

Aan _____

Van _____

Kopie _____ (review)

Datum
8-12-2020

Kenmerk
DT13084-_____-05-GEO-M-1

Pagina
1 | 25

MEMO

Hoogteontwikkeling 'plas dras' eilanden A t/m D: Verficatie eisen

INLEIDING

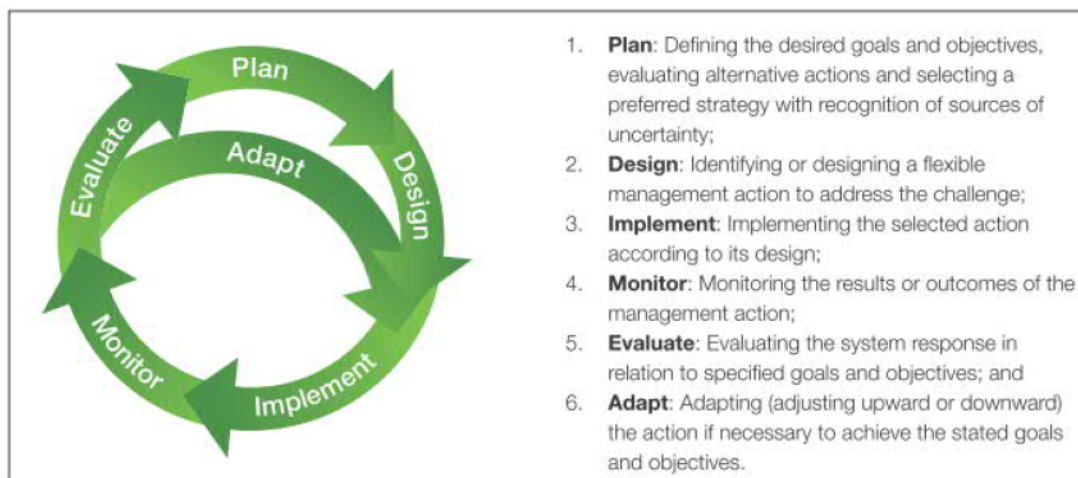
De Marker Wadden is een natuurgebied in het Markermeer. Het bestaat uit een aantal eilanden waarin een moeras habitat is gecreëerd door Boskalis in opdracht van Natuurmonumenten en Rijkswaterstaat. Voor een overzicht van de projectlocatie wordt verwezen naar Figuur 1.



Figuur 1: Overzicht van de Marker Wadden

Het Markermeer is in 1976 ontstaan met de aanleg van de Houtribdijk. De waterkwaliteit is sindsdien snel verslechterd door vertroebeling van het water. De biodiversiteit is hard achteruit gegaan door vermindering van het aantal waterplanten, schelpdieren en vissen wat weer een negatieve invloed heeft gehad op de vogelstand. Het project 'Marker Wadden' draagt bij aan het natuurherstel van het Markermeer. De eilanden zijn door Boskalis in 4 jaar tijd gerealiseerd door klei en slib rondom de eilanden van de waterbodem te verwijderen en vast te leggen in verschillende compartimenten met natuurvriendelijke oevers. Dit verminderd de hoeveelheid vertroebeling waardoor de waterbodem weer tot leven komt. Rondom de eilanden ontstaan luwtegebieden met ondiep water en het gebied wordt weer een stuk aantrekkelijker voor de biodiversiteit omdat op grote schaal rietvelden en gradiënten in waterdieptes zijn aangelegd.

De Marker Wadden is qua project uniek in Nederland en een van de grootste in zijn soort in West-Europa. De aanleg was een complex proces waarbij een goede balans moest worden gevonden tussen soms conflicterende contractuele eisen en wensen van de opdrachtgever en de uitdagende werkomstandigheden. Door middel van adaptief management is de ontwikkeling van de eilanden, de fysische processen, vegetatie, en natuurontwikkeling gemonitord om het bouwproces te kunnen bijsturen en snel tot een zichtbaar resultaat te komen, zie Figuur 2. De goede samenwerking met de opdrachtgever was hierin essentieel o.a. vormgegeven door meerdere inhoudelijke kennissessies.



Figuur 2: Principe van Adaptive management (bron: CEDA Position Paper integrating adaptive environmental management into dredging projects, Maart 2015)

5 Jaar na de start van de werkzaamheden zijn de eerste tekenen van natuurherstel reeds zichtbaar door de grote hoeveelheid vegetatie en de aantrekkingskracht op diverse (trek)vogels. Tot slot wordt het gebruik van innovatieve technieken omtrent het bouwen met klei en slib met interesse gevolgd in de rest van de wereld waar zand als een schaarse bouwstof wordt gezien.

WERKMETHODE EN VERIFICATIE EISEN

Zoals beschreven zijn de Markerwadden aangelegd door klei en slib vast te leggen in verschillende compartimenten. De compartimentering zelf is gemaakt met dammen van zand wat op locatie is gewonnen. In totaal zijn 16 compartimenten gerealiseerd (zie Figuur 1c). Voor de naamgeving en fasering van de compartimenten wordt verwezen naar Tabel 1.

Tabel 1: Fasering van de modules

| Module aanduiding | Compartiment | Fasering |
|-------------------|--------------|---|
| Module A | 1 | Het eerste eiland. Gevuld door Boskalis in 4 slagen van 2016 t/m 2017. |
| | 2 | |
| | 3 | |
| | 4 | |
| | 5 | |
| Module B | 6a | |
| | 6b | |
| | 7 | |
| | 11 | |
| Module C | 8 | Het tweede eiland. Gevuld door Boskalis in 5 slagen van 2017 t/m 2019. Het vulmateriaal is deels afkomstig van de slibvangput ca. 5 km verderop. |
| | 9 | |
| | 10 | |
| Module D | 12 | Het derde eiland (D1). Gevuld door Boskalis in 5 slagen van 2017 t/m 2019. Het vulmateriaal is deels afkomstig van de Markermeerdijken. |
| | 13 | |
| | 14 | Het vierde eiland (D2). Gevuld door Boskalis in 6 slagen van 2017 t/m 2019 met materiaal wat deels afkomstig is van de Markermeerdijken. Het compartiment is ook deels gevuld door Van Oord. |
| | 15 | Het vijfde eiland (D3). Gevuld door Boskalis in 5 slagen vanaf 2017 t/m 2019 met materiaal wat deels afkomstig is uit de slibvangput ca. 5 km verderop. Het compartiment is ook deels gevuld door Van Oord. |
| | 16 | |

De compartimenten zijn gecreëerd door eerst zanddammen op te spuiten (2016). Tussen 2017 en 2019 zijn de eilanden gevuld met holocene klei en fijn sediment. Het materiaal is voor een gedeelte aangevoerd vanuit de slibvangput (ca. 5 km verderop) en de Markermeerdijken. Laatstgenoemde wordt momenteel versterkt.

Per module zijn een 4-tal habitat types voorzien. Voor elk habitat type geldt een bandbreedte aan de opleverhoogte:

- Plas dras hoog (max. NAP+0m, min. NAP-0.2m)
- Plas dras laag (max. NAP-0.2m, min. NAP-0.4m)
- Beschut ondiep hoog (max. NAP-0.4m, min. NAP-1.0m)
- Beschut ondiep laag (max. NAP-1.0m, min. NAP-2.0m)

Bij oplevering op 31 december 2020 moet aan een aantal hoogte-eisen worden voldaan. Daarnaast is er nog 15 maanden een garantieplicht op de hoogteligging. Voor een overzicht van de eisen wordt verwezen naar Tabel 2. De eisen hebben enkel betrekking op het habitat type 'plas dras'. Beschut ondiep wordt in voorliggende memo buiten beschouwing gelaten.

Tabel 2: Eisen van toepassing op de compartimenten

| Eis code | Eis | Eis tekst |
|-------------|-------------------------------------|---|
| HT1.1-01 | Maaiveldhoogte plas-dras | Het maaiveld van het plas-dras dient tussen plus en min 20 cm t.o.v. zomerpeil te liggen. <u>Toelichting:</u> Een maaiveld blijvend hoger dan 20 cm boven zomerpeil is niet gewenst omdat anders het risico op ongewenste bosvorming te groot wordt. |
| HT1.1-02 | Toegestane afwijking op HT1.1-01 | In maximaal 20% van het oppervlakte plas dras mag (als afwijking op eis HT1.1_01) het maaiveld hoger te liggen dan 20 cm boven zomerpeil. <u>Toelichting:</u> Met deze eis wordt de Opdrachtnemer o.a. ruimte geboden overhoogte" aan te leggen om (deels) beheersmaatregelen te nemen i.v.m. de garantie verplichting genoemd in Annex XV." |
| HT1.1-03 | Aandeel oppervlakte boven zomerpeil | Minstens 50 % van het oppervlakte plas-dras dient boven zomerpeil te liggen. |
| HT1.1-U-01 | Toegestane afwijking op HT1.1-01 | In maximaal 20% van het oppervlakte plas dras mag (als afwijking op eis HT1.1_01) het maaiveld hoger te liggen dan 20 cm boven zomerpeil. <u>Toelichting:</u> Met deze eis wordt de Opdrachtnemer o.a. ruimte geboden overhoogte' aan te leggen om (deels) beheersmaatregelen te nemen i.v.m. de garantie verplichting genoemd in Annex XV.' |
| HT1.1-UA-01 | Maaiveldhoogte plas-dras | Het maaiveld van het plas-dras dient tussen NAP+0m en NAP-0,4m te liggen. |
| HT1.1-UA-02 | Aandeel oppervlakte boven zomerpeil | Minstens 50 % van het oppervlakte plas-dras dient te liggen tussen NAP+0m en NAP-0,2m. |
| HT1.1-UA-09 | Bijsturen microreliëf | De zettings- en consolidatie gegevens die vrij komen uit het monitoringprogramma tijdens het vullen en consolideren van de compartimenten worden omgezet in prognoses (in hoogtelijnen) voor het ontstaan van het microreliëf. Deze prognoses worden beoordeeld door een deskundige . Als de prognoses leiden tot een reliëf dat sterk afwijkt van het in het DO Ruimtelijke Kwaliteit wordt de landschapsarchitect betrokken bij de keuze om wel of niet bij te sturen |

Opgemerkt wordt dat:

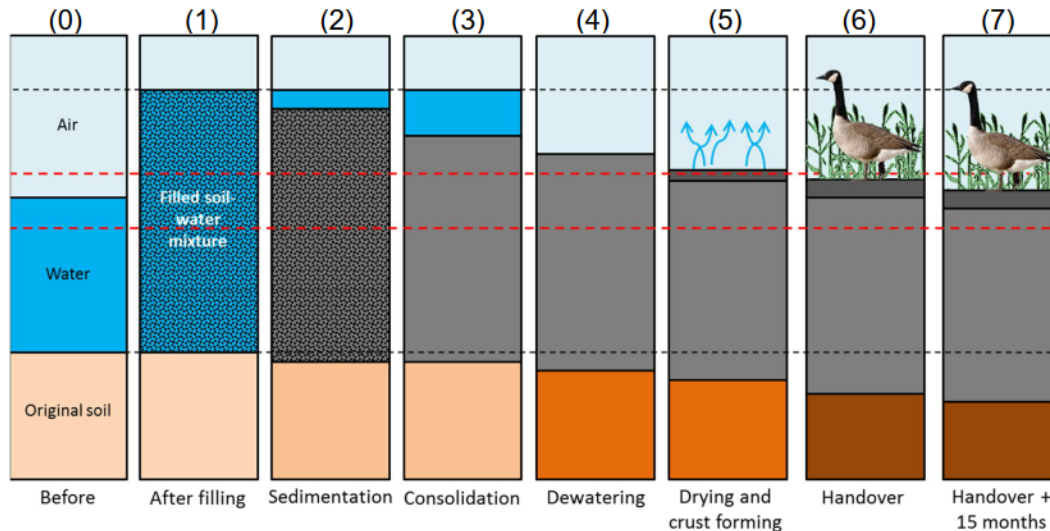
- De bandbreedte van plas-dras zoals omschreven in eis HT1.1-01 komt op hetzelfde neer als die van HT1.1-UA-01. Het zomerpeil bedraagt NAP-0.2m.
- De eistekst horend bij eis HT1.1-02 is identiek aan die van HT1.1-U-01.
- De eistekst horend bij HT1.1-03 wordt 'overruled' door die van HT1.1-UA-02. Laatstgenoemde is begrensd tot NAP+0.2m.

Tot slot wordt opgemerkt dat een deel van de vulslagen in compartimenten D2 en D3 is uitgevoerd door Van Oord met materiaal uit de zandwinput direct ten zuiden van het project. In deze compartimenten is niet exact bekend hoeveel materiaal is aangebracht, met welke samenstelling, in welk tijdsbestek en op welke spuitlocatie. Dit bemoeilijkt het aantonen van de eisen en mede daarom is een VTW opgesteld voor de allocatie van risico's en verantwoordelijkheden binnen de projectscope van Boskalis (VTW-0063).

In navolgende secties wordt eerst kort toegelicht wat we verstaan onder "hoogteontwikkeling". Vervolgens wordt beschreven hoe deze is gemonitord. Tot slot worden de monitoringsgegevens geanalyseerd en wordt gekeken of deze aan bovenstaande eisen kunnen worden gekoppeld.

HOOGTEONTWIKKELING

In Figuur 3 is het principe van hoogteontwikkeling gevisualiseerd. De figuur laat in verschillende stappen zien hoe de hoogteontwikkeling tot stand komt vanaf start werkzaamheden tot 15 maanden na oplevering:



Figuur 3: Hoogteontwikkeling van de compartimenten. Schematisch weergegeven: Maximale vullingsgraad van compartiment (tussen zwarte lijnen) en plas-dras zone (tussen rode lijnen)

Naar de hoogteontwikkeling van slibdepots is uitgebreid onderzoek gedaan, zowel in de ontwerpfase als in de eerste fase van de aanleg. De verschillende onderzoeken zoals onderdeel van het adaptief management proces (zie Figuur 2) zijn in onderstaande referentielijst opgenomen. Een 2-tal onderzoeken m.b.v. containerproeven zijn uitgevoerd op het Boskalis terrein in Papendrecht [2] [3].

- [1] *Sludge depot modelling for self-weight consolidation and atmospheric drying. P.J. Vardon et. al. (2015)*
- [2] *Consolidation behaviour of soft cohesive soils, the correlation between different scale model tests – Case study of the Marker Wadden, Emmeline J.C. van Olphen (2016)*
- [3] *Desiccation, crust formation & consolidation of soft, cohesive soil due to atmospheric conditions – A case study of the Marker Wadden, L.H. Sijbrandij (2017)*
- [4] *Diverse presentaties tijdens kennissessie met opdrachtgever*
- [5] *Afwerkniveaus zanddammen en stranden: Module A en B, 13084-5-R-02-0-PTUR*
- [6] *Afwerkniveaus zanddammen: Module C en D, 13084-5-R-03-0-PTUR*

De hoogteontwikkeling van de compartimenten verandert in de tijd door consolidatie. De consolidatie van het vulmateriaal en de ondergrond zoals weergegeven in Figuur 3 zijn in feite 2 gescheiden processen met een cumulatief effect aan maaiveld. De consolidatie van het vullingsmateriaal wordt "eigen gewicht consolidatie" genoemd. De consolidatie van de ondergrond wordt aangeduid met "zetting".

- Bij **eigen gewicht consolidatie** spelen een aantal zaken tegelijkertijd een rol zoals sedimentatie, consolidatie, korstvorming en vegetatie (ontwatering door vegetatie en versterking korst). De dichtheid van het grond/water mengsel neemt toe met diepte en bereikt een evenwichtssituatie onder het eigen gewicht. Na verloop van tijd vormt er een korst door uitdroging van de toplaag en door het opkomen van vegetatie. De combinatie van deze processen veranderen de staat van het vulmateriaal geleidelijk van een vloeistof naar een vaste stof doordat het materiaal ontwaterd.

- Bij **zetting** in de ondergrond worden de spanningen tussen de korrelcontacten in een vaste stof verhoogd en wordt een tijdsafhankelijk zettingsproces in gang gezet. Hierbij verandert de structuur van de grond (plastische vervorming) en dit proces kan nog jaren doorgaan na het vullen van een depot ("kruip zetting").

De achtergrond van eigen gewicht consolidatie is complex omdat verschillende processen tegelijkertijd optreden. Het is moeilijk na te bootsen in een gecontroleerde omgeving (zie ook uitkomsten van de containerproeven) en lastig om de resultaten op te schalen naar de omvang van een project omdat daarbij ook de aanbrengmethode, ruimtelijke variabiliteit en weersomstandigheden een belangrijke rol spelen. Zo zijn er gedurende uitvoering enkele uitzonderlijke warme en droge zomers geweest. Om hier meer grip op te krijgen zijn de volgende stappen gezet:

- Container proeven [2] [3]
- SIC testen (Deltares) i.c.m. modelberekeningen (Delcon)
- Mud-bug metingen in het stort
- Korst dikte metingen
- Periodiek hoogtemetingen (drone Survey)

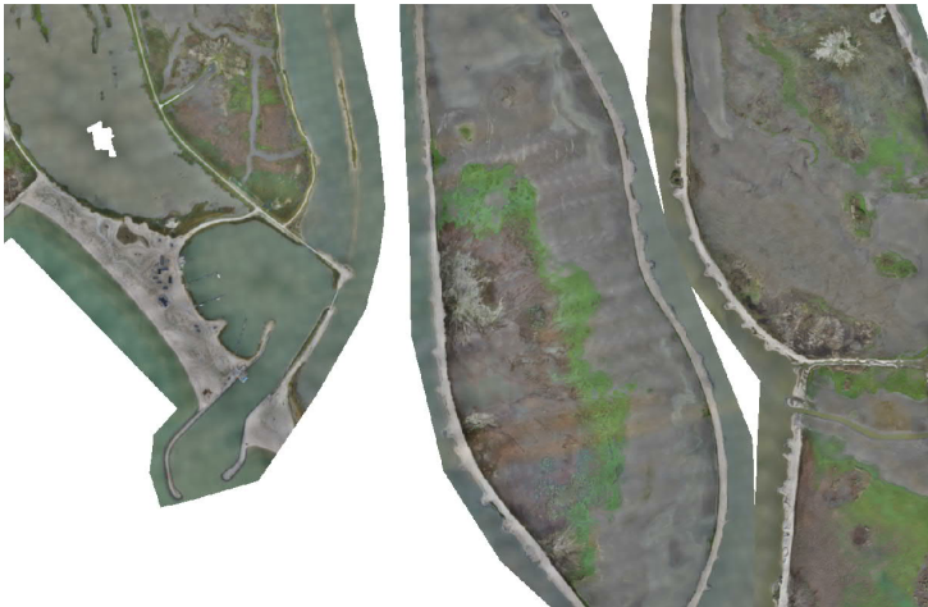
In de praktijk is gebleken dat alleen de periodieke hoogtemetingen een praktische bron van informatie is, waarmee inzicht wordt verkregen in de hoogteontwikkeling van de eilanden. Dit heeft een aantal redenen:

- De modelberekeningen kunnen alleen gebruikt worden voor de consolidatiefase als het materiaal onder water is. Processen als korstvorming en effect van vegetatie zijn nog in geen enkel model goed gevat. Tevens is dat nog onderdeel van lopend wetenschappelijk onderzoek. Daarnaast zijn de modellen 1D, dus beschrijven alleen de processen in een uitsnede van de kolom. De compartimenten in de Marker Wadden zijn bij uitstek inhomogeen in de ruimte, en 3d processen spelen een rol
- Containerproeven gaven inzicht in bepaalde processen (vooral onder water gedrag) en koppeling met het model. Korstvormingsprocessen waren echter moeilijk te bepalen, mede doordat meteorologische condities niet vergelijkbaar waren met die in het veld.
- Mud-bug metingen gaan alleen goed in net gevuld materiaal. Als korstvorming optreedt kunnen deze metingen niet meer worden uitgevoerd
- Korstdikte metingen zijn niet betrouwbaar omdat er geen eenduidige definitie is van wat 'de korst' precies is. In de praktijk wordt de korst (geleidelijk) gevormd door verschillende processen. Er is geen scherpe transitie van korst naar slap materiaal die elke keer op dezelfde manier kan worden gemeten. Het meten van de korstdikte is in de praktijk praktisch niet gemakkelijk uitvoerbaar.

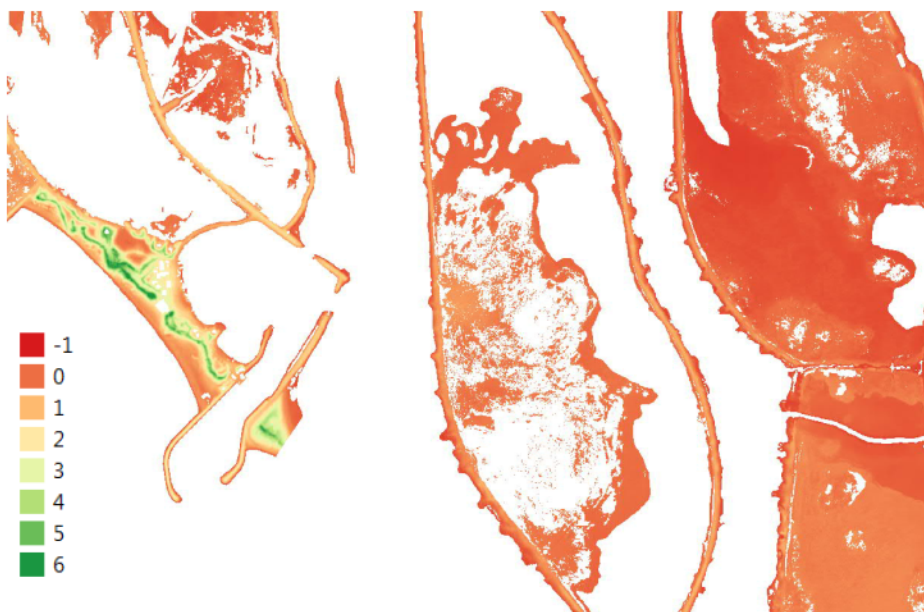
Bovenstaande beperkingen maakt het moeilijk om de processen van eigen gewicht consolidatie en zetting los van elkaar te kunnen analyseren. De totale hoogteontwikkeling in de compartimenten kan daarom niet worden onderbouwd d.m.v. modelberekeningen en zal gebaseerd moeten worden op basis van veldmetingen.

MONITORING

Zoals beschreven in de voorgaande sectie is de hoogteontwikkeling van de compartimenten gemonitord door periodiek (4x per jaar) een survey uit te voeren met een drone. Tijdens een campagne worden gelijktijdig hoge resolutie foto's genomen en wordt de hoogte van het nieuwe maaiveld ingemeten m.b.v. fotogrammetrie zie Figuur 4 en Figuur 5.



Figuur 4: Periodieke survey (Q3 2020). Hoge resolutie foto voor het onderscheiden van korst, water en vegetatie

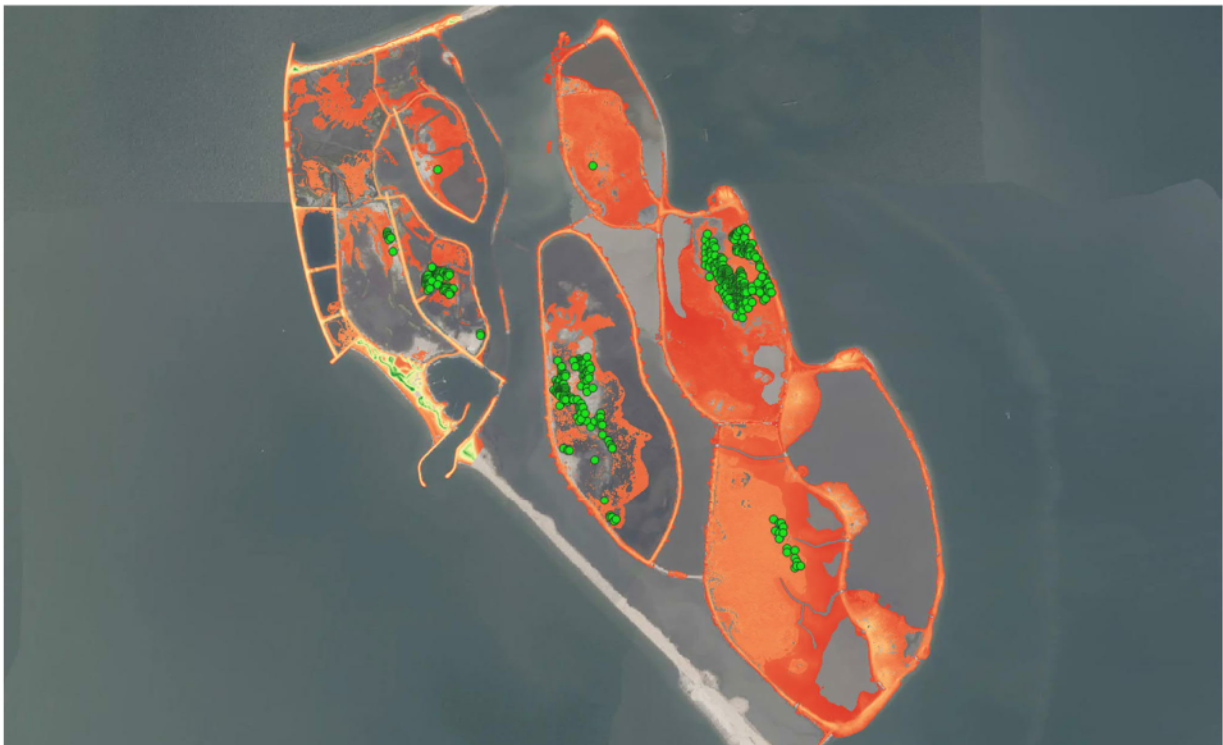


Figuur 5: Periodieke survey (Q3 2020). Hoogtemeting van de korst in [m] t.o.v. NAP.

De ruwe data wordt softwarematig gefilterd om afwijkende reflecties t.g.v. vegetatie en water te elimineren. Deze data is niet bruikbaar en dat is de reden waarom een survey nooit 100% vlakdekkend is. Dit brengt de volgende uitdagingen met zich mee:

- Als de compartimenten net gevuld zijn met holoceen materiaal, is de waterstand in het stort hoog en wordt er relatief weinig bruikbare data ingewonnen.
- Het water in de compartimenten wordt op hetzelfde peil gehouden als het Markermeer. In de zomer staat het water relatief hoog (NAP-0.2m) en kan er dus minder worden gemeten.
- Naarmate de tijd verstrijkt zakken sommige delen onder de waterlijn waardoor het oppervlak aan ingewonnen (bruikbare) data afneemt
- Naarmate de tijd verstrijkt begint er zich vegetatie te ontwikkelen waardoor het oppervlak aan ingewonnen (bruikbare) data afneemt. Vooral bij de laatste metingen heeft dit het te meten oppervlak behoorlijk beperkt.

Het komt regelmatig voor dat data simpelweg ontbreekt in bepaalde vluchtgegevens, vanwege de heersende omstandigheden (te nat / te begroeid). Dit is goed zichtbaar in Figuur 6 waarbij per compartiment het aantal punten is weergegeven die in elke survey terugkomen (Q3 2018 t/m Q3 2020).



Figuur 6: Beschikbare punten in modules A t/m D (Q3 2018 t/m Q3 2020)

Bovenstaande figuur laat zien dat het beschikbare aantal punten laag is in verhouding tot het ingemeten oppervlak en het wordt steeds minder naarmate de tijd verstrijkt. Voor een chronologisch overzicht van de hoogteontwikkeling wordt verwezen naar bijlage 1.

De aanleg van modules A en B gaat terug tot 2016 en de eilanden zijn in de tussentijd sterk begroeid. Door de vegetatie in deze modules blijven er anno 2020 weinig punten over. In modules C en D speelt water een

belangrijke rol. Grote delen van modules C en D hebben in 2019 nog onder water gestaan na een laatste vulslag. Daarom is hier het aantal punten (met name in D3) zeer beperkt.

Verder laat Figuur 6 goed zien dat het ingemeten oppervlak nooit hetzelfde is als het totale oppervlak van de compartimenten. Hierdoor is het niet mogelijk om een goede relatie te leggen met de eisen die zijn gesteld in Tabel 2. Deze gelden immers over het totale oppervlak van de compartimenten en bovendien moeten de eisen worden gemiddeld over alle compartimenten samen. Door de beperkte dekking van de data is een exacte analyse van de oppervlaktes per hoogteklasses niet mogelijk. In het vervolg van de memo zullen we daarom uiteen zetten hoe we verder omgaan met dit gegeven.

Tot slot wordt opgemerkt dat met drone metingen alleen de hoogteontwikkeling van het maaiveld wordt gemonitord zonder daarbij onderscheid te maken tussen 'eigen gewicht consolidatie' en 'zetting'. De begaanbaarheid van het stort was te slecht voor het plaatsen van zakkaken waarmee de zettingen in een compartiment gemonitord konden worden.

Op de zanddammen zijn daarentegen wel zakkaken geplaatst (72x). Hier is het zettingsgedrag van de ondergrond wel in kaart gebracht [5] [6]. Voor een overzicht van deze zakkaken wordt verwezen naar Figuur 7.



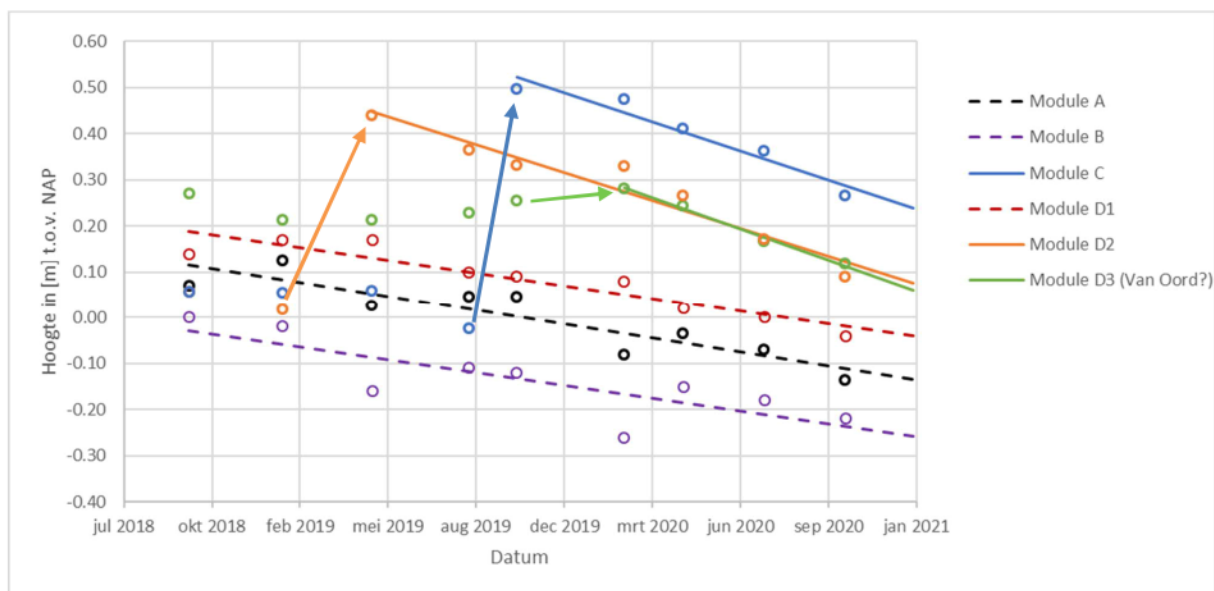
Figuur 7: Overzicht zakkaken

ANALYSE

De periodieke drone metingen zijn gebruikt om een prognose te maken van de verwachte hoogteontwikkeling in de verschillende modules. Voor het analyseren van de gegevens is onderstaand stappenplan gevolgd:

1. Project onderverdelen in een vast grid met punten (10 x 10m).
2. Per module inventariseren hoeveel punten in alle peilingen bruikbare data opleveren (filteren op vegetatie en water).
3. Per module de hoogteontwikkeling inzichtelijk maken.

Voor de ruwe data uit bovenstaand stappenplan wordt verwezen naar bijlage 2. De gemiddelde hoogteontwikkeling is per module samengevat in Figuur 8.



Figuur 8: Tijd-zettingsverloop t/m oplevering. Laatste ophoogslag indicatief weergegeven (pijlen)

Op basis van Figuur 8 wordt het volgende geobserveerd:

- A, B en D1: gemiddelde maaiveld daling van 5 – 10 cm / jaar.
- C, D2 en D3: gemiddelde maaiveld daling van 20 – 25 cm / jaar.

Modules A, B en D1 zijn de eerste compartimenten die zijn gevuld in 2016. De laatste vulslag heeft begin 2018 plaatsgevonden en de huidige maaiveld daling is relatief vlak vergeleken met modules die later in uitvoering zijn gegaan. De gemiddelde hoogte van module B lijkt relatief laag te liggen. Modules A en D1 liggen nog boven het zomerpeil (NAP-0.2m) maar dat beeld kan zijn vertekend omdat de modules sterk zijn begroeid. Daardoor is het aantal metingen beperkt.

Modules C en D2 zijn recent nog gevuld (2019). Deze modules liggen nu nog relatief hoog. Dat is ook goed te zien als men buiten rondloopt, vooral bij module C. De beschikbare metingen laten echter zien dat het maaiveld nog relatief snel daalt. Verwacht wordt dat over ca. 1 à 1.5 jaar een daling wordt waargenomen die vergelijkbaar is met wat nu bij modules A, B en D1 wordt gemeten.

Bij Module D3 is minder duidelijk wanneer de laatste vulslag heeft plaatsgevonden omdat dit compartiment geleidelijk is gevuld. Verder bestaat het vermoeden dat er slib in het compartiment is gestroomd door het stortwater wat door Van Oord in het naastliggende compartiment (Beschut Ondiep) is geloosd. Dit kan echter niet worden geverifieerd. Op basis van de laatste 4 metingen wordt verwacht dat module D3 qua maaiveld daling kan worden ingedeeld bij modules C en D2.

De volgende kanttekeningen worden geplaatst bij Figuur 8:

- De genoemde snelheden zijn gebaseerd op punten die al vanaf het begin hoog lagen. Deze locaties lagen in de buurt van de spuitmonden waar ontmenging van materiaal heeft plaatsgevonden. Hier bezinken de zware delen (zand) terwijl de fijne delen (silt/klei) uitvloeien naar de lagere delen van het stort.
- Verwacht wordt dat op de lage delen van het stort minder zetting zal optreden. Geprobeerd is om ook de hoogteontwikkeling per hoogteklasse inzichtelijk te maken maar dit is niet gelukt omdat de data niet evenredig is verdeeld. Rond het zomerpeil (NAP-0.2m) neemt het aantal geschikte metingen snel af omdat de punten op een gegeven moment onder water zakken.
- Verwacht wordt dat het verloop van de hoogteontwikkeling niet lineair is maar logaritmisch in de tijd en op den duur af gaat afvlakken. Dit effect wordt mogelijk gemaskeerd door verschillende processen die niet gelijktijdig optreden (eigen gewicht consolidatie & zetting).

Per module is de verwachte hoogteontwikkeling ingeschat en samengevat in onderstaande tabel:

Tabel 3: Verwachte hoogteontwikkeling

| Compartiment | Hoogteontwikkeling in [cm] | | |
|--------------|-----------------------------|---|--------|
| | Nu (Q3 2020) t/m oplevering | Gedurende de garantieperiode (15 maanden na oplevering) | Totaal |
| A | 3 | 7 | 10 |
| B | 3 | 7 | 10 |
| C | 5 | 20 | 25 |
| D1 | 3 | 7 | 10 |
| D2 | 5 | 20 | 25 |
| D3 | 5 | 20 | 25 |

Zoals reeds benoemd is eigen gewicht consolidatie moeilijk te meten. Bovenstaande prognose is daarom gebaseerd op de uitgevoerde veldmetingen en expert judgement. De hoeveelheid restzetting na oplevering is ingeschat op basis van de uitgevoerde zakbaakfits [5] [6] en bedraagt maximaal 10 cm over een periode van 15 maanden.

CONCLUSIES EN DISCUSSIE

De Marker Wadden is qua project uniek in Nederland en een van de grootse in zijn soort in West-Europa. De aanleg was een complex proces waarbij een goede balans moest worden gevonden tussen soms conflicterende contractuele eisen en wensen van de opdrachtgever en de uitdagende werkomstandigheden. Door middel van adaptief management is de ontwikkeling van de eilanden, de fysische processen, vegetatie, en natuurontwikkeling gemonitord om het bouwproces te kunnen bijsturen en snel tot een zichtbaar resultaat te komen, zie Figuur 2. De goede samenwerking met de opdrachtgever was hierin essentieel o.a. vormgegeven door meerdere inhoudelijke kennissessies.

Bij de oplevering op 31 december 2020 tot 15 maanden daarna moet aan een aantal hoogte-eisen worden voldaan. Voor een overzicht van de eisen wordt verwezen naar Tabel 2.

De totale hoogteontwikkeling in de compartimenten kan niet worden onderbouwd d.m.v. modelberekeningen door de complexiteit van de onderliggende processen (interactie tussen de fysische processen, vegetatie en natuurontwikkeling) en een aantal praktische beperkingen die terug te herleiden zijn naar de slechte begaanbaarheid en sterke heterogeniteit van het stort. De hoogteontwikkeling is daarom gebaseerd op basis van veldmetingen met een drone.

Opgemerkt wordt dat ook deze metingen slechts beperkt bruikbaar zijn voor een nauwkeurige prognose en koppeling met de eisen. Door de beperkte dekking van de data is een exacte analyse van de oppervlaktes per hoogteklasses niet mogelijk. Door vegetatie en water vervallen veel meetpunten waardoor nooit een vlakdekkende kaart kan worden geproduceerd waarmee de eisen kunnen worden aangetoond.

Op basis van de beperkte veldmetingen en expert judgement wordt verwacht dat de modules nog minstens 10 (A,B en D1) à 25 (C, D2 en D3) cm zullen zakken tot 15 maanden na oplevering, zie Tabel 3.

Verwacht wordt dat deze maaiveld daling zich zal concentreren rondom de gebieden die nu (te) hoog liggen omdat daar door ontmenging meer zand in de ondergrond zit. De lagere delen van de modules zullen naar verwachting langzamer zakken omdat deze ook deels onder water staan. Dit betekent concreet dat het oppervlak Plas dras "hoog" (max. NAP+0m, min. NAP-0.2m) na oplevering nog groter zal worden en dat Plas dras "laag" (max. NAP-0.2m, min. NAP-0.4m) verhoudingsgewijs meer blijft zoals het nu is.

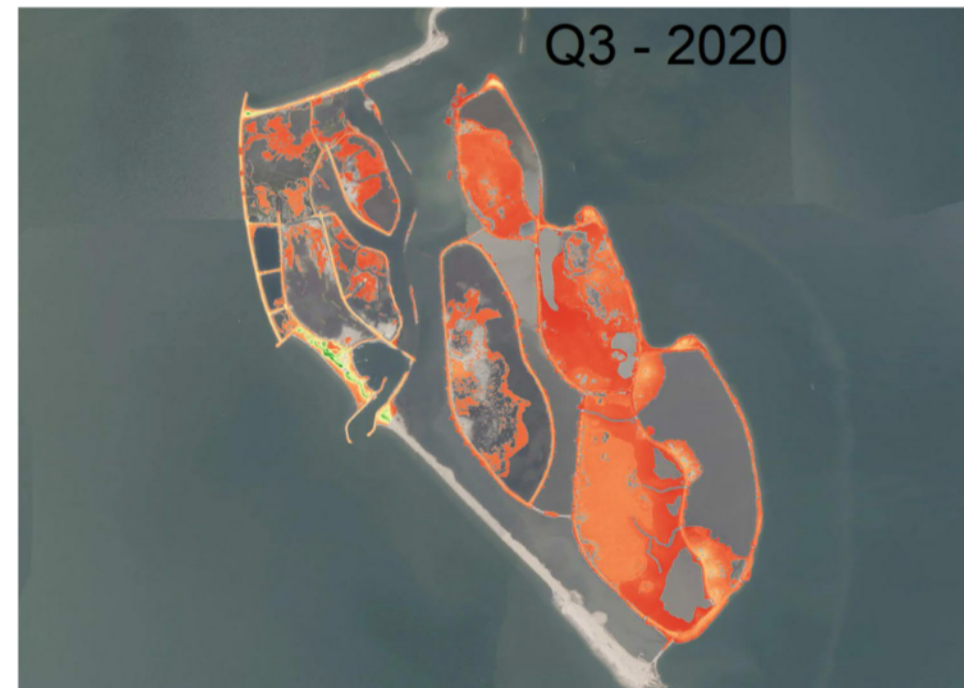
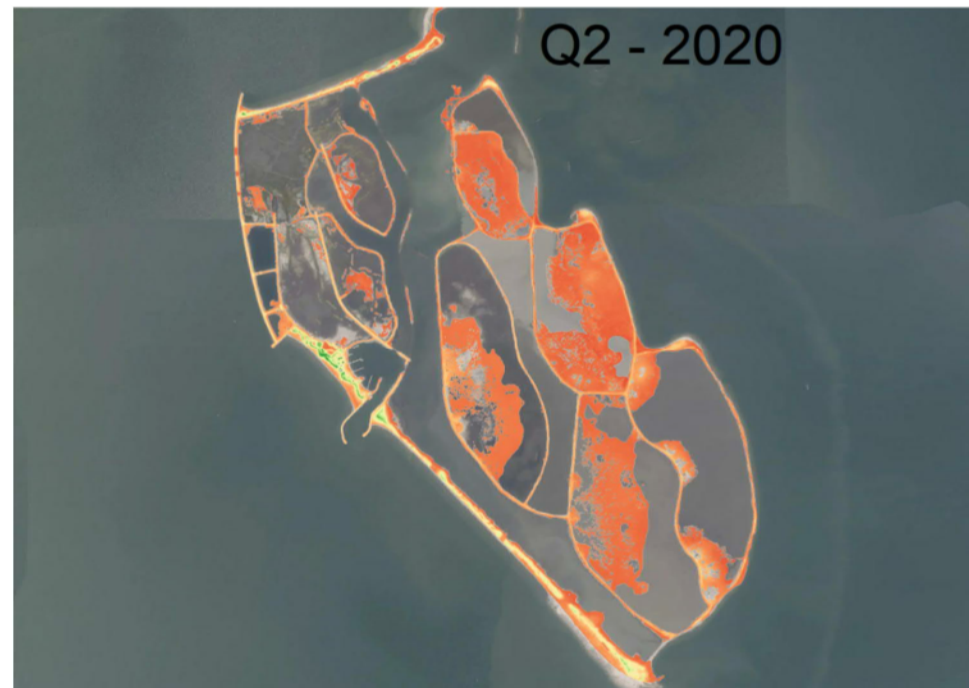
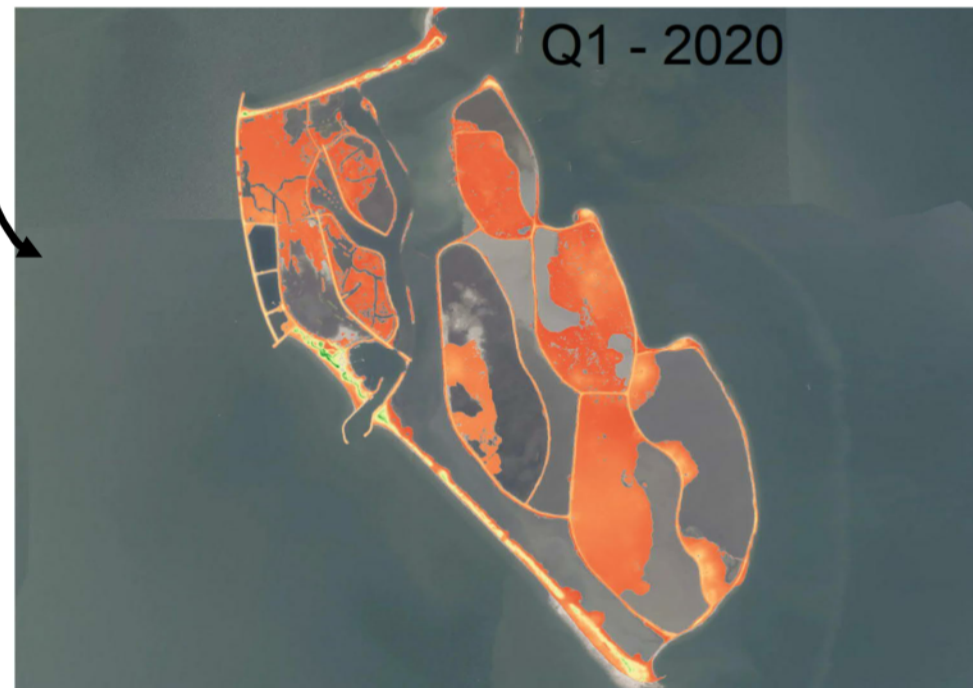
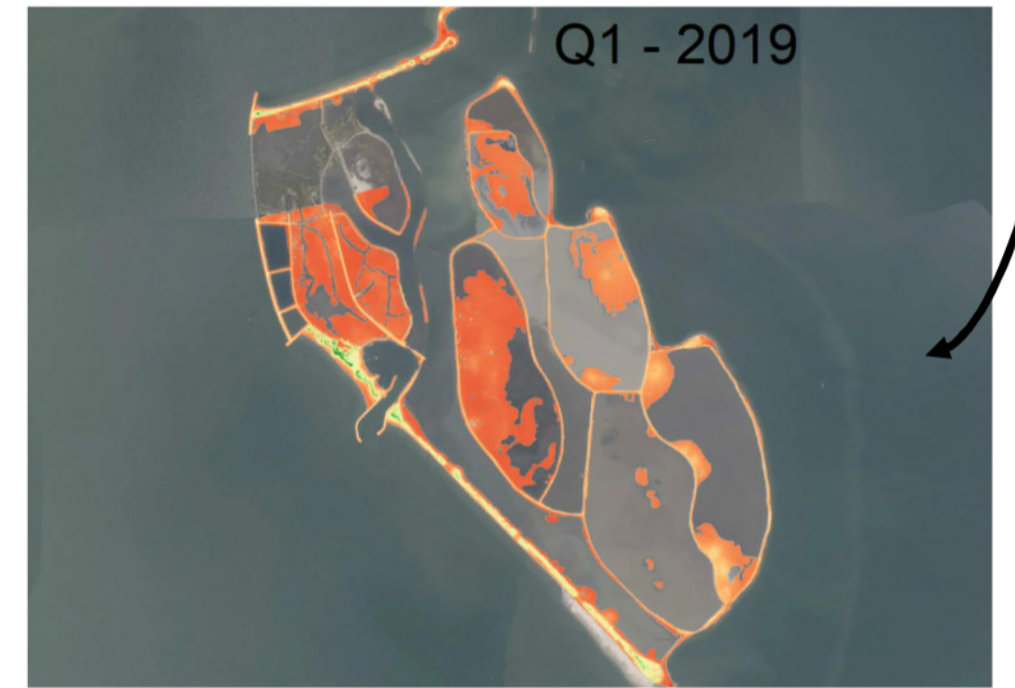
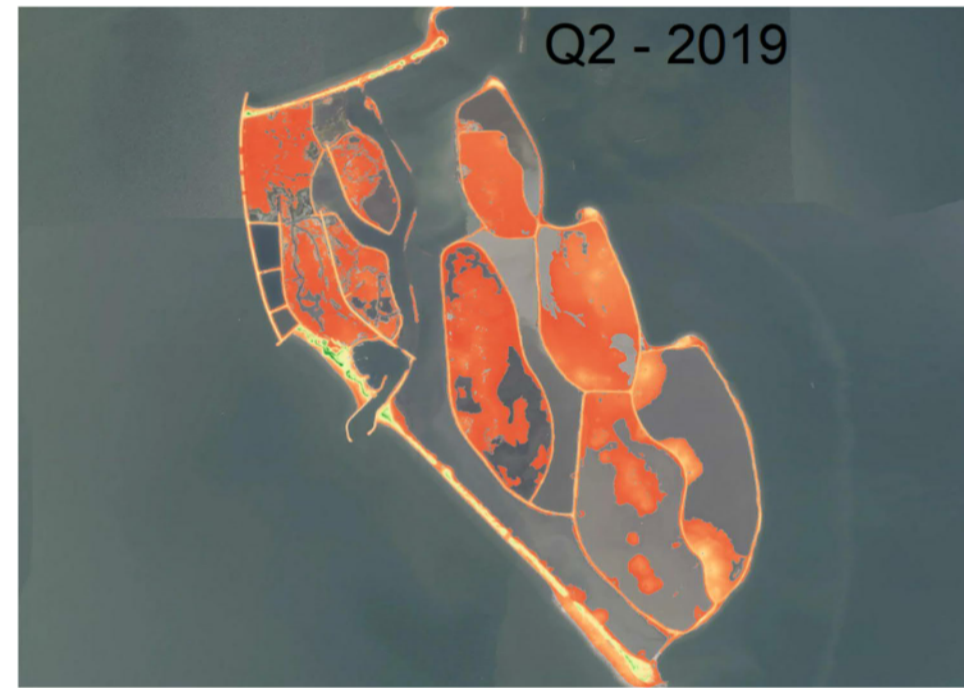
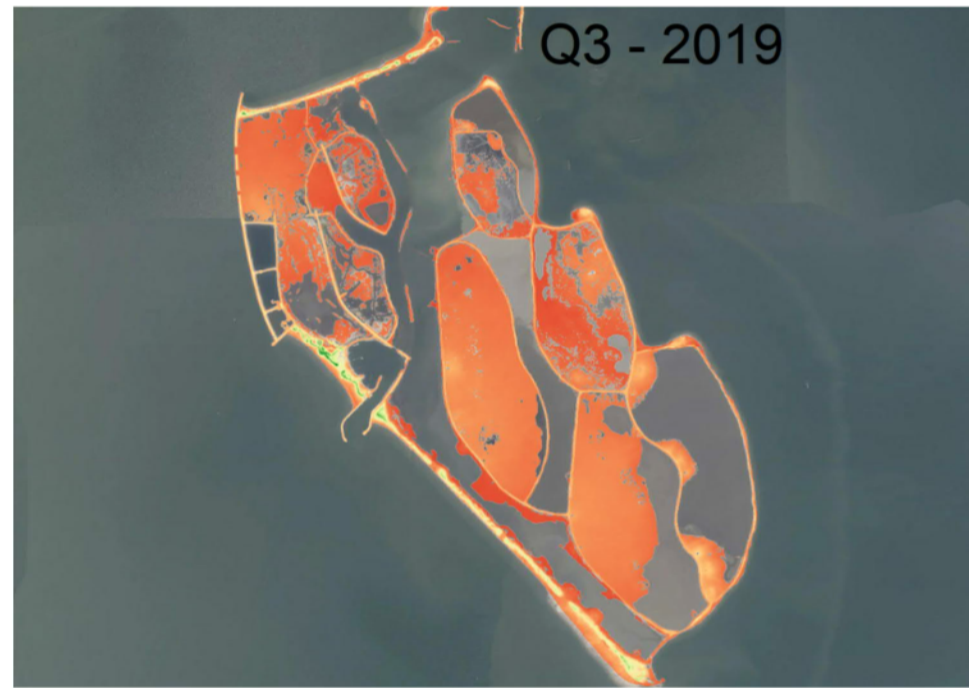
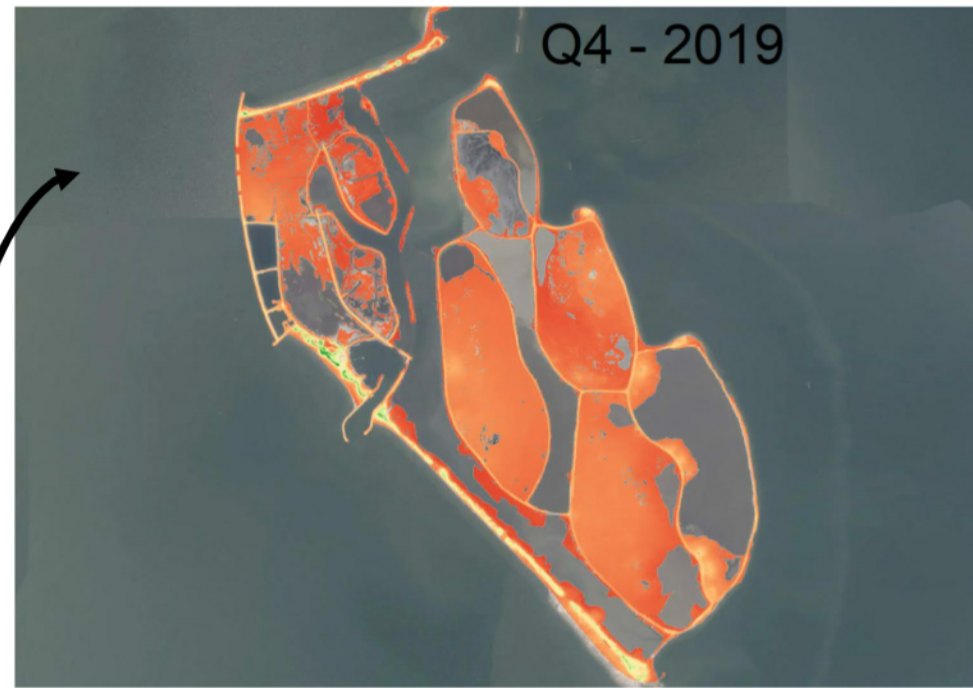
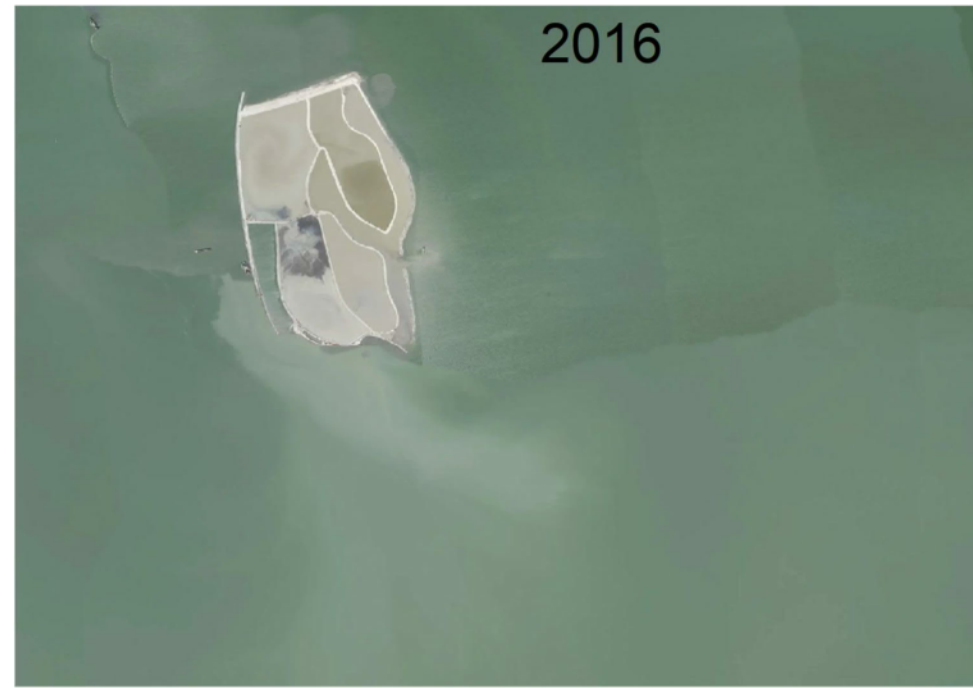
In relatie tot de gestelde eisen liggen de modules nu waarschijnlijk iets te hoog maar de exacte hoogteverdeling kan niet met metingen worden onderbouwd. Verwacht wordt dat de totale verdeling van het benodigde oppervlak in de toekomst beter in lijn komt te liggen met de gestelde eisen door een doorgaande maaiveld daling die op den duur zal afvlakken. Hier is in de uitvoering al rekening mee gehouden door de compartimenten op tijd bij te vullen zodat het maaiveld bij oplevering niet te laag komt te liggen.

Bijlagen

Survey (Q3 2018 t/m Q3 2020)
Hoogteontwikkeling per eiland

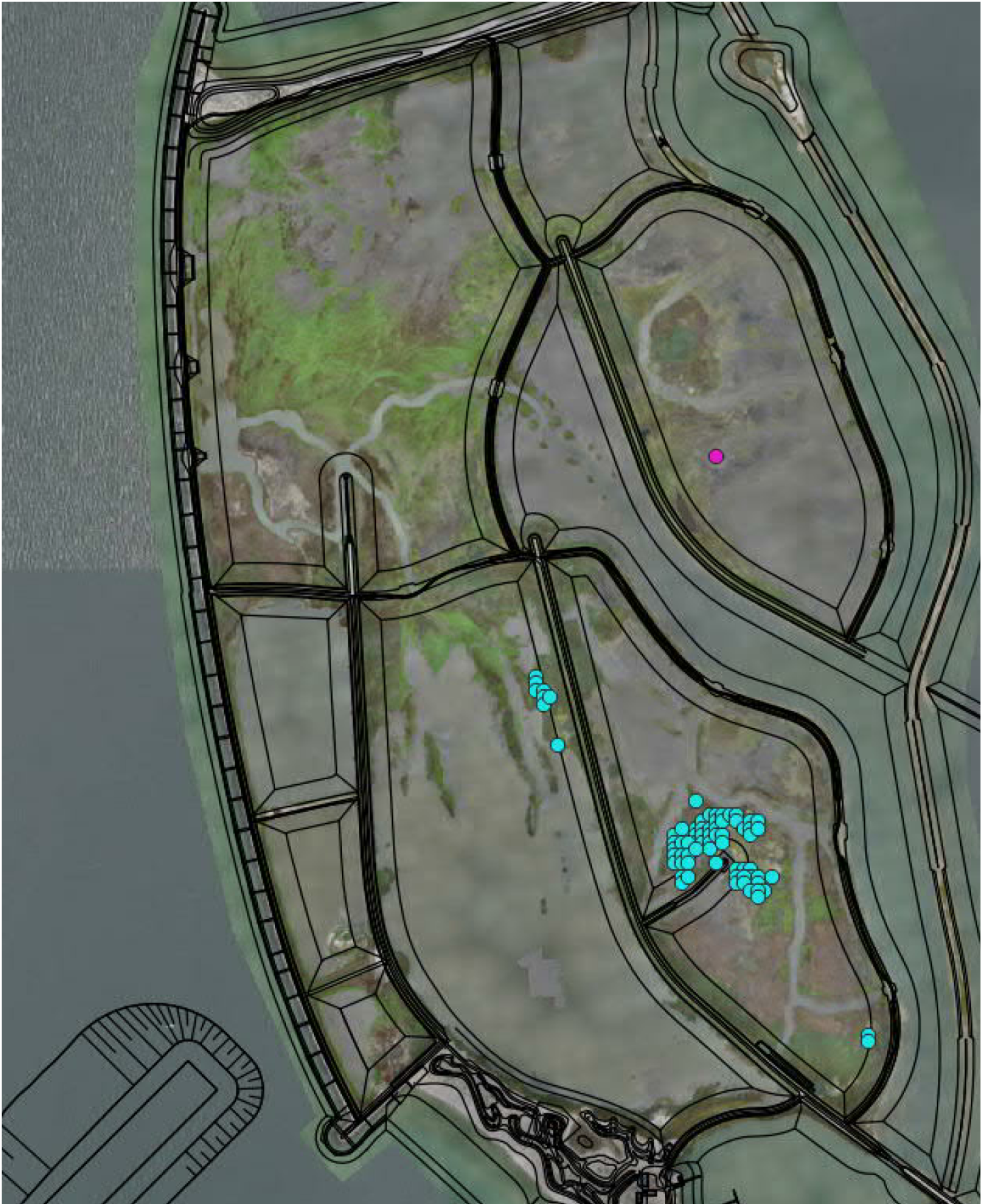
Nr.
1
2

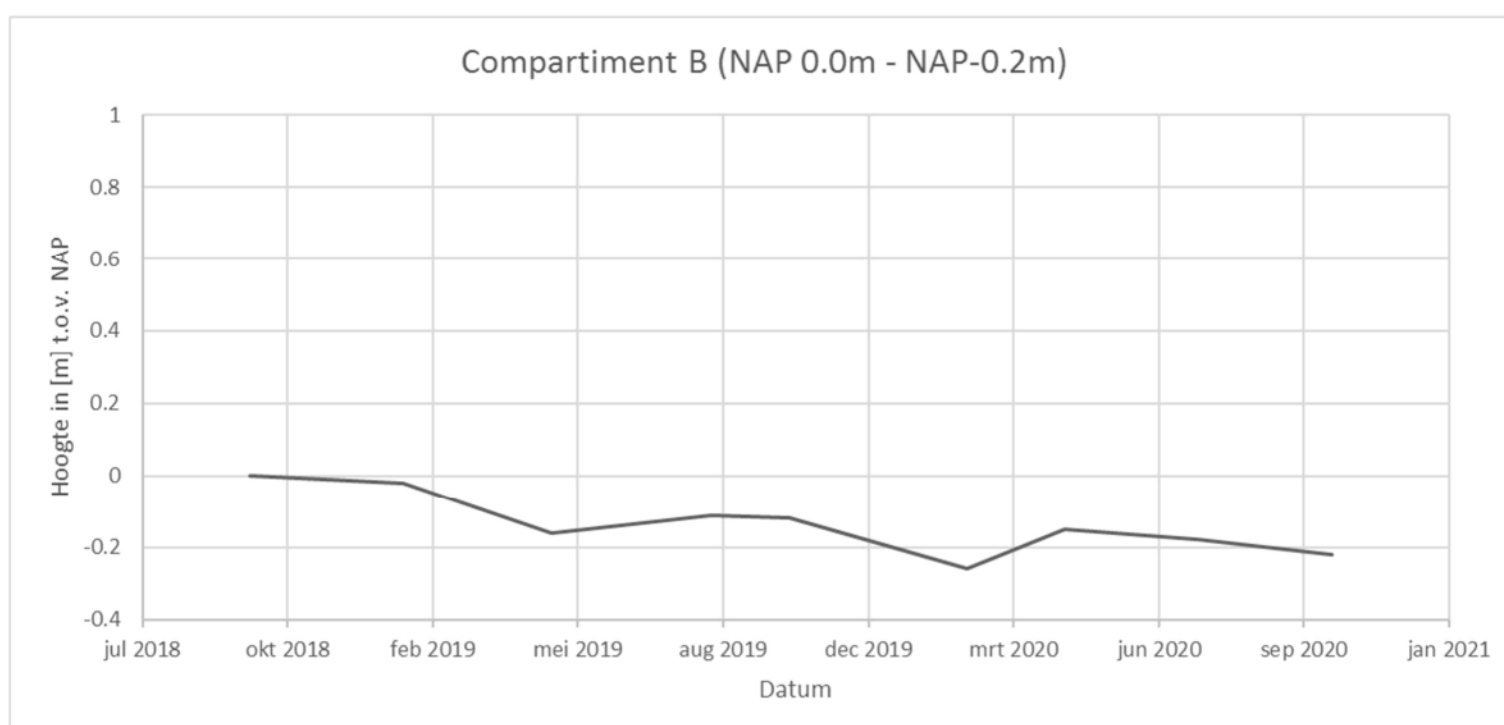
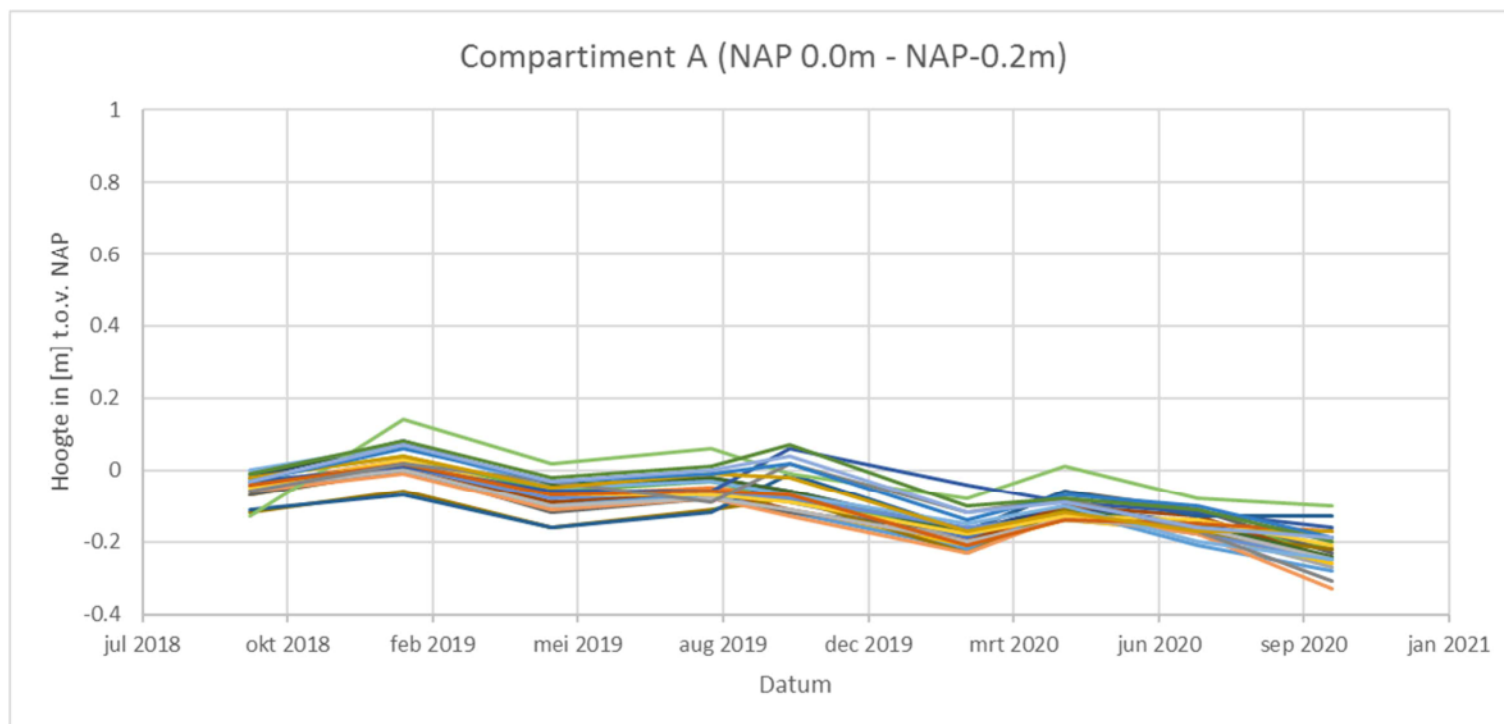
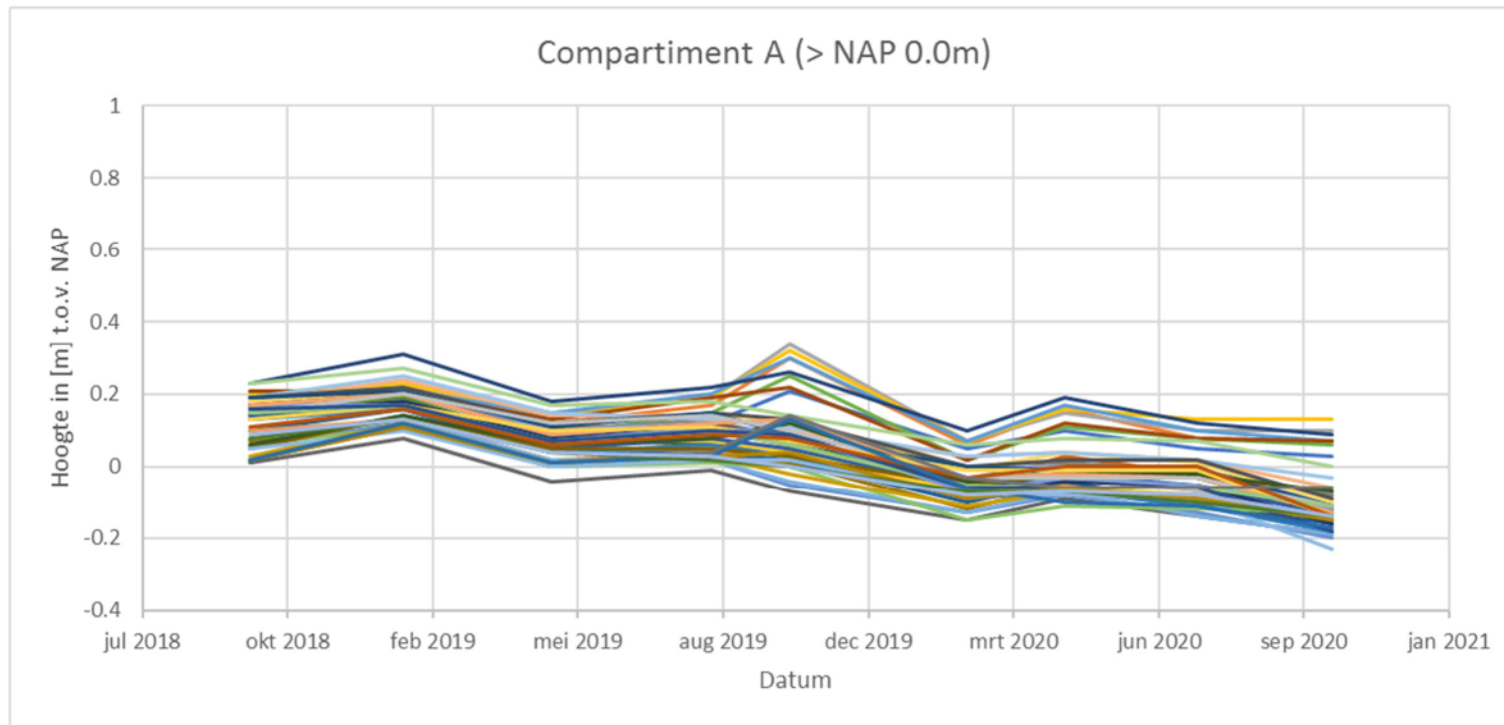
Bijlage 1: Survey Q3 2018 t/m Q3 2020



Bijlage 2: Hoogteontwikkeling per eiland

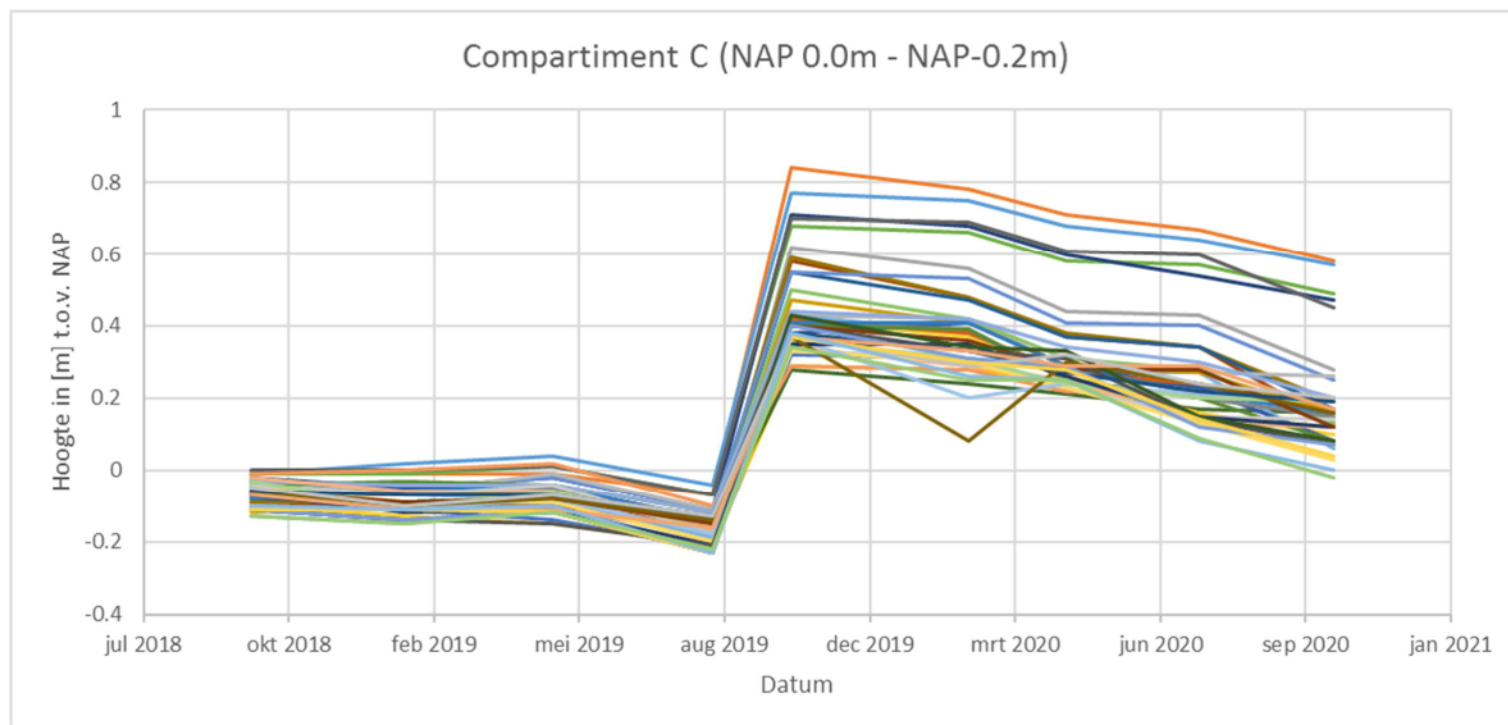
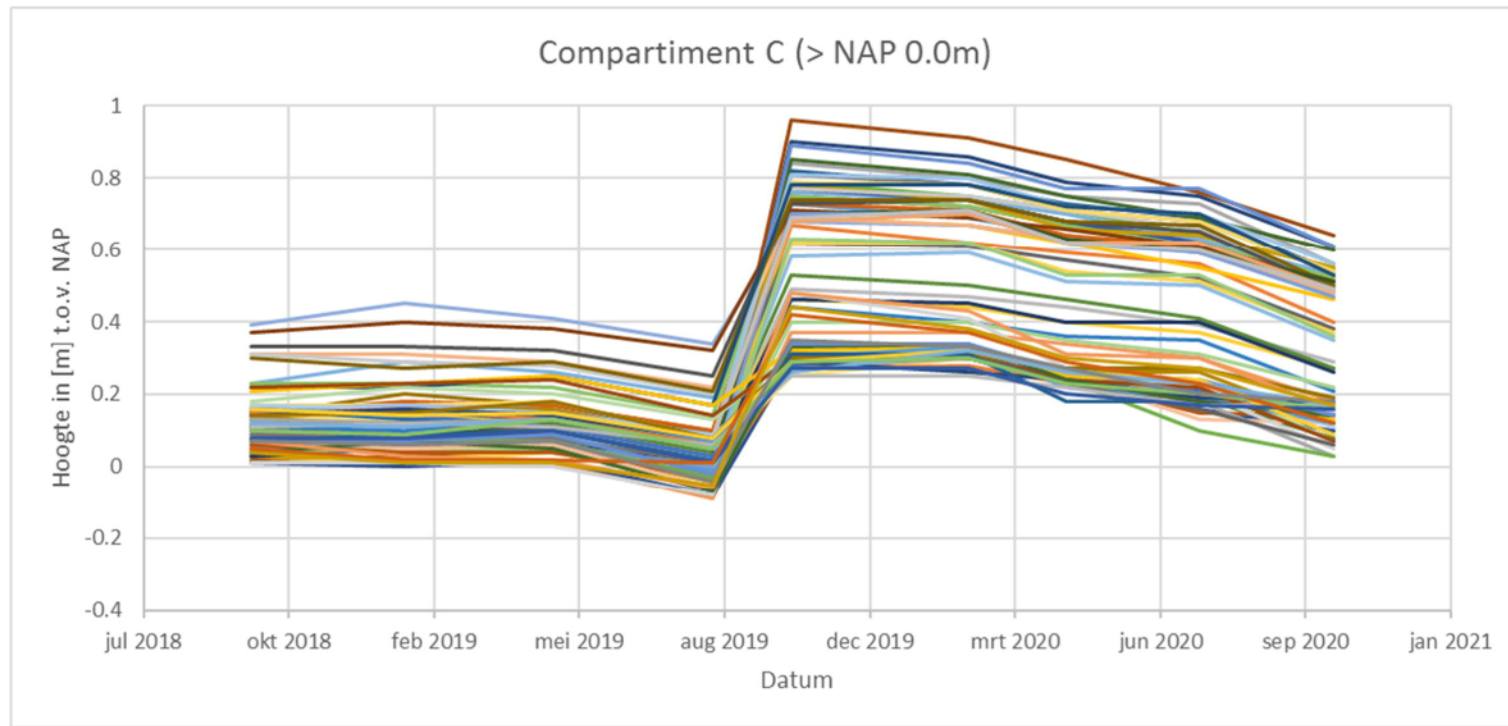
| Eiland | Aantal punten | Max. hoogte (Q3 2018 – Q3 2020) NAP+0.34m | Min. hoogte (Q3 2018 – Q3 2020) NAP-0.33m | Dekkingsgraad foto (Q3 2020) |
|--------|---------------|---|---|--|
| A | 74 | | | 23.1 ha gemeten 77.0 ha totaal 30% dekking |
| B | 1 | NAP+0.0m | NAP-0.26m | 8.4 ha gemeten 17.2 ha totaal 49% dekking |





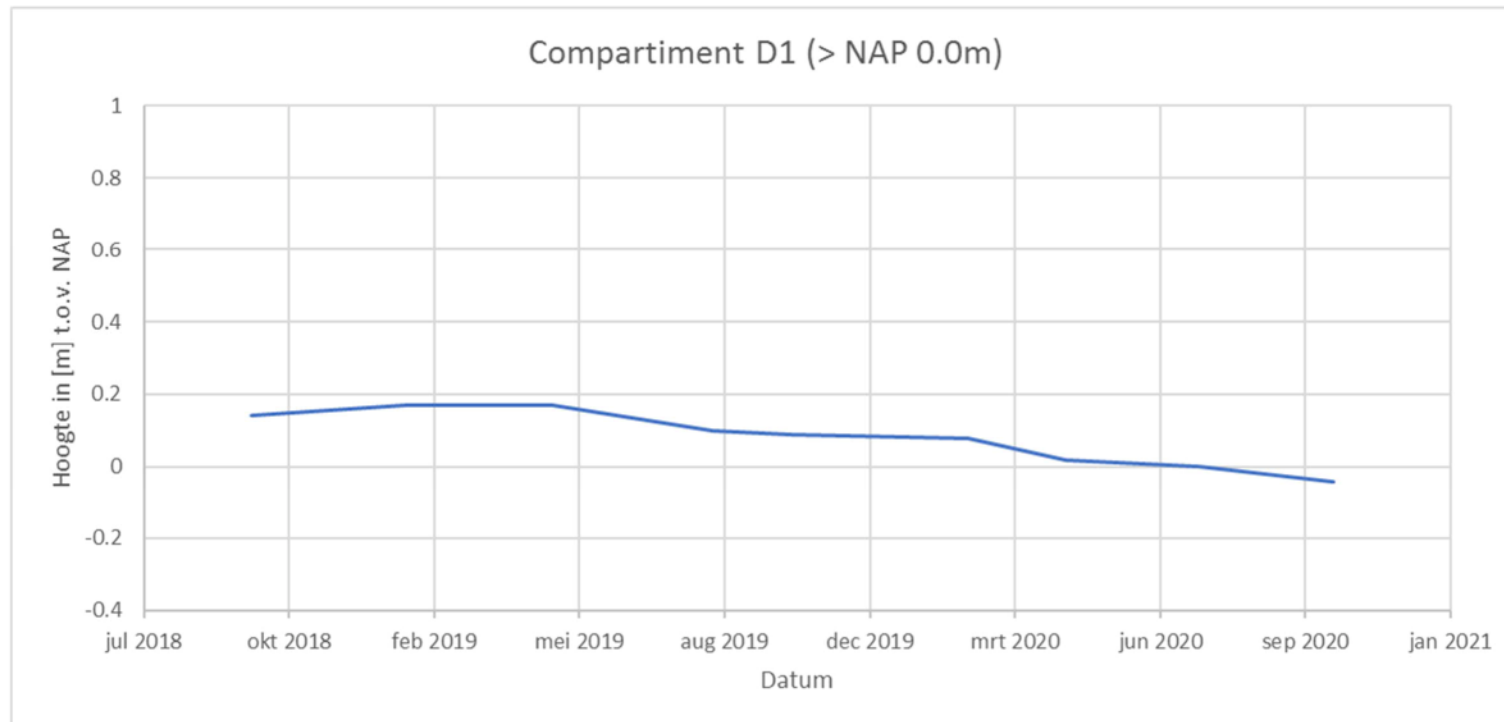
| Eiland | Aantal punten | Max. hoogte (Q3 2018 – Q2 2020) NAP+0.96m | Min. hoogte (Q3 2018 – Q2 2020) NAP-0.23m | Dekkingsgraad foto (Q2 2020) |
|--------|---------------|---|---|--|
| C | 118 | | | 18.9 ha gemeten 73.4 ha totaal 26% dekking |





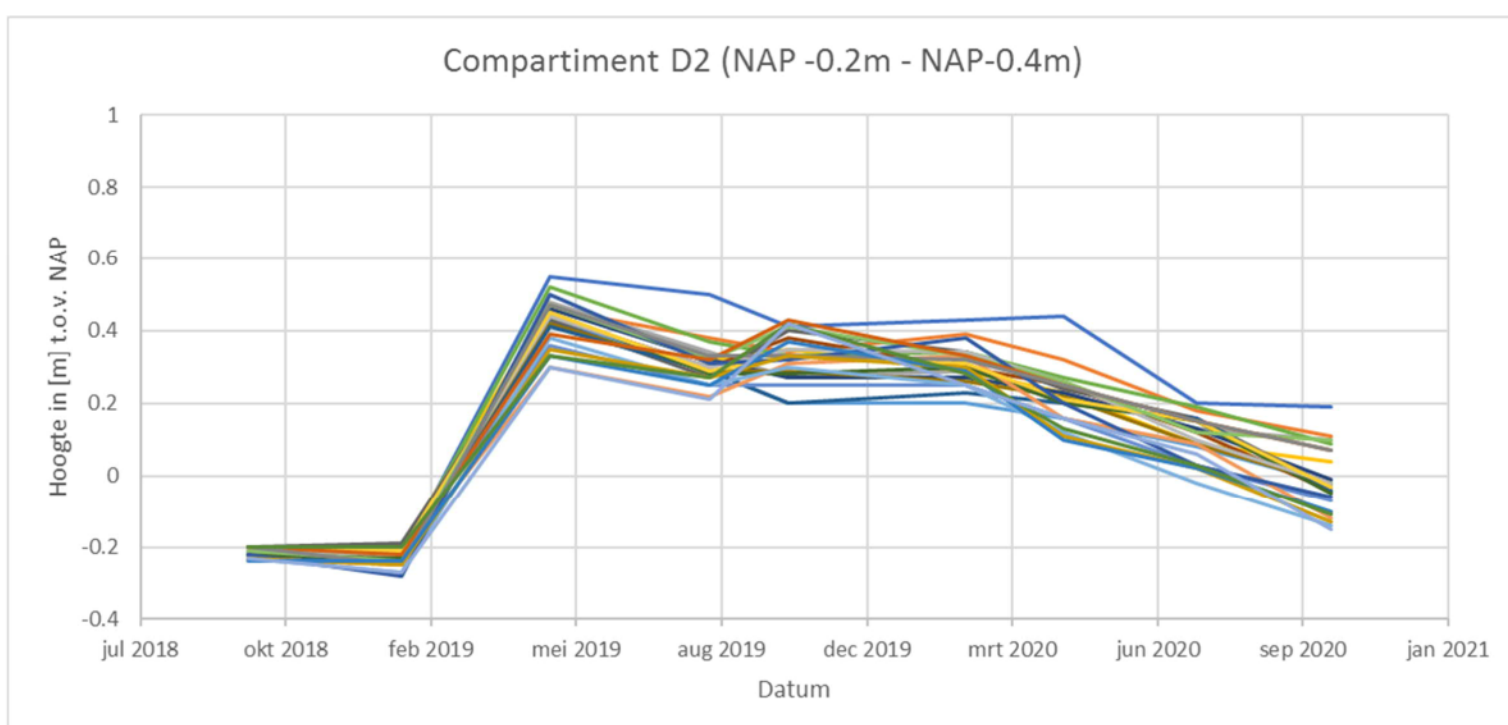
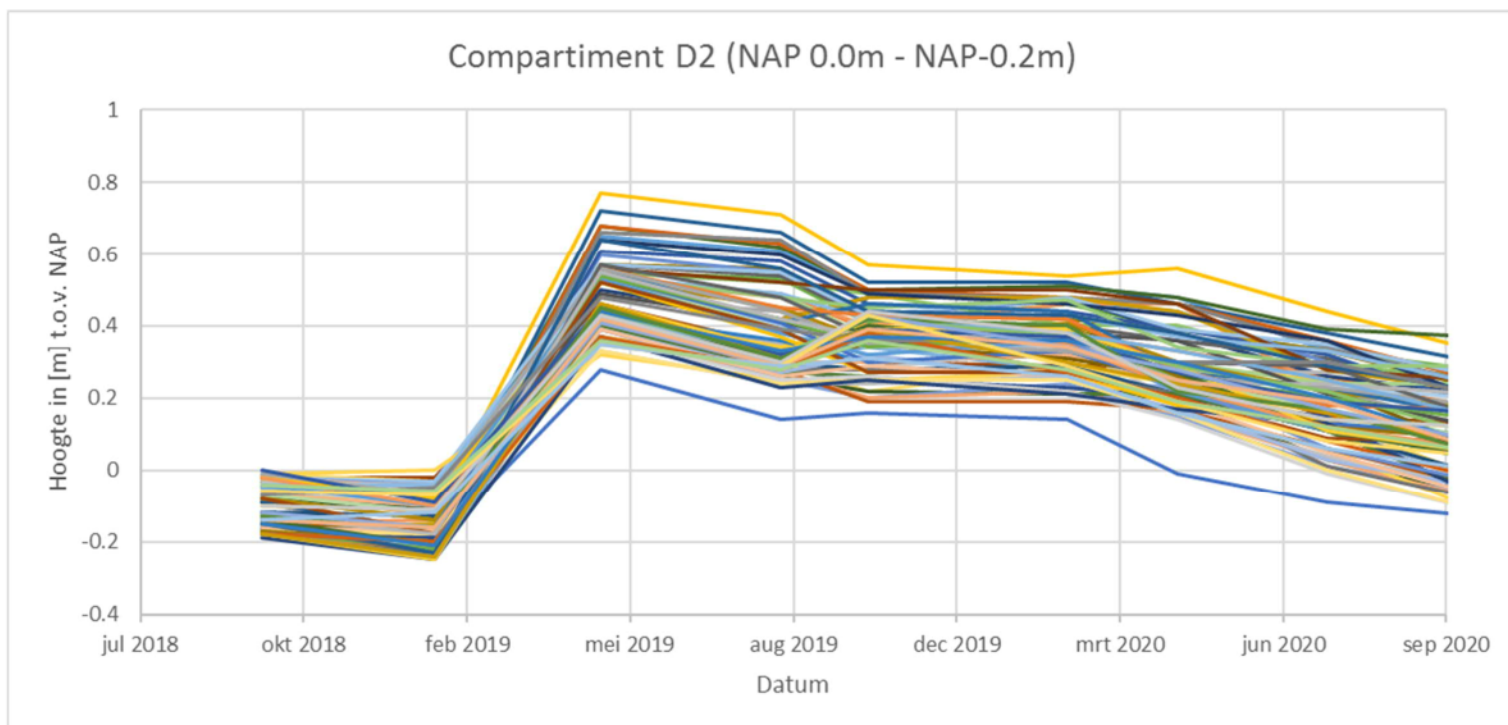
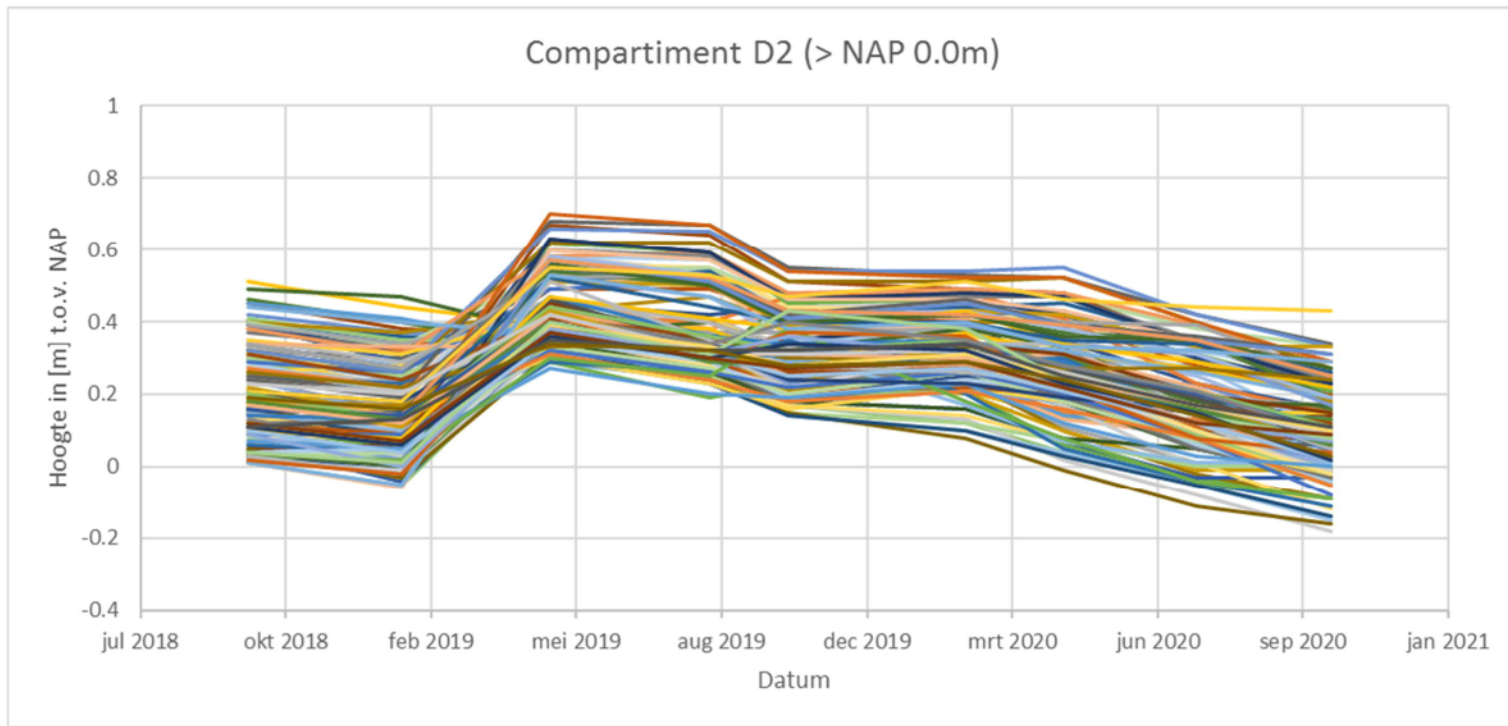
| Eiland | Aantal punten | Max. hoogte (Q3 2018 – Q2 2020) NAP+0.17m | Min. hoogte (Q3 2018 – Q2 2020) NAP-0.04m | Dekkingsgraad foto (Q2 2020) |
|--------|---------------|---|---|---|
| D1 | 1 | | | 20.9 ha gemeten 23.0 ha totaal 91 % dekking |





| Eiland | Aantal punten | Max. hoogte (Q3 2018 – Q2 2020) NAP+0.77m | Min. hoogte (Q3 2018 – Q2 2020) NAP-0.28m | Dekkingsgraad foto (Q2 2020) |
|--------|---------------|---|---|---|
| D2 | 251 | | | 43.3 ha gemeten 57.0 ha totaal 76 % dekking |





| Eiland | Aantal punten | Max. hoogte (Q3 2018 – Q2 2020) NAP+0.39m | Min. hoogte (Q3 2018 – Q2 2020) NAP0.0m | Dekkingsgraad foto (Q2 2020) |
|--------|---------------|---|---|---|
| D3 | 16 | | | 70.7 ha gemeten 86.0 ha totaal 82 % dekking |

