



Toepassing van drones (UAV's) tijdens archeologisch veldwerk.

HBO Archeologie | Scriptie

Jette van der Veen |338923



Colofon

Titel:

Het gebruik van drones binnen de Nederlandse archeologie.

Auteur:

Jette van der Veen

Onder begeleiding van:

Extern e opdrachtgever: Walter Laan, Archol

Intern: Ronald Visser, Saxion University of applied sciences

Afbeelding voorblad:

Walter Laan, opgraving Universiteit Leiden in Oss.

Versie 2:

24-02-2019

Voorwoord

Voor u ligt de scriptie: “Toepassing van drones (UAV’s) tijdens archeologisch veldwerk”. Deze scriptie heb ik geschreven voor mijn HBO-opleiding Bachelor Archeologie aan Saxion te Deventer. Het onderzoek is uitgevoerd in opdracht van Walter Laan van Archol BV te Leiden.

Het gebruik van drones binnen de archeologie heeft mijn interesse, omdat het een toepassing in ontwikkeling is waar nog veel mee wordt geëxperimenteerd. Mijn interesse in deze toepassing is ontstaan door de experimenten vanuit de studie met een drone.

Ten eerste wil ik Walter Laan van Archol bedanken voor het aannemen van mijn idee voor verder onderzoek naar dit onderwerp. De begeleiding, de expertise, de ervaringen van het veldwerk en het geduld worden zeer op prijs gesteld.

Als tweede wil ik Ronald Visser bedanken voor de begeleiding vanuit de opleiding. Zijn vertrouwen in mijn kunnen en zijn waardevolle adviezen met betrekking tot het onderwerp hebben mij erg geholpen.

Verder wil ik de mensen die hebben meegewerkt aan de interviews nog bedanken: Tom Hamburg, Robert van de Mijle-Meijer, Harmen de Weerd, Jan-Willem de Kort en Marten Vebruggen. Bedankt dat jullie mijn vragen hebben beantwoord.

Als laatste wil ik mijn ouders en Amy van Saane bedanken voor de ondersteuning tijdens het schrijven van mijn scriptie. Vooral de ondersteuning met het structureren van mijn scriptie en de taaltechnische kant hebben mij erg geholpen.

Ik wens u veel leesplezier toe.

Jette van der Veen

Inhoudsopgave

Samenvatting	6
1. Introductie.....	8
1.1 Aanleiding	8
1.2 Probleemstelling en deelvragen.....	8
1.3 Doelstelling.....	9
1.4 Micro-, meso- en macroniveau	9
1.5 Leeswijzer	9
2. Werkwijze en methode	10
2.1 Algemene beschrijving methodiek.....	10
2.2 Literatuuronderzoek	10
2.3 Veldonderzoek.....	11
2.4 Digitaal onderzoek	11
2.5 Interviews.....	12
3. Remote sensing en fotogrammetrie	13
3.1 Luchtfotografie	13
3.2 Fotogrammetrie & SfM	14
4. De UAV	16
4.1 De technische aspecten.....	16
4.2 De wetgeving.....	18
5. PhotoScan.....	20
5.1. De PhotoScan workflow	20
5.2. Gecombineerde modellen.....	22
6. De GPS & de UAV.....	23
6.1 Gebruik van de GPS & (R)TS	23
6.2 Gebruik van de UAV.....	24
6.3 Vergelijking van GPS & UAV.....	25

7. Het AHN & de UAV.....	33
7.1 Het AHN	33
7.2 Landschapsmodellen aan de hand van de UAV	33
7.3 Vergelijking AHN en landschapsmodellen.....	34
8. De UAV binnen de Nederlandse archeologie.....	39
9. Conclusie	41
10. Discussie	45
11. Aanbevelingen	46
Literatuurlijst	47
Bijlagen	

Samenvatting

Dit afstudeeronderzoek gaat over het gebruik van een UAV tijdens archeologisch veldwerk in Nederland. Het onderzoek is opgesteld om een advies te kunnen geven over het optimaal gebruik van een UAV. Het Nederlandse archeologische werkveld heeft weinig ervaring met het werken met UAV's. Het gebruik van UAV's voor het maken van hoogtemodellen en sporenkaarten in het Nederlandse archeologische werkveld is een nieuwe vorm van documenteren.

In het veld is gekeken naar de mogelijkheden van de UAV voor het maken van beeldmateriaal met de *on-board* camera van een DJI Phantom 4. Na het veldonderzoek zijn de opnames digitaal verwerkt. Deze resultaten van het digitale onderzoek zijn daarna op basis van visuele verschillen vergeleken met het AHN of de data van een GPS. Daarnaast is, door middel van interviews, de interesse van het Nederlandse werkveld naar UAV's onderzocht. Voor het vergelijken van de toepassing van een UAV, en de daarbij vergaarde data, is gebruik gemaakt van verschillende onderzoeken van Archol. Hierbij gaat het om projecten in: Oss, Slabroek, Tiel-Medel, Veldhoven en Wervershoof.

UAV's zijn populair geworden bij wetenschappelijk onderzoek, omdat ze eenvoudig toepasbaar zijn. Het kenmerk van een UAV is dat er geen piloot aan boord is. Het gebruik van een UAV kan verschillen per platform, maar kan ook beïnvloed worden door externe factoren. Voorbeelden van deze omstandigheden zijn zon, wind en regen. De verschillende externe factoren kunnen ook een uitwerking hebben op de data die met de UAV wordt ingewonnen.

Het gebruik van een UAV voor wetenschappelijke doeleinden valt binnen de archeologie onder *remote sensing*. *Remote sensing* is de wetenschappelijke discipline waarbij gegevens worden ingewonnen door een apparaat dat geen fysiek contact heeft met het desbetreffende object of gebied. Een van de vormen van *remote sensing* die interessant is voor archeologie zijn luchtfoto's. Als de geometrie van loodrecht van boven genomen foto's bekend is, zijn ze goed te gebruiken voor het maken van accurate metingen van afstanden en oppervlaktes aan de hand van luchtfoto's. Dit heet fotogrammetrie. Luchtfoto's zijn op zichzelf geen meetkundig correcte afbeeldingen. Objecten staan niet geheel op hun juiste positie in het beeld. Vanuit overlappende foto's kan men door middel van fotogrammetrie *orthophoto's* en *orthomaps* maken.

Voor goede fotogrammetrie is de juiste software nodig om een luchtfoto te kunnen bewerken tot een bruikbaar product voor onder andere GIS. Om een *orthophoto* of een 3D-model te maken kan gebruik gemaakt worden van Agisoft PhotoScan. Een optie om het uitwerkingsproces te versnellen is om simpelweg de foto te georefereren. Het plaatsen van *Ground Control Points* is niet alleen belangrijk wanneer men de foto gaat georefereren, maar ook tijdens het gebruik van PhotoScan. Wanneer men wel voor kiest om met PhotoScan te werken is het eveneens belangrijk om genoeg overlap te hebben in de foto's die gemaakt zijn.

Diverse voor- en nadelen zijn geconstateerd met betrekking tot de uitwerking van de data die is ingewonnen met een UAV. Een nadeel van het uitwerken van de foto's van een UAV middels een programma als PhotoScan is dat het veel tijd in beslag neemt. Een voordeel is dat er niet alleen een vlak of profiel apart gedocumenteerd kan worden, maar er kan ook een 3D-model van gemaakt worden.

Een van de meest gebruikte meetmethodes in de archeologie in Nederland is het gebruik van een GPS of een Robotic Total Station. In het veld is het gebruik van een GPS of Robotic Total Station een snelle en accurate manier van meten, hoewel elk spoor wel nog individueel ingemeten moet worden kan het in een vlot tempo worden gedaan. Bij het uitwerken van de gegevens moeten fouten in de vorm, of die gemaakt zijn tijdens het meten, nog gecorrigeerd worden voordat een ASK, Alle Sporen Kaart, gemaakt kan worden. Dit betekent dus

dat er al aardig wat kleine aanpassingen zijn gemaakt vanaf hoe de sporen in het vlak te zien zijn en het daadwerkelijke moment van de interpretatie.

Het gebruik van een UAV zal sneller zijn in het veld dan traditionele meetmethodes en er zullen accuratere momentopnames genomen kunnen worden. Als men een UAV voor documentatie gebruikt dan is het belangrijk dat deze data op de juiste geografische plaats komt. De accuraatheid hiervan hangt onder andere samen met het gebruik van GCP's.

Het maken van landschapsmodellen op basis van gegevens ingewonnen met een UAV is eveneens onderzocht. Deze modellen zijn vervolgens vergeleken met het AHN. De techniek die wordt gebruikt tijdens het inwinnen van de data voor het AHN heet laseraltimetrie, ofwel LiDAR. Het landschap van Nederland is erg veranderlijk, zowel door natuurlijke als menselijke processen. Een van de kaartlaagopties in het AHN is een *hillshade* kaart. Deze kaartlaag wordt specifiek behandeld omdat er een soortgelijk model te maken is met PhotoScan. De landschapsmodellen bleken geen groot succes. Het is wel te stellen dat in combinatie met de visuele vergelijking van de twee projecten het niet de moeite waard is om voor documentatie en ander soort onderzoek een landschapsmodel te maken. Het kan wel visueel aantrekkelijke afbeeldingen opleveren, maar neemt veel tijd in beslag.

Zoals al eerder benoemd is het gebruik van een UAV een relatief nieuwe en beperkt toegepaste techniek in Nederland. Voor publieksbereik wordt al spaarzaam gebruik gemaakt van de UAV. Vanwege de kosten, de wetgeving en de onzekerheid over de efficiëntie van het gebruik, is er echter nog enige terughoudendheid in het gebruik. Men denkt wel dat het gebruik van UAV's voor documentatiedoeleinden een kans heeft om meer te worden toegepast. Het aspect waar men de meeste ontwikkelingen verwacht zijn de technische aspecten van het gebruik van een UAV. Een van de technische ontwikkelingen waar men voorzichtig optimistisch over is, is patroonherkenning. Men is ook wel geïnteresseerd in een UAV in combinatie met andere *remote sensing* technologie. Dat is echter meer een toekomstbeeld waar nog veel mee geëxperimenteerd moet worden, voordat men daar echt mee aan de slag wil.

Enkele problemen die met dit onderzoek geconstateerd kunnen worden zijn verder ook besproken. Op microniveau kan men in twijfel trekken of de resultaten betrouwbaar genoeg zijn, omdat tijdens het onderzoek maar gebruik is gemaakt van één UAV. Het mesoniveau heeft als probleem dat de resultaten die op dit niveau weergegeven zijn niet meerdere keren met dezelfde factoren zijn uitgetest. Als laatste is op macroniveau het probleem dat het onderwerp van het onderzoek over een snel ontwikkelend veld gaat, waarin al veel geëxperimenteerd wordt.

Op basis van het onderzoek zijn ook enkele aanbevelingen gemaakt. Voor het gebruik van een UAV is het aan te raden om van een lichtgewicht apparaat gebruik te maken. Daarnaast is het altijd nodig om nog een aparte, andere manier van documentatie eraan te houden. Als men de data gaat uitwerken kan men zowel gebruik maken van Agisoft PhotoScan of een GIS-programma. Verder is het aan te raden om up-to-date te blijven met alle onderzoeken en ontwikkelingen die plaats vinden als men interesse heeft om een UAV te gebruiken voor documentatiemethodes.

1. Introductie

Dit afstudeeronderzoek gaat over het gebruik van een UAV binnen de Nederlandse archeologische dagelijkse onderzoekspraktijk. Een UAV is een *Unmanned Aerial Vehicle*, in de volksmond beter bekend als een *drone*. In deze studie zal de term UAV gebruikt worden voor onbemande vliegtuigen waarbij de piloot op de grond aanwezig is.

1.1 Aanleiding

Het Nederlandse archeologische werkveld heeft weinig ervaring met het werken met UAV's. Het is niet verwonderlijk dat er dan ook geen leidraad bestaat.¹ UAV's worden steeds meer gebruikt, maar er is nog weinig over bekend. De meeste informatie over archeologische toepassing van een UAV, komt uit het buitenland, waar men al verder gevorderd is met deze manier van werken.²

Dit onderzoek is opgesteld om een advies te kunnen geven over het optimaal gebruik van een UAV tijdens archeologisch veldwerk in Nederland, specifiek voor Archeologisch Onderzoek Leiden BV, verder in deze scriptie genoemd als Archol. Archol beschikt sinds twee jaar over een UAV om te kunnen experimenteren met verschillende documentatiemethodes en om afbeeldingen voor het publiek te kunnen maken. Het bedrijf heeft echter nog te weinig tijd gehad om deze methodes te kunnen onderzoeken. Het doel van dit onderzoek is het in kaart brengen van voor- en nadelen van het werken met een UAV voor Archol tijdens archeologisch veldwerk. Het onderzoek is uitgevoerd onder begeleiding van Walter Laan van Archol en Ronald Visser van de opleiding Archeologie van Saxion. Het resultaat van dit onderzoek zal een handleiding zijn.

1.2 Probleemstelling en deelvragen

Het gebruik van UAV's voor het documenteren van archeologische resten is een nieuwe vorm van werken voor het Nederlands archeologisch werkveld. Vlakinformatie, zoals de vorm van de sporen en structuren worden vaak met een GPS of Total Station (TS) ingewonnen. In het buitenland wordt een UAV's al vaker toegepast tijdens archeologisch veldwerk.³ In Nederland gelden andere en strengere regels voor professioneel gebruik van UAV's,⁴ waardoor de ontwikkelingen in Nederland langzamer gaan dan in de landen om ons heen. Tevens is er weinig geschreven over de voor- en nadelen van het uitwerken van data die met een UAV zijn ingewonnen. Het onderzoek voor deze scriptie is uitgevoerd om deze voor- en nadelen te achterhalen.

Hoofdvraag:

Voor welk doel kan een UAV het beste ingezet worden tijdens een archeologisch veldonderzoek?

Deelvragen:

1. Welke voor archeologisch onderzoek relevante informatie is te verkrijgen met behulp van een UAV?
2. Welke voor- en nadelen heeft het gebruik van een UAV met fotocamera bij verschillende soorten archeologisch onderzoek, zowel in het veld als bij de uitwerking van de gegevens?

1. <https://www.sikb.nl/archeologie/kna-leidraden>.

2. Eisenbeiss/Sauerbier 2011; Nex/Remondino 2013; Nikolakopoulos et al, 2016.

3. Nex/Remondino 2013; Whitley 2015a.

4. <https://www.ilent.nl/onderwerpen/transport/luchtvaart/dronevliegers/>.

3. Welke instellingen van PhotoScan zijn optimaal bij het verwerken van luchtfoto's (verkregen met een UAV) van een archeologische opgraving?
4. Welke verschillen zijn er tussen vlakinformatie verkregen met een UAV, of vlakinformatie verkregen met een GPS of TS?
5. Hoe kan een UAV optimaal worden gebruikt tijdens een opgraving?
6. Welke verschillen en overeenkomsten zijn er tussen 3D-reconstructies van een landschap, gemaakt op basis van foto's die met een UAV zijn genomen, en de beelden van het AHN?
7. Hoe staat het Nederlandse archeologische bedrijfsleven tegenover het gebruik van UAV's voor het inwinnen van vlakinformatie bij een archeologisch onderzoek?

1.3 Doelstelling

In dit onderzoek komen zowel persoonlijke doelstellingen voor, als doelstellingen van de opdrachtgever. De persoonlijke doelstelling van dit onderzoek is meer over de nieuwe onderzoeksmethodes met behulp van een UAV te leren. Hierbij zijn met name de toepassing in het veld en de verwerking van de gegevens van belang.

De doelstelling voor Archol is een optimale manier te vinden voor het gebruik van een UAV binnen een archeologisch onderzoek. Hierbij zijn voornamelijk de inzet van een UAV en de kwaliteit en kwantiteit van de data belangrijk.

1.4 Micro-, meso- en macroniveau

Om het onderzoek in van verschillende punten te bekijken kan het onderzoek opgedeeld worden in een micro-, meso- en macroniveau. Dit betekent dat het onderzoek op verschillende niveaus zal worden belicht. Het microniveau betreft het onderzoek van een UAV en het inwinnen van de gegevens (deelvragen 1,2 en 5). Het mesoniveau is de uitwerking van de verkregen data en de meerwaarde hiervan (deelvragen 3, 4 en 6). Het macroniveau betreft het gebruik van een UAV binnen het Nederlandse werkveld (deelvraag 7).

1.5 Leeswijzer

Deze afstudeerscriptie beschrijft het gebruik van UAV's binnen het archeologisch werkveld. De werkwijze en de gebruikte onderzoeksmethodes zullen in het tweede hoofdstuk besproken worden. In het derde hoofdstuk zal een korte uitleg gegeven worden over alle *remote sensing* en fotogrammetrische methodes die van toepassing zijn op dit onderzoek. Hoofdstuk 4 zal een korte uitleg geven over de UAV en de regelingen met betrekking tot een UAV. Het volgende hoofdstuk zal een bespreking zijn van het programma Agisoft PhotoScan. De resultaten van de vergelijking van de GPS en de UAV zullen in hoofdstuk 6 besproken worden. Hoofdstuk 7 bevat de vergelijking van het AHN met de data van een UAV. De resultaten van de interviews zullen in hoofdstuk 8 besproken worden. Hierna volgt een conclusie met beantwoording van de onderzoeksvragen. De laatste twee hoofdstukken bestaan uit een discussie en de aanbevelingen, specifiek een advies voor het gebruik van een UAV binnen de archeologie en eventueel vervolgonderzoek.

2. Werkwijze en methode

2.1 Algemene beschrijving methodiek

Verscheidende onderzoeksmethodes zijn gebruikt voor de beantwoording van de onderzoeksvragen. Dit betreffen literatuuronderzoek, veldonderzoek met een UAV, digitaal onderzoek door middel van onder andere GIS-programma's en Agisoft PhotoScan, en interviews met personen in het Nederlandse archeologische bedrijfsleven. Per onderzoeksmethode zal een beschrijving worden gegeven van hoe de methode gebruikt is.

Beschrijving van methodiek per deelvraag

Door middel van verschillende onderzoeksmethodes wordt antwoord gegeven op alle deelvragen. Het literatuuronderzoek wordt gebruikt om alle deelvragen te beantwoorden. Vervolgens zal het digitale onderzoek eveneens gebruikt worden om vragen 1 tot en met 6 te beantwoorden. Het veldonderzoek met de UAV wordt gebruikt om deelvragen 2 en 5 te beantwoorden. Door de informatie uit de interviews zal deelvraag 7 beantwoord kunnen worden. De antwoorden op alle deelvragen worden vervolgens gebruikt om de hoofdvraag te beantwoorden.

2.2 Literatuuronderzoek

Een belangrijk doel van literatuuronderzoek is het inventariseren wat bekend is over het onderwerp. Voor het verzamelen van informatie over het onderwerp zijn boeken, artikelen en wetten doorgenomen.

Het gebruik van een UAV voor wetenschappelijke doeleinden valt binnen de archeologie onder *remote sensing*. Het is dus belangrijk om hier de basis van te begrijpen. Hierbij is gebruik gemaakt van literatuur die is aangeraden door de begeleiders, Ronald Visser en Walter Laan. De literatuur bevat handboeken en artikelen.⁵

Een ander belangrijk aspect van een UAV is dat er door de overheid veel eisen gesteld zijn voor beroepsmatig gebruik.⁶ Om goed advies te kunnen geven over het gebruik van een UAV in Nederland zijn de betreffende wetten⁷ doorgenomen en zijn de regelingen en voorschriften samengevat.

Daarnaast is onderzocht wat bekend is over gebruik van UAV's bij archeologische onderzoek. In Nederland is hierover niet heel veel gepubliceerd. Om aan Nederlandse literatuur te komen is rondgevraagd bij de begeleiders en tijdens de interviews die afgelegd zijn. Verder is gezocht in het e-depot *Data Archiving and Networked Services* (DANS-EASY)⁸ en de bibliotheek van de Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed op publicaties waarin UAV, RPA (*Remotely Piloted Aircraft*) of drone genoemd worden. Eveneens is op Google en Google Scholar gezocht met de zoekwoorden "archeologie" en "drones" of "UAV". Tijdens het zoeken is slechts één Nederlandstalige publicatie gevonden, het artikel in *Archeobrief*.⁹ Verder is in het onderzoek gebruikt gemaakt van Engelstalige literatuur.

Vervolgens is gezocht naar literatuur voor de uitwerking van de gegevens die vervaardigd zijn met een UAV. Hierbij is naast het bekijken van literatuur gevonden met Google Scholar ook gekeken naar artikelen die

5. Campbell/Wynne 2011; Lillesand et al. 2015.

6. <http://wetten.overheid.nl/BWBR0036568/2017-10-07>.

7. <http://wetten.overheid.nl/BWBR0019147/2015-11-07>.

8. <https://easy.dans.knaw.nl/ui/datasets/id/easy-dataset:60424/tab/1;jsessionid=F9F6B878C50FE618752432FDE5916F13>

9. Mijle-Meijer/Stokkel 2016.

gepubliceerd zijn in het Journal of Archaeological Science.¹⁰ Verder is ook gekeken naar de literatuur die in eerdere publicaties worden aangehaald.

2.3 Veldonderzoek

Onder begeleiding van Walter Laan is in het veldonderzoek gedaan met het gebruik van een UAV (DJI Phantom 4 Pro). In het veld is gekeken naar de mogelijkheden van de UAV voor het maken van beeldmateriaal met de onboard camera van de Phantom. Dit is op verschillende plaatsen en in verschillende (weers) omstandigheden gedaan om de diverse toepassingen te kunnen vergelijken. Daarbij is rekening gehouden met de verschillen tussen het maken van de beelden van een opgraving, en het maken van beelden van landschappen. Verder zijn ook beelden gemaakt van verschillende bodemsoorten.

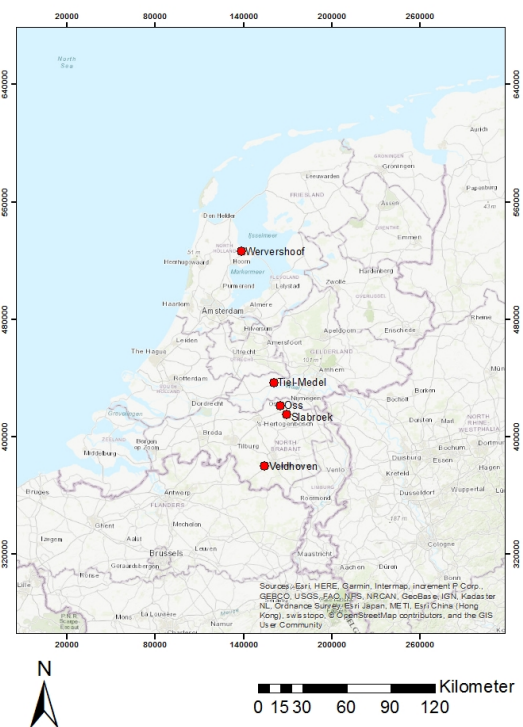
Voor landschappelijke beelden zijn opnames gemaakt in Slabroek en Wervershoof. Verder zijn ook opnames gemaakt bij een opgraving in Tiel-Medel (klei), een opgraving in Veldhoven (zand) en een opgraving in Oss (zand). Bij de eerste twee locaties was sprake van meerdere opgravingsputten en bij de laatste betrof het een grote aaneensluitende put. Tijdens het maken van deze opnames is gebruik gemaakt van eerdere ervaring van Walter Laan bij veldonderzoek.

2.4 Digitaal onderzoek

De opnames die tijdens het veldwerk zijn verzameld werden naderhand digitaal verwerkt. Hierbij is gebruik gemaakt van verschillende soorten software. Voor het maken van orthophoto's en 3D modellen is gebruik gemaakt van Agisoft PhotoScan versie 1.0.4.¹¹ Deze software is gebruikt voor de beelden van Slabroek, Wervershoof, Tiel-Medel, Veldhoven en Oss.

Om te kijken of het filmmateriaal bruikbaar is voor wetenschappelijke doeleinden, is gebruik gemaakt van Video to JPG Converter¹² en Adobe Photoshop¹³. Vervolgens zijn deze beelden met behulp van Agisoft PhotoScan bewerkt. Deze resultaten zijn daarna op basis van visuele verschillen vergeleken met het AHN en met de data die verkregen is met de UAV.

De beelden die zijn vervaardigd tijdens het onderzoek in Veldhoven zijn ook GIS, in dit geval gaat het om MapInfo versie 10.0.¹⁴ Deze beelden zijn dan vervolgens op basis van visuele verschillen vergeleken met de ASK die vervaardigd is met behulp van een GPS. Hierbij wordt gekeken naar de informatiewaarde die de ASK heeft ten opzichte van de informatiewaarde van de ASK gemaakt met een GPS. Eenzelfde vergelijking is ook gemaakt



Afbeelding 1: De locatie van de verschillende projecten.

10. Onder andere: Chiabrando et al. 2011; Dubbini et al. 2016; Fernández-Lozano/Gutiérrez-Alonso 2016.

11. <http://www.agisoft.com/>.

12. <https://www.dvdvideosoft.com/products/dvd/Free-Video-to-JPG-Converter.htm>.

13. <https://www.adobe.com/nl/products/photoshop.html>.

14. <http://www.pbinsight.com/support/product-downloads/item/mapinfo-professional-v10.0.1-maintenance-release>.

in MapInfo met de *orthophoto's* die gemaakt waren in Agisoft PhotoScan van de opgravingen in Tiel-Medel en in Oss.

2.5 Interviews

Vijf interviews zijn afgenomen, bij respectievelijk de Rijksdienst voor Cultureel Erfgoed (RCE), gemeentelijke diensten en commerciële bedrijven. Van iedere organisatie zijn personen met veel digitale kennis en vaardigheden benaderd. Deze keuzes heb ik gemaakt op basis van eerdere ervaringen met de bedrijven en op basis van rondvraag onder medestudenten en docenten van mijn opleiding en bij de opdrachtgever. Daarnaast zijn zowel mensen die wel, en mensen die niet met een UAV hebben gewerkt, geïnterviewd. Voor de interviews is geprobeerd bedrijven en gemeentes uit verschillende regio's in Nederland te benaderen. In tabel 1 is te zien wie zijn geïnterviewd. Tijdens de interviews is gekeken wat deze mensen uit het Nederlandse werkveld van UAV's af weten en welke interesse zij in het gebruik ervan hebben.

Wie	Bedrijf/ gemeente
Tom Hamburg	Archol
Harmen de Weerd	Archeologie West-Friesland
Robert van de Mijle-Meijer	Gemeente Den Haag
Jan Willem de Kort	RCE
Marten Verbruggen	RAAP

Tabel 1: Overzicht van de geïnterviewde personen.

De interviewvragen zijn opgesteld volgens de richtlijnen van Grit.¹⁵ De vragen zijn vervolgens gecontroleerd door beide begeleiders. De interviews zijn opgenomen, waarna deze zijn uitgeschreven.¹⁶ De resultaten van het interview zijn gebruikt om de deelvraag te beantwoorden.

15. Grit 2008, 156-158.

16. De transcripties van de interviews zijn te vinden in bijlage III.

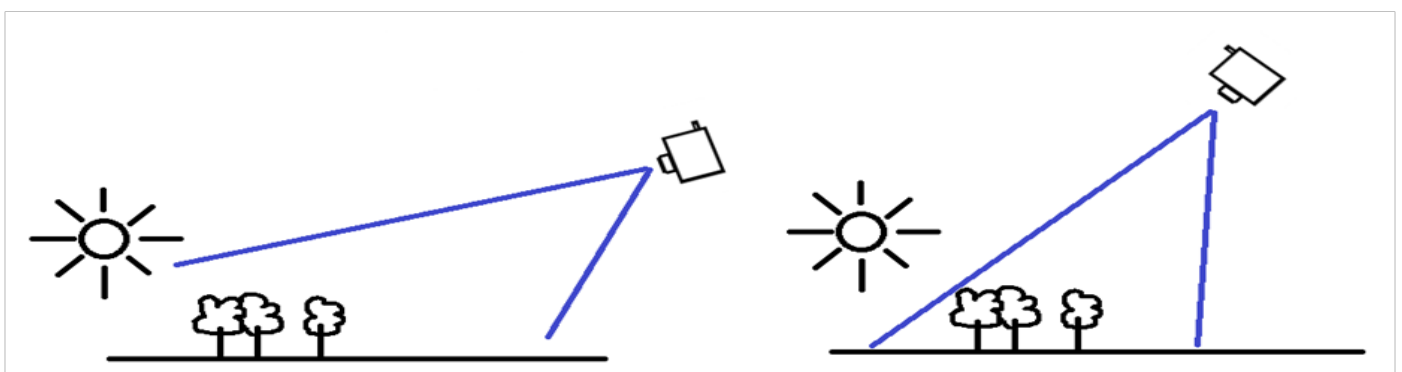
3. Remote sensing en fotogrammetrie

Remote sensing is de wetenschappelijke discipline waarbij gegevens worden ingewonnen van een object of gebied door een apparaat dat geen fysiek contact heeft met het object of gebied.¹⁷ Voorbeelden hiervan zijn luchtfotografie of het gebruik van een laserscan.¹⁸ Om voor grotere gebieden informatie in te winnen, wordt vaak gebruik gemaakt van satellieten, vliegtuigen of UAV's. Voor archeologisch onderzoek kan ook gebruik gemaakt worden van *remote sensing*, om bijvoorbeeld een opgravingsput als geheel of veranderingen van bodem(gebruik) van bovenaf waar te nemen.¹⁹

3.1 Luchtfotografie

Luchtfoto's zijn voor archeologisch onderzoek een interessante vorm van *remote sensing*. Het maken van luchtfoto's is eenvoudig met behulp van een UAV. Luchtfoto's maken het mogelijk om van grote gebieden sporen en objecten in hun ruimtelijke omgeving te documenteren. Verbanden die op vanaf de grond niet zichtbaar zijn, kunnen vanuit de lucht wel zichtbaar zijn.²⁰

Luchtfoto's kunnen geclassificeerd worden aan de hand van de oriëntatie van de camera ten opzichte van de grond. De twee verschillende oriëntaties van foto's zijn *oblique* (hoog *oblique* en laag *oblique*) en loodrechte foto's. Wanneer foto's gemaakt worden met de bedoeling dat de kanteling van de grond zichtbaar is, heet dit een *oblique* foto.²¹ Bij foto's met een hoog *oblique* is de horizon te zien. Dit terwijl foto's met een laag *oblique* meer naar de grond gericht zijn. Loodrechte foto's zijn recht van boven naar de grond gericht. Strikt genomen bestaan er geen geheel loodrechte foto's. Dat betekent dat bijna altijd wel enige kanteling in de foto aanwezig is.²² Deze onbedoelde kantelingen komen door een kleine helling van de optische as van de camera.²³ Kanteling heeft als effect dat het focuspunt van de camera een kleine verplaatsing heeft van zijn rechte lijn naar beneden. Hierdoor kan het lijken dat de schaal aan de onderkant van een afbeelding veel kleiner lijkt dan aan de bovenkant van dezelfde afbeelding.



Afbeelding 2: Links een schematische weergave van de opname van een hoog *oblique* foto (links) een laag *oblique* foto (rechts).

17. Lillesand et al. 2015, 1, 2.

18. Lillesand et al. 2015, 1, 45-49, 85-86.

19. Lillesand et al. 2015, 662-665.

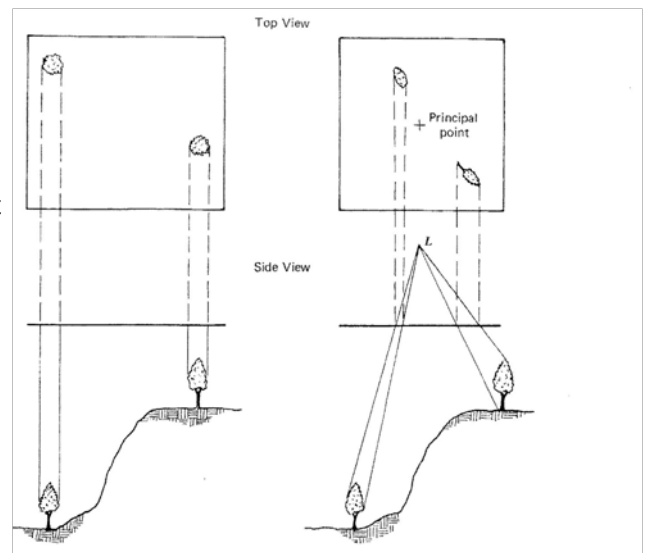
20. Lillesand et al. 2015, 85, 86.

21. Lillesand et al. 2015, 150-159.

22. Campbell/Wynne 2011, 69, 70.

23. Lillesand et al. 2015, 150-159.

Één van de meest voorkomende fouten bij luchtfotografie is de reliëfverplaatsing.²⁴ Een toename in hoogte zorgt ervoor dat de positie van een object op een foto radiaal naar buiten verschuift vanaf het centrale punt.²⁵ Objecten die direct onder de cameralens staan zullen alleen vanaf de bovenkant zichtbaar zijn. De objecten die iets verder van het centrale punt staan, zullen zichtbaar zijn van de bovenkant én de zijkant. Hierdoor wordt een vervormd beeld getoond en kan men de ligging niet precies in kaart brengen. Bij hoge objecten is dit duidelijker zichtbaar.²⁶ Vegetatie kan dit ook veroorzaken, doordat het geen solide object is. Doordat gedeeltelijk door de vegetatie heengekeken kan worden, kan er ook reliëfverplaatsingen ontstaan. Dit kan dan weer leiden tot vervormingen van het landschap in het eindproduct.²⁷



Afbeelding 3: Voorbeeld van reliëfverplaatsing (rechts op de afbeelding) en een voorbeeld hoe het op een orthophoto afgebeeld wordt (links op de afbeelding).

Voor het maken van luchtfoto's wordt vaak in rechte lijnen gevlogen zodat de foto's goed aansluiten en dezelfde oriëntatie hebben. Een geplande vluchtlijn maakt meestal deel uit van een serie van parallelle vluchtlijnen. Dit wordt gedaan, zodat de foto's met genoeg overlap genomen kunnen worden.²⁸ Geplande vluchten hebben vaak een bepaald percentage voorwaartse overlap nodig om goed zichtbaar beeld te creëren in de vluchtlijn. Vaak gaat het om een voorwaartse overlap van 50-60% per frame. Als de overlap 50% of meer is, is het middelpunt van de ene foto ook op een andere foto zichtbaar. Om gaten tussen de vluchtlijnen te voorkomen is een zijdelingse overlap nodig van minimaal 5-15%. Een grotere zijdelingse overlap maakt het voorkomen van gaten tussen de vluchtlijnen eenvoudiger.²⁹

3.2 Fotogrammetrie & SfM

Als de geometrie van objecten op loodrechte foto's bekend is, is deze te gebruiken voor het maken van accurate metingen van afstanden en oppervlaktes. Dit heet fotogrammetrie.³⁰ Tegenwoordig wordt dit vaak met software uitgevoerd. De meest gebruikelijke vorm van fotogrammetrie is stereoluchtfotografie om hoogteverschillen te berekenen voor een topografische kaart.³¹

Luchtfoto's zijn geen meetkundig correcte afbeeldingen. Objecten staan niet geheel op hun juiste positie in het beeld. Vanuit overlappende foto's kan men door middel van fotogrammetrie *orthophoto's* en *orthomaps* maken. Bij een *orthophoto* worden deze fouten gecorrigeerd door middel van stereoscopische fotografie.³² Om stereoscopische te verkrijgen moet het beeld ten minste twee verschillende perspectieven van dezelfde plek hebben.³³ *Orthophoto's* hebben dus niet de schaal, kanteling en reliëfverplaatsingen die bekend zijn van

24. Campbell/Wynne 2011, 71.

25. Lillesand et al. 2015, 170-173.

26. Campbell/Wynne 2011, 69-71.

27. Fernández-Lozano/Gutiérrez-Alonso 2016, 516-518.

28. Campbell/Wynne 2011, 84 t/m 87.

29. Campbell/Wynne 2011, 84 t/m 87.

30. Campbell/Wynne 2011, 90, 91.

31. Campbell/Wynne 2011, 86-87.

32. Campbell/Wynne 2011, 87-89.

33. Lillesand et al. 2015, 148-149, 203-205.

normale luchtfoto's, maar zijn geometrisch correcte foto's.³⁴ Deze orthophoto's zijn goedkoop om te maken. Daardoor kunnen ze een goede vervanging zijn als er geen recente informatie beschikbaar is.³⁵

Een belangrijke stap in het proces van fotogrammetrie is het bepalen van *Ground Control Points*, ook wel afgekort tot GCP's. De GCP's moeten punten zijn die makkelijk te herkenbaar zijn in het veld en vanaf een kaart. Om de plaatsing van GCP's zo accuraat mogelijk te behouden is het aan te raden om kleine punten te nemen, zowel op de kaart als in het veld. Wanneer men ervoor kiest om GCP's in het veld te gebruiken, zal men minder tijd besteden tijdens het uitwerken aan het verwerken van de afbeeldingen. Wanneer men afbeeldingen wilt plaatsen zonder dat er GCP's zijn ingemeten in het veld kunnen deze punten ook achteraf nog van een kaart gehaald worden. Zolang de punten herkenbaar zijn op de kaart en de afbeelding, en de coördinaten bekend zijn. De meeste afbeeldingen die genomen zijn van een hoog niveau, die bijvoorbeeld met een satelliet gegenereerd zijn, hebben een resolutie van één vierkante meter per pixel. Elke pixel kan maar één kleur bevatten, dus het nemen foto's van een lager niveau zorgt voor een grotere mate van detail. Dit zorgt vervolgens weer voor dat men accurater, kleinere punten kan uitkiezen op de afbeelding voor de GCP's.³⁶ Met het gebruik van een GPS om de plaats en oriëntatie van de foto's te bepalen, kan de geometrie goed genoeg bepaald worden voor juiste metingen.³⁷ Door juiste GCP's uit te zoeken zal de afbeelding na het rectificeren worden minder vertekend door reliëfverplaatsing en kanteling.³⁸ Voor dit onderzoek zijn de GCP's achteraf bepaald op basis van de kaart die is ingemeten met de GPS.

Voor goede fotogrammetrische correctie is de juiste software nodig om een luchtfoto te kunnen bewerken tot een bruikbaar product. De techniek die wordt gebruikt in deze software is een techniek genaamd *Structure from Motion* (SfM). SfM is een techniek die automatisch afbeeldingen kan rectificeren en georefereren, om er vervolgens een model van te maken. Deze techniek gebruikt hetzelfde principe als stereoscopische fotografie. In tegenstelling tot stereoscopische fotografie wordt echter niet de afstand tussen de lenzen berekend, maar de afstand tussen de punten op de afbeeldingen.³⁹ De schaal van de afbeeldingen spelen een grote rol bij het juist plaatsen van het model bij deze techniek. Hierbij is het gebruik van GCP's erg belangrijk, om verplaatsing van het model te voorkomen.⁴⁰ Een software die deze techniek gebruikt is onder andere Agisoft PhotoScan. Het gebruik en de *workflow* van Agisoft PhotoScan zullen in het volgende hoofdstuk besproken worden.

34. Lillesand et al. 2015, 148, 149, 200-207, Nikolakopoulos et al. 2016, 15.

35. Campbell/Wynne 2011, 87-89.

36. Whitley 2015b, 1-2.

37. Campbell/Wynne 2011, 324.

38. Eisenbeiss/Sauerbier 2011, 406.

39. Whitley 2015b, 4-6.

40. Nikolakopoulos et al. 2016, 1, 7-9.

4. De UAV

4.1 De technische aspecten

UAV's zijn oorspronkelijk ontwikkeld binnen het militair domein, maar worden ook veel gebruikt voor wetenschappelijk onderzoek en door hobbyisten. UAV's bestaan in verschillende soorten, van zwaar- naar lichtgewicht, van *fixed-wing* tot multirotormodellen. De gemeenschappelijke deler is het ontbreken van een piloot aan boord.⁴¹

Een andere term die met betrekking tot een UAV wordt gebruikt is een UAS. Een UAS is juist een overkoepelende term waar ook het *Ground Control Station* (GCS) meegenomen wordt. Met een GCS wordt het platform aangestuurd. Een UAV, *Unmanned Aerial Vehicle*, is dus een simpel vliegtuig zonder menselijke piloot aan boord en een UAS, *Unmanned Aerial System*, is dus het gehele systeem van de UAV en het GCS.⁴²

UAV's zijn populair geworden vanwege de eenvoudige toepassing voor (wetenschappelijk) onderzoek. Een *multirotor* UAV heeft geen landingsbaan nodig, ze hebben immers een *vertical take-off/landing* lijn (ook wel VTOL genoemd). Daarnaast zijn UAV's veel goedkoper dan een vliegtuig met piloot.⁴³ De minimale en maximale vlieghoogte van een UAV is over het algemeen lager dan van een vliegtuig, waardoor luchtfoto's ook lager kunnen worden genomen.⁴⁴ Het gebruik van een UAV is flexibel met betrekking tot verschillende oppervlakten van gebieden en verschillende weersomstandigheden.⁴⁵ Een ander voordeel van een UAV is dat het dichterbij een object kan komen dan een bemand platform.

Veel UAV-systemen kunnen in manueel of geassisteerde vliegmodus vliegen. Nieuwere UAV-systemen bevatten echter een derde, nieuwe, vliegmodus. Bij deze vliegmodus is het mogelijk om UAV-systemen een geplande vliegroute automatisch te laten volgen.⁴⁶ De UAV's die een voorgeprogrammeerd pad kunnen volgen, met consistente hoogte en snelheid, leveren eerder afbeeldingen met de juiste overlap.⁴⁷

Bij een lichtgewicht platform, dat sterk beïnvloedbaar is door omgevingsfactoren, is het af te raden om gebruik te maken van de automatische vliegmodus met vooraf ingeplande punten om te stoppen voor de foto's. Deze vervolgt dan namelijk niet altijd even goed zijn weg en kan zijn positie niet behouden.⁴⁸ Hierdoor kan een afbeelding sleepeffecten krijgen als er weinig camerastabiliteit is. Manueel gecontroleerde UAV's zijn meestal minder stabiel dan UAV's die automatisch geplande vliegroutes vliegen. De verschillen tussen de soorten vliegmodi zijn daadwerkelijk merkbaar in de resultaten.⁴⁹

UAV's kunnen worden onderscheiden in verschillende klassen, die gebaseerd zijn op hun grootte, gewicht en de technologie die de UAV bevat. Bij al deze factoren horen wettelijke of fysieke restricties die effect hebben op de minimum of maximum vlieghoogte, maximum draaggewicht en GCS-connectie (radio of visueel).⁵⁰ Veel batterijen van een UAV hebben maar een gebruiksduur van een kwartier en een laadtijd van 30 tot 45 minuten.⁵¹ Dit betekent dat kortere vluchten gemaakt kunnen worden dan bij conventionele luchtfotografie. Echter, een van de grootste beperkingen van het gebruik van een UAV is de wet- en regelgeving en de goedkeuring van

41. Eisenbeiss/Sauerbier 2011, 401-402.

42. Custers et al. 2015, 20-22.

43. Dubbini et al. 2016, 121.

44. Eisenbeiss/Sauerbier 2011, 403, 416-417.

45. Whitley 2015b, 4-6.

46. Eisenbeiss/Sauerbier 2011, 401-403.

47. Smith et al. 2014, 177.

48. Eisenbeiss/Sauerbier 2011, 403, 412, 415-417.

49. Eisenbeiss/Sauerbier 2011, 415-417.

50. Nex/Remondino 2013, 1, 4.

51. Whitley 2015a, 5, Phantom 4, 2016, 6, 57.

vluchten.⁵² Deze zullen in het hoofdstuk 4.2 besproken worden.

Omgevingsfactoren, zoals wind, spelen altijd een rol.⁵³ De goedkopere UAV's zijn vaak minder accuraat door verschillende factoren zoals lage windresistentie, minder nauwkeurige GPS en lastige besturing. Wanneer UAV's minder accuraat vliegen, is het beter om voor hogere overlap van de vluchtlijn te kiezen.⁵⁴ Bij goedkopere apparatuur is dus meer data nodig om tot hetzelfde resultaat te komen. Het uitzoeken van bruikbare data kan meer tijd in beslag nemen.⁵⁵

Tijdens archeologisch onderzoek kan een UAV onder andere ingezet worden voor het monitoren van gebieden. Hiervoor wordt vaak gebruik gemaakt van *laserscanning* (middels een vliegtuig). Een *orthophoto* of een *Digital Elevation Model (DEM)* of basis van *SfM* kan een vervanging voor *laserscanning* zijn.⁵⁶ Het gebruik van een UAV is sneller en goedkoper, maar wel minder nauwkeurig. Als men echter het gebruikt van een UAV combineert met het gebruik van *laserscanning*, kan het een goede vervanging zijn voor de huidige methode voor het monitoren van plaatsen.⁵⁷

Naast monitoren kan een UAV ook gebruikt worden tijdens een archeologische verkenning. Archeologische verkenning wordt vaak uitgevoerd door middel van veldverkenning, *Light Detection and Ranging (LiDAR)* en *close range* fotogrammetrie. UAV-technologie kan kosten en verwerkingstijd reduceren, en kan gebruikt worden als complementair werktuig naast LiDAR-data als een archeologische verkenningstool.⁵⁸ Eveneens kan men denken aan het plaatsen van LiDAR-technologie onder een UAV, om de scans makkelijker in te kunnen zetten tijdens een archeologische verkenning. De beperkingen van LiDAR kan sterk uitvergroot worden door de stabiliteit van het platform en de dichtheid van de scans.⁵⁹ Verder kan men tijdens een archeologische verkenning ook andere *remote sensing* technieken gebruiken. Dit kan gedaan worden door andere apparatuur aan de UAV te koppelen. Verschillende technieken die dan gecombineerd kunnen worden, zijn bijvoorbeeld; *Colour Infrared (CIR)*, *Near-infrared (NIR)*, *forward-looking infrared (FLIR)*, *ultra-violet (UV)* en *hyperspectral cameras (HS)*.⁶⁰

Als men een UAV gebruikt voor het maken van luchtfoto's, kan men daar vervolgens verschillende soorten eindproducten van maken. Producten die uit de data van de UAV vervaardigd kunnen worden, zijn bijvoorbeeld *point clouds* en *orthophoto's*.⁶¹ Het gebruik van UAV's, voor het maken van *orthophoto's* en *point clouds*, is vooral in kleinschalig onderzoek goed toepasbaar. Het voordeel, van het gebruik van een UAV voor het maken van luchtfoto's, zijn voornamelijk de lage kosten en de snelheid van de dataverwerking op een grote schaal.⁶² Wanneer de luchtfoto's genoeg overlap en genoeg GCP's hebben, kan de kwaliteit van de eindproducten hoger worden. Dan kunnen de eindproducten beter gebruikt worden voor verdere analyse en spoorherkenning.⁶³

UAV's hebben veel technische voordelen. Ze zijn relatief goedkoop, hebben een navigatiesysteem en registratie systemen voor digitale data. Een groot voordeel is de snelheid waarmee ruimtelijke data ingewonnen kan worden. Verder hebben UAV's weinig ruimte nodig, onder andere door de VTOL. De data, met hoge resolutie,

52. Nex/Remondino 2013, 3-4.

53. Chiabrando et al. 2011, 708-709.

54. Nex/Remondino 2013, 4-6, 11.

55. Nex/Remondino 2013, 10-11.

56. Nex/Remondino 2013, 10-13.

57. Campbell/Wynne 2011, 390-391.

58. Fernández-Lozano/Gutiérrez-Alonso 2016, 511-519.

59. Whitley 2015b, 7.

60. Whitley 2015b, 6-7.

61. Nex/Remondino 2013, 7-10.

62. Chiabrando et al. 2011, 699-704.

63. Nex/Remondino 2013, 4, 6-10, 12.

kan gebruikt worden voor het maken van *orthophoto's*, kaarten en 3D-modellen.

4.2 De wetgeving

Zoals al eerder beschreven, is een belangrijke factor de wet- en regelgeving. Deze wet- en regelgeving kunnen per land verschillen.⁶⁴ Nederland kent een strenge wet- en regelgeving die snel verandert. Een van de belangrijkste factoren om rekening mee te houden in de Nederlandse wetgeving, is dat er meer regels zijn voor beroepsmatig of commercieel gebruik dan voor hobbymatig gebruik. Het is verplicht om bepaalde certificaten te bezitten om te mogen vliegen. Daarnaast mag niet overal gevlogen worden.⁶⁵ De twee meest voorkomende certificaten zijn het Beroepsmatig ROC-certificaat en het Beroepsmatig ROC-light certificaat.

	Beroepsmatig (ROC)	Beroepsmatig (ROC Light)
Gebruik van de drone	Beroepsmatig gebruik en/of vluchten tegen vergoeding	Beroepsmatig gebruik en/of vluchten tegen vergoeding
Gewicht drone (totale startmassa)	Max. 150 kilogram	Max. 4 kilogram
Voorrang ander luchtverkeer	Verleent voorrang aan al ander luchtverkeer en landt onmiddellijk wanneer ander verkeer nadert.	Verleent voorrang aan alle andere luchtverkeer en landt onmiddellijk wanneer ander verkeer nadert
Drone in zicht van de piloot (VFR = Visual Flight Rules)	Altijd in zicht van de piloot	Altijd in zicht van de piloot
Afstand tot de piloot (of waarnemer)	Max. 500 meter	Max. 100 meter
Daglicht	Alleen bij daglicht	Alleen bij daglicht
Vlieghoogte (vanaf grond/water)	Max. 120 meter (ontheffing mogelijk in ROC)	Max. 50 meter
Afstandscriteria:	Ontheffing mogelijk	Geen ontheffing mogelijk
Afstand tot mensenmenigten	Min. 150 meter	Min. 50 meter
Afstand tot aaneengesloten bebouwing	Min. 150 meter	Min. 50 meter
Afstand tot kunstwerken, haven- en industriegebieden	Min. 50 meter	Min. 50 meter
Afstand tot spoorlijnen	Min. 50 meter	Min. 50 meter
Afstand tot openbare wegen, autowegen en autosnelwegen	Min. 50 meter	Min. 50 meter
Afstand tot vaartuigen en voertuigen	Min. 150 meter	Min. 50 meter
Waar mag je wel/niet vliegen?	Niet in gecontroleerd luchtruim (CTR's)	Niet in gecontroleerd luchtruim (CTR's)
		Niet binnen 3 km van ongecontroleerde vliegvelden, tenzij geen bezwaar van exploitant
		Niet in militaire en civiele laagvlieggebieden, tenzij met een waarnemer
Bewijs van Bevoegdheid voor de piloot/bestuurder ('brevet')	Bewijs van Bevoegdheid (RPA-L) (medische keuring verplicht, minimaal LAP-L)	Ontheffing Bewijs van Bevoegdheid Wel: piloot kan aantonen over voldoende bekwaamheid te beschikken bv. met een KEI-diploma of een erkend vliegbrevet (deze eis geldt niet als de drone minder dan 1 kg weegt) geen medische keuring
Bewijs van luchtwaardigheid voor de drone	Bewijs van Luchtwaardigheid (technische keuring verplicht)	Ontheffing Bewijs van Luchtwaardigheid (geen technische keuring)
Inschrijving in luchtvaartuigregister	Bewijs van Inschrijving	Bewijs van Inschrijving
Minimumleeftijd	18 jaar	18 jaar
Operationeel handboek	Handboek noodzakelijk	n.v.t.
Verzekering	WA verzekering verplicht	WA verzekering verplicht
Meldingsplicht	24-uur voor vlucht bij Minister en burgemeester (NOTAM)	n.v.t.
Kosten	+/- 10.000 euro	+/- 400 euro

64. Whitley 2015a, 2-3.

65 <http://wetten.overheid.nl/BWBR0036568/2017-10-07>.

66. <https://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/drone/documenten/brochures/2016/07/06/regels-voor-drones-verschillen-tussen-recreatief-en-beroepsmatig-gebruik>.

Tabel 2: Regelgeving Beroepsmatig gebruik van een UAV in Nederland⁶⁶

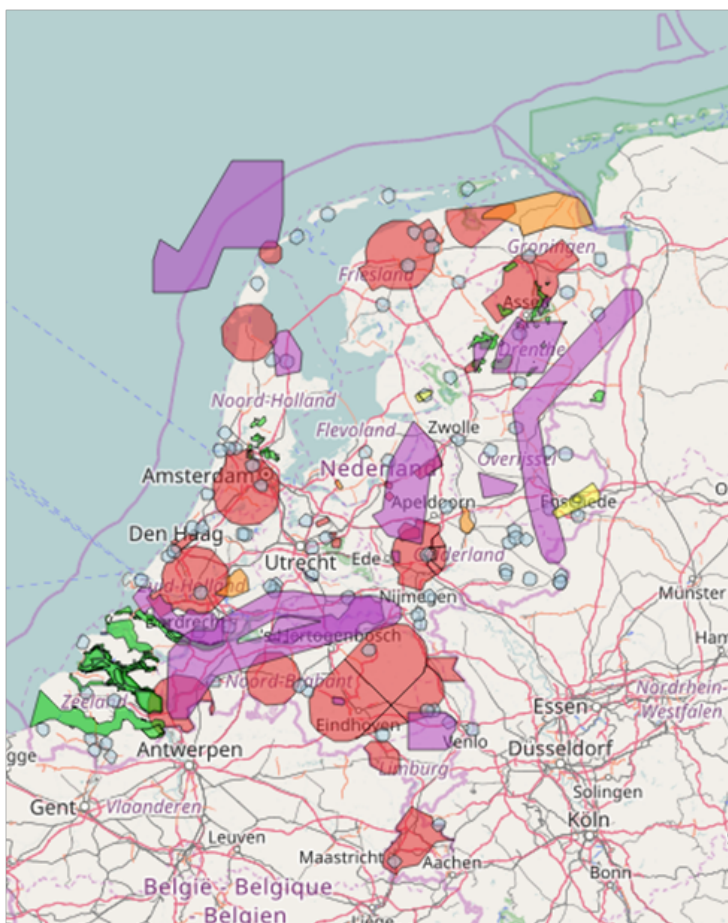
Enkele modellen UAV's zullen een ROC-certificaat behoeven om beroepsmatig mee te kunnen vliegen. Een aantal andere modellen van UAV's hebben echter een gewicht van minder dan vier kilogram, waarvoor dan weer een Beroepsmatig ROC-light certificaat geschikt is.

De vlucht moet, volgens het voorschrift Regelgeving op afstand bestuurde luchtvaartuigen artikel 10.4, minstens 24 uur voor de dag van de vlucht schriftelijk of per e-mail aangemeld worden bij de minister & burgemeester. Echter, in artikel 10a.3 wordt gezegd dat; 'Artikel 10, tweede tot en met vierde lid, is niet van toepassing op de uitvoering van vluchten met een UAV als bedoeld in het eerste lid, onder de in dat lid bedoelde beperkingen.' Dit geldt voor vluchten met UAV's van niet meer dan vier kilogram. De beperkingen gespecificeerd in het eerste lid zijn van toepassing op VFR-vluchten met een UAV waarvan de totale massa niet meer dan vier kilogram bedraagt, en die onder operationele beperkingen worden uitgevoerd. Deze operationele beperkingen zijn:

- * Maximale horizontale afstand 100 meter
- * Laagvliegzones maximaal 40 meter hoogte
- * 50 m hoogte boven grond/water/andere gebieden dan laagvliegzones
- * Luchtruim klasse G met geldende lucht verkeersregels

Hierdoor mag in deze gebieden wel gevlogen worden met een UAV van vier kilogram of minder. Voor die vluchten hoeft dan geen toestemming aangevraagd te worden, zolang men zich aan de bovenstaande beperkingen houdt.⁶⁷

Het gebruik van een UAV heeft dus verschillende voor- en nadelen. Deze voor- en nadelen zullen in een later hoofdstuk vergeleken worden met de voor- en nadelen van traditionele meetmethodes.



Afbeelding 4: Luchtzone kaart. Legenda; Rood: No-fly zone, verboden te vliegen, Lichtblauwe cirkel: Ongecontroleerd (zweef)vliegveld of heliport, alleen vliegen indien toestemming van beheerder, Roze of oranje: Laagvlieggebied, alleen vliegen indien er iemand meekijkt, Groen: Natura 2000-gebied waar een droneverbod is ingesteld.

79. <http://wetten.overheid.nl/BWBR0036568/2017-10-07>.

5. PhotoScan

In dit hoofdstuk zal een beschrijving worden gegeven van de resultaten van het verwerken van de UAV-beelden door middel van Agisoft PhotoScan. Met behulp van PhotoScan kunnen middels SfM orthophoto's en 3D-modellen worden gemaakt. Modellen die in het programma worden gemaakt, kunnen ook worden samengevoegd. Hieronder zal de workflow van PhotoScan beschreven worden.

5.1. De PhotoScan workflow

Het proces dat in Agisoft PhotoScan gevolgd moet worden, bestaat uit zes standaardstappen. Deze stappen zijn:

1. Import Photo's
2. Import markers
3. Align Photo's
4. Build dense cloud
5. Build mesh
6. Build texture

Afhankelijk van het doel en de mogelijkheden kunnen de stappen verschillen. Het resultaat en de bewerkingstijd van de stappen wordt niet alleen beïnvloed door de instellingen, maar ook door kwaliteit en de kwantiteit van de foto's. Daarnaast hangt de verwerkingstijd af van de capaciteiten van de computer: genoeg RAM en een snelle videokaart helpen het proces te bespoedigen.

Tijdens de eerste stap van het proces worden de foto's geïmporteerd. De foto's dienen een overlap van >70% te hebben. Bij een kleinere overlap kunnen gaten ontstaan in het uiteindelijke model.⁶⁸ Na het toevoegen van de foto's dienen de coördinaten van de GCP's te worden omgezet naar het gewenste coördinaatsysteem. Dit wordt gedaan met het *ground control panel convert*. De *convert* instellingen in het *ground control panel* beïnvloeden het coördinaatsysteem van het gehele project. GCP's kunnen gebruikt worden als marker die PhotoScan automatisch kan herkennen.

Na deze voorbereidingen kan met de standaard *workflow* van PhotoScan begonnen worden (*Align photo's*, *Build dense cloud*, *Build mesh* en *Build texture*), dit is zichtbaar in tabel 3. Tijdens de eerste twee stappen van de *workflow* wordt een *point cloud* gemaakt. Een *point cloud* is een puntenwolk waaruit informatie als plaatsbepaling en kleur wordt opgevraagd. De eerste stap van de *workflow* is het maken van een *sparse cloud*. Een *sparse cloud* is een *point cloud* waarbij, van een minimaal aantal punten, de plaatsbepaling is berekend. De *sparse cloud* zorgt voor de eerste blauwdruk van het model. De tweede stap van de *workflow* is het maken van de *dense cloud*. Een *dense cloud* is eveneens een *point cloud*, maar met een grotere punt dichtheid. Dit resulteert in een gedetailleerder en completer beeld.

68. Zie de handleiding in bijlage II.

Te weinig foto's kunnen problemen in de afbeelding veroorzaken zoals verkeerde oriëntatie, gaten in de afbeelding of gebieden die geheel niet worden afgebeeld. Doordat er niet genoeg informatie over deze gebieden beschikbaar is voor het programma kan er geen output worden gecreëerd voor dat gebied.

Workflow stap	Settings	Redenering
Align photo's	<i>High</i>	Voor de beste plaatsbepaling en oriëntatie van het model.
	<i>Ground control</i>	Hierdoor maakt de software gebruik van de coördinatie in de berekening van de plaatsbepaling.
Build dense cloud	<i>Medium</i>	Wat betreft de resolutie is dit in verhouding met de verwerkingstijd beter. Dit is zeker het geval als het om een model gaat waar geen grote verschillen op kleine gebieden voorkomen.
Build mesh	<i>Height field</i> (voor <i>orthophoto</i>)	Deze instelling is specifiek voor vlakke oppervlaktes. Agisoft raad deze instelling specifiek aan voor luchtfotografie, omdat het minder geheugen nodig heeft, maar toch grotere datasets verwerkt. ⁶⁹
	<i>Arbitrary</i> (voor 3D-model)	Dit is een standaard instelling die te gebruiken is voor elk soort object. Dit zorgt voor betere resultaten bij de verticale gedeeltes in het model.
	<i>Dense cloud</i>	Hierdoor wordt er gebruik gemaakt van de data uit de <i>dense cloud</i> in plaats van de <i>sparse cloud</i> , waar minder informatie in zit. De verwerkingstijd wordt hierdoor wel weer wat langer.
	<i>High of medium</i>	Het verschil tussen deze twee is miniem en het zal meer een persoonlijk keus zijn tussen detail en verwerkingstijd.
Build texture	<i>Orthophoto</i> (voor <i>orthophoto</i>)	Zorgt ervoor dat de vormen van de afbeelding op de juiste plaats op het model terecht komen en maakt er een vlak geheel van.
	<i>Generic</i> (voor 3D-model)	Dit is een standaard instelling die te gebruiken is voor elk soort object. Dit zorgt voor betere resultaten bij de verticale gedeeltes in het model.

Tabel 3: De workflow van Agisoft PhotoScan met de voorkeur instellingen.

De derde stap die wordt doorlopen tijdens de *workflow* is het maken van een *mesh*. Een *mesh* is een verzameling punten die verbonden zijn en een netwerk van randen en vlakken vormen. Dit netwerk van randen en vlakken vormt dan weer een object. De *mesh* wordt gemaakt door informatie van de *point cloud* te gebruiken met behulp van interpolatie. De laatste stap van de *workflow* is *Build texture*. Hierbij wordt een textuur over de eerder gemaakte *mesh* gedrapeerd. Dit gebeurt door het berekenen van de textuur die op de foto zichtbaar is. Bij de derde stap, *Build mesh* moeten voor andere opties worden gekozen om een 3D-model te kunnen maken. De stap *Build mesh* houdt dan eveneens de hoogtes aan. De hoogte tussen de punten wordt in het programma berekend door middel van triangulatie. De vierde stap, *Build texture*, gebruikt bij een 3D-model de standaard *setting*.

Als men in PhotoScan de *orthophoto* of het 3D-model heeft gemaakt, kan men deze producten nog niet in andere programma's openen. Een *orthophoto* kan voor verder gebruik in GIS worden opgeslagen als een Geotiff. Hierbij worden namelijk ook de coördinaten en projectie bij de afbeelding opgeslagen. Een 3D-model

69. Agisoft PhotoScan User Manual 2014, 12.

kan echter niet in een standaard GIS-omgeving worden geopend. Het 3D-model zal dus in een apart programma bekeken moeten worden. Als men bij het 3D-model echter alleen op de visuele kenmerken wil focussen, en niet op de verhoudingen of afstandmetingen, kan het 3D-model naar een 3D-pdf geëxporteerd worden.

5.2. Gecombineerde modellen

Naast de standaard *workflow*, zoals besproken in hoofdstuk 5.1, is het in PhotoScan mogelijk om verschillende modellen te combineren, mits de modellen aansluiten. Hiervoor is een aparte *workflow* nodig.

Eerder gemaakte modellen worden in het programma ook wel *chunks* genoemd. Wanneer men de *chunks* wilt combineren, is de meest accurate manier om dit te doen het samenvoegen van de markers zodat het model op de juiste plek terecht komt. Door de stappen van de *workflow Combining chunks* te volgen, zoals hieronder aangegeven, worden de modellen gecombineerd. Het combineren van *chunks* werkt hetzelfde bij een *orthophoto* als bij een 3D-model.

In tabel 4, die hieronder staat, staan de stappen van de *workflow* voor het combineren van *chunks* in PhotoScan. Verder staat in de tabel per stap aangegeven waarom/waarvoor voor een bepaalde instelling is gekozen.

Workflow stap	Settings	Redenering
Align chunks	<i>Marker based</i>	Door <i>marker based</i> te kiezen wordt de optimale plaatsbepaling uitgerekend en wordt ervoor gezorgd dat alles op precies de juiste plek terecht komt.
Merge chunks	<i>Combine models</i>	Dit zorgt ervoor dat er één model van gemaakt wordt.
	<i>Merge markers</i>	Hierdoor worden de markers met dezelfde informatie samengevoegd. Als dit niet gedaan wordt ontstaan er dus dubbele markers in de lijst, wat meer ruimte in beslag neemt.

Tabel 4: De *workflow* van Agisoft PhotoScan tijdens het combineren van de modellen met de voorkeur instellingen.

Voor meer informatie over de *workflow* en de stappen die uitgevoerd moeten worden tijdens het proces wordt verwezen naar de handleiding bijgevoegd in bijlage II.

6. Voor- en nadelen van GPS, (r)TS en UAV tijdens archeologisch veldonderzoek

In dit hoofdstuk zal het gebruik van een GPS of *Robotic Total Station* vergeleken worden met het gebruik van een UAV. Allereerst zal een korte uitleg over het gebruik van een GPS en een UAV gegeven worden, zowel voor in het veld als van de verwerking van de data. Vervolgens zal de vergelijking van beide methodes uitgebreid besproken worden.

6.1 Gebruik van de GPS & (r)TS

Tijdens archeologisch veldwerk in Nederland is een van de meest gebruikte meetmethodes het gebruik van een GPS of een *Robotic Total Station*. Deze meetmethode is een accurate manier van meten en is sneller dan traditionele analoge meetmethodes. Het gebruik van een GPS of *Robotic Total Station* kan verdeeld worden in twee fases: het veldwerk en de verwerking van de gegevens die zijn opgedaan tijdens het veldwerk.

Veldwerk

In het veld is het gebruik van een GPS of *Robotic Total Station* een snelle en accurate manier van meten. Hoewel elk spoor nog individueel ingemeten moet worden, kan dit in een vlot tempo uitgevoerd worden.

De GPS wordt onder andere gebruikt voor het uitzetten of inmeten van hoofdmeetpunten van een opgraving waar verder een lokaal coördinatensysteem wordt aangehouden. Om accurate metingen binnen dit systeem te behouden, dienen referentiepunten uit worden gezet. Wanneer men met een *Robotic Total Station* werkt kunnen deze referentiepunten dan vervolgens elke dag als basis worden gebruikt, zodat er geen onnauwkeurigheden in de coördinaten voorkomen.

Tijdens het meten met een GPS of *Robotic Total Station* moet men opletten worden dat de connectie niet verbroken wordt. Bij een GPS gaat het dan om de connectie met de satellieten en het referentiesignaal, en bij een *Robotic Total Station* ook om de connectie met de prisma. Als de connectie verbroken wordt, wordt de meting niet nauwkeurig.

Sporen met een groot hoogteverschil kunnen soms lastig in te meten zijn met een GPS of een *Robotic Total Station*. Denk hierbij bijvoorbeeld aan sporen zoals muurwerk of sporen die heel diep in een opgravingsput zitten. Het kan dan zo zijn, dat de connectie lastig te behouden is of dat er kleine ongelijkheden in de metingen ontstaan, omdat de GPS of de *Robotic Total Station* lastig de connectie kan behouden. Daarnaast zit er een afwijking in iedere meting van de GPS of de *Robotic Total Station*, de hoeveelheid hiervan verschilt per GPS of *Robotic Total Station*. De gemiddelde afwijking van een GPS ligt tussen de drie tot vijf centimeter.

Bij het gebruik van een GPS of een *Robotic Total Station* worden doorgaans (de vorm van) sporen al in het veld geïnterpreteerd. Terwijl dit per laag kan veranderen en de interpretatie van de sporen aangepast kan worden. Hierdoor is een kaart die is gemaakt met een GPS of *Robotic Total Station* een verzameling van meerdere momenten waarop gemeten is. Het is dus nooit één momentopname, maar een verzameling van meerdere momentopnames.

Met een GPS of *Robotic Total Station* kan per project gewerkt worden. Dit betekent dat er een project aangemaakt wordt, waar men later weer in kan verder werken, maar er ook een ander nieuw project aangemaakt kan worden. Het resultaat van de ingemeten data is dan ook direct terug te zien in het bijbehorende project op het kleine scherm van de GPS of de *Robotic Total Station*. Naast de vormen die

ingemeten zijn, kunnen ook de spoornummers opgeslagen worden tijdens het meten. Dit zijn standaard velden die bij elke meting worden opgemeten en ingevoerd. De GPS of *Robotic Total Station* slaat dus per object de extra attributen zoals de naam (bijvoorbeeld een spoornummer) en de x-, y- en z-coördinaat op in een CAD-bestand.

Uitwerking van de gegevens

Na het veldwerk en het verzamelen van de gegevens, kunnen de gegevens uitgewerkt worden. Bij het uitwerken van de gegevens die zijn ingezameld met de GPS of de *Robotic Total Station* kan het voorkomen dat het bestandsformaat overgezet moet worden voordat het bewerkbaar is in het GIS-programma waarin gewerkt wordt.

Bij opgravingen wordt regelmatig gewerkt in een lokaal coördinatensysteem wanneer er nog geen hoofdmeetpunten uitgezet zijn. Bij deze projecten moeten de coördinaten dus eerst nog omgezet worden naar het nationale coördinaatsysteem, in Nederland het Rijksdriehoekstelsel (RD).⁷⁰

Bepaalde fouten in de vorm of fouten die gemaakt zijn tijdens het meten, moeten nog gecorrigeerd worden voordat een Alle Sporen Kaart (ASK)⁷¹ gemaakt kan worden. Men moet niet vergeten dat alle sporen moeten aansluiten en dat er geen topologie fouten meer aanwezig zijn in het bestand.

Vervolgens moet alle data die in het GIS-bestand staat nogmaals gecheckt worden. Tijdens deze checkt kijkt men of de data nog actueel is en of er geen dubbele of achterhaalde informatie in staat. Dit kan nagekeken worden aan de hand van de documentatielijsten of de velddatabase. Het GIS-bestand kan ook aan de projectdatabase gekoppeld worden om alles actueel te houden. Hierna moet gecontroleerd worden of er tijdens de koppeling geen dubbele informatie ontstaan is.

Nadat men alle data opgeschoond heeft, kan begonnen worden met de analyse van sporen en structuren voor de ASK. Dit betekent dus dat al enkele kleine aanpassingen zijn gemaakt, vanaf hoe de sporen in het vlak te zien zijn en het moment van analyse. Hierdoor is de data niet geheel objectief meer. Een ASK is dus per definitie een interpretatie van het vlak. De ASK is hierdoor overzichtelijker, maar niet meer het complete overzicht van een ongemarkeerd vlak.

6.2 Gebruik van de UAV

In hoofdstuk vier is de werking van een UAV beschreven. Hier zal dieper worden ingegaan op de bijzonderheden met betrekking tot toepassing van UAV's tijdens archeologisch veldwerk.

Accurate fotografische momentopnames in kleur kunnen met een UAV snel worden verkregen. De interpretatie en spoornummers kunnen echter niet direct worden vastgelegd. Daarnaast geeft de UAV ook niet direct bruikbare data weer, omdat de foto's vaak bewerkt moeten worden of een orthophoto gemaakt moet worden. Hierdoor ontstaat onzekerheid over het eindresultaat. Als men een UAV voor documentatie gebruikt, is het belangrijk dat deze data op de juiste geografische plaats terecht komt. De accuraatheid van de coördinaten hangt onder andere samen met het gebruik van GCP's.

Tijdens het werken met een UAV kunnen sporen makkelijker achteraf nog een (her)interpretatie krijgen, omdat de sporen op de foto zichtbaar zijn zoals ze ook zichtbaar waren in het veld. Het gaat namelijk om een fotorealistisch beeld tegenover een tekening. De data van een UAV is dus een combinatie tussen een GIS-bestand en een vlakfoto. De kleur en de echte vorm van het spoor is ook op de afbeelding zichtbaar. Beide

70. https://www.sikb.nl/doc/BRL4000/Protocol%204004%20Opgraven-lb%204_1.pdf.

71. <https://www.sikb.nl/archeologie/richtlijnen/brl-4000>.

factoren zullen dan nog wel eerst aangegeven moeten worden voordat de afbeelding omgezet kan worden in een ASK.

6.3 Vergelijking van GPS & UAV

De toepassing van een UAV en die van een GPS zijn vergeleken aan de hand van de data van verschillende onderzoeken van Archol. Dit betreffen opgravingen in Veldhoven, Tiel-Medel en Oss.⁷² Als eerste worden de toepassingen in het veld vergeleken, waarna vervolgens de uitwerking van de data behandeld wordt.

In het veld

Het gebruik van een UAV in het veld is snel, maar met name afhankelijk van onderstaande factoren:

- * Weersomstandigheden
- * Wettelijke restricties
- * Natuurlijke restricties
- * Stilleggen van werkzaamheden

Weersomstandigheden hebben invloed op het gebruik van een UAV. Regen is slecht voor een UAV, omdat water een nadelige werking heeft op de apparatuur. Daarnaast zorgt water op het vlak voor weerspiegelingen in de foto, waarbij de foto vervolgens weer een blinde vlek in PhotoScan creëert. Verder is harde wind problematisch. Door harde wind vliegt een UAV namelijk niet stabiel, waardoor de foto's bewogen kunnen zijn. Als laatste is het eveneens belangrijk dat het niet te zonnig is. Zonnige weersomstandigheden kunnen zorgen voor slagschaduw op de foto's. Het merendeel van deze factoren speelt geen rol bij gebruik van GPS of *Robotic Total Station*.

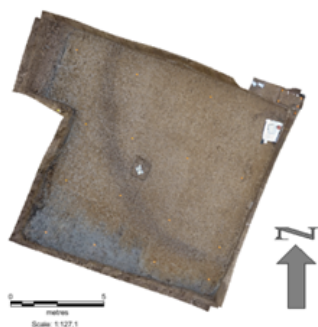
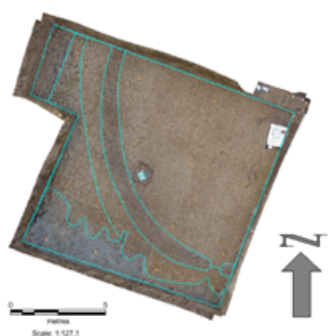
De wettelijke restricties spelen een belangrijke rol bij de toepassing van een UAV. Zoals eerder benoemd in hoofdstuk vier zijn er vliegzones waar niet, of alleen met toestemming, gevlogen mag worden. Het is dus belangrijk om van tevoren de wetgeving na te kijken en de nodige stappen te ondernemen. Bij het gebruik van een GPS of *Robotic Total Station* is dit niet nodig.

De derde factor zijn de natuurlijke restricties. Een van deze natuurlijke restricties is dat men niet kan vliegen wanneer er veel hoge obstakels in de omgeving aanwezig zijn. Eveneens is het verstandig om in het veld na te kijken hoeveel van de sporen daadwerkelijk goed zichtbaar zijn op de foto. Bij de opgravingen in Tiel-Medel, Veldhoven en Oss ziet men dat de sporen in zandgrond (Oss en Veldhoven) wel goed zichtbaar zijn op de foto, en de sporen in kleigrond (Tiel-Medel) minder goed zichtbaar zijn. Ervaring leert men dat dit niet altijd het geval is, maar het kan dus wel een factor zijn tijdens het documenteren aan de hand van foto's. Op afbeelding 6 is te zien dat niet alle grenzen van de sporen even goed te zien zijn door de bodemsoort. Dit is achteraf niet meer te corrigeren, terwijl dit met een GPS terplekke gedaan kan worden.

72. Dit was een opgraving van de Universiteit Leiden waarbij Archol meehielp met de begeleiding van de studenten en uitwerking voor Gemeente Oss.

Links afbeelding 5: Gedeelte van Put 61 in Tiel met de ASK.

Onder afbeelding 6: Gedeelte van Put 61 in Tiel.



De werkzaamheden in de desbetreffende werkput moeten stil gelegd worden op het moment dat er foto's met een UAV genomen worden. Wanneer reguliere vlakfoto's genomen worden, moeten de werkzaamheden in de werkput ook stilgelegd worden. Tijdens het gebruik van een GPS of een *Robotic Total Station*, voor het inmeten van de sporen, hoeft dit niet. Dit zou bij een grote opgraving met meerdere werkputten geen probleem hoeven zijn. Het stilleggen van de werkzaamheden is vooral vanwege de veiligheid en of storende elementen op de foto. Als men toch objecten laat staan op het vlak kunnen deze in een later stadium gemaskeerd worden, dit zorgt echter wel voor gaten in het model. Op afbeelding 7 is te zien hoe het maskeren van objecten en werkzaamheden op een foto voor gaten in een afbeelding. Om een goede complete *orthophoto* te krijgen, die bruikbaar is voor het documenteren van een opgravingsvlak, is het belangrijk om geen storende elementen in de werkputten (zoals mensen of werkmaterialen) te zien. Niet alleen moet het werkproces van de documentatie aangepast worden, het zou ook sneller werken als het werkproces in het veld al aangepast wordt om met een UAV te werken.⁷³

Tijdens de opgraving in Veldhoven is ondervonden dat een UAV niet gelijktijdig met een *Robotic Total Station* gebruikt kan worden. Niet alleen zijn er obstakels zichtbaar in het beeld, maar ook kruisen de signalen van beide apparaten elkaar. De kruising van deze signalen resulteert in een storing in de signalen van de twee apparaten. De *Robotic Total Station* raakt door de kruising het signaal voor de plaatsbepaling kwijt en de UAV raakt het signaal voor de handmatige besturing kwijt. De laatste brengt de veiligheid in gevaar. De storingen kunnen daarnaast leiden tot onnauwkeurigheden in de metingen. Dit geldt zowel voor de gegevens van de *Robotic Total Station* als voor de gegevens van de UAV.



Afbeelding 7: Orthophoto van put 10 in Oss.

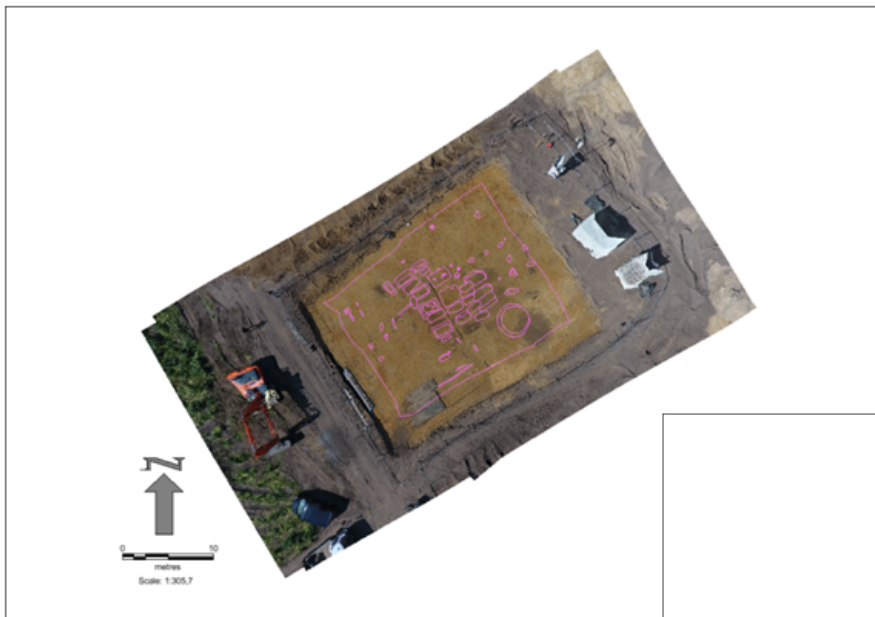
73. Reu, 2013, 1109-1120.

Dataverwerking

Voor de dataverwerking, van de UAV en de GPS en de *Robotic Total Station*, worden verschillende vergelijkingen getrokken. Deze vergelijkingen zijn gemaakt aan de hand van de volgende factoren:

- * De nauwkeurigheid
- * Het georefereren
- * Het gebruik van GCP's
- * De herkenbaarheid van de sporen
- * Het gebruik van PhotoScan
- * De resultaten van de verschillende types camera

De beperkte nauwkeurigheid van de GPS van de UAV is goed zichtbaar in de orthophoto van Veldhoven. De orthophoto is gemaakt zonder GCP's en op basis van de orthophoto is een ASK gemaakt. Vervolgens werd de ASK van de orthophoto vergeleken met de ASK van de GPS. Deze is op afbeelding 8 te zien. Op de afbeelding is zichtbaar dat de oriëntatie wel klopt, alleen de schaal niet. Hierdoor zijn de sporen niet op de juiste plaats terecht gekomen en te klein afgebeeld. Dit komt mede doordat de GPS van de UAV een afwijking heeft van 30 tot 150 centimeter tegenover de GPS die een afwijking heeft van maximaal drie centimeter. Verder vindt in de beelden van de UAV ook nog distorsie plaats door het *fish-eye* effect van de camera. PhotoScan kan deze distorsie voor een gedeelte corrigeren, maar zonder referentiepunten wordt de schaal beïnvloed. Om deze beïnvloeding te voorkomen is het belangrijk om GCP's in het veld te plaatsen en deze in PhotoScan te markeren. Deze GCP's zullen echter wel met de GPS ingemeten moeten worden.

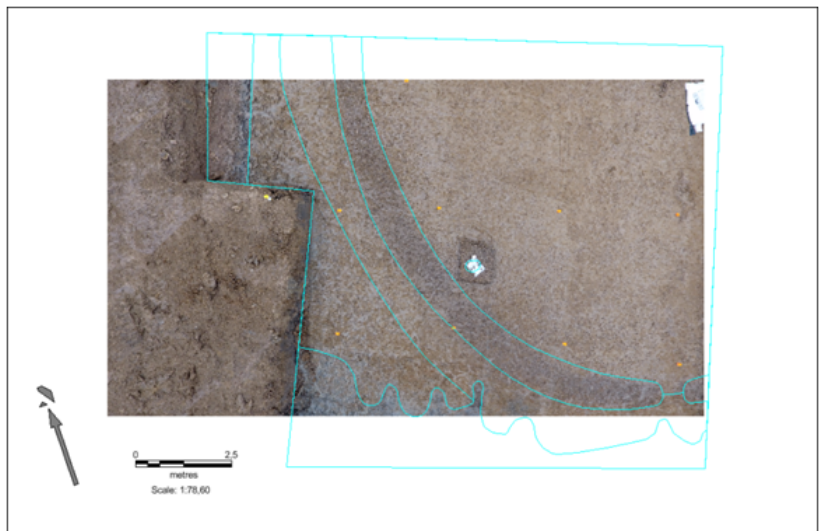


Afbeelding 8: Links een ASK gemaakt op basis van een orthophoto van put 286 in Veldhoven. De paarse lijnen zijn de ASK gemaakt op basis van de fotocoördinaten.

Afbeelding 9: Rechts een ASK gemaakt op basis van een orthophoto van put 286 in Veldhoven. De groene lijnen zijn de ASK gemaakt op basis van de markercoördinaten.



Een manier waarmee het uitwerkingsproces versneld kan worden, is door de foto te georefereren. Hierbij is echter wel meer kans op fouten in de geometrie van de uiteindelijke afbeelding. De werktijd van het uitwerkingsproces wordt enorm verminderd door het georefereren van de foto's, in plaats van het verwerken van de foto's in PhotoScan. Bij de data van Tiel-Medel is een van de foto's georeferereerd, zie afbeelding 10. Op deze afbeelding is zichtbaar dat de sporen niet altijd even scherp zijn door de resolutie van de camera en dat sommige putranden enigszins overhellen. Hierdoor zijn de sporen daar minder goed zichtbaar. Dit soort fouten in de geometrie worden gecorrigeerd door PhotoScan. De meest gemakkelijke manier om de foto te georefereren, is het plaatsen van ingemeten GCP's in het vlak. Zeker wanneer het om een loodrecht foto gaat, zullen er minder fouten in de geometrie voorkomen.



Afbeelding 10: Foto van een gedeelte van put 61 in Tiel die georeferereerd is met de ASK.

Het plaatsen van GCP's is niet alleen belangrijk wanneer men de foto gaat georefereren, maar ook tijdens het gebruik van PhotoScan. Hoewel de foto's van de UAV wel coördinaten zullen hebben, namelijk de positie van de UAV tijdens het nemen van de foto, zijn deze niet altijd even accuraat. Daarnaast zullen GPS-coördinaten waarschijnlijk in WGS84 aangegeven worden, en zullen deze coördinaten omgezet moeten worden naar het RD-coördinatenstelsel en de bijbehorende projectie. Dit wordt gedaan om het bestand in combinatie met de rest van de projectbestanden te kunnen gebruiken.

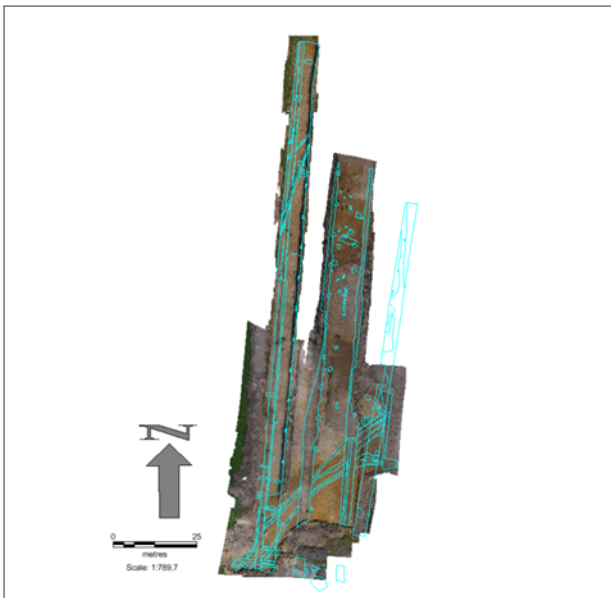
Tijdens het uitwerken van de gegevens in PhotoScan spelen een aantal van dezelfde factoren als in het veld een rol, maar ook een aantal andere. Tijdens het uitwerken van de data kan de textuur van de bodem ook voor problemen zorgen. Deze problemen uiteten zich dan in wat er wel of niet zichtbaar is op de foto. Het gaat echter niet alleen om de bodemsoorten, maar ook om de sporen die moeilijk herkenbaar zijn. Deze lastig herkenbare sporen kunnen zorgen voor onduidelijkheden op de foto. Een voorbeeld hiervan is, zoals eerder gezegd, zichtbaar bij de opgraving in Tiel-Medel, zichtbaar op afbeelding 6.

Van een luchtfoto is het niet altijd te zien of het om een menselijk of om een natuurlijk spoor gaat. Dit is ook zichtbaar bij afbeelding 11, waar in het noordoosten enkele sporen in het veld zijn geïdentificeerd als natuurlijk. Deze sporen zijn niet op de foto af te lezen. Het kan ook voorkomen dat een spoor pas te interpreteren is na het couperen. Hierbij kan het zijn dat het spoor dus niet in het vlak te zien is, maar wel aan de ASK wordt toegevoegd.



Afbeelding 11: ASK van put 286 in Veldhoven. De blauwe lijnen zijn de ASK gemaakt in het veld met een Robotic Total Station. .

Een ander voordeel van het gebruik van een *orthophoto* is dat het kan zorgen voor een combinatie van een vlakfoto en een vlaktekening, zoals zichtbaar in afbeelding 12. Het voordeel van deze combinatie is dat het grotere geheel van het sporencomplex beter zichtbaar is. Het grotere geheel, dat de samenhang van het sporencomplex kenmerkt, kan men beter herkennen, omdat het een ASK is met een fotorealistisch beeld is. Een voorbeeld van een groter geheel van sporen is het greppelsysteem van de put in afbeelding 12 en 13. Op afbeelding 12 is te zien dat de parallel lopende lijnen met noord-zuid oriëntatie dezelfde kleur hebben. Dit is op afbeelding 13 niet zichtbaar. Het fotorealistische beeld kan dus een hulpmiddel zijn voor het herkennen van grotere sporencomplexen.



Afbeelding 12: De ASK van het project in Oss. De blauwe lijnen zijn de ASK die in het veld is gemaakt.

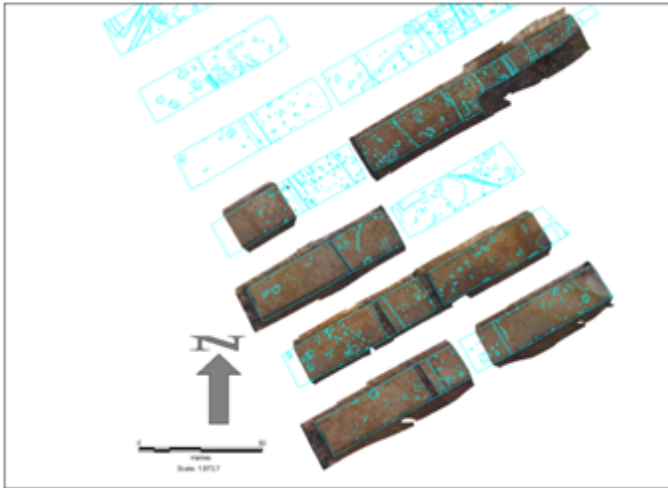


Afbeelding 13: De ASK van het project in Oss. De groene lijnen zijn de ASK die is gemaakt op basis van de *orthophoto*, de opgevulde stukken zijn de gedeeltes waar obstakels op de *orthophoto* stonden waardoor die stukken onduidelijk of niet zichtbaar werden.

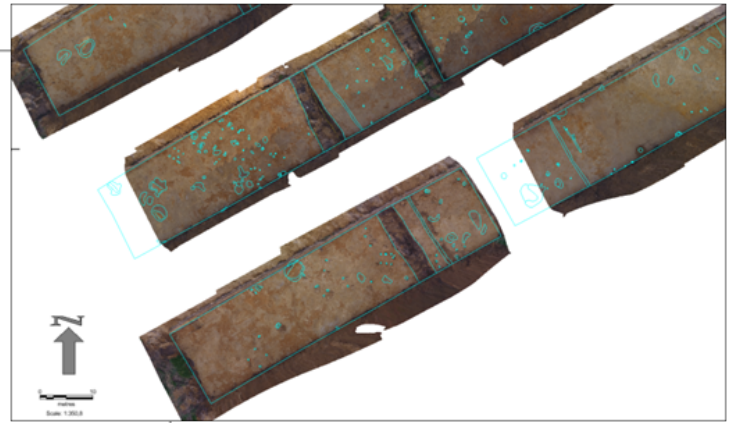
Zoals al eerder vermeld, is het soms lastig op een foto te zien of iets een natuurlijk of menselijk spoor is. Op afbeelding 11 is de ASK, die op basis van de *orthophoto* gemaakt is, zichtbaar. Bij afbeelding 9 is zichtbaar dat niet alle sporen van deze ASK overeen komen met de ASK die in het veld is gemaakt. De sporen in het noordwesten van de put zijn namelijk natuurlijke sporen, echter is dit niet van de *orthophoto* af te lezen zonder enige voorkennis. Het is daarentegen wel mogelijk om een objectieve kleurbeschrijving van het vlak te geven, omdat er duidelijke foto's zijn om op terug te vallen. Het voordeel is dat men wel completer is en meer documenteert. Een voorbeeld hiervan is wanneer men in het veld een spoor als natuurlijk afschrijft. Met UAV-data behoudt men deze data alsnog op de foto, terwijl deze met een GPS of *Robotic Total Station* vaak verwijderd wordt. De sporen die uiteindelijk op de ASK nog zichtbaar zijn dus minder onderhevig aan de interpretatie van de aanwezige archeoloog. Hierdoor kan men zeggen dat de ASK objectiever is.⁷⁴

Wanneer men ervoor kiest om met PhotoScan of een ander SfM-programma te werken, is het eveneens belangrijk om te zorgen dat de foto's voldoende overlappen. Alles moet op minstens twee foto's zichtbaar zijn (dus >50% overlap in alle richtingen), en pas dan kan PhotoScan die data verwerken. Het project in Veldhoven is een goed voorbeeld waarbij dit niet altijd het geval was. Bij de westelijke putten is duidelijk zichtbaar dat op bepaalde punten geen overlap met andere foto's was, zoals zichtbaar in afbeelding 14 t/m 17. Deze stukken zijn dan ook niet op de *orthophoto* komen te staan, omdat er niet genoeg informatie is voor het programma voor die gedeeltes.

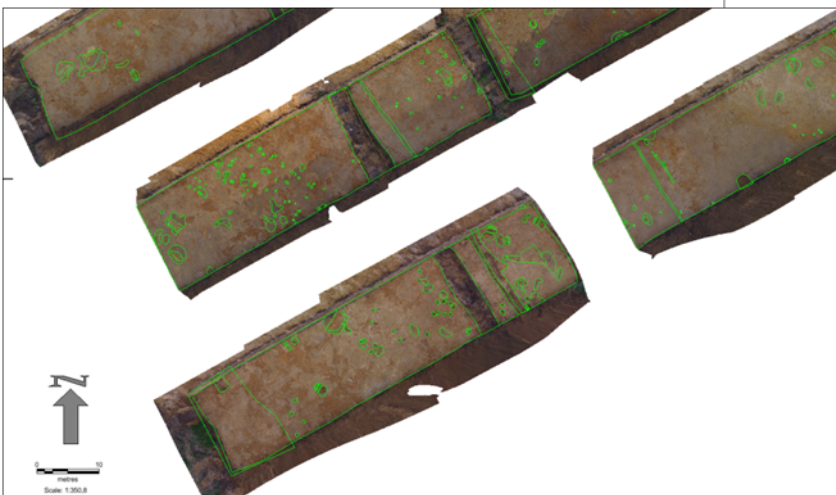
74. Reu, 2013, 1118-1120, Reu, 2014, 261.



Afbeelding 14: De ASK van een aantal van de oostelijke putten in de project in Veldhoven. De blauwe lijnen zijn de ASK die met de Robotic Total Station in het veld is gemaakt.



Afbeelding 15: Close-up van de ASK van een aantal van de oostelijke putten in de project in Veldhoven. De blauwe lijnen zijn de ASK die in het veld is gemaakt.



Afbeelding 17: Boven de ASK van een aantal van de oostelijke putten in de project in Veldhoven. De groene lijnen is de ASK gemaakt op basis van de orthophoto's.

Afbeelding 16: Links close-up van de ASK van een aantal van de oostelijke putten in de project in Veldhoven. De groene lijnen is de ASK gemaakt op basis van de orthophoto's.

Een nadeel van het uitwerken van de foto's van een UAV middels een programma als PhotoScan is dat het veel tijd in beslag neemt. De tijd die dus bespaard wordt in het veld, is extra nodig tijdens het uitwerken van het data, als het niet langer is. Een ander nadeel is dat er geen direct zichtbaar resultaat is dat nagekeken en eventueel verbeterd kan worden, terwijl met een GPS deze mogelijkheid er wel is. Soms is het wel mogelijk om een resultaat met lage kwaliteit te maken in relatief korte tijd, maar hierbij is het de vraag of dat de moeite waard is.⁷⁵

Een voordeel is dat er niet alleen een vlak of profiel apart gedocumenteerd kan worden, maar er kan ook een 3D-model van gemaakt worden. Hoewel het 3D-model nog niet in een GIS-omgeving geladen kan worden, is het wel een ruimtelijk correcte nabootsing van de werkelijkheid. Een voorbeeld hiervan is te zien in afbeelding 18, waarbij ook de profielen van de put goed zichtbaar zijn.

75. Reu, 2014, 254-261.



Afbeelding 18: 3D-model van een gedeelte van put 61 in Tiel.

Bij het project in Oss stonden meerdere obstakels in de put die, door middel van maskers, verwijderd zijn. Door het verwijderen van deze objecten zijn gaten in de *orthophoto* ontstaan. Doordat er echter foto's op meerdere dagen zijn gemaakt, vervallen sommige van deze gaten, omdat op de andere dagen geen obstakels meer staan op die plaats. Het was mogelijk om foto's op verschillende dagen te maken, omdat het weer zeer consistent was en het moment van opname bij opgravingsproces bij de putten nagenoeg hetzelfde was bij alle opnames. Hierdoor was er dus geen kans dat er verschil zou ontstaan, doordat foto's van een bepaalde dag lichter zouden zijn door de zon of juist het tegenovergestelde.

Bij het project Tiel-Medel is een model gemaakt waarbij de foto's van de spiegelreflexcamera zijn gecombineerd met de foto's van de UAV. Dit was gedaan om te kijken of het, naast aanvulling voor de GPS, een aanvulling voor de foto's kan zijn. Het gecombineerde model is echter slechter dan beide individuele modellen. Het model is minder scherp en doordat de foto's niet op dezelfde momenten gedurende de dag zijn genomen, is er ook een kleurverschil.

De individuele modellen van de foto's van de spiegelreflexcamera die vanaf de grond zijn genomen en de foto's van de camera van de UAV zijn

allebei goed, qua plaatsing en wat er zichtbaar is op de afbeelding, zie afbeeldingen 5, 6, 19 en 20. Alleen is het wel duidelijk dat het model met de spiegelreflex iets scherper is dan die met de camera van de UAV.

Voor het model van de foto's die door de UAV-camera zijn genomen, zijn er wel minder foto's nodig. Dit komt mede doordat er meer op de foto's zichtbaar is zonder dat er een *fish-eye* effect optreedt of dat ze te *oblique* worden. Als er een betere camera onder de UAV gezet zou kunnen worden, zou deze een hogere resolutie kunnen hebben. Nu zou het qua kwaliteit beter zijn om nog de spiegelreflex te



Afbeelding 19: *Orthophoto* van een gedeelte van put 61 in Tiel gemaakt van foto's van de spiegelreflexcamera.

gebruiken zolang er genoeg tijd is om alle foto's te kunnen maken en verwerken. Het is namelijk wel zo dat PhotoScan meerdere foto's nodig heeft om een goed model te maken als het om foto's gaat die vanaf de grond zijn genomen. Meer foto's betekent altijd een langere verwerkingstijd.

In de tabellen 5 en 6 in hoofdstuk 9 staat een overzicht van alle voor- en nadelen van het gebruik van een UAV voor archeologisch veldwerk.



Afbeelding 20: Orthophoto van een gedeelte van put 61 in Tiel gemaakt van UAV foto's en foto's van de spiegelreflexcamera.

7. Het AHN & de UAV

Een van de aspecten die is onderzocht, is het maken van landschapsmodellen aan de hand van het gebruik van een UAV. Deze modellen werden vervolgens vergeleken met informatie vanuit het AHN aan de hand van twee uitgevoerde projecten. Tijdens de vergelijking wordt gekeken naar de visuele verschillen en de tijd die nodig is voor het uitvoeren van de methodes.

7.1 Het AHN

Het AHN is een hoogtebestand van Nederland die online vrij beschikbaar is met gedetailleerde en nauwkeurige data van de hoogte van het landschap. Het AHN heeft een afwijking van maximaal vijf centimeter in de z-richting en er zijn per vierkante meter zes tot tien gemeten punten.⁷⁶ Het AHN wordt gemaakt in opdracht van de waterschappen, de provincies en Rijkswaterstaat.⁷⁷ De landschappelijke informatie die uit het AHN gehaald kan worden, is ook te gebruiken voor de archeologie. Het AHN bestaat uit verschillende versies die (online) beschikbaar zijn, zo zijn er bijvoorbeeld de PDOK-viewer, de ArcGIS-viewer en is er een versie met ruwe data (de puntenwolken). Tijdens dit onderzoek is gebruik gemaakt van de PDOK-viewer.

De techniek die wordt gebruikt tijdens het inwinnen van de data voor het AHN heet laseraltimetrie, ofwel LiDAR. Hierbij wordt vanaf een vliegtuig of helikopter een laserstraal naar het oppervlak uitgezonden, die dan vervolgens weer terugkaatst. De stand van het vliegtuig, samen met de tijd tussen het uitzenden en ontvangen van de laserstraal worden geregistreerd waardoor de berekeningen van de maaiveldhoogte een erg nauwkeurig resultaat leveren.⁷⁸

Het landschap van Nederland is erg veranderlijk, zowel door natuurlijke als menselijke processen. Het AHN wordt dan ook regelmatig bijgewerkt om deze veranderingen bij te houden. Het inplannen van vluchten met goede omstandigheden is niet altijd gemakkelijk. Hierdoor kan het zijn dat niet altijd de laatste informatie over een bepaald gebied beschikbaar is. Dit is echter geen groot probleem aangezien er niet heel veel veranderd zal zijn in de periode sinds ze dan over dat stuk hebben gevolgen. De voortgang van de laatst gevlogen gebieden is dan ook te bekijken op de site van de AHN onder het kopje: voortgang vluchten.⁷⁹

Een van de kaartlaagopties in het AHN is een *hillshade* kaart. Deze kaartlaag wordt specifiek behandeld, omdat er een soortgelijk model te maken is met PhotoScan. *Hillshade* is een soort kaart waarbij per cel in een raster de mate van helderheid berekend wordt aan de hand van de hoogtes. In het bestand wordt een lichtbron gecreëerd vanaf een bepaald punt om vervolgens vanaf daar de mate van verlichting en schaduw uit te rekenen. Hierdoor kunnen sommige structuren in de grond eventueel beter zichtbaar worden. De waardes in een dergelijke kaart worden altijd in grijswaardes uitgedrukt.

7.2 Landschapsmodellen aan de hand van de UAV

De 3D-verkenning en het in kaart brengen van sporen en bewoningsresten worden ook gedaan door middel van afbeeldingen die zijn genomen van een laag niveau.⁸⁰ Hiervoor zijn UAV's uitermate geschikt. Ze kunnen andere traditionele meetvormen complementeren of zelfs vervangen. Het doel bij de landschapsmodellen is het maken

76. <https://www.pdok.nl/nl/ahn3-downloads>; Zon 2013, 7-23.

77. <https://ahn.arcgisonline.nl/ahnviewer/>

78. <http://www.ahn.nl/common-nlm/over-ahn.html>

79. <http://www.ahn.nl/common-nlm/voortgang-inwinvluchten-2017-2018.html>

80. Nex/Remondino 2013, 10-11.

van een 3D-model met hoogte waardes. Deze landschapsmodellen kunnen goede informatie verstrekken voor een vooronderzoek of een landschappelijk onderzoek. Zulke landschapsmodellen kunnen gemaakt worden aan de hand van foto's genomen door een UAV. Deze foto's kunnen dan verwerkt worden tot een 3D-model zoals beschreven in hoofdstuk 5.

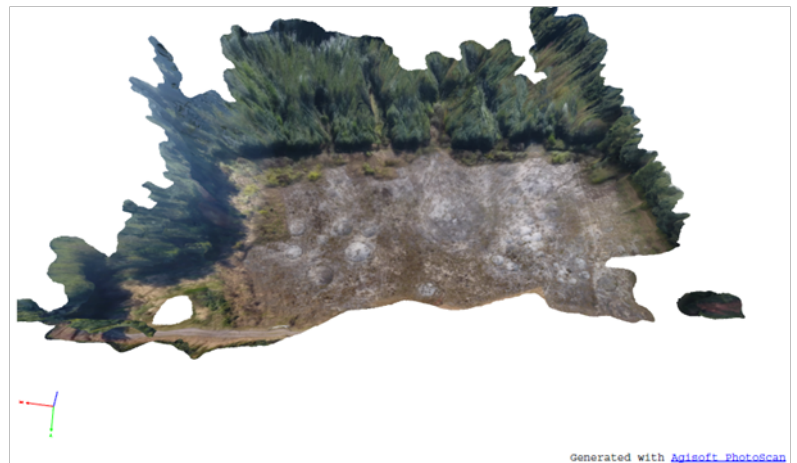
Een DTM gemaakt met UAV-fotogrammetrie met een *hillshade* kan zeer accuraat zijn en daarmee uiterst bruikbaar voor de interpretatie van archeologische resten, doordat de *hillshade* een hulpmiddel is om zaken zichtbaarder te maken. Een DTM is een *Digital Terrain Model*, vergelijkbaar met een *Digital Elevation Model*, echter zijn hier alle gebouwen en dergelijke nog wel op zichtbaar en bij een DEM niet.⁸¹ Het maken van een DEM met UAV-fotogrammetrie heeft echter wel veel voorbereiding nodig. Zo moeten er GCP's uitgezet en ingemeten worden. Deze moeten vervolgens ook in het model verwerkt worden.

7.3 Vergelijking AHN en landschapsmodellen

Zoals eerder vermeld, zijn op twee plaatsen vluchten met de UAV uitgevoerd voor het vergaren van vergelijkingsmateriaal. Tijdens het uitwerken van deze projecten is geen gebruik gemaakt van GCP's in het PhotoScan proces, maar van de standaardmetingen. Dit is gedaan, omdat er geen gebruik is gemaakt van GCP's in het veld.

Voor het project in Slabroek lukte het maken van een model aan de hand van de foto's niet, omdat de foto's gemaakt zijn met een te hoog *oblique*. Hierdoor wordt door PhotoScan minder overlap gevonden en ontstaat er te veel reliëf-verplaatsing. Om dit te voorkomen, is geprobeerd om een model te maken via afbeeldingen die uit een filmpje zijn gehaald. Dit is gedaan door het gebruik van het programma Video to JPG Converter⁸² om zoveel mogelijk

van de resolutie te behouden. Een extra obstakel hierbij is dat er geen coördinaten aan de beelden zitten, dus wordt het een stuk lastiger om de juiste plaatsing en oriëntatie te krijgen. De afbeeldingen uit het filmpje worden hierna nog steeds niet juist onthoekt. Om toch een zo goed mogelijk model te krijgen, is een selectie gemaakt in de foto's. De oriëntatie van het model is niet optimaal, omdat er geen gebruik gemaakt is van GCP's. Door de foto's en de beelden uit het filmpje te combineren, is de oriëntatie zo goed als recht. In afbeelding 22 is zichtbaar dat er nog maar een kleine kanteling in het model zit. Het beeld in het model lijkt erg uitgespreid, zoals zichtbaar in afbeelding 21. Dit is een teken dat te weinig foto's van verschillende kanten gebruikt zijn,



Afbeelding 21: Aanzicht van schuin van boven van het 3D-model gemaakt van het gebied in Slabroek.



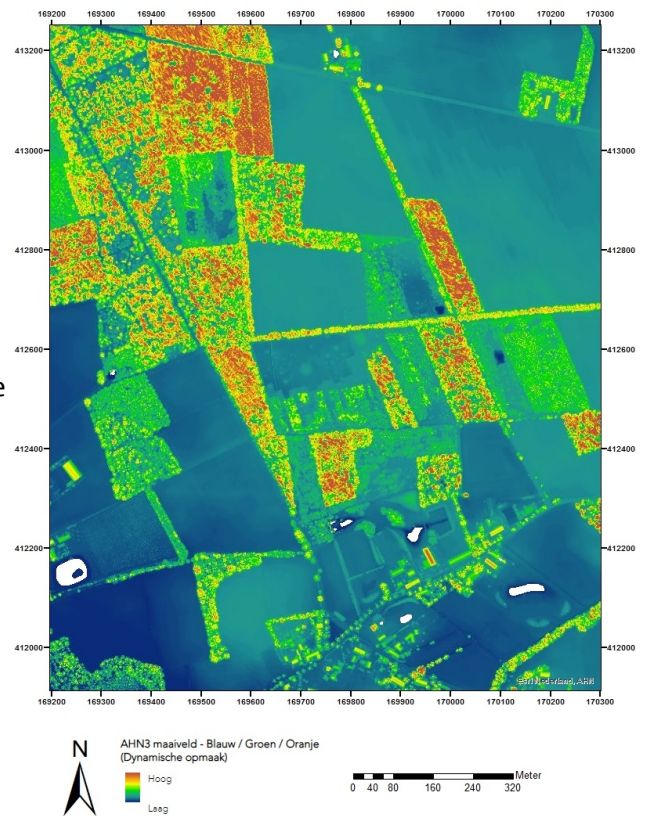
Afbeelding 22: Een zijaanzicht van het 3D-model gemaakt van het gebied in Slabroek.

81. Fernández-Lozano/Gutriérrez-Alonso 2016, 514-518.

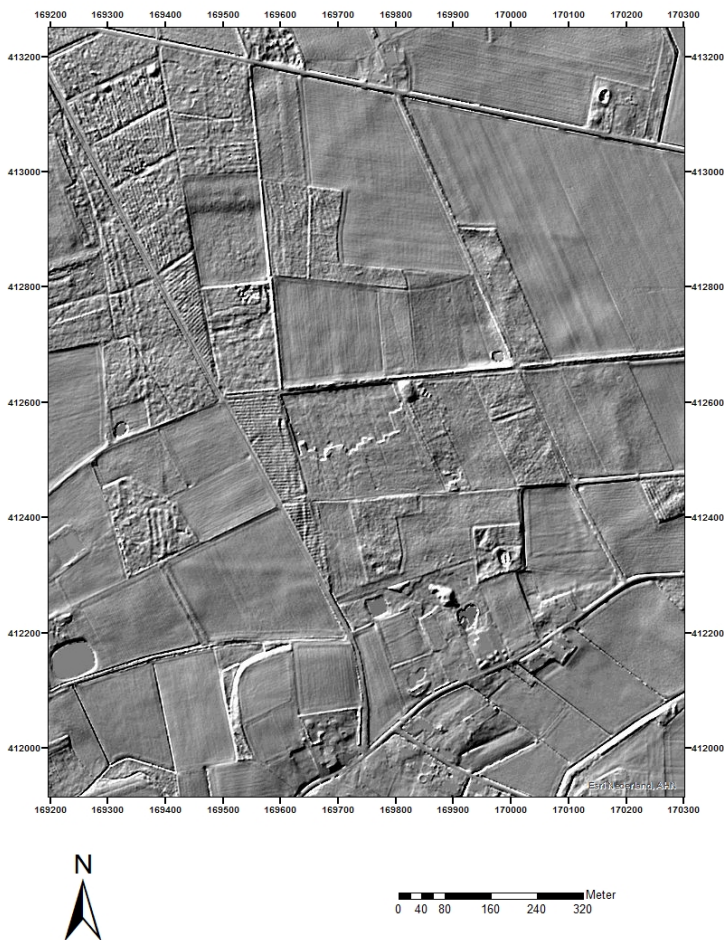
82. <https://www.dvdvideosoft.com/products/dvd/Free-Video-to-JPG-Converter.htm>.

waardoor de reliëf-verplaatsing niet gecorrigeerd kan worden. Doordat er dus te weinig waardes vanaf de andere kant zijn, kan dit niet worden verbeterd door de software en ontstaat een uitgeveegd model. Op afbeelding 22 is eveneens zichtbaar dat de heuvels niet als hoogte zijn geregistreerd in het model, dus er kan geen goed hoogtemodel gemaakt worden.

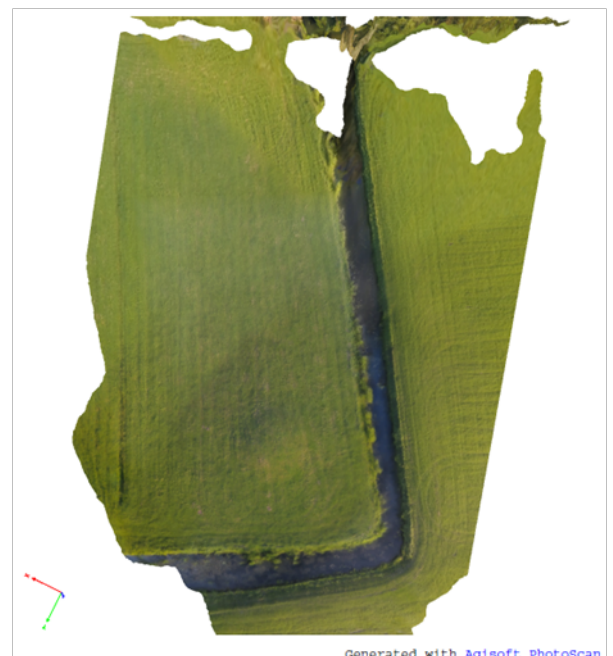
Bij de afbeeldingen van het AHN, afbeeldingen 23 en 24, zijn dezelfde heuvels als op afbeelding 21 en 22 niet te zien. Op de Hillshade-kaartlaag, afbeelding 24, zijn een aantal van de heuvels vaag herkenbaar, maar de meeste zijn niet zichtbaar. Hoewel de kaartlagen van het AHN dus sneller te bekijken zijn, zijn ze hier niet echt van toepassing. Op deze plaats zou een landschapsmodel handig kunnen zijn, alleen dan niet de modellen die op de vorige pagina te zien zijn.



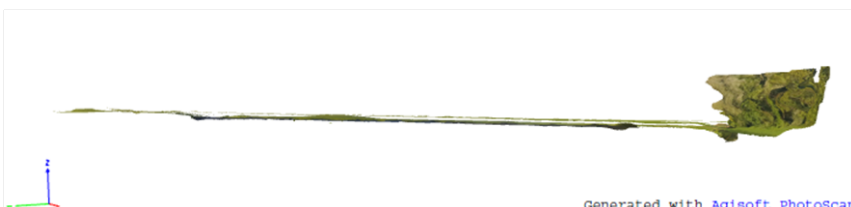
Afbeelding 23: AHN kaart van het gebied in Slabroek met een Blauw / Groen / Oranje kaartlaag.



Afbeelding 24: AHN kaart van het gebied in Slabroek met een Hillshade

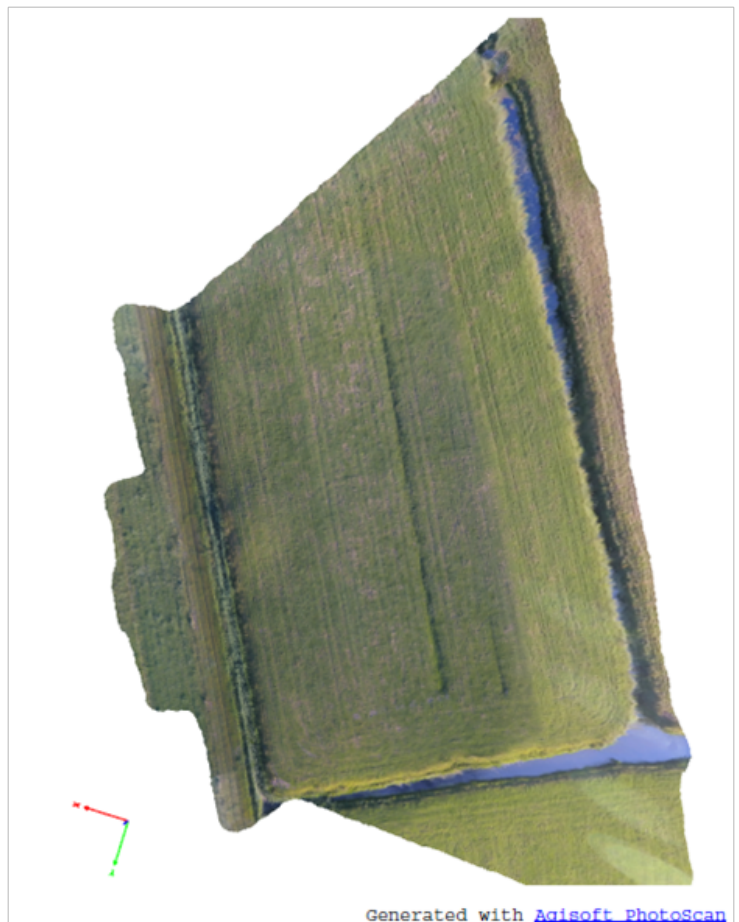


Afbeelding 25: Bovenaanzicht eerste heuvel in Wervershoof in het 3D-model.



Afbeelding 26: Zij aanzicht 3D-model van eerste heuvel in Wervershoof.

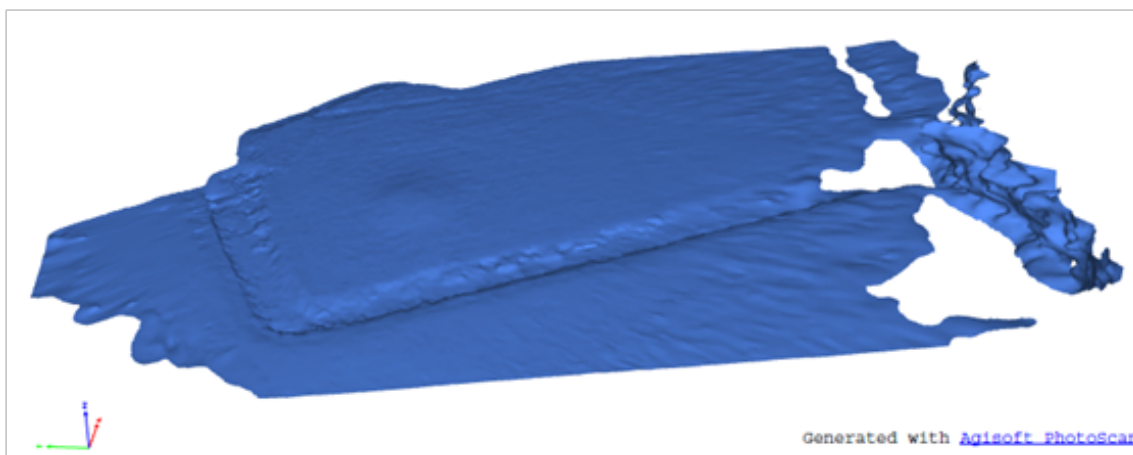
Bij het project in Wervershoof zijn meerdere loodrechte foto's gemaakt, waardoor de foto's beter bruikbaar waren. Doordat er eveneens coördinaten bij de foto's zijn vastgelegd, was er minder reliëf-verplaatsing. Tussen de heuvels in was niet genoeg overlap, omdat er voor het gebied tussen de heuvels te weinig foto's gemaakt waren. Hierdoor moesten er twee verschillende modellen gemaakt worden. Zoals eerder in dit hoofdstuk vermeld, zou het gebruik van GCP's het model nog accurater maken. Dit is echter niet gebeurd. Let wel, de z-coördinaten zijn hierbij van groot belang, omdat de afwijking anders te groot kan worden. Als dat het geval zou zijn, is het überhaupt niet de moeite waard om het te proberen, zoals zichtbaar in de resultaten van Wervershoof in afbeelding 25 t/m 30. De landschapsmodellen zijn niet heel slecht, maar in de zijanzichten is te zien dat de hoogte niet geheel goed is weergegeven, zie afbeeldingen 26 en 28. Hierbij is zichtbaar dat er te weinig verschillen in de beweging tussen de foto's is geregistreerd door PhotoScan, waardoor de hoogte minder accuraat wordt weergegeven. In de *shaded texture* modellen, afbeeldingen 29 en 30, is de grootte van de grafheuvels beter zichtbaar, echter is dit nog steeds veel minder dan de *hillshade* optie bij het AHN, zie afbeelding 33.



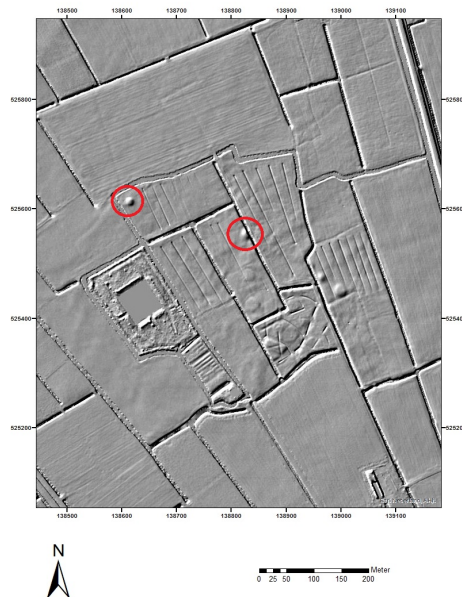
Afbeelding 27: Bovenanzicht tweede heuvel in Wervershoof in het 3D-model.



Afbeelding 28: Zijanzicht 3D-model van tweede heuvel in Wervershoof.



Afbeelding 29: *Shaded texture* van het 3D-model van eerste heuvel in Wervershoof.



Afbeelding 33: AHN kaart van het gebied in Wervershoof met een Hillshade kaartlaag. De heuvels zijn met rode rondjes aangegeven.

De landschapsmodellen bleken geen groot succes. Het maken van landschapsmodellen heeft bij beide projecten een halve dag tot een dag tijd in beslag genomen. Bij vele plaatsen zal dit dus meer tijd in beslag nemen dan de moeite waard is. Het zijn vooral visueel aantrekkelijke beelden als eindresultaat, wanneer het goed gedaan wordt. Desalniettemin is de data, voor de projecten die bij dit onderzoek zijn uitgevoerd, niet toereikend genoeg en is deze niet te vergelijken met de data van het AHN.

Kortom, de PDOK-versie van het AHN is precies, duidelijk en het belangrijkste is bruikbaar. Het AHN wordt met enige regelmaat bijgewerkt, waardoor de informatie bijna altijd *up-to-date* is. Zoals eerder in dit hoofdstuk vermeld, heeft het AHN een maximale afwijking van vijf centimeter in de z-richting, wat voor hoogtemetingen genoeg kan zijn. Hierdoor is wel te stellen dat in combinatie met de visuele vergelijking van de twee projecten het niet de moeite waard is om voor documentatie en ander soort onderzoek een landschapsmodel te maken. Het kan wel visueel aantrekkelijke afbeeldingen opleveren, maar neemt veel tijd in beslag. Op een plaats waar geen AHN beschikbaar is, zoals in de bijzondere Gemeenten van Nederland zou dit misschien wel een optie kunnen zijn.

Een andere optie die nog wel verder bekeken kan worden, is het combineren van de methodes. De initiële methode van het AHN, het gebruik van LiDAR technologie, en UAV-fotogrammetrie combineren in het gebruik. De combinatie van LiDAR (één sub-meter resolutie) en UAV-fotogrammetrie, voor de kleinere details, is bevorderlijk voor het herkennen van kleinere en/of gedetailleerdere structuren. De combinatie zorgt voor een reductie van kosten en tijdrovende berekeningen, terwijl de resolutie stijgt.⁸³ Dit is niet in het onderzoek gebeurd, maar zou de moeite waard kunnen zijn om verder te onderzoeken.

83. Fernández-Lozano/Gutiérrez-Alosano 2016, 511-519.

8. De UAV binnen de Nederlandse archeologie

In dit hoofdstuk zal een inventarisatie van het gebruik van UAV's binnen de Nederlandse archeologie worden besproken. Hierin zullen het gebruik, de ervaring en het verwachte toekomstige gebruik uitgelicht worden. De inventarisatie van deze informatie is gedaan aan de hand van interviews. De keus voor wie er geïnterviewd zijn staat in hoofdstuk twee uitgelegd en de gehele interviews zijn in bijlage III te vinden.

Zoals al eerder benoemd is het gebruik van een UAV een relatief nieuwe en beperkt toegepaste techniek in Nederland. Slechts enkele bedrijven of instanties beschikken zelf over een UAV.⁸⁴ Steeds meer wordt er ook gekozen om een derde partij in te huren, die met een UAV ruwe data verzameld en aanlevert.⁸⁵ Hierbij wordt de data vaak wel alleen nog voor de publieksgerichte kant van de archeologie gebruikt. Het inwinnen van informatie middels een UAV voor documentatieredenen wordt nog amper gedaan.

In Nederland wordt al spaarzaam gebruik gemaakt van de UAV binnen de archeologie, voornamelijk vanuit een publieksgericht oogpunt. Een paar voorbeelden hiervan zijn Tiel-Medel⁸⁶ en een opgraving aan het Domplein te Utrecht.⁸⁷ Naast het gebruik voor de publieksgerichte kant is Gemeente Den Haag afgelopen jaren ook begonnen met het gebruik van een UAV voor documentatie. Tijdens de opgraving op de Rotterdamse Baan hebben zij het gebruik van een UAV opgenomen in het werkproces.⁸⁸ De publicatie van dit onderzoek is nog niet verschenen, maar ze hebben wel al een gedeelte ervan gepresenteerd tijdens de Reuvensdagen in 2017 te Leiden.

In het werkveld is er interesse voor het gebruik van UAV's. Vanwege de kosten en de wetgeving is er echter nog enige terughoudendheid. Doordat nog geen duidelijk voordeel is aangetoond en nog geen beste manier van gebruik bekend is, is het voor velen nog een stap te ver om hierin te investeren. Men ziet bijvoorbeeld nog niet de voordelen van het gebruik van een UAV tegenover het gebruik van een GPS voor het maken van een ASK. Daarnaast zijn de kosten om in Nederland legaal een UAV in te zetten relatief hoog. Naast de aanschaf van apparatuur moet de piloot meerdere certificaten behalen. De certificering is arbeidsintensief en kostbaar. Hierdoor zijn de meeste organisaties afwachtend.⁸⁹

Het gebruik van luchtfotografie voor archeologische doeleinden bestaat al redelijk lang in Nederland.⁹⁰ Een manier om goede luchtfoto's te verkrijgen is om ze op te vragen bij instanties als het Kadaster. Bij het zelf maken van luchtfoto's op de traditionele manier met een vliegtuig zijn hoge kosten verbonden.⁹¹ Dergelijke foto's zijn niet altijd van de meest recente situatie, wat soms wel voordelig kan zijn. Een ander obstakel kan zijn als men een luchtfoto van de werkzaamheden wilt. Bij deze situatie zal men dan toch zelf de luchtfoto's moeten maken. Een verantwoorde manier hiervoor is dus het gebruik van een UAV.

Men denkt wel dat het gebruik van UAV's voor documentatieredenen een kans heeft om hierin te ontwikkelen, voornamelijk in de technische aspecten hiervan. Hoewel het dan nog steeds een aanvulling zal zijn en waarschijnlijk zeer zelden een vervanging van de huidige documentatiemethodes.⁹²

Een van de technische ontwikkelingen waar men voorzichtig optimistisch over is, is patroonherkenning. Tijdens de interviews werd gezegd dat daar zeker een goede software voor ontwikkeld kan worden, waar bepaalde

84. Interview Tom Hamburg; Interview Robert van der Mijle-Meijer.

85. Interview Jan Willem de Kort; Interview Harmen de Weerd.

86. https://www.youtube.com/watch?v=SkGUw0a4_wl.

87. Smienk 2013, 22-24.

88. Interview Robert van der Mijle-Meijer; Mijle-Meijer/Stokkel 2016, 33-38.

89. Interview Marten Verbruggen; Interview Jan Willem de Kort; Interview Harmen de Weerd.

90. Metz 1993, 36-44.

91. Mijle-Meijer 2016, 33-38.

92. Interview Marten Verbruggen; Interview Jan Willem de Kort; Interview Harmen de Weerd; Interview Tom Hamburg; Interview Robert van der Mijle-Meijer.

standaard sporen en vormen aan gekoppeld kunnen worden.⁹³ Dit is dan wel afhankelijk van grondsoort of complextypen, en bepaalde sporen zullen niet duidelijk zichtbaar zijn op een foto.⁹⁴ Mede hierdoor was de algemene consensus hierover wel dat er altijd nog een check door een archeoloog moet worden uitgevoerd. En aangezien dat dan weer zorgt voor extra werk, wat weer meer tijd en geld kost, zal patroonherkenning nog verder ontwikkeld en gevormd moeten worden.

Het werkveld is ook geïnteresseerd in een UAV in combinatie met andere *remote sensing* technologie, daarentegen is dat meer een toekomstbeeld waar nog veel mee geëxperimenteerd moet worden, voordat men daar echt mee aan de slag wil. En bij technieken als LiDAR wordt het wel mogelijk geacht om landschapsinspecties met een UAV te doen, daarentegen zal het geen betere resultaten opleveren dan het AHN, waardoor dat een ontwikkeling is die niet interessant zal zijn voor Nederland. Hoewel het wel voor de bijzondere gemeenten van Nederland zou kunnen gebruikt worden.⁹⁵

Kortom, het gebruik van de UAV is nog steeds in de experimentele fase. Men is geïnteresseerd in de mogelijkheden die het kan bieden, maar zet nog vraagtekens bij de algemene inzet van de UAV. Het is eerder een mooie bijkomstigheid dan een vervanger van de huidige methoden.

93. Interview Marten Verbruggen.

94. Interview Harmen de Weerd; Interview Jan Willem de Kort.

95. Interview Tom Hamburg.

9. Conclusie

Beantwoording deelvragen

Aan het begin van dit afstudeeronderzoek zijn verschillende deelvragen opgesteld om gemakkelijker tot een antwoord te komen bij de hoofdvraag. De antwoorden van de deelvragen zullen nu beknopt besproken worden.

1. Welke voor archeologisch relevante informatie is te verkrijgen met behulp van een UAV?

Wanneer een gewone camera onder de UAV gebruikt wordt, kunnen er foto's en film gemaakt worden. Hiermee kunnen vervolgens producten als *orthophoto's*, *orthomaps* en (3D-) landschapsmodellen gemaakt worden. Hieruit kan als archeologische informatie de plaatsing, vorm, kleur en andere visuele informatie van sporen of vondstcomplexen gehaald worden. Als er andere *remote sensing* apparatuur onder de UAV geplaatst wordt, zoals LiDAR of UV-camera, krijgt men andere resultaten. Deze resultaten zijn echter niet onderzocht in dit onderzoek.

2. Welke voor- en nadelen heeft het gebruik van een UAV met fotocamera bij verschillende soorten archeologisch onderzoek, zowel in het veld als bij de uitwerking van de gegevens?

In de tabellen hieronder staan alle voor- en nadelen opgesomd.

Voordelen
In het veld kost het minder tijd.
Goede momentopname (zorgt voor een consistent beeld).
Sporen zijn van grotere afstand te zien, beter beeld van het grote geheel.
Kleurbeschrijving kan objectiever.
Fotorealistisch gegeorefereerd beeld (<i>orthomaps</i>).
Er is later nog kans op (her)interpretatie.
Combinatie van een vlakfoto en een vlaktekening.
Bij een 3D-model is niet alleen de lengte/breedte te zien, maar ook de diepte.
PhotoScan heeft minder moeite met foto's van hogere afstand vanwege de camerapositie.

Tabel 5: Voordelen gebruik van een UAV.

Nadelen
Heel afhankelijk van het weer.
Werk in de put moet worden stilgelegd vanwege veiligheid en verstoring van het beeld.
Wettelijke restricties.
Landschappelijke/natuurlijke restricties.
Er kan niet tegelijkertijd met een RTS gewerkt worden.
Resultaat is niet direct zichtbaar, alleen een onbewerkte versie.
Toegekende spoornummers moeten apart gedocumenteerd worden, bijvoorbeeld op nog een tekening.
Sporen langs de putrand kunnen lastig zijn vanwege slagschaduw.
De uitwerkingstijd met PhotoScan is lang.
De resolutie van de standaardcamera op de gebruikte UAV is minder dan een goede veldcamera. Dit zal niet het geval zijn bij elke UAV, maar menig UAV in een niet al te dure prijsklasse zal dat probleem wel hebben.

Tabel 6: Nadelen gebruik van een UAV.

3. Welke instellingen van PhotoScan zijn optimaal bij het verwerken van luchtfoto's (verkregen met een UAV) van een archeologische opgraving?

Agisoft PhotoScan is voor meerdere producten te gebruiken. De producten waarop in dit onderzoek gefocust is, zijn de *orthophoto* en het 3D-model. In de tabel op de volgende bladzijde staan de optimale instellingen van PhotoScan voor beide producten met uitleg beschreven.

Workflow stap	Settings	Redenering
Align photo's	<i>High</i>	Voor de beste plaatsbepaling en oriëntatie van het model.
	<i>Ground control</i>	Hierdoor maakt de software gebruik van de coördinatie in de berekening van de plaatsbepaling.
Build dense cloud	<i>Medium</i>	Wat betreft de resolutie is dit in verhouding met de verwerkingstijd beter. Dit is zeker het geval als het om een model gaat waar geen grote verschillen op kleine gebieden voorkomen.
Build mesh	<i>Height field</i> (voor <i>orthophoto</i>)	Deze instelling is specifiek voor vlakke oppervlaktes. Agisoft raad deze instelling specifiek aan voor luchtfotografie, omdat het minder geheugen nodig heeft, maar toch grotere datasets verwerkt. ⁷⁷
	<i>Arbitrary</i> (voor 3D-model)	Dit is een standaard instelling die te gebruiken is voor elk soort object. Dit zorgt voor betere resultaten bij de verticale gedeeltes in het model.
	<i>Dense cloud</i>	Hierdoor wordt er gebruik gemaakt van de data uit de <i>dense cloud</i> in plaats van de <i>sparse cloud</i> , waar minder informatie in zit. De verwerkingstijd wordt hierdoor wel weer wat langer.
	<i>High of medium</i>	Het verschil tussen deze twee is miniem en het zal meer een persoonlijk keus zijn tussen detail en verwerkingstijd.
Build texture	<i>Orthophoto</i> (voor <i>orthophoto</i>)	Zorgt ervoor dat de vormen van de afbeelding op de juiste plaats op het model terecht komen en maakt er een vlak geheel van.
	<i>Generic</i> (voor 3D-model)	Dit is een standaard instelling die te gebruiken is voor elk soort object. Dit zorgt voor betere resultaten bij de verticale gedeeltes in het model.

4. Welke verschillen zijn er tussen vlakinformatie verkregen met een UAV, of vlakinformatie verkregen met een GPS of TS?

Vlakinformatie verkregen met een UAV is een combinatie van een vlakfoto en een veldtekening, wat een fotorealistisch beeld geeft, waardoor ook zaken zoals de kleur zichtbaar zijn. De GPS van de UAV is echter minder accuraat, maar dit kan verholpen worden door het plaatsen van GCP's. Eveneens kan men met de gegevens van een UAV gemakkelijker naar de diepte van het vlak kijken en de verhouding tussen de vlakken. Bij het gebruik van een GPS of een TS worden vaak ook de toegekende spoornummers bij opgenomen in de data, terwijl dit bij een UAV op een ander medium genoteerd moet worden. Een ander verschil is dat bij de GPS al een selectie tussen de natuurlijke en archeologische sporen heeft plaatsgevonden. Hierdoor is de zichtbare informatie doelgerichter, maar wel minder objectief.

5. Hoe kan een UAV optimaal worden gebruikt tijdens een opgraving?

Voor de aanvang van de opgraving kan al gekeken worden naar de wettelijke en landschappelijke restricties die van toepassing zijn bij het gebruik van een UAV. Wanneer deze geen rol spelen kan met de UAV boven de opgraving gevlogen worden. Dit zal gemakkelijker gaan met een grote opgraving, dan kan namelijk afwisselend gevlogen en gewerkt worden. Voor men gaat vliegen is het wel belangrijk dat er GCP's uitgezet en ingemeten worden. Deze kan men naderhand ook uit een ingemeten sporenkaart halen, maar dat neemt wel meer tijd in beslag met de uitwerking.

Als ervoor gekozen is om met PhotoScan te werken, kan men het beste aan het eind van de dag het proces laten lopen op een computer met genoeg rekenkracht, anders kan het mogelijk nog langer duren. Als ervoor gekozen wordt om de foto's direct te georefereren in een GIS-programma kan dit meteen tussendoor gedaan worden.

6. Welke verschillen en overeenkomsten zijn er tussen 3D-reconstructies van een landschap, gemaakt op basis van foto's die met een UAV zijn genomen, en de beelden van het AHN?

Tijdens het maken van de landschapsmodellen voor dit onderzoek zijn meerdere obstakels langsgekomen. Het maken van landschapsmodellen neemt meer tijd in beslag dan de moeite waard is. Het zijn vooral visueel aantrekkelijke afbeeldingen die eruit komen wanneer het goed gedaan wordt. Voor de projecten die bij dit onderzoek zijn uitgevoerd is de data niet toereikend genoeg, mede doordat er is vergeten met GCP's te werken. Daar tegenover is het AHN precies, duidelijk en het belangrijkste is gebruiksklaar. Het AHN wordt met enige regelmaat bijgewerkt, waardoor de informatie bijna altijd up-to-date is. Het AHN heeft een geëiste maximale afwijking van vijf centimeter, wat ongeveer even accuraat is als een ingemeten landschapsmodel. Bij een landschapsmodel is de diepte echter wel in 3D te zien, wat bij het AHN niet mogelijk is.

7. Hoe staat het Nederlands archeologische bedrijfsleven tegenover het gebruik van UAV's voor het inwinnen van vlakinformatie bij een archeologisch onderzoek?

Het Nederlands archeologische bedrijfsleven is voornamelijk nog afwachtend met het gebruik van UAV's voor het inwinnen van vlakinformatie. UAV's worden nu voornamelijk nog voor publieksgerichte doeleinden gebruikt, en nog maar door enkele bedrijven een enkele keer voor documentatiedoeleinden. Deze bedrijven zijn voornamelijk nog aan het experimenteren en aan het zoeken naar de best werkende methode, en is dus is het gebruik van een UAV nog geen standaard. Verder is archeologisch Nederland nog afwachtend en worden verbeteringen van de methodes en wilt men meer duidelijkheid over het voordeel van de methode krijgen voordat de overstap op een UAV gemaakt wordt.

Beantwoording hoofdvraag

Voor de beantwoording van de hoofdvraag zal gebruik gemaakt worden van de resultaten van de deelvragen. De hoofdvraag van dit afstudeeronderzoek is als volgt:

- * Voor welk doel kan een UAV het beste ingezet worden tijdens een archeologisch veldonderzoek?

Als eerst is uit het onderzoek gebleken dat de meest populaire vorm van gebruik van een UAV voor de archeologie voor publieksgerichte doeleinden is. Dit is een zeer aantrekkelijke en nieuwe vorm om interesse te genereren voor het vakgebied. Als men zelf een UAV wilt gebruiken, is het wel prijzig, dus dan moet de kans er wel zijn om veel gebruik van de UAV te maken.

Het volgende doel is als aanvulling op ingemeten sporenkaarten. Hierbij kunnen UAV beelden zeer bruikbaar zijn. Zeker bij grotere opgravingen kan het een goede aanvulling zijn voor de documentatie. Hierbij moet wel goed gekeken worden naar omstandigheden zoals wetten, landschap en ook het weer. Het is echter niet aan te raden om dit te doen met tijdsdruk, want dan is er geen kans meer om resultaten te verbeteren. Een UAV gebruiken voor documenteren zou mogelijk wel kunnen, maar het resultaat is niet meteen zichtbaar. Dus is het aan te raden dit alleen te doen wanneer men de methode goed onder de knie heeft. Door een UAV te gebruiken voor de documentatie van vlakinformatie wordt meer informatie opgeslagen. Men kan namelijk een combinatie maken van een vlaktekening en een vlakfoto. Het zal mogelijk meer tijd in beslag nemen, maar er zal uiteindelijk meer informatie in één document gezet kunnen worden. Dit betekent dus dat er minder losse bestanden zijn, en er één centraal bestand ontstaat met (bijna) alle informatie.

Als laatste kan een UAV beter niet voor hoogtemetingen aan de hand van 3D-modellen gebruikt worden, hiervoor is het AHN genoeg en sneller beschikbaar. 3D-modellen kunnen wel goed voor visuele doeleinden gebruikt worden, maar het is lastig en tijdrovend om extra informatie uit te halen.

10. Discussie

Enkele problemen die met dit onderzoek geconstateerd kunnen worden, zullen in dit hoofdstuk besproken worden.

Op microniveau kan men in twijfel trekken of de resultaten betrouwbaar genoeg zijn. Dit voornamelijk, omdat tijdens het onderzoek maar gebruik is gemaakt van één UAV. In dit onderzoek is dus geen duidelijk antwoord of de methodes die gebruikt zijn bij alle soorten UAV's werken. Eveneens is het daardoor ook niet duidelijk of dezelfde resultaten te bereiken zijn met het gebruik van een ander soort UAV.

Op het mesoniveau van dit onderzoek kan een ander probleem geconstateerd worden. De resultaten die op dit niveau weergegeven zijn, zijn niet meerdere keren met dezelfde factoren uitgetest. In dit onderzoek zijn er geen vergelijkingen gemaakt van verschillende datasets, waar de factoren zoals het weer en de omgeving wel hetzelfde zijn. Hierdoor is dus moeilijk na te trekken of het alleen bij deze situatie werkt, of dat men dezelfde resultaten zou krijgen bij een soort gelijke situatie. Als iets nu goed is, betekent dit dat het altijd werkt in deze situatie?

Hetzelfde kan gezegd worden over dat de uitwerking van de data alleen in Agisoft PhotoScan gedaan is. De resultaten van de gebruikte software is niet vergeleken met resultaten van andere fotogrammetrie software. Hierdoor is er geen uitspraak te doen of het gebruikte programma de beste is of dat men met een andere soort programma misschien betere resultaten krijgt.

Bij het onderzoek van de landschapsmodellen is er beperkt gebruik gemaakt van de opties van het AHN. Voor het onderzoek is alleen gebruik gemaakt van het standaard AHN bestand en niet van de oorspronkelijke metingen. Dit kan verder onderzocht worden, om te kijken of er grote verschillen opgemerkt worden.

Als laatst is op macroniveau ook een probleem te constateren. Het onderwerp van het onderzoek gaat over een snel ontwikkelend veld, waarin al veel geëxperimenteerd wordt. Het probleem wat hierdoor ontstaat voor het onderzoek is dat niet alle informatie up-to-date zal zijn. Daarnaast is er weinig Nederlandse literatuur beschikbaar, waardoor veelvuldig gebruik gemaakt moet worden van buitenlandse kennis en informatie. Deze buitenlandse kennis is echter niet altijd direct toepasbaar op de Nederlandse situatie.

11. Aanbevelingen

Op basis van de conclusie en discussie kunnen verschillende zaken uitgelicht worden die belangrijk zijn bij toekomstig gebruik of verder onderzoek. Deze aanbevelingen zijn opgedeeld in de micro-, meso- en macroniveaus van het onderzoek.

Microniveau

Voor een UAV is het aan te raden om een lichtgewicht apparaat met stabiele camera te gebruiken. Dit is goedkoper en geeft goede resultaten, zolang er niet om de kleinste details gevraagd wordt. Zoals in de conclusie is besproken, moet eerst worden bepaald of de UAV gebruikt kan worden op een bepaalde plaats en situatie. Daarnaast moet niet vergeten worden om GCP's te gebruiken. Men dient daarnaast ook de gegevens op een andere manier vastleggen, zodat de met UAV ingewonnen gegevens kunnen worden gecontroleerd.

Mesoniveau

Als men de data gaat uitwerken, kan men zowel een model maken in Agisoft PhotoScan of de data meteen georefereren in een GIS-programma. De keuze tussen de soorten programma's hangt samen met de keus tussen tijd en kwaliteit. Wanneer men met tijdsdruk werkt is het uitwerken via een GIS-programma een uitstekende keus. Het is een (relatief) snelle manier en geeft kwalitatief redelijk goede resultaten. Echter, wanneer men meer tijd heeft voor de verwerking van de data geeft uitwerking via PhotoScan een kwalitatief beter visueel resultaat dan dat men bij een GIS-programma zou krijgen. PhotoScan maakt van meerdere foto's één beeld, bijvoorbeeld een echte *orthophoto*, die dan in één keer in een GIS kan. Terwijl gewone foto's één voor één georeferereerd moeten worden, waarbij er een *patchwork* effect ontstaat. Daarnaast is een foto ook niet metrisch correct. Een foto die van boven gemaakt is, heeft altijd last van een *fish-eye* effect of een lichte *oblique* in de foto. Dit betekent dus dat de zijanten van de foto vertekeningen zoals reliëfverplaatsing vertonen. Hierdoor zijn deze foto's minder betrouwbaar. Het is dus aan te raden om met een programma als PhotoScan te werken wanneer hier tijd voor is. PhotoScan is een programma wat duidelijk en gebruiksvriendelijk is en waar meerdere mensen in het Nederlandse werkveld ervaring mee hebben.

Naast het gebruik van luchtfoto's zijn er ook nog andere onderzoeksmethodes die uitgevoerd kunnen worden met behulp van een UAV, zoals infrarood, laseraltimetrie en dergelijke methodes. Deze soorten zijn niet onderzocht in dit onderzoek, maar de resultaten van een soortgelijk onderzoek, kunnen wel interessant zijn.

Macroniveau

Het gebruik van UAV's in de archeologie is een nieuwe methode waar nog veel mee geëxperimenteerd wordt en nog veel ontwikkelingen plaatsvinden. Wanneer men interesse heeft om een UAV in deze vorm te gebruiken, is het aan te raden om up-to-date te blijven met alle onderzoeken en ontwikkelingen die plaats vinden. Dit betekent zowel, naar de ontwikkelingen in het buitenland kijken als de ontwikkelingen in het binnenland. Vooral de ontwikkelingen met de UAV in het binnenland kunnen erg interessant zijn, omdat die de meeste raakvlakken zal hebben in verband met restricties en soorten onderzoek.

Wanneer men binnen de Nederlandse archeologie op grotere schaal met UAV's gaat werken voor het inwinnen van data is het belangrijk om richtlijnen op te stellen. Richtlijnen zijn belangrijker dan een handleiding, omdat het om een snel ontwikkelende methode gaat. Een richtlijn is juist handig om op te stellen, vanwege de restricties die verband hebben met het gebruik van een UAV. Mede zorgt een richtlijn ervoor dat er toch een conformiteit ontstaat in de beelden die aangemaakt worden. De beste optie voor een conforme richtlijn die landelijk aangehouden wordt, is om dit in de KNA op te nemen.

Literatuurlijst

Literatuur:

Agisoft PhotoScan User Manual. Professional Edition, Version 1.0, 2014, St. Petersburg.

Campbell, J.B./R.H. Wynne, 2011⁵: *Introduction to remote sensing*, New York.

Chiabrando, F./F. Nex/D. Piatti/F. Rinaudo, 2011: UAV and RPV systems for photogrammetric surveys in archaeological areas. Two tests in the Piedmont region (Italy), *Journal of Archaeological science* 38, 697-710.

Custers, B.H.M./ J.J. Oerlemans/ S.J. Vergouw, 2015: *Het gebruik van drones. Een verkennend onderzoek naar onbemande luchtvaartuigen*, Meppel (WODC-Rapport).

Dubbini, M./L.I. Curzio/A. Campedelli, 2016: Digital elevation models from unmanned aerial vehicle surveys for archaeological interpretation of terrain anomalies. Case study of the Roman castrum of Burnum (Croatia), *Journal of Archaeological science: reports* 8, 121-134.

Eisenbeiß, H./M. Sauerbier, 2011: Investigation of UAV systems and flight modes for photogrammetric applications, *The Photogrammetric record* 26:136, 400-421.

Fernández-Lozano, J./G. Gutiérrez-Alonso, 2016: Improving archaeological prospection using localized UAVs assisted photogrammetry. An example from the Roman Gold District of the Eria River Valley (NW Spain), *Journal of archaeological science: reports* 5, 509-520.

Grit, R., 2011⁶: *Project management*, Groningen/Houten.

Lillesand, T.M./R.W. Kiefer/J.W. Chipman, 2015⁷: *Remote sensing and image interpretation*, Hoboken.

Metz, W.H., 1993: *Luchtfoto-archeologie in Oostelijk West-Friesland. Mogelijkheden en resultaten van archeologische Remote Sensing in een verdwijnend prehistorisch cultuurlandschap*, Amsterdam (Proefschrift Universiteit van Amsterdam).

Mijle-Meijer, R. van der/P. Stokkel, 2016: Drones in de archeologische praktijk. Luchtfotografie bij Haagse opgravingen, *Archeobrief jaargang* 20:2, 33-38.

Nex, F./F. Remondino, 2013: UAV for 3D mapping applications. A review, *Applied Geomatics* 6.1, 1-15.

Nikolakopoulos, K.G./K. Soura/ I.K. Koukouvelas/N.G. Argyropoulos., 2017: UAV vs classical aerial photogrammetry for archaeological studies, *Journal of Archaeological science: reports* 14, 758-773.

Phantom 4. User Manual V1.0, 2016, Shenzhen.

Reu, J. de/G. Plets/G. Verhoeven/P. de Smedt/M. Bats/B. Cheretté/W. de Maeyer/J. Deconynck/D. Herremans/P. Laloo/M. van Meirvenne/W. de Clercq., 2013: Towards a three-dimensional cost- effective registration of the archaeological heritage, *Journal of Archaeological science* 40, 1108-1121.

Reu, J. de/P. de Smedt/D. Herremans/M. van Meirvenne/P. Laloo/ W. de Clercq., 2014: On introducing an image-based 3D reconstruction method in archaeological excavation practice, *Journal of Archaeological science* 41, 251-262.

Smienk, E., 2013: Ondergrondse schatkamer in Utrecht, *Civiele Techniek nummer* 8, 22-24.

Smith, N.G./L. Passone/S. al-Said/M. al-Farhan/T.E. Levy, 2014: Drones in Archaeology. Integrated Data Captur, Processing, and Dissemination in the al-Ula Valley, Saudi Arabia, *Near Eastern Archaeology* 77:3, 176-181.

Whitley, T. G., 2015a: Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) for Documenting and Interpreting Historic Archaeological Sites. Part I – Attack of the drones, *Technical briefs in Historical Archaeology* 9, 34-40 .

Whitley, T. G., 2015b: Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) for Documenting and Interpreting Historic Archaeological Sites. Part II –Return of the drones, *Technical briefs in Historical Archaeology* 9, 41-48 .

Zon, N. van der, 2013: Kwaliteitsdocument AHN2 Versie 1.3, Delft.

Websites:

<https://www.adobe.com/nl/products/photoshop.html>, geraadpleegd op 23-09-2018.

<http://www.agisoft.com/>, geraadpleegd op 23-09-2018.

<https://ahn.arcgisonline.nl/ahnviewer/>, geraadpleegd op 29-08-2018.

<http://www.ahn.nl/common-nlm/over-ahn.html>, geraadpleegd op 29-08-2018.

<http://www.ahn.nl/common-nlm/voortgang-inwinvluchten-2017-2018.html>, geraadpleegd op 29-08-2018.

<https://www.dvdvideosoft.com/products/dvd/Free-Video-to-JPG-Converter.htm>, geraadpleegd op 29-08-2018.

<https://easy.dans.knaw.nl/ui/datasets/id/easy-dataset:60424/tab/1;sessionId=F9F6B878C50FE618752432FDE5916F13>, geraadpleegd op 29-08-2018.

<https://www.ilent.nl/onderwerpen/transport/luchtvaart/dronevliegers/>, geraadpleegd op 29-08-2018.

<http://www.pbinsight.com/support/product-downloads/item/mapinfo-professional-v10.0.1-maintenance-release>, geraadpleegd op 23-09-2018.

<https://www.pdok.nl/nl/ahn3-downloads>, geraadpleegd op 29-08-2018.

<https://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/drone/documenten/brochures/2016/07/06/regels-voor-drones-verschillen-tussen-recreatief-en-beroepsmatig-gebruik>, geraadpleegd op 29-08-2018.

<https://www.sikb.nl/archeologie/kna-leidraden>, geraadpleegd op 29-08-2018.

<https://www.sikb.nl/archeologie/richtlijnen/brl-4000>, geraadpleegd op 12-09-2018.

https://www.sikb.nl/doc/BRL4000/Protocol%204004%20Opgraven-lb%204_1.pdf, geraadpleegd op 22-09-2018.

<http://wetten.overheid.nl/BWBR0019147/2015-11-07>, geraadpleegd op 29-08-2018.

<http://wetten.overheid.nl/BWBR0036568/2017-10-07>, geraadpleegd op 29-08-2018.

https://www.youtube.com/watch?v=SkGUwoa4_wI, geraadpleegd op 29-08-2018.

Afbeeldingen:

Afbeelding voorblad: Foto gemaakt door Walter Laan.

Afbeelding 1: Afbeelding gemaakt door Jette van der Veen in ArcGIS.

Afbeelding 2: Afbeelding gemaakt door Jette van der Veen.

Afbeelding 3: Lillesand, T.M./R.W. Kiefer/J.W. Chipman, 2015⁷: *Remote sensing and image interpretation*, Hoboken.

Afbeelding 4: <https://www.ilent.nl/onderwerpen/transport/luchtvaart/dronevliegers/>, geraadpleegd op 29-08-2018.

Afbeelding 5 t/m 22: Foto's gemaakt door Walter Laan, bewerkte afbeelding gemaakt door Jette van der Veen.

Afbeelding 23 & 24: AHN, bewerkte afbeelding gemaakt door Jette van der Veen.

Afbeelding 25 t/m 30: Foto's gemaakt door Walter Laan, bewerkte afbeelding gemaakt door Jette van der Veen.

Afbeelding 31 t/m 33: AHN, bewerkte afbeelding gemaakt door Jette van der Veen.

Bijlagen

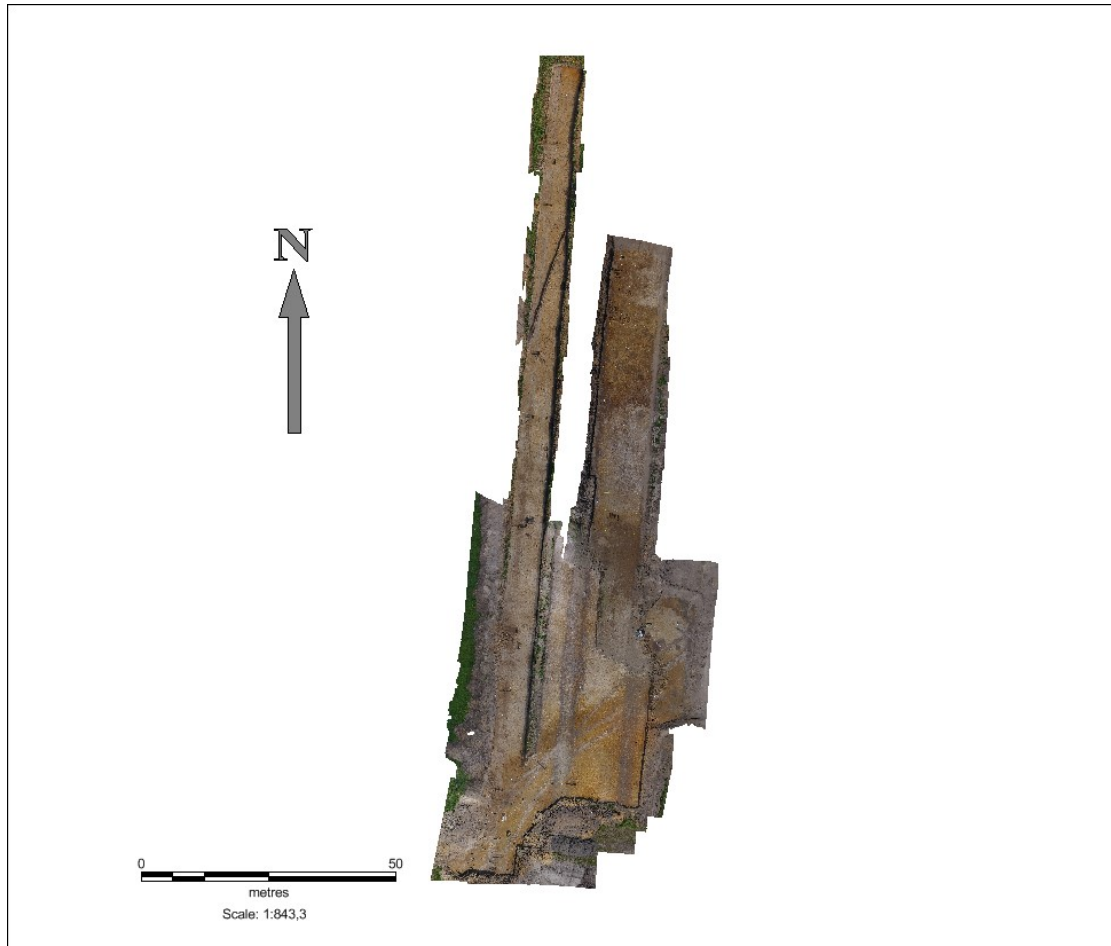
- I. Verklarende woordenlijst
- II. Gebruikshandleiding
- III. Interviews

Bijlage I. Verklarende woordenlijst

- Agisoft PhotoScan: Fotogrammetrie programma.
- AHN: Algemeen Hoogtebestand Nederland. Het AHN is een kaart van Nederland die online vrij beschikbaar is met gedetailleerde en nauwkeurige data van de hoogte van het landschap.
- ASK: Alle Sporen Kaart.
- Beroepsmatig ROC (light): Een certificaat bepaalde certificaten om te mogen vliegen en bepaald op welke plekken.
- Chunks: De naam voor de modellen die in PhotoScan worden gemaakt.
- CIR: Colour Infrared. Een remote sensing techniek.
- CTR: Gecontroleerd luchtruim.
- DEM: Digital Elevation Model. Een landschapsmodel waar alle gebouwen, bomen en dergelijke nog opstaan.
- Dense cloud: Een *dense cloud* is een *point cloud*, echter bestaat deze uit veel meer punten waardoor de densiteit groter is, wat weer voor een gedetailleerder en completer beeld zorgt.
- DTM: Digital Terrain Model. Een landschapsmodel waar alle gebouwen, bomen en dergelijke uitgefilterd zijn.
- Fish-eye effect: Een vergroting van de objecten op de afbeelding in het centrale punt tegenover een verkleining op de randen. Het effect heeft een ronde vorm.
- FLIR: Forward-looking Infrared. Een remote sensing techniek.
- Fotogrammetrie: Als de geometrie van foto's bekend is, zijn ze goed te gebruiken voor het maken van accurate metingen van afstanden en oppervlaktes vanaf de foto zelf.
- GCP: Ground Control Points. Punten in het veld of op een kaart waarvan de coördinaten bekend zijn.
- GCS: Ground Control Station. Het besturingsstation van de UAV.
- Geotiff: Een afbeeldingsformat waar een coördinatensysteem en kaartprojectie aan toegevoegd kunnen worden.
- GIS: Geografisch Informatie Systeem.
- GPS: Global Positioning System. Systeem om positie te bepalen, wordt ook wel het apparaat mee bedoelt.
- Hillshade: Een kaartlaag optie van het AHN. *Hillshade* is een soort kaart waarbij per cel in een raster de mate van verlichting berekend wordt aan de hand van de hoogtes. Er wordt gekozen om een lichtbron te creëren vanaf een bepaald punt om vervolgens vanaf daar de mate van verlichting en schaduw uit te rekenen. Hierdoor kunnen sommige structuren in de grond eventueel beter zichtbaar worden. De waardes in een dergelijke kaart worden altijd in grijswaardes uitgedrukt.
- HS: Hyperspectral cameras. Een remote sensing techniek.
- Laseraltimetrie: Een remote sensing techniek op basis van de metingen van de verlopen tijd tussen het uitzenden en het ontvangen van de laserpulsen.
- LiDAR: Light Detection and Ranging of Laser Detection and Ranging. Een remote sensing techniek. Zie ook laseraltimetrie.
- Loodrecht foto: Loodrecht foto's zijn direct van boven naar de grond gericht. Eigenlijk bestaan er geen geheel loodrecht foto's. Er zit bijna altijd wel een beetje kanteling in de foto.
- Mesh: Een mesh is een verzameling punten die verbonden zijn en samen een netwerk van randen en vlakken vormen. Het netwerk vormt dan weer een object. De *mesh* wordt gemaakt door de informatie van de *point cloud* te gebruiken met behulp van interpolatie.
- NIR: Near-Infrared. Een remote sensing techniek.

- NOTAM: Notice to Air Men.
- Oblique foto (hoog/laag): Wanneer er foto's gemaakt worden met de bedoeling dat de kanteling zichtbaar is, heet dit een *oblique* foto. Bij hoog *oblique* foto's is de horizon te zien, terwijl minder laag *oblique* meer naar de grond gericht zijn.
- Orthomap: Afbeeldingen die alles in de juiste positie laten zien met namen en geografische coördinaten.
- Orthophoto: Bij een *orthophoto* worden deze fouten gecorrigeerd door middel van stereoscopische fotografie. *Orthophoto*'s hebben dus niet de schaal, kanteling en reliëf verplaatsingen die bekend zijn van normale luchtfoto's, maar zijn geometrisch correcte foto's.
- Point cloud: Een *point cloud* is een puntenwolk waaruit informatie als plaatsbepaling en kleur wordt gehaald.
- RD: Rijksdriehoekstelsel. Nederlands nationaal coördinatensysteem.
- Reliëfverplaatsing: Een toename in hoogte zorgt ervoor dat de positie van een object op een foto radiaal naar buiten vanaf het centrale punt verschuift. Objecten die direct onder de cameralens staan zullen alleen vanaf de bovenkant zichtbaar zijn, echter zullen de objecten die iets verder van het centrale punt staan zichtbaar zijn van de bovenkant en de zijkant, waardoor er een vervormd beeld wordt gevormd en men de ligging niet precies in kaart kan brengen. Bij hoge objecten is dit eerder (zichtbaar).
- Remote sensing: *Remote sensing* is de wetenschappelijke discipline waarbij gegevens worden ingewonnen van een object of gebied door een apparaat dat geen fysiek contact heeft met het object of gebied.
- RPA: Remotely Piloted Aircraft. Andere benaming voor een UAV.
- (R)TS: (Robotic) Total Station.
- SfM: Structure for Motion. Een techniek die gebruik maakt van wiskunde en digitale patroonherkenning om de afstand en de richting te berekenen tussen de afbeeldingen en de triangulatie van de punten op het oppervlak.
- Sparse cloud: Een *sparse cloud* is een *point cloud* waarbij er van een minimaal aantal punten de plaatsbepaling is berekend.
- Stereo luchtfotografie: Een manier van fotografie waarbij men ten minste twee verschillende perspectieven van dezelfde plek heeft om stereoscopische dekking te behalen.
- Triangulatie: Een meetvorm waarbij er gebruik gemaakt wordt van een driehoeksvorm waarvan enkele afstanden al bekend zijn.
- UAS: Unmanned Aerial System.
- UAV: Unmanned Aerial Vehicle.
- UV: Ultra Violet. Een Remote sensing techniek.
- VFR: Visual Flight Rules/ Zicht Vlieg Voorschriften.
- VLOS: Visual Line of Sight.
- VTOL: Vertical Take-off Landing.
- WGS84: World Geodetic System. Een coördinaat projectie systeem, GPS-coördinaten staan vaak in deze projectie aangegeven.

Werken met een UAV & Agisoft PhotoScan



Jette van der Veen
2018

Inhoud

Gebruik van de UAV..... 3

Data uitwerken met Agisoft PhotoScan 4

PhotoScan sneltoetsen11

Gebruik van de UAV

Voor het vliegen

Voordat men gebruik maakt van de UAV is het belangrijk om een aantal factoren in acht te nemen. Zo moet men in bezit zijn van een registratiebewijs, verzekeringsbewijs en een ROC(-Light) certificaat. Verder moet men de nationale richtlijnen bekijken voor het gebied waar er gevolgen gaat worden. Dit betekent dat er naar de luchtzonekaart gekeken moet worden, waarna vervolgens de juiste maatregelen getroffen moeten worden om te mogen vliegen. Dit betekent wanneer het gebied in een ongecontroleerd luchtruim ligt, dat er contact gelegd moet worden met het nabije beheerder.

Dag voor het vliegen

Verder is het belangrijk dat men voor de vlucht zorgt dat de software up-to-date is, en dat alle batterijen opgeladen zijn. Eveneens is het van belang om na te kijken of er genoeg opslagruimte voor de nieuwe data beschikbaar is. Als laatste moet er ook naar de weersvoorspelling gekeken worden. Zo mag het niet regenen en moet de windkracht onder windkracht 5 zitten.

Tijdens het vliegen

Tijdens het vliegen is het belangrijk om het registratiebewijs, het verzekeringsbewijs, een identiteitsbewijs en het handboek bij de hand te hebben. Verder moet er tijdens het vliegen ook op het weer gelet worden. Niet alleen met regen en wind, maar ook met de zon in verband met schaduwen die de data kunnen beïnvloeden.

Extra tip

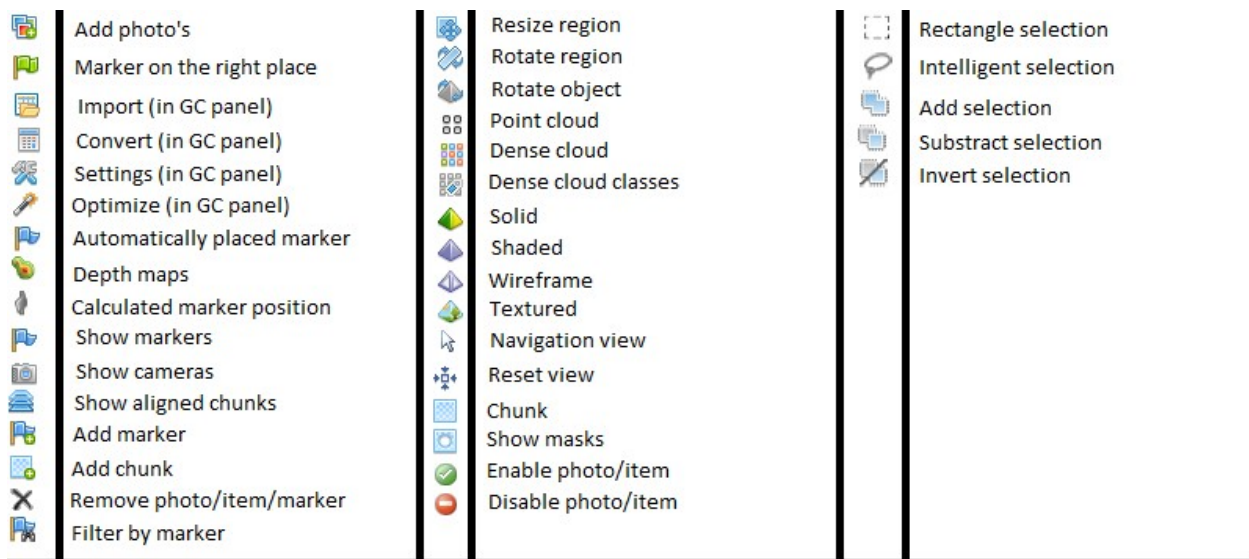
Verder is het voor het verdere proces gemakkelijker als men tijdens de opnames *Ground Control Points* (GCP's) gebruikt. Dit zorgt ervoor dat de data uitwerking sneller verloopt. Als hier geen tijd voor is kan het nadien ook aan de hand van makkelijk herkenbare punten uit een GIS-kaart te halen, maar dit proces duurt langer. Dus het is aan te raden de GCP's in het veld te gebruiken.

Data uitwerken met Agisoft PhotoScan

Agisoft PhotoScan is een fotogrammetrie programma. Er kunnen met behulp van Agisoft PhotoScan, orthophoto's en 3D-modellen worden gemaakt van UAV-beelden. Voor het creëren van deze modellen moeten er verschillende stappen uitgevoerd worden. Namelijk;

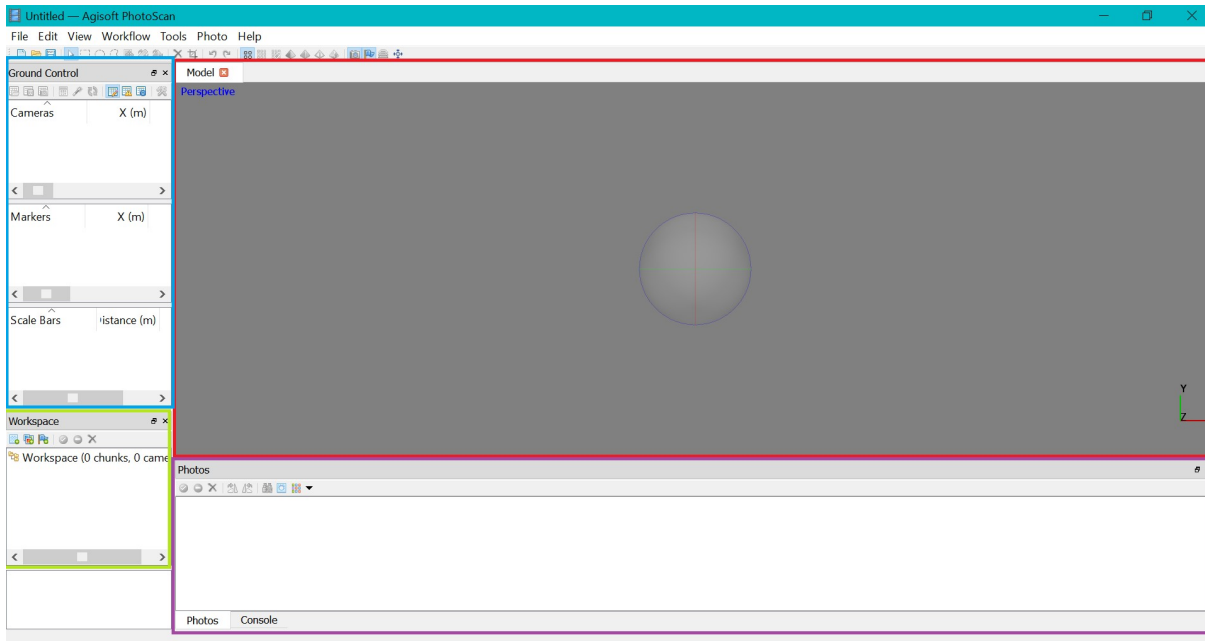
- Foto's invoeren
- Markers creëren
- Workflow toepassen
 - * *Align Photo's*
 - * *Build dense cloud*
 - * *Build mesh*
 - * *Build texture*
- Exporteren
- (Combing Chunks)

De verschillende modellen die in het programma worden gemaakt, kunnen ook worden samengevoegd wanneer deze aan elkaar grenzen. Dit is de *Combing Chunks* stap.



Afbeelding 1: Alle knoppen in Agisoft PhotoScan.

Op afbeelding twee zijn alle panelen te zien die in PhotoScan gebruikt worden. Het paneel met een rode rand is het paneel met het model erin, deze zal dus het meest worden gebruikt. Het paneel met de blauwe rand is het *ground control* paneel. Hier worden de foto coördinaten en de markers toegevoegd. Het paneel onder het *ground control* paneel is het *workspace* paneel. Als men met meerdere modellen (of *chunks* zoals ze in het programma ook worden genoemd) bezig is, staan deze alle hier vermeld. Als laatste is er het paneel met de paarse rand, dit is het paneel waar de foto's in staan.



Afbeelding 2: Alle panelen in PhotoScan.

Foto's importeren

Als eerst moeten de foto's geïmporteerd worden. De foto's dienen een overlap van >70% te hebben, bij een kleinere overlap kunnen er gaten in het uiteindelijke model ontstaan. Na het toevoegen van de foto's dienen de coördinaten van GCP's te worden omgezet naar het gewenste coördinaatsysteem. Dit wordt gedaan met het *ground control panel convert*. Het omzetten van de instellingen in het *ground control panel* beïnvloeden het coördinaatsysteem van het gehele project. De GCP's kunnen gebruikt worden als marker die PhotoScan automatisch kan herkennen.

Een extra punt waarop gelet moet worden met het verwerken van de foto's is de camerapositie. Als foto's van bijna dezelfde plek zijn genomen lijkt de software niet altijd het verschil tussen de foto's te kunnen ontdekken. Hierdoor zal er dus af en toe te weinig informatie zijn over een stuk terwijl er toch meerdere foto's van zijn. Het lijkt er dan op dat de software dit registreert als een afbeelding die al geweest is en dan wordt deze overgeslagen.

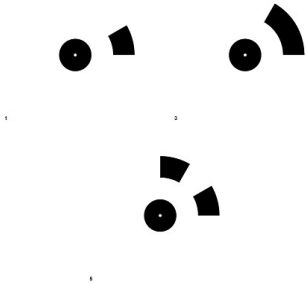
Markers creëren

Vervolgens moeten er markers aan het project worden toegevoegd. Dit kan op twee manieren; door zelf alle markers aan te geven, wat een tijdrovend proces is, of er kan een bestand met de markers en bijbehorende coördinaten geïmporteerd worden in het *ground control panel*.

Met het markeren van GCP's is het belangrijk dat er een txt-bestand met een lijst met punten en de bijbehorende coördinaten en hoogtes gemaakt is. Denk bij het aanmaken van de markers in PhotoScan dat de namen overeen komen met de namen in het txt-bestand. Er zullen enkele markers geplaatst moeten worden voordat PhotoScan op de rest van de foto's van dezelfde markers de positie kan berekenen. Deze, door PhotoScan geplaatste markers, zijn te herkennen aan de blauwe vlag of grijze vlag. Bij de blauwe vlag heeft PhotoScan het punt herkent in de andere foto en bij een grijze vlag is het een berekening ten opzichte van de andere geplaatste markers. De grijze vlaggen worden dan ook niet meegenomen in de plaatsbepaling van het model, dat gebeurt pas nadat deze individueel zijn goedgekeurd. De correct geplaatste vlaggen zullen allemaal groen zijn.

Een pluspunt van het gebruik van PhotoScan wanneer er met GCP's wordt gewerkt, is dat PhotoScan eigen

unieke GCP's kan maken die dan vervolgens aan de unieke markers gekoppeld kunnen worden. Hierdoor is de optie van het automatisch markers herkennen in PhotoScan nog makkelijker. Het gaat een stuk sneller en accurater omdat PhotoScan een basis heeft om naar te zoeken. Namelijk een specifiek markernummer met dat makkelijk te koppelen is aan de vorm en bijbehorende informatie, waardoor er minder *processing power* nodig is.

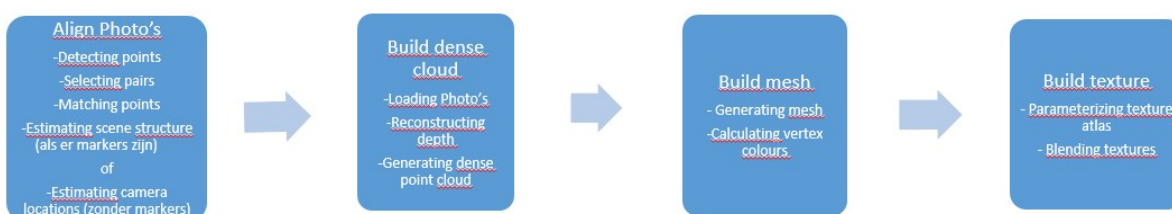


Afbeelding 3: Voorbeelden van de unieke markers die PhotoScan aanmaakt.

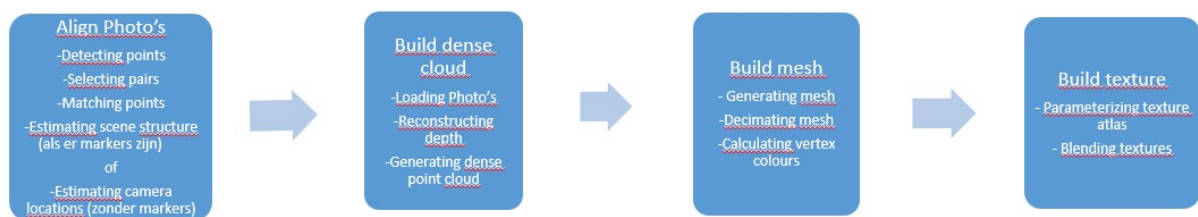
Workflow

Na deze voorbereidingen kan er met de standaard *workflow* van PhotoScan begonnen worden (*Align photo's*, *Build dense cloud*, *Build mesh* en *Build texture*). Tijdens de eerste twee stappen van de *workflow* wordt er een *point cloud* gemaakt. Een *point cloud* is een puntenwolk waaruit informatie als plaatsbepaling en kleur wordt gehaald. Een *sparse cloud* is een *point cloud* waarbij er van een minimaal aantal punten de plaatsbepaling is berekend. De *sparse cloud* zorgt voor de eerste blauwdruk van het model. De tweede stap van de *workflow* is het maken van de *dense cloud*. Een *dense cloud* is eveneens een *point cloud*, echter bestaat deze uit veel meer punten waardoor de densiteit groter is, wat weer voor een gedetailleerder en completer beeld zorgt. De derde stap die wordt doorlopen tijdens de *workflow* is het maken van een *mesh*. De *mesh* wordt gemaakt door de informatie van de *point cloud* te gebruiken met behulp van interpolatie. De laatste stap van de *workflow* is *Build texture*. Hierbij wordt er een textuur over de eerder gemaakte *mesh* gedrapeerd. Dit gebeurt door het berekenen van de textuur die op de foto zichtbaar is.

Hieronder staat in detail de stappen beschreven die Agisoft PhotoScan doorloopt tijdens het maken van een *orthophoto*.



Hieronder staat in detail de stappen beschreven die Agisoft PhotoScan doorloopt tijdens het maken van een 3D-model.



In de tabel hieronder staat de schematische weergave van de workflow. Aan de linkerkant staan de stappen van het maken van een *orthophoto* met de instellingen per stap benoemd. Rechts staan de stappen van het maken van een 3D-model met de instellingen per stap benoemd. Verdere uitleg en extra toelichting als er iets niet lukt volgt na het schema per stap van de workflow.

Orthophoto		3D-model	
Align Photo's		Align Photo's	
	High		High
	Ground Control		Ground Control
Build Dense Cloud		Build Dense Cloud	
	Medium		Medium
Build Mesh		Build Mesh	
	Height Field		Arbitrary
	Dense Cloud		Dense Cloud
	High of Medium		High of Medium
Build Texture		Build Texture	
	Orthophoto		Generic
	Mosaic		Mosaic
	4096		4096

Tabel 1: Gebruikte settings voor PhotoScan workflow.

Stap 1: Align Photo's

Align photo's met de setting *ground control* kan alleen maar als er coördinaten zijn voor de camera. Nadat dit is gedaan kunnen de vinkjes bij alle foto's uitgezet worden (alle vinkjes van de markers wel aanlaten). Daarna heb is het handig om voor de markers *optimize alignment* te gebruiken, hierdoor krijgen de foto's een juiste plaatsbepaling en wordt de dimensie van het model nogmaals nagekeken. Hierbij zijn de standaard opties, zowel bij de *settings* als *optimize* goed genoeg.

Als deze stap in uitgevoerd betekent dit dat er al een *sparse cloud* is. Als er vanuit enkele foto's uitstekende punten zijn is het verwijderen van stukken gemakkelijker in een *sparse cloud*, dan zal het daarna ook niet meer in het model voorkomen. Echter moet er wel bij uitgekeken worden dat er niet te veel verwijderd wordt, want tussen alle losse punten worden de verbindingen aangemaakt waaruit het model uiteindelijk gemaakt wordt. Hierna kan men verder gaan met de volgende stap in de *workflow* van PhotoScan.

Stap 2: Build Dense Cloud

Een probleem wat tijdens het maken van een *dense cloud* kan voorkomen is dat er een gat in de verticale kant

ontstaat. Als er tijdens het maken van de *dense cloud* een gat ontstaat kan dit verholpen worden door de stap *Align Photo's* overnieuw te doen. Tijdens deze stap moet dan wel in de *advanced settings* het point limit veranderd worden. Door deze hoger te maken zullen er minder gaten ontstaan tijdens de vervolgstap van het maken van een *dense cloud*. Dit zal echter alleen helpen als er genoeg overlap is voor deze plek, als de plek op één afbeelding staat zal deze niet in het model terecht komen. Er moeten, zoals eerder aangegeven, altijd minstens twee beelden van zijn.

Stap 3: Build Mesh

Bij de derde stap wordt er pas een onderscheid gemaakt tussen de workflow het maken van een *orthophoto* en een 3D-model. Bij de stap *Build mesh* worden de bij het maken van een 3D-model eveneens de hoogtes aangehouden. De hoogte tussen de punten wordt berekend in het programma door middel van triangulatie. Een mesh is een verzameling punten die verbonden zijn en samen een netwerk van randen en vlakken vormen. Het netwerk vormt dan weer een object.

Stap 4: Build Texture

De vierde stap, *Build texture*, gebruikt bij een 3D-model de standaard *setting*. Hierdoor worden alle beelden op de juiste plek geplaatst, zowel horizontaal als verticaal. Echter is het wel belangrijk dat er ook genoeg beelden gemaakt zijn van de verticale gedeeltes anders ontstaan er gaten of sleepeffecten in de textuur. Bij deze stap is er ook een speciale *orthophoto* optie om alles ondanks de 2D vorm op de juiste plek te laten zien.

Exporteren *orthophoto*

Het eindproduct waar het uiteindelijk om zal gaan bij een *orthophoto* is een geotiff-bestand. Dit kan gemakkelijk door het te exporteren. Hier is te komen door op het lint op **File** → **export orthophoto** → **export JPEG/TIFF/PNG** te volgen. Let er bij het exporteren op dat dit in het juiste coördinaatsysteem gedaan wordt. Een Geotiff is makkelijk in een GIS-omgeving te openen, zonder dat het opnieuw gegeorefereerd moet worden.

Exporteren 3D-model

Het andere producten, het 3D-model kan ook geëxporteerd worden. Het verschil met een *orthophoto* is niet alleen dat het eveneens de hoogteverschillen laat zien, maar het zal niet in een normale GIS-omgeving geïmporteerd kunnen worden. Het zal dus in een apart programma bekeken moeten worden, of als het alleen om de visuele kenmerken gaat en niet om verhoudingen of metingen kan het naar een 3D-PDF geëxporteerd worden. Om een 3D-model te exporteren moet men ook naar **File** gaan in het lint, maar een andere exporteer optie kiezen. Namelijk; **File** → **Export model**.

Combining Chunks

Een andere optie in PhotoScan is het combineren van modellen die aan elkaar liggen. Enkele punten waarop gelet moet worden tijdens het combineren van de modellen zijn, de oriëntatie van de werkput, deze moet hetzelfde zijn bij beide werkputten. Eveneens moet er overlap in de modellen zitten zodat er geen gaten ontstaan wanneer ze gecombineerd worden. De eerder gemaakte modellen, in het programma ook wel *chunks* genoemd, hebben overlap tussen de modellen nodig zodat er geen gaten in het gecombineerde model ontstaat. Een optimale overlap is het eenvoudigst te creëren door de modellen te combineren en hierbij eveneens de markers te combineren. Hierdoor ontstaan er geen duplicaten van markers en wordt ervoor gezorgd dat het model op de juiste plek terecht komt. Door de stappen van de *workflow Combining chunks* te volgen zoals hieronder aangegeven worden de modellen gecombineerd. Het combineren van de putten werkt hetzelfde bij een *orthophoto* als bij een 3D-model.

Combining Chunks	
Align Chunks	
	Marker based
Merge Chunks	
	Combine Models
	Merge Markers

Tabel 2: De workflow van PhotoScan met Combining Chunks.

PhotoScan sneltoetsen

* Create new project	Ctrl + N
* Save project	Ctrl + S
* Load project	Ctrl + O
* Undo (werkt met delete, Assign Class/Classify Ground Points, Masking & Close Holes)	Ctrl + Z
* Redo (werkt met delete, Assign Class/ Classify Ground Points, Masking & Close Holes)	Ctrl + Y
* Switch between navigation and previous selected mode	Space
* Assign dense cloud class	Ctrl + Shift + C
* Top view	7
* Bottom view	Ctrl + 7
* Right view	3
* Left view	Ctrl + 3
* Front view	1
* Back view	Ctrl + 1
* Rotate up	8
* Rotate down	2
* Rotate left	4
* Rotate right	6
* Next photo	Ctrl +]
* Previous photo	Ctrl + [
* Navigation mode	V
* Rectangle selection	M
* Intelligent scissors	L
* Intelligent paint	P
* Magic wand	W
* Add selection	Ctrl + Shift + A
* Substract Selection	Ctrl + Shift + S
* Invert Selection	Ctrl + Shift + I

Bijlage III. Interviews

Naam geïnterviewde: Tom Hamburg (T)

Naam interviewer: Jette van der Veen (J)

Datum: 6 juni 2017

Plaats: Leiden

J: Ik zit hier met Tom Hamburg van Archol voor een interview op 6 juni. Ik heb een aantal vragen over het gebruik van UAV's. Wat weet u over het gebruik van UAV's in de archeologie, zowel binnenland als buitenland?

T: Wat ik ervan weet is. Nou het wordt wel steeds en steeds meer gebuikt. Een aantal bedrijven hebben het sowieso. Net zoals wij een drone gekocht. Wat ermee gedaan wordt nu is denk ik vrij beperkt. Er worden gewoon mooie opnames gemaakt van een vindplaats of een gebied wordt daarvoor in kaart gebracht. Het zijn ook wel beelden die ik laatst terugzag bij de vondst die in Tiel gedaan was met de Romeinse spullen. En die zie je dan toch terug bij het nieuws enzovoorts, dan zie je het gewoon terug komen. Dat spreekt wel aan, het oogt gewoon een stuk beter. Dat is volgens mij ook wel hoe het in het buitenland gebruikt wordt. Maar ja, dat weet ik niet helemaal zeker, want dat is dan vooral van tv of documentaires. Wat je volgens mij wel meer zou kunnen doen is bijvoorbeeld met infraroodcamera's eronder hangen. Dat is wel het spul dat gedaan wordt, maar ik denk nog lang niet genoeg. Zeker het echte toepassen in de archeologie, commerciële archeologie, kan volgens mij nog veel meer. Dus dat is zo eventjes wat ik ervan weet.

J: Heeft uzelf ook ervaring met UAV's? Want Archol heeft er een.

T: Ja wij hebben nu net een drone gekocht. Ik zou er veel meer gebruik van willen maken eigenlijk. Het wordt naar mijn merken nog niet gedaan, we zijn het nog niet helemaal gewend ergens. En dan moeten we ook sowieso al de juiste papieren hebben om hem goed verzekerd te kunnen vliegen. Een van de medewerkers heeft dat nu op dit moment. Dus dat is op zich geen belemmering meer. En kijk ook wij maken op dit moment eigenlijk gewoon wat mooie plaatjes van vindplaatsen. Of we maken een soort promo filmpjes, proberen we. We hebben er eentje gemaakt, stelt nog niet heel veel voor. Maar ik denk dat je het ook bij identificatie gewoon van, zeker bij grotere opgravingen, die maken een foto van het vlak zoals het er dan bij ligt. In bijvoorbeeld twee putten, met nog een heel gedeelte ertussen. En op basis daarvan kun je er gewoon qua interpretatie, kan je er ook nog wel iets mee. Ik denk ook dat je dat soort toepassingen, dat gewoon met normale foto's, dat je dat sowieso erbij kan hebben. Dus gewoon puur interpretatie, herkenning van grotere structuren, grotere greppelsystemen zoals in Veldhoven we nu gedaan hebben. Daar is het gewoon makkelijk voor. En het moment dat we ook nog weer met, ik zou ook heel graag andere camera's eraan vast willen maken. En kijken of we toch iets met infrarood of ultraviolet of andere type filters eigenlijk, dat we daar iets in het voortraject wat meer dingen zouden kunnen doen. Dat is wat wij ermee doen en wat ik er graag mee zou willen doen.

J: Is dat ook de reden dat jullie een UAV hebben genomen?

T: Ja, eigenlijk wel. Ik denk dat je, voor de opdrachtgevers is archeologie over het algemeen vrij saai. Want wat wij zien in een vlak, dan zien wij een huisplattegrond en wij zien allemaal greppelsystemen. En wij kunnen het veel beter plaatsen door gewoon de kennis die wij meenemen van andere projecten of van de interesse die je er misschien in hebt. Op het moment dat je naar, ik zie mensen gewoon kijken naar een vlak en dan staan ze aan de putrand en dan zien ze... Wat zien ze dan? Ze zien een paar vlekken. En over het algemeen snapt men er helemaal niks van. En wat je veel beter kan laten zien, op het moment dat je drone opnames hebt, dan krijg je een overzicht echt letterlijk van alle sporen. Dan zijn de, als daar bij voorbeeld een huisplattegrond of grafveld in ligt, dan is dat veel beeldender dan voor mensen die niet direct een link hebben met die archeologie. En zeker

op moment dat je bijvoorbeeld een groot tracé van een weg, en je kan dat volgen met, je volgt een deel van die, van dat tracé met je, met een drone. Wat er dan gedaan zou kunnen worden is dat je digitaal kan je de, dat wordt heel veel gedaan, met wegen die al virtueel gemaakt zijn. En daar dan de archeologie overheen gooien. En dat je de twee beelden eigenlijk door elkaar heen ziet. En ja, dat ook weer gewoon een publieksgericht verhaal kan je er dan van maken. Dat je voorafgaand aan de bouw van de weg, van de snelweg, wat dan ook, doe je dat archeologisch onderzoek. En door de beelden te combineren krijg je gewoon een mooi beeld van, van de archeologie die er zit. Dus het is voor het publiek, voor de mensen in de omgeving, voor de gemeentes, voor de provincies, voor alle leken, laten we het zo zeggen, krijg je een beter, een leuker verhaal kan je vertellen.

J: En hoe lang hebben jullie de UAV nu al ongeveer?

T: Ik denk ongeveer een jaar. Ja, volgens mij een jaar geleden hebben we hem gekocht.

J: Je hebt het al gehad over het gebruik in Veldhoven. Hoeveel projecten hebben jullie er ongeveer mee gevlogen?

T: Een stuk of vijf of zes, denk ik. En ik had hem heel graag veel meer willen inzetten bij een ander project in Tiel. Daar had ik hem eigenlijk willen inzetten, maar dat is om andere redenen niet door gegaan. Er is twee keer gevlogen, dus voor een project van acht maanden is dat wel erg weinig.

J: Wat voor soort type UAV hebben jullie?

T: Een Phantom vier, geloof ik. Ik weet het niet precies. Een hele coole hebben we.

J: En heb je ook enig idee wat voor programma's voor de uitwerking gebruikt worden?

T: Wat voor programma's gebruikt worden? Nee, ik heb geen idee, maar dat weet Walter (Laan) en dat weet jij vooral.

J: Ja, even voor de volledigheid toch vragen.

T: Want wat gebruiken wij dan?

J: Nou voor inderdaad meer het creëren van de kaartlagen wordt er Photoscan gebruikt, Agisoft Photoscan. En gewoon voor de filmpjes en dergelijke gebruikt Walter een Windows programma en VLC geloof ik.

T: Oke.

J: En het gebruik van de UAV heeft dat bij sommige projecten ook al voor nieuwe inzichten geleid?

T: Zoals Veldhoven bijvoorbeeld, heeft het, levert het ook nog wat op. Eigenlijk een beetje bij, nou ja, bij toeval, dat wel. Maar dan wordt er een greppel ergens gevonden in een put en je weet niet precies of die doorloopt in de andere put. En het wordt nooit zo, je probeert zo'n vlakrand zo goed mogelijk aan te leggen, maar soms graaf je net iets te diep, of zit je nog niet diep genoeg. En dan weet je wel of, we wisten wel alvast dat het ding wel doorliep en ja dan kan je op dat niveau kan je wel, ja doe je er wel iets mee. Interpretatie of qua overzicht meer.

J: En hoe verwacht u dat het gebruik van een UAV zich zal ontwikkelen binnen de archeologie in de toekomst?

T: Nou, wat ik al zeg. Ik hoop dat het dus veel meer voor interpretatieniveau ook mee kan gaan. Ook gewoon analytisch, dus eigenlijk niet zozeer alleen mooie plaatjes maken, maar ook gewoon kijken waar zit de vindplaats in de ondergrond, zijn er andere structuren eventueel zichtbaar voordat je überhaupt gaat graven. Of nadat je gegraven hebt, want je hebt ook vlakken daar zie je helemaal niks in. Terwijl op het moment dat je met infrarood ernaar kijkt dan zie je opeens wel sporen. Nou ja, op dat niveau hoop ik eigenlijk dat we daar veel

meer mee gaan doen. En ook voor publieksgerichte activiteiten, dus dat je echt gewoon leuke filmpjes online zet. Het is toch veel meer een, dat weten we natuurlijk wel maar dat is een, iedereen is digitaal sowieso bezig. Iedereen kijkt naar YouTube filmpjes van, van alles en nog wat. Als we daar een leuk, kort filmpje over archeologie in kunnen zetten wat veel bekeken gaat worden. Nou dan, dan denk ik dat we heel veel zijn.

J: Dus het inwinnen van vlakinformatie door middel van een UAV dat zou wel een mogelijke ontwikkeling kunnen zijn?

T: Ja, ik denk het sowieso. Kijk en we hebben eventjes gekeken, maar dat ligt geloof ik nu een beetje stil, maar dat wij, dat je met de drone opname een vak fotografeert. Dat je hem niet meer tekent dus, niet meer digitaal tekent, maar dat je hem gewoon fotografeert. Daar is door de faculteit (Faculteit der Archeologie, Universiteit Leiden) is daar eventjes naar gekeken, maar ik weet eigenlijk niet. Nou ja, de eerste testen daarvan die waren niet heel erg positief geacht door de onderzoekers, maar zelf denk ik dat het goed genoeg is om op basis daarvan een vlaktekening te maken. En dan hoeft je dus niet meer alles digitaal in te tekenen, dus hoeft je niet meer met GPS. Wat we nu doen, we tekenen alle vlakken met een GPS in. Dat zou je eigenlijk met een druk op de knop letterlijk kunnen we een heel vlak fotograferen. Wat naar mijn mening goed genoeg is om ook het vlak gewoon te kunnen tekenen. Je maakt een foto en binnen wordt het ding gedigitaliseerd en klaar ben je. Nou gaat vele malen sneller dan iemand die met een GPS rondloopt. Dus ik denk dat er misschien met de nieuwe camera's of betere camera's, dat je wel een heel goed en strak beeld daarvan kan krijgen. Maar ja, dat moeten we blijven onderzoeken. Laten we het zo zeggen.

J: En zou dat dan ook op den duur door kunnen gaan in het de computer automatisch sporen kunnen laten herkennen of is dat dan nog een stap te ver?

T: Nou, ik denk dat het al, in theorie kan het volgens mij wel al. Het herkennen van sporen; ja. Interpretatie; nee. Want dat blijft toch, nou ja, daar zijn de archeologen het vaak ook niet over eens. Maar kijk dat moment dat je een duidelijke huisplattegrond hebt liggen met een, met paalsporen en wandgreppel eromheen. Dan zou dat geen probleem moeten zijn. Maar ik denk wel, het herkennen van sporen, zeker in sommige gevallen, is het heel makkelijk en simpel, zelfs voor een zeg maar computerprogramma. Ik zit er zelf niet zo goed in. Maar patronen herkennen is natuurlijk, dat zou op zich geen probleem moeten zijn. Dus ja, ik denk het wel.

J: Maar dan nog wel met een check?

T: Altijd.

J: En je had zelf al gegeven meer inderdaad interesse in de infrarood beelden, de ultraviolet beelden enzovoort en zijn er nog meer dingen die je graag terug zou willen zien?

T: Lastig. Ik zit er ook niet zo heel goed in daarom kom ik iedere keer bij deze twee uit. Kijk allicht moeten er meer dingen zijn die je ermee zou kunnen doen. Ik weet ook wel dat ze met satelliet opname, kan je ook vrij veel doen. Dat is natuurlijk, die staat iets verder van de aarde vandaan. Allicht dat er nog wel meer te halen is dan wat ik zo even weet. Kijk ik wat ook dat er een, hoe heet dat? Ik weet alleen even niet hoe het heet, maar hoogtemetingapparatuur, dus...

J: LIDAR

T: LIDAR inderdaad, dat kan je ook onder een drone hangen. Niet onder de Phantom, want dan dondert die naar beneden. Of hij stijgt niet eens op. Maar dat is ook mogelijk. Kijk voor Nederland is daar misschien niet heel veel eer aan te behalen, want ten eerste we hebben AHN die op vijf centimeter ofzo nauwkeurig is. Maar ik zit bijvoorbeeld, je kan zomaar denken aan een project in het Caribische gebied, bijvoorbeeld ook Nederlandse gemeenten die we daar natuurlijk hebben, Bonaire, Saba, Sint-Eustacius. Dat zijn gebieden die wel, ja die zijn

niet zo recent. We hebben geen AHN-beelden daarvan. Maar is goed te gebruiken. Project in Oman wordt nu gestart en dat gaat dan wel niet met een kleine drone, maar ook met een wat grotere, ik denk volgens mij met een helikopter zelfs, wordt nu gedaan. Daar weet ik van, dat ook met mensen van de faculteit (Faculteit der Archeologie, Universiteit Leiden) die eigenlijk gewoon AHN-beelden gaan maken van vindplaatsen in Oman, van hele trajecten. En daar heb je te maken met irrigatiesystemen, plekken waar mensen wel gewoond hebben, deel van ruïnes die nog overeind staan. Dus ja, daar kan je natuurlijk fantastisch mooie beelden van maken. En dan krijg je een soort combinatie van LIDAR-beelden met scanbeelden. Dus je kan ook van alles bij verzinnen, denk ik. Maar ja, de technologie die is er zeker en de toepassing voor de archeologie zijn alleen op dit moment wat lastig te verkopen. Nou ja, dat komt ook wel, vast.

J: Denk je dat dat ook vooral nog komt doordat het een snel ontwikkelend...

T: Ja. De ontwikkelingen gaan razendsnel ja. Je hebt ook programma's op tv van, waarbij een mooie vindplaats, altijd mooie vindplaats, die worden dan gescand met zo'n laserscan apparaat wat ze dan neerzetten. Ik ben zelf al naar een bedrijf toe geweest dat die dingen verkoopt en verhuurd. Die wilde ik eigenlijk al inzetten. Dat is al twee, drie jaar geleden zelfs, dat ik daar ben geweest. We zouden ze ook inzetten op het dat wij gedaan hebben in Oman. Maar ja, kostentechnisch kwam dat niet helemaal goed overeen en ook logistiek niet. Maar dat is wel iets dat je heel goed zou kunnen doen, waarbij je 3D-scans maakt van objecten in het veld. Dus ja, dat zijn belangrijke zaken denk ik, die je, en dat gecombineerd met drone beelden. Volgens mij heb je dan, is het plaatje redelijk compleet.

J: Nou dat waren eigenlijk alle vragen.

J: Bedankt.

T: Graag gedaan.

Naam geïnterviewde: Harmen de Weerd (H)

Naam interviewer: Jette van der Veen (J)

Datum: 8 juni 2017

Plaats: Hoorn

J: Hij is nu aan het opnemen. Ik zit hier met Harmen de Weerd, 8 juni. Ik heb wat vragen over het gebruik van UAV's. Wat weet je over het gebruik van UAV's binnen de archeologie?

H: Ik weet dat het gebruikt wordt. UAV's zijn volgens mij Unmanned Aerial Vehicles. Ik ken ze eigenlijk als drones. Ik heb er zelf nog niet mee gewerkt maar, wel beelden gezien die andere bedrijven hebben gemaakt met die dingen. Of beelden die andere partijen hebben gemaakt, dus dat je gewoon een externe partij inhuurt van: 'Goh ik heb een project, kan je een aantal luchtfoto's maken?'. En ik weet dat er ontwikkelingen zijn om die techniek ook steeds meer toe te passen bij eigenlijk gewoon het digitaliseren van je vlakinformatie. Dus dat je zo'n drone gebruikt om goeie foto's helemaal van bovenaf te schieten van je opgravingsvlak en dat je daar ook weer dingen mee doet bij de uitwerking of verdere verwerking van de data.

J: En qua regelgeving of wetgeving, heb je daar enig idee van?

H: Dat er ontwikkelingen zijn om het aan de ene hand makkelijker te maken voor particulieren om met die dingen te vliegen, maar aangezien er ook zo'n enorme opkomst is, gewoon de hoeveelheden drones die er nu verkocht worden en de meeste particulieren ook niet zo goed op de hoogte zijn van de regels is het nu volgens mij echt een soort lastig punt van wat mag er wel/ wat mag nou niet. Ik heb mij daar zelf ook een beetje in verdiept. Ook als je iets, zo'n drone zakelijk wil gebruiken dan heb je een stuk strengere richtlijnen dan als je dat gewoon als privépersoon doet. Ja, en volgens mij is die wetgeving in ontwikkeling op dit moment.

J: En je had zelf al aangegeven dat je er al naar had gekeken, maar nog geen ervaring met vliegen hebt?

H: Nee, het staat wel op mijn wensenlijstje, met name eerst als particulier. Ik geloof ook dat de gewichtsklasse van de drone ook uitmaakt. Dus als je onder, wat was het één kilo, anderhalve kilo blijft, zijn de regels weer soepeler. Wat ik ook wel weet van andere bedrijven, dan zal ik geen namen noemen, is dat er af en toe ook een beetje mee omgaan al van 'Nou we doen even alsof we nu particulier, gewoon toevallig wel langskomen en opnames maken'. En de bedrijven die dit soort diensten aanbieden die hebben natuurlijk wel een volledige vergunning en juridisch allemaal goed geregeld. En ja, het lijkt op zich wel heel leuk om er iets mee te gaan doen, maar dat zal echt meer vanuit een soort testcase zijn. Dus gewoon eens kijken, een beetje voor de leuk, van wat kunnen wij er nou mee. Is het een toevoeging voor de manier waarop wij onderzoek doen. Vinden wij het leuk als gimmick, dus mooie plaatjes op de website, of gaan we er ook echt inhoudelijk archeologisch iets mee doen. En dat zal denk ik het komende jaar een beetje duidelijk moeten worden.

J: En jullie hebben er als Archeologie West-Friesland dus wel interesse in om er eventueel mee te werken?

H: Ja, we hebben ook wel eens projecten gehad dat wij inderdaad een andere partij hebben benaderd van kan je een paar luchtfoto's maken. Eén keer ook puur toevallig, toen kwam iemand langs voor een andere klus en toen zeiden we: 'Goh als je dan toch zo'n drone in de lucht hebt hangen, wil je dan ook even een paar fotootjes maken van de werkput?'. En dat zijn wel ook beelden die wij heel veel gebruiken in met name de publieksgerichte dingen. Dus dat is inderdaad leuk voor in folders, op de website. Dus we gebruiken het al een beetje. Of tenminste, ik onderzoek op dit moment heel extensief zou van 'Nou, misschien ga ik er zelf wel iets mee doen'. Ik moet even kijken of dat bevalt en of we dat kunnen upgraden als het ware.

J: En je had het dan inderdaad over de publieksgerichte kant, maar zou je dan ook geïnteresseerd zijn in de documentatiekant ervan?

H: Jazeker, maar ik ben sowieso geïnteresseerd in alle moderne, of alle nieuwe technieken, 3D-fotografie, scanning, maar dat is ook gewoon persoonlijke interesse. Die ontwikkelingen vind ik heel leuk, dus dat probeer ik wel een beetje bij te houden. En we gebruiken ook af en toe ook een beetje een soort orthofoto's, maar dan op hele kleine schaal. Bijvoorbeeld als je een soort palencluster hebt in een lastig deel in je put, kan je niet zo goed inmeten, dan probeer ik ook wel eens een paar foto's van boven af te maken, die te georefereren en die vervolgens weer in je veldtekening te plotten. Om dat duidelijker te krijgen dan dat je het ander met de Robotic (Total Station) in zou kunnen meten of analoog in zou kunnen tekenen. Dus dat zijn wel dingen die ik al doe. En een drone is daar natuurlijk een soort overtreffende trap van. Dat je echt van alles goeie bovenaanzichten kan maken.

J: En het maken van de orthofoto's en dergelijke, gebruik je daar dan nog ander soort programma's voor?

H: Ja, PhotoScan.

J: Die bevat die een beetje?

H: Ja, volgens mij kan dat programma veel meer dan waarvoor ik het gebruik. Maar we gebruiken dat ook voor 3D-foto's en dat soort dingen. Ik heb ook van zo'n project van de dijkdoorsnede op Texel, en daar heb ik ook hele leuke 3D-foto's van die dijk puur gemaakt, ook met PhotoScan. En dat bevat erg goed. Daar krijgen we ook hele leuke reacties op.

J: Hoe verwacht je dat het gebruik van UAV's zich binnen de archeologie zich zal ontwikkelen in de toekomst?

H: Ik denk dat iedereen op dit moment nog een beetje experimenteert, in meer of mindere mate. En dat het uiteindelijk ook wel een beetje aan de grote commerciële partijen ligt of dat echt een vlucht neemt of niet. Want die hebben doorgaans, denk ik, wel een soort leidende functie daarin dat ze ook voor tijdsbesparing, kostenbesparing dat soort technieken uitproberen, vervolgens een beetje stroomlijnen voor de archeologie en dan krijgt dat steeds meer navolging. Hetzelfde zag je met digitaal tekenen in het veld, dat kwam ook van de commerciële bedrijven af. Die hebben daar een tijdje mee geworsteld en dat proces soepeler weten te maken, toen haakte ineens bijna iedereen aan.

Ik denk dat het met UAV's ook zo is, maar het is een beetje de vraag in hoeverre luchtfotografie echt iets gaat vervangen of dat het een administratie methode gaat vervangen of dat het gaat aanvullen. En dat weet ik nu niet. Het zou leuk zijn als je bepaalde administratiestappen zou kunnen overslaan, maar ik denk dat het voorlopig alleen een soort aanvulling blijft op de manier van documenteren die je nu toch al gebruikt.

J: Dus het is een jarenplan qua ontwikkeling verwacht je?

H: Nou, het zou ook zomaar ineens heel snel kunnen gaan. Maar ik ken nog geen voorbeelden van opgravingen waar bijvoorbeeld niet meer digitaal is getekend maar alleen maar luchtfoto's zijn genomen die later nog zijn nabewerkt en waar dan de sporen- en contextinformatie aan gekoppeld is. Ik weet niet of jij dat wel kent al?

J: Nee, nog niet in zoverre, wel inderdaad de combinatie van en de toevoegingen ervan.

H: Ja, dus dat je een goeie luchtfoto onder je vlaktekening legt. Dat is natuurlijk een hele duidelijke winst. Het is vooral goed om dat te kunnen zien en leuk om dat te zien, maar dat je alleen je foto gebruikt als vlakadministratie dat zie ik niet heel snel gebeuren, maar dat kan natuurlijk wel.

J: Maar het inwinnen van vlakinformatie door middel van een dronefoto op zich zou je...

H: Ik denk zeker wel dat het kan, maar je zou er op het veld ook anders mee moeten gaan werken ook. Want je moet in ieder geval zeker weten dat de foto honderd procent bruikbaar is, voordat je verder gaat. En daar zit toch nabewerkingstijd in met die software. Zeker, omdat een laptop met een beetje behoorlijke rekenkracht

een tijdje moet kunnen ratelen. Vervolgens moet je de informatie koppelen aan de dingen die je op de foto ziet, dat lijkt mij typisch iets wat je liever op kantoor wilt doen dan terwijl je naast de graafmachine staat. Maar ja, het zou wel kunnen en misschien met relatief weinig complexe opgravingen of hele grote proefsleuven ofzo dat je dat wel eens zou kunnen proberen dat zo te doen. Wie weet.

J: En wat denk je dan van de optie dat een computerprogramma automatisch de sporen herkend?

H: Nee, ik denk dat kleurverschillen herkennen dat, dat wel kan onder gunstige omstandigheden. Dat betekend dat je duidelijk sporen moet hebben op een duidelijk ander kleurig vlak, maar dat ken je ook wel uit deze regio, soms dan voel je alleen maar het verschil tussen een spoor en een sediment door te schaven en dan kan je het amper zien dus ik denk dat dat heel lastig is.

J: Dat gaat dan voornamelijk over kleigronden.

H: Ja.

J: En wat zou je graag in de toekomst willen zien dat er met UAV's gebeurt binnen de archeologie?

H: Ja, dan toch vooral de publiekscant. Ik vind over het algemeen dat die sterk onderbelicht is en dat wij met zijn alle veel meer moeite moeten doen om over het voetlicht te brengen. En ik denk dat het gebruik van die UAV's en luchtfoto's, dat dat kan helpen om archeologie een wat sprekender te maken als het ware. Dus dat het voor leken interessanter is om een mooie luchtfoto te zien, eventueel een beetje nabewerkt. Dan om een vlaktekening te bekijken. Dus ik zou zeggen zet het vooral, zet het ook in met het doel om publieksgericht interessante afbeeldingen te maken. En ook een beetje een paar schuine aanzichten ofzo, of archeologen die aan het opgraven zijn. Ja, het is natuurlijk hartstikke gaaf als je dat van boven kan zien. En dan als je hele grote projecten hebt, dat je bijvoorbeeld een hoogte hebt om alles in één keer in beeld te brengen. Ja, dat zijn ook superleuke foto's.

J: En dat publieksgericht voornamelijk inderdaad naar het brede publiek, naar mensen uit de omgeving of ook naar...

H: Gebruik dat soort dingen bij informatiedagen. Een beetje de, wat we hier doen met de folders, de echte publieksgerichte presentaties, publieksboekjes, eventueel ook als verrijking van synthetiserend onderzoek, dat je af en toe eens een paar van die leuke plaatjes erbij gooit. En onderzoek ook vooral wat de mogelijkheden zijn bij de administratiedruk in het veld. In hoeverre die apparaten een, eventueel een tijdswinst of een soort gemak kunnen toevoegen. Kijk op het moment dat je waanzinnig veel kleine spoortjes hebt, bijvoorbeeld allemaal stakenrijtjes, dan kan je dat allemaal digitaal gaan intekenen, als het goed zichtbaar is en het is allemaal hetzelfde materiaal. Dus je hebt een paar stakenrijen, probeer daar gewoon eens een goeie luchtfoto van te maken, georefereer die en kijk dan of dat voldoende is om dat als gedocumenteerd te beschouwen en ga dan door. Dat lijkt mij heel leuk. Dat het een soort hybride oplossing wordt, van oké, nu doen we die drone de lucht in. Naja, dat is denk ik nogal toekomstvisie, maar het zou wel leuk zijn als je er gewoon een beetje mee kan spelen. In eigenlijk alle opzichten ermee kunt spelen, zowel voor de leuk als voor de inhoudelijke toevoegingen als voor tijdswinst en...

J: Dat waren alle vragen. Bedankt.

Naam geïnterviewde: Robert van der Mijle-Meijer (R)

Naam interviewer: Jette van der Veen (J)

Datum: 14 juni 2017

Plaats: Den Haag

J: Ik zit hier met Robert van der Mijle-Meijer en ik heb een aantal vragen over het gebruik van drones. Wat weet u allemaal van het gebruik van drones zowel binnen de archeologie zowel binnen in Nederland als in het buitenland?

R: Wat ik ervan weet? Nou wel veel want, het is ook mijn hobby, modelvliegen. Daarom ben ik er jaren geleden mee begonnen. Ik denk al vijf of zes jaar geleden begonnen met een drone maar, die was heel moeilijk te besturen. Dat was meer voor de gein om plaatjes te schieten. Dus zo is het eigenlijk begonnen. Langzamerhand kwamen we erachter dat je heel veel ziet vanuit de lucht en als je het op een juiste manier doet dan zie je nog veel meer. Dan kan je het ook echt als analyse middel gebruiken. Dus drones, je kan er vreselijk veel mee doen in de archeologie.

J: En u heeft zelf dus ook al ervaring met vliegen van drones?

R: Ja, ik vlieg zelf helikopters en vliegtuigen en drones en dat is natuurlijk leuk om dat in je werk te doen. En het geinige is, ik kan het straks wel even laten zien, maar dat kan jij natuurlijk niet laten zien, maar wat je met een drone kan doen is zo verschrikkelijk veel. Want je hebt zo'n goed overzicht van boven en nu wij ook foto's maken van standaard elke tien meter, maken wij foto's van recht van boven. En die georefereren we, dus die koppelen we aan elkaar. Dus dan krijg je dus een overzicht van al jouw putten, terwijl dan lijkt het net of het open ligt, het vlak. En het grote voordeel is als er een spoortje zo in de rand van je put zit, wat je soms wel eens mist als je die weer dichtgooit en dan ga je weer de volgende put ernaast doen, maar nu omdat die foto er is en die andere foto ook en die andere foto's. Dan zie je al die kleine spoortjes zie je ineens onwijs goed op de foto komen. Dus je ziet gewoon meer. Dus dat is alleen maar super natuurlijk.

J: En is dat ook de reden dat jullie gekozen hebben als gemeente Den Haag om een drone in te zetten?

R: Ja, dat is de... Kijk de reden in het begin was gewoon echt wel leuk, ook voor de opdrachtgever is het natuurlijk wel leuk en voor het rapport is het wel leuk om zo'n vogelvlucht foto te maken. Daar hebben ze prachtige opnames van. En uiteindelijk kwam ik erachter dat als je het net op een andere manier doet dat het ook nog veel meer informatie oplevert. Dus dan ging het van het leuke, was een combinatie dat het echt superhandig is voor je analyse, sneller ook. Want je hoeft niet meer op de stort te lopen, we maken ook geen vlakfoto's meer vanaf de stort. Dat je om de vijf meter of om de tien meter, was altijd een enorm gedoe met sjalons in het vlak leggen en dan weer klauteren op die stort. En dan had je zo'n schuine foto waar je eigenlijk niks aan had. Dat is alleen maar standaard. Eigenlijk dat moet, je moet vlakfoto's maken, maar deze zijn vooral veel beter, deze vlakfoto's. Dus je hebt er gewoon wat meer aan. Dus dat is eigenlijk de reden, maar we doen het al heel erg lang. En ook voor de drones gebruikten we hier in de jaren tachtig van die vliegers en ballonnen. En daar zijn nog hele gave opnames van, van toen hadden we eigenlijk wel het idee om vanaf de lucht zie je zo vreselijk veel meer als je het open legt dan alleen maar van de stort of vlak ervoor met je neus erboven op. Dus in die zin is die historie hier al best wel lang. En die drone die in nu niet meer weg te denken.

J: En je gaf zelf al aan dat je er zelf al een jaar of vijf, zes ermee bezig bent. En gebruiken jullie hem dus ook al zo lang?

R: In het begin was het allemaal voor de lol. Dan was het gewoon eventjes tijdens de schaft ging ik even een stukje vliegen en dan nam ik een foto. Maar dat was niet zoiets van, ik begrijp niet precies hoe die greppel loopt. Dat hadden we niet in het begin, dat idee. Wel later als je die foto zag dacht je, wat leuk. Later is het al direct die foto in de werkinstructie opgenomen. Je maakt een foto, die ga je meteen bekijken, wordt gegeorefereerd. Dus je ziet meteen, en tijdens het tekenen, er is iemand anders dus aan het tekenen. Jij georefereert die foto. Die tekening wordt direct in ArcGis ingelezen, dus je hebt eigenlijk al de sporen, maar die foto die hangt daar ook al onder. Dus je kan het met elkaar vergelijken. Je kan ineens zien 'Heb ik alles wel getekend?'. Weet je, 'Mis ik misschien wat?' en dan kan je direct naar buiten. En dan denk je, 'Wacht even, nee, ik zie hier op de foto dat er een greppeltje loopt' en heel vaak, bijna altijd, is het ook zo. En dan kan je het er nog bij tekenen. Dus het is eindelijk eens een manier, en daarom moet je het ook snel doen, je moet het echt op die dag doen. Je kan niet een week later al die foto's nog een keer. Dus je bent even iemand kwijt. Die even in de keet dat eventjes georefereerd, maar dan heb je ook wel wat.

J: En dat doen jullie dan dus gewoon door ArcGis, geen andere computerprogramma's?

R: Nee, wij tekenen met die Total Station, wat bijna iedereen doet, en dan uiteindelijk doen wij het via Archeolink en Kaartlink, tekenen wij gewoon. Dan heb je gewoon DXF of Shapefiles, je hebt gewoon al die informatie die heb je. Maar uiteindelijk koppelen we al die informatie in het veld in ArcGis. En daar kun je ook de foto's heel makkelijk in georefereren en uitsnijden.

J: En zijn er nog specifieke type projecten waarbij je de drone veel gebruikt?

R: Ja hier, ik kan het even laten zien (op de computer in een 3D-simulatie), dit is een museumpje. Kijk met die drone kan je gewoon dit soort foto's ook maken (Robert laat een 3D-model van een werkput zien van de opgraving op de Rotterdamse Baan). Dit is gewoon een scan, weet je, je hebt met die drone, heb ik 35 foto's genomen of 50, maar uiteindelijk kan je heel die put kan je 3D maken. Dus je hebt gewoon een 3D, en moet je eens kijken hoeveel je ziet. Je ziet hier een Romeinse Tegels liggen, greppeltjes, kuilen, alles hè. Dus je kan later ook nog allemaal dingetjes bekijken van heb ik wat gemist. En dit is een heel groot project, de Rotterdamse Baan en dan zal ik hier even laten zien. Kijk hier (Robert laat een vogelvlucht luchtfoto zien van een werkput). Kijk vroeger deden we foto's zoals dit, vogelvluchtfoto's waar je al heel veel kan zien, zie je kan heel veel. Maar nu het op deze manier (Robert laat een overzicht zien van alle vlakfoto's bij elkaar). En moet je zien dit is de schaal (Robert zoomt in op de graafmachine die in een van de putten staat). Elk vierkantje is tien bij tien meter. Moet je zien hoeveel je al ziet, greppels doorlopen op alle opgravingen heen, kuiltjes, paaltjes, weggetjes. Weet je het is gewoon bijna een soort puzzeltje wat voor iedereen heel toegankelijk is. Je hebt ineens alle foto's, heb je te pakken. Dus je kan ook gewoon heel dichtbij kijken van: 'Wat zien we eigenlijk?'. Zie je hoe handig dat is (Laat een gedeelte van het gebied zien), en al die foto's, die honderden foto's aan elkaar gekoppeld, hoeveel je daaraan hebt. Dus dit is die we gebruiken, kijk hier heb ik hem dan hier neergezet (Robert laat een grotere, interactieve versie van het gebied met de vlakfoto's zien). En dan kan je hier met wat knoppen, wat dingen indrukken om het nog wat duidelijker te maken. Om andere mensen ook te laten zien, wat gebeurd er. Dit is de Middeleeuwen. Kijk dan ga je er overheen, en dan gaan alle Romeinse of Middeleeuwse sporen die komen dan omhoog (Robert laat alle met een druk op de knop alle sporen uit de Middeleeuwen vanuit de vlakfoto's er 3D uit komen). En dan zie je opeens veel meer. Het wordt ineens duidelijk door die luchtfoto's. Normaal heb je natuurlijk een spaghetti van sporen, met allemaal sporen hier en daar, greppels en dingen, maar nu heb je ook echte foto's. Je kan nu op deze, zelfs nu nog en het is een jaar erna, kan je nog steeds zien van hoe zit dit. Je ziet hier een boerderijtje lopen, of deze hier (Robert wijst naar een 3D boerderij boven de luchtfoto's), watertjes, weggetjes. Dus zodra jij de, en de dateringen hangen er ook hieraan, dus je kan hier, je kan er nog steeds mee spelen. Je kan nu nog steeds bij de uitwerking, Peter is het aan het uitwerken, Peter Stokkel. Die kijkt nog steeds heel veel naar die luchtfoto's of die iets mist. Een huisplattegrond, dat je dan denkt, er moet

iets meer zijn. Daar moet daar een paaltje zitten. En vroeger kon dat nooit, dan had je hele slechte foto's, ook niet de coördinaten. Maar nu kan je gewoon denken als ik hem zie dan weet ik misschien iets meer. Kijk je kan nu nog steeds als je dit in een hele hoge resolutie doet, kan je nog steeds paaltjes vinden. En er staan ook coördinaten, dus je kan bij wijze van spreke nog er later bij tekenen. Je kan alleen niet couperen, dus je moet heel voorzichtig zijn.

J: En merken jullie dan ook verschil tussen verschillende bodemtypes, waar het wel of beter zichtbaar is?

R: Nee, maar dat maakt op zich niet uit. Het heeft ook zijn beperkingen de drone. Als het onwijs zonnig is, dan is het ook slechter. Je ziet eigenlijk twee type foto's, de met de zon en de bewolkte dagen. Hier zie je ze dan (Robert laat bij de luchtfoto's van de opgraving bij de Rotterdamse Baan enkele vlakken zien die een verschil aan helderheid en kleur hebben). Je ziet wat verkleuringen. Als je het een beetje op een juist moment op de dag doet, dan kom je er wel. Als het super zonnig is, dan krijg je natuurlijk eigen schaduwen. Kijk, dit is allemaal Romeins en Middeleeuws zonder muurwerk (Robert wijst naar de foto's van de Rotterdamse Baan), prehistorie, dus je hebt niet een soort muurwerk wat eigen schaduwen geeft. Dus dat zijn de beperkingen. In de binnenstad gebruiken we de drone niet zo gek veel hoor, vrijwel niet eigenlijk. Ook, omdat je kan bijna niet vliegen in de binnenstad, mag ook eigenlijk helemaal niet. Maar dan heb je ook andere manieren, je hoeft niet altijd met een drone om een vlakfoto te maken, want we hebben ook een hele grote selfiestick van drie meter lang. Dan kan je zo hangen en die drone die hangt helemaal niet hoog. Die hangt maar tien meter hoog. Misschien nog minder zelfs. Dus je hebt hem niet altijd nodig.

J: En welk type drone gebruiken jullie?

R: Nu hebben we een Phantom 4. Ik weet niet of je die kent?

J: Ja.

R: Het grote voordeel van die is, ten opzichte van die andere, dat deze, die camera die heeft ook zo'n gimbal dus die blijft altijd horizontaal. En normaal zo'n drone, als er harde wind is, dan gaat die natuurlijk vechten tegen de wind. Dan gaat die een beetje scheef. Dan krijg je een scheve foto. Dus je fotografeert altijd een stukje wat je niet wilt, dus daar moet je rekening mee houden. Maar deze, bij windkracht negen hebben we hem getest, tenminste moesten ook gewoon werken natuurlijk. Dan doet die het ook nog perfect. En met een super goede GPS zit erop, dus hij blijft gewoon echt op één locatie hangen. Het is de beste. Ik denk dat het de beste drone is. Tenminste dat hebben we wel bewezen na al die jaren in weer en wind. Ook in motregen, wat dan eigenlijk niet mag natuurlijk. Hebben we schoteltjes erboven gemonteerd, dus als het dan regent dan blijft die wel droog. Dan plak je alles af, dan kan je heel even vliegen. Want het is natuurlijk maar heel even. Je vliegt, foto, oké, weer binnen. Dat is ook een beperking natuurlijk met de drone, want als het regent dan ja...

J: En hoe verwacht u dat het gebruik van drones zich gaat ontwikkelen binnen de archeologie?

R: Ik denk dat het steeds meer en meer zal zijn. Alleen het blijkt nu, afgelopen jaren, dat het toch lastiger is dan verwacht. Je moet iemand hebben die de kar een beetje trekt, die dat ook leuk vindt. Zo'n drone is supermakkelijk, maar soms zit het een beetje tegen, dan is er iets gek met zo'n drone, weet je. En dan blijkt toch bij andere instellingen die hem ook gebruiken of proberen dat het toch niet altijd. Volgens mij zijn wij de enige die het op deze manier doen. Dus echt standaard, in principe iedereen weet, hij gaat vliegen. Wij hebben zo'n werkinstructie, je legt tien meter aan, dan prik je wortels, van die meetpinnen, en dan loopt er niemand over het vlak behalve degene die het aangelegd hebt, die heeft het al ingekrast op dat moment. Dan is die tien meter, daar mag niemand op totdat die foto is gemaakt. En dan wordt die foto gemaakt. En dan wordt die vrijgegeven. En dan kan iedereen al meteen beginnen met couperen. Dus je werkt steeds in stukjes van tien meter, dus je hebt ook nooit het idee van, 'O, zullen we eens gaan vliegen?'. Op het moment dat er tien meter is

gedaan, maak je een foto.

J: Dus gewoon een vaste....

R: Ja, precies, maar dan moet je dus wel alles op aanpassen. Die drone moet het wel gewoon goed doen. Dus, maar goed, in het begin was het natuurlijk ook met digitaal tekenen, deed ook iedereen het analoog en digitaal tegelijkertijd. Want iedereen was bang, stel je voor dat het bestandje crasht ofzo. Dus het zal steeds vaker en vaker gaan gebeuren. En het RCE (Rijksdienst Cultureel Erfgoed) wil dit ook. Die wil heel graag. Kijk want dit is, deze informatie, de kaart die je hier ziet (wijst naar de luchtfotokaart van de Rotterdamse Baan), is super. Objectiever kan je het bijna niet krijgen. Het enige wat niet objectief is, dat degene die het vlak aanlegt, had het misschien ook dieper had kunnen aanleggen of misschien te hoog hebt aangelegd. Maar als je ervan uit gaat dat het vlak op de juiste hoogte is gelegd, die sporen, dit is gewoon de foto. Zo is het gezien. Dus het is niet zo dat je alleen maar een sporenkaartje ziet, dat je je altijd afvraagt; 'Volgens mij mist er een greppel' of 'Ik geloof die greppel niet'. Iedereen kan dit checken.

J: Dus het inwinnen van vlakinformatie dat is dus eigenlijk wel gewoon de kant waar het naartoe gaat?

R: Ja, iedereen moet gewoon... Het geeft zoveel handigheid. Heel veel gebruiken het ook al een beetje. Dus ik ben benieuwd. Ja het zal wel nog blijken hoor.

J: En in wat voor soort bestandsformaat, want jullie gebruiken dan ArcGis, dan slaan jullie het op als een...?

R: Die afbeelding?

J: Ja.

R: Gewoon een JPEG, die houden we, het origineel houden we. Dan maken we een mapje ArcGis afbeelding, dus die geef je gewoon putnummer_10meter en 20 meter, 30 meter, 40 meter. Dan kan je hem altijd zien, die is uitgeknipt. Want je knipt tussen de wortels. Want je wilt natuurlijk de putten ernaast precies, want je wilt geen putranden hebben. Want de put ernaast die worden open gelegd, dus je moet geen grasveld zien. Dus je knipt hem uit, zet hem over en dan zit die daar gewoon. Dan hangt die in dat mapje. En die wordt dan geback-up't.

J: En denkt u ook dat het er wel inzit dat op een gegeven moment ook automatisch spoorherkenning zou?

R: Nee, dat gaat niet. Nee, want dan... Ja, misschien ooit. Je kan er wel iets mee doen als je heel veel haast hebt, maar ik denk niet dat dat gaat gebeuren. Ook, omdat je zelf die foto ook nog een keer moet interpreteren. Weet je, dan kan soms, dan kan een bak... Soms vergis je je ook, dan heb je iets getekend en dan doe je de foto en denk je 'Hé daar loopt toch een greppel'. Ik zie gewoon een greppel en dan ga je naar het veld en dan zie je geen greppel. Heb je toch beter getekend dan dat de foto heeft gemaakt. Dat komt omdat bijvoorbeeld de schaafbak precies nog even één zo'n hap heeft genomen, dat heel glad heeft gemaakt. En van een foto lijkt dat net een greppel. Zo kan je soms ook gefopt worden door je eigen. Of iemand heeft heel fanatiek lopen schaven. Dat zie je ook wel eens, dat iemand een stukje probeert te checken of daar een paaltje zit, en gaat dan precies in de vorm van zo'n paaltje zitten schaven. Lijkt net een mooi bolletje, dan denk je daar zit een paalgat, kan niet anders. Dan kijk je op de foto, dan denk je, ja je hebt het gemist. En dan ga je naar het veld en dan zeg je: 'Waarom heb je die niet getekend?', maar dan zie je wat er gebeurd is. Dus daarom zal die automatische herkenning, dat gaat gewoon niet gebeuren. Kijk als je een opgraving hebt met blond zand en allemaal grijze paalspoortjes, dan zou je er misschien iets mee kunnen, maar dan nog. Je moet toch nog, het is een mollengangetje weet je, dus je hebt nog echt iemand nodig nog.

J: En dan is het dus ook wel belangrijk dat je de foto's snel verwerkt? Om dat nog na te kunnen lopen.

R: Ja, je moet... Dat kan ik je wel laten zien. Hier kijk, gelijktijdig dat we het aanzetten (zet op de computer een filmpje op met o.a. de workflow van de verwerking van de foto's). Hier kan je een beetje zien wat er nu eigenlijk

gebeurd. Kijk dit is dan hoe we het vroeger deden (laat een drone foto in vogelvlucht zien), mooi gezicht. En dit zijn gewoon filmpjes omdat het leuk is (laat een filmpje over een werkput heen zien). Dus dit is... Wat wauw ik ook alweer zeggen? Wat vroeg je?

J: Dat het dus wel belangrijk is dat het meteen verwerkt wordt.

R: Oja, ja. Ja dat is echt heel erg belangrijk, want het is echt even checken of je het goed gedaan hebt, of je foto in orde is, of je de dingen ziet of die echt kloppen. En dan pas kan je besluiten, nou deze zijn vrij gegeven. Weet je, je kan niet naderhand nog zeggen van: 'O, ik ga die foto's even bekijken'. Net ook wat ik zeg; sommige van die sporen zijn geen sporen. Weet je. Kijk hier knip je hem uit (op het filmpje is de workflow nu in ArcGis bezig met de foto te verwerken), zie je. Je ziet nu niet meer dat is een worteltje, dat is een worteltje. Dus je knipt hem precies uit, je hebt eigenlijk allemaal vakjes. Dit is ArcGis (op het filmpje op de computer), zie je hier die naamgeving; 10, 20, 30, 40, 50, 60 (in de layer control van ArcGis bij de bestanden). Zie je, dus die worden allemaal aan elkaar gekoppeld. Dan heb je één grote lappendeken. Dan zie je ineens dat sporen ook gewoon door gaan lopen. Zie je, dit zijn gewoon putgrenzen (Robert wijst naar een zijkant van zo'n foto). Dus greppeltjes, wandgreppeltjes, die zijn echt, daar hebben we heel veel kicken dingen mee gezien. Die wandgreppeltjes die precies in de zijkant van zo'n profiel zitten, die zie je gewoon niet, want die neger je in put één. Dan denk je, het zal wel een lul dingetje zijn. Dan gooi je put één gooi je dicht. Dan ga je in put twee ernaast werken. Dan zie je dus weer zo'n dingetje, wat je allang bent vergeten. Je doet namelijk eerst één en dan drie en dan pas twee vaak, je moet je stort kwijt. En die neger je weer. Dus je vergeet gewoon een heel greppeltje, omdat ze gewoon een paar centimeter zijn. Maar met die foto's, dan heb je dus één deeltje van het greppeltje en dan een paar weekjes later heb je de foto van het andere deeltje. En dan ineens zie je wel een greppeltje. We hebben daar onwijs veel voorbeelden van, dat je daar ineens naderhand denkt van: 'O, hé daar loopt wat'. Dus dat is kicken.

J: En heb je zelf nog dingen die je graag nog in de toekomst zou willen zien, van dat zou ik echt graag met een drone wel willen kunnen?

R: Nee, dit is ongeveer wat je ermee moet doen en wat je ermee kan doen. Kijk tegenwoordig doen we ook alles 3D, zoals je hier ziet (Robert laat een 3D-model van een stukje muurwerk in PhotoScan zien in het filmpje), Dat heeft nog veel meer voordelen. Doen we voor muurwerk en voor beestbegravingen, fragiele voorwerpen zoals hout of immobiele dingen of bijvoorbeeld steigers, of fuiken. Die zijn hartstikke mooi als je ze opgraft, alleen op het moment dat je ze meeneemt dan sloop je ze. Als je 3D doet, dan heb je de X, Y, Z. Dus je kan ook heet ook nameten. Niemand kan zo snel tekenen als, bijvoorbeeld dit muurtje hier (hetzelfde 3D-model van het bakstenen muurtje op de computer). Moet je zien, alles ligt vast. Dus alle coördinaten liggen vast. Dus je kan dit muurtje gewoon wel tekenen, zoals je normaal doet, van dit is een poer. Maar met 3D kan je ook nog echt zien van, 'Hoe dik is dat cementstukje?', 'Is daar een stukje bij gebouwd?'. Dus je ziet naderhand veel en veel meer. Dit kan niemand tekenen, geraamte ook niet, niemand kan dat zo goed tekenen als bijvoorbeeld dit (Robert laat een 3D-model zien van een geraamte van een paard in een vlak), hier heb je zo'n voorbeeldje. Heb je zo'n paard, weet je, kijk dit is zo gescand, dit is zo gepiept, vijf minuten en dan heb je dat paard. Dus dan kan je naderhand nog altijd kijken van oké, en met die coupe (Robert laat een 3D-model zien van een coupe), greppel, greppel, als je goed kijkt zit daar ook een greppel. Weet je het zijn allemaal toepassing waar je ook natuurlijk een drone voor gebruikt. Maar ook, soms ook niet. Kijk dit is kleinschalig, dan doe je het met een klein cameraatje of met een selfiestick. Deze die kan ook die uitbraaksleuf (Robert laat een 3D-model zien van een uitbraaksleuf), maar bijvoorbeeld deze dingen die ik net liet zien (Robert laat een 3D-model van een werkput zien). Dit is natuurlijk wel gaaf gewoon om met een drone te doen. Dan heb je een hele opgraving kan je mee pikken.

J: En dan is het dus eigenlijk niet alleen de X en Y die je op kan meten, maar ook de Z- waardes?

R: Ja, je kan dit gewoon, nu met die Vive al helemaal. (Vive is een Virtual Reality bril, waar je met een apart programma, een game engine, interactief met 3D-modellen dingen kan doen.) Je kan gewoon een beest, je kan gewoon die beesten neerleggen met een meetlat. Je kan gewoon echt meten alsof je bij de opgraving staat. Want we hebben hier heel veel dierbegravingen. De specialisten vinden het heel erg kicken. Dus ik ben een, ik ga een ruimte maken (in het programma) met al die beesten bij mekaar. Dan kan je met die Vive, kan je gewoon naast, langs al die beesten lopen. En dan kan je een meetlatje gewoon pakken, een virtueel meetlatje, kan je alles daar opmeten, vergelijkingen, je kan het beest oppakken, je kan er iets naast leggen. Dus je hebt daarna nog veel meer informatie dan als je zou hebben als je het een beetje tekent. Is met de drone precies hetzelfde. Hoe langer je naar zo'n ding zou kijken, hoe meer je ziet, want je ziet gewoon verschrikkelijk veel. Het is natuurlijk niet te tekenen, want wat ga je tekenen, het zijn die dingen die toch goed opvallen. Dat ga je een beetje tekenen. Dus in, bij bijvoorbeeld begeleidingen, vreselijke haast hadden en het handige is als je dan een goede foto maakt, het liefst met 3D. Dus je neemt eigenlijk een stukje opgraving mee naar huis. Dus het is echt zoiets, redden wat er te redden valt. Zo kan je het soms ook wel eens zien, als je niet kan couperen, of wat dan ook, of er is een proefsleuf, of je mag niet meer couperen, je hebt al genoeg gecoupeerd. Dan kan je op deze manier toch nog meenemen en het heel snel documenteren.

J: Ja, en de 3D-bestanden op wat voor formaat slaan jullie die op?

R: Deze, dit zijn FBX-bestanden (Robert wijst naar de hiervoor genoemde 3D-modellen) of OBJ, STL kan je kiezen. Het is allemaal afhankelijk van wat je wilt. Hoe groot je dat wilt hebben. En dan kan je dat hier zo, ik kan het even laten zien, kijken hoor, kijk dit soort dingen (Robert laat op Sketchfab een aantal modellen zien van o.a. een wierrookpotje). Dat is natuurlijk niet met een drone gedaan, maar dit geeft al genoeg aan, je kan gewoon op dit soort, met 3D kan je alles, alles nog eens een keer bekijken of vastleggen of hoe het er in het veld uitzag. Het is gewoon een combinatie, die drone is gewoon echt een combinatie van wat wil je ermee en moet heel goed kijken wat je wil. Want in de binnenstad heeft het bijna geen zin om een drone te gebruiken, een drone is pas echt, werkt super goed als je echt vlakken aan kan leggen. Dat je met vaste putten, dat je echt vijftig meter aan gaat leggen, twintig meter breed en gewoon flats, flats, flats, flats, flats, al die postzegeltjes aan mekaar zit te doen. En in de binnenstad is het vaak zo, je legt een stukje vrij en dan heb je alweer, dan zit je te kloten natuurlijk. Het is allemaal een hoop lawaai, je hebt weinig ruimte. Dus dat stukje is bloot, dus dat teken je dan en vervolgens wordt dat dan weer dicht gegooid, want je kan je stort nooit kwijt. Dan ga je een stukje ernaast doen, dat leg je ook weer vrij, maar dan kan je geen dronefoto's maken. Want er is nooit een moment dat jij een normaal vlakje hebt. En wat we dan doen is dat je het met 3D doet, dus je maakt per segment een 3D en die koppel je ook aan mekaar. Die kan je ook gewoon met mekaar *mergen*. Dus dan heb je eigenlijk wel weer een soort drone foto, alleen dan 3D. Dus dat is gewoon een truc die je moet verzinnen en een drone is niet heilig. Het kan soms niet en het heeft ook geen nut. Dus dan moet je hem ook zeker niet gebruiken. Maar ik heb er net toevallig eentje besteld, zo'n kleintje.

J: Een microdrone?

R: Ja, maar die is super kicken. Die kan je opvouwen en die kan op een telefoon en die hebben we gewoon in onze boorkit. We hebben een boorkit, dat is een koffertje. En dan moeten we als we gauw ergens heen en dan bloc noteje, fotocamera en daar zit alles in. En daar doen we dit dronetje ook in, want soms is het gewoon onwijs lekker om even een fotootje van de lucht te hebben: 'Waar zit je in godsnaam?', 'Wat is het overzicht?'. Het is natuurlijk niet supermooi, maar het is wel handig om even te hebben. En ook omdat die zo, zo verschrikkelijk klein is. Hij is echt maar iets van 15 centimeter, die klap je uit en dan heb je een klein dronetje. Ja dikke pret voor 60 euro.

J: En dan echt als een soort oriëntatiemiddel?

R: Precies, of dat je ergens staat en je wil gewoon een overzicht hebben. Soms heb je wel eens dat je het overzicht niet hebt, dat je hier een putje aan het begeleiden bent in de riolering, maar waar zat dat andere nou precies waar ik zat. Even een dronetje omhoog, even een fotootje; 'Oké zit het zo', weet je. Of sporen in het veld hebben we ook wel eens gedaan. Dat is ook heel lachen, want je kan van zo'n dronetje kan je gewoon hele rare dingen zien, terwijl je nog niks hebt opgegraven. Dat het gras wat minder groeit in weilanden hebben we het ook gedaan. Dus dan kan je de greppels eigenlijk al zien, je ziet ineens de verlagingen. Dus sommige greppels, percelering zijn al tweehonderd jaar hetzelfde, dus zo'n slootje zie je dat het altijd nog een beetje naar beneden zit. Waterputten hebben het ook heel vaak gezien. Boven zo'n waterput zakt het altijd een beetje in.

J: Beetje ook echt de *crop marks* eigenlijk al.

R: Ja, en dat kan eigenlijk al met zo'n dronetje ook. Dus je kan er heel leuk mee spelen.

J: Dus eigenlijk niet alleen voor de opgravingen, maar ook voor een beetje een soort voor oriëntatie, vooronderzoek zou het ook goed...

R: Ja, je hoeft niet. Hij zit gewoon standaard in die koffer. En zo vaak heb je hem niet nodig, maar toch is het lachen eventjes om te hebben. Dus je hoeft niet altijd een drone mee te sjouwen, maar in het veld werk, grote opgravingen, buiten hebben we hem standaard mee. Elk dag natuurlijk, in dan zo'n koffer die niet kapot kan, onverwoestbaar.

J: Ja, nou dat waren alle vragen.

R: Oke.

J: Bedankt.

R: Alsjeblieft.

Naam geïnterviewde: Jan Willem de Kort

Naam interviewer: Jette van der Veen

Datum: 21 juni 2017

Plaats: Amersfoort

J: Het is 21 juni. Ik zit hier met Meneer de Kort. En ik heb wat vragen over het gebruik van drones, ook wel bekend als UAV's. Wat weet u over de wetgeving, procedures, inzet van UAV's binnen de archeologie, zowel in het binnenland als in het buitenland?

JW: Helemaal niks.

J: Heeft u enige ervaring met...

JW: Toepassing van drones? Ja, maar wij halen er altijd iemand bij, die bij de Rijksdienst zelf werkt. En ik ga er altijd vanuit dat hij weet van de regelgeving, waar je niet mag vliegen, waar je wel mag vliegen. Maar zelf weet ik er helemaal niks van.

J: Ja, en qua toepassing van de beelden?

JW: Wij gebruiken de foto's eigenlijk alleen maar voor loodrecht fotografie. Dan zetten we punten in het vlak die we met de GPS inmeten en dan kunnen we de foto, en daar gebruiken we ze eigenlijk vooral voor, ter referentie voor de eigen opgravingstekening. We hebben dat bos opgegraven in de Treek, heb je misschien wel van gehoord, stond in de krant. Is late IJzertijd, is in de interstadiaal een bos omgewaaid. Hebben we al die bomen ingemeten, allemaal bemonsterd; C14, dendro. Daar kun je een heel klimaatonderzoek kun je daarnaar doen. Maar het levert natuurlijk ook gewoon fraaie plaatjes op van zo'n omgevallen bos. En als je daar loodrecht fotografie van maakt kun je daarnaast ook je tekeningen die je gemaakt hebt, in die foto's zitten uiteindelijk meer detail, die kun je over mekaar heen leggen. Dat werkt uiteindelijk fantastisch. Binnenkort gaan we een monumentaal Romeins graf opgraven. Dat is een steenpakking, rondom heen zitten daar als ik het in het vlak heb liggen dan laat ik daar ook een dronefoto van maken. Omdat loodrecht fotografie, kijk je kunt wanneer je foto's maakt, dan zijn ze toch altijd een beetje oblique. En om dat weer recht te trekken, om ze onder je tekening te leggen, dan krijg je heel veel vervorming. Dat is veel minder als je hoger je foto kunt laten maken. Daar zet ik dan ook weer vier punten omheen, die laat ik inmeten met de GPS en dan kun je die foto ook helemaal recht trekken. En dat is ook een hele mooie manier om dat als referentie te gebruiken. Voor bij je tekening. Ik heb ook wel op basis van dat soort foto's nog meer detail in mijn tekening gemaakt. Als je bijvoorbeeld muurwerk hebt, dat kun je helemaal tekenen steentje voor steentje. Dat is heel arbeidsintensief. Als je zo'n luchtfoto hebt en je legt die onder je tekening met een referentie, dan kun je het eigenlijk gewoon overtrekken. Dat is veel fraaier en eigenlijk veel sneller dan als je dat in het veld zit te tekenen.

J: En dan de programma's die u ervoor gebruikt, dat zijn gewoon GIS-programma's?

JW: ArcGis gebruiken we daarvoor.

J: En dat werkt dus goed?

JW: Dat werkt prima, ja.

J: Oké. En u heeft het voornamelijk over het gebruik in verband met documentatie, gebruikt u het ook nog voor andere richtingen zoals publieksbereik of...

JW: Nou, we hebben voor die van de Treek, dat werkte wel goed. Daar hebben we die dingen ook voor de pers

inderdaad gebruikt. Daar waren ook filmpjes, hadden we laten maken. Dan krijg je een heel mooi landschappelijk beeld, krijg je ervan, van: 'Waar ligt het nou ergens?' Dan hebben we het eerst gewoon de locatie ingezoomd. En dan vervolgens werd de camera zo gericht dat je kon zien in de Gelderse Vallei en aan de Utrechtse Heuvelrug, van waar het nou eigenlijk lag. Dus voor... het zijn gewoon mooie plaatjes. Dat ook. Dus voor pers kun je het, en voor publieksdoeleinden kun je die dingen heel goed gebruiken.

J: En merkt u ook dan dat het meer aanspreekt?

JW: Ja, ik heb er wel hele positieve verhalen over gehoord. Dus dat spreekt wel aan. Meer dan een foto van een boom of een steen, zeg maar. Dus de vondst in zijn omgeving dat spreekt mensen denk ik wel aan.

J: Oké, en u zegt dus dat u voornamelijk eigenlijk dan gebruik maakt van UAV door iemand anders bestuurd.

JW: Ja.

J: En dat is dan binnen de Rijksdienst zelf?

JW: Ja, Jos Teuver doet dat.

J: En dat is dan ook alleen binnen de archeologie of ook nog andere, weet u dat?

JW: Nou, ik denk dat Jos Teuver, die zit ook bij Staatsbosbeheer en die is regioconsulent. Die zal ook voor, wij doen ook landschappen, cultuurlandschappen. Dus ik denk dat die het daar ook wel voor gebruikt, maar dat kunt u eigenlijk beter aan Jos Teuver vragen. Dus ik denk dat je nog een keer terug moet komen om Jos Teuver even te grazen te nemen.

J: Ja. En hoe verwacht u dat het gebruik van UAV's binnen de archeologie zich zal ontwikkelen?

JW: Ja, het is... Kijk je moet wel complextype die zich daarvoor lenen. Als jij gewoon proefsleuven onderzoek aan het doen bent dan denk ik, zeker als die putten vijf, zes meter breed zijn. Je moet overzicht hebben. Dat is het grote voordeel van een UAV, het geeft overzicht. En daar moet je dus grote vlakken voor open hebben liggen. En dat is bij opgravingen. En dan moet je ook nog een complextype hebben wat zich daarvoor leent. Dus flinke huisplattegronden of urnenvelden of een Romeinse villa, lijkt mij fantastisch om zo'n ding te doen. Maar dan moet je hem helemaal open hebben liggen. Maar je kunt natuurlijk ook gewoon foto's kun je gaan *stitchen*. Dus je kunt ook een put en nog een put en nog een put en die aan elkaar gaan plakken tot een compleet beeld. Dat moet op zich ook denk ik prima kunnen. Dus ik zie... Ik denk wel dat dat in de toekomst meer gebruikt gaat worden, ja.

J: En het inwinnen van vlakinformatie door middel van zulk soort luchtfoto's daar bent u dus al mee bezig, denkt u ook dat dat voor een groot deel het werkproces zou kunnen overnemen van wat er tegenwoordig gedaan wordt?

JW: Nou ja, kijk wat ik zelf al zei, voor een gedeelte dus eigenlijk wel. Heb je die paardengraven bij Borgharen, heb je die meegekregen?

J: Ja.

JW: Nou, dat hebben we met een ballon, toen werkte dat nog niet met die drones. Misschien had je toen al de eerste drones, maar wij hebben het met een ballon, hebben we het gedaan. Naast dat het hele fraaie plaatjes opgeleverd heeft, hebben wij een gedeelte van die tekening ook gemaakt op basis van die luchtfoto's. Hetzelfde ben ik... Kijk ik ben het ook heel vaak, dat is eigenlijk hetzelfde principe, hoe hoger je ladder is, hoe rechter je je foto kunt maken. En vaak Merovingische graven die doe ik ook zo loodrecht mogelijk te

fotograferen. En dan maak ik mijn tekening vaak beter op basis van de foto, dan mijn veldwerktekening. Want dat is gewoon gefriemel en gefruitsel en ook heel gedetailleerde botconcentraties. Meestal maak ik gebruik van fotogrammetrie en op basis daarvan maak ik mijn tekening. Nadeel bij zo werken is dat je nog steeds een schets moet maken, want je geeft alles een vondstnummer. De relatie met die vondstnummers moet constant helder zijn. Hetzelfde met 3D scanning, is ook een hele mooie toepassing. En tegenwoordig heb je al 3D scanning met goeie kleurenfotografie dus dan heb je de combinatie eigenlijk. Als jij dat niet interpreteert dan heb je hele mooie plaatjes, maar het gaat uiteindelijk voor die archeologen natuurlijk om de relatie vondst, context en interpretatie. En als je die niet kunt maken op basis van je foto of je 3D scan, dan heb je uiteindelijk nog steeds niks. En je haalt die vondsten eruit, die krijgen een vondstnummer. Die relatie met dat vondstnummer hier zo en dat ding dat her eruit hebt gehaald, moet wel duidelijk zijn. Dus als de foto niet goed genoeg is om dat ding te kunnen identificeren als vondstnummer 21. Dan gaat het niet goed. En dat heb je vaak met botmateriaal, wat denk je op de foto, ja ik zie hier een bruin lijntje. Als je het niet netjes uitgeprepareerd hebt. En dat heb je vondstnummer één gegeven en dat vondstnummer twee en dat vondstnummer drie. En je weet niet meer welke het is op basis op basis van een foto. Dan kun je bijvoorbeeld niet meer zeggen van: 'Nou dat bot ligt gearticuleerd'. Misschien ligt het wel door mekaar. En dan is het wel belangrijk dat je dus nog steeds je schets erbij maakt van: 'Dit is één, dit is twee en dit is drie'. Al is het maar een schets, maar meestal ga je dan toch alweer 1:10 tekenen. Dus, en daar liep je, 'Wat is het?'; tien, vijftien jaar geleden begonnen we ook allemaal digitaal te tekenen in het veld met de Total Station. En daar zag je van: 'Hoe gaat zo'n treintje'. Er staat iemand die loopt achter de machine aan, die krast sporen ook vaak aan. En vaak was dat voorheen ook dezelfde persoon die de tekening ging maken en de sporenlijst ging invullen, maar dat is niet meer zo. Wat er nou gebeurd is er loopt iemand achter de machine aan, die krast die sporen aan. Dan komt er iemand anders achter aan met de Total Station of met de GPS, die doet die sporen in. En dan komt er vervolgens nog iemand aan, met veldboek, die gaat de sporen beschrijven. Dat zijn drie verschillende mensen. Dan wordt er vervolgens gecoupeerd. Dat is weer iemand anders, de graafslaven zijn dat. En die maken daar een tekeningetje van. En dan blijkt het toch allemaal net even anders te zijn dan het getekend is. Die discussie die vindt niet meer plaats. Sterker nog, het wordt ook niet meer veranderd op die eerste tekening. Want wat blijkt, op de eerste veldtekening zit het zo (Jan Willem schetst een veldtekening met drie sporen) en dan gaan ze het couperen en dan moet het nog een beetje bijgeschaafd worden. Blijkt dit spoor toch in een keer daar te liggen en deze die valt af (Jan Willem verschuift het onderste spoor op zijn schets en zet een kruis door de middelste). Dat gebeurt niet meer, dus in die zin denk ik dat, dat dat niet per se helpt. Aan de andere kant is het wel zo, hoe belangrijk is het dat dat spoor tien centimeter naar links of naar rechts ligt. Bij oversnijdingen vind ik dat overigens wel belangrijk, maar bij dit maakt het niet zoveel uit (Jan Willem wijst naar de schets met de losse sporen). Maar het is wel enorme tijdswinst. En wat is nou belangrijker? Ik ben heel erg voor groot vlakdekkend open leggen. Krijg je overzichten. Kun je veel opgraven. En je kunt heel gedetailleerd op die ene huisplattegrond gaan zitten friemelen, maar de relatie met de spullen erom heen wordt vaak, dan stoppen ze. Wat is dan winst? Ik denk wel dat het winst heeft of winst opgeleverd heeft om op die manier te werken. Wij doen het trouwens niet. Wij zijn maar met drie man dus het hoeft ook niet. En wij hebben ook geen haast, is ook een groot voordeel. We kunnen het trouwens wel hoor, want de apparaten die we hebben zijn de GPS en Total Station en hoe we onze veldboek ingericht hebben. Dat kan allemaal wel, maar wij kiezen ervoor om gewoon alles met de hand te doen. Dat werkt ook prima. Database, velddatabase, doen we trouwens wel in digitaal. Dus ja, ik zie er zeker wel toekomst in ook als toepassing inderdaad om veldwerk sneller en misschien wel nauwkeuriger te laten verlopen. Wat ik zelf ook al zei van muurwerk heb je veel sneller gedetailleerd op een foto en dan later uitgewerkt door hem over te gaan zitten trekken dan dat je daar in het veld een voor een al die baksteentjes gaat zitten tekenen. Maar dan loop je volgens mij ook tegen de regelgeving aan van dat je in de stad bijvoorbeeld, mag denk ik niet.

J: Nee, in inderdaad. Dat zou dan...

JW: En voor een stadsarcheoloog is het dus geen oplossing.

J: Nee, dat zou dan inderdaad bij specifieke opgravingen wel kunnen en bij andere niet.

JW: Dus kastelen, Romeinse graven.

J: Ja, inderdaad. In het buitengebied meer.

J: En wat denkt u van automatische spoorherkenningsprogramma's op basis van de foto's van een UAV? Ziet u daar toekomst in?

JW: Ik vind het een mooi idee, maar dan haal je de archeoloog eigenlijk uit het proces. En het zijn twee dingen die een archeoloog doet. In de eerste plaats in het gewoon waarnemen. Zo objectief mogelijk, zover dat het mogelijk is. En daarna interpreteren. Die tekening moet in de eerste plaats de waarneming zijn. Dat gaat vaak fout bij archeologen hoor, die gaan meteen interpreteren en dan vinden ze hier een baksteen en daar een baksteen en voor je het weet is het een muur (Jan Willem schetst de genoemde twee stenen met de doorgetrokken muur ertussen). Dat zijn geen goede archeologen. Dus dat teken je (Jan Willem wijst naar de eerder geschetste bakstenen) en dat zou misschien ook wel herkent kunnen worden door zo'n apparaat. Maar dit is wel heel belangrijk (Jan Willem wijst naar de doorgetrokken muur op de schets) en dat kan zo'n apparaat nooit. En de relatie onderzoeken tussen sporen kan dat apparaat ook nooit. En iets moet op een gegeven moment een structuur worden. Sporen hebben een relatie met elkaar, dat moet je onderzoeken in het veld. Dat is ook een beetje wat mij ook tegensteekt aan dit hier zo (Jan Willem wijst naar de eerder geschetste vlaktekening met drie sporen) als jij huisplattegronden die achter de tekentafel worden ontdekt kunnen nooit gecontroleerd worden of dat goede huisplattegronden zijn (Jan Willem schetst een huisplattegrond met aan de linkerkant vier sporen en aan de rechter kant drie). Dan ga je in het veld toch zoek naar die daar zo (Jan Willem wijst op de schets naar de lege plaats aan de rechterkant). Daar hoort er eentje te zitten namelijk. Het vlak kan daar te diep aangelegd zijn of ondiep en dan schaaf je het nog een beetje op. En hè, potverdorie daar zit die in één keer. Dan wordt de geloof... of de betrouwbaarheid van die huisplattegrond wordt natuurlijk veel beter. Dat kan je wanneer je dat achteraf gaat zitten doen, achter de tekentafel of op basis van foto kun je dat nooit doen. Dus dat is wel het gevaar van als we alleen maar gaan leunen op die techniek. Dat is ook wat ik eigenlijk had met deze techniek (digitaal veldtekenen) als je niet meteen elke dag een uitdraai kan maken van die tekening dan kun je hem in het veld niet gaan bekijken. En tegenwoordig is het wel zo van dat op de veldboeken van de GPS dat daar ook een schermpje opstaat van hoe die sporen eruit zien, maar dat vind ik een enorm gefriemel. Dus je moet eigenlijk steeds een A0 in het veld kunnen hebben of een grote tablet met een groot scherm om die dingen in het veld te kunnen controleren. En dat geldt dan ook voor met een drone die foto's, die moet je meteen gegeorefereerd in het veld hebben, dat je dus eigenlijk door de foto heen kunt lopen. En dat je dan kijkt, wat zie ik nou daadwerkelijk in het vlak. En dat kan wel denk ik. Wij doen het tegenwoordig ook al vaak zo met bijvoorbeeld de AHN. Dat is natuurlijk ook allemaal in RD, als je daar een *tracker* op zet, op je veldcomputer, dan kun je eigenlijk door je AHN¹ lopen. Als je bijvoorbeeld *Celtic Fields* gaat onderzoeken. Die zie jij, zo in het maaiveld zie je die niet. Maar als je daar een goede filter op gooit op je AHN, dan kun je die er in één keer uit laten komen of interpreteert hem en zet die lijntjes ook in je veldcomputer. En dan kun je er gewoon heen lopen en daar ter plekke gaan controleren met booronderzoek of met proefsleuvenonderzoek. Zit ik hier nou daadwerkelijk op een wal en zit ik hier in het veldje. Dat moet denk ik ook kunnen met die drone foto's. Dus dat je ze ter plekke in het veld meteen interpreteert en ter plekke in het veld gaat controleren of dat die interpretatie juist is op basis van veldonderzoek. Dan denk ik zeker dat dat toepassingsmogelijkheden oplevert, maar het blijft natuurlijk dat er nog steeds een archeoloog nodig is. Want alleen herkennen, los van of het kan. Dus ik denk wel dat het trouwens kan hoor, op basis van een foto dat je

laat zoeken naar kleurverschillen, naar grenzen en dat die zegt van nou dit moet een spoor zijn. Dan heb je alleen nog maar een identificatie van een afwijking. Die moet je gaan interpreteren. Daar heb je mensen voor nodig. Dus hetzelfde... Ik noem maar even XRF-analyses, een heleboel zie je niet met je ogen en dan ga je meten in het profiel en dan zie je in een keer hier zit veel meer aluminium in, hier zit veel meer ijzer in en hier is het in een keer weer weg en daar heb je een concentratie aan fosfaat. Dan kun je op een gegeven moment gaan zeggen van hier moet verschillende gelaagdheid in zitten; die zie ik wel niet, maar die is er wel op basis van de chemische samenstelling van die laag. En dit zal dan een akkerlaag geweest zijn en dit zal een inspoelingshorizont geweest zijn. Gewoon alleen op basis van de chemische. Ik denk dat dat zo ook wel moet kunnen werken. Daarnaast is het wel een hele mooie objectieve manier van kleurbeschrijving. Archeologen en kleuren zeg maar, dat is ook zo iets moois. Wat voor de ene grijs is, is voor de andere bruin. En als je in een opgraving drie mensen de spoorbeschrijving laat doen, dan gaat dat mis. Want dan, vaak ga je op basis van de kleur, nou dit is een bruin spoor, dit is een bruin spoor, dit is een bruin spoor, dit is een grijs spoor, dit is een bruin spoor, dit is een bruin spoor, dit is een grijs spoor (Jan Willem wijst naar de eerdergenoemde geschetste huisplattegrond). Dan zeg je, nou die zouden best wel eens bij elkaar kunnen horen. En dit is misschien een andere. Als je nou hier iemand hebt zeg maar die deze allemaal grijs noemt en die allemaal bruin (Jan Willem wijst naar de linkerkant van de geschetste huisplattegrond en daarna naar de rechterkant). En dan komt er nog iemand anders bij en die noemt alles een bruingeel spoor. Dan werkt dat niet meer. En als je dat met een foto doet, dan is dat objectief. Dan is het bruin spoor, is een bruin spoor en het grijs spoor is een grijs spoor. Dus dat is een groot voordeel van... ik geloof dat er in Amerika hebben ze ook al apparaatjes zeg maar, een chromometer of zo iets. Die gebruiken zij in het veld om de sporen de kleurbepaling te doen. Lijkt mij heel fijn. Kijk, wat was het, twintig jaar geleden werd er allemaal gemunseld, dat is helemaal kansloos. Maar dan een objectieve kleurbeschrijving lijkt mij op zich een goede. Ja ik zie daar wel toekomst in.

J: En dan voornamelijk als een objectieve ondersteuning?

JW: Ja.

J: Om het gewoon gelijk te trekken qua beschrijvingen.

JW: Qua beschrijving, ja. En ook wel naar het zoeken. Waar was dat? In Venlo, Floriade terrein, daar wisten we dat er een urnenveld gelegen moest hebben. Dat was toen door Remonchan opgegraven en daarna was het akker geworden, dus jaren 30 vorige eeuw. En toen gingen we dat opgraven, want daar moest Floriade terrein van gemaakt worden. En we zagen niks, helemaal niks, tot we aan de bosrand kwamen. Toen staken er in een keer botten in het profiel. Oké, dan zal het dan toch wel een urnenveld zijn, maar we zien helemaal niks. Inmiddels hadden we behoorlijke hopen stort, dus gingen we op de hopen stort ging ik staan. En toen zat ik te kijken en 'Sodeknetter, ik zie gewoon een urnenveld'. Maar als je op het vlak staat zie je helemaal niks van de sporen, totdat je hoger gaat staan. En dan zie je door bodemvorming, dat is maar heel miniem zeg maar. Want het merendeel van je sporen waren eigenlijk gewoon helemaal weg, maar je zag de bodemvorming onder de sporen zag je in je vlak. En op het moment dat je dat met een drone zou hebben gedaan had je het meteen gezien, maar we hadden toen geen drones. Dus en dan zijn die hele kleine kleurverschillen, die werken in een keer fantastisch. Maar daar moet je ook inderdaad meer overzicht voor hebben. Als jij op een put loopt en je kunt vijf meter kijken, je kijkt er op een heel andere manier naar dan wanneer je de lucht in gaat. Dan werkt stort werkt al een beetje, als je daar bovenop gaat staan. Maar een drone zou nog veel meer werken. En als je daar dan een programma op los laat zeg maar, die kleurverschillen detecteert, los van of je dat nu meteen zelf ziet in de foto zou dat programma dat wel kunnen herkennen. Is hetzelfde wat ze met gewasveranderingen doen, dat soort analyses. Dat doen ze dan met vliegtuigjes, geloof ik. En daar kijken ze met een soort UV, weet niet precies wat het is. En daar kunnen we archeologische sporen uit halen, maar dat wordt vooral toegepast voor slechte ontwikkeling van een gewas. Dat kunnen we met sporen linken.

J: En in de toekomst het gebruik van UAV's ziet u dat dan voornamelijk inderdaad groeien in de richting van documentatie van het vlak of toch meer publieksbereik?

JW: Nou, ik denk dat je het heel mooi kunt combineren. Ik denk dat het nu vooral voor de mooie plaatjes wordt gebruikt, voor publieksbereik. Maar ik denk dat er nog wel een slag te winnen is bij grootschalig gravend onderzoek. Dus niet alleen maar voor de mooie plaatjes, maar ook voor de spoorinterpretatie. Dus dat denk ik wel. Maar daar gebruiken we het zelf ook voor. Voor mij is het meer de mooie plaatjes een leuke bijkomstigheid. Maar het is waarschijnlijk bij Archol ook, die hebben iemand die daar lol in heeft en volgens mij doet RAAP het ook niet, Wouter Verschoof heeft die ook niet zo'n ding?

J: Niet dat we weten. Niet als RAAP zijnde, misschien wel persoonlijk.

JW: Ja, want het ding van Jos Teuver is volgens mij ook gewoon persoonlijk. Wat zijn er nog meer voor bedrijven die dit gebruiken?

J: Gemeente Den Haag in ieder geval, en ja heel veel hebben dan toch dat ze een andere partij inhuren.

JW: Ja, dat deden we voorheen met die ballonfotografie en dat soort dingen haalden wij ook andere mensen erbij. Je kunt niet alles zelf doen. Je kunt niet overal goed in zijn. Hetzelfde met die drones. Je wilt er toch een specialist bij halen, iemand die dat kan. Weet je zeker dat je goede foto's hebt.

J: Dat waren eigenlijk alle vragen. Dank u wel.

Naam geïnterviewde: Maarten Verbruggen

Naam interviewer: Jette van der Veen

Datum: 25 juni 2017

Plaats: Zutphen

Het gesprek liep al dus opname is wat later begonnen, dus de opname begint midden in een zin. Het duurt een half uur.

MV: En dan ook vooral voor lijnobjecten. Noem maar wat, voor een spoorbaan of een weg ofzo, of als je van die langwerpige qunette hebt. Dan zetten we ze veel in en mijn grote twijfel is altijd bij de inzet van drones, het gaat natuurlijk in feite om klassieke luchtfotografie. Die je ook met vliegers en stellages en wat ook zou kunnen doen. Is of je er nou tijd mee verdient of niet. En ik heb wel eens, dat is al jaren geleden, op een beurs ook veel contact gehad met iemand die die apparatuur verkocht, een Vlaams bedrijf, het was een gemeente beurs. Er vloog er ook eentje door de hal, zo heel laag. En dat bedrijf had ook hele mooie voorbeelden, ook van opgravingen. En dan hadden ze gewoon foto's gemaakt, moesten die natuurlijk wel ontschrant worden. Dat ken je waarschijnlijk wel, in de goede coördinaten gezet. En vervolgens werden die luchtfoto's in de software geladen en werden die op de klassieke manier, hoe noem je dat, gedigitaliseerd. Dus dan zag je gewoon op je scherm het opgravingsvlak met daarin sporen, en dan moet je dus gewoon met de hand digitaliseren wat op zich wel weer vrij snel ging. En toen dacht ik, maar als je kijkt wat er gebeurt, je trekt een vlak. Vervolgens heb je een drone nodig. Wat in Nederland tuurlijk nog complex is, omdat het professioneel nog aan eindeloos veel richtlijnen gebonden is. Dat is ook nog een enorme handicap, waardoor we gewoon ook nog niet hebben geëxperimenteerd. Dan wordt er een foto genomen. Dan moet je dus wel wat weten van fotogrammetrie, maar goed dat is het probleem niet. Die kennis hebben we wel. Vervolgens moet dat in een GIS en dan moet je het gaan digitaliseren. De grote slag die we natuurlijk de afgelopen tien jaar geslagen hebben, is dat we van de analoge manier van werken in het veld direct zijn gaan digitaliseren. Want we hebben dus nu in het veld met een GPS of met een Total Station en dan wordt gewoon elk spoor direct gedigitaliseerd. Dat gaat al steeds sneller. Vroeger had je voor één klik al snel drie seconden nodig, dat ging vrij traag. Tegenwoordig gaat het steeds sneller, met je prisma, zo klik, klik, of met je GPS. Maar wat je met een drone doet, is eigenlijk weer een fase tussen bouwen. Terwijl je met de manier waarop we nu werken dus die fase al overslaat. Ik vroeg dus ook een Engelsman, hebben jullie ooit testen gedaan wat dan sneller is? "Nee" zei hij, dat hebben we niet. "Maar ja, ik heb de indruk dat als het slecht weer is en je wilt het heel snel doen, dat je dan wel voordeel hebt." Zei hij. "Ja het is ook zo mooi voor de plaatjes." En dat is natuurlijk logisch, dat als je een drone hebt dan kun je prachtige luchtfoto's maken. En als je het op de klassieke manier doet, moet je in de bak van een kraan staan, wat helemaal niet mag. Dus dat is dan ontzettend mooi. Maar of je nou daadwerkelijk een voorsprong bereikt in tijd en dus in efficiëntie, daar ben ik gewoon nog niet achter. Wat natuurlijk ook een probleem is, is als je in het veld staat. Dan trek je je vlak, je krast je sporen in, dan weet je wat een spoor is en wat niet een spoor is, en dan ga je met je GPS, ga je digitaliseren. Als je een foto maakt, en je zet hem dus in een GIS. Dan krijg je wel de vraag, zie ik het goed, waar loopt precies de grens. Je zult het sowieso moeten inkrassen en wat ook nog wel eens gebeurd, is dat je in het veld correcties aanbrengt. Dat je denkt, zie ik het wel goed, even met de schep erbij, nee het zit toch iets anders en je doet het opnieuw. Dus die correctiemogelijkheid heb je niet als je met een drone werkt. Maar ja, het belangrijkste is: 'Levert het tijdwinst op?'. En ik zou dus gewoon een wedstrijdje wel willen doen, in positieve zin. Ik heb dat ooit in 1991 gedaan op een opgraving, Halstkamperveld, want toen kwamen de eerste Total Stations. En vanuit Leiden ben ik begonnen met de introductie van Total Stations door archeologen. Daarvoor was het een kwestie van landmeters. En toen hadden we een stukje van een opgraving, dat was nog niet gedaan. En toen hebben we twee teams gemaakt, één team met Hans Kamermans en Jan Albert Schenk en mijn persoon dan, die deden het gewoon met een Total Station. Want toen hadden we nog

een Robotics, dus dan had je twee man nodig, één voor het apparaat en één voor de prisma en de ander gewoon analoog. En toen hebben we zeg maar een wedstrijdje gedaan, op de positieve manier en toen waren we ongeveer even snel klaar, alleen het enige verschil was dat onze tekening al in gis stond en de analoge tekening moest nog gedigitaliseerd worden. Toen dacht ik van nou als we op een gegeven moment, en toen wist ik dat nog niet, maar ik had toen kunnen denken als we een Robotic gehad hadden dan was je één persoon minder had je nodig gehad en dan had je dus gewoon glansrijk gewonnen. Want het analoge team werkte altijd minimaal met twee personen. En toen heeft het nog tien jaar geduurd, voordat de Robotics kwamen en toen zijn ze pas doorgebroken. Dus ik denk dat het met die drones misschien ook op dezelfde manier gaat. Er moet toch een technologische vernieuwing gaan komen, waardoor het sneller gaat. En de enige die ik me kan voorstellen, is dat we, en ik ben er een keer opgezet door iemand die deed medisch onderzoek naar kankercellen en die zei: “Je kan natuurlijk ook aan patroonherkenning gaan doen”. Dan heb je een opgravingsvlak, dat hoeft je niet in te krassen. Je laat er gewoon die drone vliegen, je hebt die foto's, die gaan in een GIS. Je zet er software op en die pikt alle sporen eruit. Of dat geaccepteerd gaat worden door de archeoloog vraag ik mij eerlijk gezegd af. Dan denk ik toch dat elke archeoloog vindt van je moet de sporen wel inkrassen. Dat staat trouwens ook in de KNA. Dus je mag ze niet achteraf identificeren. En zoiets is er nog niet, en ook door de praktische problemen hebben we nog niet goed van die testen kunnen doen. Dat is de reden dat we aarzelend zijn en eigenlijk die stap ertussen te voegen. Er zit één dingetje bij nog dat mensen zeggen dat als je de drone laat vliegen dan heb je al je foto's genomen. Die hoeft je dan niet meer te nemen. Ja oké, ik heb vooral de ervaring dat als je natuurlijk wat vagere grondsporen hebt, dat het toch wel behoorlijk lastig is om het zo van een scherm te herkennen. Je moet ze echt wel inkrassen. En wat je misschien wel zou kunnen doen is dat als je sporen inkrast dat je het op één of andere manier kenmerkt. Misschien moet je er wel zilverzand in strooien, dat klinkt gek, maar dat ze automatisch meteen in het gis komen. Dat je ze dus niet meer hoeft te digitaliseren. Maar zoiets heb ik tot nu toe nog niet gezien. Dus dat je het contrast mooi maakt, van het spoor en de grond daaromheen. En dat hebben we nog niet, ik weet wel dat diverse bedrijven experimenteren. BAAC doet het ook bijvoorbeeld al, die hebben ook al iemand die als vrijwilliger, volgens mij, wel eens met een drone vliegt. Het zou best leuk zijn. En de knowhow hebben we, ook hierin oost om er mee te gaan werken. En ik denk gewoon dat we er tests mee zouden moeten gaan doen, of het nou echt sneller gaat.

J: Ja. Nou u heeft al voor een deel antwoord gegeven op een aantal vragen.

MV: Meteen al.

J: Ja, dus dat is mooi, want de eerste vraag was ook van wat weet u allemaal van de inzet zowel in binnenland als buitenland van UAV's bij de archeologie?

MV: Nou ja, Engeland die ken ik dus. Daar worden ze veel ingezet, echt veel. En wat ja wat ik zei, ik weet dus niet of ze echt veel objectief vergelijken. En nogmaals het argument dat je mooie plaatjes krijgt, vooral van lijnelementen, voor een opdrachtgever is ook leuk natuurlijk. Daar is niks mis mee.

J: En ook weet u hoe het zit met wetgeving of procedures of iets dergelijks?

MV: Ik heb begrepen dat het daar makkelijker is, maar de details ken ik niet. Ik had wel begrepen van die collega uit Engeland dat het bedrijf gewoon formeel met drones vloog. Nou als ik dat hier wil doen dan moet je ontzettend veel overhoophalen, wil je dat mogen. En alleen al die wetgeving kennen is al een heel gedoe. Nogmaals, ik weet een bedrijf dat, die heeft dan iemand die doet het als vrijwilliger. Maar dat vind ik ook een beetje flauw om als professioneel bedrijf je toevlucht te moeten zoeken tot een vrijwilliger. En het kan ik Nederland nog best wel een paar jaar duren voor je op de manier die wij willen, op dat zomaar zou kunnen doen. Want wij vliegen natuurlijk vanaf een hele geringe hoogte. Ik denk dat we het met, ik weet niet precies in wat voor hoek je dan fotografeert, dat hangt van je lens af, ik denk dat je met tien, vijftien meter een heel eind

bent. Dat je niet veel hoger zou hoeven te vliegen, eerlijk gezegd. En wat ik zei, technische kennis. We doen trouwens wel met, dat is fotogrammetrie voor skelet opgraven. Dus als we een grafveld hebben, zoals in Oost-Nederland een tijdje geleden. Daar liggen al die botdelen, liggen allemaal kriskras over mekaar heen. Daar maken we dus wel een foto, maar ja dan ben je zelf de drone. Dat is dus gewoon klassieke luchtfotografie. En ja, dat kun je natuurlijk uitbreiden. Maar goed, ik vraag me ook af, of je toch niet gemakkelijk met, in plaats van een drone, gewoon met een grote hengel zou kunnen werken, wat ik vaker gezien heb. Met een stellage, dan heb je dat gedoe met die drone niet. Want je zit natuurlijk toch vaker op een opgraving, nou ja zoals we nu Medel doen, dan zit je een jaar op één plek. Dan verschuif je de putten een beetje. Het is niet zo dat je tien kilometer spoorweg tracé doet, waar je echt een drone voor zou willen hebben.

J: En als Raap zijnde, bij geen van de regio's gebruikt u nog een drone dus?

MV: Nee, we hebben nooit een drone ingezet. Voor zover ik weet niemand, heeft zo'n ding ook als vrijwilliger. Best leuk, leuk Vaderdag cadeautje, een drone. Nee, nee nooit ingezet. En of we concrete plannen hebben, nou misschien wel, want vanmiddag heb ik een afspraak met iemand, onze gis-man. En sinds kort hebben we ook een echte geodate in dienst, want dat is toch wel handig al je met in feite luchtfotografie werkt, om dat goed op orde te hebben, met je coördinaten. Wat ik zei, de knowhow hebben we wel. Ik was ook twee jaar geleden op een congres, van de EEA, dat ging ook over het gebruik van drones. En in Vlaanderen zitten wel wat wetenschappers die er vrij ver mee zijn. Maar wat ik zeg, grootschalig is me niet bekend. En bij RAAP dus gewoon niet.

J: Oké, en dat is dus voornamelijk nog een beetje rondkijken of het...?

MV: Ja, ik zoek eigenlijk projecten waarin ze me kunnen overtuigen dat het sneller werkt. Maar ja, wat zou kunnen is dat je projecten hebt met een enorme haast, waarin je gewoon geen tijd hebt om je vlak te digitaliseren. Want dat is de fase die je overslaat, maar ja dat gaat tegenwoordig zo snel. Want wat ik zei, vroeger, je hebt wel eens in het veld gedigitaliseerd neem ik aan met een GPS. Dan was het in het verleden klik... klik... klik... Nou nu gaat dat veel sneller, dus naarmate die GPS dus sneller worden, dan maak je de noodzaak om naar een drone over te stappen en het dus op je scherm te doen, want dan kun je nog iets, die wordt natuurlijk minder. Dus het is ook een competitiestrijd tussen digitaliseren op je scherm met een dronefoto of gewoon een snellere GPS. Of het gewoon gaat, dan hangt het ervan af hoe snel je dus, als dit een spoor is, dat je dus met je GPS klik, klik, klik, klik doet of dat je het op je scherm doet, klik, klik, klik, klik. Dat gaat niet zo gek veel meer uitmaken straks. En dan heb je natuurlijk wel het gedoe van een drone ertussendoor. De oude drones, ik heb er wel eens een voorbeeld van gezien, een kerel met een enorme koffer enz., opstellen en kosten. En ik kijk zuiver qua efficiëntie is het, aan het eind van de dag heb je daarin tijd bespaart en dus geld. Nou ik ben er niet van overtuigd nog. Dus we zitten gewoon nog op de toer van de GPSen.

J: En hoe verwacht u in de toekomst dat het zal ontwikkelen, dat er daadwerkelijk wel een drone wordt ontwikkeld die...?

MV: Ik denk dat we nog moeten wachten op een noem het maar een technologische doorbraak. Zoals van Total Station gingen we naar Robotic Total Station, dat scheelde gewoon een persoon. En dus ook twee mensen, dus één persoon in plaats van twee die de technische kennis maar hoeft te hebben. Bij een drone zou de technologische doorbraak kunnen zijn, of dat zijn moderne dingen die zullen vast wel goed zijn met mooie camera's, maar patroonherkenning. Dat je gewoon over een vlak vliegt en dat op hetzelfde moment dat je er over vliegt, je sporen in een gis zitten. Je moet wel, wil het aanslaan, dan moet het een stap overslaan. Nou de drone zelf is eigenlijk een stap extra, dus dan zou je mogen verwachten dat het herkennen van die sporen snel gaat. Dat je, of in het veld iets inkrast waardoor er van mijn part een straaltje zilverzand erin doet, ik bedenken maar iets simpels, of gewoon sporen herkennen met de software die in de medische wereld in gebruik is. Dan

zou het kunnen, maar niet door mooiere drones of betere camera's denk ik. Er moet een andere slimigheid zijn waardoor het zou kunnen. En als dat gebeurt dan zijn we weer een stap sneller. Dan moet er ook iets aan de KNA veranderen, want nu staat erin dat je de sporen moet inkrassen. Dus automatische patroonherkenning zonder inkrassen. En ik denk nog altijd wel dat de intelligentie van de archeoloog nodig is, die zegt: "Dit wil ik als spoor in mijn gis hebben" en "Dat vind ik geen spoor". Nog maar los van menselijk of dierlijk of wat dan ook, of geologisch spoor, nog los daarvan. Dus daar zou je dan ook een oplossing voor moeten verzinnen. Het wachten is gewoon op een nieuwe technologische doorbraak. Niet in de drone zelf, maar in de tussenstappen.

J: Dus inderdaad, software voor automatische spoorherkenning zou een optie kunnen zijn, maar dan wel met eventuele check van een archeoloog dan?

MV: Ja, dat zou je in kunnen bouwen. Dat die gewoon op het scherm kijkt, van dit zijn mijn sporen, ik loop ze allemaal na. Ja, als je ze dan allemaal weer naloopt ben je je tijd weer kwijt, dan kan je ze net zo goed inklikken, maar zoiets zou het wel moeten zijn dus niet de drone zelf, maar gewoon iets met die stappen zouden we kunnen verbeteren, versnellen.

J: En denkt u dan dat veel van de vooruitgang voornamelijk vanuit het buitenland zich zal ontwikkelen of dat Nederland zich daar ook wat meer...?

MV: Het kan best Nederland zijn, want de Total Station in de put daar ben ik samen met Hans Kamermans de grondlegger van in Nederland. En dat hebben we gewoon zonder, we wisten niks over het buitenland. Op een gegeven moment dachten wij, je hebt tegenwoordig van die mooie Total Stations, daar zou je ook sporen mee kunnen inmeten. En toen zijn we naar Delft gegaan. En gevraagd, TU Delft, welke software gebruiken jullie. En daar hebben we toen ook een artikeltje over geschreven. Ook misschien was dat wel voor het eerst in de archeologie, dat weet ik niet eens. Maar we hadden dus geen enkele van buitenaf. En we gebruikte gewoon geleende software van landmeters. Dus ik kan me best voorstellen dat de ontwikkeling in Nederland plaats vindt, maar misschien wel met gebruik van hulpwetenschappen uit een ander vak. Bijvoorbeeld die patroonherkenning, dat is iemand die tipte mij daar al vijf jaar geleden op. Ja, maar de medische wetenschap doen ze daar veel mee. Nou misschien dat het wel uit de medische wetenschap moet komen. En het hoeft niet per se buitenland te zijn, want Nederland loopt helemaal niet echt achter ten opzichte van het buitenland. We houden het redelijk bij. En hoe hard het, in Vlaanderen zijn ze ook vrij ver met die fotogrammetrie met drones. Dus misschien dat het daar wel vandaan komt. Er zijn genoeg Nederlandse bedrijven die in België werken. En let maar op, als één van de mensen van een Nederlands bedrijf op een Belgische opgraving komt en die denkt verrek hier lopen twee mensen minder rond. Blijkbaar is dat efficiënter, dan is dat in een jaar in Nederland geïntroduceerd. Dan gaat dat heel snel. Alleen wat ik zei, dat moment, dat heb ik nog niet zo gezien. Ik ben trouwens nog nooit op een opgraving geweest waar een drone vloog. Ik heb wel een gedacht, ik moet eens naar Engeland om eens te kijken hoe dat nou werkelijk gaat. Maar ja, nogmaals; dan moet je ook gewoon de tijden hebben, hoe lang doen jullie daarover, hoe lang doen jullie daarover. Zodat je een objectieve vergelijking kan maken, want ja dat is wel leuk. Een drone is natuurlijk een leuk hebbedingetje, maar je moet gewoon objectief kijken naar hoeveel tijd het oplevert.

J: En dan het is voornamelijk inderdaad ontwikkelingen gericht op de documentatiekant en de publiekskant is meer een bijzaak dan?

MV: Ja, ik denk dat... Je kunt met drones natuurlijk gewoon mooiere opnames maken, denk ik ook en dat scheelt wel. En ik denk dat met bepaalde projecten het echt wel een pluspunt is. Een tijd geleden ook dat project, dat is nu in de uitwerkingsfase. Hadden we met twee andere bedrijven, het project Baarle-Nassau en dat was een enorme rondweg. Een prachtig project voor een drone natuurlijk, echt ideaal. Dus dan is het ook heel leuk om, en ik denk ook dat je over het werk van archeologen en hoe ze dat doen is een drone altijd leuk.

Dus ik denk dat het voor de publiekskant best aardig is, maar uiteindelijk de doorbraak moet komen vanuit een efficiëntie winst, denk ik. En nogmaals; er moet nog een stapje, er moet nog een slimmigheid gevonden worden op patroonherkenning.

J: En... Eigenlijk heb ik al mijn antwoorden al, denk ik.

MV: Ging het snel?

J: Ja, u bent heel erg duidelijk in uw verhalen.

MV: Een korte samenvatting.

J: Maar ook zeker, het ging voornamelijk over inwinnen van vlakinformatie en de spoorherkenning en daar heeft u ook een duidelijk beeld van. Dus dat gaat dan snel.

MV: Nou dan, laat ik jou een vraag stellen. Is jouw ervaring, want je hebt vast meerdere mensen geïnterviewd, dat het in Nederland nog een grote vlucht gaat nemen?

J: Het is nog heel erg... Men heeft nog heel erg een beetje het afwachten. Er zijn er een paar die zijn er nu mee aan het experimenteren, kijken of het inderdaad wat oplevert. En wat en wanneer ook vooral met de wetgeving het iets kan opleveren. Dus het is nog een beetje experimenteren en het afwachten nog inderdaad.

MV: Ja, afwachten wie de eerste stap zet. En wat ik zo belangrijk vond is dat gewoon bij een opgraving het op beide manieren kunt doen en het goed kunt vergelijken. En dat je dan een objectieve keus kunt maken wat je beter bevalt, want omdat een drone toch wel een moderne techniek is. Het is natuurlijk gewoon een vliegend fototoestel. Zo speciaal is het niet. En fotogrammetrie kennen we al heel lang. Dat is al van ver voor de Eerste Wereldoorlog, dat dat er was. Dus dat is verder niet nieuw.

J: Nee het is kijken of het eventueel dingen kan combineren, waardoor er inderdaad tijds winst...

MV: Nou ja, weet je misschien dat iets voor publieksbereik dat een drone nog een pluspuntje heeft, maar anders zou ik het niet zo snel weten eigenlijk wat er dan de voordelen van zijn, eerlijk gezegd.

J: Ja er zit ook een ingebouwde GPS in, die gewoon de coördinaten in de foto opslaat. Wat een klein beetje tijds winst wat dat betreft geeft, maar dan zit je inderdaad weer met de spoorherkenning en digitalisering. Dus het is toch een beetje kijken inderdaad.

MV: Ja, je hebt ook die software nodig om te ontschranken. Want voor dit deel kijk je onder een behoorlijke schuine hoek. En je moet binnen bedrijven ook wel de knowhow hebben om dat allemaal goed op orde te krijgen. Want niks is zo vervelend als een project doen en dan er daarna achter komen dat er ergens iets mis is gegaan met de coördinaten of zoiets en het dan niet meer goed kunnen krijgen. Dat kan zomaar gebeuren hoor. Wat dat betreft in luchtfotografie, wat het in feite is, is ook wel complex. Ja, stereo. Wat zou kunnen is, want we hebben het nu gewoon over een plat vlak, zeg maar een opgraving in Oost-Nederland, met goed herkenbare sporen. Je maakt natuurlijk met luchtfotografie, kun je ook gewoon stereoparen fotograferen. Ik weet niet of je wel eens achter zo'n ouderwetse kijker gezeten hebt. Als je een opgraving hebt wat geen plat vlak is, maar meer 3D is, een stadskernopgraving, dan zou je dus met stereofotografie kunnen werken. Dus dan zou dat nog wel aardig kunnen zijn. En dan heb je wel een aardig pluspunt, want dan heb je een veel mooier ruimtelijker beeld. Dat je het altijd terug kunt toveren naar een 3D beeld.

J: Nee, zeker. Alleen dan zit je in Nederland helaas met wetgeving en dergelijke.

MV: Ja, nou ja of je moet... ik heb ze wel eens gezien ook, je hebt ook mensen die wel eens met een vlieger gewerkt hebben. En je hebt natuurlijk ook gewoon met een soort hengel werken. Ik dacht er laatst nog aan, het kantoor waar ik dan dagelijks werk is in Weesp, en dat is een ding van begane grond en dan drie verdiepingen

erop. En op een gegeven moment kwam de glazenwasser langs en die had zo'n zwarte carbon fiber stok met een slang eraan, maar dat kreng kwam hoog. Het was onvoorstelbaar. Dat kwam dus echt tot driehoog. En ik ben benieuwd, want eigenlijk is dat natuurlijk minstens zo leuk. Want zo'n drone, wat we zeiden, wetgeving is lastig, maar in feite zit die hele software, zal waarschijnlijk in de camera zitten en niet in de drone zelf. Dat weet ik eigenlijk niet hoe dat, de hele oriëntatie.

J: Dat zit over het algemeen wel in de drone zelf.

MV: Dat zit er wel in. Nou ja, maar dan in feite kun je een niet vliegende drone hebben als je die software er maar in zit. En je kunt dat in feite gewoon met zo'n hengel doen. Dat is echt ontzettend hoog, denk ik. Ik zou het eens moeten laten uitrekenen hier, van hoe hoog je moet laten fotograferen om een opgravingsvlak te hebben wat je goed kunt herkennen. Dat het niet te klein is en dat je schuine hoek niet te groot wordt eigenlijk. Wat mooi is. Dat hoeft je trouwens niet, want je kunt ook horizontaal kijken. Je hoeft niet verticaal te kijken.

En je hebt er zelf niet mee gevlogen of een speciale ervaring in luchtfotografie?

J: Nou, ik heb nu, want ik doe het onderzoek bij Archol en die hebben zelf inderdaad een drone waar ze mee experimenteren. Alleen ik mag er zelf niet mee vliegen vanwege de wetgeving. Dus dat, maar ik ben wel een paar keer mee geweest met dan de procedures en dergelijke.

MV: En wat is jouw indruk, als je het weegt de soesa met de drone op tegen de... ja, je moet dus snelheid winst hebben om...

J: Nou, er is een project waar ze inderdaad een beetje de snelheid met ook het inmeten een beetje tegenliep. En daarbij hebben ze ook inderdaad foto's gemaakt en daar hadden ze nog wel bij een aantal dingen waar ze vraagtekens bij hadden dan weer wat meer aan de horizontale vlakfoto's van de drone dan aan de vlakfoto's die ze zelf hadden kunnen maken. Dus in dat opzicht is het soms in ieder geval een pluspunt. En ja, ik ben nog een beetje aan het kijken of ik het daadwerkelijk qua spoortekeningen en dergelijke iets kan opleveren, maar dat is tot nu toe nog een beetje om het even eigenlijk.

MV: Ja, want je moet natuurlijk ook een lichte camera hebben. Zijn er al hele goede, hele lichte camera's? Want als ik met een hengel werk, dan kun je best een normale gewicht camera hebben, een goeie.

J: Nee, zeker. Heel veel drones die komen ook met een ingebouwde camera. En die worden ook wel steeds beter. Dus dat, en zeker van een niet al te grote afstand wordt, wat bij opgravingen niet per se nodig is altijd, dan kunnen ze nog best wel scherpe foto's maken. Wat dat betreft wordt het ook wel beter, maar ja het blijft nog gewoon een beetje om het even of het echt efficiënter is.

MV: Nou ja, ik ben heel benieuwd naar het eerste bedrijf of universiteit die zegt wij hebben nu zo'n goed systeem en het gaat zo snel dat je...

J: Nou ja, ik weet gemeente Den Haag die heeft het nu in hun werkproces opgenomen.

MV: Oké, standaard? Een gemeente nog wel.

J: Die hebben geloof ik vorig jaar een eerste project gedaan waar ze inderdaad gewoon gebruik maakte van de drone als standaard. En dat is een opgraving die binnenkort gepubliceerd wordt, geloof ik. Hun zijn daar de meest vooruitstrevende partij in die ik heb gezien. Die daar het verste mee hebben geëxperimenteerd eigenlijk.

MV: Nou ja, Engeland dus. In Engeland schijnen ze echt verder te zijn.

Ja: Nee, Engeland en ook Italië heb ik heel veel van gezien inderdaad.

MV: O ja, daar ook al.

J: Dat is dan voornamelijk wel met dingen als muurwerk en meer echt de 3D kant ervan dan.

MV: Heb je er ook voorbeelden van gezien dat ze ook stereoparen, want die moeten ook een bepaalde afstand hebben, of een bepaalde overlap hebben, waar je dus heel goed op let. Dus je moet voldoende foto's maken ook.

J: Van die stereo nog niet heel erg veel inderdaad, meer een paar experimenten. Dat dan de conclusie was dat er nog verder naar gekeken moet worden. Nog niet echt een goed werkend model.

MV: En waar het natuurlijk mee concurreert is laserscanning. Daar hebben we ook al mee zitten kijken. En daar geldt het ook voor eigenlijk laserscanning, want daar zijn ook heel veel commerciële bedrijven die dat aanbieden. Is het voor 3D leuk, biedt het ook veel extra's, maar een laserscan van gewoon een vlak. Wat is je meerwaarde daarvan?

J: En er zijn ook steeds meer bedrijven die kijken of ze het kunnen combineren. Zowel gewoon de drone als de laser zelf.

MV: O ja, dat kan natuurlijk ook. Je kan de laserscan ook gewoon vanaf hoogte doen, dat maakt niet zoveel uit.

J: En dat is weer een hele andere insteek.

MV: Maar bij laserscanning, ik ben wel eens bij zo'n bedrijf geweest jaren geleden, is je scan niet zo'n probleem. Maar je data processor is nogal zo'n gedoe, om dat een beetje vlot te krijgen. Dat kost heel veel tijd.

J: Ja, dat kan zo uren duren.

MV: Ja, dat duurt vrij lang. Goed nou we zijn eruit.

J: Ja zeker, dank u wel.