

NÉMETH BALÁZS – PADÁNYI JÓZSEF – HAMZA EMIL

TÜZFEGYVEREK HATÉKONYSÁGA ZRÍNYI-ÚJVÁR 1664. ÉVI OSTROMÁNÁL I.

A 17. századi tüzfegyverek hatásvizsgálatának problematikája és Zrínyi-Újvár lövedékei

Bevezető

A 17. századi tüzfegyveres harcászat hatékonysága nem értelmezhető, amennyiben nem ismerjük a korabeli tüzfegyvereknek az egyéni harcos, valamint a zárt harcrendek elleni hatékony lőtávolságát, valamint a kilőtt lövedékek ölőképességét. A történelmi tüzfegyverek ballisztikai vizsgálata így fontos részét képezi a 17. századi hadművészet vizsgálatának is. Nehezen tisztázható bármilyen tüzfegyveres csapatnem hatékonysága, amennyiben nincs pontos képünk arról, hogy a katonák által használt löfegyverek milyen hatékony lőtávolsággal, pontossággal, átütőerővel, ölőképességgel rendelkeztek. A hadügyi forradalom egyik legfontosabb hajtóanyaga maga a lőpor volt. Az ágyú, majd a kéziágyún keresztül kialakuló puska, karabély és pisztoly alapjaiban módosította azt, ahogy a hadseregek harcoltak. Olyan harcrendek és harcászati megoldások alakultak ki, amelyekben a hidegfegyverek és tüzfegyverek egymást támogatva voltak képesek működni. Egyik haderő-, fegyver- és csapatnem sem volt elképzelhető lőporral működtetett fegyverek nélkül. A 16–17. században tetten érhető, ahogy a tüzfegyveres csapatnemek aránya folyamatosan növekedett a hidegfegyveresek rovására, míg a 17. század végére elérkeztünk arra a pontra, ahol valamilyen löfegyver nélkül már szinte egyetlen katona sem képzelhető el.

A tüzfegyverek alapvetően a támadás fegyverei voltak, melyek alkalmazása tekintetében a hatékony lőtávolság volt a kulcstényező. Raimondo Montecucoli *A magyarországi török háborúkról* című könyvében a következőképpen határozza meg a tüzfegyvertípusok alkalmazásának alaptételét: „A támadófegyverek fő tulajdonsága, hogy velük az ellenséget felfedezésének pillanatától kezdve egészen a teljes vereségig és a csatatérről történő elűzéséig folyamatosan lehet szorongatni és csapást mérni rá. Minél közelebb jön az ellenség, annál sűrűbb legyen a rájuk leadott lövések vihara. Amíg távolabb van az ellenség, addig az ágyúkból, amint közeledik, muskétákból, azután karabélyokból és pisztolyokból lőjünk, végül lándzsával, pikával és karddal, majd a csapatok összeütközésével harcoljunk.”¹

A mű 1670-ben készült el, vagyis összegzi azokat a tapasztalatokat, melyeket a szerző a nyugat- és a közép-európai hadszíntereken szerzett meg. Az idézett lista a fegyvertípusok

¹ Montecucoli 2019. 53. o.

alkalmazásának időrendiségét határozza meg, ugyanakkor egyértelművé teszi, hogy a tűzfegyverek alkalmazása egyre fontosabb lett, miközben a muskétás még mindig rászorult a hidegfegyveres csapatnemek támogatására: „A muskétások magukban, a pikások nélkül nem alkothatnak olyan csapategységet, amely képes lenne akár a lovasság rohamának, akár a rájuk rohanó pikások támadásának szilárdan ellenállni. Ilyenkor a muskétásoknak el kell hagyniuk a csatateret.”²

*Zrínyi-Újvár fegyverei, avagy a 17. századi löfegyverek
ballisztikai vizsgálatának kérdései és válaszai*

Vizsgálatunk tárgya Zrínyi-Újvár 1664. évi ostroma. Annak hadileletanyagára építve igyekszünk választ adni arra a kérdésre, hogy mennyire voltak hatékonyak a korszak tűzfegyverei. Mindennek alapja, hogy megismerjük a gyalogság fegyverei által kilőtt lövedékek torkolati sebességét, ugyanis ez teszi lehetővé, hogy a fegyver kül- és célballisztikájáról megfelelő képet kaphassunk. Nem vagyunk könnyű helyzetben, hiszen a 17. században még nem tudták megmérni a kilőtt lövedék sebességét, így feljegyzés sem maradhatott fenn, mely alapján a ballisztikai görbe felrajzolható lenne. Az első ballisztikus, aki sikerrel mérte meg egy kilőtt lövedék torkolati sebességét, Benjamin Robins volt. 1742-ben először megjelent *New Principles of Gunnery* című művében írta le a matematikai módszert és az általa tervezett ballisztikai inga működését, mellyel meghatározható a kilőtt lövedék sebessége. Robins kísérlete során a 10-es űrméretű (19,7 mm), 45 hüvelyk (1143 mm) hosszú puskacsőből $\frac{3}{4}$ hüvelyk (19,05 mm) átmérőjű, kb. 41 g tömegű ólomgolyót 1700 láb/másodperc (518,5 m/s) torkolati sebességgel lőtte ki a lövedékhez képest fele tömegű lőportöltet.³ Robins sima csövű puskák és tüzérségi eszközök tekintetében vizsgálta a kezdősebességet, felismerve, hogy a ballisztikai görbe felrajzolásának alapja ez az érték. Robins munkája közel 80 évvel Zrínyi-Újvár ostroma után született meg, így az abban szereplő torkolati sebesség adatai nem mérveadók a 17. század vonatkozásában.

A modern kutatók közül nem mi kísérjük meg először meghatározni a 17. századi löfegyverek torkolati sebességét. Az elöltöltő-fegyveres sportlövészet megjelenése a múlt század második felétől nagyszerű lehetőséget adott a kutatóknak arra, hogy akár kísérleti régészeti módszereket is alkalmazzanak a feladat megoldása során. Elévülhetetlen érdemeket szerzett Peter Krenn grazi kutatócsoportja, mely a Landesmuseum Joanneum fegyvertárának eredeti löfegyvereit használta kísérleti régészeti célokra. A laboratóriumi vizsgálatok eredményeit 1989-ben publikálták, könyvük⁴ – máig a korszak vizsgálatának egyik legfontosabb forrása. Elemzésük kiterjedt a fegyverek

² Montecucoli 2019. 60. o.

³ Robins 1742. 80. o.

⁴ Krenn et al. 1989.

belballisztikájára (a lövés során a csőben zajló folyamatok vizsgálata), a külballisztikára (a lövedék röpködése közben történő folyamatok, a ballisztikai görbe vizsgálata), valamint a célballisztikára (a lövedék becsapódásakor történő folyamatok, a lövedékhatás vizsgálata) is. A történelmi fegyvereket éppen azokkal a módszerekkel vizsgálták, ahogy a 19. század végétől a hadi és polgári lőfegyvereket szokás. A kutatócsoport által felállított metodika máig zsinórmérték a történelmi tűzfegyverek vizsgálata során, analitikus pontosságá követhető példa minden kutató számára.

Kísérleti régészeti kutatásokat – 17. századi tűzfegyverekkel végzett löpróbákat – több kutató, illetve kutatócsoport is végzett az elmúlt évtizedekben. D. P. Miller, D. Allsop és D. J. Carr 2019-ben folytatott kísérleteket, melyek egyik fő célja annak meghatározása volt, hogy a harctereken talált lövedékek az első becsapódási pontoktól milyen távolságba juthatnak gurulat útján.⁵ A kutatócsoport az angol polgárháború ún. 10-es űrméretű muskétáit és lövedékeit vizsgálta. Ez egy névlegesen 19,7 mm űrméretű fegyvert jelent, de a kutatócsoport rávilágított arra, hogy az angol polgárháború muskétáinak csőátmérői között jelentős különbségek is tapasztalhatóak, ezért háromféle átmérőjű csövet használtak a lőkísérletekhez.⁶ Ezekben modern készítésű feketelőporokat használtak, háromféle szemcseméretben. A töltet mennyiségét addig emelték, amíg a cső által okozott körkörös kopási nyomok meg nem jelentek a lövedékeken, éppúgy, mint azokon a lövedékeken, melyeket a polgárháború összecsapásainak helyszínein találtak.

Előzetes feltételezésük szerint, a lövedékek kezdősebessége 450–500 m/s közötti tartományban mozgott. Mért torkolati sebességeik 334–470 m/s között voltak, zömmel 400 m/s felett. Kutatásaik bizonyították, hogy azok a lövedékek, melyek vízszintes kilövés után 140–234 m távolságban érték el a talajt, gurulat útján még 296–402 méter távolságra jutottak el. A lövedékeken megjelenő lönyomok alapján arra a következtetésre jutottak, hogy a mintaként használt, harcteren talált lövedékeket közvetlenül a lőporra töltve, fojtás nélkül lőhették ki. Vizsgálataik alapján az Edgehillnél (1642) és Marston Moore-nál (1644) vívott összecsapások lövedékei 99,7%-os tisztaságú ólomból készültek.⁷ Millerék tanulmánya ugyanakkor nem ad választ arra, hogy milyen torkolati sebességgel lőtték ki a muskéták lövedékeit. Erre Miller PhD-dolgozatában tett kísérletet. Ennek kulcseleme a lövedék oldalán kilövéskor kialakuló öv, melyet egyrészt a cső és a lövedék közötti hézagon kifújó gázok vágóhatása, másrészt a cső és a lövedék közötti súrlódás okozta kopás okoz (*banding*). Ez utóbbi hatás nyoma könnyen tetten érhető: a kilőtt lövedék oldalán végigfutó sáv, mely egymással párhuzamos, tengely irányú barázdákkal szabdalt, jó jelzője ennek a hatásnak.⁸ Minél nagyobb a kialakult gáznyomás, vagyis minél nagyobb a töltet és pontosabb a lövedék illeszkedése, annál erősebben

⁵ Miller et al. 2019.

⁶ Miller 53 db, a Royal Armouries Littlecote gyűjteményében található muskétáról tesz említést, melyek űrmérete 18,87–22,35 mm között mozog. Miller 2010. 51. o.

⁷ Miller 2010. 59. o.

⁸ Uo. 54. o.

jelenik meg ez a nyom. Miller lövkísérletei során olyan löportölteteket állított be, melyek a lövedék teljes kerületén létre tudták hozni a kopásnyomokat. Ehhez jellemzően 400 m/s feletti lövedék-kezdősebesség volt szükséges.⁹

Colin J. Parkman ugyancsak¹⁰ tett arra kísérletet, hogy a 17. századi muskéták határfokáról tisztább képet alakítson ki. Parkman kiindulási pontként Benjamin Robins torkolati sebesség adatait vette alapul. Töltete beállításánál a feles szabályt követte, vagyis a lövedék tömege felének megfelelő töltetet alkalmazott TS2 típusú modern löporból. Ezzel a töltettel 420–497 m/s közötti torkolati sebességeket ért el.¹¹

A harctereken fellelt lövedékek azonosításával foglalkozik Glenn Foard dolgozata is. Foard csapata is végzett lövkísérleteket, melyek során a lövedéktömeg egyharmadának megfelelő modern feketelöpor-töltetet használtak a 37,5 g-os ólomgolyó kilövésére. Ballisztikai modelljük alapjai a grazi kísérletekből származó adatok voltak.¹² A szerző ugyanakkor azt feltételezte, hogy a 17. századi muskéta kisebb kezdősebességgel kellett, hogy kilője lövedékét, mint a 330 m/s torkolati sebességre képes 19. századi francia hadipuska.¹³

Egy grazi kutatócsoport vizsgálatai tűnnek a legrészletesebbnek, ugyanakkor eredményeik véleményünk szerint falsak, mivel értelmezésünk szerint a kísérletek több kiinduló koncepciója hibás vagy pontatlan. Tanulmányunkban arra teszünk kísérletet, hogy a Zrínyi-Újvár feltárása során talált lövedékek vizsgálatán keresztül, gyakorlati példák segítségével mutassunk be egy eddig nem alkalmazott módszert, mely pontosabban határozhatja meg az ostrom során használt tűzfegyverek hatékonyságát. Vizsgálatunk két fegyvertípusra terjed ki: a kanócos muskéta és a keréklakatos pisztoly tekintetében voltunk képesek közel pontos képet adni arról, hogy milyen pontossággal, hatékony lőtávolsággal és ölképességgel rendelkeztek e fegyvertípusok a 17. század derekán.

Ballisztikai vizsgálatok, löpróbák történelmi lőfegyverekkel

Problémák a grazi kísérletek löportölteteivel

A grazi kísérleteket összefoglaló tanulmány¹⁴ megkérdőjelezhető eredményeiért több kiinduló tényező felelős. Kritikai észrevételeink megfogalmazásakor ugyanakkor azt is ki kell jelentsük, hogy a vizsgálatok elvégzésének időpontjában sem megfelelő információ, sem megfelelő metodika nem létezett még a történelmi fegyverek ballisztikai vizsgálatára, így megfogalmazható, hogy a kutatócsoport a kor színvonalának

⁹ Miller 2010. 23. o.

¹⁰ Parkman 2017.

¹¹ Uo. 160. o.

¹² Foard 2008. 225. o.

¹³ Uo. 224. o.

¹⁴ Kalas 1989.

megfelelő, illetve az előtt járó igényességgel hajtotta végre a lőkísérleteket és elemezte a kapott adatokat. A kutatást végző elődjeink előtt tehát mindenképpen fejet kell hajtunk, ugyanakkor több mint három évtized elteltével szükségét látjuk újra értelmezni a kérdést.

A vizsgálatokhoz 13 db 16–18. századi tűzfegyvert választottak ki a fegyvertárból, melyekhez szintén korabeli öntőformákat használtak a lövedékek elkészítésére. 15 lövészetrel töltött nap alatt 325 lövést adtak le a fegyverekkel. A kapott eredményeket modern katonai lőfegyverek (9 mm Luger űrméretű szolgálati pisztoly; 7,62 × 51 mm-es NATO űrméretű 1958 M Sturmgewehr; 5,56 × 45 mm-es NATO űrméretű 1977 M Sturmgewehr) hatásaihoz hasonlították.¹⁵

A graziak eredményeinek pontatlanságát két fontos hiányosság okozta: egyrészt a kutatócsoport nem minden esetben választotta meg helyesen a lövedék átmérőjét, másrészt egy esetben sem döntöttek helyesen a használandó lőportöltetről. Mindezeknek köszönhetően a kutatócsoport által regisztrált kezdősebességek bizonyosra vehető, hogy jóval magasabbak, mint amire a 17. században ezek a fegyverek képesek voltak. A lövedék kezdősebességének ismerete pedig a legfontosabb adat, melyet tudnunk kell ahhoz, hogy képet kapjunk a fegyver küllballisztikájáról és célballisztikájáról. Amíg ezzel nem rendelkezünk, addig nem nyilatkozhatunk a fegyver hatékony lőtávolságát, pontosságát, öllékességét illetően.

A korabeli lőporok összetételét, elkészítési módját tudjuk, ugyanakkor pontos hatásához a receptúra és gyártási eljárások ismerete sem vezet el minket, hiszen még az azonos recept alapján készített lőporok között is jelentős különbségek lehettek. Nem véletlen, hogy a hadicélra átvett lőporok minőségét minden esetben ellenőrizni kellett emeltyűpróbával. Ilyen műszert konstruált Josef Furttentbach ulmi matematikus, építész, polihisztor 1626-ban. A 63 cm magas gép egy függőlegesen mozgó súlyból és egy lőporszelenceből állt. A szelencebén ellobbantott 1 lat (17,5 g) tömegű lőpor felfelé mozgatta a súlyt. A lőpor erejét jellemezte, hogy az állandó térfogatú lőporadag égése közben felszabaduló lőporgáz milyen magasra volt képes emelni a mérősúlyt. Ez minél magasabban volt, annál erősebb – jobb minőségű – lőporról adott visszajelzést.

Anton Dollecsek *Monographie der k.u.k. österr.-ung. Blanken und Handfeuer-Waffen*¹⁶ című munkájában több információt is találunk a lőportöltetekre. A XVII. tábla két korszakunkhoz köthető töltetinformációt közöl: egy 1660-ra datált, pantallérról függő fa lőporfiola (modern elnevezés szerint apostol) kapacitását 12 g lőporban adja meg, míg egy kb. 1700-ra datált 7/4 latos papírtöltény esetében a 30,6 g-os tömegű lövedékhez 13 g lőportöltet-tömeget ad meg.¹⁷ Szerzőnk további adatokat közöl összesítő táblázatban, mely szerint a 2 latos golyót tüzelő kanócos muskéta (2 lat = 35 g lövedéktömeg,

¹⁵ Kalaus 1989. 43–44. o.

¹⁶ Dollecsek 1970.

¹⁷ Uo. II. Tafel XVII.

tiszta ólom lövedék esetében 18 mm-es átmérő) lőportöltete a lövedék tömegének fele volt.¹⁸ Hasonló adatot közöl Montecuccoli is: jó minőségű lőporból a lövedék felének megfelelő töltetre, rosszabb minőségű lőporból a lövedék tömeg 2/3-ának megfelelő lőportöltetre volt szükség. Egy font jobb minőségű lőporból éppen 40 töltet jött ki.¹⁹

A 17. század második felében a császári hadseregben a következő granulált lőporkeverékeket használták:²⁰

	Salétrom	Kén	Szén
Purst-Pulver (kiskaliberű lőfegyverekhez és vadászpuskákhoz)	75 rész (76,5%)	9 rész (9,18%)	14 rész (14,28%)
Musketenpulver (muskétákhoz)	75 rész (69,75%)	14 rész (13,02%)	18 rész (16,74%)
Stückerpulver (lövegekhez)	75 rész (66,75%)	16 rész (14,24%)	21 rész (18,69%)

1. táblázat: A császári hadsereg által a 17. század második felében használt lőporok összetétele Dolleczek szerint

Furttentbach készülékén 1 lat lőportöltet *Stückerpulver* 9,5 cm, egy adag *Musketenpulver* 12 cm és egy lat *Purst-Pulver* 28,7 cm magasra emelte a súlyt, mutatva, hogy a finomszemcsés lőporok jóval nagyobb munkavégző képességgel rendelkeztek, mint a tüzérségi lőporok.²¹

A fentiekkel ellentétben Furttentbach más arányokat ad meg a császári hadseregben használt katonai lőporok tekintetében:²²

	Salétrom	Kén	Szén
Lőpor „finom” fegyverekhez	100 font (75,70%)	15 font (11,35%)	17 font (12,87%)
Muskétalőpor	100 font (72,40%)	20 font (14,48%)	18 font (13,03%)
Tüzérségi lőpor	100 font (69,00%)	21 font (14,49%)	24 font (16,56%)

2. táblázat: A császári hadsereg által a 17. század második felében használt lőporok összetétele Furttentbach szerint

¹⁸ Dolleczek 1970. 123. o.

¹⁹ Montecuccoli 1852. 131. o.

²⁰ Dolleczek 1887. 175. o.

²¹ Uo. 178. o. és Furttentbach 1627. 7–9. o.

²² Furttentbach 1627. 7–9. o. – Sajnos nem állapítható meg, hogy a szerző melyik fonttal számolt (vö. 3. táblázat).

Az összetevőket malmokban őrölték finom porrá, majd lőporzúzó kalapácsműben egyesítették a keveréket. A különböző típusú lőporok különböző időt töltöttek a kalapácsműben: a vadászpuskákhoz használatos lőporok 32–48 órát, a muskétalőporok 16–20 órát, a tüzérségi lőporok pedig mindössze 6–8 órát. Minél több ideig zúzták-keverték az összetevőket, annál biztosabb volt, hogy a keverés egyenletes lesz, vagyis, hogy a lőporadag minden részében megközelítőleg azonos a három összetevő jelenléti aránya.²³ Az így kapott porított lőpor, melyet a 17. században még használtak, egy fontos hátránnyal is rendelkezett: hosszás szállítás esetén a lőporos hordóban a különböző fajcsúlyú részecskék elválhattak egymástól, rétegződhettek, így a lőporos hordó alján és tetején más-más összetételi arányú, tehát más-más erejű lőpor jöhetett létre. Ennek kiküszöbölésére alkalmazták a granulálás eljárását, mely már a 15. században megjelent, első ismert említése Conrad von Schongau *Feuerwerksbuch*²⁴ című munkájában olvasható. A porított keveréket megnedvesítették, majd pogácsákat formáltak belőle, ezeket kiszáritották, majd összetörték és szitákkal különböző szemcseméretekre szétválasztották. Az így kapott szemcsékben az összetevők nehezebben válhattak el egymástól, vagyis a lőpor egységesebb lett. A granulálás ugyanakkor lehetőséget biztosított a lőporok gázfejlesztő képességének további kontrollálására is: a kisebb szemcseméretű lőporok esetében nagyobb a kezdeti égő felület egyazon lőportérfogatban, ezért gyorsabban nő a nyomás, jobban gyorsul a lövedék.

A 17. századi szemcseméretekről pontos információk nincsenek, ugyanakkor Zrínyi-Újvár hadirégészeti leletei e tekintetben is segítenek az eligazodásban: korábbi kutatások során egy nagy űrméretű kilőtt, ugyanakkor fel nem robbant gránátot vágott félbe a feltárást folytató kutatócsoport. A bombába töltött tüzérségi lőpor szemcséi jól látszanak, mérhetőek: 2–4 mm közötti szemcséket találunk benne.²⁵ A muskétalőpor tehát ennél finomabb szemcsemérettel kellett, hogy rendelkezzen.

A lőpor minőségét így tehát befolyásolta az összetevők tisztasága, a keverési arány, a keveréssel, zúzással töltött idő, a szemcseméret, a szitálás igényessége és a lőpor nedvességtartalma is. Adatunk tehát még csak lenne, azonban lőkísérleteinkhez azok mégsem alkalmazhatóak, ugyanis még az azonos keverési arányú, elkészítési módú és szemcseméretű lőporok ereje is erősen különbözhetett egymástól, aminek – mint láttuk – számos oka lehetett. Csak növeli bizonytalanságunkat, hogy a 17. század közepén ugyan már rég léteztek papírtöltények, de azokat a katonák maguknak készítették, nem központi ellátási rendszer segítségével jutott a harcoló állományhoz. Hiányoznak ugyanakkor a pontos katonai szabványok is, melyek a töltények lőportöltetét meghatározhatták volna.

²³ *Dolleczek* 1887. 175. o.

²⁴ Idézi: *Dolleczek* 1887. 24. o.

²⁵ *Négyesi* 2012. 112. o.

A grazi kutatócsoport felismerte, hogy a korabeli lőporok nem helyettesíthetőek modern lőporokkal, még akkor sem, ha azok összetétele megfelel a források által meghatározott összetételnek, tömegnek. Ennek oka egyrészt az, hogy a modernkori gyártási eljárások jóval egyenletesebb lőporokat eredményeznek, másrészt pedig a 19. század első harmadától a lőporok gyártása egy újabb lépéssel egészült ki: a megnedvesített pogácsákat nagy nyomással préselték, majd ezeket a feketelőpor-préstesteket zúzták össze és szitálták. A modern lőporok térfogatsúlya (kb. 0,9–1,1 g/cm³) így jóval nagyobb, mint a 17. századi lőporok esetében. A modern feketelőporok részecskéit ezenkívül polírozják is, valamint jellemzően grafittal vonják be, hogy védjék a szemcséket az egymáshoz tapadástól.

A grazi kutatók a megoldhatatlannak látszó gordiuszi csomót egyszerű ökölszabállyal vágták át: minden fegyver esetében $\frac{1}{3}$ -os töltési arányt határoztak meg, vagyis a lövedék tömege egyharmadának megfelelő löportöltetet használtak. Az általuk használt lőpor a Dynamit Nobel A. G. 0,3–0,6 mm szemcseméretű „Rottweil Nr. 0 Jagdschwarzpulver” lőpora volt, felporzásra pedig a 0,15–0,35 mm szemcseméretű „WANO Feuerwerkspulver 75%” típusú, rendkívül gyors égésű löport használták.²⁶ A Rottweil-lőpor jóval finomabb szemcseméretű, egyenletesebb, így bizonyosan erősebb, mint a korabeli lőporok, a grazi kísérleteknél használt löportöltetek így egészen biztosan nem hozhattak olyan eredményt, mely közelít a fegyverek valódi, 17. századi hatékonyságához.

A grazi kísérletek problémái a lövedékválasztás tekintetében

A helyes lövedékválasztás tekintetében a helyzet könnyebbnek látszik, ugyanakkor itt is számos olyan buktatót ismerhetünk fel, melyek nagymértékben befolyásolhatják eredményeinket. Az első fontos kérdésünk az, hogy mekkora lövedéket töltöttek a puská csövébe?

A tűzfegyverek űrméretét a korabeli források alapvetően egy font tiszta ólom hányadosaként határozzák meg, hasonlóan, mint ahogy ma a sörétes puskák űrméretét: a 12-es sörétes űrméret azt jelenti, hogy egy font ólomból 12 db egyforma, a cső űrméretének megfelelő ólomgolyó önthető. A 17. századi forrásokkal kapcsolatosan azonban korántsem ennyire egyértelmű a helyzet. Az első problémát az jelenti, hogy számos esetben a cső űrméretére (*Lauf-Kaliber*), számos más esetben pedig a fegyverbe töltendő lövedék űrméretére (*Roll-Kaliber*) vonatkozik az információ, a korabeli szerzők pedig legtrikább esetben tesznek különbséget a két érték között. A lövedéknek ugyanis értelemszerűen kisebbnek kellett lennie a cső űrméreténél. Egyrészt azért, hogy a papírtöltény palástjával együtt betölthető legyen, másrészt, hogy a lövedék a feketelőpor égéstermékétől szennyeződött csőbe is könnyen betölthető maradjon. A két

²⁶ Kalas 1989. 45. o.

űrméret közötti különbség számunkra igen fontos érték, ugyanis befolyásolja a kialakuló gáznyomást (amennyiben a különbség nagyobb, a lőporgázok nagyobb mennyisége fúj ki a lövedék mellett hasztalanul, így kisebb a kezdősebesség is), valamint befolyásolja a pontosságot is (minél pontosabban illeszkedik a lövedék, minél kisebb a két átmérő közötti különbség, annál pontosabb lesz a lövés). Alapszabály szerint a puskacső és a lövedék mérete között – a már említett egy font ólomra vetített kaliberek esetében – egy lépcső különbségnek kellett lenni. A hadileletként fellelt lövedékek és a ma köz- és magángyűjteményekben található 17. századi fegyverek összekötése mégsem egyszerű feladat. Ennek okai a következők:

1. A korabeli források által megadott űrméretetek eltérhetnek attól függően, hogy mely földrajzi térség font mértékegysége szerint számították azokat.
2. A lövedékek készítéséhez használt öntőformák pontatlansága.
3. Az öntés technikájától is függ a kapott lövedék tömege: amennyiben alacsonyabb hőmérsékleten történik az öntés, a lövedékek kisebbek, könnyebbek lesznek.
4. Ha a lövedék anyaga ötvözet, mind a tömege, mind a keménysége változik. Őn és ötvözeteinek hozzáadása egyrészt keményebbé tette a lövedéket, ami növelte hatékonyságát a vérteszetek ellen, másrészt könnyítette az öntést is, hiszen csökkentette az ötvözet olvadáspontját.²⁷ Az ólom ötvözése tetten érhető a Zrínyi-Újvárnál fellelt lövedékek esetében is.²⁸
5. A lövedék tömegét befolyásolta az is, hogy milyen precizitással távolították el az öntecset, vagyis az öntőforma tetején túlcsonduló ólomot. A helyzetet rontja, hogy nagyon sok esetben az öntecset – bármekkora is sikerült – meghagyták, hogy ehhez kössék hozzá a papírtöltény palástját.
6. A lövedékek kilövés közben is veszítenek tömegükből, különösen abban az esetben, ha a cső és az ólom közvetlen érintkezését nem gátolja papírpalást.²⁹ Ennek alapvetően két oka van: egyrészt a cső koptatja a lövedéket, másrészt a lövedék és a csőfal között kifújó lőporgázok lángvágó módjára támadják a lövedék oldalát.³⁰
7. A talajba került ólom – ha kis mértékben is – de oxidálódik: felületén ólomoxid alakul ki, ami csökkenti eredeti tömegét.³¹
8. A lövedéktömeg csökkenhet becsapódáskor is, különösen, ha keményebb felülettel érintkezik a puska golyó.
9. A kézilőfegyverekben is használtak a cső kaliberénél jóval kisebb méretű lövedéket. Erre példa az észak-amerikai *buck and ball* töltés, mely egy űrméretnek közel megfelelő és 3–6 annál jóval kisebb ólomgolyóból állt.

²⁷ Schürger 2015. 183. o.

²⁸ Barkóczy et al. 2012. 1142–1143. o.

²⁹ Foard 2008. 118–119. o. – Foard kísérletei alapján a tömegvesztés mértéke a töltet nagyságától függött, muskéta esetében 0,57–2,01 g veszteséget regisztrált.

³⁰ Miller 2010. 104. o.

³¹ Schürger 2015. 128. o.

Db lövedék 1 font tiszta ólomból	A tiszta ólom golyó átmérője mm-ben					
	Angol font (453 g)	Szász font (467 g)	Nürnbergi ezüstoffont (477 g)	Amster- dami font (494 g)	Nürnbergi font (510 g)	Bécsi font (561 g)
100	9,1	9,2	9,3	9,4	9,5	9,8
90	9,5	9,6	9,6	9,7	9,8	10,2
80	9,8	9,9	10	10,1	10,2	10,6
70	10,3	10,4	10,5	10,6	10,7	11,1
60	10,8	10,9	11	11,2	11,3	11,6
50	11,5	11,6	11,7	11,8	12	12,4
45	11,9	12	12,1	12,3	12,4	12,8
42	12,2	12,3	12,4	12,6	12,7	13,1
38	12,6	12,7	12,8	13	13,1	13,5
35	13	13,1	13,2	13,3	13,5	13,9
32	13,4	13,5	13,6	13,8	13,9	14,3
30	13,6	13,8	13,9	14	14,2	14,7
28	14	14,1	14,2	14,4	14,5	15,0
26	14,3	14,5	14,6	14,7	14,9	15,4
25	14,5	14,7	14,8	14,9	15,1	15,6
24	14,7	14,9	15	15,1	15,3	15,8
21	15,4	15,5	15,6	15,8	15,9	16,5
20	15,6	15,8	15,9	16,1	16,3	16,8
18	16,2	16,3	16,5	16,7	16,8	17,4
16	16,8	17	17,1	17,3	17,5	18,1
15	17,2	17,4	17,5	17,7	17,9	18,5
14	17,6	17,8	17,9	18,1	18,3	18,9
13	18	18,2	18,4	18,6	18,8	19,4
12	18,5	18,7	18,8	19,1	19,3	19,9
11	19,1	19,3	19,4	19,6	19,8	20,5
10	19,7	19,9	20	20,3	20,5	21,1
8	21,2	21,4	21,6	21,8	22,1	22,8

3. táblázat: 1 font tiszta ólomból nyerhető lövedékek száma és összefüggésük a kaliberrel a leggyakoribb font mértékegységek alapján

Első feladatunk tisztázni, hogy mely térség fontjára kell vetítsük az űrméret meghatározását. Peter Engerisser svájci fegyvertörténész a következő táblázatot állította össze az űrméretjelölésekhez leggyakrabban használt font mértékegységek tekintetében. Eredeti

táblázatát mi tovább bővítettük kaliberekkel, valamint a bécsi font szerint számított űrméretekkkel, továbbá a lövedékek tömegét is megadtuk külön táblázatban.³²

Db lövedék 1 font tiszta ólomból	A tiszta ólom golyó tömege grammban					
	Angol font (453 g)	Szász font (467 g)	Nürnbergi ezüstfont (477 g)	Amster- dami font (494 g)	Nürnbergi font (510 g)	Bécsi font (561 g)
100	4,53	4,67	4,77	4,94	5,10	5,61
90	5,03	5,19	5,30	5,49	5,67	6,23
80	5,66	5,84	5,96	6,18	6,38	7,01
70	6,47	6,67	6,81	7,06	7,29	8,01
60	7,55	7,78	7,95	8,23	8,50	9,35
50	9,06	9,34	9,54	9,88	10,20	11,22
45	10,07	10,38	10,60	10,98	11,33	12,47
42	10,79	11,12	11,36	11,76	12,14	13,36
38	11,92	12,29	12,55	13,00	13,42	14,76
35	12,94	13,34	13,63	14,11	14,57	16,03
32	14,16	14,59	14,91	15,44	15,94	17,53
30	15,10	15,57	15,90	16,47	17,00	18,70
28	16,18	16,68	17,04	17,64	18,21	20,04
26	17,42	17,96	18,35	19,00	19,62	21,58
25	18,12	18,68	19,08	19,76	20,40	22,44
24	18,88	19,46	19,88	20,58	21,25	23,38
21	21,57	22,24	22,71	23,52	24,29	26,71
20	22,65	23,35	23,85	24,70	25,50	28,05
18	25,17	25,94	26,50	27,44	28,33	31,17
16	28,31	29,19	29,81	30,88	31,88	35,06
15	30,20	31,13	31,80	32,93	34,00	37,40
14	32,36	33,36	34,07	35,29	36,43	40,07
13	34,85	35,92	36,69	38,00	39,23	43,15
12	37,75	38,92	39,75	41,17	42,50	46,75
11	41,18	42,45	43,36	44,91	46,36	51,00
10	45,30	46,70	47,70	49,40	51,00	56,10
8	56,63	58,38	59,63	61,75	63,75	70,13

4. táblázat: 1 font tiszta ólomból nyerhető lövedékek száma és összefüggésük a tömeggel a leggyakoribb font mértékegységek alapján

³² Engerisser 2017.

Muskéták esetében Montecuccoli a következőképpen határozta meg a szükséges űrméreteket: a 14-es űrméretű puskacsőbe 16-os űrméretű lövedéket volt érdemes tölteni. Egy katonának egy napra 16 db töltet kellett, hogy rendelkezésére álljon.³³

A modernkori kutatók is számos esetben foglalkoztak a kérdéssel. Schürger feltételezte, hogy a 16–17. században már rögzítették a cső- és lövedékátmérő közötti szükséges különbséget, hogy a fegyver könnyű töltése lehetséges legyen. Véleménye szerint nagy kaliberű fegyverek esetében két lépcsőt, kisebb kaliberű fegyverek esetében legkevesebb négy lépcsőt kell a táblázatban felfelé lépni.³⁴

Peter Engerisser hasonlóan vélekedett a kérdésről. Javasata szerint muskéták esetében két számértéket, 13,5 mm alatti pisztolyok, karabélyok esetében 3–5 számértéket kell felfelé lépni, hogy a lövedék űrméretét meghatározhassuk. 12 mm alatti pisztolyok esetében 5–10 [sic!] számértéklépcsőt javasolt.³⁵

A sorból csak Anton Dolleczek lóg ki. Ő a 17. századi 2 latos muskétacsövek esetében 20,42 mm-es csőűrméretet és 17,92 mm-es lövedékűrméretet adott meg. Ez megközelítőleg 10-es csőűrméretet és 13–15-ös lövedékűrméretet feltételez. Ugyanakkor a nürnbergi muskéták esetében 19,98 mm-es csőűrméretet és 17,5 mm-es golyóátmérőt határoz meg, mely 10-es csőűrméretet és 15-ös lövedékűrméretet tételez fel.³⁶ Korábbi kutatásaink során azonban Dolleczek kézi lőfegyverekre vonatkozó adatait már az 1848–49-es szabadságharc fegyverei tekintetében is több helyen pontatlannak találtuk.

Amennyiben a két számérték különbségét fogadjuk el a cső és a lövedék átmérője közötti szükséges különbségként, úgy a leggyakoribb 18–20 mm-es csőátmérők esetében 0,8–1,2 mm-rel kisebb lövedéket kell, hogy alkalmazzunk az Engerisser-féle táblázat és forrásaink alapján. Ehhez képest a grazi kísérletek során ennél jóval pontosabban illeszkedő lövedékeket, a csőnél mindössze 0,5–0,8 mm-rel kisebb golyókat használtak, aminek köszönhetően minden bizonnyal magasabb gáznyomásértékek és nagyobb kezdősebességek alakultak ki. A pontosabb illeszkedés ugyanakkor jobb pontosságot is kellett, hogy eredményezzen, ami ismételten kérdéseket vet fel a kapott eredmények használhatósága tekintetében.³⁷

Ez a fajta kaliber-meghatározási rendszer teremthetett komplikált helyzeteket, és azt is okozhatta, hogy a kiosztott, elvben a fegyver űrméretének megfelelő lövedék túl nagy volt az adott csőhöz, így betöltése nehéz vagy lehetetlen volt. Íme, egy szemléltető példa: tegyük fel, hogy a katonát egy Szászországban készült 38-as csőűrméretű keréklakatos pisztollyal szerelték fel. Ez a csőűrméret SI mértékegységben 12,7 mm-nek felel meg. Ebbe a fegyverbe 42-es lövedéket kellett tölteni, melynek űrmérete 12,3 mm volt, hogy a lövedék könnyen a csőbe illeszkedjen, még akkor is, mikor a fegyver cső-

³³ *Montecuccoli* 1852. 130–131. o.

³⁴ *Schürger* 2015. 75–76. o.

³⁵ *Engerisser* 2017.

³⁶ *Dolleczek* 1887. 123. o.

³⁷ *Kalaus* 1989. 46. o.

ve már szennyeződött korábbi lövésektől. Ha a katona tévedésből augsburgi készítésű 42-es lövedéket kapott, úgy a két font eltérő tömege miatt máris probléma alakulhatott ki, hiszen a golyóürméret így 12,7 mm volt, vagyis pontosan akkora, mint a csőürméret. Ez a lövedék lenyomható még a tiszta csőbe, amennyiben nem foglalja körbe a töltény papírpalástja, de szennyezett csőben már komoly erőfeszítés szükséges hozzá. Ha a katona nem tudta megfelelően lenyomni a lövedéket a lőportöltetre, légrés maradt a lőportöltet és a lövedék között, ezzel különösen veszélyes helyzet alakulhatott ki, a cső akár fel is robbanhatott, szétnyílni, megsebesítve a használót vagy mellette álló társát.³⁸

Vizsgálataink, lőkísérleteink során a muskéta esetében a kétlépcsős szabályt, míg a 12,8 mm-es ürméretű lovassági pisztoly esetében a néglépcsős szabályt alkalmaztuk. Kaliberjelzéseink tekintetében elsősorban a leggyakrabban alkalmazott nürnbergi fontot használtuk, bár itt megjegyezzük, hogy releváns különbség csak a bécsi font alkalmazása esetén lenne tetten érhető, de ez a korszakunkban nem volt jellemző.

Zrínyi-Újvár lövedékeinek szerepe

a 17. századi tűzfegyverek ballisztikájának vizsgálata tekintetében

Mint eddigi összefoglalónkból kiderült, a grazi kísérletek, melyek adatai rendkívül sok korszakos munkában jelennek meg bizonyító erővel, nem tekinthetők pontos ballisztikai rekonstrukciónak. Ám a korabeli források sem adnak biztos kapaszkodót, hiszen azok alapján meghatározható a lövedékek mérete, anyaga, de a töltet erejének ismerete nélkül a kezdősebesség meghatározása lehetetlen, ami a kül- és célballisztikához elengedhetetlen fontosságú. Ennek az adatnak a megszerzéséhez más módszert kellett keressünk. Kutatócsoportunk ezért a lövedéksebesség meghatározásának egy kísérleti régészeti útját dolgozta ki, mely a Zrínyi-Újvár ostroma során kilőtt puska-, pisztoly- és karabélylövedékek vizsgálatán alapszik. Zrínyi-Újvár valódi időkapszula 1664-ből. Az ostrom helyszínén sem előtte, sem utána nem tudunk konfliktusról, vagyis az ott fellelt hadirégészeti leletanyag minden bizonnyal a 17. század közepéhez, második feléhez köthető. A legnagyobb mennyiségben ólomgolyók kerültek elő, melyek közül számunkra a legfontosabbak a kilőtt, kb. 30 g tömegű, tiszta ólom muskétagolyók, melyek az ostromárokba vagy azok partfalából kerültek elő, vagyis melyeket az oszmán katonák felé lőttek ki az erődből.

Kutatásunk legfontosabb helyszíne az ostromterület, a várfaltól 80 méterre elhelyezkedő árok, mely oldalába több ilyen tömegű golyó is becsapódott. E lövedékek közül több úgy hatolt a földbe, hogy kemény akadállyal nem találkozott, vagyis becsapódáskor szépen, szimmetrikusan lencse formára deformálódott. Alapvetésünk, hogy megfelelő becsapódás és megfelelő közeg esetében a szimmetrikus deformáció egy hasonlóan

³⁸ Németh 2021a. 86. o.

tiszta ólom lövedék használata segítségével reprodukálható, vagyis meghatározható a becsapódási sebesség. Amennyiben ezzel az adattal rendelkezünk, a lövedék alaki tényezője és a 80 méteres lőtávolság ismeretében kalkulálhatóvá válik a kezdősebesség a muskétagyolyók esetében.

Hasonló, de korántsem ennyire egzakt szimulációra adnak lehetőséget a pisztoly- és karabélygolyók. Ezeket egymástól sajnos elválasztani a legtöbb esetben nem lehet, ezért a muskétához képest modellünk számos kérdőjelet vet fel. Itt olyan lövedéket választottunk, mely kicsi űrméretének köszönhetően egészen bizonyosan pisztolyhoz köthető. Ennek megállapítása érdekében feltérképeztük régióink legfontosabb fegyvergyűjteményeit, ami megerősítette, hogy a vizsgálatunkhoz kiválasztott 12,4 mm-es gömblövedék nagy valószínűséggel pisztolyhoz köthető, mivel a lovassági karabélyok űrméretének alsó határa a gyűjteményekben 14 mm.

A pisztolyok esetében azért tudunk ballisztikai modellt felállítani, mert itt is van feltételezhető lőtávolságunk. Ezek alkalmazásánál a 17. században a szabályzatok szerint alaptétel volt, hogy a lövéseket testközelből kell leadni. A korabeli gyalogsági és lovassági vértetek úgy készítették el, hogy azok pisztolylövedékek ellen védelmet nyújtsanak, ezért a lovas katonákat úgy képezték ki, hogy a pisztolyokat lehetőleg testközelből süssék el. A korabeli szakírók egyenesen azt javasolták, hogy a fegyver torkolatát nyomják az ellenség páncélja alá, vagy szorítsák páncélozatlan testrészekre. Még jó lőtávolság volt, ha a torkolattűz elérte az ellenséges katonát.³⁹ Nem véletlen, hogy a legtöbb 17. századi keréklakatos pisztolyról hiányzik a célgömb és a nézőke. A fegyver, kilövése után akár buzogányként is használható volt, ahogy azt Wallhausen is javasolta.⁴⁰ Mindez megerősíti azt a feltevést, hogy a zrínyi-újvári ostromárkokban talált, kilőtt pisztolygolyókat közelharcban lőtték ki, vagyis a lőtávolság nem lehetett több, mint 5–10 méter. Ez lehetőséget ad számunkra arra, hogy pisztolyokra is felállítsunk egy ballisztikai modellt.

Terveink szerint a harmadik fegyvertípus, a keréklakatos karabély ballisztikáját is vizsgálni szándékoztuk volna, de ez esetben nem tudtuk meghatározni a karabélylövedékhez tartozó lőtávolságot, így mindössze a becsapódás sebességének megállapításáig juthattunk el.

Zrínyi-Újvár és lövedékei

Zrínyi-Újvár erődjét 1661-ben kezdte építeni Zrínyi Miklós a Dráva és Mura folyók összefolyásától nem messze. Az erőd, mely nem sokkal volt több, mint egy sánc, kettős funkcióval rendelkezett. Egyrészt ellenőrizte a Dráva és a Mura egyik fontos átkelőhelyét, másrészt pedig alkalmas volt arra, hogy hadászati alappontként funkcionáljon

³⁹ Wallhausen 1621. 31. o.

⁴⁰ Wallhausen 1616. II. k. 97. o.

a török által megszállt területek felé indított vállalkozások számára. Az erőd békeidőben, engedély nélkül épült török területen, így sem a császári, sem az oszmán vezetés nem lelkesedett létezéséért. Az erősség fontos szerepet kapott az 1664. évi hadiesemények során, Zrínyi Miklós ezt használta gyülekezési körletként, mikor megindult csapataival a Dráva mentén, hogy az eszéki híd elpusztításával lassítsa az oszmán főszereg felvonulását a magyarországi hadszíntéren. Csapatai egy részét is ebbe az erősségbe vonta vissza, mikor Kanizsa ostromát meg kellett szakítsa. Köprülü Ahmed nagyvezír hadai 1664. június 3-án érkeztek az erőd alá, és közel egy hónapos ostrom után, június 30-án indultak végső rohamra. Az ostrom után felrobbantott és elpusztított erősséget többé nem építették újra.⁴¹

A legtöbb lövedék, melyet katonai célokra használtak, gömb formával rendelkezett. Tökéletesen pontos gömbformával azonban a legritkább esetben találkozhatunk csak, mivel a gyártásra használt szerszámok – öntőfogók – szinte minden esetben kis mértékben ovális golyót öntöttek. Ennek oka abban keresendő, hogy a fogó két felében lévő fél-gömb vajatok általában nem voltak szimmetrikusak. A gömblövedékek mellett a 17. századi harctereken nagy mennyiségben találunk hasáb alakú lövedékeket is, melyeket jellemzően a muskétánál kisebb űrméretű pisztolyokban, karabélyokban használtak. Európai viszonylatban a leggyakoribb formák a hadirégészeti leletek alapján a következők:⁴²

- Muskétagyolyóból kalapált hasáblövedékek: a nagyobb űrméretű gömblövedéket kalapálták kisebb átmérőjű hasáb formára, hogy a kisebb űrméretű fegyverekbe is betölthető legyen.
- Kilőtt túlméretes, fegyvercsőbe sajtolt lövedékek: jellemző lövedékforma, melyen jól látszik, hogy a csőnél nagyobb űrméretű golyót kalapált a torkolatba a katona, aminek következtében a lövedék felső oldala kilapult, oldala pedig hengeres formára alakult, ahol a cső lekaliberezte a golyót.
- Vágott ólomlövedékek: kerek vagy négyzet metszetű lövedékek, melyeket a katona egy hosszabb, űrméretnek közel megfelelő átmérőjű ólomrúdból vágott le.
- Ikerlövedékek: az angol polgárháború gyakori hadilelete. Készítéséhez olyan öntőformát használtak, mely egyszerre több hagyományos gömblövedéket volt képes önteni, az olvadék megszilárdulása után azonban nem vágták el a lövedékeket összekötő csatornát.
- Öntött hasáblövedékek: találunk példát olyan hasáblövedékre is, melyet nem rúdból vágtak, vagy golyóból kalapáltak, hanem eredendően hasábformára öntöttek a fegyver űrméretének megfelelő méretben.
- Széteső lövedékek: ismerünk olyan gömblövedékeket is, melyeken sugárirányban 4–8 bemetszést ejtettek, hogy becsapódáskor nagyobb sérülést okozzanak.

⁴¹ Az ostrom leírását lásd *Domokos* 2011.

⁴² *Foard* 2008. 121–127. o.

Kutatásaink során a HM Hadtörténeti Intézet és Múzeum (HM HIM) Hadirégészeti Gyűjteményében (HGy), valamint a Ludovika Kutatóműhely (LK) gyűjteményében található, Zrínyi-Újvár ostromterületén talált kézilőfegyver-lövedékeket tekintettük át. A HM HIM összesen 303 db, míg az LK 302 db lövedékkel rendelkezik a kutatás jelen állapotában (2023. június). A HM HIM lövedékanyagát Polgár Balázs,⁴³ az LK anyagát pedig Padányi József dolgozta fel.⁴⁴ Mindkét gyűjtemény leletanyagának újbóli vizsgálatát azért tartottuk szükségesnek, hogy egyrészt minden lövedék esetében és a tipologizálás tekintetében azonos szempontok érvényesüljenek, másrészt, hogy a méréseket azonos pontossággal, azonos eszközökkel végezzük el. Mindemellett a lövedékek tipologizálásánál és az űrméretük meghatározásakor már rendelkezünk a kísérleti lövésszeteink során megszerzett tapasztalatokkal, ami nagymértékben segítette a lövedéken látható sérülések értelmezését.

A HM HIM és a Ludovika Kutatóműhely által feltárt zrínyi-újvári lövedékek statisztikai elemzése

A) A lövedékek űrméret szerinti megoszlása

A teljes lövedékstatisztika lehetőséget ad arra, hogy közel reprezentatív képet kapjunk azokról a fegyverekről, amelyek megjelentek az ostromban. A kutatás jelen pillanatában nem vállalkozhatunk még arra, hogy a keresztény és oszmán lövedékeket, fegyvereket elválasszuk egymástól, az űrméretük megoszlása azonban lehetővé teszi azt, hogy kísérletet tegyünk a különböző típusú fegyverek egymástól történő megkülönböztetésére. Analitikánkban alapvetően a pisztoly-, karabély- és muskétáűrméretük elválasztására tettünk kísérletet. A muskétalövedékek esetében könnyebb a helyzetünk, ugyanakkor a pisztoly- és karabélylövedékek egymástól való elválasztása igen nehéz, hiszen egymással jelentős átfedésben vannak.

A különböző lövedéktípusok átmérőjének meghatározásakor különböző módszereket alkalmaztunk. Az ép és közel ép, valamint becsapódott gömblövedékek esetében a tiszta ólom sűrűségének ismeretében matematikai képlettel határozhatjuk meg az egykori átmérőt, szabályos gömbnek tekintve formáját. A hasáblövedékek esetében a hossz tengelyre merőleges legnagyobb mérhető átmérőt tekintettük űrméretnek. A csőtorkolatba sajtolt lövedékek esete volt a legegyszerűbb, hiszen ez esetben a csőbe kalapált lövedék hengeres átmérője pontosan megfelel a cső átmérőjének (*1. grafikon*).

A kapott grafikon több fegyvertípus intenzív használatára utal. A pisztolylövedékek a legkisebb űrméretűek, jellemzően 10–15,5 mm között határozhatjuk meg méretüket. A karabélyok lövedéke ezzel átfedésben van, minimum űrméretük ugyanakkor véleményünk szerint tetten érhető, hiszen 13 mm-től jelentősen növekedik a lövedékek aránya,

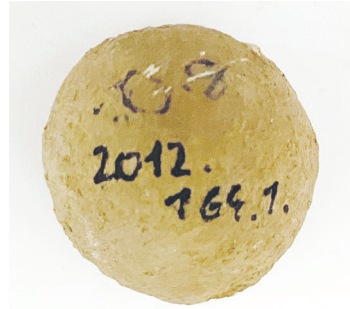
⁴³ Polgár 2012. 104–109. o.

⁴⁴ Ondréc – Padányi 2019. 58–77.

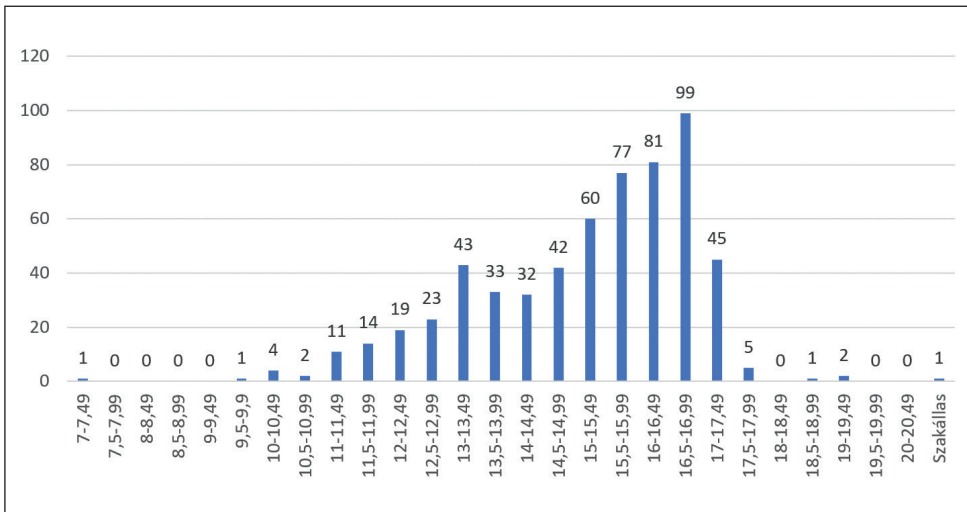
vagyis itt léphet be a statisztikába a fegyvertípus. A karabélyok lövedékeinek űrméretét ezért 13–15,5 mm közé helyeztük. Ez egyben azt is valószínűsíti, hogy a 13 mm alatti lövedékek pisztolyokhoz köthetőek.

A muskéták esetében két űrméretcsoport jól azonosítható. Az egyik 15,5–16,5 mm közötti, a másik 16,5–18 mm-es lövedéket tüzelt. A két jellemző lövedéktömeg a 24 és a 30 g körüli muskétagolyó. Ez utóbbi a kétlatos muskéta űrmérete, mely tanulmányunk kísérleti régészeti szakaszának központi szereplője.

A harctéren igen kis mennyiségben kerültek elő nagyobb űrméretű muskétába vagy szakállas puskába való 20 mm körüli vagy a feletti méretű ólomgolyók. Egy esetben lehetünk teljesen biztosak abban, hogy nagy űrméretű szakállas puskából lőtték ki a lövedéket (HM HIM HGy, 2012.164.1).



1. kép: Nagy méretű, becsapódáskor félgömb formára kilapult szakállaspuska-lövedék (HM HIM HGy, 2012.164.1. Fotó: Kulcsár Viktor)



1. grafikon: Az összes lövedék űrméret szerinti megoszlása

Fegyvertípus	Mennyiség (db)	Arány (%)
Pisztoly 13 mm-ig	76	12,6
Pisztoly és karabély 13–15,5 mm-ig	210	35,2
Muskéta 15,5–16,5 mm	158	26,5
Muskéta 16,5–18 mm	149	25
Szakállas puska 20 mm	3	0,5
Szakállas puska >20 mm	1	0,16

5. táblázat: A lövedékek megoszlása fegyvertípusok szerint

A lövedékek méretszóródása arra enged következtetni, hogy a különböző tűzfegyver-típusok mindegyike intenzív szerepet tölthetett be az ostrom során.

B) A lövedékek típus szerinti megoszlása

A régészeti feltárás során talált lövedékek mennyiségi arányai is izgalmas képet festenek.

Lövedéktípus	Mennyiség (db)	Arány (%)
Golyó	504	83,2
Hasáb	42	6,9
Golyócikkely	2	0,3
Öntőcsúcsos golyó	52	8,6
Szilánk	5	0,8
Ólomtömb	1	0,1

6. táblázat: A lövedéktípusok előfordulása a leletek között

Az ostrom jellemző lövedéke az ólomgolyó, mely két változatban jelent meg a harcoló felek arsenáljában. Az ólomgolyók jelentős hányada gömb formájú lövedék, mely esetében az öntőcsúcsot teljes mértékben eltávolították. A tizedénél kevesebb olyan lövedék került elő, melyek öntőcsúcsát meghagyták, ugyanis ennek célja volt: ehhez lehetett a papírtöltény palástját rögzíteni. Különböző típusú hasáblövedékek is jelentős mennyiségben kerültek elő. Ezek az ún. szükséglövedékek amolyan tábori készítmények, melyeket elsősorban akkor alkalmazhattak, ha öntött golyó nem állt rendelkezésre kellő mennyiségben, vagy ha az adott fegyverhez a megfelelő kaliberű golyóöntőforma hiányzott. Minimális mennyiségben került elő olyan golyódarab is, melyet jól láthatóan vágással állítottak elő: a lövedéket késsel vagy más vágóeszközzel negyedekre vágták. A fellelt két darab ilyen lövedéken (HM HIM HGy, 2012.115.1 és 2012.124.1) kilövés nyomai azonosíthatóak. A cikkelylövedékeket muskétagolyók-



2. kép: Ólom muskétagolyóból hasított cikkelylövedékek (HM HIM HGy, 2012.115.1 és 2012.124.1. Fotó: Kulcsár Viktor)



3. kép: Lövedékek öntésére szolgáló ólomnyersanyag-tömb (HM HIM HGy, 2011.41.1. Fotó: Kulcsár Viktor)

ból készítették, valószínűleg azért, hogy azok kisebb űrméretű fegyverbe is tölthetőek legyenek.

Statisztikánkba nem illesztettünk be 5 db olyan ólomzilánkot, amelynek eredendő lövedéktípusa nem volt meghatározható. A leletek között találunk még egy ólomtömböt is (HM HIM HGy, 2011.41.1), mely vágásnyomokat mutat. Ezt nyersanyagtömbként azonosíthatjuk, melyet golyóöntésre használtak.

C) Pisztoly-, karabély- és muskétalövedékek megoszlása típus szerint

Érdekes azt is megvizsgálunk, hogy a legnagyobb mennyiségben fellelt lövedéktípusok milyen arányban jelennek meg a fegyvertípusokhoz kötött űrméretcsoportokban:

Lövedéktípus	Mennyiség (db)	Arány (%)
Pisztolylövedékek		
Golyó	39	51,3
Hasáb	12	15,8
Öntőcsúcsos golyó	25	32,9
Pisztoly- és karabélylövedékek		
Golyó	170	81
Hasáb	21	10
Öntőcsúcsos golyó	19	9
Muskétalövedékek		
Golyó	293	95,4
Hasáb	8	2,6
Öntőcsúcsos golyó	6	1,9

7. táblázat: Lövedékek megoszlása típus szerint

A három fegyverfajtaéhoz kötött lövedékek típus szerinti megoszlása azt bizonyítja, hogy ahogy növekszik az űrméret, úgy csökken a hasáblövedékek, valamint az öntőcsúcsos lövedékek aránya. 15,5 mm lövedékátmérő felett alkalmazásuk szinte megszűnik. Ennek több oka is lehet. Az öntőcsúcsos lövedékek eltűnésének egyik magyarázata, hogy a muskétákat elsősorban nem papírtölténnyel, hanem a pantalléron függő apostolokból töltötték, de az is lehet, hogy a nagy muskétaűrméret képes volt szinte az összes rendelkezésre álló lövedéktípust befogadni, vagyis nem volt szükség rögtönzött megoldásokra.

A fellelt lövedéktípusok

A) Golyók

A legnagyobb mennyiségben öntőformák segítségével készített ólomgolyókat találtak a kutatók. Ezek vasból, más fémből, vagy kőből készült öntőformákkal készültek. Az öntőformák két félből álltak, melyek lehetőleg pontosan illeszkedtek egymáshoz. A két pofa zárását és nyitását fogó tette lehetővé. E lövedékek felszíne jellemzően sima, a gyártásra utaló felületi nyom lehet az öntőcsúcs lecsípésének vágásnyoma, valamint az öntőformapofák illeszkedésénél látható csík. Ha a pofák nem illeszkednek megfelelően, a lövedék felei el is csúszhatnak egymástól. Többször talákoztunk öntési hibás ólomgolyóval, melynél a levágott öntőcsúcs helyén jól kivehető légbuborék, zárvány alakult ki. (HM HIM HGy, 2012.213.1) Az ólom igen puha fém (keménysége 5 BHN), így akár hidegen is könnyen alakítható, ugyanakkor nagy sűrűségű anyag. Olvadáspontja mindössze 327,5 °C, így könnyen önthető. A fellelt golyó formájú lövedékek két nagy csoportra oszthatóak: amelyek közel megőrizték eredeti gömbformájukat, valamint azok, melyek becsapódáskor különböző mértékben deformálódtak.



4. kép: Muskétagolyók a HM HIM Hadirégészeti Gyűjteményéből:
lencsévé lapult becsapódáskor (bal felső);
célon túlrepült, közel épen maradt golyó (jobb felső);
energiát vesztett, becsapódáskor félgömb formára lapult muskétagolyó (lent)
(Fotó: Kulcsár Viktor)

A közel gömb formájú lövedékeket korábbi munkákban jellemzően elejtett lövedékként azonosították. Ez ugyanakkor nem állhatja meg a helyét. Nem vitatva, hogy a fegyveres harc hevében megtörténhet valóban a lövedékek elejtése, de a közel ép vagy ép golyók túlnyomó többségét kilőtt lövedékként kell azonosítani. A célt vétett és energiáját vesztett, talajon gurulatot kapó ólomgolyó ugyanis nem lapul el, hanem akár többszöri felpattanással nagy távolságot tehet meg minimális deformációval.

Igen kevés esetben érhetjük tetten, hogy valóban elejtett lövedékkel állunk szemben. Zrínyi-Újvár leletanyagának különösen izgalmas halmazát képezik azok a muskétagolyók, melyek az erőd közepén elhelyezkedő kút feltárása során kerültek elő. A kútba minden valószínűség szerint egy keresztény katona holtteste zuhant, erről tanúskodnak a fegyver-, vértet- és csontmaradványok. Igen kis területről került elő 13 db ólomgolyó, melyek valószínűsíthetően ennek a katonának a bőrből vagy textilből készült lövedéktartó zacskójában lehettek. A lövedékeken kilövésre utaló nyomok nem azonosíthatók. A golyótartó tartalma nagyszerű lehetőséget ad számunkra, hogy megvizsgáljuk a lövedékméreteket egy adott katona esetében. Rendkívül izgalmas, hogy az ép állapotú lövedékek még egyetlen katona esetében is milyen nagy méretbeli szórást mutatnak. Tömegük 27,5 és 31,5 g, átmérőjük 16,5 és 18,75 mm között mozog, vagyis megfelel a kétfalatos muskéta űrméretének. A sorból két golyó lóg ki, melyek tömege 24 g körüli, vagyis számított átmérőjük 15,8–15,9 mm.

Azonosító szám (LK)	Tömeg (g)	Mért legnagyobb átmérő (mm)	Kalkulált átmérő (mm) ⁴⁵
81	27,59	16,52	16,69
83	31,42	18,12	17,43
85	23,22	17,56	15,76
87	30,88	18,41	17,33
89	31,61	18,75	17,46
811e	28,16	17,89	16,80
813	30,84	18,29	17,32
815	33,21	18,37	17,75
92	31,05	17,33	17,36
94	24,06	16,65	15,95
96	29,37	17,51	17,04
98	30,92	18,03	17,34
910	31,25	17,77	17,40
Átlag	29,51	17,78	17,07

8. táblázat: A zrínyi-újvári kútban talált muskétagolyók (13 db) paramétereit

Amennyiben feltételezésünk helyes, és a kis területről előkerült golyók valóban egy harcos lövedékei voltak, úgy az is tetten érhető, hogy a mérekszabványok még egyes katona viszonylatában sem érvényesültek. Ezek a lövedékek, mivel kilövésre utaló nyomokat valóban nem mutatnak – amit a lelőhely kontextusa is megerősít –, alkalmasak arra, hogy

⁴⁵ Ismerve a tiszta ólom sűrűségét, a lövedékek átmérőjét matematikai képlettel határoztuk meg.

a lövedék- és hozzá tartozó csőürméretéről pontosabb képet kapjunk. A lövedékek – a két említett kivétellel – a kétlatos muskéta ürméretének felelnek meg.

A kilőtt és deformálódott lövedékek esetében is van lehetőségünk arra, hogy eredeti ürméretüket közel pontosan meghatározzuk. A korábbi kutatások alkalmával 21 véletlenszerűen kiválasztott, Zrínyi-Újvárnál fellelt lövedéken végeztek anyagvizsgálatot, mely kimutatta, hogy a lövedékek anyaga közel tiszta ólom. A vizsgálat során mindössze egyetlen lövedéket találtak, melyben jelentős ón ötvözt azonosítottak: egy 12,7 mm-es, 12 g tömegű pisztolygolyó⁴⁶ ötvöze 5,32% ónt tartalmazott. Az ón csökkenti az ötvözet olvadáspontját, vagyis könnyíti az öntést, ugyanakkor a kapott lövedék jóval keményebb lesz, mint a tiszta ólom, így javíthatja a lövedék átütőképességét.⁴⁷

A tiszta ólom lövedékek eredeti átmérőjének kalkulálásához a következő képletet használtuk:

$$r = \sqrt[3]{\frac{3 \cdot m}{4 \cdot \pi \cdot \rho}}$$

($r = a$ gömb sugara centiméterben, $m = a$ lövedék tömege grammban, $\rho = \text{anyag}sűrűség = 11,34 \text{ g/cm}^3$ a tiszta ólom esetében, $\pi = 3,14$)

Példánk, ahol a deformálódott lövedék tömege 16 g:

$$r = \sqrt[3]{\frac{3 \cdot m}{4 \cdot \pi \cdot \rho}} = \sqrt[3]{\frac{3 \cdot 16}{4 \cdot 3,14 \cdot 11,34}} = 0,6959 \text{ cm}$$

Vagyis a lövedék átmérője:

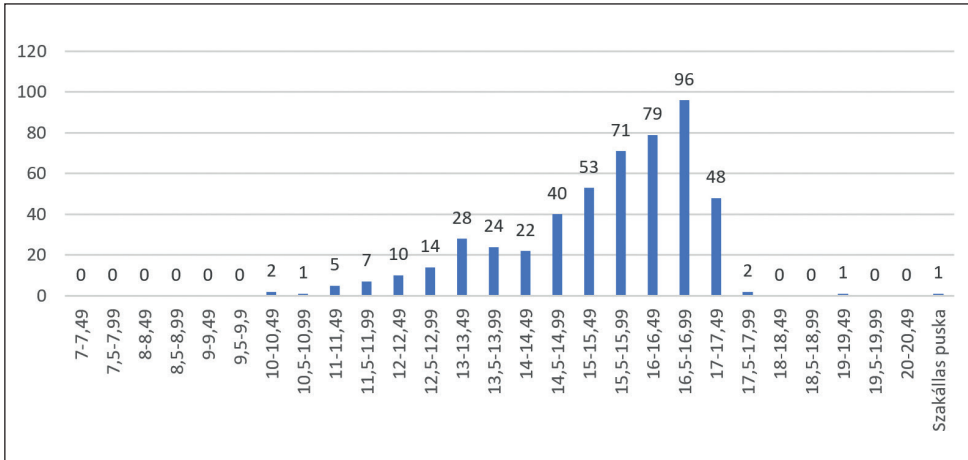
$$d = 2 \cdot r = 2 \cdot 0,6959 = 1,3918 \text{ cm} = 13,918 \text{ mm}$$

Ez a kalkuláció lehetőséget ad arra, hogy közelebb kerüljünk a lövedék, és ezen keresztül az azt kilövő fegyver ürméretéhez, ugyanakkor a kapott eredményt nem tekinthetjük pontos értéknek, mivel a becsapódott lövedék tömegét csökkentheti a korrózió, a cső kopató hatása, valamint maga a becsapódás is.

Statisztikánkban az ólomgolyók sűrűség alapján kiszámított ürméretét használtuk. Ez lehetővé teszi, hogy a deformálódott lövedékeket is jó eséllyel fegyverürméretekhez kössük.

⁴⁶ HM HIM HGy, 2011.59.1.

⁴⁷ *Költő* 2012. 101–103. o.



2. grafikon: Az ólomgolyók (számított) űrméret szerinti megoszlása

Fegyvertípus	Mennyiség (db)	Arány (%)
Pisztoly 13 mm-ig	39	7,7
Pisztoly és karabély 13–15,5 mm-ig	167	33,1
Muskéta 15,5–16,5 mm	150	29,8
Muskéta 16,5–18 mm	146	28,9
Szakállas puska 20 mm	1	0,2
Szakállas puska >20 mm	1	0,2

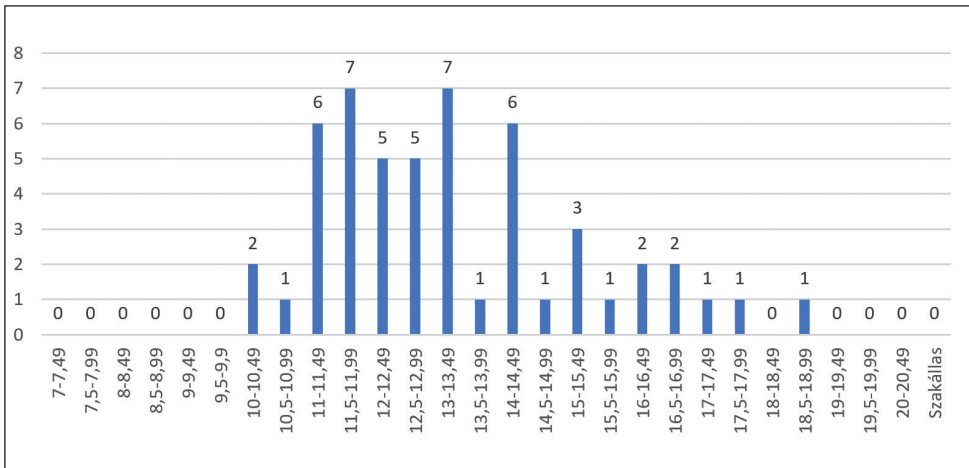
9. táblázat: Az ólomgolyók megoszlása fegyvertípusok szerint

B) Öntőcsúcsos golyók

Az öntőcsúcsos lövedékek csoportja is izgalmas számunkra. A fellelt 52 db lövedék űrmérete 11,14–15,61 mm között mozog, vagyis azokat karabélyból, pisztolyból lőtték ki, bizonyítva, hogy a papírtöltények készítése inkább lehetett jellemző a kisebb, könnyebb lőfegyverek, mint a muskéták esetében.



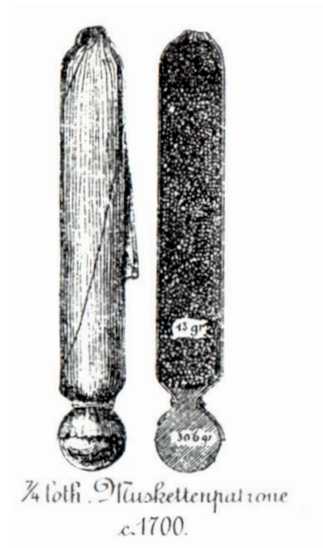
5. kép: Öntőcsúcsos golyó a HM HIM Hadirégészeti Gyűjteményéből. A lövedék öntése után nem távolították el az öntecset (Fotó: Kulcsár Viktor)



3. grafikon: Az öntőcsúcsos lövedékek úrméret szerinti megoszlása

Fegyvertípus	Mennyiség (db)	Arány (%)
Pisztoly 13 mm-ig	33	63,5
Pisztoly és karabély 13–15,5 mm-ig	11	21,2
Muskéta 15,5–16,5 mm	3	5,8
Muskéta 16,5–18 mm	4	7,7
Szakállas puska 20 mm	1	1,9
Szakállas puska >20 mm	0	0

10. táblázat: Az öntőcsúcsos lövedékek megoszlása fegyvertípusok szerint



6. kép: Öntőcsúcsos lövedékkel szerelt töltény-reprodukció és Dolleczek ábrázolása (Fotó: Kulcsár Viktor; Dolleczek 1970. Tafel XVII)

C) Csőbe sajtolt ólomgolyók

A golyók és öntőcsúcsos golyók halmazain belül találunk olyan lövedékeket, melyek betöltése szokatlan módon történt: a cső űrméreténél enyhén nagyobb golyót a torkolatba kalapálták, aminek köszönhetően a gömbforma deformálódott: a cső űrméretének megfelelő átmérőjű hengeres palást alakult ki rajtuk, miközben a kalapált felső felületük ellapult.



7. kép: Csőbe sajtolt lövedék a HM HIM Hadirégészeti Gyűjteményéből.
Oldalain hengeres palást alakult ki ahogy a csőnél nagyobb golyót a torkolatba ütötték
(Fotó: Kulcsár Viktor)

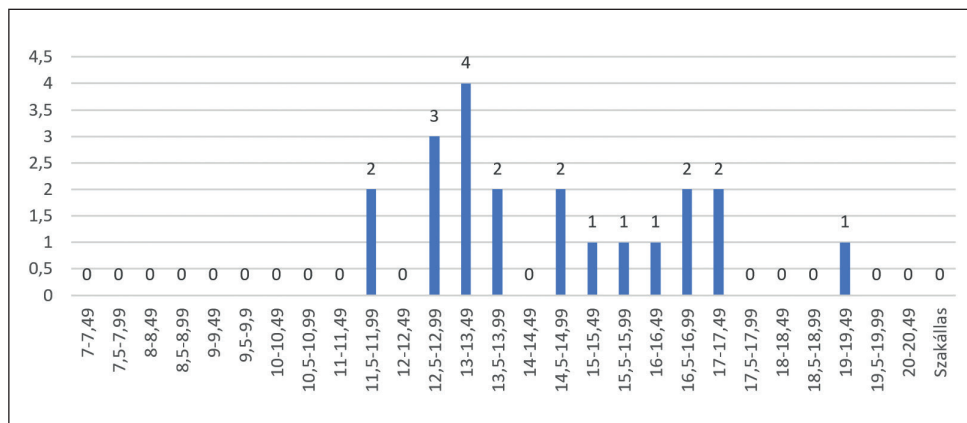
Azonosító szám (LK)	Tömeg (g)	Átmérő (mm)	Csőűrméret nürnbergi font szerint ⁴⁸
41	23,28	15,52	23–24
43	19,01	13,90	32
45	26,13	18,73	13
47	13,58	12,87	38–42
49	26,77	18,97	12–13
411	42,48	22,31	8
413	27,01	18,30	14
415e	30,35	13,87	32
52	29,81	15,16	25
54	14,99	10,40	70–80
56	13,18	10,40	70–80
58e	20,76	12,50	45
510	12,38	10,60	70
512	15,35	11,15	60–70
516	13,15	10,43	70–80

⁴⁸ Ez az arányszám azt jelzi, hogy egy font súlyú ólomból hány darab megadott méretű lövedéket lehet önteni.

Azonosító szám (LK)	Tömeg (g)	Átmérő (mm)	Csőürméret nürnbergi font szerint ⁴⁸
61	18,35	15,25	24
63	13,57	13,28	35–38
65	12,81	12,85	38–42
67	10,24	12,15	50
2012.289.1	10,71	11,78	60–70
2012.291.1	14,90	12,89	38–42

11. táblázat: A fegyvercsőbe sajtolt túlméretes ólomgolyók (21 db) paraméterei

Négy kivétellel (LK, 45., 49., 411., 413.) mindegyik lövedék a karabélyok, pisztolyok ürméretét mutatja. A 12–13 mm alatti ürméreték valószínűleg pisztolyból kilőtt lövedékek. E csoportban is találunk olyanokat, melyek a mért tömeg alapján arra utalnak, hogy kétlatos muskéta golyójából készültek (LK, 41., 45., 49., 411., 413., 415e., 52.). A táblázatunkban található átmérők szinte minden esetben eltérőek, ami további bizonyíték arra, hogy a Zrínyi-Újvárnál alkalmazott tűzfegyverek ürmérete tekintetében nem érvényesültek pontos katonai szabványok.



4. grafikon: A csőtorkolatba sajtolt lövedékek ürméret szerinti megoszlása

Fegyvertípus	Mennyiség (db)	Arány (%)
Pisztoly 13 mm-ig	5	23,8
Pisztoly és karabély 13–15,5 mm-ig	9	42,9
Muskéta 15,5–16,5 mm	2	9,5
Muskéta 16,5–18 mm	4	19
Szakállas puska 20 mm	1	4,8
Szakállas puska >20 mm	0	0

12. táblázat: A csőtorkolatba sajtolt lövedékek megoszlása fegyvertípusok szerint

Mivel igen kevés ilyen típusú lövedék került elő, ezért adataink nem tekinthetők reprezentatív statisztikának. A jelenleg rendelkezésünkre álló adatok azonban azt sejtetik, hogy az ilyen lövedék alkalmazása a karabélyok, pisztolyok esetében volt gyakoribb.

A csőbe sajtolt lövedékek csekély száma ugyanakkor azt is bizonyíthatja, hogy ez is szükségmegoldás lehetett: a katona felvehette elesett társa vagy ellensége lövedékeit, töltényeit, amennyiben kifogyott a fegyveréhez készült töltésből. Ennek a töltési módnak vannak hátrányai: egyrészt – különösen már elkoszolódott csőbe – igen nehéz lenyomni az ennyire pontosan illeszkedő lövedéket. Ha ez nem sikerül, és a golyó félúton megakad, légrés marad a lőportöltet és lövedék között, amely olyan mértékben emelheti meg a gáznymást, hogy a fegyver akár fel is robbanhat. Másrészt ahhoz, hogy a csőben megindítható legyen a túlméretes lövedék, szükség van egy további eszközre (kalapácsra, kés fokára stb. .), hogy a torkolatba üssék a lövedéket. Harc közben ez igen nehezen képzelhető el.

D) Vágott hasábölmok, kalapált hasábölmok, vágott és kalapált hasábölmok

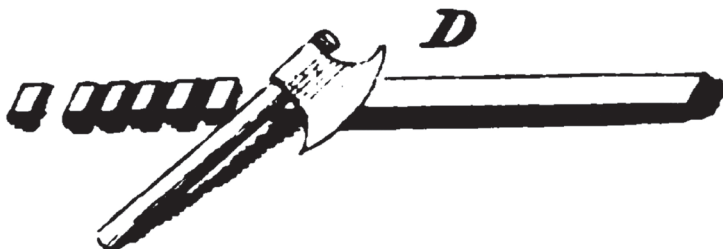
Zrínyi-Újvárnál jelentős mennyiségű hasáblövedék került elő. Ilyen lövedékekre azért lehetett szükség, mert a logisztikai rendszer csak korlátozottan volt képes kiszolgálni a hadsereg igényeit, mind a császári, mind az oszmán oldalon. Ezek a lövedékek lehetnek négyszögletes vagy kör keresztmetszetűek. A hosszúkás hasáblövedékek jellemzően igen kevésbé deformálódott állapotban maradtak meg. Ennek oka, hogy a nehéz, csövet tömíteni csak korlátozottan képes lövedékek torkolati sebessége igen alacsony volt, vagyis becsapódáskor kevésbé deformálódott. Ez teszi lehetővé, hogy ürmérethez kössük őket: a keresztmetszet legnagyobb mért átmérőjének kellett a cső ürméréthez illeszkednie.

Zrínyi-Újvárnál alapvetően három típusú hasáblövedékkel találkozhatunk: vágott ólomlövedékekkel (14 db) és kalapált ólomlövedékekkel (27 db), valamint először kalapált, utána vágással több darabra osztott lövedékkel (1 db).

8. kép: Ólomhasábok a HM HIM Hadirégészeti Gyűjteményéből. Vágott ólomlövedék készítéséhez öntött ólomhuzal (balra); muskétagolyóból kalapált hasáblövedék, melyet közepen kettévágtak (fent középen); kör keresztmetszetű hasáblövedék (alul középen); muskétagolyó (fent jobbra); muskétagolyóból kalapált hasáblövedék (lent jobbra) (Fotó: Kulcsár Viktor)



A vágott ólom oszmán felhasználásáról még Luigi Fernando Marsigli 1732-ben megjelent *Stato militare dell’Impero Ottomano, increment e decrement del medesimo* című munkája is említést tesz. Illusztráción és szöveges formában ismerteti, ahogy ólomrúdból bárd segítségével vágható a kellő méretű lövedék.⁴⁹



9. kép: Luigi Fernando Marsigli ábrázolása a vágott ólom elkészítéséről (Marsigli 1732. Capitolo VIII. Fig. 17.)

Egy ilyen – illegális fémkeresőzésből származó –, spirál formában feltekert ólomrúd megtalálható a HM HIM gyűjteményében.⁵⁰ A vágott ólomlövedékek könnyen felismerhetők: a vágás során létrejött közel 90 fokos élek mindig jelen vannak a lövedék mindkét végén. Ezek a lövedékek méretük és tömegük alapján egyértelműen pisztoly vagy karabély lövedékei lehetnek.

Találkoztunk olyan vágott ólomlövedékkel (HM HIM HGy, 2012.55.1) is, melynek keresztmetszete szabályos kör volt, ugyanakkor vastagsága alig pár milliméter. Az ólomrúdból vágott korongon jól azonosítható kilövésnymok látszanak. A lövedéken észlelhető, másik gömblövedék jelenlétére utaló nyomok miatt valószínűsítjük, hogy lövedékünk másodlövedék lehetett. Ilyen töltési módot találunk jóval korábbi leletek esetében is. A Kopaszi-zátonynál talált, 1540-es évek elejére datált puskacsövek röntgenfelvételén jól látható, hogy az űrméretes golyó fölé egy vágott ólomkorongot töltettek az ölőképesség növelése érdekében.⁵¹



10. kép: Korong formájú, muskéta űrméretű másodlövedék, melyen jól látható, hogy egy űrméretes puskagolyóval együtt töltötték be és lőtték ki (Fotó: Kulcsár Viktor)

A második módszer hasábolom-lövedékek előállítására a kalapálás volt, melyre számos példát találunk Zrínyi-Újvár leletanyagában. Ezek a lövedékek jellemzően nagyobb űrméretű muskétagolyókból készültek pisztolyok vagy karabélyok számára. Könnyen megkülönböztethetők a vágott ólomtól, ugyanis ahogy a katona az oldalakat igyekezett

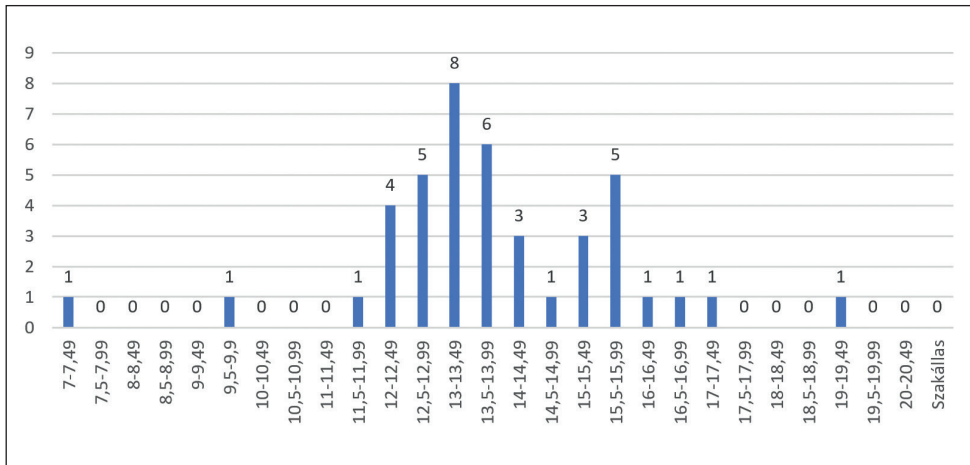
⁴⁹ Marsigli 1732. Capitolo VIII. Fig. 17. „Verga di piombo, de cui con una Scure si tagliano quadrelli, che in mancanza di palle si pongono dentro la canna.”

⁵⁰ HM HIM HGy, 2014.22.1.

⁵¹ Lásd Németh 2021b.

megfelelő méretűre kalapálni, a kapott hosszlövedék végein nem tűnt el a gömblövedé-
 kekre jellemző domborulat, itt nem látható éles vágásnyom. További bizonyítékunk erre
 a készítési módra, hogy igen nagy mennyiségben találunk olyan kalapált lövedékeket,
 melyek 24–30 g közötti tömege igazodik a muskétagyólok tömegéhez. Hosszuk jellem-
 zően 22–32 mm között mozog, szélességük 9–14 mm, bizonyítva, hogy pisztoly vagy
 karabély lövedékei voltak. A mért legnagyobb átmérők minimum és maximum értéke
 alapján következtethetjük ki, hogy ezeket 12–16 mm közötti csőűrméretű fegyverekhez
 készítették. A kilőtt és az elejtett hasáblövedékek megkülönböztetése sokszor igen nehéz
 feladat, mivel a kedvezőtlen ballisztikai formával rendelkező ólomhasábok már kis tá-
 volságon is elveszítik mozgási energiájukat, vagyis becsapódáskor egyáltalán nem biz-
 tos, hogy deformálódnak. A kalapált hasáblövedékek és a muskétagyólok közötti kap-
 csolat egyértelműnek látszik a megvizsgált lövedékek alapján.

A harmadik csoportba tartoznak azok a lövedékek, melyek muskétagyólból kalapá-
 lással készültek pisztolyhoz vagy karabélyhoz, de a hasáb megformálása után a katona
 még két részre vágta azokat. Ilyen lövedéket egyet találtunk a leletek között (HM HIM
 HGy, 2012.27.1.).



5. grafikon: A hasáblövedékek megoszlása űrméret szerint

Fegyvertípus	Mennyiség (db)	Arány (%)
Pisztoly 13 mm-ig	12	28,6
Pisztoly és karabély 13–15,5 mm-ig	21	50
Muskéta 15,5–16,5 mm	6	14,3
Muskéta 16,5–18 mm	2	4,8
Szakállas puska 20 mm	1	2,3
Szakállas puska >20 mm	0	0

13. táblázat: A hasáblövedékek megoszlása fegyvertípusok szerint

Statisztikánk szerint a hasáblövedék elsősorban a pisztolyok, karabélyok lövedéke volt. Előfordulási gyakorisága a pisztolyűrméreték esetében a legnagyobb.

Sérülések a fellelt lövedékeken

A fellelt lövedékeken többféle külsérelmi nyom is azonosítható. Ezek egy része a lövedék elkészítése, egy része a betöltés és kilövés, egy része a becsapódás, egy része pedig a földben töltött jelentős idő eredménye.

A) A lövedék elkészítésével kapcsolatos nyomok

A lövedékek jelentős többsége a csőürméretnek megfelelő öntőforma segítségével készült. A golyóöntőforma két félből áll, melyek ideális esetben pontosan illeszkedve, tökéletes gömb formájú öntvényt eredményeznek. Az öntőformák készülhettek kőből, de a 17. században már leginkább fémről (vas, bronz, réz) állították elő. A pofákba marással, forgácsolással alakítják ki a bevágást.

Az öntőforma oldalai azonban igen ritkán adtak pontos gömb formát. A nem pontosan kialakított bevágás enyhén ovális gömböt, az egymással nem illeszkedő pofák pedig az illeszkedés mentén egymáshoz képest eltolt feleket eredményeztek. Az öntőforma illeszkedési felületeinek nyoma gyakran felismerhető a lövedékeken, az öntecset vagy annak levágási pontját érintő, a lövedék teljes felületén végigfutó vonal formájában (HM HIM HGy, 2012.281.1).



*11. kép: A lövedék elkészítésével kapcsolatos nyomok a HM HIM Hadirégészeti Gyűjteményének lövedékein. Balról jobbra haladva:
1. az öntőforma felei nem pontosan illeszkedtek, 2. a levágott öntecsnél jól látható légzárvány alakult ki, 3. vágás nyoma hengeres hasáblövedéken, 4. kalapálás (rágás?) nyoma gömblövedéken, 5–6. lövedék késsel levágott öntecssel, lövedék csípőfogóval levágott öntecssel
(Fotó: Kulcsár Viktor)*

Az elkészítés további nyoma lehet az öntecs levágásának helye. Az öntőforma bevágásán túlfolyó, és megszilárduló ólmot késsel vagy csípőfogóval vágta le. Ez utóbbi lehetett akár az öntőforma fogóján kialakított szerszám is. A késsel levágott felület esetében egyenes, tiszta vágást, a csípőfogóval levágott öntecs esetében két oldalról becsipett vágásnyomot találunk.

A levágott öntecs alatt gyakran találhatunk légzárványt. Ez különösen abban az esetben alakulhat ki, amennyiben a lövedéket készítő munkás nem várta meg, míg

az olvadék teljesen felkeményedik, mielőtt a golyót kiejtette a formából (HM HIM HGy, 2012.213.1).

A hasáblövedékek esetében találkozunk vágott felületekkel. Ezek jól azonosíthatók, hiszen pontosan definiált élek jönnek létre, amikor az ólomhuzalból levágnak egy részt (HM HIM HGy, 2011.48.1.). Ezek egyértelműen megkülönböztethetőek a kalapált hasáblövedékeken látható nyomoktól. A hasáb formára átkalapál muskétagolyók végei domborúak maradnak, miközben hosszanti felületükön a kalapálásból származó homorú benyomódások figyelhetők meg.

A HM HIM és az LK birtokában lévő lövedékek között találunk olyat is, melyet kalapálással (esetleg rágással) formáltak közel kerek formájúra. Ilyen lövedékek eddig elenyésző mennyiségben kerültek csak elő (HM HIM HGy, 2012.43.1).

B) A betöltés nyomai

A töltés leggyakoribb nyoma a töltővessző által hagyott deformáció a lövedéken. Minél pontosabban illeszkedik a csőbe a lövedék, minél koszosabb volt a cső, vagyis minél nagyobb erő kellett a lövedék lenyomásához, a töltővessző által hagyott nyom annál erősebb lehet. A 17. századi fegyverek nagy többsége fából készült töltővesszővel rendelkezett, melyek végét jellemzően szaru- vagy vashüvellyel erősítették meg. A golyót szorosan kellett a lőporra nyomni, hogy a töltés és a lövedék között ne maradjon légrés, mivel ez olyan gáznymást eredményezhetett, melynek köszönhetően a cső akár fel is robbanhatott. A töltővesszőt érdemes volt ezért a lőporra nyomott lövedékre ütni néhányszor, hogy az biztosan a lőporon üljön. Ennek nyoma gyakran azonosítható a fellelt lövedékeken (HM HIM HGy, 2012.151.1).



12. kép: A betöltés nyomai a HM HIM Hadirégészeti Gyűjteményének lövedékein. Balról jobbra haladva:
1. a töltővessző által hagyott kerek, lapos nyom,
2. a cső nyoma a torkolatba kalapált túlméretes golyón,
3. a lövedékbe tekert golyósróf nyoma
(Fotó: Kulcsár Viktor)

Amennyiben a lövedék nagyobb átmérőjű volt, mint a cső, vagyis azt be kellett a torkolatba sajtolni, a cső kaliberezte (űrméretre alakította) a lövedéket. Az ilyen lövedékek töltővesszővel érintkező felülete jellemzően laposabb, mivel nagyobb erő kellett a lenyomáshoz, a lövedék oldalán pedig a cső űrméretének megfelelő hengeres palást alakult ki (HM HIM HGy, 2012.291.1).

A hibás töltési folyamat is tetten érhető a megtalált lövedékeken. Ha a katona a harc hevében eltévesztette a töltet elemeinek sorrendjét (elfelejtett lőpor tölteni a lövedék alá), vagy elnedvesedett a töltés, a golyót ki kellett húzni. Erre szolgált a golyósróf, melyet a töltővessző végére lehetett csavarni. A sróftot bele kellett tekerni a lövedékbe, majd ki kellett azt húzni a torkolat felé. Zrínyi-Újvárnál ilyen lövedék is került elő (HM HIM HGy, 2012.18.1.). Ez a típus könnyen összetéveszthető az öntőcsúcs vágásánál zárvánnyal rendelkező lövedékekkel. Csak abban az esetben tekinthetjük kihúzott lövedéknek, amennyiben a lövedéken képződött üreg falán azonosítható a csavar által hagyott menetnyom.

C) A kilövés nyomai

A lövedék a kilövés során alakváltozást szenved el. Egyrészt a szabályos gömblövedék deformálódik a lőporgázok hatására: a puha ólomgolyó a csőtengely mentén ellapul, arra merőleges irányban pedig átmérője növekedik. Ennek oka a lőporgázok feszítő erejében, valamint az ólomgolyó tehetetlenségében keresendő.

Másrészt a kilövéskor jelentkező deformáció oka a cső koptató hatása, a lövedék felületén kialakuló öv (*banding*).⁵² A csőben haladó lövedék a csőfalhoz súrlódik, ami jól láthatóan koptatja a lövedék oldalát. Minél nagyobb a lövedék mögött kialakuló gáznyomás (minél nagyobb a töltet), és minél pontosabban illeszkedik a lövedék a csőbe, ez a hatás annál erősebb. Ez az öv nem összetévesztendő a túlméretes lövedék csőbe sajtolásának nyomával. A *banding* egyrészt vékonyabb palástot hoz létre, másrészt e lövedékek esetében nem látható a kalapálás nyoma a lövedék felső felületén. Megfelelően magas gáznyomás esetén ez az öv akár teljes is lehet. Ilyen teljes övet nem találtunk zrínyi-újvári lövedékeken, csak részleges kopásnyomokat (HM HIM HGy, 2012.287.1.). Az ilyen lövedékek száma is igen csekély, mindössze 20 db ép vagy közel ép lövedéken azonosítottuk ezt a típusú sérülést. A becsapódott, erősen deformálódott lövedékek esetében ez nem lehetséges.



13. kép: A kilövés nyomai a HM HIM Hadirégészeti Gyűjteményének lövedékein. A lövedékeken jól felismerhető a „banding” jelenség, vagyis a cső koptató hatására kialakuló teljes vagy részleges körbefutó öv
(Fotó: Kulcsár Viktor)

⁵² Miller 2010. 54. o.

Ha a lövedéket fojtás nélkül, közvetlenül töltötték a lőportöltetre, úgy a puha ólomba nyomódó lőporszemcsék is hagyhatnak nyomot a lövedéken. Ez több száz év távlatából, oxidált felületen csak igen ritkán azonosítható.

A kilőtt lövedék leggyakoribb sérülése a becsapódáskor történő deformáció. Zrínyi-Újvár területe ebből a szempontból igen szerencsés, mivel a talaj elsősorban homok, amely úgy lassítja a becsapódó lövedékeket, hogy azok jellemzően nem szakadnak részekre. Ennek köszönhető, hogy még az erősen deformálódott lövedékek tömege sem tér el túlzottan az eredeti tömegtől. A becsapódás során a golyó ideális esetben (ha nem találkozik gyökérrel, kavicsal) szimmetrikusan deformálódik. A becsapódási energiától függően különböző vastagságú, közel szimmetrikus formájú lencsévé lapul. Ennek vastagsága a becsapódási energiától függ.

A talajon gurulatot kapó lövedékek ugyanakkor megőrzik közel szabályos gömb formájukat. Felületükön csak kisebb sérülések figyelhetők meg, kisebb ovalítás mérhető.

D) A talajban töltött idő nyomai

A talajba kerülő ólomlövedék oxidálódik, melynek mértéke függ a talaj PH-értékétől. Kijelenthetjük, hogy az ólom még savas talajban is igen nehezen mobilizálódik. Felületén ólom-oxid-réteg képződik, amely megvédi a további korróziótól. Ezt a sárgás-barnás réteget a lövedék tisztításakor nem szabad eltávolítani, hiszen hozzájárul a lövedék tömegéhez, bár sűrűsége kisebb, mint a tiszta ólomé.

A talajba jutó lövedékek sérüléseinek oka elsősorban a földművelésben keresendő. A fegyveres harcra alkalmas területek nagy többsége ma mezőgazdasági művelés alatt áll. A zrínyi-újvári ostromterület sem kivétel ez alól, aminek köszönhetően számos lövedék került elő ásó, kapa, eke nyomára utaló vágásnyommal (HM HIM HGy, 2012.117.1).



14. kép: Mezőgazdasági művelés (kapa) által hagyott nyomok ólomgolyón
(Fotó: Kulcsár Viktor)

A korabeli tűzfegyverek töltése

A 17. század közepén, második felében a gyalogos katona alapvetően két módon tölthette be fegyverét. Az egyik lehetőség a pantalléron függő lőporos fiolák használata volt: megragadott egy töltéstokot, felnyitotta azt, a lőport a csőtorkolatba töltötte, kivett egy fojtást a pantallérra rögzített bőrzacsokból, majd a torkolatba helyezte, rátett egy lövedéket, lenyomta azt a töltővesszővel a csőfarba, majd néhány ütessel lefojtotta, felnyitotta a serpenyőt, a pantalléron függő lőportartóból felporozta a serpenyőt, lezárta a serpenyőt, lefújta a tetejéről az esetlegesen ott maradt lőporszemcséket, a kakasba tette

a parázsló kanócot, rápróbálta a serpenyőre. Lövés leadása előtt ráfújt a kanócra, megnyitotta a serpenyőt, majd célzott, és a ravasz elhúzásával elsütötte a fegyvert.

A 17. században azonban már létezett egy másik, gyorsabb lehetőség is a fegyver betöltésére: a papírtöltények használata a lovasság esetében már a 16. században elterjedt. Első konkrét említését egy 16. század eleji – a közelmúltig ismeretlen – nürnbergi kódexben találjuk, az ebben látható ábrázolásokat Martin Löffelholz nürnbergi polgár készítette 1505-ben; az ívek egy része nyomtatott könyvből származik.⁵³ A számozatlan fólión a puská töltéséhez használt eszközök mellett látunk három papírtöltényt, és mellettük a magyarázat: „papier [...] pulffr und kugl ist ein schnelle ladung”, vagyis szabad fordításban: papírban egyesített lőpor és golyó, azaz gyorsöltés.

A töltények katonai használata a lovassági csapatnemek esetében terjedt el a leggyorsabban, mivel lóháton igen körülményes volt a töltetet elemenként a csőbe tölteni. Wallhausen lovassági szabályzatának 1616-os kiadása is említi ezek használatát: 10–12 darabot helyeztek abba a kis bőrzacskóba, melyben a golyókat is tartották.⁵⁴

A 17. század elején a töltények használata már a gyalogság esetében is általános lehetett. A 30 éves háború idejéből ismerünk számos olyan tölténytartó eszközt, mely lehetővé tette a gyors töltést. Ismerünk fa lőportartót, melynek oldalára rögzítették a fabetétet tartó bőrzacskót, melynek hengeres furataiba néhány töltényt lehetett helyezni. Ismerünk olyan gyalogos kardtokot is, mely töltéstokként is funkcionált, de a Magyar Nemzeti Múzeumban is található számos rugós fedelű, 16. századra datált, övre fűzhető töltéstok (*Patronenköcher*), mely 4–7 töltény tárolására volt alkalmas.⁵⁵

A papírtöltények konstrukciója alapvetően kétféle lehetett a korban: vagy a lövedék le nem vágott öntési csúcsához kötötték hozzá a papírpalástot, vagy levágták azt, és a golyót egyszerűen az egyik végén elkötött vagy elhajtott papírtöltény hengerébe helyezték. Az első típus intenzív használatát mutatja a nagy mennyiségű, 17. századi harcterekről származó karabély és pisztoly ürméretű lövedék, melyek öntési csúccsal rendelkeznek, de található ilyen töltény a bécsi Heeresgeschichtliches Museumban és George Hoyem gyűjteményében is.⁵⁶ Ilyet ábrázol Dolleczek is a monográfiájában.

John Cruso 1632-ben megjelent lovassági kiképzési segédletében a következőképpen írja le a töltények készítésének módját: a töltényeket fehér papírból készítették. A papírt megfelelő méretre vágták, majd az ürméretnek megfelelő rúdra, vagy a töltővesszőre tekerték fel, amennyiben az megfelelő vastagsággal bírt. Egyik végét elhajtották, majd feltöltötték a megfelelő lőportöltettel a kapott hüvelyt. A lőporoszlop felett cérnával el-

⁵³ A kézirat részletes elemzését lásd *Tarner* 2021. A szerzők ezúton mondanak köszönetet Patrick Tarnernek a lelőhely beazonosításában nyújtott segítségért.

⁵⁴ *Wallhausen* 1616. 33. o. „...le dit porteflasque á une petite bourse, pour les balles & et le nettoyeur de son arquebus. Il aurá aussi en la ditte bourse, quelques patros pour s'en servir en l'occurence; ou bien s'il vouldra il se servira au lieu du flasque d' une taiche de patrons attachée la cuisse droite, de dix ou douze patrons au davantage tous prests.”

⁵⁵ *Temesváry* 1992. 259. o. 87., 88. tétel.

⁵⁶ *Hoyem* 2005. 2. o.

kötötték, majd fölé helyezték a lövedéket, és afelett ismét elkötötték a töltényt. Betöltés előtt a katona leharapta a töltény elhajtott végét, majd a lőpor betöltése után a golyót a papírburkolattal együtt nyomta a csőbe.⁵⁷ Cruso szerint a lovasságnál a fegyverek töltésének elsődleges módja a töltények használata volt, lőporflaskából csak akkor töltöttek, ha az előre elkészített töltények már elfogytak.⁵⁸ Nem véletlenül szerepel a szabályzatban a töltények elkészítése, hiszen a központi logisztika a golyókat, lőport és papírt biztosította, a tölténykészítés a katona feladata volt.

Nem mindenki használt pantallért vagy töltényt ebben az időben. Montecuccoli szerint „a törökök muskétáinak csöve jóval hosszabb, mint a mieinké, kaliberük kisebb, nem használnak pantallért és patront, ezért hosszabb időre van szükségük a töltéshez”.⁵⁹ Vagyis a török lövészek a lőport közvetlenül a lőporszaruból tölthették a csőbe, ami nem csak lassabb, hanem veszélyesebb is volt, hiszen gyors rátöltésnél előfordulhat, hogy szunynyadó szikra marad a csőben. Ilyenkor a lőportartó visszaéghet, tartalma felrobbanhat, ami súlyos sérüléseket okozhat a lövészeknek. Mind a pantallér fafiolái, mind a papírtöltény használata ezt a veszélyforrást semlegesítették.

BIBLIOGRÁFIA

- Barkóczy et al.* 2012. *Barkóczy Péter – Bartha Tibor – Kovács Árpád – Padányi József – Török Béla: Zrínyi-Újvár 1664. évi ostromából származó vas- és ólomlövedékek anyagszerkezeti vizsgálata.* In: *Hadtörténelmi Közlemények*, 125. (2012) 4. sz. 1139–1148. o.
- Cruso* 1632. *Cruso, John: Militarie Instructions for the Cavallerie.* Oxford, 1632.
- Dolleczek* 1887. *Dolleczek, Anton: Gesichte der Österreichischen Artillerie.* Wien, 1887.
- Dolleczek* 1970. *Dolleczek, Anton: Monographie der k.u.k. österr.-ung. Blanken und Handfeuer-Waffen.* Reprint. Graz, 1970.
- Domokos* 2011. *Domokos György: Újabb adatok Zrínyi-Újvár építésének és pusztulásának történetéhez.* *Hadtörténelmi Közlemények*, 124. (2011) 3. sz. 741–773. o.
- Engerisser* 2017. *Engerisser, Peter: Kalibertabellen und -abmessungen für Feuerwaffen von 1600 bis 1650.* 2017. <https://engerisser.de/Bewaffnung/Kaliber.html> (A letöltés időpontja: 2018. december 20.)

⁵⁷ *Cruso* 1632. 41. o.

⁵⁸ Uo. 38. o.

⁵⁹ *Montecuccoli* 2019. 253. o.

- Foard* 2008. *Foard, Glenn*: Integrating Documentary and Archaeological Evidence in the Investigation of Battles: A Case Study from Seventeenth-Century. PhD Thesis. University of East Anglia, 2008.
- Furttentbach* 1627. *Furttentbach, Joseph*: Halinitro-Pyrobolia. Beschreibung Einer neuen Büchsenmeisterey. Ulm, 1627.
- Hoyem* 2005. *Hoyem, George*: The History and Development of Small Arms Ammunition. Eatonton, 2005.
- Kalaus* 1989. *Kalaus, Paul R.*: Schiessversuche mit historischen Feuerwaffen des Landeszeughauses Graz and der Prüf und Versuchsstelle für Waffen und Munition des Amtes für Wehrtechnik. In: *Peter Krenn – Paul Dittrich – Paul Kalaus – Leopold Toifl – Alois Ruhri*: Von alten Handfeuerwaffen. Graz, 1989. 41–112. o.
- Költő* 2012. *Költő László*: A Zrínyi-Újvár kutatása során felszínre került ólom leletek elemanalízise. In: *Hausner Gábor – Padányi József*: Zrínyi-Újvár emlékezete. Budapest, 2012. 101–103. o.
- Krenn et al.* 1989. *Krenn, Peter – Dittrich, Reinhart – Kalaus, Paul R. – Toifl, Leopold – Ruhri, Alois*: Von alten Feuerwaffen. Graz, 1989.
- Marsigli* 1732. *Marsigli, Luigi Fernando*: Stato militare dell' imperio Otomano, incremento e decremento del medesimo. Haga–Amsterdam, 1732.
- Miller* 2010. *Miller, David P.*: Ballistics of 17th Century Muskets. PhD Thesis. Cranfield, 2010.
- Miller et al.* 2019. *Miller, D[avid] P. – Allsop, D[erek] – Carr, D[ebraj]*: The ballistics of seventeenth century musket balls. *Journal of Conflict Archaeology*, 14. (2019) 1. 25–36. o.
- Montecuccoli* 1852. *Opere di Raimondo Montecuccoli*. Torino, 1852.
- Montecuccoli* 2019. *Montecuccoli, Raimondo*: A magyarországi török háborúkról. Ford. *Domokos György*. Budapest, 2019.
- Négyesi* 2012. *Négyesi Lajos*: Két mozsárbomba Zrínyi-Újvár 1664. évi ostromából. In: *Hausner Gábor – Padányi József*: Zrínyi-Újvár emlékezete. Budapest, 2012. 110–113. o.
- Németh* 2021a. *Németh Balázs*: Elöltöltő fegyveres lövészet és vadászat. Budapest, 2021.
- Németh* 2021b. *Németh Balázs*: A mohácsi csata kiskaliberű kézi lőfegyvereinek kérdéséhez II. A Kopaszi-zátonynál 1541-ben elsüllyedt félnaszád tűzfegyvereinek röntgen és CT vizsgálata. In: *Hadtörténelmi Közlemények*, 134. (2021) 3. sz. 579–611. o.

- Ondrék – Padányi* 2019. *Ondrék, József – Padányi, József*: Examining Lead Bullets from the Siege of Novi Zrin in 1664. *Journal of Conflict Archaeology*, 14. (2019) 1. sz. 58–77. o.
- Parkman* 2017. *Parkman, Colin J.*: Experimental Firing, and Analysis of Impacted 17th–18th Century Lead Bullets. PhD Thesis. University of Huddersfield, 2017.
- Polgár* 2012. *Polgár Balázs*: Egy török ólomövedék-típus régészeti perspektívája. In: *Hausner Gábor – Padányi József*: Zrínyi-Újvár emlékezete. Budapest, 2012. 104–109. o.
- Robins* 1742. *Robins, Benjamin*: New Principles of Gunnery. London, 1742.
- Schürger* 2015. *Schürger, André*: Archeology of the Battle of Lützen, an Examination of 17th Century Military Material Culture. PhD Thesis. University of Glasgow, 2015.
- Tarner* 2021. *Tarner, Patrick*: Eine zweite Löffelholz-Handschrift zur Kriegstechnik - Einblicke in die Ausrüstung eines Büchenschützen um 1500. *Waffen- und Kostümkunde. Zeitschrift für Waffen- und Kleidungsgeschichte*, 63. (2021) 196–201. o.
- Temesváry* 1988. *Temesváry Ferenc*: Pisztolyok. A Magyar Nemzeti Múzeum tűzfegyver-gyűjteménye I. Budapest, 1988.
- Temesváry* 1992. *Temesváry Ferenc*: Vadászfegyverek. Budapest, 1992.
- Wallhausen* 1616. *Wallhausen, Johann Jacobi von*: Art militaire à cheval. Instruction des principes et fondemens de la cavallerie, et de ses quatre especes, ascavoir lances, corraesses, arquebus et drageons, avec tout ce qui est de leur charge et exercice, avec quelques nouvelles inventions de batailles ordonnees de cavallerie, et demonstrations de la necessite, utilite et excellence de l'art militaire, sur toutes aultres arts et sciences. Francfort, 1616.
- Wallhausen* 1621. *Wallhausen, Johann Jacobi von*: Art militaire à cheval. Instruction des principes et fondemens de la cavallerie, et de ses quatre especes, ascavoir: lances, corraesses, arquebus & drageons, avec tout ce qui est de leur charge & exercice. Zuthpen, 1621.

Balázs Németh – József Padányi – Emil Hamza

THE EFFECTIVENESS OF FIREARMS AT THE SIEGE OF ZRÍNYI-ÚJVÁR IN 1664.

PART I.

Problems of assessing the effectiveness of 17th century firearms,
and what the projectiles of Zrínyi-Újvár have to tell us

(Summary)

The investigation of the military archaeology of Zrínyi-Újvár provides an opportunity to learn about the art of war of the period that few archaeological sites can match. It also provides us with a method for assessing the impact of 17th century firearms that has not been used by researchers to date in the exterior and target ballistics of firearm projectiles. Our research group attempted to determine the most important parameter for ballistic studies, i. e. muzzle velocity of Christian musket balls, by analysing the entire set of shells fired at Zrínyi-Újvár. Our model is based on a series of projectiles fired from the fort towards the Ottoman forces, which hit the soft sand wall of the riverbank at a distance of 80 metres from the rampart. By reproducing the symmetric deformation of pure lead projectiles, we were able to determine the impact velocity, and then, knowing the range of the projectile, we determined the muzzle velocity by calculations and measurements, which we verified by field tests. Our testing method seems to be more accurate than those used by gun historians and ballisticians in the past decades. The novelty of our method—and also the source of its accuracy—is that the most important variable, the quality and size of the shot load, is excluded from the formula. Our starting point was the exploration of the fired projectile, for which we also determined and prepared a musket corresponding to the contemporary sources. The results of our research seem to prove that the projectiles fired at Zrínyi-Újvár reached a much lower muzzle velocity of about 300 m/s than in previous similar tests. The effective firing range of the musket was thus shorter than previous experimental archaeological studies had suggested.

Balázs Németh – József Padányi – Emil Hamza

DIE EFFIZIENZ VON FEUERWAFFEN BEI DER BELAGERUNG VON ZRÍNYI-ÚJVÁR
(NEU-ZRIN) IM JAHR 1664. TEIL 1

Die Problematik der Analyse der Wirkung von Feuerwaffen aus dem 17. Jahrhundert
und die Projektile von Zrínyi-Újvár

(Resümee)

Die Erforschung der militärischen Archäologie von Zrínyi-Újvár (Neu-Zrin) bietet die Möglichkeit, etwas über die Kriegskunst jener Zeit zu erfahren, was nur wenige archäologische Stätten leisten können. Sie bietet uns auch eine Methode zur Analyse der Wirkungen von Feuerwaffen aus dem 17. Jahrhundert, die von den Forschern in der Feld- und Zielballistik von Feuerwaffengeschossen bislang noch nicht verwendet wurde. Unsere Forschungsgruppe hat versucht, durch die Analyse der Gesamtmenge der bei Zrínyi-Újvár abgefeuerten Projektile den wichtigsten Parameter der ballistischen Untersuchungen der christlichen Musketenprojekte zu bestimmen: die Mündungsgeschwindigkeit. Unser Modell basiert auf einer Projektilmenge, die von der Festung aus in Richtung der osmanischen Truppen abgefeuert wurden und in einer Entfernung von 80 Metern vom Wall auf eine weiche sandige Sandufermauer trafen. Durch die Nachbildung der

symmetrischen Verformung der reinen Bleigeschosse konnten wir die Aufprallgeschwindigkeit bestimmen. Anschließend haben wir in Kenntnis der Schussweite die Mündungsgeschwindigkeit berechnet und gemessen, was auch durch Feldversuche verifiziert wurde. Unsere Analysemethode scheint genauer zu sein als die von Waffenhistorikern und Ballistikern in den vergangenen Jahrzehnten angewandten Methoden. Neuartig an unserer Methode - und zugleich die Quelle ihrer Genauigkeit - ist, dass sie die wichtigste Variable, die Qualität und Größe der Pulverladung, aus der Gleichung herausnimmt. Unsere Forschung ging von der Kenntnis des abgefeuerten Projektils aus, wofür wir auch eine den zeitgenössischen Quellen entsprechende Muskete bestimmt und angefertigt haben. Die Ergebnisse unserer Untersuchungen scheinen zu belegen, dass die in Zrinyi-Újvár abgefeuerten Projektile im Vergleich zu früheren ähnlichen Untersuchungen nur eine wesentlich geringere Mündungsgeschwindigkeit von etwa 300 m/s erreichten. Die effektive Schussweite der Muskete war also geringer, als frühere experimentelle archäologische Studien vermuten ließen.

Balázs Németh – József Padányi – Emil Hamza

EFFICACITE DES ARMES A FEU LORS DU SIEGE DE ZRINYI-UJVAR EN 1664 I.

La problématique de l'étude d'impact des armes à feu du 17^e siècle
et les projectiles de Zrinyi-Újvár

(Résumé)

Les recherches archéologiques militaires de Zrinyi-Újvár permettent d'acquérir des connaissances sur l'art de la guerre de l'époque que peu de sites archéologiques peuvent égaler. Elles nous offrent également une méthode d'étude de l'impact des armes à feu du 17^e siècle que les chercheurs n'ont encore jamais utilisée auparavant dans le domaine de la balistique extérieure et terminale. Notre groupe de recherche a tenté de déterminer le paramètre le plus important pour les études balistiques des munitions de mousquet chrétiennes, à savoir la vitesse initiale, en analysant l'ensemble des projectiles tirés à Zrinyi-Újvár. Notre modèle est basé sur un ensemble de projectiles tirés depuis le fort en direction des forces ottomanes et frappant un mur de sable mou à une distance de 80 mètres de la circonvallation. En reproduisant la déformation symétrique des projectiles en plomb pur, nous avons pu déterminer la vitesse d'impact. Ensuite, connaissant la portée de tir, nous avons fait des calculs et des mesures pour obtenir la vitesse initiale, ce qui a été vérifié par des essais sur le terrain. Notre méthode d'étude semble plus précise que celles utilisées par les historiens de l'armement et les balisticiens au cours des dernières décennies. La nouveauté de notre méthode, qui explique aussi sa précision, consiste à éliminer de l'équation la variable la plus importante, à savoir la qualité et la taille de la charge de poudre. Notre recherche est basée sur la connaissance du projectile tiré, pour lequel nous avons également déterminé et fabriqué le mousquet conforme aux sources contemporaines. Les résultats de nos recherches semblent prouver que, par rapport aux études similaires antérieures, les projectiles tirés à Zrinyi-Újvár n'ont atteint qu'une vitesse initiale beaucoup plus faible, de l'ordre de 300 m/s. La portée de tir efficace du mousquet était donc inférieure à celle supposée par les études archéologiques expérimentales précédentes.

Балаж Немет – Йозеф Паданьи – Эмил Хамза

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ОГНЕСТРЕЛЬНЫХ ОРУЖИЙ ПРИ ОСАДЕ ЗРИНИ-УЙВАРА
(НОВЫЙ ЗРИН) В 1664-ОМ ГОДУ. I.

Проблематика оценки эффективности огнестрельных оружий и снарядов
XVII-ого века из Зрини-Уйвара

(Резюме)

Военные археологические исследования Зриньи-Уйвара (Новый Зрин) обеспечивают такие возможности ознакомления с военным искусством того времени, на что способны немногие археологические памятники. Это также обеспечивает нам такой метод в отношении изучения эффективности огнестрельного оружия XVII-ого века, который исследователи до сих пор не использовали при внешнем и прицельном баллистическом исследовании снарядов, выпущенных из огнестрельного оружия. Путём анализа всего полного накопления снарядов, выпущенных по Зриньи-Уйвару (Новый Зрин) наша исследовательская группа попыталась определить наиболее важный параметр христианских мушкетных снарядов с точки зрения баллистических исследований: начальную дульную скорость пули. Основа нашей модели состоит из накопления таких снарядов, которые были выстрелены из крепости по османским войскам и попали в стену из мягкого песка на расстоянии 80-и метров от крепостного вала. С помощью репродукции симметричной деформации снарядов из чистого свинца, мы смогли прийти к определению скорости попадания в стену, затем, зная расчета расстояния выстрела, измерениями определили начальную дульную скорость пули, которая подтверждается и артиллерийскими полигонными испытаниями. Наш метод исследования выглядит более точнее, чем те, которые в прошедшее десятилетие использовали историки по оружием и баллистики. Новизна нашего метода – и заодно источник его точности – состоит в том, что исключает из формулы наиболее значимую переменную – качество и величину порохового заряда. Наше исследование исходило из познания выпущенного снаряда, для которого мы также определили и приготовили мушкет, соответствующий источникам того времени. Результаты нашего исследования, повидимо доказывают, что по сравнению с предыдущими аналогичными изучениями снаряды, выпущенные в Зриньи-Уйваре (Новый Зрин), достигли гораздо более низкой начальной дульной скорости всего лишь: около 300 м/с. Таким образом, эффективное расстояние стрельбы из мушкета было меньше, чем это предполагалось в предыдущих экспериментальных археологических исследованиях.