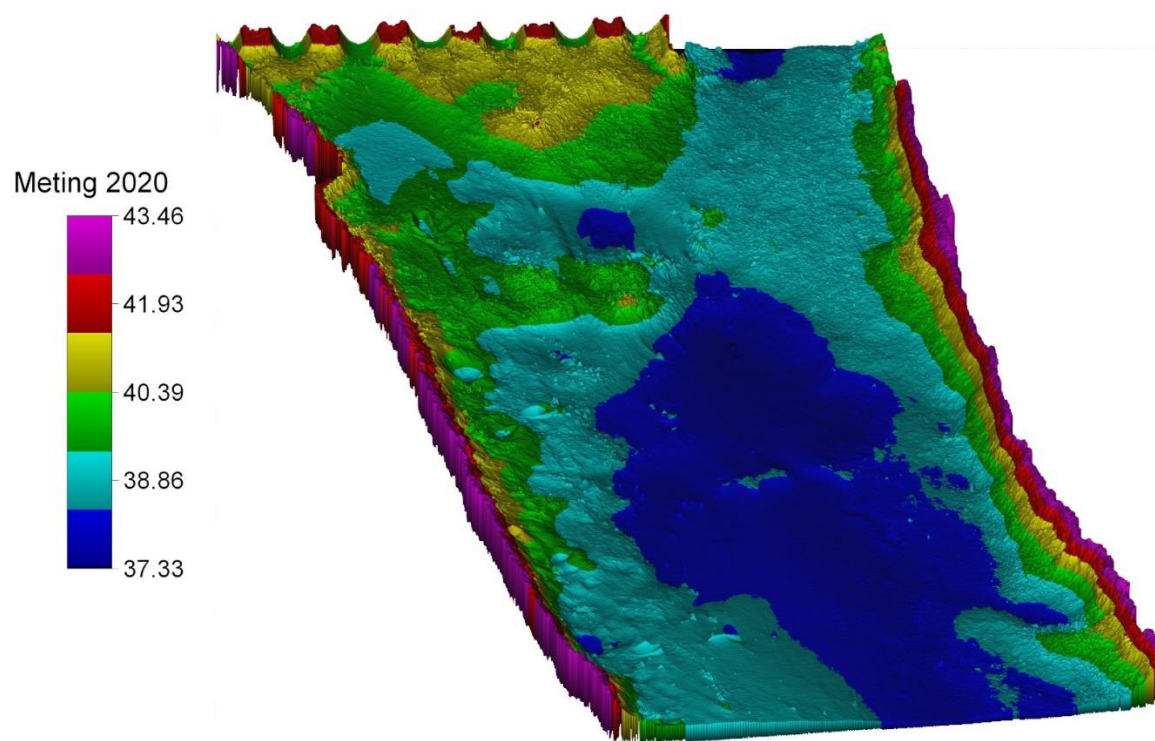




Analyse van Multibeam metingen Rijkswaterstaat 2014- 2020



Afbeelding 1 Een oblique weergave van de multibeam meting van 2020 (Voxler ® image Peter Seinen).

Projectnaam:	Pons-Mosae-Multibeam
Locatie:	Maas bij Maastricht
Periode:	2020
Gemeente	Maastricht
Werkgebied:	Tussen de Sint Servaesbrug en de Hoge brug
Coördinaten:	Topokaart 69W Centraal coördinaten: XRD 176749.5 m YRD 317645.5 m
Auteur:	Peter Seinen
Rapportnaam:	MiM-Rapport-Bodemerosie-Maas-Maastricht-2020-26
Rapportdatum:	28-10-2020

Inhoudsopgave

Samenvatting	4
1. Inleiding	4
2. Uitwerking multibeam data Rijkswaterstaat	4
3. Resultaten en discussie	5
4. Conclusies	7
5. Aanbevelingen	7
Bijlage	19
Literatuurlijst	19
Referenties	19

Verzendlijst:

Mergor in Mosam:

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

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

Rijkswaterstaat:

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

LWAOW / AWN:

Bas Verbeek

Samenvatting

In de bodem van de Maas bij Maastricht liggen de resten van Romeinse brugpijlers. Deze resten zijn al decennia lang dag-zomend en bodemdaling tast de kwaliteit van de resten aan. Sinds 1998 voert de Stichting Mergor in Mosam, in samenwerking met Gilbert Soeters en Hans Brinkhof, verkenningen uit om het kwaliteitsverlies te onderzoeken. Sinds 2017 analyseert de Stichting bovendien multibeam meetdata van Rijkswaterstaat. Dit rapport beschrijft de resultaten van de analyse van meetdata van 2020.

De verandering van de gemiddelde diepte van het gemeten gebied tussen 2014 en 2020 is -0.17 m. Dit is met de meetnauwkeurigheid van +/-0.05 m net significant. Deze bodemdaling is zeer regelmatig verdeeld over het gemeten gebied. De variatie tussen verdieping en verhoging zit voor het overgrote deel tussen -0.3 m en +0.3 m. Mogelijk houdt deze bodemdaling verband met de waarneming van nieuwe structuren.

Zeer lokaal treden er kleine verdiepingen op die beneden -0.3 m en kunnen liggen. Deze worden waarschijnlijk door het optreden van wervelingen veroorzaakt, veroorzaakt door harde structuren die uit de bodem steken. Ook treden er lokaal verhogingen op, die boven +0.3 m kunnen liggen. Het gaat hier waarschijnlijk om wandelende zand-grind rimpels die benedenstrooms verhogingen kunnen ontstaan.

Opvallend zijn de noord-zuid lopende 4 m brede sleuf en de twee 6 m grote ronde verdiepingen in haar verlengde, mogelijk veroorzaakt door grondverzet ten behoeve van de plaatsing van meerpalen. Deze sleuf loopt dwars door een gebied waar resten van een Romeinse brugpijler verwacht kunnen worden.

Aanbevolen wordt om deze analyse van nieuwe multibeam metingen op regelmatige basis uit te voeren. Ook aanbevolen wordt om een duikverkenning bij de sleuf uit te voeren, gericht op mogelijke resten van een Romeinse brugpijler.

1. Inleiding

Verkenningen door de Stichting Mergor in Mosam¹ binnen het gebied van de Romeinse brugresten in de Maas bij Maastricht gaan al terug tot 1998². Na een hierop volgend grootschalig archeologisch onderzoek in 2000³, bleef het tot 2012 stil boven het gebied.

Multibeam metingen door Rijkswaterstaat lieten bodemerosie zien en gaven aanleiding voor hernieuwde verkenningen. In samenwerking met Gilbert Soeters⁴ en Hans Brinkhof⁵ worden door de Stichting Mergor in Mosam sinds 2012 weer jaarlijks verkenningen uitgevoerd. Een van de doelen van de verkenningen is het vastleggen van mogelijke degradatie van de brugresten die nu dagzomen en het ontdekken van mogelijk nieuw vrijgekomen structuren.

Een belangrijk hulpmiddel voor het beoordelen van de degradatie op langere termijn zou het regelmatig meten en onderling vergelijken van bodemprofielen zijn.

Rijkswaterstaat voert ieder jaar een meting van het gebied uit en door bemiddeling van Hans Brinkhof werd de multibeam data van metingen uit de jaren 2014 tot en met 2017 ter beschikking gesteld.

De data werd geanalyseerd en gerapporteerd⁶. Hoewel geen ernstige bodemerosie geconstateerd werd, en de archeologische structuren niet ernstig bedreigd werden, werd aanbevolen om deze analyse regelmatig uit te voeren.

In 2020 stelde Rijkswaterstaat actuele data uit dat jaar ter beschikking. Dit rapport beschrijft de verwerking van deze data.

2. Uitwerking multibeam-data Rijkswaterstaat

Van Michiel Hut⁷ werden twee gerasterde txt-files met X-RD / Y-RD / +NAP voor het jaar 2020 met een lage (0.25 x 0.25 m²) en hoge dichtheid (0.10 x 0.10 m²) 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. De lage dichtheid-dichtheid werd gebruikt om de verandering van het gemiddelde bodemniveau te berekenen.

Aangenomen wordt dat de precisie van de dieptemeting +NAP +/- 0.05 m is, de nauwkeurigheid van de RTK-GPS meting.

De door RWS aangeleverde gerasterde txt-files waren echter niet geschikt voor directe verwerking in het programma (Voxler ®) waarmee de 3D modellen en de representaties werden gemaakt. Met behulp van Surfer ® werden de txt-files omgezet in grd-files die met Voxler ® compatibel zijn. Met Surfer ® werd een rechthoekig genummerd raster (van XRD: 176674- 176909 en YRD: 317410- 317781) dat op alle meetfiles werd toegepast. Voor alle metingen (2014, 2017 en 2020) werd een rasterdichtheid van 0.10 x 0.10 m² gekozen. Deze rasters vormden de basis van de onderlinge verschillingen tussen de jaren. De specifieke parameterinstelling voor Surfer ® staan weergegeven in Bijlage 1.

De grd-files werden in Voxler ® gefilterd (Gaussfilter met Kernel size 3) en omgezet tot een 3D model waarmee oppervlakte contouren (HeightField) gemaakt werden. De HeightField weergave geeft de mogelijkheid om de hoogte vrij in te kunnen stellen en zo een 3D weergave te maken. De verhouding tussen de dimensies van het X-Y-vlak en de hoogte is dus willekeurig en dient uitsluitend om een structuren duidelijker uit te laten komen. De diepte moet afgeleid worden uit de legendakleuren. 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. Ieder deel (kleur) heeft nog een helderheidsverloop van licht (hoger) naar donkerder (lager). Het HeightField vrij-roteerbare 3D-model kan met Voxler ® onder alle mogelijke hoeken en vergrotingen op het scherm weergegeven kunnen 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 verkregen worden.

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 4 laten de geogerefereerde orthogonale projecties van de multibeam metingen voor respectievelijk 2014, 2017 en 2020 zien. Op het eerste gezicht zijn er weinig verschillen te zien. De meest opvallende verschillen zijn de verdiepingen weergegeven in Afbeelding 5, gemarkeerd met de linker ellips en de twee cirkels die in haar verlengde liggen. Deze ellips markeert een smalle ondiepe sleuf (circa 4 m breed en 1 m diep) parallel aan de oever. De sleuf lijkt zich, zij het ondieper, ook verder in zuidelijke richting uit te breiden, ver buiten de ellips. De twee cirkels in haar verlengde markeren opvallende verdiepingen (circa 6 m doorsnede en 2 m diep). Mogelijk zijn dit structuren die verband houden met de voorbereiding van de plaatsing van de stalen afmeerpalen. Hiervoor moest de bodem waarschijnlijk vrijgemaakt worden van stortstenen. Blijkens de metingen van 2017, weergegeven in Afbeelding 7, bestonden deze structuren in 2017 niet.

De sleuf loopt overigens dwars door het gebied waar, op basis van de huidige kennis van de locatie van de Romeinse brugpijlers⁸, resten van een pijler verwacht mogen worden.

De rechter ellips in Afbeelding 5 markeert een relatief smalle verhoging (circa 10 m breed en 0.5 m hoog) die parallel aan de sleuf loopt. In de oblique aanzichten (Afbeeldingen 8, 9 en 10) is deze goed te herkennen. Deze verhoging is in feite het gevolg van een verdieping net ten oosten van de verhoging. Omdat dergelijke specifieke verhogingen een indicatie kunnen zijn voor harde structuren in de bodem, met mogelijk archeologie, is het raadzaam deze structuur in de toekomst in de gaten te houden.

De op een na onderste cirkel, dicht bij de oever, in Afbeelding 5 geeft de locatie van een gezonken roeiboot weer. Dit object is eerder waargenomen door hoge resolutie metingen van Periplus⁹ (Afbeelding 6). De afmetingen van het bootje zijn ongeveer 4 x 1.5 m².

De verschilberekeningen, voor de meting uit 2020 versus 2014 en 2017, staan weergegeven in Afbeeldingen 11 en 12. Beide weergaven laten weinig grote veranderingen zien. De verschilberekeningen van het overgrote deel van het gemeten oppervlak wordt gevangen door respectievelijk de gele legendakleur (meting 2014- 2020 tussen +0.33 en -0.27 m, Tabel 1) en de groene legendakleur (meting 2017- 2020 tussen +0.21 en -0.25 m, Tabel 1).

Legendakleur	Meting 2014-2020	Meting 2017-2020
	(m)	(m)
Rood	> +0.33	> +0.67
Geel	+0.33- -0.27	+0.67- +0.21
Groen	-0.27- -0.87	+0.21- -0.25
Lichtblauw	-0.87- -1.47	-0.25- -0.72
Blauw	< -1.47	< -0.72

Tabel 1 Kleurcoderingen legenda's van de verschilmetingen.

Berekening van de gemiddelde +NAP hoogte (berekend met de rasterdichtheid van 0.25 x 0.25 m²) in Tabel 2, laat een lichte daling van de bodem zien van -0.17 m tussen 2014 en 2020. Met de precisie van de hoge resolutie meting van +/- 0.05 m, is deze verandering statistisch niet significant. De waarden in Tabel 2 lijken een bodem-dalende trend weer te geven. Mogelijk houdt deze bodemdaling verband met de waarneming van nog onbekende structuren in 2020¹⁰.

Rasterdichtheid 0.25x0.25 m²	Gemiddeld +NAP
Jaargang meting	(m)
Meting 2014	39.32
Meting 2017	39.28
Meting 2020	39.15

Tabel 2 Gemiddelde +NAP hoogte

Zeer lokaal is er sprake van ophogingen en uitdiepingen. Uitdiepingen zijn te zien als respectievelijk groen-lichtblauw (voor de verschilmeting 2014- 2020) en lichtblauw-donkerblauw (voor de verschilmeting 2017- 2020). Ophogingen zijn te zien als rood (voor de verschilmeting 2014- 2020) en geel-rood (voor de verschilmeting 2017- 2020). De uitdiepingen zijn mogelijk het gevolg van harde structuren die uit de bodem steken en het stromingspatroon beïnvloeden. Hierdoor kunnen in een stromende rivier snelstromende wervelingen ontstaan die zand en grind doen wegspoelen. Deze uitdiepingen komen daarom opmerkelijk veel voor langs de westelijke oever, waar veel stortsteen ligt.

De linker ellips en de twee cirkels in Afbeelding 11 en 12 markeren weer de sleuf en de twee verdiepingen, die eerder besproken zijn. De rechter ellips markeert een grote ophoging (tussen +0.21 en +0.67 m), die door de kleurstelling van de legenda in Afbeelding 12 veel duidelijker te zien is. De aard of oorzaak van deze verhogingen is niet duidelijk.

Veranderingen in het gebied waarin archeologische structuren aanwezig zijn of verwacht kunnen worden, zijn van speciaal belang. Afbeelding 13 geeft een weergave van de meting van 2020, geprojecteerd op bekende gedocumenteerd archeologische structuren¹¹. Afbeeldingen 14 en 15 geven details van Afbeeldingen 11 en 12, geprojecteerd op dezelfde archeologische structuren.

De ellipsen en cirkels op beide afbeeldingen markeren de belangrijkste verdiepingen van minder

dan -0.27 m of verhogingen van meer dan +0.21 m. De verdiepingen zijn zeer lokaal en worden waarschijnlijk veroorzaakt door de eerder genoemde wervelingen rond harde structuren. De ophogingen vallen niet samen met bekende archeologische structuren. Waarschijnlijk gaat het om wandelende zand-grind rimpels die soms benedenstrooms van een verhoging vormen.

Samenvattend:

De verandering van de gemiddelde diepte van het gemeten gebied tussen 2014 en 2020 is -0.17 m. Dit is met de meetnauwkeurigheid van +/-0.05 m net significant. Deze bodemdaling is zeer regelmatig verdeeld over het gemeten gebied. De variatie tussen verdieping en verhoging zit voor het overgrote deel tussen -0.3 m en +0.3 m. Mogelijk bestaat er een verband tussen de gemeten bodemdaling en de waarneming van nog onbekende structuren in 2020.

Zeer lokaal treden er kleine verdiepingen op die beneden -0.3 m en kunnen liggen. Deze worden waarschijnlijk door het optreden van wervelingen veroorzaakt, veroorzaakt door harde structuren die uit de bodem steken. Ook treden er lokaal verhogingen op, die boven > +0.3 m kunnen liggen. Het gaat hier waarschijnlijk om wandelende zand-grind rimpels die benedenstrooms verhogingen kunnen ontstaan.

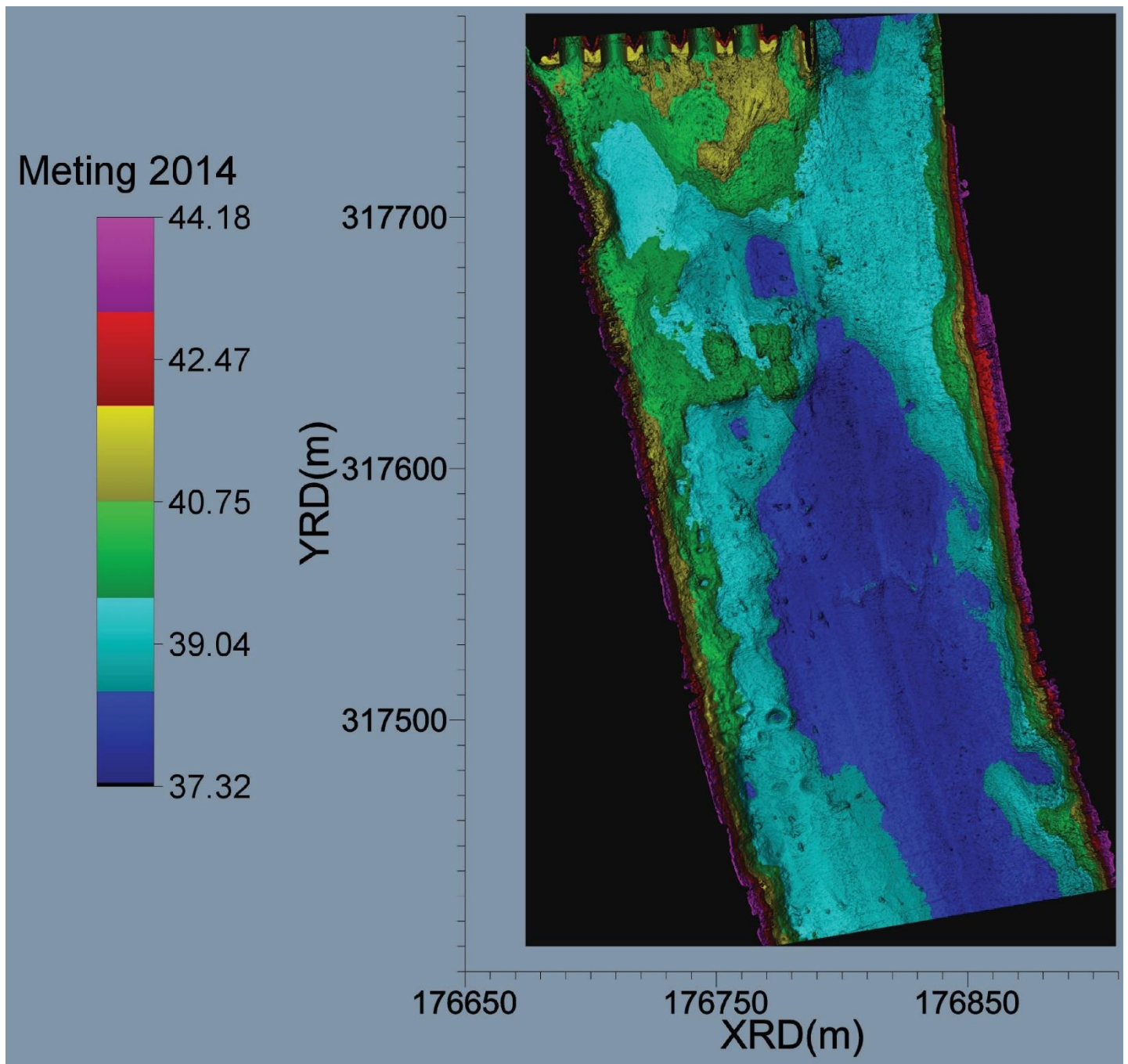
Opvallend zijn de noord-zuid lopende 4 m brede sleuf en de twee 6 m grote ronde verdiepingen in haar verlengde, mogelijk veroorzaakt door grondverzet ten behoeve van de plaatsing van meerpalen. opgemerkt dient te worden dat bovengenoemde sleuf dwars door een gebied loopt waar resten van een Romeinse brugpijler verwacht kunnen worden.

4. Conclusies

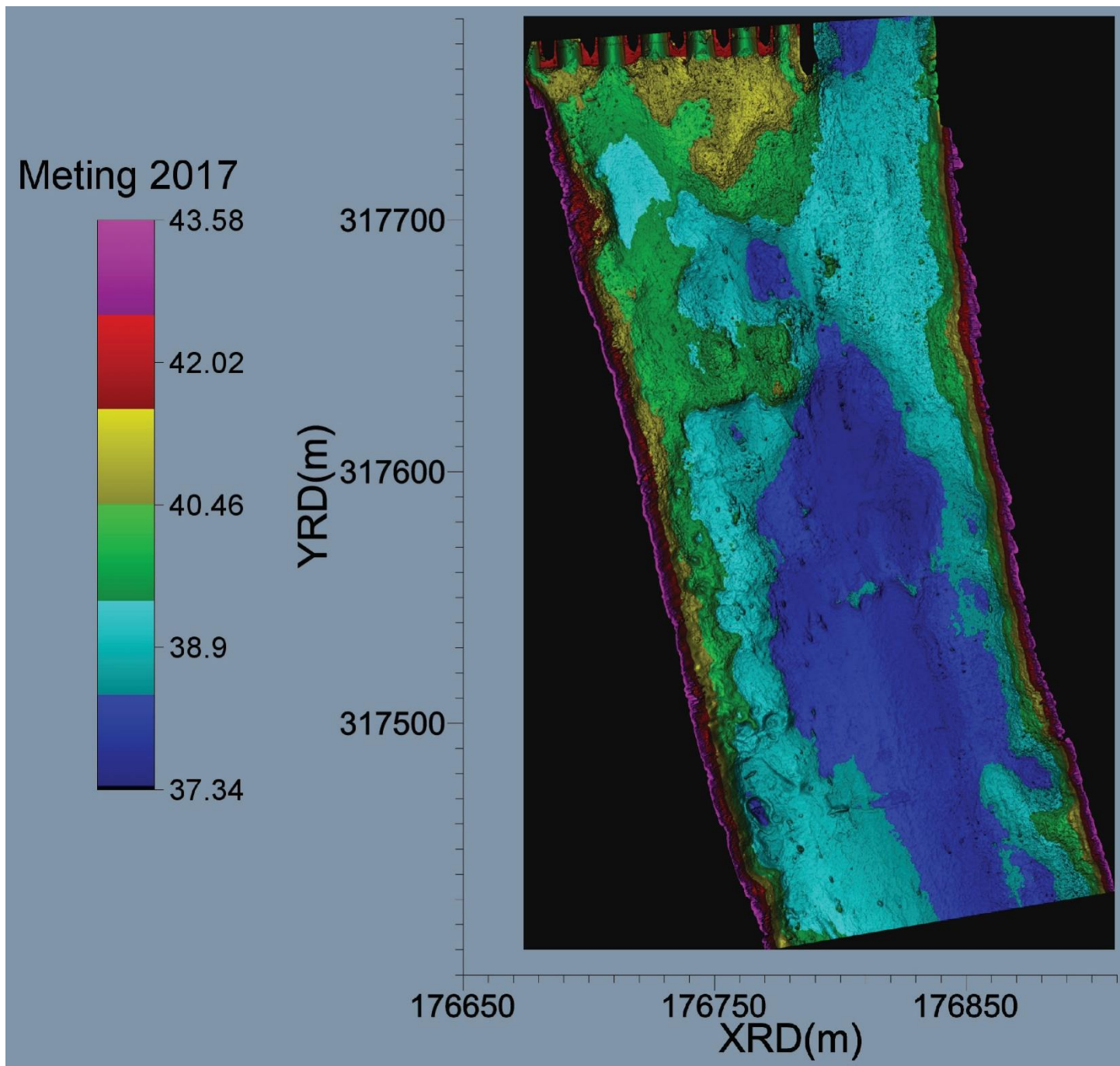
- Tussen 2014 en 2020 is de gemiddelde bodemdaling van het gemeten gebied -0.17 m. Met een meetprecisie van +/- 0.05 m is dat net significant. De bodemdaling is zeer gelijkmatig verdeeld over het meetgebied: het overgrote deel van het verschil ligt tussen -0.3 en +0.3 m.
- Er loopt een 4 m brede sleuf in noord-zuidelijke richting die dwars door een gebied loopt waar archeologische resten van een Romeinse brugpijler verwacht kunnen worden.
- In het verlengde van de sleuf liggen twee 6 m ronde gaten, die mogelijk verband hebben met de sleuf.
- De bodemdaling houdt mogelijk verband met de waarnemingen van nog onbekende resten in 2020. Waakzaamheid is geboden.

5. Aanbevelingen voor vervolgonderzoek

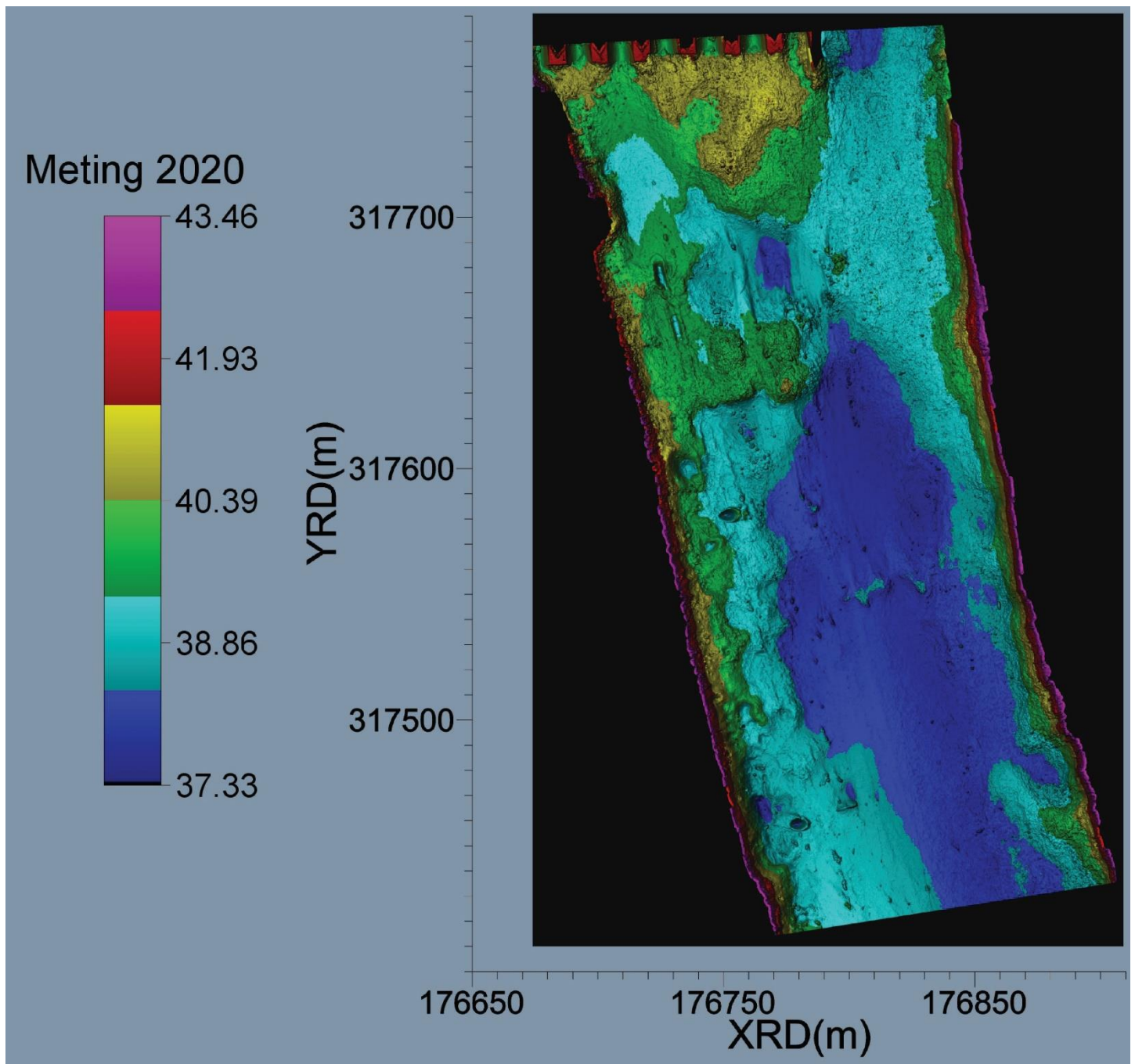
- Het volgen van de bodemerosie op basis van de jaarlijkse RWS-Multibeam bodemprofielmetingen (met resolutie van 0.10 x 0.10 m²).
- Het uitvoeren van een duikverkenning rond de sleuf die in noord-zuidelijke richting over mogelijke resten van een Romeinse brugpijler loopt..



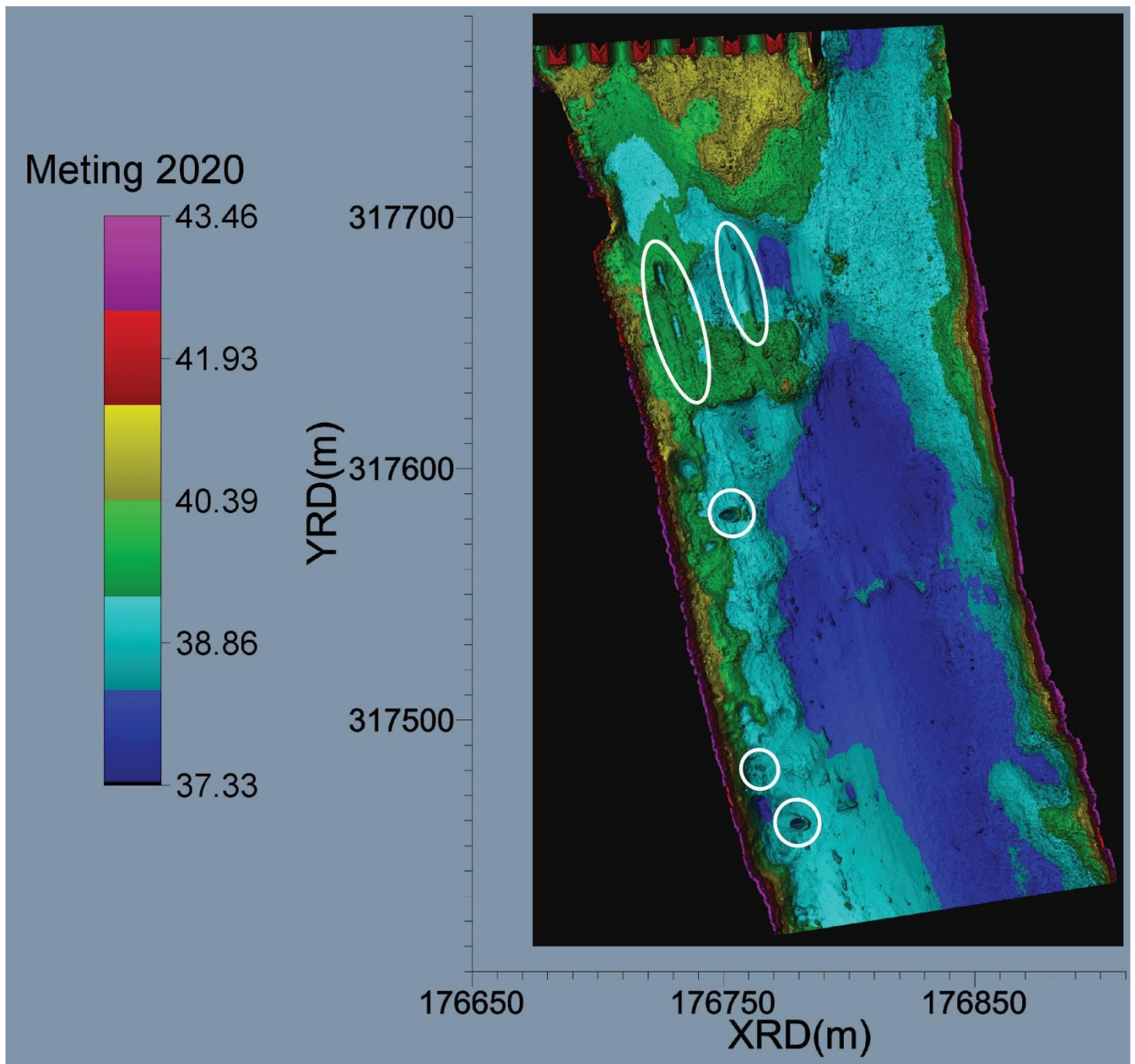
Afbeelding 2 Orthogonale weergave van de multibeam meting uit 2014.



Afbeelding 3 Orthogonale weergave van de multibeam meting uit 2017.



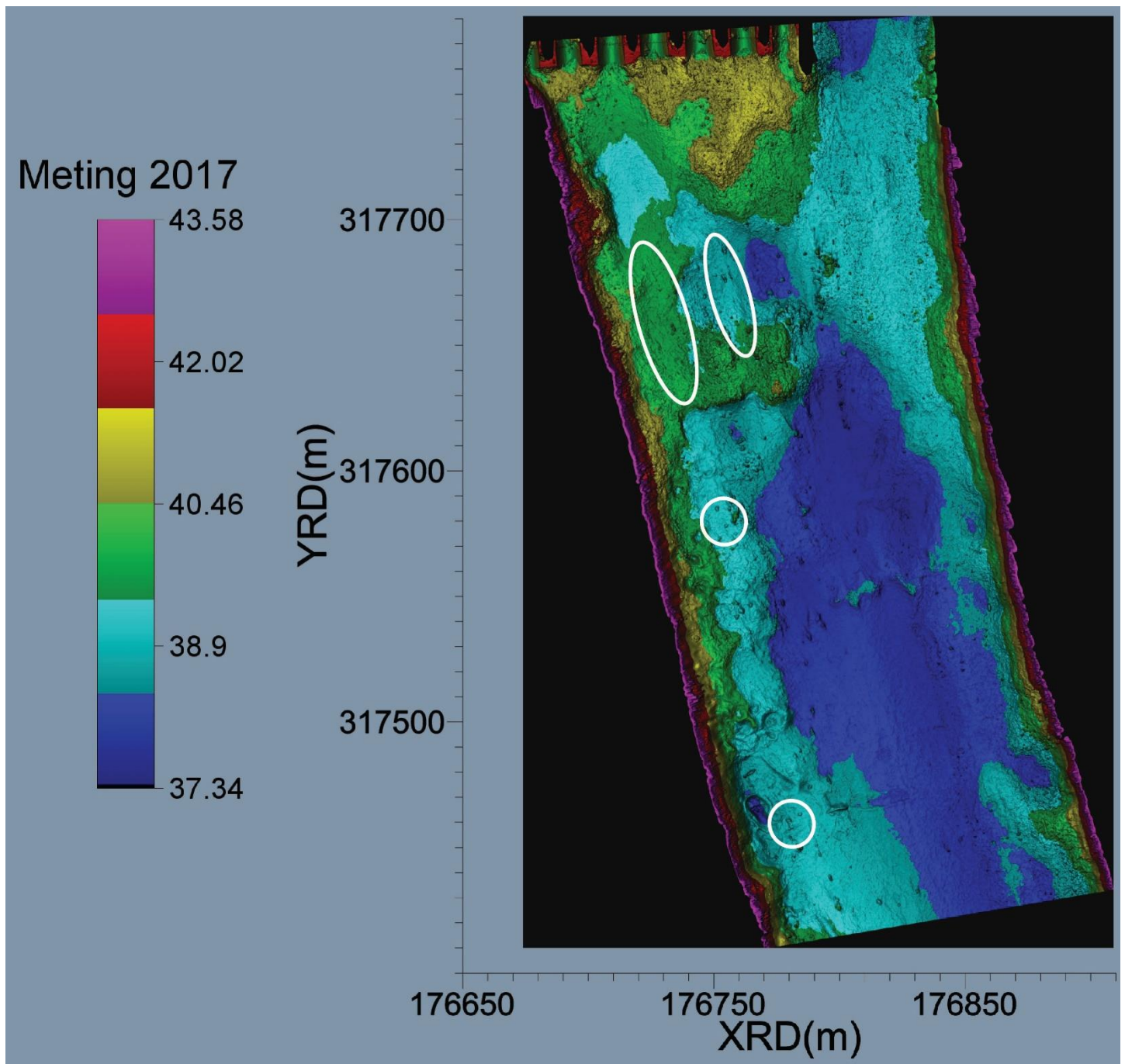
Afbeelding 4 Orthogonale weergave van de multibeam meting uit 2020.



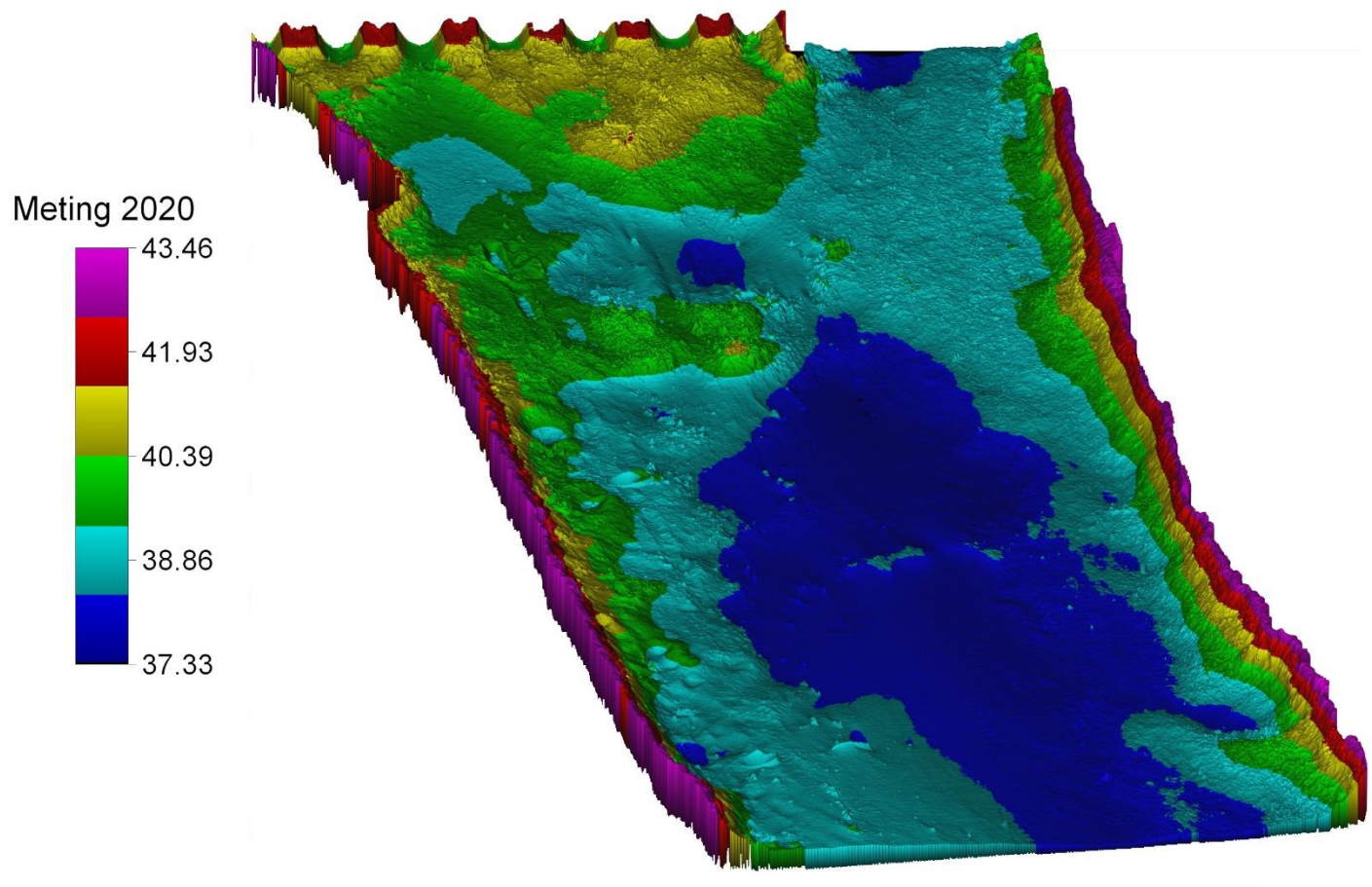
Afbeelding 5 Een paar opmerkelijke structuren in het bodemprofiel in de meting van 2020.



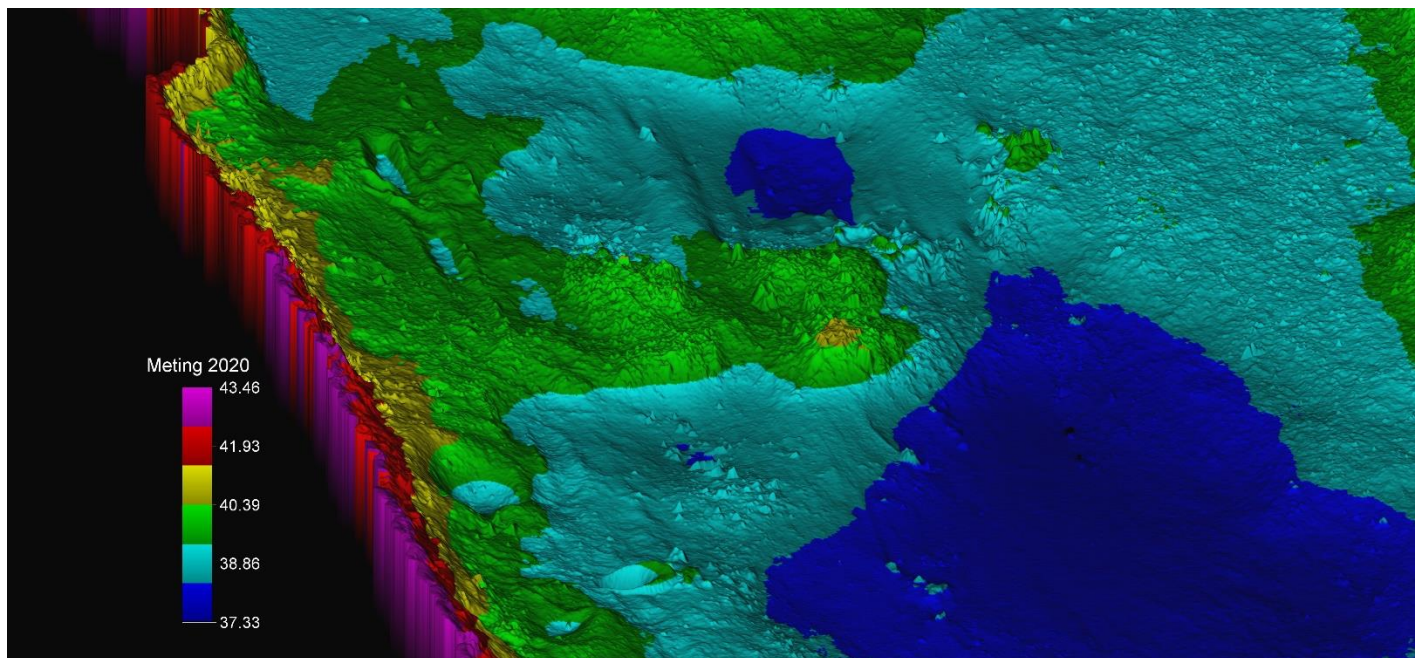
Afbeelding 6 De contouren van een grote roeiboot.



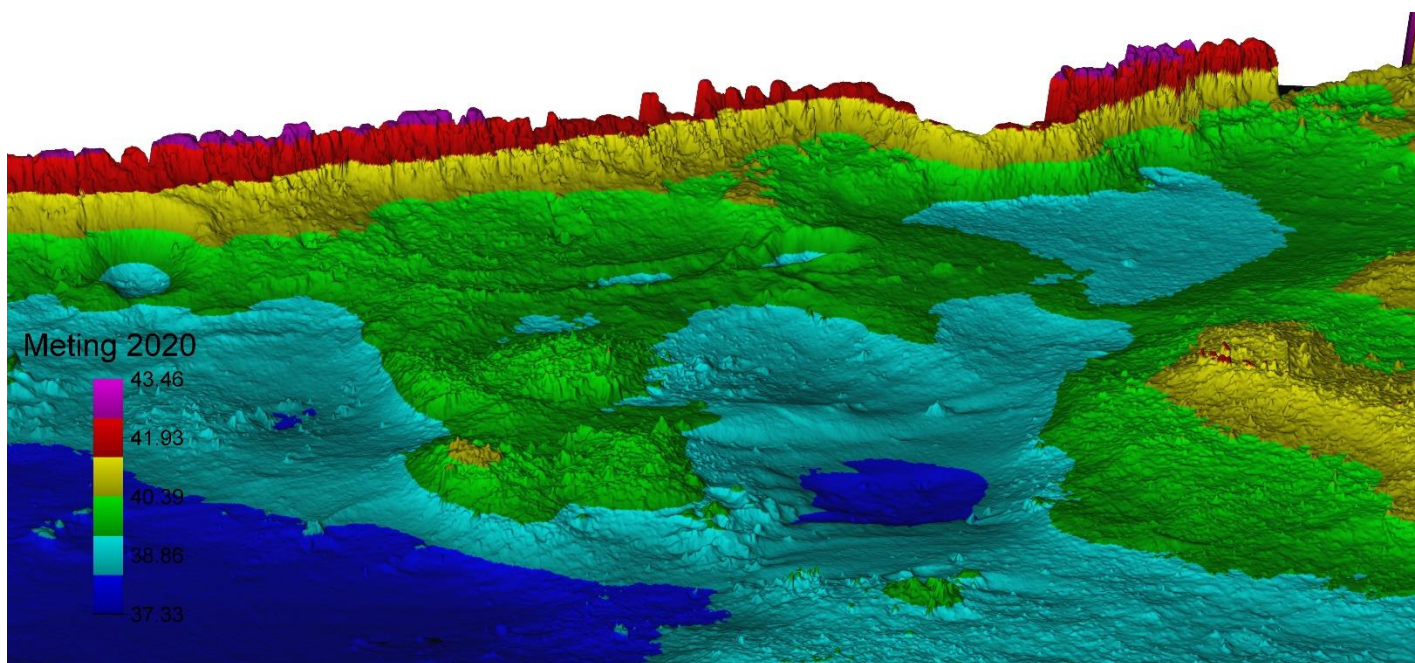
Afbeelding 7 De structuren in Afbeelding 4 ontbreken in de meting van 2017.



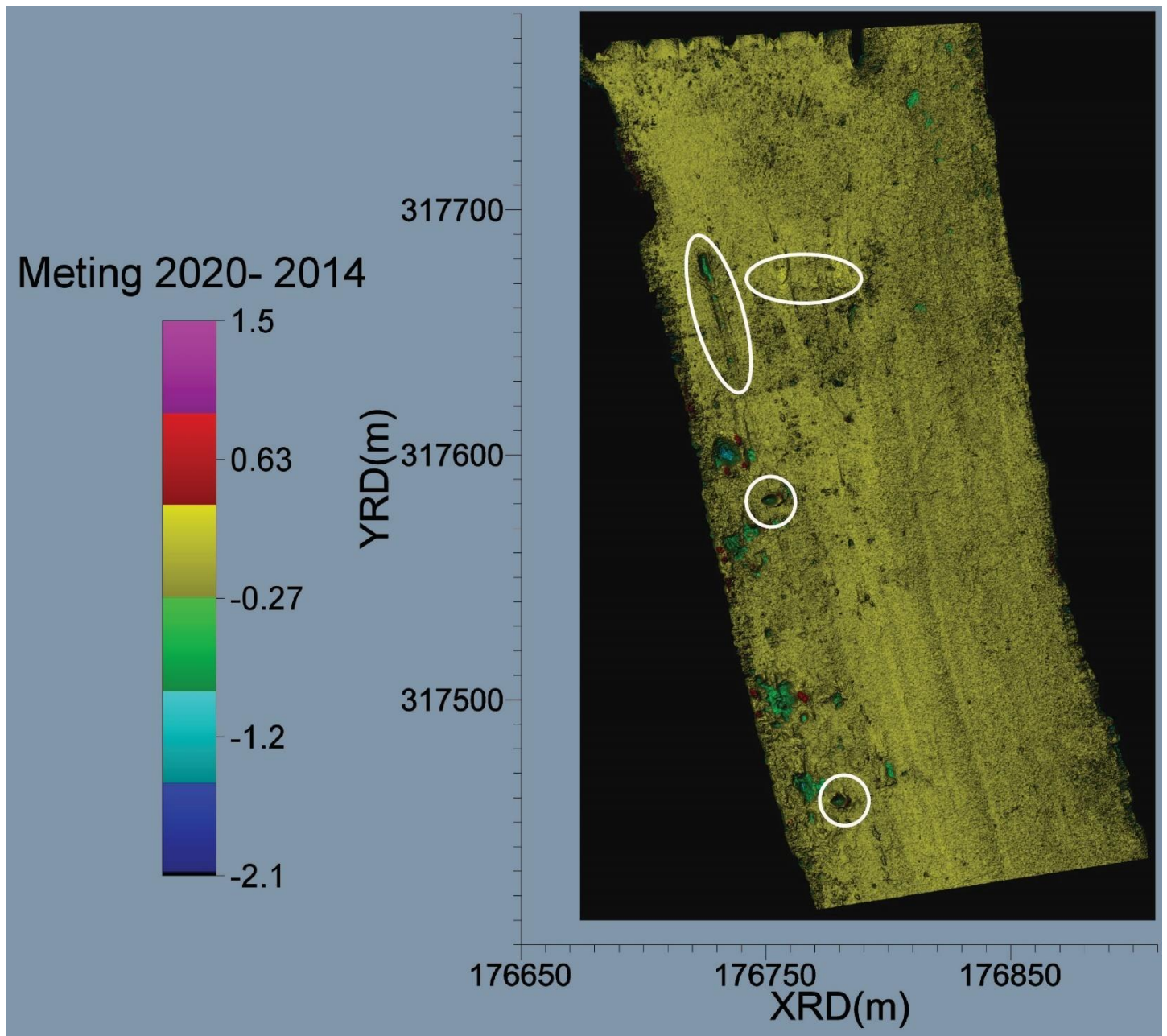
Afbeelding 8 De oblique weergave van de meting van 2020.



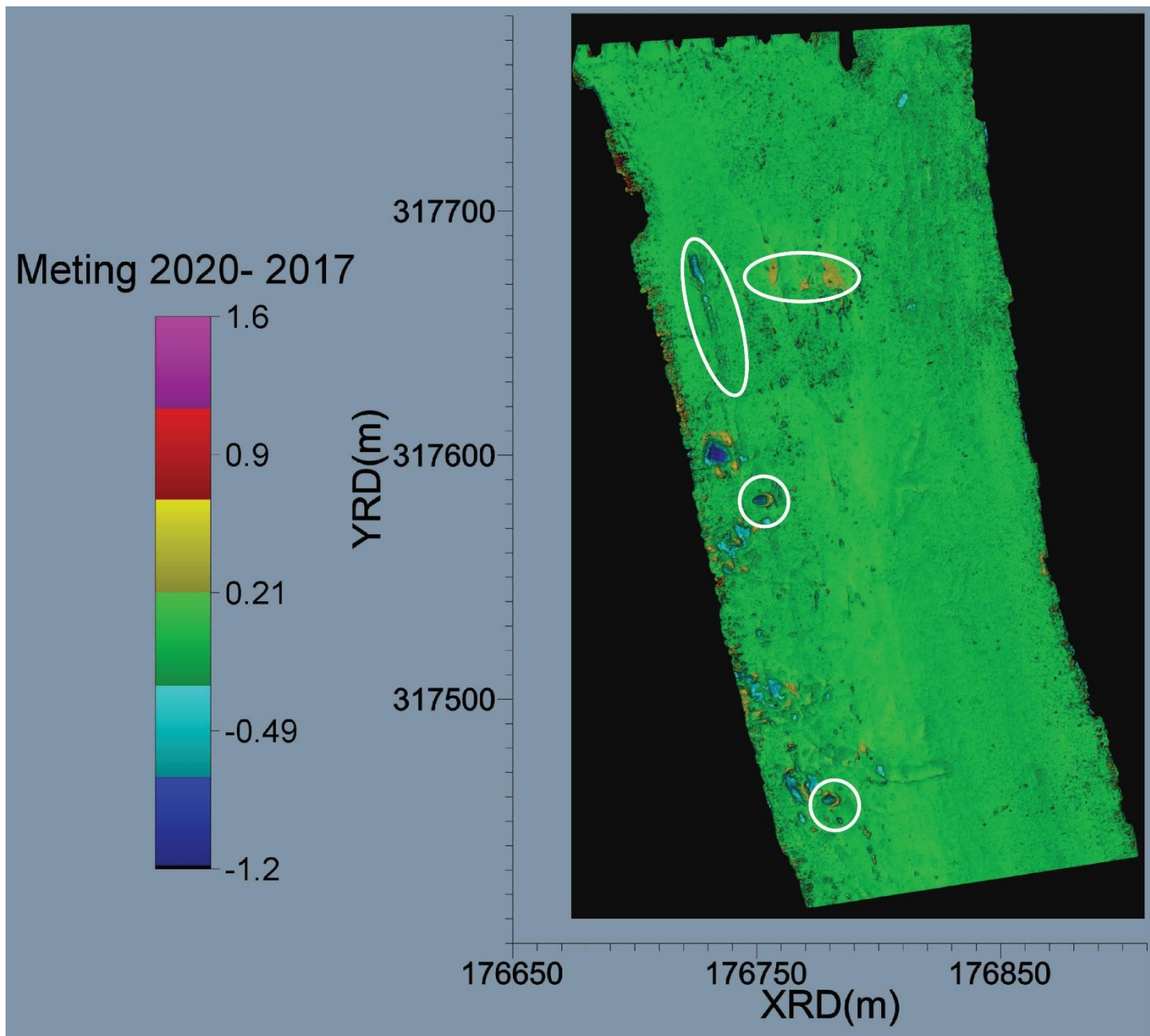
Afbeelding 9 Detail van Afbeelding 8 met de locatie van archeologische structuren.



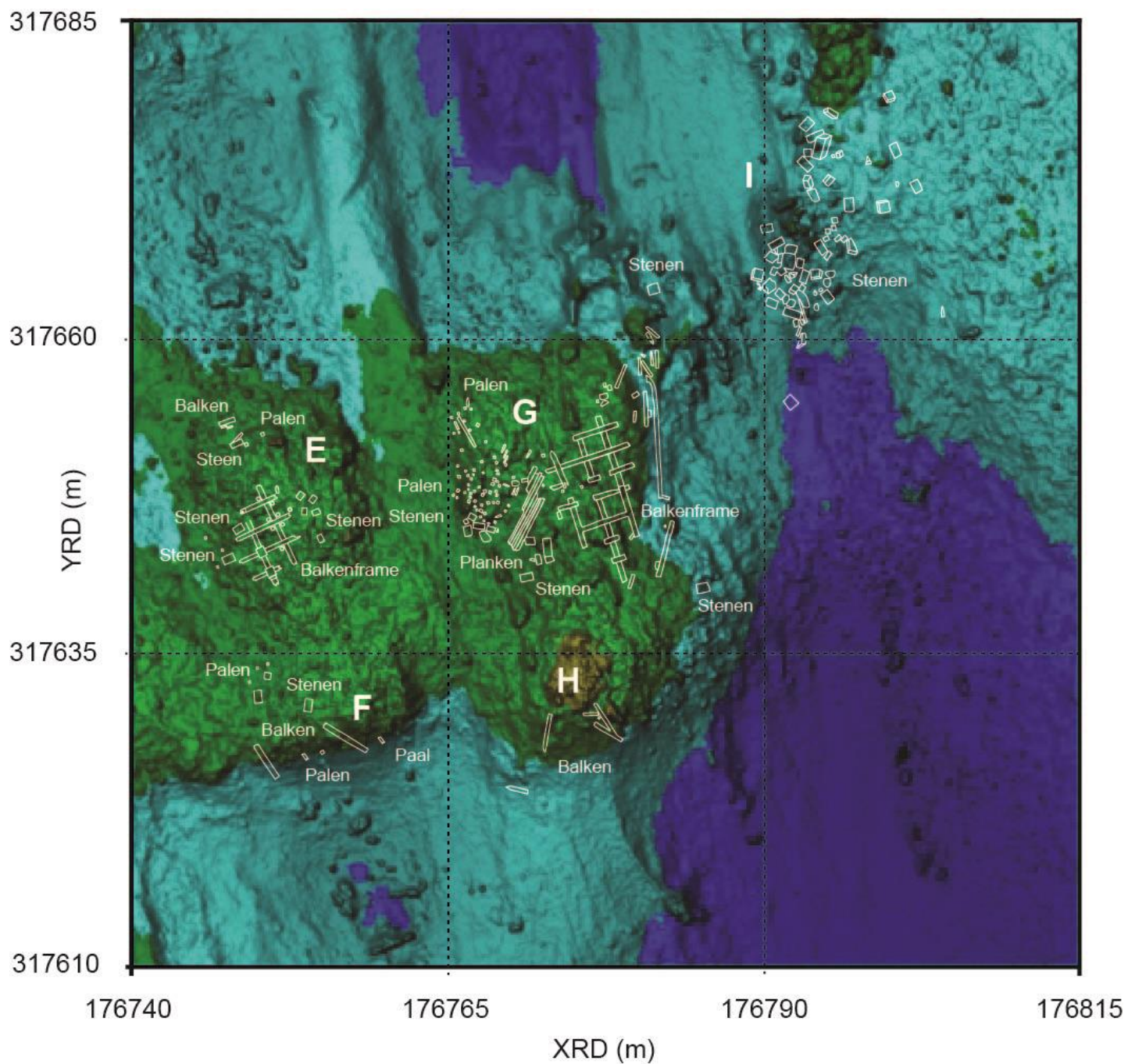
Afbeelding 10 Detail van Afbeelding 8 in westelijke kijkrichting.



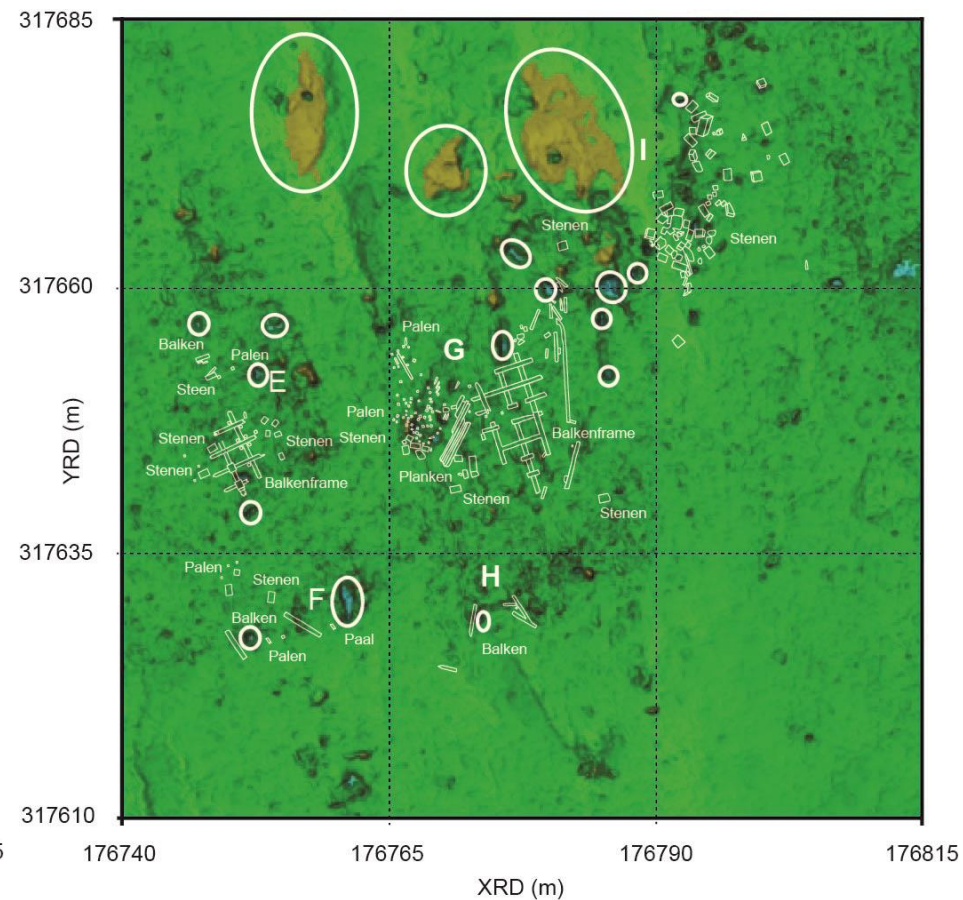
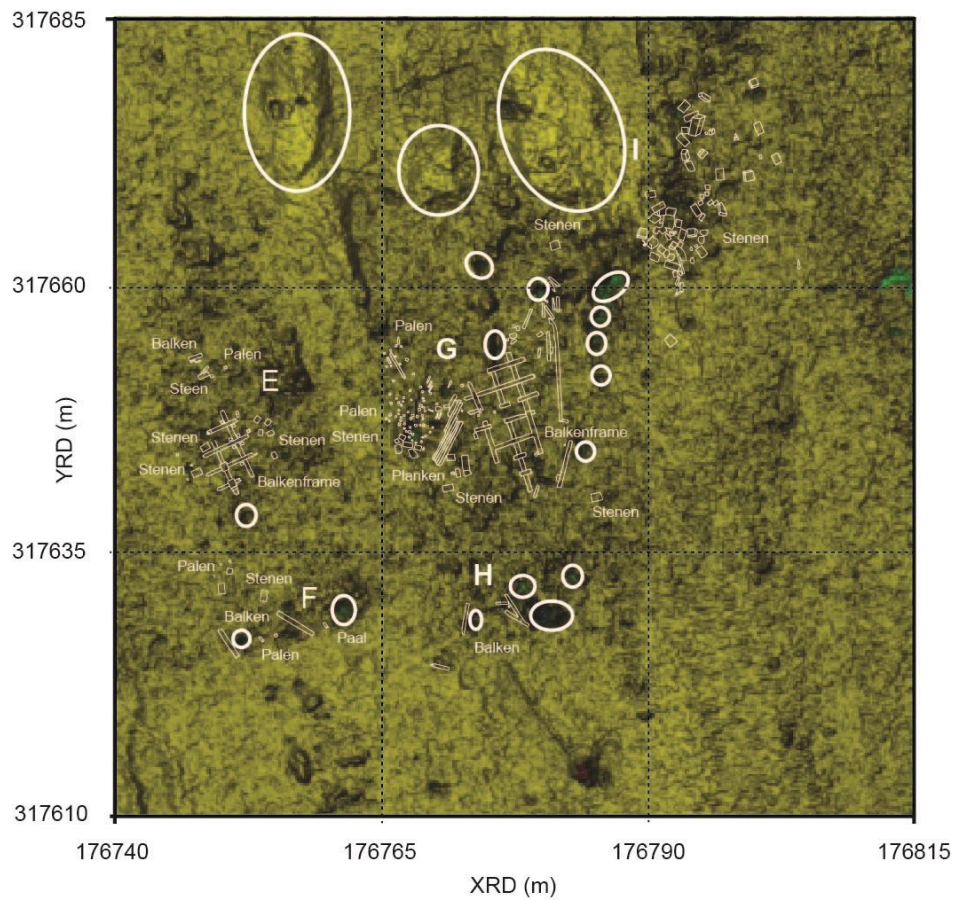
Afbeelding 11 De weergave van de verschilberekening van de metingen van 2014 en 2020.



Afbeelding 12 De weergave van de verschilberekening van de metingen van 2017 en 2020.



Afbeelding 13 Detail van Afbeelding 8, orthogonaal geprojecteerd op de bekende archeologische structuren.



Detail van de weergaven van de verschilberekening, geprojecteerd op de bekende archeologische structuren.

Afbeelding 14 Verschil tussen de metingen van 2014 en 2020.

Afbeelding 15 Verschil tussen de metingen van 2014 en 2020.

Bijlage 1 Parameterinstellingen voor Surfer ®

Kriging Advanced Options

General Search Breaklines

☐ No Search (use all of the data)

Number of sectors to search: 4

Maximum number of data to use from ALL sectors: 64

Maximum number of data to use from EACH sector: 16

Minimum number of data in all sectors (node is blanked if fewer): 8

Blank node if more than this many sectors are empty: 3

Search Ellipse

Radius 1: 1

Radius 2: 1

Angle: 0

OK Annuleren Toepassen Help

Literatuurlijst

- Besselaar, J.A. van den, Rapportage verkenning Romeinse Maasbruggen, 1998.
- Brenk, S. van den en Cassée, R.W., Inventariserend veldonderzoek (opwaterfase) Romeinse brugresten, Maastricht, Periplus Archeomare rapport 18A003-02, Seinen, P.A., Rapport Verkenning Romeinse brugresten in de Maas bij Maastricht, 2018
- Stichting Mergor in Mosam 2013.
- Seinen, P.A., Rapport Meer Romeinse brugresten in de Maas bij Maastricht
- De Maasbodeme geeft steeds meer geheimen prijs, Stichting Mergor in Mosam, 2015
- Seinen, P.A., Rapport: Verkenning rond het nieuw ontdekte pijlgebied Deel I, Stichting Mergor in Mosam, 2016
- Seinen, P.A., Rapport: Verkenning rond het nieuw ontdekte pijlgebied Deel II, Stichting Mergor in Mosam, 2017.
- Seinen, P.A., Analyse van Multibeam metingen Rijkswaterstaat 2014- 2017, Stichting Mergor in Mosam, 2018.
- Seinen, P.A., Project Dertien Provinciën Nieuwe ontdekkingen op de resten van de Romeinse Maasbruggen Deel I, Stichting Mergor in Mosam, 2020.
- Seinen, P.A., Project Dertien Provinciën Nieuwe ontdekkingen op de resten van de Romeinse Maasbruggen Deel II, Stichting Mergor in Mosam, 2020.
- Vos, A.D., Resten van Romeinse Maasbruggen in de Maas bij Maastricht, Rapportage AM 100, ROB, 2004.

Referenties

- ¹ 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
- ² Besselaar, J.A., Rapport 1998.
- ³ Vos, A., Rapport 2004.
- ⁴ Gilbert Soeters, Gemeentelijke archeologie Maastricht
- ⁵ Hans Brinkhof, Stichting Romeinse Brug Maastricht, alsmede Rijkswaterstaat.
- ⁶ Seinen, P.A., 2018.

⁷ Michiel Hut, Rijkswaterstaat 2020.

⁸ Seinen, P.A., Rapporten 2020, Deel I en II.

⁹ Brenk, 2018.

¹⁰ Seinen, P.A., Rapporten 2020, Deel I en II.

¹¹ Seinen, P.A., Rapporten 2020, Deel II.