogvallende plaat zijn de algemeen voorkomende kokkels *Cerastoderma edule*, mossels *Mytilus edulis* en het nonnetjes *Limecola (Macoma) balthica*.

Voor de benthosbemonstering zijn 9 analysegebieden geselecteerd van steeds circa 400 ha (Figuur 10-1). Deze 9 locaties zijn verspreid gelegen op de droogvallende plaatgebieden, omdat dit het habitatype van interesse is. De geometrie van deze gebieden sluit aan bij de reguliere monitoring van de schelpdierbestanden.

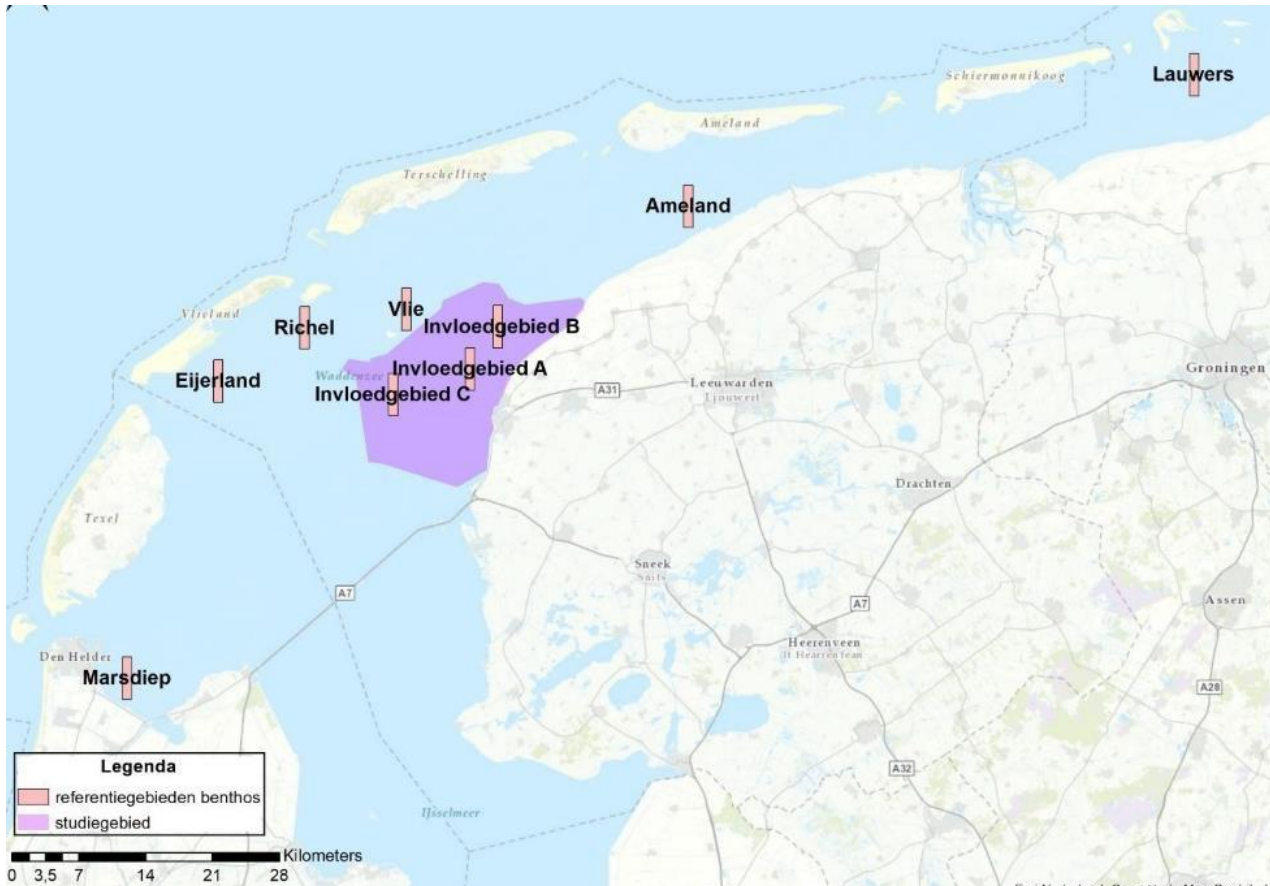
- Drie gebieden zijn geselecteerd in het invloedsgebied.
- Drie gebieden zijn geselecteerd buiten het invloedsgebied, maar in vloedkom Marsdiep of Vlie.
- Drie gebieden zijn geselecteerd buiten het invloedsgebied en buiten de vloedkommen Marsdiep en Vlie.

Voor de gebieden buiten het invloedsgebied is gekozen voor gebieden waar geen andere Pleistocene bodemdaling plaatsvindt. Door meer dan een of twee gebieden te selecteren wordt de invloed van lokale effecten op de analyse beperkt.

De frequentie van de bemonstering komt overeen met die van de bestaande surveys. Dit betekent een opname (voorjaar) per jaar.

---

<sup>17</sup> De inhoud van deze paragraaf is gebaseerd op: Monitoringsplan Havenmond; Frisia Zout B.V. 23 jan 2013. Arcadis rapport ref 074907501. De aanvulling met het nonnetje *Macoma balthica* is afkomstig uit het Addendum Monitoringplan Zoutwinning Waddenzee, Arcadis Memo d,d. 28 november 2014.



*Figuur 10-1 Locaties analysegebieden voor kokkels, mosselen en nonnetjes: 3 binnen het potentiële invloedsgebied en 6 referentie gebieden buiten het potentiële invloedsgebied. Het potentiële invloedsgebied is paars gemarkeerd.*

Frisia Zout B.V. koopt de gegevens van de schelpdierssurveys aan bij Wageningen Marine Research.

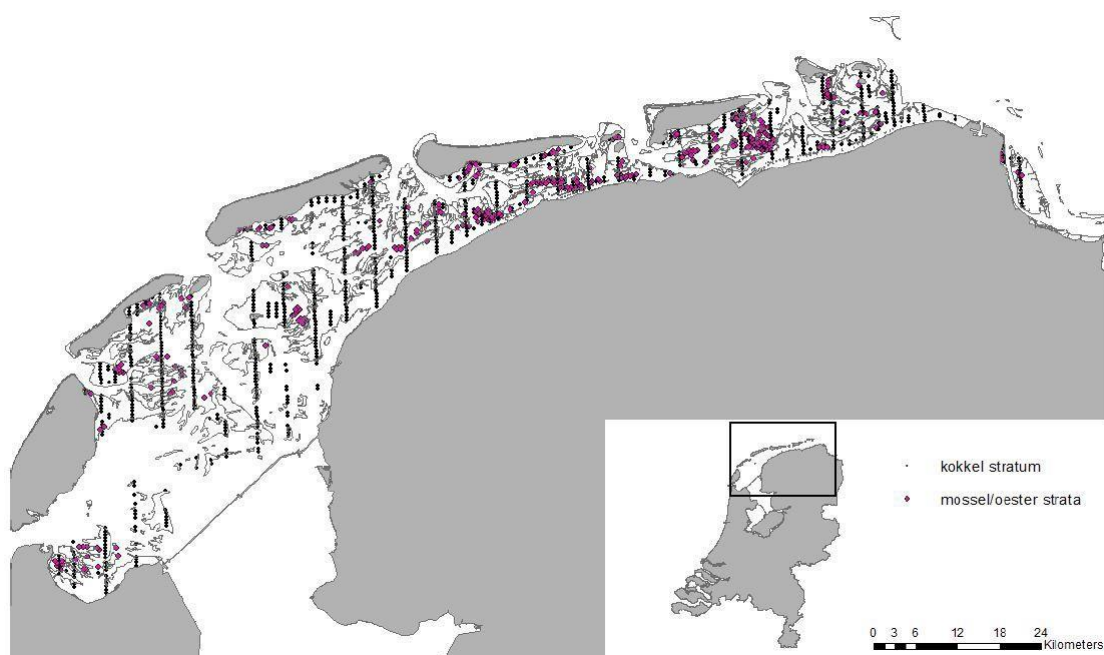
## 10.2 Gegevens

1. Wageningen Marine Research monitort sinds 1990 de schelpdierbestanden in de Waddenzee. Hierbij wordt de dichtheid vastgesteld, en het natgewicht inclusief schelp bepaald. De survey richt zich primair op kokkels, maar ook andere schelpdieren worden in kaart gebracht. De bemonstering wordt uitgevoerd in raaien, zoals aangegeven in Figuur 10-2. Naast biomassa en dichtheid wordt de leeftijdsopbouw van de populatie vastgesteld (broed, eenjarig, tweejarig, meerjarig). Bij de raaimetingen wordt gemonitord vanaf een vaartuig of te voet met een stempelkor (0,4 m<sup>2</sup>; 7 cm diep), een kokkelschepje (0.1 m<sup>2</sup>; 7 cm diep) of een steekbuis (0.1 m<sup>2</sup>; 7 cm diep). De monsters worden gezeefd over een vijf mm zeef.

Daarnaast worden de contouren van mosselbanken sinds 1995 in kaart gebracht, en recentelijk ook oesterbanken. Daarbij wordt bepaald: leeftijd/grootte, dichtheid, bedekkingspercentage, hoogte en dikte slib en dichtheid en biomassa (natgewicht incl. schelp) voor mosselen en oesters in de banken, incl. leeftijdsopbouw (zaad, middelgroot, groot). Mossel- en oesterbanken worden bij laag water te voet ingemeten met behulp van een GPS, waarna de contouren in GIS worden vastgelegd en arealen kunnen worden berekend. De bemonstering van de punten in de banken vinden plaats vanaf een vaartuig of te voet met stempelkor (0.4 m<sup>2</sup>; 10cm diep), hydraulische happer (1.06 m<sup>2</sup>), kokkelschepje (0.1 m<sup>2</sup>; 7cm diep) of steekbuis (0.1 m<sup>2</sup>; 10 cm diep), en gezeefd over een vijf mm zeef.

2.

De monitoring vindt jaarlijks plaats in het voorjaar (april, mei, juni). Het werk valt onder de wettelijke onderzoekstaken op het gebied van visserij, in opdracht van het ministerie van EZ. Er is voorsnog geen einddatum.



Figuur 10-2 Kaart van de schelpdiersurvey door Wageningen Marine Research.

### 10.3 Benthos en de habitatkwaliteit van de wadplaten

De kwaliteit van het habitat droogvallende platen in de Waddenzee wordt medebepaald door de aanwezigheid van voedsel voor de wadvogels in de vorm van schelpdieren, wormen en andere bodembewoners: het benthos. De bodemdaling kan via veranderingen in de morfologie (Figuur 2-4) leiden tot veranderingen in abiotische omstandigheden voor het benthos, waardoor de aantallen schelpdieren en hun biomassa verandert. Ook kunnen morfologische veranderingen leiden tot veranderingen in het areaal van de droogvallende wadplaten en in de droogvalduur, waardoor de vangtijd van schelpdieren voor de wadvogels kleiner wordt (Rappoldt & Ens, 2013). In deze studie is de benthosbemonstering gericht op drie sleutelsoorten: kokkels (*Cerastoderma edule*), mosselen (*Mytilus edulis*) en nonnetjes (*Limecola (Macoma) balthica*), die inzichtelijk kunnen maken of de kwaliteit van het habitat droogvallende plaat verandert en welke eventuele gevolgen dat heeft voor de foeragerende wadvogels. Kokkels, mosselen en nonnetjes zitten in het dieet van de drie de vogelsoorten (zie hoofdstuk 12) en zijn daarmee representatief als prooisoorten van de drie vogelsoorten. Van deze drie benthossoorten is op dezelfde locaties en over langere tijd betrouwbare data beschikbaar.

De aanwezigheid van deze drie benthossoorten op de droogvallende wadplaten is aan zeer grote schommelingen onderhevig. Een deel van deze variaties is het gevolg van de verschillen in de broedval: in sommige jaren is sprake van een goede broedval, waarbij veel jonge schelpdieren zich vestigen op het wad (Beukema, 2010). Een goede broedval kan in de jaren daarop ook resulteren in hoge aantallen van de betreffende soort. Extreme omstandigheden, zoals een zeer warme zomer, of een winter met veel ijs op het Wad kunnen zorgen voor grote sterfte, waardoor de aantallen schelpdieren sterk afnemen. Veranderingen in het klimaat kunnen leiden tot langjarige veranderingen in de aantallen schelpdieren (Philippart et al., 2003). Verder kunnen schelpdieren gedurende langere perioden in aantallen afnemen door ziektes, dit is een mogelijke verklaring voor de afname van het nonnetje in het Waddengebied (Beukema et al., 2017).

In deze studie zijn de benthosdata van mei gebruikt, omdat deze maand representatief is voor de voorraad in de zomer. Die schelpenvoorraad is beschikbaar in de maand september en dat is de maand waarvan de vogelaantallen zijn geanalyseerd. Met schelpdierbemonstering bestaat altijd het risico dat er op een bepaalde locatie in een bepaald jaar uitschieters zijn, omdat schelpdierbanken zich verplaatsen.

### 10.4 Aanpak van de ecologische analyses

Bij de ecologische analyse worden een aantal stappen doorlopen, die hieronder in meer detail worden toegelicht. De eerste stap is het bepalen van de trends en de signaleringswaarden per gebied, op basis van de waarnemingsreeksen voorafgaand aan het jaar waar de analyse betrekking op heeft. De data van een

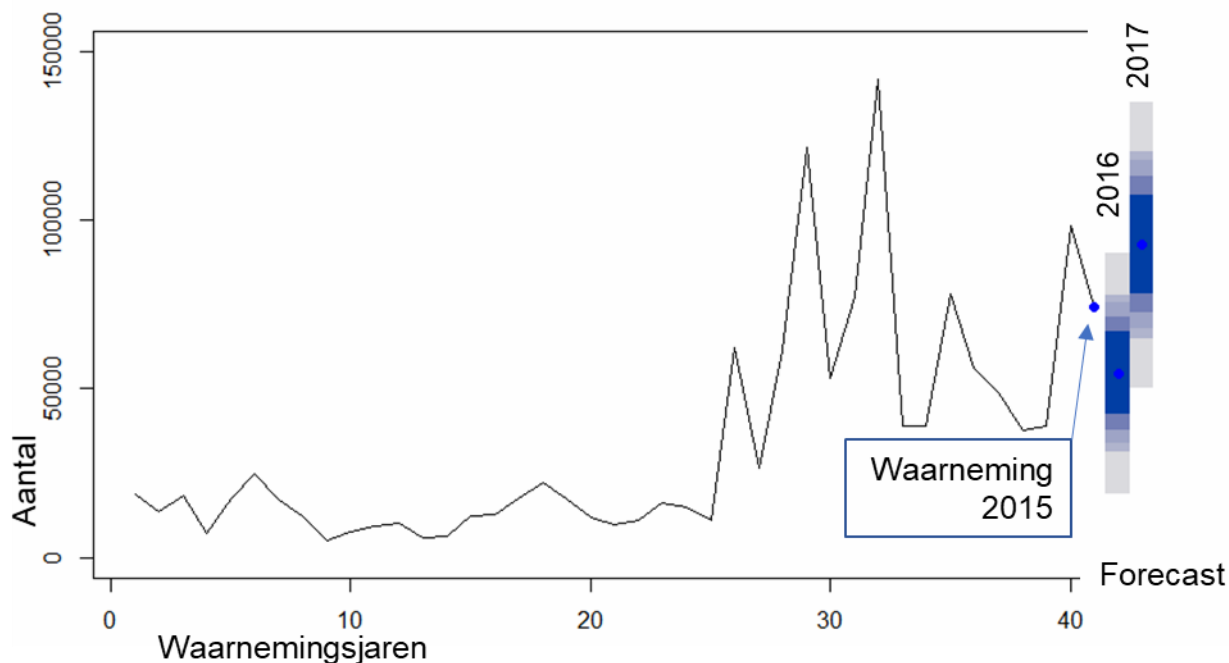
meerdere jaren laat patronen zien waarbij alleen de tijd een variabele is geweest. Op basis hiervan wordt voorspeld wat de data in de toekomst gaat doen. Met deze voorspellingen kan er dus vervolgens ook aangetoond worden dat een verstoring in het systeem een verandering in het patroon teweegbrengt. De tweede stap in de analyse is het doorlopen van het beslisschema. Als de signaleringswaarden worden overschreden (erboven of eronder) – dit wordt ook wel een trendbreuk genoemd – in het invloedsgebied, dan wordt gekeken of deze trendbreuk alleen plaats vindt in het invloedsgebied of ook in referentie gebieden. Door de trends in het invloedsgebied te vergelijken met die in de referentiegebieden wordt bepaald of de variatie een Waddenzee-brede trend is of dat deze lokaal is. Wanneer sprake is van verschillende trendbreuken in het invloedsgebied en de referentiegebieden, die wijzen op een verslechtering die alleen in het invloedsgebied plaatsvindt, dan zal een nadere analyse plaatsvinden.

### **Bepalen signaleringswaarden**

De basis voor de ecologische analyse is een bepaling van de trends per analysegebied. Vanwege de grote variaties in de aantallen en de biomassa van de schelpdiersoorten en de aantallen vogels is geen (eenvoudige) trendanalyse toegepast, maar is een uitgebreide statistische analyse uitgevoerd. De waarnemingsreeksen van de afgelopen 29 jaar (benthos) en 44 jaar (hoogwatervluchtplaatsen) laten patronen over de afgelopen jaren zien waarbij alleen de tijd een variabele is geweest. Uit deze patronen worden de toekomstige trends bepaald, waarmee wordt voorspeld wat de data in de toekomst gaat doen. Voor de voorspelde hoge en lage trends wordt de term 'signaleringswaarde' gehanteerd. Met deze voorspelling kan worden aangetoond of een verstoring in het systeem een verandering in het patroon teweegbrengt. Als sprake is van een verstoring, dan wijkt het waargenomen patroon af van het voorspelde patroon, dit wordt ook wel een trendbreuk genoemd. Om vast te stellen of sprake is van een trendbreuk worden gekeken of de signaleringswaarde worden onderschreden (eronder) of overschreden (erboven) door de gemeten waarden.

De statistische analyse resulteert in signaleringswaarden (hoog en laag) oftewel een bandbreedte, die hoort bij een bepaald 'betrouwbaarheidsinterval'. Het betrouwbaarheidsinterval, of de kans van optreden, geeft weer hoe waarschijnlijk het is een toekomstige, te meten waarde, binnen de bandbreedte (tussen de signaleringswaarden) ligt. Hoe groter het betrouwbaarheidsinterval, des te groter de bandbreedte is. Bekend is het 95% betrouwbaarheidsinterval, wat aan geeft dat indien deze meting 100 maal wordt herhaald, de gemeten waarde 95 maal binnen het interval zal liggen dat wordt aangegeven. De grote variatie die optreedt in de aantallen en biomassa van de schelpen en ook in de aantallen vogels betekent dat een hoge waarde voor het betrouwbaarheidsinterval resulteert in een grote bandbreedte. Figuur 10-3 laat zien hoe de bandbreedtes bij de verschillende betrouwbaarheidsintervallen er uit zien voor de aantallen van één vogelsoort (voor de vogelaantallen wordt dezelfde analysemethode gehanteerd), op één locatie en één periode.

Figuur 10-3 toont een voorspelling van 2016 en 2017 op basis van de september telgegevens van de 1975 tot 2015. De telgegevens van 2016 en 2017 zijn gebruikt om te vergelijken met de voorspelde waarden. De voorspelling wordt steeds onnauwkeuriger, met een grotere spreiding van de bandbreedte, naarmate er meer jaren zouden worden voorspeld. Dit is inherent aan het voorspellend vermogen van elke trendanalyse. Voor de twee voorspelde jaren 2016 en 2017 is de spreiding realistisch, als wordt gekeken naar de pieken en de dalen in de voorgaande periode. De signaleringswaarden bij het 95% betrouwbaarheidsinterval voor het jaar 2016 zijn 18.985 en 90.107 individuen. In 2016 zijn er in de septembermaand 34.800 individuen geteld en dat valt binnen de signaleringswaarden bij het 95% betrouwbaarheidsinterval. De getelde aantallen in 2016 passen ook nog binnen de signaleringswaarden die horen bij het 80% betrouwbaarheidsinterval, maar vallen buiten de signaleringswaarden die horen bij het 65% betrouwbaarheidsinterval. Gekeken naar de historische waarden zouden 26 jaren (bijna alle jaren voor 1999) buiten de spreiding van het 95% betrouwbaarheidsinterval vallen en dat zou aanleiding zijn voor een nadere analyse, waarover verder op meer.



Figuur 10-3 Voorbeeld van de signaleringswaarden of bandbreedte vastgesteld met een statistische analyse (ARIMA), op basis van de waarnemingen aan de aantallen Bonte Strandlopers van 1975 tot en met 2015 (septembertellingen, gebied WG 12). De blauwe-grijze vlakken de geven de voorspelde aantallen weer in 2016 en 2017, waarbij de donkerblauwe tot en met lichtgrijze vlakken de verschillende betrouwbaarheidsintervallen weergeven (95%, 80%, 75%, 65%, 50%).

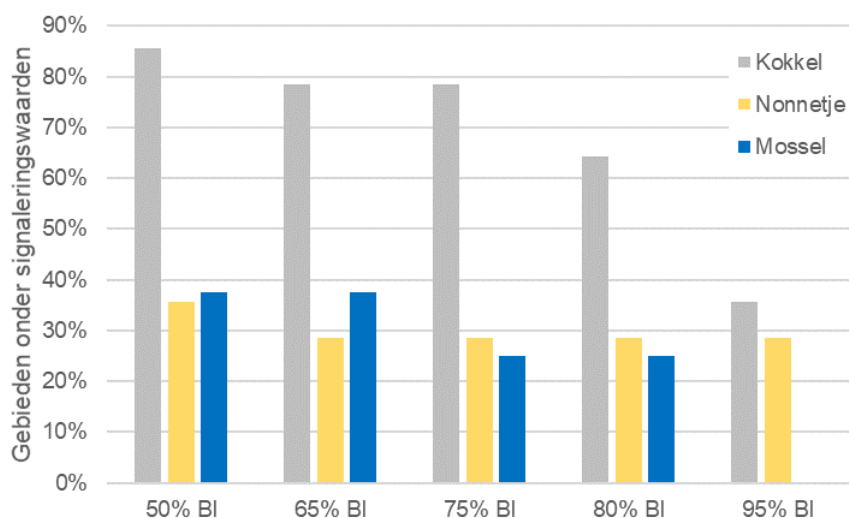
### Betrouwbaarheidsinterval van de signaleringswaarden

De signaleringswaarden dienen als eerste stap om waar te nemen of er een mogelijk ecologisch effect van de zoutwinning is. Voor een werkbare methode is het van belang om een balans te vinden waarbij de signaleringswaarden aan de ene kant scherp genoeg staan afgesteld, zodat ook kleine trendbreuken worden gesignaleerd, maar aan de andere kant ook zo scherp dat niet elke natuurlijke variatie als mogelijke trendbreuk wordt gezien.

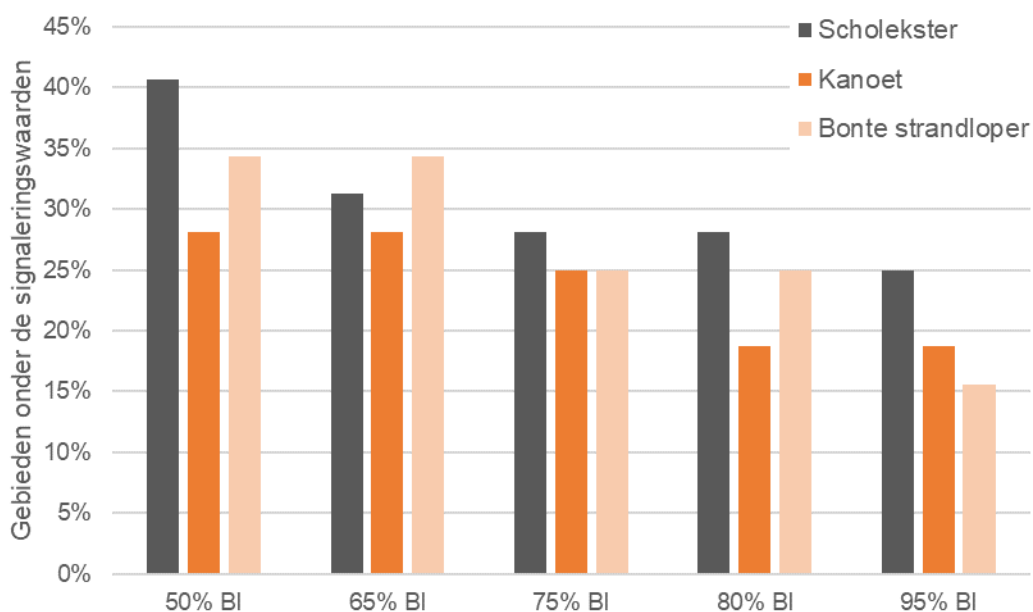
Voor de signalering is, na analyse van verschillende betrouwbaarheidsintervallen (zie onderstaande figuren), gekozen voor een betrouwbaarheidsinterval van 80%. In figuur 1-4 zijn voor de benthosaantallen ( $n/m^2$ ) weergegeven welk percentage van de gebieden de signaleringswaarden onderschrijft voor verschillende betrouwbaarheidsintervallen (50%, 65%, 75%, 80% en 90%) in de jaren 2017 & 2018. Deze onderschrijdingen betekenen dat de waargenomen aantallen schelpdieren van de betreffende soort lager zijn wat op grond van de trend in het betreffende gebied mag worden verwacht. De betrouwbaarheidsintervallen zijn berekend met de trendanalyses van de historische datareeks per gebied. In figuur 1-4 is zichtbaar dat bij het 95 % betrouwbaarheidsinterval er geen gebieden meer zijn die qua aantallen mosselen onder de signaleringswaarden vallen. Dit betekent dat het betrouwbaarheidsinterval zo breed is, dat mogelijke effecten ten gevolge van Pleistocene bodemdaling worden gemist. Bij de kokkel is te zien dat de aantallen in veel van de gebieden onder de signaleringswaarden van de verschillende betrouwbaarheidsintervallen vallen. Het 80% betrouwbaarheidsinterval detecteert voor de mossel wel gebieden onder de signaleringswaarde en is tegelijkertijd voor de kokkel niet te overgevoelig.

Ditzelfde principe is toegepast op de september vogeltellingen van de scholekster, kanoet en bonte strandloper (figuur 1-5). Hier zijn de tellingen van de jaren 2016 & 2017 gebruikt om te kijken wat voor percentage van de gebieden onder de signaleringswaarden vallen voor verschillende betrouwbaarheidsintervallen. Hieruit blijkt dat de 50 & 65% betrouwbaarheidsintervallen waarschijnlijk te overgevoelig zijn en dat er daardoor te veel gebieden onder de signaleringswaarde vallen. De 75% en 80% betrouwbaarheidsintervallen verschillen alleen voor de kanoet. In het geval van de vogels zou in plaats van het 80% ook het 75% betrouwbaarheidsinterval gekozen kunnen worden. Vooralsnog is gekozen voor het hanteren van hetzelfde 80% betrouwbaarheidsinterval voor het benthos en de vogels. Het betrouwbaarheidsinterval van 80%, met de daarbij horende signaleringswaarden geeft voldoende inzicht in de trend die er het volgende jaar verwacht wordt, maar laat ook ruimte voor onderzoek en trendbreuk.





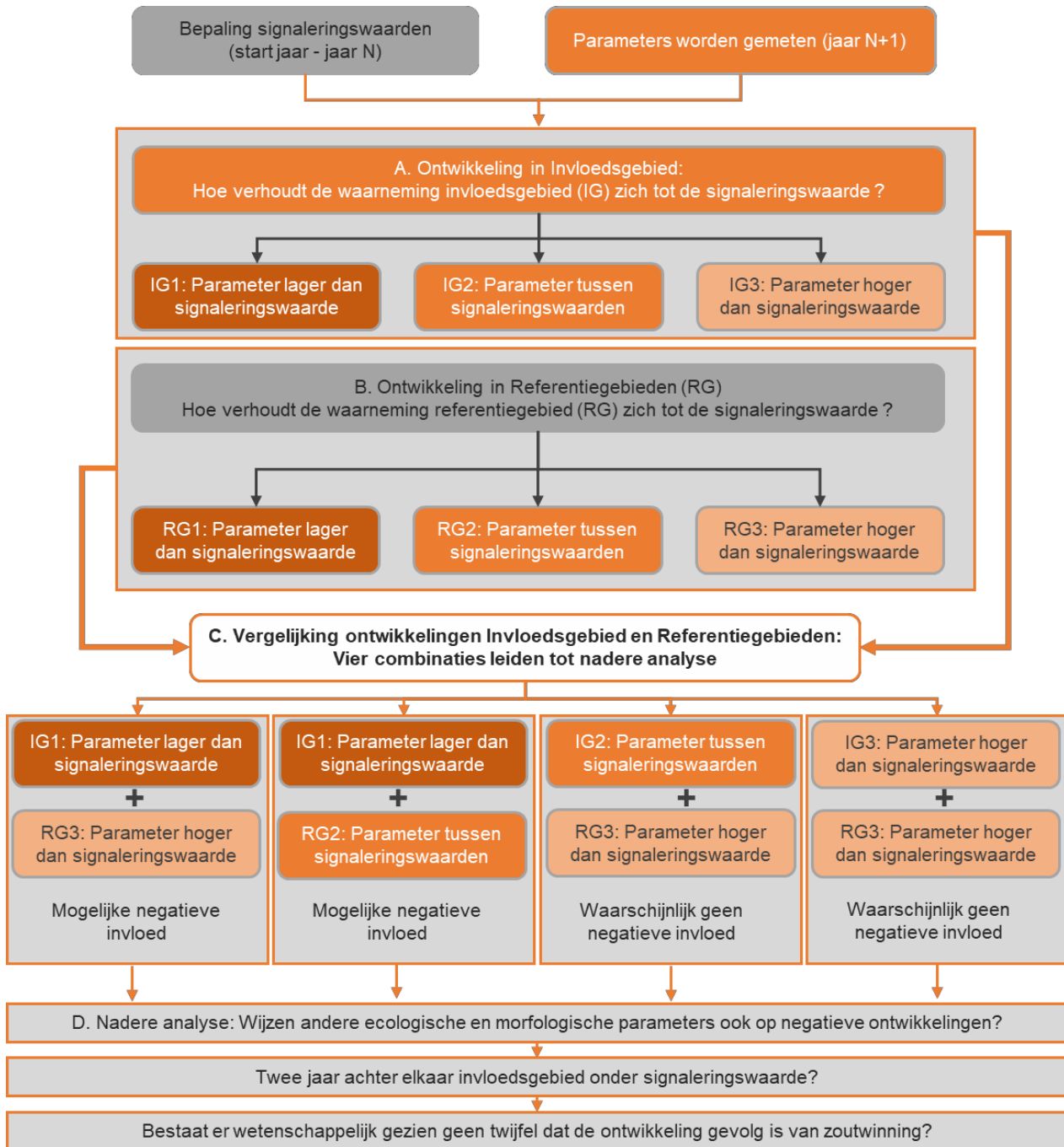
Figuur 1-4. Het percentage van gebieden dat de signaleringswaarde onderschrijft voor de aantallen ( $n/m^2$ ) van kokkel, nonnetje en mossel in 2017 en 2018 bij het gebruik van betrouwbaarheidsintervallen (BI) van 50%, 65%, 75%, 85% en 95%.



Figuur 1-5: Het percentage van gebieden ( $n=16$ ) dat de signaleringswaarde onderschrijft voor de septembertellingen van scholekster, kanoet en bonte strandloper in 2016 en 2017, bij het gebruik van betrouwbaarheidsintervallen (BI) van 50%, 65%, 75%, 85% en 95%.

### Beslisschema

Om vast te stellen of sprake is van invloed van de Pleistocene bodemdaling op de ecologische parameters (benthos en vogels) wordt een beslisschema gehanteerd (Figuur 10-4). Dit schema geeft stap voor stap aan wat er moet gebeuren om te bepalen of er een effect optreedt. Als eerste worden de gemeten parameters getoetst aan de signaleringswaardes (valt de gemeten waarde binnen of buiten de bandbreedte). Dit wordt gedaan voor het invloedsgebied (A in Figuur 10-4) en voor de referentiegebieden (B in Figuur 10-4). Daarna wordt de vergelijking uitgevoerd van de ontwikkelingen in het invloedsgebied en in de referentiegebieden (C in Figuur 10-4). De mogelijke combinaties van de ontwikkelingen in het invloedsgebied en de referentiegebieden zijn opgenomen in Tabel 10.1, waarbij ook is aangegeven wat de interpretatie van de ontwikkelingen is.



Figuur 10-4 Algemeen beslisschema voor de analyse van de ecologische parameters.

Wanneer in het invloedsgebied de parameters boven de signaleringswaarde uitkomen, dan zal waarschijnlijk geen sprake zijn van gevolgen van de Pleistocene bodemdaling door zoutwinning. Alleen wanneer in de referentiegebieden de ontwikkelingen ook boven de signaleringswaarden uitkomen, dan wordt een controlerende analyse uitgevoerd. Die analyse is erop gericht om vast te stellen of de ontwikkelingen in de referentiegebieden misschien nog gunstiger zijn dan die in het invloedsgebied.

Wanneer in het invloedsgebied de parameters binnen de bandbreedte vallen (tussen de signaleringswaarde uitkomen), dan zal waarschijnlijk ook geen sprake zijn van gevolgen van de Pleistocene bodemdaling door zoutwinning. Ook hier wordt een nadere analyse uitgevoerd wanneer in de referentiegebieden de ontwikkelingen boven de signaleringswaarden uitkomen. Die analyse is erop gericht om vast te stellen of de ontwikkelingen in de referentiegebieden misschien gunstiger zijn dan die in het invloedsgebied.

Wanneer in het invloedsgebied de parameters onder de signaleringswaarde vallen, dan is geen sprake van gevolgen van zoutwinning indien dit ook het geval is in de referentiegebieden. Wanneer in de

referentiegebieden sprake is van waardes die binnen bandbreedte vallen, of zelfs hoger zijn dan de signaleringswaarde, dan vindt een nadere analyse plaats.

In de analyse in het voorliggende Tnul-rapport is gestart met het beschouwen van de parameters die onder de signaleringswaarde vallen. In de toekomstige analyses zal dit worden uitgebreid met het beschouwen van de parameters binnen de bandbreedte en boven de bandbreedte.

*Tabel 10.1: Mogelijke combinaties van de verschillen tussen gemeten parameter en de signaleringswaardes in het invloedsgebied en de referentiegebieden. In het voorliggende rapport zijn alleen de situaties 'Lager dan de signaleringswaarde' beschouwd.*

Invloedsgebied	Referentiegebieden	Interpretatie	Relatie met zoutwinning
<b>Hoger dan signaleringswaarde</b>			
Hoger dan signaleringswaarde	Hoger dan signaleringswaarde	Waddenzee brede toename, groter dan trend	Waarschijnlijk geen negatieve invloed, controlerende analyse
Hoger dan signaleringswaarde	Binnen interval signaleringswaarden	Toename in invloedsgebied, groter dan trend	Geen negatieve invloed
Hoger dan signaleringswaarde	Lager dan signaleringswaarde	Toename in invloedsgebied, groter dan trend; In referentiegebieden afname groter dan trend	Geen negatieve invloed
<b>Binnen interval signaleringswaarden</b>			
Binnen interval signaleringswaarden	Hoger dan signaleringswaarde	Verwachte ontwikkeling in invloedsgebied; Toename in referentiegebieden	Waarschijnlijk geen negatieve invloed, controlerende analyse
Binnen interval signaleringswaarden	Binnen interval signaleringswaarden	Verwachte ontwikkeling in invloedsgebied en in referentiegebieden	Geen negatieve invloed
Binnen interval signaleringswaarden	Lager dan signaleringswaarde	Verwachte ontwikkeling in invloedsgebied; afname in referentiegebieden	Geen negatieve invloed
<b>Lager dan signaleringswaarde</b>			
Lager dan signaleringswaarde	Hoger dan signaleringswaarde	Afname in invloedsgebied, groter dan trend, Toename in referentiegebieden, groter dan trend	Mogelijk negatieve invloed: nadere analyse
Lager dan signaleringswaarde	Binnen interval signaleringswaarden	Afname in invloedsgebied, groter dan trend; Verwachte ontwikkeling in referentiegebieden	Mogelijk negatieve invloed: nadere analyse
Lager dan signaleringswaarde	Lager dan signaleringswaarde	Afname in invloedsgebied en in referentiegebieden, groter dan trend: Waddenzee brede verandering	Geen negatieve invloed

### Trendspotter

Signaleringswaarden zijn af te leiden met verschillende statistische methoden. In de huidige aanpak zijn ARIMA-modellen gebruikt. Een alternatief is het softwarepakket Trendspotter). Trendspotter maakt gebruik van structurele tijdreeksmodellen (STMs) in tegenstelling tot de ARIMA-modellen die geclassificeerd worden als niet-structurele tijdsreeksmodellen. Beide modelklassen worden gebruikt om tijdmeetreeksen beter te begrijpen of om toekomstige datapunten te kunnen voorspellen. Zowel bij de Trendspotter-modellen als bij de ARIMA-modellen wordt er gebruik gemaakt van een zogenaamde Kallman filter (algoritme) om de data te

filteren, “smoothen” en te voorspellen. Hierbij geldt dat bij de “smoothing” techniek de betrouwbaarheidsintervallen aan het begin en eind van de reeks groter zijn dan in het midden. Trendspotter heeft vergelijkbare restricties als de ARIMA’s ten aanzien van de data. Zo mogen er niet te veel 0 waarden in een dataset zitten of waarden dichtbij 0 en tijdseries mogen niet te kort zijn. Bovendien kan er geen rekening worden gehouden in het model met onzekerheden die verkregen zijn met imputatie van ruwe data. Het gebruik van vogeltellingen van de maand september, waarbij er nauwelijks data wordt bij geschat, is hierdoor te prefereren.

Het verschil tussen de twee klassen is dat in structurele tijdreeksmodellen elk component van de dataset (trend, seizoenspatroon, mogelijke verklarende variabelen en ruis) expliciet gemodelleerd kunnen worden. Hierdoor wordt inzichtelijk hoe een meetreeks is opgebouwd en kunnen de verschillende componenten apart worden geïnterpreteerd. Bij een ARIMA is de decompositie van de verschillende componenten in principe niet mogelijk of in ieder geval erg lastig (Visser, 2002). De mogelijkheid om afzonderlijk de seizoenspatronen of de weging van mogelijke verklarende variabelen te kunnen interpreteren kan helpen in de analyses. Een notie blijft hierbij wel dat data van de verklarende factoren meetbaar en beschikbaar moet zijn en in een dynamisch gebied als de Waddenzee kan dit lastig zijn. De invloeden van verschillende verklarende factoren zijn namelijk moeilijk van elkaar te onderscheiden.

Voor het vaststellen van de signaleringswaarden is het van belang dat er een goede voorspelling van de toekomstige aantallen aan benthos en vogels gemaakt kan worden. Het voorspellend vermogen van een ARIMA doet niet onder voor dat van de structurele tijdreeksmodellen in Trendspotter, zeker als er geen gegevens van verklarende variabelen bekend zijn. Als de onderliggende structuur van tijdseriesdata niet al te ingewikkeld is, dan zijn de ARIMA’s en structurele modellen gelijk aan elkaar. In veel gevallen van de huidige analyses op de vogel en benthos data betreft het relatief simpele ARIMA-modellen en zal het gebruik van Trendspotter voor voorspellingen hier weinig verschil maken.

De Trendspotter-software is dermate specialistisch in termen van de invoer van de gegevens en het instellen van de analyses, dat nog geen vergelijkende analyses zijn uitgevoerd. In de rapportage over 2019 zal er voor één of enkele parameters een vergelijking worden opgenomen.

## 10.5 Analyse en interpretatie

In de Tabel 10.2 worden de signaleringswaarden (de ondergrens van de bandbreedte) voor benthos gepresenteerd, die horen bij het 80% betrouwbaarheidsinterval. In een aantal gevallen waren de data ongeschikt om een signaleringswaarde te kunnen vaststellen, dan is dat ook niet gedaan, weerspiegelt door een -.

Tabel 10.2: Signaleringswaarden benthos (de ondergrens van de bandbreedte bij het 80% betrouwbaarheidsinterval).

deelgebied	Kokkels		Mosselen		Nonnetjes		
	Dichtheid (n/m <sup>2</sup> )	Biomassa (g FW/m <sup>2</sup> )	Dichtheid (n/m <sup>2</sup> )	Biomassa (g FW/m <sup>2</sup> )	Dichtheid (n/m <sup>2</sup> )	Biomassa (g FW/m <sup>2</sup> )	
invloed	Invloed totaal	18	63	0	0	0	
	Invloed A						
	Invloed B						
	Invloed C						
referentie	Ameland	41	184	12	-	101	-
	Vlie	54	205	-	-	12	4
	Richel	1	0	0	41	0	0
	Eijerland	0	0	-	-	0	-
	Marsdiep	0	164	0	0	0	0

Lauwers 66 0 30 146 10 9

Als voorbeeld zijn de metingen van 2017 en 2018 gebruikt, waarbij voor iedere parameter is gekeken of de signaleringwaarde wordt overschreden. Dit is een fictieve oefening omdat er nog niet met zoutwinning is begonnen.

Voor de kokkels, mossels en nonnetjes zijn tabellen gemaakt waarin is aangegeven in welke gebieden de meetwaarde lager ligt dan de voorspelde bandbreedte (oftewel de signaleringswaarde wordt onderschreden) en deze zijn oranje gemarkeerd. Dit is ook kaarten gepresenteerd.

**Kokkels** (Tabel 10.3, Figuur 10-5 en Figuur 10-6)

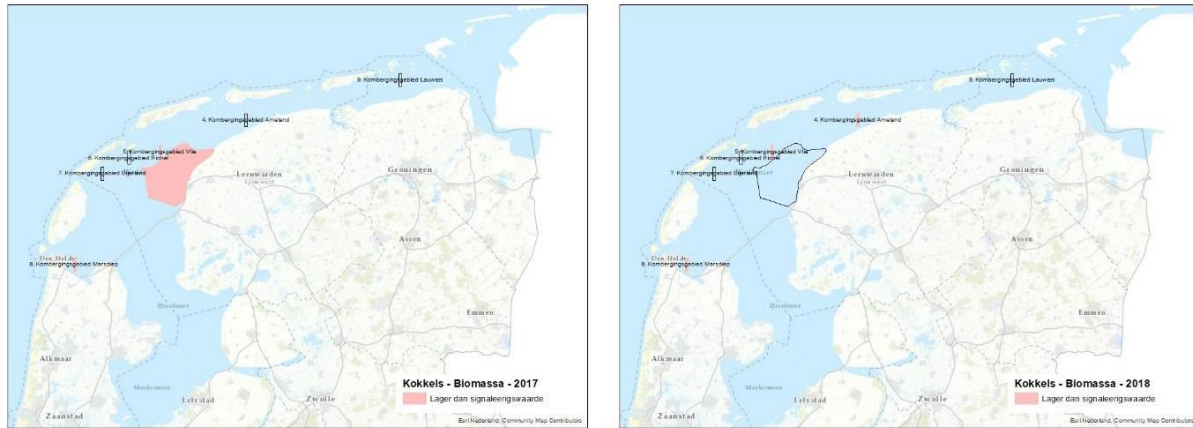
In het invloedsgebied wordt in 2017 beneden de signaleringwaarde gescoord. De meetwaarden onder de signaleringswaarde in 2017 van zowel de biomassa als de dichtheid zou, in het geval Pleistocene bodemdaling door zoutwinning zou optreden, aanleiding zijn voor een nadere analyse. In deze analyse zou duidelijk worden dat de waarden ook in enkele referentiegebieden worden onderschreden. Mogelijk zou dit nog geen reden zijn om de invloed van bodemdaling op kokkels uit te sluiten. Maar de meetwaarden van 2018 geven aan dat de signaleringswaarden niet meer worden onderschreden. Daarom is er geen reden meer om aan te nemen dat de biomassa en dichtheid aan kokkels in het invloedsgebied achteruitgaat.

Dat de waarnemingen aan de aantallen en dichtheden van kokkels zeer grote variaties zien, zowel in de tijd als tussen de gebieden is ook duidelijk aan de onderschrijdingen die in verschillende referentiegebieden optreden in 2017 en 2018. Een belangrijke oorzaak hiervoor is het verschil in succesvolle broedval dat van jaar op jaar plaatsvindt, die tot uitdrukking komt in enorme pieken in de biomassa van de kokkels in verschillende referentiegebieden (Figuur 10-7). Een andere verklaring is het verplaatsen van kokkelbanken in en uit de waarnemingsraaien. Bij waarnemingen met lage biomassa en dichtheden van kokkels in de toekomst moet dit in ogenschouw worden genomen.

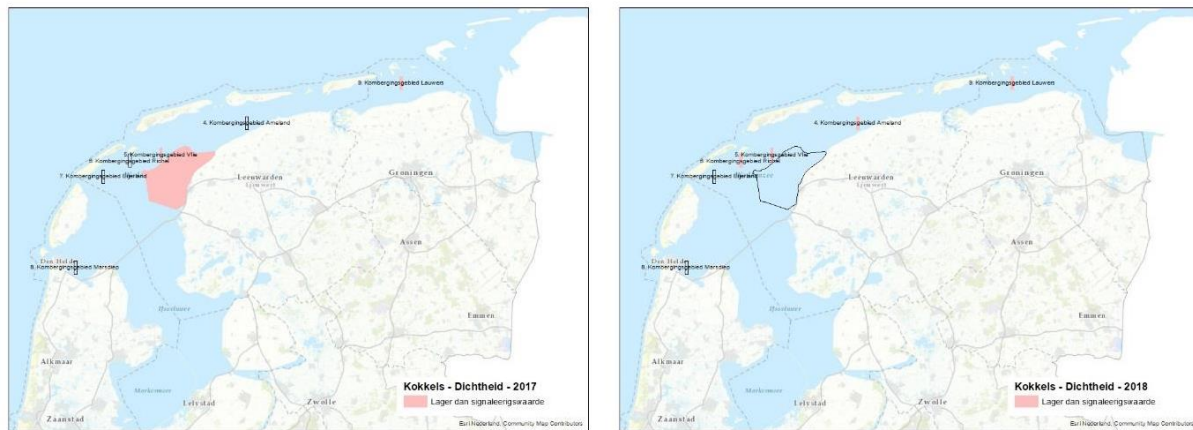
Tabel 10.3 Onderschrijdingen signaleringswaarden (oranje vakken) voor de biomassa en dichtheid van kokkels in het invloedsgebied (invloed) en de referentiegebieden (referentie) voor 2017 en 2018.

		Biomassa 2017	Dichtheid 2017	Biomassa 2018	Dichtheid 2018
<b>Invloed</b>	invloed	Nadere analyse	Nadere analyse		
<b>Referentie</b>	Ameland				
	Vlie				
	Richel				
	Eierland				
	Marsdiep				
	Lauwers				

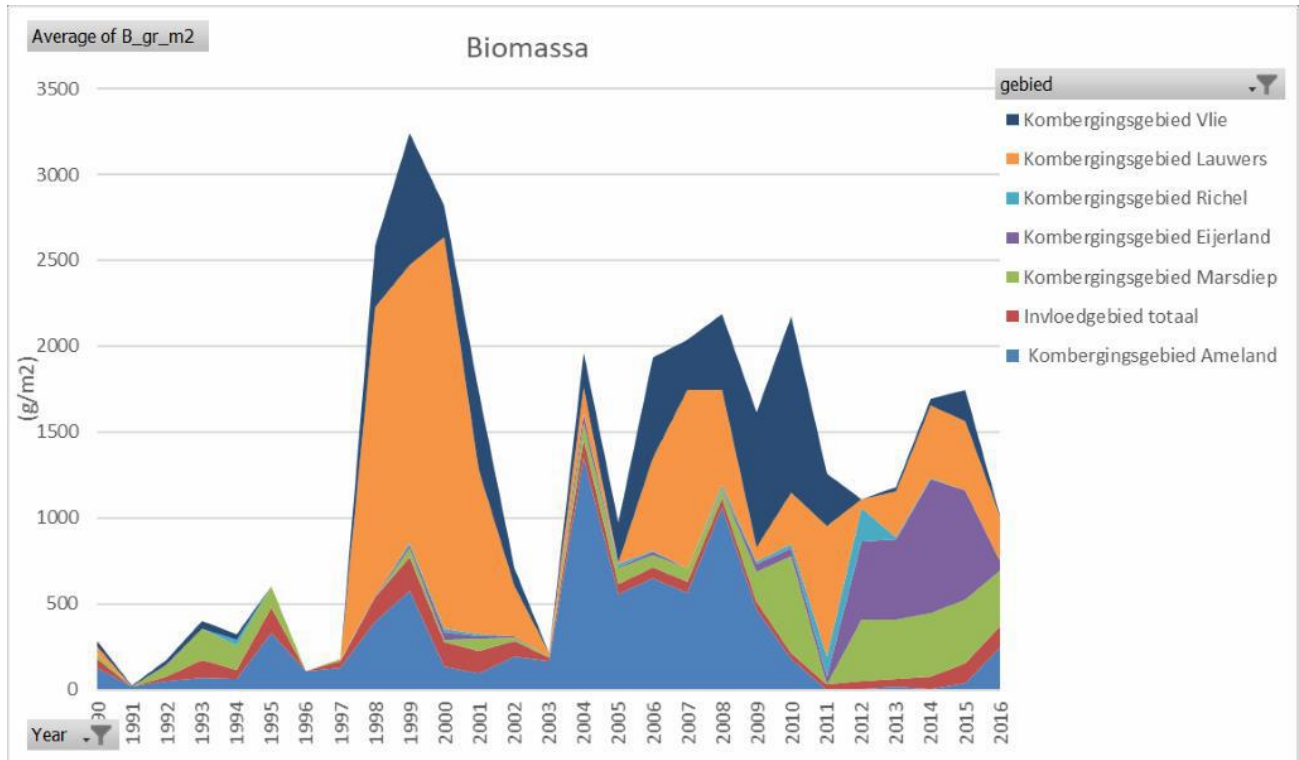




Figuur 10-5: Onderschrijding signaleringswaarde voor biomassa kokkels (rode gebieden).



Figuur 10-6. Onderschrijding signaleringswaarde voor dichtheid kokkels (rode gebieden).



Figuur 10-7 Grafiek met de biomassa van kokkels in de verschillende referentiegebieden en het invloedsgebied van 1990 tot en met 2016.

**Mosselen** (Tabel 10.4, Figuur 10-8 en Figuur 10-9)

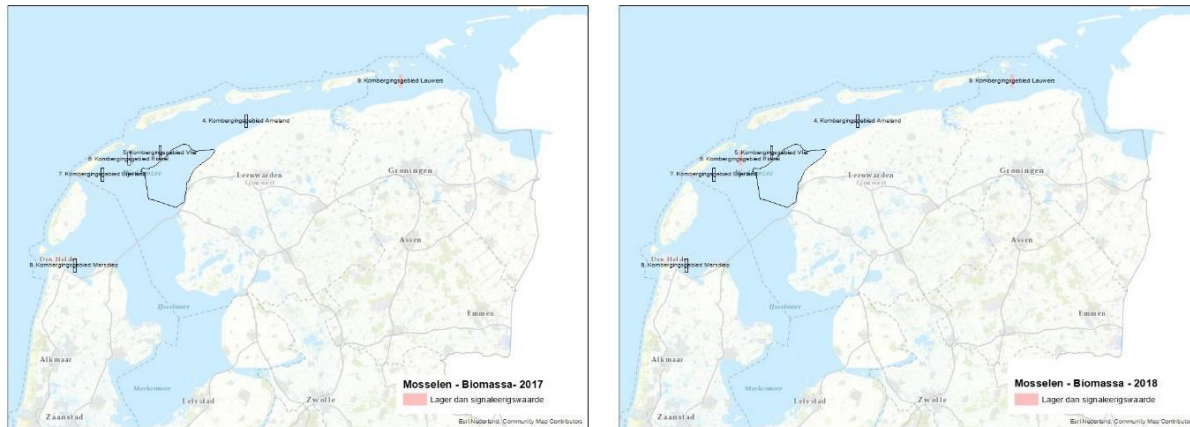
De gemeten waarden voor mosselen geven geen aanwijzingen dat de biomassa en dichtheid mosselen in het invloedsgebied achteruitgaat. Een nadere analyse hoeft dan ook niet plaats te vinden.

In de tijd laten de waarnemingen aan de aantallen en dichtheden van mosselen zeer lage waarden zien voor het begin van de 21<sup>ste</sup> eeuw (Figuur 10-10). De zeer lage waarden zijn het gevolg van het wegvissen van de mosselbanken in de jaren '90 van de vorige eeuw (van der Meer et al., 2019 en zie bijvoorbeeld Dankers et al., 2004 voor de invloed van visserij op mosselbanken in de Waddenzee). In de periode 2002-2005 worden grote aantallen en hoge biomassa aangetroffen. Dit is waarschijnlijk het gevolg van de succesvolle broedval en ontwikkeling van mosselbanken. Ook in 2017 is het bestand aan mossel en mosselbanken in de Waddenzee sterk toegenomen (van de Ende, 2017). Ondanks deze toename blijven de waarden voor het referentiegebied Lauwers achter. Een verklaring hiervoor is niet bekend. De variatie in de broedval van de mossels ligt waarschijnlijk in het moment en de verspreiding van de mossellarven en niet in één omgevingsparameter, zoals een koude winter voorafgaand aan de broedval (Folmer et al., 2014). Bij waarnemingen met lage biomassa en dichtheden van mosselen in de toekomst is het belangrijk om de grote autonome variaties die hierin optreden, te beschouwen.

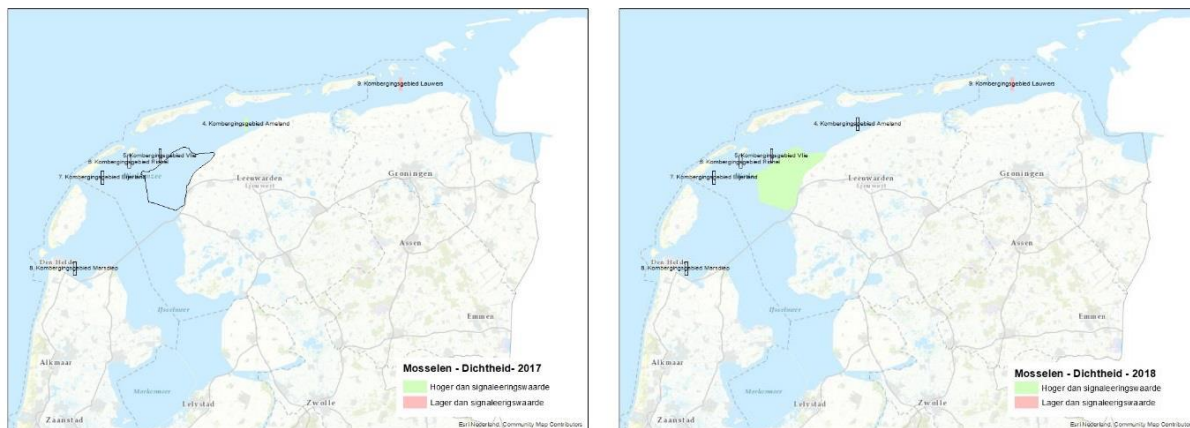
Tabel 10.4 Onderschrijdingen signaleringswaarden (oranje vakken) voor de biomassa en dichtheid van mosselen in het invloedsgebied (invloed) en de referentiegebieden (referentie) voor 2017 en 2018.

		Biomassa 2017	Dichtheid 2017	Biomassa 2018	Dichtheid 2018
<b>Invloed</b>	invloed				
<b>Referentie</b>	Ameland				
	Vlie				
	Richel				
	Eierland				

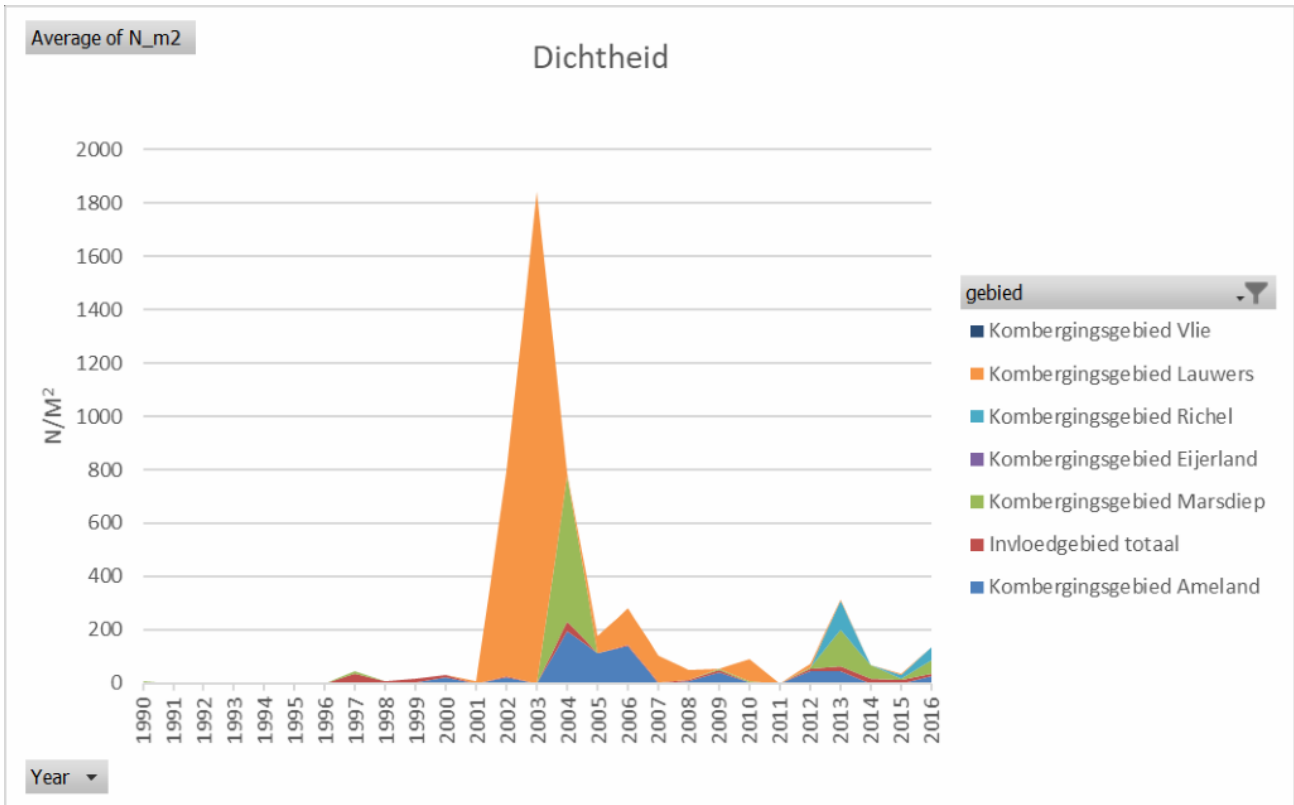
	Biomassa 2017	Dichtheid 2017	Biomassa 2018	Dichtheid 2018
Marsdiep				
Lauwers				



Figuur 10-8. Onderschrijding signaleringswaarde voor biomassa mosselen (rode gebieden).



Figuur 10-9. Onderschrijding signaleringswaarde voor dichtheid mosselen (rode gebieden).



Figuur 10-10 Grafiek van dichtheid van Mosselen in de verschillende referentiegebieden en het invloedsgebied.

**Nonnetje** (Tabel 10.5, Figuur 10-11 en Figuur 10-12)

De gemeten waarden voor nonnetjes geven zijn geen aanwijzingen dat de biomassa en dichtheid nonnetjes in het invloedsgebied achteruit gaat. Een nadere analyse hoeft dan ook niet plaats te vinden.

Vanaf 2000 tot 2006 was sprake van een sterke afname van de dichtheden en biomassa van nonnetjes ten opzichte van de periode daarvoor (Figuur 10-10). Vanaf 2012 nemen de dichtheden en biomassa weer toe. De Waddenzee-brede afname van Nonnetjes is door onderzoekers gerelateerd aan de toename van de gemiddelde watertemperatuur van de Waddenzee (zie bijvoorbeeld Beukema et al., 2009). Dit verklaart echter niet de recente toename. Mogelijk heeft een ziekte ook bijgedragen aan de Waddenzee-brede afname en het verdwijnen van deze ziekte aan de recente toename (Beukema, 2017). Bij dalende en stijgende trends in de toekomst moeten de langjarige autonome variaties in ogenschouw worden genomen.

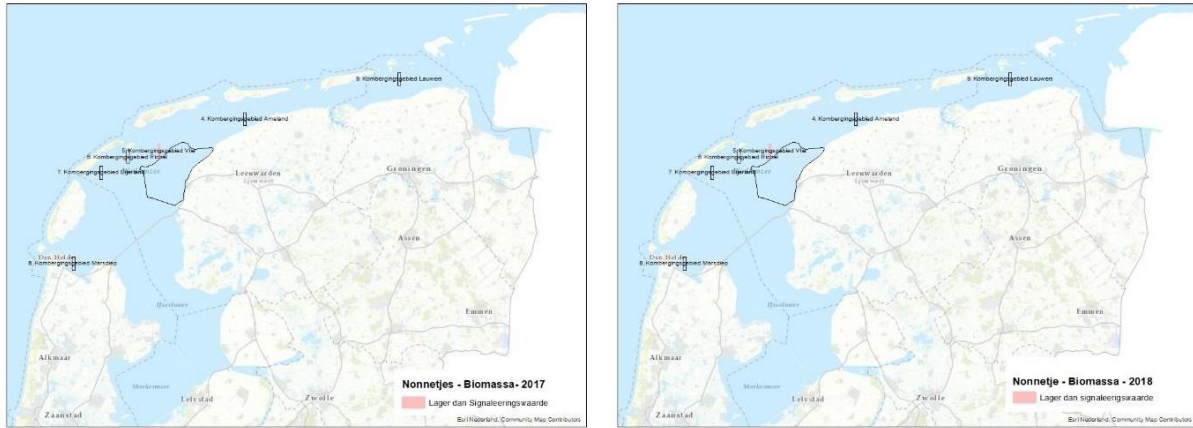
Tabel 10.5 Onderschrijdingen signaleringswaarden (oranje vakken) voor de biomassa en dichtheid van nonnetjes in het invloedsgebied (invloed) en de referentiegebieden (referentie) voor 2017 en 2018.

		Biomassa 2017	Dichtheid 2017	Biomassa 2018	Dichtheid 2018
<b>Invloed</b>	invloed				
<b>Referentie</b>	Ameland				
	Vlie				
	Richel				
	Eierland				
	Marsdiep				

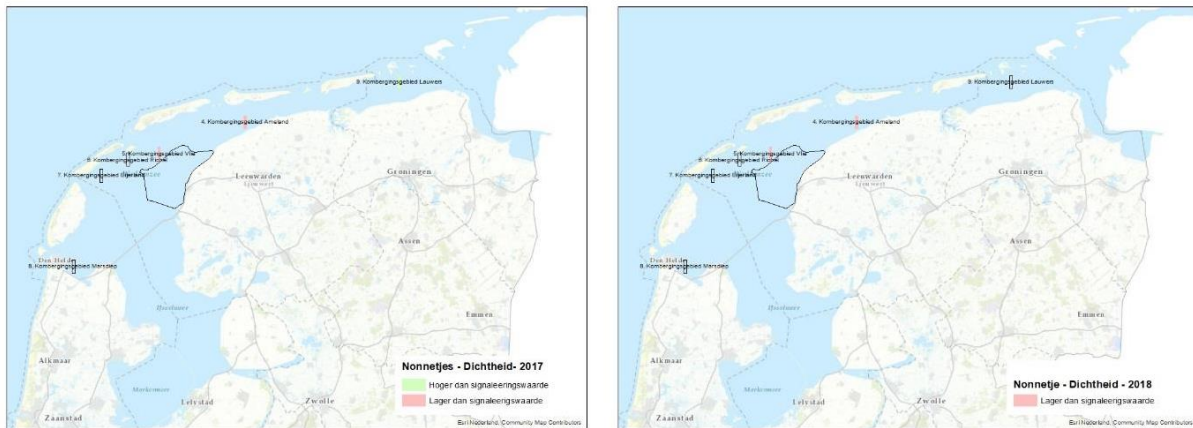


Biomassa 2017	Dichtheid 2017	Biomassa 2018	Dichtheid 2018
------------------	-------------------	------------------	-------------------

Lauwers

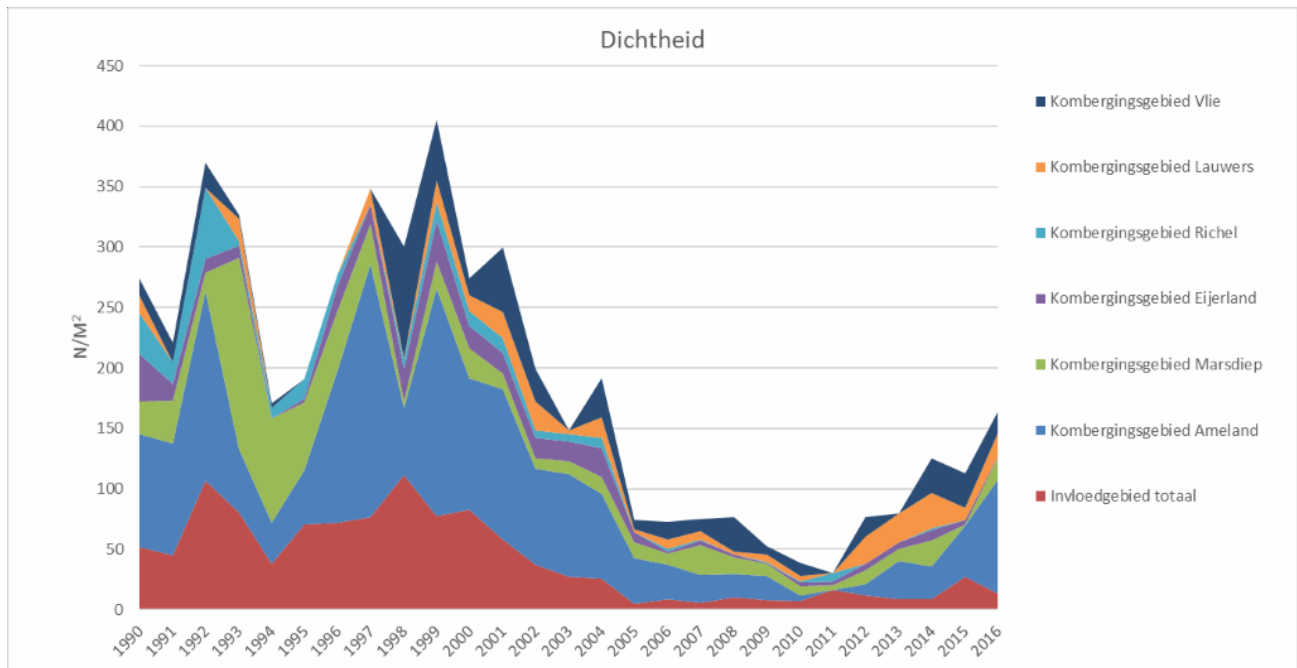


Figuur 10-11: Onderschrijding signaleringswaarde voor biomassa nonnetjes (rode gebieden).



Figuur 10-12: Onderschrijding signaleringswaarde voor dichtheid nonnetjes (rode gebieden).





Figuur 10-13 Grafiek van de dichtheid van Nonnetjes in de verschillende referentiegebieden en het invloedsgebied.

Duidelijk is dat voor de drie benthos-soorten die zijn beschouwd, de keuze voor het 80% betrouwbaarheidsinterval betekent dat frequent overschrijdingen van de signaleringswaarden optreden. Voor de kokkels had een nadere analyse plaatsgevonden van de ecologische en morfologische variabelen in het studiegebied, indien al sprake was geweest van Pleistocene bodemdaling ten tijde van de metingen.

## 10.6 Bruikbaarheid en samenhang met andere metingen

De benthosbemonstering is uitstekend bruikbaar om inzicht te geven in de aantallen en de biomassa van de drie geselecteerde soorten op de verschillende locaties. Vanwege de grote fluctuaties die optreden in de aantallen en de biomassa van de schelpdieren in de Waddenzee, zal het altijd uitdagend blijven om eenduidige verbanden te leggen tussen de resultaten van de benthosbemonstering, de Pleistocene bodemdaling door zoutwinning en andere plausibele oorzaken voor variaties.

De resultaten van de benthosbemonstering zullen worden beschouwd in samenhang met de waarnemingen aan de bodemligging (primair: de raaimetingen, aanvullend de spijkermetingen en de LiDAR-hoogtemetingen) en de sedimentsamenstelling. Door de veranderingen in het benthos in samenhang te beschouwen met de veranderingen in de bodemhoogte en de sedimentsamenstelling kan worden vastgesteld of waargenomen veranderingen samenhang met de Pleistocene bodemdaling door zoutwinning, of dat andere oorzaken meer voor de hand liggen.

## 11 SEDIMENTSAMENSTELLING

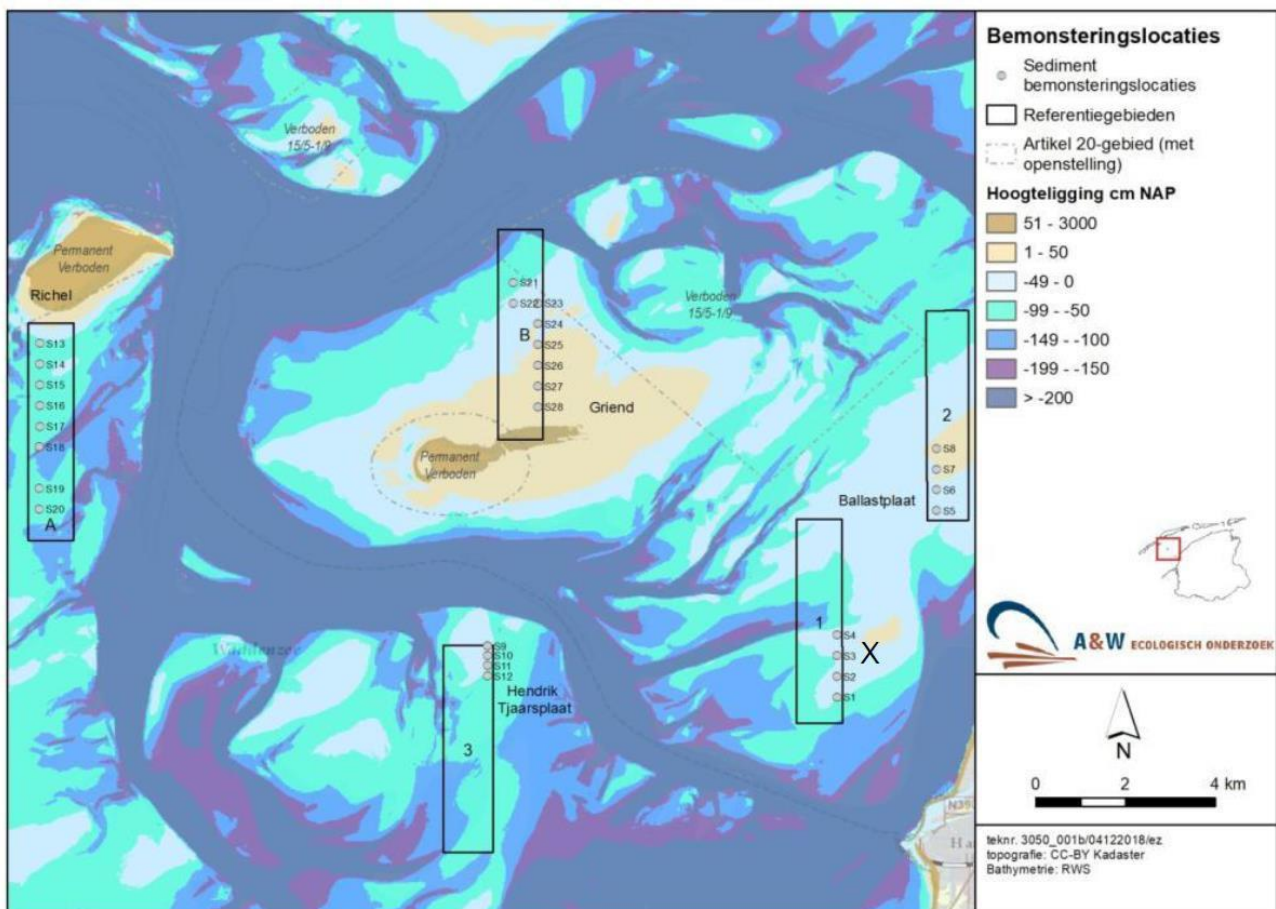
### 11.1 Introductie meetmethode<sup>18</sup>

Het meten van de sedimentsamenstelling bestaat uit het verzamelen van sedimentmonsters in het veld en de analyse van de sedimentmonsters. De analyse van de sedimentsamenstelling kan op verschillende wetenschappelijk geverifieerde, genormeerde en veel toegepaste manieren plaatsvinden, bijvoorbeeld doormiddel van het droog of nat zeven van het monsters, middels gravimetrische bepaling, of met een laser particle sizer. Ook zijn verschillende voorbehandelingen mogelijk zijn, bijvoorbeeld het wel of niet verwijderen organisch materiaal en/of kalk, ultrasoon trillen, verwerking in zeewater of in zoetwater.

De uitkomsten van de verschillend voorbehandelingen en meetmethode zijn moeilijk onderling vergelijkbaar. Belangrijker dan de keuze voor de meetmethode is het consequent blijven werken volgens de gekozen methode. De methode van voorbewerking en meten wordt geselecteerd zodat deze aansluit bij de SIBES meetinspanningen in de Waddenzee.

Het doel van de monitoring van de sedimentsamenstelling is om vast te stellen of en welke veranderingen plaatsvinden in de sedimentsamenstelling. Deze abiotische factor is medebepalend voor de geschiktheid van het habitat voor benthos. Veranderingen in de sedimentsamenstellingen worden verwacht, omdat dit een abiotische variabele is die zowel in de ruimte als in de tijd varieert. Veranderingen als gevolg van de Pleistocene bodemdaling worden niet verwacht.

De locaties (Figuur 11-1) en de frequentie komen overeen met die van de benthosbemonstering.



Figuur 11-1 Bemonsteringslocaties voor sedimentsamenstelling (locaties 1 t/m 3, locaties A & B en locatie X van de spijkermetingen).

<sup>18</sup> De inhoud van deze paragraaf is aangepast naar: Aangepast Addendum Monitoringplan Zoutwinning Waddenzee, d.d. 23 maart 2016, referentie 078878869 0.1.

Frisia Zout B.V. is de opdrachtgever voor het uitvoeren van deze meting. De metingen worden uitgevoerd door Bureau Altenburg en Wymenga, in samenwerking met WaterProof.

## 11.2 Gegevens

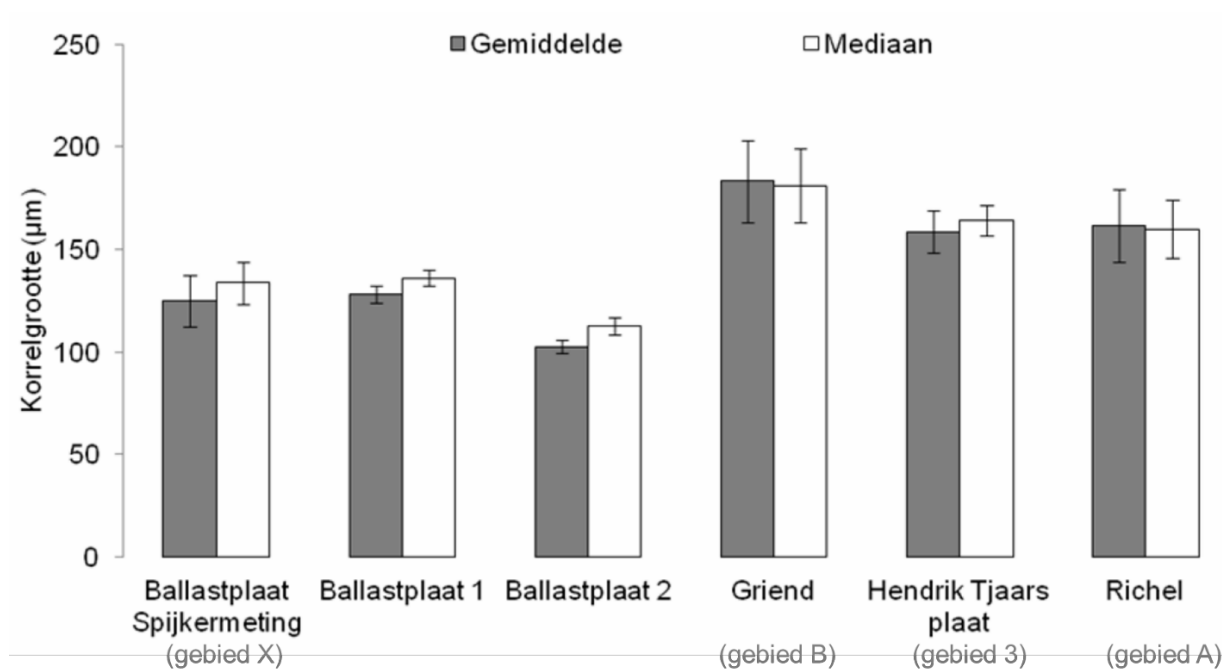
De resultaten van de bemonstering zijn opgenomen in het rapport "Sedimentsamenstelling Ballastplaat. Jaarrapport 2018" (van der Zee et al., 2018b). De belangrijkste resultaten zijn in het voorliggende rapport overgenomen.

De sedimentsamenstelling is bepaald in zes gebieden (Figuur 11-1), waarbij per gebied meerdere monsters zijn verzameld (Tabel 11-1). In de gebieden 1 t/m 3 zijn 4 locaties bemonsterd langs een raai. In de gebieden A en B zijn 8 locaties bemonsterd langs een raai. Daarnaast is het sediment bemonsterd op de spijkermetinglocaties.

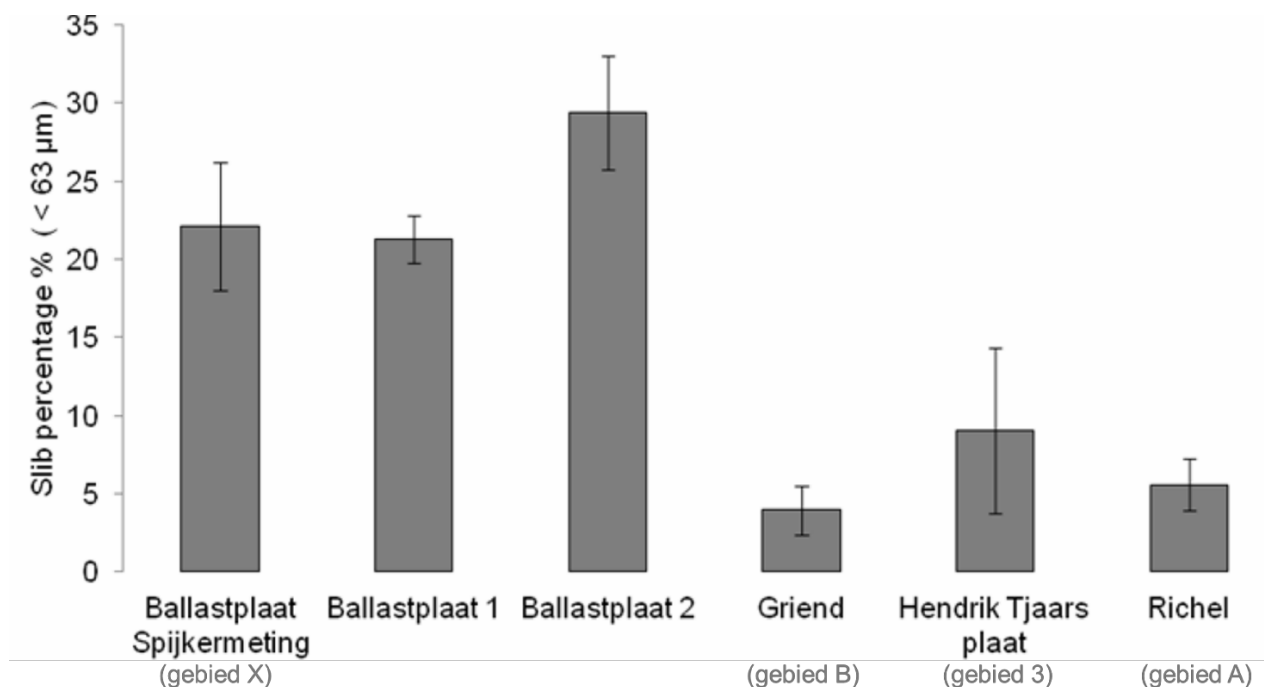
Tabel 11-1 Monstergebieden en -punten voor de sedimentbemonstering

Gebieden	Wadplaat	Monsterpunten
Gebied 1 in het gebied met Pleistocene bodemdaling	Ballastplaat	4
Referentiegebied 2 binnen het invloedsgebied	Ballastplaat	4
Referentiegebied 3 binnen het invloedsgebied	Hendrik Tjaarsplaat	4
Benthosgebied A buiten het invloedsgebied	Richel	8
Benthosgebied B buiten het invloedsgebied	Grienderwaard	8
Spijkermetingen in het gebied met Pleistocene bodemdaling (X in Figuur 11-1)	Ballastplaat	12

Op elke bemonsteringslocatie is een monster genomen met een steekbuis tot ongeveer 20 cm diepte. Van dit monster is een sedimentmonster genomen met een kleine steekbuis tot 4 cm diepte. Bij de bemonstering zijn opvallende kenmerken van het sediment genoteerd en is een kwalitatieve inschatting van de ecologische rijkheid gemaakt. De korrelgrootteanalyses zijn op het NIOZ uitgevoerd met een Beckman Coulter LS 13 320 laser-particle sizer. De resultaten van de analyses zijn opgenomen in Figuur 11-2 en Figuur 11-3.



Figuur 11-2 Gemiddelde en mediane korrelgrootte (µm) met standaarddeviaties (balken).



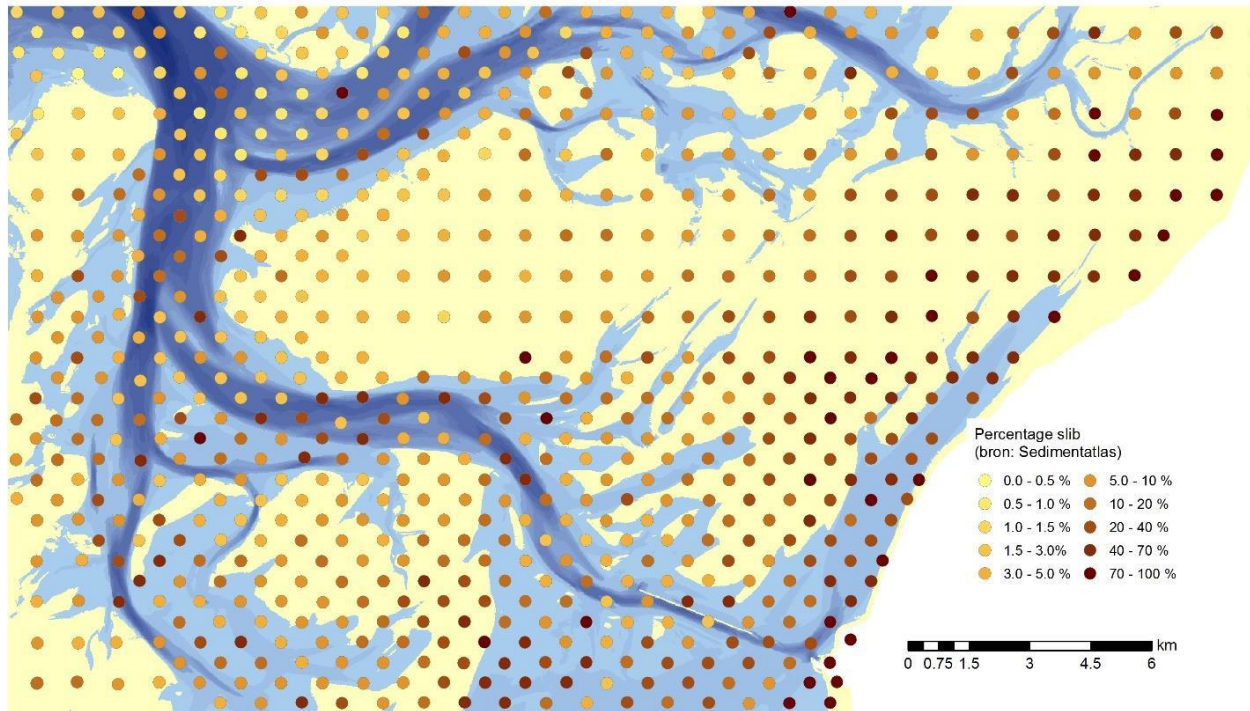
Figuur 11-3 Slib percentage (% < 63 µm) met standaarddeviaties (balken).

De onderzochte gebieden op de Ballastplaat hebben een kleinere korrelgrootte dan de gebieden op Griend, Hendrik Tjaarsplaat en Richel. Ook de slibgehalten op de Ballastplaat zijn hoger dan die in de andere gebieden. De variaties in de slibgehalten zijn het hoogst op de Hendrik Tjaarsplaat. De waarden voor de gemiddelde en de mediane korrelgrootte liggen dicht bij elkaar en dat wijst er op dat de vorm van korrelgrootteverdelingen min of meer normaal (Gauss-curve) is.

### 11.3 Analyse

De gemeten waarden voor de korrelgroottes komen overeen met SIBES metingen (Compton et al., 2013; Christianen et al., 2015). Ter vergelijking is het slibgehalte, zoals het is bepaald medio jaren '90

weergegeven (gegevens uit de SedimentAtlas, Rijkswaterstaat, 1998). De kaart in Figuur 11-4 laat ook zien dat Richel en Griend en de Hendrik Tjaarsplaat relatief weinig slib bevatten in vergelijking met de Ballastplaat. Vanwege het verschil in bemonstering en analyse tussen de Sedimentatlas en de analyses voor Frisia en SIBES mogen alleen de patronen worden vergeleken en niet de absolute slibgehalten. Het ruimtelijke patroon in de slibgehalten is over de jaren heen standvastig, zoals ook opgemerkt door Herman et al., 2018.



Figuur 11-4 Kaart met de slibpercentages op de monsterpunten uit de Sedimentatlas.

## 11.4 Bruikbaarheid en samenhang met andere metingen

De uitkomsten van de sedimentsamenstellingsmetingen komen overeen met de verwachting op basis van eerdere metingen aan de korrelgrootte en het slibgehalte. De metingen van de komende jaren, voorafgaande aan het optreden van de Pleistocene bodemdaling, zullen aanvullend inzicht opleveren in de variatie die van jaar-op-jaar optreedt in de sedimentsamenstelling.

De sedimentsamenstelling is één van de abiotische parameters van het habitat van de droogvallende platen. Het slibgehalte van de wadplaten is medebepalend voor de aan- en afwezigheid van bepaalde bodemdieren, hoewel de meeste wadbodembewoners een grote range kennen van slibgehalten waarbij deze aanwezig kunnen zijn. Het slibgehalte van de wadbodem wordt overigens ook beïnvloedt door ecologische factoren, waaronder de aanwezigheid van phytobenthos en mossel- en kokkelbanken. De metingen van de sedimentsamenstelling zullen worden beschouwd in samenhang met de analyse van het benthos.



## 12 HOOGWATERVLUCHTPLAATS (HVP) TELLINGEN

### 12.1 Introductie meetmethode<sup>19</sup>

Bij tellingen op hoogwatervluchtplaatsen (HVP's) wordt vastgesteld hoeveel van welke vogelsoorten aanwezig zijn op de Hoogwatervluchtplaatsen. HVP tellingen zijn onderdeel van de reguliere monitoring van de watervogels, waarbij voor de Waddenzee de internationale afspraken worden gehanteerd over de opnamemomenten. Een beschrijving van de methodieken watervogeltellingen zoals uitgevoerd in het nationale Netwerk Ecologische Monitoring is onder andere opgenomen in van Strien (2007) en na te lezen in Ens e.a. (2012). Voor de monitoring van de zoutwinning worden drie sleutelsoorten (scholekster *Haematopus ostralegus*, bonte strandloper *Calidris alpina* en de kanoet *Calidris canutus*) op negen hoogwatervluchtplaatsen beschouwd.

De HVP-tellingen metingen geven aanvullende informatie over het gebruik van het habitat droogvallende wadplaten. De sleutelsoorten voor de foeragerende steltlopers zijn de scholekster *Haematopus ostralegus*, bonte strandloper *Calidris alpina* en de kanoet *Calidris canutus*. De gekozen soorten leveren een representatieve doorsnede voor dit habitat. Tezamen met de gegevens over de bodemdieren geeft het gebruik van de wadplaten door steltlopers inzicht in de kwaliteit van de habitats droogvallende platen.

De frequentie en ruimtelijke indeling van de hvp-tellingen is vastgelegd in de methodieken watervogeltellingen zoals uitgevoerd in het nationale Netwerk Ecologische Monitoring (van Strien 2007). De tellingen worden vijf keer per jaar uitgevoerd, integraal voor de gehele Waddenzee.

Uit de HVP's rond en in de Waddenzee zijn negen geselecteerd (Figuur 12-1). De HVP zijn zodanig gekozen dat er drie (WG14, WG27 en WG24) in de directe nabijheid van de Pleistocene bodemdalingsschotel liggen, terwijl de overige buiten het bereik van de Pleistocene bodemdalingsschotel en het invloedgebied liggen.



Figuur 12-1: Indeling HVP telgebieden rond de Waddenzee, met de negen geselecteerd HVP's voor de monitoring.

De HVP-tellingen worden uitgevoerd door vrijwilligers, onder supervisie van SOVON. Frisia vraagt de gegevens op van de HVP-tellingen van de negen gebieden, ten bate van het vaststellen van de Nul-situatie en de situatie ten tijde van de zoutwinning.

<sup>19</sup> Dit inhoud in deze paragraaf is afkomstig uit: Monitoringsplan Havenmond; Frisia Zout B.V. 23 jan 2013. Arcadis rapport ref 074907501.

## 12.2 Gegevens

Bij de monitoring wordt het aantal vogels op soortniveau binnen HVP begrenzingsen zowel binnendijs als buitendijs bepaald. De Integrale telling vindt plaats op internationaal afgesproken data (soms iets afwijkend van rest van het land). De telling start uiterlijk 1 uur voor hoog water. De tellingen zijn gestart in 1975. De gebruikte meetwaarden voor deze analyse zijn door SOVON gecorrigeerd voor mogelijke onderschattingen (imputting). Voor goede analyse van een tijdserie is een tijdreeks nodig met evenwijdige tijdstappen én zo min mogelijk ontbrekende data.

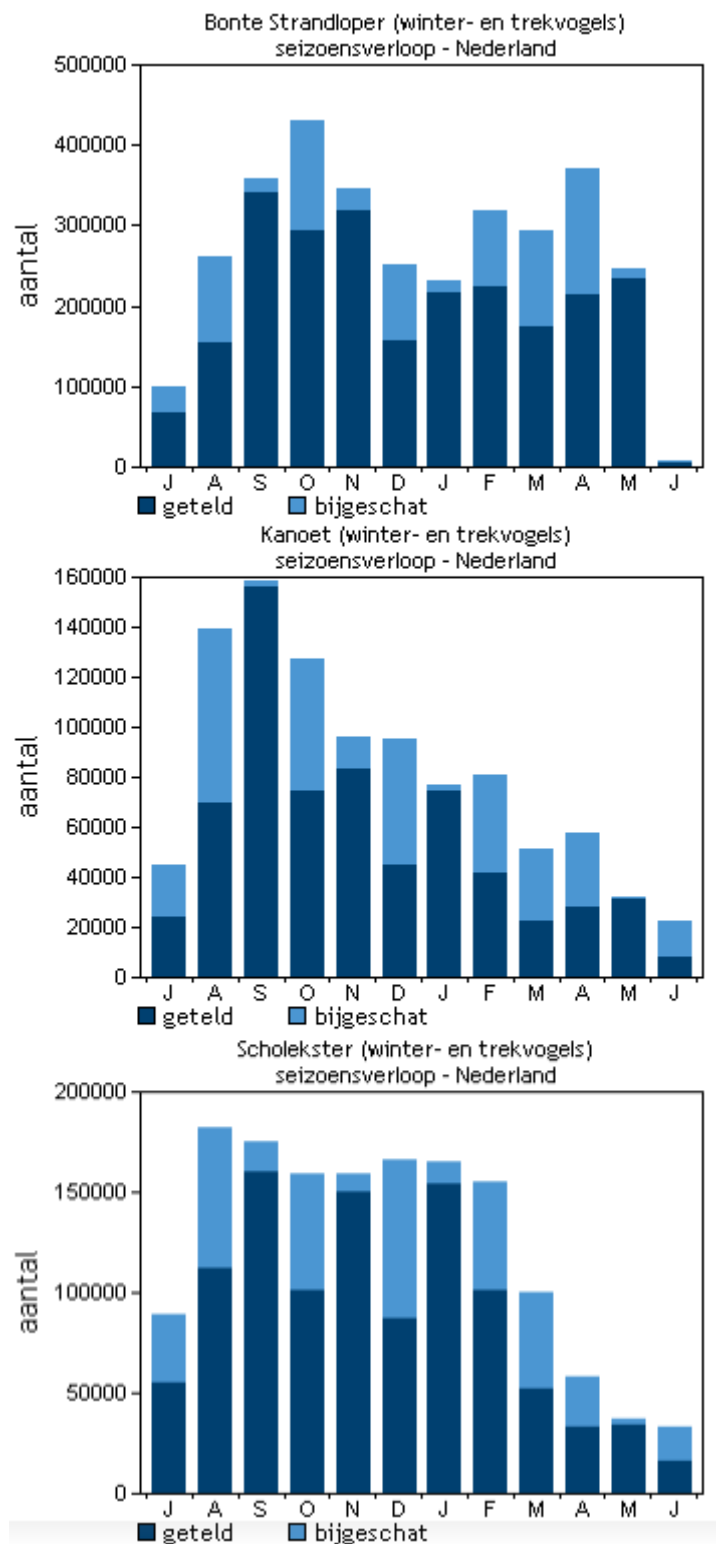
De trendanalyses voor de drie soorten zijn gemaakt op basis van meetdata uit de maand september, omdat in deze maand alle soorten in grote aantallen in de Waddenzee aanwezig zijn en omdat de gegevenskwaliteit in deze maand het beste is.

Tabel 12.1 geeft een overzicht van in welke de maanden van het jaar de drie soorten in de Waddenzee te vinden zijn en in welke maand ze in de hoogste aantallen voorkomen. Hieruit blijkt dat er voor elke soort in de maand september oftewel hoge oftewel de hoogste aantallen worden waargenomen in de Waddenzee.

Tabel 12.1 Jaarlijks voorkomen van drie vogelsoorten in de Waddenzee. Rood: piek in aantallen; Roze: voorkomen; X: er is voldoende beschikbare data (Sovon).

	jan	feb	mrt	apr	mei	jun	jul	aug	sept	okt	nov	dec
Kanoet <i>Calidris canutus</i>	X				X				X		X	
Kanoet <i>Calidris islandicus</i>	X				X				X		X	
Scholekster	X				X				X		X	
Bonte strandloper	X				X				X		X	

De HVP-tellingen hebben, vanwege het weer en beschikbaarheid van vrijwilligers een onregelmatige dekking en ontbrekende data wordt dan met het TrendSpotter model aangevuld (Soldaat et al., 2007), dit wordt bijschatting of 'imputing genoemd'. Het gevaar dat datasets waar veel bijschatting op is gedaan eerder bepaalde trends vertonen dan werkelijke tellingen. Om dit risico te minimaliseren is ervoor gekozen om gebruik te maken van tellingen van de maand waar de minste bijschatting wordt gedaan. De telling in september heeft het laagste percentage (2.04%) bijschatting (zie ook Figuur 12-2).



Figuur 12-2 seizoensvoorkomen (juli t/m juni) per maand in Nederland, totaal aantallen per maand uitgesplitst in geteld en bijgeschat (sovon.nl).

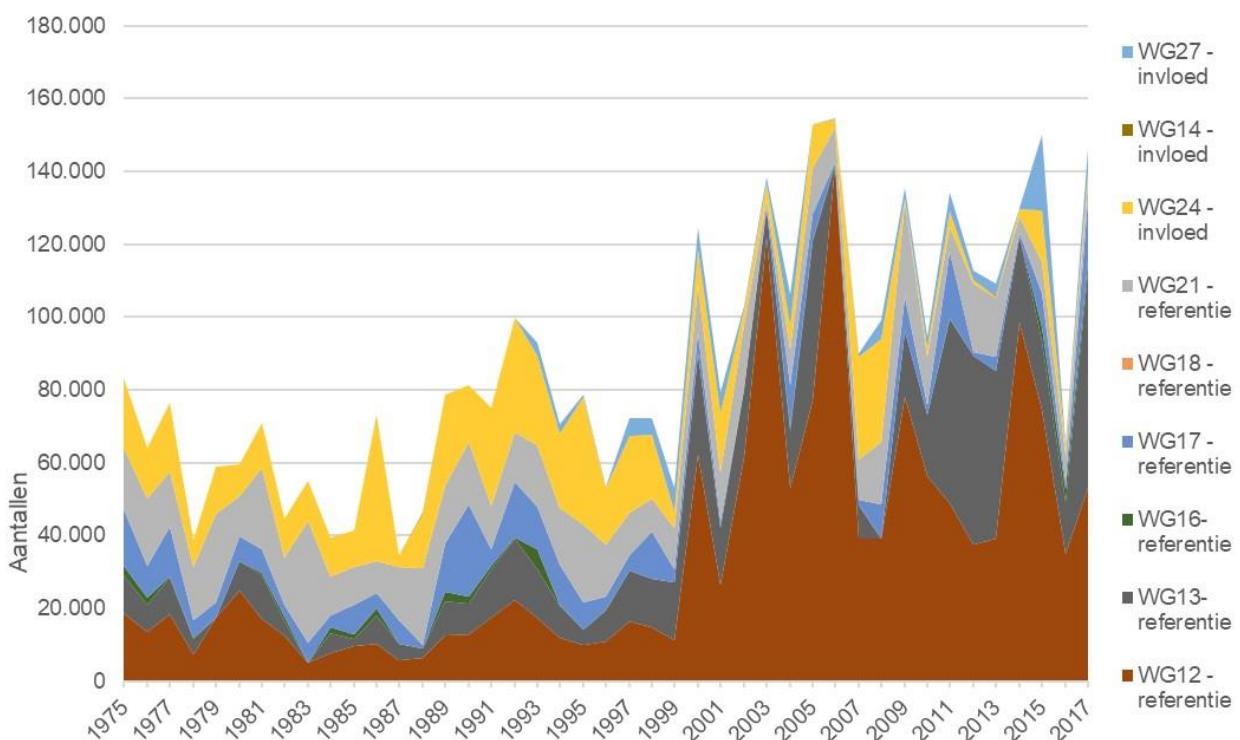
### 12.3 Analyse en interpretatie

De paragraaf 10.4 ‘Aanpak van de ecologische analyses’ in het hoofdstuk over Benthos, geeft de beschrijving van de aanpak, zoals die ook voor de HVP-tellingen is toegepast. Eerst zijn signaleringswaarden bepaald voor de drie vogelsoorten, voor het HVP’s nabij het invloedsgebied en voor de HVP’s nabij de referentiegebieden. Vervolgens is vastgesteld of overschrijdingen van de vogelaantallen hebben plaatsgevonden. Voor de eerste analyse zijn de metingen van 2017 gebruikt, waarbij voor iedere parameter is gekeken of de signaleringwaarde wordt overschreden. Omdat nog niet met de zoutwinning is begonnen en geen Pleistocene bodemdaling heeft plaatsgevonden, zijn eventuele overschrijdingen van de signaleringswaarden met zekerheid niet gerelateerd aan de zoutwinning.

#### Bonte strandloper (Tabel 12.2 en Figuur 12-3)

De bonte strandloper is een steltloper die broedt in de toendra’s van gematigde en arctische klimaatzones in Scandinavië, de Baltische Staten en West-Rusland, maar ook hoog Arctische broedgebieden kent in Centraal- en Oost- Azië. De vogels die door Nederland trekken overwinteren in de wadgebieden langs de kusten van Noordwest- en Zuidwest-Europa en in West-Afrika. Tijdens hoogwater gaat de soort soms door met voedselzoeken op hooggelegen delen van de getijdenplaten, aan de kwelder- of dijkrand of op drassige plaatsen binnendijks. De bonte strandlopers gebruiken doorgaans kwelders, zand- en modderbanken, stranden en inlagen als gezamenlijke hoogwatervluchtplaatsen en deelt die plaatsen vaak met andere vogelsoorten (Ministerie van LNV, 2008a). Bonte strandlopers voeden zich op het wad vooral met borstelwormen, mollusken, insecten, kreeftachtigen, schelpdieren, soms kleine visjes en plantaardig materiaal.

De waarnemingen aan de HVP’s, zoals getoond in Figuur 12-3, laten zeer grote verschillen zien in de aantallen Bonte strandlopers tussen de verschillende gebieden, van tientallen tot tienduizenden. Ook in de tijd zijn grote variaties zichtbaar in de aantallen Bonte strandlopers. Dit past bij de wijze waarop de Bonte strandlopers in grote groepen aanwezig zijn in de herfst in het wadengebied.



Figuur 12-3 Grafiek van het aantal bonte strandlopers in de verschillende referentie HVP's en de HVP's bij het invloedsgebied.

De signaleringswaarden worden op de invloedlocaties niet overschreden, zoals zichtbaar is in Tabel 12.2. In deze tabel worden gebieden waar overschrijdingen van de signaleringswaarden optreden oranje gekleurd, maar voor deze referentiegebieden treden geen overschrijdingen op van de signaleringswaarden.

Vanwege de grote variatie die van jaar op jaar optreedt in de aantallen Bonte strandlopers op de verschillende HVP's is het waarschijnlijk dat in de toekomst wel overschrijdingen zullen gaan optreden. De analyse van de overschrijdingen van de referentiewaarden heeft nog niet plaatsgevonden. Ook het waarnemen van hogere aantallen van de Bonte strandloper in de toekomst past bij de autonome fluctuaties van de aantallen van deze soort.

Tabel 12.2 Overschrijdingen signaleringswaarden (oranje vakken) voor de aantallen Bonte strandlopers op de HVP's nabij het invloedsgebied (invloed) en nabij de referentiegebieden (referentie) voor 2017.

Gebied	HVP	2017
Invloed	WG24	
	WG14	
	WG27	
Referentie	WG12	
	WG13	
	WG16	
	WG17	
	WG18	
	WG21	

### Kanoetstrandloper (Tabel 12.3 en Figuur 12-4)

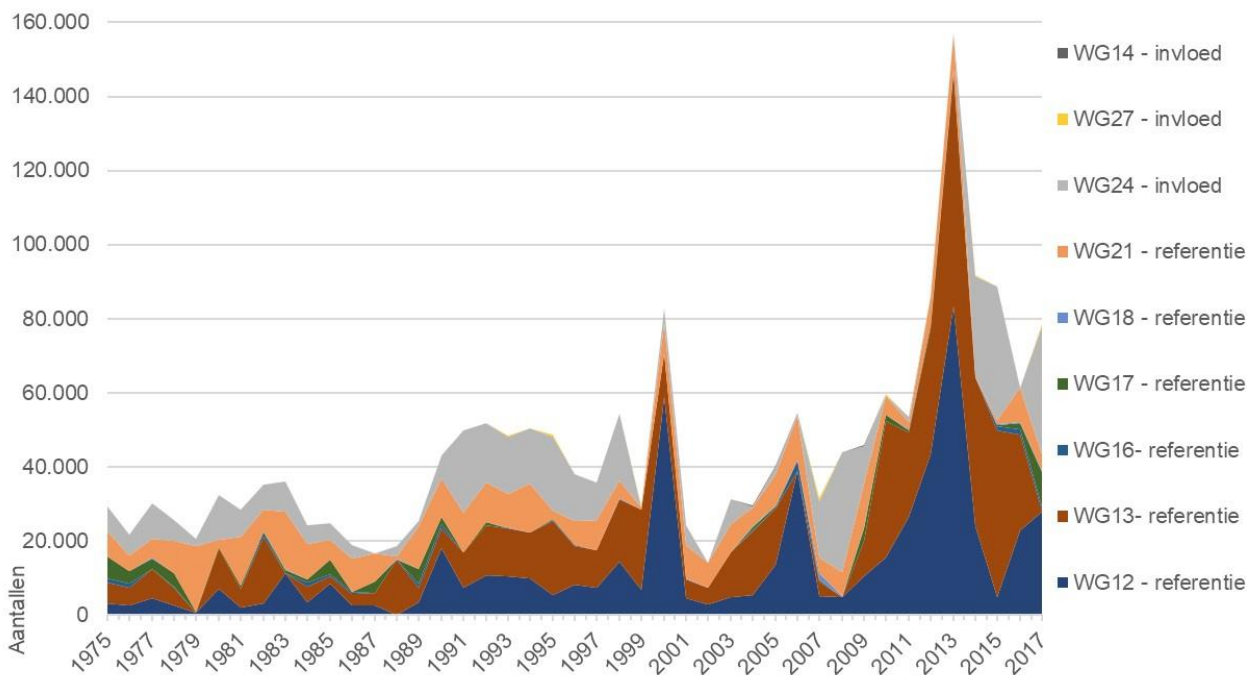
Van de Kanoetstrandloper (of kortweg Kanoet) komen twee ondersoorten voor in de Waddenzee. De ondersoort *Calidris canutus canutus* is een trekvogel en die alleen in voor- en najaar in de Waddenzee aanwezig is. De Waddenzee is een belangrijke stop tussen hun broedgebieden in het hoge noorden en de overwinteringsgebieden. De ondersoort *Calidris canutus islandica* overwintert in Nederland vanaf nazomer tot mei (Sept-mei), maar is het hele jaar in de Waddenzee aanwezig.

De kanoet foerageert voornamelijk op zandige en slikkige bodem. Het hoofdvoedsel is het nonnetje (*Limecola (Macoma) balthica*) maar als alternatief foerageert hij ook op kleinere en dus ook vaak jongere schelpdieren van bijvoorbeeld de kokkel (*Cerastoderma edule*) en mossel (*Mytilus edulis*). De hoogste dichtheden van kanoet worden aangetroffen op mossel- en kokkelbanken.

De waarnemingen zoals getoond in Figuur 12-4 laten zeer grote verschillen zien in de aantallen Kanoetstrandlopers tussen de verschillende gebieden en in de tijd zijn grote variaties zichtbaar in de aantallen. De aantallen Kanoetstrandlopers variëren van tientallen tot tienduizenden. Dit is het gevolg van de aanwezigheid van enkele zeer grote groepen Kanoetstrandlopers die wel of niet aanwezig zijn in het Nederlandse deel van het waddengebied.

De signaleringwaarden worden op de invloedlocaties niet onderschreden. Op twee HVP's WG13 en WG21 (Richel en Terschelling) bij de referentiegebieden treden wel overschrijdingen op. Het waarnemen van lagere dan wel hogere aantallen van de Kanoetstrandloper past bij de forse fluctuaties van de aantallen van deze soort. Bij het beschouwen van toekomstige ontwikkelingen zal rekening worden gehouden met het optreden van deze fluctuaties.





Figuur 12-4 Grafiek van het aantal kanoetstrandlopers in de verschillende referentie HVP's en de HVP's bij het invloedsgebied.

Tabel 12.3 Onderschrijdingen signaleringswaarden (oranje vakken) voor de aantallen Kanoetstrandlopers in het invloedsgebied (invloed) en de referentiegebieden (referentie) voor 2017.

Gebied	HVP	2017
Invloed	WG24	
	WG14	
	WG27	
Referentie	WG12	
	WG13	
	WG16	
	WG17	
	WG18	
	WG21	

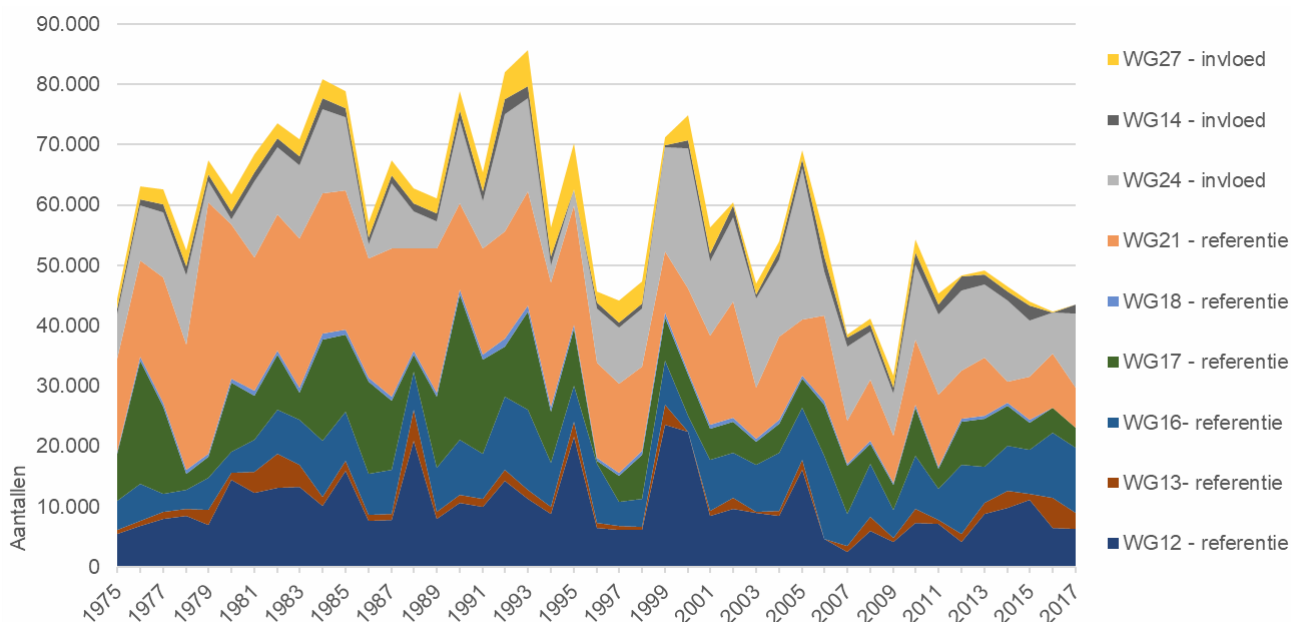
**Scholekster** (Tabel 12.4 en Figuur 12.5)

Scholeksters zijn plaatstrouw ten aanzien van voedsel- en rustgebieden en individuele scholeksters leven in een relatief klein gebied. De meeste scholeksters foerageren gewoonlijk bij eb op droogvallende platen in het intergetijdengebied. Bij vloed concentreren ze zich dan in grote groepen op speciale hoogwatervluchtplaatsen. Doorgaans zijn dit hooggelegen zandplaten, stranden, strandvlaktes, schorren en kwelders, soms ook havenhoofden of dijktafsluitingen, zoals bij Harlingen. Scholeksters die hun voedselgebieden verlaten als gevolg van verstoring, een koude-inval of om andere redenen kunnen niet makkelijk terecht in gebieden waar al andere scholeksters aanwezig zijn. Hoogwatervluchtplaatsen en voedselgebieden van de scholeksters liggen doorgaans hooguit enkele kilometers van elkaar verwijderd. De scholekster voedt zich

vooral met schelpdieren. Ze komen vooral voor op wat zandige wadplaten en leven daar van een groot scala aan ongewervelden, maar het hoofdvoedsel zijn grotere schelpdieren en dan vooral kokkels en mossels, gevolgd door wadpieren en zeeduizendpoten. De hoogste dichtheden van scholeksters worden aangetroffen op mossel- en kokkelbanken. Andere prooisorten zijn krabben en verschillende soorten andere tweekleppige schelpdieren, zoals nonnetjes, strandgapers, mesheften en kokkels.

De aantallen van de scholekster laten voor de gehele Waddenzee (en voor heel Nederland) een afname zien (<http://s1.sovon.nl/soorten.asp?euring=4500>). In de grafiek met de aantalsontwikkelingen op de HVP's nabij het invloedsgebied en bij de referentiegebieden in Figuur 12-5 is ook zichtbaar dat de aantallen scholeksters in de vorige eeuw gemiddeld hoger waren dan in deze eeuw. Deze afname is overigens niet in alle gebieden zichtbaar, ten zuidoosten van Harlingen nemen de waargenomen aantallen scholeksters zelfs toe. Bij het beschouwen van de aantal ontwikkelingen zal de autonome afname van de aantallen scholekster goed in ogenschouw moeten worden genomen.

De signaleringwaarden worden op de invloedlocaties niet onderschreden. Wel treedt op referentielocatie WG18 (Texel) een onderschrijding op.



Figuur 12-5 Grafiek van het aantal scholeksters in de verschillende referentie HVP's en de HVP's bij het invloedsgebied.

Tabel 12.4 Onderschrijdingen signaleringswaarden (oranje vak) voor de aantallen Scholeksters in het invloedsgebied (invloed) en de referentiegebieden (referentie) voor 2017.

Gebied	HVP	2017
Invloed	WG24	
	WG14	
	WG27	
Referentie	WG12	
	WG13	
	WG15	
	WG16	
	WG17	

Gebied	HVP	2017
	WG18	
	WG21	

Duidelijk is dat voor de drie vogelsoorten die zijn beschouwd, de keuze voor het 80% betrouwbaarheidsinterval betekent dat frequent overschrijdingen van de signaleringswaarden optreden. Een dergelijke overschrijding betekent niet noodzakelijkerwijs dat in het betreffende gebied iets aan de hand is. Een overschrijding is wel aanleiding om een nadere analyse uit te voeren wanneer deze overschrijding zich voordoet in een HVP nabij het invloedsgebied. Omdat deze zich niet hebben voorgedaan, heeft er geen nadere analyse plaatsgevonden van de vogelaantallen van de drie soorten.

## 12.4 Bruikbaarheid en samenhang met andere metingen

De HVP-tellingen van de drie vogelsoorten geven goed inzicht in de aantallen in de verschillende delen van het waddengebied, waaronder het invloedsgebied voor de zoutwinning. Hierbij kan op voorhand worden vastgesteld dat, vanwege de verschillen in het gebruik van het waddengebied door de drie soorten, in combinatie met de wijze van tellen, de drie soorten zeer verschillende patronen vertonen. Hierdoor kan worden vastgesteld dat de bruikbaarheid voor de monitoring groter is bij de scholekster en de bonte strandloper, dan voor de kanoetstrandloper.

Vanwege de fluctuaties die optreden in de aantallen van de vogelsoorten in de Waddenzee, blijft het complex om eenduidige verbanden te leggen met de Pleistocene bodemdaling door zoutwinning en andere plausibele oorzaken voor de fluctuaties. Verschillende (natuurlijke) factoren spelen een belangrijke rol in het bepalen van aantalsveranderingen en trends van watervogels en studies laten zien dat het lastig is om voor wadvogels tot (simpele) verklaringen voor waargenomen trends te komen (Meesters et al. 2006, Ens et al. 2009a, Ens et al. 2009b, van Roomen et al. 2012b). Bijvoorbeeld klimaatverandering (Maclean et al. 2008), vertroebeling, eutrofiëring (Philippart et al. 2007), verstoring door recreatie (Krijgsveld et al. 2008) en schelpdiervisserij kunnen een verklaring zijn voor verschillen in trends tussen jaren en gebieden (Ens et al. 2009a). Ook strenge winters kunnen een populatie negatief beïnvloeden. Door te werken met de trends in HVP's nabij het invloedsgebied en in referentiegebieden wordt rekening gehouden met de autonome fluctuaties in de aantallen.

De resultaten van de HVP-tellingen zullen worden beschouwd in samenhang met de benthosbemonstering, indien het doorlopen van het beslisschema aanleiding geeft tot het uitvoeren van een nadere analyse. Ook de waarnemingen aan de bodemligging (primair: de raaimetingen, aanvullend de spijkermetingen en de LiDAR-hoogtemetingen) en de sedimentsamenstelling zullen worden beschouwd in samenhang met de resultaten van de HVP-tellingen. Door de veranderingen in de vogelaantallen in samenhang te beschouwen met de veranderingen in het benthos zal vastgesteld of waargenomen veranderingen samenhang met de Pleistocene bodemdaling door zoutwinning, of dat andere oorzaken meer voor de hand liggen.

## 13 RUIENDE BERGEENDEN

### 13.1 Introductie meetmethode<sup>20</sup>

De grote aantallen bergeenden worden in het gebied ten oosten van de Ballastplaat alleen aangetroffen tijdens de ruiperiode, waarschijnlijk omdat dit gebied voldoet aan de drie eisen die bergeenden stellen aan hun ruigebied: beschutting, rust en voldoende voedsel. Omdat bergeenden het gebied gebruiken als ruigebied, is de monitoring gericht op de ruiperiode. De afstand van de dijk tot het rui- en foerageergebied is dermate groot dat het bruikbare waarnemingen vanaf land feitelijk onmogelijk maakt. De aantallen bergeenden in het gebied zijn vast te stellen vanuit het vliegtuig en vanaf schepen. In 2010-2012 zijn vanuit het vliegtuig tellingen uitgevoerd door IMARES. In 2010-2014 zijn tellingen uitgevoerd vanaf schepen door de Wadden Unit van het Ministerie van EZ, in samenwerking met SOVON.

De bergeenden gebruiken een specifiek deel van het studiegebied, ten oosten van de Ballastplaat, tijdens de ruiperiode na afloop van het broedseizoen. Na het broeden maken bergeenden een complete rui door. Van jaar op jaar varieert het moment waarin de grootste concentratie bergeenden aanwezig is. Dit moment valt binnen de periode van zes weken van eind juli tot eind augustus. Gedurende de ruiperiode, die ongeveer een maand duurt, kunnen de dieren niet of nauwelijks vliegen. Ze zijn dan erg kwetsbaar voor verstoring en zoeken veilige, voedselrijke ruigebieden op. Luwte is een belangrijke voorwaarde voor een goede ruiplaats en dat betekent een gebied waar wind en storm geen vat op hebben. Door harde wind lopen de bergeenden namelijk het risico over grotere afstanden verplaatst te worden (Nehls et al., 1992). Daarnaast moet de kans op verstoring laag zijn, en tenslotte moet het gebied voedsel bieden.

De noordzijde van de Ballastplaat en het aangrenzende Kimstergat is aantrekkelijk voor ruiende bergeenden en er worden grote aantallen van aangetroffen (tabel 2). Hier is de Ballastplaat een hoge plaat met zachte modder. De plaat is daardoor op veel plaatsen moeilijk te belopen. Verder is het aangrenzende Kimstergat geen doorgaande vaarroute. Er varen weinig pleziervaartuigen en maar weinig schepen gebruiken dit gebied als ankerplaats (men vaart dan liever door naar de haven van Harlingen). Daarbij ligt deze locatie in de luwte van Griend, wat beschutting tegen storm biedt (Kraan et al., 2006).

Tabel 13.1 Waargenomen aantallen bergeenden in de Nederlandse Waddenzee 2010-2012<sup>21</sup>.

Dutch Wadden Sea			
Boat	Aug. 9, 2010	Aug. 8, 2011	July 31, 2012
central Dutch Wadden Sea	49,660	49,120	66,103
Balgzand (western Dutch WS)	-	2,360	750
Dollard (eastern Dutch WS)	1,000-1,300	<100	<100
Plane	Aug. 14, 2010	Aug. 7/8, 2011	Aug. 2012
central Dutch Wadden Sea	53,980	31,537	-
Balgzand (western Dutch WS)	1,195	-	-
Dollard (eastern Dutch WS)	-	-	-
<b>Total Dutch Wadden Sea</b>	<b>56,325</b>	<b>51,580</b>	<b>66,953</b>

De Ballastplaat heeft voor bergeenden veel voedsel te bieden. De slijkgarnaal is één van de belangrijke prooien voor de bergeend (Swennen & Mulder 1995) en deze soort is hier volop aanwezig. In andere ruigebieden is de voedselkeuze anders. Op het Balgzand en de Breehorn wordt vooral het groenwier *Enteromorpha flexuosa* gegeten (Swennen & Mulder, 1995), terwijl in het Duitse waddegebied vooral kleine nonnetjes worden gegeten (Nehls et al, 1992). Kraan et al. (2006) lieten zien dat de slijkgarnaal nergens in de Waddenzee zo algemeen is als op de Ballastplaat. Het NIOZ-rapport (Duijns e.a., 2013) laat zien dat in het gebied relatief hoge biomassa's van slijkgarnalen, wadslakjes en nonnetjes in het gebied ten oosten van

<sup>20</sup> Dit inhoud van deze paragraaf is afkomstig uit: Aangepast Addendum Monitoringplan Zoutwinning Waddenzee, d.d. 23 maart 2016, referentie 078878869 0.1.

<sup>21</sup> Uit : Kempf, N. en R. Kleefstra. 2013. Moulting Shelduck in the Wadden Sea 2010 – 2012. Common Wadden Sea Secretariat (CWSS), Wilhelmshaven, Germany; Joint Monitoring Group of Migratory Birds in the Wadden Sea (JMWB).

de Ballastplaat aanwezig zijn. Bergeenden foerageren voornamelijk tijdens afgaand water op deze slijkgarnalen, terwijl ze bij hoogwater rusten.

Ieder jaar wordt eind juli/begin augustus eenmaal het aantal bergeenden geteld in het gebied ten oosten van de Ballastplaat. De uitvoerder van de tellingen van de ruiende bergeenden is de Wadden Unit van het Ministerie van EZ, in samenwerking met SOVON.

3. Boottelling: Tijdens laag water en bij helder weer met twee schepen simultaan, eentje vanuit Harlingen langs ballastplaat richting oosten en de ander vanuit Holwerd richting westen. De telling wordt in één dag uitgevoerd. Groepen bergeenden worden ingetekend op kaarten vanaf het dak van de schepen (5-6 meter boven zeeniveau) waarbij afstanden tussen groepen varieerde van minder dan 100 m tot ruim 1000 m.

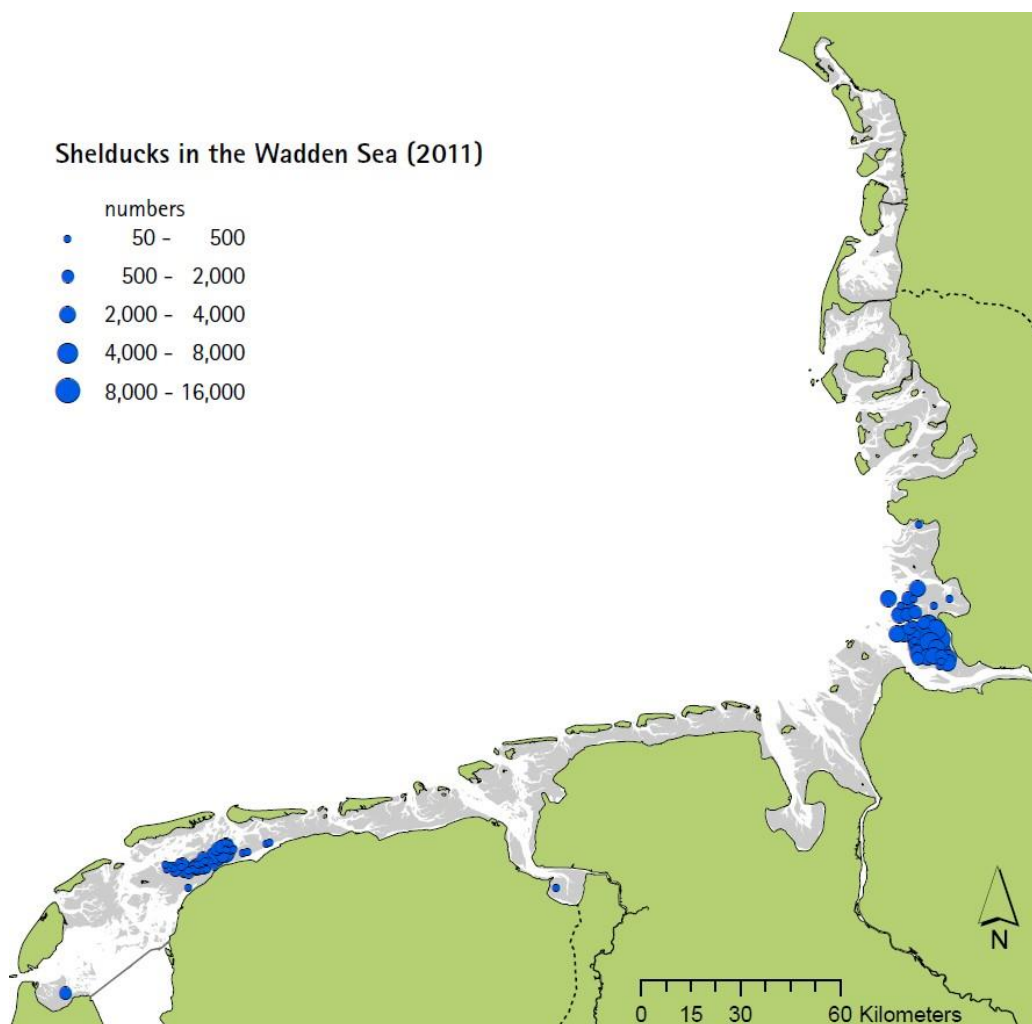
Vliegtuigtelling: In een a twee dagen wordt bij hoog water het gebied van Harlingen tot Ameland integraal i kaart gebracht door middel van raaien op hoogte van ca. 150 m met onderlinge afstand tussen raaien van 1,5 minuut (ca. 1650m). Tellingen worden uitgevoerd door twee waarnemers aan weerszijden die grootte van groepen en tijdstip noteren. Met GPS registratie en GIS kartering is de waarneming te herleiden tot exacte locatie.

Frisia vraagt de telgegevens op ten bate van het vaststellen van de Nul-situatie en de situatie ten tijde van de zoutwinning.

## 13.2 Gegevens

De gegevens van de Bergeenden betreffen specifieke gegevens van één gebied, gedurende een vaste periode per jaar. Dit is één van de twee gebieden in de gehele Waddenzee waar zulke grote concentraties ruiende Bergeenden worden aangetroffen, zoals zichtbaar is in Figuur 13-1. Het andere gebied ligt ten noorden van de Elbemonding in de Duitse bocht. Sinds de eeuwwisseling is het aantal ruiende Bergeenden bij de Elbemonding afgenomen en in de Nederlandse Waddenzee toegenomen (Kempf en Kleefstra, 2013). De tellingen van de aantallen ruiende Bergeenden in de Nederlandse Waddenzee hebben vanaf 2010 plaatsgevonden, zodat in tegenstelling tot de tellingen op de HVP's geen langjarige datareeks beschikbaar is. Daarbij kan geen gebruik worden gemaakt van de aantallen in een referentiegebied in een nabijgelegen kombergingsgebied, omdat dit gebied de enige grootschalige ruillocatie in de Nederlandse Waddenzee is. De ruillocatie in de Duitse bocht is in dermate veel opzichten (onder andere veel groter getijslag, ligging in monding van estuarium, blootstelling aan de wind) anders dan die bij de Vlakte van Oosterbierum, dat deze niet geschikt is als referentiegebied.



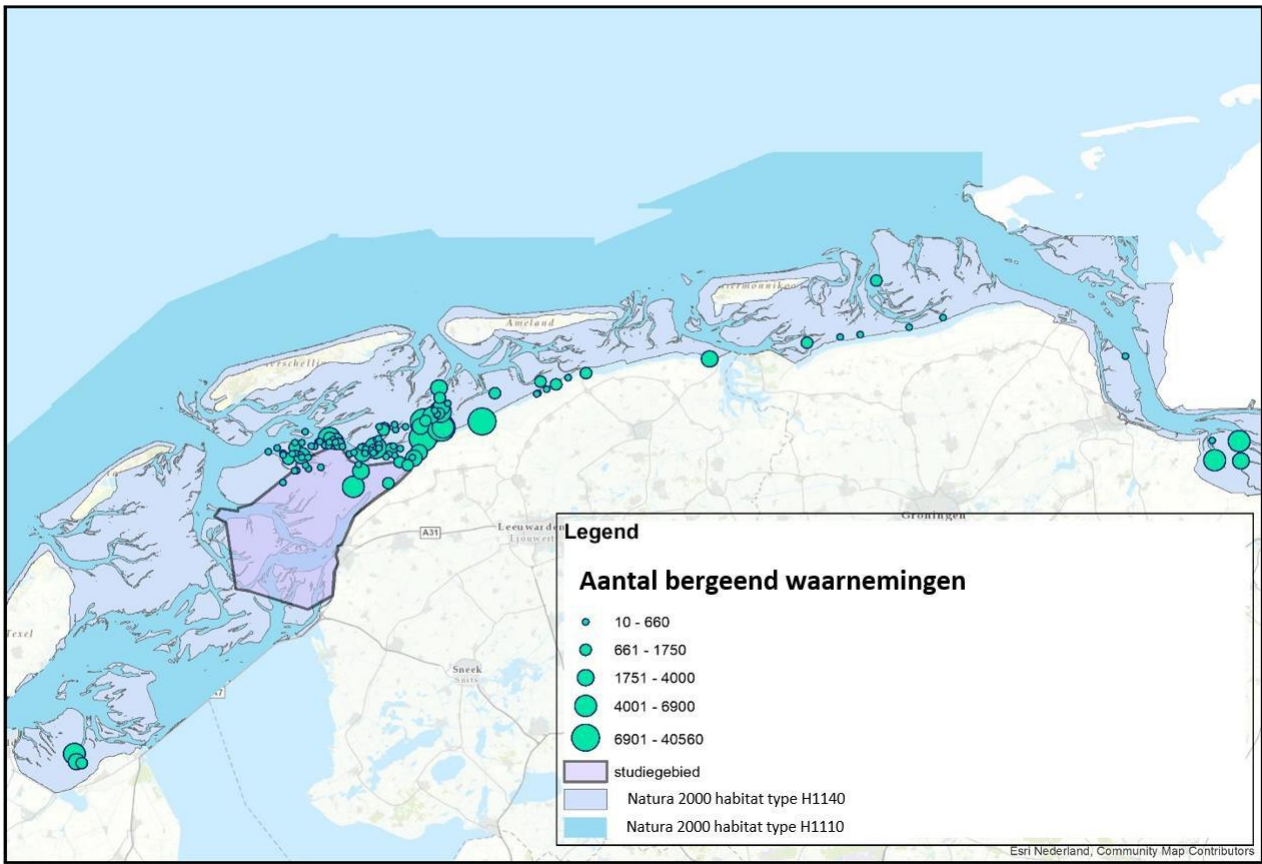


*Figuur 13-1 Verdeling en aantallen van ruiende Bergeenden in de Deens, Duitse en Nederlandse Waddenzee (uit Kempf en Kleefstra, 2013).*

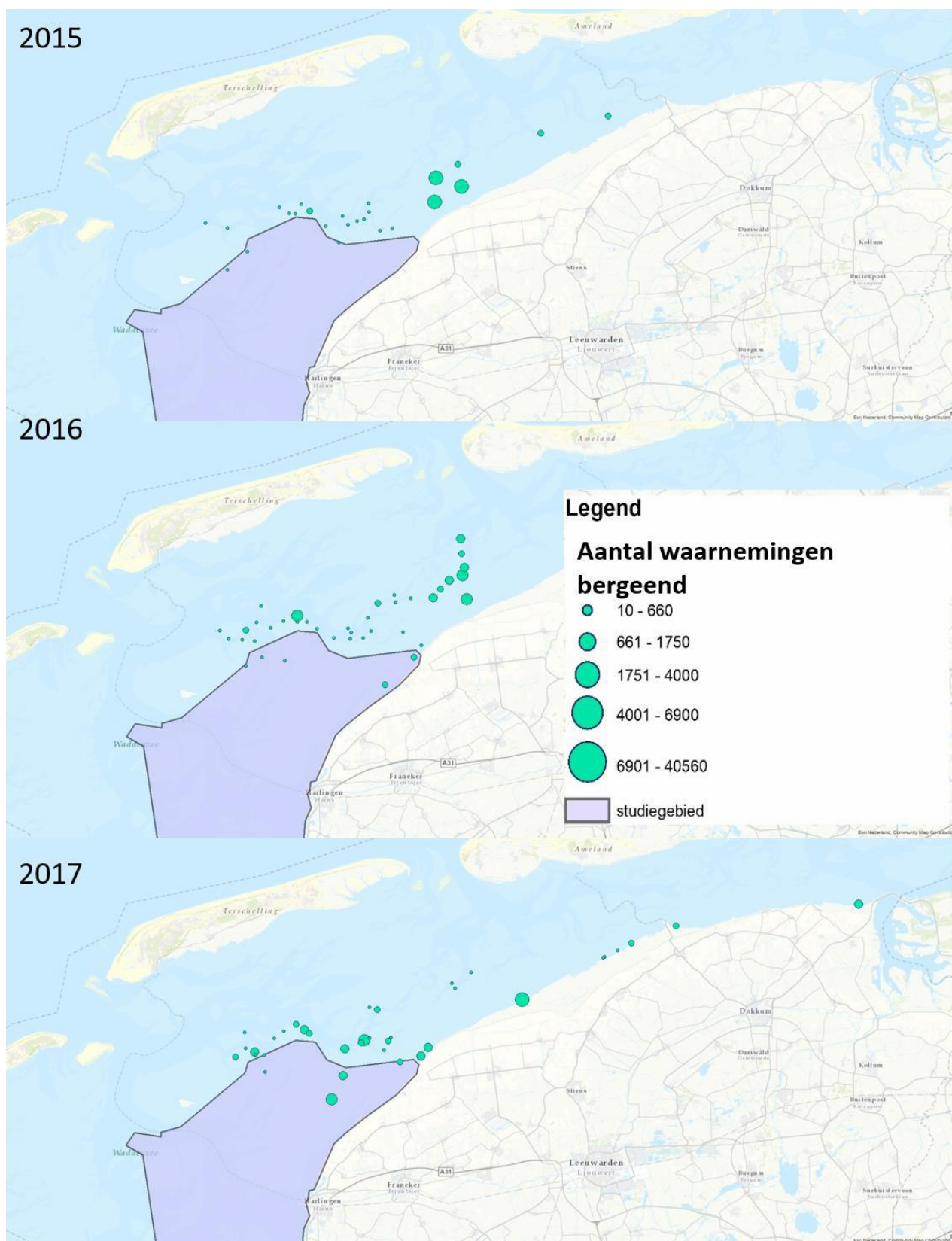
### 13.3 Analyse

Figuur 13-2 geeft een beeld van de aantallen die zijn geteld in 2015, 2016 en 2017. Bij verder inzoomen (Figuur 13-3) wordt duidelijk dat er rondom het studiegebied erg veel bergeenden worden waargenomen en dat deze aantallen toenemen. Dit sluit aan bij eerdere waarnemingen over de aantallen bergeenden rond de Vlake van Oosterbierum, zoals gerapporteerd in Kleefstra et al. (2011) en Kempf & Kleefstra (2013). In beide papers. Van eerdere jaren (voor 2015) zijn geen waarnemingen in hetzelfde format beschikbaar. Het is niet mogelijk om een trendanalyse op te doen op deze gegevens en er een forecast op te baseren. Daarbij leent de bergeend zich niet voor een vergelijking met referentiegebieden, omdat de Vlake van Oosterbierum een specifieke functie vervuld voor ruiende bergeenden. In de Nederlandse Waddenzee zijn geen andere gebieden die een vergelijkbare functie vervullen.

De verwachting is dat de toename van de aantallen bergeenden niet oneindig zal doorgaan, vanwege de eindige draagkracht van het gebied. In de toekomst zal naar verwachting een stabilisatie of zelfs een daling plaatsvinden. Het is op voorhand niet uit te sluiten dat een verandering in de trend zal samenvallen met de periode dat zoutwinning en Pleistocene bodemdaling plaatsvinden ten westen van de Vlake van Oosterbierum. In dat geval zal een nadere analyse plaatsvinden, waarbij de morfologische ontwikkelingen (hoogte wadplaten, omvang geulen, sedimentsamenstelling) en de voedselbeschikbaarheid in het gebied zal worden beschouwd.



Figuur 13-2 Overzicht van bergeend waarnemingen in de Waddenzee in 2015, 2016 en 2017.



Figuur 13-3. Close-up van het studie gebied in de Waddenzee met omliggende tellingen per jaar.

### 13.4 Bruikbaarheid en samenhang met andere metingen

De monitoring van de ruiende berggeenden is een 'dedicated' monitoring, die specifiek is gericht op deze soort in dit gebied, tijdens het ruien. De gegevens zijn dan ook goed bruikbaar om vast te stellen welke

aantalsontwikkelingen optreden in de aantallen ruiende bergeenden en de gebieden waar deze aanwezig zijn.

De gebieden waar de bergeenden ruien liggen aan de oostzijde van de Vlakte van Oosterbierum, aan de oostzijde van het invloedsgebied van de zoutwinning. Dat betekent dat de bodemligging iedere drie jaar wordt gemeten met de LiDAR hoogtemetingen en dat van het gehele gebied iedere zes jaar de vaklodingsgegevens beschikbaar zijn. Indien zich onvoorziene ontwikkelingen voordoen in de aantalsontwikkelingen van de ruiende bergeenden, dan zullen gegevens uit andere monitoringsprogramma's, zoals het SIBES-programma, worden betrokken in de analyse.

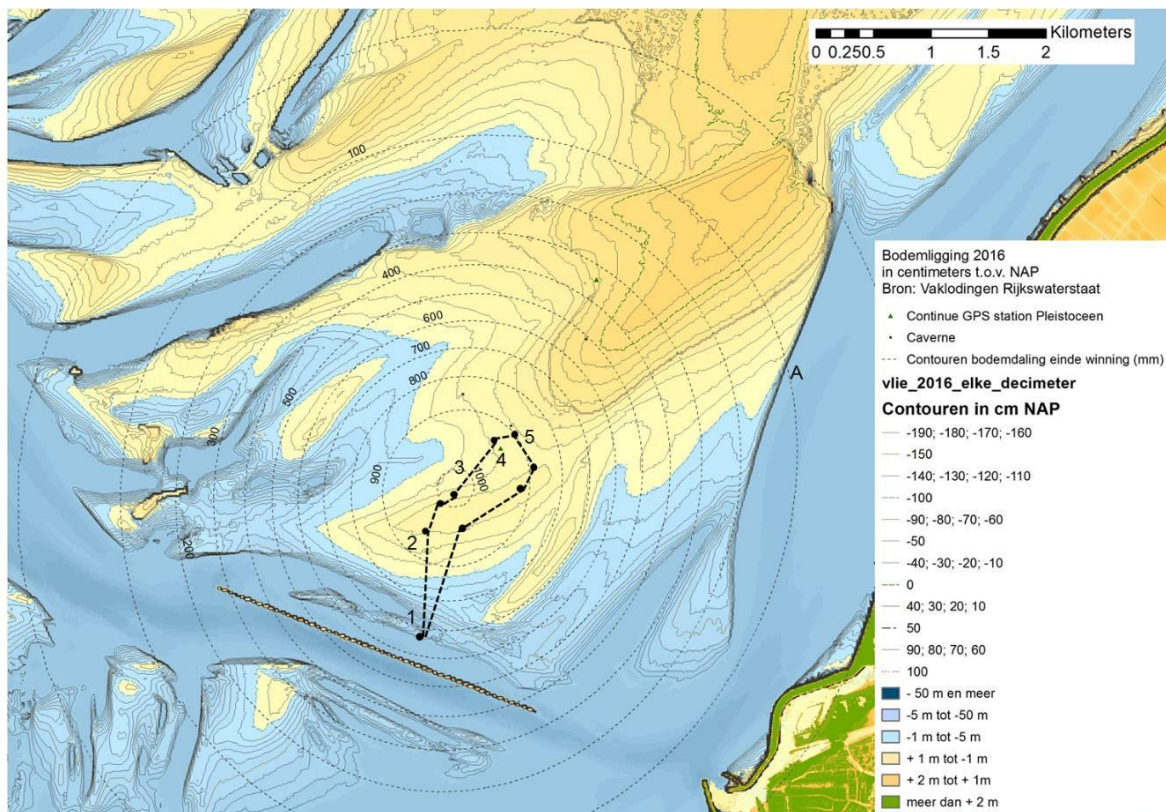


## 14 AANVULLENDE INFORMATIE

### 14.1 Veldbezoek

Op 21 juli 2017 is een veldbezoek uitgevoerd, om vast te stellen hoe de omstandigheden op de Ballastplaat zijn voor het uitvoeren van de spijkermetingen. De Ballastplaat is een relatief laaggelegen wadplaat, waardoor slechts een korte periode beschikbaar is voor het bezoeken van de plaat. In de praktijk blijkt daardoor de werkbare periode op de plaat beperkt, tot maximaal 2 uur voor de lager gelegen delen. De consequenties voor de meetpraktijk is dat er weinig tijd beschikbaar is om de daadwerkelijke metingen uit te voeren. De locaties en het aantal meetpunten zullen hierop worden afgestemd.

In de onderstaande kaart (Figuur 14-1) is de locatie en de afgelegde route aangegeven.



Figuur 14-1 Kaart van de Ballastplaat met de route van het veldbezoek

Bij de beschrijving van de route zijn de punten genoemd die in de kaart in Figuur 14-1 zijn opgenomen:

1. Gekozen is voor het opstappen op de plaat ten oosten van de Pollendam. Hier is bijeen eerder veldbezoek in 2009 ook opgestapt. Geconstateerd is dat deze locatie niet ideaal is, omdat de afstand (te) groot is van het opstappunt naar het hogere deel van de plaat. Voor het uitvoeren van tenminste een deel van de metingen (DGPS – LRK voor hoogtebepaling) en monitoring (spijkermetingen) is de afstand praktisch gezien te groot en zal worden gezocht naar een alternatief opstappunt. Waarschijnlijk zal worden gewerkt met een ondiep stekend schip, dat op de plaat droogvalt. Op deze wijze wordt gegarandeerd dat veilig kan worden gewerkt.

2. Het laaggelegen deel van de plaat werd gekenmerkt door de aanwezigheid van zeer rond ‘gaatjes’, die de wadbodem een geperforeerd aanzien geven (Figuur 14-2). Dit zijn de openingen die door Zwaardschedes of Mesheften (*Ensis*) worden gebruikt voor het foerageren. Hoger op het wad neemt het aantal openingen van *Ensis* af en neemt het aantal hoopjes van wadpielen toe.





*Figuur 14-2 Wadbodem met openingen van Ensis. De kleine foto toont twee opgegraven tweejarige Ensis.*

**3- 4.** Op de Ballastplaat bleek een mosselbank aanwezig, die was opgebouwd uit eenjarige mossels. Deze bank begint ongeveer bij punt 3 en loopt door tot punt 4. Figuur 14-3 toont de mosselbank, die bestaat uit voornamelijk langgerekte bankjes, met een breedte van een tot twee meter en een lengte van enkele meters. Tussen de bankjes ligt de gewone wadbodem, die hier en daar wel behoorlijk slibrijk is.

Direct aan de noordzijde van de mosselbank is een van de permanente GPS-punten voorzien: het voorstel is om deze enige tientallen meters naar het noorden op te schuiven, om afstand te houden tussen het punt en de mosselbank<sup>22</sup>.

---

<sup>22</sup> Ondertussen zijn de permanente GPS-punten geplaatst. Ten tijde van het plaatsen was de mosselbank weer verdwenen, zodat het in de praktijk niet nodig bleek om deze locatie aan te passen.



*Figuur 14-3 Mosselbank op de Ballastplaat.*

5. Op de plaat waren vrij veel foeragerende vogels aanwezig, waaronder meeuwen, scholeksters en naar schatting in totaal zo'n 1500 kanoetstrandlopers (Figuur 14-4).



*Figuur 14-4 Groepje van circa 30 Kanoetstrandlopers.*

## 14.2 Reguliere monitoring en informatie over andere activiteiten

### Reguliere monitoring

In de Waddenzee en de ruime omgeving daarvan (Noordzee, vasteland) vindt reguliere monitoring plaats van een groot aantal parameters die direct of indirect van invloed kunnen zijn op de morfologische en ecologische ontwikkelingen in het invloedsgebied. Het gaat onder andere om:

- Waterstand: Permanente metingen aan de waterstand t.o.v. NAP, onder andere in de haven van Harlingen;
- Golven: Metingen aan de golfhoogte, -periode en richting met meetboeien in de Noordzee en de Waddenzee door Rijkswaterstaat;
- Wind: Snelheid en richting van de wind, onder andere op station op Terschelling, Leeuwarden en Den Helder.
- Concentratie zwevend stof in het water: metingen iedere twee weken op een aantal vaste locaties in de Waddenzee en de Noordzee;
- Mossel- en oesterbanken: ruimtelijke verbreiding op de droogvallende wadplaten.

Indien het voor de analyse nodig is, dan zullen de meetgegevens van de relevante parameters worden opgevraagd en betrokken in de analyse.

### Informatie over andere activiteiten

In en nabij het invloedsgebied vinden verschillende activiteiten plaats die van invloed kunnen zijn op de morfologische en ecologische ontwikkelingen ter plaatse. Het gaat dan bijvoorbeeld om:

- (Garnalen)visserij;
- Baggeren en verspreiden baggerspecie;
- Onderhoud kabels en leidingen;

Indien het voor de analyse nodig is, dan zullen (de gegevens over) de andere activiteiten in de analyse worden betrokken.



## 15 OPMERKINGEN OVER HET MONITORINGSPROGRAMMA

In dit hoofdstuk zijn de opmerkingen aangaande het monitoringsprogramma verzameld, zoals die naar voeren zijn gekomen tijdens de uitvoering van de metingen en analyses voor de T0-situatie.

Onderdeel	Opmerking	Aandachtspunten toekomstige monitoring en analyse
Hoogte/diepte raaien	Het studiegebied leent zich, door de relatief lage ligging van de platen ter plaatse van het studiegebied, uitstekend voor het uitvoeren van deze varende metingen. De metingen zijn per jaar onderling consistent binnen de betrouwbaarheidsbandbreedte. Ook de metingen uit de opeenvolgende jaren laten betrouwbare resultaten zien.	Uitgevoerde en toekomstige meetuitkomsten projecteren op dezelfde raai.
Hoogte wadplaten LIDAR	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Verschil in beschikbare arealen LIDAR opnames 2010 en 2016;</li> <li>- Lagere ligging groot deel gemeten areaal in 2016 meting;</li> <li>- Verschil tussen LIDAR en hoogte/diepteraai.</li> </ul>	Bij LIDAR hoogtemetingen 2019 aandacht voor inwinnen van <u>volledige</u> droogvallende areaal (boven NAP -0,5 m) in het studiegebied.
Vaklodingen	Goed bruikbaar voor analyse grootschalige en langjarige ontwikkelingen.	-
Spijkermetingen op de Ballastplaat	Meetpunten geplaatst	-
Benthos bemonstering	Schelpdierensurvey van Wageningen Marine Research	-
Sedimentsamenstelling	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Subsampling tijdens de benthosbemonstering bleek niet mogelijk.</li> <li>- De bemonstering in het veld blijkt in de praktijk goed uitvoerbaar. Ook de analysemethode is goed toepasbaar. De geanalyseerde duplo's laten zien dat de data reproduceerbaar is. De uitkomsten liggen in de reeks van eerdere metingen (SIBES: Compton et al 2013, Christianen et al 2015).</li> </ul>	-
Hoogwatervluchtplaats (HVP) tellingen	Reguliere tellingen	-
Ruiende bergeenden	Reguliere tellingen	-

## **16 INTEGRATIE EN BEOORDELING**

In deze T0-rapportage is nog geen sprake van integratie en beoordeling van de resultaten van de monitoring, omdat het de situatie voorafgaande aan het optreden van Pleistocene bodemdaling betreft.



## 17 REFERENTIES

### Rapporten Monitoring Frisia Havenmond

- 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

### Overige referenties

- Alkyon, 2010a. Meegroeivermogen en gebruiksruimte in de getijdebekkens Vlie en Marsdiep; Grootschalige morfologische ontwikkelingen westelijke Waddenzee. Alkyonrapport met kenmerk A2062R3r5.
- Alkyon, 2010b. Tijdelijke effecten van zoutwinning op de ecologische waarden in de Waddenzee. Alkyonrapport met kenmerk A2062R2r3
- Arcadis, 2013. Passende beoordeling zoutwinning onder de Waddenzee. Arcadisrapport met kenmerk 076816298:A – Definitief.
- Beukema, J.J., 2017. Parallel changes of Limecola (Macoma) balthica populations in the Dutch Wadden Sea. Mar. Ecol. Prog. Ser. 585: 71-79.
- Beukema J.J., Dekker R., Philippart C.J.M., 2010. Long-term variability in bivalve recruitment, mortality, and growth and their contribution to fluctuations in food stocks of shellfish-eating birds. Marine Ecology Progress Series 414:117–30.
- Beukema, J.J., R. Dekker & J.M. Jansen, 2009. Some like it cold: populations of the tellinid bivalve Macoma balthica (L.) suffer in various ways from a warming climate. Marine Ecology Progress Series 384: 135-145.
- Christianen, M.J.A., Holthuijsen, S., Van der Zee, E.M., Van der Eijk, A., Govers, L.L., Van der Heide, T., de Paoli, H., Olf, H., 2015. Ecotopen- en Kansrijkdomkaart van de Nederlandse Waddenzee. Rapportnummer 2015.04.01, Waddensleutels.
- Compton, T.J., Holthuijsen, S., Koolhaas, A., Dekinga, A., ten Horn, J., Smith, J., Galama, Y., Duijns, S., S. Holthuijsen, A. Koolhaas & T. Piersma, 2013. Het belang van de Ballastplaat voor wadvogels in de westelijke Waddenzee; Een literatuurstudie naar de effecten van bodemdaling door zoutwinning onder de Ballastplaat op de aanwezige vogelsoorten. NIOZ Rapport nr. 2013-8.
- Dankers N., A. Meijboom, M. de Jong, E. Dijkman, J. Cremer & S. van der Sluis, 2004. Het ontstaan en verdwijnen van droogvallende mosselbanken in de Nederlandse Waddenzee. Alterra-rapport 921. Alterra Wageningen UR, Wageningen.
- Elias, E.P.L., 2019. Een actuele sedimentbalans van de Waddenzee. Deltares rapport 11203683-001-ZKS-0002.
- Ens B.J., Roodbergen M., van Winden E., Koffijberg K. & D. Zoetebier , 2012. Voortgangsrapportage monitoring vogels in de Waddenzee in het kader van de nieuwe gaswinningen over de periode 1990-2010. SOVON rapport 2012/09.
- Ens, B.J. E.A.J. Van Winden, C.A.M. van Turnhout, M.W.J. van Roomen, C.J. Smit & J.M. Jansen. 2009. Aantalontwikkeling van wadvogels in de Nederlandse Waddenzee in 1990-2008. Verschillen tussen Oost en West. Limosa 82, 100-112

- 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.
- Folmer, E.O., Drent, J., Troost, K., Buttger, H., Dankers, N., Jansen, J., Stralen van M., Millat, G., Herlyn, M., Philippart, C.J.M. 2014. Large-Scale Spatial Dynamics of Intertidal Mussel (*Mytillus edulis* L.) bed coverage in the Gemena and Dutch Wadden Sea. *Ecosystems* (17), pp 550-566.
- Haren / Nijmegen. Van Roomen, M., K. Laursen, C. van Turnhout, E. van Winden, J. Blew, K. Eskildsen & B.J. Ens, 2012. Signals from the Wadden sea: Population declines dominate among waterbirds depending on intertidal mudflats. *Ocean & Coastal Management* 68: 79–88.
- Herman, P. M.J., T. van Kessel, J. Vroom, P. Dankers, J. Cleveringa, B. de Vries & N. Villars, 2018. Mud dynamics in the Wadden Sea; Towards a conceptual model. Rapport Deltares 11202177-000-ZKS-0011.
- Kempf, N. & R. Kleefstra (2013). Moulting Shelduck in the Wadden Sea 2010 – 2012 [www.waddensea-secretariat.org](http://www.waddensea-secretariat.org), Wilhelmshaven Germany. Report Joint Monitoring Group of Migratory Birds in the Wadden Sea (JMMB).
- Kleefstra R., C. Smit, C. Kraan, G. Aarts, J. van Dijk & M. de Jong (2011). Growing importance of the Dutch Wadden Sea as a moulting area for Common Shelduck *Tadorna tadorna*. *Limosa* 84: 145-154.
- Kraan, C., Piersma, T. Dekinga, A. & B. Fey, (2006) Bergeenden vinden Slijkgarnaaltjes en rust op nieuwe ruiplaats bij Harlingen. *Limosa* 79 (2006): 19-24
- Krijgsveld, K.L., R. R. Smits & J. van der Winden. 2008. Verstoringsgevoeligheid van vogels. Update literatuurstudie naar de reacties van vogels op recreatie. Rapport Vogelbescherming nederland en Bureau Waardenburg rapport nr. 08-173.
- Maclean, I.M.D., G.E. Austin, M.M. Rehfish, J. Blew, O. Crowe, S. Delany, K. Devos, B. Deceuninck, K. Gunther, K. Laursen, M. Van Roomen & J. Wahl, 2008. Climate change causes rapid changes in the distribution and site abundance of birds in winter. *Global Change Biology* 14: 2489-2500
- Meesters H.W.G., Dijkema K.S., van Duin W.E., Smit C.J., Dankers N., Reijnders P.J.H., Kats R.K.H. & de Jong M.L. 2006. Natuurwaarden in de Kombergingsgebieden Pinkegat en Zoutkamperlaag en mogelijke effecten van bodemdaling door gaswinning. Alterra-rapport 1310. Alterra, Wageningen.
- Nehls G., N. Kempf & M. Thiel 1992. Bestand und Verteilung mausernder Brandenten (*Tadorna tadorna*) im Deutschen Wattenmeer. *Die Vogelwarte* 36: 221-232.
- Philippart C.J.M., Beukema J.J., Cadée G.C., Dekker R., Goedhart P.W., van Iperen J.M., Leopold M.F. & Herman P.M.J. 2007. Impacts of nutrient reduction on coastal communities. *Ecosystems* 10: 96-119.
- Philippart, C. J.M., H.M. van Aken, J.J. Beukema, O.G. Bos, G.C. Cadée & R. Dekker, 2003. Climate related changes in recruitment of the bivalve *Macoma balthica*. *Limnology and Oceanography* 48: 2171-2185.
- Rappoldt C. & Ens B.J. 2013. Het effect van bodemdaling op overwinterende scholeksters in de Waddenzee. Een modelstudie met WEBTICS. EcoCurves rapport 17/ Sovon-rapport 2013/19.
- Rijkswaterstaat, 1998. Sedimentatlas Waddenzee. Rijkswaterstaat Rijksinstituut voor Kust en Zee, CD-ROM.
- Swennen, C. & T. Mulder 1995. Ruiende Bergeenden *Tadorna tadorna* in de Nederlandse Waddenzee. *Limosa* 68: 15-20.
- Van den Ende, D. K. Troost, M. van Asch, E. Brummelhuis, J. Perdon & C. van Zweeden, 2017. Mosselbanken en oesterbanken op droogvallende platen in de Nederlandse kustwateren in 2017: bestand en arealen. Stichting Wageningen Research Centrum voor Visserijonderzoek (CVO)CVO rapport: 17.022
- Van der Meer, J., N. Dankers, B.J. Ens, M.R. van Stralen, K. Troost, A.M. Waser, 2019. The birth, growth and death of intertidal soft-sediment bivalve beds: No need for large-scale restoration programs in the Dutch Wadden Sea. *Ecosystems* Early view. <https://doi.org/10.1007/s10021-018-0320-7>
- Van Strien, A (2007) Landelijke Natuurmeetnetten van het NEM in 2006. Kwaliteitsrapportage NEM. Centraal Bureau voor de Statistiek, Voorburg / Heerlen.
- Visser, H., 2004. Detection of Environmental Changes description of the TrendSpotter software. RIVM Memorandum 007/2004 IMP.

## COLOFON

MONITORING T0-SITUATIE STUDIEGEBIED ZOUTWINNING WADDENZEE  
HERZIENE VERSIE RAPPORTAGE 2019

### KLANT

Frisia Zout B.V.

### AUTEUR

Jelmer Cleveringa

### ONZE REFERENTIE

084070130 0.1

### DATUM

29 februari 2020

### Arcadis Nederland B.V.

Postbus 137  
8000 AC Zwolle  
Nederland  
+31 (0)88 4261 261

[www.arcadis.com](http://www.arcadis.com)