



Monitoring Demonstratieproject Brede Groene Dijk (fase 1 en 2):

*vervolgmonitoring ontwateringsstelsel, kwelderafslag, opslibbing en
vegetatie (2018)*

PUCCIMAR-rapport 18



in opdracht van


WATERSCHAP
Hunze en Aa's

SWECO 

Monitoring Demonstratieproject Brede Groene Dijk (fase 1 en 2):

*vervolgmonitoring ontwateringsstelsel, kwelderafslag, opslibbing en vegetatie
(2018)*

PUCCIMAR rapport 18

P. Esselink
K. Elschot
M. Tolman
W. Veenstra

Voorplaat

Vegetatie van Klein schorrenkruid en Zulte op het broedeiland in de Klutenplas, begin september 2018.
(foto: Peter Esselink)

P. Esselink^{*)}, K. Elschot^{#)}, M. Tolman^{S)} & W. Veenstra^{†)} 2019

Monitoring Demonstratieproject Brede Groene Dijk (fase 1 en 2): vervolgmonitoring ontwateringsstelsel, kwelderafslag, opslibbing en vegetatie (2018). PUCCIMAR rapport 18.
PUCCIMAR Ecologisch Onderzoek & Advies, Vries

Opdrachtgevers

SWECO Nederland bv
Rozenburglaan 11
9727 DL Groningen

Waterschap Hunze & Aa's
Postbus 195
9640 AD Veendam

Uitvoerders

^{*)}PUCCIMAR

**Ecologisch Onderzoek &
Advies**

Boermark 35
9481 HD Vries
Telefoon 0592 544172
peter.puccimar@gmail.com

^{#)}Wageningen Marine Research

Postbus 57
1780 AG Den Helder
Telefoon 0317 480900
marine-research@wur.nl
www.wur.nl/marine-research

^{S)}EGG Consult

Pranger & Tolman ecologen

Kleine Roozenstraat 11
9912 TL Groningen
Telefoon 050 3181337
PenT.ecologen@eggconsult.nl

^{†)}G2 Surveys

Potklei 22A
9351 VS Leek
Telefoon 0594 280145
info@g2surveys.nl
www.gtwee.nl

Projectnummer

2018/07

Projectleider

P. Esselink

Status

Definitief

Datum

10 juli 2019

© PUCCIMAR Ecologisch onderzoek en advies

Overname van gegevens uit dit rapport is toegestaan met bronvermelding.

PUCCIMAR is niet aansprakelijk voor gevolgschade, alsmede schade welke voortvloeit uit toepassingen van resultaten van werkzaamheden of andere gegevens verkregen van PUCCIMAR; opdrachtgevers vrijwaren PUCCIMAR voor aanspraken van derden in verband met deze toepassing.

Inhoud

Voorwoord	6
Samenvatting	7
1 Inleiding	9
1.1 Achtergrond	9
1.2 Inrichting en fasering van het project	10
1.3 Doelstelling monitoringsplan	12
1.4 Leeswijzer	15
2 Beschrijving studiegebied	17
3 Methoden	21
3.1 Ontwateringsstelsel	21
3.2 Kwelderafslag	22
3.3 Slibinvang Klutenplas	23
3.3.1 Getijdynamiek Klutenplas	23
3.3.2 Slibinvang Klutenplas	23
3.3.3 Referentiemetingen kwelder	25
3.4 Vegetatie	25
4 Bespreking resultaten	27
4.1 Ontwateringsstelsel	27
4.1.1 Ontwatering Klutenplas	27
4.1.2 Ontwatering kleirijperij	29
4.2 Kwelderafslag	31
4.3 Getijdynamiek Klutenplas	34
4.4 Opslibbing	36
4.4.1 Klutenplas	36
4.4.2 Nulmeting kwelder	39
4.5 Vegetatie	41
4.5.1 Vegetatieontwikkeling broedeiland	41
4.5.2 Vegetatieontwikkeling in de controle PQ's	42
5 Conclusies en Aanbevelingen	45
5.1 Conclusies	45
5.2 Aanbevelingen	46
6 Literatuur	47
Bijlage I Locatie markeerhorizonten en sedimentatieplaten	49
Bijlage II Ontwateringsstelsel: dwarsprofielen zwetten	50

Voorwoord

Meerdere dijkvakken van de primaire waterkering moeten worden versterkt. Dat geldt ook voor de dijk rond de Dollard. In het Demonstratieproject Brede Groene Dijk – deelsluitmakend van de zgn. Project Overstijgende Verkenning Waddenzeedijken – is het Waterschap Hunze en Aa's voornemens te onderzoeken of de klei die voor de Brede Groene Dijk nodig is in de omgeving kan worden gewonnen (kwelder, slib uit Polder Breebaart en baggerslib uit de haven van Delfzijl). In het demonstratieproject wordt in drie stappen of fases een één kilometer lang traject van de bestaande Dollarddijk omgevormd tot een brede groene dijk. De eerste stap betreft het onttrekken van klei uit de kwelder door middel van de aanleg van een plas met een broedeiland. Deze klei wordt benut voor de aanleg van kades van een tijdelijk slibdepot aan de buitenzijde van de bestaande dijk (begin fase 2). In dit depot zal slib uit Polder Breebaart in twee of drie jaar tijd door rijping worden omgezet in klei die geschikt is om verwerkt te worden in de nieuwe zeedijk. Daarna zal worden overgegaan tot de aanleg van de brede groene dijk (fase 3) waarbij het slibdepot weer wordt ontmanteld.

Om de mogelijke effecten van de beoogde ingrepen op de natuur en op het gebruik van de kwelder te meten, en om in de toekomst te kunnen beoordelen in hoeverre herstel optreedt van de aanwezige natuurwaarden, is een monitoringsplan opgesteld. Volgens dat plan zullen de komende jaren verschillende ontwikkelingen in het gebied worden gevolgd door middel van een uitgebreid meetprogramma. In 2017 is de uitgangssituatie vastgelegd door middel van een zgn. nulmeting. Dit rapport geeft voor de volgende aspecten een overzicht van de resultaten van de verrichte vervolgmonitoring in 2018: *i)* ontwikkeling van het ontwateringssysteem van de kwelder, *ii)* de kwelderafslag, *iii)* opslibbing van de Klutenplas en vergelijkbare metingen op de kwelder en *iv)* vegetatieontwikkeling op het broedeiland en rond de Klutenplas op basis van permanente kwadraten.

Op deze plek willen we graag een aantal personen en organisaties bedanken voor hun medewerking of ondersteuning bij de uitvoering van de werkzaamheden. De Maatschappij tot Exploitatie van het onverdeelde Munnekeveen en de heer Huisman verleenden toestemming voor het betreden van hun terreinen voor de uitvoering van het veldwerk. De Stichting Het Groninger Landschap verleende vergunning voor het opnemen van controleprofielen van uitwateringen in haar kwelder. Jelle Aitink (Buro Bakker), Cor Sonneveld en Marinka van Puijenbroek (beide Wageningen Marine Research) verleenden assistentie bij het veldwerk.

de auteurs

Vries
juli 2019

Samenvatting

Dit rapport is onderdeel van de monitoring van fase 1 en 2 van het *Demonstratieproject Brede Groene Dijk* (BGD). Nadat in 2017 de uitgangssituatie is vastgelegd door middel van een zogenaamde nulmeting, worden in dit rapport resultaten gepresenteerd van het eerste jaar van de vervolgmonitoring naar de ontwikkeling van het *i*) ontwateringsstelsel, *ii*) de kwelderafslag, *iii*) de opslibbing in de Klutenplas en *iv*) de vegetatie op het broedeiland en rond de Klutenplas. Voor het monitoringsonderzoek naar de opslibbing zijn na het uitgraven van de Klutenplas in het voorjaar van 2018, markeerhorizonten en sedimentatieplaten op de bodem van de plas aangebracht. Ook is de plas voor in gebruikname vlakdekkend ingemeten met behulp van een total station. Om in de toekomst een vergelijking te kunnen maken tussen de slibinvang door de Klutenplas en de kwelder, zijn ook op de kwelder sedimentatieplaten aangebracht. In dit rapport wordt de exacte positie van alle geïnstalleerde meetpunten gegeven, voor de sedimentatieplaten op de kwelder aangevuld met de ingraafdiepte onder het maaiveld en een bemonstering van de bulkdichtheid van de kweldebodem boven de platen.

Dit rapport heeft twee functies. Aan de ene kant is dit rapport bedoeld als datarapport, dat wil zeggen dat primair een overzicht wordt gegeven van de verzamelde gegevens. Om echter ook tegemoet te komen aan het adaptieve karakter van het monitoringsplan, wordt bij de verschillende onderwerpen ook een eerste analyse van de gegevens gepresenteerd.

Bij de opzet van de monitoring is er voor gekozen dat in de loop van het monitoringsonderzoek een vergelijking kan worden gemaakt tussen ontwikkelingen binnen en buiten het werkgebied van het demonstratieproject BGD. Meetpunten buiten het werkgebied dienen aan de ene kant als referentie of controle om het herstelproces van de kwelder in het werkgebied te kunnen evalueren; aan de andere kant vormen deze extra meetpunten een hulpmiddel om een verandering aan te kunnen merken als zijnde een effect van het demonstratieproject, dan wel als een verandering door een andere oorzaak.

Ontwateringsstelsel

De aanleg van de Klutenplas heeft in de eerste 4½ maand na blootstelling aan de dagelijkse getijdeninvloed geleid tot het over de gehele lengte dieper uitslijten van de verbinding tussen de Klutenplas en de Dollard, in totaal met 0.3 – 0.5 m. Een dergelijke grote verandering deed zich niet voor bij controlemeetpunten langs andere hoofdduitwateringen of zwetten.

Drie zwetten hebben door de aanleg van de Kleirijperij geen verbinding meer met de dijksloot. Bij twee van deze drie zwetten leidde dit in het eerste jaar meteen tot een verondieping van meerdere centimeters. Mogelijk wordt de ontwikkeling van de zwetten beïnvloed door de aansluiting van de dijksloot op de zwetten.

Kwelderafslag

Als gevolg van erosie neemt de aanwezige kwelder in het werkgebied van het Demonstratieproject jaarlijks in omvang af. De afname is op twee manieren beschreven, namelijk op basis van verandering in oppervlakte en op basis van het opschuiven van de kwelderrand langs loodrecht op de zeedijk staande over het studiegebied geprojecteerde raaien. Voor beantwoording van de vraag of de aanleg van Klutenplas tot een verhoogde afslag leidt is de periode 2009 – 2017 eerder als referentieperiode kort voorafgaande aan het Demonstratieproject voorgesteld. Van 2017 of 2018 was sprake van een netto afname van de kwelder met 0.09 ha; en een opschuiving van de kwelderrand in de richting van de dijk met 0.9 meter. Deze waarden lagen onder het niveau van de gemiddelde afslag in de periode 2009 – 2017 (resp. 0.14 ha/jaar en 1.1 m/jaar).

Opslibbing Klutenplas

Meteen na de blootstelling van de Klutenplas aan de getijdeninvloed was sprake van een relatief snelle opslibbing: in een periode van iets meer dan vijf maanden is de diepte van de plas met 13 cm afgenomen en werd bijna 3750 kubieke meter slib afgezet. Op basis van een beperkte bemonstering van de bulkdichtheid, zou dit omgerekend naar droge stof neerkomen op een invang van ruim 1300 ton slib.

Vegetatie

De vegetatie op het broedeiland werd in het eerste jaar gekenmerkt door een hoge abundantie van éénjarige soorten en Zulte.

De vegetatie in de controle PQ's rond de Klutenplas liet geen grote veranderingen zien.

1 Inleiding

1.1 Achtergrond

Meerdere dijkvakken van de primaire waterkering moeten worden versterkt. Dat geldt ook voor de dijken rond de Dollard. In het demonstratieproject Brede Groene Dijk (BGD) – deel uitmakend van de zgn. *Project Overstijgende Verkenning Waddenzeedijken* – gaat het Waterschap Hunze en Aa's onderzoeken of de klei die voor een brede groene dijk nodig is in de omgeving kan worden gewonnen (kwelder, slib uit Polder Breebaart en baggerslib uit de haven van Delfzijl). In het demonstratieproject wordt een één kilometer lang traject van de bestaande Dollarddijk omgevormd tot een brede groene dijk. Dit project bestaat uit verschillende onderdelen die nauw met elkaar samenhangen. In 2018 is met de uitvoering begonnen en enkele werken zijn ondertussen afgerond, zoals de aanleg van de Klutenplas op de voor de dijk gelegen kwelder in april 2018. Later, in de zomer van 2018 is de klei afkomstig uit de Klutenplas gebruikt voor de aanleg van kades van een tijdelijk buitendijks slibdepot. De bedoeling van dit slibdepot (de zgn. Kleirijperij) is om slib afkomstig uit Polder Breebaart tijdelijk op te slaan om deze door rijping geschikt te maken voor verwerking in de zeedijk. Als het rijpingsproces is afgerond wordt het slibdepot opgeheven en zal ook de 35 000 m³ klei uit de Klutenplas worden verwerkt in de nieuwe zeedijk.

Behalve de vraag of het slib in de Kleirijperij succesvol kan worden omgezet in dijkklei, moet in het demonstratieproject ook de vraag worden beantwoord of de aanleg van een brede groene dijk mogelijk is zonder negatieve effecten op de natuurlijke omgeving. De Dollardkwelders maken namelijk onderdeel uit van het Natura 2000-gebied Waddenzee. Daarom is het slagen van het demonstratieproject ook afhankelijk van de mate waarin significant negatieve effecten op de instandhoudingsdoelen en natuurkwaliteiten van het gebied kunnen worden voorkomen, of dat hieraan zelfs een positieve bijdrage kan worden geleverd. Het demonstratieproject BGD richt zich daarom ook in het bijzonder op onderzoek naar mogelijke effecten van het project op het Natura 2000-gebied en de kwelder. Het werkgebied is tegelijkertijd particulier eigendom en het is ook van belang dat aan de eigenaren kan worden gerapporteerd over mogelijke effecten op hun bezit en het herstel hiervan.

Een bijkomend aspect is dat door verschillende ontwikkelingen de waterkwaliteit in de Eems-Dollard de laatste decennia sterk is afgenomen door een verhoging van het zwevendstofgehalte (van Maren *et al.* 2016; de Jonge & Schückel 2019). In het programma ED 2050 wordt er vanuit gegaan dat hierin een verbetering kan worden bereikt als langs de randen van het estuarium de capaciteit voor slibinvang wordt verhoogd (Anonymus 2016). Door de kleiwinning op de kwelder in de vorm van de aanleg van de Klutenplas wordt de capaciteit van de kwelder om slib in te vangen inderdaad vergroot en is het in principe mogelijk dat de slibproblematiek in het estuarium door projecten als het demonstratieproject BGD wordt verlicht.

Een eerste inschatting van de effecten van de ingrepen op (kwalificerende) natuurwaarden van het Natura 2000-gebied is uitgevoerd in een zogenaamde *Passende Beoordeling* (Brenninkmeijer *et al.* 2017). Het meten van de werkelijke effecten wordt echter als cruciaal beschouwd om tussentijds te kunnen bijsturen en om, bij een eventuele toekomstige opschaling van het dijkconcept langs de gehele Dollard, een betere inschatting van de effecten te kunnen maken. Tevens vormt dit een voorwaarde voor de verleende vergunning in het kader van de wet natuurbescherming (Wnb). Om deze reden is een uitgebreid monitoringsplan opgesteld met een adaptief karakter, dat eventueel tussentijds kan

worden bijgesteld (Riemersma 2018). Met de geplande monitoring wordt tegelijkertijd invulling gegeven aan de voorwaarden uit de vergunningverlening voor het project in het kader van de Wnb.

1.2 Inrichting en fasering van het project

Voor de aanleg van de Kleirijperij is in het voorjaar van 2018 *ca.* 45 000 m³ klei gewonnen op de voor de dijk liggende kwelder. Om een positieve bijdrage te leveren aan de instandhoudingsdoelstelling van het Natura 2000-gebied is deze kleiwinning gecombineerd met de aanleg van een "natuurplas" met broedeiland voor Kluten (Riemersma & Esselink 2017; Fig. 1.1). Dit verklaart de naamgeving Klutenplas voor de kleiwinning. De aanleg van de Klutenplas vormt fase 1 van het demonstratieproject BGD. De plas is ongeveer 4.5 ha groot; dit is inclusief het broedeiland van ongeveer 1 ha. Om het overstromingsrisico van nesten te beperken is het eiland gedeeltelijk opgehoogd. Hierbij is een ontwerphoogte gehanteerd van NAP +2.3 m; ruim 0.4 m boven de gemeten maaiveldhoogte van de kwelder in de uitgangssituatie (Esselink *et al.* 2018). Om de foerageermogelijkheden voor de Kluut te vergroten heeft het eiland een flauw aflopende oever gekregen. De plas is uitgegraven tot een gemiddelde diepte van NAP +0.27 m met een maximum tot NAP -0.13 m. De gemiddelde diepte ligt 1.6 m onder de ingemeten maaiveldhoogte van de kwelder tijdens de nulmeting in 2017. Om de nesten op het broedeiland te beschermen tegen predatie door grondpredatoren, speciaal de Vos, is rond het eiland een voswerend raster aangebracht. Om dezelfde reden is in de monding van de plas een drempel aangebracht om te voorkomen dat de plas tijdens laagwater droog zou vallen. De drempel bestaat uit met stenen verzwaarde zinkstukken. De bovenkant van de drempel lag op een niveau van NAP + *ca.* 1.0 m (Fig. 1.2). Om de getijdeninvloed in de Klutenplas te vergroten is de drempel op 29 november 2018 ongeveer een decimeter verlaagd.

Naar verwachting zal de Klutenplas in de loop der jaren dichtslibben en zal zich hierdoor geleidelijk weer een kweldervegetatie kunnen ontwikkelen.

De aanleg van de Klutenplas betekent dat de komberging van de aangetakte hoofdduitwatering (zwet) wordt vergroot. Doordat hierdoor elke getijcyclus meer water door deze zwet in- en uitstroomt is de verwachting dat deze zwet verder wordt uitgeslepen en zich zal verbreden. Rond de monding kan dit van invloed zijn op de al bestaande langjarige ontwikkeling van een geleidelijk eroderende en terugschrijdende kwelderrand (vgl. Esselink *et al.* 2011). De Dollardkwelders zijn in het verleden uit landaanwinningswerken ontstaan. Nadat deze werken in 1953 werden stopgezet, neemt door afslag de omvang van de kwelders echter geleidelijk af (Esselink 2000a; Esselink *et al.* 2011).

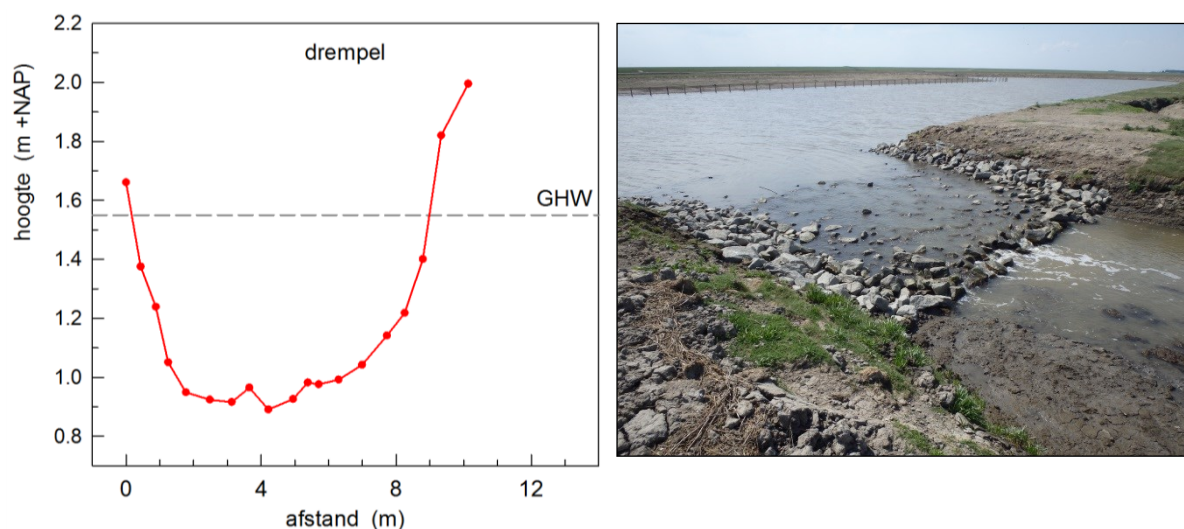
Fase 2 van het project wordt gevormd door de aanleg van de Kleirijperij in de zomer van 2018 en de rijping van het slib uit Polder Breebaart in de jaren erna. Bij het graven van de Klutenplas in het voorjaar is de gewonnen klei eerst tijdelijk opgeslagen in een zogenaamd droogbed op de kwelder op de plek van de Kleirijperij. Voorafgaande hieraan is de ongeveer centimeter dikke toplaag of zode van de kwelder hier verwijderd. De aangelegde kade rond de slibdepots heeft een hoogte van *ca.* NAP +4.7 m wat neerkomt op een hoogte van 2.8 m ten opzichte van het maaiveld van de kwelder. Naar verwachting zal het rijpingsproces twee of drie jaar duren. Daarna kan naar verwachting de klei worden verwerkt in de brede groene dijk (fase 3) en wordt de Kleirijperij weer van de kwelder verwijderd. Hierbij zal de oorspronkelijke maaiveldhoogte worden hersteld.

De verwachting is dat na verwijdering van de slibdepots zich vrij snel een kweldervegetatie zal vestigen en ontwikkelen. De vraag is echter of deze vegetatie dezelfde soortensamenstelling zal hebben als de vegetatie in de uitgangssituatie (Brenninkmijer *et al.* 2017). Door het gewicht van het

slibdepot kan de kwelderbodem namelijk in elkaar worden gedrukt (gecompacteerd; Elschot & Baptist 2016). Nadat het slibdepot is verwijderd kan dit een effect hebben op de plantengroei en soortensamenstelling van de vegetatie.



Figuur 1.1 Het demonstratieproject BGD: (A) globale ligging in de zuidelijke Dollard en (B) overzicht van de inrichtingsmaatregelen en activiteiten in het demonstratieproject BGD (naar Riemersma 2018).



Figuur 1.2 De hoogte van de drempel in de monding van de Klutenplas ingemeten op 5 september 2018. De foto links is van 23 mei 2018, een maand nadat de Klutenplas werd blootgesteld aan de invloed van het getij.

Kleirijperij

Eén van de vragen waar het demonstratieproject BGD antwoord op moet geven is de vraag of een brede groene dijk kan worden gebouwd met lokaal aanwezig en te winnen slib en klei die voldoet aan de veiligheidseisen. De kleirijperij vormt hierbij een apart deelproject met als doel het onderzoeken met welke innovatieve methoden slib op het land nuttig en rendabel kan worden omgezet in geschikte klei voor dijken. Hiermee zou een economische basis kunnen worden gelegd onder de gewenste slibonttrekking uit de Eems-Dollard. Dit onderzoek maakt geen deel uit van het monitoringsplan Demonstratieproject Brede Groene Dijk, maar wordt uitgevoerd door *Ecoshape*, een consortium van publieke en private partijen. Ook worden de effecten van de aanleg en het gebruik van de kleirijperij op de omgeving en natuur gemeten.

1.3 Doelstelling monitoringsplan

Het doel van de monitoring is om als onderdeel van de uitvoering van het demonstratieproject BGD “het op gestructureerde wijze meten en verzamelen van gegevens waarmee de effecten en herstel van de binnen het demonstratieproject uit te voeren maatregelen en activiteiten meetbaar worden, en op basis waarvan” (Riemersma 2018):

- a) tussentijds kan worden ingegrepen en waar nodig bijgestuurd, en
- b) aan het einde van de planperiode het project kan worden geëvalueerd en conclusies en aanbevelingen kunnen worden getrokken over de mogelijkheden voor verdere opschaling.

Hiertoe is een inventarisatie van de informatiebehoefte uitgevoerd en zijn gerelateerd aan de inrichtingsmaatregelen, een groot aantal meetvragen geformuleerd (Tekstkader 1.1).

Voor de beantwoording van een groot deel van deze vragen is in 2017 de uitgangssituatie opgenomen en gedocumenteerd, de zgn. nulmeting (Bos *et al.* 2017; Esselink *et al.* 2018). Hierop wordt in dit rapport een aanvulling gegeven voor de vragen die betrekking hebben op de slibvangst

door de Klutenplas en de vergelijking met de slibvang door de kwelder. Daarnaast worden in dit rapport de resultaten gepresenteerd van de vervolgmonitoring zoals die in 2018 is uitgevoerd aan het ontwateringsstelsel, de positie van de kwelderrand en de vegetatie. De monitoring van het ontwateringsstelsel heeft betrekking op mogelijke effecten van de aanleg van zowel de Klutenplas als de kleirijperij. Afhankelijk van het definitieve ontwerp van de 1 km lange pilotdijk zal daarbij in later jaren ook de effecten van de aanleg van de Brede Groene Dijk in worden meegenomen. Voortzetting van het monitoringsonderzoek naar mogelijke effecten van de Kleirijperij op het herstel van de kweldervegetatie is pas weer aan de orde op het moment als de Kleirijperij weer van de kwelder is verwijderd. Het aan vogels gerelateerde monitoringsonderzoek wordt uitgevoerd door Bureau Altenburg & Wymenga, en hier wordt apart over gerapporteerd (Bos *et al.* 2017, 2018).

Tekstkader 1.1 Overzicht van de meetvragen zoals geformuleerd in het monitoringsplan

Vragen gerelateerd aan de aanleg van de Klutenplas

- K1) Wordt door de Klutenplas slib ingevangen en in welke mate?
- K2) Neemt de slibvang in de loop der jaren af?
- K3) Hoe lang duurt het voordat de plas weer geheel is dichtgeslibd en wat is de invloed van storm en seizoen op de slibhuishouding van de Klutenplas?
- K4) Vindt ook aanslibbing plaats van de verbindingen met zee en heeft de aanleg invloed op het afwateringspatroon van de kwelder (en in welke mate)?
- K5) Wordt er door koloniebroeders (Kluut) gebruik gemaakt van het broedeiland (en in welke mate)?
- K6) Wat is het broedsucces en wat zijn de oorzaken van verlies (bijv. predatie of overstroming)?
- K7) Welke bijdrage levert het broedeiland aan de instandhoudingsdoelstelling Natura2000 voor de Kluut?
- K8) Hoe lang duurt het voor de isolatie van het eiland door aanslibbing weer is opgeheven (en deze weer bereikbaar is voor grondpredatoren)?
- K9) In hoeverre treedt gedurende de uitvoering verstoring op van broedvogels en zijn de te treffen voorzorgen en mitigerende maatregelen effectief?
- K10) Heeft de aanleg van de plas invloed op de vegetatie op de omliggende kwelder?
- K11) Hoe verloopt de vegetatieontwikkeling van plas en eiland en treedt na verloop van tijd weer volledig herstel op van de oorspronkelijk aanwezige vegetatie/habitattypen?
- K12) In hoeverre leidt de aanleg en het gebruik van het depot tot een wijziging in het afwateringspatroon en verhoogde afslag van kwelders?
- K13) In hoeverre kan de beweiding en veeveiligheid worden gewaarborgd tijdens en na de aanleg?

Vragen gerelateerd aan de aanleg en het gebruik van het tijdelijk slibdepot (kleirijperij)

- S1) Vindt er tijdelijke verstoring plaats van broedvogels tijdens de bouw en het gebruik van het depot en neemt de druk van ganzen binnendijks toe?
- S2) Helpen de mitigerende maatregelen om effecten te voorkomen dan wel te verkleinen tot een acceptabel niveau te krijgen (incl. vervangend broedgebied in Polder Breebaart)?
- S3) In hoeverre vindt na realisatie en gebruik van zowel het droogbed als het tijdelijk slibdepot herstel plaats van de oorspronkelijk aanwezige vegetatie (en hoe verloopt de vegetatieontwikkeling in de tijd en hoe lang duurt het herstelproces)?
- S4) In hoeverre maken vogels gebruik van het tijdelijk droogbed en het slibdepot (incl. kaden) als broedgebied (en wat is hiervan het succes)?
- S5) Wat is het effect van het dempen op de petsloot langs de buitenteen van de dijk op
 - a) het broedresultaat van vogels op de kwelder (neemt hierdoor de kans op predatie toe) en
 - b) de vegetatie (neemt hierdoor de kwaliteit van de vegetatie toe of af)?
- S6) Wat is het effect van de aanleg en gebruik van het depot op het fourageergedrag van ganzen?
- S7) In hoeverre leidt de aanleg en het gebruik van het depot tot een wijziging in het afwateringspatroon en

- verhoogde afslag van kwelders?
- S8) Heeft de aanleg en gebruik van het depot invloed op de vegetatieontwikkeling van de omringende kwelder?
 - S9) Vindt er compactie en spoorvorming plaats als gevolg van de uitvoerig en het gebruik van het depot (en heeft deze invloed op het herstel)?
 - S10) Is er sprake van uitspoeling van contaminanten vanuit het depotwater en treedt verandering op in de chemische samenstelling van de ondergrond?
 - S11) In hoeverre kan de beweiding en veeveiligheid worden gewaarborgd tijdens en na de aanleg (incl. drinkwatervoorziening voor vee)?
 - S12) Heeft de inrichting en het gebruik van het depot invloed op de verzilting van het binnendijs gelegen landbouwpercelen.

Vragen gerelateerd aan de aanleg en het testen van de pilotdijk (fase 3)

- D1) Vindt er verstoring plaats van broedvogels tijdens de bouw en het gebruik van de dijk en neemt de druk van ganzen binnendijs toe?
- D2) Helpen de mitigerende maatregelen om effecten te voorkomen dan wel te verkleinen tot een acceptabel niveau?
- D3a) Heeft het al dan niet dempen van de petsloot effect op (een toename van de kwaliteit) van de kweldervegetatie?
- D3b) Heeft het al dan niet dempen van de petsloot effect op het broedvogelsucces op de kwelder (neemt hierdoor de kans op predatie toe)?
- D4) In hoeverre leidt de aanleg van de pilotdijk tot een wijziging in
 - a) het afwateringspatroon van kwelders?
 - b) een verhoogde afslag van de kwelder?
- D5) Leidt het al dan niet dempen van de petsloot tot meer natte plekken op de kwelder als gevolg waarvan de gewasproductie wordt verminderd^{#)}?
- D6) Leidt de aanleg van de pilotdijk tot
 - a) meer onveilige situaties voor het vee en
 - b) mogelijk verzilting binnendijs?

^{#)} Deze vraag is op voorhand lastig te beantwoorden aangezien de locatie waar de petsloot mogelijk wordt gedempt ook de locatie is waar de bodemdichtheid zal toenemen als gevolg van het depot. Beide kunnen een tegengesteld of juist versterkend effect hebben. Om de vraag te kunnen beantwoorden is meer dan 1 km aan petsloot dempen noodzakelijk (om een controle te hebben). Hiervoor is echter de toestemming en medewerking van de betreffende eigenaar noodzakelijk. Op basis van het definitieve ontwerp van de dijk zal binnen de adviesgroep kwelders de noodzaak hiervan te zijner tijd opnieuw worden bekeken en zal het gesprek met de eigenaren hierover worden gevoerd

1.4 Leeswijzer

In het volgende hoofdstuk wordt een korte beschrijving gegeven van het studiegebied, waarna vervolgens in hoofdstuk 3 een verantwoording wordt gegeven van de gebruikte methoden. In hoofdstuk 4 volgt een presentatie van de verzamelde gegevens met, voor zover mogelijk een vergelijking met de resultaten van de nulmeting. In het kader van de vervolgmonitoring was het hierbij niet mogelijk om de verkregen resultaten voor alle onderwerpen al tot op het zelfde detailniveau uit te werken. Het rapport heeft daardoor een hybride karakter: bij sommige onderwerpen geeft het niet meer dan een presentatie van de verzamelde gegevens als in een datarapport, terwijl bij andere onderwerpen al een verdergaande analyse wordt gegeven.

2 Beschrijving studiegebied

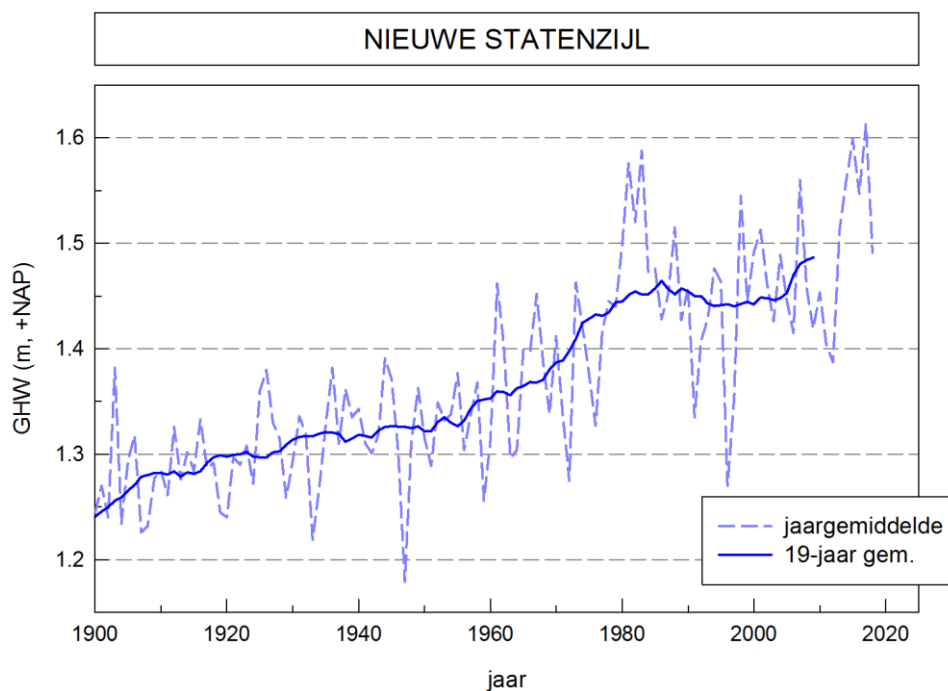
Studiegebied

Het proeftracé van de brede groene dijk ligt globaal tussen de hectometerpalen 5.4 en 6.4 van de Dollarddijk (Fig. 1.1). Dit geeft ook meteen de locatie aan van de Kleirijperij, terwijl de Klutenplas op de voorgelegen kwelder is uitgegraven. Omdat voor het beschrijven van de effecten van de inrichtingsmaatregelen ook gebruik wordt gemaakt van controlemeetpunten buiten het werkgebied, is het studiegebied groter dan het werkgebied en beslaat dit min of meer het gebied tussen hectometerpalen 4.9 en 7.0. Niet elke verandering in het werkgebied hoeft gerelateerd te zijn aan de inrichtingsmaatregelen of activiteiten van het demonstratieproject en controlemeetpunten kunnen een hulpmiddel zijn om een verandering aan te kunnen merken als zijnde een effect van het demonstratieproject, dan wel als een verandering door een andere oorzaak.

Voor de in dit rapport opgenomen onderwerpen is het studiegebied beperkt tot de kwelder (114 ha). De zeedijk ter plekke is in 1924 aangelegd bij de inpoldering van de Carel Coenraadpolder. Bij deze inpoldering bleef er buitendijks nauwelijks kwelder over. De huidige kwelder is pas ontstaan na 1945 (einde WOII), toen de landwinningswerken in de Dollard weer werden opgestart en in westelijke richting werden uitgebreid (Esselink 1998, 2000a). Sinds de landaanwinningswerken in 1953 zijn verlaten, is er door afslag sprake van een geleidelijke afname van de kwelder. In de periode 1981 – 2009 bedroeg de totale afslag in de zuidelijke Dollard netto 26 ha (Esselink *et al.* 2011). Ook in het studiegebied nam de omvang van de kwelder in deze periode af. Alleen in de weinig geëxponeerde ZW-hoek van de Dollard (ten westen van het studiegebied) was in deze jaren sprake van een netto uitbreiding van de kwelder.

Als overblijfsel van de vroegere landaanwinning wordt de kwelder doorsneden door hoofdduitwateringen (of zwetten) die met een onderlinge afstand van 400 meter van elkaar, loodrecht van de zeedijk naar het wad lopen. Midden tussen twee zwetten loopt een laan (vroegere dam) van de zeedijk in de richting van het wad. De kwelder is in de zomermaanden (ongeveer van half mei tot begin oktober) in gebruik als weidegrond (vroeger met schapen en rundvee, tegenwoordig alleen nog met rundvee). In verband met de beweiding vindt er regelmatig onderhoud plaats aan het ontwateringsstelsel. Over bijna de gehele kwelder ligt een patroon van greppels met onderlinge afstand van ongeveer 10 meter. Deze greppels worden tegenwoordig eens per drie jaar geschoond (pers. med. W. Huisman), met uitzondering van de meest zeewaarts gelegen zone van de kwelder waar geen onderhoud meer plaatsvindt. In verband met de uitvoering van de aanleg van de Kleirijperij is het stuk kwelder tussen de Kleirijperij en het wad in 2018 niet beweide. Ook de komende jaren, tot dat de kleirijperij weer is opgeheven, zal dit stuk kwelder niet worden beweide. Naar verwachting zal in plaats daarvan hier een maaibeheer worden gevoerd.

In de Dollard bedraagt het gemiddelde getijverschil of de getijslag ongeveer 3 meter. De jaargemiddelde hoogwaterstand (GHW) in Nieuwe Statenzijl (6.5 km ten O van het studiegebied) is vanaf 1900 gestegen met gemiddeld 2.2 mm per jaar (Esselink *et al.* 2011). Deze stijging had een onregelmatig verloop. Na 1983 is het GHW bijna 20 jaar gemiddeld stabiel gebleven rond het niveau van NAP+1.45 m, maar de laatste vijf jaar lag het jaargemiddelde GHW elk jaar hier ruim boven (Fig. 2.1). Tijdens het schrijven van dit rapport was nog niet een volledig overzicht van de hoogwaterstanden van 2018 beschikbaar. Als 2018 niet wordt meegerekend, bedroeg het GHW de laatste vijf jaar (2013–2017) NAP +1.55 m.



Figuur 2.1 Ontwikkeling van het jaarlijks gemiddeld hoogwater (GHW) in Nieuwe Statenzijl over de periode 1900 – 2018. De waarde van 2018 is gebaseerd op een voorlopige waarde van Rijkswaterstaat. Het 19-jarig lopend gemiddeld is uitgezet om te corrigeren voor een mogelijk effect van de Saros cyclus (een 18.6 jarige cyclus in de afstanden van de Maan en de Zon ten opzichte van de Aarde die van invloed zijn op het getij).

Klutenplas

In hoofdstuk 1 (§ 1.2) is al een beschrijving van de Klutenplas gegeven. De aanleg is uitgevoerd in de periode maart/april 2018. Om de plas droog te kunnen uitgraven is een tijdelijke dam aangelegd, zodat tijdens de werkzaamheden het getij geen toegang had tot de plas. Op 23 april is deze dam verwijderd en kwam de Klutenplas onder invloed van het dagelijkse getij. Voordat het zover was, is in NO-hoek van de plas, 60 m ten oosten van de monding, een 30 m lange meetbrug van steigerbuis gebouwd, die tot ongeveer halverwege het eiland reikt (Fig. 2.2). Langs de westzijde van de brug zijn op de bodem van de plas meetveldjes aangebracht om de opslibbing te monitoren. Verdeeld over de lengte van de brug is op vijf plekken een witte markeerhorizont van kaolienklei aangebracht (veldjes van 50×100 cm). Naast elk veldje is tevens een markeer- of sedimentatieplaat (33×33 cm) aangebracht (Fig. 2.3). In Bijlage I worden de ingemeten posities van de kaolienveldjes en sedimentatieplaten gegeven, alsmede de bodemhoogte van de Klutenplas ter plekke.

Teneinde inzicht te verkrijgen in de getijdynamiek in de Klutenplas is in opdracht van het Waterschap op 31 augustus 2018 door Fugro een peilbuis met datalogger aan de meetbrug bevestigd (Fig. 2.2).



Figuur 2.2 De meetbrug in de NO-hoek van de Klutenplas. Op de foto wordt de peilbuis geïnstalleerd (31 aug. 2018).



Figuur 2.3 Een veldje met opgebrachte kaolienklei als markeerhorizont op de bodem van de Klutenplas met ernaast een sedimentatieplaat. Langs de meetbrug zijn vijf paar van deze meetpunten aangelegd. Foto 19 april 2018.

3 Methoden

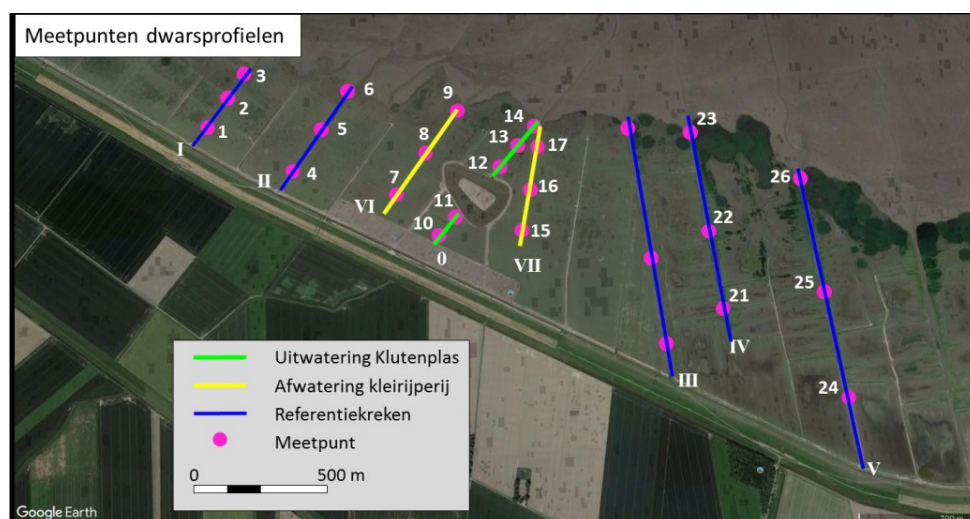
3.1 Ontwateringsstelsel

De monitoring van het ontwateringsstelsel richt zich op de ontwikkeling van doorstroom- of dwarsprofielen van de zwetten. De detailontwatering door de greppels wordt sterk beïnvloed door het onderhoudsbeheer (zie hierboven) en zal meer kwalitatief worden gemonitord met behulp van foto's. Bij de monitoring van de vegetatieontwikkeling worden mede hiertoe de permanente kwadraten jaarlijks gefotografeerd.

De dwarsprofielen zijn tijdens laagwater opgenomen met behulp van een Total Station zonder prisma. Hierbij is vanaf een van de oevers op basis van het reflectiesignaal de hoogte ingemeten van de drooggevalle bodem. Op plekken waar de bodem niet volledig was drooggevalle is in het veld de waterdiepte met het blote oog geschat (vaak enkele centimeters). Bij elk dwarsprofiel is aan beide zijden van de zwet de begroeide oever en de hoogte van het maaiveld ingemeten met een behulp van een Total Station of een RTK GPS. De opname van de dwarsprofielen is in 2018 uitgevoerd tussen 5 - en 19 september, *i.e.* ongeveer 4½ maand na gereedkoming van de Klutenplas.

Meetnet Klutenplas

De Klutenplas staat via één uitwatering in verbinding met de Dollard. In deze verbinding zijn op drie locaties meetpunten voor een dwarsprofiel ingericht: Meetpunten 12, 13 en 14 in figuur 3.1. Als gevolg van de aanleg van het kleidroogbed en de Kleirijperij staat het gedeelte van de zwet tussen de zeedijk en de Klutenplas sinds het voorjaar van 2018 niet meer verbinding met de dijsloot. Van dit gedeelte is het dwarsprofiel opgenomen op Meetpunten 10 en 11. Om in de toekomst het effect van de aanleg van de Klutenplas te kunnen beoordelen zijn langs vijf zwetten controlemeetpunten ingericht: meetpunten 1 t/m 6 en 18 t/m 26 (drie per zwet; Fig. 3.1).



Figuur 3.1 Kaart met opnamelocaties van de dwarsprofielen. De zwetten zijn met Romeinse cijfers genummerd met uitzondering van de zwet door de Klutenplas die het cijfer 0 heeft gekregen. De luchtfoto is genomen op 21 mei 2018 (© Google Earth). De Klutenplas is uitgegraven tussen punten 11 en 12; ten zuiden van punt 10 is het aangelegde droogbed van klei te zien als voorbereiding op de aanleg van de Kleirijperij later in 2018.

Meetnet Kleirijperij

De afwatering van de Kleirijperij verloopt via de dijksloot en twee hoofduitwateringen van de kwelder (Zwet VI en VII in Fig. 3.1). Van beide uitwateringen is op drie punten het dwarsprofiel opgenomen, resp. punten 7 – 9 en 15 – 17 (Fig. 3.1). Tijdens het veldwerk in 2018 was de Kleirijperij nog in aanleg. Door het droogbed van de klei uit de Klutenplas stonden deze zwetten in 2018 niet meer in verbinding met de dijksloot. De controlemeetpunten van de Klutenplas kunnen ook hier als referentie worden genomen.

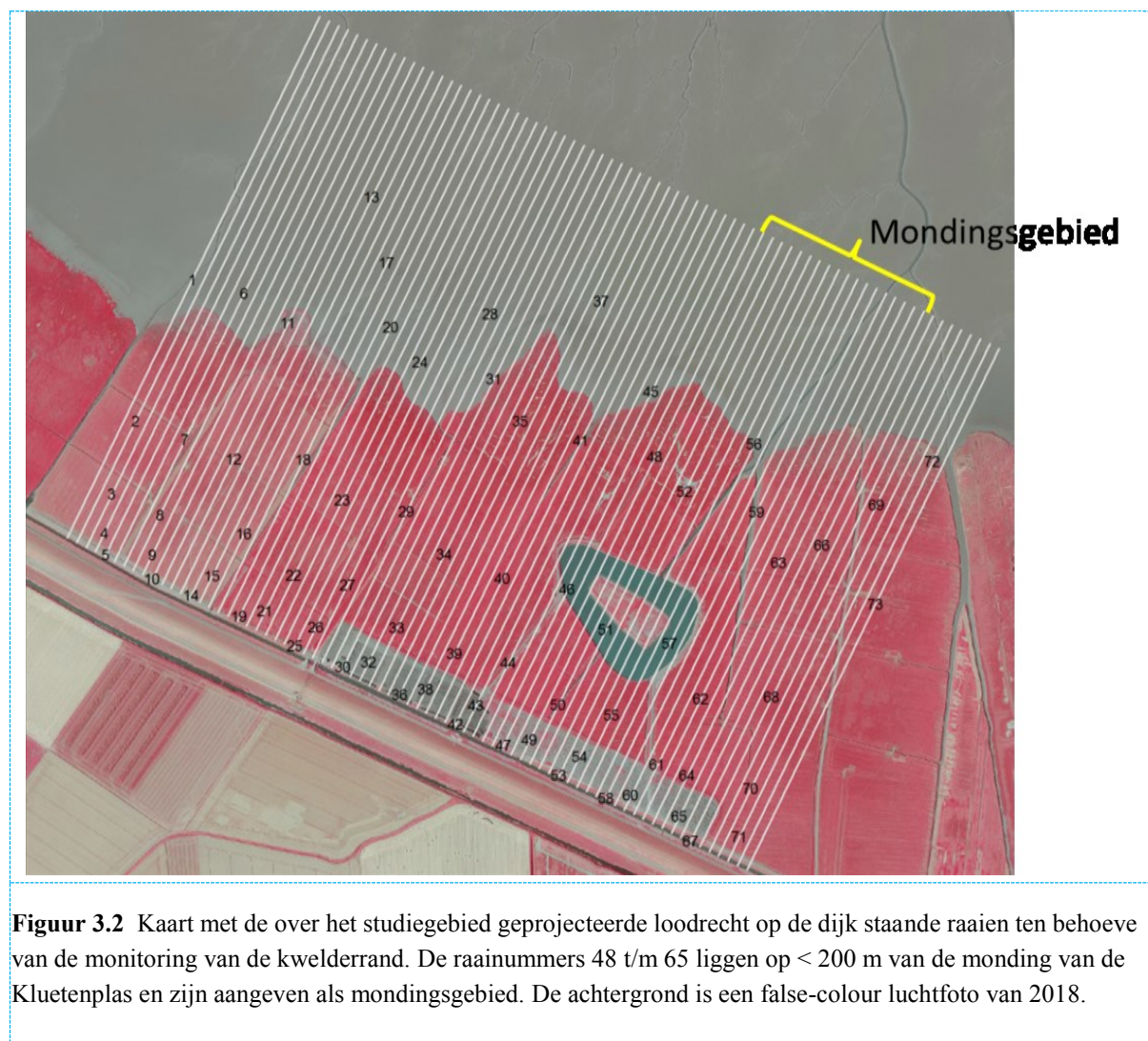
3.2 Kwelderafslag

Om de omvang van de kwelder te volgen, is opnieuw in het hele studiegebied de positie van de kwelderrand ingemeten met behulp van een DGPS (met een nauwkeurigheid van 0.1 m). Hierbij is de grens van aanwezige overjarige begroeiing als grens van de kwelder beschouwd. Langs het grootste deel van de kwelder werd deze grens gevormd door de bovenkant van de afslagrand (klif) van de kwelder. De begrenzing van eventueel aanwezige pioniervegetatie buiten de kweldergrens is afzonderlijk gekarteerd. Hierbij zijn alle begroeiingen die ogenschijnlijk het verder onbegroeide slik voor de kwelderrand koloniseerden als pioniervegetatie aangemerkt. In 2018 ging het hierbij om begroeiingen van Zeekraal, uitstoelende eerstejaars planten van Engels slijkgras en ijl Riet dat door middel van zowel ondergrondse - als bovengrondse uitlopers (zgn. Legehalmen) op één plek vanuit een pol op de kwelder het wad opgroeide. Het veldwerk is uitgevoerd op 3 september 2018.

Om tot een refentiewaarde te komen om de mogelijke invloed van de aanleg van de Klutenplas te evalueren is de verandering in de positie van de kwelderrand in het studiegebied geanalyseerd voor de periode 2009 – 2017. Naast de omvang (oppervlakte) van de kwelder, is ook de afstand waarover de kwelderrand is opgeschoven onderzocht. De gegevens van 2009 zijn afkomstig uit een eerdere studie naar de kwelderontwikkeling in de Dollard (Esselink *et al.* 2011).

Om de kwelderontwikkeling in het studiegebied te analyseren zijn dezelfde methoden gekozen gekozen als in het laatstgenoemde onderzoek. Voor de omvang van de kwelder is uitgegaan van het oppervlakte van het gehele voorland tussen de teen van de dijk en de kwelderrand inclusief de inliggende watergangen (zwetten of krekken). Om te onderzoeken over welke afstand de kwelderrand eventueel is verschoven, zijn loodrecht op de dijk op een onderlinge afstand van 20 m in totaal 73 raaien over het studiegebied geprojecteerd (Fig. 3.2). Op elke raai is de afslag of aangroei van de kwelder gemeten als de afstand tussen de positie van de kwelderrand in 2009 en 2017. Op dezelfde wijze is ook de verschuiving van de kwelderrand tussen 2017 en 2018 onderzocht.

Om de eventuele invloed van de aanleg van de Klutenplas te onderzoeken zijn de raaien opgedeeld in twee deelgebieden, namelijk: het mondingsgebied met raaien op relatief korte afstand van de monding (< 200 m) en een controle-of referentiegebied met raaien die verder van de monding lagen (Fig. 3.2). Drie raaien die min of meer over de monding van een zwet liepen zijn buiten beschouwing gelaten, zodat uiteindelijk 70 raaien overbleven voor een analyse.



Figuur 3.2 Kaart met de over het studiegebied geprojecteerde loodrecht op de dijk staande raaien ten behoeve van de monitoring van de kwelderrand. De raainummers 48 t/m 65 liggen op < 200 m van de monding van de Klutenplas en zijn aangegeven als mondingsgebied. De achtergrond is een false-colour luchtfoto van 2018.

3.3 Slibinvang Klutenplas

3.3.1 Getijdynamiek Klutenplas

Door middel van de geplaatste peilbuis vindt elke 10 minuten een registratie van de waterstand in de Klutenplas plaats. Om de getijdynamiek van de Klutenplas te beschrijven en de invloed van de drempel in monding hierop zal de waterstand in de Klutenplas worden vergeleken met de waterstanden van Rijkswaterstaat in Nieuwe Statenzijl. Deze vergelijking zou ook een eerste aanzet kunnen vormen voor een inschatting van de waterstanden in de Klutenplas over de periode eind april – 31 augustus 2018, *i.e.* de periode dat nog geen peilschaal in de Klutenplas aanwezig was. Op het moment van het schrijven van dit rapport waren nog niet alle hoog- en laagwaterstanden van Nieuwe Statenzijl van 2018 beschikbaar, waardoor dit nog niet is uitgevoerd.

3.3.2 Slibinvang Klutenplas

Vragen uit het monitoringsplan rond de slibhuishouding van de Klutenplas hebben ten minste twee aspecten, namelijk:

- a) veranderingen in bodemhoogte, die kan worden uitgedrukt in centimeters per jaar en

- b) de hoeveelheid sediment die wordt afgezet in de plas en die bijv. kan worden uitgedrukt in $\text{kg/m}^2/\text{jaar}$.

Slibhoogte Klutenplas

Om de metingen bij de meetbrug te kunnen verifiëren is aanvullend op deze metingen ook voorzien in de monitoring van de bodemhoogte in de hele plas. Voor het in kaart brengen van de hoogteligging van een onderwaterbodembodem is *single-beam* echoloding de meest aangewezen methode. Voor zolang de Klutenplas nog voldoende diepte heeft is ervoor gekozen deze methode ook hier toe te passen. Op 27 september is door G2 Surveys een eerste opname uitgevoerd. Hierbij zijn verdeeld over 28 raaien in totaal 1124 punten opgenomen. Er zijn geen metingen verricht binnen het vossenraster rondom het eiland.

Om de veranderingen in bodemhoogte over het eerste halfjaar te kwantificeren, kunnen deze metingen worden vergeleken met de zogenaamde uitmeting van de aannemer bij de oplevering van Klutenplas in april 2018. De uitgevoerde vergelijking beperkt zich tot het deel van de plas met een min of meer vlakke bodem, *i.e.* het gedeelte tussen de onderinsteek van de buitenrand van de plas tot aan het vossenraster (de onderinsteek is gedefiniëerd als de knik tussen de vlakke bodem en het schuinoplopende deel van de oever of talud).

Voor de analyse van de verandering in bodemhoogte is gebruik gemaakt van het software-pakket ET Surface 7.0 (<https://www.ian-ko.com/ETSurface.html>).

Slibhoogte Meetbrug

Op vijf plekken langs de meetbrug zijn op 19 april 2018, een paar dagen voordat de Klutenplas werd aangesloten op de Dollard een markeerhorizont en een sedimentatieplaat aangebracht (§ 2.2). Tijdens laagwater is op 20 september geprobeerd om de afgezette sliblaag bovenop de markeerveldjes te bemonsteren door met een afsluitbare doorzichtige kunststofcilinder (met een binnendiameter van 5.4 cm) een bodemmonster te steken. Een belangrijke handicap was dat er door de waterhoogte van *ca.* NAP +1.0 m (hoogte drempel) in 0.8 m diep water moest worden gemonsterd. De poging is hierdoor mislukt.

Met behulp van een zogenaamde slibschiif is hierop op 18 oktober de dikte van de afgezette sliblaag bovenop de sedimentatieplaten gemeten. Een slibschiif bestaat uit een ronde kunststofschiif die langs een maatstok op en neer kan schuiven. Terwijl de stok op de sedimentatieplaat wordt gezet, blijft de schiif op de bovenkant van de sliblaag liggen. Als de maatstok omhoog wordt bewogen, kan een klik of weerstand worden gevoeld op het moment dat de verbrede onderkant van de stok de schiif raakt. Het niveauverschil langs de maatstok tussen de momenten dat de stok op de sedimentatieplaat staat en de schiif raakt geeft de dikte van de sliblaag.

Sedimentatie Meetbrug

Met behulp van de bovengenoemde afsluitbare kunststofcilinders bleek het wel mogelijk om sedimentmonsters te verzamelen van de bovenop de markeerplaten afgezette sliblaag. Voordat de monsters in de kunststofcilinders naar het laboratorium zijn vervoerd, is in het veld met behulp van lineaal de hoogte van de sliblaag in de cilinders gemeten. De cilinders met monsters zijn in afgesloten toestand vervoerd voor verdere verwerking. Het slib is van het erboven staande water gescheiden door de cilinders eerst in te vriezen en vervolgens tijdens het ontdooien de monsters uit de cilinders te duwen en de nog bevroren kernen op de grens van slib en water door te snijden.

Van de slibfracties zijn zowel het nat - als het drooggewicht bepaald. Voor de bepaling van het drooggewicht zijn de monsters 24 uur lang gedroogd bij 105°C. Voor een berekening van de bulk

dichtheid van het slib (zowel nat als droog) is het volume van het slibmonsters berekend op basis van de in het veld gemeten hoogte van de sliblaag in de cilinders.

3.3.3 Referentiemetingen kwelder

Om de slibbalans van de Klutenplas te kunnen vergelijken met die van de kwelder zijn ook meetpunten ingericht op de kwelder. Hiertoe is bij elk van de 10 permanente kwadraten (PQ's) van de vegetatiemonitoring rondom de Klutenplas, op ongeveer 10 cm diepte een sedimentatieplaat ingegraven. Hierbij is gebruik gemaakt van perspexplaten van 30×30 cm en 5 mm dik. Met het oog op eventuele ontwatering van de bodem boven de ingegraven plaat was in het midden van de platen een gat ($\varnothing$ 8 mm) aangebracht. Tijdens het ingraven is er naar gestreefd om de zode zoveel mogelijk intact te laten en deze na het aanbrengen van de plaat in zijn oorspronkelijke positie terug te plaatsen. Met behulp van een waterpas is erop toegezien dat de platen zoveel mogelijk horizontaal werden geplaatst. De positie van de platen is ingemeten ten opzichte van de markeerpaaltjes van de PQ's en met een DGPS (Bijlage I). Daarnaast zijn de platen gemarkeerd met in het maaiveld verborgen RVS-pennen, zodat de platen ook met behulp van een metaaldetector kunnen worden teruggevonden. De platen zijn aangebracht op 20 september 2018, waarna op 18 oktober de uitgangsdiepte van de platen is opgenomen ten opzichte van het maaiveld. Het meten van de diepte van een plaat gebeurde door deze in een denkbeeldig raster negen maal aan te prikken met een dunne ijzeren pen om vervolgens de lengte van het in de bodem verdwenen deel van de pen langs een liniaal tot op één millimeter nauwkeurig te meten.

Om over enkele jaren te kunnen meten hoeveel sediment boven de platen is afgezet, moet op het moment van ingraving het soortelijk volume van de bodem worden bepaald. Hiervoor zijn bodemmonsters genomen van de bovenste 10 cm van de bodem, waarbij de lagen 0–5 cm en 5–10 cm apart zijn bemonsterd. Om ongestoorde monsters te verkrijgen is de bemonstering uitgevoerd met behulp van pF-ringen (100 cc: $\varnothing$ 5.05 cm en 5 cm hoog). Vastgeklemd in een houder werden de ringen vanaf het maaiveld voorzichtig verticaal de bodem ingedrukt. Van de monsters zijn de dichtheden bepaald, zowel van het verse monster als op basis van het drooggewicht. Voor de bepaling van het drooggewicht zijn de monsters 24 uur lang gedroogd bij 105°C.

3.4 Vegetatie

In 2017 is in het kader van de nulmeting een vegetatiekaart van het studiegebied gemaakt (Esselink *et al.* 2018). In het monitoringsplan staat een volgende vegetatiekartering gepland voor 2024. Om de effecten van de verschillende ingrepen op de vegetatie te monitoren voorziet het monitoringsplan daarnaast in een meer frequente monitoring van de vegetatie in permanente kwadraten (PQ's).

Voor onderzoek naar mogelijke effecten van de aanleg van zowel de Kleirijperij als de Klutenplas zijn in 2017 PQ's van 4×4 m uitgezet en voor het eerst opgenomen. Voortzetting van de monitoring van de PQ's van de Kleirijperij is pas mogelijk als de depots van de Kleirijperij weer van de kwelder zijn verwijderd. Derhalve zijn in 2018 alleen de PQ's van de Klutenplas opnieuw opgenomen. Voor de Klutenplas gaat het hierbij om drie groepen van elk 10 PQ's (Esselink *et al.* 2018):

- a) PQ's op het broedeiland in het midden van de plas
- b) PQ's in de uitgegraven plas
- c) controle PQ's op de kwelder welke niet door de inrichtingsmaatregelen beïnvloed zouden moeten worden.

Bij het uitzetten van de PQ's is onderscheid gemaakt tussen de twee oeverwallen van de aanwezige zwet (4 PQ's per groep) en het lagergelegen vlakke deel van de kwelder (6 PQ's per groep). Omdat de PQ's in de plas in 2018 nog geheel met water waren bedekt en geen vegetatie aanwezig was, zijn in 2018 alleen de PQ's op het broedeiland en de controle PQ's opgenomen. Bij een opname wordt de vegetatie beschreven op basis van de bedekking en abundantie van de aanwezige soorten. Hierbij is gebruik gemaakt van de decimale schaal van Londo (Tabel 3.1; Londo 1976). Het veldwerk is uitgevoerd tussen 19 juli en 4 september 2018. De vegetatieopnamen zijn digitaal opgeslagen in een database met het programma TURBOVEG (Hennekes 1995).

Tabel 3.1 De decimale schaal van Londo (Londo 1976) waarmee de vegetatie van de PQ's is opgenomen. Bij een bedekking van < 5% staat de decimale punt voor één van de aanvullende codes r, p, a of m. De grenzen die hierbij gehanteerd worden kunnen worden beïnvloed door de grootte van het PQ. De laatste kolom geeft de grenzen die gehanteerd zijn voor de PQ's van 4 × 4 m bij dit project.

Code	Bedekking (%)	Aanvullende code		Aantal exemplaren
. 1	< 1	r (<i>raro</i>)	zeldzaam	= < 5
. 2	1 – 3	p (<i>paululum</i>)	schaars	6 – 20
. 4	3 – 5	a (<i>amplus</i>)	veel, talrijk	21 – 100
		m (<i>multum</i>)	erg talrijk	> 100
1–	5 – 10			
1+	10 – 15			
2	15 – 25			
3	25 – 35			
4	35 – 45			
5	45 – 55			
6	55 – 65			
7	65 – 75			
8	75 – 85			
9	85 – 95			
10	> 95			

4 Bespreking resultaten

4.1 Ontwateringsstelsel

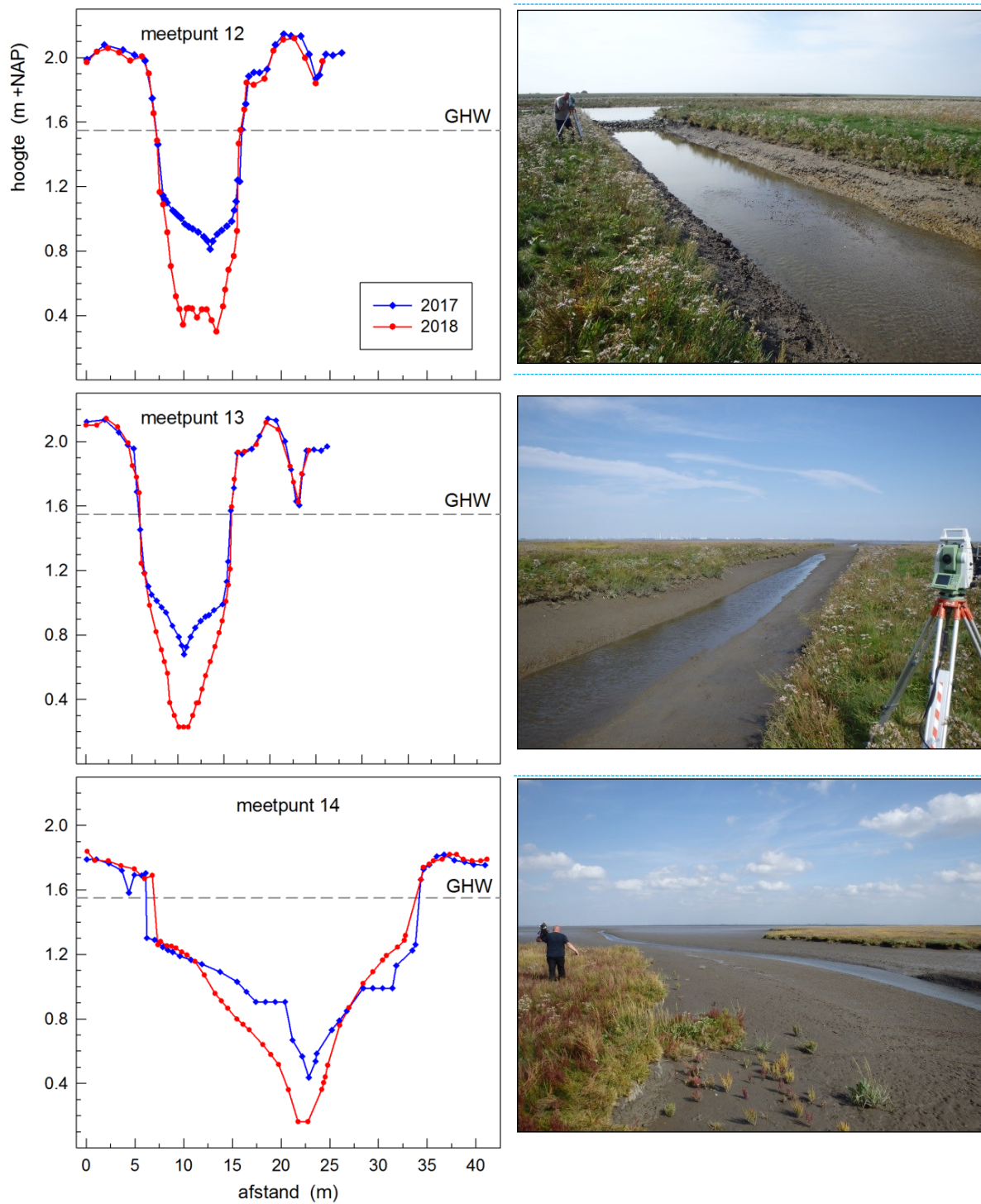
4.1.1 Ontwatering Klutenplas

De verbinding tussen de Klutenplas en de Dollard was in 2018 over de gehele lengte aanzienlijk dieper in vergelijking met de opgenomen uitgangssituatie in 2017 (Fig 4.1; Tabel 4.1). De verdieping was het grootst vlak achter de drempel (0.5 m op Meetpunt 12) en het laagste in de monding (0.3 m op Meetpunt 14). De breedte van de verbinding (op maaiveldniveau) liet tegelijkertijd maar weinig verandering zien. De breedte op maaiveld is afhankelijk van welk punt precies als bovenrand van de zwet wordt gekozen en is alleen goed te vergelijken wanneer de profielen in beide jaren over exact dezelfde lijn zijn gemeten. Dit was niet altijd geval en vormt de verklaring voor de gevonden relatief grote verschillen in breedte op Meetpunten 13 en 14 (Tabel 4.1). Om de veranderingen in de grootte van de dwarsdoorsnede (oppervlakte van het dwarsprofiel) wat minder gevoelig te maken voor deze onnauwkeurigheid, is er voor gekozen om de veranderingen van de dwarsdoorsnede niet te beschrijven ten opzichte van het maaiveld maar ten opzichte van een wat lager niveau, namelijk NAP +1.55 m, overeenkomend met het gemiddeld hoogwaterniveau te Nieuwe Statenzijl over de jaren 2013 – 2017 (vgl. Fig. 4.1). De veranderingen in de dwarsdoorsnede van de verbinding tussen Klutenplas en de Dollard laten een zelfde patroon zien als de diepteveranderingen (Tabel 4.1). Zowel in absolute termen als relatief bezien, was de verandering van de dwarsdoorsnede het grootst vlak achter de drempel (Meetpunt 12) en het kleinst in de monding (Meetpunt 14). Hoewel een opname van de profielen van vlak voor de aansluiting van de Klutenplas op de Dollard ontbreekt, mag zonder meer worden aangenomen dat de veranderingen in de verbinding zijn opgetreden in de 4½ maand dat de Klutenplas in verbinding staat met de Dollard en een direct gevolg hiervan zijn.

Door de aansluiting van de Klutenplas is de komberging van de betreffende zwet toegenomen en stroomt er gemiddeld tijdens elke getijcyclus meer water doorheen. De sterkte van de ebstroom wordt daarbij mogelijk nog versterkt door de aanwezigheid van de drempel of stuw. Als gevolg van de drempel ontstaat er een verschil in waterniveau tussen de Klutenplas en de zwet en is er tijdens afgaand water een tijdlang sprake van een stroomversnelling over de drempel. Het lijkt aannemelijk dat het effect van de drempel op de stroomsnelheid in de richting van de monding geleidelijk zal uitdoven. Dit vormt mogelijk ook de verklaring voor de grotere erosie vlak achter de drempel (Fig. 4.1; Tabel 4.1).

Van de referentie-zwetten, liet Zwet I ook een verdieping en een toename van de dwarsdoorsnede zien (Tabel 4.2; Bijlage II). De vier overige referentie-zwetten waren meer constant, wat een bevestiging vormt voor de conclusie dat de veranderingen in de verbinding tussen Klutenplas en de Dollard moeten worden toegeschreven aan de aanleg van de Klutenplas en de openstelling ervan voor het getij. Vorig jaar is al opgemerkt dat de ontwikkeling van de zwetten waarschijnlijk mede afhangt van de conditie van de stuw in de verbinding tussen dijksloot en zwet (Esselink *et al.* 2018). Veranderingen rond deze stuw van Zwet I, zoals bijvoorbeeld achterloopsheid, zou een verklaring kunnen vormen voor de verdieping van deze zwet en vergroting van de dwarsdoorsnede. In geen van beide jaren is echter aandacht besteed aan de toestand van de stuwen in de verbinding tussen dijksloot en zwetten, waardoor gegevens hierover ontbreken. Om hierin te voorzien wordt aanbevolen om in

het kader van de monitoring, ook de toestand van de stuwen in de verbinding tussen dijsloot en zwetten regelmatig op te nemen.



Figuur 4.1 Vergelijking van de dwarsprofielen in de verbinding tussen de Klutenplas en de Dollard tijdens de nulmeting in 2017 en de eerste vervolgmeting ongeveer vijf maanden na aanleg van de plas in 2018. Als referentie is het niveau van het gemiddelde hoogwater in Nieuwe Statenzijl over de jaren 2013 – 2017 aangegeven. De foto's rechts geven een beeld van de meetlocaties in september 2018. Figuur 3.1 geeft een kaartje met de ligging van de meetpunten.

Tabel 4.1 Veranderingen van de profielen in de verbinding tussen de Klutenplas en de Dollard tussen de nulmeting in september 2017 en september 2018 (4½ maand na opening van de Klutenplas). Een positieve waarde geeft een toename van de betreffende dimensie, een negatieve waarde een afname. De breedte geeft de verandering op maaiveldniveau; de dwarsdoorsnede geeft de verandering van het dwarsprofiel onder het niveau van GHW (NAP +1.55 m). Zie ook figuur 4.1.

Meetpunt	Breedte (m)	Diepte (m)	Dwarsdoorsnede (<GHW)	
			(m ²)	(%)
12	0.1	0.51	3.4	73
13	0.7	0.45	3.0	50
14	-0.7	0.28	2.9	18

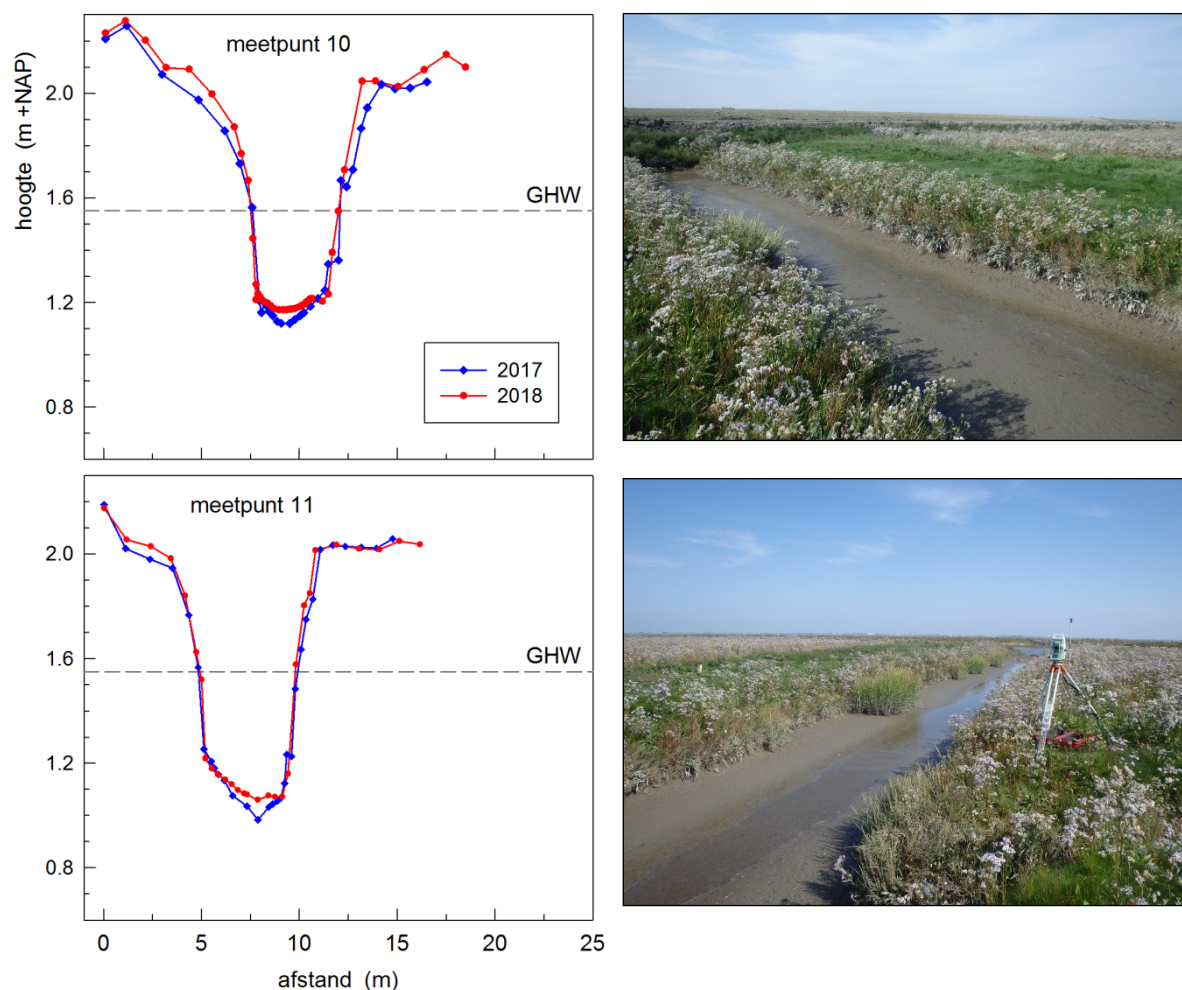
Tabel 4.2 Veranderingen van de profieldimensies in de referentie-zwetten tussen de nulmeting in 2017 en september 2018. Een positieve waarde geeft een toename van de betreffende dimensie, een negatieve waarde een afname. De dwarsdoorsnede geeft de verandering van het dwarsprofiel onder het niveau van GHW aan. In Bijlage II worden alle profielen grafisch met elkaar vergeleken. Figuur 3.1 geeft een kaartje met de locatie van alle meetpunten.

Zwet	Meetpunt	Breedte (m)	Diepte (m)	Dwarsdoorsnede (<GHW)	
				(m ²)	(%)
I	1	0.3	0.34	1.2	68
I	2	0.1	0.33	1.0	34
I	3	-0.2	0.23	0.6	15
II	4	-0.1	-0.01	-0.1	-11
II	5	-0.5	0.11	0.8	46
II	6	0.1	0.11	0.2	8
III	18	-1.0	-0.19	-1.7	-39
III	19	0.8	-0.12	-1.9	-28
III	20	0.3	0.05	-2.1	-11
IV	21	-0.2	0.15	0.1	2
IV	22	0.1	0.05	-1.2	-9
IV	23	0.2	-0.12	-0.7	-3
V	24	0.1	0.04	0.1	2
V	25	-0.2	0.11	1.4	10
V	26	0.5	0.12	0.6	3
Gemiddeld	dijkwaarts	0.0	0.07	0.3	15.2
	midden	0.0	0.09	0.0	10.6
	monding	0.2	0.04	-0.3	2.5

4.1.2 Effecten ontwatering Kleirijperij

Door de opslag van de klei uit de Klutenplas in een droogbed als voorbereiding op de aanleg van de Kleirijperij verloren drie zwetten hun verbinding met de dijksloot. Behalve de zwet door de Klutenplas (Zwet 0) gaat het hierbij om de zwetten VI en VII in figuur 3.1. Hoewel het maar om relatief kleine verandering gaat van 5 – 8 cm, is de diepte van Zwet 0 bovenstrooms van de Klutenplas duidelijk afgenomen (Fig. 4.2; Tabel 4.3). Ook in Zwet VI lijkt sprake van een geringe afname in diepte; het meest uitgesproken op het dichtst bij de dijk gelegen Meetpunt 7 (6 cm; Bijlage II (Fig. II.6)). Deze veranderingen komen overeen met de verwachting.

De profielen langs de derde zwet (Zwet VII) lieten nauwelijks enige verandering zien in de onderzochte profieldimensies (Bijlage II (Fig. II.7)).



Figuur 4.2 Vergelijking van de dwarsprofielen tussen de Klutenplas en de Kleirijperij in de uitgangssituatie in 2017 met de situatie ongeveer vijf maanden na aanleg van de plas in 2018. Op de foto van meetpunt 10 is op de achtergrond de Kleirijperij in aanleg te zien; op de foto van meetpunt 11 is op de achtergrond de Klutenplas te ontwaren. Zie figuur 4.1 voor verdere toelichting.

Tabel 4.3 Veranderingen van de profieldimensies in de zwetten die door de aanleg van de Kleirijperij de verbinding met de dijsloot hebben verloren tussen september 2018 (jaar van aanleg) en de nulmeting in 2017. Een positieve waarde geeft een toename van de betreffende dimensie, een negatieve waarde een afname. De dwarsdoorsnede geeft de verandering van het dwarsprofiel onder het niveau van GHW aan. In Bijlage II worden alle profielen grafisch met elkaar vergeleken. Figuur 3.1 geeft een kaartje met de locatie van alle meetpunten.

Zwet	Meetpunt	Breedte (m)	Diepte (m)	Dwarsdoorsnede (<GHW)	
				(m ²)	(%)
0	10	-0.6	-0.05	-0.1	-8
0	11	-0.2	-0.08	0.2	10
VI	7	0.0	-0.06	0.0	
VI	8	0.2	-0.03	0.1	13
VI	9	0.0	-0.04	0.3	12
VII	15	0.2	0.01	0.1	5
VII	16	-0.2	0.03	-0.2	-3
VII	17	0.1	0.01	-0.2	-2

4.2 Kwelderafslag

Omvang pionierzone in 2018

In 2018 was in het studiegebied langs een deel van de kwelderrand een smalle pionierzone aanwezig (Fig.4.3). De totale omvang hiervan bedroeg niet meer dan 0.7 ha. Binnen de pionierzone is geen onderscheid gemaakt tussen verschillende vegetatietypes (zie § 3.2). Het grootste deel van de pionierzone werd gevormd door een ijle begroeiing van jonge planten van Engels slijkgras (Fig.4.4). Deze begroeiing heeft waarschijnlijk weinig kans om zich verder te ontwikkelen. Tijdens de kartering op 3 september werden al talrijke ontwortelde planten aangetroffen met sporen van ganzenvraat. Op basis van eerder uitgevoerd onderzoek (Esselink *et al.* 1997; Esselink 2000b) is de inschatting dat in de loop van de herfst (vrijwel) alle jonge slijkgrasplanten voor de kwelderrand door de ganzen zullen worden opgeruimd.

Tijdens de nulmeting in 2017 was er nauwelijks een pionierzone aanwezig en is deze niet gekarteerd. Hierdoor is een goede vergelijking tussen beide jaren niet mogelijk.

Afslag

In het studiegebied is als gevolg van afslag in de periode van acht jaar voorafgaande aan de aanleg van de Klutenplas 1.14 ha kwelder verdwenen (Tabel 4.4; Fig. 4.5). Dit is exclusief eventueel aanwezige pionierzone voor de kwelderrand. Gemiddeld bedroeg de achteruitgang 0.14 ha per jaar. Ook van 2017 op 2018 was sprake van een netto achteruitgang van de kwelder, maar deze bleef op jaarbasis onder het gemiddelde verlies van de periode tot 2017 (Tabel 4.4).

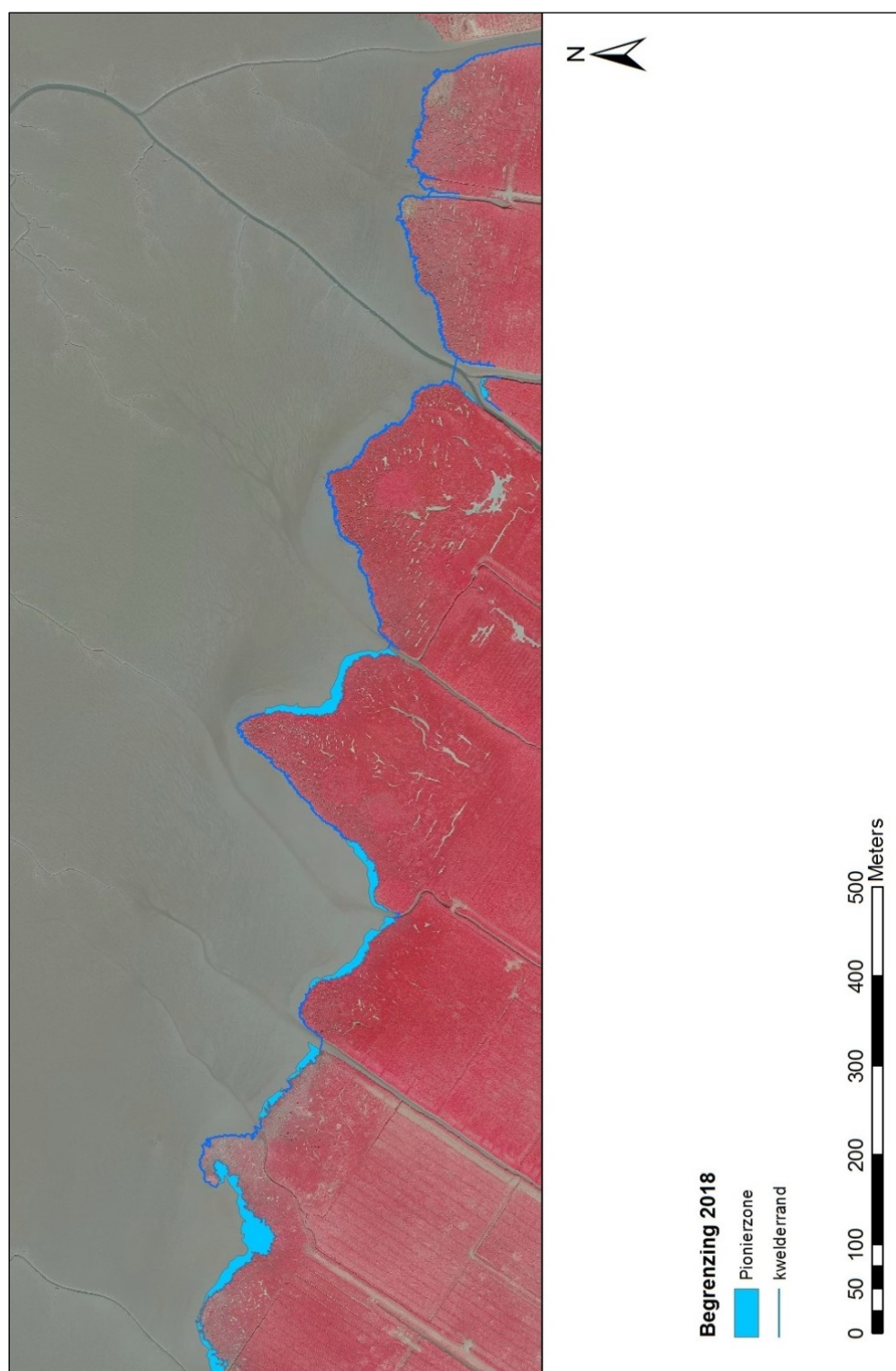
Uit de verschuiving van de kwelderrand langs de over het studiegebied geprojecteerde raaien komt hetzelfde beeld naar voren (Fig. 4.6). Over de periode 2009 – 2017 bedroeg de gemiddelde afslag in het studiegebied 8.7 meter of 1.1 m per jaar. Van 2017 op 2018 was de gemiddelde afslag 0.9 meter, maar verschilde statistisch gezien niet van de afslag in de periode 2009 – 2017 (Wilcoxontoets voor twee steekproeven).

Rond de monding van de Klutenplas (*i.e.* tot 200 m westelijk en oostelijk van de monding; Fig. 3.2) lijkt de afslag iets hoger dan de rest van het studiegebied, maar ook dit verschil was voor beide periodes niet significant. Voor het vaststellen van een mogelijk effect van de Klutenplas op de afslag, zou bij voortzetting van de meetreeks in Fig. 4.6 een statistisch significant verschil moeten ontstaan.

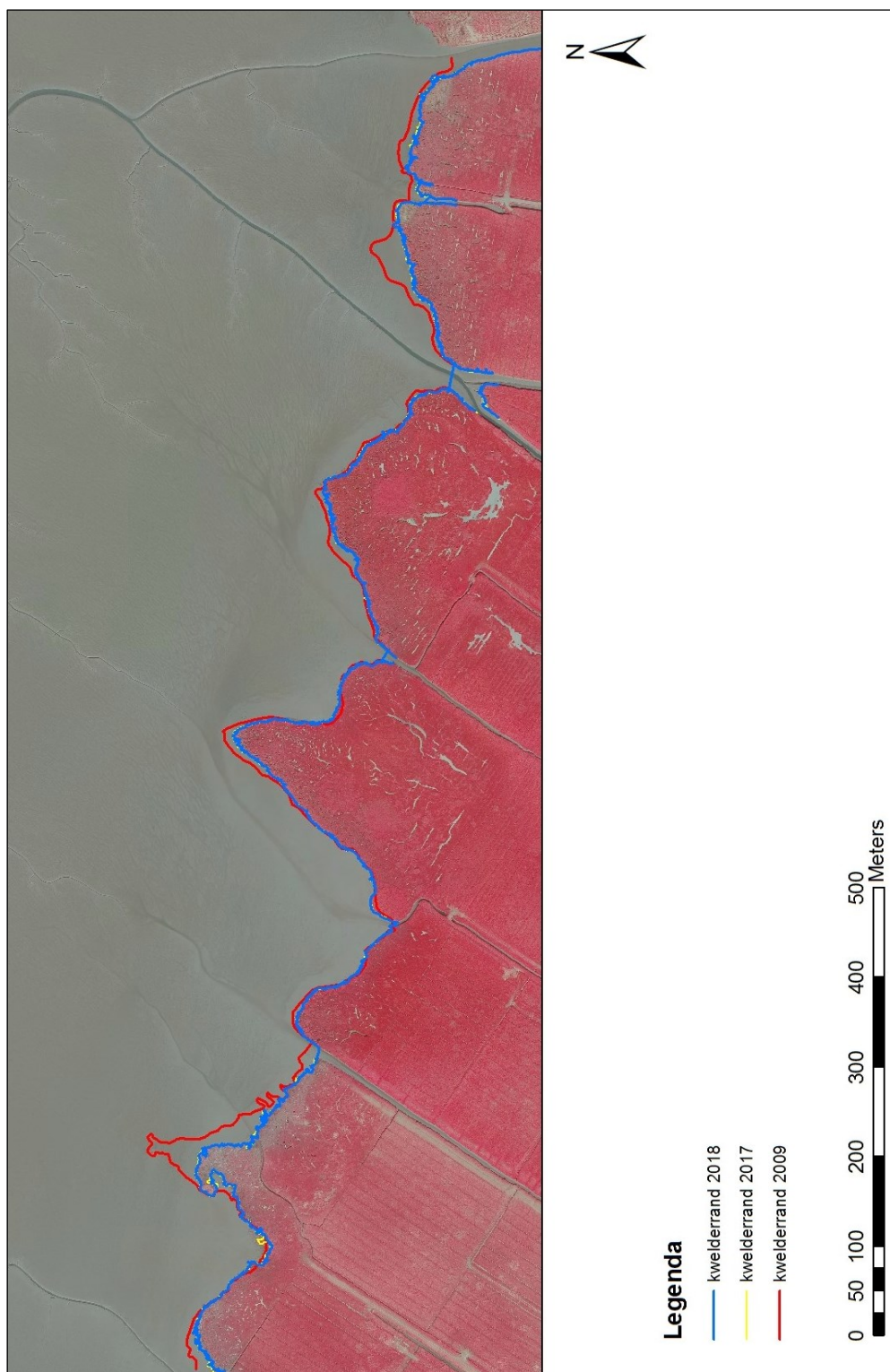
De gevonden afslag van de kwelder in het studiegebied was ongeveer gelijk aan de afslag in hetzelfde gebied in de periode 1981 – 2009 (Fig. 4.7 in Esselink *et al.* 2011). In de genoemde figuur moet hiervoor worden gekeken naar het oostelijk deel van de particuliere kwelder (raainummer 66 t/m 90). De netto afslag bedroeg hier in de genoemde periode ruim 32 meter of bijna 1.2 m per jaar.

Tabel 4.4 Veranderingen in de omvang van de kwelder (excl. pionierzone) in het studiegebied in een periode voorafgaande aan de aanleg van de Klutenplas (2009 – 2017) en in het jaar dat de Klutenplas werd gerealiseerd (2017 – 2018).

Periode	Aanwas (ha)	Afslag (ha)	Netto verandering	
			totaal (ha)	per jaar (ha/jr)
2009 – 2017	0.07	1.21	-1.14	-0.14
2017 – 2018	0.02	0.11	-0.09	-0.09



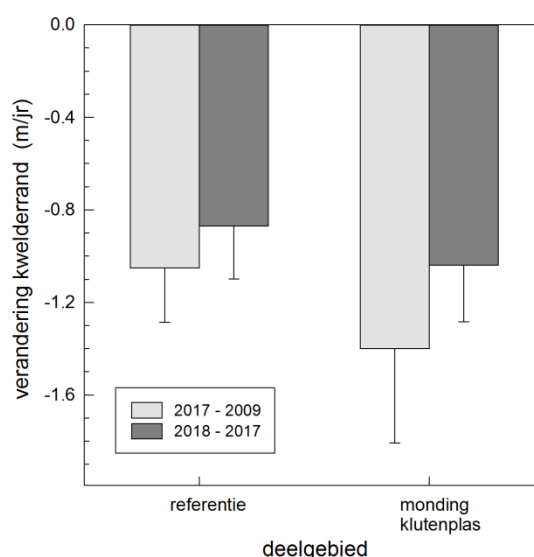
Figuur 4.3 Het voorkomen van pioniervegetatie voor langs de kwelderrand in 2018. De achtergrond is een false-colour luchtfoto uit 2018.



Figuur 4.5 De ligging van de kwelderrand in 2009, 2017 en 2018. De achtergrond is een false-colour luchtfoto uit 2018.



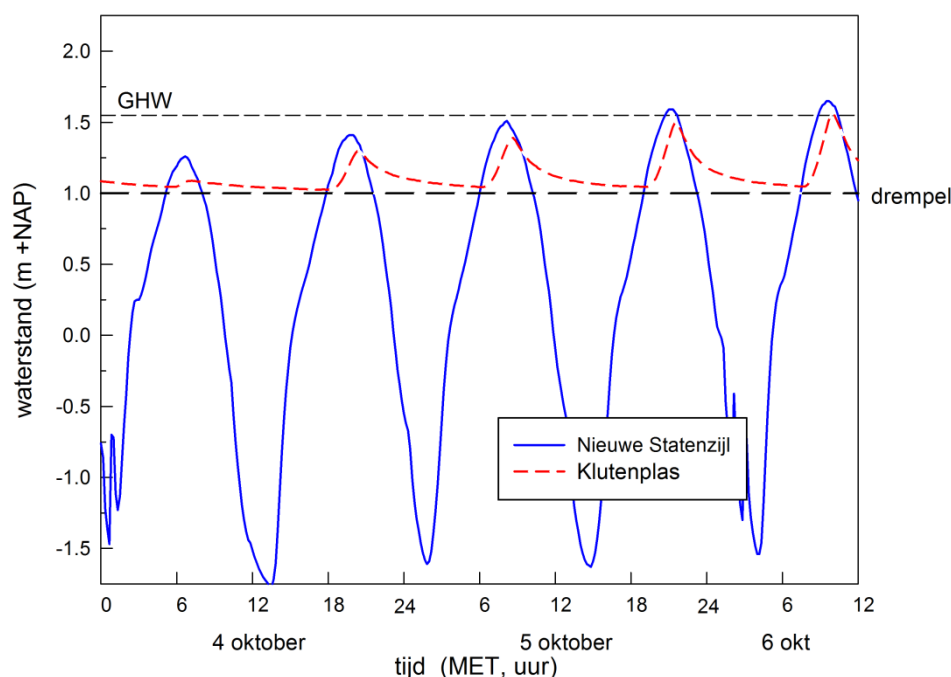
Figuur 4.4 Pionierzone langs de kwelderrand met jonge eerstejaars planten van Engels slijkgras. Foto 3 september 2018.



Figuur 4.6 De verschuiving (gemiddelde met standaardfout) van de kwelderrand in het studiegebied als gevolg van afslag; rechts in het gebied tot 200 m ten westen en oosten van de monding van de klutenplas ($N = 17$; raaien 48 – 65 (Fig. 3.2)), links in de rest van het studiegebied ($N = 53$). De verschillen tussen de twee periodes en de twee deelgebieden zijn statistisch niet significant.

4.3 Getijdynamiek Klutenplas

De drempel in de opening van de Klutenplas vormt tijdens opkomend en afgaand water een weerstand voor de waterstromen, terwijl een vloedgolf die niet boven het niveau van de drempel uitkomt de Klutenplas helemaal niet kan bereiken. Dit laatste was in de periode 30 september t/m 15 december 2018 tijdens 14% van de getijdycli het geval. Als gevolg van de weerstand kan bij het volstromen van de Klutenplas ook een aanzienlijk verschil in waterniveau ontstaan tussen voor en achter de drempel.

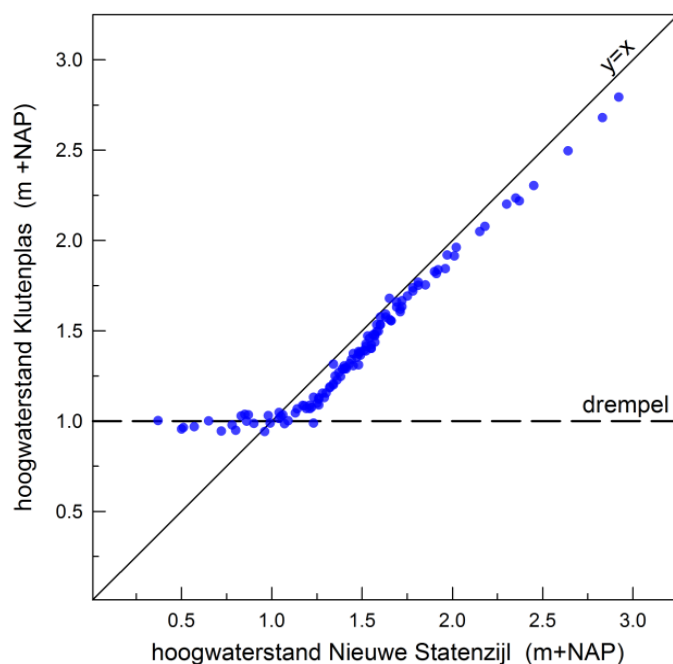


Figuur 4.7 Vergelijking van het verloop van de waterstanden in Nieuwe Statenzijl en in de Klutenplas op drie opeenvolgende dagen (4 – 6 okt 2018). Als referentie zijn het niveau van de drempel in de Klutenplas en het gemiddeld hoogwater (GHW) in Nieuwe Statenzijl over de jaren 2013– 2017 aangegeven.

Hier zijn geen metingen van, maar in het veld werd op het oog het niveauverschil geschat als oplopend tot minstens 20 centimeter, waarbij het water met kracht de Klutenplas instroomde. De enige vergelijking die mogelijk is, is die van de waterstand in de Klutenplas met de waterstand in Nieuwe Statenzijl (peilschaal Rijkswaterstaat; Fig. 4.7). Door de genoemde weerstand zal het hoogwater in de Klutenplas later zijn maximum bereiken dan erbuiten. Figuur 4.7 laat inderdaad zien dat het moment van hoogwater in Klutenplas later is dan Nieuwe Statenzijl. Hierbij moet niet vergeten worden dat Nieuwe Statenzijl op ruim 6 km afstand van de Klutenplas ligt, wat een goede evaluatie van het effect bemoeilijkt.

Door de vertraging van de vloedgolf over de drempel, kan het water voor de drempel alweer gaan zakken als gevolg van de kentering van het getij zonder dat het water in de Klutenplas hetzelfde maximum niveau heeft bereikt als voor de drempel. Dit kan eigenlijk alleen worden onderzocht door ook de waterstand vóór de drempel een tijdlang te meten. Wanneer alleen de hoogwaters worden beschouwd die boven de drempel uitkomen, bleven in de onderzochte periode de hoogwaterstanden in de Klutenplas gemiddeld 10 centimeter achter bij die van Nieuwe Statenzijl (Fig. 4.7, 4.8). Dit verschil lijkt vrij constant; ook bij door het weer sterk verhoogde waterstanden waarbij de gehele kwelder onder water loopt (Fig. 4.8). Dit laatste is het geval bij waterstanden hoger dan NAP + ca. 2.0 m.

In figuren figuren 4.7 en 4.8 is voor de hoogte van de drempel de ontwerphoogte van NAP +1.0 m aangehouden. In werkelijkheid is bovengrens van de drempel niet precies te omschrijven. Het genoemde niveau van NAP +1.0m geeft de bovenkant van de stenen waarmee het bezinkstuk in de drempel is verzwaaard (vgl. Fig. 1.2). Bij laagwater kan het water in de Klutenplas echter nog wat verder uitzakken doordat er een reststroom tussen de stenen door blijft stromen. In figuur 4.7 ontbreekt dit verschijnsel omdat het water in de Klutenplas op tijd wordt aangevuld met water van de volgende vloedgolf. De laagste geregistreerde waterstand in de Klutenplas voordat de drempel op 29 november werd verlaagd was NAP + 0.94 m; na de verlaging was dit NAP + 0.84 cm.



Figuur 4.8 Vergelijking tussen de hoogwaterstanden in Klutenplas en in Nieuwe Statenzijl over de periode 30 september 2018 – 29 november 2018. De grafiek laat zien dat het hoogwater in de Klutenplas altijd lager was dan in Nieuwe Statenzijl, behalve bij lage hoogwaters wanneer deloedgolf niet boven de drempel uitkomt en daardoor de Klutenplas niet kan bereiken. Het waterpeil in de Klutenplas is dan meer een afspiegeling tot welk niveau het water in de plas is uitgezakt.

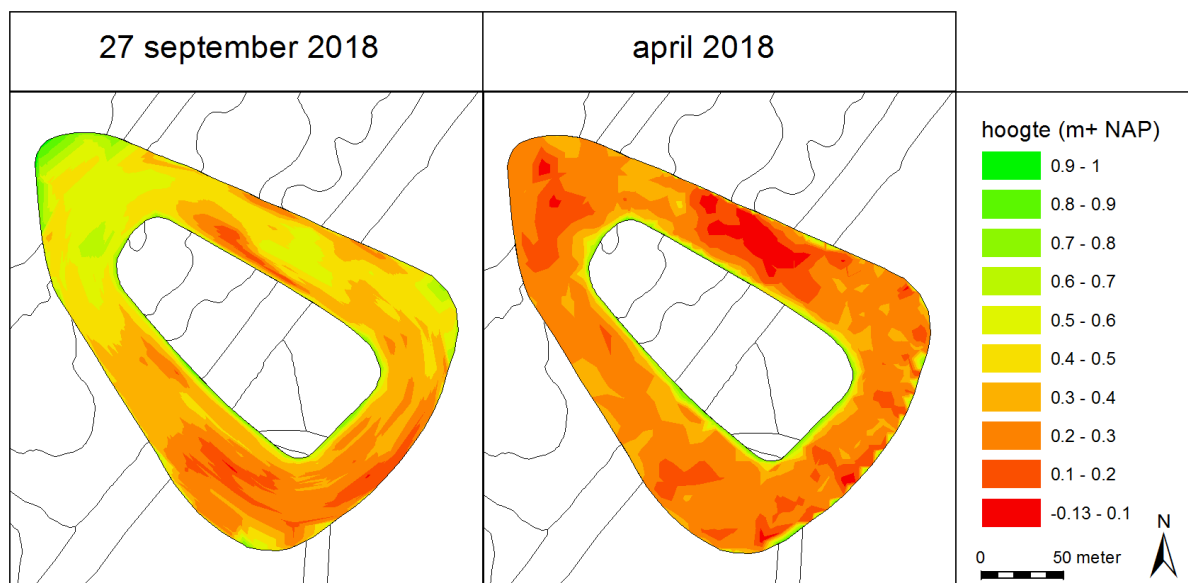
4.4 Opslibbing

4.4.1 Klutenplas

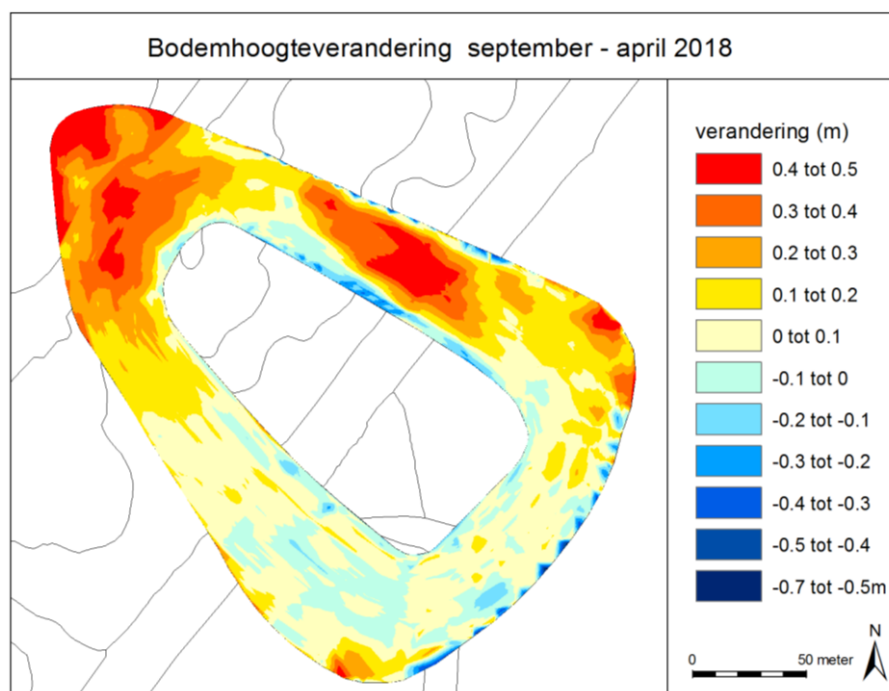
Hoogteontwikkeling bodem

In de eerste 5 maanden dat het getij toegang had tot de Klutenplas is de bodemhoogte er gemiddeld met 13 cm toegenomen (Tabel 4.5). De hoogtekarten van april en september 2018 en de verschilkaart tussen deze twee laten zien dat hierbij sprake was van een grote ruimtelijke variatie (Fig. 4.8, 4.9). Op de verschilkaart zijn twee gebieden aan te wijzen waar de bodemhoogte is toegenomen met waarden tot 0.5 m. Eén van die gebieden is de westpunt van de plas. Dit lijkt de meest luwe hoek van de plas, waardoor de omstandigheden voor bezinking van slibdeeltjes uit de waterkolom hier het gunstigste zullen zijn geweest. Bij de meting in september had dit deel van de plas zich ontwikkeld tot het meest ondiepe deel van de plas (Fig. 4.8). Het tweede gebied lag half voor de in- en uitstroomopening en viel precies samen met de diepste delen van de plas meteen na aanleg (tot NAP –0.13 m). Op andere plekken, vooral de zuidhoek van de plas leek door erosie sprake van een lichte afname in de bodemhoogte.

De gemiddelde verandering in bodemhoogte in de gehele plas en de hoogte van het slib dat werd afgezet op de sedimentatieplaten langs de meetbrug lieten geen verschil van betekenis zien (13 cm in 5 maanden tegenover 13.5 cm in 6 maanden; Tabel 4.5).



Figuur 4.8 Vergelijking tussen de bodemhoogte van de Klutenplas bij oplevering in april 2018 (rechts) en die op 27 september 2018 toen de Klutenplas iets langer dan 5 maanden (157 dagen) was blootgesteld aan het getij. De buitengrens van de bodemkaartjes wordt gevormd door de onderinsteek van de buitenoever; de binnengrens door het vossenraster van het broedeiland (§ 3.3.2). Als achtergrond is de vegetatiekaart van 2017 gebruikt.



Figuur 4.9 Verschilkaart september – april 2018 van de bodemhoogte in de Klutenplas. Zie figuur 4.8 voor verdere toelichting.

Tabel 4.5 Vergelijking van de gemiddelde verandering in bodemhoogte van de Klutenplas tussen april en september 2018 (Fig. 4.7, 4.8) en de hoogte van de sliblaag op de sedimentatieplaten gemeten op 18 oktober 2018 met de slibschiif.

Periode	Bodemhoogte plas (cm)	Slibhoogte sedimentatieplaten ($N=5$)	
		gem.	<i>SD</i>
sept/okt – april	13	13.5	2.7

Sedimentatie en slibinvang

De sliblaag die in de eerste 5 maanden op de sedimentatieplaten is afgezet had een natte bulkdichtheid van gemiddeld 1086 kg/m^3 (Tabel 4.6). Deze waarde geeft aan dat het afgezette slib nog heel waterig was.

De droge bulkdichtheid of de soortelijk massa van het slib bedroeg 354 kg/m^3 (Tabel 4.6). In het kader van de voorbereiding van de kleiwinning uit de Klutenplas is een waterbodemonderzoek op de kwelder verricht en zijn ook slibmonsters genomen in de zwet en de dijksloot (Wiertsema & Partners 2016; van Zoest & de Vries 2018). De droge bulkdichtheid van het slib in de Klutenplas is goed vergelijkbaar met die van de laatstgenoemde monsters (Richard Marijnissen, pers. meded.).

De bemonstering van de sliblaag in de Klutenplas betreft nu nog maar een eenmalige meting. Het verdient aanbeveling de bemonstering te herhalen en waar mogelijk te verbeteren. Omdat het niet de bedoeling is om de sliblaag boven de sedimentatieplaten te blijven verstoren, wordt aanbevolen bij de volgende monstering een alternatieve bemonsteringswijze te onderzoeken. Een voor de hand liggend alternatief is de inzet van een zogenaamde Beeker sampler. Deze sampler is ontworpen om met een vacuümtechniek onder andere ongestoorde slibmonsters van onderwaterbodems te kunnen nemen.

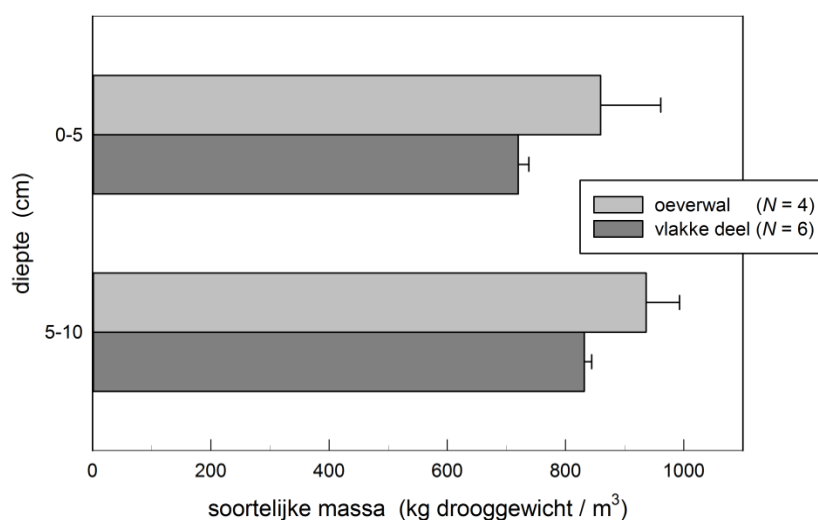
De verkregen waarde van de droge bulkdichtheid is gebruikt voor een eerste schatting van de hoeveelheid slib die in 5 maanden tijd in de Klutenplas is afgezet. Het verschil in bodemhoogte tussen september en april (Fig. 4.9; Tabel 4.5) geeft aan dat er in deze periode 3749 kubieke meter slib is afgezet. Met een gemiddelde droge bulkdichtheid van 354 kg/m^3 zou dit (uitgedrukt in droge stof) neerkomen op 1330 ton slib.

Tabel 4.6 De bulkdichtheid (nat- en drooggewicht) van het afgezette slib op de sedimentatieplaten langs de meetbrug in september 2018. De laatste kolom geeft het watergehalte van het slib (gewichtsperscentage).

Monster (plaatnr.)	Bulkdichtheid (kg/m^3)		Vocht (%)
	nat	droog	
1	1107	345	68.9
2	1089	356	67.3
5	1062	362	65.9
Gemiddelde	1086	354	67.3
Stand. dev.	23	9	1.5

4.4.2 Nulmeting kwelder

Om de slibinvang van de Klutenplas te kunnen vergelijken met de kwelder zijn in het najaar van 2018 10 sedimentatieplaten op ongeveer 10 cm diepte ingegraven (1 plaat bij elk controle PQ van de vegetatiemonitoring). Tabel I.3 (Bijlage I) geeft de ingemeten positie van de platen plus de diepte van de platen vier weken na het ingraven. Voor het verkrijgen van een schatting van de hoeveelheid sediment die na het ingraven van de platen boven een plaat aanwezig is, is vlak naast de ingraaflocatie de bulkdichtheid of soortelijke massa van de bovenste 0–10 cm laag van de kwelderbodem bemonsterd, waarbij onderscheid is gemaakt tussen de 0–5 cm en de 5–10 cm (Tabel 4.7; Fig. 4.10). De soortelijke massa in de 5–10 cm laag was gemiddeld ruim 15% hoger dan in de bovenste 0–5 cm laag. Ook vertoonde de soortelijke massa enige ruimtelijke variatie: op oeverwallen lagen de waarden ruim 10% hoger dan in het lagere vlakke deel van de kwelder.



Figuur 4.10 De soortelijke massa in de bovenste 10 cm van de kwelderbodem rond de Klutenplas verdeeld over de oeverwallen langs de zwetten en het lagergelegen vlakke deel van de kwelder in september 2018. Tabel 4.7 geeft de resultaten per monster.

Tabel 4.7 De bulkdichtheid (nat- en drooggewicht) en het vochtpercentage in de lagen 0–5 en de 5–10 cm laag van de kwelderbodem rond de Klutenplas verdeeld over de oeverwallen langs de zwetten en de lagergelegen vlakke delen van de kwelder in september 2018.

PQ (nummer)	Kwelderdeel	Diepte (cm)	Bulkdichtheid (kg/m ³)		Vocht (%)
			nat	droog	
C01	laag, vlak	0-5	1239	712	42.6
C01	laag, vlak	5-10	1399	838	40.1
C02	laag, vlak	0-5	1307	757	42.1
C02	laag, vlak	5-10	1316	773	41.3
C03	laag, vlak	0-5	1242	762	38.7
C03	laag, vlak	5-10	1423	831	41.6
C08	laag, vlak	0-5	1064	646	39.3
C08	laag, vlak	5-10	1429	840	41.2
C09	laag, vlak	0-5	1292	744	42.4
C09	laag, vlak	5-10	1305	846	35.2
C10	laag, vlak	0-5	1167	700	40.0
C10	laag, vlak	5-10	1409	863	38.8
C04	oeverwal	0-5	1208	684	43.4
C04	oeverwal	5-10	1364	848	37.8
C05	oeverwal	0-5	1258	795	36.9
C05	oeverwal	5-10	1351	849	37.2
C06	oeverwal	0-5	1203	805	33.0
C06	oeverwal	5-10	1380	964	30.1
C07	oeverwal	0-5	1514	1154	23.8
C07	oeverwal	5-10	1432	1085	24.3

Tabel 4.8 De soortensamenstelling van de vegetatie in de PQ's op het broedeiland in het jaar van aanleg in vergelijking met de soortensamenstelling van dezelfde PQ's in de uitgangssituatie. De tabel geeft de PQ's die voor de aanleg van het eiland in het vlakke (lagergelegen) deel van de kwelder lagen ($N=6$). De presentie geeft het percentage van de PQ's waarin een soort is aangetroffen; de volgende twee kolommen geven per soort de gemiddelde bedekking (gem.) met standaarddeviatie (SD). De onderste regel geeft de gemiddelde soortenrijkdom per PQ. Vetgedrukt zijn de soorten die in alle PQ's aanwezig waren en een relatief hoog aandeel in de vegetatie hadden (*i.e.* > 10% bedekking).

Soort	Uitgangssituatie (2017)			Jaar van aanleg (2018)		
	Presentie (%)	Bedekking (%)		Presentie (%)	Bedekking (%)	
		gem.	SD		gem.	SD
Gewoon kweldergras	100	77	12	100	1.0	0.0
Schorrenzoutgras	100	21	13	17	0.2	0.4
Fioringras	100	18	21	17	0.2	0.4
Zeeweegebree	100	10	6	100	1.0	0.0
Zulte	100	7	4	100	13	15
Kortarige zeekraal	100	2.7	2.4	100	10	3
Klein schorrenkruid	100	1.7	0.5	100	55	18
Gerande schijnspurrie	100	1.2	0.4	83	2.0	2.5
Melkkruid	17	0.5	0.5	33	0.3	0.5
Rood zwenkgras <i>s.l.</i>	50	5	12	-	-	-
Engels slijkgras	33	0.3	0.5	33	0.3	0.5
Zilte schijnspurrie	33	0.3	0.5	100	2.3	1.4
Spiesmelde <i>s.l.</i>	33	0.2	0.4	100	6	12
Akkermelkdistel <i>s.l.</i>	17	0.2	0.4	-	-	-
Langarige zeekraal	-	-	-	33	0.3	0.5
Aantal soorten / PQ		9.8	1.0		9.2	0.8

4.5 Vegetatie

4.5.1 Vegetatieontwikkeling broedeiland

Door het ophogen van het broedeiland met naar schatting 0.4–0.5 m klei, was van de oorspronkelijke vegetatie gedomineerd door Gewoon kweldergras en Fioringras in respectievelijk het lagergelegen vlakke deel van de kwelder en op de oeverwallen langs de zwet in 2018 vrijwel niets meer over. Plantensoorten moesten het broedeiland dus opnieuw koloniseren. Enkele soorten die tijdens de nulmeting in de PQ's aanwezig waren, werden in 2018 niet meer aangetroffen. Het gaat hierbij om Akkerdistel, Engels raaigras en Stomp kweldergras (Tabel 4.8, 4.9). Bij Akkerdistel is er opgelet of deze soort ook eventueel buiten de PQ's voorkwam, maar dit was niet het geval. De in 2018 aanwezige soorten zullen zich bijna allemaal via kieming van zaad hebben gevestigd. Alleen bij Akkermelkdistel en Engels slijkgras werden planten waargenomen die zich hadden ontwikkeld als uitlopers van wortelstokfragmenten.

Begin september had zich een relatief hoogopgaande (0.6–1.2 m) vegetatie ontwikkeld van voornamelijk éénjarige soorten zoals Klein schorrenkruid, Spiesmelde en Kortarige zeekraal met Zulte als in principe tweejarige soort (Tabel 4.8, 4.9). Zulte geldt als tweejarige soort, maar kan ook als éénjarige optreden. Gezien het relatief hoge aandeel hoog uitgegroeide bloeiende planten (zie foto voorplaat), leek dit laatste ook op het broedeiland ten dele het geval.

Tabel 4.9 De soortensamenstelling van de vegetatie in de PQ's op het broedeiland in het jaar van aanleg in vergelijking met de vegetatiesamenstelling van dezelfde PQ's in de uitgangssituatie. De tabel geeft de PQ's die voor de aanleg van het eiland op de hogergelegen ruggen (oeverwallen) langs de zwet lagen ($N=4$). Zie Tabel 4.8 voor verdere toelichting.

Soort	Uitgangssituatie (2017)			Jaar van aanleg (2018)		
	Presentie	Bedekking (%)		Presentie	Bedekking (%)	
	(%)	gem.	SD	(%)	gem.	SD
Fioringras	100	63	26	75	0.8	0.5
Rood zwenkgras <i>s.l.</i>	100	14	14	25	0.3	0.5
Akkerdistel	100	6	10	-	-	-
Akkermelkdistel <i>s.l.</i>	75	1.0	0.8	25	0.3	0.5
Gerande schijnspurrie	75	0.8	0.5	100	1.3	0.5
Gewoon kweldergras	50	2.8	3.4	100	1.5	0.6
Zeewegbree	50	1.3	1.9	100	1.3	0.5
Zilte schijnspurrie	50	0.8	1.0	100	1.8	0.5
Zulte	50	0.5	0.6	100	13	5
Engels raaigras	50	0.5	0.6	-	-	-
Stomp kweldergras	50	0.5	0.6	-	-	-
Spiesmelde <i>s.l.</i>	25	0.3	0.5	100	68	22
Melkkruid	25	0.3	0.5	75	1.0	0.8
Grote weegbree	25	0.3	0.5	-	-	-
Klein schorrenkruid	-	-	-	100	20	15
Kortarige zeekraal	-	-	-	100	1.5	0.6
Schorrenzoutgras	-	-	-	75	0.8	0.5
Aantal soorten / PQ		8.3	4.3		10.8	1.0

In de tabellen 4.4 en 4.9 is onderscheid gemaakt tussen de PQ's die tijdens de nulmeting in het lagergelegen vlakke deel van de kwelder lagen of op de oeverwallen. Verwacht zou worden dat deze twee groepen na het ophogen van het eiland geen verschil in vegetatiesamenstelling meer zouden laten zien. Opvallend is echter dat in de eerstgenoemde groep PQ's Klein schorrenkruid de vegetatie in 2018 domineerde, terwijl in de tweede groep de vegetatie werd gedomineerd door Spiesmelde.

De hoge abundantie van éénjarigen kan worden gezien als het resultaat van de geringe bedekking van overblijvende soorten in het voorjaar als gevolg van de ophoging van het eiland. Dit had een gunstig effect op de vestiging van de Kluut op het eiland (Bos *et al.* 2018). Om in de komende jaren min of meer dezelfde gunstige condities voor de Kluut te handhaven, is het advies om jaarlijks in het voorjaar de nog aanwezige vegetatie te verwijderen en een grondbewerking toe te passen (ploegen of frezen).

4.5.2 Vegetatieontwikkeling in de controle PQ's

Evenals het broedeiland werd het stuk kwelder met de controle PQ's in 2018 niet beweid. Dit vormt mogelijk de verklaring dat plantensoorten als Schorrenzoutgras, Zulte en Zeeweegbree in het vlakke lagergelegen deel in 2018 een opvallend hogere bedekking hadden vergeleken met de Ausgangssituatie in 2017 (Tabel 4.10). In de PQ's op de oeverwallen hadden Rood zwenkgras en Gewoon kweldergras in 2018 een hogere bedekking.

In het vlakke deel van de kwelder werden in de PQ's dezelfde 13 plantensoorten gevonden als in 2017. Doordat hier enkele soorten in meer PQ's werden aangetroffen, nam het gemiddeld aantal soorten per PQ iets toe vergeleken met de Ausgangssituatie. In de controle PQ's op de oeverwallen werden 17 soorten in beide jaren aangetroffen. Tegenover het verdwijnen van Gewone melkdistel in deze PQ's, werden in 2018 drie soorten nieuw aangetroffen: Kortarige zeekraal, Klein schorrenkruid en Reukloze kamille (Tabel 4.11). In deze PQ's nam het gemiddelde aantal soorten per PQ toe van 10.5 soorten in 2017 naar 13.5 in 2018.

In 2018 werd de kwelder rond de Klutenplas niet beweid. Als deze verandering van lange duur zou zijn, zou op basis van ervaringen elders op termijn een afname in de soortenrijkdom kunnen worden verwacht, het eerst op de oeverwallen (Bakker 2014). Hoewel hier bij de gegevensverwerking geen aandacht aan is besteed, is de toename van de soortenrijkdom in de PQ's waarschijnlijk toe te schrijven aan de extreme droogte van 2018. In verband met de bedrijfsvoering van de Kleirijperij en het niet hoeven aanleggen van tijdelijke extra voorzieningen om de beweiding van de kwelder mogelijk te maken in de periode dat de Kleirijperij in gebruik is, is besloten dat de kwelder rond de Klutenplas de komende jaren niet wordt beweid, maar zal worden gemaaid. Op basis van ervaringen op andere kwelders (Bakker 2014), is de verwachting dat dit zal leiden tot een zekere afname van het aantal soorten per PQ. Doordat de beweiding over enkele jaren weer wordt hervat, is de verwachting dat dit slechts een tijdelijk effect zal zijn.

Tabel 4.10 Vergelijking van de soortensamenstelling van de vegetatie in de controle PQ's in het vlakke (laaggelegen) deel van de kwelder rond de Klutenplas ($N=6$) tijdens de nulmeting in 2017 en 2018, het jaar van aanleg van de plas ($N=6$). Zie Tabel 4.8 voor verdere toelichting.

Soort	Voor aanleg (2017)			Jaar van aanleg (2018)		
	Presentie	Bedekking (%)		Presentie	Bedekking (%)	
	(%)	gem.	SD	(%)	gem.	SD
Gewoon kweldergras	100	82	20	100	78	8
Schorrenzoutgras	100	14	7	100	27	15
Zulte	100	11	5	100	19	7
Zeewegbree	100	8	6	100	19	13
Kortarige zeekraal	100	5	2	100	7	5
Klein schorrenkruid	100	2.3	2.3	100	4	2
Gerande schijnspurrie	100	1.2	0.4	100	1.5	0.5
Fioringras	67	11	20	83	4	5
Melkkruid	67	0.8	0.8	67	9	12
Engels slijkgras	50	0.8	1.0	50	0.5	0.5
Rood zwenkgras <i>s.l.</i>	33	0.8	1.6	17	0.2	0.4
Spiesmelde <i>s.l.</i>	17	0.2	0.4	67	6	12
Zilte schijnspurrie	17	0.2	0.4	50	0.5	0.5
Aantal soorten / PQ		9.5	1.8		10.3	0.8

Tabel 4.11 De soortensamenstelling van de vegetatie in de hogergelegen controle PQ's op de oeverwallen van de zwet die door de Klutenplas loopt in het jaar voor de aanleg van de plas (2017) en in 2018, het jaar van aanleg van de plas ($N=4$). De presentie geeft het percentage van de PQ's waarin een soort is aangetroffen; vervolgens wordt per soort de gemiddelde bedekking (gem.) met standaarddeviatie (SD). De onderste regel geeft de gemiddelde soortenrijkdom per PQ.

Soort	Voor aanleg (2017)			Jaar van aanleg (2018)		
	Presentie	Bedekking (%)		Presentie	Bedekking (%)	
	(%)	gem.	SD	(%)	gem.	SD
Fioringras	100	86	18	100	70	22
Rood zwenkgras <i>s.l.</i>	100	8	3	100	16	5
Gewoon kweldergras	100	6	2	100	15	6
Akkerdistel	100	4.3	5.2	100	6	2
Zeewegbree	75	1.0	0.8	75	1.3	1.0
Gerande schijnspurrie	75	0.8	0.5	100	1.0	0.0
Zulte	75	0.8	0.5	75	0.8	0.5
Kweek	50	1.3	1.9	25	3.0	6.0
Zilte schijnspurrie	50	0.5	0.6	100	1.8	1.5
Spiesmelde <i>s.l.</i>	50	0.5	0.6	100	1.3	0.5
Melkkruid	50	0.5	0.6	75	1.5	1.7
Gekroesde melkdistel	50	0.5	0.6	50	0.5	0.6
Gewoon varkensgras	50	0.5	0.6	25	0.5	1.0
Aktermelkdistel <i>s.l.</i>	25	0.3	0.5	100	1.0	0.0
Schorrenzoutgras	25	0.3	0.5	50	0.5	0.6
Engels raaigras	25	0.3	0.5	25	0.3	0.5
Stomp kweldergras	25	0.3	0.5	25	0.3	0.5
Gewone melkdistel	25	0.3	0.5	-	-	-
Kortarige zeekraal	-	-	-	50	0.5	0.6
Klein schorrenkruid	-	-	-	50	0.5	0.6
Reukloze kamille	-	-	-	25	0.3	0.5
Aantal soorten / PQ		10.5	3.4		13.5	1.3

5 Conclusies en Aanbevelingen

5.1 Conclusies

Ontwateringsstelsel

- De aanleg van de Klutenplas heeft in de eerste maanden na blootstelling aan de dagelijkse getijdeninvloed door erosie meteen geleid tot een verdieping van de verbinding tussen de Klutenplas en de Dollard. Door een toegenomen invloed van de ebstroom is de diepte van deze zwet in een periode van 4½ maand toegenomen met 0.3 – 0.5 m. De verdieping van de zwet is in de eerste maanden nog niet gepaard gegaan met een verbreding.
- Door de aanleg van het droogbed voor de klei uit de Klutenplas en de latere aanleg van de Kleirijperij hebben drie zwetten hun verbinding met de dijksloot verloren. Bij twee van deze zwetten leidde dit in het eerste jaar meteen tot een verondieping van meerdere centimeters.

Kwelderafslag

- In het studiegebied neemt de kwelder door erosie bijna jaarlijks in omvang af. Ten opzichte van de situatie in 2017 was in 2018 sprake van een netto achteruitgang van 0.09 ha; iets onder het meerjarig gemiddelde over de periode 2009 – 2017 van 0.14 ha per jaar.
- Een analyse van het opschuiven van de kwelderrand in de richting van de dijk liet een zelfde beeld zien: van 2017 op 2018 was sprake van een gemiddelde afslag van 0.9 m tegenover een gemiddelde afslagsnelheid in de periode 2009 – 2017 van 1.1 m per jaar. Rond de monding van de Klutenplas was geen sprake van een statistisch significant verschil in afslag ten opzichte van de rest van het studiegebied.

Waterpeil Klutenplas

- De drempel in de monding van de Klutenplas beperkt de toegang voor het getij tot de Klutenplas. Wanneer het peil van een vloedgolf de bovenrand van de drempel bereikt, kan het resterende deel van de vloedgolf pas doordringen in de Klutenplas. Ook de ebstroom wordt tijdens een deel van de ebfase door de drempel vertraagd. Hierdoor zakt het waterpeil vaak niet tot het niveau van de drempel omdat de volgende vloedgolf het water in de Klutenplas alweer laat stijgen.
- Bij hoge hoogwaterstanden (waterstanden boven het maaiveldniveau van de kwelder), bereikt het hoogwater in Nieuwe Statenzijl, waarschijnlijk als gevolg van opwaaiing, systematisch een hoger niveau dan in het studiegebied.

Opslibbing

- Meteen na de blootstelling van de Klutenplas aan de getijdeninvloed was sprake van een relatief snelle opslibbing: in een periode van iets meer dan vijf maanden is de diepte van de plas met 13 cm afgenomen en werd er bijna 3750 kubieke meter slib afgezet. Op basis van een beperkte bemonstering van de bulkdichtheid, zou dit omgerekend naar droge stof neerkomen op ruim 1300 ton slib.

Vegetatie

- De vegetatie op het broedeiland werd in het eerste jaar gekenmerkt door een hoge abundantie van éénjarige soorten en Zulte.
- De vegetatie in de controle PQ's liet geen grote veranderingen zien.

5.2 Aanbevelingen

Ontwateringsstelsel

- De ontwikkeling van de zwetten, en daarmee ook van de controlemeetpunten, is waarschijnlijk mede afhankelijk van de onderhoudstoestand van de stuw in de verbinding tussen dijksloot en zwet. Aanbevolen wordt om van de zwetten waarlangs controlemeetpunten voor dwarsprofielen liggen, de verbinding tussen de dijksloot en zwet in het kader van de monitoring jaarlijks te beschrijven en fotografisch te documenteren.

Opslibbing

- Met het oog op de snelle hoogte-ontwikkeling van de Klutenplas, wordt aanbevolen om de ingezette halfjaarlijkse opnamefrequentie van de bodemhoogte voorlopig voort te zetten.
- Aanbevolen wordt om bij een volgende bemonstering van de dichtheid van de nieuw afgezette sliblaag in de Klutenplas de inzet van een Beeker sampler te testen.

Beheer broedeiland

- Teneinde de komende jaren de gunstige omstandigheden op het broedeiland voor de Kluut te behouden, is het advies om er in het voorjaar jaarlijks de nog resterende vegetatie van het voorgaande seizoen te verwijderen en om overblijvende plantensoorten te onderdrukken, een grondbewerking uit te voeren, bijvoorbeeld het eiland te ploegen of te frezen.

6 Literatuur

- Anonymus. 2016. Werkplan programma 'Vitale kust Eems-Dollard' 2016 – 2017. Eerste fase kustontwikkeling Eems-Dollard. 67 pp.
- Bakker, J.P. 2014. Ecology of salt marshes. 40 years of research in the Wadden Sea. *Lecture series 5*. Wadden Academy, Leeuwarden. 99 pp.
- Bos, D., R. Kleefstra, F. Hoekema & K. Koffijberg. 2018. Broedvogel- en ganzenmonitoring op de Dollard in 2017. Nulmonitoring in 2017 i.r.t. de Brede Groene Dijk. A&W-rapport 2415. Altenburg & Wymenga Ecologisch Onderzoek, Feanwâlden. 23 pp.
- Bos, D., L. Bruinzeel, R. Kleefstra & K. Koffijberg. 2018. Broedvogel- en ganzenmonitoring op de Dollard in 2018. Eerste jaar met Kleirijperij en broedeiland. A&W-rapport 2506. Altenburg & Wymenga Ecologisch Onderzoek, Feanwâlden. 31 pp.
- Brenninkmeijer, A., W. Bijkerk, E. van der Zee, M. Kersten, L. Bruinzeel, E. van der Heijden & D. Bos. 2017. Ecologische Beoordeling Vitale Kust - Dollard. *A&W-rapport 2258*. Altenburg & Wymenga ecologisch onderzoek, Feanwâlden. 146 pp.
- de Jonge, V.N. & U. Schückel. 2019. Exploring effects of dredging and organic waste on the functioning and the quantitative biomass structure of the Ems estuary food web by applying Input Method Balancing in Ecological Network Analysis. *Ocean and Coastal Management* 174: 38–55.
- Elschot, K. & M.J. Baptist. 2016. Pilot kleirijperij en klutenplas in de Dollardkwelders. Een verkenning van de lokale natuurwaarden, dimensies van de klutenplas en verwachte korte- en lange termijn effecten. *Rapport C101/16*. Wageningen Marine Research, Wageningen UR. 22 pp.
- Esselink, P. 1998. Van landaanwinning naar natuurbeheer: Recente ontwikkelingen op de Dollardkwelders. In: K. Essink & P. Esselink (red.). Het Eems-Dollard estuarium: interacties tussen menselijke beïnvloeding en natuurlijke dynamiek. *Rapport RIKZ-98-020*. Rijkswaterstaat Rijksinstituut voor Kust en Zee / RIKZ, Haren. pp. 79–99.
- Esselink, P. 2000a. Nature management of coastal salt marshes. interactions between anthropogenic influences and natural dynamics. *Proefschrift*, Rijksuniversiteit Groningen, Groningen. 256 pp.
- Esselink, P. 2000b. Gravende grazers. Grauwe ganzen ondergraven hun toekomst. In: J.M. Tinbergen, J.P. Bakker, T. Piersma & J.M. van den Broek (red.). *De onvrije natuur. Verkenningen van natuurlijke grenzen*. KNNV uitgeverij, Utrecht. p. 56–62.
- Esselink, P., G.J.F. Helder, B.A. Aerts & K. Gerdes. 1997. The impact of grubbing by Greylag Geese (*Anser anser*) on the vegetation dynamics of a tidal marsh. *Aquatic Botany* 55: 261–279.
- Esselink, P., D. Bos, A.P. Oost, K.S. Dijkema, R. Bakker & R. de Jong. 2011. Verkenning afslag Eems-Dollardkwelders. PUCCIMAR rapport 02 / A&W rapport 1574. PUCCIMAR Ecologisch Onderzoek & Advies, Altenburg & Wymenga ecologisch onderzoek. Vries, Veenwouden. 75 pp.
- Esselink, P., & P. Daniels & W. Veenstra. 2018. Monitoring Demonstratieproject Brede Groene Dijk (fase 1 en 2): nulmeting ontwateringsstelsel, kwelderafslag en vegetatie (2017). Datarapport. *PUCCIMAR rapport 16*. PUCCIMAR Ecologisch Onderzoek & Advies, Vries. 44 pp.
- Hennekes, S.M. 1995. TURBO(VEG). Programmatuur voor invoer, verwerking en presentatie van vegetatiekundige gegevens. *Gebruikershandleiding*. IBN-DLO/Giesen en Geurts, Wageningen.

- Londo, G. 1976. The decimal scale for releves of permanent quadrats. *Vegetatio* 33: 61–64.
- Riemersma, P. 2018. Monitoring Demonstratieproject Brede Groene Dijk (2017 – 2024); Monitoringsplan natuur en kwelder. *rapport*. SWECO / Waterschap Hunze & Aa's, Veendam.
- Riemersma, P. & P. Esselink. 2017. Ontwerp Slibvang Klutenplas. Ontwerp van een slibvang en natuurplan (incl. broedeiland) als onderdeel van het demonstratieproject Brede Groene Dijk. Fase 1 en 2. *rapport*. SWECO / Waterschap Hunze en Aa's, Veendam.
- van Maren, D.S., A.P. Oost, Z.B. Wang & P.C. Vos. 2016. The effect of land reclamations and sediment extraction on the suspended sediment concentration in the Ems Estuary. *Marine Geology* 376: 147–157.
- van Zoest, R. & M. de Vries. 2018. Grondstromenplan demonstratieproject Brede Groene Dijk. Fase 1 en 2. *rapport*. SWECO / Waterschap Hunze en Aa's, Veendam.
- Wiertsema & Partners. 2016. Onderzoek naar de samenstelling van klei te Nieuwe Statenzijl en de mogelijkheden voor de toepassing in een dijk. *rapport*. Raadgevend Ingenieursbureau Wiertsema & Partners B.V., Tolbert. 37 pp.

Bijlage I Locatie markeerhorizonten en sedimentatieplaten

Tabel I.1 De positie van de meetveldjes langs de meetbrug in de Klutenplas waarop een markeerhorizont van kaolienklei is aangebracht. Het rechterdeel van de tabel geeft de hoogte (gemiddelde en standaarddeviatie (*SD*)) van de veldjes voor – en na opbrenging van de kaolien (4 metingen per veldje).

Meetpunt	RD-coördinaten		Hoogte (m +NAP)			
	X	Y	voor opbrenging		na opbrenging	
			gem.	<i>SD</i>	gem.	<i>SD</i>
1	270590.85	585949.88	0.23	0.017	0.27	0.010
2	270587.81	585947.07	0.17	0.014	0.19	0.010
3	270581.83	585941.77	0.20	0.009	0.24	0.010
4	270578.70	585938.88	0.22	0.017	0.24	0.016
5	270576.12	585936.58	0.28	0.012	0.29	0.010
Gemiddeld			0.22	0.039	0.24	0.038

Tabel I.2 De positie van de aangebrachte sedimentatieplaten langs de meetbrug in de Klutenplas. De hoogte is gemeten na het aanbrengen van de platen.

Meetpunt	RD-coördinaten		Hoogte (m +NAP)	
	X	Y	gem.	<i>SD</i>
1	270591.39	585950.34	0.25	-
2	270588.34	585947.50	0.18	-
3	270582.47	585942.25	0.20	-
4	270579.27	585939.33	0.22	-
5	270576.63	585937.03	0.30	-
Gemiddeld			0.23	0.047

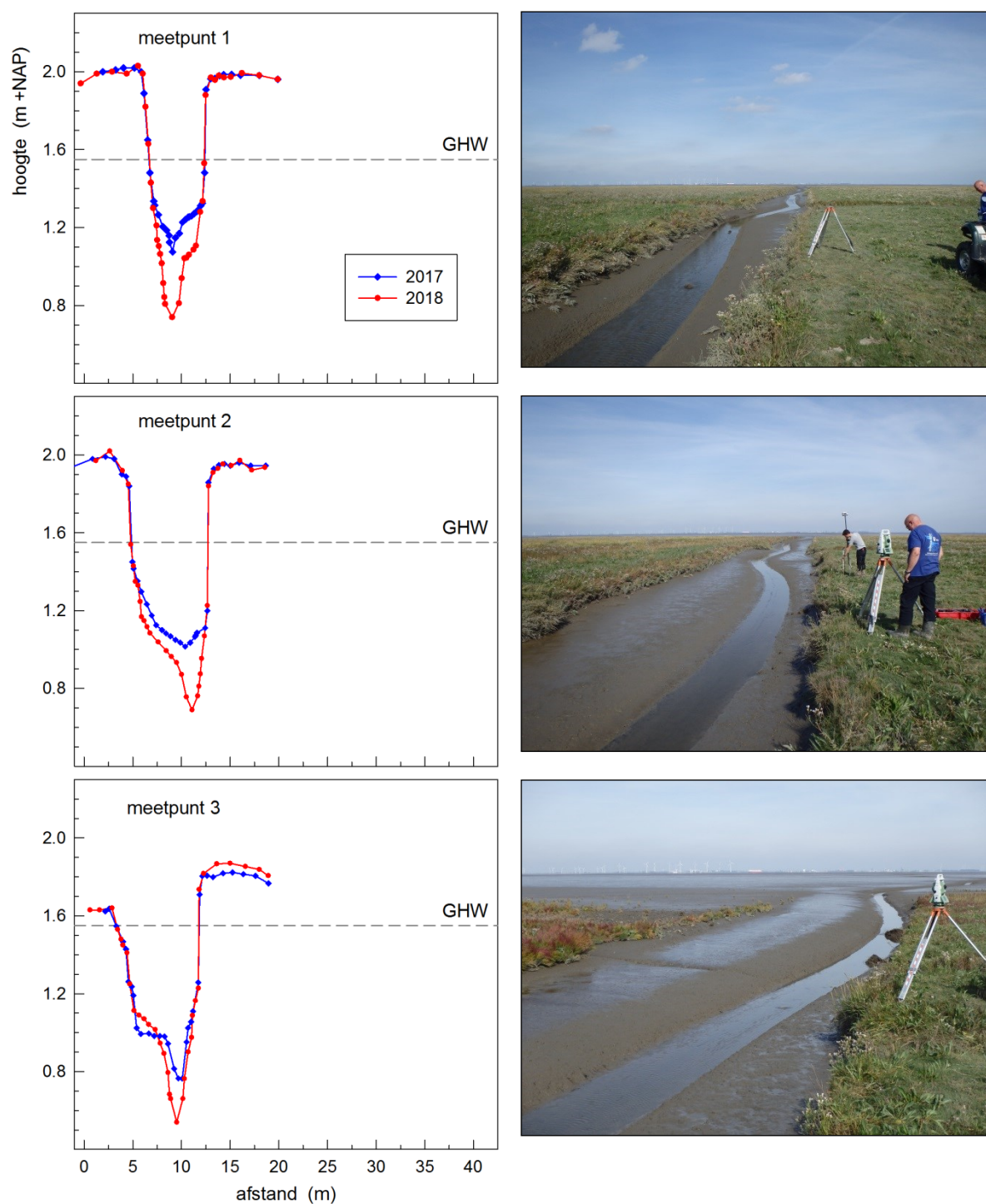
Tabel I.3 De ligging van de ingegraven sedimentatieplaten bij de controle PQ's op de kwelder. De hoogte geeft de bovenkant van de platen na plaatsing (20 september 2018). De plaatdiepte geeft de resultaten van de eerste opname van de plaatdiepte ten opzichte van het maaiveld vier weken later (18 oktober 2018) op basis van het "aanprikken" van de plaat met een dunne ijzeren pen ($N = 9$ per plaat; zie § 3.3.3).

Terreindeel	PQnr	RD-coördinaten		Hoogte (m +NAP)	Plaatdiepte (mm)	
		X	Y		gem.	<i>SD</i>
vlakke deel	1	270330.64	585886.22	1.79	124	8.4
vlakke deel	2	270458.95	586066.86	1.82	116	6.9
vlakke deel	3	270502.45	586025.59	1.76	82	8.7
vlakke deel	8	270456.89	585752.15	1.78	105	16.4
vlakke deel	9	270607.07	585812.38	1.80	93	11.8
vlakke deel	10	270634.29	585900.51	1.82	101	12.8
oeverwal	4	270385.10	585806.36	1.87	98	6.0
oeverwal	5	270553.02	586015.82	1.92	82	13.6
oeverwal	6	270370.55	585760.78	1.96	84	10.5
oeverwal	7	270582.90	586018.75	2.03	96	8.0

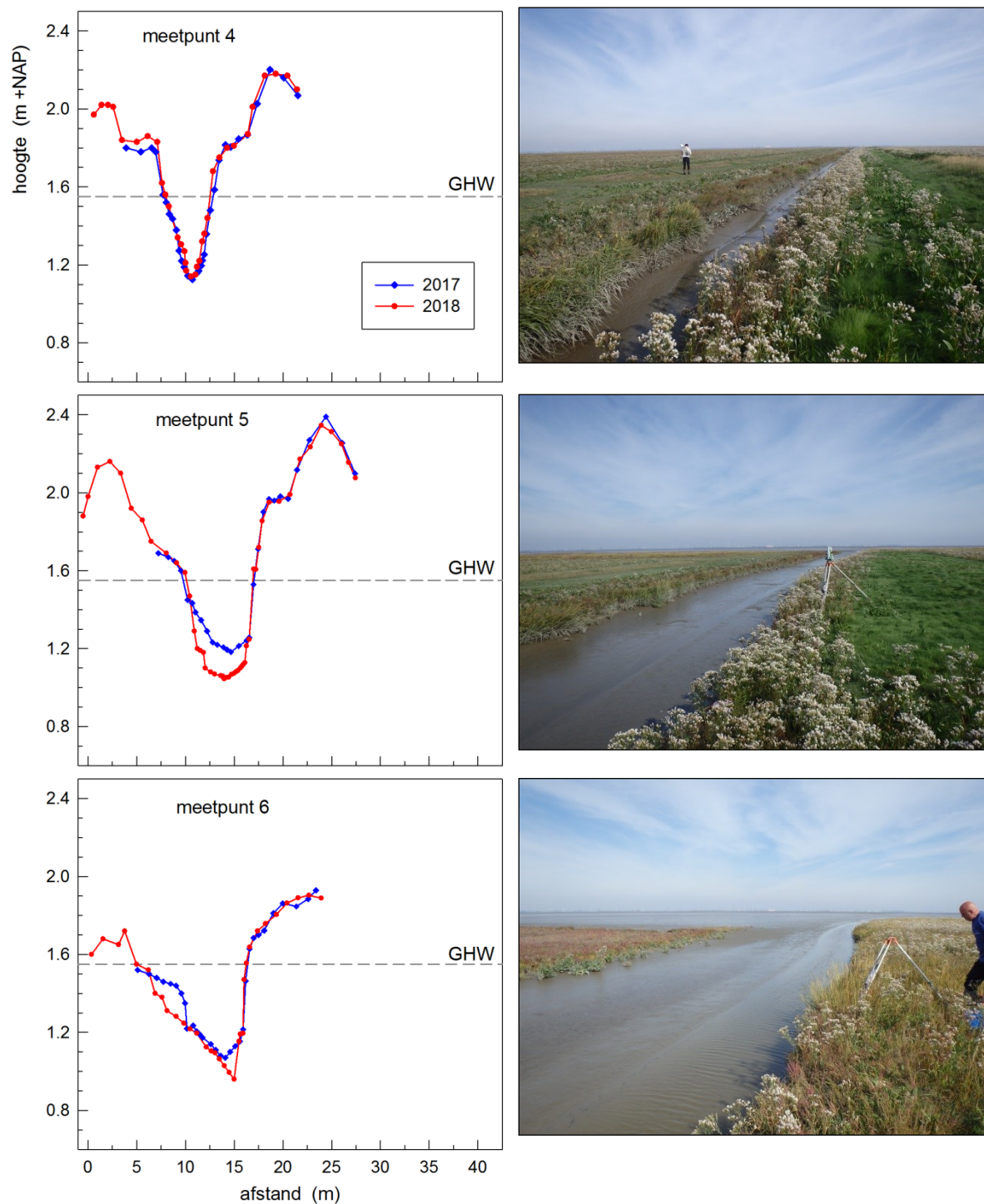
Bijlage II Ontwateringsstelsel: dwarsprofielen zwetten

De ontwikkeling van de dwarsprofielen van de zwet die de verbinding vormt tussen de Klutenplas en de Dollard wordt gepresenteerd in hdst. 4 (§ 4.1.1). De eerste vijf figuren in deze bijlage geven een grafische weergave van de ontwikkeling van de dwarsprofielen langs de vijf controle zwetten (Fig. II.1 – II.5).

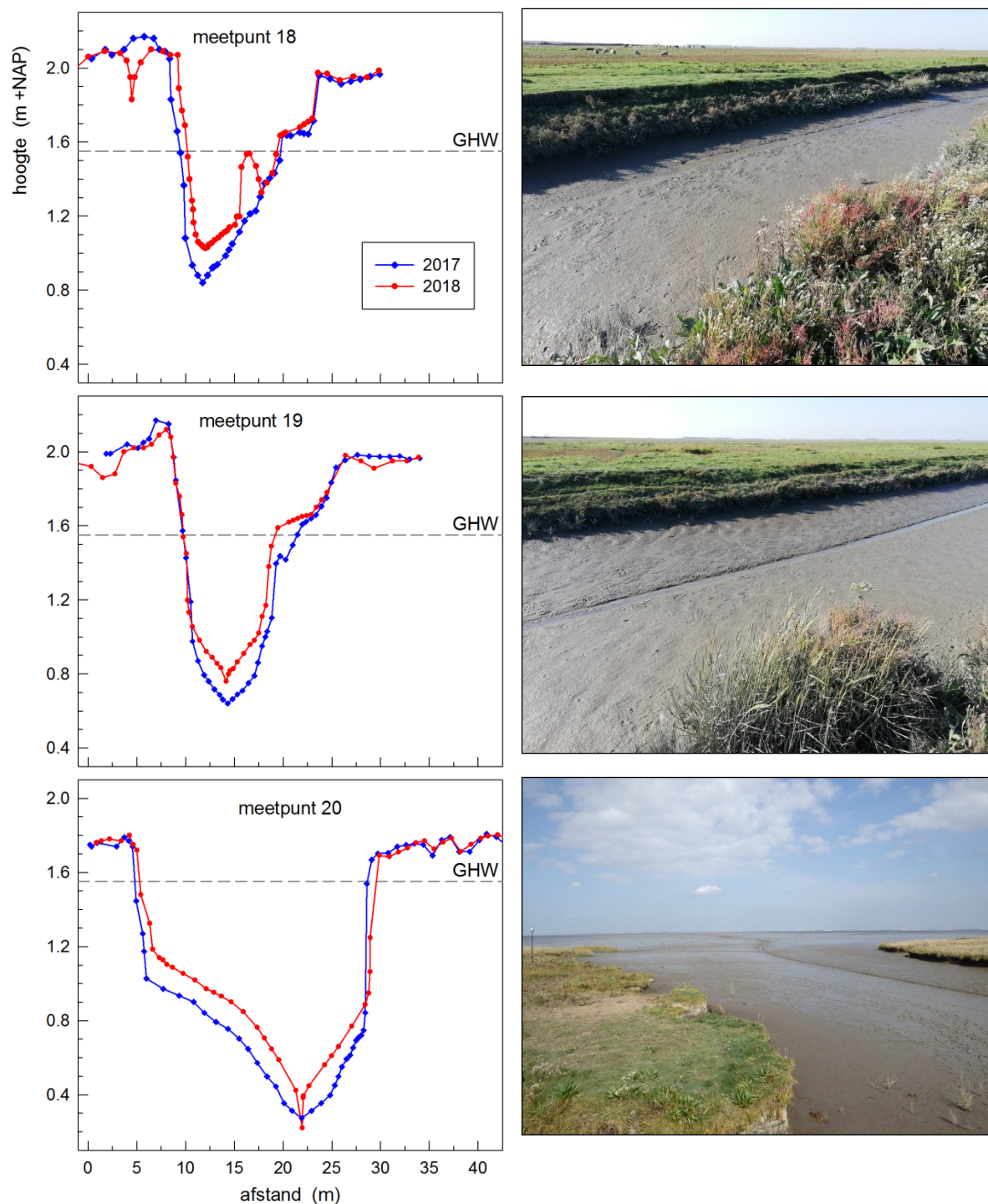
In § 4.1.2 wordt de ontwikkeling gepresenteerd van de dwarsprofielen van de zwet tussen de Kleirijperij en de Klutenplas. Deze zwet heeft door de aanleg van de Kleirijperij de verbinding met de dijksloot verloren. Figuren II.6 en II.7 van deze bijlage geven een grafische weergave van de ontwikkeling van de dwarsprofielen langs de twee overige zwetten die door de aanleg van de Kleirijperij de verbinding met de dijksloot hebben verloren.



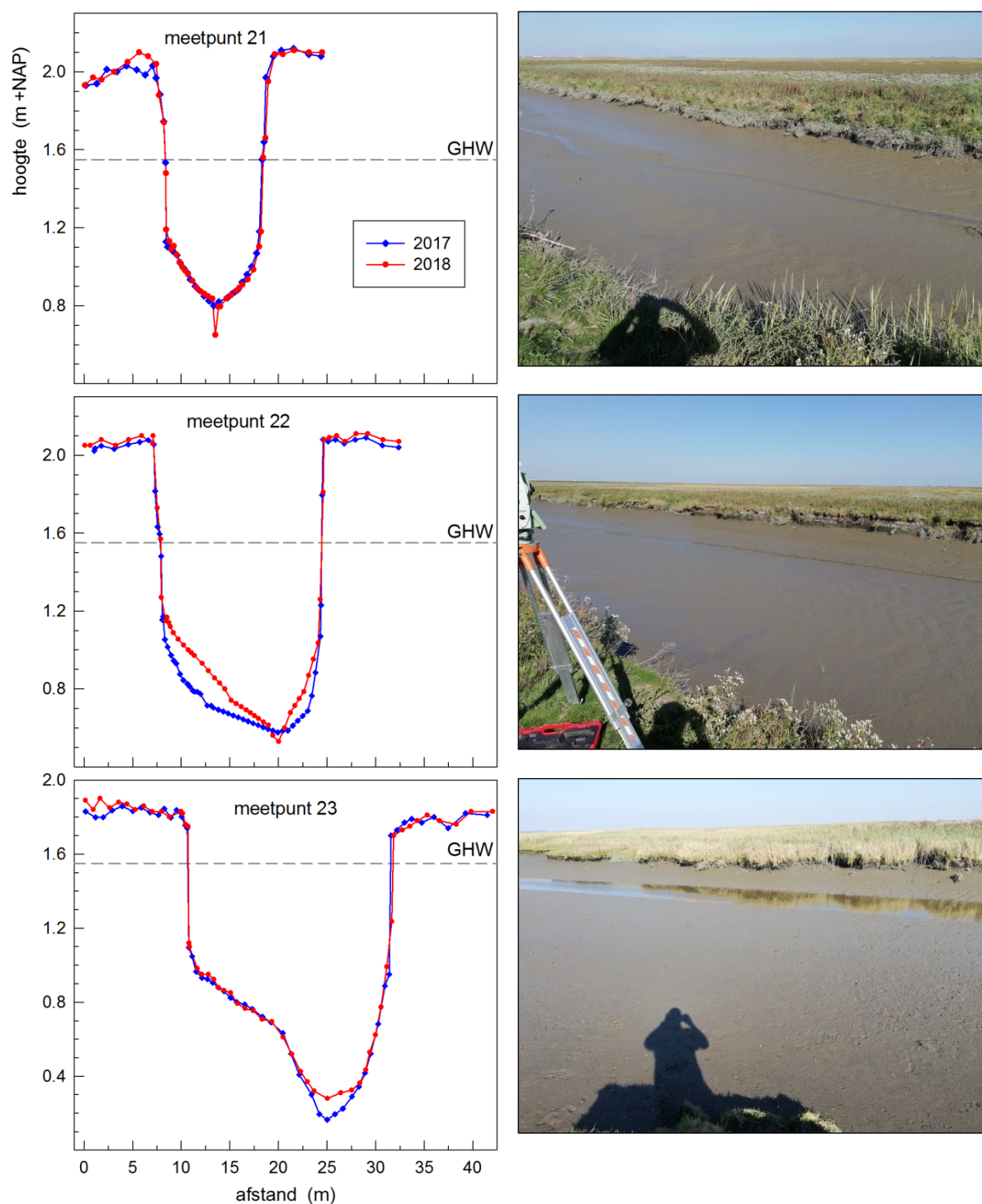
Figuur II.1 De ontwikkeling van de dwarsprofielen op de meetpunten 1 – 3 langs controle zwet I tussen de nulmeting in het najaar van 2017 en september 2018, een half jaar na de aanleg van de Klutenplas. Als referentie is het niveau van het gemiddelde hoogwater in Nieuwe Statenzijl over de jaren 2013 – 2017 aangegeven. De foto's rechts geven een beeld van de meetpunten in september 2018. Figuur 3.1 geeft een kaartje met de ligging van de meetpunten.



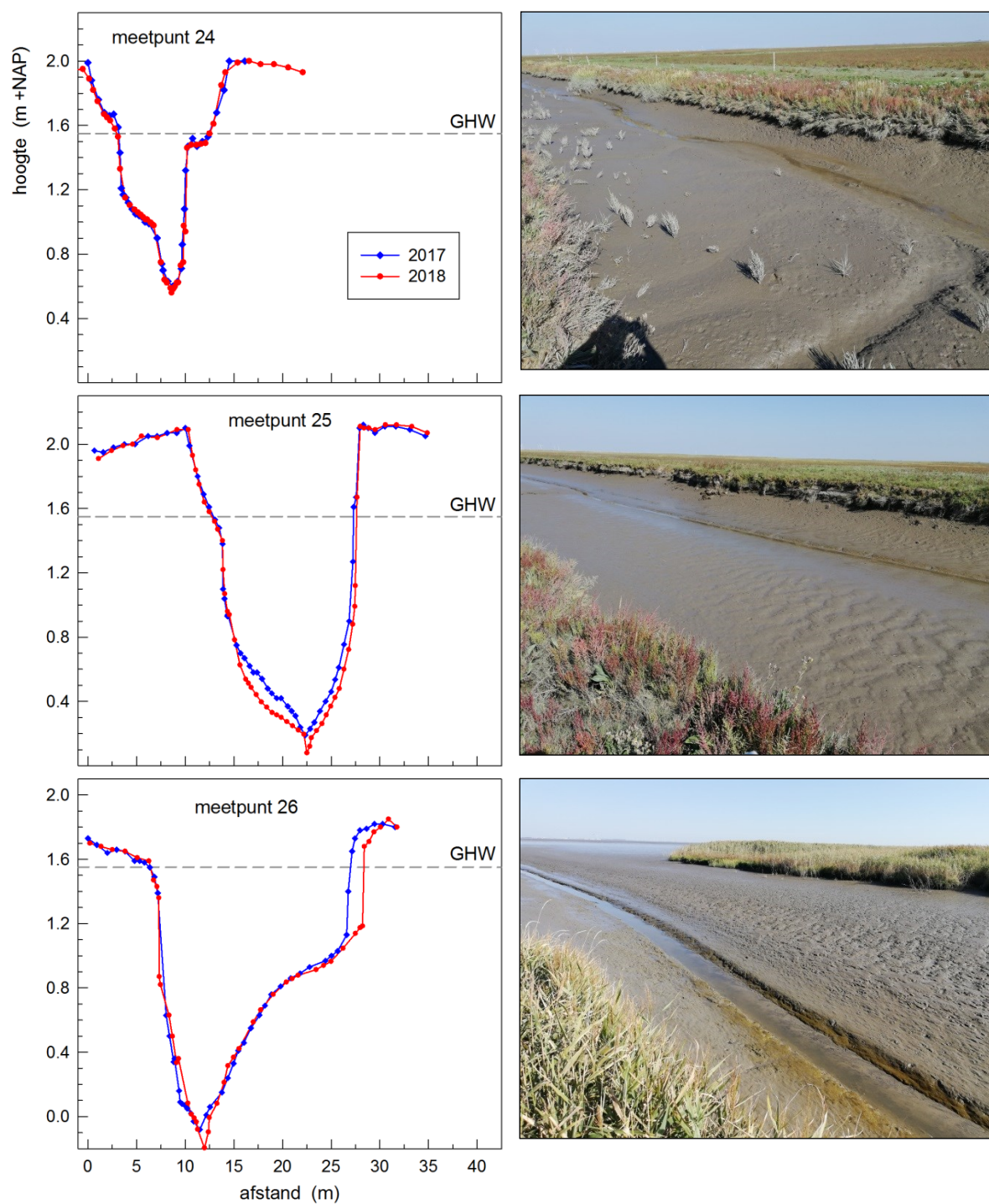
Figuur II.2 De ontwikkeling van de dwarsprofielen op de meetpunten 4 – 6 langs controle zwet II tussen de nulmeting in het najaar van 2017 en september 2018, een half jaar na de aanleg van de Klutenplas. Zie voor verdere toelichting figuur II.1.



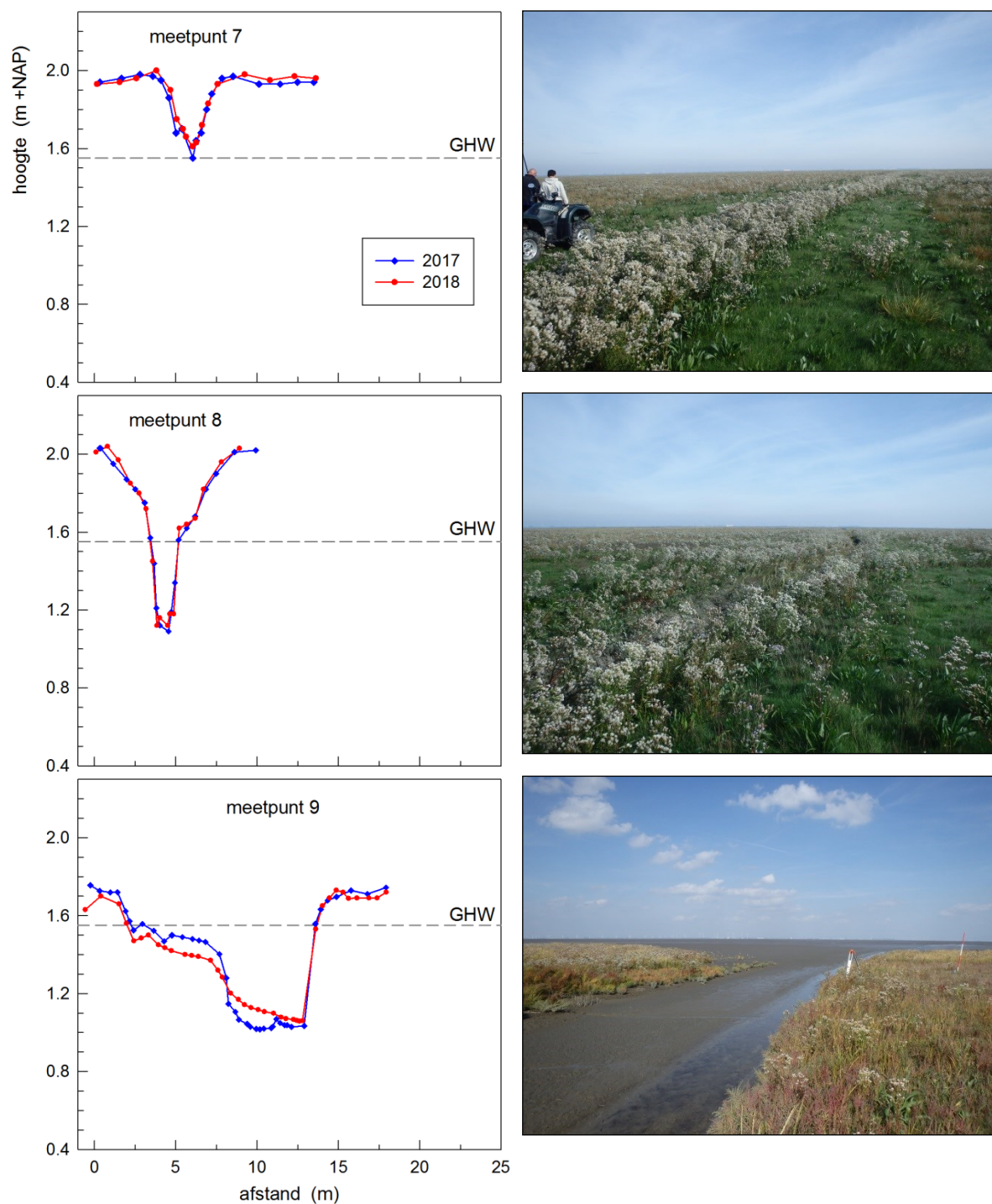
Figuur II.3 De ontwikkeling van de dwarsprofielen op de meetpunten 18 – 20 langs controle zwet III tussen de nulmeting in het najaar van 2017 en september 2018, een half jaar na de aanleg van de Klutenplas. Zie voor verdere toelichting figuur II.1.



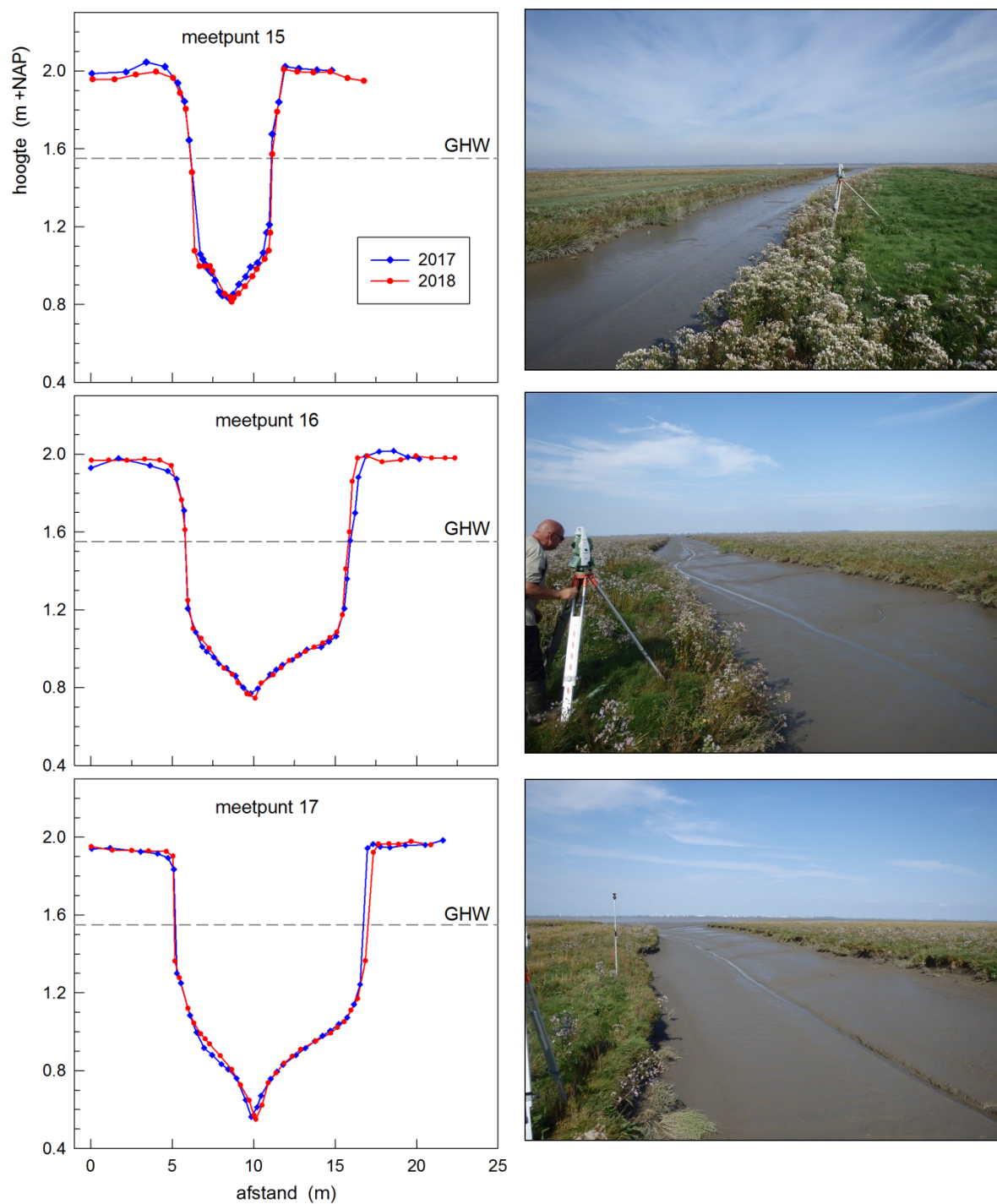
Figuur II.4 De ontwikkeling van de dwarsprofielen op de meetpunten 21 – 23 langs controle zwet IV tussen de nulmeting in het najaar van 2017 en september 2018, een half jaar na de aanleg van de Klutenplas. Zie voor verdere toelichting figuur II.1.



Figuur II.5 De ontwikkeling van de dwarsprofielen op de meetpunten 24 – 26 langs controle zwet V tussen de nulmeting in het najaar van 2017 en september 2018, een half jaar na de aanleg van de Klutenplas. Zie voor verdere toelichting figuur II.1.



Figuur II.6 De ontwikkeling van de dwarsprofielen op de meetpunten 7 – 9 langs de westelijke uitwatering van de Kleirijperij tussen de nulmeting in het najaar van 2017 en september 2018, een half jaar na de aanleg van de Klutenplas en het kleidroogbed. Zie voor verdere toelichting figuur II.1.



Figuur II.7 De ontwikkeling van de dwarsprofielen op de meetpunten 7 – 9 langs de oostelijke uitwatering van de Kleirijperij tussen de nulmeting in het najaar van 2017 en september 2018, een half jaar na de aanleg van de Klutenplas en het kleidroogbed. Zie voor verdere toelichting figuur II.1.