

# TANULMÁNYOK

NÉMETH BALÁZS – PADÁNYI JÓZSEF – HAMZA EMIL

## TÚZFEGYVEREK HATÉKONYSÁGA ZRÍNYI-ÚJVÁR 1664. ÉVI OSTROMÁNÁL II.

### Ballisztikai vizsgálatok indirekt megközelítéssel Zrínyi-Újvár lövedékei segítségével

Tanulmányunk előző részében<sup>1</sup> arra tettünk kísérletet, hogy rendszerezzük a Zrínyi-Újvárnál talált pisztoly- karabély- és muskétalövedékeket. Célunk az volt, hogy a fellelt lövedékek alapján közelebb kerülhessünk azokhoz a tűzfegyverekhez, melyekből azokat kilőtték. Az 1664. évi ostrom erre jó lehetőséget ad, hiszen az erőd egy „időkapszula”, későbbi korok konfliktusai nem szennyezik a területet.

A fellelt lövedékek között viszonylag nagy számban található olyan lencse alakúra deformálódott példányok, melyek alakváltozása közel szimmetrikus, ami arra utal, hogy megközelítően derékszögben csapódtak a homokos talajba. E lövedékek tömegmérésével kiválasztottunk közülük 1-1 db pisztoly-, karabély- és muskétalövedéket a Ludovika Kutatóműhely (LK) gyűjteményéből, melyek az összehasonlító lökísérlet kiindulási alapját képezték (referencialövedékek). A kiválasztott lövedékek a rendelkezésre álló, viszonylag szabályosan deformálódott golyók közül a legnagyobb átmérőjűek voltak. Mindhárom az ostromterületről származik, vagyis nagy valószínűséggel keresztény katonák lőtték ki.



1. kép: Lökísérlet alapjául szolgáló lövedékek: pisztoly (D17), karabély (D14), muskéta (ltsz. nélkül) (LK gyűjteménye)

<sup>1</sup> Németh – Padányi – Hamza 2023.

A lövedékek anyagvizsgálata bizonyította, hogy tiszta ólomból készültek, így az ólom sűrűségének és a lövedékek tömegének ismeretében a tanulmányunk első részében ismertetett matematikai képlettel kiszámítható a gömblövedékek átmérője:

LK D14 (a továbbiakban 1. sz. lövedék): 21,11 g,  $\varnothing$ 15,1 mm

LK D17 (a továbbiakban 2. sz. lövedék): 12,05 g,  $\varnothing$ 12,5 mm

LK Szám nélkül (a továbbiakban 3. sz. lövedék): 28,97 g,  $\varnothing$ 17,14 mm

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 korrodálódik a talajban, de a felszínén már szabad levegőn is szürke oxidréteg képződik. A tömeget érintő, mérhető korrózió azonban csak erősen savas kémhatású közegben alakul ki. Ennek vizsgálata érdekében helyszíni talaj-pH-méréseket végeztünk,<sup>2</sup> és a vett minták enyhén savas kémhatást jeleznek (indikátorpapírral: 6,5–7,0, teszterrel: 6,6–6,75/6,8 pH), ami történelmi távlatban állandónak tekinthető, mivel a terület nem állt művelés alatt.

Számunkra a legfontosabb az 1. számú talajminta, mely közvetlenül arról a pontról származik, ahol a ballisztikai rekonstrukciókhoz használt kilapult lövedékeket a hadirégészek találták.

A korrózióból adódó tömegveszteség mértékének értelmezéséhez érdemes megismernünk, hogyan viselkedik az enyhén savas talajba csapódott ólomlövedék. Az ólom, ahogy a fémek jelentős része is, oxidációra hajlamos. A folyamat során felületén tömör védő oxidréteg alakul ki, ami megóvjá 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, melynek sűrűsége ugyan kisebb, mint az ólomé (ólom-oxid: 9,38 g/cm<sup>3</sup>, ólom-klorid: 6,6 g/cm<sup>3</sup>, ólom-szulfát: 6,29 g/cm<sup>3</sup>), de a réteg vékonysága miatt a tömegveszteség elhanyagolható. A fellelt ólomlövedékek felületéről ellenben a patinát eltüntetni nem szabad, hiszen ennek köszönhetően közelebb kerülhetünk az eredeti tömeghez.<sup>3</sup>

A referencialövedékek átmérőjének ismeretében el tudtuk készíttetni a pontos lövedék-öntőformákat, továbbá ezek alapján meg tudtuk határozni, milyen űrméretű fegyverekből lőtték ki azokat. Különösen izgalmas e szempontból ismételtlen a mus-

---

<sup>2</sup> A vizsgálatokat Csurgai József végezte el a Nemzeti Közszolgálati Egyetem Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar Művelési Támogató Tanszék Vegyi Laboratóriumában. Ehhez három mintát vetünk, melyek mindegyike közepes talajmélységből (kb. 10–30 cm) származott. A méréseket pH-indikátor-papírral és talaj-pH-mérővel párhuzamosan végeztük el.

<sup>3</sup> *Sivilich* 2016. 25. o.

kétagolyó, mivel tömege közel 30 g, ami 16-os űrméretnek felel meg. Ezt Raimondo Montecuccoli is említi,<sup>4</sup> a vonatkozó lövedéket (és a teljes töltényt) Anton Dolleczek ábrázolja is művében.<sup>5</sup>

		<b>1. sz. (karabély) lövedék</b>	<b>2. sz. (pisztoly) lövedék</b>	<b>3. sz. (muskéta) lövedék</b>
<b>Lövedék</b>	Tömeg (g)	21,11	12,05	28,97
	Kalkulált űrméret (mm)	15,1	12,5	17,14
	Űrméret egy font ólom viszonylatában	24-es	42-es	16-os
<b>Fegyvercső</b>	Űrméret (mm)	15,9	12,8	17,9
	Űrméret egy font ólom viszonylatában	20-as	38-as	14-es
<b>Lövedék-reprodukció</b>	Űrméret (mm)	15,1	12,0	17,15
	Tömeg (g)	21,1	12,43	29,16

1. táblázat: A ballisztikai vizsgálatokhoz kiválasztott lövedékek

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

<b>Replikák</b>	<b>Űrméret</b>	<b>Csőhossz</b>	<b>Gyújtási mechanizmus</b>	<b>Tömeg</b>
Muskéta	18 mm	104 cm	kanócos	5,2 kg
Karabély	16 mm	60 cm	keréklakatos	3,5 kg
Lovassági pisztoly	12,8 mm	40,1 cm	keréklakatos	1,325 kg

2. táblázat: A vizsgálathoz használt 17. századi fegyvermásolatok paramétere

Ballisztikai szimulációnk kiindulópontja a lövedék becsapódási és torkolati sebességének meghatározása. 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

<sup>4</sup> Montecuccoli 1852. 130–131. o.

<sup>5</sup> Dolleczek 1970. Tafel XVII.

terveztük végezni, amíg a tesztlövedék átmérőnövekedése meg nem egyezik a neki megfelelő referencialövedék átmérőjével. Az ilyen tesztlövedék kezdősebessége referencialövedéknek tekintendő, és közelítően megegyezik a referencialövedékek korabeli becsapódási sebességével. A korabeli lőtávolságra a referencialövedékek fellelési helyéből és a vár sáncainak elhelyezkedéséből lehet megközelítő (től–ig) információt nyerni. Ennek segítségével azután ballisztikai számítások útján határozható meg a lövedék vélt kezdősebessége. Ezek az előkészítő lőtéri lövéspróbák 2021 májusában zajlottak.



*2. kép: A lőkísérletekhez használt fegyverek*

A lőkísérletek második felvonását Zrínyi-Újvár területén, a referencialövedékek megtalálási helyén (GPS-koordináták alapján) a talajba löve hajtottuk végre, hogy az előkészítő kísérletek során kapott értékeket ugyanabban a célközégben is ellenőrizhessük, melyből a lövedékek előkerültek. Ezek a lőkísérletek 2021 júniusában zajlottak a helyszínen.

A kísérletek harmadik szakaszában a kapott becsapódási sebességeknek megfelelő torkolati sebességeket igyekeztünk rekonstruálni lőtéren 2021 és 2022 ősze között. Célunk a lövedékek kül- és célballisztikájának megismerése volt.

### *Előkészítő lőkísérletek*

A modern lövészetre használt granulált lőportípus legismertebb keverési aránya 75% saletrom, 10% kén és 15% faszén. Ma a lőporokat alapvetően szemcseméret alapján soroljuk csoportokba, melyet leggyakrabban 1 Fg – 4 Fg jelekkel jelölünk. Minél finomabb a lőpor szemcsemérete, annál nagyobb az érték.

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 tiszta ólom

Lőportípus	Szemcseméret	Felhasználási kör
1 Fg	1,2–1,6 mm	nagy kaliberű, sima csövű fegyverek
1,5 Fg	0,85–1,2 mm	nagy kaliberű, sima csövű és huzagolt fegyverek
2 Fg	0,65–1,2 mm	közepes űrméretű, huzagolt és sima csövű fegyverek
3 Fg	0,5–0,8 mm	közepes és kis űrméretű, huzagolt fegyverek
4 Fg	0,25–0,5 mm	kis kaliberű, huzagolt fegyverek
OB <sup>5</sup>	0,19–0,224 mm	kovás, keréklakatos és kanócos fegyverek felporzó lőpora

3. táblázat: Modern gyártású Swiss feketelőporok szemcseméretei

lővedék deformációja, így tulajdonképpen bármilyen feketelőporos fegyverhez használható ballisztikai hajtóanyagot alkalmazhattunk volna.

A kanócokat azonos módon készítettük el, mint azt a 17. században tették, ehhez forrásunk egy szépirodalmi mű volt. A *Kalandos német Simplicissimus* című regény olvasmányos, szórakoztató formában mutatja be a harmincéves háború nyomorát, szenvedését a közkatona, esetünkben egy egyszerű muskétás szemszögéből. A mű az 1660–70-es években született, szerzője Hans Jakob Christoffel von Grimmelshausen, aki saját életeseményeire, tapasztalataira támaszkodik, munkája mégsem önéletírás. A regényben több helyen találkozunk a muskéta használatának pontos részleteivel. A szerző leírja, hogy szükség esetén két lővedéket is töltöttek a csöbe, így fokozva a fegyver ölképességét, vagy a kanócot mindkét végén meggyújtották, ezzel növelve a rendszer megbízhatóságát, hogy 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 puská.

„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 fehéret megláttam volna, célba vettem, és hiábavalóan 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

<sup>6</sup> Az OB jelzésű lőpor az elérhető legfinomabb szemcseméretű feketelőpor, melyet a gyártó kizárólagosan a serpenyő felporzására készít.

nyitottam a serpenyőt, aztán újra céloztam, és olyan istenhozottal üdvözöltem, hogy a durranás már egy volt az ő zuhanásával.”<sup>7</sup>

Grimmelshausen leírja a kanóc elkészítésének menetét is: a kenderkötelet hamuval kevert vízben főzték ki, ami 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 kanócokat bő vízben kiöblítettük, végül vízszintes felületre téve (nem lógatva) megszáritottuk, így a salétromos oldat egyenletesen oszlott el a kanóc teljes hosszán. Grimmelshausen elárulta a jó kanóc két fontos ismértékét is: nem ad ki szagot és nedvesen is izzik.<sup>8</sup>

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.”<sup>9</sup> Egy bécsi hüvelykre vetítve ez 23,67 cm óránként. Az általunk kenderkötélből főzött kanóc ehhez nagyon hasonló égési sebességet mutatott.

Annak érdekében, hogy az eredeti helyszínen szükséges vizsgálati lövésszámot a minimumra csökkentsük, előkészítő lövészetet végeztünk lőtéren, nejlon homokzsákokba leadott lövésekkel. A kilövéshez használt, papírral fojtott lőportöltet nagyságát addig változtattuk, amíg a homokzsákba csapódott tesztlövedékek deformációjának jellegzetességei (átmérő, vastagság, morfológia) gyakorlatilag megegyeztek a referencialövedékek hasonló tulajdonságaival.

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 kísérletek ezen stádiumában a becsapódási sebesség meghatározása volt csak a célunk, ez a későbbi eredményeket nem torzította. Az előkészítő lövészet során rögzített, a referencialövedékekkel megegyező deformációt adó lőportöltetek (térfogat alapján mért névleges tömegek) a következők voltak:

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

4. táblázat: Az előkészítő kísérletek során megfelelő deformációt adó lőportöltetek, melyek az eredeti helyszínen elvégzendő lőkísérletek kiinduló töltetei lettek

<sup>7</sup> Grimmelshausen 1984. 104. o.

<sup>8</sup> A Grimmelshausen-féle folyamat egyik rekonstrukciója olvasható Ulrich Bretscher honlapján is. Bretscher 2007.

<sup>9</sup> Montecuccoli 2019. 89. o.



3. kép: Az előkészítő lökísérletek eredményei a három lövedéktípus esetében

1. Karabélylövedék (átmérő 15,1 mm, 1,5 Fg, 8 lépés):  
90 – 75 – 75 – 70 – 60 – (míntalövedék) – 65 grain löportöltettel
2. Pisztolylövedék (átmérő 12,5 mm, 1,5 Fg, 8 lépés): 60 grain löportöltettel – (míntalövedék)
3. Muskétalövedék (átmérő 17,16 mm, 1,5 Fg, 8 lépés): 120 grain löportöltettel – (míntalövedék)

#### A Zrínyi-Újvár területén végzett kísérleti lövészetek

A lökísérletet a Zrínyi-Újvár területén kijelölt, biztonságos lövészetet biztosító sánc-területen, homokos partfalba végeztük el. A referencialövedékek és a tesztlövedékek deformációjának összehasonlítása – a lőtéri tesztekhez hasonlóan – fokozatosan változtatott löportöltetekkel történt. A helyszíni lökísérletek célja az volt, hogy azonos közegben – Zrínyi-Újvár tömörebb talajában – is vizsgáljuk a lövedékek deformációját, ezzel a lehető legközelebb kerüljünk a valósághoz. A lökísérlet helyszíne az a talajszakasz volt, ahonnan a referencia-muskétalövedékek előkerültek.



4. kép: A Zrínyi-Újvárnál végzett lökísérletek eredményei. Felső sorban a referencia-, alsó sorban a próbálövedékek (3., 1. és 2. számú lövedék)

	<b>Lövedék (mm)</b>		
	<b>1. sz. (karabély)</b>	<b>2. sz. (pisztoly)</b>	<b>3. sz. (muskéta)</b>
Referencialövedék átmérője	22–25,7	17,5–17,8	23,5–25,4
Próbalövedék átmérője	21–25,3	15,7–19	24,6–27
Referencialövedék közepének vastagsága	6,3	9	8,9
Próbalövedék közepének vastagsága	6,5	8,7	9,17
Referencialövedék vastagsága visszagyúrt széllel együtt	10	–	9,8
Próbalövedék vastagsága visszagyúrt széllel együtt	11,68	–	9,5

5. táblázat: A referencia- és a próbalövedékek méreteinek összefoglalása

	<b>Sikeres löportöltet</b>	
	<b>grain</b>	<b>g</b>
1. sz. (karabély) lövedék	80	5,2
2. sz. (pisztoly) lövedék	70	4,5
3. sz. (muskéta) lövedék	140	9,1

6. táblázat: A Zrínyi-Újvár területén, 5 m távolságból végzett lövészet során a referencialövedékekkel megegyező deformációt adó löportöltetek (térfogat alapján mért névleges tömegek)

A lőtéri kísérletekkel azonos deformáció eléréséhez Zrínyi-Újvár területén nagyobb löportöltet-tömegekre volt szükség, melynek oka a vár területén található homoknak a lőtérén használt homok célanyagánál kisebb szemcsemérete.

Érdeemes megvizsgálnunk, hogy a 3. számú (muskéta-) lövedék deformációjának megfelelő alakváltozás tetten érhető-e annak lelőhelyén? Ennek érdekében újravizsgáltuk a mintalövedék közvetlen környezetében talált golyókat, ellenőrizendő, hogy találunk-e még olyan hasonló ürméretű muskétagyólyót, amely hasonló sebességgel csapódott be és így hasonló módon deformálódott. A lelőhelyről eddig 28 db különböző méretű lövedék került elő, ezek típus szerinti megoszlása a következő:

<b>Típus</b>	<b>Mennyiség</b>	<b>Arány</b>
Hasáblövedékek	3	10,7%
Öntőcsúcsos gömblövedékek	4	14,3%
Gömblövedékek	21	75%

7. táblázat: A 3. sz. muskétalövedék környezetében előkerült 28 db különböző méretű lövedék megoszlása típusok szerint

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%

8. táblázat: A 3. sz. muskétalövedék környezetében előkerült 21 db gömblövedékek forma szerinti megoszlása

	Mennyiség	Arány
Pisztoly (10–13 mm)	0	0%
Karabély, arkebúz, pisztoly (13–15,50 mm)	3	14,3%
Muskéta (15,5–20 mm)	18	85,7%

9. táblázat: A 3. sz. muskétalövedék környezetében előkerült gömblövedékek méret szerinti megoszlása

A muskétagyolyók és erősen ellapult lövedékek közös halmaza 4 db lövedéket tesz ki. Ezeket a 3. számú referencia-muskétagyolyónk mellé helyezve egyértelműnek tűnik, hogy azonos űrméretű fegyverből lehettek ki azokat, valamint azonos sebességgel csapódtak az árok oldalába.

Leltári szám (LK)	Tömeg (g)	Kalkulált eredeti átmérő (mm)	Szélesség (mm)	Magasság (mm)
176.	24,29	16,00	19,94–20,49	14,5
1924.	27,24	16,62	23,71–28,01	9,15
2023.	24,84	16,12	22,9–26,36	9,95
1823.	26,06	16,38	20,3–24,21	12,5
3. sz. mintalövedék	28,97	17,15	23,5–25,4	9,8

10. táblázat: Az ostromárokból fellelt, a mintánkhöz hasonlóan ellapult (puha földre csapódott, aszimmetrikusan ellapult) 16 mm feletti muskétagyolyók

A 24 és 29 g közötti lövedéktömegek önmagukban megfelelnek annak a szórásnak, melyet a muskétákhoz köthetünk, de biztosra vehetjük, hogy a 176., 1924., 2023., illetve 1823. leltári számú lövedékek becsapódáskor veszítettek tömegükből, ugyanis a 3. számú referencia-muskétagyolyótól eltérően becsapódáskor kisebb kavicsal, kavicsokkal is találkozhattak. A hasonló űrméretű és hasonló deformációt mutató öt lövedék csoportja ugyanakkor azt bizonyítja, hogy a 3. számú referencialövedék célballisztikája Zrínyi-Újvár ostroma tekintetében nem egyedi eset.

*Lőtéri sebességmérések*

A Zrínyi-Újvár-i lökísérletek során meghatározott töltetekkel folytattuk a lőtéri kísérleteket. LabRadar ballisztikai sebességmérő Doppler-radarral megmértük a kilőtt lövedékek sebességét a csőtorkolatnál (V0) és attól 5 m (V5) távolságra. A ballisztikai radar abban különbözik az egyszerűbb fotocellás lövedéksebesség-mérőktől, hogy öt előre megadott távolságon képes a lövedék sebességét mérni, így a kapott adatokból kiszámíthatóvá válik a ballisztikai görbe pontos felrajzolásához szükséges alaki tényező is. Minden töltettel öt lövést adtunk le, és azok átlagát használtuk további számításokhoz. A V5 sebesség a lövedék deformációk alapján meghatározott referencia becsapódási lövedéksebessége.

<b>Lövedék</b>	<b>Töltet</b>	<b>V0</b>	<b>V5</b>
1. sz. (karabély) lövedék	80 gr	295 m/s	291 m/s
2. sz. (pisztoly) lövedék	70 gr	313 m/s	305 m/s
3. sz. (muskéta) lövedék	140 gr	258 m/s	246 m/s

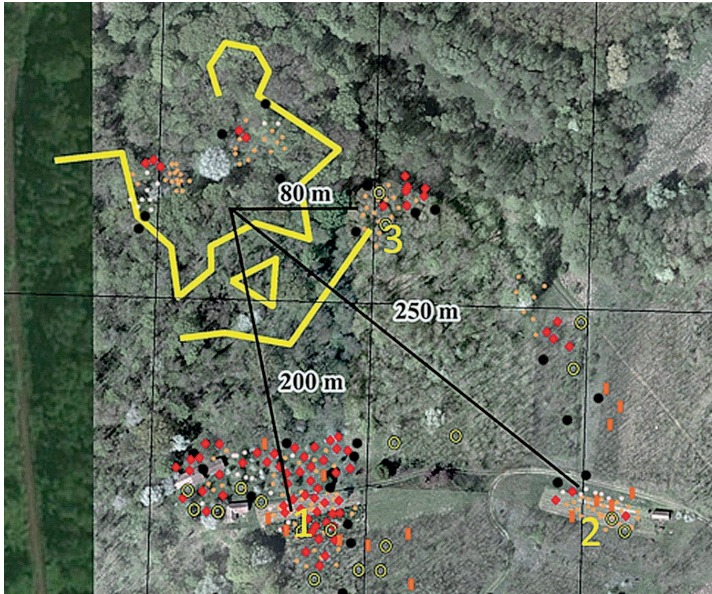
*11. táblázat: A lövedékek sebességének átlaga a csőtorkolatnál (V0) és attól 5 m-es távolságban (V5)*

A pisztolyra, karabélyra megállapított referenciasebességeket adó lőportöltetekkel végeztük el a további lőtéri ballisztikai vizsgálatokat. A muskéta esetében – mivel az előkészítő lökísérletekhez használt puska csőhossza nem illeszkedett a 17. századi kétlatos puska csőhosszához – további töltetbeállításokat végeztünk, hogy a meghatározott V0 és V5 sebességeket a pontos fegyvermásolattal is reprodukálni tudjuk.

Ezt követően a deformálódott lövedékek referencia becsapódási sebessége alapján megközelítőleg rekonstruálni tudtuk azok kezdősebességét.

Az ábrán (5. kép) az erődfal és az egyes lövedékek fellelési helye (török ostromárkok) közötti távolságokat jelöltük. 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 lövedékről a nagy távolság miatt inkább feltételezhető, hogy egy vállalkozás végrehajtása során, jóval kisebb lőtávolságról csapódtak a partfalba. Ez a távolság a karabély esetében nem meghatározható, de a pisztolynál is legfeljebb 10 méter.

A fentiek következtében vizsgálataink közül a muskétalövedék esetében vonhatunk csak le pontos következtetéseket, a pisztolylövedéknél valószínűsíthető eredményre juthatunk csak, míg a karabéllyal kapcsolatban a pontos vagy erősen feltételezhető lőtávolság ismeretének hiányában nem beszélhetünk másról, mint egy lehetséges modellről. A lökísérletek ezen pontján határoztunk arról, hogy a karabéllyal felesleges folytatni a vizsgálatot, mivel egzakt eredményre nem juthatunk.



5. kép: A lövedékek fellelésének helyei

### *Lőkísérletek a 17. századi kanócos muskétával*

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.



6. kép: Lőkísérletekhez előkészített muskéta apostolokkal és töltényekkel

A 17. századi muskéta gyűjtőfogalom, számos egymástól – kismértékben – eltérő fegyvertípust foglal magában. A 16. század második felében alakult ki az a fegyvertípus, mely egyesítette a korai, nagyobb kaliberű, nehéz szakállas puskák tűzerejét a könnyű arkebúzsok egyszerűbb kezelhetőségével. Az 5–8 kg tömegű, kb. 20–21 mm űrméretű kanócos muskétákkal jellemzően villás állványról lőttek. Ilyen fegyvereket láthatunk Jacob de Gheyn 1607-ben készült metszetein. Ez a fegyvertípus – bár kétségtelenül kapott szerepet a harmincéves háborúban – a 17. század első felében már elavultnak volt tekinthető. Létezett ezzel párhuzamosan egy könnyebb muskéta – arkebúz is –, melyre kitűnő példa a francia eredetű „petronel” vagy a „caliver”. Ezek a fegyverek könnyebbek voltak, űrméretük is kisebb volt (16–18 mm), kezelésükhöz nem volt szükség villára.<sup>10</sup>

A muskéták könnyítése már a 16. század végén, a németalföldi szabadságharc idején megkezdődött. Nassaui János<sup>11</sup> már 1596-ban szorgalmazta a fegyverek tömegének csökkentését, hogy azok villa nélkül is használhatóak legyenek. 1599-ben a németalföldi szabályzatokban 6,5 kg-ban korlátozták a fegyver tömegét, de a villa még megmaradt a hadrendben.

A 17. század első évtizedeiben a muskéták – hasonló szerkezettel, de eltérő űrméretekkel – nagy mennyiségben készültek Suhlban, Essenben, Amsterdamban, Utrechtben, Hágában, Nürnbergben, Augsburgban.

A könnyebb fegyverek alkalmazását szorgalmazta II. Gusztáv Adolf svéd király is, aki 1624-ben rendelte el egy kisebb tömegű puska rendszeresítését. Az 1630-as évektől Suhlban fejlesztettek ki egy ilyen típust, melynél a csőfalvastagság csökkentésével és a cső 1 méterre rövidítésével könnyítették a fegyvert. Nürnbergi fontban mért űrmérete 10-es volt (19,7 mm), melybe 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 harmincéves háború második felében már mindegyik hadviselő fél jellemzően 18 mm körüli űrmérettel rendelkező fegyvereket használt, melyekbe 17–17,5 mm-es átmérőjű golyókat tölthettek. Ezt nevezték „zweilöthige”, vagyis kétlatos űrméretnek. A háború 1630 utáni harctereinek leggyakoribb golyólövedékére éppen ez a 17–17,5 mm közötti űrméret jellemző.

Az 1630-as évek második felétől készült fegyverek csőűrmérete jellemzően már 17,5 mm körül mozgott, melybe 16,8 mm körüli átmérőjű golyót tölthettek. Mindez persze nem jelentette azt, hogy a nagyobb űrméretűek eltűntek: természetesen a régi csövek is hadrendben maradtak.

Montecuccoli szerint a 17. század második felére az arkebúzsok használata nyugaton már nem volt jellemző: „1. A német seregekben az arkebúzt már nem használják, mi-

<sup>10</sup> Ilyen, 760 mm csőhosszal rendelkező, mindössze 2,5 kg-os, 15,1 mm űrméretű arkebúzzal is folytattak lőkísérletet a grazi vizsgálatok során, melyről tanulmányunk első részében esett szó. *Kalaus* 1989. 51. o.

<sup>11</sup> VII. János, Nassau-Siegen grófja (1561–1623), németalföldi hadvezér, szakíró.

vel a muskéta messzebbre hord, és az, aki elbírja az arkebúzt, elbírja a muskétát is. [...] 3. Azért, hogy a muskétások pontosabban célozhassanak, 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.”<sup>12</sup>

Idézett passzusunkban különösen fontos a katonai szabványok előtérbe helyezésére tett utalás: a muskéták és 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, melyek 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, illetve a kovás lakat pófáiba fogott kovakő és az acél szikrája gyújtja-e be.

Dolleczek külön passzust szentelt a császár által hozatott, francia mesterek készítette tűzfegyvereknek. Kiemeli, hogy a bécsújhelyi francia mesterek az első típusú 2 latos kanócos muskétát gyártották 19–20 mm-es űrmérettel, ezek lövedékéből egy bécsi font 16 darabot adott ki (18 mm-es lövedékátmérő). A kanócos muskéták mellett ugyanott 17–18 mm-es űrméretű keréklakatos pisztolyokat is készítettek, melyek érdekessége, hogy űrméretük és a hozzájuk használatos 24 g tömegű és 15,9 mm átmérőjű ólomgolyók megegyeznek a későbbi 1798 M fegyvercsalád kaliberével.<sup>13</sup>

Montecuccoli kísérletet tett a muskéták fejlesztésére is. *A magyarországi török háborúkról* című művében két újítást írt le, melyek egyike sem rögzült meg a későbbiekben. Az első említés olyan lakatszerkezetről szól, melynél a katonának – a nagyobb tűzgyorsaság érdekében – nem kellett külön lépésben megnyitnia a serpenyőt tüzeléshez, hanem az – akárcsak a keréklakat esetében – az elsütőbillentyű elhúzásakor automatikusan nyílt meg: „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.”<sup>14</sup>

Második újítása kettős gyújtású lakatszerkezetet eredményezett: „Ezenkívül szintén csináltattam még kétezer olyan muskétát, melyeket kovás és kanócos lakattal is elláttak.

<sup>12</sup> Montecuccoli 2019. 54. o.

<sup>13</sup> Dolleczek 1970. 59. o.

<sup>14</sup> Montecuccoli 2019. 55. o.

	Fegyver, gyűjtemény	Teljes hossz (mm)	Csőhossz (mm)	Űrméret (mm)	Tömeg (g)
1.	Keréklakatos-kanócos muskéta, 17. század 2. fele (HGM, W1034) <sup>15</sup>	1510	1108	19,2	5150
2.	Kovás-kanócos muskéta, 17. század 2. fele (HGM, NI39155)	1455	1070	16	4000
3.	Kanócos muskéta. 16. század (HGM, NI35109)	1563	1189	21	5500
4.	Kanócos muskéta, 16. század (arkebúz) (HGM, NI39148)	1295	975	14	3780
5.	Kanócos muskéta, 17. század 2. fele (HGM, NI35988)	1495	1095	19	4150
6.	Kanócosból kovásra alakított muskéta (LG, STG 1287) <sup>16</sup>	1290	910	17,4	4390
7.	Kanócosból kovásra alakított muskéta (LG, STG 1316)	1335	952	18,3	4740
8.	Kanócosból kovásra alakított muskéta (LG, STG 1317)	1345	955	18,4	4820
9.	1686, suhli kovás-kanócos kettős lakatú mus- kéta (LG, STG 1318)	1485	1050	17,8	4200
10.	1600-as évekből származó kanócos puska <sup>17</sup>	–	–	20,42	–
11.	1670-es évekből származó kanócos puska nürnbergi űrmérettel	–	–	19,98	–
12.	17. századi keréklakatos-kanócos muskéta (HM HIM, 0791/Pu) <sup>18</sup>	1503	1105	24	5057
13.	17. századi keréklakatos-kanócos muskéta (HM HIM, 0896/Pu)	1516	1096	24	5179
14.	17. századi kanócos muskéta (HM HIM, 0790/Pu)	1330	987	17	4049
15.	17. századi kanócos arkebúz (HM HIM, 0898/Pu)	1565	1213	21	5463
16.	1596, augsburgi kanócos-kerekes muskéta (LG, RG 33) <sup>19</sup>	1360	1000	17,8	5480

12. táblázat: 16–17. századi lőfegyverek paraméterei.  
HGM: Heeresgeschichtliches Museum, Wien; LG: Landeszeughaus, Graz;  
HM HIM: Honvédelmi Minisztérium Hadtörténeti Intézet és Múzeum

<sup>15</sup> 1–5. tétel: Gabriel 1990. 196., 198., 184., 186., 188. o.

<sup>16</sup> 6–9. tétel: Kalas 1989. 56., 58., 59., 60. o.

<sup>17</sup> 10–11. tétel: Dolleczek 1970. 123. o.

<sup>18</sup> Köszönöm Gondos Lászlónak, a HM HIM Korai Lőfegyver Gyűjteménye vezetőjének a fegyverek adatait.

<sup>19</sup> Kalas 1989. 52. o.

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.”<sup>20</sup>

Tehát mind gyújtási mód (kovás, kanócos, keréklakatos), mind űrméretek terén igen változatos képet mutat a korabeli tűzfegyverarzenál. A gyalogsági löfegyverek tekintetében közös azonban, hogy mind sima csővel rendelkezett, teljes hosszuk kb. 1,3–1,5 m volt, 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 harmincéves háború során sokat változott a gyalogsági fegyverek kezelése. A folyamat egyszerűsödött, gyorsabbá vált, amiről Johann Sebastien Grubern 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 csövű kovás puska – *flinte* – töltését is megismerhetjük.

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

A kovás és kanócos puska töltésének leírása avatatlan szem számára ugyanannyira bonyolultnak, soklépcsősnek tűnik. Lövészember számára azonban nyilvánvaló, hogy a kovás puska lakatjának tüzkész állapotba helyezéséhez jóval kevesebb fogás és egyszerűbb mozdulatok szükségesek. A kanóc kezelése komoly figyelmet igényelt, hisz a parázsló kanócról lehulló hamu bármikor véletlen elsütést okozhatott, és a kanóc ki is aludhatott. Nem véletlen, hogy a kanóc fújása, illetve lőportól való távol tartása többször is visszatér a parancsszavak között.

A keréklakatos muskéta töltése csak kis mértékben tért el a kovás puskáétól. Itt is fel kellett porozni a serpenyőt, megfeszíteni a kerék hajtószerkezetét, majd a kakas pófájába 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 Grubern nem írja le, bár tudjuk, hogy a 17. század végén még szolgálatban álltak ilyen fegyverek. Ez mindenképpen bizonyítja, hogy hadi használatra inkább tartották alkalmasnak az egyszerű kanócos, vagy a kovás szerkezeteket. Ennek értelmezésünk szerint több oka is volt: egyrészt

<sup>20</sup> Montecuccoli 2019. 55. o.

maga a keréklakatos szerkezet jóval komplikáltabb volt, elkészítése, javítása is nagyobb szaktudást – valamint időt és pénzt – igényelt, mint egy egyszerű kovás vagy kanócos fegyver. Tovább rontotta a hadi felhasználhatóságot, hogy a lakatszerkezet megfeszítéséhez külön szerszámra, speciális kulcsra volt szükség, melyet a katona könnyen elejthetett, elhagyhatott.

Grubern szabályzata a töltések terén is sokféleséget mutat: egyaránt szót ejt a lőportartóból, a töltéstokból, valamint a papírtölténnyel történő töltésről, bizonyítva, hogy mind elfogadott módszer volt a szabályzat írásának idején, azonban a kovás és 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 tüzefegyveres harcászat alapja nem a célzott egyes lövés volt, hanem a tömegben, egyszerre leadott sortűz. A fegyverek és lövedékek csekély pontossága miatt az egy-egy ellenséges katonára történő célzás egyébként sem szolgálhatott megfelelő eredménnyel. Sokkal kifizetőbb volt a zárt harcrendű ellenséges harcvonal célzása.

Grubern tüzefegyveres szabályzatában a muskéták már nem rendelkeznek villás tartólvánnyal, mint a harmincéves háború idején.<sup>21</sup> A tüzefegyverek harctéri fontosságának növekedésével súlyuk is folyamatosan csökkent, egyre alkalmasabbá váltak komplex harctéri feladatok ellátására. A pika és egyéb hidegfegyverek kiváltása azonban csak a 17. század végén, a csőbe illeszthető bajonett elterjedésével volt lehetséges.

#### A kanócos muskéta lövedékének torkolati sebessége

A kanócos muskéta esetében 100 grain (6,48 g) Swiss 1 Fg feketelőpor-töltettel sikerült rekonstruálni a 80 m-es távolságból a 246 m/s-os becsapódási sebességet. Ballisztikai radar használata mellett addig növeltük a lőportöltetet, amíg a leadott lövésünk 80 méter távolságon elérte ezt a lövedéksebességet. Lökísérleteink alapján ehhez 305,6 m/s-os torkolati sebességre volt szükség, ezzel sikerült azonosítanunk a Zrínyi-Újvárból az ostromárokba kilőtt keresztény muskétagolyó kezdősebességét. Abban az esetben, amikor a töltetet lőporfiolából (ún. apostolból) töltöttük és a lőport papírgalaccsinnal fojtottuk, majd erre helyeztük a muskétagolyót, a következő mérési eredményeket rögzítettük a ballisztikai radarral:

---

<sup>21</sup> Csikány 2005. 24. o.

Lövések apostolokból töltve	Lövedéksebességek a csőtorkolatnál és onnan távolodva (m/s)					
	V0	V5	V15	V25	V50	V80
1.	301	297	289	281	262	243
2.	308	304	296	287	264	249
3.	310	306	298	289	265	251
4.	305	301	293	285	264	246
5.	304	300	292	283	261	243
<b>Átlag:</b>	<b>305,6</b>	<b>301,6</b>	<b>293,4</b>	<b>285,0</b>	<b>263,2</b>	<b>246,5</b>

13. táblázat: Az 1. lökísérlet eredménye a Zrínyi-Újvárból az ostromárokba kilőtt keresztény muskétagolyó kezdősebességének meghatározásához (100 grain /6,5 g/ 1 Fg Swiss feketelőpor, papírfojtás, 17,1 mm átmérőjű tiszta ólom golyó használatával)

Ugyanezzel a lőportöltettel végeztünk olyan kísérleteket is, melyekben 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 csőfal közötti hézagot, így a lőporgázokat a lövedék jobban hasznosította, ami növelte a kezdősebességet. A vizsgált távolságokon 2–4%-os lövedéksebesség-emelkedést regisztráltunk:

Lövések papírtölténnyel	Lövedéksebességek a csőtorkolatnál és onnan távolodva (m/s)					
	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
<b>Átlag:</b>	<b>315,0</b>	<b>310,8</b>	<b>301,1</b>	<b>292,1</b>	<b>271,0</b>	<b>255,9</b>

14. táblázat: A 2. lökísérlet eredménye a Zrínyi-Újvárból az ostromárokba kilőtt keresztény muskétagolyó kezdősebességének meghatározásához (100 grain /6,5 g/ 1 Fg Swiss feketelőpor, 17,1 mm átmérőjű, papírtölténybe csomagolt tiszta ólom golyó használatával)

Érdeemes a kapott eredményeket összevetni a tanulmányunk első részében ismertetett grazi kísérletek eredményeivel.<sup>22</sup> Alábbi táblázatunkban azokat a sima csövű 16. század

<sup>22</sup> Németh – Padányi – Hamza 2023. 558–567. o.

végi, 17. századi katonai puskákat, muskétákat emeltük ki, melyek csőhossza, űrmérete hasonló az általunk meghatározott hadimuskéta paramétereihöz:

	Csőűrméret (mm)	Lövedék-űrméret (mm)	Lövedék-tömeg (g)	Csőhossz (mm)	V0 (m/s)	Töltet <sup>23</sup> / Töltési hányad
Kanócos-kerekes muskéta (LG, RG 33) <sup>24</sup>	17,8	17,2	30,06	1000	456	11 g / 35,9%
Kovás puska (LG, STG 1287)	17,4	16,8	27,54	910	474	9,33 g / 33,8%
Kovás puska (LG, STG 1316)	18,3	17,6	32,16	952	451	10,7 g / 33,3%
Kovás puska (LG, STG 1317)	18,4	17,8	34,25	955	467	11,56 g / 33,7%
Montecuccoli-féle kovás-kanócos muskéta (LG, STG 1318)	17,8	17,5	30,93	1050	494	10,7 g / 34,6%

15. táblázat: A grazi lőkísérletek paramétereit és eredményeit

A kapott adatok arról tanúskodnak, hogy a grazi kísérletek során a Zrínyi-Újvár-i mintához képest jelentősen nagyobb, 50–60%-kal magasabb torkolati sebességeket regisztráltak, mint amit a mi gyakorlati példánk feltételez. A tetemes különbség miatt kijelenthető, hogy a Zrínyi-Újvárnál talált muskétagyólyó ballisztikájának vizsgálata nem igazolja a grazi kutatócsoport kül- és célballisztikára vonatkozó eredményeit: mind a ballisztikai görbe, mind a hatékony 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 sebessége átlagosnak tekinthető.

Érdeemes ugyanakkor megvizsgálni, hogyan viszonyulnak egymáshoz a kapott értékek a töltési sűrűség tekintetében. A grazi kísérletek során a finom szemcseméretű (3 Fg) Jagdschwarzpulver modern lőpor esetében 33–34%-os töltési hányadot (9,33–11,56 g) alkalmaztak. Nekünk a jóval lassabb égésű, nagyobb szemcseméretű, 1 Fg-s modern feketelőporból mindössze 22,4%-os töltési hányadra (6,48 g) volt ahhoz szük-

<sup>23</sup> 3 Fg szemcseméretű WANO Jagdschwarzpulver modern feketelőpor vadászfegyverekhez 0,425–0,71 mm szemcsemérettel.

<sup>24</sup> A lőfegyverekre vonatkozóan lásd *Kalaus* 1989. 52., 56., 58., 59., 60. o.

ségünk, hogy rekonstruáljuk a partfalba csapódó lövedék deformációját. A Zrínyi-Újvár-i muskétagyolyóhoz kapcsolódóan végzett kísérleteink így a grazi kísérletek töltetre vonatkozó feltételezéseit sem igazolták.

### A kanócos muskéta küllballisztikája

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 tiszta ólom lövedék ideális, 29,3° indulási szög esetén érhet el a legnagyobb, 900 méteres lőtávolságot. Becsapódáskor a lövedék még 54 m/s sebességgel mozgott és 42 J mozgási energiával rendelkezett, ami akár sebesülés okozására is alkalmas lehetett páncéllal, vastag ruhával nem védett testfelületen.<sup>25</sup> A 80 méteres távolságra irányított lövedék mozgási energiája 550–575 m távolság között esett 100 J alá, ami páncélozatlan ellenséges katona esetén elméletben halálos lövést jelenthetett volna, 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 csúcát, itt 10,2 cm-rel haladt a célzóvonal felett. A gömblövedék a kedvezőtlen ballisztikai formának köszönhetően 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 irányozta az ellenség feje fölé a fegyvert – a golyó már a célzott katona lába előtt földbe csapódott. 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 pástázóképeséget 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 Montecucoli a következő rövid információt adja csak meg: „A pika hegyét az ellenség övére vagy a ló mellére kell irányítani, vagy a nyeregkápára, ahová egyébként a muskétások is céloznak.”<sup>26</sup> A célzással kapcsolatos nyúlfarknyi 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.

<sup>25</sup> QuickTarget szimuláció az ideális szögben kilőtt lövedék legnagyobb lőtávolságának meghatározása érdekében.

<sup>26</sup> Montecucoli 2019. 57. o.

Míndezezből azt a következtetést vonhatjuk le, hogy e lövedék és lövedéksebesség esetében ez lehetett megközelítőleg a harcászati lőtávolság külső határa (130 m), a sor-tüzeket, egyes lövéseket e zónán belül kellett leadni.

Montecuccoli a közönséges muskétalövés távolságát is meghatározta: „Háromszáz lépés tehát hatvan rudat jelent, vagyis egy közönséges muskétalövésnyit.” Ez megköze-lítően 226 m távolságnak felel meg. A 300 lépés távolságot mint maximális (valószínű-leg hatékony) lőtávolságot a későbbiekben is megerősítette: „Mivel a muskéta mintegy háromszáz lépésnél nem hord messzebbre, a szükség viszont megköveteli azt, hogy az egész arcvonat fedezve és védve legyen, ezért gondoskodni kell arról, hogy minden hatszáz lépésre legalább egy, a pikások által fedezett muskétás egység jusson.” A fegy-verekek hatékonyságáról további résziformációkat is megadott: „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.”<sup>27</sup>

A 226 m távolság értelmezésünk szerint az a lőtávolság lehetett, melyet a kilőtt lö-vedék pásztázni tudott. Ugyanakkor nem tudjuk meg, hogy a célzás pontossága alatt Montecuccoli mit értett: egyes ellenséges lovas vagy gyalogos katonát, avagy ellensé-ges zárt harcrend elleni tüzelést?

#### A kanócos muskéta pontossága

A muskéta pontosságának vizsgálatakor elsődleges célunk az volt, hogy a töltetpre-dukció hatékony lőtávolságát meg tudjuk határozni egyes ellenséges katona ellen. A lő-kísérlet során 50 és 80 méteres távolságra lőttünk 5 lövéses szórásokat egy ponton, homokzsákra feltámasztott fegyverrel löpadról, valamint villára támasztva álló test-helyzetből. A löpadról lőtt sorozatok hivatottak a lehető legkisebbre csökkenteni az emberi hibalehetőséget, míg a villára támasztott fegyverből leadott lövések szimulál-ják a harci felhasználás körülményeit. A katonát érő stressz hatását szimulálni nem tudjuk, de biztosak lehetünk benne, hogy harci körülmények között a muskétások az általunk kapott szórásképeknél csak kisebb pontossággal célózhattak. A puska töltése tekintetében is igyekeztünk a korabeli töltési módok mindegyikét vizsgálni: az apos-tolokból történő töltést éppúgy kipróbáltuk, mint a Dolleccek által ábrázolt papírtöl-tény szórásképét. A lölap minden esetben az MLAIC 200 m muskétalölap volt, mely 80 cm-es értékelt zónával és 40 cm-es célfeketével rendelkezik. Töltényreprodukcióink John Cruso leírása<sup>28</sup> alapján készültek. A muskétalövedék ürméretének beállítása során a kétlépcsős szabályt alkalmaztuk, vagyis a 14-es csöbe 16-os lövedéket töltöttünk, ami 18 mm-es csőürméretet és 17,1 mm-es lövedékürméretet jelent. Eredményeink:

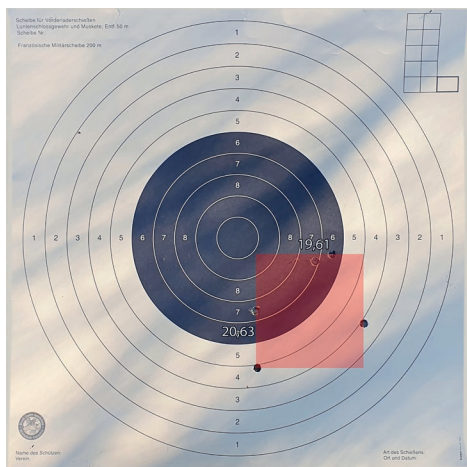
---

<sup>27</sup> Montecuccoli 2019. 61., 69., 126. o.

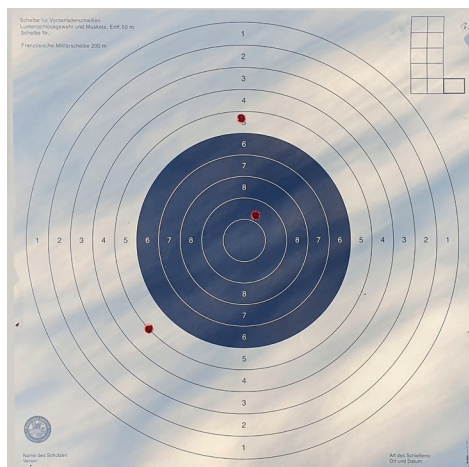
<sup>28</sup> Cruso 1632. 41. o.

Lövés	Szórásnégyyszög mérete (cm <sup>2</sup> )
50 m-re homokzsákról feltámasztva, apostolokból töltve	$19,61 \times 20,63 = 404,5$
80 m-re homokzsákról feltámasztva, apostolokból töltve	Az 5 lövésből csak három csapódott a lőlapba, kettő elvétette azt.
50 m-re villára támasztva, apostolokból töltve	$31,74 \times 18,52 = 587,8$
50 m-re villára támasztva, papírtölténnyel töltve	$10,6 \times 15,91 = 168,6$

16. táblázat: A kanócos muskéta pontosságának vizsgálata lőkísérlettel  
(100 grain 1 Fg Swiss lőpor, papírfajtás, 17,1 mm ólomgolyó)



7. kép: Muskéta lövéseinek szórásképe 50 m-en feltámasztásból



8. kép: Muskéta lövéseinek szórásképe 80 m-en feltámasztásból



9. kép: Muskéta lövéseinek szórásképe 50 m-en villáról tüzelve, papírtölténnyel töltve



10. kép: Muskéta lövéseinek szórásképe 50 m-en villáról tüzelve, apostolokból töltve

A kapott eredmények nem hasonlíthatóak a grazi kísérletek eredményeihez, mivel azok során a fegyvereket speciális belövőállványra rögzítve, 100 m-es távolságon vizsgálták a szórásképet. 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 komoly 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 apostolok használata gyorsabb volt, mint a török töltési mód: „A törökök muskétáinak csőve jóval hosszabb, mint a mieinké, kaliberük kisebb, nem használnak pantallért és patron, <sup>29</sup> ezért hosszabb időre van szükségük a töltéshez.”<sup>30</sup>

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

### A kanócos muskéta célballisztikája

A célballisztika feladata, hogy meghatározza a lövedék ölléképességét. Igen komplex és igen fiatal kutatási terület, melynek eredményei csak korlátozottan értelmezhetőek orvosi és fizikai ismeretek nélkül. Ennek megfelelően következtetéseink 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 modern lőfegyverek hatásával.

Erre vonatkozóan 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.”<sup>31</sup> Ezzel sajnos sokat kezdeni nem tudunk.

Célballisztikai vizsgálatok segítségével mutathatjuk be azt a folyamatot, ahogyan a lövedék becsapódás után átadja mozgási energiáját a célközegnek. A ballisztikai zselatinnal végzett lőkísérletek erre adnak lehetőséget. A célközeg a vizsgálataink során a

<sup>29</sup> Pantallér: vállon átvett bőröv, melyre a lőporfiolákat rögzítették zsinórokkal. Patron: papírtöltény.

<sup>30</sup> *Montecuccoli* 2019. 253. o.

<sup>31</sup> Uo. 141. o.

ClearBallistics FBI szabvány szintetikus ballisztikai zselatintömbje volt, mely érzéketlen a hőmérsékleti viszonyokra, így a különböző környezeti paraméterek között végzett lökísérletek eredményeit összehasonlíthatóvá teszi. A szintetikus zselatintömb ugyanakkor csak közelíti az emberi szövet tulajdonságait, 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 Zrínyi-Újvár-i lövedékek lőtávolságain (a keréklakatos pisztoly esetében 5 m távolságon, a kanócos muskétánál 80 m távolságon) vizsgáljuk az ölképességet.

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

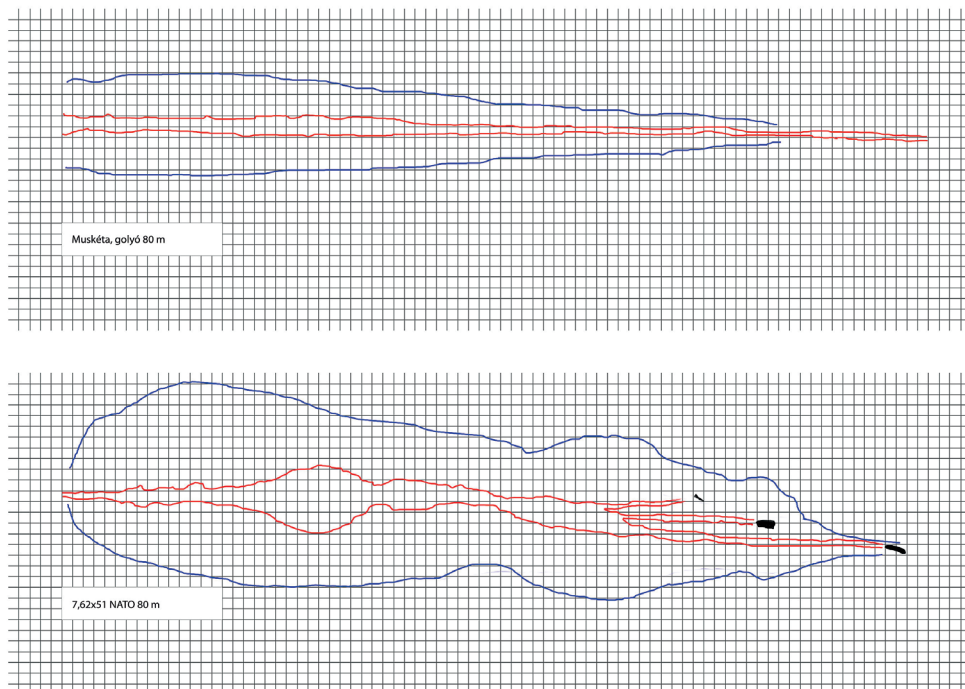
Amikor a lövedék a célközegbe csapódik, lassulni kezd, ahogy mozgási energiáját átadja a célnak. Két lövedékhatás érvényesül ilyenkor: kialakul a maradandó sebsatorna, melyet a szövetbe (zselatinba) csapódó lövedék fúr. Ennek a lyuknak a mérete alapjaiban határozza meg, hogy az eltalált személynél mennyire lesz intenzív az okozott vérzés. Minél nagyobb a bemeneti és kimeneti nyílás, minél hosszabb és szélesebb a sebsatorna, minél több a találat környékén a roncsolt főér, annál gyorsabb, nagyobb lesz a vérvesztés.

A második lövedékhatás az időszakos sebsatorna kialakulása, melyet a testszövetekben generált lökeshullám okoz. A célközegbe csapódó lövedék lökeshullám-szerűen 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 minél nagyobb a lövedék felülete, mely érintkezik a célközeggel. Minél nagyobb a bemeneti és kimeneti nyílás, annál intenzívebb a vérzés, annál gyorsabban esik le a vérnyomás és veszíti el a sérült az eszméletét.

Harmadlagos hatásként említhetjük a seb elfertőződését is. A nagyméretű golyók, hasáblövedékek jelentős mennyiségű szennyeződést visznek a sebbe, elsősorban a katonaruhájáról, ami a seb elfertőződését okozza. A 17. századi orvostudomány nem ismert még hatékony módot a fertőtlenítésre, így egy kisebb sebesülés is könnyen vezethetett halálhoz.

A maradandó sebsatorna (bemeneti és kimeneti nyílás, átütési mélység, a lökeshullám által okozott szakadások, a központi sebsatorna, a sebbe vitt szennyeződés) vizsgálható a lövés leadása utáni méréssel, szemrevételezéssel. Az időszakos sebsatorna vizsgálatához azonban olyan kamerára van szükség, mely képes másodpercenként

több ezer felvételt készíteni.<sup>32</sup> Ábráink (11. kép) elkészítéséhez pontos méretezés alkalmazása mellett árajzoltuk piros színnel a maradandó sebsatorna határait a lehető legnagyobb pontossággal, a nagysebességű filmfelvételt pedig ott állítottuk meg, ahol az időszakos sebsatorna 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 ölőképeségéről, mivel az általunk leadott lövésmennyiség (fegyverenként 2-3 lövés) nem ad lehetőséget statisztikai elemzésre.



11. kép: Muskétagolyó és .308 Win lőszer hatása ballisztikai zselatinban. Piros: maradandó sebsatorna, kék: az időszakos sebsatorna kialakulásának külső határa, 1 négyzet = 1 × 1 cm

A lövedékhatás vizsgálata tekintetében, ahogy a grazi kísérletek során, úgy mi is a .308 Winchester ürméretű lőszer<sup>33</sup> használtuk referenciaként. Az apostolokból töltött fegyver esetében a következő mozgási energiákat kaptuk a regisztrált lövedéksebességek alapján kalkulálva:

<sup>32</sup> A megfelelő készüléket, egy Chronos 2.1 HD kamerát a Polgári Kézilőfegyver- és Lőszervizsgáló Kft. biztosította számunkra.

<sup>33</sup> Vagyis 7,62 × 51-es NATO teljes köpenyes lőszer.

Lövések apostolokból	29 g ólomgolyó, 100 grain (6,48 g) 1 Fg Swiss lópor (Joule)					
	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
<b>Átlag:</b>	<b>1354,3</b>	<b>1318,9</b>	<b>1248,8</b>	<b>1178,0</b>	<b>1004,7</b>	<b>881,3</b>
Referencia: 7,62 × 51 NATO (5 lövés átlaga)	3490	3457	3398	3333	3209	3018

17. táblázat: Lövedékhatás vizsgálata az apostolokból töltött fegyver esetében

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

Megvizsgáltuk, hogyan változtat a lövedék ballisztikáján, ha papírtölténybe csomagolva töltjük a fegyverbe. Ebben az esetben a golyó a jobb fojtásnak köszönhetően nagyobb kezdősebességet ért el, aminek hatására a lövedék mozgási energiája is nőtt:

Lövések papírtölténnyel	29 g ólomgolyó, 100 grain (6,48 g) 1 Fg Swiss lópor (Joule)					
	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
<b>Átlag:</b>	<b>1438,9</b>	<b>1400,9</b>	<b>1314,4</b>	<b>1237,3</b>	<b>1065,1</b>	<b>949,6</b>
Apostol / papírtöltény	106%	106%	105%	105%	106%	108%

18. táblázat: Lövedékhatás vizsgálata papírtölténybe csomagolt golyóval töltött fegyver esetében

A torkolati sebesség papírtölténynek köszönhető növekedése átlagosan 5–8%-kal emelte meg a mozgási energiát.

Érdekes összehasonlítani a muskéta lövedékének sebességét és mozgási energiáját egy modern hadi lőszer teljesítményével.

	Lövedék	Tömeg	V80	E80
1.	17,14 mm-es ólomgolyó	29,0 g	246,5 m/s	881 J
2.	7,62 × 51 NATO-lőszer	9,7 g	788,9 m/s	3019 J

19. táblázat: A muskétagyolyó és a .308 Win lőszer tömege, illetve sebessége és becsapódási energiája 80 m-en

- 1.) A 17,14 mm-es ólomgolyó áthatolt mindkét zselatintömbön (vagyis nem adta át teljes energiáját a célközegnek, mint a NATO-lőszer lövedéke), az időszakos sebcsatorna legnagyobb szélessége 96 mm, a maradandó sebcsatorna szélessége jellemzően 16–19 mm-től 32 cm-ig terjedt, majd a visszazáródás miatt 10 mm alá csökkent. A bemeneti nyílás átmérője 16 mm, nem záródott, bemenetnél szennyeződés észlelhető, az energiaátadásra nincsen adat, de nem lehet jobb, mint 10,6 J/cm.
- 2.) A  $7,62 \times 51$ -es NATO teljes köpenyes lőszer 82 cm-re hatolt be a zselatintömbbe, a lövedékköpeny több részre szakadt, a mag elvált a köpenytől és bukdácsolva haladt. Az időszakos sebcsatorna legnagyobb szélessége 18 cm, maradandó sebcsatorna jellemzően 10 mm körül volt, de ahol a lövedék átfordult, jóval szélesebb üreg alakult ki. A bemeneti nyílás átmérője 3 mm volt, és záródott, az energiaátadás 36,8 J/cm.

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 lökéshullám csak korlátozottan alakul ki. (Közel hasonló hatást figyelhattunk meg, mint majd a lovassági pisztoly gömblövedéke esetében.) A nagy átmérőjű lövedék ugyanakkor igen nagy maradandó sebcsatornát vágott. A bemeneti nyílás szinte egyáltalán nem záródott vissza, a sebcsatornába jelentős mennyiségű szennyeződés jutott. A lövedéket a 82 cm széles két darab zselatintömb sem tudta megállítani. Ezzel szemben a .308 Winchester lőszer lövedéke sokkal hatékonyabban adta le mozgási energiáját a célközegnek, jóval erősebb időszakos sebcsatornát és nagyobb maradandó roncsolást hozott létre. A bemeneti nyílás szinte teljesen visszazáródott, ugyanakkor a lövedék darabokra hullott: a lövedékköpeny leszakadt az ólommagról és több részre hasadt. Az ólomból is leszakadtak apró részecskék. A lövedék elemekre hullásának oka abban keresendő, hogy lassulás közben instabillá vált és bukdácsolt a célközegben. A tömb végében megrekedt ólommag is farral előre állt meg.

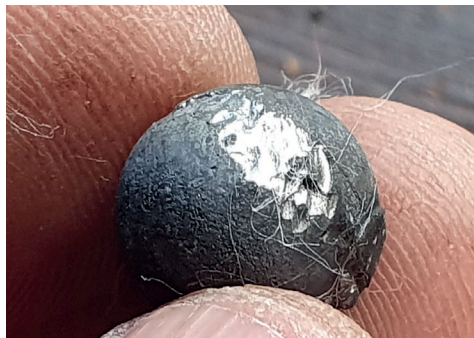
#### A kilövés nyomai a muskétalövedékeken

	Lövedék tömege (g)				Lövedék átmérője (mm)	
	$m_a$	$m$	különbség	vesztesség	$d_a$	$d$
1.	29,87	29,71	0,16	0,54%	17,12–17,19	17,05–17,30
2.	29,58	29,39	0,19	0,64%	17,10–17,16	16,85–17,25
3.	29,93	29,79	0,14	0,47%	17,10–17,18	16,92–17,26
4.	29,85	29,67	0,18	0,60%	17,13–17,17	17,04–17,29
5.	29,94	29,71	0,23	0,77%	17,13–17,19	17,01–17,24
<b>Átlag:</b>	<b>29,834</b>	<b>29,654</b>	<b>0,18</b>	<b>0,60%</b>		

20. táblázat: A kilőtt és puha közegben felfogott muskétalövedékek tömegvesztése és deformációja.  
 $(m_a = a$  lövedék kilövés előtti tömege,  $m = a$  lövedék kilövés utáni tömege,  
 $d_a = a$  lövedék kilövés előtti átmérője,  $d = a$  lövedék kilövés utáni átmérője)

Puha közegben, vattával kitömött dobozban fogtuk fel a kilőtt muskétagolyókat, hogy azonosíthatóak legyenek rajtuk azok a nyomok, melyek közvetlenül a kilövéshez köthetőek, és nem a becsapódáshoz. Mindössze néhány lövedéket nyertünk vissza a módszer használatával, így a kapott eredmények nem tekinthetőek általános érvényűnek, ugyanakkor támpontot adhatnak a hadirégészeknek a lövedékeken látható nyomok azonosításához.

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, mely a gömblövedék eredeti tömegének megközelítőleg 0,6%-a. A lövedékeken jól láthatóan megjelentek a cső és ólomdarab között fellépő súrlódás jelei. A lövedékek alsó oldalán vastag, szürkésfekete égéstermék réteg alakult ki. Azokon a felületeken, ahol a lövedék a csővel érintkezett, a kopásnyom övszerűen körbeveszi a golyót. A lövedékek jól mérhetően a csőtengelynek megfelelő irányban veszítettek az átmérőből, miközben az arra merőleges irányban növekedtek.



12. kép: A cső koptató hatásának nyomai kilőtt, puha közegben visszanyert muskétalövedéken

Másrészt a löporgázok feszítő hatásának köszönhetően a közel szabályos formájú golyó ovalitása növekedett, a csőtengely mentén veszített átmérőjéből, azzal merőlegesen pedig növekedett a mérete. Vagyis a harctereken fellelt lövedékek ovalitása nem feltétlenül hozható összefüggésbe a korabeli öntőformák tökéletlenségével vagy a becsapódáskor fellépő deformációval.

Említést tettünk korábban D. P. Miller lökísérleteiről<sup>34</sup>, melyek során a lövedék kerületén kialakuló kopásnyomok alapján állították be a löportölteteket. Vizsgálataik azt bizonyították, hogy 400 m/s feletti torkolati sebesség kellett ahhoz, hogy ezek kialakuljanak. Ezek nagyon hasonlóak voltak azokhoz a kopásnyomokhoz, melyeket a Marston Moor-i és edgehilli csatátér lövedékein azonosítottak. Hasonló kopásokat elvéve találunk Zrínyi-Újvár muskétalövedékein, vagyis ez alapján is feltételezhetjük, hogy az ostromlott katonák kisebb gáznyomással, kisebb torkolati sebességgel lőtték ki muskétáik lövedékeit.

<sup>34</sup> Miller 2010. 23. o.

*Lőkísérletek a 17. századi keréklakatos pisztollyal*

A keréklakatos pisztoly a 15. század végén – 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. Mivel a fegyver elsütését a pirit (vagy kovakő) és a forgó acélkerék kölcsönhatása biztosítja, nem pedig kanóc, ezért kezelése sokkal kevésbé körülményes, mint a kanócos lakatoké. Ez tette alkalmassá lovassági használatra a tűzfegyvereket. 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 egyidejűleg 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 lötték ki az előkerült gömb- vagy hasáblövedéket.

Alábbi, 21. sz. táblázatunkban azoknak a katonai keréklakatos pisztolyoknak az adatait foglaljuk össze, amelyeket az 1664. évi hadjárat tekintetében relevánsnak tartottunk. A kiválasztott fegyverek a bécsi Heeresgeschichtliches Museum, a budapesti HM Hadtörténeti Intézet és Múzeum, a Magyar Nemzeti Múzeum (MNM), illetve magángyűjtők tulajdonában vannak. A listába beemeltük azt a fegyvert is, amellyel a grazi kutatócsoport végezte kísérleteit.<sup>35</sup> A táblázat ugyanakkor tartalmazza annak a fegyverreprodukciónak az adatait is, melyet a lőkísérletekhez használtunk.

	<b>Fegyver, gyűjtemény</b>	<b>Teljes hossz (mm)</b>	<b>Csőhossz (mm)</b>	<b>Űrméret (mm)</b>	<b>Tömeg (g)</b>
1.	Puffer <sup>36</sup> , 16. sz. 2. fele (HGM, 133) <sup>37</sup>	553	330	16	2200
2.	Keréklakatos pisztoly, 16. sz. 2. fele (HGM, 134)	565	365	13,5	1380
3.	Keréklakatos pisztoly, 17. sz. 1. fele (HGM, 135)	640	435	13	1450
4.	Keréklakatos pisztoly, 17. sz. 2. fele (HGM, 136) <sup>38</sup>	495	285	16	1120

<sup>35</sup> Klaus 1989. 41–114. o.

<sup>36</sup> Puffer: robusztus, elsősorban német nyelvterületeken gyártott pisztolytípus rövidebb csővel, határozott markolatgombbal.

<sup>37</sup> 1–3. tétel: Gabriel 1990. 430., 432., 434. o.

<sup>38</sup> Uo. 436. o. Ez volt az egyetlen, ahol a nézőke/célgömb valamilyen formában megjelent.

	<b>Fegyver, gyűjtemény</b>	<b>Teljes hossz (mm)</b>	<b>Csőhossz (mm)</b>	<b>Űrméret (mm)</b>	<b>Tömeg (g)</b>
5.	Keréklakatos pisztoly, 17. sz. 2. fele (HGM, 137) <sup>39</sup>	555	358	16	1110
6.	Puffer, 16. sz. (MNM, 1, 55.3241) <sup>40</sup>	495	295	15	–
7.	Puffer, 16. sz. (MNM, 5, 56.3857)	500	290	15	–
8.	Keréklakatos pisztoly, 17. sz. (MNM, 27, 55.3448.1-2.)	670	468	14	–
9.	Keréklakatos pisztoly, 17. sz. (MNM, 28, 55.3845)	605	395	15	–
10.	Keréklakatos pisztoly, 17. sz. (MNM, 29, 55.3846)	600	403	16	–
11.	Keréklakatos pisztoly, 17. sz. (MNM, 33, 55.3850)	613	420	13	–
12.	Keréklakatos pisztoly, 17. sz. (MNM, 44, 59.7864)	606	400	15	–
13.	Keréklakatos pisztoly, 1620 (LG, RP 2895) <sup>41</sup>	690	480	12,3	1590
14.	Puffer, 16. sz. (MNM, 56.3945) <sup>42</sup>	490	300	12	–
15.	Keréklakatos pisztoly, 17. sz. (MNM, 55.2566) <sup>43</sup>	708	515	11	–
16.	Keréklakatos pisztoly, 17. sz. (Németh Balázs gyűjteménye)	568	345	12,4	1290
17.	Keréklakatos pisztoly/Puffer reprodukciója 17. sz. második fele (Németh Balázs gyűjteménye, 0581)	605	401	12,8	1375
18.	Keréklakatos pisztoly, 17. sz. 2. fele (HM HIM, F.1489)	580	390	15	1047
19.	Keréklakatos pisztoly, 17. sz. 2. fele (HM HIM, 97.72.1.)	645	435	15,36	1226
20.	Keréklakatos pisztoly, 17. sz. 2. fele (HM HIM, 81.14.1.)	615	402	15,39	1273 <sup>44</sup>

21. táblázat: az 1664. évi hadjárat tekintetében releváns katonai keréklakatos pisztolyok jellemző adatai

<sup>39</sup> Gabriel 1990. 438. o.

<sup>40</sup> 6–12. tétel: Temesváry 1988. 59., 60., 71., 72., 73., 77. o.

<sup>41</sup> Krenn et al. 1989. 55. o.

<sup>42</sup> Lugosi – Temesváry 1989. 223. o.

<sup>43</sup> Uo.

<sup>44</sup> A fegyver kakasa hiányzik.

Már a három múzeum inventáriuma is sejteti, hogy nehezen találhatunk – a keréklakatos működésén és pisztolyméreten kívül – sok egyezést a különböző típusok között. Tovább bonyolítják a helyzetet a rendelkezésünkre álló írott források is. Raimondo Montecuccoli *Aforismi dell'arte bellica* című művében egylatos űrméretet adott meg lovassági pisztolyok lövedékeinek tekintetében.<sup>45</sup> 1 lat 17,5 g lövedéktömeget jelent, ami 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. számú pisztolyaihoz illeszkedik.



13. kép: Lőkísérletekre előkészített keréklakatos pisztolyok és töltényeik

Dollezek monográfiájában is találunk adatot a 17. századi pisztolyok űrméretével kapcsolatosan. Szerinte az 1657 M pisztolyok és karabélyok űrmérete 17–18 mm volt, melybe 15,9 mm-es, 24 g tömegű ólomgolyót tölthettek. Dollezek adatai azonban sokszor pontatlanok, véleményünk szerint a szerző az Erich Gabriel által is listázott 4. és 5. fegyvert vette alapul, melyhez tévesen párosította az 1798 M fegyvercsalád szolgálati lövedékét.<sup>46</sup>

Az űrmérettel kapcsolatosan kitűnő forrásként használható a grazi Universal-museum Joanneum pisztolygyűjteménye is. Az itt található fegyverek űrmérete 10 és 12,7 mm között mozog, ami igen kicsi az 1620-as években Suhlban készített pisztolyok

<sup>45</sup> „La palla di pistola pesa un lotto, cioè mezza oncia.” *Montecuccoli* 1852. 130–131. o.

<sup>46</sup> *Dollezek* 1970. 59. o.

13,1–13,5 mm-es űrméretéhez képest. Az 1630–40-es években a megnövekedett katonai igényeknek megfelelően változtak a keréklakatos pisztolyok: a szerkezet egyszerűsödött, a díszítés háttérbe szorult, a csövek rövidültek, az űrméretük 15–16 mm közötti átmérőre híztak.<sup>47</sup>

A 17. században a katonai szabványok kialakulását a zsoldos rendszer is gátolta, mivel a fegyverek beszerzése mögött nem állt központi, állami adminisztráció, azokat a zsoldos vállalkozó szerezte be egységének.

A csőhossz és űrméret változása köthető a lovas csapatnemek átalakulásához is. A 17. század közepétől egyre kevesebb vértet figyelhető meg a lovagi hagyományokat még őrző csapatnemek – a *lancier* és *cuirassier*<sup>48</sup> – fegyverzetében is. Ez a folyamat azonban a 17. század elején még nem kezdődött meg. Véleményünk szerint ennek köszönhető, hogy az időszakhoz köthető keréklakatos pisztolyok űrmérete kisebb, csövkük 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 növelésével. Ezt a célt szolgálhatta a hosszabb cső is, melyben a lőporgázok hosszabb ideig gyorsították a kisebb űrméretű lövedéket. Ahogy a páncélelemek egyre tűnédeztek el a lovas katonákról, a kaliber növekedni kezdett, a felhasználás praktikuma érdekében pedig a csőhosszok fokozatosan rövidültek.

Zrínyi Miklós *Tábori kis tracta* című, 1646 és 1651 között írt művében már a köztes, vagyis a könnyű- és nehézlovas feladatok ellátására is alkalmas katonát írta le, mint minden feladatra alkalmas lovas csapatnemet. Lovasa csak mellvasat és sisakot viselt védelemként, fegyvere karabély, pisztolypár és kard volt. Zrínyi értelmezése szerint a pika és a lándzsa már haszontalan a lovas katona kezében.<sup>49</sup>

<sup>47</sup> Schürger 2015. 83–84. o.

<sup>48</sup> A *lancier* lovasság őrizte meg a lovagkor hagyományait legjobban. Páncélzata a teste nagyrészt fedte, fő fegyvere a lándzsa vagy kopja volt. Zárt négyszög harcrendbe bontakozva harcolt, soronként, vagy két soronként támadva az ellenségre. Ha egy sor elakadt az ellenség védelmében, hátralogott, újrarendezte a vonalat, majd amint rákerült a sor, ismét támadásra indult. A nyereg előtt két pisztolyt is viselt, de azt csak végszükség esetén lőtte ki. – Kicsit könnyebb felszereléssel, ún. háromnegyedes vérttel rendelkezett a *cuirassier*, vagy vértés. Fő fegyverei a pisztolypár, valamint a hosszú, egyenes kard voltak. A támadást pisztolyaival kezdte. Közel lovagolt az ellenséghez, majd szinte testközelből adta le a lövéseket. A vérteteket pisztolygolyó ellen tervezték, így a legjobb az volt, ha a cső torkolatát be tudta dugni az ellenség mellvértje alá. A kardot csak akkor használta, ha a pisztolyokat már kilőtte.

<sup>49</sup> Zrínyi 1891. 376. o.

A lovassági pisztoly töltésének módjáról keveset tudunk. Míg a muskéta töltését számos korabeli forrás a lehető legnagyobb pontossággal írja le, addig a pisztoly betöltéséről csak elvétve találunk ismertetést. Az egyik első leírás John Cruso 1632-ben készült lovassági szabályzatában szerepel, mely mind a keréklakatos, mind az ütőkakasos pisztolyok töltését ismerteti 17 lépésben.<sup>50</sup>

<i>To horse.</i>	Lóra! – A katona felül a lovára.
<i>Uncap your pistols.</i>	Gombold ki a pisztolyod! – A katona jobb kézzel kigombolja a pisztolytokot.
<i>Draw your pistols.</i>	Vedd elő a pisztolyt! – A katona kihúzza jobb kézzel a pisztolyt a bal oldali fegyvertokból, és a torkolatot kényelmes töltési magasságba emeli.
<i>Order your pistol.</i>	Pisztolyt töltésre! <sup>51</sup> – A katona bal kezébe eresztí a pisztolyt, mely a gyeplőt is tartja, a markolatot pedig a csípőjére támasztja.
<i>Span your pistol.</i>	Feszítsd meg a lakatot! – A katona előveszi a keréklakatot megfeszítéséhez szükséges kulcsot, majd megfeszíti a lakatot. Az ehhez szükséges kulcsot általában szíjjal rögzítették a fegyvertokhoz, hogy a katona ne veszítse el azt.
<i>Prime.</i>	Felporozni! – A katona jobb kézzel a felporzó flaskát a serpenyőhöz emeli, hüvelykujjal megnyomja a szelepet, és finom lőport ereszt a serpenyőbe.
<i>Shut your pan.</i>	Zárd a serpenyőt! – A katona megnyomja a serpenyő zárógombját, így a fedél megakadályozza, hogy a felporzó lőpor kihulljon a serpenyőből lovaglás közben.
<i>Cast about your pistol.</i>	Lendítsd a pisztolyt! – A katona bal kézben tartva a pisztolyt felemeli úgy, hogy a torkolat felfelé nézzen.
<i>Gage your flasque.</i>	Mérd ki a lőport! – A katona jobb kézzel felemeli a lőportartót, mutatóujjal lezárja a mérőcsőrt, benyomja a szelepet, és lefordítja a flaskát, hogy megteljen a flaska mérőcsőre egy adag lőporral.
<i>Load your pistol.</i>	Töltsd a csőbe! – A katona elveszi mutatóujját a mérőcsőrről, és a csőbe tölti a lőport.
<i>Draw your rammer.</i>	Vond ki a töltővesszőt! – A katona kihúzza a töltővesszőt az ágyazás csatornájából.

<sup>50</sup> Cruso 1632. 38–40. o. A modern kori töltési mechanizmust leírja Németh 2017. 57–59. o.

<sup>51</sup> Szabad fordításban.

<i>Lade with bullet, and ramme home.</i>	Tölts be a golyót és nyomd azt le! – A katona elővesz egy golyót vagy a szájából, <sup>52</sup> vagy az arra szolgáló fegyvertokhoz rögzített bőrzacskóból, majd a torkolatba teszi, és lenyomja a töltővesszővel.
<i>Return rammer.</i>	Töltővesszőt a helyére! – A katona visszahelyezi a töltővesszőt az ágyazás csatornájába.
<i>Pull down your cock.</i>	Helyezd rá a kakast! – A katona bal kézzel jobb oldalra helyezi a pisztolyt, a markolatot megtámasztja a csípőjén, majd a serpenyőfedélre hajtja a piritet vagy kovát tartó kakast.
<i>Recover your pistol.</i>	Helyezd vissza a pisztolyt! – A katona jobb kezébe veszi a fegyvert.
<i>Present and give fire.</i>	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 áll, meghúzza a ravaszt. Ez a tartás biztosabbá teszi a gyújtást, mivel a felporzó lőpor a gyúlyuk mellé hullik a serpenyőben.
<i>Return the pistol.</i>	Tedd el a pisztolyt! – A katona visszahelyezi a pisztolyt a tokba, majd szükség szerint újratekdi a folyamatot.

Cruso szabályzata az ún. „snap-hane”,<sup>53</sup> vagyis ütőkakasos (korai kovás lakattal rendelkező) pisztolyok töltése tekintetében is ad számunkra eligazítást. Ez az első ismert forrásunk, mely e fegyvertípus katonai töltését leírja. Az ismertetett procedúrát 4 további ponttal egészítette ki kovás lakattal rendelkező fegyverek számára:

<i>Bend your cock.</i>	Feszítsd meg a kakast! – A katona bal kézben tartja a pisztolyt, jobb kézzel pedig megfeszíti a kakast.
<i>Guard your cock.</i>	Biztosítsd a kakast! – A katona biztosítja a kakast véletlen előreccsapás ellen a lakatra csavározott fogszerű akasztó segítségével.
<i>Order your hammer.</i>	Fesztelenítsd a kakast! – A katona leereszti a kakast biztonságos állásba.
<i>Free your cock.</i>	Biztosítsd ki a kakast! – A katona hátrahúzza a kakast, hogy a biztosító fog kiakadjon, és a lövés leadható legyen.

<sup>52</sup> A lövedékek szájban tartása nem egyedi eset. Mind a lovasság, mind a gyalogság esetében ismerünk erre példát. Célja a töltési folyamat gyorsítása volt.

<sup>53</sup> Ütőkakasos lakat. *Cruso* 1632. 40. o.

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

Nézzünk néhány konkrét példát arra, hogy a pisztolyok esetében hogyan viszonyult a csőürméret a lövedékürmérezhez! Cruso szabályzata szerint a lovasság keréklakatos pisztolyának ürmérete 20-as volt, miközben a beletöltött lövedék 24-es ürméretű. Az angol font tömege alapján kalkulálva a következő adatokat kapjuk.<sup>54</sup>

	<b>Cső</b>	<b>Lövedék</b>
Ürméret (angol fontban)	20	24
Ürméretnek megfelelő lövedéktömeg	22,6 g	18,87 g
Ürméretnek megfelelő átmérő	15,6 mm	14,68 mm
Átmérőkülönbség	0,92 mm	
A lövedék átmérője és a csőürméret arányszáma	94,1%	

22. táblázat: A lovasság keréklakatos pisztolyának és lövedékének paraméterei John Cruso szabályzata alapján

	<b>Cső</b>	<b>Lövedék</b>
Ürméret (angol fontban)	42	45
Ürméretnek megfelelő lövedéktömeg	10,79 g	9,56 g
Ürméretnek megfelelő átmérő	12,3 mm	11,8 mm
Átmérőkülönbség	0,5 mm	
A lövedék átmérője és a csőürméret arányszáma	95,9%	

23. táblázat: A lovasság keréklakatos pisztolyának és lövedékének paraméterei a grazi lökésérletek során<sup>55</sup>

Dollezek monográfiája is tartalmaz információt a cső- és lövedékürméretnek viszonya tekintetében. Az 1657 M 17–18 mm-es pisztolyok és karabélyok esetében 15,9 mm-es lövedékátmérőt ad meg, ami azt jelenti, hogy a csőürméret a lövedékürméretnek 93,5–88,3%-a.<sup>56</sup>

<sup>54</sup> 1 angol font = 453 g.

<sup>55</sup> Klaus 1989. 55. o.

<sup>56</sup> Dollezek 1970. 60. o.

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 a cső átmérője közötti különbség.<sup>57</sup>

Gyártmány helye és ideje	Csőűrméret (lövedék / font)	Csőűrméret (mm)	Golyóűrméret (lövedék / font)	Golyóűrméret (mm)	Golyó- vs. csőűrméret
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	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	94,02%
Nürnberg / Augsburg (1625–1630)	70	10,5	80	10	95,24%
Nürnberg (1620–1625)	80	10–10,2	90	9,5–9,8	95–96%
Augsburg / Nürnberg (1600–1630)	80	10–10,5	90	9,5–9,8	95–93,3%

24. táblázat: A 13,5 mm alatti űrméretű pisztolyok esetében a golyó és a cső közötti különbség Peter Engerisser gyűjtése nyomán

#### A keréklakatos pisztoly torkolati sebessége

A keréklakatos pisztoly megtöltésének első fogása a kerék megfeszítése. A szerkezet-től 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 löport (fojtást), majd a lövedéket betöltjük. A pisztoly tűzkészé tétele a kakas serpenyőfedélre hajtásával történik. Ha ezután a ravaszt elhúzzuk, a kerék forogni kezd, a serpenyő azonnal kinyílik, a kakasporfákba szorított pirit vagy kovakő pedig szikrát vet, mely belobbantja a felporzó löport.

A lövéseket 70 grain (4,54 g) 1 Fg Swiss No. 5. feketelöpor-töltettel adtuk le. A lövedéket – a lovassági felhasználási módnak megfelelően – papírtöltényben egyesítettük a löportöltettel. A tiszta ólom, 12 g tömegű, 12,4 mm átmérőjű gömblövedék előzetes lökísérleteink eredménye alapján 305 m/s körüli sebességgel csapódott a homokfalba.

<sup>57</sup> Engerisser 2017.

Ballisztikai radarral a következő lövedéksebességeket rögzítettük az előzetesen beállított feketelőpor-töltettel:

Lövések gömblövedékkel	Lövedéksebességek a csőtorkolatnál és onnan távolodva (m/s)						
	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
<b>Átlag:</b>	<b>313,6</b>	<b>302,8</b>	<b>292,4</b>	<b>281,6</b>	<b>271,2</b>	<b>261,6</b>	<b>255,25<sup>58</sup></b>
9 mm Luger, 8 g <sup>59</sup>	327	325	322	318	–	–	307

25. táblázat: Lökísérletek eredménye gömblövedék sebességének meghatározásához (70 grain /4,54 g/ 1 Fg Swiss feketelőpor, papírfojtás, 12,4 mm átmérőjű tiszta ólom golyó használatával). Az értékek könnyebb értelmezése érdekében megadtuk a modern 9 mm Luger pisztolylőszer adatait is.

Érdekes ezzel az értékkel összehasonlítani a grazi kísérletek során regisztrált kezdősebességeket. A lövések során alapszabály szerint 1/3-os töltési hányadost alkalmaztak a modern Jagdschwarzpulver lőszer esetében, a pisztolyok vizsgálatok azonban valamilyen oknál fogva nem követték ezt az elvet. A lövedék tömegének harmadát kitevő lőportöltet modern, finom szemcseméretű lőporból már önmagában erősebb, mint a 17. századi lőportöltet, ugyanakkor a grazi kutatócsoport még ennél is erősebb tölteteket alkalmazott a vizsgált keréklakatos pisztoly esetében. Lökísérleteik 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, amit forrásaink nem igazolnak. Pisztolyokra vonatkoztatva John Cruso 50%-os töltési hányadot ad meg, vagyis a grazi kísérletek eredményei a keréklakatos pisztolyok esetében is minden bizonnyal pontatlanok. Ennek megfelelően irreálisan magas, a 14 lövés átlaga alapján 438 m/s torkolati sebességet kaptak.<sup>60</sup> 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.<sup>61</sup> A Zrínyi-Újvárnál fellelt, vizsgálatunkba vont pisztolygolyó ennél jóval

<sup>58</sup> A lövést a ballisztikai radar nem regisztrálta, így 50 méteres távolságon a sebességátlagot csak négy lövés segítségével számítottuk ki.

<sup>59</sup> Öt lövés átlaga.

<sup>60</sup> Kalas 1989. 55. o.

<sup>61</sup> Uo. 55., 72., 109. o.

kisebb torkolati sebességgel indulhatott, így egyelőre nem igazolja a grazi kísérletek kiinduló adatait, eredményeit.

A pisztolylövedékhez használt lőportöltettel vizsgáltuk a kalapált hasáblövedék sebességét is.

Lövések kalapált hasáblövedékkel	Lövedéksebességek a csőtorkolatnál és onnan távolodva (m/s)					
	V0	V5	V15	V25	V50	V80 <sup>62</sup>
1.	153	151	149	147	129	–
2.	139	137	134	128	120	–
3.	142	–	–	–	–	–
4.	136	134	131	125	117	–
5.	129	127	126	124	0	–
<b>Átlag:<sup>63</sup></b>	<b>139,8</b>	<b>137,3</b>	<b>134,9</b>	<b>131,0</b>	<b>122,1</b>	–

26. táblázat: Lökísérletek eredménye kalapált hasáblövedék sebességének meghatározásához (70 grain /4,54 g/ 1 Fg Swiss feketelőpor, papírfójtás, 12,4 mm átmérőjű tiszta ólom lövedék használatával)

A méréseket nehezítette, hogy a lövések egy része olyannyira pontatlan volt, hogy igen gyorsan kirepült a Doppler-radar látómezőjéből. Szembetűnő, hogy a gömblövedékekhez képest jelentősen növekedett a kezdősebesség szórása, míg a torkolati sebesség kevesebb mint felére csökkent. Ennek két oka van: egyrészt a muskétagyóból kalapált hasáblövedék tömege jelentősen nagyobb, másrészt a szögletes forma miatt jóval nagyobb a csőfal és a lövedék közötti rés, melyen a lőporgázok kifújhatnak.

#### A keréklakatos pisztoly külballisztikája

Ahogy a muskétánál, 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°-os kiindulási szögben kilőtt ólomgolyó 897 m távolságra repült. A lövedék mozgási energiája a maximális lőtávolságon mindössze 17 J lehetett, vagyis itt már komoly sebesülést sem okozhatott. A lövedékenergia 375 és 400 méter között esett 100 J alá, vagyis ez lehetett a halálos seb ejtésének maximális lőtávolsága.

<sup>62</sup> A ballisztikai radar e távon már nem adott adatokat.

<sup>63</sup> Az átlag kalkulálásakor csak azokat az eseteket vettük figyelembe, amikor a ballisztikai radar értékelhető értéket szolgáltatott.

### A keréklakatos pisztoly pontossága

A keréklakatos, sima csövű lovassági pisztolyt nem céllovászatra tervezték, hanem arra, hogy testközelből adjanak le vele lövést az ellenséges katonára. Hatásos lőtávolsága így nem lehetett néhány méternél több. A pontosság vizsgálata ezért tulajdonképpen felesleges, hiszen testközelből biztosra vehető a találat. Szórásképvizsgálataink egyetlen feladata az lehet, hogy meghatározzuk azt a maximális 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 csöbe 42-es lövedéket töltöttünk. Eredményeink a következők:

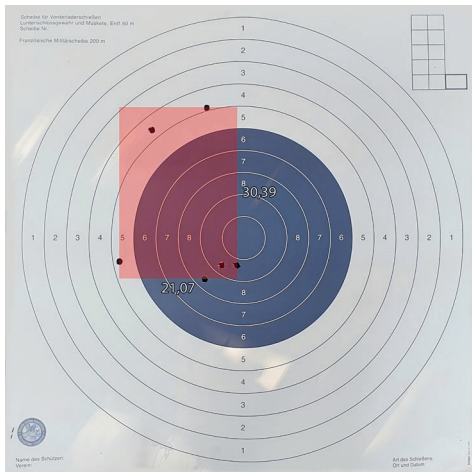
Lövedék	Lőtávolság	Szórás-négyszög mérete (cm <sup>2</sup> )
gömblövedék papírtölténnyel	10 m	$11,72 \times 14,30 = 167,6$
gömblövedék papírtölténnyel	25 m	$21,07 \times 30,39 = 640,3$
kalapált hasáblövedék	10 m	$29,1 \times 55,80 = 1623,8$

27. táblázat: A keréklakatos pisztoly pontosságának vizsgálata lökisérlettel (70 grain 1 Fg Swiss löpor, papírfajtás, 12,4 mm ölmogyó)

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



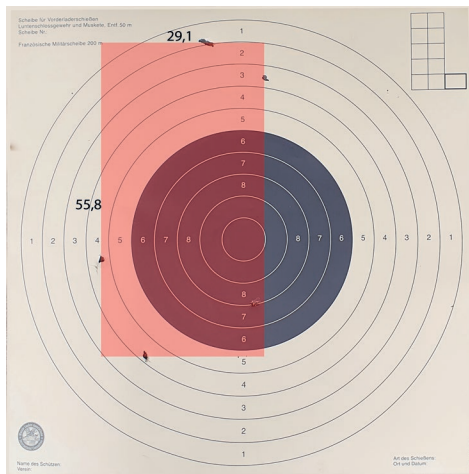
14. kép: A keréklakatos pisztoly szórásképe 10 m-en gömblövedékekkel



15. kép: A keréklakatos pisztoly szórásképe 25 m-en gömblövedékekkel

A hasáblövedék szórásképe alapján már 10 m-es távolságon feltámasztásból is kétséges az ellenséges egyes harcos eltalálása, ami igazolja, hogy a pisztoly ezzel a lövedéktípussal valóban csak közvetlen közletről leadott lövés esetében lehetett hatásos.

A gömblövedékéhez hasonlítva a szórásnégyszög területe tízszer nagyobb volt. Kísérletet tettünk arra is, hogy 25 méteren eltaláljuk a lölapot, de nem jártunk sikerrel. Mind az öt lövés elvétette a  $85 \times 85$  cm-es lölapot.



16. kép: A keréklakatos pisztoly szórásképe 10 m-en hasáblövedékkel

### A keréklakatos pisztoly célballisztikája

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

A keréklakatos pisztoly célhatását kétféle lövedékkel – szabályos tiszta ólom golyóval és 30 g-os kalapált hasáblövedékkel – vizsgáltuk. A töltet beállítása tekintetében a 4,54 g (70 grain) feketelőpor-töltetet vettük alapnak, mely 5 m-en a Zrínyi-Újvár-i lövedék becsapódásakor tapasztalt gömblövedék-deformációt eredményezte.

A legalacsonyabb becsapódási energiát (átlag 283 J mozgási energia 5 m távolságon) a kalapált hasáblövedék eredményezte. A kapott érték azonban így is bőven elegendő egy ember megöléséhez. A gömblövedékhez képest alacsonyabb becsapódási energia oka az azonos lőportöltetre töltött nagyobb lövedéktömegben (29 g, ill. 12 g), valamint a cső tömítetlenségében keresendő. A cső és lövedék közötti hézag jóval nagyobb a négyszögletes átmetszetű ólomhasáb esetében, mint a gömbnél, aminek következtében jóval több lőporgáz fúj ki a lövedék mellett hasznosulatlannal.

A különbség egyszerű számítással jól érzékelhető:

$$(r_1^2 \cdot \pi) - (r_2^2 \cdot \pi) = s_1$$

azaz:  $s_1 = (6,4^2 \cdot 3,14) - (6,2^2 \cdot 3,14) = 7,91 \text{ mm}^2$

illetve:  $(r_1^2 \cdot \pi) - (a^2) = s_2$

azaz:  $s_2 = (6,4^2 \cdot 3,14) - (10 \cdot 10) = 28,61 \text{ mm}^2$

ahol  $r_1$  = a 12,8 mm átmérőjű cső sugara, vagyis 6,4 mm;

$r_2$  = a 12,4 mm átmérőjű gömblövedék sugara, vagyis 6,2 mm;

$a$  = a kalapált ólomhasáb alaplapjának oldalhossza, vagyis 10 mm;

$s_1$  = a cső sugarának megfelelő kör és a gömblövedék sugarának megfelelő kör közötti különbség;

$s_2$  = a cső sugarának megfelelő kör és az ólomhasáb átmetszetének területe közötti különbség.

Vagyis gömblövedék esetében a terület, ahol a lőporgázok kifújhatnak a lövedék mellett, csak 7,91 mm<sup>2</sup>, míg a kalapált hasáblövedék esetében ugyanez az érték 28,61 mm<sup>2</sup>. Ez a hézag minél kisebb, annál jobban hasznosul a lőporgázok munkavégző képessége, vagyis annál nagyobb lesz azonos lövedéktömeg és forma esetében a kezdősebesség és így a mozgási energia.

Lövések gömblövedékekkel	A pisztoly gömblövedékének energiája (Joule)						
	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
<b>Átlag:</b>	<b>590,0</b>	<b>550,1</b>	<b>513,0</b>	<b>475,8</b>	<b>441,3</b>	<b>410,6</b>	<b>390,9</b>
9 mm Luger FMJ	428	423	415	404	–	–	377

28. táblázat: A gömblövedék kalkulált mozgási energiája a vizsgált távolságokon  
(4,5 g Swiss 1 Fg lőpor, 12,4 mm, 12 g lövedék)

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

Lövések hasáblövedékkel	Muskétagyóból kalapált hasáblövedék mozgási energiája (Joule)					
	E0	E5	E15	E25	E50	E80 <sup>64</sup>
1.	349,0	340,0	331,0	322,2	248,1	–
2.	289,2	281,0	268,8	245,3	215,6	–
3.	301,1	–	–	–	–	–
4.	275,8	267,9	256,3	233,9	205,5	–
5.	248,9	242,5	236,1	229,8	–	–
<b>Átlag:</b>	<b>292,8</b>	<b>282,8</b>	<b>273,1</b>	<b>257,8</b>	<b>223,1</b>	–

29. táblázat: A hasáblövedék kalkulált mozgási energiája a vizsgált távolságokon  
(4,5 g Swiss 1 Fg lőpor, 12,4 mm, 30 g lövedék)

A kalapált hasáblövedék esetében a mozgási energia jóval kisebbnek bizonyult, a gömblövedékének közel fele volt, ugyanakkor fontos kiemelnünk, hogy ez nem releváns, mivel a harcászati lőtávolságokon a hasáb mozgási energiája is maximálisan elég ahhoz, hogy kioltsa egy ellenséges katona életét.

Érdeemes összehasonlítani a hasábólom és a gömblövedék ballisztikai teljesítményét a modern 9 mm Luger pisztolylőszer teljesítményével:

	Lövedék				Energia- transzfer
	típusa	tömege	sebessége	energiája	
1.	12,4 mm-es ólomgolyó	12 g	307 m/s	550 J	9,82 J/cm
2.	30 g-os kalapált hasáblövedék	30 g	137 m/s	283 J	12,57 J/cm
3.	Referencia: MFS 9 mm-es Luger	8 g	325 m/s	423 J	8,04 J/cm

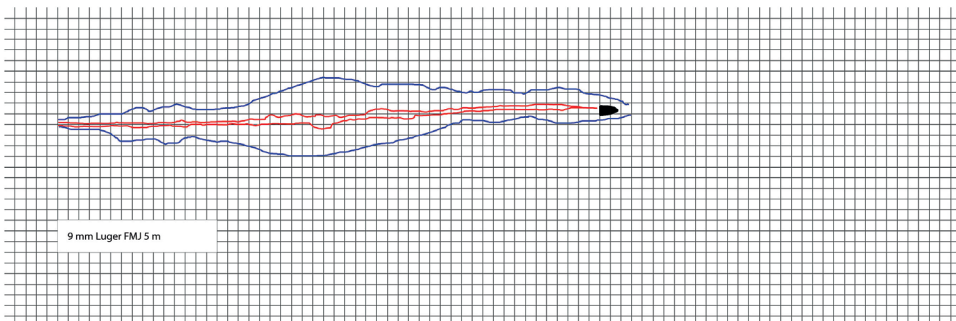
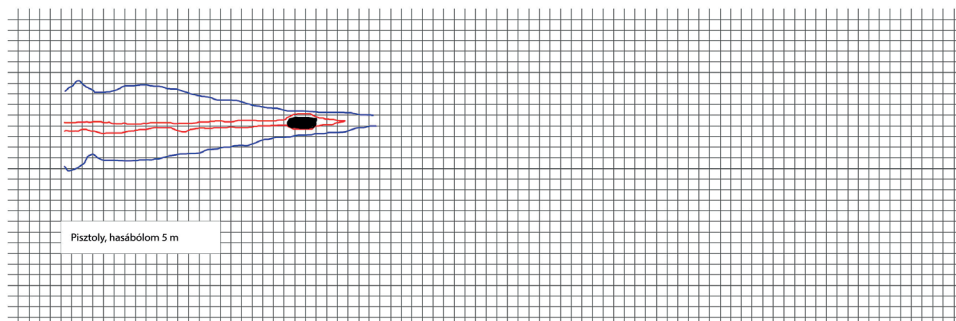
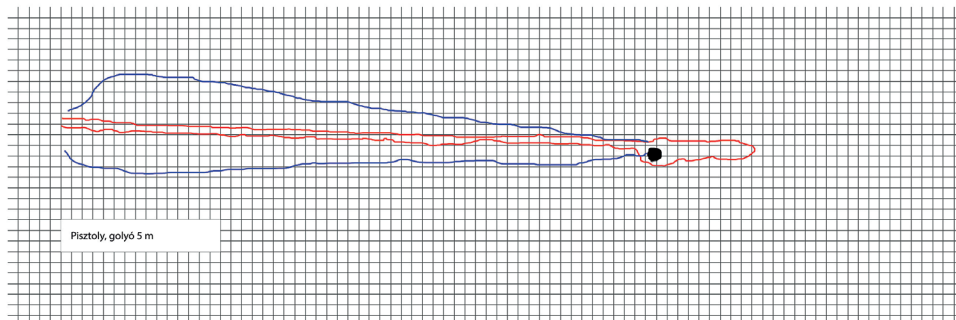
30. táblázat: A pisztolylövedékek tömege, sebessége és becsapódási energiája 5 m-en

- 1.) A 12,4 mm-es ólomgolyó 56 cm-re hatolt be a zselatintömbbe. Az időszakos sebcsatorna legnagyobb szélessége 95 mm, a maradandó sebcsatorna jellemzően 10–11 mm volt. A bemeneti nyílás kerek lyuk, nem záródott vissza, átmérője 12 mm, bemenetnél szennyeződés, környékén elégetlen lőporszemcsék maradtak.
- 2.) A 30 g-os kalapált hasáblövedék 22,5 cm-re hatolt be a zselatintömbbe. Az időszakos sebcsatorna legnagyobb szélessége 90 mm, a maradandó sebcsatorna jellemzően 8–10 mm volt. A bemeneti nyílás négyszögletes lyuk, nem záródott vissza,

<sup>64</sup> A ballisztikai radar ezen a távon már nem adott adatokat.

keresztmetszete  $10 \times 10$  mm, bemenetnél szennyeződés, környékén elégtelen lőpor-szemcsék maradtak.

- 3.) A referencia MFS 9 mm-es Luger lövedék 52,5 cm-re hatolt be a zselatintömbbe. Az időszakos sebcsatorna legnagyobb szélessége 75 mm, a maradandó sebcsatorna jellemzően 4–5 mm volt. A bemeneti nyílás pontszerű, visszazáródott lyuk, átmérője 3 mm.



17. kép: Keréklakatos pisztolyból kilőtt golyó, hasáblövés és modern 9 mm-es Luger lőszer hatása ballisztikai zselatinban. Piros: maradandó sebcsatorna, kék: az időszakos sebcsatorna kialakulásának külső határa, 1 négyzet =  $1 \times 1$  cm

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

Vizsgálatunk során egy tényezőt biztonsági okok miatt nem építettünk be a folyamatba. A pisztoly harcászati felhasználásának javasolt módja volt a torkolat páncél alá csúsztatása, vagyis a csővég rászorítása az ellenség testére. Ilyenkor a kiáramló lőpor-gázok 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.

#### A kilövés nyomai a pisztolylövedékeken

A lövedékeket, akárcsak a muskétalövedék esetében, puha közegben – vattával kitömött dobozban – fogtuk fel, hogy a becsapódásakor keletkező roncsolódásokat elkerülhessük. A kilőtt gömblövedék és a kalapált hasáblövedék esetében a következő eredményeket regisztráltuk:

Lövedék	Lövedék tömege				Lövedék átmérője	
	$m_a$ (g)	$m$ (g)	különbség (g)	tömeg- vesztés	$d_a$ (mm)	$d$ (mm)
1. golyó	12,05	11,83	0,22	1,83%	12,4	11,7
2. golyó	11,98	11,71	0,27	2,25%	12,37	11,4
3. golyó	12,02	11,76	0,26	2,16%	12,4	11,3
4. golyó	12,04	11,83	0,21	1,74%	12,39	11,5
5. golyó	12,01	11,75	0,26	2,16%	12,39	11,4
<b>Golyók átlaga:</b>	<b>12,02</b>	<b>11,77</b>	<b>0,244</b>	<b>2,03%</b>		
Kalapált hasáblövedék	29,64	27,09	2,55	8,6 %	–	–

31. táblázat: A kilőtt és puha közegben felfogott pisztolylövedékek tömegvesztése és deformációja  
( $m_a$  = a lövedék kilövés előtti tömege,  $m$  = a lövedék kilövés utáni tömege,  
 $d_a$  = a lövedék kilövés előtti átmérője,  $d$  = a lövedék kilövés utáni átmérője)

Eredményeink szerint a négylépcsős szabály alkalmazásával kiválasztott gömblövedékek az általunk meghatározott kezdősebesség esetében átlagosan 2%-ot veszítettek tömegükből a kilövés során. Azon a felületen, ahol a lövedék a lőportöltettel érintkezett,

lőporszemcsék benyomódása látható. Sötétszürke égéstermék réteg maradt szinte a teljes felületen. A töltővessző 2-3 mm-es sík lenyomatot hozott létre. A gömblövedék a csőtengely mentén összelapult, itt mért átmérője csökkent.

A hasáblövedékkel csak egyetlen lövést adtunk le a puha közegbe, így ez statisztikai szempontból nem értékelhető eredmény, ugyanakkor a jóval erősebb tömegveszteség sejteti, hogy azok a lövedékek, amelyek nagyobb felületen érintkeznek a csőfallal, jobban ki vannak téve a cső koptató hatásának (főleg az éleken). Ahol a kalapált hasáblövedék a lőporoszloppal érintkezett, láthatóak a lőporszemcsék nyomai, valamint olvadás nyomai. Sötétszürke égéstermék réteg szinte a teljes felületen maradt.



18. kép: A cső koptatásának nyomai a pisztolygolyón



19. kép: Kiltott hasáblövedék

Lőkísérleteink eredményei a pisztoly esetében – ahogy a muskéta esetében is – csupán a Zrínyi-Újvárnál talált lövedékek viszonylatában értékelhetők. Hangsúlyozzuk, hogy mivel korszerű értelemben vett katonai szabványok a korban még nem léteztek, a tömegveszteség 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) űrméretű pisztolycsőből is. A csőátmérő így 1,3 mm-rel volt nagyobb, mint a lövedékátmérő, ami miatt a kopásból adódó tömegveszteség jóval kisebb lett. (Lásd 32. táblázat.)

Ez a különbség a cső- és a lövedékátmérő között lényegesen nagyobb annál, amit korabeli forrásaink meghatároznak. A kísérlet célja mindössze az volt, hogy bizonyítsuk, a golyó- és csőűrméret viszonya befolyásolja a cső koptató hatását. Minél szorosabb az illeszkedés, annál erősebb ez a hatás. A lövedéken jóval kevesebb kopásnyom látható, a körbefutó nyom szakaszos. A lövedék csőtengely mentén észlelhető átmérőcsökkenése jóval kisebb, mint a kisebb űrméretű cső esetében.

	Lövedék tömege				Lövedék átmérője	
	$m_a$ (g)	$m$ (g)	különbség	veszteség	$d_a$ (mm)	$d$ (mm)
1.	11,99	11,85	0,14	1,17%	12,37	12,21
2.	12,01	11,9	0,11	0,92%	12,39	12,1
3.	12,04	11,95	0,09	0,75%	12,4	12,09
4.	12,01	11,9	0,11	0,92%	12,38	12,18
5.	12,02	11,89	0,13	1,08%	12,39	12,08
<b>Átlag:</b>	<b>12,014</b>	<b>11,89</b>	<b>0,1</b>	<b>0,97%</b>	<b>12,386</b>	<b>12,132</b>

32. táblázat: A kilőtt és puha közegben felfogott pisztolylövedékek tömegvesztése és deformációja (13,7 mm-es cső, 12,4 mm-es golyó)  
 $(m_a = a$  lövedék kilövés előtti tömege,  $m = a$  lövedék kilövés utáni tömege,  
 $d_a = a$  lövedék kilövés előtti átmérője,  $d = a$  lövedék kilövés utáni átmérője)

### *A Zrínyi-Újvárnál használt tűzfegyverek ballisztikájának tapasztalatai*

A Zrínyi-Újvárnál feltárt, kilőtt és szimmetrikusan deformálódott lövedékek alapján két fegyvertípusnál tudtuk vizsgálni azok kül- és célballisztikáját. A kanócos, kétlatos muskéta lőtávolsága ismert, így a ballisztikai modell pontosnak tekinthető. A keréklatos pisztoly esetében a harcászati felhasználás szabályszerűségeiből kiindulva határoztuk meg a valószínűsíthető lőtávolságot, vagyis erre vonatkozó eredményeink legjobb akarattal is csak valószínűsíthető feltételezésnek tekinthetőek.

Vizsgálataink legfontosabb eredménye, hogy meghatározhattuk a Zrínyi-Újvárnál kilőtt muskétalövedékek torkolati sebességét, azt az adatot, melyet sem kísérleti, sem elméleti módszerrel eddig 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 – korabeli elsődleges forrásokra támaszkodva – pontos információi vannak.

A kezdősebesség megismerésére felállított módszerünk ugyanakkor a lőpor minőségi és mennyiségi tényezőit kikapcsolja a képletből. Alapja ugyanis az ismert anyagból készült, ismert tömegű és átmérőjű, puha közegbe becsapódott, reprodukálható módon szimmetrikusan deformálódott lövedék becsapódási sebességének rekonstruálása, melyből mind matematikai, mind kísérleti módszerekkel meghatározható a torkolati sebesség, ami minden ballisztikai modell felállításához elengedhetetlen.

Kutatásunk egyik fontos eredménye, hogy a kapott torkolati sebességek jóval (közel 50%-kal) alacsonyabbak, mint amelyeket a grazi kísérletsorozatban és más hasonló

lőkísérletekben 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 torkolati sebességeket igazolt. Kutatásunk folytatása szükséges ahhoz, hogy megbízható statisztikai adatokkal támaszthassuk alá azon feltételezésünket, miszerint a grazi vizsgálatok során mért ballisztikai teljesítmények jóval meghaladják a kor tüzfegyvereinek korabeli képességeit.

Itt jegyezzük meg, hogy a vizsgálatunk fókuszába emelt muskétalövedékek kilövésére természetesen kisebb lőtávolságból is volt lehetősége a védőknek. Ilyenkor a torkolati sebesség még alacsonyabb kellett legyen, mint az általunk feltételezett körülbelül 300 m/s, vagyis ebben az esetben a korábbi kutatások eredményei és az általunk elért eredmények közötti olló tovább nő. Ez erősíti azt a feltételezést, mely szerint a Zrínyi-Újvárnál használt töltetek jóval gyöngébbek voltak, mint amit az idézett korábbi kutatásokban rekonstruáltak.

A kisebb gáznyomás, illetve torkolati sebesség további bizonyítékait is feltártuk. Egyrészt a vizsgált muskétagyolyó környezetében több hasonló deformációt mutató muskétagyolyó is előkerült, vagyis az általunk vizsgált lövedék ballisztikája nem egyedi eset. Másrészt pedig Zrínyi-Újvár muskétagyolyóiról általánosságban kijelenthető, hogy nem, vagy csak részlegesen rendelkeznek a Miller dolgozatában<sup>65</sup> leírt körkörös kopásnyomokkal a lövedék csővel érintkező kerületén, vagyis a muskétacsővekben 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 vizsgálandóak. A kisebb lőportöltetekre magyarázat lehet 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 körülményeit: „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?”<sup>66</sup>

Persze Montecuccoli észrevétele általános, nem nevesíti a lőport mint hiánycikket, ugyanakkor Lippai György esztergomi érsek 1664. szeptember 5-én Pozsonyból a következőket írta Wesselényi Ferenc nádornak a csapatok állapotáról: „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 megfogytokoztak és porok nem volt az mieinknek. Az franczusok is igen sajnállották, hogy egy

<sup>65</sup> Miller 2010.

<sup>66</sup> Montecuccoli 2019. 214. o.

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, saletromot és kovakövet küldöttek; megérjük vele alkalmasént.”<sup>67</sup> E magyarázat igazolása az 1664. évi háború levéltári iratainak újvizsgálatát igényli majd.

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

Kísérleti eredményeink nem elegendőek ahhoz, hogy azokból általános következtést vonjunk le a 17. századi európai tűzfegyverek hatásával kapcsolatban, de mindenképpen alkalmasak arra, hogy pontosítsák, árnyalják a tűzfegyveres harcászat korlátairól, lehetőségeiről kialakított képünket, különös tekintettel az 1664. évi magyarországi hadi eseményekre. A gyakorlati példa alapján felállított ballisztikai modell lehetővé tette, hogy meghatározzuk a két fegyvertípus hatékony lőtávolságait a pontosság, valamint sebesítőképeség tekintetében, Zrínyi-Újvár viszonylatában.

Fegyver	Kezdősebesség	Hatékony lőtávolság		Maximális	
		egyes katona ellen	zárt harcrend ellen	sebesítési távolság (E>100 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

33. táblázat: A kanócos muskéta és a keréklakatos pisztoly hatékony lőtávolságai a pontosság, valamint sebesítőképeség tekintetében, Zrínyi-Újvár viszonylatában

Táblázatunkban a következő tényezők alapján foglaltuk össze a fegyvertípusok képességeit:

- 1.) **Hatékony lőtávolság egyes katona ellen:** az a távolság, melyen belül a fegyver szórása még elegendő ahhoz, hogy a lövés eltalálja az egyes ellenséges katona mellkasát.
- 2.) **Hatékony lőtávolság zárt harcrend ellen:** az a távolság, melyen 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 páncélotatlan cél esetében.

<sup>67</sup> Sebestyén 1916. 59. o.

- 3.) **Maximális sebesítési távolság:** az a távolság, ahol a lövedék rendelkezik még kellő mozgási energiával ahhoz, hogy páncélozatlan cél ellen sebesülést, halálos találatot érhessen el a lövész.
- 4.) **Maximális elméleti lőtávolság:** az a legnagyobb távolság, melyre ideális kiindulási szög esetében a lövedék képes a rekonstruált kezdősebesség alapján eljutni.

A modern lövedékekhez hasonlítva a 17. századi lövedékek ölképességére nem lehet panasz, ugyanakkor pontosság és hatékony lőtávolság tekintetében erősen elmaradnak a modern lőszerke képességeitől. Érdeemes megvizsgálni, hogy a gömblövedékek és hasáblövedékek milyen mértékben voltak képesek megőrizni mozgási energiájukat a modern lőszerke lövedékeihez viszonyítva.

Fegyvertípusok	Lövedék	V0	V50	
		E0 (J)	E50 (J)	megmaradt mozgási energia
Pisztoly	9 mm-es Luger	428	377	88,1%
	Hasáblövedék	292,8	223,1	76,2%
	Gömblövedék	590	390,9	66,2%
Puska / muskéta	7,62 × 51 NATO lövedék	3490	3209	91,9%
	Gömblövedék	1354,3	1004,7	74,2%

34. táblázat: A gömblövedékek és a hasáblövedékek mozgási energiájának megőrzése a modern lőszerkekel összehasonlítva

A kilőtt lövedékek torkolati sebességének meghatározására új modellt állítottunk fel, mely a puha közegbe csapódott tiszta ólom lövedék deformációján, illetve az ismert lőtávolságon alapszik. E tekintetben nem ismerünk még olyan kutatást, mely hasonló empirikus módszerekkel tett volna kísérletet a külbálsztika 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 hatékony lőtávolság lehetett a tűzfegyveres harcászati lőtávolság felső 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. Lövés után visszanyert lövedékeink, valamint az ismertetett forrásaink alapján elkészített ürmérettáblázataink lehetőséget adtak arra is, hogy a Zrínyi-Újvárnál talált lövedékeket pontosabban köthessük csőürméretkehez, fegyvertípusokhoz. Kalkulációs képletünk, mely kissé deformálódott, illetve puha közegbe csapódva ellapult gömblövedékek esetében alkalmazható, a következő:

	<b>Kanócos muskéta</b>	<b>Keréklakatos pisztoly</b>
Korrigált tömeg a fegyvercső koptató hatása miatt ( $m_a$ = a fellelt lövedék tömege)	$m = m_a \cdot (1-0,006)$	$m = m_a \cdot (1-0,02)$
Lövedék kalkulált eredeti sugara a sűrűség ( $\rho$ ) és a tömeg alapján	$r = \sqrt[3]{\frac{3 \cdot m}{4 \cdot \pi \cdot \rho}}$	$r = \sqrt[3]{\frac{3 \cdot m}{4 \cdot \pi \cdot \rho}}$
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

35. táblázat: Kanócos muskéta és keréklakatos pisztoly csőűrméretének kiszámítása a gömblövedék tömege alapján

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

## BIBLIOGRÁFIA

- Bretscher* 2007. *Bretscher, Ulrich*: Making a Proper Slow Match. In: Ulrich Bretscher's Black Powder Page. 2007. [https://jaanmarss.planet.ee/juhendid/Tulirelvad/andmebaas/album\\_tahtlukk/lunte.html](https://jaanmarss.planet.ee/juhendid/Tulirelvad/andmebaas/album_tahtlukk/lunte.html) (A letöltés időpontja: 2022. december 8.)
- Cruso* 1632. *Cruso, John*: Militarie Instructions for the Cavallerie. Oxford, 1632.
- Csikány* 2005. *Csikány Tamás*: A harmincéves háború. Budapest, 2005.
- Dolleczek* 1970. *Dolleczek, Anton*: Monographie der k. u. k. österr.-ung. Blanken und Handfeuer-Waffen. Graz, 1970.
- Engerisser* 2017. *Engerisser, Peter*: Kalibertabellen und -abmessungen für Feuerwaffen von 1600 bis 1650. [H. n.], 2017. <http://engerisser.de/Bewaffung/Kaliber.html> (A letöltés időpontja: 2018. december 20.)

- Gabriel* 1990. *Gabriel, Erich*: Die Hand- und Faustfeuerwaffen der habsburgischen Heere. Wien, 1990.
- Grimmelshausen* 1984. *Grimmelshausen, Johann Jakob Christoffel*: A kalandos Simplicissimus. Ford. *Háy Gyula*, utószó és jegyz. *Pók Lajos*. (A világirodalom klasszikusai) Budapest, 1984. <https://pdfcoffee.com/grimmelshausen-johann-jakob-christoffel-von-a-kalandos-simplicissimus-01-hu-nncl8346-d60v1-pdf-free.html> (A letöltés időpontja: 2022. december 10.)
- Grubern* 1701. *Grubern, Johann Sebastien*: Die heutige Kriegs-Disciplin, worinnen in drey besondern Theilen gehandelt wird. [H. n.], 1701.
- Kalaus* 1989. *Kalaus, Paul R.*: Schiessversuche mit historischen Feuerwaffen des Landeszeughauses Graz und der Prüf und Versuchsstelle für Waffen und Munition des Amtes für Wehrtechnik. In: *Peter Krenn – Paul Dittrich – Paul Kalaus – Leopold Toifl – Alois Ruhri*: Von alten Handfeuerwaffen. Graz, 1989. 41–112. o.
- Krenn et al.* 1989. *Krenn, Peter – Dittrich, Reinhart – Kalaus, Paul R. – Toifl, Leopold – Ruhri, Alois*: Von alten Feuerwaffen. Graz, 1989.
- Lugosi – Temesváry* 1989. *Lugosi József – Temesváry Ferenc*: Pisztolyok. Budapest, 1989.
- Miller* 2010. *Miller, David P.*: Ballistics of 17<sup>th</sup> Century Muskets. PhD Thesis. Cranfield, 2010.
- Miller et al.* 2019. *Miller, D[avid] P. – Allsop, D[erek] – Carr, D[ebra]*: The ballistics of seventeenth century musket balls. *Journal of Conflict Archaeology*, 14. (2019) 1. sz. 25–36. o.
- Montecuccoli* 1852. *Montecuccoli, Raimondo*: Aforismi dell’arte bellica. 1704. In: *Opere di Raimondo Montecuccoli*. Jav. és bőv. *Giuseppe Grassi*. Jegyz. *Ugo Foscolo*. Torino, 1852. 81–227. és 313–499. o.
- Montecuccoli* 2019. *Montecuccoli, Raimondo*: A magyarországi török háborúkról. Ford. *Domokos György*. Budapest, 2019.
- Németh* 2021. *Németh Balázs*: Elöltöltő fegyveres lövészet és vadászat. Budapest, 2017.

- Németh – Padányi – Hamza* 2023. *Németh Balázs – Padányi József – Hamza Emil: Tűzfegyverek hatékonysága Zrínyi-Újvár 1664. évi ostrománál I. A 17. századi tűzfegyverek hatásvizsgálatának problematikája és Zrínyi-Újvár lövedékei. Hadtörténelmi Közlemények*, 136. (2023) 3. sz. 555–594. o.
- Schürger* 2015. *Schürger, André: The Archaeology of the Battle of Lützen: An examination of 17<sup>th</sup> century military material culture. PhD Thesis. University of Glasgow, 2015.*
- Sebestyén* 1916. *Sebestyén József: Adatok az 1664. évi hadjárathoz. Hadtörténelmi Közlemények*, 17. (1916) 1. sz. 37–106. o.
- Sivilich* 2016. *Sivilich, Daniel M.: Musket Ball and Small Shot Identification. Norman, OK, 2016.*
- Temesváry* 1988. *Temesváry Ferenc: Pisztolyok. A Magyar Nemzeti Múzeum tűzfegyver-gyűjteménye. I. k. Budapest, 1988.*
- Zrínyi* 1891. *Zrínyi Miklós: Tábori kis tracta. In: Gróf Zrínyi Miklós költő és hadvezér hadtudományi munkái. Szerk. Rónai Horváth Jenő. Budapest, 1891. 369–393. o.*

*Balázs Németh – József Padányi – Emil Hamza*

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

PART II

Ballistic Tests with Indirect Approach Using Shells Found at Zrínyi-Újvár

*(Summary)*

The location of the siege of Zrínyi-Újvár in 1664 is a time capsule that gives us the opportunity to clarify our picture of the ballistics of the firearms used during the siege. We have developed a more accurate method than previous research, based on a practical example, to determine the muzzle velocity of Christian muskets used there. The method is based on the known range. We were able to reconstruct the impact velocity that created the deformation of pure lead projectiles hitting the soft sand wall of the trench, from which we could calculate the muzzle velocity of the projectile fired. Our study demonstrated that musket balls were fired at a significantly lower muzzle velocity than that determined in previous similar experimental archaeological studies. The musket balls tested had an initial velocity of only around 300 m/s, while previous experiments had assumed muzzle velocities of over 400-500 m/s. Based on the values obtained, we carried out firing experiments and theoretical simulations using the reconstruction of the firearms associated with the projectiles, in order to get an idea of the external and target ballistic performance and effective range of the musket balls found at Zrínyi-Újvár. The second chapter of our study also attempts to characterize the ballistics of wheellock pistols, but the range of this type of weapon is not known precisely, so the results of the study cannot be considered as accurate as those of the musket.

*Balázs Németh – József Padányi – Emil Hamza*

DIE EFFIZIENZ VON FEUERWAFFEN BEI DER BELAGERUNG VON  
ZRÍNYI-ÚJVÁR (NEU-ZRIN) IM JAHR 1664. TEIL 2.

Ballistikuntersuchungen mit indirektem Ansatz mit Hilfe der Geschosse von Zrínyi-Újvár

*(Resümee)*

Der Ort der Belagerung von Zrínyi-Újvár (Neu-Zrin) im Jahr 1664 ist eine Zeitkapsel, die uns die Möglichkeit bietet, unser Bild von der Ballistik der während der Belagerung verwendeten Schusswaffen zu klären. Wir haben aufgrund eines praktischen Beispiels eine genauere Methode als die bisherige Forschung entwickelt, mit der es gelungen ist, die Mündungsgeschwindigkeit der während der Belagerung verwendeten christlichen Musketen zu bestimmen. Die Methode basiert auf bekannten Schussdistanzen. Wir waren in der Lage, die Aufprallgeschwindigkeit zu rekonstruieren, die die Verformung von reinen Bleigeschossen beim Aufprall auf die weiche Sandbelagerungsmauer hervorruft, woraus wir die Mündungsgeschwindigkeit des abgefeuerten Geschosses berechnen konnten. Unsere Studie zeigte, dass die Musketenkugeln mit einer deutlich geringeren Anfangsgeschwindigkeit abgefeuert wurden als in früheren ähnlichen experimentellen archäologischen Studien ermittelt. Die Mündungsgeschwindigkeiten der getesteten Musketenkugeln betragen nur etwa 300 m/s, während in früheren Experimenten von Mündungsgeschwindigkeiten von über 400-500 m/s ausgegangen worden war. Auf der Grundlage der ermittelten Werte führten wir Schießversuche und theoretische Simulationen mit Rekonstruktionen der zum Abfeuern der Geschosse verwendeten Feuerwaffen durch, um eine Vorstellung von der außen- und zielballistischen Leistung und der effektiven Reichweite der bei Zrínyi-Újvár gefundenen Musketenkugeln zu bekommen. Im zweiten Kapitel unserer Studie wird auch versucht, die Ballistik von Radpistolen zu charakterisieren, allerdings ist die Reichweite dieses Waffentyps nicht genau bekannt, sodass die Ergebnisse der Studie nicht als so genau wie im Fall der Muskete angesehen werden können.

*Balázs, Németh – József Padányi – Emil Hamza*

EFFICACITÉ DES ARMES À FEU LORS DU SIÈGE DE ZRÍNYI-ÚJVÁR EN 1664 II.

Essais balistiques avec approche indirecte utilisant des projectiles de Zrínyi-Újvár

*(Résumé)*

Le site du siège de 1664 de Zrínyi-Újvár est une capsule temporelle qui nous permet d'avoir une idée plus claire de la balistique des armes à feu utilisées lors de ce siège. Nous avons mis au point une méthode plus précise que les recherches précédentes, basée sur un cas pratique, pour déterminer la vitesse initiale des mousquets du camp chrétien utilisés lors du siège. Cette méthode se base sur la portée de tir connue. Nous avons pu reconstituer la vitesse d'impact à l'origine de la déformation des projectiles en plomb pur frappant le mur en sable mou de la circonvallation, à partir de laquelle nous avons pu calculer la vitesse initiale du projectile tiré. Notre essai a démontré que les balles de mousquet ont été tirées à une vitesse initiale nettement inférieure à celle déterminée par les essais archéologiques expérimentaux similaires précédents. La vitesse initiale des balles de mousquet testées n'était que d'environ 300 m/s, alors que les essais précédents avaient supposé des vitesses initiales supérieures à 400-500 m/s. Sur la base des chiffres obtenus, nous avons réalisé des essais de tir et des simulations

théoriques en utilisant des armes à feu reconstituées afin de déterminer la performance balistique extérieure et terminale, ainsi que la portée de tir effective des balles de mousquet découvertes à Zrínyi-Újvár. Le deuxième chapitre de notre étude tente également de caractériser la balistique des pistolets à rouet. Puisque la portée précise de ce type d'arme n'est pas connue, les résultats de cet essai sont moins précis que ceux des mousquets.

*Балаж Немет – Йозеф Паданьи – Эмил Хамза*

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ОГНЕСТРЕЛЬНОГО ОРУЖИЯ ПРИ ОСАДЕ  
ЗРИНЬИ-УЙВАРА (НОВЫЙ ЗРИН) В 1664-ОМ ГОДУ. II.

Косвенный подход к баллистическим испытаниям  
с помощью использования снарядов Зриньи-Уйвара

*(Резюме)*

Место действия осады Зриньи-Уйвара (Новый Зрин) в 1664-ом году представляет собой капсулу времени, которая обеспечивает возможность уточнить наше представление о баллистике огнестрельного оружия, использованного во время осады. На основе практического примера мы разработали способ, более точный, чем предыдущие исследования, с помощью которого нам удалось определить скорость дула христианских мушкетов, использованных во время осады. Метод основан на известном расстоянии стрельбы. Нам удалось восстановить скорость попадания, которая вызвала деформацию пули из чистого свинца, поражающих стену осадной траншеи из мягкого песка, из чего мы смогли рассчитать начальную скорость дула выстреленной пули. Наше исследование показало, что мушкетные ядра стреляли со значительно меньшей начальной скоростью по сравнению с той, которая была определена в ходе предыдущих аналогичных экспериментальных археологических исследований. Начальная скорость исследованных испытанных мушкетных пуль составляла всего около 300 м/с, тогда как в предыдущих экспериментах предполагалась начальная скорость выше 400–500 м/с. На основании полученных значений с помощью реконструкции принадлежности к огнестрельному оружию пули были проведены стрелковые испытания и созданы теоретические модели, позволяющие получить представление о внешних и целевых баллистических характеристиках и эффективном расстоянии стрельбы мушкетных пуль, найденных в Зриньи-Уйваре. Вторая глава нашего исследования также предпринимает попытку охарактеризовать баллистику колесцовых замочных pistols, однако расстояние стрельбы этого типа оружия точно не известно, поэтому результаты исследования нельзя считать столь же точными, как в случае мушкетов.

A HADTÖRTÉNETI INTÉZET ÉS MÚZEUM KÖNYVTÁRA

KEMÉNY KRISZTIÁN

# A SZOLNOKI ÜTKÖZET

1849. MÁRCIUS 5.

