



Projectnaam:	Pons Mosae
Locatie:	Maastricht
Periode:	26 augustus 2017
Werkgebied:	Rond de Romeinse brugresten
Coördinaten:	Topokaart 69W / Centraal coördinaten: XRD 176749.5 m YRD 317645.5 m
Auteur:	Peter Seinen
Rapportnaam:	MiM-Rapport-PMM-2017-F
Rapportdatum:	2-1-2018

Verkenning rond het nieuw ontdekte pijlgebied Deel II

Afbeelding 1 Terugkeer van de Romeinen naar hun bruggen.
Ze worden niet blij van de manier waarop de bruggen de afgelopen millennia zijn beheerd...
Nu moet er weer geroeid worden...



Foto: RomeinenNu: Victoria in Maastricht

Inhoudsopgave

Samenvatting	3
1. Inleiding	4
2. Doelstellingen verkenning	5
3. Beschrijving van de site	5
4. Methodes en technieken	5
5. Resultaten en discussie	5
5.1 Algemene gegevens	5
5.2 Duikgegevens	5
5.3 Waarnemingen	6
5.4 Metingen	7
5.5 Speciale metingen: multi-beam sonar	7
5.6 Wat nog meer te leren valt	16
6. Conclusies	18
7. Aanbevelingen	18
Appendices	20
Literatuurlijst	42
Referenties	42

Verzendlijst:

Gemeente Maastricht: Archeologie Team Ontwerp
Gilbert Soeters

Gemeente Maastricht: Beleid en ontwikkeling
Jos Cremers

Mergor in Mosam

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

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

Landelijke Werkgroep Archeologie Onderwater

Geert van der Velde en Rik Joziassse

Rijkswaterstaat:

Hans Brinkhof, Carla Beaulen-Baltussen, Math Lemmens

Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed:

Naar wens van Gilbert Soeters

Samenvatting

In 2017 voerde de Stichting Mergor in Mosam in samenwerking met Gilbert Soeters en Hans Brinkhof, verkenningen uit in de Maas bij Maastricht, op de locaties met de resten van Romeinse brugpijlers. De doelen van de verkenningen waren:

- Vastleggen van de progressieve erosie van het in 2015 ontdekte balkenframe (Gebied E), alsmede het eventueel opmeten en inmeten van nieuwe structuren.
- Verkennen van het gebied ten zuiden van het balkenframe (Gebied F), met eveneens een hoge archeologische verwachting.

Naast deze resultaten werd nog een analyse gemaakt van de structuur van de brug aan de hand van de gecombineerde meetdata van Mergor in Mosam en het NISA project (Vos 2000).

Tenslotte werd een analyse gemaakt van de evolutie van het bodemprofiel met behulp van Multibeam Sonar data (bodemprofielen) van Rijkswaterstaat.

Resultaten van de verkenningen

Gebied E vertoonde vergeleken met 2016 weinig tot geen erosie.

Gebied F gaf slechts de reeds bekende losse natuursteen blokken prijs.

Tussen de gebieden E en F werd een nog onbekende eikenhouten balk ontdekt, die waarschijnlijk wel bij de structuur van het balkenframe hoort, maar mogelijk niet in-situ ligt

Resultaten van de analyses

Uit de posities, oriëntaties en bespiegelingen van een mogelijke Romeinse lengtemaat, kon van de twee nu bekende balkenframes een schatting van een mogelijke pijlerafstand en minimale pijlerbreedte worden gemaakt, respectievelijk 26.8 m (90 Romeinse Pes Monetalis) en 16.7 m.

De evolutie van het bodemprofiel tussen 2014 en 2017 laat weinig verandering zien. De bodem rond de verhogingen die (waarschijnlijk) archeologische resten bevatten, erodeert langzaam weg. Een vergelijking met data van vroegere jaren kan voor betere inzichten zorgen.

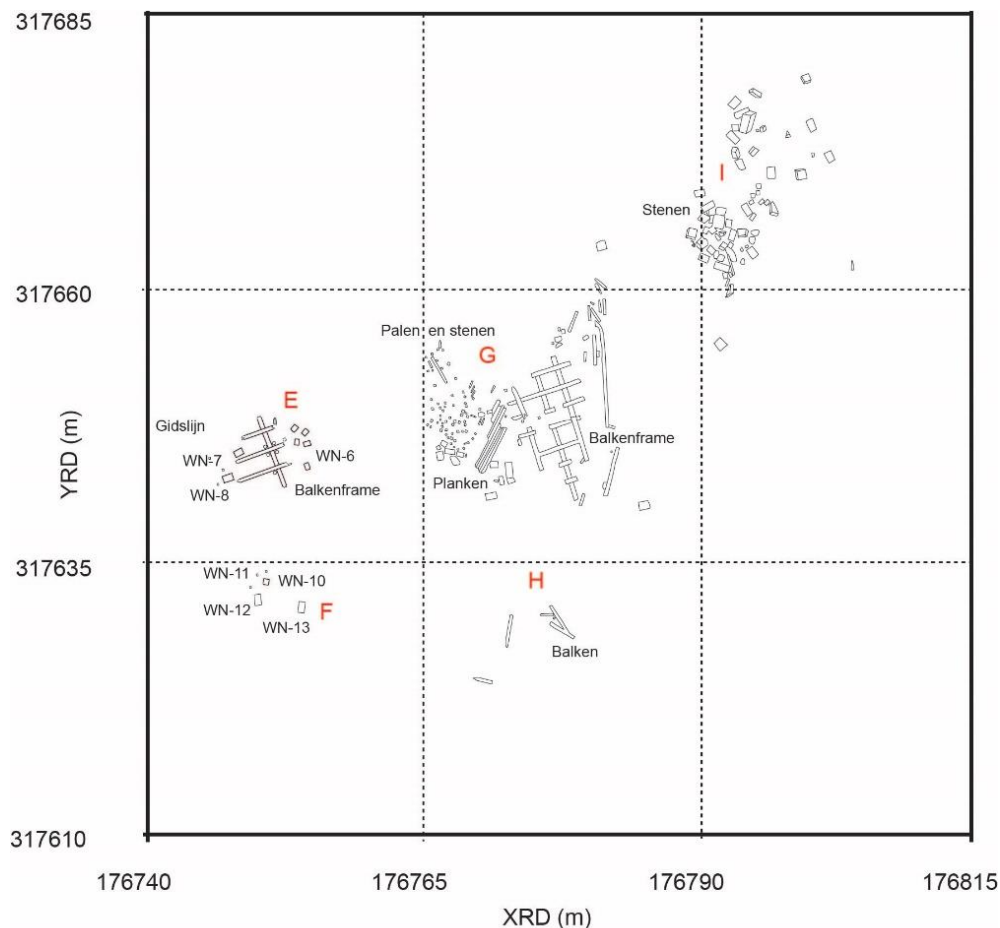
1. Inleiding

De stichting Mergor in Mosam¹ organiseert onderwater verkenningen van potentieel interessante archeologische en paleontologische locaties. De voorloper van de stichting, de WOOR² was in 1993 en 1998 reeds betrokken bij de verkenningen van de resten van de Romeinse brugpijlers in de Maas bij Maastricht³.

Na deze verkenningen voerde het NISA⁴ in 2000 een groot opgezet onderzoeksproject uit (NISA-2000, Vos⁵), waarbij drie gebieden (Gebieden-G, -H en -I, Afbeelding 2) met zeer veel houtresten en natuursteen blokken in kaart werden gebracht.

Ruim 12 jaar later pakte stichting Mergor in Mosam de draad weer op met een groot opgezette verkenning. Aanleiding voor deze verkenning in 2012 was de toenemende zorg over de conservering van de pijlerresten. De zorgwekkende resultaten van sonar-multibeam metingen (metingen-1998-2011-RWS⁶) waaruit de voortschrijdende bodemerosie bleek, voedde deze zorg. Bovendien werd serieus overwogen om voor het gebied de status van Rijksmonument aan te vragen. Deze status werd onlangs (september 2017) officieel verleend. Samen met Gilbert Soeters (stadsarcheologie), de voorzitter van de voormalige Stichting Romeinse Brug Maastricht Hans Brinkhof (Rijkswaterstaat) en de lokale sportduikvereniging MOC⁷ werd in 2012 een grote verkenning georganiseerd, gericht op een groot gebied dat, naast de gebieden op en rond het NISA-2000 onderzoeksgebied, ook de voormalige Jeker monding omvatte.

Afbeelding 2 Overzicht structuren tot 2016.



Op vele nog nooit onderzochte locaties werden houtresten en natuursteen blokken van antropogene herkomst waargenomen⁸. Afsproken werd om op meer regelmatige basis het gebied te blijven monitoren.

Pas in 2015 werd opnieuw in samenwerking met Gilbert Soeters en Hans Brinkhof een verkenning op het pijlgebied en rond de voormalige Jeker monding uitgevoerd. Het doel was het terugvinden en georefereren van de waarnemingen uit 2012. In plaats daarvan werd een nieuw vrijgespoeld (westelijk) eikenhouten balkenframe gevonden (Gebied-E, Afbeelding 2), waarnaar meteen alle aandacht uitging⁹.

In 2016 werd opnieuw in samenwerking met Gilbert Soeters en Hans Brinkhof een vervolg verkenning op de Gebieden-E en -F van het pijlgebied uitgevoerd. Het balkenframe was niet zichtbaar verder aangetast, maar duidelijk over een grotere lengte vrijgespoeld¹⁰.

Ook in 2017 zijn verkenningen uitgevoerd, waarvan verslag wordt gedaan in dit rapport.

2. Doelstellingen verkenning 2017

Doelen van de verkenning waren:

- Het beoordelen van de voortschrijding van het vrijspoelen en de erosie van het nieuw ontdekte pijlgebied (Gebied-E, Afbeelding 2).
- Het nauwkeuriger beschrijven en opmeten van de structuren (eikenhouten frame en antropogene natuursteen blokken) in Gebied-E.
- Het nauwkeuriger verkennen van Gebied F (Afbeelding 2).

3. Beschrijving van de site

De geologische, geografische, historische en archeologische aspecten van de site worden gegeven in Appendix 1.

4. Methodes, technieken en veiligheid

De gebruikte technieken ten aanzien van het aansturen van de duikers, het opmeten van posities, afmetingen & oriëntaties, het vastleggen van metingen en veiligheidsvoorzieningen worden uiteengezet in Appendix 2.

5. Resultaten en discussie

5.1 Algemene gegevens

Gegevens over weerscondities, zichtcondities, stroomsnelheid en waterstanden worden gegeven in Appendix 3.

De weerscondities waren gunstig, de waterstand was normaal, maar de stroomsnelheid was zo laag dat het zwevende fijne sediment, dat onvermijdelijk van de bodem losgewoeld wordt, niet met de stroming wegspoelde. Het gevolg was nagenoeg geen zicht.

5.2 Duikgegevens

Duikgegevens worden gegeven in Tabel 1 in Appendix 4.

Totaal werden 8 duiken gemaakt met 395 duikminuten.

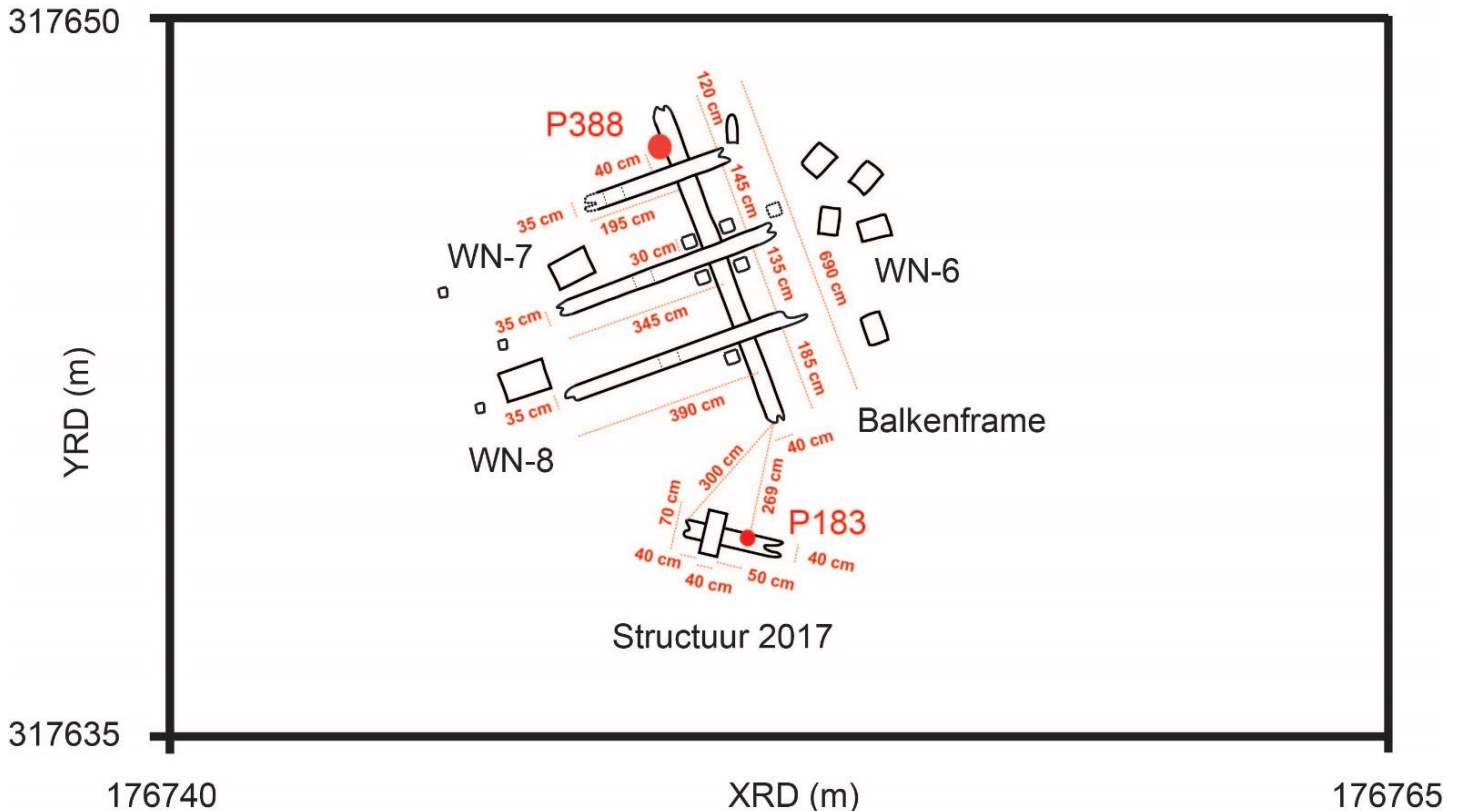
5.3 Waarnemingen

De ruwe vorm van de waarnemingen staan in de getranscribeerde duikrapportjes in Appendix 5.

- Waarnemingen in Gebied-E.

Het eikenhouten balkenframe, omringd door natuursteenblokken van allerlei afmetingen lijkt nog in dezelfde staat te zijn als in 2016. Er werden geen verstoringen of sterke vrijspoeling geconstateerd. Dit is volledig in lijn met de bevindingen die volgen uit de multibeam metingen (zie 5.4 Metingen). Mogelijk ligt de middelste dwarsbalk in oostelijke richting iets meer vrij, tot aan het natuursteen blok (Afbeelding 3).

Afbeelding 3 Close-up van Gebieden E en noordelijk deel van Gebied F met balkenframe en steenblokken.



- Waarnemingen in Gebied-F.

Het zand-grind plateau was, behoudens enkele bekende natuursteenblokken, geheel leeg.

- Waarnemingen tussen Gebieden E en F

Op weg naar Gebied F vanuit Gebied E werd een klein cluster natuursteenblokken waargenomen, waaronder een zware eikenhouten paal stak. De eerste inschatting was dat deze nieuwe structuur dichtbij de zuidelijke punt van het balkenframe zou kunnen liggen en hier misschien wel onderdeel van uit zou kunnen maken. De balk was duidelijk bewerkt, maar vertoonde geen netjes afgezaagde uiteinden.

5.4 Metingen

De metingen van de duikers vallen in drie groepen uiteen: bepaling van de positie van de nieuwe structuur vanaf de oever (trilateratie); bepaling van de oriëntatie van de structuur ten opzichte van het balkenframe; meting van de globale dimensies van de nieuwe structuur. Alle meetwaarden worden gegeven in Appendix 5 en staan afgebeeld in Afbeelding 3.

- Positie van de nieuwe eikenhouten balk.

Direct ten noorden van de balk, 50 cm ten oosten van het natuursteenblok werd een markeringspen geplaatst (Afbeelding 3). Met behulp van trilateratie (Appendix 5) ten opzichte van twee GPS referentiepunten op de oever, werd de exacte positie van de markeringspen P388 in het RD-stelsel bepaald. Daarnaast werd een schatting gemaakt van de onnauwkeurigheid van het berekende resultaat.

De berekening leverde het volgende resultaat:

X-RD = 176751.8 (+/-0.1) m

Y-RD = 317639.4 (+/-0.1) m

NAP = + 40.4 (+/-0.2) m

De hoogte van de balk klopt exact met die van het balkenframe (40.5 +/-0.2 m)¹¹. Dit maakt het waarschijnlijk dat de nieuwe balk onderdeel is van het balkenframe.

- Oriëntatie van de structuur

Door meting van de afstanden tussen de zuidelijkste punt van de centrale balk van het balkenframe en de noordelijke punt van de nieuwe balk enerzijds en de markeringspen anderzijds in te passen in Afbeelding 3, wordt de oriëntatie van de balk duidelijk. De balk lijkt een hoek van 60° te maken met de noord-zuid balk. Dit is in tegenspraak met het oordeel van verkenner, die de oriëntatie van de balk parallel aan de noord-zuid balk veronderstelden. Dit resultaat is gebaseerd op de combinatie van een trilateratie berekening en afstandsmetingen. Een kleine meetfout heeft dan grote gevolgen voor de uitkomst. De balk zou heel anders georiënteerd kunnen liggen.

Het is trouwens niet bekend of deze balk nog in-situ ligt.

- Afmetingen van de structuur

Afbeelding 3 geeft een overzicht voor alle afmetingen van het balkenframe en de nieuwe structuur. De lengte van de balk bedraagt minimaal 130 cm, maar verdwijnt aan de zuidelijke kant in de bodem. De breedte van de balk (40 cm) past goed bij die van de afmetingen van het balkenframe (noord-zuid balk is ook 40 cm breed). Dit maakt het waarschijnlijk dat de nieuwe balk onderdeel is van het balkenframe, al dan niet in-situ.

5.5 Speciale metingen: Sonar-Multibeam

In het MiM-rapport van 2013¹² wordt een eerste beoordeling van de erosie van de rivierbodembodem gemaakt, op basis van de vergelijking van een sonar-single-beam opname uit 1995 met een sonar-multibeam opname uit 2008 alsmede van de vergelijking van sonar-multibeam opnames uit 1998 en 2011¹³. Het betreft hier verticale projecties van verschilwaarden van bodemdieptes (+NAP), waaruit duidelijk een voortschrijdende erosie blijkt.

Eind 2017 stelde RWS, na bemiddeling van Hans Brinkhof, nieuwe sonar-multibeam (ruwe) data van metingen uit de jaren 2014 t/m 2017 ter beschikking. Dit stelde ons in staat om naast

verticale projecties ook 3D representaties¹⁴ te maken (met speciale dank aan Bas Verbeek¹⁵ en Oleg Paskrakou¹⁶), die veel meer informatie bieden.

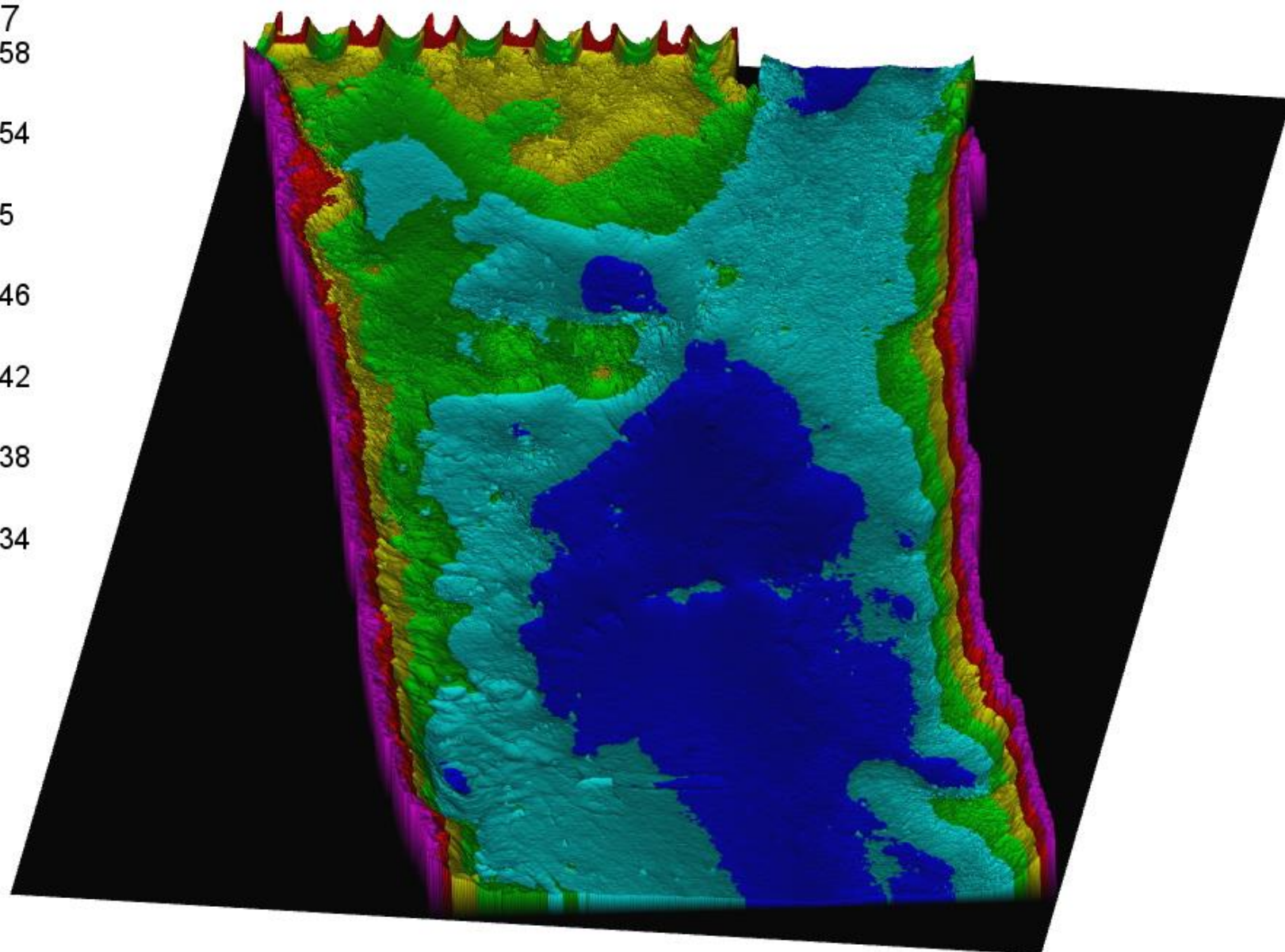
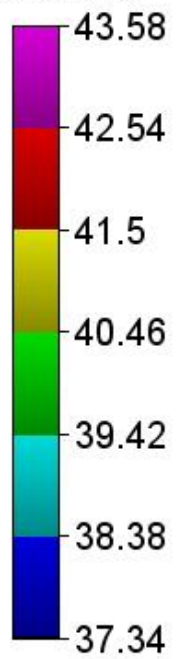
Afbeelding 4 laat een noordwaarts gerichte schuine (oblique) blik op de rivierbodem ruim rond het gebied van interesse. Op de achtergrond (noord) zijn de aanzetten van de pijlers van de Servaesbrug goed te herkennen. Aan de rechterzijde (oost) is de vaargeul te zien. Duidelijk is te zien dat de hoofdstromen door dit deel van de rivier zich om een ondiepte net midden-voor de Servaesbrug heen moeten wringen. Meer naar het zuiden vormen de gebieden van archeologische interesse (Gebieden E, F, G en H) een duidelijke obstructie. Deze obstructie is de laatste rest van de ondiepte die al eeuwen de “dam” genoemd wordt. Om begrijpelijke redenen, zoals te zien is.

Naast de herkenbare bodemprofilering van de archeologische sites, zijn er nog veel meer interessante structuren te zien, zoals de contouren van een bootachtig vorm, ten zuiden van de archeologische gebieden.

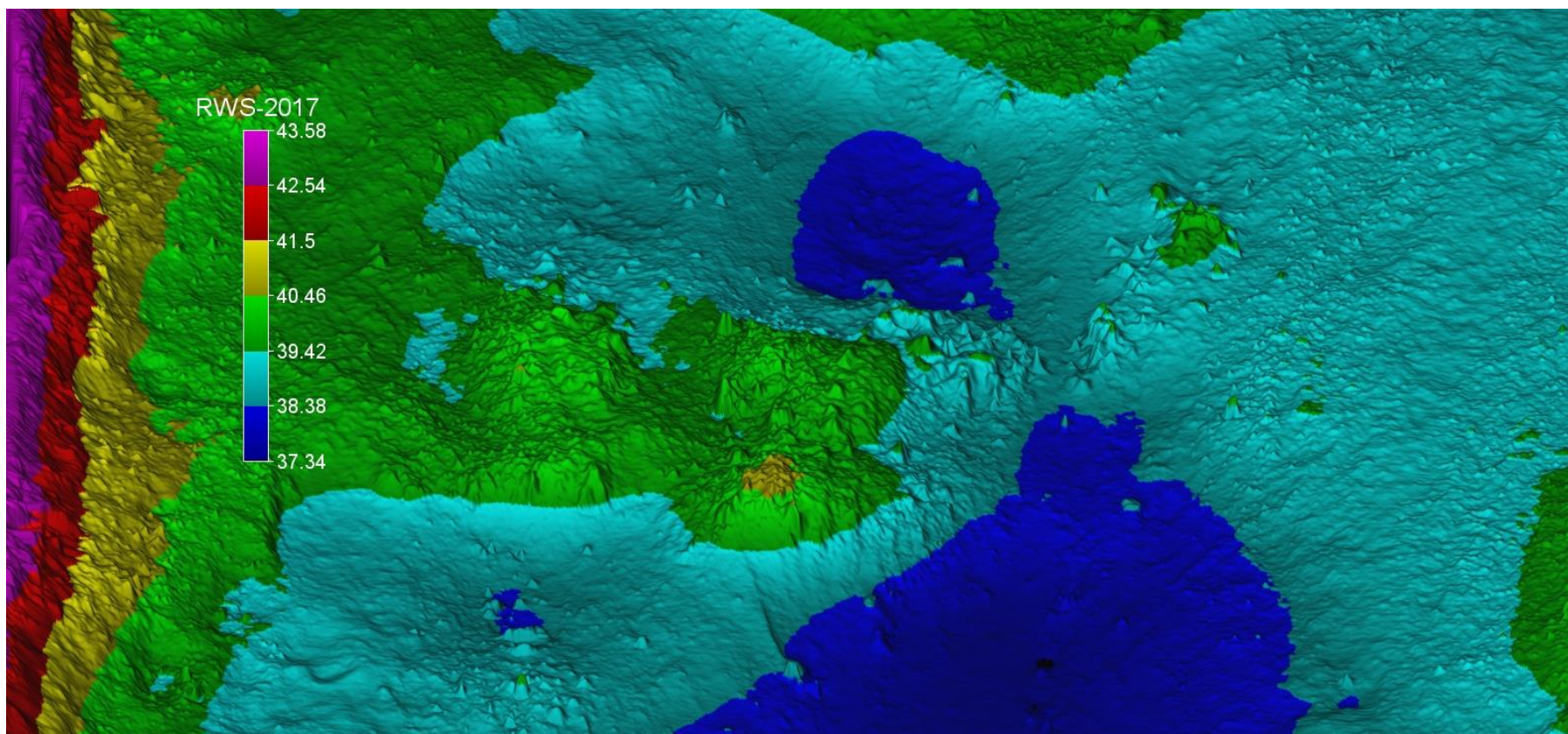
Afbeeldingen 5 en 6 laten een close-up van de bovengenoemde gebieden zien, in respectievelijk noordwaartse en westwaartse richtingen. Hiermee wordt de wijze waarop deze ondieptes ten opzichte van de diepere gedeeltes liggen inzichtelijker. Opvallend is de steile rand aan de zuidelijke rand van Gebieden F en H. Ook Gebied I, waar Vos een steenblok concentratie beschreef, vormt een duidelijke verhoging naast de vaargeul. De ondiepte net ten noorden daarvan suggereert dat de stenenconcentratie nog verder doorloopt.

Afbeelding 4 Sonar-multibeam (RWS) uit 2017 van het vak tussen Hogebrug en Servaesbrug (noord).

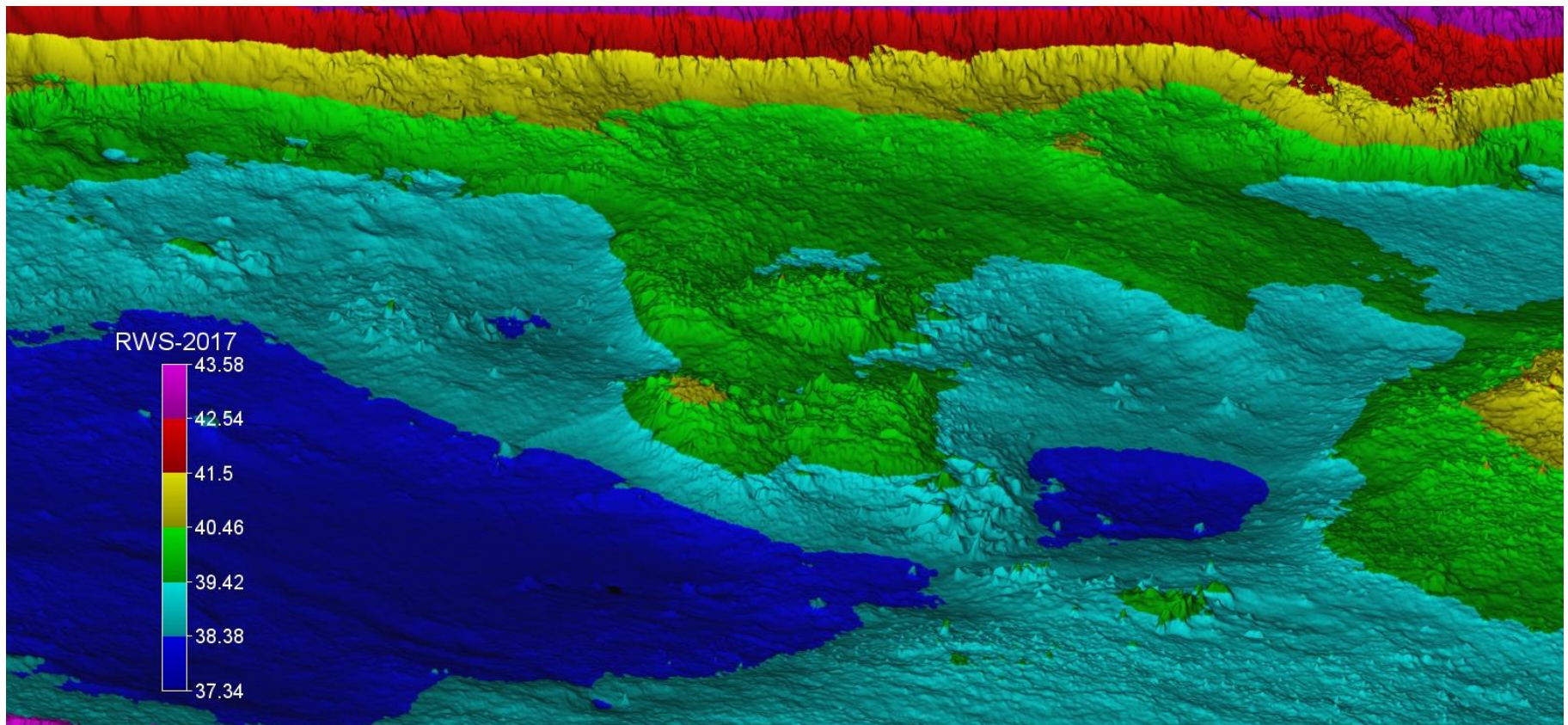
RWS-2017



Afbeelding 5 Close-up van Afbeelding 4 van Gebieden E, F, G, H en I met kijkrichting noord.



Afbeelding 6 Close-up van Afbeelding 4 van Gebieden E, F, G, H en I met kijkrichting west.



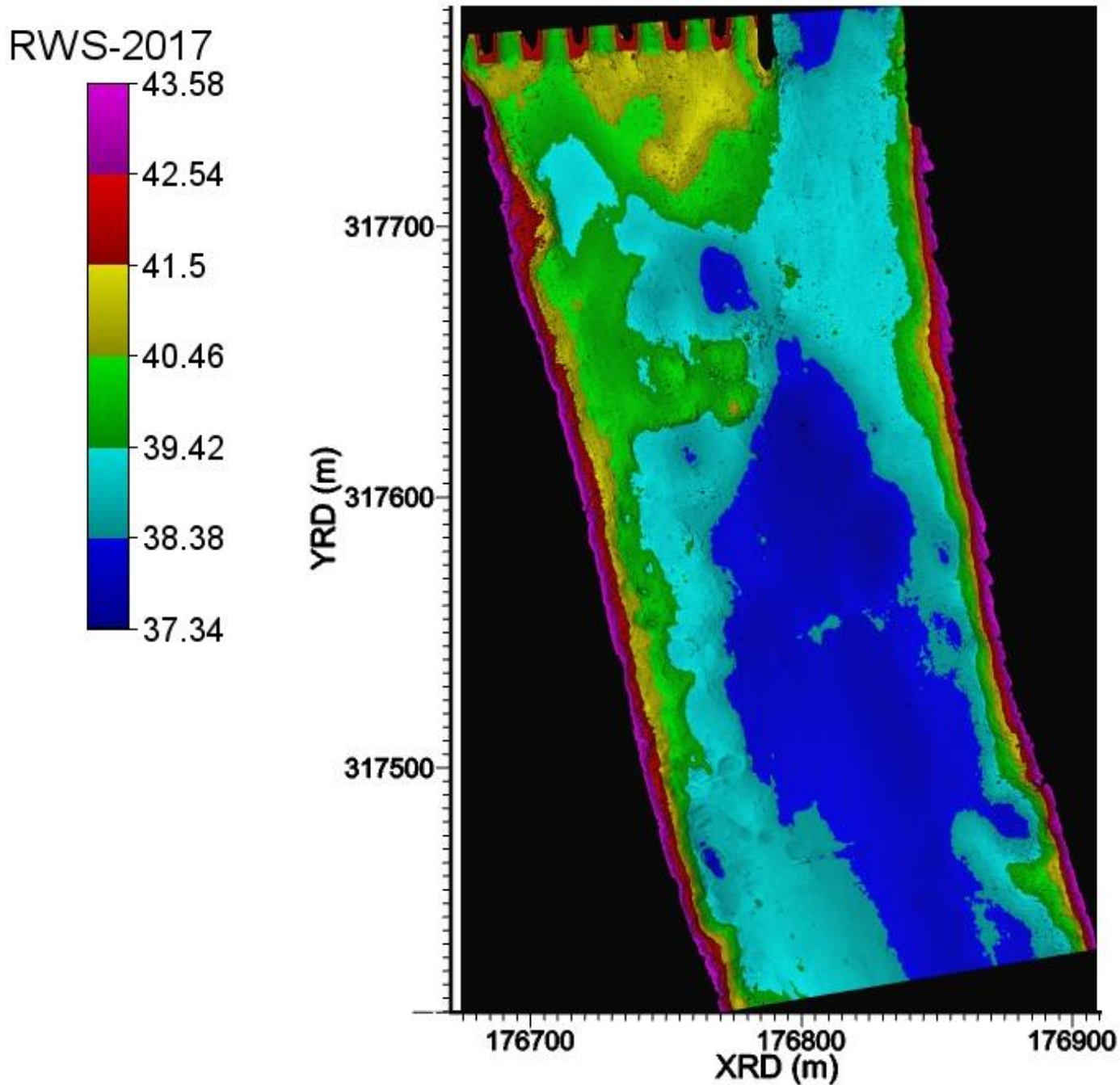
Afbeelding 7 laat een loodrechte projectie van de totale sonar-multibeam meting uit 2017 zien. De archeologische sites zijn goed waarneembaar. Afbeelding 8 geeft een close-up van de Afbeelding 7 waarop de structuren in de Gebieden E, F, G, H en I geprojecteerd zijn. De combinatie van de twee plaatjes maakt duidelijk waarom de verhogingen van Gebieden H en I alsmede de lichte ondiepte tussen H en I bestaan.

Afbeelding 9 laat de verschilmeting tussen 2014 en 2017 zien. De rode en gele kleur duiden respectievelijk een verlaging en een verhoging van het bodemniveau aan, wat zich voor het gehele gebied dus afspeelt tussen +/- 45 cm. De gebieden die archeologisch van belang zijn worden gevangen binnen +/- 20 cm.

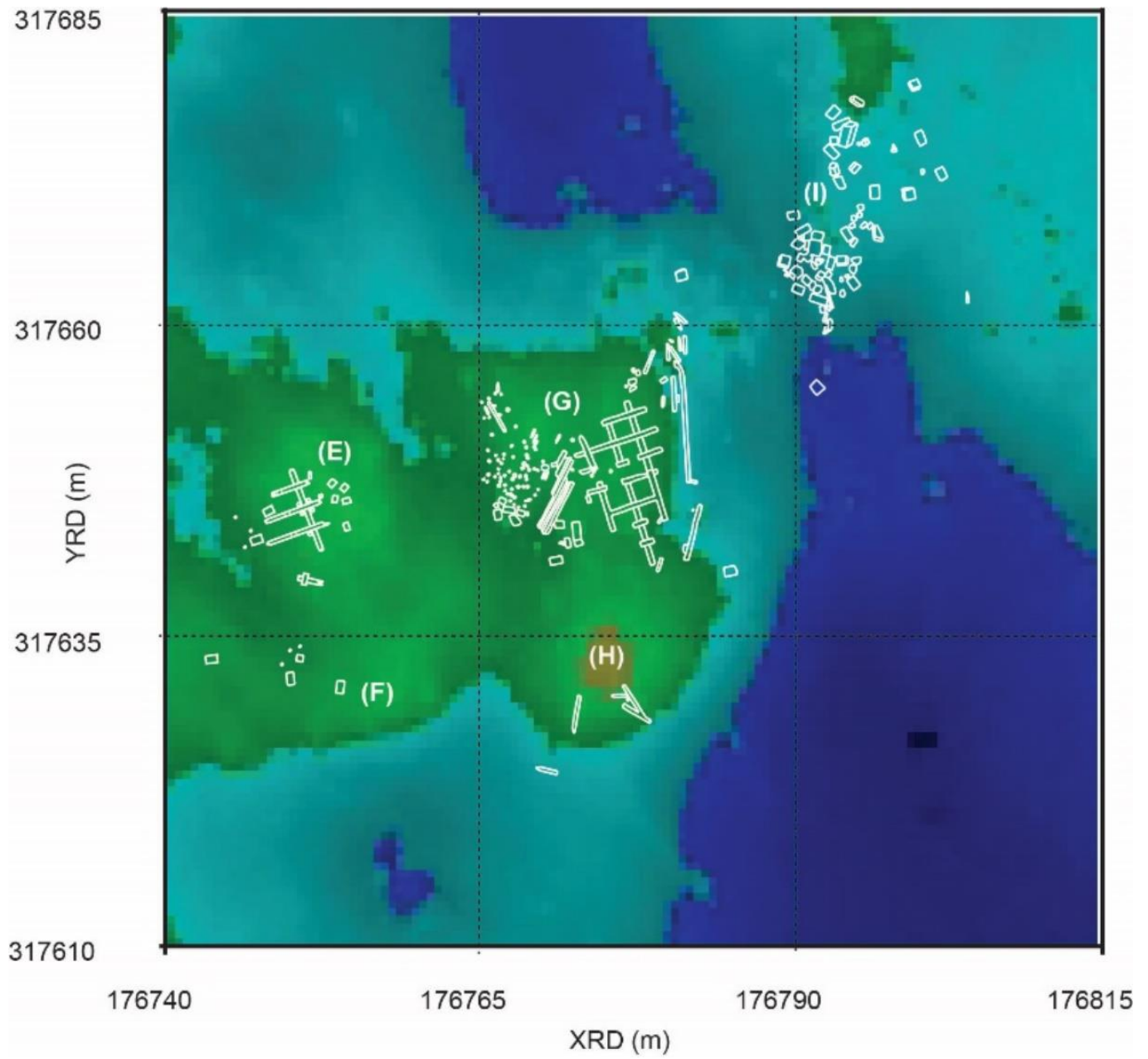
Afbeelding 10 laat analoog aan Afbeelding 8 de projectie van de structuren van de genoemde gebieden op de verschilmeting van Afbeelding 9 zien. Opvallend is dat de posities met de structuren (geel) nauwelijks te lijden hebben van erosie en de gebieden daaromheen (rood) wel. Dit fenomeen is bekend uit onderwaterarcheologie, waarbij objecten (obstructies) die vrij van sediment komen te liggen, het stromingspatroon beïnvloeden (stroomversnellingen) en hierdoor de erosie versnellen¹⁷. Het resultaat is dat deze objecten op den duur zelf onderspoeld raken en uiteenvallen.

Om een beter gewogen beeld te krijgen van de erosie op langere termijn, verdient het de aanbeveling om de sonar-multibeam metingen te vergelijken met veel vroegere metingen. De eerste metingen dateren van 1998. RWS zal verzocht worden om deze data te mogen gebruiken voor nadere analyse.

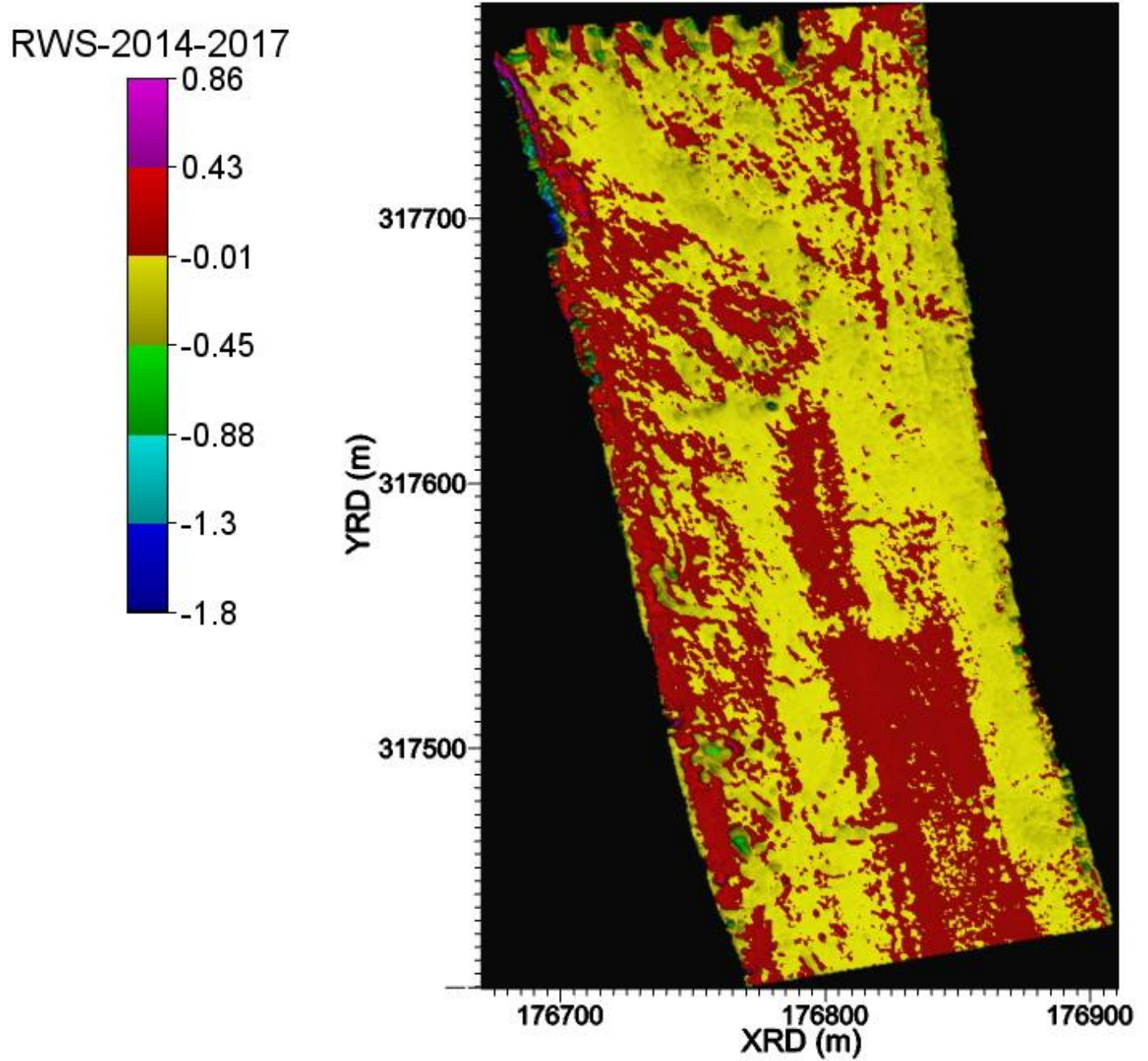
Afbeelding 7 De geogerefereerde verticale projectie van de sonar-multibeam (RWS) meting uit 2017.



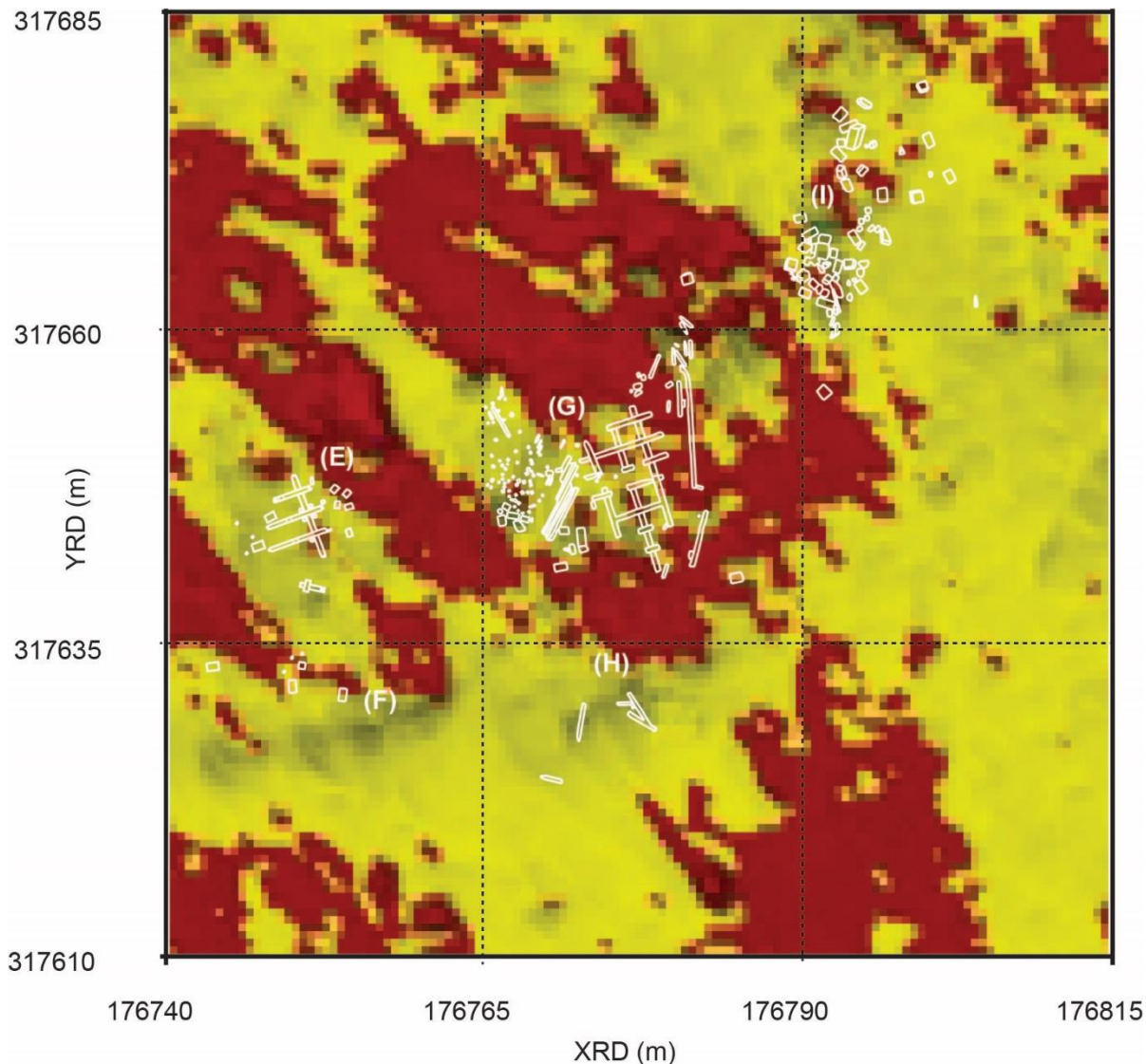
Afbeelding 8 Projectie van alle structuren op de sonar-multibeam (RWS) meting uit 2017.



Afbeelding 9 De geogerefereerde verticale projectie van de sonar-multibeam (RWS) verschil meting tussen 2014 en 2017.



Afbeelding 10 Close-up van Afbeelding 9 met de projectie van de structuren.



5.6 Wat nog meer te leren valt

In het rapport uit 2016 werd een eerste aanzet gegeven om iets meer te kunnen concluderen over de constructie van de brug.

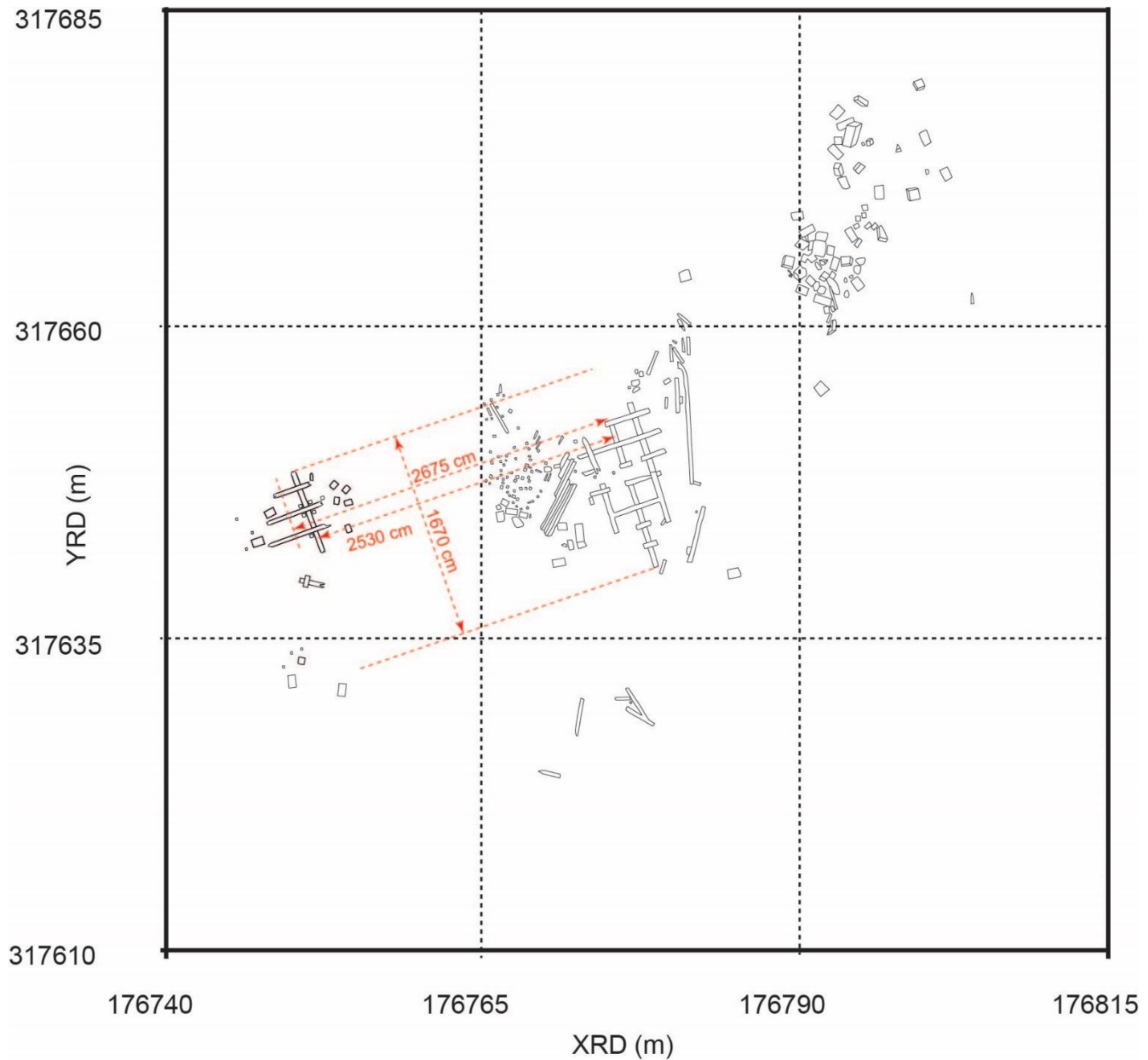
Op basis van de veronderstelling van de posities van de centrale balken van de 2 pijlers, kan een afstand tussen de pijlers worden berekend. Veronderstellende dat de centrale balk in de uitsparingen van het westelijke deel van de zijbalken gelegen heeft is de afstand berekend op 2675 cm, wat in de Romeinse maten van de Pes Monetalis (0.296 m) 90.4 PM en de Pes Drusianus (0.333 m) 80.3 PD oplevert. Als de huidige noord-zuid gerichte balk de centrale balk zou zijn, wordt de afstand 2530 cm, wat weer in de Romeinse maten 76.0 PD en 85.5 PM oplevert. Vanuit de eenvoud van de getallen (eenheden van 10) zou de afstand van 2675 cm het meest voor de hand liggen. Er zal nog iets meer moeten vrijspelen om meer inzicht te krijgen en dat gaat ongetwijfeld gebeuren.

Naast de afstand tussen de pijlers kan ook iets meer geconcludeerd worden over de lengte van de pijlers. Op basis van de gegevens van Vos kan een minimale lengte van 1370 cm aangenomen worden. Als we veronderstellen dat de as van de brug loodrecht op de lengte

van de pijlers ligt, volgt uit Afbeelding 11 een lengte van minimaal 1670 cm. Het is de moeite waard om het proefschrift van Panhuysen¹⁸ op te duiken om te kunnen zien wat bekend is over de afmetingen van de meest westelijke pijler (of die als zodanig geïnterpreteerd is) die bij opgravingen op de oever is teruggevonden. Bespiegelingen over een Romeinse maat hebben op dit moment niet veel nut.

Afbeelding 11 laat ook zien dat de noord-zuid balk van het westelijke balkenframe nog minimaal 10 m in zuidelijke richting heeft doorgelopen en dat misschien nog doet.

Afbeelding 11 Geogereferereerd overzicht van de archeologische structuren.
De relatie tussen de balkenframes.



Nog even alles op een rijtje:

- Het balkenframe in Gebied E vertoont niet meer erosie of vrij-spoeling in vergelijking met 2016. Mogelijk is de middelste zijbalk in oostelijke richting vrijgespoeld tot aan het natuursteenblok.
- In Gebied F werden naast de reeds bekende natuursteen blokken, geen houten palen of balken waargenomen.
- Net ten zuiden van het balkenframe werd een onbekende eikenhouten balk waargenomen. Op de balk lag een los natuursteen blok.
- De onbekende balk hoorde, op basis van de afmeting van de balk (40 cm) en de hoogte waarop deze ligt (40.4 m), waarschijnlijk bij het balkenframe. De balk ligt mogelijk niet meer in situ.
- Op basis van de posities en oriëntaties van de twee bekende balkenframes, in combinatie met een eenvoudige Romeinse maatvoering, kan een voorstel voor de afstand en afmeting (lengte) van de pijlers worden gegeven.
Pijlerafstand: 26.75 m
Minimale lengte: 16.70 m
- Meting van het profiel van de rivierbodem met behulp van sonar-multibeam van RWS laat tussen 2014 en 2017 geringe erosie (maximaal +/- 20 cm) zien.
- Het bodemprofiel laat zien dat de gebieden waar archeologische resten zijn aangetoond, duidelijk verhoogd liggen ten opzichte van de omgeving (veroorzaakt door wegspoeling van de omgeving) en door stroomversnelling extra erosie kunnen veroorzaken.

6 Conclusies

- Het westelijke balkenframe (Gebied E) is vergeleken met vorig jaar niet waarneembaar verder vrijgespoeld of geërodeerd.
- Op Gebied F (ten zuiden van Gebied E) werden naast de eerder waargenomen natuursteen blokken, geen andere structuren waargenomen.
- Met de huidige informatie over afstanden en oriëntaties van beide balkenframes (westelijk en oostelijk) kunnen veronderstellingen met betrekking tot de constructie van de brug gemaakt worden:
 - De afstand tussen de harten van de pijlers is waarschijnlijk 26.8 m
 - De lengte van de pijlers is minimaal 16.7 m
 - De noord-zuid georiënteerde balk van het westelijke balkenframe zou nog minimaal 10 m in zuidelijke richting door moeten lopen.
- De tijdens deze verkenningen waargenomen balk, ten zuiden van het westelijke balkenframe, maakt waarschijnlijk deel uit van het frame, maar ligt mogelijk niet meer in situ.
- De bodemprofielen, bepaald met sonar-multibeam metingen, laten helder zien dat de gebieden waar archeologie in de bodem aangetoond is, een barrière voor de stroming vormen die daardoor zelfs op korte termijn (2014- 2017) een versnelde erosie van hun omgeving veroorzaken.

7 Aanbevelingen voor vervolgonderzoek

- Het formuleren van een meerjarenplan, voor verkenningen op de bekende sites en daarbuiten, in overleg met Gilbert Soeters en Hans Brinkhof. We gaan een overleg plannen.

- Het zichtbaar maken van de effecten van erosie over een langere termijn (1998- 2017). We gaan RWS verzoeken om deze data te verstrekken.

Tijdens de plechtige verheffing van de Maastrichtse pijlergebieden tot Rijksmonument lag het cruise-schip “Valetta” met haar grote schroeven akelig dicht bij de pijlergebieden afgemeerd. Een vergelijkbare situatie doet zich voor in de Maas bij Cuijk, waar het afmeren van grote schepen in combinatie met de stroming van de rivier een unieke archeologische site bedreigen. De erfgoedwetgeving, gebaseerd op het verdrag van “Valetta”, vormt helaas geen basis voor bescherming van archeologische sites die door de natuur bedreigd. De naam “Valetta” als bedreiging voor het jonge monument heeft dus een dubbele betekenis.

Afbeelding 12 Cruise-schip “Valetta” boven het nog jonge Rijksmonument.



Appendix 1 Beschrijving van de site.

• Geografie en Geologie

De site ligt volledig in de Maasbedding zuidelijk van de Sint Servaes brug en maakt deel uit van de Maasterrassen, waar zand- en grind-afzettingen een dikke mergel laag afdekken.

In de Romeinse tijd (50- 400 AD) was de loop van de Maas circa 50 m westelijker. De rand van het diepe gedeelte van de huidige vaargeul valt ruwweg samen met de Romeinse oostelijke Maasoever. Resten van een bruggenhoofd op de westelijke Maasoever zijn teruggevonden ter hoogte van de rand van de huidige bebouwing¹⁹.

• Historie

De laatste stenen (?) brug van mogelijk Romeinse oorsprong wordt vanaf de vroege Middeleeuwen genoemd en zou nog tot in de Middeleeuwen als brug gefunctioneerd hebben, tot deze tijdens een processie in 1275 instortte. Tot dusver is nog geen archeologisch bewijs gevonden voor reparaties aan de brug na de Romeinse tijd. Dat zou betekenen dat de brug ruim 800 jaar gefunctioneerd zou hebben zonder reparaties, wat zeer onwaarschijnlijk is. Deze ongerijmdheid wacht nog op een verklaring. Het is ook maar de vraag of de Middeleeuwse brug wel op dezelfde positie als de Romeinse bruggen lag.

De Romeinse brugresten zijn overigens, tot de waternormalisatie van de Maas, nooit helemaal uit het zicht verdwenen geweest. De resten maakten deel uit van de “dam”, een ondiepte die kennelijk regelmatig droog viel tijdens laagwater. Het is niet duidelijk of deze dam ook benut werd als oeververbinding in het laagwater seizoen en hiervoor onderhouden werd,

• Archeologie

Archeologische beschrijvingen en onderzoeken aan de brugresten (de “dam” in de volksmond) zijn van 1923 tot 1999 met grote tussenpozen uitgevoerd. Een overzicht:

- In 1923 werd voor de eerste keer melding gemaakt van de vondst van zware houten palen en stenen tijdens de uitvoering van baggerwerkzaamheden 8 jaar daarvoor. Hierbij wordt voor het eerst een verband tussen de resten en een laat-Romeinse brug gesuggereerd.
- In 1963 werden weer baggerwerkzaamheden uitgevoerd waarbij wederom houten palen en stenen werden geborgen. Deze werkzaamheden werden archeologisch begeleid door de ROB²⁰ in samenwerking met de SOWO²¹
- In 1963- 64 werd het eerste archeologische onderzoek uitgevoerd door duikbedrijf Van der Hidde, in opdracht van de ROB. Hierbij wordt melding gemaakt van het houten raamwerk, alsmede losse balken, palen en stenen, waarvan een deel nog in verband. Intrigerend waren meldingen van delen van natuurstenen boogresten.
- In 1964- 65 werd door van der Hidde aanvullend onderzoek gedaan, dat niet meer gerapporteerd is. Later laat Panhuysen²² het in de zestiger jaren verzamelde hout dateren. Dit geeft de eerste indicatie voor resten van 2 bruggen, gebouwd in de 1^{ste} en 3^{de} eeuw.
- In 1992- 93 werd door de AAO²³ een snelle verkenning uitgevoerd waarbij een zorgwekkende conditie werd geconstateerd.
- In 1998 werd door de WOOR²⁴, ondersteund door de LWAOW²⁵ een verkenning uitgevoerd die de conclusies van de verkenning van 5 jaar eerder bevestigde.
- In 1999 en 2000 werden door RWS en de ROB-NISA²⁶ 2 opgravingprojecten uitgevoerd met als doel het gedetailleerd in kaart brengen van alle zichtbare archeologische resten. Deze projecten hebben uiteindelijk een deels geogerefereerd overzicht opgeleverd, waarin 6

verschillende gebieden worden onderscheiden met dateringen die wijzen op tenminste 3 periodes, de 1^{ste}, 2^{de} en 4^{de} eeuw (het eindrapport (2013) van de verkenning van 2012 geeft een korte beschrijving van de sites, almede een overzicht van de dendrochronologische eikenhoutdateringen²⁷). Materiaal uit de 3^{de} eeuw werd niet meer aangetroffen. Naast de resten van natuursteen en hout werden nog ongeveer 70 deels Romeinse artefacten²⁸ geborgen.

De resultaten, inclusief een complete bibliografie, zijn samengevat door Vos. Detailinformatie is terug te vinden in het projectarchief²⁹

- In 2012 werd door de stichting Mergor in Mosam, in samenwerking met de lokale vereniging van sportduikers Maastrichtse Onderwatersport Club, een verkenning uitgevoerd boven verschillende gebieden: de oude Jekermonding, het brugpijlgebied, en diverse gebieden waar, volgens sonar multibeam metingen (RWS-2011), grote veranderingen (verdiepen van de rivierbodem) opgetreden waren.

Ondanks het zeer slechte zicht werden belangrijke waarnemingen van bewerkte natuursteen blokken gedaan op plaatsen waar nog niet eerder dergelijk materiaal aangetroffen was.

- In 2015 werd door de stichting Mergor in Mosam een verkenning uitgevoerd boven verschillende gebieden: de oude Jekermonding en de 2 ondieptes die op de sonar multibeam metingen (RWS-2011) te zien waren. Het doel van de verkenning was het terugvinden en nauwkeuriger inmeten van de de in 2012 waargenomen objecten (natuursteen blokken en houten palen).

Voor de oude Jekermonding werden de natuursteen blokken ingemeten. De houten paal werd niet meer waargenomen.

Op de meest noordelijke ondiepte werd een houten balkenframe aangetroffen, dat sterk lijkt op de pijler resten meer noordwestelijk. Van het frame werden afmetingen en positie (globaal vanaf een enkele positie aan de oever) bepaald.

- In 2016 werd door stichting Mergor in Mosam een verkenning uitgevoerd boven verschillende gebieden: Gebied-E, waar in 2015 een nieuw houten balkenframe werd ontdekt en Gebied-F, net ten zuiden van Gebied-E.

Het balkenframe was verder vrijgespoeld en werd nauwkeuriger (trilateratie) ingemeten. In Gebied-F werden grote natuursteen blokken waargenomen.

Appendix 2 Methodes, technieken en veiligheid

- Aansturen van de duikers

Duikers werden aan een seinlijn door de seinmeester aangestuurd vanaf de oever met behulp van een lijnsignalen of doken in buddy verband met twee- of drietallen. Behalve bij het positioneren van de gidslijn van staaldraad, werden de gebieden E en F in buddy verband verkend (zie duiktabel Appendix 3).

- Zelfstandig cirkelen

Door het uiteinde van een meetlint in de bodem vast te leggen en met de rol op gepaste afstanden met een strakgespannen lint over de bodem heen en weer te cirkelen, kan zeer efficiënt een groot oppervlak verkend worden. Nadeel van de techniek is het voortdurend blijven steken van het lint achter objecten op de bodem.

- Opmeten van posities, afmetingen & oriëntaties

Metingen onderwater werden uitgevoerd met een oprolbaar meetlint. De oriëntatie werd bepaald met behulp van een onderwater kompas.

Metingen van de referentiepunten (RD-NAP) bovenwater (punt rondeel en piketpaal op het oever-talud) werden uitgevoerd door Jos Cremers (Beleid en ontwikkeling) met behulp van D-GPS.

- Vastleggen van metingen

Metingen en waarnemingen werden vastgelegd door de duiker zelf op een onderwater schrijfleitje of door de seinmeester via de draadloze communicatie.

- Verwerking meetgegevens (trilateratie)

- Het principe

Bij trilateratie wordt de positie van een punt bepaald door het meten van de afstanden van dat punt vanuit twee of meer punten met een bekende positie. De bekende posities (gemeten met GPS) en berekende positie worden in Rijks-Driehoek-coördinaten en NAP uitgedrukt. Om het wiskundig wat eenvoudiger te houden worden de posities eerst geprojecteerd op een enkel NAP vlak. De gemeten (en geprojecteerde) afstanden vormen de stralen van twee cirkels met middelpunten op de bekende posities. Het snijpunt van de twee cirkels levert de RD-coördinaten van de gezochte positie op. De NAP waarde wordt berekend uit de gemeten diepte onder de waterspiegel (gemeten met een dieptemeter van de duiker) en gegevens van het waterniveau (ook een NAP waarde) gemeten door Rijkswaterstaat.

- De meetgegevens en correcties

Afbeelding 12 geeft een schema van het overzicht van de meetwaarden en correcties, alsmede de parameters die de overschatting van de gemeten afstanden corrigeren. Die overschattingen bestaan uit het niveau verschil (NAP) tussen de verschillende posities en het doorhangen van het meetlint.

- De berekeningen

Afbeelding 13 geeft een schema van de berekening van de RD-coördinaten weer met twee resultaten, waarvan een resultaat foutief wordt beoordeeld (deze positie ligt op het land).

- De foutenbeschouwing

Afbeelding 14 geeft een schema van de foutenbeschouwing weer, waarmee de onzekerheid van de berekende coördinaten wordt gegeven. De voornaamste fouten zijn de meetnauwkeurigheden van de bekende posities (D-GPS en NAP), de afleesnauwkeurigheid van het meetlint (ijking en rek), de afschatting van het doorhangen van het meetlint en de onnauwkeurigheid van de waterdieptemeting. De samengestelde fout bedraagt +/- 0.10m. Voor onze doelstelling ruimschoots voldoende nauwkeurig.

- Veiligheid

De verantwoordelijkheid voor de veiligheid van alle deelnemende duikers ligt, zoals tijdens de briefing duidelijk werd aangegeven, bij de duikers zelf. Van hen wordt gedrag verwacht dat hun veiligheid niet in gevaar brengt. Uiteraard neemt de stichting ook organisatorische maatregelen om aan de veiligheid van de deelnemers bij te dragen:

- Voorafgaand aan het evenement werd informatie over de omgevingscondities verzameld en beoordeeld, met betrekking tot de weersverwachting (buienradar.nl), stroomsnelheidsverwachting en watertemperatuur (Rijkswaterstaat) (Appendix 4). Er werd geen vorst, sterke wind of onweer verwacht. De buitenluchttemperatuur schommelde rond 26°C (watertemperatuur rond 21.5°C), De windsterkte bedroeg 2-3 Bft. De stroomsnelheid bleef tussen 3- 7 cm/s (30- 65 m³/s). Prima condities voor een veilige duik.
- Voorafgaand aan het duiken werden tijdens een uitgebreide briefing (check-de-stek) de kenmerken van het onderzoeksgebied beschreven.
- Duiken werden slechts uitgevoerd in het buddy-systeem of doormiddel van lijnduiken met een lijnverbinding met een seinmeester op de oever.
- Als hulpmiddel voor de oriëntatie van duikers werd een gidslijn gespannen tussen het onderzoeksgebied en de oever (het Rondeel).
- De duiken werden volgens de regels der kunst op een duikformulier bijgehouden door de duikleider van dienst.
- Hoewel buiten (ten westen van) de vaargeul werd gedoken werd op een afstand van 15 m ten oosten het onderzoeksgebied, richting vaargeul, een boei met duikbord (blauwwitte duikvlag) geplaatst. In overleg met Rijkswaterstaat werd een verdere signalering niet noodzakelijk geacht. Ook aan de oever werd een bord met duikvlag bevestigd.
- Als medische noodvoorziening waren een EHBDO-koffer en zuurstofkoffer aanwezig.
- De Maasoever vanaf waar gedoken werd heeft een goede toegankelijkheid voor hulpdiensten. Bovendien waren auto's permanent beschikbaar voor het vervoer van mogelijke slachtoffers naar een spoedeisende hulpafdeling.
- In de map van het duikformulier is een lijst opgenomen waarin de noodnummers van het Duik-Medisch-Centrum (Den Helder) staan.

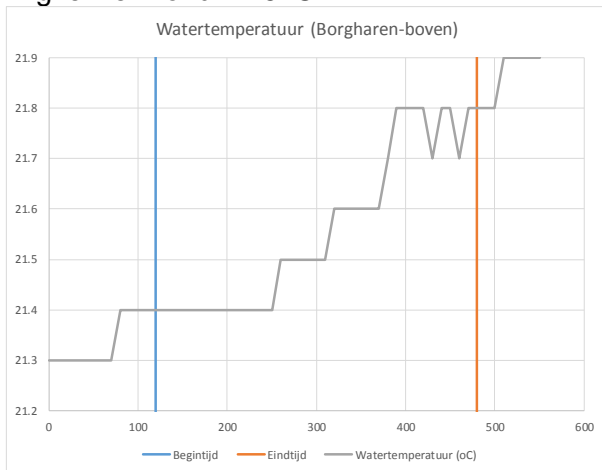
Appendix 3 Duikgegevens.

Tabel 1 Duikgegevens van verkenningsduiken in de Maas bij Maastricht op 26 augustus 2017.

Naam	Duik nummer	Gebied code	Duiktijd min
Martien Verrijt	1	Gebied E	70
Peter Seinen (seinmeester)			
Joost van den Besselaar	1	Gebied E / Gebied F	120
Peter Seinen (seinmeester)			
Geert van der Velde	1	Gebied E	80
Rik Joziasse	1	Gebied E	80
Marc Pennings	1	Gebied E	45
Peter Seinen (seinmeester)			
Joost van den Besselaar	2	Gebied E	50
Peter Seinen (seinmeester)			
Geert van der Velde	2	Gebied E	30
Rik Joziasse	2	Gebied E	30
Totaal	8		395

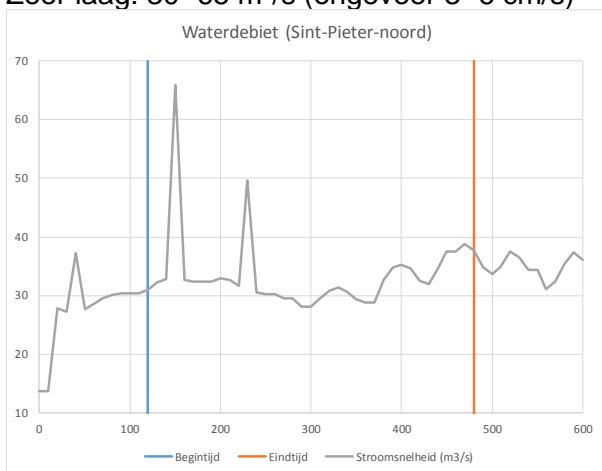
Appendix 4 Gegevens over weerscondities, zichtcondities, stroomsnelheid en waterstanden.

- Weerscondities
Lekker weer:
 - Temperatuur (top): 26⁰ C
 - Lekker zonnetje.
 - Neerslag (totaal tussen 9:00- 16:00): 0.0 mm
 - Windrichting: zuid-zuidwest
 - Windsnelheid: 2-3 Bft
- Zichtcondities onderwater:
 - Met of zonder beroering bodem erg slecht: < 0.1 m
- Watertemperatuur:
 - Erg lekker: rond 21.5⁰ C



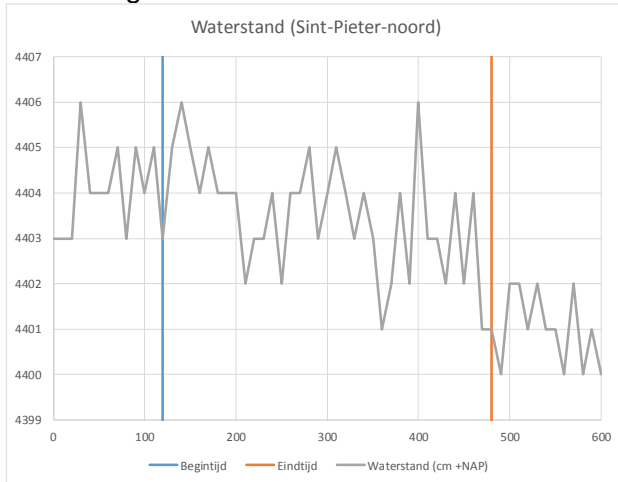
Bron: Website Rijkswaterstaat
Tussen oranje en blauwe lijn: periode verkenningen

- Stroomsnelheden:
 - Zeer laag: 30- 65 m³/s (ongeveer 3- 6 cm/s)



Bron: Website Rijkswaterstaat
Tussen oranje en blauwe lijn: periode verkenningen

- Waterstanden
 - Normaal gemiddeld: 44.01- 44.06 m +NAP



Bron: Website Rijkswaterstaat
Tussen oranje en blauwe lijn: periode verkenningen

Appendix 5 Meetwaarden.

Tabel 2 Meetwaarden van afmetingen en afstanden.

Gebied	Afmeting	Van	Tot	Waarde cm
E/F	Lengte noordelijk deel nieuwe balk	Noordelijke punt	Zuidrand steenblok	
E/F	Breedte natuursteen blok	Noordrand	Zuidrand	40 (70)
E/F	Lengte natuursteen blok	Westrand	Oostrand	90
E/F	Hoogte natuursteen blok	Bovenrand	Onderrand	40
E/F	Breedte nieuwe balk	Westrand	Oostrand	40
E/F	Positie label P-183 naast de nieuwe balk	Zuidrand natuursteen blok	Label	50
E/F	Positie noordelijke punt nieuwe balk	Zuidelijke punt balkenframe	Noordelijke punt nieuwe balk	300
E/F	Positie label naast de nieuwe balk	Zuidelijke punt balkenframe	Label	269
E/F	Lengte centrale balk balkenframe	Label P388	Zuidelijke punt balkenframe	572
E/F	Trilateratie afstand van P-183 tot westrand Rondeel	P-183	Westrand rondeel (betonrand)	4328
E/F	Trilateratie afstand van P-183 tot piketpaaltje	P-183	Piketpaaltje in talud	4948
E	Diepte	Wateroppervlak	Oppervlak nieuwe balk	360

Abbeelding 12 Het schema met meetwaarden en correcties.

Metingen en Correcties					
Geometing-Maastricht	2017	Eenheid	Bron		Eenheid
Jos Cremers					
	Punt Rondeel / basis			Paaltje Oever-Talud	
RD-X	176708.606	m	Cremers	176712.1397	m
RD-Y	317636.358	m	Cremers	317609.7663	m
NAP	47.111	m	Cremers	45.476	m
Hoogte tot waterspiegel	3	m	Seinen	3	m
Waterdiepte	3.6	m	Velden	3.6	m
Waterstand (15-10-2016)	44.04	m	RWS	44.04	m
Meetlintmetingen Seinen					
=Rondeel	24	m	Besselaar		
=Talud	29.98	m	Seinen		
Correcties:	Grondslag			Verlenging	
+Staaldraad-extensie	20	m		19.90	m
+Oeverprofiel					
-Vanaf Rondeel	6.6	m		-0.50	m
-Vanaf Talud	5.04	m		-0.25	m
+Uitzakking					
-Vanaf Rondeel	7.5%	%		-0.12	m
-Vanaf Talud	7.5%	%		-0.14	m
Totaal-Rondeel				19.28	m
Totaal-Oever-Talud				19.50	m
=Rondeel gecorrigeerd				43.28	m
=Talud gecorrigeerd				49.48	m

Abbeelding 13 De trilateratie-berekening, met het correcte resultaat groen gemarkeerd.

Trilateratie berekening						
	Invoer	Waarde	Eenheid	Betekenis	Soort meting	Stelsel
$(X-X_1)^2 + (Y-Y_1)^2 = R_1^2$						
Rondeel	X1	176708.606	m	Meetpositie oever	GPS	X-RD
	Y1	317636.358	m	Meetpositie oever	GPS	Y-RD
	R1	43.28	m	Gemeten afstand	Meetlint	Lokaal
Oever-Talud	X2	176712.1397	m	Meetpositie oever	GPS	X-RD
	Y2	317609.7663	m	Meetpositie oever	GPS	Y-RD
	R2	49.48	m	Gemeten afstand	Meetlint	Lokaal
X = aY + b	a	7.53		Snijlijn circels		
	b	-2213539.25		Snijlijn circels		
$AY^2 + BY + C = 0$	A	57.63		A-B-C-factoren		
	B	-36609324.74		A-B-C-factoren		
	C	5814177650808.10		A-B-C-factoren		
	Discriminant	430078.5				
	Oplossing-I	Oplossing-II				
X =	176751.78	176666.14		Invullen in Snijlijn circels		P183
Y =	317639.39	317628.01		A-B-C-formule		
Juiste oplossing						
Foute oplossing						

Afbeelding 14 De foutenbeschouwing voor de onnauwkeurigheid van de berekende coördinaten.

Foutenbeschouwing				
	Waarde	Eenheid	Effect	Eenheid
Afleen nauwkeurigheid lint	0.05	m	0.05	m
Onnauwkeurigheid GPS	0.02	m	0.02	m
Onnauwkeurigheid NAP	0.02	m	0.00	m
Schatting uitzakking meetlint	5	%	0.07	m
Schatting rek meetlint	0.02	m	0.02	m
Onnauwkeurigheid dieptemeting	0.2	m	0.05	m
Totaal (wortel som der kwadraten)			0.10	m

Appendix 6 Transcripties van de duikrapporten van de vrijwilligers.



Locatie / Toponiem:	Maas Maastricht
Werkgebied:	Romeinsebrug traject
Duikleider:	Diana Derks
Volgnummer:	1
Datum:	26-8-2017

Verslag duiker

Naam duikers

Martien Verrijt
Lijnduik

Duikgegevens

Duiktijd: 70 minuten
Maximale duikdiepte: 4 meter

Activiteiten

Tekeningen gemaakt: nee
Metingen gedaan: nee
Vondsten waargenomen: ja

Verslag

Afdaalgewicht op definitieve plaats gelegd, naast de ijzeren pin (referentiepunt 388).
Gebied was vrij schoon. Klein materiaal weggepoeld. Zware stenen en houten balken iets meer vrijgespoeld. Een gekapte steen (lijkt op grafsteen) op 2 meter van de ijzeren pin vandaan op het hout. Geen inscriptie zichtbaar.
Geen stroming, veel stof en daardoor weinig zicht.



Locatie / Toponiem:	Maas Maastricht
Werkgebied:	Romeinsebrug traject
Duikleider:	Diana Derks
Volgnummer:	1
Datum:	26-8-2017

Verslag duiker

Naam duikers

Marc Pennings
Lijnduik

Duikgegevens

Duiktijd: 43 minuten
Maximale duikdiepte: 4 meter

Activiteiten

Tekeningen gemaakt: nee
Metingen gedaan: ja
Vondsten waargenomen: nee

Verslag

Referentiepunt, pen 183 naast de nieuw ontdekte houten balk in de bodem gezet aan de zuidkant van de grote steen die op de balk ligt.

Afstand van de pen tot de zuidzijde van de steen is ongeveer 60 cm.

Een zijbalk van het houten frame loopt kennelijk tot aan de ankerketting die eerder waargenomen is. Het gaat waarschijnlijk om de middelste zijbalk, hoewel dat op basis van tast is (het zicht was slecht: 10 cm).



Locatie / Toponiem:	Maas Maastricht
Werkgebied:	Romeinsebrug traject
Duikleider:	Diana Derks
Volgnummer:	2
Datum:	26-8-2017

Verslag duiker

Naam duikers

Geert van der Velde
Rik Joziase

Duikgegevens

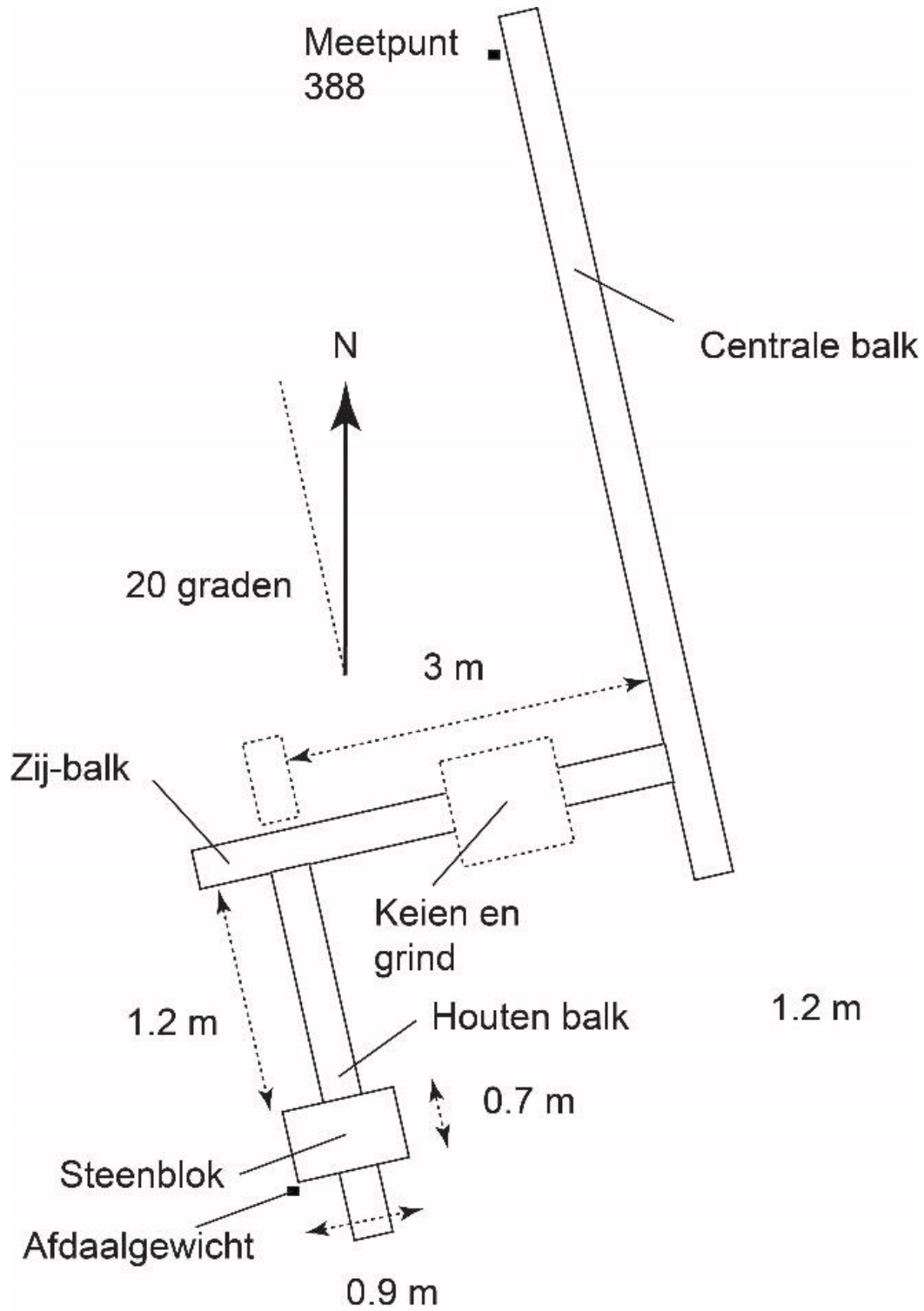
Duiktijd: 70 minuten
Maximale duikdiepte: 4 meter

Activiteiten

Tekeningen gemaakt: ja
Metingen gedaan: ja
Vondsten waargenomen: ja

Verslag

Alleen een tekening





Locatie / Toponiem:	Maas Maastricht
Werkgebied:	Romeinsebrug traject
Duikleider:	Diana Derks
Volgnummer:	2
Datum:	26-8-2017

Verslag duiker

Naam duikers

Geert van der Velde
Rik Joziasse

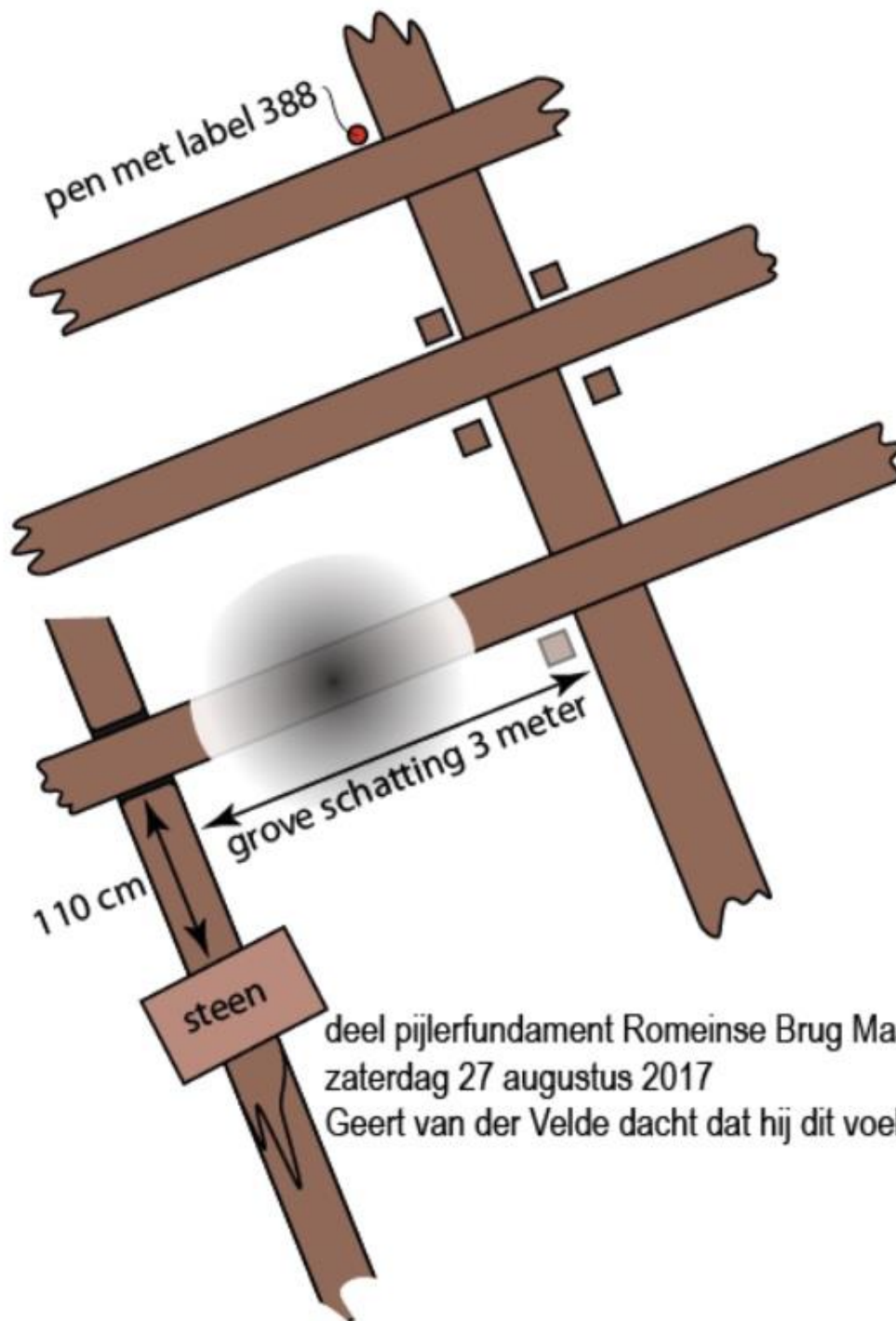
Duikgegevens

Duiktijd: 70 minuten
Maximale duikdiepte: 4 meter

Activiteiten

Tekeningen gemaakt: ja
Metingen gedaan: ja
Vondsten waargenomen: ja

Verslag
bespiegeling



deel pijlerfundament Romeinse Brug Maastricht
zaterdag 27 augustus 2017
Geert van der Velde dacht dat hij dit voelde



Locatie / Toponiem:	Maas Maastricht
Werkgebied:	Romeinsebrug traject
Duikleider:	Diana Derks
Volgnummer:	2
Datum:	26-8-2017

Verslag duiker

Naam duikers

Geert van der Velde
Rik Joziase

Duikgegevens

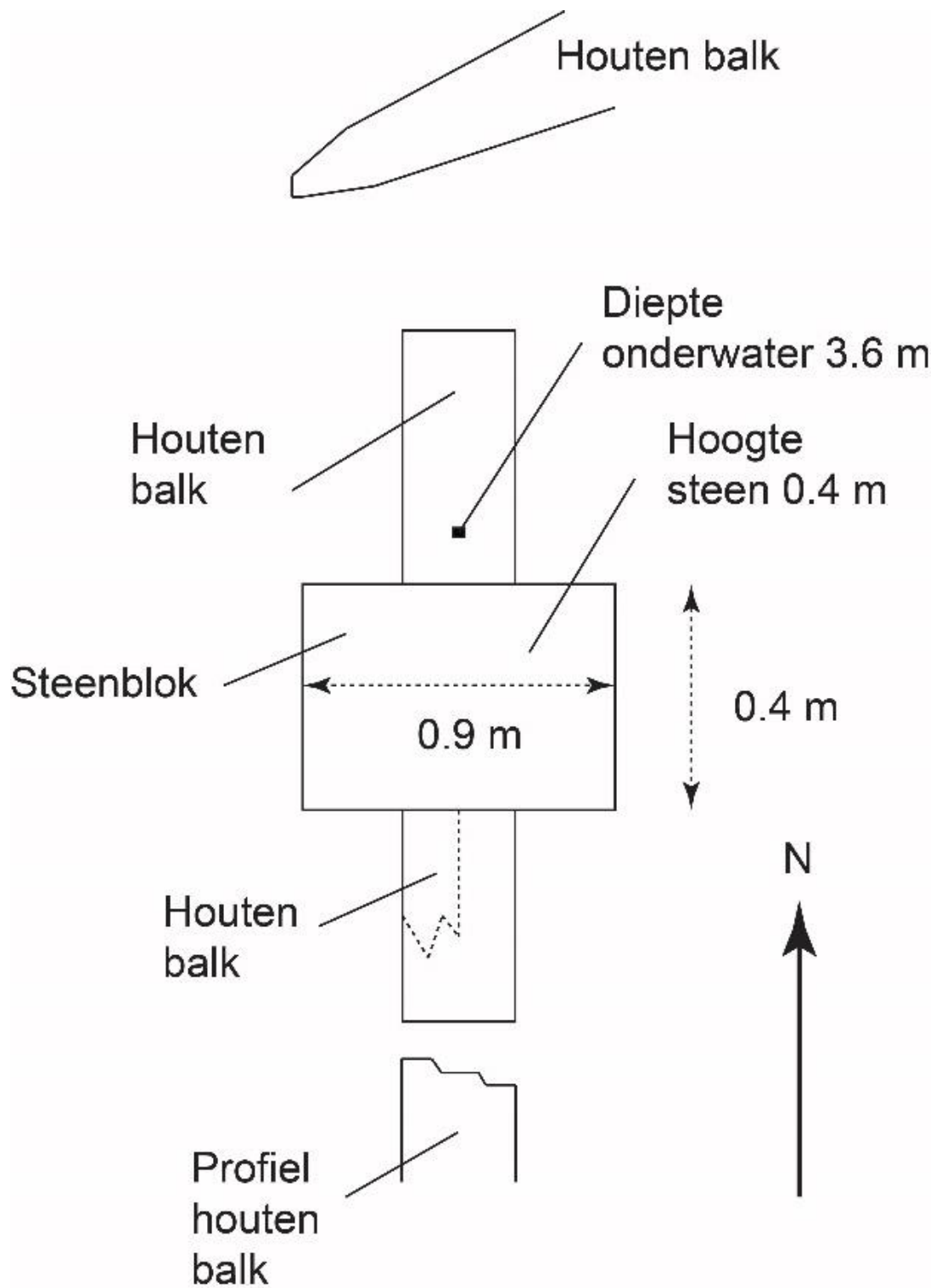
Duiktijd: 70 minuten
Maximale duikdiepte: 4 meter

Activiteiten

Tekeningen gemaakt: ja
Metingen gedaan: ja
Vondsten waargenomen: ja

Verslag

Alleen een tekening (Rik)





Locatie / Toponiem:	Maas Maastricht
Werkgebied:	Romeinsebrug traject
Duikleider:	Diana Derks
Volgnummer:	1
Datum:	26-8-2017

Verslag duiker

Naam duikers

Joost van den Besselaar
Lijnduik

Duikgegevens

Duiktijd: 120 minuten
Maximale duikdiepte: 6 meter

Activiteiten

Tekeningen gemaakt: ja
Metingen gedaan: ja
Vondsten waargenomen: ja

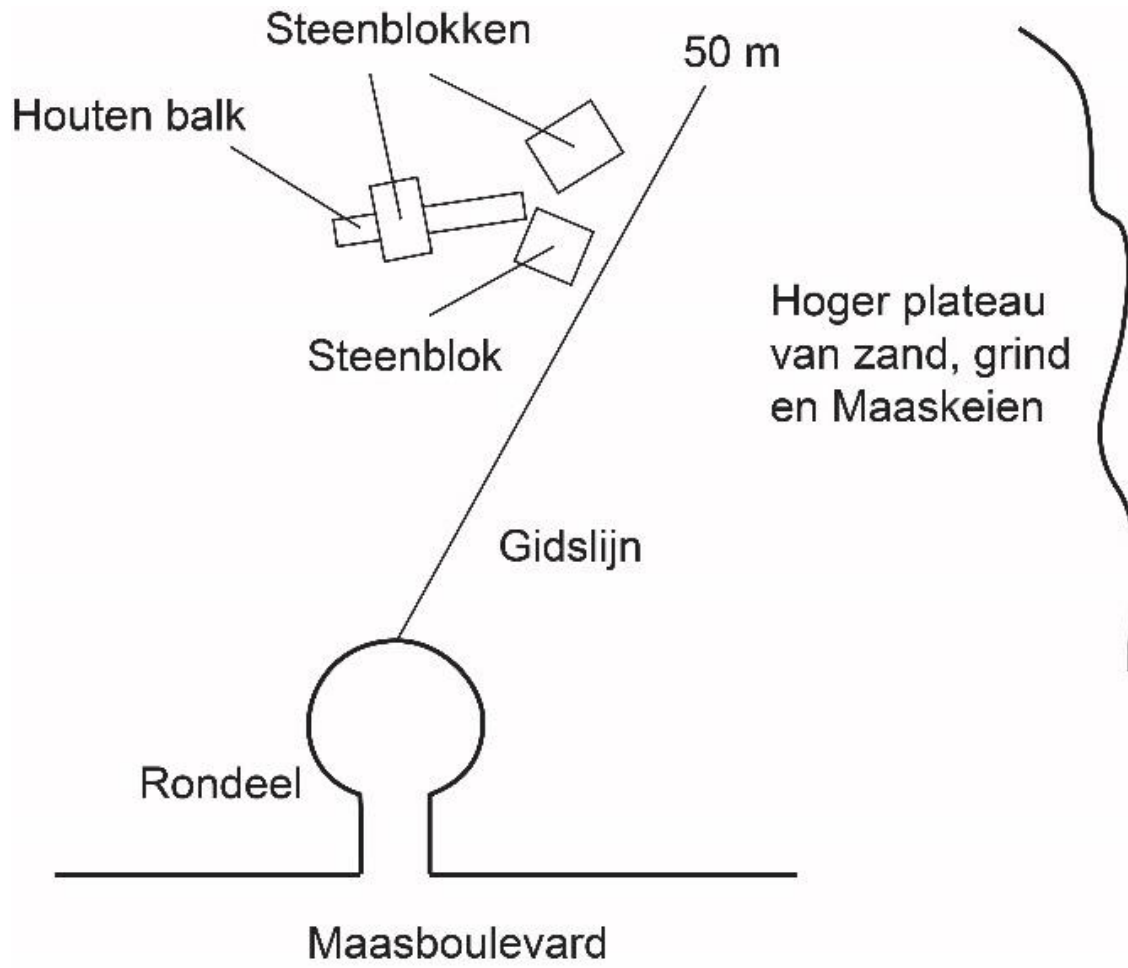
Verslag

Verkenning naar verhoging Gebied F, 50m lijn uitgezet aan de linkerzijde (noord) van het touw op +/- 45m stenen aangetroffen (mogelijk Romeins, groot en vierkant), die ik vorige keer ook gezien heb. Verdere verkenning leverde wel de constatering op dat het een verhoging is, maar zonder zichtbare vondsten op de top.

In Gebied E 2 stenen meer gevonden en houten balk (+/- 40cm breed) onder de steen (zie tekening). Verdere verkenning na boei op gebied geplaatst te hebben.

Gebied ligt vlakbij Gebied E.

Tekening





Locatie / Toponiem:	Maas Maastricht
Werkgebied:	Romeinsebrug traject
Duikleider:	Diana Derks
Volgnummer:	2
Datum:	26-8-2017

Verslag duiker

Naam duikers

Joost van den Besselaar
Lijnduik

Duikgegevens

Duiktijd: 50 minuten
Maximale duikdiepte: 4 meter

Activiteiten

Tekeningen gemaakt: ja
Metingen gedaan: ja
Vondsten waargenomen: ja

Verslag

Bedoeling was na meten balkengebied E: alleen centrale balk ingemeten vanaf referentie-pen 388 in zuidelijke richting, afstand 5.72 m. Vanwege stof en vuil geen verdere metingen.

Gezocht naar gebied met nieuwe referentie-pen 183 bij gebied F (?). Dit gevonden ten westen (zuidwesten) van centrale balk. Afstand gemeten tussen einde centrale balk en referentie-pen 183 naast de nieuwe balk enerzijds en de dezelfde balk aan de andere kant van de steen die op de balk ligt. Zie tekening.

Afstand tussen hoek van balk (gebied E) en pen 183: $8.41 - 5.72 = 2.69$ m

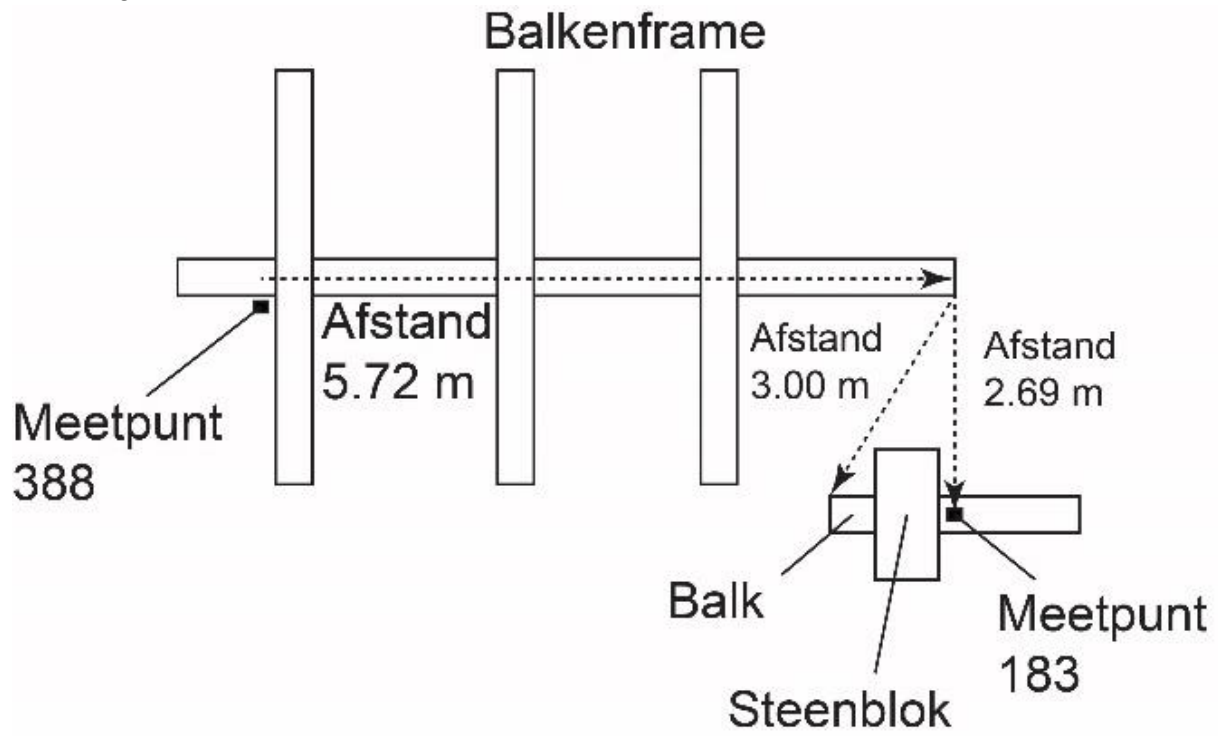
Afstand tussen hoek van de balk (gebied E) en punt (midden) 40 cm van steen
 $8.72 - 5.72 = 3.00$ m

Deze nieuwe balk hoort vrijwel zeker bij gebied E

Weer was goed (droog en zonnig)

Absoluut nodig is stroming, anders teveel stof !!

Tekening



Literatuurlijst

- Besselaar J.A. van den, Rapportage verkenning Romeinse Maasbruggen, 1998.
Duncan-Jones, R.P., Length-units in Roman town planning: the Pes Monetalis and the Pes Drusianus, Britannia 11 127-33, 1980.
Panhuysen, T.A.S.M., Romeins Maastricht en zijn beelden, Maastricht, 25, 1996.
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., Natuurlijke processen als verstoorder, Archeobrief Lente, 21, 2003
Vos, A.D., Resten van Romeinse Maasbruggen in de Maas bij Maastricht, Rapportage AM 100, ROB, 2004.

Referenties

- ¹ Stichting Mergor in Mosam, onderwaterarcheologie, website: www.mergorinmosam.nl
- ² Werkgroep Onderwaterarcheologie Oostelijk Rivierengebied.
- ³ J.A. van den Besselaar, rapport 1998.
- ⁴ Nederlands Instituut voor Scheeps- en onderwaterarcheologie, de voorloper van de Martieme afdeling van de RCE.
- ⁵ Vos, 2004, pagina 66.
- ⁶ Rijkswaterstaat sonar-multibeam gegevens uit de periode 1998- 2011.
- ⁷ Maastrichtse Onderwatersport Club.
- ⁸ P.A. Seinen, rapport 2013.
- ⁹ P.A. Seinen, rapport 2015.
- ¹⁰ P.A. Seinen, rapport 2016.
- ¹¹ P.A. Seinen, rapport 2016.
- ¹² P.A. Seinen, rapport 2013.
- ¹³ RWS meetgegevens, verkregen via Hans Brinkhof.
- ¹⁴ Gebruikte programma's: Surfer en Voxler © (Golden Software) alsmede BricsCAD version 17.
- ¹⁵ Bas Verbeek, GeoProfessionale Nederland <http://www.gpnbv.nl/>
- ¹⁶ Oleg Paskrakou, LWAOW.
- ¹⁷ Arent Vos, 2003.
- ¹⁸ Titus Panhuysen, dissertatie 1996.
- ¹⁹ Titus Panhuysen, dissertatie 1996.
- ²⁰ Rijksdienst voor Oudheidkundig Bodemonderzoek, Jules Bogaers.
- ²¹ Stichting Onder Water Onderzoek, E.A. Rietzschel.
- ²² Titus Panhuysen, voormalig stadsarcheoloog van Maastricht.
- ²³ Afdeling Archeologie Onderwater, onderdeel van de ROB, later Nederlands Instituut voor Scheepvaart Archeologie.
- ²⁴ Werkgroep Onderwaterarcheologie Oostelijk Rivierengebied.
- ²⁵ Landelijke Werkgroep Archeologie Onder Water (werkgroep van de Archeologische Werkgemeenschap Nederland).
- ²⁶ Nederlands Instituut voor Scheepvaart Archeologie.
- ²⁷ Seinen, appendix 1.
- ²⁸ Vos, pagina 93.
- ²⁹ Projectarchief ROB-project 1999-2000 digitaal te verkrijgen bij P.A. Seinen, seinen@onsbrabantnet.nl.