Arkæologisk Forum

Særtryk

Nr. 44
2021

Leder

OTK 1

Ildsjælene fra 1939

Metode

Esben Schlosser Mauritsen & Rachel Facius Andersen 3

Arkæologisk feltopmåling med drone
Fra specialistopgave til almen praksis

Artikel

Riemer R. Knoop, Heleen van Londen, Monique van den Dries & Stella Landskroon* 12

Brave new worlds
Dutch archaeology in search of inspiration abroad

Artikel

Anna S. Beck* 18

De lovpligtige udgravninger og begrebet "ny viden"

Artikel

Ole Thirup Kastholm & Jesper Langkilde 26

Skibe i skiver
– om museumsloven og punktødelæggelser

Naturvidenskab

Adam Cordes, Peter Steen Henriksen & Kim Henrik Hebelstrup* 32

Drak vi øl i stenalderen?
Stivelse i arkæologi og i relation til forhistorisk ølbrygning

Projekt

Trine Kellberg Nielsen 40

NeanderEDGE
– nyt projekt om nordlige neandertalere

*Fagfællebedømt artikel
* Peer reviewed Paper

af Esben Schlosser Mauritsen & Rachel Facius Andersen, Arkæologi Vestjylland (ARKVEST)

Arkæologisk feltopmåling med drone

Fra specialistopgave til almen praksis

Siden 2013 har Arkæologi Vestjylland (ARKVEST) brugt fotografering med drone og efterbehandling med fotogrammetri til opmåling af udgravninger. Det er i dag vores primære metode i den daglige feltopmåling. Derudover bruger vi også droner til specialopgaver såsom opmåling af bl.a. historiske bygninger, middelalderlige ruiner og megalitter. Vores erfaringer viser, at droneopmåling kan være indtil seks gange hurtigere end GPS-opmåling, endda med et pænere resultat. Dertil kommer, at ortofotografiet fastholder et målfast billede af den friske, afgravede flade, som ellers hurtigt kan udviskes af regn eller udtørring. I to nylige projekter, Baltic Pipe og Viking Link, har metoden sikret både kvalitet og hurtig fremdrift. I mange tilfælde, hvor man har påtruffet fortidsminder, som ikke har krævet videre udgravning, har man kunnet opmåle hurtigt og fortsætte forundersøgelsen, uden at skulle vende tilbage med mandskab og gravemaskine. Der er naturligvis visse udfordringer i form af vejrfølsomhed, anskaffelse og betjening af droner, softwarelicenser og pilotuddannelse. Vi vil alligevel hævde, at fordelene ved droneopmålingen langt overgår alle andre opmålingsmetoder, både hvad angår kvalitet, præcision, pris og hurtighed.

Med overgangen fra håndtegning til GPS og totalstation kom en betragtelig øgning af både hastighed og præcision i den arkæologiske feltopmåling, men på bekostning af tidligere tiders detaljegrad i håndtegningen. Grimme og grove opmålinger har for os blandt andet betydet, at vi sjældent kan skelne mellem runde og ovale væghuller uden tidskrævende manuelle korrektioner på de printede planer, der så igen skal overføres til den digitale feltplan. Over de seneste syv år har vi i Arkæologi Vestjylland (ARKVEST) arbejdet med og udviklet en praksis, hvor hovedparten af opmålingen i dag foregår med drone. Fotografierne bearbejdes til målfaste ortofotografier eller opstalter, som danner grundlag for en manuelt vektoriseret udgravningsplan i fordums håndtegnede kvalitet. Vi vil med denne artikel vise, hvordan vi kom i gang, metodens mange anvendelsesområder og give en oversigt over de praktiske og tekniske aspekter, der følger med overgangen til droneopmåling. Vi vil give et eksempel på arbejdsprocessen i to konkrete projekter, Baltic Pipe og Viking Link-gravningerne, som kørte sideløbende i 2020. Endelig vil vi opsummere de mange fordele og få ulemper ved at bruge dronerne i vores daglige feltarbejde. Vi mener, at det er vigtigt, at langt flere arkæologiske museer tager metoden op i feltregistreringen, enten helt eller delvist. Der er tale om en hurtig, præcis og langt mere informativ dokumentation, der samtidigt skåner arkæologer for timevis af slidsom GPS-opmåling.

Historik

Arbejdet med fotoopmåling af udgravningsfelter i ARKVEST, på daværende tidspunkt Ringkøbing-Skjern Museum, går tilbage til 2008 ved udgravningen af Brændgaards Hede, en førromersk landsby omgivet af to hulbælteforløb i flere faser (Mauritsen 2018). Museet rådede ikke over en GPS, så under normale omstændigheder ville opmålingen være foregået med tegneramme, målebånd og tommestok. Pengene var dog små og anlæggene mange. Derfor opstod tanken om at anvende fotoopmåling fra en høj stige til en mere effektiv fladedokumentation. Erfaringen blev, at hastigheden kunne øges betragteligt på denne måde. Samtidig indså vi fotoopmålingens muligheder i forhold til at dokumentere et målfast billede af en friskt afgravet flade. Det blev herefter anvendt på mange af vores anlægsrige og komplekse udgravninger. Dog var det en konstant frustration, at stigen satte en fysisk begrænsning på fotofelternes størrelse. For eksempel krævede opmålingen ved Brændgårds Hede intet mindre end 260 individuelle fotoopretninger.

I 2013 lancerede det kinesiske firma DJI markedets første ready-to-fly drone. Indtil da havde droner været dyre, teknisk krævende og helt utilgængelige for andre end specialister. Dronens potentialer var åbenlyse, men det var et problem, at den på det tidspunkt udelukkende kunne bære et fastmonteret GoPro-kamera

Figur 1: Phantom: Danmarks første museumsdrone – en ombygget DJI Phantom fra 2013 med et fastmonteret Canon S100 kompaktkamera. Foto: Lars Christian Bentsen.

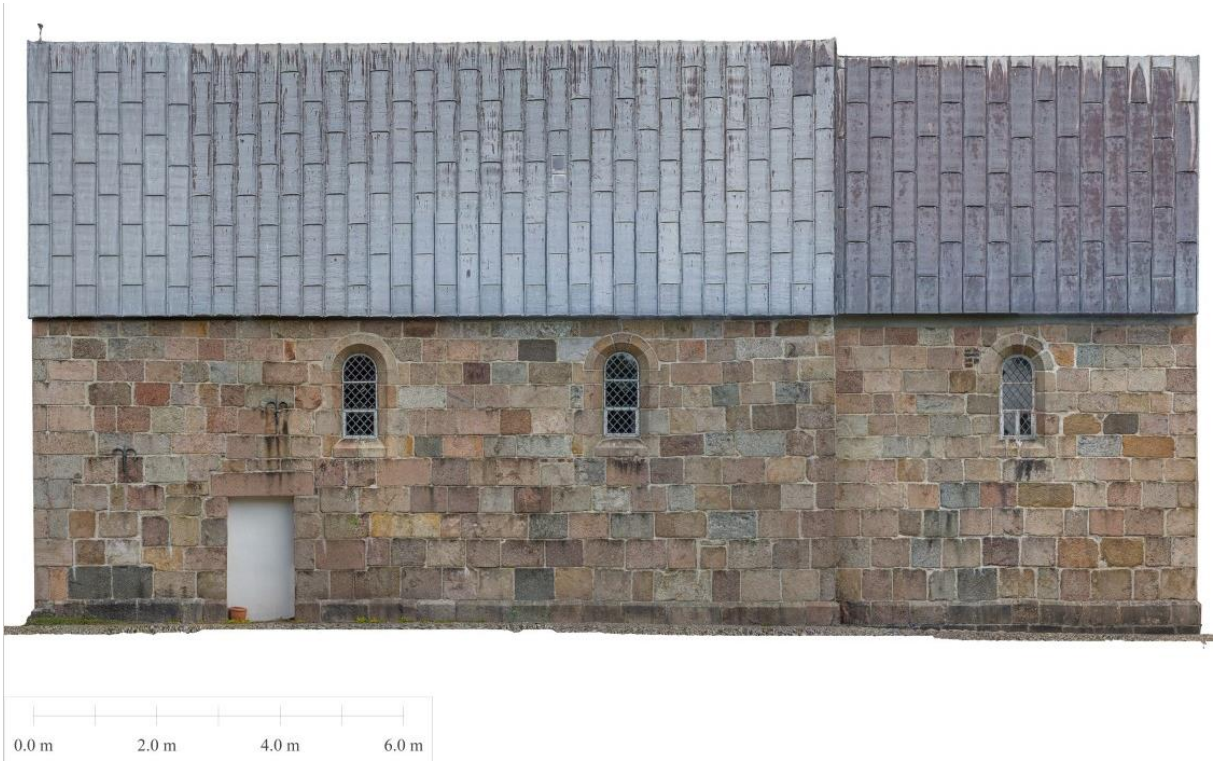
med ekstrem vidvinkel, som var helt uanvendeligt til fotogrammetri. Løsningen blev at ombygge dronen, så et kompaktkamera blev monteret underneden – med nutidens øjne et ekstremt primitivt set-up uden gyrostabilisering, billedsignal eller fjernkontrol over udløseren. I 2013 foretog vi den første totale droneopmåling i Danmark ved tuegravpladsen Billumvad, vest for Oksbøl (Frandsen & Jørgensen 2013). Sideløbende i 2014-15 blev det til en række forsøgsopmålinger ved bl.a. Lindholm Høje, Timgård, Kalø Slot og Troldkirken i forbindelse med udarbejdelsen af rapporten *Droner i dansk arkæologi* (Olesen et al. 2019: 187). Rapporten blev til i et samarbejde mellem det luftfotoarkæologiske projekt *Fortiden set fra Himlen*, Moesgård Museum og Aarhus Universitet og udgivet med støtte fra Kulturstyrelsen.

Siden er der sket en del med den teknologiske udvikling, først med en 10 kg tung(!) drone, siden med langt lettere udstyr. I skrivende stund har vi syv uddannede dronepiloter og vi råder over fire droner i tre vægtklasser med hver sin kapacitet i forhold til fotokvalitet og brugervenlighed. Den største drone kræver dronebevis i klassen 1B og den mellemste et 1A-dronebevis. Den mindste drone vejer blot 249 gram og må flyves af alle. Ellers kræver erhvervsmæssig flyvning altid et dronebevis og en erhvervsforsikring. Prisen for et bevis i den letteste klasse, 1A, ligger på omtrent 3-4.000 kr.

Anvendelsesområdet

Dronernes fantastiske muligheder for at tage oversigtsbilleder af udgravninger står klart for alle, så det skal ikke beskrives nærmere her. Feltopmåling er vores primære anvendelsesområde. Fremgangsmåden beskrives nedenfor. På en nemmere, langt hurtigere, billigere og bedre måde kan man skabe et målfast fotokort over den friskt afgravede flade med de indridsninger, man ellers ville måle med GPS eller totalstation. Ud over at danne basis for en vektorisering, kan ortofotografiet være en hjælp efter endt udgravning. De fleste arkæologer har nok oplevet at "mangle" et stolpehul, for eksempel i en hustomt. Man forklarer det måske med, at man enten overså det, eller at man glemte at måle det ind. Et ortofoto kan løse spørgsmålet. På podsoljorderne i Midt- og Vestjylland tilføjer metoden en helt ny dimension til feltdokumentationen. Ud fra podsolens bevaringsgrad kan man, ved at betragte ortofotografiet, danne sig et indtryk af nedpløjningsgraden på en udgravningsflade. Er blegsandet bevaret, er bevaringsforholdene gode, og her finder vi typisk ardspor. Er selv al borte, har nedslidningen været kraftig. Endelig kan podsolering afsløre nedgravninger, der ellers er helt bortpløjede. Under et åbentstående anlæg, såsom ringgrøfter, hjulspor/hulveje og hulbæltehuller, dannes en sekundær udvaskning og udfældning, der tegner sig ned i undergrunden. Det er farveforskelle, der tit kun kan ses fra fugleperspektiv.

Bygninger, ruiner og fredede fortidsminder er et andet, oplagt anvendelsesområde. Vi har i ARKVEST lavet opmålinger af blandt andet Kalø Slotsruin, Trøjborg slot og Antvorskov kloster forud for Slots- og Kulturstyrelsens restaureringer. Vi har på bestilling også lavet en ydre facadeopmåling af Gåsetårnet i Vordingborg. Opmålingen er et klart eksempel på en opgave, der ikke kunne være løst uden drone og fotogrammetri. Som noget helt særligt, lavede vi en digital "udrulning" af tårnets runde facade til en todimensionel opstalt. Vi har desuden eksperimenteret med opmåling af kirkebygninger, hvor fotoopstalter naturligt rummer langt flere informationer end en simpel stregtegning. Hvad angår fredede fortidsminder, lavede vi i 2014 en testopmåling af langdyssen Troldkirken mellem Nibe og Aalborg, hvilket var første gang, siden Kornerup målte den op i 1866. Nyopmålingen viste, at langdyssen var 3,5 m kortere end hidtil antaget, at randstenene var relativt dårligt gengivet, at mindst 8 sten var for-



Figur 2: Torsted: En målfast opstalt af Torsted Kirkes sydfacade, opmålt 2020. Foto: Esben Schlosser Mauritsen.

svundet, og at der ikke var nogen spor efter høj-opbygning i gravmonumentet (Olesen et al. 2019: 189ff). I 2015 viste vores opmåling af Lindholm Høje gravpladsen, at der i den publicerede oversigtsplan mangler mindst 126 sten på den publicerede plan, heriblandt 5-6 helt uoptegnede stensætninger. Endelig viste dronens overflademodel, at der ved udgravningen er blotlagt mindst 103 gravtuer, hvoraf blot de 35 optræder i den oprindelige opmåling.

Fra dronefotos til udgravningsplan

Ved udgravninger flyver vi systematisk i parallelle baner, frem og tilbage, og med kameraet i lod, til hele feltet er dækket. På forhånd er der udlagt jævnt fordelte referencepunkter i form af GPS-opmålte plader med påtegnet kryds. Det er en grundregel i den efterfølgende bearbejdning, at ethvert referencepunkt skal optræde på mindst to fotos, men helst også på flere. Det forudsætter minimum 51% overlap mellem hvert foto. Vi bruger som en tommelfingerregel lidt over 66% overlap. Det betyder, at ét foto kan falde ud på grund af uskarphed, uden at der bliver et datahul. Man kan med fordel tage en supplerende serie fra større højde, for at styrke 3D-beregningen og til at lappe huller, hvis noget mangler i den primære fotoserie. Desuden kan billederne bruges til at lappe det endelige ortofotografi, hvis noget er gået galt. Det gælder, at jo lavere man flyver, desto højere opløsning får man. Størrelsen af pixels på jorden benævnes *ground sample distance* (GSD). Man kan beregne dronekameraets GSD fra en given højde, når man kender flyvehøjde, pixelhøjde- og bredde, sensorens størrelse og brændvidde. Ved almindelig opmåling kan man dog spare besværet og blot prøve sig lidt frem. Vi flyver typisk i 10-20 meters højde, afhængigt af kameraopløsningen. Med et godt kamera kan man flyve højere og spare tid.

Det er vigtigt at nævne, at alle anlæg er opridset i felten, ganske som sædvanligt. Vi efterlader dog altid ardspor, da de kan vektoriseres mere præcist ud fra ortofotografiet alene. Afhængigt af undergrundens beskaffenhed kan anlæggene fremstå mere eller mindre tydeligt, og det kan give for mange tvivlsspørgsmål bag skærmen. Tolkninger bør, som altid, foregå felten. Rent metodisk fokuserer vi i ARKVEST meget på at afklare stratigrafier ved horisontal afgravning af f.eks. stolpehuller, fremfor konsekvent at

snitte. Det har den fordel, at vi med den efterfølgende droneopmåling sparer mange efterkorrektioner i feltplanerne.

Ved hjælp af *Structure from Motion* algoritmer (SfM) kan man omdanne sine dronefotos til perspektiv-oprettede fotos eller til egentlige ortofotos (Verhoeven 2011). Ønsker man at omlægge til droneregistrering, er det afgørende at anskaffe sig en software, der kan skabe ægte ortofotos. Der findes en del løsninger på markedet. Vi anvender programmet Agisoft Metashape, hvor en licens koster ca. 22.000 kr. SfM er kort fortalt en fotogrammetrisk teknik. Ved hjælp af fotografering fra forskudte positioner kan der skabes en rumlig model. I et program, for eksempel Metashape, importeres de relevante dronefotos. I og med at billederne er taget fra forskellige positioner, kan softwaren følge genkendelige pixels bevægelser i forhold til hinanden og derved opbygge en rumlig geometri i form af en punktsky. Dernæst interpoleres punkterne til en overflademodel. Sidste skridt er at skabe en helt sømløs fotomosaik, der er korrigeret for overfladens eventuelle ujævnheder og følgende forvrængninger. Det milimeterpræcise ortofoto kan nu importeres som et rasterlag i MapInfo. Vi har til denne artikel undersøgt tidsbesparelsen ved at bruge drone kontra GPS. Det kan aldrig blive en eksakt beregning, da mange faktorer spiller ind, ikke mindst de menneskelige. Vi har til formålet simuleret en opmålingssituation på baggrund af vores opmåling af Hvilmose-hulbæltets mellemste del, 10 km vest for Viborg (Boddum & Terkildsen 2019). Denne case er særlig, fordi der på én flyvning opmåltes hele 1.700 anlæg. Forståeligt nok husker man på Viborg Museum ikke længere tidsforbruget ved den efterfølgende vektorisering. Derfor har vi i stedet talt, hvor mange af lokalitetens anlæg, vi kan vektorisere op på en time. I et koncentreret, men adstadigt tempo, lykkedes det at vektorisere 676 hulbæltehuller, fordelt på 8.725 knudepunkter. Det giver 12,9 knuder pr. anlæg. Kan man holde klikkekadencen, vil de 1.700 huller kunne vektoriseres på 2,5 time. Det kan man selvfølgelig ikke, men deler man opgaven mellem to eller tre mand, som vi ofte gør, kan vi eliminere den udmattelsesfaktor. Vi har beregnet, at

Figur 3: Hvilmose: Ortofoto af Hvilmose hulbæltet, der er grundlaget for tidsberegningen. Opmålt for Viborg Museum 2015. Foto: Esben Schlosser Mauritsen

vi kan GPS-måle 112 hulbæltehuller i timen, med 11 knudepunkter pr. hul. Andre kan sikkert arbejde hurtigere eller langsommere, men det er det tal, vi forholder os til her. Det betyder, at det samme arbejde ville have taget 15 timer i felten, altså en halv mandeuge med pauser versus 2,5 times arbejde med musen. Det tilmed i en ringere kvalitet og uden ortofotografiet som ekstra dokumentation. I vores test var manuel vektorisering af ortofotografiet 6 gange hurtigere i forhold til GPS. Beregningen skal selvfølgelig tages med flere forbehold. Hulbæltehuller er meget ensformige og uden overlejrende anlæg. Måske er det ikke alle, der kan klikke med 676 anlæg i timen, og andre kan være hurtigere med GPS. Og jo færre anlæg, der er i ét felt, jo større andel af opmålingstiden udgøres af flyvning og computerberegning. Det vigtigste argument for at bruge droner i feltopmålingen frem for GPS, må dog være, at man slipper for det monotone arbejde med GPSen i felten, som er en potentielt nedslidende belastning. Droneopmåling eliminerer nærmest det problem.

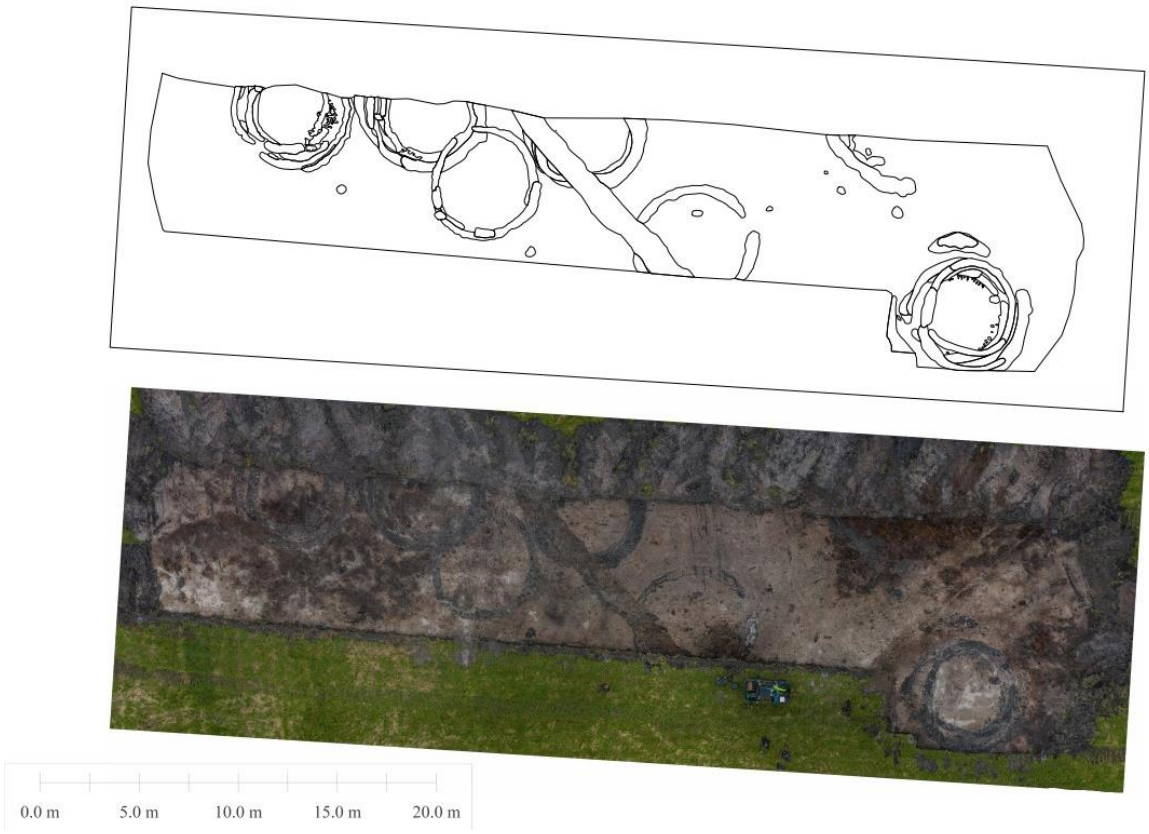
Det har været et ofte stillet spørgsmål, hvad man stiller op med de mange fotos, som følger med droneopmålingen. Flere museer har begrænset serverplads og må økonomisere med datamængden. Den mest radikale løsning kunne være at slette alle dronefotos, efter man har skabt sit ortofoto og tegnet sin vektor. Det vil vi stærkt fraråde, da man derved potentielt fjerner muligheden for at genbearbejde fotografierne i fremtiden. I løbet af syv år, fra 2013-2020, har vi akkumuleret 2,2 TB dronedata. Det omfatter både internt arbejde og mere krævende bygnings- og ruinopmålinger ud af huset. I skrivende stund kan en 4 TB ekstern harddisk erhverves for 800 kr. Vores til dato mest omfattende udgravningsopmåling på 2,5 Ha, fylder knap 200 GB, fordelt på mindst 36 flyvninger. Ikke mere end der kan ligge på et 256GB microSD-kort til under 200 kr. Kan man leve med at opbevare sine dronefotos lokalt, indtil man har adgang til mere serverplads, er det en rørende billig løsning

Case: Baltic Pipe og Viking Link

I starten af 2020 påbegyndte ARKVEST de arkæologiske forundersøgelser i forbindelse med kabelprojekterne Baltic Pipe og Viking Link, undersøgelsesstrækninger på henholdsvis 16 kilometer og 52 kilometer. Ansvarlige for Baltic Pipe-undersøgelsen er museumsinspektører Karen Bjelke Fisker og Lene Nygaard Hansen, mens udgravningsansvarlige for Viking Link-undersøgelsen er museumsinspektører Rachel Facius Andersen og Line Lerke. På Baltic Pipe-forundersøgelsen blev to parallelle søgegrøfter af tre meters bredde udlagt med mulighed for fladeafdækning på op til 32 meter. Forundersøgelsen på Viking Link foregik med en enkelt grøft af tre meters bredde med mulighed for en udvidelse på op til syv meter. Fremdriften på forundersøgelserne var hurtig og tildækning af søgegrøfterne foregik så tæt på afgravning som muligt, så vi undgik unødige maskinflytninger og de vanlige markarbejder kunne fortsætte uden gene fra en åbentstående grøft. Den daglige registrering i felten foregik med GPS, navnlig opmåling af søgegrøfter og mindre anlægsmængder, mens alle større udgravninger, særlige anlægstyper og bevaringsværdige flader som udgangspunkt blev registreret med drone. Det foregik i praksis på den måde, at alle anlæg og stratigrafiske iagttagelser blev skovlet af og ridset ind så præcist som muligt i forlængelse af muldafrømningen. Dernæst blev måleplader med et synligt markeret centerpunkt lagt ud langs kanten af udgravningsfeltet, som opmåltes med GPS. Herefter var feltet klar til overflyvning og fotografering med drone. Billederne blev sammensat til en ortomosaik, som efterfølgende benyttes som forlæg for vektorisering.

Anvendelsen af drone som opmålingsform under forundersøgelserne gjorde det i flere tilfælde muligt at effektivisere vektoriseringen, opretholde fremdriften og minimere ekstra flytninger af gravemaskinen. På Viking Link-undersøgelsen er der udgravet to hulbælter, som består af henholdsvis 150 og 108 anlæg, en anlægsmængde, som ville have krævet 2-3 timers arbejde med GPS (SB 190706-199 og SB 190706-200). I hulbælternes tilfælde var det muligt at foretage alle undersøgelser umiddelbart efter overflyvningen og frigive området hurtigere end ellers. Tidsrammen forudsætter naturligvis en situation, hvor undersøgelserne kan færdiggøres uden printede planer. Det er ikke altid er en mulighed, men det forekommer alligevel jævnligt.

Den ortofotobaserede vektorisering giver en væsentlig større præcisions- og detaljeringsgrad. Det er let at tilpasse antallet af knudepunkter, hvorved man helt slipper for det tidskrævende arbejde med at rette kosmetiske fejl. Brugen af drone til opmåling begrænser sig dog ikke kun til særligt anlægstunge lokaliteter, men kan også med fordel anvendes til fotodokumentation af en afgravet flade, alene for at dokumentere under-



Figur 4: Svinemose: Ringgrøfter, som er genopgravet flere gange og derfor ligger i adskillige faser. Flere steder er der synlige spadestik bevaret i blegsandet og med ortofoto som forlæg, har det været muligt at vektorisere hvert enkelt spadestik.
Foto: Line Lerke

grundens beskaffenhed og eventuelle spor efter nedpløjning. På forundersøgelsen blev der for eksempel anvendt drone til registrering og opmåling af den stærkt nedpløjet tuegravplads Stokbæk, hvor kun bunden af ringgrøfterne stod tilbage (SB 190803-240). På samme måde blev dronen anvendt til dokumentation af en plads, Svinemose, med adskillige ringgrøfter som har været genopgravet ad flere omgange og af samme grund lå i flere faser og med synlige spadestik. Særligt detaljegraden af sidstnævnte ville have været vanskelig, hvis ikke ligefrem umulig, at opnå med de vanlige feltopmålingsmetoder (SB190802-133). Brugen af drone tillader generelt særlige detailregistreringer. Et andet eksempel er ardspor, der oftest ikke kan opmåles nøjagtigt i felten. Ved at eftervektorisere ardspor ud fra et ortofoto, er det muligt at få en detaljeret plantegning, der viser hvert enkelt spor. Sådan er det tilfældet med en større samling ardspor ved Lundager II fra forundersøgelsen på Viking Link, som er klart afgrænset af en hulrække. Vektoriseringen viser klart, hvordan ardsporene respekterer og forholder sig til hulrækken, og både bevarer og synliggør denne observation (SB190706-198). På den måde har brugen af drone til opmåling været et effektivt redskab i løbet af forundersøgelsen, især til opmåling af anlægstyper, som kan være enten tidskrævende eller vanskelige at registrere.

På to af udgravningerne på Viking Link-undersøgelsen, Lundager og Lundtang, var der særligt store problemer med sandfygning, som i løbet af kort tid føg ind over anlæggene og skjulte dem (SB190706-196, 197). Hvis opmålingen skulle være foregået med totalstation eller GPS, ville det have været nødvendigt at markere hvert enkelt anlæg med en pind. Fordi feltet relativt hurtigt kunne totalregistreres med drone, lykkedes det dog at dokumentere alle anlæg og indridsninger, før sandet havde skjult dem. Ved hjælp af midlertidige tabeller,

Figur 5: Lundager II: Ortofoto af hulrækker og ardspor. Den detaljerede vektorisering af ardsporene illustrerer tydeligt, hvordan de respekterer og afgrænser sig i forhold til hulrækkerne. Uden ortofoto ville denne observation ikke være så visuelt bevaret.
Foto: Rachel Facius Andersen

der senere kopieres sammen i en samlet hovedtabel, er det tillige muligt for flere personer at vektorisere samtidig, hvilket i stor grad effektiviserer processen. Metodevalget i projekter som Viking Link og Baltic Pipe forudsætter, at man planlægger efter en vektoriseringstid, som ikke nødvendigvis foregår i felten, men ved computeren. ARKVEST har dog tidligere haft succes med at installere både arbejdspladser og printer i skurvognen, hvorfor arbejdet stadig kan foregå i nogenlunde nærhed af udgravningen. Herfra kan plantegninger til korrektioner hurtigt printes og det videre udredningsarbejde kan fortsætte.

I forbindelse med Baltic Pipe-projektet fik vi for alvor øjnene op for droneopmåling af profiler. Vi har længe brugt SfM til at lave profildokumentation, alene fra jordniveau. Af tekniske årsager har der dog været problemer med svag 3D-beregning baseret på bare én enkelt langsgående serie af profilfotos. Det har samtidigt altid været lidt besværligt at afsætte referencepunkter i profilen med GPS. Løsningen blev, at vi nu tager to serier af dronefotos fra forskudte vinkler i tilgift til de håndholdte profilfotos. Dronefotografierne tillader, at vi kan udlægge vores målepunkter vandret henholdsvis ovenfor og nedenfor profilen. Lige så vigtigt giver det 3D-beregningens præcision større styrke. I selve genereringen af profilmosaikken ekskluderes dronefotografierne, så opløsningen bliver optimal.

Fordele, ulemper og ting, der skal være på plads

De gængse droner på markedet har det svært med vand og fugt. Der findes vandtætte droner, men de er nicheprodukter og enten dyre eller ikke velegnede til opgaven, men det kan selvfølgelig ændre sig. Reelt set

er det dog få dage om året, man ikke kan finde et ophold i regnen. Er alt forberedt, kan flyvningen overstås på 10-15 minutter afhængigt af opmålingens størrelse. Vindfølsomheden afhænger meget af dronens kraft og størrelse. De store maskiner kan naturligvis klare mere end en mikrodrone på 249 gram. Vindpåvirkningen øges med flyvehøjden, men heldigvis foregår opmåling oftest i relativt lave højder, som beskrevet ovenfor. Her kan man dog stadig få problemer med turbulens skabt af bygninger og træer, så pas alligevel på.

Et andet problem kan være helt lokale restriktioner for droneflyvning. Det kan for eksempel være gravninger tæt på større veje, jernbaner, militære områder og lufthavne. Vi henviser til gældende lovgivning for droneflyvning, såvel som til privatlivets fred. Det kan også bare være helt fysisk umuligt, som hvis man har højspændingsledninger over hovedet eller graver inde i en skov.

Nogle vil også opfatte det som en ulempe, at man ikke kan trække en udgravningsplan ud af dronen, som man kan af en GPS. På mindre sager kan det måske føles som en forsinkende faktor. Det er noget, man kan tilrettelægge sig ud af og som beskrevet ovenfor, kan droneopmålingen nemt være den hurtigste vej til en færdig udgravningsplan.

Det er let at flyve en drone. Er det i arbejdsøjemed, skal man dog have et dronebevis. Én pilot er i teorien nok for et museum, men i den daglige virkelighed kan det hurtigt blive et problem at være mere end ét sted. Skal man til at basere en større del af feltopmålingen på droneflyvning, er det nødvendigt med flere operatører og helst også mere end én drone. Det øger fleksibiliteten og er en ekstra sikkerhed, hvis/når der opstår tekniske problemer med en af dronerne. Man skal også have SfM software. Det koster mellem 20-30.000 kr. Beregningstiden afhænger af computerkraften, og vi anbefaler, at man anskaffer en stationær computer i gamer-klassen. Selve arbejdet med at klargøre dronefotos og producere ortofotos og opstalter kræver lidt erfaring, men opgaven er ikke uoverstigelig, hvis man arbejder lidt med GIS i forvejen.

Vi skal afslutningsvis opregne grunde til at foretage droneopmåling af udgravningsfelter: Det går langt, langt hurtigere, især på pladser med mange anlæg. Man kan åbne langt større felter op uden at frygte for, om man når opmålingen inden sandfygning, udtørring, frost eller oversvømmelse. Man får en helt igennem målfast fotodokumentation og dertil en fladedækkende overflademodel af hele udgravningsfeltet. Sidstnævnte kan bruges til at kortlægge muld- eller kulturlagstykkelser ved at sammenholde den med Danmarks Højdemodel eller gentagede droneflyvninger. Affotograferingen er den mest objektive fladedokumentation, vi kan få, og den giver mulighed for at gå tilbage og studere udgravningsfeltet, som det tog sig ud, da det var helt friskt afgravet. Den tillader omfortolkninger, hvor en GPS-opmåling kun kan stå til troende. Det kan være, at man i forbindelse med beretningsarbejdet har brug for at af- eller bekræfte, om man glemte noget eller helt overså anlæg. Den giver også fremtidige arkæologer muligheden for at studere de iagttagelsesforhold, udgravningen udførtes i. Det kan ses, om undergrunden var udtørret eller sejlede i vand. Opmålingen kan gentages, når betingelserne er ændret eller blevet bedre og endda opdage detaljer, som ikke kunne ses i tørke eller omvendt. Man kan se moderne pløjespor eller omfanget af grubning, noget man ellers sjældent ville registrere systematisk. Man kan registrere farveforskelle i stolpehullerne fra to husfaser, uden trættende og meget subjektive fyldbeskrivelser, som i stedet vil kunne aflæses intuitivt af ortofotografiet. Man kan opmåle stærkt komplekse strukturer, såsom ardspor, helt præcist og i en detaljegrad, som ikke engang en håndtegning vil kunne præstere. Anlæg kan vektoriseres helt i overensstemmelse med indridsningerne. Til sammenligning kan man jo prøve at måle det samme stolpehul 10 gange med GPS og bemærke forskellene på hver enkelt indmåling. I forhold til effektivitet og præcision er undergrundens beskaffenhed underordnet. Podsoljorde har dog den fordel, at man i fladen kan finde indirekte spor efter helt bortpløjede anlæg. Det kan være udfældninger under en grøft eller et hjulspor. Fraværet af podsolering kan tegne omridset af en forsvunden gravhøj. Man kan også se horisontal udvaskning omkring huller, der engang stod åbne, som vi typisk finder ved hulbælter og lignende fænomener. Sidst – men ikke mindst – skåner man kroppen for de slidsomme, gentagne bevægelser med GPS, totalstation, pantograf eller hvad man bruger.

Det er vores håb, at flere museer vil omfavne dronerne som et opmålingsværktøj, der både er nemmere, hurtigere, bedre og billigere end alle andre tilgængelige metoder til fladedokumentation.

Litteratur

Boddum, S. & K.F. Terkildsen 2019
25. Hvilmose.
I: P. Eriksen & P.O. Rindel (red.): *Lange linjer i landskabet. Hulbælter fra jernalderen*.
Jysk Arkæologisk Selskab, s. 220-231.

Frandsen, L. & P.K. Jørgensen 2013
Årets arkæologi. Opdatering.
Årbog for Museet for Varde By og Omegn & Ringkøbing-Skjern Museum 2013, s. 152-153.

Mauritsen, E.S. 2018
15. Brændgårds Hede.
I: P. Eriksen & P.O. Rindel (red.): *Lange linjer i landskabet. Hulbælter fra jernalderen*.
Jysk Arkæologisk Selskab, s. 138-153.

Olesen, L.H. 2019, E.S. Mauritsen & M.C. Broch 2019
Luftfotoarkæologi 2 – Luftfotos, droner, laser og geofysik.
Holstebro Museums Forlag.

Verhoeven, G.J.J 2011
Taking Computer Vision Aloft – Archaeological Three-dimensional Reconstructions from Aerial Photographs with PhotoScan.
Archaeological Prospection 18(1), s 67 - 73

Nr. 44
2021

Arkæologisk Forum

I Arkæologisk Forum er et fagligt tidsskrift der søger at sætte det arkæologiske fag ind i en større sammenhæng – både videnskabeligt og samfundsmæssigt. Her kan både arkæologisk faglige og fagpolitiske emner behandles og debatteres.

Skriv til Arkæologisk Forum:
Arkæologisk Forum modtager gerne bidrag. Kontakt redaktionen, og få råd og vink om indhold, læsere, formaliteter, deadlines m.v.

Fagfællebedømmelse:
Generelt bliver tekster i Arkæologisk Forum fagfællebedømt. Fagfællebedømte artikler er markeret med en stjerne (*) ved forfatternavnet.

Kontakt:
redaktion@archaeology.dk
www.archaeology.dk

© Forfatterne og Arkæologisk Forum.
Artikler, indlæg og billeder må ikke mangfoldig-gøres i nogen form uden skriftlig tilladelse fra redaktionen.

Redaktion:
Anna Beck (ansv. redaktør)
Jette Rostock
Mette Palm
Ole Thirup Kastholm
Signe Lützau Pedersen
Susanne Klausholm Dolleris
Kamilla Majland

Udgiver:
Foreningen af Fagarkæologer – FaF

Forsidebillede:
Mørkholtgård – Baltic Pipe trace.
© Museum Sønderjylland

Tryk og oplag:
Holbæk Museum trykker 250 stk.

Arkæologisk Forum udkommer:
Juni og december

Abonnement og løssalg private:
175,- kr. årligt (2 numre)
87,50 kr. pr. nummer

ISSN 1399-5545

Foreningen af
Fagarkæologer
faf@archaeology.dk
www.archaeology.dk