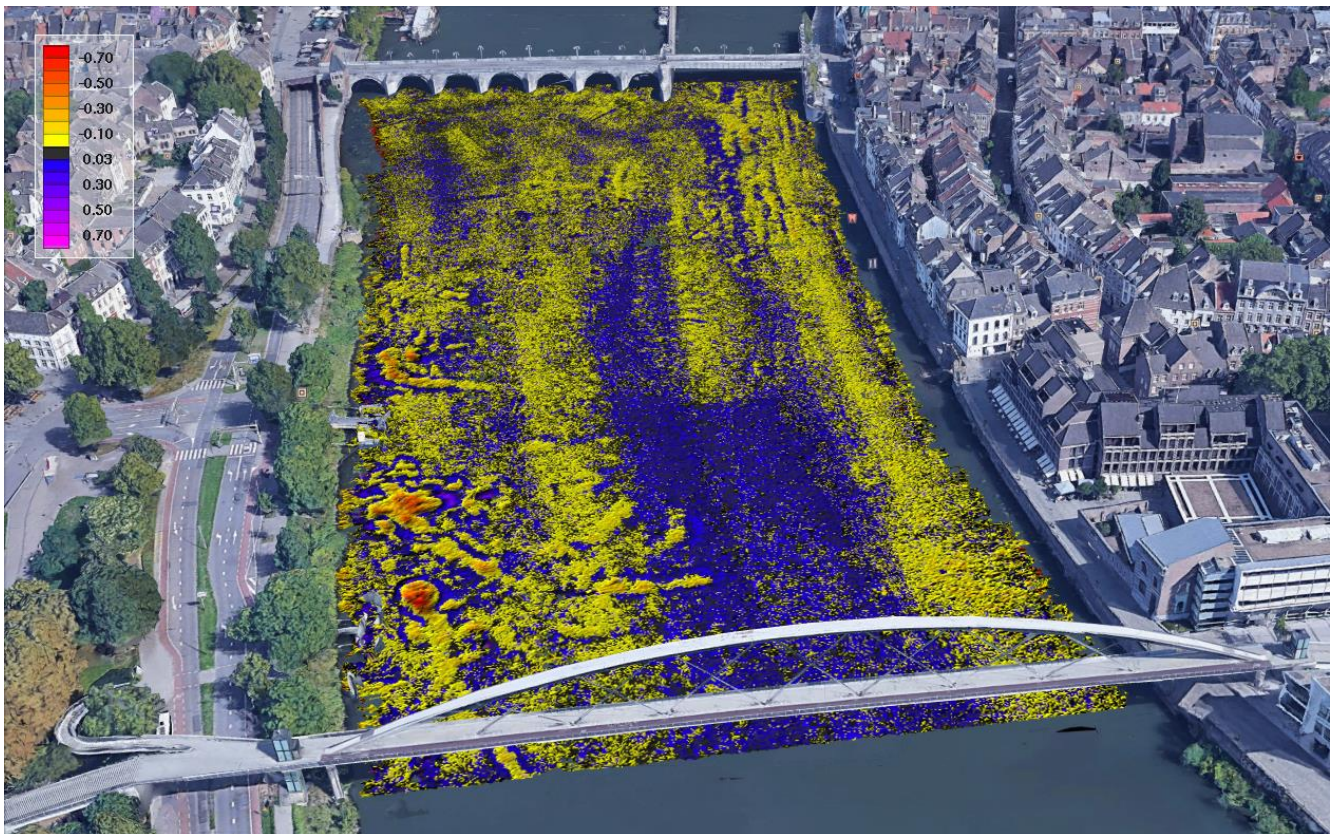




<b>Projectnaam:</b>	<b>Pons-Mosae-Multibeam</b>
<b>Locatie:</b>	<b>Maas bij Maastricht</b>
<b>Periode:</b>	<b>26 augustus 2017</b>
<b>Gemeente</b>	<b>Maastricht</b>
<b>Werkgebied:</b>	<b>Tussen de Sint Servaesbrug en de Hoge brug</b>
<b>Coördinaten:</b>	Topokaart 69W Centraal coördinaten: XRD 176749.5 m YRD 317645.5 m
<b>Auteur:</b>	<b>Peter Seinen</b>
<b>Rapportnaam:</b>	<b>MiM-Rapport-Bodemerosie-Maas-Maastricht-2018-25</b>
<b>Rapportdatum:</b>	<b>29-3-2018</b>

## Analyse van Multibeam metingen Rijkswaterstaat 2014- 2017

Afbeelding 1 Een oblique weergave van de verschilmeting tussen 2014 en 2017 Sint Servaesbrug en de Hoge brug, op basis van de jaarlijkse Multibeam metingen van Rijkswaterstaat tussen 2014 en 2017.



Afbeelding Aleh Paskrakou, KMZ (Google Earth) weergave van het Digital Terrain Model.

# Inhoudsopgave

<b>Samenvatting</b>	<b>3</b>
<b>1. Inleiding</b>	<b>3</b>
<b>2. Uitwerking multibeam data Rijkswaterstaat</b>	<b>4</b>
<b>3. Resultaten en discussie</b>	<b>4</b>
<b>4. Conclusies</b>	<b>6</b>
<b>5. Aanbevelingen</b>	<b>6</b>
<b>Literatuurlijst</b>	<b>15</b>
<b>Referenties</b>	<b>15</b>

## **Verzendlijst:**

### **Mergor in Mosam:**

Bestuur: Joost van den Besselaar, Noud Cornelissen, Marc Pennings, Martien Verrijt

Contactgroep: Diana Derks, Eric van Hoof, Wilco van Lanen, Rob en Brigitte Maassen, Mans Naber

### **Rijkswaterstaat:**

Carla Beaulen-Baltussen, Janneke Bos, Hans Brinkhof, Math Lemmens,

### **LWAOW / AWN:**

Aleh Paskrakou, Bas Verbeek

## Samenvatting

In het kader van het jaarlijks onderzoek door leden van de stichting Mergor in Mosam (onderwater-archeologische projecten) naar de staat van de Romeinse brugresten in de Maas bij Maastricht, stelde Rijkswaterstaat de data van sonar-multibeam metingen over de jaren 2014 tot en met 2017 beschikbaar. Deze data (van het gebied tussen de Sint Servaesbrug en de Hoge brug) geeft informatie over de evolutie van het bodemprofiel van de rivier met het daarop aanwezig archeologisch monument.

De data werd met behulp van twee verschillende software programma's verwerkt die vergelijkbare resultaten gaven.

De meetdata, met rastergrootte van 0.10 x 0.10 m<sup>2</sup> werd verwerkt tot een 3D model dat een detailrijk beeld van het bodemprofiel geeft. Het archeologisch monument en de oostelijke en westelijke stroomgeulen zijn goed te herkennen. Toekomstige metingen met nog hogere resolutie gaan waarschijnlijk herkenbare structuren opleveren.

De analyse van de verschillenmetingen tussen 2014 en 2017 lijken kleine maar significante veranderingen weer te geven:

- De bodem is door depositie globaal verhoogd met gemiddeld 0.1 m.
- Lokaal treedt een sterkere verhoging of verlaging op:
  - Een rechthoekige strook in de vaargeul vertoont een verlaging tussen 0.0 en 0.1 m, mogelijk het gevolg van een baggeractie.
  - Het talud van de westoever (buitenbocht) en de oostoever (binnenbocht) vertonen respectievelijk een verlaging en verhoging tussen 0.1 en 0.3 m
  - De westelijke stroomgeul vertoont duidelijk dichtslibbing tussen 0.1 en 0.3 m
  - Hoogtes in het profiel, zoals het archeologisch monument en de gebieden vlak voor de brugpijlers van de Sint Servaesbrug vertonen duidelijk erosie tussen 0.1 en 0.3 m.

Aanbevolen wordt om deze meting en analyse jaarlijks uit te voeren en met terugwerkende kracht de veranderingen vanaf 1998 te analyseren, ten einde een wat meer lange termijn beeld van veranderingen van het bodemprofiel te verkrijgen.

## 1. Inleiding

Verkenningen door de Stichting Mergor in Mosam<sup>1</sup> binnen het gebied van de Romeinse brugresten in de Maas bij Maastricht gaan al terug tot 1998<sup>2</sup>. Na een hierop volgend grootschalig archeologisch onderzoek in 2000<sup>3</sup>, bleef het tot 2012 stil boven het gebied.

In samenwerking met Gilbert Soeters<sup>4</sup> en Hans Brinkhof<sup>5</sup> worden door de Stichting Mergor in Mosam sinds 2012 weer jaarlijks verkenningen uitgevoerd. Het doel van de verkenningen is het vastleggen van mogelijke degradatie van de brugresten die nu dagzomen en het ontdekken van mogelijk vrijgekomen structuren.

Een belangrijk hulpmiddel voor het beoordelen van de degradatie op langere termijn zou het jaarlijks meten en vergelijken van het bodemprofiel zijn.

In het MiM-rapport van 2013<sup>6</sup> wordt een eerste beoordeling van de erosie van de rivierbodembodem gemaakt, op basis van de vergelijking van een multibeam opname uit 2008 alsmede van de vergelijking van multibeam opnames uit 1998 en 2011. Het betreft hier door anderen reeds verwerkte gegevens, waarvan slechts een plaatje van verschillenmetingen beschikbaar was. De ruwe data was toen niet beschikbaar. Uit de plaatjes van de verschillenmetingen bleek echter duidelijk een voortschrijdende erosie.

Na bemiddeling van Hans Brinkhof kwamen nieuwe multibeam (ruwe) data van metingen uit de jaren 2014 tot en met 2017 ter beschikking. Dit stelde ons in staat om naast verticale projecties ook 3D representaties<sup>7</sup> te maken. Naast gegevens over het archeologisch monument<sup>8</sup> bieden de gegevens

nog meer informatie die voor Rijkswaterstaat relevant kan zijn. Daarom werd besloten een apart wat uitgebreider rapport samen te stellen.

## **2. Uitwerking multibeam-data Rijkswaterstaat**

Van Carla Beaulen-Baltussen<sup>9</sup> werden 8 gerasterde txt-files met X-RD / Y-RD / +NAP voor de jaren 2014 tot 2017 met een lage ( $0.25 \times 0.25 \text{ m}^2$ ) en hoge dichtheid ( $0.10 \times 0.10 \text{ m}^2$ ) ontvangen. De meeste informatie levert de hoge data-dichtheid, maar voor het geval deze datamassa de rekenkracht zouden overstijgen, werden ook files met lagere data-dichtheid aangeleverd. De hoge data-dichtheid bleek echter goed te verwerken.

Voor de uitwerking boden Bas Verbeek<sup>10</sup> en Aleh Paskrakou zich belangeloos aan.

Ruwe meetdata van multibeam-metingen bestaat uit een onregelmatige puntenwolk. Het is niet mogelijk om bij een meting in het veld een regelmatig raster met gelijke stapjes in X-RD en Y-RD en NAP te verkrijgen. Schommelbewegingen van het schip waarop de meetapparatuur gemonteerd is, maakt dat onmogelijk en de diepte is sowieso variabel. Rastering van de data is nodig voor verdere verwerking van de data, zoals filtering of berekenen van verschildata.

De door RWS aangeleverde gerasterde txt-files waren echter niet geschikt voor directe verwerking in het programma (Voxler ®) waarmee het 3D model en de representaties werden gemaakt. Met behulp van Surfer ® werden de txt-files omgezet in Voxler ® grd-files. In Surfer ® werd een rechthoekig genummerd raster (van 0 tot  $2405 \times 3720$ ) gedefinieerd waar alle meetfiles ruim inpassen. Voor alle metingen (2014- 2017) werd een rasterdichtheid van  $0.10 \times 0.10 \text{ m}^2$  gekozen. Deze rasters vormden de basis van de onderlinge verschildmetingen tussen de jaren.

De grd-files werden in Voxler ® gefilterd (Average Rectangular met Kernel size 3) en omgezet tot een 3D model waarmee oppervlakte contouren (HeightField) gemaakt werden. Voor een zo vriendelijk mogelijke weergave werd gekozen voor het kleurenschema (ChromaDepth, met 6 kleuren niveaus magenta-rood-geel-groen-cyaan-blauw) dat de gemeten diepteverschillen in 6 delen verdeeld. Het HeightField vrij-rooteerbare 3D-model kan met Voxler ® onder alle mogelijke hoeken en vergrotingen op het scherm weergegeven worden. Voor het rapport werden hiervan zowel orthogonale projecties als oblique representaties gemaakt, die elkaar qua informatiewaarde goed aanvullen. Hierdoor kan een zeer goed beeld van het bodemprofiel alsmede van objecten op de bodem verkregen worden.

Aleh heeft voor zijn uitwerking van de data een zogenaamd Digital Terrain Model gemaakt. De basis werd gevormd door een raster van  $0.30 \times 0.30 \text{ m}^2$ . Dit model beperkt zich tot orthogonale projecties.

Hoewel de bodemprofielen ten opzichte van een “vast” GPS systeem gemeten zijn, kunnen er altijd systematische meetfouten voorkomen die de interpretatie kunnen beïnvloeden

## **3. Resultaten en discussie**

Afbeeldingen 2 tot en met 5 laten de geogerefererde orthogonale projecties van de multibeam metingen voor respectievelijk 2014 tot en met 2017 zien, berekend door Bas. De afbeeldingen met a zijn gebaseerd op het volledige (NAP) bereik van de multibeam meting, terwijl de afbeeldingen b zijn gebaseerd op een beperkt bereik van 4 m. Met het bereik van 4 m wordt toch meer dan 95% van het gemeten bodemoppervlak ingevangen en geeft een veel gedetailleerder beeld van het bodemprofiel. Zo op het oog zijn er praktisch geen verschillen tussen de metingen uit 2014 en 2017. Deze verschillen worden in de volgende alinea besproken. De bodemprofielen laten veel interessante fenomenen zien. Goed zichtbaar zijn de hoofdstroomgeul (donkerblauw en lichtblauw) die zich voor de Sint Servaesbrug splitst in een westelijk stroompje en een oostelijke hoofdstroom (de vaargeul). De hoofdstroomgeul stuit vanuit het zuiden op het archeologische monument, dat te zien is als een groene dam met een viertal regelmatig geplaatste gele bultjes. De groene dam werd in het verleden toen deze bij laagwater in de Maas nog zichtbaar werd, daadwerkelijk “de dam” genoemd<sup>11</sup>. Deze dam liep voor het uitdiepen

van de vaargeul (1923 en 1963) nog een stuk verder in oostelijke richting. Het westelijke stroompje moet zich, waar het zich afsplitst van de zuidelijke vaargeul, door een nauwe opening wringen. Dat is geen toeval: deze opening wordt geflankeerd door archeologische obstructies, met in het zuidwesten “de dam” en het noordoosten een gebied met grote (ordegrootte meter) bewerkte natuursteen blokken. Deze massa steenblokken was er de oorzaak van dat het uitdiepen van de vaargeul (1963) in deze richting werd gestaakt. Mogelijk vindt de diepte (donkerblauw) ten noorden van “de dam” en ten westen van de massa steenblokken haar oorsprong in deze baggeractie.

Afbeelding 6a en b laten een scherpende (oblique) weergave van het bodemprofiel zien, op basis van het 3D model. De verhouding tussen de afmetingen van het horizontale vlak en de hoogte (of diepte) is niet de werkelijke, maar is gekozen ten behoeve van het kijkgemak: de hoogte is wat opgerekt. Deze weergave laat zien hoe detailrijk de informatie is. Naast het archeologisch monument worden diverse structuren met regelmatige (en dus waarschijnlijk antropogene) structuren zichtbaar. Reeds intrigerend is de bootvormige structuur die vooraan te zien is.

Afbeelding 7 laat een vergroting van Afbeelding 6b, met het archeologisch monument zien. Hier is nog eens duidelijk te zien hoe de westelijke stroompje tussen de archeologische resten wringt. Op de toppen van de bultjes op de dam beginnen zich details af te tekenen. De resolutie van het 0.10 x 0.10 m<sup>2</sup> raster is net onvoldoende om de funderingspalen, de steenblokken en het eikenhouten balkenframe scherp in beeld te krijgen. De volgende generatie multibeam apparatuur met tilt-compensatie, die hopelijk een nog hogere resolutie gaat geven, zal dan een doorbraak in het monitoren van archeologie op de rivierbodem betekenen.

Afbeelding 8 laat de geogerefererde orthogonale projectie van het verschil (erosie en depositie) tussen de metingen uit 2014 en 2017 zien. Een positieve waarde duidt erosie aan en een negatieve waarde duidt depositie aan. De afbeeldingen met a en b zijn weer gebaseerd op het volledige bereik en een beperking van het bereik tot 0.6 m. Ook in dit geval beslaat het beperkte bereik meer dan 95% van het bodemoppervlak. In Afbeelding 8b zijn de geelgekleurde en roodgekleurde gebieden dus aan erosie onderhevig en vertonen de blauwgekleurde en groengekleurde gebieden depositie. De onderlinge verschillen tussen de metingen uit alle overige jaargangen voegen geen informatie toe en worden niet weergegeven. Ook de verschilprofielen laten interessante feiten zien. De grootste veranderingen vinden plaats langs de oevers en op de toppen van ondieptes (zoals de bultjes op “de dam” en de aanzet van de pijlers van de Sint Servaesbrug). Zoals verwacht laat de westelijke buitenbocht erosie en de oostelijke binnenbocht depositie zien. Opmerkelijk is ook dat de westelijke stroomgeul dichtslibt (en hierdoor prachtig lichtblauw aftekent). Ook opmerkelijk is het dichtslibben van de dieptes net ten zuiden van de bultjes van “de dam”. Deze dieptes worden waarschijnlijk veroorzaakt door wervelingen als gevolg van de richtingsverandering van de stroom dam-opwaarts. Waarom ze dichtslibben is onbekend. Een andere bijzonderheid is de rechthoekige (geelgekleurde) structuur, mogelijk veroorzaakt door baggeractiviteiten ergens tussen 2014 en 2017, waardoor dit gebied relatief diep is gebleven ten opzichte van de overwegend dichtslibbende (groengekleurde) rivierbodem. Een meetartefact kan echter niet worden uitgesloten.

Afbeeldingen 9- 13 laten de loodrechte projecties zien, zoals berekend door Aleh. Behoudens een andere keuze voor rasterdichtheid, bereik van gemeten dieptes en kleurstelling, leidt de informatie van Aleh tot dezelfde conclusies. Verschillende dataprocessing geeft dus hetzelfde resultaat. Geruststellend om te weten.

### **Samenvattend:**

Tussen 2014 en 2017 is de rivierbodem tussen de Sint Servaesbrug en de Hoge brug gemiddeld circa 0.1 m hoger komen te liggen. Ogenschoonlijk is (mogelijk door tussentijds baggeren) een rechthoekige strook circa 0.1 m lager komen te liggen. Ook de oevers wijken van het gemiddelde af: de oostelijke en

westelijke oevers zijn respectievelijk tussen circa 0.2 en 0.3 m hoger en lager komen te liggen. Ook gebieden die boven de rivierbodem uitsteken wijken hiervan af: het archeologisch monument erodeert gemiddeld tussen circa 0.1 en 0.2 m, evenals de gebieden voor de pijlers van de Sint Servaesbrug.

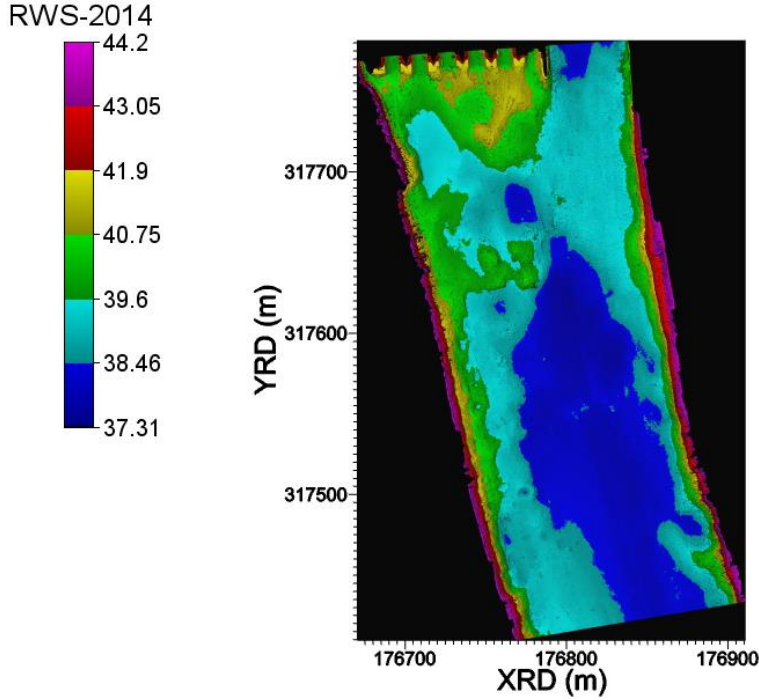
#### **4. Conclusies**

- De uitwerking van de RWS-Multibeam profielmetingen laten verrassend veel detail van het bodemprofiel zien. De westelijke en oostelijke geulen en het archeologisch monument zijn goed te herkennen.
- Veranderingen in het bodemprofiel lijken zowel erosie als depositie te behelzen:
  - Door depositie is de rivierbodem gemiddeld circa 0.1 m hoger komen te liggen. Een rechthoekige strook die juist 0.1 m lager is komen te liggen getuigt mogelijk van een baggeractie.
  - De oevertaluds wijken af van het gemiddelde: de westelijke buitenbocht en de oostelijke binnenbocht vertonen respectievelijk een verlaging en verhoging van 0.1 en 0.3 m. Ook de westelijke geul vertoont een verhoging tussen 0.1 en 0.3 m (slibt dicht).
  - Specifieke plaatsen, zoals het archeologisch monument “de dam” en plaatsen net ten zuiden van de pijlers van de Sint Servaesbrug vertonen een verlaging tussen 0.1 en 0.3 m.

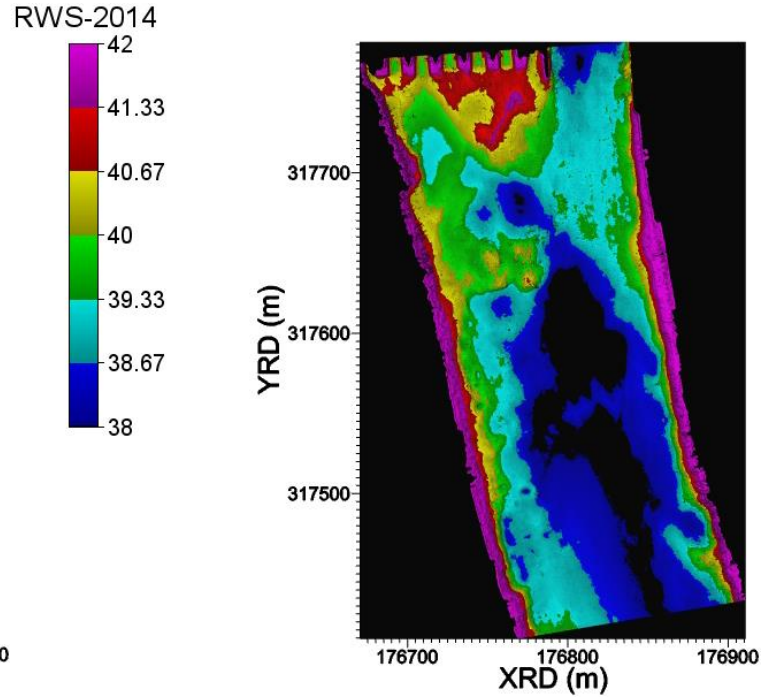
#### **5. Aanbevelingen voor vervolgonderzoek**

- Het volgen van de bodemerosie op basis van de jaarlijkse RWS-Multibeam bodemprofielmetingen (met resolutie van 0.10 x 0.10 m<sup>2</sup>).
- Het uitwerken van profielmetingen van voor 2014, ten einde de bodemerosie over een langere termijn te kunnen beoordelen.

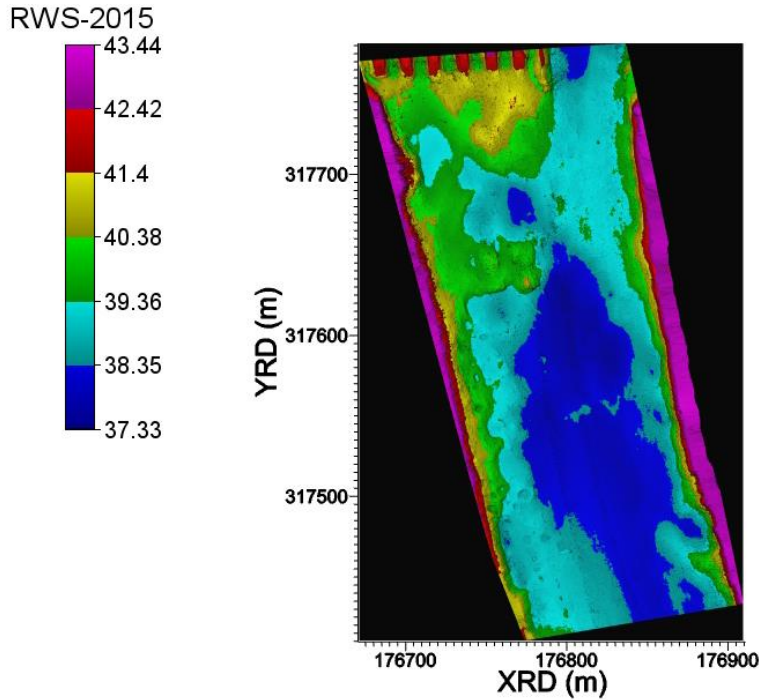
**Afbeelding 2a** Multibeam meting uit 2014.  
Loodrechte projectie tussen  
maximale grenzen.



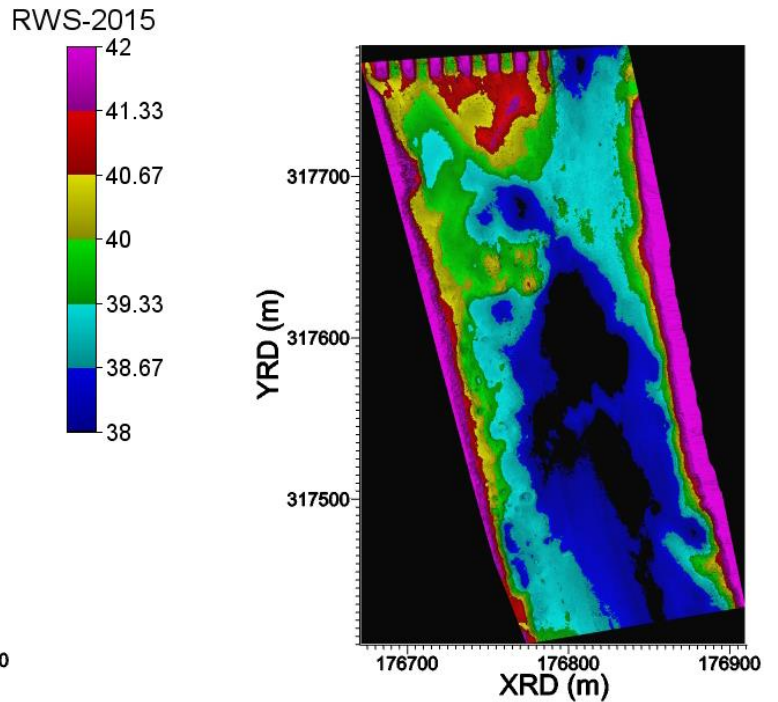
**Afbeelding 2b** Als Afbeelding 2a, met beperkte  
grenzen tussen 38 en 42 m +NAP.



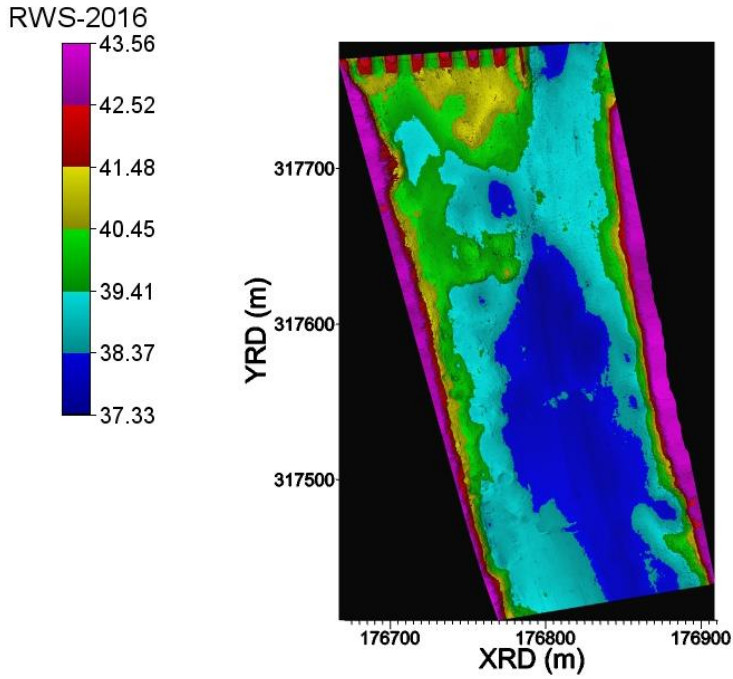
**Afbeelding 3a** Multibeam meting uit 2015.  
Loodrechte projectie tussen  
maximale grenzen.



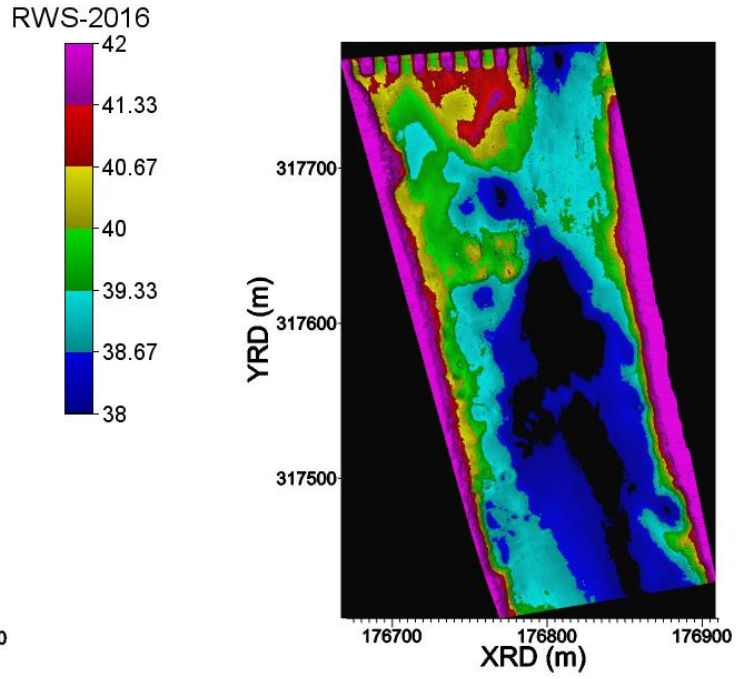
**Afbeelding 3b** Als Afbeelding 3a, met beperkte  
grenzen tussen 38 en 42 m +NAP.



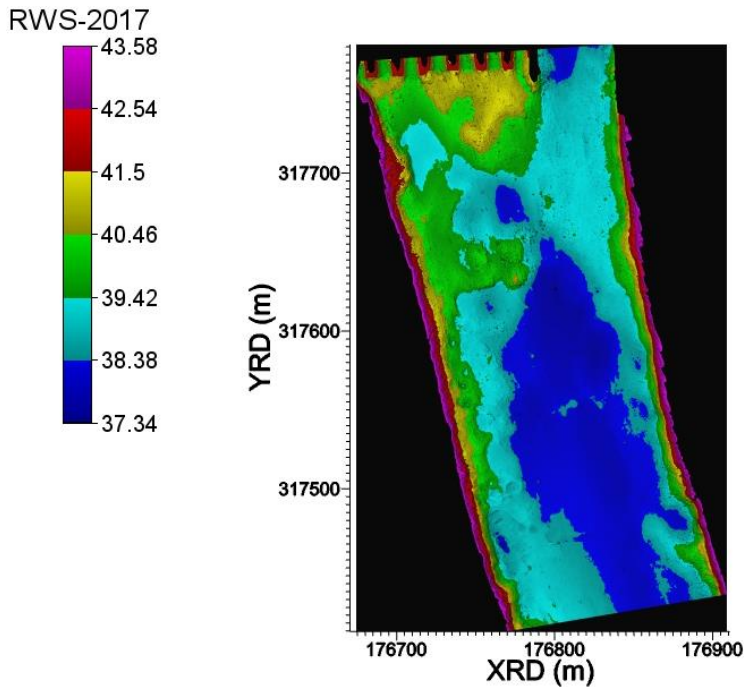
**Afbeelding 4a** Multibeam meting uit 2016.  
Loodrechte projectie tussen  
maximale grenzen.



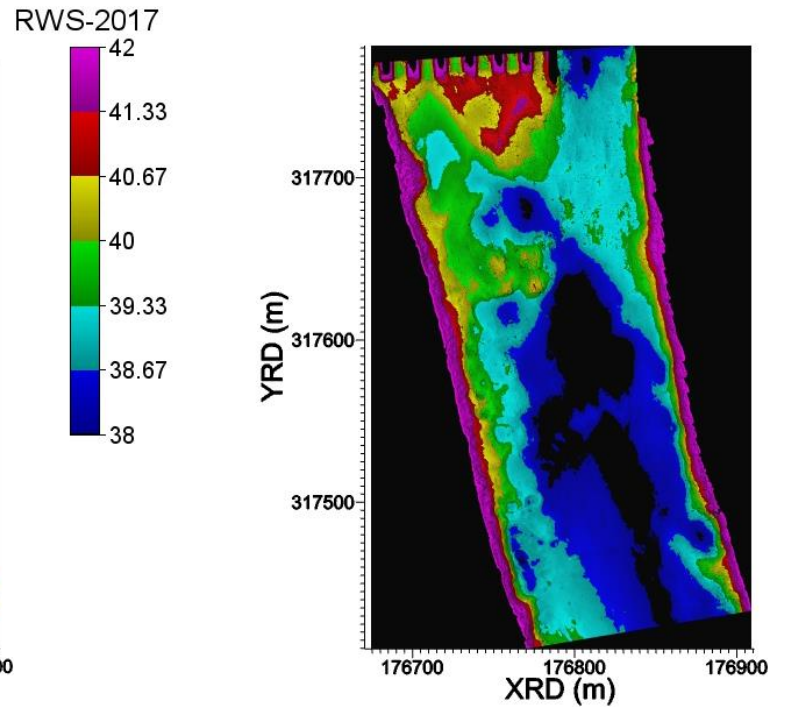
**Afbeelding 4b** Als Afbeelding 4a, met beperkte  
grenzen tussen 38 en 42 m +NAP.



**Afbeelding 5a** Multibeam meting uit 2017.  
Loodrechte projectie tussen  
maximale grenzen.

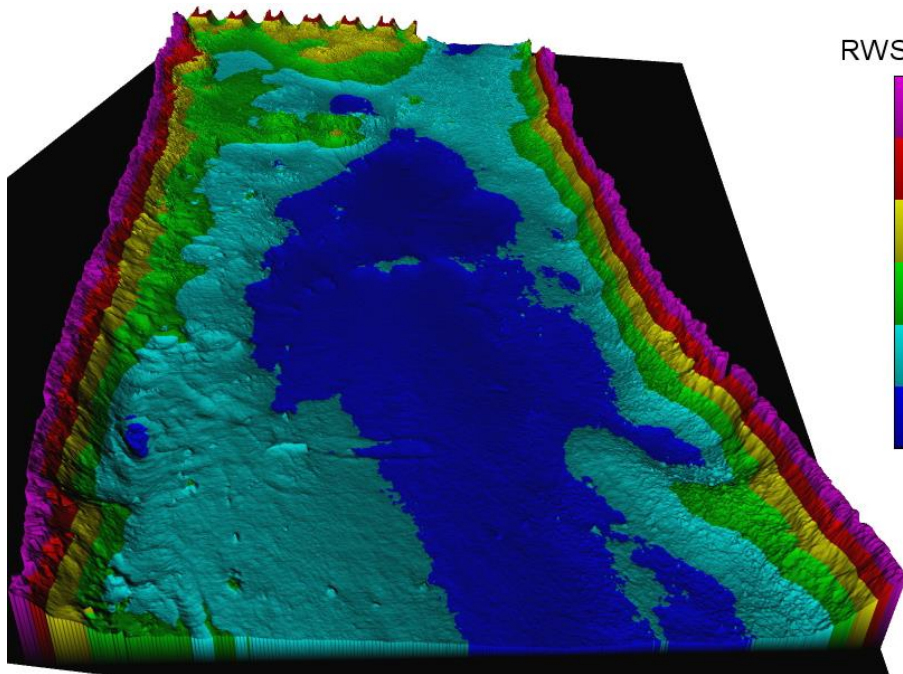


**Afbeelding 5b** Als Afbeelding 5a, met beperkte  
grenzen tussen 38 en 42 m +NAP.

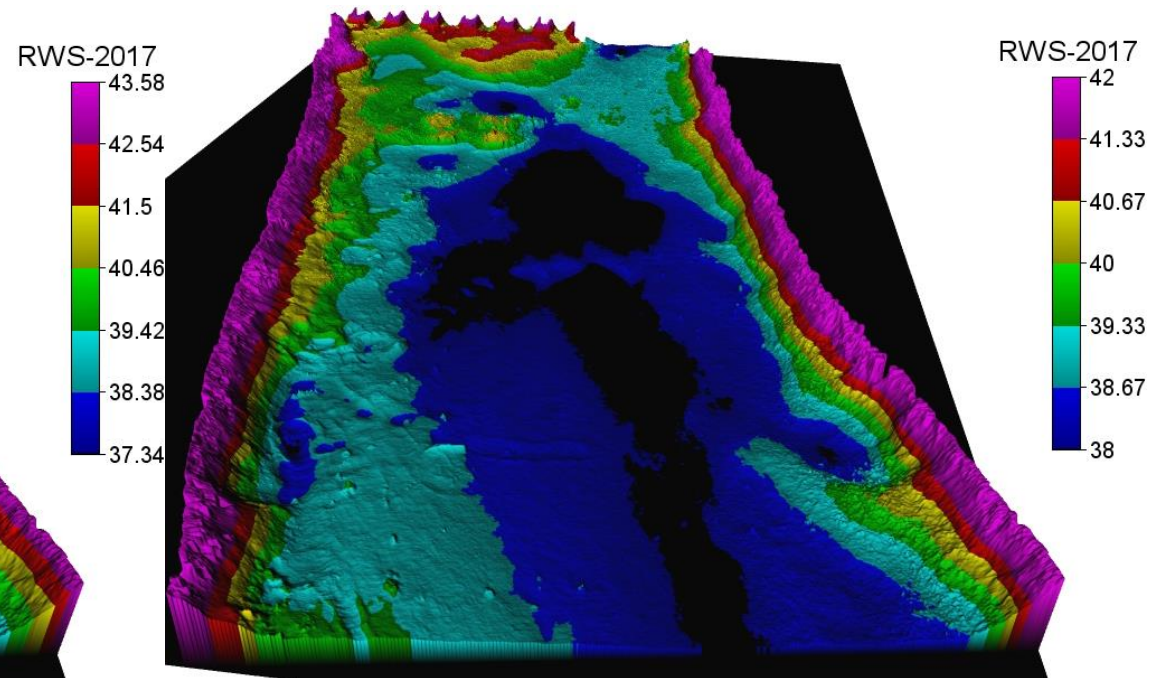




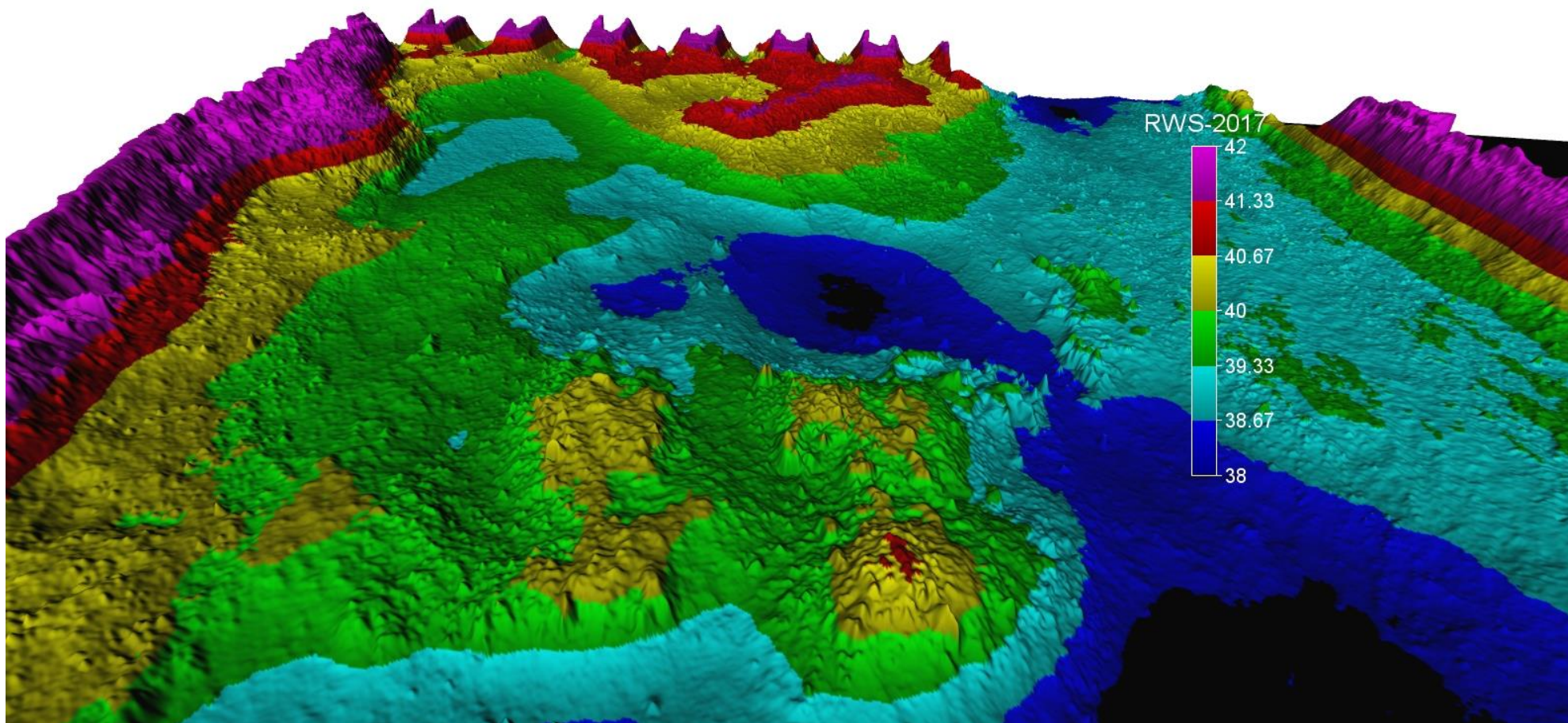
**Afbeelding 6a Multibeam meting uit 2017.  
Oblique weergave tussen maximale grenzen.**



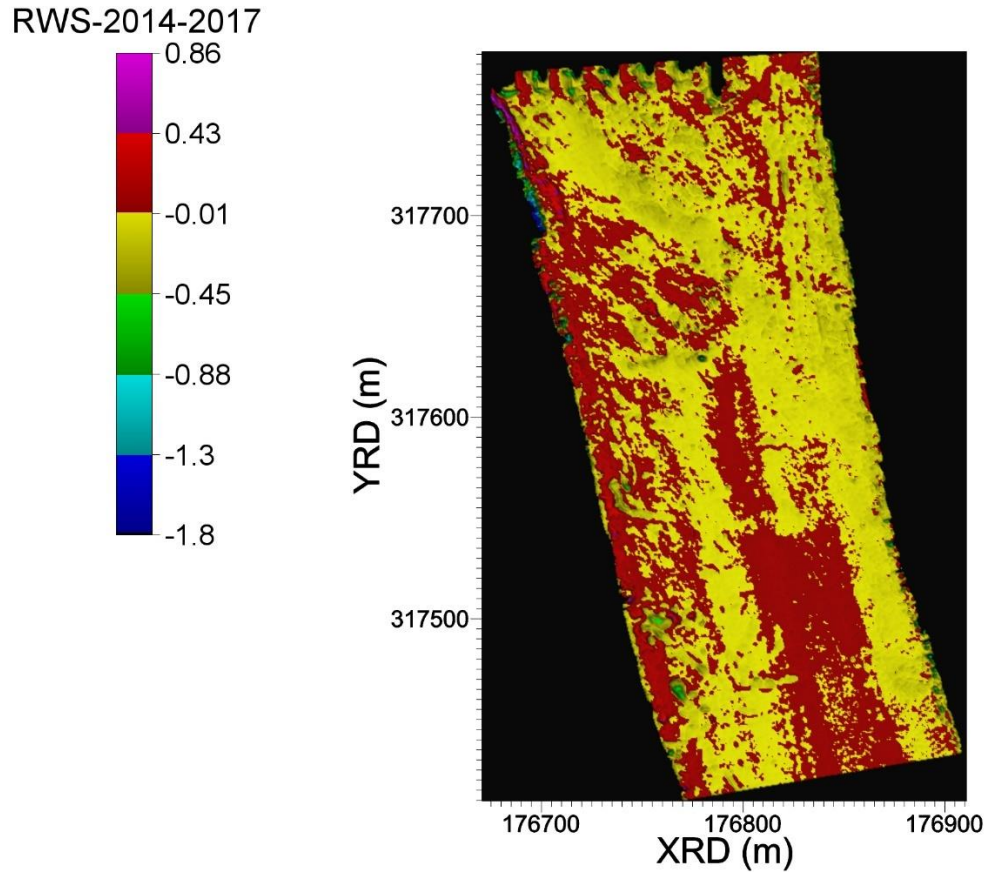
**Afbeelding 6b Als Afbeelding 6a, met grenzen tussen 38 en 42 m +NAP.**



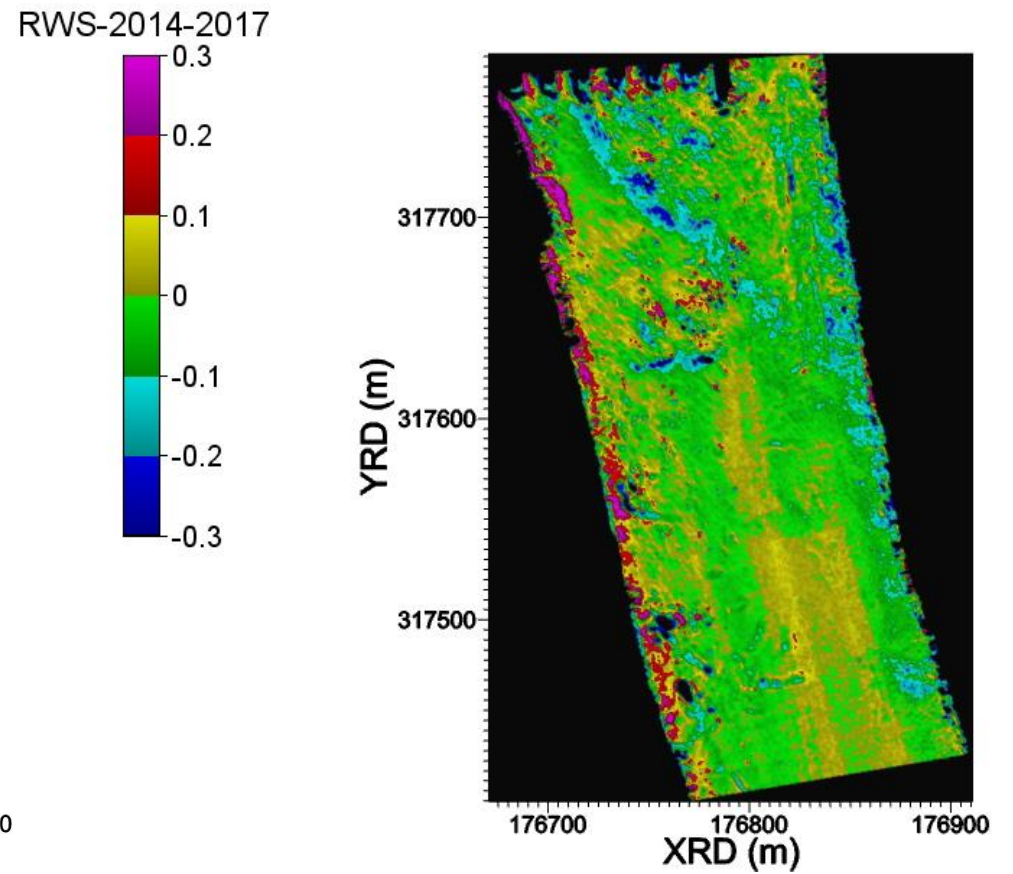
Afbeelding 7 Detailweergave Afbeelding 6b.



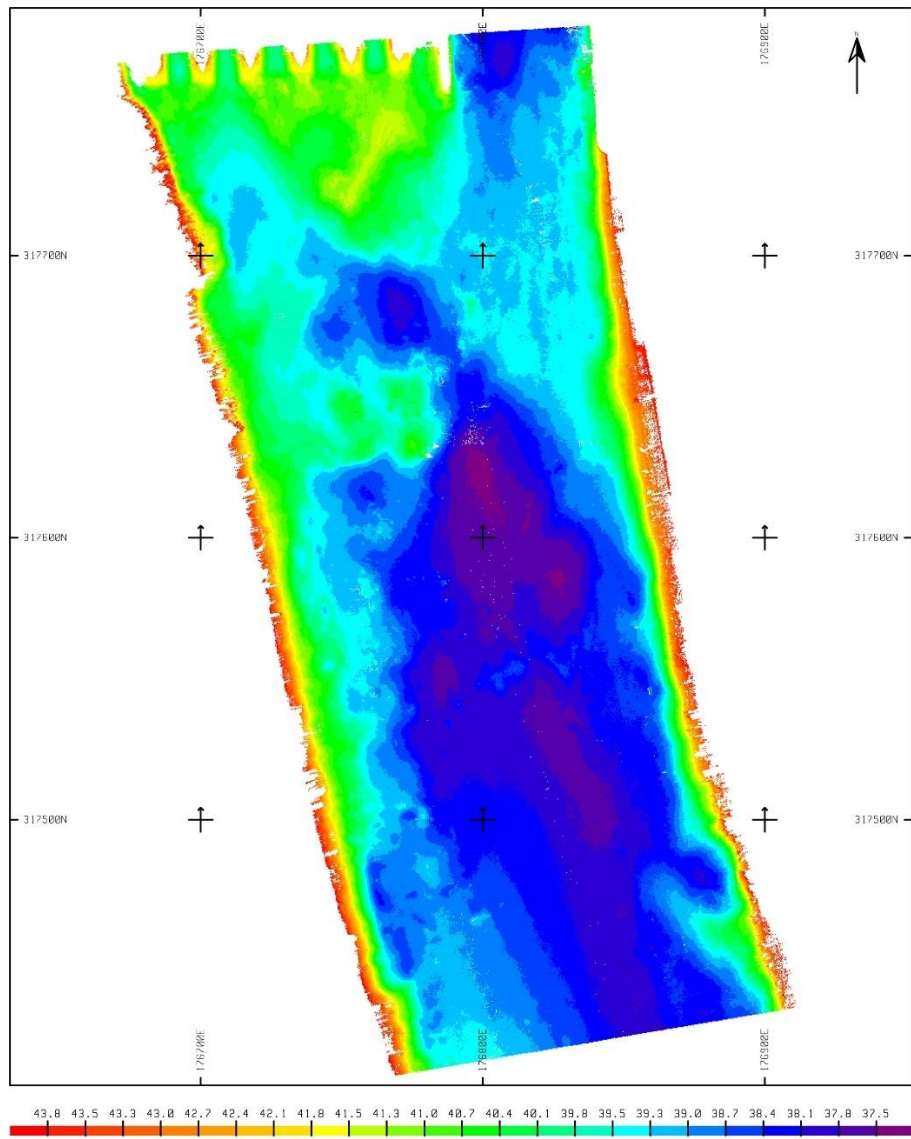
Afbeelding 8a Verschilmeting 2014-2017.  
Loodrechte projectie tussen maximale grenzen.



Afbeelding 8b Als Afbeelding 8a, met grenzen tussen -0.3 en +0.3 m.

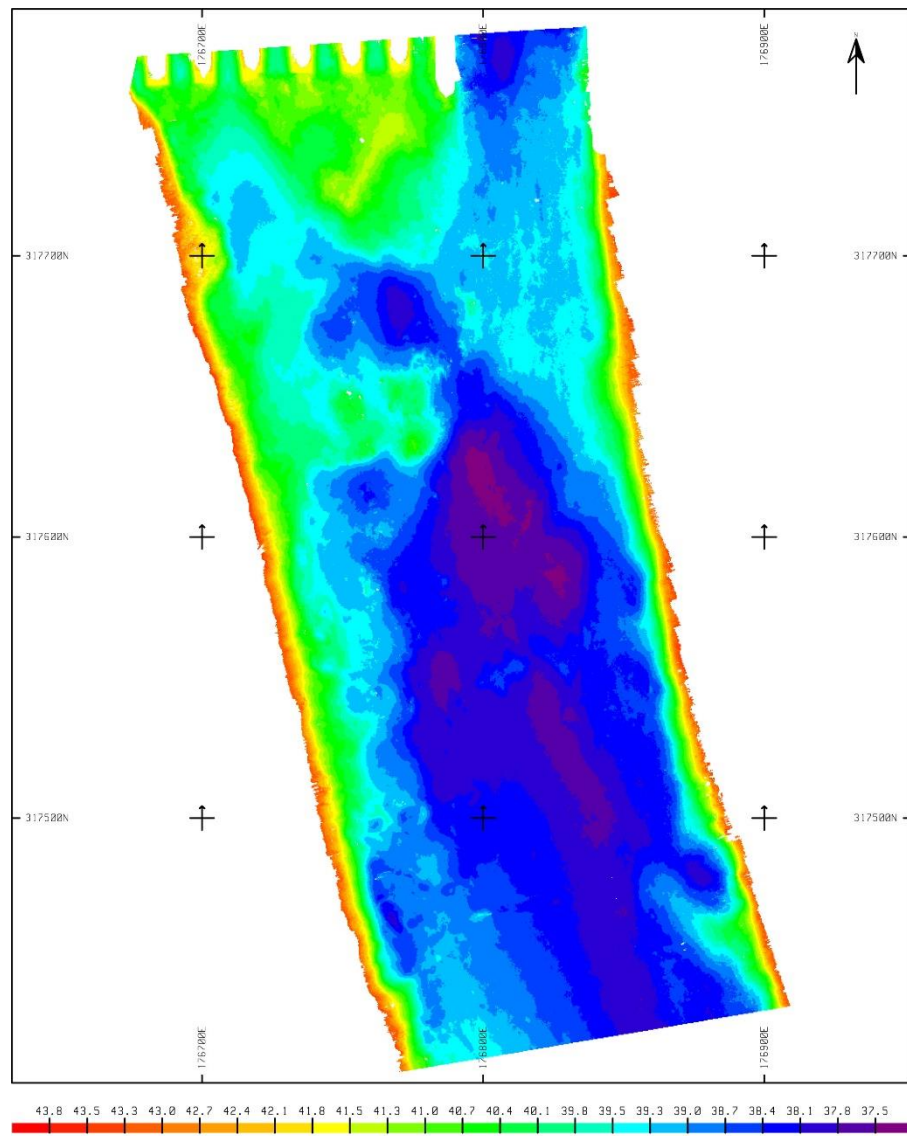


Afbeelding 9 Multibeam meting uit 2014.  
Berekend door Aleh.



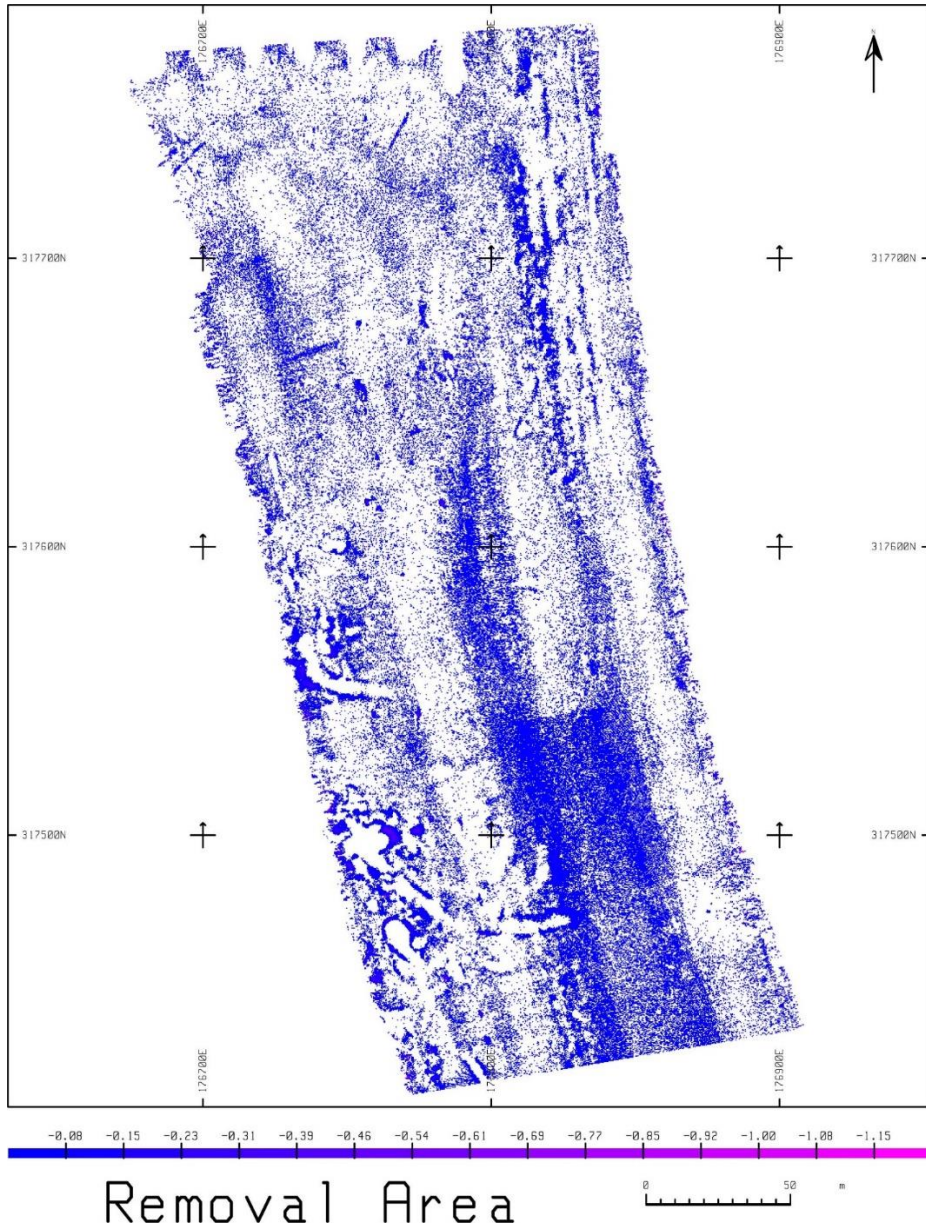
Survey in 2014

Afbeelding 10 Multibeam meting uit 2017.  
Berekend door Aleh.

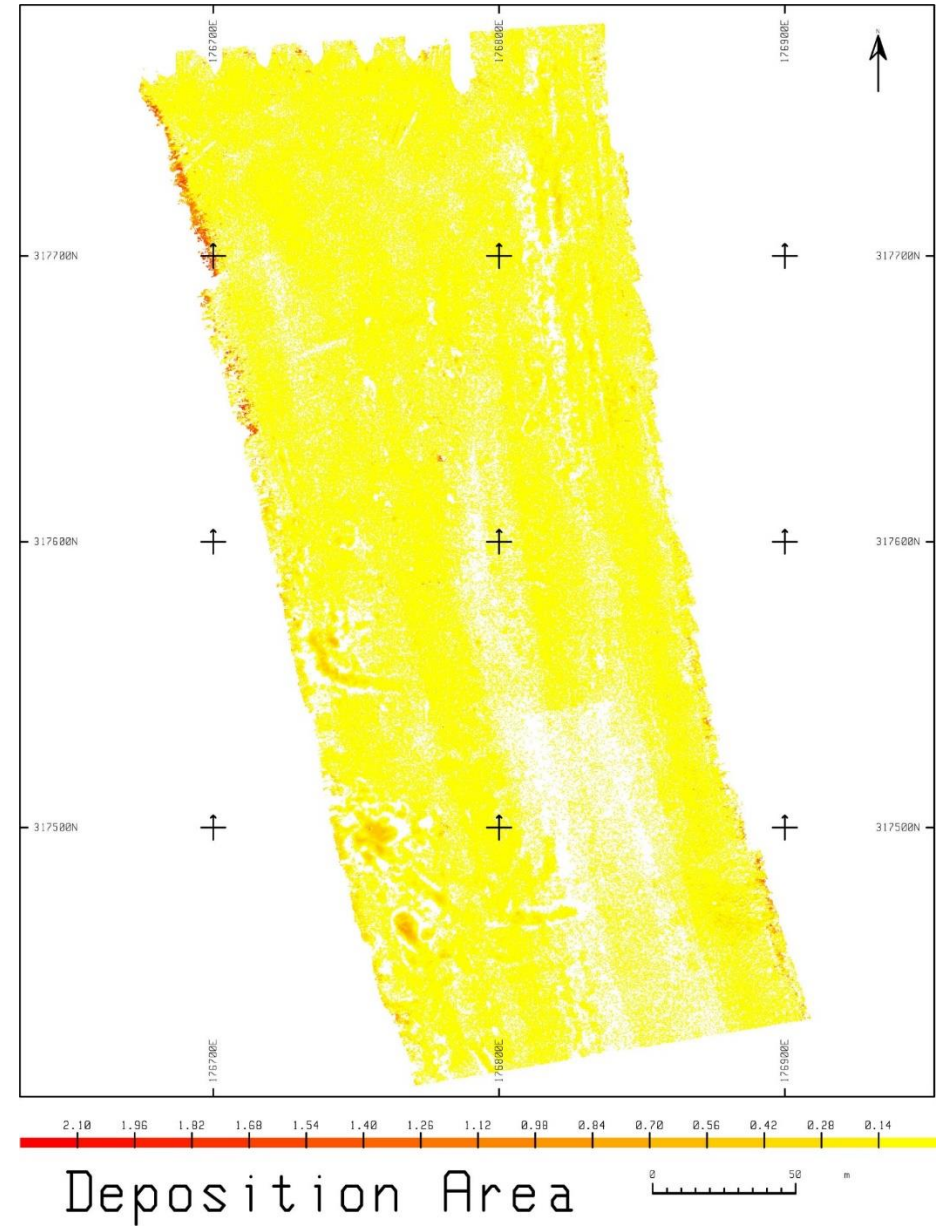


Survey in 2017

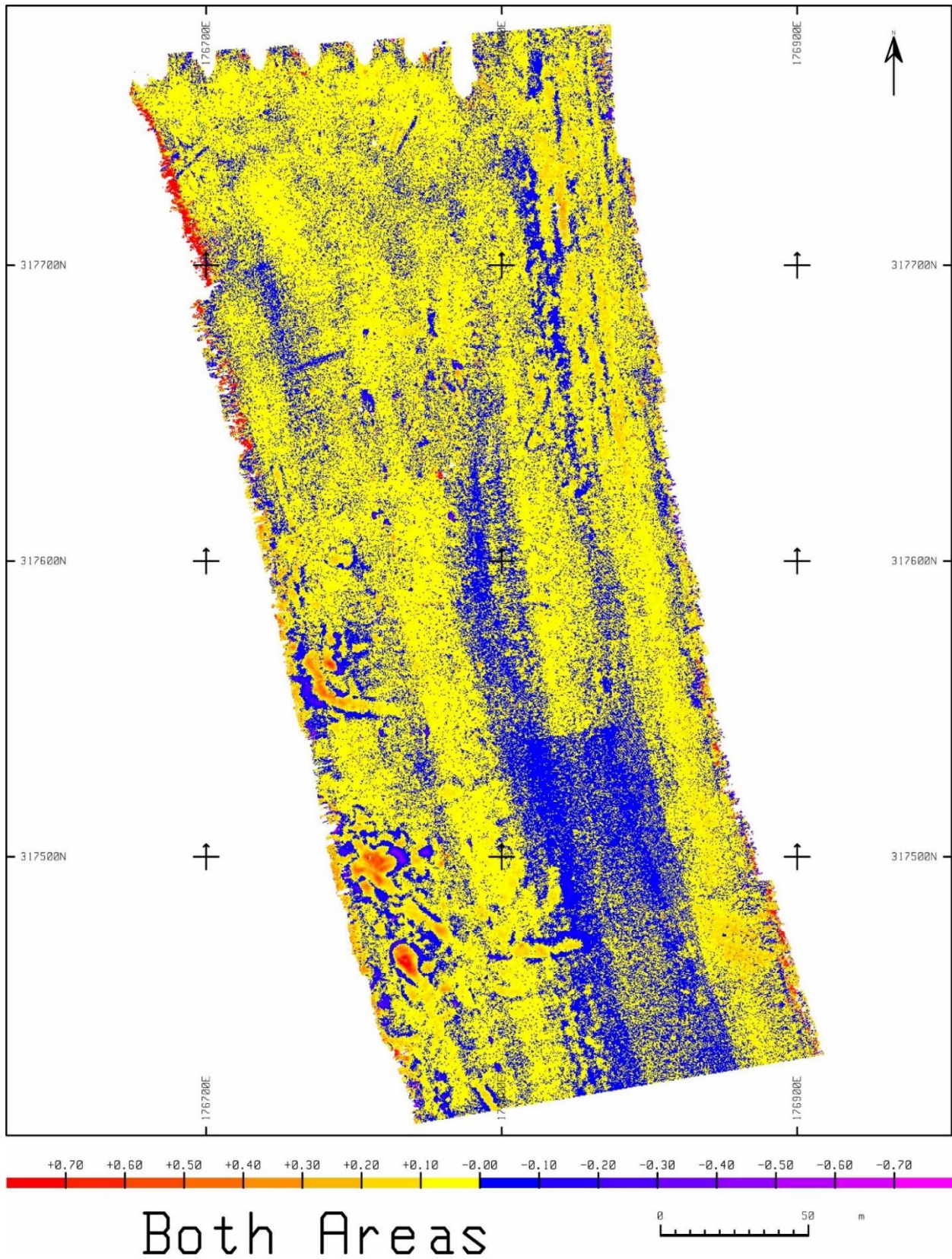
Afbeelding 11 Verschilmeting 2014-2017 het geërodeerde oppervlak.  
Berekend door Aleh.



Afbeelding 12 Verschilmeting 2014-2017 het opgehoogde oppervlak.



Afbeelding 13 Verschilmeting 2014-2017 met de geïrodeerde en opgehoogde oppervlakken.  
Berekend door Aleh.



## Literatuurlijst

- Besselaar J.A. van den, Rapportage verkenning Romeinse Maasbruggen, 1998.  
Seinen, P.A., Rapport: Verkenning Romeinse brugresten in de Maas bij Maastricht, Stichting Mergor in Mosam 2013.  
Seinen, P.A., Rapport: Meer Romeinse brugresten in de Maas bij Maastricht, de Maasbodem geeft steeds meer geheimen prijs, Stichting Mergor in Mosam, 2015  
Seinen, P.A., Rapport: Verkenning rond het nieuw ontdekte pijlgebied, 2016  
Vos, A.D., Resten van Romeinse Maasbruggen in de Maas bij Maastricht, Rapportage AM 100, ROB, 2004.

## Referenties

- 
- <sup>1</sup> De Stichting Mergor in Mosam vindt haar oorsprong in de opgraving van de Romeinse brugresten in de Maas bij Cuijk en voert sindsdien onderwater-archeologische verkenningen uit [www.mergorinmosam.nl](http://www.mergorinmosam.nl)  
<sup>2</sup> Besselaar, J.A., Rapport 1998  
<sup>3</sup> Vos, A., Rapport 2004  
<sup>4</sup> Gilbert Soeters, Gemeentelijke archeologie Maastricht  
<sup>5</sup> Hans Brinkhof, Stichting Romeinse Brug Maastricht, alsmede Rijkswaterstaat  
<sup>6</sup> Seinen, P.A., Rapport 2013, 2015 en 2016  
<sup>7</sup> Gebruikte programma's: Surfer en Voxler © (Golden Software) alsmede BricsCAD version 17.  
<sup>8</sup> Het gebied, vaak aangeduid met "de dam", met resten van funderingspalen, steenblokken en balkenframes kreeg eind 2017 de status van Rijksmonument  
<sup>9</sup> Carla Beaulen-Baltussen, Rijkswaterstaat  
<sup>10</sup> Bas Verbeek, Geo-professionals Nederland (GPS apparatuur en services)  
<sup>11</sup> Seinen, P.A., Rapport 2013