

Dr. Négyesi Lajos* – Dr. Németh András** – Prof. dr. Padányi József*** – Szabó András****

Zrínyi-Újvár kutatása a hadirégészet eszközeivel

II. rész

A szerzők tanulmányukban Zrínyi-Újvár feltárásának példáján keresztül mutatják be a hadirégészet eszköztudományát és módszertanát. A vár 1664-es ostromát és elfoglalását követően, a törökök a cölöpökkel erősített földvár falait és épületeit lerombolták, felgyújtották, kútját betemették. A szerzők a tanulmány első részében, az elméleti bevezető után ismertették a feltáráshoz alkalmazott technikákat és módszereket. Az elvégzett mérések eredményesnek bizonyultak, a várfal nyomait a Mura bal partján, a Szent Mihály-hegy északi végén találták meg. A második részben a további feltárások érdekében alkalmazott lézeralapú távérzékelési technológiát, valamint a különböző műszeres vizsgálatok alkalmazását tárgyalják.

A Zrínyi-Újvárnál végzett mérések mind a várfal egyes szakaszainak, mind pedig a várkút beazonosítása során eredményesnek bizonyultak, ugyanakkor az ún. „sötét kapu” helyét még nem sikerült behatárolni [1]. A várkút 2020-ban elkészült rekonstrukciója, illetve belső szerkezete a 6. ábrán látható.

Szintén geofizikai vizsgálati módszerek minősül a *magnetométeres* mérés, amely a korábbiakban tárgyalt eljárásokkal szemben nem igényli elektromágneses hullámok kisugárzását. Ezzel a méréssel tehát egy passzív megol-

dást alkalmaztunk. Az eszköz képes kimutatni a Föld mágneses terében megjelenő lokális eltéréseket, amelyet a föld alatti természetes képződmények, vagy mesterséges objektumok környező talajtól eltérő mágneses tulajdonságai okoznak [2].

Mágneses jellemzőik alapján az anyagokat különböző kategóriákba sorolhatjuk. Az induktív mágnesezettséggel rendelkező anyagok kizárólag külső mágneses tér jelenlétében mutatnak mágneses tulajdonságokat, annak összeomlása esetén az anyag dipólusai visszarendeződnek eredeti helyzetükbe, és az anyag kifelé ismét semlegessé válik. Remanens (visszamaradó) mágnesezettségű anyag esetén a külső mágneses tér megszűnését követően is megmarad a mágneses tulajdonság, mivel a dipólusok megtartják a felvett orientációjukat [3]. A különböző anyagokból készült tárgyak saját mágneses tere eltérő mértékben képes torzítani a Föld mágneses terét, így az azok által okozott lokális anomáliák az adatok feldolgozása során kiemelkednek a háttérből. Az eltérések kimutatására használható műszerek különböző elveken működhetnek.

Kutatásaink során a gradiens mérést alkalmaztuk, amely két egymás fölé helyezett szondával történik. A két szonda

6. ábra. A várkút rekonstrukció után a) és belső szerkezete a feltárás során b)



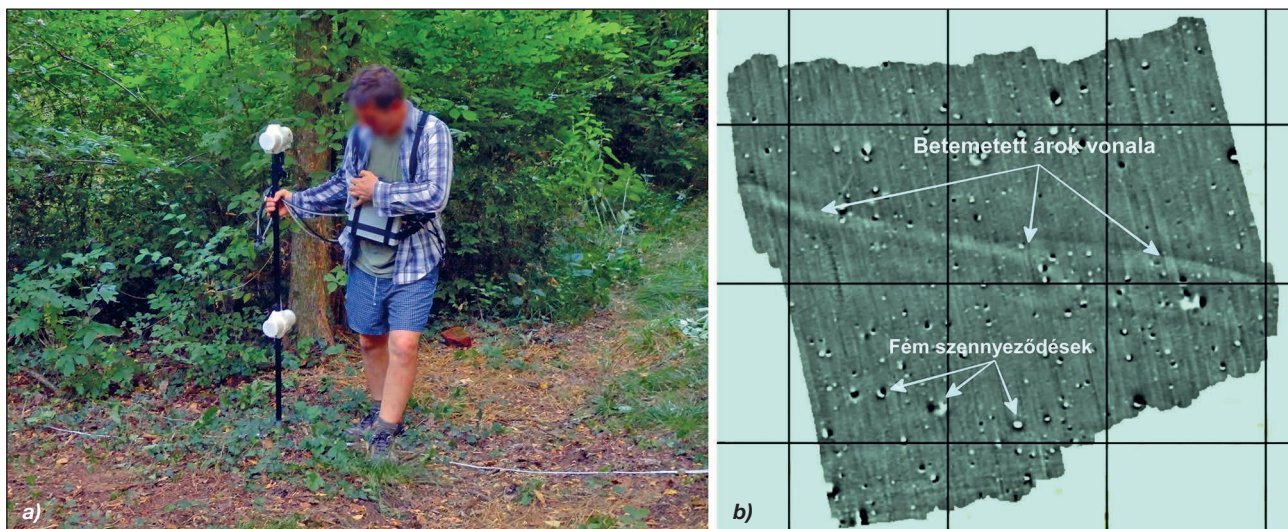
* NKE Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar. ORCID: 0000-0002-6632-5575

** NKE Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar. ORCID: 0000-0003-2397-189X

*** NKE Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar. ORCID: 0000-0001-6665-8444

**** NKE Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar. ORCID: 0000-0002-8750-8557





7. ábra. A magnetométeres mérés folyamata a), valamint egy mérés eredménye b) [6]

által mért mágneses tér különbségét (térértékkülönbség) a szondák távolságával elosztva megkapjuk a mágneses tér vertikális gradiensét. Ennek hely szerinti változásából következtetni lehet a nagyobb felszín alatti objektumok (sáncok, épületmaradványok, kemencék), illetve mesterséges, vagy természetes képződmények, terepelemek (gödrök, árkok, sáncok, kutak) elhelyezkedésére [4]. Jelenleg ez a leggyorsabb és legköltségghatékonyabb eljárás, amelynek felbontását alapvetően a kijelölt mérőpontok távolsága határozza meg. Zrínyi-Újvár területén és annak környékén több ilyen mérést is végeztünk a várfal, illetve az ún. „sötét kapu”, valamint a török ágyúállások és ostromárkok felderítése céljából. Egyik mérésünk eredménye a 7. ábrán látható, amelyen egy korábban betemetett árok vonala rajzoldódik ki egy ma is művelés alatt álló mezőgazdasági területen, ahol a talajban nagy mennyiségű fémszennyeződés nyomai is megjelennek „zaj” formájában [5].

Nagyobb területek rövid idő alatt történő átkutatására a fenti módszerek nem alkalmasak. Ugyanakkor létezik egy másik megoldás, amelynek segítségével akár a levegőből, akár a földről végzett mérések segítségével nagy mennyiségű információhoz juthatunk. A lézer alapú távérzékelési (Lidar – Light Detection and Ranging) technológia, illetve az arra épülő technikai megoldások alkalmazása lehetőséget teremtenek többek között arra is, hogy adott területen olyan egykori objektumok nyomait is felfedezzük, amelyek az emberi szem számára már hosszú ideje láthatatlanok. Tekintettel arra, hogy Zrínyi-Újvár esetében hasonló körülmények álltak fent, illetve a terep és a környezet nem tette lehetővé, hogy földfelszín közeli megoldásokat vegyünk igénybe, ésszerűnek tűnt a terület levegőből történő feltérképezése, és így a felszín nagy pontosságú modelljének előállítása.

A Lidarral végzett mérések esetén fontos szempont a kinyert adatok georeferálhatósága annak érdekében, hogy az előállított modelleket pontosan tudjuk illeszteni a helyszín térképeivel, geoinformációs adatbázisaihoz. Ez az igény tetten érhető az ilyen típusú fedélzeti lézerek felépítésében, hiszen a lézertáv mérő (LRF), a videokamera, az adatrögzítő, illetve a repüléstervező és végrehajtó egységen felül azok tartalmaznak egy inerciális, és egy globális műholdas navigációs rendszert (INS^s, GNSS^s) is [7].

A Lidarok az ultraviola, a látható fény és az infravörös tartományban – a rádiófrekvenciás távolságmérés elveivel hasonlóan – folytonos hullámú, vagy impulzusüzemű mó-

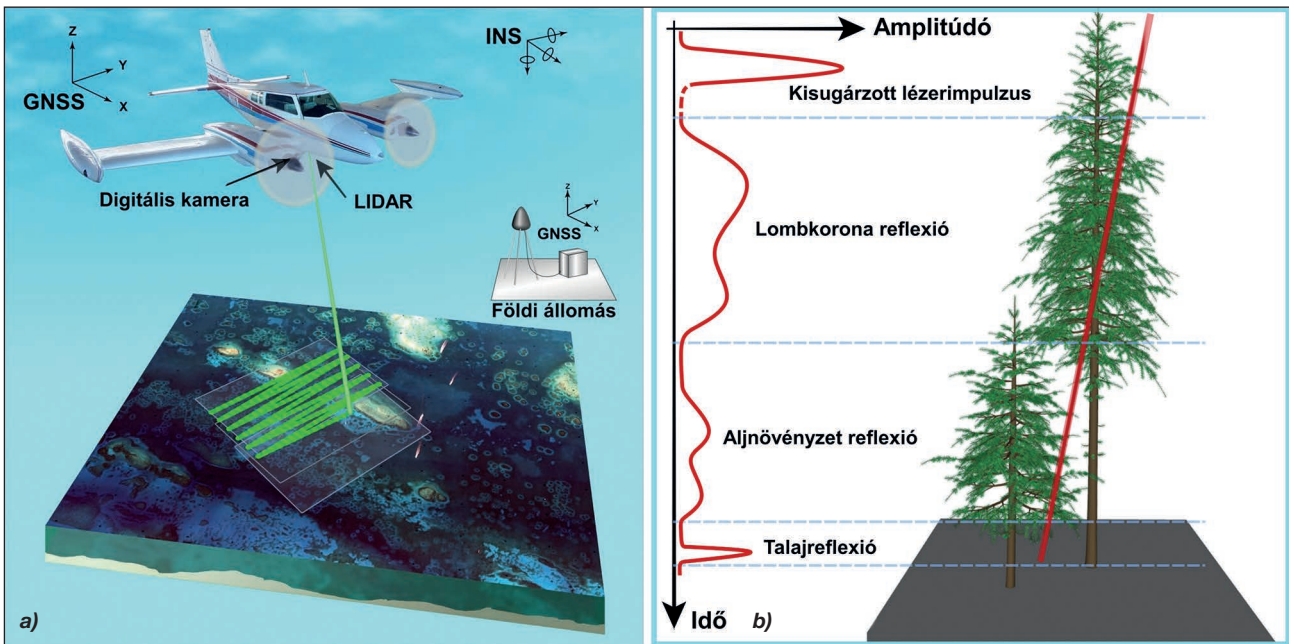
dokban működhetnek. A besugárzott felszínről az energia egy része visszaverődik, amelyet a lézertáv mérő egység detektora érzékel, majd a kibocsátás és vétel között eltelt idő alapján – a terjedési sebesség ismeretében – a feldolgozó egység meghatározza annak távolságát. A terep és az objektumok egyes pontjainak pontos térbeli helyzeti meghatározásához minden pillanatban szükséges a szenzor helyének és orientációjának ismerete. A mérések eredményeként kialakuló pontfelhő, illetve az arra illesztett felületi modell pontosságát – több más paraméter mellett – a mérési gyakoriság határozza meg, amely általánosságban 300 Hz és 15 kHz között lehet.

Légi topográfiai Lidar esetén, a hordozóplatform (pl. UAV¹⁰) egyenletes sebességgel halad a felméréndő terület fölött, miközben a lézerek a repülési irányra merőleges síkban pásztázza a felszínt, másodpercenként több ezer távolságmérést végezve. A rendszer hatótávolságát, azaz a maximális repülési magasságot a kibocsátott energia nagysága és a detektor érzékenysége mellett a nyaláb széttartása, a felszín reflexiós tulajdonsága, illetve a légkör pillanatnyi állapota is befolyásolja. Adott mérési sűrűség mellett a felületi mérési pontosságot a repülési magasság (a pásztázott terület szélessége) és a sebesség, illetve a szkennelési frekvencia egyaránt befolyásolja. A felszínből kiemelkedő terepobjektumok élein vagy a növényzeten a lézerek magassági törést szenvedhet, azaz az energia egy része azokról (first echo), míg a fennmaradó része tovább haladva a talajfelszínről verődik vissza (last echo). Az egyes detektorok képesek egymástól megkülönböztetni ezeket a visszavert jeleket, így az utólagos feldolgozás során azok egyszerűen szűrhetővé válnak. Ez különösen hasznos lehet erdős, fás területek felmérése során, amikor a különböző lombkorona-, illetve aljnövényzet-szintekről is érkezhetnek reflexiók a detektorba [7, 8] (8. ábra).

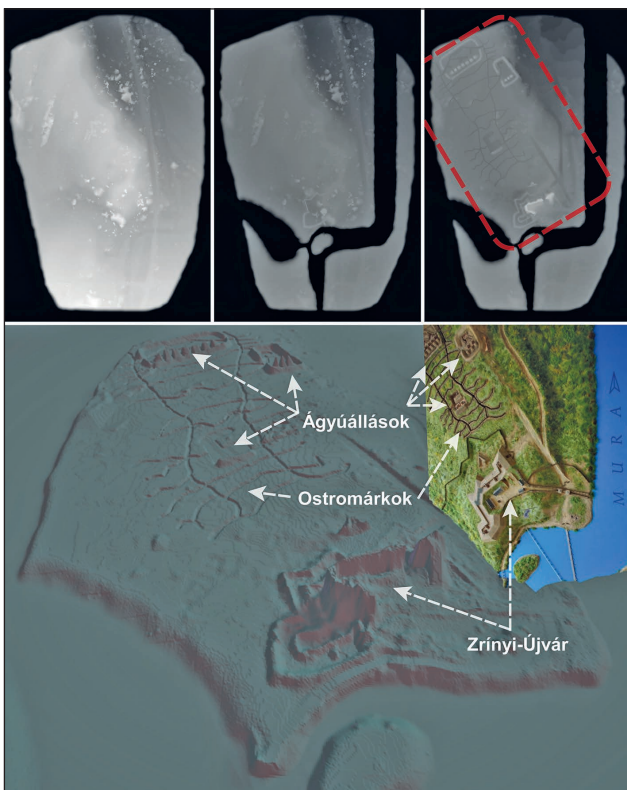
Zrínyi-Újvár LIDAR-al végzett felmérésének eredménye, valamint a szűrés, illetve a vár és az ostromterület képmánipulációval történő felhelyezését követően kialakuló összkép a 9. ábrán látható.

FÉMVIZSGÁLATOK

A fellelt tárgyak számos további információval szolgálnak. Az egyik kutatási irányunk, a fémvizsgálatok során a muskétagyolyókat, ágyúgolyókat és bombarepeszeket roncs-



8. ábra. A Lidarral történő mérés folyamata a) és a többszörös reflexió jelensége b)¹¹ (szerzői szerkesztés)



9. ábra. A Lidarral készített mérések eredménye, és az azok alapján készített manipulált modell (Forrás: szerzői szerkesztés a [9] alapján)

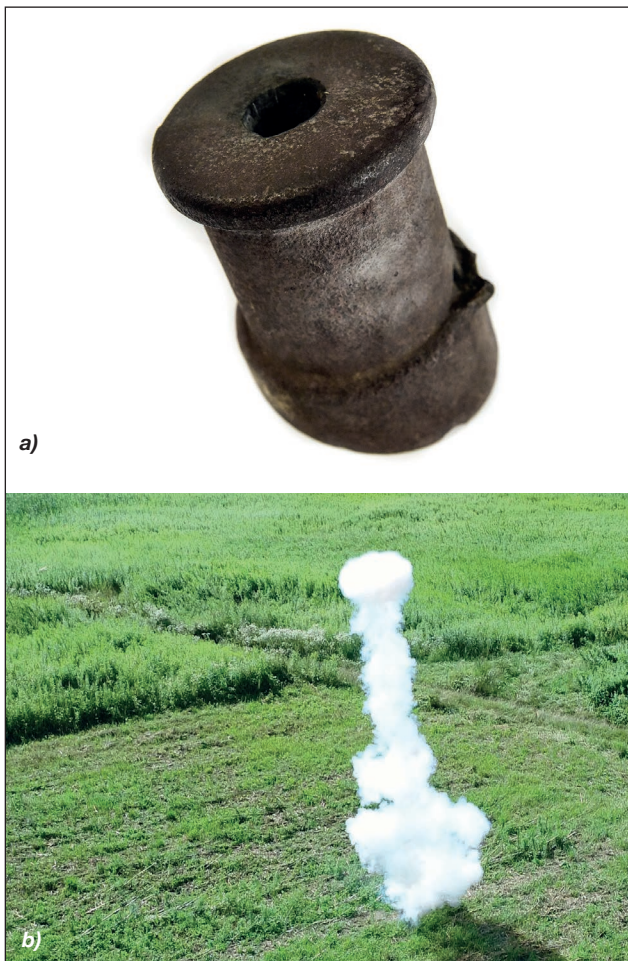
lások és roncsolásmentes vizsgálatoknak vetették alá, illetve egy ostromkori csákány anyagának elemzését is elvégeztük. A legfontosabb eredmények a következők:

- A Zrínyi-Újvárnál előkerült muskétagyolyók anyagát több ütemben, és eltérő módszerekkel vizsgáltuk. Első lépésben a lövedékek sűrűségét mértük meg, ebből következtetve azok anyagának összetételére. Kiindu-

lasi alapnak tekintettük azt az ismert tényt, hogy a sűrűség a tömeg, és a térfogat hányadosa. A térfogat meghatározásakor abból indultunk ki, hogy minden szilárd test akkora térfogatot szorít ki folyadékba merülve, amekkora a saját térfogata. A méréshez egy 0,5 cm³ osztású mérőhengert és desztillált vizet használtunk. A hengerben minden mérés kezdetén 10 cm³ desztillált vizet mértünk, majd a lövedéket beleengedve leolvastuk a kiszorított víz térfogatát. A tömeg meghatározására tízezred pontosságú digitális mérleget használtunk. A vizsgált lövedékek (8 db) átlag tömege 25,0083 g, átlag térfogata 2,1875 cm³ volt. A két adat hányadosa adta az átlagsűrűséget (11,4323 g/cm³), amely azt mutatja, hogy a vizsgált lövedékek anyaga ólom (11,34 g/cm³).

- Természetesen a műszeres vizsgálatokat is elvégeztük az anyag meghatározására. A mintákon végzett roncsolásos és roncsolásmentes vizsgálatok azt mutatták, hogy alapvetően ólom (ólom-oxid) és némi szilícium (üveg-, vagy homokszennyeződés) mutatható ki a lövedékek belsejében. A lövedékek mikroszerkezete nagyon finom, ami gyors hűlésre utal. Ez azt valószínűsíti, hogy fém formába történt az öntés. Abból, hogy a lövedékek anyagában ötvözőelemet nem találtunk, az is következik, hogy az aránylag puha ólomlövedék a becsapódáskor azonnal roncsolódott. Amikor ez emberi testben történt, a deformálódó lövedék szörnyű sebet okozott, durván roncsolva a szöveteket. Ezek közül talán a legfontosabb az, hogy a lövedékek (ágyúgolyó, repeszek és a mozsárbombák) készítői tisztában voltak a hűtés gyorsaságának fontosságával. Ahhoz ugyanis, hogy a tömör ágyúgolyó megfelelő romboló hatással rendelkezzen, szívósságot adó szövetszerkezetet kellett elérni. Ezt lassú hűtéssel érték el. Amikor a cél a repeszhatás fokozása volt (mozsárbombák), gyorsabb hűtést alkalmaztak, ami ridegebb szövetszerkezetet hozott létre.
- A csákány esetében roncsolásos vizsgálattal kerestünk választ arra a kérdésre, hogy milyen eljárással érték el, hogy a csákány tartós maradjon. A csákány csiszolatáról készült kép azt mutatta, hogy a készítője





10. ábra. A kísérlethez használt jellövő mozsár a), és a lövés (hangjelzés) pillanata b)

kovácsolással alakította ki a formát. Kétféle karbon-tartalmú lemezt kovácsoltak össze, 10-11 rétegben. A kisebb karbon-tartalmú lemezek az anyag szívósságát, a nagyobb karbon-tartalmú lemezek a keménységét biztosították [10].

Érdekességként röviden szólunk egy olyan kísérletről, amelynek kivitelezése kockázatos volt. Zrínyi Miklós leveléből tudjuk, hogy a határ menti őrállásokban jellövő mozsárral adtak hangjelzést, ha észlelték az ellenség mozgását [11]. Így hát, aki „értette a dörgést”, azonnal tudott reagálni és összpontosíthatta erőit a szükséges helyen. Vizsgálataink lényege az volt, hogy mind számítással, mind kísérlettel (lövessel) próbáljuk behatárolni a jellövő mozsarak hangjának hallhatóságát, és ezzel a górék (magas oszlopokon álló őrhelyek) egymástól való távolságát. Mindkét módszer az bizonyította, hogy 3,5 km az a távolság, amelyen belül biztosan hallatszott a „dörgés” (10. ábra).

ÖSSZEGRÉS

Kutatásaink több tudományág módszereinek és eszközeinek felhasználásával segítette a Zrínyiek örökségének megőrzését, új adatok feltárását. Meggyőződésünk, hogy ez az egyik útja a hadtudományi kutatások megújításának. Az előzőekben bemutatott eredmények egy hosszú út egyes állomásait jelzik, de nem a végállomást. Számos területen lehet még gazdagítani hazánk meghatározó csa-

ládjának történetét. Legújabb kutatásaink a Zrínyi család gazdag fegyvertárának még fellelhető darabjaira vonatkoznak, áttörést ígérve ezen a területen is.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] Padányi József, „A Zrínyiek nyomában”. *Muratáj*, (2016) 1–2. 94–104.;
- [2] *Földmágneses kutatómódszer. Alkalmazott földfizikai gyakorlat.* Elérés: 2020. 09. 15. <http://geophysics.elte.hu/magneses1.pdf>;
- [3] Alvin Hudson, Rex Nelson, „Az anyag mágneses tulajdonságai” In: *Útban a modern fizikához.* LSI OMAK Alapítvány (1994) 775–785.;
- [4] Lenkey László, „Földmágneses mérések a régészetben” Régészeti geofizika konferencia, előadásanyag Budapest, 2013. Elérés: 2020. 09. 15. <http://oldwww.mageof.hu/regeszet/arch/1311lenkey.pdf>;
- [5] Németh András, Szabó András, „Zrínyi-Újvár ostromának műszeres kutatása.” In: *Zrínyi-Újvár: Egy 17. századi védelmi rendszer az oszmán hódoltság határán* (Hausner Gábor, Németh András szerk.) Budapest, Ludovika Egyetemi Kiadó, (2019): 159–180;
- [6] Négyesi Lajos, *Csaták néma tanúi. A csata- és hadszíntérkutatás – hadtörténeti régészet fogalma és módszerei.* Budapest, HM Hadtörténeti Intézet és Múzeum, 2010;
- [7] Verőné Wojtaszek Malgorzata. Fotointerpretáció és távérzékelés 3. A lézer alapú távérzékelés. Digitális Tankönyvtár (2010) Elérés: 2020. 07. 9. https://regi.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0027_FOI3/ch01s03.html?fbclid=IwAR2OaHr0G7uG7Mtfu6RlAMVP-nHEpsSToQeLjnQOlnJwJpp5rKq5luqV098w;
- [8] Székely Balázs, Molnár Gábor, Andreas Roncat, „Domborzat- és felületmodellek teljes jelalakos légi lézerszkenneléssel” *Geodézia és kartográfia* 59, 12. sz. (2007): 8–13.;
- [9] Németh András, Szabó András, Balog Ferenc. „3D virtualizációs és vizualizációs technológiák az eredmények archiválásában.” In: *Zrínyi-Újvár: Egy 17. századi védelmi rendszer az oszmán hódoltság határán* (Hausner Gábor, Németh András szerk.) Budapest: Ludovika Egyetemi Kiadó, 2019, 223–266.
- [10] Bartha Tibor, „A Zrínyi-Újvárnál talált leletek fémvizsgálatának eredményei és értelmezése” 389–399. – In: *Határok fölött – Tanulmányok a költő, katona, államférfi Zrínyi Miklósról.* Szerkesztette: Bene Sándor, Hausner Gábor, Padányi József. Budapest, MTA Bölcsészettudományi Kutatóközpont, 2017;
- [11] *Zrínyi Miklós összes művei* Szerkesztette Kovács Sándor Iván. (Magyar Remekírók) Budapest, Kortárs Kiadó, 2003. 761. o.

JEGYZETEK

- 7 Laser Range Finder.
- 8 Inertial Navigation System.
- 9 Global Navigation Satellite Systems.
- 10 Unmanned Aerial Vehicle – személyzet nélküli légi jármű (drón).
- 11 https://prd-wret.s3.us-west-2.amazonaws.com/assets/palladium/production/s3fs-public/styles/full_width/public/thumbnails/image/lidar-plane-fig-square_0.jpg (Letöltés ideje: 2020. 07. 10.) https://www.mdpi.com/remotesensing/remotesensing-12-00247/article_deploy/html/images/remotesensing-12-00247-g009.png (Letöltés ideje: 2020. 07. 10.).