

## SECȚIUNEA 1

### Teste de randament pentru achiziția imaginii fotografice din UAV

#### 1.1. Necesitatea unui experiment de achiziție de date.

Având în vedere că achiziția de imagine aeriană din dronă (UAV) este un element cheie pentru atingerea scopurilor generale ale proiectului (între care, aici, în special capacitatea de a cartografia corect și cât mai complet elementele componente ale graniței române), a fost proiectat un *Experiment de achiziție de date* care să faciliteze formularea unor concluzii asupra optimului de activitate.

În esență, Experimentul (așa cum este numit în jurnalele proiectului) este destinat a răspunde la întrebarea: care este anotimpul optim pentru planificarea unor activități UAV? Care sunt celelalte condiții care intermediază un rezultat optim, atât sub aspectul costurilor, cât și sub aspectul beneficiului științific net (*valoarea adăugată* de informație arheologică/istorică)? Pentru o exemplificare rapidă – sunt de interes variabile precum ora de fotografiere, unghiul luminii solare, prezența norilor sau calitatea vizibilității (claritatea atmosferei).

Întrebările de mai sus sunt desigur legate de câteva „locuri comune” ale cercetării arheologice, atât cele de suprafață (așa-numita *perieghetză*), cât și aeriană. Este un fapt bine cunoscut că momentele cele mai propice pentru perieghetză sunt cele dinspre finalul toamnei (final de octombrie și noiembrie, *după* arăturile de toamnă) și cele de la începutul primăverii (final de martie – prima jumătate a lunii aprilie, când stadiul de cultură agricolă este incipient). Pe de altă parte, experiența școlii britanice în materie de cercetarea arheologică aeriană este legată mai ales de așa-numitele „crop-marks”, respectiv diferențele de creștere a culturilor agricole, datorate structurilor îngropate; or, cele mai multe recomandări, în materie, se îndreaptă spre stadiul de maturare a gramineelor (luna mai, început de iunie; PALMER et. al. 2009, 29, 202; OLTEANU 2007, 12, 14, 20, etc.).

Pentru ca experiența noastră de lucru în teren să poată fi transferabilă, cu argumente sustenabile, și altor arheologi, care, eventual, vor dori să încerce tehnologia UAV, am organizat un experiment, după toate regulile unui experiment. Am ales două perimetre distincte, înspre extremele zonei de lucru, pentru ca concluziile dintr-un perimetru să poată fi susținute (sau nu!) de faptele rezultate din celălalt perimetru (ceea ce ar reprezenta *repetabilitatea* rezultatelor). Primul areal se află la 5 km sud de Pitești și la 1 km est de extremitatea nordică a satului Albota, în apropierea toponimului Poiana Roșie; al doilea areal se află la cca. 4 km SV de orașul Roșiorii de Vede, în zona toponimului Valea Mocanului, respectiv la cca 2.5 km SV de Spitalul de Pneumoftiziologie (fig. 1.1).

Poziționarea în teren a perimetrelor de experiment s-a făcut atât după criteriile științifice, cât și după criteriile de economicitate; cele din urmă sunt mai ușor de explicat: arealele se află în apropierea unor orașe și în apropierea unor șosele, având în vedere că pozițiile respective urmau a fi accesate de cel puțin opt ori. Din punct de vedere științific, fiecare dintre cele două alegeri a vizat aspecte de un interes particular; astfel, în punctul Poiana Roșie se pare că valul (care marca granița) face un viraj spre sud, sugerând o direcție spre Pârnu Roșu și Costești, adică divergent față de optica tradițională, care leagă forturile de la Albota și Săpata de Jos de traseul propriu-zis al frontierei<sup>1</sup>. Avem speranța că cele 4 misiuni în zonă vor clarifica problema (având în vedere că ortofotografiile actuale nu indică mai mult, iar continuarea spre sud este discutabilă).

---

<sup>1</sup> TEODOR 2013, capitolul 5, rezumă datele existente înaintea acestui proiect, pentru acest tronson, de la Săpata la Pitești.

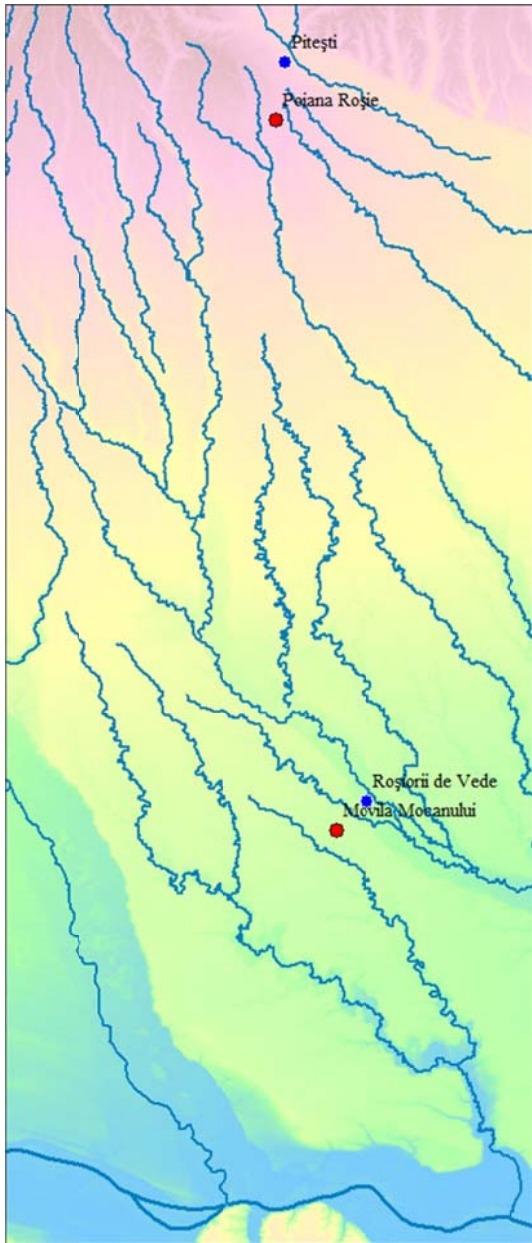


Figura 1.1. Harta generală a zonei de cercetare, cu marcarea celor două zone experimentale.

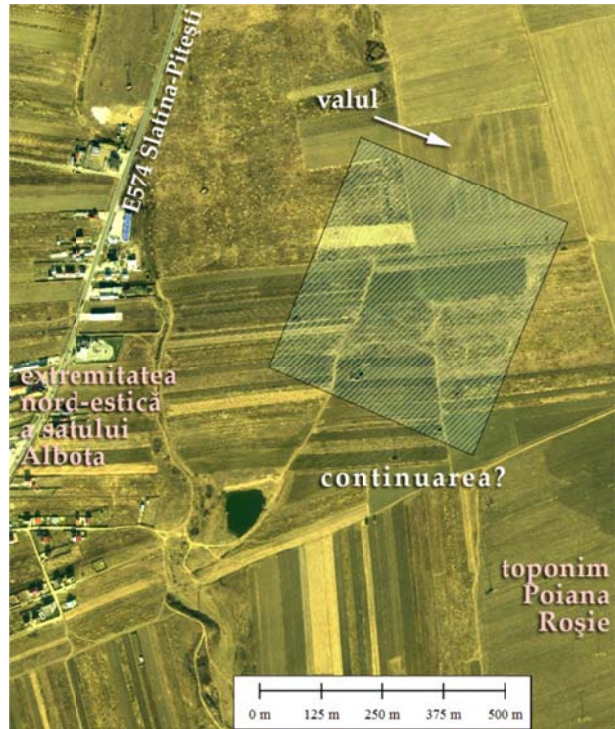


Figura 1.2. Perimetrul Poiana Roșie (ortofotografie militară 2012)

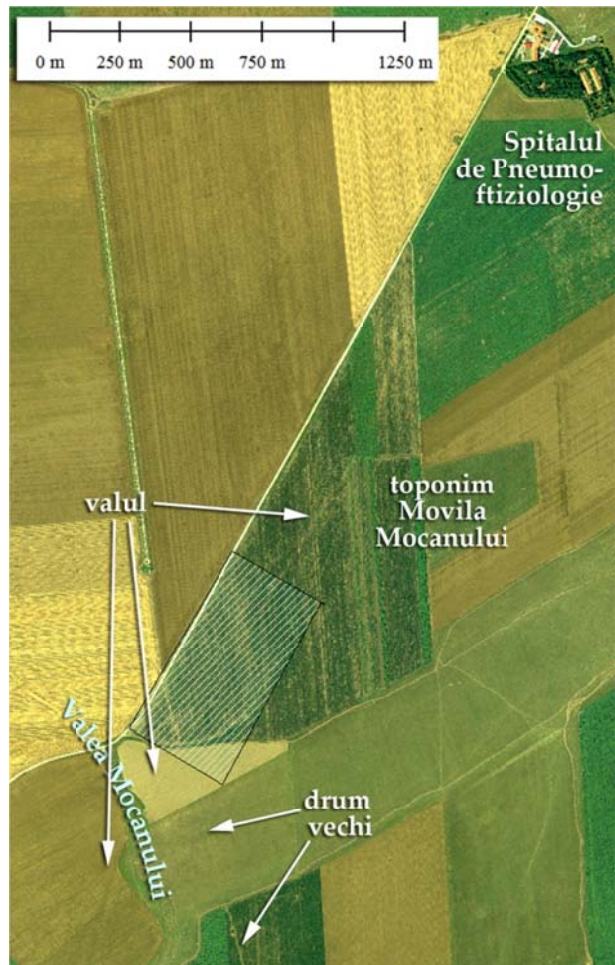


Figura 1.3. Perimetrul de la Valea Mocanului (ortofotografie).

Al doilea perimetru experimental, cel de la Valea Mocanului, beneficiază de o situație unică, până aici: avem acolo nu doar unul dintre cele mai vizibile segmente de val, dar și două drumuri romane distincte; mai mult, în imediata proximitate a perimetrului există, foarte plauzibil, două variante de realizare a amenajărilor de frontieră (două faze distincte?). Menționăm că, anterior proiectului nostru de cercetare, pe *Limes Transalutanus* nu era cunoscut nici un metru de drum roman!

Mărimea arealelor de experiment este una tipică pentru o „misiune dublă” (două ridicări succesive ale dronei, din același punct, pentru schimbarea acumulatorilor, cu lansări în direcții opuse), având ca scop final recoltarea de date de pe o suprafață lungă de 1000 de m (sau peste) și lată de 250 m (sau peste). Perimetrele de lucru, așa cum au fost delimitate prin proiect (fig. 1.2-1.3) sunt ceva mai largi, din motive tehnice de detaliu, care nu vor fi expuse aici (fiind irelevante).

Pentru clarificarea optimului calendaristic, au fost planificate 4 misiuni distincte, în fiecare dintre cele două areale, respectiv în august, noiembrie, martie și iunie. Primele două au fost alocate primei faze de execuție a proiectului (iulie-decembrie 2014).

Fiecare misiune are ca scop obținerea a trei seturi distincte de date:

- a) ortofotoplanul (cu rezoluții în jur de 5-10 cm, funcție de înălțimea de zbor și rezoluția aparatului de fotografiat);
- b) modelul digital al terenului (sau DEM – Digital Elevation Model, cu aceeași rezoluție);
- c) fotografiile oblice (cunoscute ca fiind mai bune pentru observarea profilărilor de teren).

## 1.2. Primele două misiuni de la Poiana Roșie

Prima misiune la Poiana Roșie s-a desfășurat în 11 august 2014, în condiții de observație dificile: zona nordică a arealului era acoperită de o miriște de păioase neridicate de pe câmp, iar zona de sud era ocupată cu culturi de porumb, anulând orice tentativă de observare a monumentului, de la nivelul solului.



Figura 1.4. Arealul nordic al perimetrului Poiana Roșie, 11 august 2014. Vedere spre sud.

Diagnosticul nostru inițial, în asemenea condiții de acoperire a terenului, erau destul de rezervat. Într-adevăr, ortofotografia obținută este de puțin ajutor, în ciuda rezoluției de 10 ori mai bună decât ortofotografia militară<sup>2</sup>. Salvarea a venit de la modelul digital al terenului, obținut cu aceeași ocazie<sup>3</sup>,

<sup>2</sup> Pentru a rămâne la nivelul intuiției, fiindcă 5 cm (rezoluția din UAV) este de 10 ori mai mic decât 50 cm (rezoluția ortofotoplanurilor militare, sau a imaginilor disponibile public pe Google Earth). În fapt, o fotografie este o realitate bidimensională, așa încât, dacă o suprafață de 0,5 m<sup>2</sup> este reprezentată, pe ortofotoplan, de un singur pixel, aceeași suprafață va fi reprezentată de 10 x 10 (adică 100) de pixeli pe o ortofotografie produsă din imagini achiziționate de dronă.

<sup>3</sup> Ceea ce se obține, din mozaicarea fotografiilor aeriene, este, în primul rând, un DEM (Digital Elevation Model), care este ulterior texturat coloristic, devenind „ortofografie”. Produsul orto este bidimensional, însă DEM-ul este tridimensional, deci o „ridicare topografică” (de mare rezoluție!). Discutând aici în termeni strict

care a demonstrat că, deși complet invizibil în câmp, cu ochiul liber, fostul zid care demarca imperiul a produs, prin ruina sa, o discretă încrețire a suprafeței câmpiei; această profilare discretă a terenului (având valoarea de cca. 1%, respectiv o înălțime de 100 de ori mai mică decât dispersia) permite reșezarea monumentului pe hartă, cu mare precizie<sup>4</sup>.

A doua misiune din seria Experimentului, în perimetrul de la Poiana Roșie, s-a desfășurat pe 4 noiembrie 2014. În ciuda așteptărilor noastre, condițiile de vegetație nu au fost mult mai bune decât în august. Cea mai mare parte a terenurilor cu păioase recoltate nu erau încă arate; mai rău, aproape toată cultura de porumb era încă nerecoltată. Pe una dintre puținele fâșii care făceau excepție, fiind lucrată de curând, la sud de cotul făcut de val, am avut surpriza să vedem valul în profil, foarte clar, însoțit de obișnuitele materiale antropice asociate, respectiv fragmente de pământ ars, în special în zona din spatele valului. Scurtul fragment observabil confirmă însă, în mod fericit, traseul stabilit în august, pe baza modelului teren asociat ortofotografiei.



*Figura 1.5. Valul (?) la Poiana Roșie, 4 noiembrie 2014.  
Vedere spre nord-est. A se observa condițiile de vegetație din laterale.*

Profilarea ilustrată la figura 1.5 este una neobișnuit de energică pentru toată zona din proximitatea Piteștiului, unde, de obicei, nu poate fi observată, la nivelul solului, nici un fel de profilare, mare sau mică. De aceea, reținem poziția de la sud de viraj, ca un potențial loc în care ar fi putut exista un turn de supraveghere. Distribuția materialelor, 20-25 de metri în spatele valului, susține aceeași ipoteză.

---

tehnică, în fapt modelele rezultate sunt de tip DSM – Digital Surface Model, deoarece includ și nivelul vegetației care nu se poate filtra în lipsa utilizării LiDAR. Distincția este una pur tehnică, fiindcă vegetația – în zonele în care folosim UAV este joasă. Vom continua să folosim acronimul DEM, fiind mai bine cunoscut de marele public, cu acest amendament.

<sup>4</sup> Cele trei ilustrații comparative – ortofotografia militară, ortofotografia din dronă și modelul digital al terenului, în prelucrare topografică fină, sunt expuse împreună în articolul publicat în octombrie la *Journal of Ancient History and Archaeology* (<http://www.jaha.org.ro/index.php/JAHA/article/view/68>), fig. 2. Materialul este accesibil cu titlu gratuit.

### 1.3. Primele două misiuni de la Valea Mocanului

Numele punctului este dat afluentul (neperen) stânga al Pârâului Urlui, care traversează zona de sud a perimetrului de lucru.

Prima ridicare de dronă în zonă s-a operat pe 11 august 2014, după-amiaza târziu, înainte de apus. Zona noastră de interes arăta, pe 90% din suprafață, absolut dezarmant: o viguroasă cultură de floarea soarelui, înaltă de doi metri și foarte deasă, în care nu se vedea absolut nimic la doi pași în față. Am efectuat totuși zborul, pentru că tentativa de a obține informații utile, inclusiv în condiții de vegetație mare, era unul dintre scopurile experimentului. S-a efectuat zborul la 300 de metri înălțime, achiziționându-se atât fotografii verticale, cât și oblice.



Figura 1.6. Experimentul, Valea Mocanului, faza 1, august 2014, ortofotografie.

Suprapunerea ortofotografiei noastre pe suportul oferit de Google Earth (dar la o rezoluție mai bună).

Rezultatele au fost mult peste așteptări, așa cum fotografiile oblice au demonstrat imediat, după descărcarea lor. Una dintre ele a fost deja publicată în *Antiquity*<sup>5</sup>, la figura 4, fiind accesibilă marelui public. O singură mențiune ar mai trebui făcută: fotografia de la sol, care apare în acel montaj de la

<sup>5</sup> <http://journal.antiquity.ac.uk/projgall/teodor342>.

fig. 4, a fost realizată în aprilie 2013. În esență, cultura mare nu doar că nu ascunde obiectele îngropate, dar chiar le relevă, iar teoria „crop-mark” se pare că funcționează și în lanuri de floarea soarelui, informație neîndoielnic utilă în activitatea viitoare.

Ortofotografia obținută cu acea ocazie (fig. 1.6) este mai puțin explicită decât fotografia oblică; astfel, drumul care merge relativ paralel cu valul este vizibil (cert) doar pe segmentul sudic al zonei cercetate; al doilea drum, care taie și valul, și primul drum amintit, este vizibil, dar slab, și nu a fost marcat pe fig. 1.6. Ortofotografia, în schimb, are avantajul de a oferi oricărei observații o localizare clară, cu erori sub 1 m, ceea ce pe fotografia oblică nu se poate realiza.

A doua etapă a aplicării experimentului cu drona, în zona Valea Mocanului, s-a realizat pe 7 noiembrie 2014, în singura zi din noiembrie când zborul ar fi putut fi făcut, toată luna fiind altminteri dominată de ceață. Chiar și așa, condițiile de zbor au fost discutabile, fiind relativ păclă. Starea terenului – arat și însămânțat, probabil cu păioase, într-un stadiu de cultură incipient – era excelentă, dar luminozitatea a fost destul de mică (deși era o „zi însorită”).

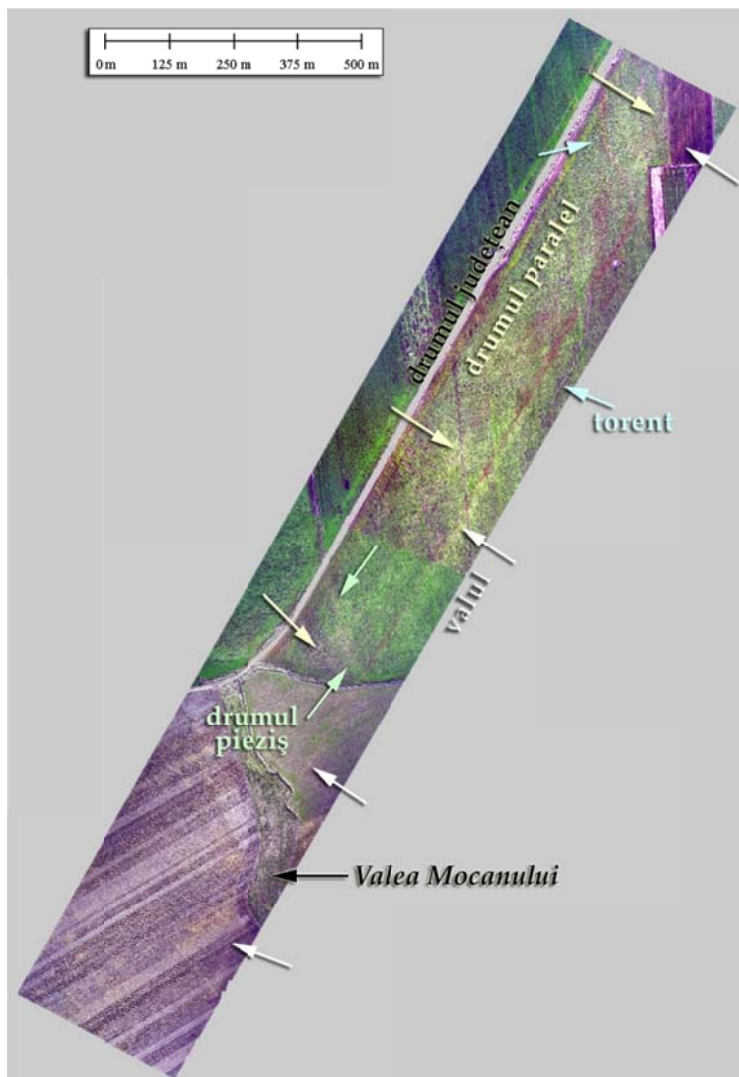


Figura 1.7. A doua etapă a experimentului de dronă. Valea Mocanului, 7 noiembrie 2014. Ortofotografie (aliniere nord), suprapunere a rezultatelor a două zboruri.

Contrastele sunt forțate, pentru a permite o cât mai bună vizibilitate a detaliilor

În ciuda luminii dificile, ortofotografia produsă (1400 x 350 m), din două zboruri succesive, este destul de descriptivă. Totuși, lumina difuză a făcut ca imaginea să nu aibă profilări foarte clare, necesitând forțarea nivelului de contrast, culorile virând în nuanțe relativ depărtate de peisajul real.

Modelul teren (DEM) obținut cu aceeași ocazie nu a adus elemente suplimentare față de lucrurile deja știute, poate cu excepția sugestiei că, cu cât mergem spre nord, profilarea valului scade, informație cât se poate de plauzibilă dacă ținem cont că, la traversarea Văii Bratcov (între spital și oraș), ea este aproape nulă (constatare din perieghezele din 2012).

#### 1.4. Concluzii parțiale ale experimentului

Desigur, vremea concluziilor va veni după epuizarea experimentului, având de parcurs încă două etape, în aprilie și iunie. Unele lucruri au devenit însă evidente, de acum.

Fotografia achiziționată din dronă este un instrument extraordinar de util și de maleabil, fiind o inovație care, neîndoind, va schimba viața arheologilor, dar mai ales procedurile de diagnostic. Capacitatea de navigație exactă pe un traseu prestabilit este de mare precizie, întrecând ceea ce se poate realiza din avion (în primul rând datorită vitezei foarte diferite). Rezoluția sa este, de asemenea, mult superioară. Fotografia de sorginte UAV poate fi utilă în oricare anotimp, deși nu exact pe orice fel de suprafață. Se pot obține rezultate utile și în stagiul de vegetație mică, și pe culturi agricole în curs de maturare, dar mult mai puțin pe culturi înalte, deja uscate, și aproape deloc pe suprafețe acoperite de plante tăiate (dar nerecoltate), sau pe pârloage vechi<sup>6</sup>.

Dezavantajele sunt legate de costurile de exploatare, mai mari decât s-ar crede (în special pentru acumulatori), iar autonomia este, cel puțin deocamdată, destul de limitată (cca 30 de minute și maxim 3 km, ca distanță maximă parcursă, pe utilajele folosite de noi<sup>7</sup>). Un alt adversar este vântul (la niveluri peste 10 km/h), dar, cum am văzut, și... păsările de pradă.

Tehnologia fotogrametriei de sorginte UAV este de tipul „intervenției chirurgicale”, foarte exacte, dar de suprafețe mici. Ea nu poate crea „imaginea de ansamblu” (pentru care imaginile satelitare sau de avion sunt decisive), dar poate da detalii la un nivel considerabil superior și, mai ales, poate fi folosită, punctual, acolo unde și când trebuie.

Fotografia achiziționată din UAV poate folosi și în misiuni de recunoaștere pentru zone care, dintr-un motiv sau altul, sunt inaccesibile. Un astfel de exemplu va fi dat la finalul Secțiunii 2 (periegheze).

În fine, trebuie precizate și alte chestiuni tehnice care condiționează un rezultat util. În primul rând ar fi necesitatea existenței la sol a unor puncte cu coordonate cunoscute, în perimetrul de zbor. Pentru asigurarea orizontalității modelului teren rezultat din mozaicarea fotografiilor, sunt necesare minim trei (dar preferabil patru sau mai multe) puncte măsurate din stația totală<sup>8</sup>, astfel încât relația lor spațială (pe x,y,z) să fie cunoscută. Echipajul de deservire a dronei trebuie deci să fie mai mare, atât pentru a putea nota toate caracteristicile terenului deasupra căruia se lucrează (tipul de culturi și stadiul de creștere, pentru principalele parcele de teren), dar a realiza și acel minimum de măsurători cu stația totală. În fine, tot la condiții tehnice trebuie să menționăm că sunt necesare calculatoare foarte puternice, cu plăci video performante și minimum 8 GB RAM (preferabil 16), iar procesarea consumă relativ mult timp (o zi de lucru pentru două ridicări de dronă, cumulând sarcinile de fotogrametrie, topografie și completarea jurnalelor de misiune).

---

<sup>6</sup> De la sine înțeles – nici deasupra pădurilor dese, pentru care doar tehnologia LiDAR poate aduce contribuții.

<sup>7</sup> Pentru descrierea tehnică sumară a dronei și aparatului fotografice, în configurația cea mai obișnuită, vezi Anexa 6.

<sup>8</sup> Dar vizibile și în fotografiile achiziționate din dronă. În practică am folosit niște marcaje portocalii (în formă de con, pliabile, de bază pătrată, cu latura de 30 cm) folosite în construcții.