

Németh Balázs – Padányi József – Hamza Emil

A TŰZFEGYVEREK HATÉKONYSÁGA ZRÍNYI-ÚJVÁR 1664. ÉVI OSTROMÁNÁL (BALLISZTIKAI VIZSGÁLATOK INDIREKT MEGKÖZELÍTÉssel)

BEVEZETŐ

A 17. századi tűzfegyveres harcászat hatékonysága nem értelmezhető, amennyiben nem ismerjük a korabeli tűzfegyverek egyes harcos, valamint zárt harcrendek elleni hatásos lőtávolságát, valamint a kilőtt lövedékek ölőképességét. A történelmi tűzfegyverek ballisztikai vizsgálata így fontos részét képezi a 17. századi hadművészet vizsgálatának. Nehezen értelmezhető bármilyen tűzfegyveres csapatnem hatékonysága, amennyiben nincs pontos képünk arról, hogy a katonák által használt löfegyverek milyen hatásos lőtávolsággal, pontossággal, átütőerővel, ölőképességgel rendelkeztek. A hadügyi forradalom egyik legfontosabb hajtóanyaga maga a löpor volt. Az ágyú, majd a kézi ágyún keresztül kialakuló puska, karabély és pisztoly alapjaiban módosította azt, ahogy a hadseregek harcoltak. Olyan harcrendek és harcászati megoldások alakultak ki, amelyekben a hidegfegyverek és a tűzfegyverek egymást támogatva voltak képesek működni. Egyik haderő-, fegyver- és csapatnem sem volt elképzelhető löporral működtetett fegyverek nélkül. A 16–17. században tetten érhető, ahogy a tűzfegyveres 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 tűzfegyverek alapvetően a támadás fegyverei voltak, amelyek alkalmazása tekintetében a hatásos lőtávolság volt a kulcstényező. Raimondo Montecuccoli *A magyarországi török háborúkról* című könyvében a következőképpen határozza meg a tűzfegyvertípusok alkalmazásának alaptételét:

„A támadófegyverek fő tulajdonsága, hogy velük az ellenséget felfedezésének pillanatától kezdve egészen a teljes vereségig és a csatátérrel 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, amelyeket a szerző a nyugati és keleti hadszíntereken szerzett meg. Az idézett lista a fegyvertípusok alkalmazásának időrendiségét határozza meg, ugyanakkor egyértelművé teszi, hogy a tűzfegyverek alkalmazása egyre fontosabb lett, ugyanakkor 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 LŐFEGYVEREK BALLISZTIKAI VIZSGÁLATÁNAK KÉRDÉSEI ÉS VÁLASZAI

Vizsgálatunk tárgya Zrínyi-Újvár 1664. évi ostroma.³ Annak hadilelet-anyagára építve igyekszünk választ adni arra a kérdésre, hogy milyen hatékonysággal rendelkeztek a korszak tűzfegyverei. Mindennek alapja, hogy megismerjük a kor gyalogsági fegyverei által kilőtt lövedékek torkolati sebességét, ugyanis ez teszi lehetővé, hogy a fegyver kül- és célballisztikájáról megfelelő képet kapjunk. Nem vagyunk könnyű helyzetben, hiszen a 17. században még nem tudták megmérni a kilőtt lövedék sebességét, így feljegyzés sem maradhatott fenn, amely alapján a ballisztikai görbe felrajzolható lenne. Az első ballisztikus, aki sikerrel mérte meg

¹ MONTECUCCOLI 2019: 53.

² MONTECUCCOLI 2019: 60.

³ Elemzésünk a *Hadtörténelmi Közlemények*ben megjelent tanulmányok átdolgozott változata. Lásd: NÉMETH et al. 2023; 2024.

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, amellyel meghatározható a kilőtt lövedék sebessége. Robins kísérlete során a 10-es űrméretű (19,7 mm), 45 hüvelyk (1143 mm) hosszú puskacsőből a $\frac{3}{4}$ 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 akkora tömegű lőportöltet.⁴ 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 született Zrínyi-Újvár ostroma után, így torkolatisebességadatai nem mérvadók a 17. század vonatkozásában.

A modern kutatók közül nem mi kísérljük meg először meghatározni a 17. századi lőfegyverek 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, amely a Landesmuseum Joanneum fegyvertárának eredeti lőfegyvereit használta kísérleti régészeti célokra. A kutatócsoport laboratóriumi vizsgálatainak eredményeit 1989-ben publikálta, könyvecskéjük – *Von Alten Handfeuerwaffen*⁵ – máig a korszak vizsgálatának egyik legfontosabb forrása. Vizsgálatuk kiterjedt a fegyverek belballisztikájára (a lövés során a csőben zajló folyamatok vizsgálata), a küllballisztikára (a lövedék röpködése közben lejátszódó folyamatok, a ballisztikai görbe vizsgálata), valamint a célballisztikára (a lövedék becsapódásakor lejátszódó folyamatok, a lövedékhatás vizsgálata). A grazi vizsgálatok során a történelmi fegyvereket éppen azokkal a módszerekkel vizsgálták, ahogy a 19. század végétől a hadi és polgári lőfegyvereket vizsgálják. A kutatócsoport által felállított metodika máig zsinórmérték a történelmi tűzfegyverek vizsgálata során, analitikus pontossága követendő példa minden kutató számára.

Kísérleti régészeti kutatásokat – 17. századi tűzfegyverekkel végzett lőpróbákat – több kutató, kutatócsoport is végzett az elmúlt évtizedekben. D. P. Miller, D. Allsop és D. J. Carr 2019-ben végzett kísérleteket, amelyek egyik fő célja annak meghatározása volt, hogy a harctereken talált lövedékek milyen távolságba juthatnak gurulat útján, az első becsapódási pontoktól.⁶ A kutatócsoport az

⁴ ROBINS 1742: 80.

⁵ KRENN et al. 1989.

⁶ MILLER–ALLSOP–CARR 2019.

angol polgárháború 17. századi 10-es űrméretű muskétáit és lövedékeit vizsgálta. Ez névleges 19,7 mm űrméretű fegyvert jelent, de a kutatócsoport rávilágított arra, hogy az angol polgárháború muskétáinak csőátmérői között jelentős különbségek is tapasztalhatók, ezért háromféle átmérőjű csövet használtak a lőkísérletekhez.⁷ Kísérleteikhez modern készítésű feketelőporokat használtak, háromféle szemcseméretben. A töltetet addig emelték, amíg a cső által okozott körkörös kopási nyomok meg nem jelentek a lövedékeken, épp, mint azokon a lövedékeken, amelyeket az angol polgárháború összecsapásainak helyein találtak.

Előzetes feltételezésük szerint a lövedékek kezdősebessége 450–500 m/s közötti tartományban mozgott. Mért torkolati sebességük 334–470 m/s között volt, zömmel 400 m/s felett. Kutatásaik bizonyították, hogy azok a lövedékek, amelyek vízszintes kilövés után 140–234 m távolságban érték el a talajt, gurulat útján még 296–402 méter távolságra jutottak. A lövedékeken megjelenő lönyomok alapján arra a következtetésre jutottak, hogy a mintaként használt, harctéren talált lövedékeket közvetlenül a lőporra töltve, fojtás nélkül lőhették ki. Vizsgálataik alapján az Edgehillnél (1642) és a Marston Moornál (1644) vívott összecsapás lövedékei 99,7%-os tisztaságú ólomból készültek.⁸ Miller tanulmánya ugyanakkor nem ad arra választ, hogy milyen torkolati sebességgel lőtték ki a 17. századi muskéták lövedékeit. Erre kísérletet PhD-dolgozatában tesz. Ennek kulcseleme a lövedék oldalán kilövéskor kialakuló öv, amelyet egyrészt a cső és a lövedék közötti hézagon kifújó gázok vágó hatása, 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, amely egymással párhuzamos tengely irányú barázdákkal szabdalt, jó jelzője ennek a hatásnak.⁹ Minél nagyobb a kialakult gáznyomás, vagyis minél nagyobb a töltet és minél pontosabb a lövedék illeszkedése, annál erősebben jelenik meg ez a nyom. Miller lőkísérletei során olyan lőportölteteket állított be, amelyek a lövedék teljes kerületén létre tudták hozni a kopásnyomokat. Ehhez jellemzően 400 m/s feletti lövedék-kezdősebességek voltak szükségesek.¹⁰

Colin J. Parkman PhD-dolgozatában¹¹ tett kísérletet arra, hogy a 17. századi muskéták hatásfokáról tisztább képet alakítson ki. Parkman kiindulási pontként

⁷ Miller PhD-dolgozatában 53 db, a Royal Armouries Littlecote gyűjteményében található muskétáról tesz említést, amelyek űrmérete 18,87–22,35 mm között mozog. MILLER 2010: 51.

⁸ MILLER 2010: 59.

⁹ MILLER 2010: 54.

¹⁰ MILLER 2010: 23.

¹¹ PARKMAN 2017.

Benjamin Robins torkolatisebesség-adatait alkalmazta. Töltete beállításánál a feles szabályt követte, vagyis a lövedék tömege felének megfelelő töltetet alkalmazott TS2 típusú modern lőporból. Ezzel a töltettel 420–497 m/s közötti torkolati sebességeket ért el.¹²

A harctereken fellelt lövedékek azonosításával foglalkozik Glenn Foard PhD-dolgozata. Foard csapata is végzett lőkísérleteket, amelyek során a lövedék-tömeg egyharmadának megfelelő modern feketelőpor-töltetet alkalmaztak a 37,5 g-os ólomgolyó kilövésére. Ballisztikai modelljük alapjai a grazi kísérletekből származó adatok voltak.¹³ A szerző ugyanakkor feltételezte, hogy a 17. századi muskétának kisebb kezdősebességgel kellett kilőnie lövedékét, mint a 330 m/s torkolati sebességre képes 19. századi francia hadi puskának.¹⁴

A grazi vizsgálatok tűnnek a legrészletesebbnek, ugyanakkor eredményeik véleményünk szerint vitathatók, mivel értelmezésünk szerint a kísérletek több kiindulókonceptiója 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, amely 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, hatásos lőtávolsággal és ölőképességgel rendelkeztek e fegyvertípusok a 17. század derekán.

BALLISZTIKAI VIZSGÁLATOK, LŐPRÓBÁK TÖRTÉNELMI LŐFEGYVEREKSEL

PROBLÉMÁK A GRAZI KÍSÉRLETEK LŐPORTÖLTETEIVEL

A grazi kísérleteket összefoglaló tanulmány¹⁵ megkérdőjelezhető eredményeiért több kiindulótényező felelős. Kritikai észrevételeink megfogalmazásakor ugyanakkor azt is ki kell jelentenünk, hogy a vizsgálatok elvégzésének időpontjában sem megfelelő információ, sem megfelelő metodika nem létezett még a

¹² PARKMAN 2017: 160.

¹³ FOARD 2008: 225.

¹⁴ FOARD 2008: 224.

¹⁵ KALAUS 1989.

történelmi fegyverek ballisztikai vizsgálatára, így megfogalmazható, hogy a kutatócsoport a kor színvonalának megfelelő, illetve az előtt haladó igényességgel hajtotta végre a lőkísérleteket, és elemezte a kapott adatokat. A kutatást végző elődeink előtt tehát mindenképpen fejet kell hajtunk, ugyanakkor így több mint három évtized elteltével szükségét látjuk újravizsgálni a kérdést.

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

A grazi kutatócsoport eredményeinek pontatlanságát két fontos hiányosság okozta: egyrészt a kutatócsoport nem minden esetben választotta meg helyesen a lövedék átmérőjét, másrészt egy esetben sem választották meg helyesen a használandó lőportöltetet. Ezek miatt bizonyosra vehető, hogy a kutatócsoport által regisztrált kezdősebességek jóval magasabbak, mint amire a 17. században ezek a fegyverek képesek voltak. A lövedék kezdősebességének ismerete pedig a legfontosabb adat, amelyet tudnunk kell ahhoz, hogy képet kapjunk a fegyver küllisztikájáról és célballisztikájáról. Amíg ezzel nem rendelkezünk, addig nem ismerhetjük meg a fegyver hatásos lőtávolságát, pontosságát, ölőképességét.

A korabeli lőporok összetételét, elkészítési módját ismerjük, ugyanakkor pontos hatásához a receptúra és a gyártási eljárások ismerete sem vezet el minket, hiszen még az azonos recept alapján készített lőporok között is jelentős különbségek lehettek. Nem véletlen, hogy a hadi célra átvett lőporok minőségét minden esetben ellenőrizni kellett emeltyűpróbával. Ilyen műszert konstruált Joseph Furttenbach ulmi matematikus, építész, polihisztor 1626-ban. A 63 cm magas gép függőlegesen mozgó súlyból és lőporszelencéből állt. A szelencében ellobbantott 1 lat (17,5 g) tömegű lőpor felfelé mozgatta a súlyt. A lőpor erejét jellemezte, hogy milyen magasra volt képes emelni az állandó térfogatú lőpor-adag égése közben felszabaduló lőporgáz a mérő súlyt. Minél magasabbra emelte, annál erősebb – jobb minőségű – volt a lőpor.

Anton Dolleczeck *Monographie der k.u.k. österr.-ung. Blanken und Handfeuer-Waffen*¹⁷ című munkájában több információt is találunk a lőportöltetekre.

¹⁶ KALAUS 1989: 43–44.

¹⁷ DOLLECZEK 1970.

A XVII. tábla két korszakunkhoz köthető töltet adatait közli: egy 1660-ra datált, pantallérről függő fa löporfiola (modern elnevezés szerint apostol) kapacitását 12 g löporban adja meg, míg egy kb. 1700-ra datált $\frac{7}{4}$ latos papírtöltény esetében 30,6 g-os tömegű lövedéktömeget és 13 g löportöltöttömeget adott meg.¹⁸ Szerzőnk további adatokat közöl összesítő táblázatban, amely szerint a 2 latos golyót tüzelő kanócos muskéta (2 lat = 35 g lövedéktömeg, tisztaólom-lövedék 18 mm-es átmérő) esetében a löportöltet a lövedék tömegének fele volt.¹⁹ Hasonló adatot közöl Montecuccoli is: jó minőségű löporból a lövedék felének megfelelő töltetre, rosszabb minőségű löporból a lövedéktömeg $\frac{2}{3}$ -ának megfelelő löportöltetre volt szükség. Egy font jobb minőségű löporból éppen 40 töltet jött ki.²⁰

Ismerjük a császári hadsereg által használt korabeli löporok összetételét is. A 17. század második felében a 8.1. táblázatban bemutatott granulált löporkeverékeket használták.

8.1. táblázat. A 17. században használt
granulált löporkeverékek

		Salétrom	Kén	Szén
Purst-Pulver	kis kaliberű 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%)

Forrás: DOLLECZEK 1887: 175

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

Furttentbach művében más arányokat ad meg a Német-római Birodalomban használt katonai löporok tekintetében (8.2. táblázat).

¹⁸ DOLLECZEK 1970: II. Tafel xvii.

¹⁹ DOLLECZEK 1970: 123.

²⁰ MONTECUCCOLI 1852: 131.

²¹ DOLLECZEK 1887: 178; FURTTENTBACH 1627: 7–9.

8.2. táblázat. *A katonai lőporok összetételi arányai*

	Salétrom	Kén	Szén
Tüzérségi lőpor	100 pfund ⁱ (69%)	21 pfund (14,49%)	24 pfund (16,56%)
Muskétalőpor	100 pfund (72,4%)	20 pfund (14,48%)	18 pfund (13,03%)
Lőpor „finom” fegyverekhez	100 pfund (75,7%)	15 pfund (11,35%)	17 pfund (12,87%)

ⁱ Font

Forrás: FURITENBACH 1627: 7–9

Az összetevőket malmokban őrlték 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, vagyis hogy a lőporadag minden részében megközelítőleg azonos a három összetevő jelenléti aránya.²² Az így kapott porított lőpor – amelyet a 17. században még használtak – egy jelentős hátránnyal is rendelkezett: hosszas szállítás esetén a lőporos hordóban a különböző fajsúlyú részecskék elválhattak egymástól, rétegződhetnek, így a lőporos hordó alján és tetején más-más erejű lőpor jöhetett létre. Ennek kiküszöbölésére alkalmazták a granulálás eljárását, amely már a 15. században megjelent. Első ismert említése Conrad von Schongau *Feuerwerksbuch* (1429) című munkájában található. 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 égőfelület egyazon lőportérfogatban, ezért gyorsabban nő a nyomás, jobban gyorsul a lövedék.

A 17. századi szemcseméretekről pontos információnk nincs, 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, mérhetők: 2–4 mm közötti szemcséket

²² DOLLECZEK 1887: 175.

találunk itt.²³ A muskétalőpornak tehát ennél finomabb szemcsemérettel kellett rendelkeznie.

A lőpor minőségét így befolyásolta az összetevők tisztasága, a keverési arány, a keveréssel, zúzással töltött idő, a szemcseméret, a szitálás igényessége és a lőpor nedvességtartalma is. Adataink tehát még csak lennének, azonban lőkísérleteinkhez azok mégsem alkalmazhatók, 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, amelyek a töltények lőportöltetét meghatározhatták volna.

A grazi kutatócsoport felismerte, hogy a korabeli lőporok nem helyettesíthetők modern lőporokkal még akkor sem, ha azok összetétele megfelel a források által meghatározott összetételnek, tömegnek. Ennek oka egyrészt az, hogy a modern kori gyártási eljárások jóval egyenletesebb lőporokat eredményeznek, másrészt pedig a 19. század első harmadától a lőporok gyártása újabb lépéssel egészült ki: a megnedvesített pogácsákat nagy nyomással préselték, majd ezeket a feketelőpor-préstesteket zúzták össze, és szitálták. A modern lőporok térfogatsúlya (kb. $0,9\text{--}1,1\text{ g/cm}^3$) így jóval nagyobb, mint a 17. századi lőporoké volt. A modern feketelőporok részecskéit ezenkívül polírozzák is, valamint jellemzően grafitral vonják be, hogy védjék a szemcséket az egymáshoz tapadáستól.

A grazi kutatók a megoldhatatlannak látszó gordiuszi csomót egyszerűen átvágták: minden fegyver esetében $\frac{1}{3}$ -os töltési arányt határoztak meg, vagyis a lövedék tömege egyharmadának megfelelő lőportöltetet használtak. Az általuk használt lőpor a Dynamit Nobel A. G. $0,3\text{--}0,6\text{ mm}$ szemcseméretű „Rottweil Nr. o Jagdschwarzpulver” lőpora volt, felporzásra pedig a $0,15\text{--}0,35\text{ mm}$ szemcseméretű „WANO Feuerwerkspulver 75%” típusú, rendkívül gyors égésű lőport használták.²⁴ A Rottweil lőpor jóval finomabb szemcseméretű, egyenletesebb, így egészen biztosan erősebb, mint a korabeli lőporok, a grazi kísérleteknél használt lőportöltetek így egészen biztosan nem hozhattak olyan eredményt, amely közelít a fegyverek valódi, 17. századi hatékonyságához.

²³ NÉGYESI 2012: 112.

²⁴ KALAUS 1989: 45.

A GRAZI KÍSÉRLETEK
PROBLÉMÁI A LÖVEDÉKVÁLASZTÁS
TEKINTETÉBEN

A helyes lövedékválasztás tekintetében a helyzet könnyebbnek látszik, ugyanakkor itt is számos olyan buktatót ismerhetünk fel, amely nagymértékben befolyásolhatja eredményeinket. Az első fontos kérdésünk az, hogy mekkora lövedéket tölthetünk a puska csövébe.

A tűzfegyverek űrméretét a korabeli források alapvetően egy font tiszta ólom hányadosaként határozzák meg, hasonlóan, mint ahogy ma a sörétes puskák űrméretét határozzuk meg: 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 esetben pedig a fegyverbe töltendő lövedék űrméretére (*Roll-Kaliber*) vonatkozik az információ, és a korabeli szerzők a legkritikább 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-égésterméktől szennyeződött csőbe is könnyen betölthető maradjon. A két 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 lennie. A hadi leletként 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 térség fontmértékegysége szerint számították az űrméretet.
2. A lövedékek készítéséhez használt öntőformák pontatlanok voltak.
3. Az öntés technikájától is függ a kapott lövedék tömege: amennyiben alacsonyabb hőmérsékleten történt az öntés, a lövedékek kisebbek, könnyebbek lettek.

4. Ha a lövedék anyaga ötvözet, mind a lövedék tömege, mind keménysége változik. Őn és ötvözetei hozzáadása egyrészt keményebbé tette a lövedéket, ami növelte hatékonyságát vérteszetek ellen, másrészt könnyítette az öntést is, hiszen csökkentette az ötvözet olvadáspontját.²⁵ Az ólom ötvözése tetten érhető a Zrínyi-Újvárnál fellelt lövedékek esetében is.²⁶
5. A lövedék tömegét befolyásolta az is, hogy milyen precizitással távolították el az öntőcsapot, vagyis az öntőforma tetején túlcsoorduló ólmot. A helyzetet rontja, hogy nagyon sok esetben az öntőcsapot – bármekkorára 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.²⁷ Ennek alapvetően két oka van: egyrészt a cső koptatja a lövedéket, másrészt a lövedék és a csőfal között kifújó lőporgázok lángvágóként támadják a lövedék oldalát.²⁸
7. A talajba került ólom – ha kismértékben is, de – oxidálódik: felületén ólom-oxid alakul ki, ami csökkenti eredeti tömegét.²⁹
8. A lövedéktömeg csökkenhet becsapódáskor is, különösen, ha keményebb felülettel érintkezik a puska golyó.
9. A kézi lőfegyverekben is használtak a kaliberénél jóval kisebb méretű lövedéket. Erre példa az észak-amerikai *buck and ball* töltés, amely egy űrméretnek közel megfelelő és 3–6 annál jóval kisebb ólomgolyóból állt.

Első feladatunk tisztázni, hogy mely térség fontjára kell vetítenünk az űrméretek meghatározását. Peter Engerisser svájci fegyvertörténész táblázatot állított össze az űrméretjelölésekhez leggyakrabban használt fontmértékegységek tekintetében. Eredeti táblázatát mi tovább bővítettük kaliberekkel, valamint a bécsi font szerint számított űrméretekkkel (8.3. táblázat), továbbá a lövedékek tömegét is megadtuk a 8.4. táblázatban.

²⁵ SCHÜRGER 2015: 183.

²⁶ BARKÓCZY et al. 2012: 1142–1143.

²⁷ FOARD 2008: 118–119. A tömegvesztés mértéke a töltet nagyságától függött Foard kísérletei alapján. Muskéta esetében 0,57–2,01 g veszteséget regisztrált.

²⁸ MILLER 2010: 104.

²⁹ SCHÜRGER 2015: 128.

8.3. táblázat. *Engerisser svájci fegyvertörténész – szerzők által bővített – táblázata*

	Angol font (453 g)	Szász font (467 g)	Nürnbergi ezüstfont (477 g)	Amsterdami font (494 g)	Nürnbergi font (510 g)	Bécsi font (561 g)
db lövedék/ 1 font tisztá ólom	A tiszta ólomgolyó átmérője mm-ben					
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	10,0	10,1	10,2	10,6
70	10,3	10,4	10,5	10,6	10,7	11,1
60	10,8	10,9	11,0	11,2	11,3	11,6
50	11,5	11,6	11,7	11,8	12,0	12,4
45	11,9	12,0	12,1	12,3	12,4	12,8
50	11,5	11,6	11,7	11,8	12,0	12,4
45	11,9	12,0	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	13,0	13,1	13,5
35	13,0	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	14,0	14,2	14,7
28	14,0	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	15,0	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	17,0	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	18,0	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	20,0	20,3	20,5	21,1
8	21,2	21,4	21,6	21,8	22,1	22,8

Forrás: ENGERISSER 2017

8.4. táblázat. *A gömblövedékek tömege*

	Angol font (453 g)	Szász font (467 g)	Nürnbergi ezüstoffont (477 g)	Amsterdami font (494 g)	Nürnbergi font (510 g)	Bécsi font (561 g)
db lövedék/ 1 font tiszta ólom	A tiszta ólomgolyó tömege grammban					
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
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

Forrás: a szerzők szerkesztése

Montecuccoli a következőképpen határozta meg muskéták esetében a szükséges űrméreteket: a 14-es űrméletű puskacsőbe 16-os űrméletű lövedéket volt érdemes tölteni. Egy katonának egy napra 16 db töltet kellett, hogy rendelkezésre álljon.³⁰

A modern kori kutatók is számos esetben foglalkoztak a kérdéssel. Schürger feltételezte, hogy a 16–17. században már rögzítették a cső- és lövedékátmérő közötti szükséges különbözetet, 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.³¹

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 számértéknyi lépést javasolt.³²

A sorból Anton Dolleczekek lóg ki csak. Ő a 17. századi 2 latos muskétacsövek esetében 20,42 mm 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 csőűrméretet és 17,5 mm golyóátmérőt határoz meg, amely 10-es csőűrméretet és 15-ös lövedékűrméretet feltételez.³³ Dolleczekek kézi lőfegyverekre vonatkozó adatait azonban már az 1848–1849-es szabadságharc fegyverei tekintetében is több helyen pontatlannak találtuk korábbi kutatásaink során.

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 alkalmaznunk 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 illeszkedésnek ugyanakkor nagyobb pontosságot is kellett eredményeznie, ami ismételtlen kérdéseket vet fel a kapott eredmények használhatósága tekintetében.³⁴

³⁰ MONTECUCCOLI 1852: 130–131.

³¹ SCHÜRGER 2015: 75–76.

³² ENGERISSER 2017.

³³ DOLLECZEK 1887: 123.

³⁴ KALAUS 1989: 46.

Ez a fajta kalibermeghatározási rendszer teremthetett komplikált helyzeteket, és azt is okozhatta, hogy a kiosztott, névben 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, amelynek űrmérete 12,3 mm volt, hogy a lövedék könnyen a csőbe illeszkedjen, még akkor is, amikor a fegyver csőve 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 golyóűrméret így 12,7 mm volt, vagyis pontosan akkora, mint a csőűrméret. Ez a lövedék lenyomható még a tiszta csőbe, amennyiben nem foglalja körbe a töltény papírpalástja, de szennyezett csőben már nagy erőfeszítés szükséges hozzá. Ha a katona nem tudta lenyomni a lövedéket megfelelően a lőportöltetre – légrés maradt a lőportöltet és a lövedék között –, különösen veszélyes helyzet alakulhatott ki, akár a cső fel is robbanhatott, szétnyílhatott, megsebesítve a használót vagy mellette álló társát.³⁵

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

ZRÍNYI-ÚJVÁR LÖVEDÉKEINEK SZEREPE

A 17. SZÁZADI TŰZFEGYVEREK BALLISZTIKÁJÁNAK

VIZSGÁLATA TEKINTETÉBEN

Mint eddigi összefoglalónkból kiderült, a grazi kísérletek, amelyek adatai rendkívül sok korszakos munkában jelennek meg bizonyító erővel, nem tekinthetők pontos ballisztikai rekonstrukcióknak, de 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,

³⁵ NÉMETH 2021: 86.

amely azonban a kül- és célballisztikához elengedhetetlen fontosságú. Ennek az adatnak a megszerzéséhez más módszert kell keresnünk. Kutatócsoportunk ezért a lövedéksebesség meghatározásának egy kísérleti régészeti útját dolgozta ki, amely 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, amelyek közül számunkra a legfontosabbak a kb. 30 g tömegű, tiszta ólomból készült, kilőtt muskétagolyók, amelyek az ostromárkokból, azok partfalából kerültek elő, vagyis amelyeket az oszmán katonák felé lőttek ki az erődből.

Kutatásunk legfontosabb helyszíne az ostromterület, a várfaltól 80 méterre elhelyezkedő árok, ennek az oldalába több ilyen tömegű lövedék csapódott. E lövedékek közül több úgy hatolt a földbe, hogy kemény akadállyal nem találkozott, vagyis becsapódáskor szépen, szimmetrikusan deformálódott, lencseformára. Alapvetésünk, hogy megfelelő becsapódás és megfelelő közeg esetében a szimmetrikus deformáció hasonlóan tiszta ólomlövedék 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 muskétagolyók 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 vethet fel. Itt olyan lövedéket választottunk, amely 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 vérteket úgy készítették el, hogy azok pisztolylövedékek ellen védelmet nyújtsanak, ezért a lovas katonákat úgy képezték, 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.³⁶ 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.³⁷ Mindez azt is jelentheti, hogy a Zrínyi-Újvárnál az ostromárkokban talált kilőtt pisztolygolyók esetében is feltételezhetjük, hogy közelharcban lőtték ki azokat, vagyis a lőtávolság nem lehetett több mint 5–10 méter. Ez lehetőséget ad számunkra arra, hogy a pisztolyokra is ballisztikai modellt állítsunk fel.

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 a Mura folyó összefolyásától nem messze. Az erőd, amely nem sokkal volt több, mint egy sánc, kettős funkcióval rendelkezett. Egyrészt ellenőrizte a Mura egyik fontos átkelőhelyét, másrészt alkalmas volt arra, hogy hadászati alappontként funkcionáljon a török által megszállt területek felé indított vállalkozások számára. Az erőd békeidőben, engedély nélkül épült, így sem a császári, sem az oszmán vezetés nem fogadta el létezését. Az erősség fontos szerepet kapott az 1664. évi hadi események során. Zrínyi Miklós ezt használta gyülekezési körletként, amikor megindult csapataival a Dráva mentén, hogy az eszéki híd elpusztításával lassítsa az oszmán főserg felvonulását a magyarországi hadszíntéren. Csapatai egy részét is ebbe az erősségbe vonta vissza, amikor Kanizsa ostromát meg kellett szakítania. Köprülü Ahmed nagyvezír csapatai 1664. június 3-án érkeztek az erőd alá, és közel egy hónapos ostrom után, június 30-án indultak a végső rohamra. Az ostrom után felrobbantott és elpusztított erősséget nem építették újra többet.³⁸

³⁶ WALLHAUSEN 1621: 31.

³⁷ WALLHAUSEN 1616b: II. 97.

³⁸ Az ostrom leírása megtalálható: DOMOKOS 2011.

A legtöbb lövedék, amelyet katonai célokra alkalmaztak, gömbformájú volt. Tökéletesen pontos gömbformával azonban a legritkább esetben találkozhatunk csak, mivel a gyártásra használt szerszámok – öntőfogók – szinte minden esetben, kismértékben ovális golyót öntöttek. Ennek oka abban keresendő, hogy a fogó két felében lévő félgömbvájatok általában nem voltak szimmetrikusak. A gömblövedékek mellett a 17. századi harctereken nagy mennyiségben találunk hasáb alakú lövedékeket is, amelyeket jellemzően a muskétánál kisebb űrméretű pisztolyokban, karabélyokban használtak. Európai viszonylatban a leggyakoribb formák a következők hadirégészeti leletek alapján:³⁹

1. Muskétagolyóból kalapált hasáblövedékek: a nagyobb űrméretű gömblövedéket kalapálták kisebb átmérőjű hasábformára, hogy a kisebb űrméretű fegyverekbe is betölthető legyen.
2. Kilőtt túlméretes, fegyvercsőbe sajtolt lövedékek: jellemző lövedékforma, amelyen 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.
3. Vágottólom-lövedékek: kerek vagy négyzetmetszetű lövedékek, amelyeket a katona hosszabb, űrméretnek közel megfelelő átmérőjű ólomrúdból vágott.
4. Ikerlövedékek: az angol polgárháború gyakori hadi leletei. Készítésükhöz olyan öntőformát használtak, amely egyszerre több hagyományos gömblövedéket volt képes önteni, az olvadék megszilárdulása után azonban nem vágták el a lövedékeket összekötő csatornát.
5. Öntött hasáblövedékek: találunk példát olyan hasáblövedékre is, amelyet nem rúdból vágtak vagy golyóból kalapáltak, hanem eredendően hasábformára öntöttek a fegyver űrméretének megfelelő méretben.
6. Széteső lövedékek: ismerünk olyan gömblövedékeket is, amelyeken sugárirányban 4–8 bemetszést ejtettek, hogy becsapódáskor nagyobb sérülést okozzanak.

Kutatásaink során a HM Hadtörténeti Intézet és Múzeum Hadrégészeti gyűjteményében, valamint a Ludovika-történeti Kutatóműhely gyűjteményében található, Zrínyi-Újvár ostromterületén talált kézilőfegyver-lövedékeket tekintettük át. A HM HIM összesen 303 db lövedékkal, míg a Ludovika-történeti

³⁹ FOARD 2008: 121–127.

Kutatóműhely 302 db lövedékkel rendelkezik a kutatás jelen állapotában (2023. június). A HM HIM lövedékanyagát Polgár Balázs dolgozta fel, a Ludovika-történeti Kutatóműhely anyagát pedig Padányi József.⁴⁰ Mindkét gyűjtemény leletanyagának újvizsgálatát 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. Mindemelllett a lövedékek tipologizálásakor, űrméretük meghatározásakor már rendelkezünk a kísérleti lövészeink során megszerzett tapasztalatokkal, ami nagymértékben segítette a lövedéken látható sérülések értelmezését.

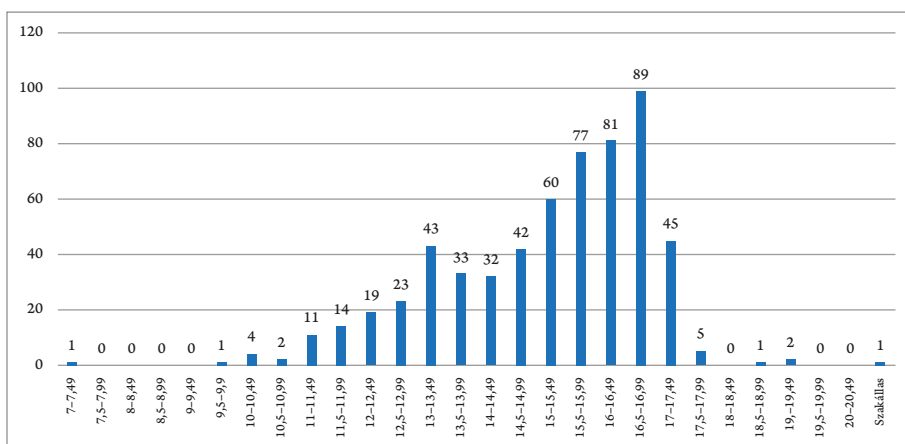
ZRÍNYI-ÚJVÁR LÖVEDÉKEI ÉS FEGYVEREI

A LÖVEDÉKEK ŰRMÉRET SZERINTI MEGOSZLÁSA

A teljes lövedékstatisztika lehetőséget ad arra, hogy közel reprezentatív képet kapjunk azokról a fegyverekről, amelyeket használtak az ostrom során. A kutatás jelen pillanatában nem vállalkozhatunk még arra, hogy a keresztény és az oszmán lövedékeket, fegyvereket elválasszuk egymástól, az űrméreték megoszlása azonban lehetővé teszi azt, hogy kísérletet tegyünk a különböző típusú fegyverek egymástól történő elválasztására. Analitikánkban alapvetően a pisztoly-, a karabély- és a muskétaűrméreték 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 meg elel a cső átmérőjének (8.1. grafikon).

⁴⁰ POLGÁR 2012; PADÁNYI–ONDRÉK 2019.



8.1. grafikon. Minden lövedéktípus
átmérő szerinti megoszlása

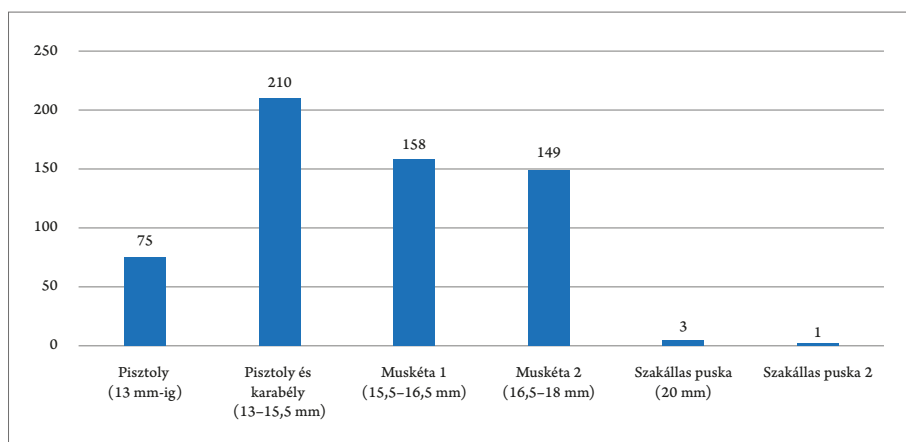
Forrás: a szerzők szerkesztése

A kapott grafikon több fegyvertípus intenzív használatára utal (8.2. grafikon). A pisztolylövedékek a legkisebb űrméretűek, jellemzően 10–15,5 mm között határozhatjuk meg méretüket. A karabélyok lövedéke ezzel átfedésben van. A karabélyok minimum űrmérete ugyanakkor véleményünk szerint tetten érhető, hiszen 13 mm-től jelentősen növekedik a lövedékek aránya, 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 köthetők.

A muskéták esetében két űrméretcsoport jól azonosítható. Az egyik 15,5–16,5 mm közötti, a másik 16,6–18 mm közötti lövedéket tüzelt. A két jellemző lövedéktömeg a 24 g körüli és a 30 g körüli muskétagolyó. Ez utóbbi a kétlatos muskéta űrmérete, amely tanulmányunk kísérleti régészeti szakaszának központi szereplője.

A harctéren igen kis mennyiségben kerültek elő nagyobb űrméretű muskétába vagy szakállas puskába való 20 mm körüli vagy afeletti méretű ólomgolyók. Egy esetben lehetünk teljesen biztosak abban, hogy nagy űrméretű szakállas puskból lőtték ki az ólom gömblövedéket (ltsz. 2012.164.1).

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



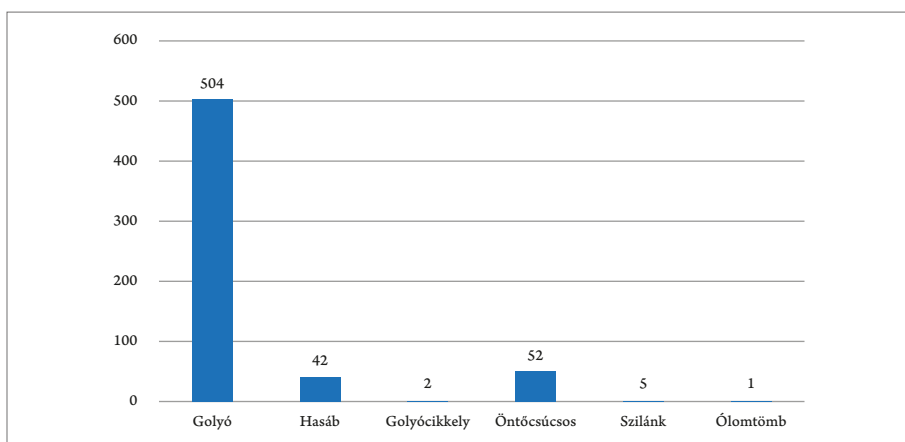
8.2. grafikon. A lövedékek megoszlása
fegyvertípusok szerint

Forrás: a szerzők szerkesztése

A LÖVEDÉKEK TÍPUS SZERINTI MEGOSZLÁSA

A régészeti feltárás során talált lövedékek mennyiségi arányai is izgalmas képet festenek (8.3. grafikon).

Az ostrom jellemző lövedéke az ólomgolyó volt, amely két változatban jelent meg a harcoló felek arzenáljában. Az ólomgolyók jelentős hányada gömbformájú lövedék, amely esetében az öntőcsapot teljes mértékben eltávolították. Kevesebb mint tizedennyi olyan lövedék került elő, amelynek az öntőcsapját meghagyták. Ennek célja volt, ugyanis ehhez lehetett a papírtöltény palástját rögzíteni. Különböző típusú hasáblövedékek is jelentős mennyiségben kerültek elő. Ezek a szükséglövedékek amolyan tábori készítmények, amelyeket elsősorban akkor alkalmazhatták, 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, amelyet jól láthatóan vágással állítottak elő: a lövedéket késsel vagy más vágóeszközzel negyedekre vágták. A fellelt két darab ilyen lövedéken (ltsz. 2012.115.1 és 2012.124.1) kilövés nyomai azonosíthatók. A cikkelylövedékeket muskétagolyókból készítették, valószínűleg azért, hogy azok kisebb űrméretű fegyverbe is tölthetők legyenek.

8.3. grafikon. *Lövedéktípusok**Forrás: a szerzők szerkesztése*

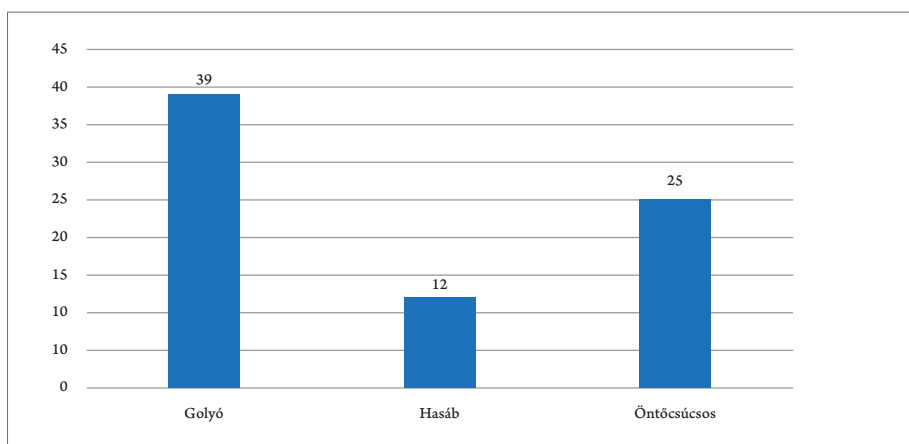
Statistikánkba nem illesztettünk be 5 db olyan ólomszilánkot, amelynek az eredendő lövedéktípusa nem volt meghatározható. A leletek között találunk még egy ólomtömböt is (ltsz. 2011.41.1), amely vágásnyomokat mutat. Ezt nyersanyagtömbként azonosíthatjuk, amelyet golyóöntésre használtak. Egyes szakértői vélemények szerint ez a hasáb alakú lövedékek alapanyaga is lehetett.⁴¹

A PISZTOLY-, KARABÉLY- ÉS MUSKÉTALÖVEDÉKEK MEGOSZLÁSA TÍPUS SZERINT

Érdeemes azt is megvizsgálunk, hogy a legnagyobb mennyiségben fellelt lövedéktípusok milyen arányban jelennek meg a fegyvertípusokhoz kötött űrméretcsoportokban (8.4–8.6. grafikon).

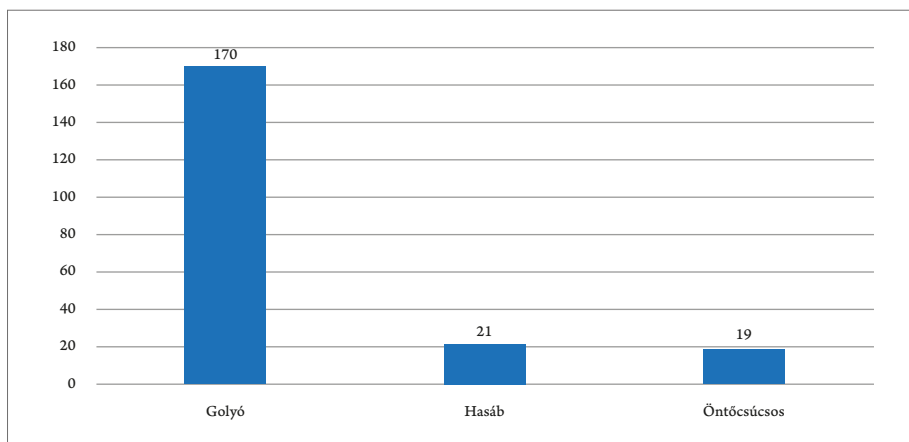
A három fegyvertípushoz kötött lövedékek típus szerinti megoszlása azt látszik bizonyítani, hogy ahogy növekszik az űrméret, úgy csökken a hasáb-lövedékek, valamint az öntőcsapos lövedékek aránya. 15,5 mm lövedékátmérő felett alkalmazásuk szinte megszűnik. Ennek több oka is lehet. Az öntőcsapos lövedékek eltűnésének lehet oka, hogy a muskétákat elsősorban nem papírtölténnyel, hanem a pantalléron függő apostolokból töltötték, de az is lehet az

⁴¹ NÉGYESI 2013: 170–171.



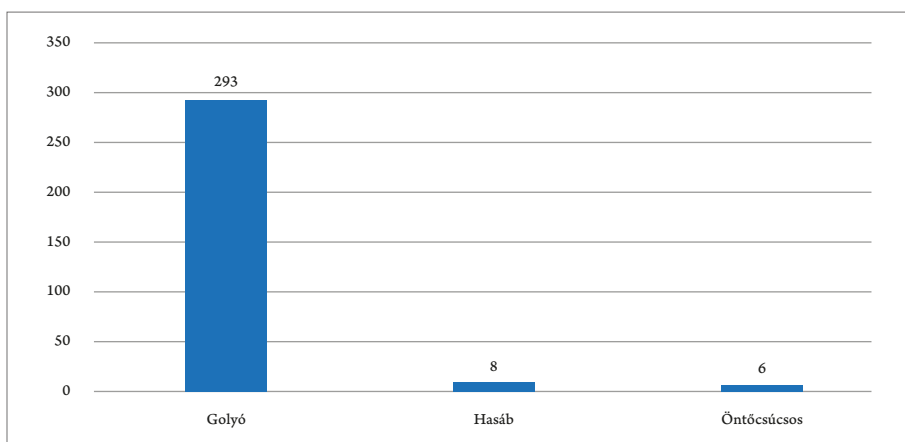
8.4. grafikon. A pisztolylövedékek
megoszlása típus szerint (űrméret < 13 mm)

Forrás: a szerzők szerkesztése



8.5. grafikon. A pisztoly- és karabélylövedékek
megoszlása típus szerint (13–15,5 mm)

Forrás: a szerzők szerkesztése



8.6. grafikon. A muskétalövedékek megoszlása
típus szerint (15,5–18 mm)

Forrás: a szerzők szerkesztése

oka, hogy a nagy muskétaűrméret képes volt szinte az összes rendelkezésre álló lövedéktípust befogadni, vagyis nem volt szükség rögtönzött megoldásokra. Az öntőcsapos lövedékeket használták kisebb űrméretű ágyúban kartácsként. Másrészt a lövedékek egy része manufaktúrákból származó késztermék volt, de egy részét a helyszínen öntötték. Ezeknél maradhatott vissza az öntőcsap.

A FELLELT LÖVEDÉKTÍPUSOK

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, amelyek 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 öntőcsap 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, amelynél a levágott öntőcsap helyén jól kivehető légbuborék, zárvány alakult ki (ltsz. 2012.213.1).

Az ólom igen puha, ugyanakkor nagy sűrűségű fém. Olvadáspontja mindössze 327,5 °C, így könnyen önthető. Puha fém, keménysége 5 BHN, így akár hidegen is könnyen alakítható. A fellelt golyóformájú lövedékek két nagy csoportra oszthatók: azokra, amelyek közel megőrizték eredeti gömbformájukat, valamint azokra, amelyek becsapódáskor különböző mértékben deformálódtak.

A közel gömbformájú 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, a közel ép, vagy ép golyók túlnyomó többségét kilőtt lövedékként kell azonosítani. Az energiáját vesztett, célt vétett, talajon gurulatot kapó ólomgolyó ugyanis nem lapul el, hanem akár többszöri felpattanással nagy távolságot tehet meg minimális deformációval. A leletmintázat alapján esetenként jól azonosítható az elejtett golyók sávja. Zrínyi-Újvárnál azonosítottuk ezt a jelenséget.⁴²

Igen kevés esetben lehetünk bizonyosak abban, hogy valóban elejtett lövedékekkel állunk szemben. Zrínyi-Újvár leletanyagának különösen izgalmas halmazát képezik azok a muskétagolyók, amelyek az erőd közepén elhelyezkedő kút feltárása során kerültek elő. A kútba minden valószínűség szerint egy keresztény katona holtteste zuhant, erről tanúskodnak a fegyver-, vértesz- és csontmaradványok. Igen kis területről került elő 13 db ólomgolyó, amely valószínűsíthetően ennek a katonának a bőrből vagy textiltől készült lövedéktartó zacskójában lehetett. A lövedékeken kilövésre utaló nyomok nem azonosíthatók. A golyótartó tartalma nagyszerű lehetőséget ad számunkra, hogy megvizsgáljuk a lövedékméreteket adott katona esetében. Rendkívül izgalmas, hogy az ép állapotú lövedékek még egy katona esetében is milyen nagy méretbeli szórást mutatnak. Tömegük 27,5–31,5 g között, átmérőjük 16,5–18,75 mm között mozog, vagyis megfelel a kétlatos muskéta űrméretének. A sorból két 24 g tömeg körüli golyó lóg ki, vagyis számított átmérőjük 15,8–15,9 mm (8.5. táblázat).

Amennyiben feltételezésünk helyes, és a kis területről előkerült golyók valóban egy harcos lövedékei voltak, úgy az is tetten érhető, hogy a méretszabványok még az egyes katona viszonylatában sem érvényesültek. Ezek a lövedékek, mivel kilövésre utaló nyomokat valóban nem mutatnak, amit a lelőhely kontextusa is megerősít, alkalmasak arra, hogy a lövedék- és a hozzá tartozó csőűrméretéről pontosabb képet kapjunk. A lövedékek a két említett kivétellel a kétlatos muskéta űrméretének felelnek meg.

⁴² NÉGYESI 2013: 163–164.

8.5. táblázat. A kútból előkerült lövedékek adatai

Gömb muskétagyólok a kútból (13 db)			
Azonosító szám	Tömeg (g)	Mért legnagyobb átmérő (mm)	Kalkulált átmérő (mm) ⁱ
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

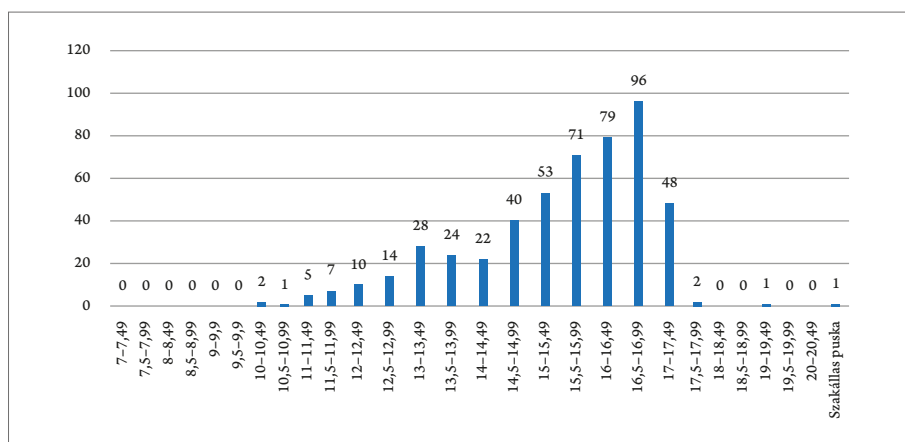
ⁱ A lövedékek átmérőjét matematikai képlettel határoztuk meg, ismerve a tiszta ólom sűrűségét.

Forrás: a szerzők szerkesztése

A kilőtt, deformálódott lövedékek esetében is van lehetőségünk arra, hogy eredeti űrméretüket közel pontosan meghatározzuk. A korábbi kutatások alkalmával 21 véletlenszerűen kiválasztott, Zrínyi-Újvárnál fellelt lövedéken végeztek anyagvizsgálatot, amely kimutatta, hogy a lövedékek anyaga közel tiszta ólom. A vizsgálat során mindössze egyetlen lövedéket találtak, amelyben jelentős óntövezőt azonosítottak. Egy 12,7 mm-es, 12 g tömegű pisztolygolyó⁴³ 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.⁴⁴

⁴³ Ltsz. 2011.59.1.

⁴⁴ KÖLTŐ 2012.



8.7. grafikon. Az ólomgolyók űrméret szerint megoszlása

Forrás: a szerzők szerkesztése

A tisztaólom-lövedékek eredeti átmérőjének kalkulálásához a következő képletet használhattuk:

$$r = \sqrt[3]{[(3 \cdot m) / (4 \cdot \pi \cdot \rho)]}$$

Ahol r = a gömb sugara centiméterben; m = a lövedék tömege grammban;
 ρ = anyagsűrűség = 11,34 g/cm³ a tiszta ólom esetében; π = 3,14.

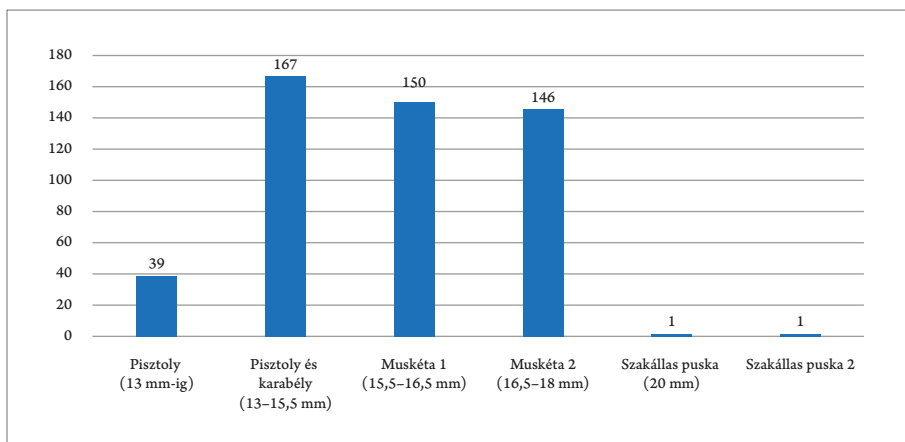
Példánk, ahol a deformálódott lövedék tömege 16 g:

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

Vagyis a lövedék átmérője:

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

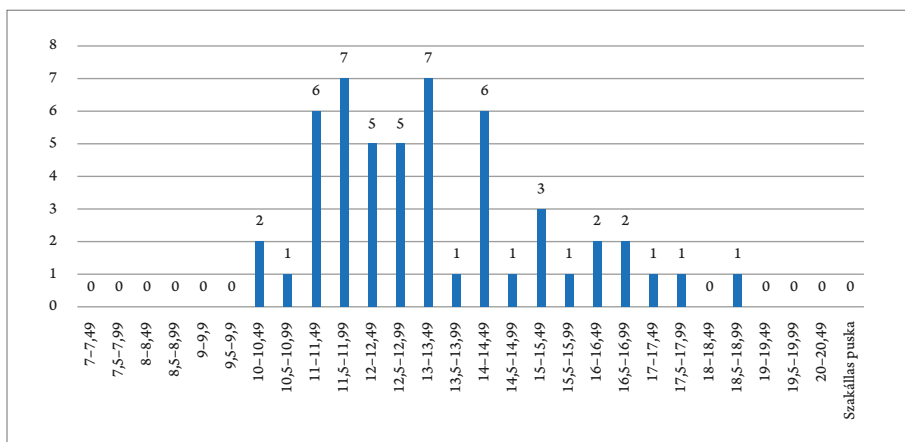
Ez a kalkuláció lehetőséget ad arra, hogy közelebb kerüljünk a lövedék és ezen keresztül az azt kilövő fegyver űrméretéhez, ugyanakkor a kapott eredményt nem tekinthetjük pontos értéknek, mivel a becsapódott lövedék tömegét csökkentheti a korrózió, a cső koptató hatása, valamint maga a becsapódás is.



8.8. grafikon. A golyók fegyvertípus szerinti megoszlása

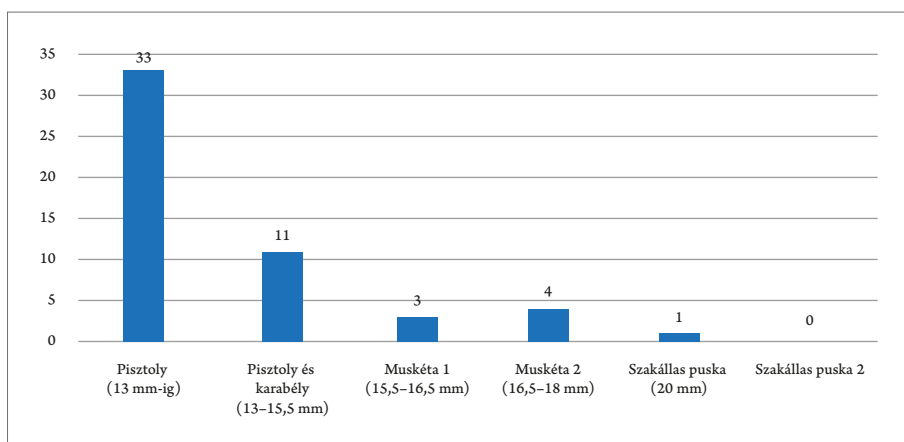
Forrás: a szerzők szerkesztése

Statistikánkban az ólomgolyók sűrűség alapján kiszámított űrméretét használtuk (8.7. grafikon). Ez lehetővé teszi, hogy jó eséllyel a deformálódott lövedékeket is fegyverűrméretekhez kössük (8.8. grafikon).



8.9. grafikon. Az öntőcsapós lövedékek megoszlása űrméret szerint

Forrás: a szerzők szerkesztése



8.10. grafikon. Az öntőcsapos lövedékek
megoszlása fegyvertípus szerint
Forrás: a szerzők szerkesztése



8.1. kép. Öntőcsapos lövedékkel szerelt
töltényreprodukció és Dolleczek ábrázolása
Forrás: a szerzők szerkesztése

Öntőcsapos golyók

Az öntőcsapos 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 esetében, mint a muskéták tekintetében (8.9–8.11. *grafikon*).

Csőbe sajtolt ólomgolyók

A golyók és az öntőcsapos golyók halmazán belül találunk olyan lövedékeket, amelyek 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 kalapált felső felületük ellapult (8.6. *táblázat*).

Négy kivétellel (45, 49, 411, 413) mindegyik lövedék a karabélyok, pisztolyok űrméretét mutatja. A 12–13 mm alatti űrméreteket valószínűleg pisztolyból kilőtt lövedékek. E csoportban is találunk olyan lövedékeket, amelyek a mért tömeg alapján arra utalnak, hogy kétlatos muskéta golyójából készültek (41, 45, 49, 411, 413, 415e, 52). A táblázatunkban található átmérők szinte minden esetben eltérő adatot mutatnak, ami további bizonyíték arra, hogy a Zrínyi-Újvárnál alkalmazott tűzfegyverek űrmérete tekintetében nem érvényesültek pontos katonai szabványok (8.11–8.12. *grafikon*).

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

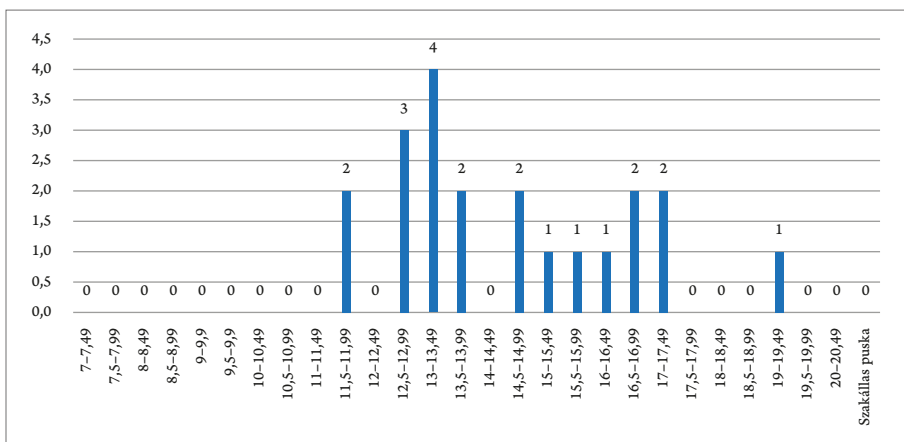
A csőbe sajtolt lövedékek csekély száma ugyanakkor azt is bizonyíthatja, hogy ez is szükségmegoldás lehetett: a katona felvehette elesett társa vagy ellensége lövedékeit, töltényeit, amennyiben kifogyott a fegyveréhez készült töltésből. Ennek a töltési módnak vannak hátrányai: egyrészt – különösen már elkoszolódott csőbe – igen nehéz lenyomni az ennyire pontosan illeszkedő lövedéket. Ha ez nem sikerül, és a golyó félúton megakad, légrés marad a lőportöltet és a lövedék között, amely olyan mértékben emelheti meg a gáznyomást, hogy a fegyver akár fel is robbanhat. Másrészt ahhoz, hogy a csőben megindítható legyen

a túlméretes lövedék, további eszközre (kalapácsra, kés fokára stb.) van szükség, hogy a torkolatba üssék a lövedéket. Harcban ez igen nehezen képzelhető el.

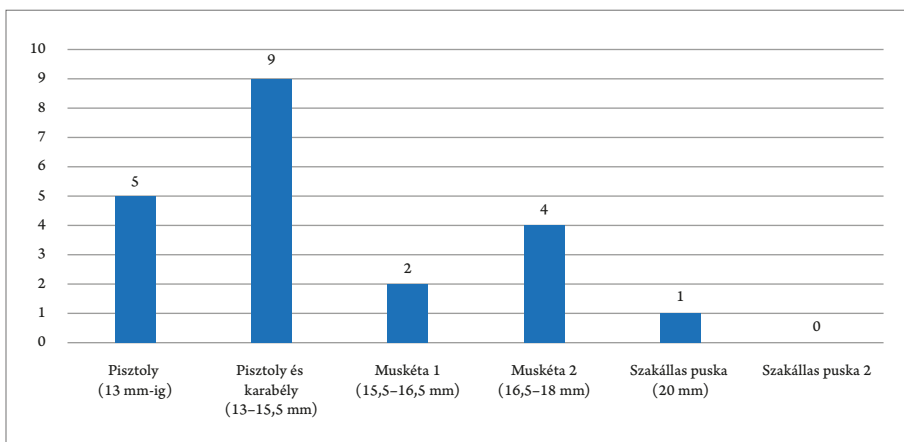
8.6. táblázat. *A csőbe sajtolt ólomgolyók adata*

Csőbe sajtolt túlméretes ólomgolyók (21 db)			
Ltsz.	Tömeg	Átmérő	Csőürméret nürnbergi font szerint
41	23,28 g	15,52 mm	23–24
43	19,01 g	13,90 mm	32
45	26,13 g	18,73 mm	13
47	13,58 g	12,87 mm	38–42
49	26,77 g	18,97 mm	12–13
411	42,48 g	22,31 mm	8
413	27,01 g	18,30 mm	14
415e	30,35 g	13,87 mm	32
52	29,81 g	15,16 mm	25
54	14,99 g	10,40 mm	70–80
56	13,18 g	10,40 mm	70–80
58e	20,76 g	12,50 mm	45
510	12,38 g	10,60 mm	70
512	15,35 g	11,15 mm	60–70
516	13,15 g	10,43 mm	70–80
61	18,35 g	15,25 mm	24
63	13,57 g	13,28 mm	35–38
65	12,81 g	12,85 mm	38–42
67	10,24 g	12,15 mm	50
2012.289.1	10,71 g	11,78 mm	60–70
2012.291.1	14,90 g	12,89 mm	38–42

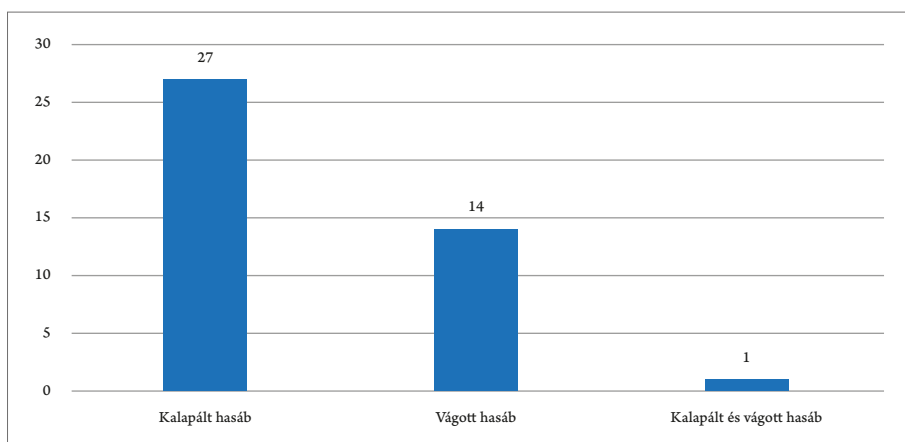
Forrás: a szerzők szerkesztése



8.11. grafikon. A csőtorkolatba sajtolt lövedékek
űrméret szerinti megoszlása
Forrás: a szerzők szerkesztése



8.12. grafikon. A csőtorkolatba sajtolt lövedékek
fegyvertípus szerinti megoszlása
Forrás: a szerzők szerkesztése



8.13. grafikon. A hasáblövedékek megoszlása készítési mód szerint

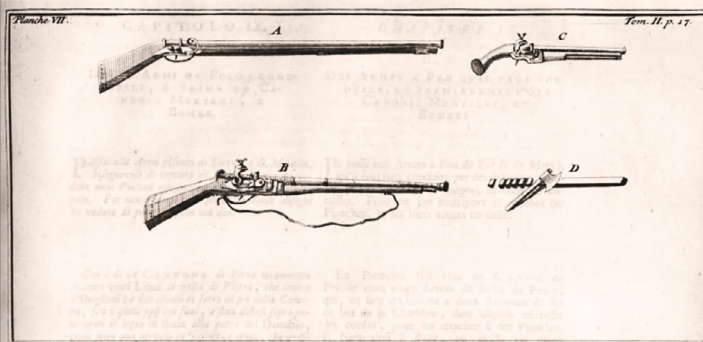
Forrás: a szerzők szerkesztése

*Vágott hasábolmok, kalapált hasábolmok,
vágott és kalapált hasábolmok*

Zrínyi-Újvárnál jelentős mennyiségű hasáblövedék került elő. Ilyen lövedékekre azért lehetett szükség, mivel a logisztikai rendszer csak korlátozottan volt képes kiszolgálni a hadsereg igényeit, mind a császári, mind az oszmán oldalon. Ezek a lövedékek lehetnek négyszögletesek vagy körkeresztmetszetűek. 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 voltak képesek deformálódni. Ez teszi lehetővé, hogy űrmérethez kössük őket: a keresztmetszet legnagyobb mért átmérőjének illeszkednie kellett a cső űrméretéhez.

Zrínyi-Újvárnál alapvetően három típusú hasáblövedéssel találkozhatunk: vágottólom-lövedékekkel és kalapáltólom-lövedékekkel, valamint először kalapált, utána vágással több darabra osztott lövedékekkel (8.13. grafikon).

A vágott ólom oszmán felhasználásáról még Luigi Ferdinando Marsigli 1732-ben megjelent *Stato militare dell'Imperio Ottomanno, incremento e decremento del medesimo* munkája is említést tesz. Illusztráción és szöveges formában ismerteti, ahogy ólomrúdból bárd segítségével vágható a kellő méretű lövedék (8.2. kép).

ESPIEGAZIONE *EXPLICATION*

DELLA TAVOLA VII.

DE LA PLANCHE VII.

- | | |
|---|--|
| <p>A. MOSCHETTO pesantissimo, che piglia Foco con miccia di Bombace.</p> | <p>A. MOUSQUET à mèche très pesante.</p> |
| <p>B. Altre MOSCHETTO col facile più simile alla Spaguola, che ad altra maniera.</p> | <p>B. Autre MOUSQUET fait en forme de Fusil à peu près dans le goût Espagnol.</p> |
| <p>C. PISTOLA fatta col Facile.</p> | <p>C. PISTOLET en forme de Fusil.</p> |
| <p>D. VERGA di Piombo, da cui con una Scure si tagliano quadrelli, che in mancanza di palle si pongono dentro la Canna.</p> | <p>D. BARRE de Plomb, dont on coupe des carreaux avec une Hache, & dont on se sert à défaut de Balles.</p> |



8.2. kép. Marsigli ábrázolása a vágott ólom elkészítéséről
 Forrás: MARSIGLI 1732: Cap. viii. Fig. 17
 („Verga di piombo, de cui con una Scure si tagliano quadrelli,
 che in mancanza di palle si pongono dentro la canna.”)

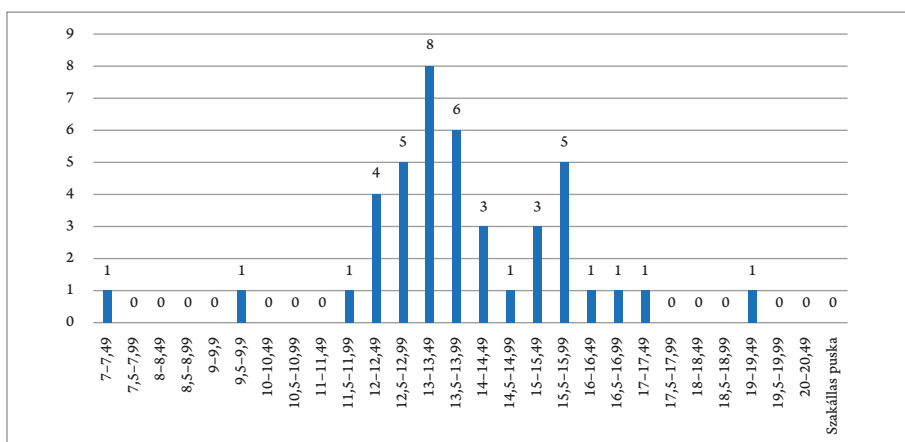
Ilyen spirálformában feltekert ólomrudat adományozott évekkel ezelőtt a szerzőnek egy illegális fémkeresős. Ma a lelet már a HM Hadtörténeti Intézet és Múzeum gyűjteményét gazdagítja (ltsz. 2014.22.1.).⁴⁵ A vágottólom-lövedékek könnyen felismerhetők: a vágás során létrejött közel 90 fokos élek mindig jelen vannak a lövedék mindkét végén. Ezek a lövedékek méretük és tömegük alapján egyértelműen pisztoly vagy karabély lövedékei lehetnek.

Találkoztunk olyan vágottólom-lövedékkel (ltsz. 2012.55.1) is, amelynek a keresztmetszete szabályos kör volt, ugyanakkor vastagsága alig pár milliméter. Az ólomrúdból vágott korongon jól azonosítható kilövésnyomok látszanak. A lövedéken látható, 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 vágottólom-korongot töltettek az ölképesség növelése érdekében.⁴⁶

A második módszer hasáblövedék előállítására a kalapálás volt, amelyre számos példát találunk Zrínyi-Újvár leletanyagában (8.14. grafikon). Ezek a lövedékek jellemzően nagyobb űrméretű muskétagolyókból készültek pisztolyok vagy karabélyok számára. Könnyen megkülönböztethetők a vágott ólomtól, ugyanis ahogy a katona az oldalakat igyekezett megfelelő méretűre kalapálni, a kapott hosszlövedék végein nem tűnt el a gömblövedékekre jellemző domborulat, itt nem látható éles vágásnyom. További bizonyítékunk erre a készítési módra, hogy igen nagy mennyiségben találunk olyan kalapált lövedékeket, amelyek 24–30 g közötti tömege igazodik a muskétagolyók tömegéhez. Hosszuk jellemzően 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 leejtett hasáblövedékek megkülönböztetése sokszor igen nehéz feladat, mivel a kedvezőtlen ballisztikai formával rendelkező ólomhasábok már kis távolságon is elveszítik mozgási energiájukat, vagyis becsapódáskor egyáltalán nem biztos, hogy deformálódnak. A kalapált hasáblövedékek és a muskétagolyók közötti kapcsolat egyértelműnek látszik a megvizsgált lövedékek alapján.

⁴⁵ Ltsz.: 2014.221.1.

⁴⁶ Lásd NÉMETH 2021.



8.14. grafikon. A hasáblövedékek
megoszlása űrméret szerint

Forrás: a szerzők szerkesztése

A harmadik csoportba tartoznak azok a lövedékek, amelyek muskétagyólból kalapálással készültek pisztolyhoz vagy karabélyhoz, de a hasáb megformálása után a katona még két részre vágta azokat. Ilyen lövedéket egyet találtunk a leletek között (ltsz. 2012.27.1.).

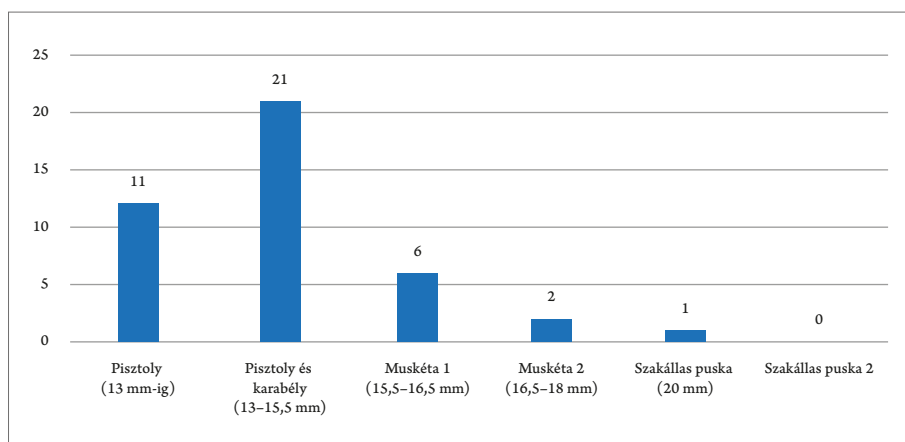
Statisztikánk szerint a hasáblövedék elsősorban a pisztolyok, karabélyok lövedéke volt. Előfordulási gyakorisága a pisztolyűrméretek esetében a legnagyobb (8.15. grafikon).

SÉRÜLÉSEK A FELLELT LÖVEDÉKEKEN

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

A lövedék elkészítésével kapcsolatos nyomok

A lövedékek jelentős többsége a csőűrméretnek megfelelő öntőforma segítségével készült. A golyóöntőforma két félből állt, amelyek ideális esetben pontosan



8.15. grafikon. A hasáblövedékek megoszlása fegyvertípus szerint

Forrás: a szerzők szerkesztése

illeszkedve tökéletes gömbformájú öntvényt eredményeztek. Az öntőformák készülhettek kőből, de a 17. században már leginkább fém (vas, bronz, réz) anyagból készültek. A pofákba marással, forgácsolással alakították ki a bevágást.

Az öntőforma oldalai azonban igen ritkán adtak pontos gömbformát. A nem pontosan kialakított bevágás vezethetett enyhén ovális gömbhöz, az egymással nem illeszkedő pofák pedig az illeszkedés mentén egymáshoz képest eltolt felekhez. Az öntőforma illeszkedési felületeinek nyoma gyakran felismerhető a lövedékeken: az öntőcsap vagy az annak levágási pontját érintő, a lövedék teljes felületén végigfutó vonal formájában (ltsz. 2012.281.1).

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

A levágott öntőcsap alatt gyakran találhatunk légzárványt. Ez különösen abban az esetben alakulhatott ki, amennyiben a lövedéket készítő munkás nem várta meg, míg az olvadék teljesen felkeményedik, mielőtt a golyót kiejtette a formából (ltsz. 2012.213.1).

A hasáblövedékek esetében találkozunk vágott felületekkel. Ezek jól azonosíthatók, hiszen jól definiált élek jönnek létre, amikor az ólomhuzalból levágnak

egy részt (ltsz. 2011.48.1.). Ezek jól megkülönböztethetők a kalapált hasáblövedékeken látható nyomoktól. A hasábformára átkalapált muskétagolyók végei domborúk maradnak, miközben az alakítás következtében hosszanti lapjuk kissé homorú formát vesz fel.

AHMHIM és a Ludovika-történeti Kutatóműhely birtokában lévő lövedékek között találunk olyat is, amelyet kalapálással (esetleg rágással) formáltak közel kerekre. Ezek a lövedékek elenyésző mennyiségben kerültek csak elő eddig (ltsz. 2012.43.1).

A betöltés nyoma

A töltés leggyakoribb nyoma a töltővessző által hagyott deformáció a lövedéken. Minél pontosabban illeszkedik a csőbe a lövedék, minél szennyezettebb 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, amelynek a végét jellemzően szaru- vagy vas-hüvellyel erősítették meg. A golyót szorosan kellett a lőporra nyomni, hogy légrés a töltés és a lövedék között ne maradjon, mivel ez olyan gáznyomáshoz vezethetett, amely következtében 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 (ltsz. 2012.151.1).

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 csőűrméretnek megfelelő hengeres palást alakult ki (ltsz. 2012.291.1).

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

A kilövés nyomai

A lövedék a kilövés során alakváltozást szenved el. A szabályos gömblövedék formája deformálódik egyrészt 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.

A kilövéskor jelentkező második deformáció oka a cső koptató hatása, a lövedék felületén kialakuló öv (*banding*).⁴⁷ A csőben haladó lövedék a csőfalhoz súrlódik, amely 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 a 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 (Itsz. 2012.287.1). Az ilyen lövedékek száma is igen csekély, mindössze 20 ép, közel ép lövedéken azonosítottuk ezt a típusú sérülést. A becsapódott, erősen deformálódott lövedékek esetében ez nem lehetséges.

Ha a lövedéket fojtás nélkül közvetlenül töltötték a lőportöltetre, úgy a puha ólomba nyomódó lőporszemcsék is hagyhatnak nyomot a lövedéken. Ez a nyom 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 nem szakadnak részekre jellemzően. Ennek köszönhető, hogy még az erősen deformálódott lövedékek tömege sem tér el túlzottan az eredeti tölegtől. A becsapódás során a golyó ideális esetben (ha nem találkozik gyökérrel, kaviccsal) 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 gömbformájukat. Felületükön csak kisebb sérülések figyelhetők meg, kisebb ovalítás mérhető.

⁴⁷ MILLER 2010: 54.

A talajban töltött idő nyomai

A talajba kerülő ólomlövedék oxidálódik, aminek 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 (ltsz. 2012.117.1).

A KORABELI TÚZFEGYVEREK 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 bőrzacskóból, majd a torkolatba helyezte, rátett egy lövedéket, lenyomta azt a töltővesszővel a csőfarba, majd néhány ütéssel 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 párázsló kanócot, rápróbálta a serpenyőre. Lövés leadása előtt ráfújt a kanócra, megnyitotta a serpenyőt, majd célzott, és az elsütő billentyű 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, nürnbergi kódexben találjuk. Az ábrázolásokat Martin Löffelholz nürnbergi polgár készítette 1505-ben. Az ívek egészen a közelmúltig ismeretlenek voltak. Az ívek egy részeire szedett kódexből származnak, jelenleg a Württembergische Landesbibliothek gyűjteményében találhatók. Az ívek részletes elemzését Daniel Hohrath és Patrick Tarner

Ein Büchsenmeisterbuchfragment von Martin Löffelholz – Einblicke in die Ausrüstung eines Büchschützen um 1505 című tanulmányában találjuk.⁴⁸ A számozatlan fólión a puska töltéséhez használt eszközök mellett látunk három papírtöltényt „papir [olvashatatlan szó] pulffir und kugl ist ein schnelle ladung”, vagyis szabad fordításban: papírban egyesített lőpor és golyó gyorsöltése.

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, amelyben a golyókat is tartották.⁴⁹

A 17. század elején a töltények használata már a gyalogság esetében is általános lehetett. A harmincéves háború idejéből ismerünk számos olyan tölténytartó eszközt, amelyek lehetővé tették a gyors töltést. Ismerünk fa lőportartót, amelynek oldalára rögzítették a fabetétet tartó bőrzacskót – ennek hengeres furataiba néhány töltényt lehetett helyezni. Ismerünk olyan gyalogos kardtokot is, amely töltéstokként is funkcionált, de a Magyar Nemzeti Múzeumban is található számos rugós fedelű, 16. századra datált, övre fűzhető töltéstok (*Patronenköcher*), amely 4–7 töltény tárolására volt alkalmas.⁵⁰

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 elköött vagy elhajtott papírtöltény hengerébe helyezték. Az első típus intenzív használatát mutatja a nagy mennyiségű, 17. századi harcterekről származó karabély- és pisztolyűrméretű lövedék, amelyek öntési csúccsal rendelkeznek, de található ilyen töltény a bécsi Heeresgeschichtliches Museumban és George Hoyem gyűjteményében is.⁵¹ Ilyen töltényt ábrázol Dolleczek is monográfiájában.

John Cruso 1632-ben megjelent lovassági kiképzési segédletében a következőképpen írja le a töltények készítésének módját: a töltényeket fehér papírból

⁴⁸ A szerzők ezúton mondanak köszönetet Patrick Tarnernek a lelőhely beazonosításában nyújtott segítségért.

⁴⁹ WALLHAUSEN 1616: 33. „[L]e dit porteflasque á une petite burse, pour les balles & et le nettoyeur de son arquebus. Il aura aussi en la dite 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.”

⁵⁰ TEMESVÁRY 1992: 259; ltsz.: 56.5816, 56.5815.

⁵¹ HOYEM 2005: 2.



8.3. kép. D17 (balra); D14 (középen);
ltsz. nélkül (jobbra)

Forrás: a szerzők szerkesztése

készítették. A papírt megfelelő méretre vágták, majd az űrméretnek megfelelő rúdra vagy a töltővesszőre tekerték fel, amennyiben az megfelelő vastagságú volt. Egyik végét elhajtották, majd feltöltötték a megfelelő löportöltettel a kapott hüvelyt. A lőporoszlop felett cérnával elkötötték, 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.⁵² Cruso szerint a töltények használata volt a fegyverek töltésének elsődleges módja a lovasságnál, lőporflaskából csak akkor töltöttek, ha az előre elkészített töltények már elfogytak.⁵³ Nem véletlenül szerepel a szabályzatban a töltények elkészítése, hiszen a központi logisztika a golyókat, a löport és a papírt biztosította, a tölténykészítés a katona feladata volt.

Nem mindenki használt pantallért vagy töltényt ebben az időben. Montecuccoli szerint „a törökök muskétáinak csőve jóval hosszabb, mint a mieinké, kaliberük kisebb, nem használnak pantallért és patront, ezért hosszabb időre van szükségük a töltéshez”.⁵⁴ Vagyis a török lövészek a löport közvetlenül a lőporszaruból tölthették a csőbe, ami nemcsak lassabb, hanem veszélyesebb is volt, hiszen gyors rátöltésnél előfordulhat, hogy szunnyadó szikra marad a

⁵² CRUSO 1632: 41.

⁵³ CRUSO 1632: 38.

⁵⁴ MONTECUCCOLI 2019: 253.

csőben. Ilyenkor a lőportartó visszaéghet, tartalma felrobbanhat, ami súlyos sérüléseket okozhat a lövésznek. Mind a pantallér fafiolái, mind a papírtöltény használata ezt a veszélyforrást semlegesíti.

A fellelt lövedékek között viszonylag nagy számban találhatók olyan lencse alakúra deformálódott lövedékek, amelyek deformációja közel szimmetrikus, ami arra utal, hogy becsapódási szögük a homokos talajba megközelítően a talajsíkkal 90 fokot zárt be. E lövedékek tömegmérésével kiválasztottunk közülük 1-1 db pisztoly- (D17), karabély- (D14) és muskétalövedéket (szám nélkül), amelyek az összehasonlító lőkísérlet kiindulási alapját képezték (referencialövedékek). A kiválasztott lövedékek a rendelkezésre álló, viszonylag szabályosan deformálódott lövedékek közül a legnagyobb átmérőjűek voltak. Mindhárom lövedék az ostromterületről származik, vagyis nagy valószínűséggel keresztény katonák által kilőtt golyók.

A lövedékek anyagvizsgálata bizonyította, hogy tiszta ólomból készültek, így az ólom sűrűségének és a lövedékek tömegének ismeretében a már ismertetett matematikai képlettel kiszámítható a gömblövedék átmérője:

- D17 (a későbbiekben 2. számú lövedék): 12,05 g, $\varnothing 12,5$ mm
- D14 (a későbbiekben 1. számú lövedék): 21,11 g, $\varnothing 15,1$ mm
- Szám nélkül (a későbbiekben 3. számú lövedék): 28,97 g, $\varnothing 17,14$ mm (8.3. kép)

A lövedékeken található elváltozások és anyagmaradványok alapján egyértelműnek tűnt, hogy azok homokos talajba csapódtak, amely kifejezetten jellemző Zrínyi-Újvár területére. A lövedékek öntési csúccsal nem rendelkeztek.

Az ólom alapvetően nehezen mobilizálódik a talajban, de az ólom felszínén már szabad levegőn is szürke oxidréteg alakul ki. A tömeget érintő, mérhető korrózió azonban csak erősen savas kémhatású közegben alakul ki. Ennek vizsgálata érdekében helyszíni talaj-pH-vizsgálatokat végeztünk, amelyeket Csurgai József, a Nemzeti Közszolgálati Egyetem HHK Műveleti Támogató Tanszék vegyi laboratóriumában végezte el.

Összesen három mintát vettünk Zrínyi-Újvár környezetében, amelyek mindegyike a talaj közepes mélységéből, kb. 10–30 cm mélységből származott. A mintavételek pontos helyét GPS-koordináták segítségével rögzítettük. A talaj típusa a mintavételek helyén barna erdőtalaj, illetve öntéstalaj.

A méréseket pH-indikátor papírral és talaj-pH-mérővel párhuzamosan végeztük el. A kapott eredményeket a 8.7. táblázat mutatja.

8.7. táblázat. *A talajminták adatai*

Minta ID	A tégely tömege (g)	Bruttó tömeg (g)	Nettó minta-tömeg (g)	pH-mérés papírral	pH-mérés teszterrel	Megjegyzés
1.	97,09	301,32	75	6,5–7,0	6,8	Kötött
2.	97,03	298,71	75	6,5–7,0	6,8	Szemcsés
3.	96,95	293,07	75	6,5–7,0	6,6–6,75	Szemcsés, porhanyós

Forrás: a szerzők szerkesztése

8.8. táblázat. *A referencialövedékek adatai*

	Lövedék			Fegyvercső		Lövedékreprodukció	
	Tömeg (g)	Kalkulált űrméret (mm)	Űrméret egy font ólom viszonylatában	Űrméret (mm)	Űrméret egy font ólom viszonylatában	Űrméret (mm)	Tömeg (g)
3. számú (muskéta-) lövedék	28,97	17,14	16-os	17,9	14-es	17,15	29,16
1. számú (karabély-) lövedék	21,11	15,10	24-es	15,9	20-as	15,10	21,10
2. számú (pisztoly-) lövedék	12,05	12,50	42-es	12,8	38-as	12,00	12,43

Forrás: a szerzők szerkesztése

8.9. táblázat. *A lőkísérletekhez használt fegyverek adatai*

Replikák	Űrméret	Csőhossz	Gyújtási mechanizmus	Tömeg
17. századi kanócos muskéta	18,0 mm	104,0 cm	Kanócos	5,200 kg
17. századi keréklakatos karabély	16,0 mm	60,0 cm	Keréklakatos	3,500 kg
17. századi keréklakatos lovassági pisztoly	12,8 mm	40,1 cm	Keréklakatos	1,325 kg

Forrás: a szerzők szerkesztése

Számunkra a legfontosabb az 1. számú minta, amely közvetlenül arról a pontról származik, ahol a ballisztikai rekonstrukciókhoz használt kilapult lövedékeket a hadirégészek találták. A minták enyhén savas kémhatást jeleznek, ami történelmi szempontból állandónak tekinthető, mivel a terület nem állt művelés alatt.

A korrózióból adódó tömegveszteség mértékének értelmezése érdekében érdemes megismernünk, hogyan viselkedik az enyhén savas talajba csapódott ólomlövedék. Az ólom, ahogy a fémek jelentős része, oxidációra hajlamos. A folyamat során felületén tömör, védő oxidréteg alakul ki. Ez megóvjaa a lövedéket a további oxidációtól. A fém tehát nem korrodálódik tovább, passzív állapotba kerül. Ennek köszönhető, hogy a lövedékek jellemzően nehezen mobilizálódnak a talajban, eredeti tömegüket közel teljes egészében megőrzik.

A lövedék felületén kialakuló sárgás-barnás patinaréteg az ólom oxidációja során keletkező vegyületekből áll, amelynek sűrűsége ugyan kisebb, mint az ólom esetében (ólom-oxid: $9,38 \text{ g/cm}^3$; ólom-klorid: $6,6 \text{ g/cm}^3$; ólom-szulfát: $6,29 \text{ g/cm}^3$), a réteg vékonysága miatt ugyanakkor a tömegveszteség elhanyagolható. A fellelt ólomlövedékek felületéről ellenben a patinát eltüntetni nem szabad, hiszen ennek köszönhetően közelebb kerülhetünk az eredeti tömeghez.⁵⁵

A referencialövedékek átmérőjének ismerete lehetővé tette, hogy elkészítsük, beszerezzük ezekhez a pontos lövedék-öntőformákat, valamint azt is, hogy ezek alapján meghatározzuk, milyen űrméretű fegyverekből lőtték ki azokat. Különösen izgalmas e szempontból ismételtlen a muskétagyolyó, mivel tömege közel 30 g, amely 16-os űrméretnek felel meg (8.8. táblázat). Ezt Montecuccoli is említi,⁵⁶ mindamelllett a vonatkozó lövedéket (és teljes töltényt) Dolleccek is ábrázolja művében.⁵⁷

A csőűrméretek meghatározása lehetővé tette, hogy elkészíttessük a megfelelő fegyvermásolatokat a lőkísérletekhez. Mindhárom fegyvertípus – muskéta, keréklakatos karabély és pisztoly – esetében mintánk múzeumi fegyver volt. Számunkra a három legfontosabb paraméter az űrméret, a csőhossz és a gyújtási mód volt, mivel a kezdősebességet elsősorban ez befolyásolja.

A vizsgálathoz használt fegyvermásolatok adatait a 8.9. táblázatban foglaltuk össze, kinézetüket a 8.4. képen láthatjuk.

⁵⁵ SIVILICH 2016: 25.

⁵⁶ MONTECUCCOLI 2019: 90.

⁵⁷ DOLLECZEK 1970: 125.



8.4. kép. A lökísérletekhez használt fegyverek

Forrás: a szerzők szerkesztése

A lövedék becsapódási és torkolati sebességének meghatározása ballisztikai szimulációnk kiindulópontja. A referencialövedékekkel megegyező összetételű, tömegű lövedékeket ezért különböző lőportöltetekkel terveztük kis lőtávolságról (5 m) a talajba (homokzsákba) lőni, és azok becsapódáskori átmérőnövekedését regisztrálni. A kísérletet addig terveztük végezni, amíg a tesztlövedék átmérőnövekedése meg nem egyezik a neki megfelelő referencialövedék átmérőjével. Az ilyen tesztlövedék kezdősebessége referenciasebességnek tekintendő és közelítően megegyezik a referencialövedékek korabeli becsapódási sebességével. A korabeli lőtávolságra a referencialövedékek fellelési helyéből és a vár sáncainak elhelyezkedéséből lehet megközelítő (-tól, -ig) információt nyerni. Ennek segítségével, ballisztikai számítások útján határozható meg a lövedék vélt kezdősebessége. Ezek az előkészítő lőtéri lövéspróbák 2021 májusában zajlottak.

A lökísérletek második felvonását Zrínyi-Újvár területén, a referencialövedékek megtalálási helyén (GPS-koordináták alapján) a talajba löve terveztük végrehajtani, hogy az előkészítő kísérletek során kapott értékeket ugyanabban a célközegben is ellenőrizhessük, amelyből a lövedékek előkerültek. Ezek a lökísérletek 2021 júniusában zajlottak a helyszínen.

A lőtéri kísérletek harmadik szakaszában a kapott becsapódási sebességeknek megfelelő torkolati sebességeket igyekeztünk rekonstruálni. Célunk a lövedékek kül- és célballisztikájának megismerése volt. A lőtéri lökísérletek 2021 őszétől 2022 őszéig tartottak.

ELŐKÉSZÍTŐ LŐKÍSÉRLETEK

A modern lövészetre használt granulált lőportípus legismertebb keverési aránya 75% salétrom, 10% kén és 15% faszén. Ma alapvetően a lőporokat szemcseméret alapján soroljuk csoportokba, amelyeket leggyakrabban 1 Fg–4g jellel jelölünk. Minél finomabb a lőpor szemcsemérete, annál nagyobb az érték (8.10. táblázat).

8.10. táblázat. A lőportípus, a szemcseméret és a felhasználási kör

Lőportípus	Szemcseméret	Felhasználási kör
1 Fg	1,200–1,600 mm	Nagy kaliberű sima csövű fegyverek
1,5 Fg	0,850–1,200 mm	Nagy kaliberű sima csövű és huzagolt fegyverek
2 Fg	0,650–1,200 mm	Közepes űrméretű huzagolt és sima csövű fegyverek
3 Fg	0,500–0,800 mm	Közepes és kis űrméretű huzagolt fegyverek
4 Fg	0,250–0,500 mm	Kis kaliberű huzagolt fegyverek
OB	0,190–0,224 mm	Kovács, keréklakatos és kanócos fegyverek felporzó lőpora

Forrás: a szerzők szerkesztése

Lőkísérleteinkhez a Swiss No. 5. 1 Fg szemcseméretű feketelőport használtuk, mivel ennek granuláltsága áll legközelebb a 17. századi muskétalőporok szemcseméretéhez. Ugyanakkor vizsgálatunk során nem a lőpor összetétele és szemcsemérete volt a kiindulópontunk, hanem az ismert távolságból kilőtt és ismert közegbe csapódó tisztaólom-lövedék deformációja, így tulajdonképpen bármilyen feketelőporos fegyverhez használható ballisztikai hajtóanyagot alkalmazhattunk volna.

A kanócockat azonos módon készítettük el, mint azt a 17. században tették, amihez forrásunk egy szépirodalmi mű volt. A *kalandos Simplicissimus* című regény olvasmányos, szórakoztató formában mutatja be a harmincéves háború nyomorát, szenvedését a közkatona, esetünkben egy egyszerű muskétás szemszögéből. A mű az 1660–1670-es években született, szerzője Hans Jakob Christoffel von Grimmelshausen. A szerző saját élettapasztalataira támaszkodik a műben, de az nem önéletrajzi regény. Írásában több helyen találkozunk

a muskéta használatának pontos részleteivel. Leírja, hogy szükség esetén két lövedéket is töltöttek a csőbe a fegyver hatékonyságának növelése miatt, hogy a kanócot két végén gyújtották meg a rendszer megbízhatóságának növeléséért, kritikus pillanatban ne gátolja a lövés leadását, ha a kanóc egyik vége elparázslík. A harmadik könyv 9. fejezetében arról is képet kapunk, hogyan lehet az ellenséges katonát megtéveszteni a serpenyőfedélre szórt lőpor ellobbantásával, hogy azt higgye, csütörtököt mondott a puska.

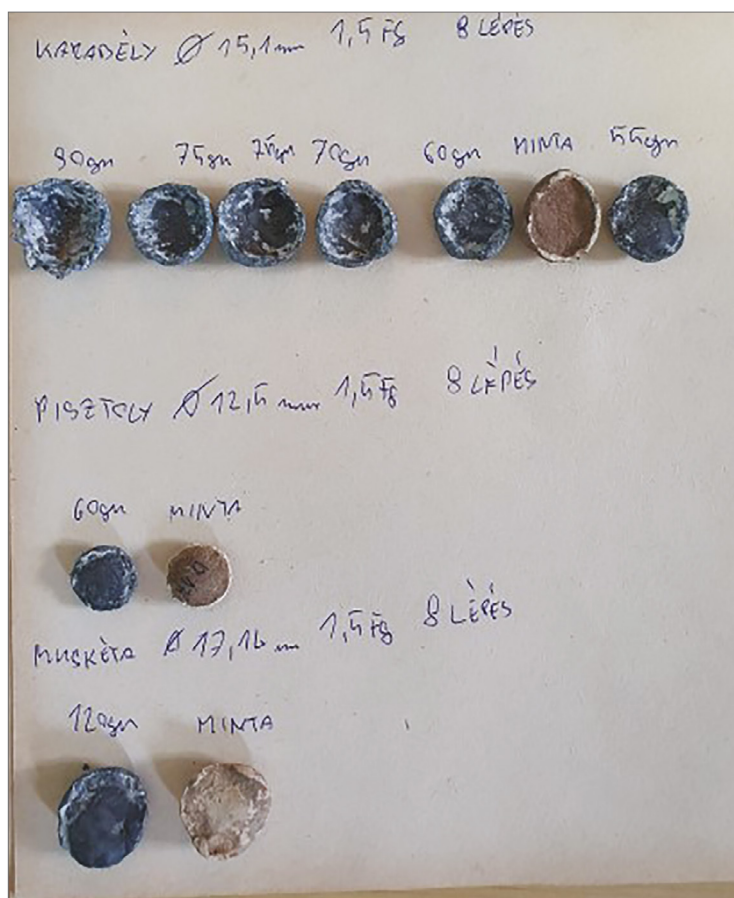
„Mire elérkeztünk oda, ahol a táncnak meg kellett kezdődnie, már két golyóra volt töltve a muskétám, friss gyújtólőport öntöttem fel, és a gyújtóserpenyő födelét jól megfaggyúztam, ahogy óvatos muskétások szokták, hogy a gyújtólyukat meg a lőport a serpenyőben esős időben megóvják a nedvességtől...

Amikor hát a számomra kijelölt oldalon duplán égő kanóccal az említett mezőre léptem, és magam előtt láttam ellenfelemet, úgy tettem, mintha most, mentemben szórnám le a régi lőport; pedig nem azt tettem, hanem csak a gyújtóserpenyő födelére szórtam a port, aztán megfújtam, majd két ujjal eligazítottam a serpenyőt, ahogy szokás. És még mielőtt ellenfelemnek, aki szintén jól szemmel tartott, a szeme fehérét megláttam volna, célba vettem, és hiába valóan ellobbantottam a serpenyő tetejére szórt hamis gyújtó-port. Ellenfelem azt hitte, hogy csütörtököt mondott a muskétám, mert eldugult a gyújtólyuk. Ezért egyik pisztolyával a kezében nagy mohón egyenesen felém vágatott, hogy leszámoljon velem. De mielőtt észre tért volna, már ki is nyitottam a serpenyőt, aztán újra céloztam, és olyan istenhozottal üdvözöltem, hogy a durranás már egy volt az ő zuhanásával.”⁵⁸

Grimmelshausen leírja a kanóc elkészítésének menetét is: a kenderkötelet hamuval kevert vízben főzték ki, amely enyhe salétromos oldatnak felel meg. Mi is ezt az eljárást követtük: a hamut vízbe szórtuk, felforraltuk, majd állni hagytuk, és leszűrtük. A kenderkötelet az oldatba mártottuk, majd forráspont környékén főztük egy órán át. A kanócotat bő vízben kiöblítettük, majd vízszintes felületre téve (nem lógatva) megszáritottuk, így a salétromos oldat azonos mértékben oszlott meg a kanóc teljes hosszán. Grimmelshausen a jó kanóc két fontos ismervét is elárulta: a jó kanóc nem ad ki szagot és nedvesen is izzik.⁵⁹

⁵⁸ GRIMMELSHAUSEN 1984: 104.

⁵⁹ A Grimmelshausen-féle folyamat egyik rekonstrukciója olvasható Ulrich Bretscher honlapján is: Ulrich Bretscher's Black Powder Page [é. n.].



8.5. kép. Az előkészítő lőkísérletek eredményei a három lövedéktípus esetében

Forrás: a szerzők szerkesztése

Montecuccoli a kanóc következő tulajdonságait tartotta említendőnek: „A kanócot folyamatosan használják, és úgy számolnak, hogy óránként kilenc coll ég le belőle, vagyis 24 óra alatt 21 láb. Egy mázsa kanóc kb. 450 öl hosszú.”⁶⁰ Egy bécsi hüvelykre vetítve ez 23,67 cm óránként. Az általunk kenederkötélből főzött kanóc ehhez nagyon hasonló égési sebességet mutatott.

Annak érdekében, hogy az eredeti helyszínen szükséges vizsgálati lövésszámot a minimumra csökkentsük, előkészítő lövészetet végeztünk lőtérén,

⁶⁰ MONTECUCCOLI 2019: 89.

nejlon homokzsákokba leadott lövésekkel. A kilövéshez használt, papírfojtással lefojtott lőportöltetet (Swiss No. 5. nagy szemcseméretű 1 Fg feketelőpor) addig változtattuk, amíg a homokzsákba csapódott tesztlövedékek deformációjának jellegzetességei (átmérő, vastagság, morfológia) gyakorlatilag egyezést mutattak a referencialövedékek hasonló tulajdonságaival (8.5. kép).

A kísérletek ezen szakaszában még nem állt rendelkezésünkre a 17. századi kanócos muskéta reprodukciója, ezért egy rövidebb csövű (650 mm), de hasonló gyújtási mechanizmussal rendelkező, azonos ürméretű arkebúzzal adtuk le a lövéseket. Mivel a becsapódási sebesség meghatározása volt csak a célunk a kísérletek ezen stádiumában, ez a későbbi eredményeket nem torzíthatta. Az előkészítő lövészet során rögzített, a referencialövedékekkel megegyező deformációt adó lőportölteteket (térfogat alapján mért névleges tömegek) a 8.11. táblázatban foglaltuk össze. Az eredeti helyszínen elvégzendő lőkísérleteknek ezek voltak a kiindulótöltetei.

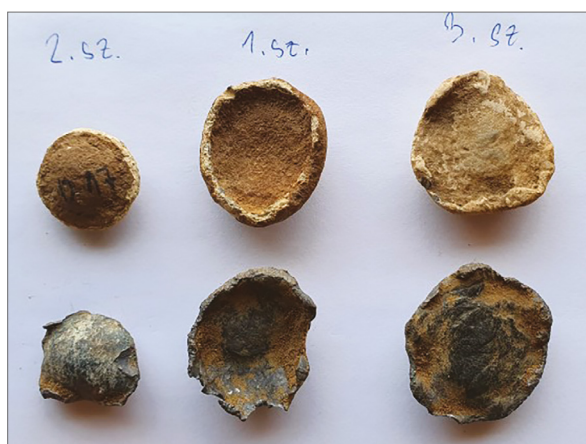
8.11. táblázat. A különböző fegyverekhez tartozó lőportöltetek

	Sikeres lőportöltet (grain)	Sikeres lőportöltet (g)
3. számú (muskéta-) lövedék	120	7,8
2. számú (pisztoly-) lövedék	60	3,9
1. számú (karabély-) lövedék	65	4,2

Forrás: a szerzők szerkesztése

A ZRÍNYI-ÚJVÁR TERÜLETÉN VÉGZETT KÍSÉRLETI LÖVÉSZETEK

A lőkísérletet a Zrínyi-Újvár területén kijelölt, biztonságos lövészetet biztosító sáncterületen, homokos partfalba végeztük el. A referencialövedékek és a tesztlövedékek deformációjának összehasonlítása, hasonlóképpen a lőtéri tesztekhez, fokozatosan változtatott lőportöltetekkel történt. A helyszíni lőkísérletek célja az volt, hogy azonos közegben – Zrínyi-Újvár tömörebb talajában – is vizsgáljuk a lövedékek deformációját, ezzel a lehető legközelebb kerüljünk a valósághoz. A lőkísérlet helyszíne az a talajszakasz volt, ahonnan a referencia-muskéta-lövedékek előkerültek.



8.6. kép. A Zrínyi-Újvárnál végzett lökísérletek eredményei

Forrás: a szerzők szerkesztése

A felső sorban a referencia-, az alsó sorban a próbaloövedékek (8.6. kép). A referencia- és a próbaloövedékek méreteinek összefoglalását a 8.12. táblázat tartalmazza.

8.12. táblázat. A referencia- és a próbaloövedékek méretei

Lövedék	A referencia- lövedék átmérője (mm)	A próba- lövedék átmérője (mm)	A referencia- lövedék közepének vastagsága (mm)	A próba- lövedék közepének vastagsága (mm)	A referencia- lövedék vastagsága visszagyűrt széllel (mm)	A próbaloövedék vastagsága visszagyűrt széllel (mm)
2. számú (pisztoly-) lövedék	17,5–17,8	15,7–19,0	9,0	8,70	x	x
1. számú (karabély-) lövedék	22,0–25,7	21,0–25,3	6,3	6,50	10,0	11,68
3. számú (muskéta-) lövedék	23,5–25,4	24,6–27,0	8,9	9,17	9,8	9,50

Forrás: a szerzők szerkesztése

A Zrínyi-Újvár területén 5 m távolságból végzett lövészet során rögzített, a referenciaövedékekkel megegyező deformációt adó lőportöltetek (térfogat alapján mért névleges tömegek) a következők (8.13. táblázat).

8.13. táblázat. Az 5 méterről leadott lövések lőportöltetei

	Sikeres lőportöltet (grain)	Sikeres lőportöltet (g)
3. számú (muskéta-) lövedék	140	9,1
1. számú (karabély-) lövedék	80	5,2
2. számú (pisztoly-) lövedék	70	4,5

Forrás: a szerzők szerkesztése

8.14. táblázat. A lelőhelyről előkerült lövedékek típus szerinti megoszlása

Típus	Mennyiség	Arány
Hasáblövedékek	3	10,7%
Öntőcsapos gömblövedékek	4	14,3%
Gömblövedékek	21	75,0%

Forrás: a szerzők szerkesztése

8.15. táblázat. A gömblövedékek forma szerinti megoszlása

Típus	Mennyiség	Arány
Közel ép	2	9,5%
Enyhén deformálódott, darabok nem szakadtak le belőle, de becsapódási oldala ellapult	12	57,1%
Becsapódáskor erősen ellapult	7	33,3%

Forrás: a szerzők szerkesztése

8.16. táblázat. A gömblövedékek méret szerinti megoszlása

	Mennyiség	Arány
Pisztoly (10–13 mm)	0	0,0%
Karabély, arkebúz, pisztoly (13–15,5 mm)	3	14,3%
Muskéta (15,5–20 mm)	18	85,7%

Forrás: a szerzők szerkesztése

A lőtéri kísérletekkel azonos deformáció eléréséhez Zrínyi-Újvár területén nagyobb lőportöltöttömegekre volt szükség, aminek oka a vár területén található homoknak a lőtéren használt homok célanyagnál kisebb szemcsemérete.

Érdemes megvizsgálnunk, hogy a 3. számú muskétalövedék deformációjának megfelelő alakváltozás tetten érhető-e a 3. számú lövedék lelőhelyén. Ennek érdekében újrazivizgáltuk a lövedék közvetlen környezetében talált golyókat, ellenőrizendő, hogy találunk-e még olyan hasonló űrméretű muskétagolyót, amely hasonló sebességgel csapódott be, és így hasonló módon deformálódott. A lelőhelyről eddig 28 db különböző méretű golyó került elő, amelyeknek a típus szerinti megoszlását láthatjuk a 8.14. táblázatban.

A számunkra elsősorban érdekes 21 db gömblövedékek forma szerinti megoszlását a 8.15. táblázatban láthatjuk.

A gömblövedékek méret szerinti megoszlását a 8.16. táblázat foglalja össze.

A muskétagolyók és az erősen ellapult lövedékek közös halmaza 4 db lövedéket tesz ki, amelyeket ha a 3. számú referencia-muskétagolyónk mellé teszünk, egyértelműnek tűnik, hogy azonos űrméretű fegyverből lőhették ki azokat, valamint azonos sebességgel csapódtak az árok oldalába (8.17. táblázat).

8.17. táblázat. Az ostromárok mintánkhoz hasonlóan ellapult 16 mm feletti muskétagolyói

Leltári szám	Tömeg (g)	Becsült eredeti átmérő (mm)	Szélesség (mm)	Magasság (mm)	Megjegyzés
176	24,29	16,00	19,94–20,49	14,50	golyó, puha földbe csapódott, aszimmetrikusan ellapult
1924	27,24	16,62	23,71–28,01	9,15	golyó, puha földbe csapódott, aszimmetrikusan ellapult
2023	24,84	16,12	22,90–26,36	9,95	golyó, puha földbe csapódott, aszimmetrikusan ellapult
1823	26,06	16,38	20,30–24,21	12,50	golyó, puha földbe csapódott, aszimmetrikusan ellapult
Mintalövedék, 3. számú (muskéta-) golyó	28,97	17,15	23,50–25,40	9,80	golyó, puha földbe csapódott, szimmetrikusan ellapult

Forrás: a szerzők szerkesztése

A 24–29 g közötti lövedéktömegek önmagukban megfelelnek annak a szórásnak, amelyet a muskétákhoz köthetünk, de biztosra vehetjük, hogy a 176., a 1924., a 2023., illetve a 1823. számú lövedék becsapódáskor veszített tömegéből, ugyanis a 3. számú referencia-muskétagyótyól eltérően becsapódáskor kisebb kavicssal, kavicsokkal is találkozhattak. Az öt lövedékből álló, hasonló ürméretű és hasonló deformációt mutató lövedékek csoportja ugyanakkor azt bizonyítja, hogy a 3. számú referencia-lövedék célballisztikája Zrínyi-Újvár ostroma tekintetében nem egyedi eset.

LŐTÉRI SEBESSÉGMÉRÉSEK

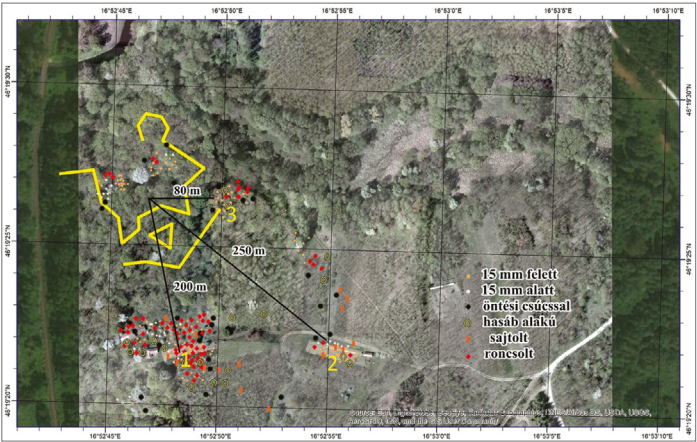
A zrínyi-újvári lőkísérletek során meghatározott töltetekkel folytattuk a lőtéri kísérleteket. LabRadar ballisztikai sebességmérő Doppler-radarrel megmértük a kilőtt lövedékek sebességét a csőtorkolatnál (V_0) és 5 m (V_5) távolságokon. A ballisztikai radar abban különbözik az egyszerűbb fotocellás lövedéksebességmérőktől, hogy öt előre megadott távolságon a lövedék sebességét mérni képes, így a kapott sebességi adatokból kiszámíthatóvá válik a ballisztikai görbe pontos felrajzolásához szükséges alaki tényező is. Minden töltettel öt lövést adtunk le, s azok átlagát használtuk további számításokhoz. A V_5 sebesség a lövedék deformációk alapján meghatározott referencia-becsapódásilövedéksebesség (8.18. táblázat).

8.18. táblázat. A lőtéren végzett kísérletek lövedéksebesség-eredményei

Lövedék	Töltet	V_0 , átl.	V_5 , átl. referencia
1. számú (karabély-) lövedék	80 gr	295 m/s	291 m/s
2. számú (pisztoly-) lövedék	70 gr	313 m/s	305 m/s
3. számú (muskéta-) lövedék	140 gr	258 m/s	246 m/s

Forrás: a szerzők szerkesztése

A pisztolyra, karabélyra megállapított referenciasebességeket adó lőportöltetekkel végeztük el a további lőtéri ballisztikai vizsgálatokat. A muskéta esetében – mivel az előkészítő lőkísérletekhez használt puska csőhossza nem illeszkedett a 17. századi kétlatos puska csőhosszához – további töltetbeállításokat végeztünk, hogy a meghatározott V_0 és V_5 sebességeket a pontos fegyvermásolattal is reprodukálni tudjuk.



8.7. kép. A lövedékek fellelési helye a leletképen
Forrás: a szerzők szerkesztése

A ZRÍNYI-ÚJVÁNÁL FELLELT DEFORMÁLÓDOTT LÖVEDÉKEK
REFERENCIA-BECAPÓDÁSISEBESSÉGE ALAPJÁN
A KEZDŐSEBESSÉGÜK MEGKÖZELÍTŐ REKONSTRUÁLÁSA

A 8.7. képen látható távolságok az erőd fal és a lövedékek fellelési helye (török ostromárkok) közötti távolságot jelölik. A 3. számú (muskéta-) lövedék esetében a becsapódási szög alapján feltételezhető, hogy azt a 80 méter távolságban lévő falról lőtték ki, ugyanakkor az 1. és 2. számú lövedék esetében a nagy távolság miatt inkább feltételezhető, hogy egy vállalkozás végrehajtása során, jóval kisebb lőtávolságról csapódtak a partfalba (8.19. táblázat).

8.19. táblázat. A lövedékek fellelésének helye

	Távolság az erődtől	Feltételezett tényleges lőtávolság
3. számú (muskéta-) lövedék	80 m	80 m
2. számú (pisztoly-) lövedék	250 m	0–10 m
1. számú (karabély-) lövedék	200 m	ismeretlen

Forrás: a szerzők szerkesztése

Mindennek köszönhető, hogy vizsgálataink közül a muskétalövedék esetében vonhatunk le csak pontos következtetéseket, a pisztolylövedék esetében valószínűsíthető eredményre juthatunk csak, a karabély esetében a pontos vagy erősen feltételezhető lőtávolság ismeretének hiányában pedig nem beszélhetünk másról, mint lehetséges modellről. A lökísérletek ezen pontján határoztunk arról, hogy a karabély esetében felesleges folytatni a vizsgálatot, mivel egzakt eredményre nem juthatunk. A kísérletek további szakaszaiban már rendelkezésünkre állt a megfelelő csőhosszal rendelkező 17. századi kanócos muskéta másolata is. Ismételten a lőportöltet hangolásával igyekeztünk eljutni a kívánt becsapódási sebességhez.

LÖKÍSÉRLETEK KANÓCOS MUSKÉTÁVAL

A 17. SZÁZADI GYALOGSÁGI MUSKÉTÁK

A 17. századi muskéta gyűjtőfogalom, számos egymástól kismértékben eltérő fegyvertípust foglal magában. A 16. század második felében alakult ki az a fegyvertípus, amely egyesítette a korai, nagyobb kaliberű, nehéz szakállas puskák tűzerejét a könnyű arkebúzek egyszerűbb kezelhetőségével. Az 5–8 kg tömegű, kb. 20–21 mm űrméretű kanócos muskétákat jellemzően villás állványról lőtték ki. Ilyen fegyvereket láthatunk Jacob de Gheyn 1607-ben készült metszetein. Ez a fegyvertípus – bár kétségtelenül kapott szerepet a 30 éves háborúban – a 17. század első felében már elavultnak volt tekinthető. Létezett ezzel párhuzamosan egy könnyebb muskéta – arkebúz is –, amelyre kitűnő példa a francia eredeti *petronel* vagy a *caliver*. Ezek a fegyverek könnyebbek voltak, űrméretük is kisebb volt (16–18 mm), kezelésükhöz nem volt szükség villára⁶¹ (8.8. kép).

A muskéták könnyítése már a 16. század végén, a németalföldi szabadságharc idején megkezdődött. Nassaui János már 1596-ban szorgalmazta, hogy a fegyverek legyenek könnyebbek, hogy villa nélkül is használhatók legyenek. 1599-ben a németalföldi szabályzatokban 6,5 kg-ban korlátozták a fegyver tömegét, de a villa még megmaradt a hadrendben.

⁶¹ Ilyen, 760 mm csőhosszal rendelkező, mindössze 2,5 kg-os, 15,1 mm űrméretű arkebúzzal is folytattak lökísérletet a grazi vizsgálatok során. KALAUS 1989: 51.



8.8. kép. Lőkísérletekhez előkészített muskéta apostolokkal és töltényekkel

Forrás: a szerzők szerkesztése

Az 17. század első évtizedeiben a muskéták – hasonló szerkezettel, de eltérő űrméretekkkel – nagy mennyiségben készültek Suhlban, Essenben, Amszterdamban, Utrechtben, Hágában, Nürnbergben, Augsburgban.

A könnyebb fegyverek alkalmazását szorgalmazta II. Gusztáv Adolf svéd király is, aki 1624-ben rendelte el egy könnyebb puska rendszeresítését. Az 1630-as évektől Suhlban könnyebb típust fejlesztettek ki. E csőfal vastagsága és a cső 1 méterre rövidítése segítségével könnyítették a fegyvert. A fegyver nürnbergi fontban mért űrmérete 10-es volt (19,7 mm), amelybe 12-es (18,5–18,8 mm-es) golyót tölthettek. A fegyver tömege mindössze 4,5 kg körül mozgott.

Az 1630-as évektől megindult az űrméret lassú csökkenése. A háború második felében már mindkét oldal jellemzően 18 mm körüli űrmérettel rendelkező fegyvereket használt, amelyekbe 17–17,5 mm-es átmérőjű golyókat tölthettek. Ezt nevezték *zweilöthige*, vagyis kétlatos űrméretnek. A 30 éves háború 1630 utáni harctereinek leggyakoribb golyólövedéke éppen ez a 17–17,5 mm közötti űrméret volt. Az 1630-as évek második felétől készült fegyverek csőűrmérete jellemzően 17,5 mm körül mozgott, amelybe 16,8 mm körüli átmérőjű golyót tölthettek. Mindez persze nem jelentette azt, hogy a nagyobb űrméretűek eltűntek: a régi csövek is hadrendben maradtak természetesen.

Montecuccoli szerint a 17. század második felére az arkebúzok használata nyugaton már nem volt jellemző:

8.20. táblázat. A kor lőfegyvereinek fontosabb adatai

Fegyver	Ltsz.	Tulajdonos	Forrás	Teljes hossz (mm)	Csőhossz (mm)	Űrméret (mm)	Tömeg (g)
Keréklakatos- kanócos muskétá, a 17. század 2. fele	W1034	HGM	GABRIEL 1990: 196	1510	1108	19,20	5150
Kovács-kanócos muskétá, a 17. század 2. fele	NI39155	HGM	GABRIEL 1990: 198	1455	1070	16,00	4000
Kanócos muskétá, 16. szá- zad	NI35109	HGM	GABRIEL 1990: 184	1563	1189	21,00	5500
Kanócos muskétá, 16. szá- zad (arkebúz)	NI39148	HGM	GABRIEL 1990: 186	1295	975	14,00	3780
Kanócos mus- kétá, a 17. század 2. fele	NI35988	HGM	GABRIEL 1990: 188	1495	1095	19,00	4150
Kanócosból kovásra alakított muskétá	STG 1287	LG	KALÁUS 1989: 56	1290	910	17,40	4390
Kanócosból kovásra alakított muskétá	STG 1316	LG	KALÁUS 1989: 58	1335	952	18,30	4740
Kanócosból kovásra alakított muskétá	STG 1317	LG	KALÁUS 1989: 59.	1345	955	18,40	4820
1686, suhli kovás- kanócos kettős lakattú muskétá	STG 1318	LG	KALÁUS 1989: 60	1485	1050	17,80	4200

Az 1600-as évekbeli származó kanócos puská	n. a.	n. a.	DOLLECZEK 1970: 123 na	n. a.	20,42	n. a.
Az 1670-es évekbeli származó kanócos puská niürnbergi ür- mérettel	n. a.	n. a.	DOLLECZEK 1970: 123.n. a.	n. a.	19,98	n. a.
17. századi kerékakatos- kanócos muskétá	0791/Pu	HM HIM	Gondos László (HM HIM) mérése	1105	24,00	5057
17. századi kerékakatos- kanócos muskétá	0896/Pu	HM HIM	Gondos László (HM HIM) mérése	1096	24,00	5179
17. századi kanócos muskétá	0790/Pu	HM HIM	Gondos László (HM HIM) mérése	987	17,00	4049
17. századi kanócos arkebúz	0898/Pu	HM HIM	Gondos László (HM HIM) mérése	1213	21,00	5463
1596, augsburgi kanócos-kerekes muskétá	RG 33	LG	KALÁUS 1989: 52.	1360	17,80	5480

Forrás: a szerzők szerkesztése

„1. A német seregekben az arkebúzt már nem használják, mivel a muskéta messzebbre hord, és az, aki elbírja az arkebúzt, elbírja a muskétát is. 3. Azért, hogy a muskétások pontosabban célzhassanak, magukkal visznek egy villás rudat is. Különösen előnyös lehet a lovassággal való harcban, ha ennek a rúdnak a vége ki van hegyezve (*Schweinfeder*), mint egy nyárs. 4. A muskéták csöve ugyanolyan átmérőjű legyen, hogy ne kelljen különböző űrméretű golyókat használni.”⁶²

Idézett passzusunkban különösen fontos a katonai szabványok előtérbe helyezésére tett utalás: a muskéták és a golyók űrméretének egységesítése elengedhetetlen a hatékony katonai logisztika érdekében.

A 17. század második felében a kanócos muskéták mellett megjelenhetett más gyújtási rendszerű puska is. Kovás és keréklakattal, valamint kombinált kovás-kanócos lakattal is szerkesztettek ebben az időben puskákat, amelyek az 1664. évi magyarországi eseményekben is szerepet kaphattak. A gyújtási mód azonban a fegyver ballisztikáját nem változtatta, mivel a gyújtás sebességére nincs hatással az, hogy a serpenyőbe öntött felporzó lőport a kanóc vagy a keréklakat kakasába fogatott pirit vagy a kovás lakat pófáiba fogott kovakő és az acél szikrája gyújtja be (8.20. táblázat).

Dolleczek külön passzust szentel a császár által hozatott, francia mesterek által készített tűzfegyvereknek. Kiemeli, hogy a bécsújhelyi francia mesterek az első típusú 2 latos kanócos muskétát gyártották 19–20 mm űrmérettel, amelynek a lövedékéből egy bécsi font 16 darabot adott ki (18 mm lövedék átmérő). A kanócos muskéták mellett itt 17–18 mm-es űrméretű keréklakatos pisztolyokat is készítettek, amelyek érdekessége, hogy űrméretük és a hozzájuk használatos 24 g tömegű és 15,9 mm átmérőjű ólomgolyók megegyeznek a későbbi 1798 M fegyvercsalád kaliberével.⁶³

Montecuccoli kísérletet tett a muskéták fejlesztésére is. *A magyarországi török háborúkról* című művében két újítást ír le, amelyek egyike sem rögzült meg a későbbiekben. Az első említés olyan lakatszerkezetről szól, amelynél a katonának a nagyobb tűzgyorsaság érdekében nem kellett külön lépésben megnyitnia a serpenyőt tüzeléshez, hanem mint a keréklakat esetében, az elsütőbillentyű elhúzásakor automatikusan nyílt meg:

⁶² MONTECUCCOLI 2019: 54.

⁶³ DOLLECZEK 1970: 59.

„Hasonlóképp még kétezer másfajta muskétát is csináltattam olyan szerkezettel, amely úgy működik, hogy midőn a kakas az égő kanóccal a gyújtóserpenyőhöz ér, ez magától kinyílik, amivel annyi időt nyerünk, amennyi ennek nyitásához szükséges, miután a kanócot megfújtuk. Ezen túlmenően biztosak lehetünk abban, hogy a muskéta nem sül el véletlenül, továbbá az eső nem nedvesíti meg, illetve a szél nem fújja el a lőport.”⁶⁴

Második újítása kettős gyújtású lakatszerkezetet eredményezett:

„Ezenkívül szintén csináltattam még kétezer olyan muskétát, melyeket kovás és kanócos lakattal is elláttak. Az elsőt főleg a titkos vállalkozásokban érdemes használni, mert ezzel a módszerrel az ellenség nem láthatja meg az égő kanócot, és nem érezheti meg annak szagát, továbbá esős és szeles időben is használható, amikor a többi típusú muskéta működésképtelen. A kanócos lakat akkor használatos, ha a kovásra nincs szükség. Ilyen muskétákkal harcolnak a törökök is.”⁶⁵

A lista tehát igen változatos. Mind gyújtási mód (kovás, kanócos, keréklakatos), mind űrméretek terén igen változatos képet mutat a tűzfegyverarzenál. A gyalogsági lőfegyverek tekintetében közös azonban, hogy mind sima csővel rendelkeztek, 1,3–1,5 m közeli teljes hosszt értek el, tömegük pedig jellemzően 4–6 kg között mozgott. A központi előírások hiánya és a minőségbiztosítás elégtelensége miatt az egyébként azonos kaliberűnek feltüntetett fegyverek tényleges űrmérete is eltérhetett egymástól.

A 30 éves háború során sokat változott a gyalogsági fegyverek kezelése. A folyamat egyszerűsödött, gyorsabbá vált, mint amit Jacob de Gheyn közismert ábrázolásain láthatunk. A 17. század második felének puskafogásairól Johann Sebastian Gruber őrnagy 1701. évi *Die heutige Kriegs-Disciplin. Worinnen in drey besondern Theilen gehandelt wird* című, a császári erők számára készült kiképzési szabályzata segítségével kaphatunk képet. Munkájából nemcsak a kanócos muskéta, hanem a 17. század elejétől fogva egyre jobban elterjedő sima csővű kovás puska – *flinte* – töltését is megismerhetjük. A következő folyamatot adja meg az ütőkakasos és a kovás lakatokkal rendelkező fegyverek töltésére, kezelésére:⁶⁶

⁶⁴ MONTECUCCOLI 2019: 55.

⁶⁵ MONTECUCCOLI 2019: 55.

⁶⁶ GRUBER 1701: 355–372.

Last euer Gewehr / Schnapsshahn oder
 Flinte sincken.
 Mit der rechten hand ergreiff die Flinte /
 oder das Gewehr hinter oder unter den
 Hahn.
 Das Gewehr hoch.
 Prasentieret das Gewehr.
 Mit der linden Hand Fasset das Gewehr.
 Ziehet den Hahn auf / oder machet euch
 fertig zum Schusse.
 Schlaget an.
 Gebet Feuer.
 Seßet ab.
 Ziehet den Hahn in die Ruhe / oder hers-
 tettel den Hahn.
 Wischet oder blaset die Pfanne ab.
 Haltet flach euer Gewehr.
 Zünd-kraut auf die Pfanne.
 Schliesset die Pfanne.
 Schwencket euch zur Ladung.
 Fasset die Ladung oder die Patrone.
 Oeffnet sie mit den Zahnen.
 Bringet oder thut sie in den Lauff.
 Kugel aus dem Munde.
 Einen Propffer brauf.
 Ziehet den Ladestock aus.
 Den Ladestock hoch.
 Verkürßt ihn an der Brust / oder fasset ihn
 kurz.
 Bringet oder steckt ihn in der Lauff.
 Stosset die Ladung nieder / oder 3. Stosse
 auf die Ladung.
 Ziehet den Ladestock wieder heraus.
 Hoch den Ladestock.
 Verkürßt ihn an der Brust.
 Bringet ihn an seinen Ort.

Engedd le a fegyvert!
 Jobb kézzel fogd meg a flintát vagy a
 puskát a kakas mögött vagy alatt!
 Fel a fegyvert!
 Fegyvert vizsgára!
 Fogd meg a fegyvert bal kézzel!
 Húzd fel a kakast vagy légy tűzkész!
 Vállhoz!
 Tüzelj!
 Tedd le!
 Kakast biztosított állásba, vagy engedd
 le!
 Töröld vagy fújd le a serpenyőt!
 Tartsd vízszintesen a puskát!
 Felporzót a serpenyőbe!
 Zárd le a serpenyőt!
 Töltéshez kanyaríts!
 Fogd meg a töltéstokot vagy a töltényt!
 Nyisd fel a fogaddal!
 Lőport a csőbe!
 Köpd a golyót a csőbe!
 Egy fojtást rá!
 Húzd ki a töltővesszőt!
 Fel a töltővesszőt!
 Rövidítsd a fogást a melleden, vagy fogd
 rövidebbre!
 Töltővesszőt a csőbe!
 Üsd le a töltést, vagy üss háromszor
 a töltésre!
 Húzd ki a töltővesszőt ismét!
 Fel a töltővesszőt!
 Rövidítsd a fogást a melleden!
 Tedd a helyére!

<i>Mit der rechten Hand unter den Hahn.</i>	Jobb kéz a kakas alá!
<i>Das Gewehr hoch.</i>	Fel a puskát!
<i>Praesentiret das Gewehr.</i>	Mutasd a puskát!
<i>Schultert das Gewehr.</i>	Kanyarítsd a válladra a puskát!
<i>Praesentiret das Gewehr.</i>	Mutasd a puskát!
<i>Verkehrt schultert euer Gewehr.</i>	Fordítva vedd válladra a puskát!
<i>Praesentiret euer Gewehr.</i>	Mutasd a puskát!
<i>Das Gewehr verbeckt unter den lindten Arm.</i>	Puskát a bal kéz alá!
<i>Praesentiret euer Gewehr.</i>	Mutasd a puskát!
<i>Zur Leiche tragt euer Gewehr.</i>	Kar alatt takarva viseld a puskát!
<i>Praesentiret euer Gewehr.</i>	Mutasd a puskát!
<i>Das Gewehr bein / oder vor den Fuß /</i>	Puskát lábhoz
<i>oder ruhet auf euer Gewehr.</i>	[a bajonett feltűzéséhez]!
<i>Das Gewehr hoch.</i>	Puskát fel!
<i>Das Gewehr ben den Fuß / oder ruhet auf eurem Gewehr.</i>	Puskát lábhoz vagy pihenj!
<i>Strecht euer Gewehr / oder leget das Gewehr nieder.</i>	Le a puskát!
<i>Ergreift euer Gewehr / oder hebt das Gewehr auf.</i>	Fel a puskát vagy fogd meg a puskát!
<i>Praesentiret euer Gewehr.</i>	Mutasd a puskát!
<i>Recht um 4. mahl.</i>	Jobbra át négyszer!
<i>Lincks um 4. mahl.</i>	Balra át négyszer!
<i>Recht um Vert euch 1. mahl.</i>	Jobbra fordulj egyszer!
<i>Lincks um Vehrt euch 1. mahl.</i>	Balra fordulj egyszer!

A kanócos lakat töltése ennél több fogást követelt meg. Itt külön figyelmet igényelt, hogy a kanóc biztosan megfelelően parázsoljon, a forró hamu ne eshessen a felporzó löporra, hogy a löportartó be ne gyulladhasson a kanóccal történő véletlen érintkezés miatt. Gruber 47 különböző parancsot fogalmaz meg a fegyver kezelése, a fegyverrel történő mozdulatok tekintetében. Míg a kovás puská esetében szerepel a töltény használata, a kanócos puská esetében csak a pantalléron lógó töltéstokok, illetve a löportartó használatára tér ki.⁶⁷

⁶⁷ GRUBER 1701: 330–353.

*Die rechte hand an die Mousquet.
Hoch die Mousquet.
Begegnet der Mousquet mit der lincten
Hand.*

*Fasset die Lunte.
Blaset die Lunte ab.
Bringet die Lunte auf den Hahn.
Probiret die Lunte.
Bedectet die Pfanne / oder zwen Finger
auf die Pfanne.
Blaset die Lunte ab.
Oeffnet die Pfanne.
Schlaget an.
Gebet feuer.
Gebet ab.
Die Lunte an seinen Ort.
Blaset die Pfanne ab.
Fasset euere Ladung oder Pulver Horn.*

*Pulver auf die Pfanne.
Schliesset die Pfanne.
Blaset die Pfanne ab.
Schwencket die Mousquet zur Ladung.
Fasset die Ladung.
Oeffnet die Ladung.
Pulver in den Lauf.
Kugel aus dem Mund.
Den Dropf vom hut.
Ziehet den' Ladstock aus.
Hoch den Ladestock.
Kurß de Ladestock.
Den Ladestock in den Lauf.
Gebet an die Ladung.
Dem Ladestock aus dem Lauf.
Dem Ladstock hoch
Kurß den Ladstock.*

Jobb kéz a muskétára!
Muskétát fel!
Fogd meg a muskétát bal kézzel!

Fogd meg a kanócot!
Fújd le a kanócot!
Erősítsd a kanócot a kakasba!
Próbáld ki a kanócot!
Takard le a serpenyőt vagy két ujjat a
serpenyőre!
Fújd le a kanócot!
Nyisd ki a serpenyőt!
Vállhoz!
Tüzelj!
Letenni!
Tedd a kanócot a helyére!
Fújd ki a serpenyőt!
Fogd meg a lőportartót vagy a
töltéstokot!
Port a serpenyőbe!
Zárd a serpenyőt!
Fújd le a serpenyőt!
Kanyarítsd a muskétát töltéshez!
Fogd meg a töltéstokot!
Nyisd ki a töltéstokot!
Port a csőbe!
Golyót a csőbe!
Fojtást a csőbe!
Elő a töltővesszőt!
Fel a töltővesszőt!
Rövidítsd a fogást a töltővesszőn!
Töltővesszőt a csőbe!
Nyomd a töltést a helyére!
Töltővesszőt ki a csőből!
Töltővesszőt fel!
Rövidítsd a fogást a töltővesszőn!

<i>Den Ladestock an seinen Ort.</i>	Töltővesszőt a helyére!
<i>Mit der rechten hand fasset die Mousquet</i>	Jobb kézzel fogd meg a muskétát a
<i>unter die Pfanne.</i>	serpenyő alatt!
<i>Hoch die Mousquet.</i>	Fel a muskétát!
<i>Schultert die Mousquet.</i>	Muskétát vállhoz!
<i>Praesentiret di Mousquet.</i>	Fegyvert vizsgára!
<i>Die Mousquet vor dem Fuß.</i>	Muskétát lábhoz!
<i>Niederleget die Mousquet.</i>	Muskétát letenni!
<i>Aufnehinet die Mousquet.</i>	Muskétát felvenni!
<i>Praesentiret die Mousquet.</i>	Fegyvert vizsgára!
<i>Die Mousquet berechret auf die Schulter</i>	Muskétát fordítva vállra!
<i>Praesentiret die Mousquet.</i>	Fegyvert vizsgára!
<i>Zur leiche traget das Gewehr.</i>	Puskát kar alá takarásba!
<i>Praesentiret die Mousquet.</i>	Fegyvert vizsgára!
<i>Schultert die Mousquet."</i>	Muskétát vállra!

A lövést mind a kanócos, mind a kovás és ütőkakasos fegyver esetében három parancs vezényli:

- | | |
|-----------------------------------|--------------------------|
| 1. <i>Machtet euch fertig.</i> | Felkészülni! |
| 2. <i>Leget oder schlaget an.</i> | Pihenj vagy célra tarts! |
| 3. <i>Gebet Feuer!</i> | Tűz! |

A felsorolt parancsszavak a fegyver kezeléséhez szükséges összes mozdulatot lefedik. Ezek többsége minden lakattípus esetében ugyanaz. A parancsszavak nem folyamatot írnak le. Több parancs ismétlődik, ennek oka az, hogy bizonyos mozdulatokhoz ugyanazokat az alapállásokat használták kiindulópontnak. (Például: Fegyverrel tisztelegj!)

A kovás és a kanócos puska töltésének leírása avatatlan szem számára ugyanannyira bonyolultnak, soklépcsősnek tűnik. Lövészember számára azonban nyilvánvaló, hogy a kovás puska lakatjának tűzkész állapotba helyezése jóval kevesebb fogást és egyszerűbb mozdulatokat igényel. A kanóc kezelése nagy figyelmet igényelt, hisz a parázsló kanócról lehulló hamu bármikor véletlen sütést okozhatott, s a kanóc ki is aludhatott. Nem véletlen, hogy a kanóc fújása, löportól való távoltartása többször is visszatér a parancsszavakban.

A keréklakat töltése csak kismértékben tért el a kovástól. Itt is fel kellett porozni a serpenyőt, megfeszíteni a kerék hajtószerkezetét, majd a kakas pofájába fogott

piritet a dörzskerékre kellett hajtani. E típusoknál figyelni kellett arra, hogy a lövész ne húzza túl a szerkezetet, mert az a főrugó töréséhez vagy a hajtólánc szakadásához vezethetett. A keréklakat működtetését Gruber nem írja le, bár tudjuk, hogy a 17. század végén még szolgálatban álltak. Ez mindenképpen bizonyítja, hogy hadi használatra inkább tartották alkalmasnak az egyszerű kanócos vagy a kovás szerkezeteket. Ennek értelmezésünk szerint több oka is volt: egyrészt maga a lakatszerkezet jóval komplikáltabb volt, mint a kovás vagy a kanócos szerkezetek. A keréklakatos szerkezetek elkészítése, javítása jóval nagyobb szaktudást feltételezett, mint az egyszerű kovás fegyvereké. Másrészt a kerek fegyverek elkészítése jóval költségesebb, időigényesebb is volt. Tovább rontotta a hadi felhasználhatóságot, hogy a lakatszerkezet megfeszítéséhez külön szerszámra, speciális kulcsra volt szükség, amelyet a katona könnyen elejthetett, elhagyhatott.

Gruber szabályzata a töltések terén is sokféleséget mutat: mind a lőportartóból, mind a töltéstokból, mind a papírtölténnyel történő töltésről szót ejt, bizonyítva, hogy mind elfogadott módszer volt a szabályzat írásának idején, azonban a kovás és az ütőkakasos fegyverek esetében már nem említi a lőporflaska használatát, vagyis a modernebb fegyvereket inkább előre elkészített töltényekkel vagy töltéstokokkal használták.

A parancsszavak közt nem találunk célzási utasítást. A korabeli tüzfegyveres harcászat alapja nem a célzott egyes lövés volt, hanem a tömegben, egyszerre leadott sortűz. A fegyverek és a lövedékek csekély pontossága miatt az egy-egy ellenséges katonára történő célzás egyébként sem szolgálhatott megfelelő eredménnyel. Sokkal kifizetődőbb volt a zárt harcrendű ellenséges harcvonal célzása.

Gruber tüzfegyveres szabályzatában a muskéták már nem rendelkeznek villás tartóállvánnyal, amelyekkel a harmincéves háború idején még igen.⁶⁸ A tüzfegyverek harctéri fontosságának növekedésével súlyuk is folyamatosan csökkent, egyre alkalmasabbá váltak komplex harctéri feladatok ellátására. A pika és az egyéb hidegfegyverek kiváltása azonban csak a 17. század végén, a csőbe illeszthető bajonett elterjedésével volt lehetséges.

⁶⁸ CSIKÁNY 2005: 24.

A KANÓCOS MUSKÉTA LÖVEDÉKÉNEK
TORKOLATI SEBESSÉGE

A kanócos muskéta esetében 100 grain (6,48 g) Swiss 1 Fg feketelőpor-töltet esetében sikerült rekonstruálni a 246 m/s-os 80 m-es becsapódási sebességet. Ballisztikai radar használata mellett addig növeltük a lőportöltetet, amíg 80 m távolságból leadott lövésünk 80 méter távolságon elérte ezt a lövedéksebességet. Lőkísérleteink alapján ehhez 305,6 m/s-os torkolati sebességre volt szükség, vagyis sikerült azonosítanunk a Zrínyi-Újvárból az ostromárokba kilőtt keresztény muskétagolyó kezdősebességét, gyakorlati példa alapján. LabRadar ballisztikai radarral rögzített mérési eredményeinket, abban az esetben, amikor a töltetet lőporfiolából (apostolból) töltöttük, a lőport papírgalacsinnal fojtottuk, majd erre helyeztük a muskétagolyót, a 8.21. táblázatban foglaltuk össze.

8.21. táblázat. A kanócos muskéta lövedékének torkolati sebessége

Lövedéksebességek (m/s, muskéta, 100 grain [6,5 g] 1 Fg Swiss feketelőpor, papírfújtás, 17,1 mm átmérőjű tisztaólom-golyó)						
Lövések apostolokból töltve	V0	V5	V15	V25	V50	V80
1	301,0	297,0	289,0	281,0	262,0	243,0
2	308,0	304,0	296,0	287,0	264,0	249,0
3	310,0	306,0	298,0	289,0	265,0	251,0
4	305,0	301,0	293,0	285,0	264,0	246,0
5	304,0	300,0	292,0	283,0	261,0	243,0
Átlag	305,6	301,6	293,4	285,0	263,2	246,5

Forrás: a szerzők szerkesztése

Ugyanezzel a lőportöltettel végeztünk olyan kísérleteket is, amelyek során a lövedéket papírtölténybe csomagoltuk. Méréseink azt bizonyították, hogy a papírtöltény összegyűrődő palástja javította a töltet tömítését, a lövedéket körülvevő papír pedig csökkentette a golyó és a csófar közötti hézagot, így a lőporgázokat a lövedék jobban hasznosította, ami növelte a kezdősebességet. A vizsgált távolságokon 2–4%-os lövedéksebesség-emelkedést regisztráltunk (8.22. táblázat).

8.22. táblázat. *A papírtölténybe csomagolt lövedékek sebességadatai*

Lövedéksebességek (m/s, muskéta, 100 grain [6,5 g] 1 Fg Swiss feketelőpor, papírtöltény, 17,1 mm átmérőjű tisztaólom-golyó)						
Lövések papírtölténnyel	V0	V5	V15	V25	V50	V80
1	316	312	302	293	272	257
2	312	307	297	288	268	253
3	310	306	296	287	267	252
4	318	314	305	296	274	258
5	319	315	305	296	275	259
Átlag	315	310,8	301,1	292,1	271	255,9

Forrás: a szerzők szerkesztése

8.23. táblázat. *A korra jellemző muskéták adatai*

	Csőürméret	Lövedék- űrméret	Lövedék- tömeg	Csőhossz	V0	Töltet ⁱ / Töltési hányad
RG 33 kanócos- kerekes muskéta ⁱⁱ	17,8 mm	17,2 mm	30,06 g	1000 mm	456 m/s	11,00 g/35,9%
STG 1287 kovás puska ⁱⁱⁱ	17,4 mm	16,8 mm	27,54 g	910 mm	474 m/s	9,33 g/33,8%
STG 1316 kovás puska ^{iv}	18,3 mm	17,6 mm	32,16 g	952 mm	451 m/s	10,70 g/33,3%
STG 1317 kovás puska ^v	18,4 mm	17,8 mm	34,25 g	955 mm	467 m/s	11,56 g/33,7%
STG 1318 Montecuccoli- féle kovás- kanócos muskéta ^{vi}	17,8 mm	17,5 mm	30,93 g	1050 mm	494 m/s	10,70 g/34,6%

ⁱ 3 Fg szemcseméretű Jagdschwarzpulver lőporⁱⁱ KALAUS 1989: 52ⁱⁱⁱ KALAUS 1989: 56^{iv} KALAUS 1989: 58^v KALAUS 1989: 59^{vi} KALAUS 1989: 60

Forrás: a szerzők szerkesztése

Érdemes a kapott eredményeket összevetni a grazi kísérletek eredményeivel. A 8.23. táblázatban azokat a sima csövű 16. század végi, 17. századi katonai puskákat, muskétákat emeltük ki, amelyek csőhossza, űrmérete hasonlítható az általunk meghatározott hadi muskéta paramétereihöz.

A kapott adatok arról tanúskodnak, hogy a grazi kísérletek során a zrinyi-újvári mintához képest jelentősen nagyobb, 50–60%-kal magasabb torkolati sebességeket regisztráltak, mint amilyeneket a mi gyakorlati példánk feltételez. A tetemes különbség miatt kijelenthető, hogy a Zrínyi-Újvárnál talált muskétagolyó ballisztikájának vizsgálata nem igazolja a grazi kutatócsoport kül- és célballisztikára vonatkozó eredményeit: mind a ballisztikai görbe, mind a hatásos lőtávolság és pontosság, mind a lövedékhatás tekintetében nagy eltérés azonosítható. A vizsgált referencia-muskétalövedék környezetéből több, hasonlóan deformálódott lövedék is előkerült, tehát a vizsgált lövedékünk nem sebesség-szélsőérték volt.

Érdemes ugyanakkor megvizsgálni, hogyan viszonyulnak egymáshoz a kapott értékek a töltési sűrűség viszonylatában. A grazi kísérletek során a finom szemcseméretű (3 Fg) Jagdschwarzpulver lőpor esetében 33–34%-os töltési hányadot (9,33–11,56 g) alkalmaztak. Nekünk a jóval lassabb égésű, nagyobb szemcseméretű modern 1 Fg szemcseméretű feketelőporból mindössze 22,4%-os töltési hányadra (6,48 g) volt ahhoz szükségünk, hogy rekonstruáljuk a partfalba csapódó lövedék deformációját. A zrinyi-újvári muskétagolyók így a grazi kísérletek töltetre vonatkozó feltételezéseit sem igazolták.

A KANÓCOS MUSKÉTA KÜLBALLISZTIKÁJA

A ballisztikai szimulációhoz a QuickTarget ballisztikai szoftvert használtuk. A ballisztikai radarral rögzített, különböző távolságokon mért sebességek segítségével kalkulált alaki tényező a 29 g tömegű tiszta ólom gömblövedék esetében 0,064. A 305 m/s sebességgel induló 29 g tömegű, 17,15 mm átmérőjű tisztaólom-lövedék ideális, 29,3° indulási szög esetén érhetne el a legnagyobb, 900 méteres lőtávolságot. Becsapódáskor a lövedék még 54 m/s sebességgel mozgott és 42 J mozgási energiával rendelkezett, így akár sebesülés okozására is alkalmas lehetett páncéllal, vastag ruhával nem védett testfelületen.⁶⁹ A 80 méter távolságra irányzott lövedék mozgási energiája 550–575 m távolság között esett 100 J

⁶⁹ QuickTarget-szimuláció.

alá, ami páncélozatlan ellenséges katona esetén még halálos lövést jelenthetett volna elméletben, de mivel a röppálya jóval kisebb távolságon elérte a talajt, ez csak elméleti lehetőség.

80 méterre célzott lövés esetén a lövedék 42 méteren érte el a ballisztikai görbe csúcsát, itt 10,2 cm-rel haladt a célzóvonal felett. A gömblövedék a kedvezőtlen ballisztikai forma miatt gyorsan veszíti el sebességét és mozgási energiáját, így röppályája erősen ívelt. 200 méter lőtávolságon – a nyílt irányzékos lőtávolság külső határán – már 207 cm-t esett a lövedék, vagyis amennyiben ugyanazon a módon célzott a katona, mint 80 méterre – nem fogta az ellenség feje fölé a fegyvert –, a golyó már a földbe csapódott a célzott katona lába előtt. Amennyiben a vitális zónát (azt a függőleges tartományt, ahol a lövedék halálos vagy súlyos sérülést okozó találatot érhet el) a célzóvonalhoz képest ± 50 cm-ben határozzuk meg, úgy e töltet esetében 130 méteres pásztázó képességet kapunk, vagyis ezen a távolságon belül bárhol is álljon az ellenséges katona, a lövedék képes combtól felfelé sérülést okozni. A 17. századi kanócos katonai muskéták még nem rendelkeztek magasságban állítható nézőkével, ahogy a korabeli szabályzatok sem írták elő, hogy a katonák nagyobb távolságon az ellenséges katona feje fölé célozzanak. A célzás tekintetében Montecuccoli a következő rövid információt adja csak meg: „A pika hegyét az ellenség övére vagy a ló mellére kell irányítani, vagy a nyeregkapára, ahová egyébként a muskétások is céloznak.”⁷⁰ A nyúlfarknyi célzással kapcsolatos információ azt sejteti, hogy a célkép kellős közepére kellett helyezni az irányzékot, mert így volt a legjobb esély arra, hogy a lövedék valahol az ellenséges katonába csapódjon.

Mindezekből azt a következtetést vonhatjuk le, hogy e lövedéksebesség és lövedék esetében ez lehetett megközelítőleg a harcászati lőtávolság külső határa, a sortüzeket, egyeslövéseket e zónán belül kellett löni.

Montecuccoli a közönséges muskétalövés távolságát is meghatározta: „Háromszáz lépés tehát hatvan rudat jelent, vagyis egy közönséges muskétalövésnyit.”⁷¹ Ez megközelítően 226 m távolságnak felel meg. A 300 lépés távolságot mint maximális (valószínűleg hatásos) lőtávolságot a továbbiakban is megerősíti: „Mivel a muskéta mintegy háromszáz lépésnél nem hord messzebbre, a szükség viszont megköveteli azt, hogy az egész arcvonal fedezve és védve legyen, ezért gondoskodni kell arról, hogy minden hatszáz lépésre legalább egy, a pikások

⁷⁰ MONTECUCCOLI 2019: 57.

⁷¹ MONTECUCCOLI 2019: 61.

által fedezett muskétás egység jusson.”⁷² A fegyverek hatékonyságáról további részinformációkat is megad: „A védvonal ne legyen hosszabb 60 rúdnál, mivel a muskétalövés vagy nem hat messzebbre, vagy nem elég erős, vagy ilyen nagy távolságon nem lehet pontosan célózni.”⁷³

A 226 m távolság értelmezésünk szerint az a lőtávolság lehetett, amelyet a kilőtt lövedék pásztázni tudott. Ugyanakkor nem tudjuk meg, hogy a célzás pontossága alatt Montecuccoli mit értett: egyes ellenséges lovas vagy gyalogos katona vagy az ellenséges zárt harcrend elleni tüzelést.

A KANÓCOS MUSKÉTA PONTOSSÁGA

8.24. táblázat. *A muskéta pontosságára utaló adatok*

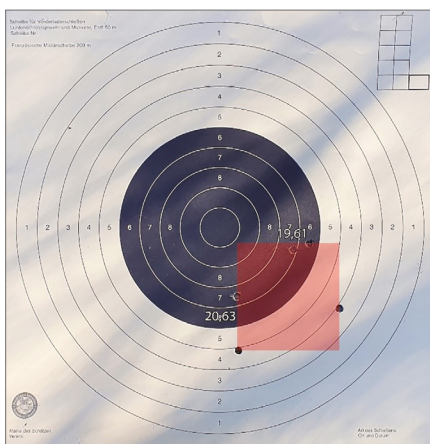
	A szórásnégyyszög mérete (cm ²)			
	50 m homokzsákról feltámasztva, apostolokból töltve	80 m homokzsákról feltámasztva, apostolokból töltve	50 m villára támasztva, apostolokból töltve	50 m villára támasztva, papírtölténnyel töltve
100 grain 1 Fg Swiss löpor, papírfójtás, 17,1 mm ólomgolyó	19,61 × 20,63 = 404,5	Az 5 lövésből csak 3 csapódott a lőlapba, 2 elvétette azt	31,74 × 18,52 = 587,8	10,6 × 15,91 = 168,6

Forrás: a szerzők szerkesztése

A muskéta pontosságának vizsgálatakor elsődleges célunk az volt, hogy a töltet-reprodukció hatásos lőtávolságát meg tudjuk határozni egyes ellenséges katona ellen. A lőkísérlet során 50 és 80 méteres távolságra lőttünk a fegyverrel, 5 lövéses szórásokat egy ponton, homokzsákra feltámasztott fegyverrel löpadról, valamint villára támasztva álló testhelyzetből. A löpadról lőtt sorozatok hivatottak a lehető legkisebbre csökkenteni az emberi hibalehetőséget, míg a villára támasztott fegyverből leadott lövések szimulálják a harci felhasználás körülményeit. A katonát érő stressz hatását szimulálni nem tudjuk, így biztosak lehetünk benne, hogy az általunk kapott szórásképeknél csak kisebb pontossággal működhetek harci körülmények között a muskétások. A puska töltése tekintetében is igyekeztünk a korabeli töltési módok mindegyikét vizsgálni: az apostolokból történő töltést

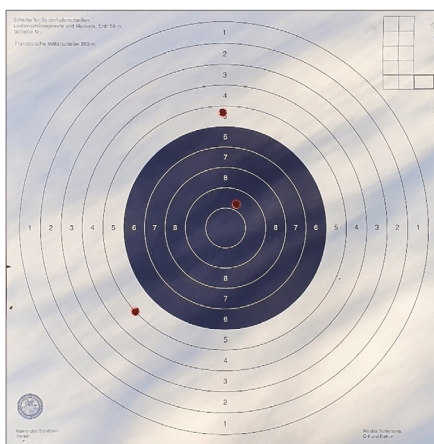
⁷² MONTECUCCOLI 2019: 69.

⁷³ MONTECUCCOLI 2019: 126.



8.9. kép. A muskéta szórásképe 50 m-en feltámasztásból

Forrás: a szerzők szerkesztése



8.10. kép. A muskéta szórásképe 80 m-en feltámasztásból

Forrás: a szerzők szerkesztése

éppúgy kipróbáltuk, mint a Dolleczek által ábrázolt papírtöltény szórásképét. A lőlap minden esetben az MLAIC 200 m muskéta lőlap volt, amely 80 cm-es értékelt zónával és 40 cm-es célfeketével rendelkezik. Töltényreprodukcióink John Cruso leírása alapján készültek. A musketalövedék ürméretének beállítása során a kétlépcsős szabályt alkalmaztuk, vagyis a 14-es csőbe 16-os lövedéket töltöttünk, ami 18 mm-es csőürméretet és 17,1 mm-es lövedékürméretet



8.11. kép. A muskéta szórásképe villáról tüzelve, papírtölténnyel töltve

Forrás: a szerzők szerkesztése



8.12. kép. A muskéta szórásképe 50 m-en villáról löve, apostolokból töltve

Forrás: a szerzők szerkesztése

jelent. Eredményeinket a 8.24. táblázatban foglaltuk össze és a 8.9–8.12. képen mutatjuk meg.

A kapott eredmények nem hasonlíthatók a grazi kísérletek eredményeihez, mivel azok során speciális belövőállványról, 100 m távolságon vizsgálták a fegyverek szórás képét. E kísérletek reprodukálása nem volt célunk. Az általunk kapott adatok azonban beszédesek. A 305 m/s torkolati sebességgel induló

lövedék 50 m távolságban képes eltalálni az ellenséges egyes katona mellkasát, 80 méteren azonban már nagy esélye van annak, hogy a célt elvétí. A legjobb szórásképet papírtölténnyel töltött, villára támasztott fegyverrel értük el, ami annak köszönhető, hogy míg az apostolokkal történő töltésnél a lövedéket közvetlenül a csőbe ejtjük, addig a papírtöltény esetében a hüvely palástja tömíti a cső és a lövedék közötti hézagot, vagyis nemcsak jobban fojtja a lőport, gyorsítja a fegyver töltését, hanem pontosabbá is teszi a muskétát. Öt lövés betöltésére és kilövésére papírtölténnyel történő töltés esetében 4 perc 58 másodpercre, apostolokból történő töltés esetében 7 perc 18 másodpercre volt szükség.

A tűzgyorsaság tekintetében Montecuccoli szűkszavú. Csak azt tudjuk meg tőle, hogy a papírtöltények és az apostolok használata gyorsabb volt, mint a török töltési mód: „A törökök muskétáinak csöve jóval hosszabb, mint a mieinké, kaliberük kisebb, nem használnak pantallért és patront, ezért hosszabb időre van szükségük a töltéshez.”⁷⁴

Kísérletünk azt bizonyította, hogy ezzel a kezdősebességgel és lövedékkel a muskéta 50 méter távolságon egyes katona ellen, a Zrínyi-Újvárnál mért 80 méter távolságon zárt harcrendek ellen még alkalmazható volt.

A KANÓCOS MUSKÉTA CÉLBALLISZTIKÁJA

A célballisztika feladata, hogy meghatározza a lövedék ölőképességét. Igen komplex és igen fiatal kutatási terület, amelynek eredményei csak korlátozottan értelmezhetők orvosi és fizikai ismeretek nélkül. Ennek megfelelően következtéseink nem adhatnak minden tekintetben pontos választ arra, hogy mi történik akkor, amikor a lövedék élő testbe csapódik, feladatunk nem lehet más, mint a korabeli lőfegyverek hatását összehasonlítani a modern lőfegyverek hatásával.

E tekintetben nem sok forrással rendelkezünk a korszakból. Montecuccoli mindössze a következő részinformációt adja meg: „Tizenkét láb jól ledöngölt föld ellenáll az ágyúgolyónak, egy láb a muskétagolyónak.”⁷⁵ Ezzel sajnos nem sokat tudunk kezdeni.

Célballisztikai vizsgálatok segítségével mutathatjuk be azt a folyamatot, ahogy a lövedék átadja mozgási energiáját becsapódás után a célközegnek. A ballisztikai

⁷⁴ MONTECUCCOLI 2019: 253.

⁷⁵ MONTECUCCOLI 2019: 141.

zselatinnal végzett lökísérletek erre adnak lehetőséget. A célközeg vizsgálataink során a ClearBallistics FBI-szabványú szintetikus ballisztikai zselatintömbje volt, amely érzéketlen a hőmérsékleti viszonyokra, így a különböző környezeti viszonyok között végzett lökísérletek eredményeit összehasonlíthatóvá teszi. A szintetikus zselatintömb ugyanakkor csak közel hasonló az emberi szövet tulajdonságaihoz, nem tartalmaz csontot, sűrűsége állandó, így egyáltalán nem biztos, hogy a lövedék élő szövetben is hasonlóképpen viselkedik.

Vizsgálataink során nem törekedtünk arra, hogy a kilőtt lövedék teljes röppályáján megismerjük a célballisztikai hatást, célunk az volt, hogy a zrinyi-újvári lövedékek lőtávolságain (a keréklakatos pisztoly esetében 5 m távolságon, a kanócos muskéta esetében 80 m távolságon) vizsgáljuk az ölképességet.

A lövedékhatás kulcsa a mozgási energia, amelyet a lövedék a célközegnek átad. Minél nagyobb a becsapódásnál a mozgási energia, annál nagyobb lesz az okozott sérülés, amely kiterjedése függ a lövedék méretétől, formájától és becsapódási sebességétől is.

Amikor a lövedék a célközegbe csapódik, lassulni kezd, ahogy mozgási energiáját átadja a célnak. Két lövedékhatás érvényesül ilyenkor: kialakul a maradandó sebcsatorna, amelyet a szövetbe (zselatinba) csapódó lövedék fúr. Ennek a lyuknak a mérete alapjaiban határozza meg, hogy milyen gyorsan veszíti el az eltalált vérkészletét. Minél nagyobb a bemeneti és a kimeneti nyílás, minél hosszabb és szélesebb a sebcsatorna, minél több a találat környékén a roncsolt főér, annál gyorsabb, nagyobb lesz a vérveszteség.

A második lövedékhatás az időszakos sebcsatorna kialakulása, amelyet a testszövetekben kialakuló lökeshullám okoz. A célközegbe csapódó lövedék lökeshullámszerűen adja át mozgási energiáját a szövetnek. Ez a lökeshullám folyadékkal telt szövetekben igen jól terjed, és belső üreget létrehozva akár addig nyújthatja a szöveteket, míg azok eléri szakadási pontjukat. Ilyenkor további kapillárisok rongálódnak, ami gyorsítja a kivérzést. Ahogy a szövet elnyeli az energiát, az üreg visszazáródik, de a roncsolt erek nem zárulnak. Ez a hatás annál nagyobb, minél nagyobb a becsapódási sebesség és a lövedék felülete, amely érintkezik a célközeggel. Minél nagyobb a kimeneti és a bemeneti nyílás, annál könnyebben folyik el a vér, annál gyorsabban esik le a vérnyomás, és veszíti el a sérült az eszméletét.

Harmadlagos hatásként említhetjük a seb elfertőződését is. A nagy méretű golyók, hasáblövedékek jelentős mennyiségű szennyeződést visznek a sebbe, elsősorban a katona ruhájáról, ami a seb elfertőződését okozza. A 17. századi

orvostudomány nem ismert még hatékony módot a fertőtlenítésre, így a sebesülés is könnyen vezethetett halálhoz.

A maradandó sebcsatorna (bemeneti és kimeneti nyílás, átütési mélység, a lökeshullám által okozott szakadások, a központi sebcsatorna, a sebbe vitt szennyeződés) vizsgálható lövés leadása utáni méréssel, szemrevételezéssel. Az időszakos sebcsatorna vizsgálatához azonban olyan kamerára van szükség, amely képes másodpercenként több ezer felvételt készíteni. Ehhez a Chronos 2.1 HD kamerát a Polgári Kézilőfegyver és Lőszervizsgáló Kft. biztosította számunkra. Ábráink elkészítéséhez pontos méretezés alkalmazása mellett átrajzoltuk piros színnel a maradandó sebcsatorna határait a lehető legnagyobb pontossággal, a nagy sebességű filmfelvételt pedig ott állítottuk meg, ahol az időszakos sebcsatorna a legnagyobb kiterjedését mutatta. A kimerevített képen kékkel rajzoltuk át az üreg legnagyobb kiterjedésének határvonalait. Célballisztikai kísérletünknek azért sem lehet célja, hogy pontos képet rajzoljon fel a lövedék ölképességéről, mivel az általunk leadott lövésmennyiség (fegyverenként két-három lövés) nem ad lehetőséget statisztikai elemzésre.

A lövedékhatás vizsgálata tekintetében, ahogy a grazi kísérletek során, úgy mi is a .308 Winchester űrméretű lőszert használtuk referenciaként. Az apostolokból töltött fegyver esetében a 8.25. táblázatban látható mozgási energiákat kaptuk a regisztrált lövedéksebességek alapján kalkulálva.

8.25. táblázat. Az apostolokból töltött fegyverre vonatkozó mozgási energiák

Apostol, 29 g ólomgolyó, 100 grain (6,48 g) 1 Fg Swiss löpor (Joule)						
Lövések apostolokból	E0	E5	E15	E25	E50	E80
1	1313,7	1279,0	1211,1	1144,9	995,3	856,2
2	1375,5	1339,7	1268,0	1194,2	1008,2	902,5
3	1393,5	1357,1	1284,6	1209,7	1021,4	914,2
4	1348,9	1313,7	1244,8	1177,8	1010,6	877,5
5	1340,0	1305,1	1235,3	1163,3	987,8	856,2
Átlag	1354,3	1318,9	1248,8	1178,0	1004,7	881,3
Referencia: 7,62 × 51 NATO (5 lövés átlaga)	3490,0	3457,0	3398,0	3333,0	3209,0	3018,0

Forrás: a szerzők szerkesztése

Lövedékünk tehát 881 J energiával csapódott az ostromárok homokfalába az 1664. évi ostrom során.

Megvizsgáltuk, hogyan változtat a lövedék ballisztikáján, ha a lövedéket papírtölténybe csomagolva töltjük a fegyverbe. Ebben az esetben a jobb fojtásnak köszönhetően nagyobb kezdősebességet ért el, aminek hatása volt a lövedék mozgási energiájára is (8.26. táblázat).

8.26. táblázat. A papírtölténybe csomagolt lövedékek ballisztikája

Papírtöltény, 29 g ólomgolyó, 100 grain (6,48 g) 1 Fg Swiss lőpor (Joule)						
Lövések papírtölténnyel	E0	E5	E15	E25	E50	E80
1	1447,9	1411,5	1322,5	1244,8	1072,8	957,7
2	1411,5	1366,6	1280,4	1205,2	1038,7	927,3
3	1393,5	1358,4	1272,7	1198,0	1032,4	921,7
4	1466,3	1429,4	1348,9	1269,7	1088,6	965,2
5	1475,5	1438,4	1347,7	1268,6	1093,2	976,0
Átlag	1438,9	1400,9	1314,4	1237,3	1065,1	949,6
Apostol vs. papírtöltény	106%	106%	105%	105%	106%	108%

Forrás: a szerzők szerkesztése

A torkolati sebesség növekedése átlagosan 5–8%-os mozgásienergia-emelkedést eredményezett (8.27. táblázat).

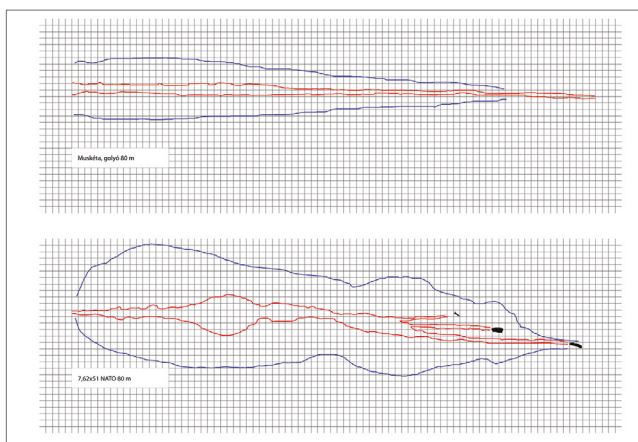
A modern lövedék és a muskétagolyó hatása között nagyon nagy különbségek figyelhetők meg. A hangsebesség alatt célba csapódó muskéta-gömblövedék energiaátadó képessége annyira alacsony, hogy az időszakos sebcsatornát okozó lökeshullám csak korlátozottan alakul ki, közel hasonló hatást figyelhattunk meg, mint a lovassági pisztoly gömblövedéke esetében. A nagy átmérőjű lövedék ugyanakkor igen nagy maradandó sebcsatornát vágott. A bemeneti nyílás nem záródott vissza szinte egyáltalán, a sebcsatornába jelentős mennyiségű szennyeződés jutott. A lövedéket a 82 cm széles két darab zselatintömb sem tudta megállítani. A .308 Winchester lőszer lövedéke ugyanakkor sokkal hatékonyabban adta le mozgási energiáját a célközegnek, jóval erősebb időszakos sebcsatornát és nagyobb maradandó roncsolást hozott létre. A bemeneti nyílás visszazáródott szinte teljesen, ugyanakkor a lövedék darabokra hullott:

8.27. táblázat. A torkolati sebesség növekedése és a mozgási energia kapcsolata

Lövedék	A lövedék tömege	V80	E80	A behatolás mélysége a zselatinban	Az időszakos és a maradandó sebcsatorna	A bemeneti nyílás formája, mérete	Energiatranszfér (J/cm)
17,14 mm ólom- golyó	29,0 g	246,5 m/s	881 J	áthatolt mindkét tömbön	Az időszakos sebcsatorna legnagyobb szélessége 96 mm, a mar. sebcsatorna szélessége jellem- zően 16–19 mm 32 cm-ig, utána 10 mm alá csökken a visszazáródás miatt.	16 mm-es átmérő, nem záródott, bemenetnél szennyeződés	n. a., de nem lehet jobb, mint 10,6 J/ cm ²
7,62×51 NATO teljes köpenyes lőszer	9,7 g	788,9 m/s	3019 J	82 cm	A köpeny több részre szakadt, a mag elvált a köpenytől, és bukdácsolva haladt. Az időszakos sebcsatorna legna- gyobb szélessége 18 cm, a mar. seb- csatorna 10 mm körül jellemzően, de ahol a lövedék fordul, jóval szélesebb üreg alakult ki.	3 mm-es átmérő záródott	36,8 J/cm

i. A lövedék áthatolt a zselatintömbön, vagyis nem adta át teljes energiáját a célközegnek, mint a 7,62×51 NATO lőszer lövedéke.

Forrás: a szerzők szerkesztése



8.13. kép. A muskétagyolyó és a .308 Winchester lövész hatása ballisztikai zselatinban. Piros: maradandó sebcsatorna; kék: az időszakos sebcsatorna kialakulásának külső határa. 1 négyzet = 1×1 cm

Forrás: a szerzők szerkesztése

a lövedékköpeny leszakadt az ólommagról, és több részre hasadt. Az ólomból is leszakadtak apró részecskék. A lövedék elemekre hullásának oka abban kereendő, hogy lassulás közben instabillá vált, és bukdácsolt a célközegben. A tömb végében megrekedt ólommag is farral előre állt meg.

A KILÖVÉS NYOMAI A MUSKÉTALÖVEDÉKEKEN

Puha közegben, vattával kitömött dobozban fogtuk fel a kilőtt muskétagyolyókat, hogy azonosíthatók legyenek rajtuk azok a nyomok, amelyek közvetlenül a kilövéshez köthetők, és nem a becsapódáshoz. Mindössze néhány lövedéket nyertünk vissza a módszer használatával, így a kapott eredmények nem tekinthetők általános érvényűnek, ugyanakkor támpontot adhatnak a hadirégészeknek a lövedékeken látható nyomok azonosítása tekintetében (8.28. táblázat).

A kapott eredmények igen beszédesek. Egyrészt megállapítható, hogy hiába jelentősen kisebb a lövedék, mint a cső, mégis mérhető a kölcsönhatásuk során fellépő koptató hatásból adódó tömegvesztés, amely a gömblövedék eredeti tömegének megközelítőleg a 0,6%-a. A lövedékeken jó láthatóan megjelentek a cső és az ólomdarab között fellépő súrlódás jelei.

8.2.8. táblázat. A kilőtt és puha közegben felfogott muskétalövedékek tömegvesztése és deformációjaⁱ

	m ^a	m	Különbség	Veszített tömeg	d ^b	d	Megjegyzés
1	29,870	29,710	0,16	0,54%	17,12–17,19	17,05–17,30	A lövedékek alsó oldalán vastag, szürkésfekete égés-termékréteg alakult ki. Azokon a felületeken, ahol a lövedék a csővel érintkezett, a kopásnyom óvszerűen körbeveszi a golyót. A lövedékek jól mérhetően a csőtengelynek megfelelő irányban veszítettek az átmérőből, miközben az arra merőleges irányban növekedtek.
2	29,580	29,390	0,19	0,64%	17,10–17,16	16,85–17,25	
3	29,930	29,790	0,14	0,47%	17,10–17,18	16,92–17,26	
4	29,850	29,670	0,18	0,60%	17,13–17,17	17,04–17,29	
5	29,940	29,710	0,23	0,77%	17,13–17,19	17,01–17,24	
Átlag	29,834	29,654	0,18	0,60%			

ⁱ Jelmagyarázat: m^a = a lövedék kilövés előtti tömege; m = a lövedék kilövés utáni tömege; d^b = a lövedék kilövés előtti átmérője; d = a lövedék kilövés utáni átmérője

Forrás: a szerzők szerkesztése



8.14. kép. A cső koptató hatásának nyomai kilőtt, puha közegben visszanyert muskétalövedéken
Forrás: a szerzők szerkesztése

Másrészt a közel szabályos formájú golyó ovalítása növekedett a löporgázok feszítő hatása következtében, vagyis a harctereken fellelt lövedékek ovalítása nem feltétlenül hozható összefüggésbe a korabeli öntőformák tökéletlenségével vagy a becsapódáskor fellépő deformációval. A löporgázok hatására a lövedék a csőtengely mentén veszített átmérőjéből, azzal merőlegesen pedig növekedett mérete.

Említést tettünk korábban Miller lőkísérleteiről, amelyek során a lövedék kerületén kialakuló kopásnyomok alapján állították be a lőportölteteket, amelyek a kísérletek során 400 m/s feletti torkolati sebességeket eredményeztek. Ezek nagyon hasonlóak voltak azokhoz a kopásnyomokhoz, amelyeket a Marston Moor-i és az edgehilli csatátér lövedékein azonosítottak. Hasonló kopásokat elvétele találunk Zrínyi-Újvár muskétalövedékein, vagyis ez alapján is feltételezhetjük, hogy kisebb gáznyomással, kisebb torkolati sebességgel lőtték ki az ostromlott katonák muskétáik lövedékeit.



8.15. kép. A lőkísérletekre előkészített keréklakatos pisztolyok és töltényeik

Forrás: a szerzők szerkesztése

LŐKÍSÉRLETEK KERÉKLAKATOS PISZTOLLYAL

A 17. SZÁZADI KERÉKLAKATOS PISZTOLY

A keréklakatos pisztoly a 15. század végén, a 16. század elején kezdte meg hódító útját. Ez volt az első olyan gyújtási mechanizmus, amely lehetővé tette, hogy a fegyvert töltve, tűzkészen viselje a katona (8.15. kép). Mivel a fegyver elsütését a pirit (vagy a kovakő) és a forgó acélkerék kölcsönhatása biztosítja, nem kanóc, kezelése sokkal kevésbé körülményes, mint a kanócos lakatok esetében. Könnyű kezelhetősége alkalmassá tette lovassági használatra. A 17. század közepén már egyetlen lovas csapatnem sem volt elképzelhető tűzfegyverek – legalább a pisztolypár – nélkül.

A 17. század derekán a császári hadseregben nem léteztek még katonai szabványok, így különböző szerkezetű, formájú, űrméretű, csőhosszú pisztolyok jelenhettek meg a harctereken, ami igencsak megnehezítette nemcsak a katonai logisztika, hanem a modern kori kutatók feladatát is. További gondot jelenthet, hogy a pisztolyok űrmérete átfedésben volt a karabélyok űrméretével, így nem feltétlenül megállapítható, hogy melyik típusú fegyverből lőtték ki az előkerült gömblövedéket vagy hasábólmot. Alábbi táblázatunkban foglaljuk össze azoknak a katonai keréklakatos pisztolyoknak az adatait, amelyeket az 1664. évi hadjárat

tekintetében relevánsnak tarthatunk. A fegyverek a bécsi Heeresgeschichtliches Museum, a budapesti HM Hadtörténeti Intézet és Múzeum, a Magyar Nemzeti Múzeum és magángyűjtők tulajdonában vannak. A listába beemeltük azt a fegyvert is, amellyel a grazi kutatócsoport végezte kísérleteit.⁷⁶ A 8.29. táblázat ugyanakkor tartalmazza annak a reprodukciónak az adatait is, amelyet a lövés kísérletekhez használtunk.

Már a három múzeum inventáriumai is sejteti, hogy nehezen találhatunk – a keréklakatos működésen és pisztolyméreten kívül – egyezést a különböző típusok között. Tovább bonyolítják a helyzetet a rendelkezésünkre álló írott források is. Raimondo Montecuccoli *Aforismi dell'arte bellica*⁷⁷ című művében 1 latos űrméretet ad meg a lovassági pisztolyok lövedékeinek tekintetében. 1 lat 17,5 g lövedéktömeget jelent, amely 14,3 mm-es, vagyis 28-as csőűrméretnek felel meg. Ez a lövedék 15–16 mm közötti csőűrméretet feltételez. Ez táblázatunk 4., 5., 10., 12., 18., 19., 20. pisztolyához illeszkedik.

Dollecsek monográfiájában is találunk adatokat a 17. századi pisztolyok űrméretével kapcsolatosan. Szerinte az 1657 M pisztolyok és karabélyok űrmérete 17–18 mm volt, amelyekbe 15,9 mm-es, 24 g tömegű ólomgolyót töltek. Dollecsek adatai azonban sokszor pontatlanok, véleményünk szerint a szerző a Gabriel által is listázott 4. és 5. fegyvert vette alapul, amelyhez tévesen párosította az 1798 M fegyvercsalád szolgálati lövedékét.⁷⁸

Az űrmérettel kapcsolatosan kitűnő forrásként használható a grazi Joanneum pisztolygyűjteménye is. Az itt található fegyverek űrmérete 10–12,7 mm között mozog, igen kicsi az 1620-as években Suhlban készített pisztolyok 13,1–13,5 mm űrméretéhez képest. Az 1630–1640-es években a megnövekedett katonai igényeknek megfelelően a keréklakatos pisztolyok változtak: a szerkezet egyszerűsödött, a díszítés háttérbe szorult, a csövek rövidültek, az űrméretetek 15–16 mm közöttire híztak.⁷⁹

A 17. században nem léteztek még korszerű értelemben vett katonai szabványok, amelyek pontosan leírták volna a hadi használatra kívánatos keréklakatos pisztolyok szükséges paramétereit. Ezek kialakulását gátolta a zsoldosrendszer is, mivel a fegyverek beszerzése mögött nem állt központi, állami adminisztráció, azokat a zsoldosvállalkozó szerezte be egységének.

⁷⁶ KALAUS 1989: 41–114.

⁷⁷ MONTECUCCOLI 1852: 130–131. „La palla di pistola pesa un lotto, cioè mezza oncia.”

⁷⁸ DOLLECZEK 1970: 59.

⁷⁹ SCHÜRGER 2015: 83–84.

8.29. táblázat. A korra jellemző keréklakatos pisztolyok fontosabb adatai

Fegyver	Ltsz.	Tulajdonos	Forrás	Teljes hossz	Csőhossz	Nézőke/célgömb	Űrméret	Tömeg
Puffer, a 16. sz. 2. fele	133	HGM	GABRIEL 1990: 430	553 mm	330 mm	-/-	16,00 mm	2200 g
Keréklakatos pisztoly, a 16. sz. 2. fele	134	HGM	GABRIEL 1990: 432	565 mm	365 mm	-/-	13,50 mm	1380 g
Keréklakatos pisztoly, a 17. sz. 1. fele	135	HGM	GABRIEL 1990: 434	640 mm	435 mm	-/-	13,00 mm	1450 g
Keréklakatos pisztoly, a 17. sz. 2. fele	136	HGM	GABRIEL 1990: 436	495 mm	285 mm	-/F	16,00 mm	1120 g
Keréklakatos pisztoly, a 17. sz. 2. fele	137	HGM	GABRIEL 1990: 438	555 mm	358 mm	-/-	16,00 mm	1110 g
Puffer, 16. sz.	1, 55.3241	MINM	TEMESVÁRY 1988: 59	495 mm	295 mm	-/-	15,00 mm	n. a.
Puffer, 16. sz.	5,56.3857	MINM	TEMESVÁRY 1988: 60	500 mm	290 mm	-/-	15,00 mm	n. a.
Keréklakatos pisztoly, 17. sz. 1-2.	27, 55.3448.	MINM	TEMESVÁRY 1988: 71	670 mm	468 mm	-/-	14,00 mm	n. a.
Keréklakatos pisztoly, 17. sz.	28, 55.3845	MINM	TEMESVÁRY 1988: 71	605 mm	395 mm	-/-	15,00 mm	n. a.
Keréklakatos pisztoly, 17. sz.	29, 55.3846	MINM	TEMESVÁRY 1988: 72	600 mm	403 mm	-/-	16,00 mm	n. a.
Keréklakatos pisztoly, 17. sz.	33, 55.3850	MINM	TEMESVÁRY 1988: 73	613 mm	420 mm	-/-	13,00 mm	n. a.

Keréklakatos pisztoly, 17. sz.	44, 59,7864	MNM	TEMESVÁRY 1988; 77	606 mm	400 mm	-/-	15,00 mm	n. a.
Keréklakatos pisztoly, 1620	RP2895	LG ⁱ	KALÁUS 1989; 55	690 mm	480 mm	-/-	12,30 mm	1590 g
Puffer, 16. sz.	56.3945	MNM	LUGOSI- TEMESVÁRY 1989; 223	490 mm	300 mm	-/-	12,00 mm	n. a.
Keréklakatos pisztoly, 17. sz.	55.2566	MNM	LUGOSI- TEMESVÁRY 1989; 223,	708 mm	515 mm	-/-	11,00 mm	n. a.
Keréklakatos pisztoly, 17. sz. (osztárak)	Németh Balázs gyűjteménye	NB		568 mm	345 mm	-/-	12,40 mm	1290 g
Reprodukció, a 17. sz. 2. fele	0581	NB	Reprodukció	605 mm	401 mm	-/-	12,80 mm	1375 g
Keréklakatos pisztoly, a 17. sz. 2. fele	F.1489	HM HIM		580 mm	390 mm	-/-	15,00 mm	1047 g
Keréklakatos pisztoly, a 17. sz. 2. fele	97.72.1.	HM HIM		645 mm	435 mm	-/-	15,36 mm	1226 g
Keréklakatos pisztoly, a 17. sz. 2. fele	81.14.1.	HM HIM		615 mm	402 mm	-/-	15,39 mm	1273 g (a fegyver kakasa hiányzik)

ⁱ Landeszeughaus Graz

Forrás: a szerzők szerkesztése

A csőhossz és az űrméret változása köthető a lovas csapatnemek átalakulásához is. A 17. század közepétől egyre kevesebb vértetűzettel figyelhető meg azon csapatnemek – a *lancier* és *cuirassier* – fegyverzetének tekintetében is, amelyek őrizték még a lovagi hagyományokat. A 17. század elején azonban még ez a folyamat nem kezdődött meg. Véleményünk szerint ennek köszönhető, hogy az időszakhoz köthető keréklakatos pisztolyok űrmérete kisebb, csövük pedig hosszabb: a kisebb űrméretű, kisebb tömegű lövedék adott lőportöltettel nagyobb sebességre gyorsítható. A mozgási energia képletében ($E = \frac{1}{2}mv^2$) a sebesség négyzetesen van jelen, vagyis az energia hatékonyabban növelhető a sebesség emelésével, mint a tömeg növekedésével. Ezt a célt szolgálhatta a hosszabb cső is, amelyben a lőporgázok hosszabb ideig gyorsították a kisebb űrméretű lövedéket. Ahogy a páncélelemek egyre tűnédeztek el a lovas katonáról, a kaliber növekedni kezdett, és a felhasználás praktikuma érdekében a csőhosszok csökkenni kezdtek.

Zrínyi Miklós *Tábori kis tracta* című, a 17. század közepén írt művében már a köztes lovas katonát fogalmazta meg, mint minden feladatra alkalmas lovas csapatnemet. Lovasa csak mellvasat és sisakot viselt védelemként, fegyvere karabély, pisztoly pár és kard volt. A kopja és a lándzsa értelmezése szerint már hasztalan a lovas katona kezében.⁸⁰

A lovassági pisztoly töltésének módjáról keveset tudunk. Míg a muskéta töltését számos korabeli forrás a lehető legnagyobb pontossággal ismerteti, addig elvétve találunk csak leírást a pisztoly betöltéséről. Az egyik első leírást John Cruso 1632-ben készült lovassági szabályzatában találjuk, amely mind a keréklakatos, mind az ütőkakasos pisztolyok töltését ismerteti 17 lépésben.⁸¹

1. *To horse.* – Lóra! A katona felül a lovára.
2. *Uncap your pistols.* – Gombold ki a pisztolyod! A katona jobb kézzel kigombolja a pisztolytokot.
3. *Draw your pistols.* – Vedd elő a pisztolyt! A katona kihúzza jobb kézzel a pisztolyt a bal oldali fegyvertokból, és a torkolatot kényelmes töltési magasságba emeli.
4. *Order your pistol.* – Pisztolyt töltésre!⁸² A katona bal kezébe eresztí a pisztolyt, amely a gyeplőt is tartja, a markolatot pedig a csípőjére támasztja.

⁸⁰ ZRÍNYI 1891: 376.

⁸¹ CRUSO 1632: 38–40. A modern kori töltési mechanizmust leírja a szerző: NÉMETH 2021: 57–59.

⁸² Szabad fordításban.

5. *Span your pistol.* – Feszítsd meg a lakatot! A katona előveszi a keréklakat megfeszítéséhez szükséges kulcsot, majd megfeszíti a lakatot. Az ehhez szükséges kulcsot általában szíjjal rögzítették a fegyvertokhoz, hogy a katona ne veszítse el azt.
6. *Prime.* – Felporozni! A katona jobb kézzel a felporzóflaskát a serpenyőhöz emeli, megnyomja a szelepet hüvelykujjal, és finom lőport ereszt a serpenyőbe.
7. *Shut your pan.* – Zárd a serpenyőt! A katona megnyomja a serpenyő zárógombját. A fedél megakadályozza, hogy a felporzó lőpor kihulljon a serpenyőből lovaglás közben.
8. *Cast about your pistol.* – Emeld a pisztolyt! A katona bal kézben tartva a pisztolyt felemeli úgy, hogy a torkolat felfelé nézzen.
9. *Gage your flasque.* – Mérd ki a lőport! A katona jobb kézzel felemeli a lőportartót, mutatóujjal lezárja a mérőcsőrt, benyomja a szelepet, lefordítja a flaskát, hogy megteljen a flaska mérőcsőre egy adag lőporral.
10. *Load your pistol.* – Töltsd a csőbe! A katona elveszi mutatóujját a mérőcsőről, és a csőbe tölti a lőport.
11. *Draw your rammer.* – Vond ki a töltővesszőt! A katona kihúzza a töltővesszőt az ágyazás csatornájából.
12. *Lade with bullet, and ramme home.* – Tölts be a golyót, és nyomd azt le! A katona elővesz egy golyót, vagy a szájából,⁸³ vagy az arra szolgáló fegyvertokhoz rögzített bőrzacskóból, majd a torkolatba teszi azt, és lenyomja a töltővesszővel.
13. *Return rammer.* – Tedd a töltővesszőt a helyére! A katona visszahelyezi a töltővesszőt az ágyazás csatornájába.
14. *Pull down your cock.* – Helyezd rá a kakast! A katona bal kézzel jobb oldalra helyezi a pisztolyt, a markolatot megtámasztja csípőjén, majd a serpenyőfedélre hajtja a piritet vagy kovát tartó kakast.
15. *Recover your pistol.* – Helyezd vissza a pisztolyt! A katona jobb kezébe veszi a fegyvert.
16. *Present and give fire.* – Emeld fel, és tüzelj! A katona célzásra emeli fegyverét. Mindig jobb oldal felé céloz, soha nem a ló nyaka felett bal oldalra. Jobb csuklóját úgy fordítja, hogy a lakat felfelé nézzen, majd amikor készen

⁸³ A lövedékek szájban tartása nem egyedi eset. Mind a lovasság, mind a gyalogság esetében ismerünk erre példát. Célja a töltési folyamat gyorsítása volt.

áll, meghúzza az elsütő billentyűt. Ez a tartás biztosabbá teszi a gyújtást, mivel a felporzó lőpor a gyúlyuk mellé hullik a serpenyőben.

17. *Return the pistol.* – Tedd el a pisztolyt! A katona visszahelyezi a pisztolyt a tokba, majd szükség szerint újratekedi a folyamatot. Cruso szabályzata az általa *snap-hane*,⁸⁴ vagyis ütőkakasos (korai kovás lakattal rendelkező) pisztolyok töltése tekintetében is ad számunkra eligazítást. Ez az első ismert forrásunk, amely a fegyvertípus katonai töltését leírja. Az ismertített procedúrát 4 további ponttal egészítette ki a kovás lakattal rendelkező fegyverek esetében:
18. *Bend your cock.* – Feszítsd meg a kakast! A katona bal kézben tartja a pisztolyt, jobb kézzel pedig megfeszíti a kakast.
19. *Guard your cock.* – Biztosítsd a kakast! A katona biztosítja a kakast véletlen előreecapás ellen a lakatra csavarozott, fogszerű akasztó segítségével.
20. *Order your hammer.* – Fesztelenítsd a kakast! A katona leereszti a kakast biztonságos állásba.
21. *Free your cock.* – Biztosítsd ki a kakast! A katona hátrahúzza a kakast, hogy a biztosító fog kiakadjon, és a lövés leadható legyen.

8.30. táblázat. A cső és a lövedék űrméretének kapcsolata

	Cső	Lövedék
Űrméret	20	24
Űrméretnek megfelelő lövedéktömeg	22,6 g	18,87 g
Űrméretnek megfelelő átmérő	15,6 mm	14,68 mm
Különbözet	0,92 mm	
Lövedék vs. csőűrméret	94,1%	

Forrás: a szerzők szerkesztése

Cruso a fegyver legegyszerűbb töltési módját írta le: a lőporon és a lövedéken kívül más összetevőt nem tartalmazott a fegyver töltete. Ez nem jelenti azt, hogy papírtöltények használata nem volt lehetséges. Szabályzatában – ahogyan azt korábban már jeleztük – leírta a tölténykészítés menetét is.

⁸⁴ Ütőkakasos lakat. CRUSO 1632: 40.

8.31. táblázat. A cső és a lövedék űrméretének kapcsolata a grazi kísérleteknél

	Cső	Lövedék
Űrméret	12,3 mm	11,8 mm
Űrméretnek megfelelő lövedéktömeg	22,6 g	9,56 g
Űrméretnek megfelelő átmérő	0,5 mm	
Különbözet	95,9%	

Forrás: a szerzők szerkesztése KALAUS 1989: 55 alapján

8.32. táblázat. Az űrméretkülönbségek Engerisser gyűjtése szerint

Gyártmány		Csőűrméret (lövedék/font)	Csőűrméret (mm)	Golyóűrméret (lövedék/font)	Golyóűrméret (mm)	Golyó vs. csőűrméret
Hely	Idő					
Suhl/ Ferlach/Essen	1640 után	24	14,9	26	14,5	97,32%
Amszterdam	1650 után	26	14,7	28	14,4	97,96%
Suhl/ Nürnberg/ Ferlach	1625–1650	28	14,0	30	13,6	97,14%
Amszterdam/ Suhl/Ferlach	1640 után	30	13,6	32	13,4	98,53%
Nürnberg	1625–1635	35	13,5	38	13,1	97,04%
Nürnberg	1625–1630	38	13,1	42	12,7	96,95%
Nürnberg	1620–1625	42	12,7	45	12,4	97,64%
Nürnberg/ Ferlach	1625–1630	50	11,7	60	11,0	94,02%
Nürnberg/ Augsburg	1625–1630	70	10,5	80	10,0	95,24%
Nürnberg	1620–1625	80	10,0–10,2	90 Balls	9,5–9,8	95,00–96,00%
Augsburg/ Nürnberg	1600–1630	80	10,0–10,5	90 Balls	9,5–9,8	93,30–95,00%

Forrás: ENGERISSER 2017

Nézzünk néhány konkrét példát arra, hogyan viszonyult a csőűrméret a lövedékűrmérethez pisztolyok esetében! Cruso szabályzata szerint a lovasság keréklakatos pisztolyának űrmérete 20-as volt, miközben a beletöltött lövedék

24-es űrméretű volt. Az angol font tömege alapján kalkulálva a 8.30. *táblázatban* látható adatokat kapjuk!⁸⁵

A grazi kísérletek során hasonló keréklakatos pisztoly esetében a 8.31. *táblázatban* látható adatokat találjuk.

Dolleczek monográfiája is ad meg információt a cső- és lövedékűrméretetek viszonya tekintetében. Az 1657 M 17–18 mm-es pisztolyok és karabélyok esetében 15,9 mm-es lövedékátmérőt ad meg, ami 93,5–88,3% lövedék vs. csőátmérő különbséget jelent.⁸⁶

Peter Engerisser gyűjtése szerint a 13,5 mm alatti űrméretű pisztolyok esetében 3–5 lépcső, a 12 mm alatti csőűrméretű pisztolyok esetében 5–10 volt a golyó és cső közötti különbség (8.32. *táblázat*).

A KERÉKLAKATOS PISZTOLY TORKOLATI SEBESSÉGE

A keréklakatos pisztoly megtöltésének első fogása a kerék megfeszítése. A szerkezettől függően $\frac{1}{4}$ – $\frac{1}{2}$ fordulatra van szükség, hogy a rugó ellenében a kereket megfeszítsük. Ezután következik a serpenyő felporzása, majd lezárása. A csőbe a lőport (fojtást), majd a lövedéket betöltjük. A pisztoly tűzkészé tétele a kakas serpenyőfedélre hajtásával történik. Ha ezután az elsütő billentyűt elhúzzuk, a kerék forogni kezd, a serpenyő azonnal kinyílik, a kaspofákba szorított pirit vagy kovakő pedig szikrát vet, amely belobbantja a felporzó lőport.

A lövéseket 70 grain (4,54 g) 1 Fg Swiss No. 5. feketelőpor töltettel adtuk le. A lövedéket – a lovassági felhasználási módnak megfelelően – papírtöltényben egyesítettük a lőportöltettel. A tiszta ólom, 12 g tömegű, 12,4 mm átmérőjű gömblövedék előzetes lőkísérleteink eredménye alapján 305 m/s körüli sebességgel csapódott a homokfalba. Ballisztikai radarral a 8.33. *táblázatban* látható lövedéksebességeket rögzítettük az előzetesen beállított feketelőpor-töltettel.

Érdemes ezzel az értékkel összehasonlítani a grazi kísérletek során regisztrált kezdősebességeket. A lőpróbák során alapszabály szerint $\frac{1}{3}$ -os töltési hányadost alkalmaztak a modern Jagdschwarzpulver lőpor esetében, a pisztolyok vizsgálatakor azonban valamilyen oknál fogva nem követték ezt az elvet. A lövedék tömegének harmadát kitevő lőportöltet a modern, finom szemcseméretű

⁸⁵ 1 angol font = 453 g.

⁸⁶ DOLLECZEK 1970: 60.

lőportól már önmagában erősebb, mint a 17. századi lőportöltet, ugyanakkor a grazi kutatócsoport még ennél is erősebb tölteteket alkalmazott a vizsgált keréklakatos pisztoly esetében. Lőkísérleteik során a 12,3 mm űrméretű, RP 2859 ltsz. fegyverbe 9,5 g tömegű, 11,8 mm átmérőjű tiszta ólom gömblövedéket töltöttek 6 g feketelőpor-töltettel. Vagyis 63%-os, közel kétharmados töltési arányt alkalmaztak, amelyet forrásaink nem igazolnak. Pisztolyokra vonatkoztatva John Cruso 50%-os töltési hányadot ad meg, vagyis a grazi kísérletek eredményeinek a keréklakatos pisztolyok esetében is pontatlanoknak kell lenniük. Mindennek megfelelően irreálisan magas, 14 lövés átlaga alapján 438 m/s torkolati sebességet kaptak.⁸⁷ A kutatócsoport ugyanezzel a fegyverrel és töltettel vizsgálta a pisztoly mellvért elleni hatékonyságát. A kísérlet során eredeti, 1570 körül készült mellvértre adtak le lövést 8,5 m távolságból, a golyó a vértet átlukasztotta, de energiáját szinte teljesen elveszítette.⁸⁸ A Zrínyi-Újvárnál fellelt, vizsgálatunkba vont pisztolygolyó ennél jóval kisebb torkolati sebességgel indulhatott, így egyelőre nem igazolja a grazi kísérletek kiindulóadatait, eredményeit.

8.33. táblázat. *Lövedéksebességek az előzetesen beállított feketelőpor-töltettel*

Pisztoly (m/s, 4,5 g Swiss 1 Fg lőpor)							
Lövések gömb- lövedékkel	V0	V5	V10	V20	V30	V40	V50
1	301	291	282	273	264	258	0
2	319	308	297	286	275	264	257
3	309	298	288	277	267	257	250
4	321	310	299	287	276	265	259
5	318	307	296	285	274	264	255
Gömblövedék- átlag	313,6	302,8	292,4	281,6	271,2	261,6	255,25 ⁱ
9 mm Luger, 8 g ⁱⁱ	327	325	322	318	n. a.	n. a.	307

ⁱ A lövést a ballisztikai radar nem regisztrálta, így 50 méteres távolságon a sebességátlagot csak négy lövés segítségével számítottuk ki.

ⁱⁱ Öt lövés átlaga.

Forrás: a szerzők szerkesztése

⁸⁷ KALAUS 1989: 55.

⁸⁸ KALAUS 1989: 55, 72, 109.

A pisztolylövedékhez használt lőportöltettel vizsgáltuk a kalapált hasábólom lövedék sebességét is (8.34. táblázat).

8.34. táblázat. A kalapált hasábólom lövedék sebessége

A muskétagyóból kalapált hasábólom lövedék sebessége 70 grain 1 Fg Swiss lőpor (m/s)						
	V0	V5	V15	V25	V50	V80 ⁱ
1	153	151	149	147	129	0
2	139	137	134	128	120	0
3	142	0	0	0	0	0
4	136	134	131	125	117	0
5	129	127	126	124	0	0
Átlag ⁱⁱ	139,8	137,3	134,9	131	122,1	0

ⁱ A ballisztikai radar e távon már nem adott adatokat.

ⁱⁱ Az átlag kalkulálásakor csak azokat az eseteket vettük figyelembe, amikor a ballisztikai radar értékelhető értéket szolgáltatott.

Forrás: a szerzők szerkesztése

A méréseket nehezítette, hogy a lövedékek egy része olyannyira pontatlan volt, hogy igen gyorsan kirepült a Doppler-radar látómezőjéből. Szembetűnő, hogy jelentősen növekedett a kezdősebesség szórása a gömblövedékhez képest. A torkolati sebesség is kevesebb, mint fele volt a gömblövedékének. Ennek két oka van: egyrészt a muskétagyóból kalapált hasábólom tömege jelentősen nagyobb, másrészt a szögletes forma miatt jóval nagyobb a csőfal és a lövedék közötti rés, amelyen a lőporgázok kifújhatnak hasztalan.

A KERÉKLAKATOS PISZTOLY KÜLBALLISZTIKÁJA

Ahogy a muskéta esetében, úgy a keréklakatos pisztoly esetében is a QuickTarget ballisztikai szoftver segítségével rajzoltuk fel a fegyver elméleti röppályáját, gömblövedékkel. A ballisztikai radarral rögzített, különböző távolságokon mért sebességek segítségével kalkulált alaki tényező a 12 g tömegű tiszta ólom gömblövedék esetében 0,063. A 313 m/s sebességgel, ideális 29,2° kiindulási szögben kilőtt ólomgolyó 897 m távolságra repült. A lövedék mozgási energiája a

maximális lőtávolságon mindössze 17 J lehetett, vagyis itt már súlyos sebesülést sem okozhatott. A lövedékenergia 375–400 méter között esett 100 J alá, vagyis ez lehetett a halálos seb ejtésének maximális lőtávolsága.

A KERÉKLAKATOS PISZTOLY PONTOSSÁGA

A keréklakatos, sima csövű lovassági pisztolyt nem céllovészetre tervezték, hanem arra, hogy testközelből lőjenek vele az ellenséges katonára. Lőtávolsága így nem lehetett több, mint néhány méter. A pontosság vizsgálata ezért tulajdonképpen felesleges, hiszen testközelből biztosra vehető a találat. Szórásképp vizsgálataink egyetlen feladata az lehet, hogy meghatározzuk azt a távolságot, amelyen az ellenséges egyes katona még eltalálható. Lőpróbáinkat homokzsák-feltámasztás segítségével végeztük 10 és 25 méterre. Fegyverünk 12,8 mm-es űrméretű csövébe 12,4 mm-es lövedéket töltöttünk, igazodva a négylépcsős szabályhoz, vagyis a 38-as csőbe 42-es lövedéket töltöttünk. Eredményeinket a 8.35. táblázatban foglaltuk össze és a 8.16–8.18. képen mutatjuk meg.

8.35. táblázat. A szórásképpvizsgálat eredményei

	A szórásnégyyszög mérete (cm ²)		
	10 m homokzsákról feltámasztva, gömb-lövedékkel, papírtölténnyel töltve	25 m homokzsákról feltámasztva, gömb-lövedékkel, papírtölténnyel töltve	10 m homokzsákról feltámasztva, kalapált hasábólom lövedékkel töltve
70 grain (4,54 g) 1 Fg Swiss lőpor	11,72 × 14,30 = 167,6	21,07 × 30,39 = 640,3	29,1 × 55,80 = 1623,8

Forrás: a szerzők szerkesztése

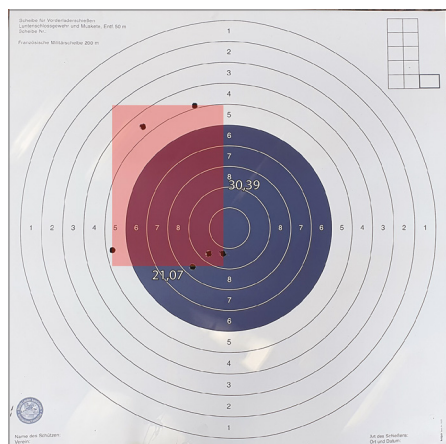
A fegyver szórásképe 25 méteren jelentősen megnövekedett még feltámasztásból is, ami azt jelenti, hogy harci körülmények között már kétségesse válhat e távolságon az ellenséges egyes katona eltalálása.

A hasáblövedék szórásképe már 10 m-es távolságon feltámasztásból is kétségesse tette az ellenséges egyes harcos eltalálását, ami igazolja, hogy a pisztoly ezzel a lövedéktípussal valóban csak közvetlen közletről leadott lővés esetén lehetett hatásos.



8.16. kép. A keréklakatos pisztoly szórásképe 10 m-en golyóöltettel

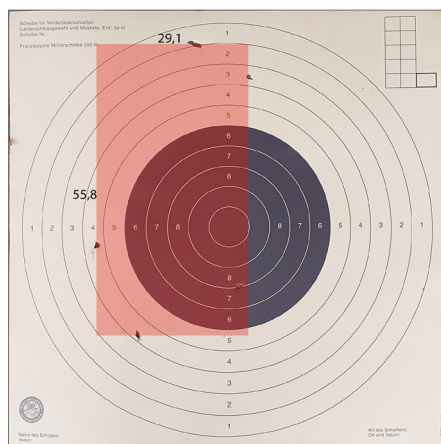
Forrás: a szerzők szerkesztése



8.17. kép. A keréklakatos pisztoly szórásképe 25 m-en golyólövedékkel

Forrás: a szerzők szerkesztése

A gömblövedékhez hasonlítva a szórásnégyszög területe tízszer nagyobb volt, mint a gömblövedék esetében. Kísérletet tettünk arra is, hogy 25 méteren eltaláljuk a lőlapot, sikertelenül. Mind az öt lövés elvétette a 85 × 85 cm-es lőlapot.



8.18. kép. A keréklakatos pisztoly szórásképe 10 m távolságon hasábólommal

Forrás: a szerzők szerkesztése

A KERÉKLAKATOS PISZTOLY CÉLBALLISZTIKÁJA

A korabeli szabályzatok alapján a pisztoly harcászati lőtávolsága nem volt több, mint pár méter. Ballisztikai zselatinnal végzett lőkísérleteink során a feltételezett 5 m-es lőtávolságot alkalmaztuk. A becsapódásokat nagy sebességű kamerával rögzítettük, a kialakult lövedékhatast pedig a sziluett átrajzolásával tettük mérhetővé.

A keréklakatos pisztoly célhatását kétféle lövedékkel – szabályos tisztaólomgolyóval és 30 g-os kalapált hasábólom lövedékkel – vizsgáltuk. A töltet beállítása tekintetében a 4,54 g (70 grain) feketelőpor-töltetet vettük alapnak, amely 5 m-en a zrinyi-újbári lövedék becsapódásakor tapasztalt gömblövedék-deformációval járt.

A legalacsonyabb becsapódási energiája (átlag 283 J mozgási energia 5 m távolságon) a kalapált ólomhasábnak volt. A kapott érték azonban így is bőven elegendő egy ember megöléséhez. A gömblövedékénél alacsonyabb becsapódási energia oka az azonos löportöltetre töltött nagyobb lövedéktömegben (29 g vs. 12 g), valamint a cső tömítmétségében keresendő. A cső és a lövedék közötti hézag jóval nagyobb a négyszögletes átmetszetű hasábólom esetében, mint a gömbnél, aminek következtében jóval több löporgáz fúj ki a lövedék mellett hasztalan. A különbség egyszerű számítással jól érzékeltethető:

- r_1 = a 12,8 mm átmérőjű cső sugara = 6,4 mm
- r_2 = a 12,4 mm átmérőjű gömblövedék sugara = 6,2 mm
- a_1 = a kalapált ólomhasáb oldalának hossza = 10 mm

- ♦ s_1 = a cső sugarának megfelelő kör és a gömblövedék sugarának megfelelő kör közötti különbség = $6,42 \times 3,14 - 6,22 \times 3,14 = 7,91 \text{ mm}^2$
- ♦ s_2 = a cső sugarának megfelelő kör és a hasábólom átmetszetének területe közötti különbség = $6,42 \times 3,14 - 10 \times 10 = 28,61 \text{ mm}^2$

Vagyis gömblövedék esetében a terület, ahol a lőporgázok kifújhatnak a lövedék mellett, csak $7,91 \text{ mm}^2$, míg a kalapált hasábólom esetében ugyanez az érték $28,61 \text{ mm}^2$. Minél kisebb ez a hézag, annál jobban hasznosul a lőporgázok munkavégző képessége, vagyis annál nagyobb lesz azonos lövedéktömeg és forma esetében a kezdősebesség és így a mozgási energia.

A 8.36. táblázatban foglaltuk össze a gömblövedék kalkulált mozgási energiáját a vizsgált távolságokon.

Ez az energia még 50 méteren is tökéletesen elegendő az emberi élet kioltására.

A hasábólom lövedék esetében a 8.37. táblázatban látható módon alakult a mozgási energia.

A kalapált hasábólom esetében a mozgási energia jóval kisebbnek, a gömblövedék energiájának közel felének bizonyult, ugyanakkor fontos kiemelnünk, hogy ez nem releváns, mivel a harcászati lőtávolságokon a hasáb energiája is maximálisan elég ahhoz, hogy kioltsa egy ellenséges katona életét (8.38. táblázat).

8.36. táblázat. A gömblövedékek kalkulált mozgási energiája

Lövések gömb- lövedékkel	A pisztoly gömblövedékének energiája (Joule, 4,5 g Swiss 1 Fg lőpor, 12,4 mm, 12 g ólom gömblövedék)						
	E0	E5	E10	E20	E30	E40	E50
1	544,9	508,1	477,1	447,2	418,2	399,4	0
2	610,4	569,2	529,3	490,8	453,8	418,2	396,3
3	571,4	532,8	497,7	460,4	427,7	396,3	375,0
4	618,3	576,6	536,4	494,2	457,1	421,4	402,5
5	606,4	565,5	525,7	487,4	450,5	418,2	390,2
Gömblövedék- átlag	590,0	550,1	513,0	475,8	441,3	410,6	390,9
9 mm Luger FMJ	428,0	423,0	415,0	404,0	n. a.	n. a.	377,0

Forrás: a szerzők szerkesztése

8.37. táblázat. *A hasábólom lövedékek mozgási energiája*

A muskétagyóból kalapált hasábólom lövedék mozgási energiája
(Joule, 4,5 g Swiss 1 Fg lőpor, 30 g hasábólom)

	E0	E5	E15	E25	E50	E80 ⁱ
1	349,0	340,0	331,0	322,2	248,1	0
2	289,2	281,0	268,8	245,3	215,6	0
3	301,1	0	0	0	0	0
4	275,8	267,9	256,3	233,9	205,5	0
5	248,9	242,5	236,1	229,8	0	0
Átlag	292,8	282,8	273,1	257,8	223,1	0

ⁱ A ballisztikai radar e távon már nem adott adatokat.

Forrás: a szerzők szerkesztése

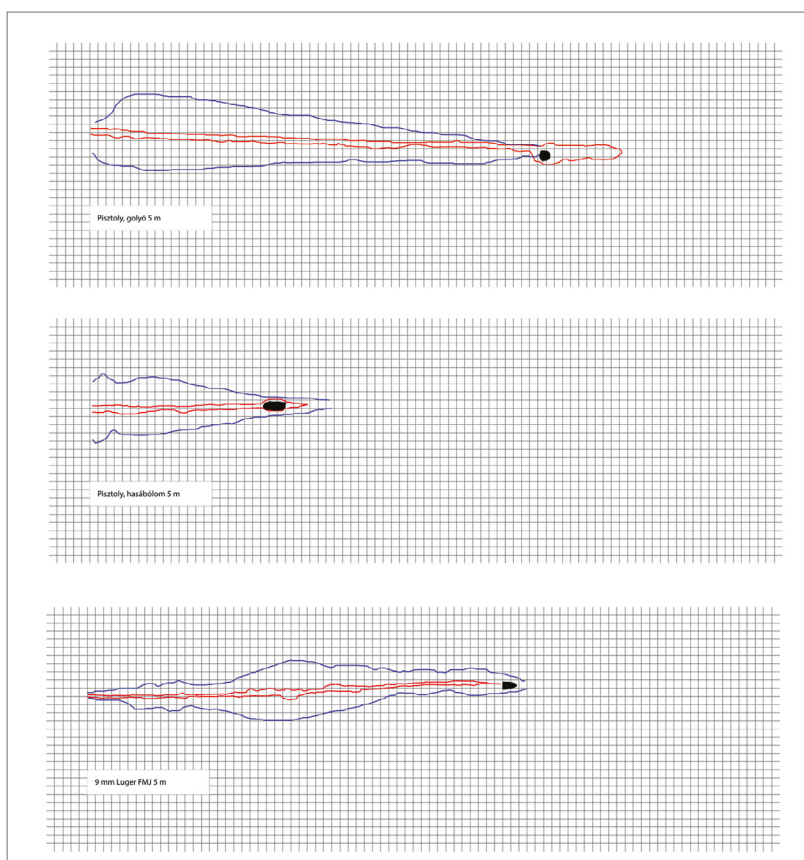
Az ólomgolyó mind a zselatinba való behatolás mértéke, mind a kialakult marandó és időszakos sebcsatornák, mind az energiaátadó képesség tekintetében nagyon hasonló eredményt produkált, mint a modern 9 mm-es Luger teljes köpenyes pisztolylőszer. A hasábólom működési mechanizmusa azonban erősen eltér a két másik lövedékétől. Jóval kisebb mélységben hatolt a zselatinba, ugyanakkor energiaátadása sokkal jobb volt, mint a másik két lövedéké. Teljes mozgási energiáját képes volt átadni a célközegnek kis távolságon. A nagy felülettel célba csapódó lövedék által okozott sebesülés egészen biztosan jóval pusztítóbb, mint a gömblövedék esetében (8.19. kép).

Vizsgálatunk során egy tényezőt nem vizsgáltunk biztonsági okok miatt. A pisztoly harcászati felhasználásának javasolt módja volt a torkolat páncél alá csúsztatása, vagyis a csővég rászorítása az ellenség testére. Ilyenkor a kiáramló lőporgázok is jelentős roncsolást végeznek a szövetekben, ami nagymértékben fokozza a fegyver ölképességét, mivel mind a bemeneti nyílás mérete, mind a sebcsatorna mentén roncsolódó szövetek mennyisége jelentősen nő.

8.38. táblázat. Eltérő kialakítású lövedékek hatása

Lövedék	Alövedék tömege	V _s	E _s	A behatolás mélysége a zselatinban	Időszakos és marandó sebcsatorna	A bemeneti nyílás formája, mérete	Energiaáttranszfer (J/cm)
1. 12,4 mm ólomgolyó	12 g	307 m/s	550 J	56 cm	Az időszakos sebcsatorna legnagyobb szélessége 95 mm, a mar. sebcsatorna jellemzően 10–11 mm	Kerek lyuk, nem záródott vissza, 12 mm átmérő, a bemenetnél szennyeződés, környékén elégtelen lőpor-szemcsék	9,82 J/cm
2. 30 g kalapált hasábólom	30 g	137 m/s	283 J	22,5 cm	Az időszakos sebcsatorna legnagyobb szélessége 90 mm, a mar. sebcsatorna jellemzően 8–10 mm	Négyszögletes lyuk, nem záródott vissza, 10 × 10 mm átmérő, a bemenetnél szennyeződés, környékén elégtelen lőpor-szemcsék	12,57 J/cm
3. Referencia: MFS 9 mm Luger, 8g	8 g	325 m/s	423 J	52,5 cm	Az időszakos sebcsatorna legnagyobb szélessége 75 mm, a mar. sebcsatorna jellemzően 4–5 mm	Pontszerű, visszazáródott lyuk, 3 mm-es átmérő	8,04 J/cm

Forrás: a szerzők szerkesztése



8.19. kép. A keréklakatos pisztolyból kilőtt golyó, a hasábólom és a modern 9 mm Luger lőszer hatása ballisztikai zselatinban. Piros: maradandó sebcsatorna; kék: az időszakos sebcsatorna kialakulásának külső határa. 1 négyzet = 1×1 cm
Forrás: a szerzők szerkesztése

A KILÖVÉS NYOMAI A PISZTOLYLÖVEDÉKEKEN

A lövedékeket, hasonlóan a muskétalövedék esetéhez, puha közegben – vattával kitömött dobozban – fogtuk fel, hogy a kilövés nyomait úgy vizsgálhassuk, hogy a lövedék becsapódásakor keletkező roncsolódásokat elkerültük. A kilőtt gömblövedék és a kalapált hasáblövedék esetében kapott eredményeket a 8.39. táblázat tartalmazza.

8.39. táblázat. A gömblövedék és a kalapált hasáblövedékek deformációja és tömegvesztése

A kilőtt és puha közegben felfogott pisztolylövedékek tömegvesztése és deformációja ⁱ							
Golyó	m ^a	m	Különbség	Veszített tömeg	d ^a	d	Megjegyzés
1	12,05	11,83	0,220	1,83%	12,40 mm	11,7 mm	Kopások azokon a felületeken, ahol a lövedék a csővel érintkezett. Azon a felületen, ahol a lövedék a lőpor-töltettel érintkezett, lőporzsemcsék benyomódása látható. Sötétszürke égéstermék réteg szinte a teljes felületen.
2	11,98	11,71	0,270	2,25%	12,37 mm	11,4 mm	A töltővessző nyoma 2–3 mm-es sík lenyomatot hozott létre. A lövedék a csőtengely mentén összelapult, itt mért átmérője csökkent.
3	12,02	11,76	0,260	2,16%	12,40 mm	11,3 mm	
4	12,04	11,83	0,210	1,74%	12,39 mm	11,5 mm	
5	12,01	11,75	0,260	2,16%	12,39 mm	11,4 mm	
Átlag	12,02	11,77	0,244	2,03%			
Kalapált hasáblövedék ⁱⁱ	29,64	27,09	2,550	8,60%	n. a.	n. a.	Azokon a felületeken (éleken), ahol a lövedék a csőfalhoz ért, erős kopások. Ahol a lövedék a lőporoszlopbal érintkezett, láthatók a lőporzsemcsék nyomai, valamint olvadás nyomai. Sötétszürke égéstermék réteg szinte a teljes felületen.

ⁱ Jelmagyarázat: m^a = a lövedék kilövés előtti tömege; m = a lövedék kilövés utáni tömege; d^a = a lövedék kilövés előtti átmérője; d = a lövedék kilövés utáni átmérője.

ⁱⁱ Kalapált hasáblövedékkel mindössze egy lövést adtunk le, így az erre a lövedékre vonatkozó eredményünk statisztikai szempontból nem releváns, érdekességként említettük.

Forrás: a szerzők szerkesztése



8.20. kép. A cső koptatásának nyomai a pisztolygolyón

Forrás: a szerzők szerkesztése

Eredményeink szerint a gömblövedékek a négylépcsős szabály alkalmazása és az általunk meghatározott kezdősebesség esetén átlagosan 2%-ot veszítettek tömegükből a kilövés során. A hasábólommal csak egyetlen lövést adtunk le a puha közegbe, így ez statisztikai szempontból nem értékelhető eredmény, ugyanakkor a jóval erősebb tömegvesztés sejteti, hogy azok a lövedékek, amelyek nagyobb felületen érintkeznek a csőfallal, jobban ki vannak téve a cső koptató hatásának (8.20–8.21. kép).

Lőkísérleteink – ahogy a muskéta esetében, úgy a pisztoly esetében is – a Zrínyi-Újvárnál talált lövedékek viszonylatában értékelhetők csak eredményként. Hangsúlyozzuk, hogy mivel korszerű értelemben vett katonai szabványok a korban még nem léteztek, a tömegvesztés tekintetében is jelentős eltérések jelentkezhetnek. Minél nagyobb a cső és a lövedék közötti hézag, annál kisebb lesz a cső koptató hatása. Kísérletképpen a 12,4 mm-es (45 azonos méretű gömblövedék 1 nürnbergi font ólomból) gömblövedékeket kilőttük egy 13,7 mm-es (33-as) ürméretű pisztolycsőből is. A csőátmérő így 1,3 mm-rel volt nagyobb, mint a lövedékátmérő, ami miatt a kopásból adódó tömegvesztés jóval kisebb lett (8.40. táblázat).

Ez a cső- és lövedékátmérő-különbség már túl nagy, meghaladja azt, amit korabeli forrásaink meghatároznak. A kísérlet célja mindösszesen az volt, hogy bizonyítsuk, a golyó- és a csűr méret viszonya befolyásolja a cső koptató hatását. Minél szorosabb az illeszkedés, annál erősebb ez a hatás.

8.4o. táblázat. A pisztolylövedékek tömegvesztése és deformációja

A kilőtt és puha közegben felfogott pisztolylövedékek tömegvesztése és deformációja (13,7 mm-es cső, 12,4 mm-es golyó) ¹⁾							
	m ^a	m	Különbség	Veszített tömeg	d ^a	d	Megjegyzés
1	11,990	11,850	0,140	1,17%	12,37 mm	12,21 mm	A lövedéken jóval kevesebb kopásnyom látható, a körbefutó nyom szakaszos.
2	12,010	11,900	0,110	0,92%	12,39 mm	12,10 mm	A lövedék csőtengely mentén észlelhető átmérőcsökkenése
3	12,040	11,950	0,090	0,75%	12,40 mm	12,09 mm	jóval kisebb, mint a kisebb űrméretű cső esetében.
4	12,010	11,900	0,110	0,92%	12,38 mm	12,18 mm	
5	12,020	11,890	0,130	1,08%	12,39 mm	12,08 mm	
Átlag	12,014	11,898	0,116	0,97%			

¹ Jelmagyarázat: m^a = a lövedék kilövés előtti tömege; m = a lövedék kilövés utáni tömege; d^a = a lövedék kilövés előtti átmérője; d = a lövedék kilövés utáni átmérője

Forrás: a szerzők szerkesztése



8.21. kép. Kilőtt hasáblövedék

Forrás: a szerzők szerkesztése

ÖSSZEFOGLALÁS – A ZRÍNYI-ÚJVÁRNÁL HASZNÁLT TŰZFEGYVEREK BALLISZTIKÁJÁNAK TAPASZTALATAI

A Zrínyi-Újvárnál feltárt kilőtt és szimmetrikusan deformálódott lövedékek két fegyvertípus esetében adtak arra lehetőséget, hogy vizsgáljuk azok kül- és célballisztikáját. A kanócos, kétlatos muskéta esetében a lőtávolság ismeretének köszönhetően a ballisztikai modell pontosnak tekinthető. A keréklakatos pisztoly esetében a harcászati felhasználás szabályszerűségeiből kiindulva határoztuk meg a valószínűsíthető lőtávolságot, vagyis ez esetben eredményeink továbbra is a legjobb akarattal is valószínűsíthető feltételezésnek tekinthetők.

Vizsgálataink legfontosabb eredménye, hogy meghatározhattuk a Zrínyi-Újvárnál kilőtt muskétalövedékek torkolati sebességét, azt az adatot, amelyet kísérleti vagy elméleti módszerrel kutatók még nem voltak képesek meghatározni. Lőkísérleteink arra is rávilágítottak, hogy a modern lőporok nem csereszabatosak a 17. századi lőporokkal, ballisztikai tulajdonságaik nagymértékben eltérnek. Bizonyítottuk ennek megfelelően azt is, hogy a kutató még akkor sem indulhat ki a lőportöltet tömegéből, amennyiben arról pontos információi vannak, korabeli elsődleges forrásokra támaszkodva.

A kezdősebesség megismerésére felállított módszerünk ugyanakkor a lőpor minőségi és mennyiségi tényezőit kikapcsolja a képletből, mivel a torkolati

sebességre az ismert anyagból készült, ismert tömegű és átmérőjű, puha közegbe becsapódott, reprodukálható módon szimmetrikusan deformálódott lövedék becsapódási sebességének rekonstruálásából következtet, amelyből mind matematikai, mind kísérleti módszerekkel meghatározható a torkolati sebesség, amely minden ballisztikai modell felállításának alapja.

Kutatásunk egyik fontos eredménye, hogy a kapott torkolati sebességek jóval (közel 50%-kal) alacsonyabbak, mint amelyeket a grazi kísérletsorozatban és más hasonló lőkísérleteken regisztráltak. A Joanneum fegyvereivel 1989-ben végzett kísérletek során, hasonló űrméretű fegyverek esetében a kezdősebességek zöme 430–500 m/s között mozgott mindkét fegyvertípus esetében, míg az általunk vizsgált lövedékek deformációja mindössze 305–313 m/s közötti torkolati sebességeket igazolt. Kutatásunk folytatása szükséges ahhoz, hogy megbízható statisztikai adatokkal támaszthassuk alá azon feltételezésünket, amely szerint a grazi vizsgálatok során mért ballisztikai teljesítmények jelentős mértékben a kor tűzfegyvereinek képességei felett állnak.

Itt jegyezzük meg, hogy a vizsgálatunk fókuszába emelt muskétalövedékek kilövésére természetesen kisebb lőtávolságból is volt lehetősége a védőknek. Ebben az esetben a torkolati sebességnek még alacsonyabbnak kellett lennie, mint az általunk feltételezett 300 m/s körüli sebességnek, vagyis ebben az esetben a korábbi kutatások eredményei és az általunk elért eredmények közötti olló tovább nő, erősíti azt a feltételezést, amely szerint a Zrínyi-Újvárnál használt töltetek jóval gyöngébbek voltak, mint azt az idézett korábbi kutatások alapján feltételezték.

A kisebb gáznyomás, illetve torkolati sebesség további bizonyítékait is feltártuk. Egyrészt a vizsgált muskétagolyó környezetében több hasonló deformációt mutató muskétagolyó is előkerült, vagyis az általunk vizsgált lövedék ballisztikája nem egyedüli eset. Másrészt Zrínyi-Újvár muskétagolyóiról általánosságban kijelenthető, hogy nem vagy csak részlegesen rendelkeznek a Miller PhD-dolgozatában leírt körkörös kopásnyomokkal a lövedék csővel érintkező kerületén, vagyis a muskétacsövekben kialakult gáznyomás kisebb volt, mint a Miller által vizsgált angliai lövedékek esetében. Puha közegben felfogott lövedékeink kopásnyomai szakaszosak voltak.

A kisebb gáznyomás, illetve kisebb kezdősebesség kialakulásának okai még vizsgálandók. Lehetséges magyarázat lehet kisebb lőportöltetekre a keresztény csapatok logisztikájának elégtelensége. Van olyan forrásunk, amely arra utal, hogy az 1664. évi háború idején a császári csapatok híján voltak a lőpornak.

Montecuccoli a következőképpen foglalta össze a Zrínyi-Újvárat védő erők állapotát:

„Hiányoztak a hadi- és az élelmiszerkészleteink, és ha Stájerország az ottani katonaságot még békeidőben is, amikor az ellenség messze volt, csak nagy fáradság által tudta ellátni, hogyan tudta volna hát megtenni ezt most, amikor a rémület minden lelket megszállt, ilyen nagy létszámú katonaság esetén, a török hadsereg szeme láttára?”⁸⁹

Montecuccoli észrevétele általános, nem nevesíti a löport mint hiánycikket, ugyanakkor Lippay György esztergomi érsek a következőket írta Wesselényi Ferenc nádornak a csapatok állapotáról 1664. szeptember 5-én Pozsonyból:

„P. S. Azt is írom confidenter kegyelmednek édes gróf uram, hogy itt lévén az generálisok s mások is, maga Montecuccoli uram s beszéllették, hogy Szent Gotthárdnál való ütközetben megfogytak és porok nem volt az mieinknek. Asz franczusok is igen sajnálották, hogy egy lövésre valónál többet nem adtak volna nekik. Ilyen gondviselés vagyon minálunk; hanem aztán küldöttek feles munitiot s ágyukat is mind az két tábornak. Az olaszországi fejedelmek és őfelsége szövetségi igen nagy segítséggel vadnak és feles puskaport, salétromot és kovakövet küldöttek; megérjük vele alkalmasént.”⁹⁰

E magyarázat tisztázása az 1664. évi háború levéltári iratainak újravizsgálatát igényli majd.

Montecuccoli 60 rajnai rúd vagy 300 lépés távolságban határozza meg a közönséges muskéta maximális hatótávolságát, amely 226 m-nek felelhet meg. Az általunk felrajzolt ballisztikai görbe ugyanakkor ennél jóval kisebb hatótávolságot feltételez, ami arra is utalhat, hogy Zrínyi-Újvár védőinek a löportöltetekkel takarékoskodni kellett olyannyira, hogy az egyes töltéseket is csökkenteni kellett.

Kísérleti eredményeink nem elegendők ahhoz, hogy azokból általános következtetést vonjunk le a 17. századi európai tűzfegyverek hatásával kapcsolatosan, de mindenképpen alkalmasak arra, hogy pontosítsák, árnyalják a tűzfegyveres harcászat korlátairól, lehetőségeiről kialakított képünket, különös tekintettel az

⁸⁹ MONTECUCCOLI 2019: 214.

⁹⁰ SEBESTYÉN 1916: 59.

1664. évi magyarországi hadi eseményekre. A gyakorlati példa alapján felállított ballisztikai modell lehetővé tette, hogy meghatározzuk a két fegyvertípus hatásos lőtávolságait a pontosság, valamint a sebesítőképeség tekintetében, Zrínyi-Újvár viszonylatában. Táblázatunkban a következő tényezők alapján foglaltuk össze a fegyvertípusok képességét:

- Hatásos lőtávolság egyes katona ellen: az a távolság, amelyen belül a fegyver szórása még elegendő ahhoz, hogy a lövész eltalálja az egyes ellenséges katona mellkasát.
- Hatásos lőtávolság zárt harcrend ellen: az a távolság, amelyen belül, alapirányzék használata mellett, az ellenség mellkasára célozva a lövedék röppályája a célzóvonalhoz képest nem esik 50 cm-nél többet, és a lövedék még rendelkezik kellő mozgási energiával sebesülés okozásához páncélozatlan cél esetében.
- Maximális sebesítési távolság: az a távolság, ahol a lövedék rendelkezik még kellő mozgási energiával, hogy páncélozatlan cél ellen sebesülést, halálos találatot érhesen el a lövész.
- Maximális elméleti lőtávolság: az a legnagyobb távolság, amelyre ideális kiindulási szög esetében a lövedék képes a rekonstruált kezdősebesség alapján eljutni (8.41. táblázat).

8.41. táblázat. A hatásos és a maximális lőtávolság a különböző fegyvereknél

Fegyver	Kezdősebesség	Hatásos lőtávolság		Maximális lőtávolság	
		egyes katona ellen	zárt harcrend ellen	sebesítési távolság ($E > 100 \text{ J}$)	elméleti lőtávolság
Kanócos muskéta	305 m/s	50–80 m	130 m	550–575 m	900 m
Keréklakatos pisztoly	313 m/s	10–25 m	100 m	375–400 m	897 m

Forrás: a szerzők szerkesztése

A modern lövedékekhez hasonlítva a 17. századi lövedékek ölőképességére nem lehet panasz, ugyanakkor pontosság és hatásos lőtávolság tekintetében erősen elmaradnak a modern lőszerek képességeitől. Érdeemes megvizsgálni, hogy a gömblövedékek és a hasáblövedékek milyen mértékben voltak képesek megőrizni mozgási energiájukat a modern lőszerek lövedékeivel szemben (8.42. táblázat).

8.42. táblázat. *A gömblövedékek és a hasáblövedékek mozgási energiája*

	0 m	50 m	
	E0 (J)	E50 (J)	vs. E0
9 mm Luger	428,0	377,0	88,1%
Pisztoly, hasábólom	292,8	223,1	76,2%
Pisztoly, gömblövedék	590,0	390,9	66,2%
7,62 × 51 NATO	3490,0	3209,0	91,9%
Muskéta, gömblövedék	1354,3	1004,7	74,2%

Forrás: a szerzők szerkesztése

8.43. táblázat. *Kalkulációs képletek*

	Kanócos muskéta	Keréklakatos pisztoly
A fellelt lövedék tömege	m^a	m^a
Tömegmódosító a fegyvercső koptató hatása miatt (muskéta: 0,6%; pisztoly: 2%)	$m^a \cdot (1 - 0,006) = m$	$m^a \cdot (1 - 0,02) = m$
A lövedék kalkulált eredeti sugara a sűrűség és a tömeg alapján	$r = \sqrt[3]{[(3 \cdot m) / (4 \cdot \pi \cdot \rho)]}$	$r = \sqrt[3]{[(3 \cdot m) / (4 \cdot \pi \cdot \rho)]}$
A lövedék kalkulált eredeti átmérője	$d = 2 \cdot r$	$d = 2 \cdot r$
Kalkulált csőátmérő a két-, illetve négylépcsős szabály alapján	Az Engerisser-féle táblázat szerint két lépcsőt a növekvő űrméret felé lépve meghatározható a csőűrméret	Az Engerisser-féle táblázat szerint négy lépcsőt a növekvő űrméret felé lépve meghatározható a csőűrméret

Forrás: a szerzők szerkesztése

A kilőtt lövedékek torkolati sebességének meghatározására új modellt állítottunk fel, amely a puha közegbe csapódott tisztaólom-lövedék deformációján, illetve az ismert lőtávolságon alapszik. E tekintetben nem ismerünk még olyan kutatást, amely hasonló empirikus módszerekkel tett volna kísérletet a külballsztika szempontjából egyik legfontosabb adat meghatározására.

A korabeli harcászati alapelvek ismeretében meghatározhatjuk azt is, hogy a Zrínyi-Újvárból származó vizsgált lövedékek esetében a zárt harcrend elleni hatásos lőtávolság lehetett a tűzfegyveres harcászati lőtávolság külső határa is, mivel állítható nézőke hiányában a lövedék ezen a távolságon már annyit veszített sebességéből, hogy a röppálya a felsőtest szintje alá süllyedt.

Kutatásunk eredményei segítik a hadirégészek munkáját is. A lövés után visszanyert lövedékeink, valamint az ismertetett forrásaink alapján elkészített űrmérettáblázataink lehetőséget adtak arra is, hogy a Zrínyi-Újvárnál talált lövedékeket pontosabban köthessük csőűrméretekhez, fegyvertípusokhoz. Kalkulációs képletünk, amely a kissé deformálódott, illetve puha közegbe csapódva ellapult gömblövedékek esetében alkalmazható, a 8.43. táblázatban látható.

A Zrínyi-Újvárnál talált muskétagolyók esetében a 0,6%-os tömegveszteség tulajdonképpen elhanyagolható. A pisztolylövedékek esetében ellenben a 2%-os veszteséggel már érdemes kalkulálni, hogy a megfelelő űrméret legyen az eredmény képletünk alkalmazása esetén.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- BARKÓCZY Péter et al. (2012): Zrínyi-Újvár 1664. évi ostromából származó vas- és ólomlövedékek anyagszerkezeti vizsgálata. *Hadtörténelmi Közlemények*, 125(4), 1139–1148.
- CRUSO, John (1632): *Militarie Instructions for the Cavallrie*. Cambridge: Universitie of Cambridge. Online: <https://archive.org/details/militarie-instructions-for-the-cavallrie-1632>
- CSIKÁNY Tamás (2005): *A harmincéves háború*. Budapest: Korona.
- DOLLECZEK, Anton (1887): *Geschichte der österreichischen Artillerie*. Wien: Kreisel und Gröger.
- DOLLECZEK, Anton (1970): *Monographie der k.u.k. österr.-ung. blanken und Handfeuer-Waffen*. Graz: Akademische.
- DOMOKOS György (2011): Újabb adatok Zrínyi-Újvár építésének és pusztulásának történetéhez. *Hadtörténelmi Közlemények*, 124(3), 741–773.
- ENGERISSER, Peter (2017): *Kalibertabellen und -abmessungen für Feuerwaffen von 1600 bis 1650*. Online: <http://engerisser.de/Bewaffnung/Kaliber.html>
- FOARD, Glenn (2008): *Integrating Documentary and Archaeological Evidence in the Investigation of Battles: A Case Study from Seventeenth-Century*. PhD-dolgozat. Norwich: University of East Anglia.
- FURTENBACH, Joseph (1627): *Halinitro Pyrobolia*. Ulm: Jonas Saur.
- GABRIEL, Erich (1990): *Die Hand- und Faustfeuerwaffen der habsburgischen Heere*. Wien: Österreichischer Bundesverlag.
- GRIMMELSHAUSEN, Johann Jakob Christoffel von (1964): *A kalandos Simplicissimus*. Ford. Hágy Gyula. Budapest: Magyar Helikon.
- GRIMMELSHAUSEN, Johann Jakob Christoffel von (1984): *A kalandos Simplicissimus*. Ford. Hágy Gyula. Budapest: Európa. Online: <https://pdfcoffee.com/grimmelshausen-johann-jakob-christoffel-von-a-kalandos-simplicissimus-01-hu-nnc18346-d60vi-pdf-free.html>
- GRUBER, Johann Sebastian (1697): *Die heutige Kriegs-Disciplin, Worinnen in drey besondern Theilen gehandelt wird*. Augsburg: Kroniger und Göbel.

- HOHRATH, Daniel – TARNER, Patrick (2020): Ein Büchsenmeisterbuchfragment von Martin Löffelholz – Einblicke in die Ausrüstung eines Büchschützen um 1505. *Waffen- und Kostümkunde*, 32(2).
- HOYEM, George (2005): *The History and Development of Small Arms Ammunition*. Tacoma, WA: Armoury.
- KALAUS, Paul R. (1989): Schiessversuche mit historischen Feuerwaffen des Landeszeughauses Graz an der Prüf- und Versuchsstelle für Waffen und Munition des Amtes für Wehrtechnik. In KRENN, Peter et al.: *Von alten Handfeuerwaffen*. Graz: [k. n.], 41–112.
- KÖLTŐ László (2012): A Zrínyi-Újvár kutatása során felszínre került ólom leletek elemanalízise. In HAUSNER Gábor – PADÁNYI József (szerk.): *Zrínyi-Újvár emlékezete*. Budapest: Argumentum, 101–103.
- KRENN, Peter et al. (1989): *Von alten Handfeuerwaffen*. Graz: [k. n.].
- LUGOSI József – TEMESVÁRY Ferenc (1989): *Pisztolyok*. Budapest: Zrínyi.
- MARSIGLI, Luigi Ferdinando (1732): *Stato militare dell'Imperio Ottomano, incremento e decremento del medesimo*. Den Haag: Gosse – Neaulme – De Hondt – Moetjens; Amsterdam: Uytwerf–Changuion.
- MILLER, David P. (2010): *Ballistics of 17th Century Muskets*. PhD-dolgozat. Cranfield: Cranfield University.
- MILLER, David P. – ALLSOP, Derek – CARR, Debra J. (2019): The Ballistics of 17th Century Musket Balls. *Journal of Conflict Archaeology*, 14(1), 25–36. Online: <https://doi.org/10.1080/15740773.2019.1634914>
- MONTECUCCOLI, Raimondo (1852): Aforismi dell'arte bellica. In *Opere di Raimondo Montecuccoli*. Torino: Tipografia Economica, 81–239.
- MONTECUCCOLI, Raimondo (2019): *A magyarországi török háborúkról*. Ford. Domokos György. Budapest: Dialóg Campus. Online: https://nkerepo.uni-nke.hu/xmlui/bitstream/handle/123456789/13043/web_PDF_PMA_Montecuccoli_Magyarorszag_i_torok_haboruk.pdf;jsessionid=6090560839C49A31CE9501AE84855DC5?sequence=1
- NÉGYESI Lajos (2012): Két mozsárbomba Zrínyi-Újvár 1664. évi ostromából. In HAUSNER Gábor – PADÁNYI József (szerk.): *Zrínyi-Újvár emlékezete*. Budapest: Argumentum, 110–113.
- NÉGYESI Lajos (2013): 17. századi ostromtevékenység nyomainak felkutatása és azonosítása a terepen, nem romboló módszerek alkalmazásával. In HAUSNER Gábor – PADÁNYI József (szerk.): *Kutatások a hadtudományok és a katonai műszaki tudományok területén*. Budapest: Nemzeti Közszerológiai Egyetem, 170–171.
- NÉMETH Balázs (2021): A mohácsi csata kiskaliberű kézi löfegyvereinek kérdéséhez II. A Kopaszi-zátonynál 1541-ben elsüllyedt félnaszád tűzfegyvereinek röntgen és CT vizsgálata. *Hadtörténelmi Közlemények*, 134(3), 579–612.
- NÉMETH Balázs (2021): *Elöltöltő-fegyveres lövészet és vadászat*. Budapest: Magyar Elöltöltő Fegyveres Lövészek Szövetsége.
- NÉMETH Balázs – PADÁNYI József – HAMZA Emil (2023): Tűzfegyverek hatékonysága Zrínyi-Újvár 1664. évi ostrománál I. *Hadtörténelmi Közlemények*, 136(3), 555–594.
- NÉMETH Balázs – PADÁNYI József – HAMZA Emil (2024): Tűzfegyverek hatékonysága Zrínyi-Újvár 1664. évi ostrománál II. *Hadtörténelmi Közlemények*, 137(1), 3–55.

- PADÁNYI, József – ONDRÉK, József (2019): Examining Lead Bullets from the Siege of Novi Zrin in 1664. *Journal of Conflict Archaeology*, 14(1), 58–77. Online: <https://doi.org/10.1080/15740773.2019.1653060>
- PARKMAN, Colin J. (2017): *Experimental Firing, and Analysis of Impacted 17th–18th Century Lead Bullets*. PhD-dolgozat. Huddersfield: University of Huddersfield.
- POLGÁR Balázs (2012): Egy török ólomlövedék-típus régészeti perspektívája. In HAUSNER Gábor – PADÁNYI József (szerk.): *Zrínyi-Újvár emlékezete*. Budapest: Argumentum, 104–109.
- ROBINS, Benjamin (1742): *New Principles of Gunnery*. London: J. Nourse.
- SCHÜRGER, André (2015): *Archeology of the Battle of Lützen, an Examination of 17th Century Military Material Culture*. PhD-dolgozat. Glasgow: University of Glasgow.
- SEBESTYÉN József (1916): Adatok az 1664. évi Mura- és Rába-melléki hadjárat és a vasvári béke történetéhez. *Hadtörténelmi Közlemények*, 17(1), 37–106.
- SIVILICH, Daniel M. (2016): *Musket Ball and Small Shot Identification*. Norman, OK: University of Oklahoma Press.
- TEMESVÁRY Ferenc (1988): *Pisztolyok*. Budapest: Akadémiai.
- TEMESVÁRY Ferenc (1992): *Vadászfegyverek*. Budapest: Zrínyi.
- Ulrich Bretscher's Black Powder Page [é. n.]: *Making a Proper Slow Match*. Online: http://jaanmarss.planet.ee/juhendid/Tulirelvad/andmebaas/album_tahtlukklunte.html
- WALLHAUSEN, Johann Jacobi von (1616a): *Art de Chevalerie*. Frankfurt: Paul Jaques.
- WALLHAUSEN, Johann Jacobi von (1616b): *Art militaire à cheval. Instruction des principes et fondements de la...* Frankfurt: Paul Jaques.
- WALLHAUSEN, Johann Jacobi von (1621): *Art militaire à cheval...* Zuthpen: Aelst.
- ZRÍNYI Miklós (1891): Tábori kis tracta. In *Gróf Zrínyi Miklós költő és hadvezér hadtudományi munkái*. Budapest: Magyar Tudományos Akadémia, 369–393.