

LÉGI  
FÉNYKÉPEZÉSSEL  
A HARMADIK  
DIMENZIÓÉRTvaskori halmok  
kutatása Süttőn

Rupnik László

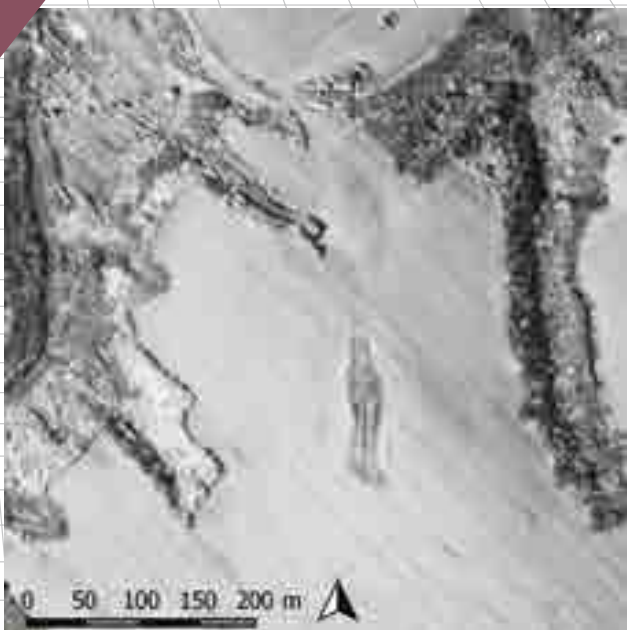
20



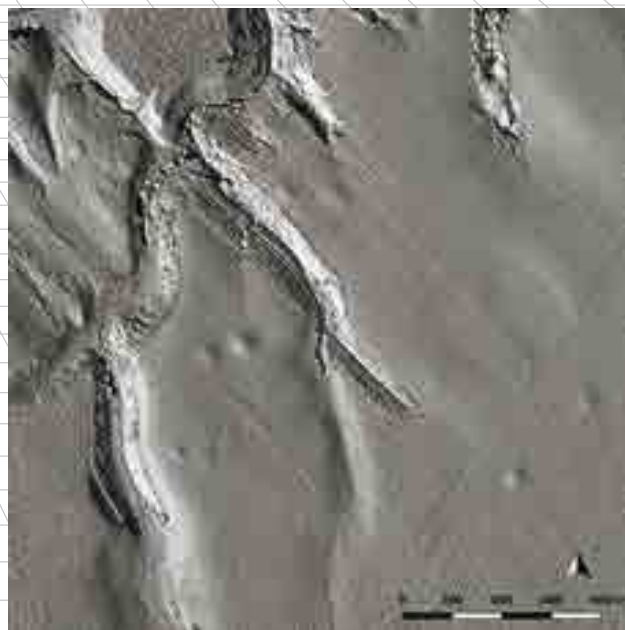
A völgyekkel tagolt süttői löszpart látképe kelet felől. Az alacsony szögben beeső napfényben jól látható a még álló halmok árnyéka (Czajlik Zoltán, 2013. 06. 19.)

**A** *Határtalan Régészet* lelkes olvasói számára aligha jelent nagy újdonságot az a megállapítás, hogy a régészeti kutatások és általában a tudományos munka jelentős részét a különböző adatok összegyűjtése és rendszerezése teszi ki. Egy lelőhely vizsgálatakor számos adattal/adattípussal számolhatunk, ilyenek például a régi leírások, rajzok és térképek, terepbejárások, geofizikai kutatások, talajfúrások és nem utolsósorban a régészeti feltárások révén nyert információk. A közvetlen régészeti források mellett azonban figyelembe kell vennünk egy sor egyéb, például földrajzi, éghajlati vagy más természettudományos kutatásokból származó

adatot is. Mindezek alapján egy régészeti lelőhely tulajdonképpen leírható a térben lévő pontok sokaságaként, ahol az egyes pontokhoz többnyire valamilyen régészeti szempontból fontos információ rendelhető. Minél több adat áll a rendelkezésünkre, a pontfelhő annál nagyobb felbontású, a múlt adott szeletéről alkotott képünk pedig annál részletesebb lesz. Ezen a szinten persze a régészeti munka már elképzelhetetlen a térinformatikai és 3D modellek készítésére szolgáló szoftverek alkalmazása nélkül. A nagy mennyiségű és igen sokszínű adat feldolgozása, illetve a bennük rejlő információmorzsák összeszedése másképp ma már nem oldható meg.



Vékony Gábor feltárásának kinyitott szelvényei egy 1987-ben készült légi felvételen (fentrol.hu)



1975-ből származó felvételek felhasználásával készült felületmodell a süttöi halmokról. A bal felső sarokban a ma már erdővel borított halmok nyomaival (fentrol.hu)

A légi régészet tökéletesen illeszkedik ebbe a rendszerbe, hiszen túl azon, hogy egy eltérő nézőpontot jelent a régészeti emlékek kutatásában, mind a felszínen megfigyelhető nyomok, mind pedig a helyszínen végzett régészeti munka dokumentálását lehetővé teszi. A különböző légi járművekről végzett módszeres fotózás és lézeres szkennelés végeredménye manapság egyaránt már egy-egy nagy felbontású 3D modell lesz. Pontok sokaságából álló felhőt kapunk tehát, amely a régészeti lelőhely meghatározásának alapjául szolgálhat.

A módszer sokrétűsége jól szemléltethető a Süttő nyugati határában húzódó löszplatón elhelyezkedő kora vaskori település, továbbá az itt található halomsírok és síktemetők összetett vizsgálatának példáján keresztül, amely egy – az Európai Unió által támogatott – nemzetközi kutatás (Interreg – Iron Age Danube) keretében valósult meg.

A modern módszerek alkalmazása persze nem jelenti azt, hogy a régebbi adatok ne lennének hasznosak. Épp ellenkezőleg, az új eljárásoknak hála a régebbi fényképfelvételekből sokszor még több információ nyerhető ki. Egy fotó mindig egy-egy régészeti lelőhely egy adott pillanatban megfigyelhető állapotát tükrözi, egy olyan időkapzula tehát, amelynek pontos körülményeit többé nem lehet megismételni. Egy régészeti emlék vagy lelőhely állapota pedig aligha javul az

idő múlásával. Ezért az olyan archívumoknak, mint a Hadtörténelmi Intézet és Múzeum Térképtára vagy a Lechner Tudásközpont Légifilmtára (fentrol.hu) a jelentősége óriási, még úgy is, hogy az itt őrzött felvételek készítésének elsődleges célja nem régészeti, hanem térképészeti és/vagy katonai volt.

Süttőn egyébként ezt megelőzően is végeztek már régészeti feltárásokat, de ezek pontos helyét sajnos nem minden esetben rögzítették, így azokat térképre sem lehetett felvinni a mostani kutatást megelőzően. A *fentrol.hu* légi felvételei között szerencsés módon akadt azonban egy olyan képsorozat, amely épp egy egykori ásatással egy időben készült a területről. Így e fotók térképi illesztése után az egykori szelvények helye meghatározható volt, „helyükre húzva” ezzel az addig a „levegőben lógó” adatokat.

Az archív légi felvételek egy másik sorozata ráadásul alkalmasnak bizonyult úgynevezett fotogrammetriai 3D feldolgozás elvégzésére is. A halomsírok egyik csoportja ugyanis, amely ma már sűrűn benőtt területen található, a képek készítésekor még nem volt a növényzet takarásában, így azokról utólagosan felületmodell volt készíthető. Bár ennek minősége elmarad a modern lézerszkennelések segítségével elkészíthető modellekétől, mégis remekül alátámasztja, hogy ahol lézeres felmérés nem áll rendelkezésre, vagy

Ausztria, Horvátország, Magyarország, Szlovákia és Szlovénia részvételével az Interreg – Iron Age Danube program azt tűzte ki célul, hogy a Duna-vidék vaskori emlékeit a tudományos vizsgálatokon túl a nagyközönség számára jobban érthetővé és elérhetővé tegye.

esetleg a terület jelentős károkat szenvedett el, az archív fotókon alapuló 3D modellezés rendkívül hasznos lehet a régész számára.

Süttön az archív légi felvételek elemzését aktív vizsgálatok követték, amelyek során merevszárnyú repülővel, helikopterrel és távolról vezérelt légijárművel hagyományos légi felvételek sokasága készült a lelőhelyről. Az első két esetben a repülések elsődleges célja a halmok és a kapcsolódó telepek állapotának felmérése, valamint új régészeti jelenségek esetleges felfedezése volt. A lehető legteljesebb kép kirajzolása érdekében ezekre a repülésekre különböző fényviszonyok és növényzeti fedettség mellett, a helikopter és a repülő eltérő repülési sajátosságainak kihasználásával került sor. A még álló – így a felszínen is jól azonosítható – halmok a levegőből más-más arcukat mutatták meg. Ugyanakkor a szántóföldi növényekben kirajzolódó úgynevezett növényi jelek eddig nem ismert régészeti objektumok nyomait is felfedték. Az erdővel borított zónák esetében mindezeket kiegészítette a légi lézeres szkennelés (ALS),

A fotogrammetria egy távérzékelési tudományág, amelynek segítségével tárgyakról vagy a terepről készített fényképeken végzett számítások alapján meghatározható azok valós kiterjedése.

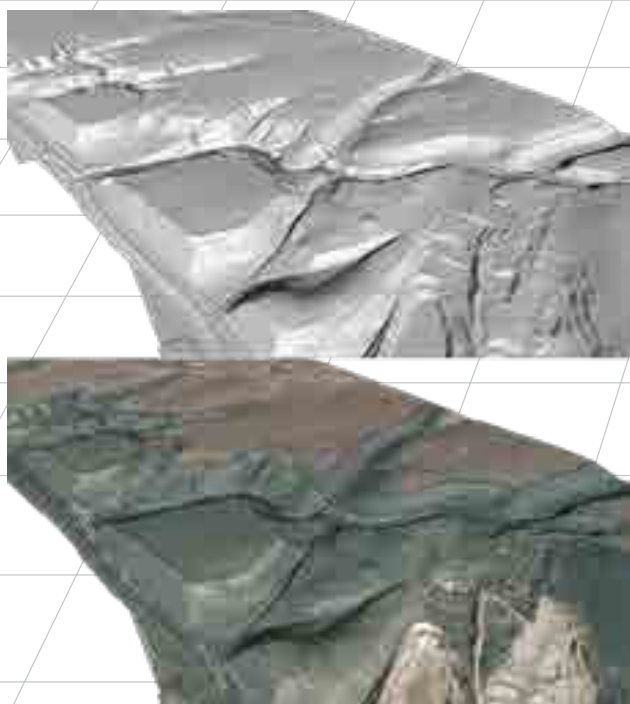
A növényi jelek a felszín alatt eltemetett, emberi vagy természetes eredetű jelenségek növényekre gyakorolt hatása nyomán megjelenő elváltozások gyűjtőneve. Lehet pozitív vagy negatív, amely a növény magasságának és színének a környezethez képesti elváltozásával azonosítható. Az ALS az *Airborne Laser Scanning* angol kifejezés rövidítése. Aktív távérzékelési eljárás, amelynek során egy légijárműről kibocsátott és visszaverődő lézerek segítségével letapogadják a földfelszínt.

amely a fák, illetve bokrok lombjai alá belátva a felszín egészen apró különbségeit, így a halmok, sáncok, illetve egyéb földépitmények nyomait rajzolta ki. Süttő esetében a halmok pontosabb felmérése, valamint az erődített telepek részletes domborzati viszonyainak dokumentálása köszönhető ennek az eljárásnak.

A modern lézeres felmérés azonban sajnos nem fedte le a lelőhely egészét, ugyanakkor a munkánkhoz mindenképpen szerettünk volna hasonló minőségű modellhez jutni a kimaradt részekről is. Erre a legjobb megoldást a drónok alkalmazása kínálta, amely esetünkben a DJI Phantom 4 és Mavic 2 típusok egy-egy példányát jelentette. A kívánt területet előre programozott repülési útvonal mentén repültünk végig a drónokkal, így több száz, egymást részlegesen átfedő fényképet kaptunk a területről. A feldolgozás során a szoftver felismerte a két vagy több képen megtalálható közös pontokat, majd a kamera geometriája és a képek közötti elmozdulás alapján kiszámolta az egyes pontok egymáshoz viszonyított térbeli helyzetét.

Ahhoz, hogy ezt a relatív pontfelhőt térképészetileg is értelmezni tudjuk, szükségünk van vagy a kamera, vagy a képeken látható pontok egy részének pontos térbeli pozíciójára is. Napjainkra szerencsére már rendelkezésre állnak olyan repülőeszközök, amelyek néhány centiméteres pontossággal rögzíteni tudják saját helyzetüket a repülés során. Esetünkben a megoldást az úgynevezett földi ellenőrző pontok kihelyezése jelentette, amelyek kialakításuk miatt a légi fotókon is jól láthatóak, helyzetük pedig nagy pontosságú GPS segítségével rögzíthető. A munka során végül hat repüléssel egy közel 75 hektáros terület néhány centiméteres felbontású felületmodelljét készítettük el, amely összeilleszthető volt a lézeres felméréssel. A kettő együtt minden további régészeti adat értelmezésének és térképi megjelenítésének alapjául szolgált.

A drónnal végzett hasonló felmérések a régészeti feltárások dokumentálásában szintén hatalmas előrelépést jelentenek, hiszen így digitálisan megörökíthetővé és tárolhatóvá válik a feltárás egyes fázisainak pontos 3D modellje, amelyet 3D nyomtatással később akár életre



A légi lézerszkennelés részlete nyugat felől, előtérben egy római őrtorony és az erdővel borított terület halmaival (Király Géza – Rupnik László)





A légi lézerekkel készített fényképek kiegészítve a drónos fotó 3D felmérés felületmodelljével. Ez a modell az alapja a különböző régészeti adatok megjelenítésének. Ebben az esetben a mágneses geofizikai mérés részletének és az ismert halomsíroknak (pirossal)

is lehet kelteni. Süttön a kutatás részeként egy korábban feltárt halomsír környezetének részleges feltárását végeztük így el, amelyet ennek megfelelően dokumentáltunk. A régészeti adatok digitális térbe emelése lehetővé teszi



23

A feltárás 3D modellje a drónos feldolgozás felületmodelljével és a terület mágneses geofizikai mérésével összeillesztve. Jól kivehető a feltárt árok folytatása a geofizikai mérésen

egyúttal azok hatékony összevetését, így nem jelent gondot a halom feltárásának, a felület modelljének és a róla készült magnetométeres felmérés adatainak együttes megjelenítése sem. Mindez természetesen jelentősen megkönnyíti az adatok értelmezésének folyamatát.

A légi régészet szinte egyidős magával a repüléssel, emiatt egy viszonylag régi technológiának számít, ugyanakkor az új eszközök és a rajtuk elhelyezhető mind hatékonyabb szenzorok fejlesztése révén folyamatos a fejlődése. Mindez pedig várhatóan a kutatásba bevonható adatok további drasztikus növekedésével fog együtt járni. Ezeknek az adatoknak a tárolása, feldolgozása és értelmezése pedig várhatóan új kihívások egész sora elé fogja állítani a jövőben is a régészeket.



Az egyik halomsír részleges feltárásának fotó 3D alapú modellje és digitális metszete



[A kutatás az Európai Unió INTERREG programja és az NKFIH (1346235) támogatásának köszönhetően valósulhatott meg.]