

Veldrapportage T0

RPAS metingen Slibmotor



Project	RPAS metingen Slibmotor
Opdrachtgever	Stichting Deltares
Opdrachtnemer	Shore Monitoring & Research BV
Onderdeel	Veldrapportage RPAS metingen Slibmotor T0
Datum	23 november 2015
Surveydatum	8/9/10 oktober 2015
Auteur	ing. R.Ph. de Weger
Interne reviewers	ir. R.C. de Zeeuw

Veldrapportage RPAS metingen slibmotor

Inleiding

In het kader van het EcoShape project 'kwelderontwikkeling Koehoal door een slibmotor' is met een RPAS en fotogrammetrie een meting van het gebied gedaan waarbij een orthophoto en hoogtemodel zijn gegenereerd.

Dit document beschrijft:

- de projectlocatie en gebruikte meettechnieken
- beschrijving meetapparatuur en uitvoeringswijze in het veld
- plaatsing grond controle punten
- resultaten van de meting
- geleverde dataproducten

Projectlocatie en meettechniek

In Figuur 1 is de locatie van het meetgebied weergegeven middels de rode omlijning. In dit document wordt regelmatig naar het meetgebied gerefereerd d.m.v. de plaatsaanduiding 'Koehoal'; een klein dorp, dat net achter de dijk bij het meetgebied ligt.



Figuur 1: Projectlocatie Slibmotor in GoogleEarth. Het rood omlijnde meetgebied ligt bij Koehoal in Friesland.

Het gebied dat met de RPAS vanuit de lucht is gefotografeerd, is ca. 4.5 kilometer lang en 500 m breed (vanuit de dijk gerekend).

De luchtfoto's zijn gebruikt om de hoogteligging van het terrein te reconstrueren en een orthophoto te maken, m.b.v. fotogrammetrie software. Een orthophoto is een beeld wat geconstrueerd is vanuit alle individuele foto's en waarvan elke pixel overeenkomt met een wereldlijk coördinaat (X en Y in RD in dit geval). Naast de luchtfoto's zijn in het veld grond controle punten ingemeten met RTK-GNSS, die gebruikt zijn om het hoogtemodel en de orthophoto te refereren aan het RD NAP referentie stelsel.

Beschrijving meetapparatuur en uitvoeringswijze in het veld

GNSS loodstaaf

Grondcontrole punten worden ingemeten door middel van de Leica Viva GS14/GS10 GNSS ontvanger. Deze is gemonteerd op een loodstaaf. Op de CS15 handheld module zijn real-time informatie, zoals positie, status van de instrumenten en de locaties van grondcontrolepunten af te lezen en in te stellen.

Een nauwkeurige positie (orde 1-2 cm) kan worden berekend door gebruik te maken van de zgn. Real Time Kinematic (RTK-GNSS) techniek. Hierbij wordt de ontvanger positie gecorrigeerd met correctiewaarden die worden verkregen via een radio of telefoon verbinding met het GNSS referentiestation dat over een lokaal referentiepunt staat opgesteld, met nauwkeurig bekende coördinaten.

Referentiestation

Het referentiestation staat opgesteld boven een referentiepunt met bekende coördinaten, dat tijdens de testdag in augustus is gecreëerd. Alle GNSS antennes die zich in het veld voortbewegen (rovers) worden door het referentiestation real time van correcties voorzien, waardoor centimeter nauwkeurigheid wordt verkregen van de posities van de rovers.

RPAS en camera

De RPAS die is ingezet is de Microdrone MD4-1000, uitgerust met een Sony alpha NEX-7 met 18 mm lens (Figuur 2).



Figuur 2: Microdrone MD4-1000 en Sony alpha NEX-7 camera

De RPAS vliegt een voorgeprogrammeerd pad van waypoints af, waarbij de plaatsbepaling geschied op basis van barometrische en GPS plaatsbepaling. Dit gebeurt volledig autonoom. Op elk waypoint wordt een foto van het onderliggende gebied genomen (loodrecht naar beneden).

Omdat deze techniek minder bekend is dan RTK-GNSS metingen, wordt de methodiek en uitvoering in het veld wat uitgebreider beschreven.

De methodiek voor het genereren van een hoogtemodel en orthophoto van een gebied o.b.v. luchtfoto's verkregen met een RPAS, bestaat uit de volgende onderdelen:

1. Opstellen van een vliegplan (op kantoor)
2. Het plaatsen en inmeten van grond controle punten met RTK GPS, verspreid over het interessegebied.
3. Het uitvoeren van de vluchten en maken van luchtfoto's, geheel automatisch volgens het opgestelde vliegplan.
4. Inmeten van willekeurige punten en transecten in het interessegebied ter controle van de op te leveren luchtfoto.
5. Data inventariseren en sorteren: honderden individuele foto's worden geschikt gemaakt voor verwerking tot:
 - a. een aaneengesloten luchtfoto/onderleggerbeeld/ orthophoto (op kantoor). Vanuit deze orthophoto zijn direct afstanden op te meten.
 - b. een hoogtemodel van het gebied
6. Data verwerking: alle foto's worden middels software 'aan elkaar gerekend' (op kantoor). De grond controle punten worden toegevoegd om de uiteindelijke luchtfoto en hoogtemodel te refereren aan wereldlijke coördinaten. Een check op de nauwkeurigheid (posities) wordt uitgevoerd aan de hand van de willekeurig ingemeten punten en transecten in het veld.

Vliegplan

Alvorens naar de veldlocatie te gaan, wordt op kantoor een vliegplan gemaakt voor de RPAS. Dit plan is gebaseerd op de informatie en wensen van de klant. In het veld kan om praktische redenen het plan altijd aangepast worden. De volgende parameters zijn bepalend voor het vliegplan (Tabel 1).

Tabel 1: Vliegplanning parameters

Parameter	Waarde
Vlieghoogte	120 m
Camera	Sony alpha NEX-7
Pixelgrootte	ca. 2 cm
Voorwaartse overlap foto's	80%
Zijwaartse overlap foto's	60%

Grond controle punten

Verspreid over het interessegebied worden zogenaamde grond controle punten (Figuur 3) neergelegd en ingemeten. Deze platen zijn duidelijk herkenbaar in de foto's en dienen om de uiteindelijke aaneengesloten luchtfoto te refereren aan de wereld. Het hart van de plaat wordt ingemeten middels RTK-GNSS, waarvan de nauwkeurigheid ca. 2 – 3 cm is in alle drie de richtingen (X,Y,Z).

Uitvoering van de vluchten en maken van opnamen.

Na het plaatsen van de grond controle punten, kan het maken van de luchtfoto's beginnen. De Microdrone MD4-1000 zal automatisch en autonoom langs alle vooraf gedefinieerde waypoints vliegen. Op elk waypoint wordt een luchtfoto gemaakt. Na elke vlucht wordt de kwaliteit van de foto's gecontroleerd, t.b.v. de verwerking ervan die volgt op kantoor.

Data inventariseren en sorteren.

Tijdens de vluchten worden honderden foto's genomen op vooraf gespecificeerde locaties (waypoints). Alle foto's en locaties van de camera (opgeslagen in de RPAS, inclusief hoek verdraaiingen) worden na afloop bij elkaar gezocht en gekoppeld. Alle bruikbare foto's worden geselecteerd.

Data verwerking

De camera lens wordt gekalibreerd middels een fotogrammetrie software pakket. Daarna worden alle foto's gecorrigeerd voor distorsie. Waar mogelijk wordt contrast vergroot en op slimme wijze een scherper beeld verkregen, wat voor meer detail in het uiteindelijke product zorgt.

Na deze stap wordt m.b.v. een ander fotogrammetrie software pakket gezocht naar overeenkomstige pixels in de verschillende foto's. Vanuit de overeenkomstige pixelparen wordt een puntenwolk gecreëerd van het in beeld gebrachte gebied. Deze puntenwolk wordt met de grond controle punten geoptimaliseerd en gerefereerd aan de wereldlijke coördinaten.

Hierna wordt de puntenwolk tot een aaneengesloten luchtfoto (orthophoto) gemaakt, op basis van wat er in de oorspronkelijke beelden aan textuur te zien is. De beelden kunnen bovendien gecorrigeerd worden voor kleurverschillen (bijvoorbeeld doordat het weer verandert op de dag). De resolutie van de uiteindelijke orthophoto is kleiner dan de individuele foto's (2.5-3 cm). Vanuit een data beheersingsoogpunt is dit overigens niet onwenselijk.

Daarnaast wordt een 3-D puntenwolk in LAS format (.las) uitgevoerd, waarmee met zelf ontwikkelde algoritmes een hoogtemodel wordt geconstrueerd, doorgaans op een grid met gridcellen van 10 x 10 cm² of groter. Tevens wordt dit hoogtemodel geclassificeerd om zandoppervlak en vegetatie van elkaar te kunnen onderscheiden.

Specificatie van de meetinstrumenten

Een overzicht van de gebruikte meetinstrumenten is gegeven in Tabel 2.

Tabel 2: Overzicht meetinstrumenten

Instrument	Merk	Type
GNSS	Leica Viva	GS10 / CS15 handheld
RPAS	Microdrone	MD4-1000
Camera	Sony	NEX-7
Lens	Sony	E 18-55mm f/3.5-5.6 OSS

Plaatsing grond controle punten

In dit gebied was plaatsing van de grond controle punten een grote uitdaging. Hiervoor zijn gedurende twee dagen markeringen aangebracht in het veld, zowel op de dijk als op het wad.



Figuur 3: Foto's van (de plaatsing van) grond controle punt op het wad.

Permanente grond controle punten (GCP's) zijn in het meetgebied aangebracht, om meetcampagnes in de toekomst zo efficiënt mogelijk te laten verlopen. Zoals te zien in de linker en rechter foto van Figuur 3 zijn de plaatjes iets boven het echte oppervlak van het wad geplaatst, om onmiddellijke begraving door fijn sediment te voorkomen.

Deze grond controle punten zijn ontworpen van duurzaam aluminium steiger materiaal en verzonken koppelstukken. Deze materiaal keuze zorgt voor de langst mogelijke levensduur zonder daarmee de natuur onnodig te belasten.

De constructie bestaat uit een GCP-paal (buis) met een lengte van 2 meter met daarop een vierkante vliegschijf met een duidelijk herkenbaar middelpunt, aangegeven door twee rode en twee witte vierkante vlakken van gelijke grootte. Vanwege de zeer zachte bodem in het meetgebied konden de ankerpalen relatief snel geplaatst worden. Het merendeel van de grondcontrole punten werd geplaatst vanaf de door Shore zelf ontwikkelde "Shallow Water Catamaran". Dit platform werd op het hooggelegen deel van het wad vanaf de dijk opgebouwd, zodat bij waterstanden boven 0.5m NAP het wad opgevaren kon worden.

Niet alle grond controle punten konden in een keer worden geplaatst, door het zeer korte tijdswindow met voldoende waterstand. Hiervoor is 3 maal uitgevaren met hoogwater. Foto(serie) 1 toont de verschillende stadia van de plaatsing van één van de GCP's op het wad tijdens hoogwater.

Tevens zijn twee laagwater periodes gebruikt om een aantal van de palen lopend over het wad te plaatsen. In totaal zijn 15 palen geplaatst.

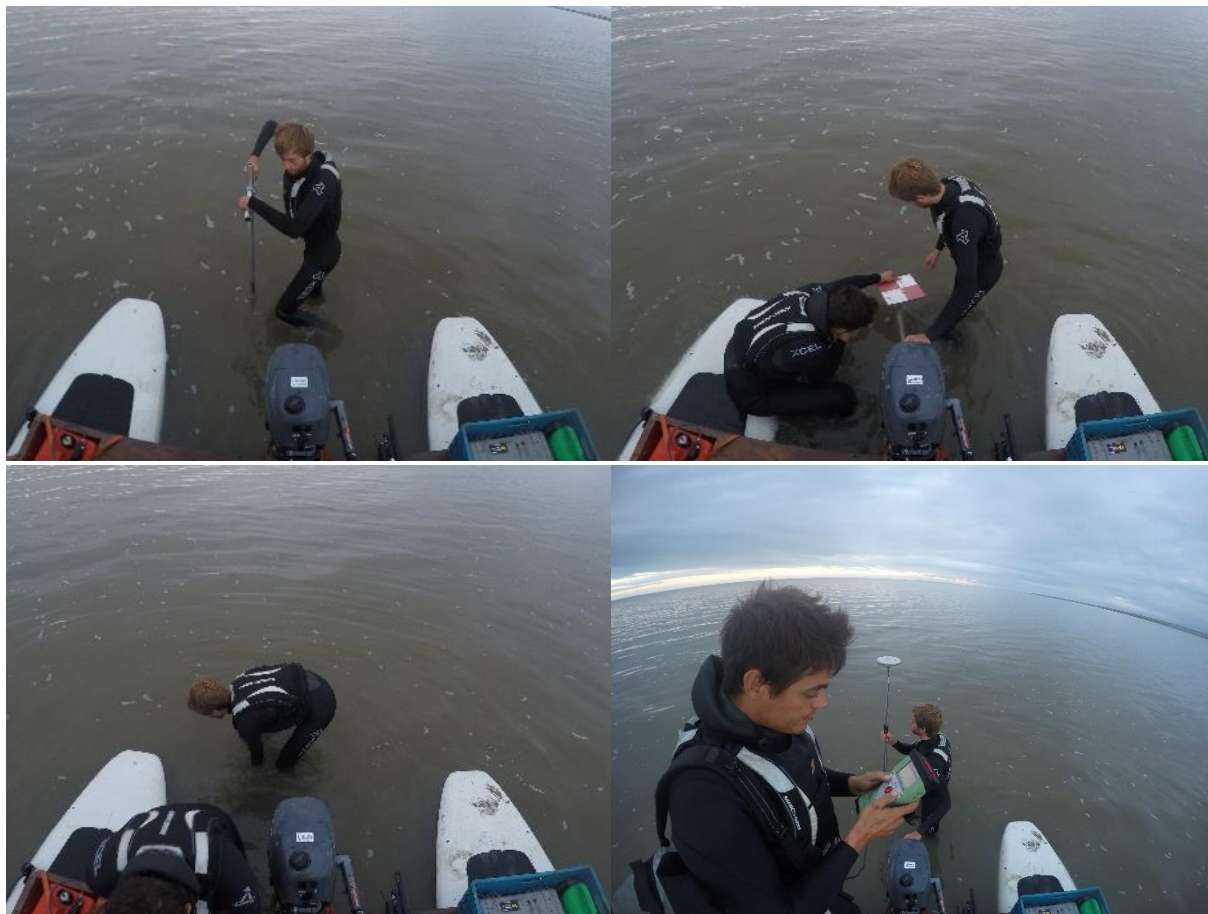


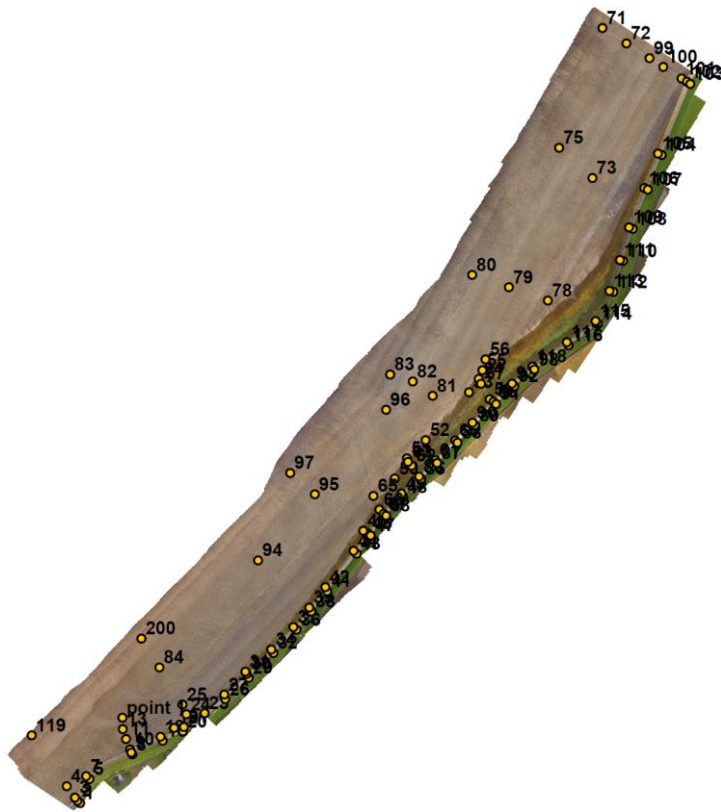
Foto 1: Van links boven naar rechts onder, plaatsing GCP-paal, montage vliegschijf, definitieve plaatsing en locatie inmeten middels RTK-GNSS.

Resultaten van de metingen

De resultaten van de metingen worden hieronder besproken.

Grond controle punten

In het gebied zijn 120 grond controle punten ingemeten (Figuur 4). Op het wad is de afstand tussen de grond controle punten groter dan langs de dijk, vanwege de bewerkelijkheid van de plaatsing van deze punten. Op de dijk, strekdammen en in de kwelder konden gemakkelijker grond controle punten worden gemaakt en ingemeten.



Figuur 4: Afbeelding met locaties van de ingemeten grond controle punten in het gebied.

Foto vluchten

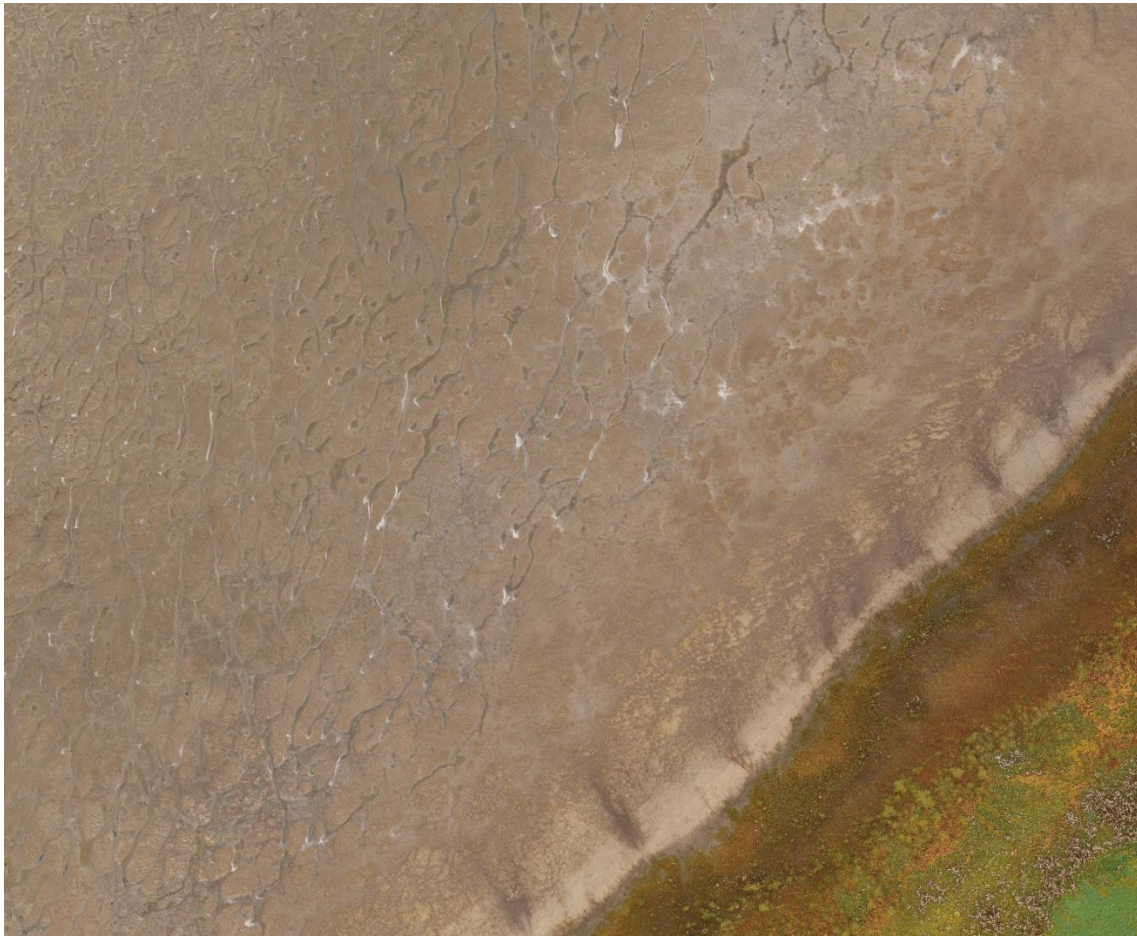
Op twee achtereenvolgende dagen is gevlogen met de MD4-1000, vanwege de getijdenafhankelijkheid van dit gebied en het weer. In totaal zijn ca. 2450 luchtfoto's gemaakt.

Het sterk wisselende weer op de twee vluchtdagen, i.c.m. het zeer lage contrast van het waddegebied en het gebruik van 'slechts' een 12 MP camera hebben voor een aantal uitdagingen en beperkingen gezorgd bij de uiteindelijk behaalde resultaten.

Orthophoto

Aangezien de luchtfoto's over de twee dagen met sterk verschillende belichting zijn genomen levert de standaard aanpak voor een samengestelde orthophoto een beeld met grote kleurverschillen. Om deze kunstmatige vlakverdeling in de orthophoto te verwijderen is een extra bewerkingsstap toegevoegd waarin in de belichting van de foto's wordt aangepast teneinde aangrenzende delen van het wad een gelijke kleurstelling te geven. Na deze intensieve bewerking is de orthophoto van de luchtfoto's zeer fraai geworden. Figuur 5 toont een detail van de orthophoto waarin de aansluiting

van het wad met de vegetatie te zien is. Figuur 6 toont de gehele orthophoto inclusief de dijk. De orthophoto heeft een maximale resolutie van 2.6 cm/pixel.



Figuur 5: Detail uit de Orthophoto

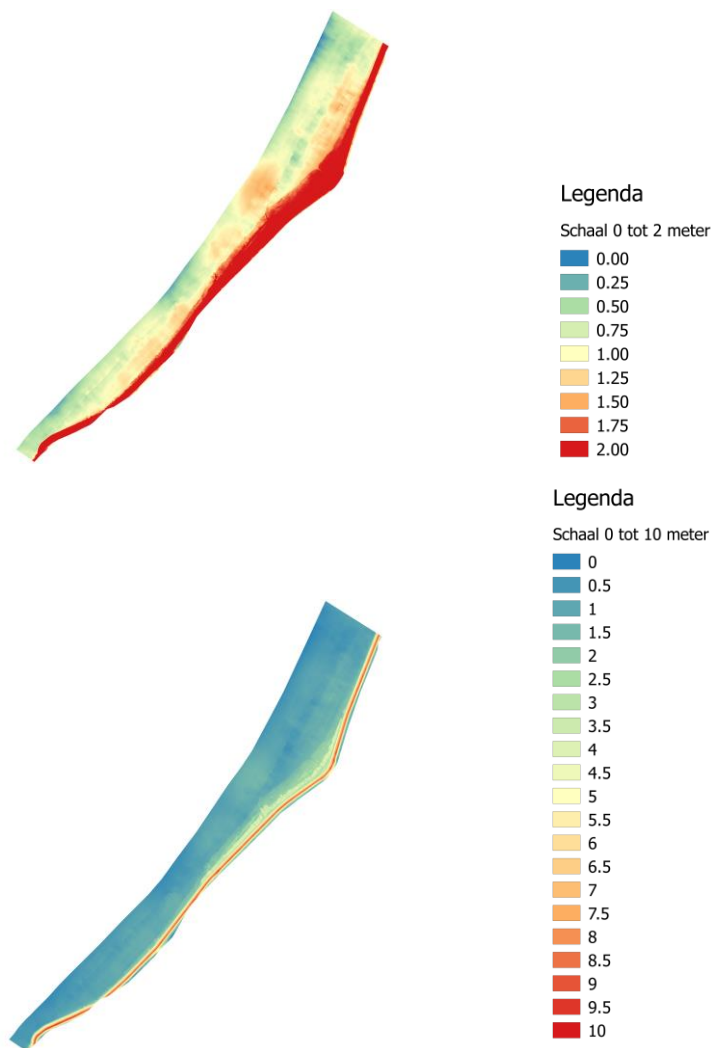


Figuur 6: Orthophoto van het gehele gebied.

Hoogtemodel

Bij de constructie van het hoogtemodel worden gelijksoortige elementen gezocht in de 2450 foto's waarna door triangulatie de hoogteligging kan worden gereconstrueerd. In de verwerking is gebleken dat het lage contrast van het waddegebied en het sterk wisselende weer (dichte bewolking versus felle zon) een goede reconstructie verhinderen. Verscheidene methodes zijn toegepast om een eventuele verbetering te bewerkstelligen, maar langs de (slibbige) buitenrand van het gebied zijn hoogtevariëaties van 2 m te zien in het resultaat (welke niet in werkelijkheid voorkomen). Voorafgaand aan de metingen is aangegeven dat deze mogelijkheid zou bestaan. Deze delen zijn verwijderd uit de puntenwolk en het hoogtemodel.

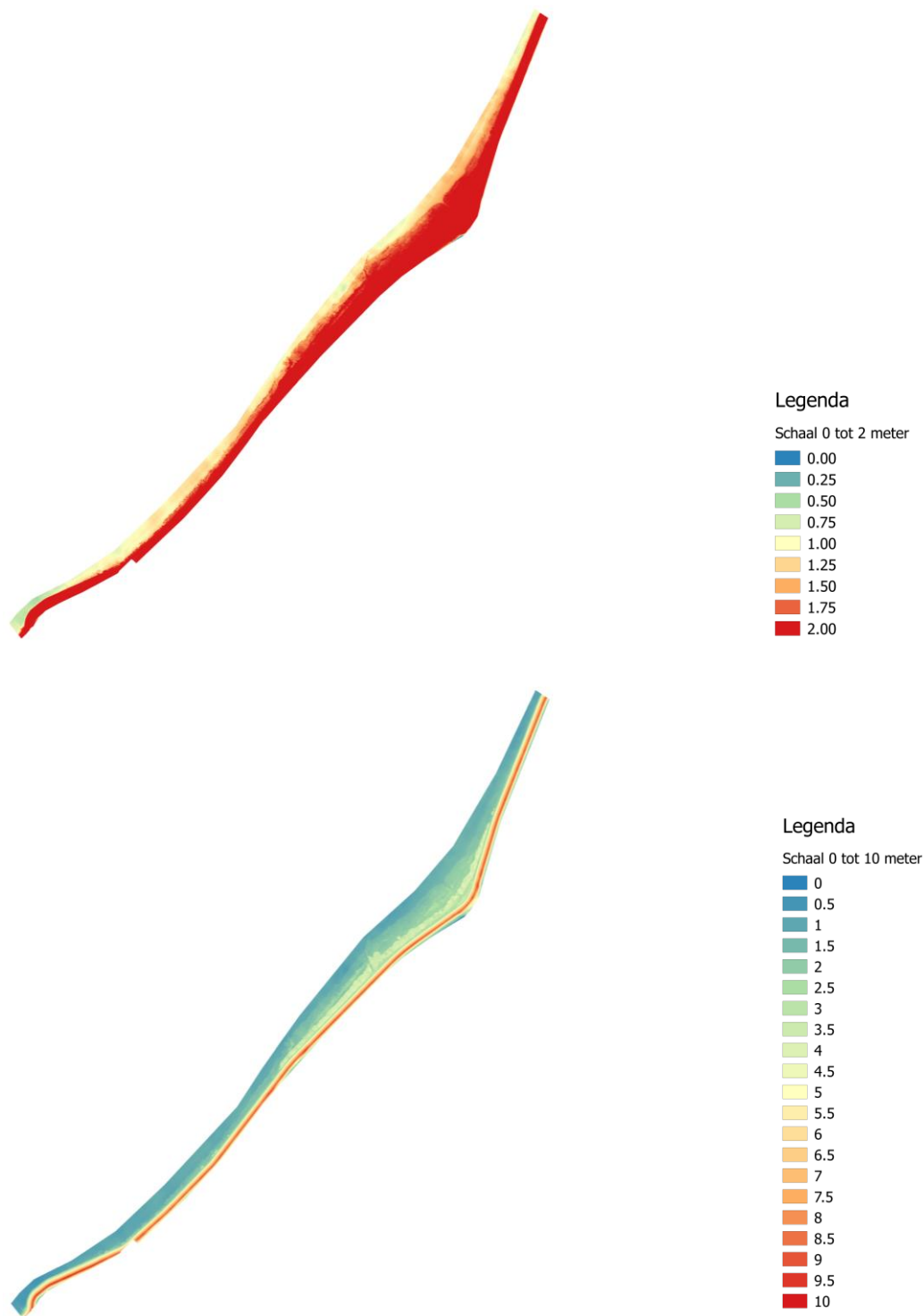
Het resterende hoogtemodel van het wad, de kwelder en de dijk toont op het wad ook hoogtevariëaties van ca. 1 m die in werkelijkheid niet voorkomen (Figuur 7).



Figuur 7 Geconstrueerde hoogtemodel van een deel van het wad, de kwelder en de dijk. Kleurschalen in m t.o.v. NAP. Twee verschillende kleurschalen i.v.m. detail hoogte variaties. N.B.: de hoogteverschillen op het wad zijn in werkelijkheid niet aanwezig.

De waarneembare hoogtevariaties in Figuur 7, komen ook hier in werkelijkheid niet voor. Daarom is uiteindelijk een hoogtemodel van alleen de directe omgeving van de kwelder opgeleverd. Hier is voldoende contrast in het gebied aanwezig om de hoogteligging realistisch te kunnen reconstrueren.

Figuur 8 toont het hoogtemodel dat is opgeleverd.



Figuur 8 Geconstrueerde hoogtemodel voor de delen met hoog contrast, direct grenzend aan de kwelder en dijk. Kleurschalen in m t.o.v. NAP. Twee verschillende kleurschalen i.v.m. detail hoogte variaties.

Opmerkingen en observaties uit het veld

1. In het meetgebied is het basisstation opgesteld boven het referentiepunt dat op de Testdag in augustus is gecreëerd. Voor consistentie wordt bij elke meting het basisstation boven die referentie punt gezet.



Foto 2: RTK basisstation opgesteld boven referentiepunt.

2. Het plaatsen van de grond controle punten op het wad met de Shallow Water Catamaran ging voorspoedig.
Tevens ging het bewandelen van het wad tijdens laagwater met wetsuits en riflaarsjes goed.
N.B. dit geldt alleen voor het gebied vóór de duidelijk begroeide kwelder. Westelijk van de begroeide kwelder is niet gelopen.

Geleverde dataproducten

Bij deze veldrapportage zijn de volgende bestanden bijgeleverd

- DTM in RD NAP
 - 4 .asc grids met 20x20 cm resolutie, die samen de gehele strook langs de dijk vormen (exclusief wad).
 - Naam: KoehoalDTM_20x20_1(tm4).asc
- Matfiles
 - 4 .mat files met daarin een structure met de volgende velden:
 - grid (20x20cm gridcellen):
 - .grid.x (m RD)
 - .grid.y (m RD)
 - .grid.z (m NAP)
 - .grid.RGB
 - .grid.stdev (standaarddeviatie van gemiddelde z-waarde per grid cell van 20x20 cm (als mate van ruwheid van het terrein)
 - Input
 - Edgelenlength (grid cell grootte)

- Bron puntenwolk
- Orthophotos in RD
 - 1 hoge resolutie orthophoto van het gehele ingemeten gebied
 - Naam: Koehoal_Orthophoto10cm_final.tif (ca. 5.5GB)
 - 1 gecomprimeerde orthophoto van het gehele ingemeten gebied
 - Naam: Koehoal_Orthophoto10cm_final_jpegcompressed100.tif (ca. 750MB)
- RGB Puntenwolken in RD NAP, als basis voor bovenstaande producten, opgedeeld in:
 - Kwelder (4 delen)
 - Naam: KoehoalDenseFinal20151123_1(t/m4).las
 - Wad (6 delen)
 - Naam: KoehoalDenseFinal20151123-wad_1(t/m6).las