

## Notitie / Memo

**HaskoningDHV Nederland B.V.  
Water**

Aan: Team KRW Waddenzee  
Van: Petra Dankers, Bente de Vries, Jelmer Cleveringa  
Datum: Monday, 16 December 2019  
Kopie:  
Ons kenmerk: BG2802-RHD-ZZ-XX-NT-Z-0001  
Classificatie: Projectgerelateerd

**Onderwerp: Voorstel nieuwe metingen slibhuishouding Waddenzee**

---

## 1 Ten Geleide

Rijkswaterstaat is 2016 gestart met een programma voor de ontwikkeling van kennis over de morfologie van de Nederlandse Waddenzee en voor het inbedden hiervan in beleid en beheer. In het programma wordt morfologische kennis op een structurele manier verzameld, geanalyseerd, geordend en geborgd. Daarnaast wordt de kennis toegankelijk gemaakt voor beleids- en beheervraagstukken op het gebied van veiligheid, bereikbaarheid, natuur en overige gebruiksfuncties. Hiertoe wordt afstemming gezocht met beleidsmakers, beheerders, adviseurs, wetenschappers en gebruikers van het wad.

In het kader van het programma worden ter bevordering van de onderlinge uitwisseling en borging van de morfologische kennis ook onderzoeksopdrachten uitgevoerd vanuit een specifiek project. Het voorliggende memo wordt uitgebracht als onderdeel van het onderzoek naar de slibhuishouding van de Waddenzee voor het project Kaderrichtlijn Water Waddenzee, in opdracht van Rijkswaterstaat Noord-Nederland.

## 2 Inleiding

Het afgelopen jaar is een samenhangend programma aan werkzaamheden uitgevoerd rond slib in de Waddenzee, als onderdeel van het project Kaderrichtlijn Water Waddenzee. Op basis van deze werkzaamheden is een nieuw conceptueel model opgesteld voor de dynamiek van slib in het water en de bodem van het waddengebied (Herman et al, 2018). Om nader invulling te geven aan dit conceptuele model en het waar mogelijk te kwantificeren, zijn kennislacunes en aanbevelingen om de lacunes te vullen in beeld gebracht. Onderdeel van deze aanbevelingen is het uitvoeren van aanvullende metingen rond de dynamiek van slib. Het betreft hier zowel lange termijn metingen voor systeembegrip als korte termijn metingen om specifieke kennisvragen op te lossen. Daarnaast is het opzetten en uitvoeren van een numeriek model van de slibdynamiek, in samenhang met metingen een belangrijk middel voor het invullen van de kennislacunes.

De relevantie van het slibonderzoek is gelegen in het feit dat er niet voldoende zicht is op de effecten van beleids- en beheermaatregelen (zoals kwelderwerken en het bagger- en stortbeleid) op de slibdynamiek in de Waddenzee. Daarnaast is het niet duidelijk of en waar de slibhuishouding in de Waddenzee gezien moet worden als een lust of als een last. Om inzicht te krijgen in de rol van slib in enerzijds het ecologisch functioneren van het Waddensysteem en anderzijds de morfologische ontwikkeling, zoals de effecten van historische ingrepen in de Waddenzee en de heersende en toekomstige zeespiegelstijging, is kennis over deze slibdynamiek van belang.

Voorliggend memo heeft als doel de gewenste aanvullende metingen rondom slib te beschrijven. Hiertoe worden de aanbevelingen vanuit Herman et al.<sup>1</sup> genoemd inclusief de toevoegingen vanuit de andere deelprojecten binnen het Kaderrichtlijn Water Waddenzee project. Ook wordt alvast vooruit gekeken naar de benodigde gegevens om in de volgende fase een goed numeriek model op te stellen waarmee effecten van beheermaatregelen en grootschalige systeemwijzigingen kunnen worden doorgerekend. Op basis hiervan is een tabel opgesteld met voorgestelde metingen en de onderbouwing hierbij. Belangrijk bij het daarna komen tot een voorstel voor specifieke invulling van aanvullende metingen is ook het leren van andere projecten waarin metingen een rol spelen. Er wordt daarom een overzicht gegeven van relevante projecten waarin metingen worden uitgevoerd. Vervolgens wordt aangegeven welke aanpak nodig is om in 2020 de noodzakelijk geachte metingen in het kader van systeembegrip en specifieke kennisvragen verder te concretiseren.

### 3 Conceptueel model en nieuwe metingen

In 2018 is in het kader van het project KRW Waddenzee een conceptueel model opgesteld omtrent de slibtransportprocessen naar en binnen de Waddenzee en de rol van verschillende bronnen en putten, zoals kwelders, in dit geheel (Herman et al., 2018 en onderliggende rapporten van Cleveringa<sup>2</sup>, de Vries et al.<sup>3</sup>.) Onderstaande overzichtsfiguur geeft schematisch de belangrijkste processen in de Waddenzee en de aangrenzende Noordzee weer. De nummers in deze figuur worden hieronder toegelicht. Het conceptueel model heeft drie tijdschalen (kort, middel en lang) en drie invloedsfactoren (hoeveelheid slib, slibeigenschappen en hydrodynamica) voor de slibdynamiek.

- Op de korte tijdschaal (uren tot dagen, A) wordt de slibdynamiek gedomineerd door de hydrodynamica (1: getij; 2: windsterkte en -richting; 3: golven), gegeven de aanwezige hoeveelheid slib en de eigenschappen hiervan.
- Op de middellange tijdschaal (weken tot enkele jaren, B) kunnen de hoeveelheid en eigenschappen van slib gaan variëren door fysische (onder andere 4: aanvoer zoetwater) en biologische invloeden (5) en hierdoor neemt de complexiteit toe.
- Op de lange tijdschaal (vele jaren C) komt hier nog de interactie met morfologische ontwikkeling (onder andere 6: de uitbreiding van kwelders) bij.

De slibconcentratie in de waterkolom en de slibfractie in de bodem worden bepaald door de interactie van deze invloedsfactoren op verschillende tijdschalen. De verblijftijd van slib in de Waddenzee bepaalt op welke tijdschaal de hoeveelheid slib wezenlijk varieert en deze verblijftijd is vermoedelijk meerdere jaren.

Er is geen duidelijk causaal verband aangetoond tussen trends in het SPM van de Noordzee (7), en trends in de Waddenzee. Binnen beide systemen is er wel samenhang, wat suggereert dat er ruimtelijk grootschalige fenomenen aan ten grondslag liggen, maar tussen beide systemen zijn de fluctuaties

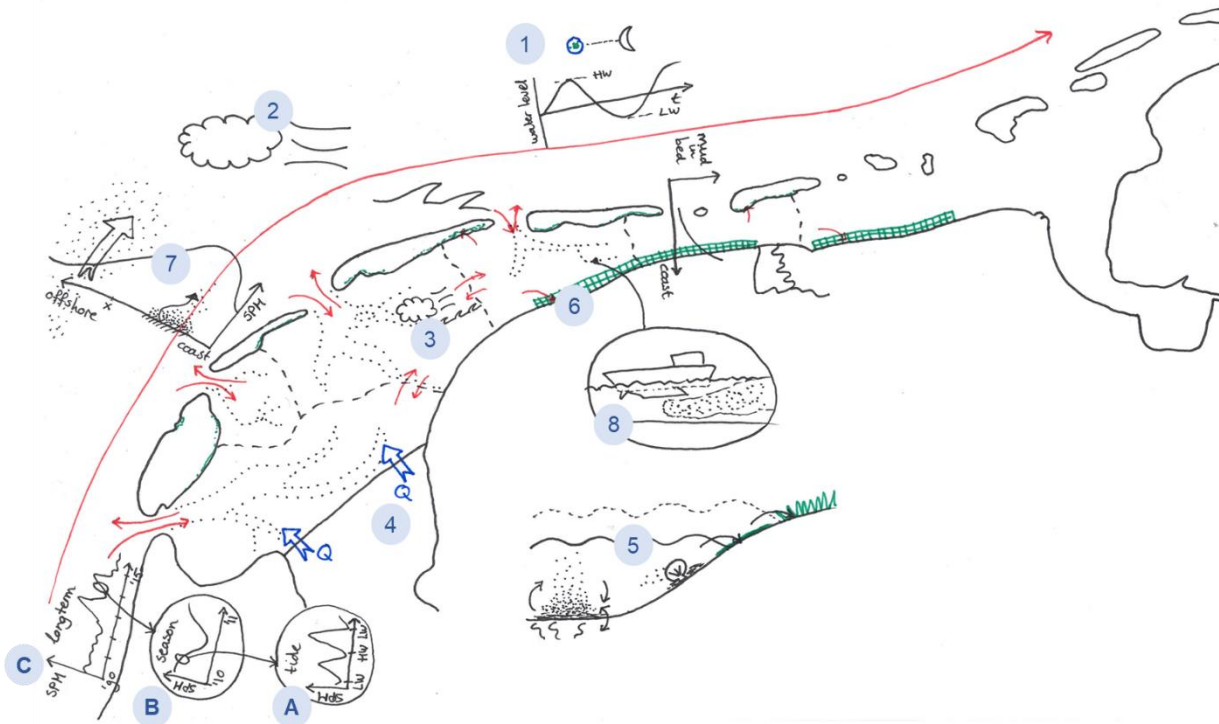
---

<sup>1</sup> 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. Deltares rapport 11202177-000-ZKS-0011

<sup>2</sup> Cleveringa, J. (2018) Slibsedimentatie in de kwelders van de Waddenzee; Bijdrage aan de kwantificering van sinks voor slib in de Waddenzee i.h.k.v. project KRW Slib. Arcadis rapport 083755930 0.1

<sup>3</sup> de Vries, B., P. Dankers & J. Vroom (2018) Slib in de Waddenzee; Een analyse en verklaring van de langjarige fluctuaties van sedimentconcentraties in water en bodem i.h.k.v. project KRW slib RoyalHaskoningDHV rapport BG2802WATRP1812170918

verschillend. Ook is geen duidelijk verband gevonden met gedocumenteerde slibbronnen zoals zandwinning, storten van havenslib (8) en dergelijke. Voorlopig zijn hier geen voor de hand liggende aanwijzingen voor directe menselijke invloed gevonden. Het blijkt vooralsnog niet mogelijk om veranderingen in slibconcentraties in de waterkolom en in de wadbodem van de Waddenzee op de lange (decennia) en middellange termijn (jaren) te koppelen aan specifieke gebeurtenissen of ingrepen.

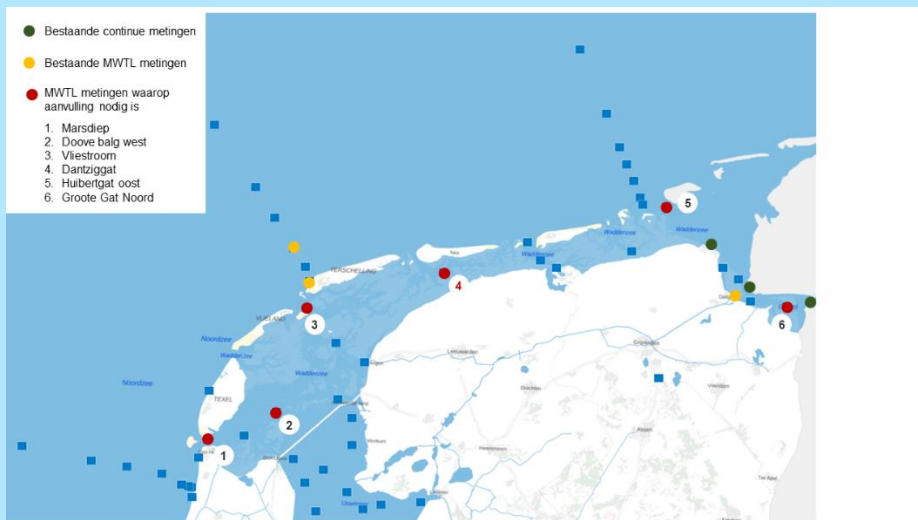


Figuur 1 Schematisch overzicht van de belangrijkste processen die van invloed zijn op de dynamiek van slib in de Waddenzee (Herman et al, 2018).

Een belangrijke conclusie in het geheel is dat er vele verschillende processen zijn die allemaal de dynamiek van slib beïnvloeden. Een deel van deze processen is goed begrepen, zoals de rol van schelpdieren die hun voedsel uit de waterkolom filteren. Zowel hun rol op de schaal van de hele Waddenzee, door het filteren en de productie faecal pellets, als de lokale rol van mosselbanken is kwalitatief bekend. De veronderstelde kwantitatieve verbanden (bijvoorbeeld tussen de hoeveelheid schelpdieren (schelpdiervlees) en het slibgehalte kunnen op basis van bestaande gegevens nader worden uitgewerkt, zonder dat hier aanvullende metingen voor nodig zijn. Voor de ontwikkeling van het begrip van een ander deel van de processen zijn nog aanvullende metingen nodig.

Als we de geobserveerde veranderingen beter willen gaan begrijpen dan zal het nodig zijn om extra monitoring uit te gaan voeren. Daarbij kan het gaan om lange termijn monitoring om de systeemwerking beter te begrijpen maar ook om korte termijn of projectmonitoring om specifieke processen scherp te krijgen zodat modelverbetering kan plaatsvinden en voorspellingen beter gedaan kunnen worden. Hiervoor is vanuit het conceptuele model een aanzet gedaan. De aanbevelingen uit Herman et al., (2018) en de andere rapporten van het project ten aanzien van metingen zijn opgenomen in onderstaande tabel.

Omschrijving kennislacune	Argumentatie	Vraag	Gewenste meting
<p>Het is momenteel onbekend of de met MWTL waargenomen variaties in slibconcentratie een gevolg zijn van uitwisselingsprocessen met de lagere waterlagen en bodem of van lateraal transport. De MWTL metingen worden namelijk uitgevoerd op een hoogte boven in de waterkolom.</p>	<p>MWTL metingen geven vanwege de lage meetfrequentie alleen zicht op heel lange termijn trends. De dynamiek in de Waddenzee (incl. Eems-Dollard) is groot. De waterbodembodem uitwisseling en de bufferwerking van de bodem spelen een rol maar onduidelijk is hoe belangrijk deze rol is. Als er meer zicht is op waar het slib vandaan komt dan is duidelijker of hier met bepaalde maatregelen op ingegrepen kan worden (bijvoorbeeld een ander baggerbeleid als blijkt dat bufferwerking in de bodem een grote rol speelt).</p>	<p>Waar komt het slib vandaan?</p>	<p>Om zicht te krijgen waar slib vandaan komt is het van belang om in de verticaal te meten en buiten en binnen een aantal specifieke zeegaten. Voorstel is om de verticale verdeling van zwevend stof in de waterkolom te meten op een paar reguliere MWTL stations. Dit kan door:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Op reguliere MWTL stations met een CTD, OBS, LISST, fluorimeter en evt. floc-camera (rekening houden met getij) te meten</li> <li>• Aandachtspunt is de hogere prijs van de LISST en de lastige kalibratie van de OBS</li> <li>• Plaatsen van een aantal continue meetstations die de verticale verdeling meten (tenminste elk uur)</li> </ul> <p>Wij zien meerwaarde in het uitvoeren van deze metingen op de met rood aangegeven locaties. Het uitvoeren van regelmatige metingen over de verticaal levert al veel extra informatie op. Eventueel kan worden uitgebreid naar een aantal metingen boven de platen en niet alleen in de geulen zoals nu het geval is en/of naar een aantal stations dat eerder werd gemeten maar nu niet meer wordt meegenomen. Vanwege de specifieke situatie in het Eems-estuarium en de al deels aanwezige serie van continue metingen daar zou de meting bij Groote Gat Noord bij voorkeur ook volcontinu zijn zodat deze aansluit op de rij vanuit Eemshaven naar Pogum en ook de specifieke problemen in het Eems-estuarium bekeken kunnen worden.</p> <p>Mogelijke toevoeging kan zijn het uitvoeren van bodemframe metingen met een ALTUS gecombineerd met bodemmonsters voor het bepalen van de uitwisseling tussen water en bodem.</p>



Omschrijving kennislacune	Argumentatie	Vraag	Gewenste meting
De verspreiding van Microfyto benthos biomassa en slib op platen lijkt 1 op 1 overeen te komen.	Microfytobenthos is een zeer belangrijke voedselbron aan de basis van de voedselketen. Als microfytobenthos sterk gecorreleerd is aan het slibgehalte op de bodem dan is de slibdynamiek mogelijk een belangrijk aspect om de dynamiek in de voedselketen te verklaren. Belangrijk om meer zicht te krijgen op de correlatie tussen microfytobenthos en slib op de bodem.	Zorgt slib op platen voor meer biomassa microfytobenthos of zorgt microfytobenthos ervoor dat slib makkelijker kan sedimenteren?	<p>Metten van het voorkomen van microphytobiomassa en slibgehalten</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Uitbreiden van remote sensing (methode Van der Wal et al., 2010)</li> </ul> <p>Uitbreiden van de SIBES metingen van slibgehalte op wadplaten op beperkt aantal stations waar 1x per maand wordt gemeten. Combineren met metingen van Chlorophyll-a ter plaatse</p> <p>Daphne van der Wal is inmiddels begonnen met uitbreiding van haar oorspronkelijke analyse. Nog niet bekend wat wij er al mee kunnen.</p>
Slib sedimenteert in grote mate op kwelders. Er is voldoende slib beschikbaar maar maatregelen kunnen er voor zorgen dat er minder slib beschikbaar komt op specifieke locaties.	Als slib een belangrijke rol speelt in de opbouw van kwelders is het gezien de stijgende trend in de zeespiegel belangrijk om geen maatregelen te nemen die dit proces verstoren.	Hoeveel slib sedimenteert er in kwelders en hoe belangrijk is deze sedimentatie bij een stijgende zeespiegel?	Bepalen van het slibgehalte op pionierkwelders en kwelders om de bijdrage van sedimentatie van slib op kwelders beter te kwantificeren. Aanbevolen wordt om dit standaard aan WOt toe te voegen. Belangrijk hierbij is om een standaard methode te gebruiken voor bepalen slibvolume en verandering slibvolume. Afstemming met WOt (uitgevoerd door WMR) is hierbij van belang. Vooral mbt het type bodemonstering om de buffervoorraad in de bodem goed te kunnen bepalen. Dit geldt ook voor bodembemonstering op de platen via SIBES.
De MWTL metingen bestaan uit puntmetingen welke zo'n 12 – 15 keer per jaar worden uitgevoerd. Het is lastig events op kortere tijdschaal, zoals stormen, te linken aan de MWTL metingen.		Hoe varieert de slibconcentratie in het water op de korte termijn over de gehele Waddenzee? En waar komt het sediment vandaan?	<ul style="list-style-type: none"> <li>Deels wordt dit opgepakt bij het eerste punt (zie voorstel met kaartje)</li> <li>Aanvullend kan Remote Sensing worden toegepast. Hierbij is nog sterk de vraag in welke mate dit al mogelijk is. Er loopt momenteel een pilot in de Eems-Dollard en ook op de Noordzee wordt hiermee geëxperimenteerd. Belangrijk om van deze projecten te leren alvorens op te nemen in MWTL programma. Eerste stap is dus de extra metingen zoals genoemd in kaartje. Als Remote Sensing verder is ontwikkeld kan mogelijk hier op worden overgestapt.</li> </ul> <p>Toevoegen van uitgebreidere metingen aan beide zijden van de zeegaten zodat verschillen in trends tussen Noordzee en Waddenzee beter in beeld gebracht kunnen worden en mogelijk worden verklaard, zie ook eerdere punt met kaartje van metingen over de verticaal.</p>

Omschrijving kennislacune	Argumentatie	Vraag	Gewenste meting
De historie en samenstelling van slib bepaalt in sterke mate de flocculatie van slib en daarmee het gedrag. Door baggerwerkzaamheden wordt de vlokvorming beïnvloed waardoor het zich mogelijk anders gedraagt dan natuurlijk slib.	Vraag over systeemkennis en de werking van slib. Als we dit beter begrijpen kunnen we ook de modellen beter opzetten en hierbij meer betrouwbare resultaten boeken.	Zijn er duidelijke verschillen in flocculatie en gedrag van gebaggerd slib? En als dit zo is, wat betekent dit dan?	Nog geen specifieke meting op het oog. Mogelijk is hier al meer over bekend in de wetenschappelijke literatuur. Eerste stap zou daarom zijn om een korte literatuurstudie of gesprekken uit te voeren. Daarnaast sluit dit ook aan bij de voorgestelde metingen zoals genoemd in de eerste rij, vooral de flocc camera in combinatie met de Lisst omdat dit informatie oplevert over de samenstelling van het materiaal. Een vergelijking tussen een regulier punt en een meetpunt nabij een stortlocatie kan hier info over leveren. Dit onderwerp valt echter niet onder KPP morfologie en zou beter passen bij studies rond Ameland-Holwerd

## 4 Bestaande reguliere metingen en projecten

De bestaande reguliere metingen en projectmatige metingen leveren bruikbare gegevens op voor het programma en geven inzicht in de mogelijkheden en onmogelijkheden van de verschillende meettechnieken en strategieën. Het is belangrijk goed kennis te nemen van de bestaande metingen/meetprogramma's en waar mogelijk hier bij aan te sluiten en/of deze data te gebruiken voor verdere analyses en in modeloefeningen. In veel gevallen lopen de evaluaties van de meetprojecten nog en kan in de loop van 2019 informatie hierover worden toegevoegd. De belangrijkste meetprogramma's en projecten met metingen worden hieronder genoemd.

- **MWTL:** Lange termijn monitoring. Zwevend stof in de Waddenzee, op een beperkt aantal punten wordt er met een frequentie van ongeveer 12 – 18 x per jaar een watermonster genomen in de toplaag (op 1,5 m onder het wateroppervlak).
- **SIBES** (Basismonitoring Wadden): Metingen sinds 2004. Bodemsamenstelling top 4 cm sediment litoraal, op veel locaties (meer dan 6000 punten) maar mogelijk niet overal bodemsamenstelling. Nog niet alle monsters zijn/worden geanalyseerd. Hier komt komend jaar mogelijk verandering in. Er zijn ook plannen voor sublitorale metingen (SUBES). De stand van zaken hieromtrent is onbekend.
- **Slibmotor Koehoal:** Projectmonitoring gedurende aantal jaar. Verschillende samenhangende metingen water en sediment (litoraal en kwelder), met hoge dichtheid in ruimte en tijd (afgerond).
- **Kustgenese 2.0 & Seawad:** Projectmonitoring gedurende aantal jaar. Samenhangende metingen sediment en water in het zeegat van Ameland en op het wantij. Het transport over het wantij is gericht op zand maar vanuit KRW Waddenzee is juist het transport van slib over het wantij van belang. Evaluatie van het meetprogramma wordt verwacht. Primair gericht op waterbeweging en zandtransport, ook inzichten in slib en inzichten in de toepasbaarheid van de verschillende meettechnieken (bijv. aanbevelingen voor ijking OBS-en, zodat onderscheid zand en slib mogelijk wordt). Opvallend hierbij is dat de eerste resultaten hebben laten zien dat het niet is gelukt om gekalibreerde SSC metingen te krijgen, ook bij metingen in de Boontjes is dit niet gelukt. De geleerde lessen moeten worden verzameld.
- **Vaargeul Holwerd-Ameland en omgeving:** Gegevens beschikbaar van bagger- en stortwerkzaamheden. Daarnaast worden hier extra lodingen uitgevoerd en zijn er twee meetcampagnes van een maand geweest om de effecten van de aanleg van een bochtafsnijding te monitoren. Het gaat daarbij om stroomsnelheden, debieten (13-uursmetingen), sedimentbemonsteringen van bodem en waterkolom.

- **Meetprogramma Eems-Dollard (binnen Programma ED2050):** Uitgebreid meetprogramma met 8 schepen en verschillende frames gedurende twee dagen (1x zomer en 1x winter) op verschillende locaties in het estuarium. Frames met verschillende apparatuur hebben 2x 1 maand gemeten. Metingen nodig voor systeembegrip en modelverbetering. Eerste evaluatie en onderzoeksresultaten juli 2020 beschikbaar m.b.t. (on)mogelijkheden apparatuur en toegevoegde waarde van dit type metingen.
- **Meetpaal Eemshaven:** Bij de Eemshaven wordt sinds 2015 continu troebelheid gemeten op één vaste hoogte boven de bodem op de zgn. Stroommeetpaal Eemshaven. De validatie van de ruwe data moet nog plaatsvinden. Een duidelijk kader voor deze metingen ontbreekt, maar de voortgang is momenteel gewaarborgd binnen RWS-CIV). In de Eems staan ook Duitse meetpalen: Knock en Pogum.
- **TESO metingen:** ADCP data (snelheden en sedimentconcentraties) wordt ingewonnen in het Marsdiep. Bij navraag aan het NIOZ blijkt dat de ruwe data van na 2010 niet meer verwerkt is. Het verwerken van deze data zou heel nuttig zijn met het oog op modelvalidatie (zoals in Duran-Matute, et al., 2014).
- **Westgat:** Sedimentbemonsteringen en ADCP, in zeegat van Zoutkamperlaag
- **POV-Waddenzeedijken, pilot Vierhuizergat:** diverse metingen zoals debieten in geul nabij Lauwersmeerdijk
- **Marconi:** projectmonitoring van de pionierkwelder bij Delfzijl. Gericht op meten van aanslibbing met SED's en SEB's en vegetatie en hoogte opnames met LIDAR/Drones. Medio 2020 meer zicht op de werking van deze (deels) nieuwe meetsystemen.
- **Musa:** samenwerking tussen Deltares, Baggeraars, Waterproof, Arcadis en Royal HaskoningDHV, onderzoek naar erosie en sedimentatie van zand slib mengsels. Moet nog starten.

## 5 Aanpak

Het conceptuele model zoals opgesteld in Herman et al. (2018) beschrijft de dynamiek van slib in het water en de bodem van het Waddengebied. Het model helpt in het begrijpen van de complexe interacties van water en slib en de variaties in ruimte en tijd. Een goed begrip is nodig voor het goed adviseren omtrent beleid en beheer van de Waddenzee. Tijdens de eerdere fase van het onderzoek is gebleken dat er nog verschillende kennislacunes zijn. Deze worden genoemd in Hoofdstuk 2. Samenvattend kan gesteld worden dat de variatie van slib in ruimte en tijd beter bekend moet worden. Om nadere invulling te kunnen geven aan het conceptuele model en het waar mogelijk te kwantificeren is het van belang deze kennislacunes op te lossen. Deels kan dit gebeuren door nieuwe of extra metingen uit te voeren (Hoofdstuk 2) maar ook door te leren van lopend en recentelijk afgeronde meetprogramma's (Hoofdstuk 3).

Er wordt voorgesteld om de mogelijkheden tot het invullen van de kennislacunes te verkennen. De volgende stappen kunnen hiervoor worden uitgevoerd in 2020:

- Leren uit lopende en recentelijk afgeronde meetprogramma's door:
  - o Afstemming en overleg met deze programma's
  - o Overnemen van lessons learned
  - o Samen bekijken waar win-win mogelijkheden zitten, zowel in analyse als in uitvoeren van extra metingen
- Uitvoeren van nieuwe en/of extra metingen zoals genoemd in Hoofdstuk 2. Eerste stap hierin is voeren van verkennende gesprekken met de betrokken partijen. Belangrijk hierbij om rekening te houden met het volgende:
  - o Nieuwe metingen van permanente aard (zoals de voorgestelde aanpassingen in MWTL) vereisen permanente financiering en onderhoud. Dit zou mogelijk bij MWTL of Basismonitoring Waddenzee ondergebracht moeten worden (financiering mogelijk vanuit

- N2000 beheerplan, PAGW budgetten (als de kennis aantoonbaar nodig is om maatregelen te kunnen nemen) of KPP Morfologie Waddenzee);
- Alle voorgestelde nieuwe metingen zijn feitelijk langdurige metingen om systeemkennis te verkrijgen en straks ook maatregelen te kunnen beoordelen. Hiervoor zijn langjarige meetreeksen van groot belang gezien de grote variabiliteit op korte en lange termijn in het systeem. Op het moment dat er tijdelijke metingen worden voorgesteld hangen deze veelal samen met een specifieke projectvraag en zullen ze ook vanuit projectbudget moeten worden gefinancierd (bijvoorbeeld PAGW budgetten).