

Arheoloogiline eksperiment Otepää varspüssi rekonstruktsiooniga

Eesti vanima tulirelva taktikalise tehnilise näitajate analüüs

Jaak Mäll

Sissejuhatus

14. juulil 1955 registreeriti Otepää linnuse arheoloogilistel väljakaevamistel järjekordne leid, mida kirjeldati järgmiselt:

„Leid N1369: Purustatud metalltoru. Malmtoru katkend. Üks 10 cm toru, 9 väikest. Sinna juurde kuuluv raudklamber.“¹

See oli nn Otepää püss, mida praegu tuntakse kui vanimat Eestist leitud tulirelva ja mida säilitatakse Tallinna Ülikooli arheoloogia teaduskogus.² Otepää püss on säilinud mittetäielikult, 12 katkena (joonis 1), mis kokku kaaluvad umbes 740 g. Kõik katked on vähem või rohkem deformeerunud.

Käesolevas artiklis käsitletakse nimetatud leiu dateeringut ja ajaloolist konteksti, kirjeldatakse leiu rekonstruktsiooniga tehtud laskekatseid ning analüüsitakse katsete tulemuste põhjal algeliste käsitulelvade taktikalise omadusi.

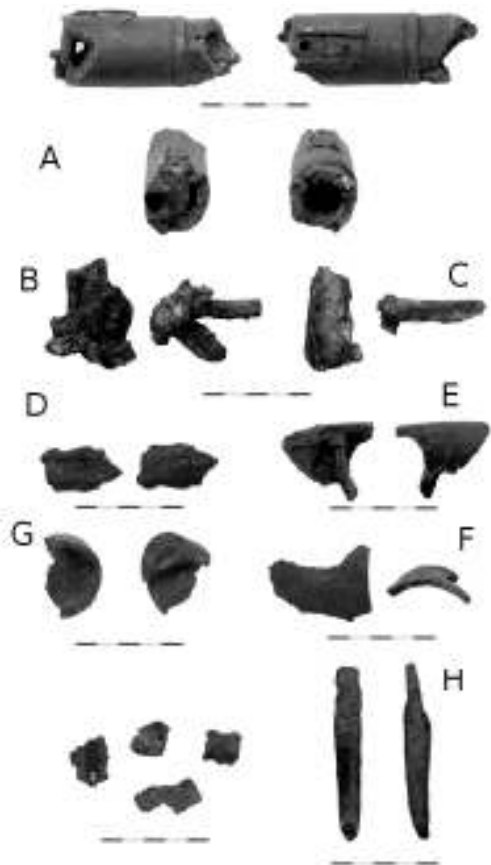
Leiu dateering ja kontekst

Kuigi Osvald Saadre juhitud Otepää linnuse arheoloogiline ekspeditsioon oli tõenäoliselt suurim ja pikaajalisim Nõukogude okupatsiooni aegses Eestis ellu viidud arheoloogiline uurimisprojekt, puuduvad selle

¹ Otepää kaevamiste aruanne, käsikiri Tallinna Ülikooli arheoloogia teaduskogu arhiivis.

² Tallinna Ülikooli arheoloogia teaduskogu AI 4036 I:1369.

Joonis 1. Otepää linnuselt leitud varspüüsi katked erinevates vaadetes



ekspeditsiooni materjalide hulgas kahjuks korrektselt vormistatud uurin-gute aruanded, rääkimata publikatsioonidest. Dokumentatsioon on säilinud korrastamata jooniste, leiunimekirjade ja väheinformatiivsete kaevamispäevikutena, mille põhjal linnuse stratigraafiat rekonstruee-rida ei õnnestu. Seetõttu pole ka võimalik dateerida Otepää püüsi arheo-loomilise leiuna stratigraafilise meetodi alusel: kuna pole selge, millises pinnaseladestus ese paiknes, pole seda ka võimalik seostada teiste, selgelt dateeritavate leidudega.

Teine võimalus dateerida Otepää püüsi kui arheoloogilist leidu oleks linnuse hävimisdaatumil alusel, mis annaks nn *taq*-dateeringu (*terminus*

ante quem). Selle dateerimisviisi puhul lähtutakse leiu asupaigast: kui see oli kindlaks ajahetkeks teadaolevalt hävinud ja täielikult maha jäetud, ei saa ka sealt saadud leiud olla hilisemad.

Eesti keskaegsete linnuste uurimise traditsiooni algataja Armin Tuulse oletas, et Otepää linnus hävis kusagil Vana-Liivimaa konföderatsiooni lõpuperioodil 16. sajandi I poolel, võib-olla Liivi sõja alguses. Samas märkis Tuulse, et kirjalikke allikaid Otepää linnuse kohta on säilinud vähe, ja rõhutas oma oletuse ülimat spekulatiivsust, võttes arvesse, et kõige hilisem kirjalik märgeline linnusest pärineb 1477. aastast.³

Osvald Saadre, tõenäoliselt motiveerituna vajadusest ümber lükata väliseestlasest Tuulse kui „koodanlik-natsionalistliku ajaloolase“ seisukohti,⁴ pakkus Otepää linnuse hävimisdaatumiks aasta 1396, toetudes ühe, väidetavalt linnuse hävingukihist saadud mündi ekslikule dateeringule ja ühe dokumendi ekslikule interpretatsioonile:

„Põlenud tukkide vahelt leiti münt, mis on löödud Tallinnas 1390. aasta paiku ja mis koos teiste müntidega aitab meil dateerida lossi põlemist. (Kõik mündid on dateerinud ENSV TA Ajaloo Instituudi teaduslik töötaja A. Molvõgin.) Ajaloost on teada, et Tartu piiskopkonna ja ordu vahel oli aastail 1396–1397 lühike, aga äge sõda, mille kestel ordu laastas halastamatult piiskopkonda. On tõenäoline, et selles sõjas sai Otepää piiskopilinnus tugevasti kannatada.“⁵

1980. aastate lõpul asus Ain Mäesalu siiani tähelepanuta jäänud Otepää kaevamiste leide läbi töötama ja avaldas arvestatava hulga uurimistulemusi.⁶ Probleemaatiline on nende publikatsioonide puhul asjaolu,

³ Armin Tuulse, *Die Burgen in Estland und Lettland*, Verhandlungen der Gelehrten Estnischen Gesellschaft XXXIII (Dorpat: Dorpater Estnischer Verlag, 1942), 51–52.

⁴ Agara kollaboratsioonistina oli Saadre samasugustes ettevõtmistes osalenud varemgi, vt Jaak Mäll ja Erki Russow, „Kuidas otsiti Kalevipoja parteipiletit – 50 aastat arheoloogilistest kaevamistest Raekoja platsil Tallinnas,“ *Arheoloogiga Läänemeremaades: uurimusi Jüri Seliranna auks*, koost. Valter Lang ja Ülle Tamla, Muinasaja Teadus 13 (2003): 173–200.

⁵ Osvald Saadre, „Otepää varasemast ajaloo,“ – *Otepää. Kodu-uurijate seminar-kokkuteulek 26.–30. juunini 1966. a. Ettekannete lühikokkuvõtted* (Tallinn: ENSV TA Kodu-uurimise Komisjon, 1966), 49–50.

⁶ Ain Mäesalu, „Kas Otepää püss on üks maailma vanimaid käsitulirelvi?“ *Kleio 1* (1989): 26–30; Ain Mäesalu, „Otepää linnuse ammuoleotsad,“ *Arheoloogiline kogumik*, toim. Lembit Jaanits ja Valter Lang, Muinasaja Teadus 1 (1991): 163–181; Ain Mäesalu, „12.–14. sajandi



Joonis 2. Ülal: Mörkö varspüss, Rootsi, u 1400 (Statens Historiska Museet SHM 23136). All: Tannenbergi varspüss, Saksamaa, enne 1399 (Germanisches Nationalmuseum W 2034)

et Mäesalu lähtus järjekindlalt Saadre välja pakutud Otepää hävimisdaatumist 1396, mis paneb paljud Otepää linnuse leiud valesse ajalisse konteksti.

kaitserüüd Otepää linnuse leidude põhjal,“ *Eesti arheoloogia historiograafilisi, teoreetilisi ja kultuuriajaloolisi aspekte*, toim. Valter Lang, Muinasaja Teadus 3 (1995), 326–361; Ain Mäesalu „Otepää püss ongi maailma vanimaid käsitulirelvi,“ *Kleio* 18 (1996), 3–11; Ain Mäesalu, „Die Ältesten Feuerwaffen Estlands,“ *Steinbrücke. Estnische Historische Zeitschrift* (1998): 19–29; Ain Mäesalu, „Weapons in Otepää castle in 1396,“ – *Castella Maris Baltici* 5, *Archaeologia Medii Aevi Finlandiae* 6, ed. by Langelands Museum *et al.*, (Rudkøbing, 2001), 91–98; Ain Mäesalu, „Die archäologischen Brigantinenfunde in der Burg Otepää, Estland,“ – *Das Brigantinen-Symposium auf Schloss Tirol*, hrsg. von Konrad Spindler, *Bauforschung auf Schloss Tirol* 3, *Nearchos*, Sonderheft 9 (Landesmuseum Innsbruck, 2004), 104–118.

2010. aastal avaldas siinkirjutaja artikli,⁷ kus analüüsis Otepää linnust puudutava kirjaliku allikmaterjali sisu ning jõudis Tuulsegaga samale järeldusele – et Otepää linnuse eksisteerimist on võimalik jälgida kuni 1477. aastani – ning et oletus linnuse hävimist 1396. aasta paiku on ekslik.

Nagu nägime, on Otepää püssi kui arheoloogilise leiu dateerimine leiusituatsiooni põhjal võimatu. Seetõttu jääb meil selle uurimiseks üle vaid tüpoloogiline meetod.

Otepää püss on varspüss (ingl k *Handgonne*, sks k *Handbüchse*), mis on kõige varasem teadaolev käsitulirelvade tüüp. Kuna selle tüübi säilinud eksemplarid on küllaltki haruldased, tuntakse peamiselt kahte eksemplari, mille kohta on publitseeritud uurimusi – nn Tannenbergi ja Mörkö varspüsse (joonis 2).

Üldistavalt on varspüssidele omased järgmised tüpoloogilised tunnused, mis eristavad neid hilisematest käsitulirelvadest:

- rauaõõnega samal joonel paiknev sirge laad, mis kinnitub otse raua tagaossa,
- lühike, mitte üle 15 kaliibri pikk rauaõõs,
- raua pealispinnal paiknev süüteava.

Tulenevalt nendest tehnilistest iseärasustest tulistati varspüssist täiesti erineval viisil kui tänapäeva tulirelvadest: püssi hoiti ja suunati parema käega, vars oli surutud parema kaenla alla ning vasaku käega süüdati laeng, puudutades hõõguva tahi või taelaga püssirohuga täidetud süüteava raua pealispinnal.

Varspüsside umbkaudsest kasutusajast ja selle kaudu ka tüübi dateeringust annavad meile aimu kirjalikud allikad: vanim märge varspüsside kohta pärineb Inglise kuninga relvakambri arveraamatust (*Royal Wardrobe Accounts*) ja on dateeritud 1386. aastaga.⁸ Näib, et pärast seda

⁷ Jaak Mäll, „Otepää piiskopilinnuse hävimisdaatumist kirjalike ja arheoloogiliste allikate valguses,“ *Eesti Arheoloogiaajakiri = Estonian Journal of Archaeology* 14, nr 1 (2010): 72–78. Samas väljaandes ka: Mauri Kiudsoo „Otepää linnuse mündileid“: 90–92 ja Ain Mäesalu „Otepää linnuse hävimisdaatumist“: 79–89.

⁸ Thomas F. Tout, „Firearms in England in the Fourteenth Century,“ – T. F. Tout, *The collected papers of Thomas Frederick Tout with a Memoir and a Bibliography*, vol. 2 (Manchester: Manchester University Press, 1932), 254, XIVb.

Joonis 3. „Vanad“ varspüssid
Landshuti linna arsenalis
inventariraamatus (1485)
(Universitätsbibliothek
Heidelberg CPG 130, 42r)



püsisid varspüssid kasutuses peaaegu sajandi, sest alles 1485. aastal on Landshuti linna suurtükimeister Ulrich Beßnitzer märkinud linna arsenalis inventariraamatusse põhjenduse, miks ta vanade varspüsside parandamist enam otstarbekaks ei pea:

„Nimetatud haakpüssid ja varspüssid on liiga väikese (lühikese?) rauaga ja (kaliibrites?) erinevad. Kulud sellele poleks seda väärt.“⁹ (Vt joonis 3.)

Eelnevast lähtudes tuleb konstateerida, et kuna Otepää püssi fragmendid vastavad varspüssi tüpoloogilistele tunnustele, tuleb leida dateerida tüübi üldise dateeringu põhjal ajavahemikku 14. sajandi viimasest veerandist kuni 15. sajandi teise poole keskpaigani. Täpsem dateering pole praegusel hetkel võimalik, sest uurimises ei võimalda teha tüübisiseid ajalisi eristusi.

Algeliste käsitulirelvade probleemi uurimislugu

Nagu eespool märgitud, on algeliste tulirelvade uurimine üsna algstaadiumis, sest säilinud eksemplare on väga vähe ja suuremate esemekogu-

⁹ *Gemellt hagknpuhsn vnd nämlichen handtpuchsen gar klain am Ror auch vngeleich. Der Kostung daraufgangen nicht wert gewesen wärn.* (Autori transkriptsioon ja tõlge.) Käskiri Heidelbergi Ülikooli raamatukogus: Ulrich Beßnitzer, Zeughausinventar von Landshut (1485), Cod. Pal. germ. 130, 42r–42v, Heidelberg historische Bestände, digital, <http://digi.ub.uni-heidelberg.de/diglit/cpg130>, 16. jaanuar 2017.

mite uurimine on seetõttu võimatu. Samuti on kirjalikest allikatest saadav informatsioon ülimalt kasin.

Sellepärast on keskaja sõjanduse üldkäsitlustes üldiselt kombeks kirjeldada varaseid tulirelvi kui ebaefektiivseid ja mehaanilistest heite- relvadest – vibudest ja ambudest – tunduvalt nõrgemaid.¹⁰ Ainult Kelly DeVries ja Robert D. Smith on olnud seisukohal, et algeliste käsitulirelvade kasutuselevõttu tuleb vaadelda kui arvestatavat sõjatehnilist uuendust.¹¹

Niisiis on traditsioonilised ajalooeaduse meetodid selle küsimuse lahendamisel osutunud ebapiisavaks ja on vaja lisaandmeid, kasutades muid uurimisviise. Kui peamiseks probleemiks on küsimus algeliste tulirelvade tõhususest, siis tuleb loobuda alusetutest arvamusalaldustest ja selle asemel toetuda mõõdetavatele suurustele. Seda võimaldab ainult eksperimentaalarheoloogia, mis uurib ajaloolisi ja eelajaloolisi tehnoloogiaid neid rekonstrueerides ja tehtud katsete tulemusi dokumenteerides ja mõõtes.

Eksperimentaalarheoloogilisi katseid algeliste tulirelvadega on üritatud teha küllaltki palju, kuid enamasti on nende tööde puhul olnud probleemiks puudulik metoodika ning mõõtmiste ja dokumenteerimise vilets kvaliteet.¹² Kõikide nende tööde süvendatud analüüs ei ole

¹⁰ Volker Schmidtchen, *Kriegswesen im späten Mittelalter. Technik, Taktik, Theorie* (Weinheim: VCH, 1990), 210; Bert S. Hall, *Weapons and Warfare in Renaissance Europe: Gunpowder, Technology, and Tactics*, Johns Hopkins studies in the history of technology, new series 22 (Baltimore, London: The John Hopkins University Press, 1997), 148; Andrew Ayton and J. L. Price, „Introduction: The Military Revolution from a Medieval Perspective,“ – *The Medieval Military Revolution. State, Society and Military Change in Medieval and Early Modern Europe* ed. by Andrew Ayton and J. L. Price (New York: I.B. Tauris, 1998), 2; Maurice Keen, „The Changing Scene: Guns, Gunpowder, and Permanent Armies,“ – *Medieval Warfare. A History*, ed. by Maurice Keen (Oxford: Oxford University Press, 1999), 280; Helen J. Nicholson, *Medieval Warfare: Theory and Practice of War in Europe 300-1500* (Houndmills: Palgrave Macmillan, 2004), 98–99.

¹¹ Kelly DeVries and Robert D. Smith, *Medieval Weapons. An Illustrated History of Their Impact* (Oxford: ABC-CLIO, 2007), 199–200; Kelly DeVries and Robert D. Smith, *Medieval military technology*, 2nd edition (Toronto: University of Toronto Press, 2012), 146.

¹² Alan R. Williams, „Some Firing Tests with Simulated Fifteenth-Century Handguns,“ *The Journal of the Arms & Armour Society* VIII, no. 1 (1974): 114–120; Joachim von Wlassat, „Combat anno 1399. Welche Schußleistung besaß die Tannenbergs-Büchse?“ *Deutsches Waffen-Journal* 6 (1977): 719–721; Robert Douglas Smith, „The reconstruction and firing trials of a replica of a 14th-century cannon,“ – *Royal Armouries Yearbook* 4 (Leeds: Royal Armouries

siinkohal võimalik ega vajalik; nendime, et küsimus algeliste tulirelvade taktikalisest tõhususest ja tähtsusest sõjandusliku uuendusena on siiani lahtine.

Uurimishüpotees

Käesoleva uurimistöo alushüpotees on järgmine.

14. sajandi lõpus Euroopas kasutusele võetud algelised käsitulirelvad oli oluline tehnoloogiline edasimineku võrreldes mehaaniliste heiterelvade ja muude jalaväe külmrelvadega, sest nende rünnakuenergia ja läbistusvõime oli suurem.

Nagu sõnastatust järeldub, on hüpoteesi kontrollimiseks vaja võrrelda keskaegsete mehaaniliste heiterelvade ja algeliste käsitulirelvade kineetilist rünnakuenergiat ja läbistusvõimet. Keskaegsete ambude ja vibude uurimine eksperimentaalarheoloogiliste meetoditega on hoo sisse saanud viimasel aastakümnel ning võrdluseks vajalik andmekogum on publitseeritud.¹³

Peale heitekeha kiiruse mõõtmise tehti katsete käigus ka tähelepänekuid keskaegsete heiterelvade sihtmärgiballistika kohta. Erilist huvi pakub I. Lisoni ja J. Sensenfelderi katse rekonstrueeritud suuremõõtmelise kilbi ehk paveesiga.¹⁴

Museum, 1997), 86–94; Peter Vemming Hansen, Jørgen Svender, *Rekonstruktion og skydeforsøg med Loshultkanonen* (Nykøbing F.: Middelaldercentret, 2001); Jaak Mäll, „Otepää piiskoplinnusest leitud varspüsi rekonstrueerimine,“ *Ilusad asjad: tähelepäneväärsed leide Eesti arheoloogiakogudest*, koost. ja toim. Ülle Tamla, peatoim. Valter Lang, Muinasaja Teadus 21 (2010): 193–210; Piotr Chlebowicz, *Ręczna broń palna w średniowieczu. Badania Eksperymentalne*, Biblioteka Filomaty – Towarzystwo Przyjaciół Liceum Ogólnokształcącego im. Filomatów Chojnickich 28. (Toruń: Certus Janusz Szczepański, Rafał Wełninski, 2014).

¹³ Paul Bourke and David Whetham, „A Report of the Findings of the Defence Academy Warbow Trials,“ *Arms and Armour*, vol. 4, no. 1 (2007): 53–81; Andreas Bichler, „Versuche zur Wirksamkeit mittelalterlicher Armbrustgeschosse,“ *Jahrbuch der Interessengemeinschaft Historische Armbrust*, hrsg. von Jens Sensenfelder (2010): 49–60; I. Lison und Jens Sensenfelder, „Rüstung contra Pavese – ein Beschuss mit modernen Nachbauten,“ *Jahrbuch der Interessengemeinschaft Historische Armbrust*, hrsg. Jens Sensenfelder (2010): 61–78.

¹⁴ *Ibid.*, 72–73.

Tabel I. Keskaegsete mehaaniliste heiterelvade rekonstruktsioonidega tehtud katsete mõõtmistulemused

Katseseade-rekonstruktsioon	Tõmbejõud kg	Heitekeha kaal g	Algkiirus m/s	Kineetiline energia J
Pikkvibu ¹	63,5	80	49	96
Amb, sarvest ammukaar, vööhaak ²	131	63	43	58
Amb, sarvest ammukaar, vints ³	280	90	47	99
Amb, terasest ammukaar, vints ⁴	510	60	65	127
Amb, terasest ammukaar, vints ⁵	969	100	65	211

Katse näitas mõnevõrra üllatuslikult, et ka kõige tugevama tõmbejõuga amb (969 kg) ei suuda lähidistantsil arvestatavalt läbistada isegi 10 mm paksust okaspuitu, mis on kaetud 5 mm paksuse nahast ja samblast voodriga.

Eelnevast lähtudes tuleb püstitatud hüpoteesi kontrollimiseks vastavalt olemasolevale võrdlusandmestikule teha eksperiment, mille tulemuseks oleksid mõõtmisandmed kahes parameetris: heitekeha algkiirus ja okaspuidu penetratsioon (läbistamine) lähidistantsil.

Eksperimendi struktuur

Plaanitavas eksperimendis on kolm komponenti ehk tegurit, mille koostamisel saame eksperimendi tulemuse: rekonstrueeritud tulirelv, püssirohi ja heitekeha. Lähtuvalt püstitatud hüpoteesist huvitavad meid algeliste käsitulirelvade tehnilis-taktikalised parameetrid nende kasutuselvõtu algperioodil, st 14. sajandi lõpus – 15. sajandi alguses, ning sellest lähtuvalt peavad kõik kolm komponenti vastama selle ajastu tehnoloogilisele tasemele. Järgnevalt käsitleme kõiki kolme eksperimendi komponenti eraldi alapeatükkides.

¹⁵ Bourke and Whetham, 67.

¹⁶ Bichler, 49, 56.

¹⁷ *Ibid.*

¹⁸ Lison und Sensenfelder, 71.

¹⁹ *Ibid.*

Tulirelv

Nagu mainitud, oli eksperimendis kasutatud tulirelvaks 1955. aastal Otepää piiskopilinnuselt leitud varspüüsi katkete järgi valmistatud rekonstruktsioon. Esmalt määrati kindlaks varspüüsi valmistamisel kasutatud materjal. Selleks osutus tinapronks, mis sisaldas 93,9% vaske (Cu), 4,5% inglistina (Sn) ja 1,6% pliid (Pb).²⁰

Kuna ese on purunenud ja sellest on säilinud ainult fragmendid (joonis 1), pandi esmalt rõhku fragmentide täpsele mõõdistamisele ja dokumenteerimisele (joonis 4). Mõõtmisandmete põhjal tekkis hüpotees, et relva konstrueerimisel on kasutatud algmoodulina rauaõõne sise-läbimõõtu, mis on eeldatavasti ka heitekeha läbimõõt, ning ülejäänud mõõdud on proportsioneeritud sellest suuruselt lähtuvana. Ainsana ei sobinud sellesse skeemi laengukambri läbimõõt. Selline ebakõla relva konstruktsioonis on oletatavasti tekkinud seetõttu, et heitekeha ja püssirohulaengu (laengukambri ruumala) suhte on paika pannud kindel kaaluvahekord. Näiteks kivikuule tulistavate piiramissuurtükkide heitekeha-laengu kaaluvahekord oli 9 : 1, reegel, mis näib olevat olnud üldkehtiv:

„Ja ütlen nii: igas suurtükis, olgu see väike või suur, lükkab üks nael püssirohtu üheksa naela jagu kivi.“²¹

Kui me lähtume sellest, et Otepää varspüüsi laskemoonaks oli 17 mm läbimõõduga seatinast ümarkuul kaaluga umbes 29–30 g, siis silindrikujuline laengukamber ruumalaga 14,5 cm³ peaks mahutama 14,5–15 g püssirohtu, andes heitekeha-laengu vahekorra 2 : 1. Kahjuks pole leitud 15. sajandi kirjalikke märkmeid käsitulirelvade laengu ja heitekeha kaaluvahekorra kohta. Varaseimad sellised märkmed pärinevad alles 16. sajandi I poolest:

²⁰ Mäll, „Otepää piiskopilinnuselt leitud varspüüsi rekonstrueerimine,“ 194.

²¹ *Sprich ich ain büchß sy groß oder klain so sol allweg ain pfund puluer ain nün pfündigen stain triben.* (Autori transkriptsioon ja tõlge.) Feuerwerkbuch, Cod. Pal. germ. 122, 4v–5r, Heidelberger historische Bestände, digital, <http://digi.ub.uni-heidelberg.de/diglit/cpg122>, 16. jaanuar 2017.

„Ja arkebuuse, topeltarkebuuse ja püsse laetakse tavaliselt poole kuuli kaalus.“²²

Ainus parameeter, mida pole võimalik Otepää varspüssi fragmentide põhjal kindlaks määrata, on relvaraua pikkus. Võttes aluseks Otepää püsiga väliselt küllalt sarnase Mörkö püssi (joonis 2), rekonstrueeriti rauaõõs laengukambri kaks korda pikema, kuue rauaõõne läbimõõdu ehk kaliibri pikkusena.

Püssi rekonstruktsiooni valuvormi tegemisel kasutati nn kadunud vaha meetodit, kus esmalt valmistatakse mesilasvahast eseme mudel, mille ümber ehitatakse hiljem savist valuvorm. Pärast vormi kuivamist sulatatakse vaha vormist välja ning vorm põletatakse 900–1000 °C juures. Pronks sulatatakse tiiglis, viiakse temperatuurile umbes 1150 °C ja valatakse vormi. Valandi kättesaamiseks purustatakse vorm pärast jahtumist, valand viimistletakse, puuritakse süüteava ja lisatakse vars.²³

Katsetes kasutatud Otepää püssi rekonstruktsiooni (joonis 5) parameetrid olid järgmised:

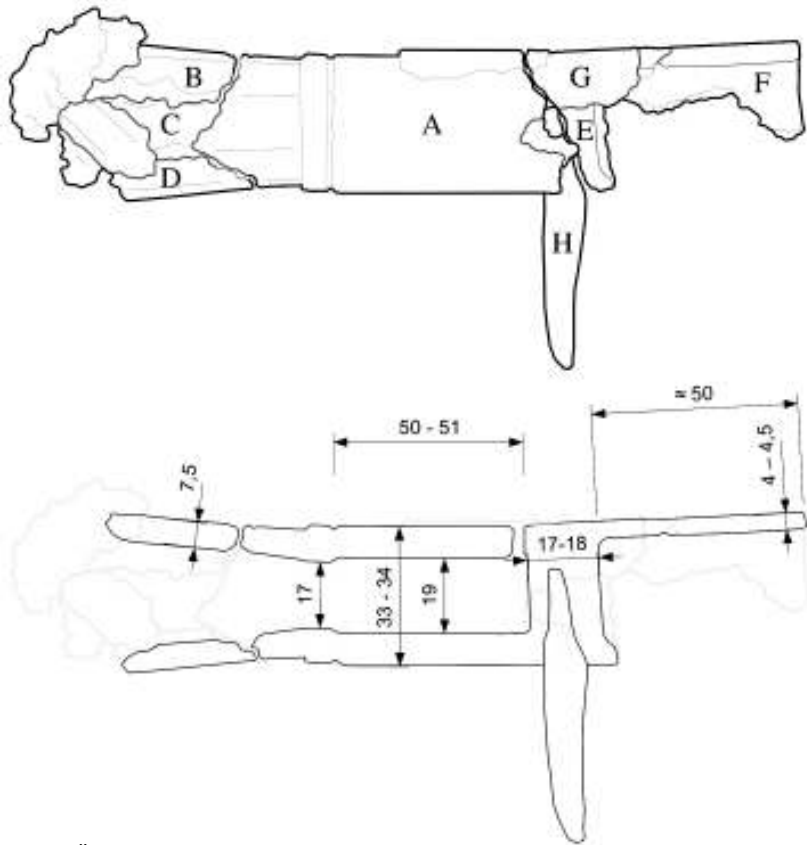
- rauaõõne läbimõõt 17 mm,
- rauaõõne pikkus 102 mm,
- laengukambri ruumala 14,5 cm³,
- kaal 1200 g (koos varrega 1950 g),
- pikkus koos varrega 132 cm.

Püssirohi

Tänapäeval peaaegu kasutuselt kadunud nn must ehk suitsuga püssirohi koosneb kolme komponendi – kaaliumsalpeetri (KNO₃), väävlü (S) ja puusöe – mehaanilisest segust. Selles segus pole musta püssirohu

²² „Item hagken, doppelhagken vnd handt ror, wöllen gemeinlich halb kugel schwer geladen sein...“ (Autori transkriptsioon ja tõlge.) Cod. Pal. germ. CPG 128, 146v. Heidelberger historische Bestände, digital, <http://digi.ub.uni-heidelberg.de/diglit/cpg128>, 16. jaanuar 2017. Vt ka Rainer Leng, *Franz Helm und sein „Buch von den probierten Künsten“*. Ein handschriftlich verbeitetes Büchsenmeisterbuch in der Zeit des frühen Buchdrucks, *Imagines medii aevi* 9 (Wiesbaden: Reichert Verlag, 2001), 289–290.

²³ Jaak Mäll, „Otepää piiskopilinnuselt leitud varspüssi rekonstrueerimine,“ 200–202.



Joonis 4. Ülal: Otepää varspüssi katked kokku panduna.

All: Otepää varspüssi löige koos olulisemate mõõtudega (mm)

omaduste peamine mõjutaja mitte koostisainete vahekord, vaid nende kvaliteet ja segamise viis, püssirohuterade suurus, kuju ja erikaal.²⁴

Eksperimendis kasutatud püssirohu valmistamisel lähtuti vanimas teadaolevas dateeritud tulirelvaalases käsikirjas²⁵ toodud juhistest.

²⁴ Tadeusz Urbański, *Chemistry and Technology of Explosives*, vol. 3 (Warszawa: PWN – Polish Scientific Publishers, 1967), 345–359.

²⁵ Büchsenmeisterbuch, 1411, Österreichische Nationalbibliothek Cod. 3069 Han, <http://data.onb.ac.at/rec/AL00147695>, 16. jaanuar 2017.

„Kui sa tahad teha tavalist püssirohtu ainult kolmest aimest, siis võta 3½ naela salpeetrit, mis on hästi puhastatud. Ja 1 nael väävlit ja ½ sütt ja tamba see läbi koos hea veiniga, mille sees on kamprit keedetud, ja kuivata see päikese käes. Ja kui seal kamprit sees ei ole, siis püssirohi roiskub ja läheb kergesti pahaks. Aga kamper hoiab igasuguse püssirohu tugevana ja on ka ise tugev ja põleb hästi igasugu püssirohus, kui seda sisse panna.“²⁶ (Vt joonis 6.)

Protsentidesse ümberarvutatuna on retseptis toodud kaaluvahekorrad järgmised: 70% kaaliumsalpeetrit, 20% väävlit ja 10% puusütt. Kuna mainitud käsikirjas on kirjas ka algelised, kuid tõhusad meetodid kaaliumsalpeetri ja väävli puhtuse hindamiseks ja puhastamiseks,²⁷ kasutati püssirohu valmistamisel 99,5% puhtusega laborikemikaale. Puusüsi põletati vahetult enne püssirohu valmistamist.

Kõik komponendid peenestati käsihmris ja sõeluti läbi 0,25 mm võrguavaga sõela. Seejärel segati komponendid omavahel kokku ja niisutati valge veiniga, milles oli lahustatud umbes 4% kamprit. Saadud tainataolisest massist vormiti pätsid, mida kuivatati kaks nädalat. Pärast kuivamist purustati püssirohupätsid käsihmris ja sõeluti läbi 1,5 mm võrguavaga sõela.

Heitekehad

Peale ümmarguste seatinakuulide tulevad algeliste käsitulirelvade puhul kõne alla ka silindrikujulised seatinakuulid. Selliseid kuule on kujutatud näiteks eespool mainitud käsikirjas ning viimastel aastatel on hakatud

²⁶ *Wiltu ein schlecht puluer machen nur von drin stuck so nim iiij-lb salniter der vast gut sy vnd wol gelutret sy. Vnd j lb swebel vnd j kol vnd stoß daz ab mit vast gutem win da campfor jnne gesoten sy vnd terr daz andder sonn Wen wo nit kanfor py ist daz puluer erwirt vnd verdirbet gern. Aber der canfor halt alles puluer vf vnd ist äch krefftig vnd prunstig jn alle puluer wann man jnn das jnn tut.* (Autori transkriptsioon ja tõlge.) Büchsenmeisterbuch, 4v.

²⁷ Büchsenmeisterbuch, 1r, 1v, 3r, 4v. Vt ka Rainer Leng, *Anleitung Schießpulver zu bereiten, Büchsen zu laden und zu beschießen. Eine kriegstechnische Bilderhandschrift im cgm 600 der Bayerischen Staatsbibliothek München* (Wiesbaden: Reichert, 2000) 37–39, 71, 101.



Joonis 5. Otepää varspüsi rekonstruktsioon



Joonis 6. Õpetus „tavalise“
püssirohu valmistamiseks
(1411) (Österreichische
Nationalbibliothek
Cod. 3069, 4v)

neid ka leidudena ära tundma ja leiuandmeid on avaldatud.²⁸ (Vt joonis 7.) Katsete jaoks valmistati seatinast nelja tüüpi heitekehasid:

- 16 mm ümarkuulid kaaluga 25 g,
- 17 mm ümarkuulid kaaluga 30 g,
- 17 mm silindrikujulised kuulid kõrgusega 11 mm, kaaluga 30 g,
- 17 mm silindrikujulised kuulid kõrgusega 17 mm, kaaluga 44 g.

Katseseeria

Katseseeria otsustati ellu viia kahes osas, alustades penetratsioonitestidest. Kõik lasud sooritati 15-grammise püssirohulaenguga. 16 mm läbimõõduga ümarkuulid tropiti rasvatatud linasest riidest lapiga, kõik teised heitekehad laeti ilma tihenditeta. Katsete tulemused on esitatud tabelis 2.

Tabel 2. Penetratsioonitestide tulemused

	Heitekeha kuju	Läbimõõt mm	Kaal g	Penetratsioon mm	Keskmine penetratsioon mm
1.	Ümarkuul	16	25	85	
2.	Ümarkuul	16	25	76	80
3.	Ümarkuul	16	25	80	
4.	Ümarkuul	17	30	57	
5.	Ümarkuul	17	30	62	60
6.	Ümarkuul	17	30	65	
7.	Silinder	17	30	44	
8.	Silinder	17	30	55	46
9.	Silinder	17	30	40	
10.	Silinder	17	44	0	
11.	Silinder	17	44	0	0
12.	Silinder	17	44	0	

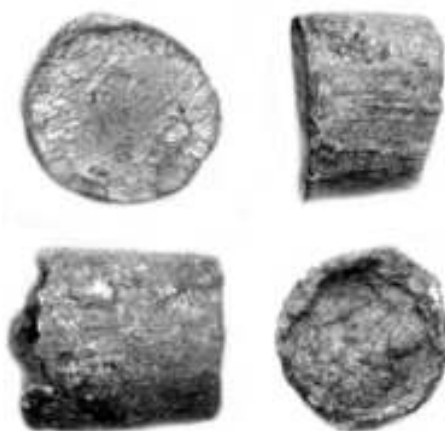
²⁸ Büchsenmeisterbuch, 11r; Lech Marek, „Castle at war: archaeological records of fighting during the siege of Castle Kolno in Silesia,“ *Schlachtfeld und Massengrab. Spektren interdisziplinärer Auswertung von Orten der Gewalt*, Forschungen zur Archäologie im Land Brandenburg 15 (2014): 138.



Joonis 7.

Üleval: silindrikujulised kuulid
varspüssile (1411) (Österreichische
Nationalbibliothek Cod. 3069, 11r)

All: Kolno linnuselt Poolas leitud
silindrikujulised seatinakuulid
(enne 1443) (Marek, L. Castle
at War. Fig 6.)



Katsetuste tulemusena selgus, et 44 g raskused silinderkuulid olid Otepää püssi rekonstruktsiooni jaoks sobimatud. Liiga rasked heitekehad tekitasid niivõrd tugeva tagasilöögi, et hoolimata sellest, et katseseade oli kinnitatud terasraamile ja sellele oli asetatud ligikaudu 40-kilone raskus, ei suudetud 5 meetri kauguselt sihtmärgiks olevat 110 cm pikkust ja 20 cm laiust prussi kordagi tabada.

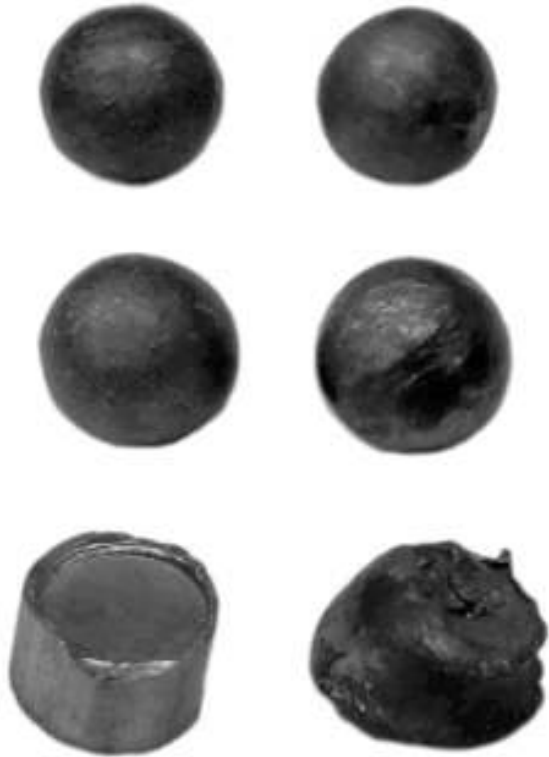
Penetratsioonitestid näitasid ootuspäraselt, et heitekehade läbistuvõime on seotud nende ristlõike pindalaga. Ümarkuulide puhul oli deformatsioon minimaalne, kuid lameda esiosaga sihtmärki tabavad silinderkuulid näitasid suhteliselt suurt deformatsiooni, suurendades ristlõike pindala tabamisel veelgi (joonis 8).

Heitekeha algkiiruse mõõtmised tehti Eesti Kohtuekspertiisi Instituudis ballistika- ja tulirelvaekspert Berit Cavegni abiga. Mõõteriistana kasutati Drello BTS 4044 fotoelektrilist kolme sensorireaga ballistilist kronograafi (joonis 9). Mõõtmised tehti kolme tüüpi heitekehadega: 16 mm ja 17 mm ümarkuulide ning 30 g silinderkuulidega. Raskete silinderkuulidega katsetamisest loobuti, sest penetratsioonitestides saadud kogemust arvesse võttes oli oht kahjustada mõõteriista. Kõik lasud tehti 15 g püssirohulaenguga, kiirust mõõdeti 1 m kaugusel rauasuudmest. Heitekeha kaalu ja kiiruse põhjal arvutas mõõteriist automaatselt välja heitekeha kineetilise energia. Saadud mõõtmistulemused on esitatud tabelis 3.

Tabel 3. Ballistilise kronograafiga tehtud mõõtmiste tulemused

	Heitekeha	Läbimõõt mm	Kaal g	Kiirus m/s	Energia J
1.	Ümarkuul	16	25	209	546
2.	Ümarkuul	16	25	190	451
3.	Ümarkuul	16	25	202	510
4.	Ümarkuul	17	30	218	712
5.	Ümarkuul	17	30	209	655
6.	Ümarkuul	17	30	180	486
7.	Silinder	17	30	181	491
8.	Silinder	17	30	173	448
9.	Silinder	17	30	175	459

Joonis 8. Otepää varspüüsi kuulid enne (vasakul) ja pärast (paremal) penetratsiooniteste okaspuitu. Üleväl 16 mm ümarkuulid, keskel 17 mm ümarkuulid ja all 30 g silinderkuulid



Lisatähelepanekud Otepää varspüüsi rekonstruktsiooni kui tulirelva kohta, mida katseseria käigus tehti, olid järgmised:

- hoolimata lühikesest ja siledast rauast ei olnud 25 m distantsil inimesesuuruse siluett-sihtmärgi tabamine probleemiks;
- pärast umbes kümne lasu sooritamist oli rauaõõs sedavõrd püssirohutahmaga saastunud, et laadimine oli raskendatud ja rauaõõs vajab puhastamist;
- keskmine laskekiirus oli hinnanguliselt üks lask minutis.

Kokkuvõte

Eestist leitud vanima tulirelva, Otepää varspüssiga tehtud eksperimenteraalrheoloogilised katsed näitasid, et esimesed algelised tulirelvad oli tähtis sõjatehniline uuendus võrreldes mehaaniliste heiterelvade – vibude ja ambudega. Katsed Otepää varspüssi rekonstruktsiooniga tõestasid, et nii läbistusvõime kui ka heitekeha algenergia olid vähemalt kaks korda suuremad kui kõige võimsama hiliskeskaegse ammu rekonstruktsiooniga tehtud katsete käigus mõõdetu.

Nii laskekiiruse kui ka täpsuse osas polnud katsete käigus saadud kogemuse alusel põhjust arvata, et varspüss oleks märkimisväärselt alla jäänud suure tõmbejõuga ambudele, mille vinnastamiseks vajati keerukaid mehaanilisi vintse. Ka rauaõõne reostumisel püssirohutahmaga, mis takistas pideva tule andmist, oli ambude ja vibude puhul analoogiline probleem: vinnastamise ja laskmisega kaasnevad deformatsioonid „väsitavad“ nii ammu- kui ka vibukaart ja vähendavad nende tõmbejõudu, mille tagajärjel on iga järgnev lask üha väiksema kineetilise energiaga. Nagu tuli umbes kümne lasu järel puhastada varspüssi rauda, oli pärast 10–20 lasku vaja ka amb lahti pingutada ja eemaldada ammunöör, et ammukaar saaks deformatsioonidest taastuda.²⁹

Kirjeldatud eksperimenteraaluurimus ei saa jääda viimaseks sõnaks varspüsside teemal, sest hulk algeliste käsitulirelvadega seotud küsimusi on jäänud puudutamata. Loodetavasti avaneb edaspidi võimalus uurimistööga jätkata.³⁰

Bibliograafia

Arhiivid ja kollektsioonid

Tallinna Ülikooli arheoloogia teaduskogu
Arheoloogiaarhiiv

²⁹ Bichler, 52.

³⁰ Autor soovib siinkohal avaldada sügavat tänu Eesti Kohtuekspertiisi Instituudile, relva- ja ballistikaekspert Berit Cavegnile EKEI-st ja Margus Sinimetsale MTÜ-st Saaremaa Sõjavara Selts, kes uurimistöö valmimisele nõu ja abiga kaasa aitasid.



Joonis 9. Katsete käigus kasutatud mõõtmisaparatuur Eesti Kohtuekspertiisi Instituudi lasketiirus

Käsikirjad (digiteeritud)

- Beßnitzer, Ulrich. „Zeughausinventar von Landshut.“ 1485, Cod. Pal. germ. 130, 42r–42v, Heidelberg historische Bestände, digital, <http://digi.ub.uni-heidelberg.de/diglit/cpg130>, 16. jaanuar 2017.
- „Büchsenmeisterbuch.“ 1411, Cod. 3069 Han, Österreichische Nationalbibliothek, <http://data.onb.ac.at/rec/AL00147695>, 16. jaanuar 2017.
- „Cod. Pal. germ.“ CPG 128, Heidelberger historische Bestände, digital, <http://digi.ub.uni-heidelberg.de/diglit/cpg128>, 16. jaanuar 2017.
- „Feuerwerkbuch.“ Cod. Pal. germ. 122, 4v–5r, Heidelberger historische Bestände, digital, <http://digi.ub.uni-heidelberg.de/diglit/cpg122>, 16. jaanuar 2017.

Kirjandus

- Ayton, Andrew and Price, J. L. „Introduction: The Military Revolution from a Medieval Perspective.“ – *The Medieval Military Revolution. State, Society and Military Change in Medieval and Early Modern Europe*, ed. by Andrew Ayton and J. L. Price, 1–22. New York: I.B. Tauris, 1998.
- Bichler, Andreas. „Versuche zur Wirksamkeit mittelalterlicher Armbrustgeschosse,“ *Jahrblatt der Interessengemeinschaft Historische Armbrust*, hrsg. von Jens Sensenfelder (2010): 49–60.
- Bourke, Paul and Whetham, David. „A Report of the Findings of the Defence Academy Warbow Trials,“ *Arms and Armour*, vol. 4, no. 1 (2007): 53–81.
- Chlebowicz, Piotr. *Ręczna broń palna w średniowieczu. Badania Eksperymentalne*, Biblioteka Filomaty – Towarzystwo Przyjaciół Liceum Ogólnokształcącego im. Filomatów Chojnickich 28. Toruń: Certus Janusz Szczepański, Rafał Wełninski, 2014.
- DeVries, Kelly and Smith, Robert D. *Medieval military technology*, 2nd edition. Toronto: University of Toronto Press, 2012.
- DeVries, Kelly and Smith, Robert D. *Medieval Weapons. An Illustrated History of Their Impact*. Oxford: ABC-CLIO, 2007.
- Hall, Bert S. *Weapons and Warfare in Renaissance Europe: Gunpowder, Technology, and Tactics*. Johns Hopkins studies in the history of technology, new series 22. Baltimore, London: The John Hopkins University Press, 1997.
- Hansen, Peter Vemming, Svender, Jørgen. *Rekonstruktion og skydeforsøg med Loshultkanonen*. Nykøbing F: Middelaldercentret, 2001.

- Keen, Maurice. „The Changing Scene: Guns, Gunpowder, and Permanent Armies.“ – *Medieval Warfare. A History*, ed. by Maurice Keen, 273–292. Oxford: Oxford University Press, 1999.
- Kiudsoo, Mauri. „Otepää linnuse mündileid,“ *Eesti Arheoloogiaajakiri = Estonian Journal of Archaeology* 14, nr 1 (2010): 90–92.
- Leng, Rainer. *Franz Helm und sein „Buch von den probierten Künsten“*. Ein handschriftlich verbreitetes Büchsenmeisterbuch in der Zeit des frühen Buchdrucks, Imagines medii aevi 9. Wiesbaden: Reichert Verlag, 2001.
- Leng, Rainer. *Anleitung Schießpulver zu bereiten, Büchsen zu laden und zu beschießen. Eine kriegstechnische Bilderhandschrift im cgm 600 der Bayerischen Staatsbibliothek München*. Wiesbaden: Reichert, 2000.
- Lison, I., Sensenfelder, Jens. „Rüstung contra Pavese – ein Beschuß mit modernen Nachbauten,“ *Jahrbuch der Interessengemeinschaft Historische Armbrust*, hrsg. Jens Sensenfelder (2010): 61–78.
- Marek, Lech. „Castle at war: archaeological records of fighting during the siege of Castle Kolno in Silesia,“ *Schlachtfeld und Massengrab. Spektren interdisziplinärer Auswertung von Orten der Gewalt*, Forschungen zur Archäologie im Land Brandenburg 15 (2014): 131–144.
- Mäesalu Ain. „Otepää püss ongi maailma vanimaid käsitulirelvi,“ *Kleio* 18 (1996): 3–11.
- Mäesalu, Ain. „12.–14. sajandi kaitserüüd Otepää linnuse leidude põhjal,“ *Eesti arheoloogia historiograafilisi, teoreetilisi ja kultuuriajaloolisi aspekte*, toim. Valter Lang, Muinasaja Teadus 3 (1995): 326–361.
- Mäesalu, Ain. „Die archäologischen Brigantinenfunde in der Burg Otepää, Estland.“ – *Das Brigantinen-Symposium auf Schloss Tirol*, hrsg. von Konrad Spindler, Bauforschung auf Schloss Tirol 3, *Nearchos*, Sonderheft 9, 104–118. Landesmuseum Innsbruck, 2004.
- Mäesalu, Ain. „Die Ältesten Feuerwaffen Estlands,“ *Steinbrücke. Estnische Historische Zeitschrift* (1998): 19–29.
- Mäesalu, Ain. „Kas Otepää püss on üks maailma vanimaid käsitulirelvi?“ *Kleio* 1 (1989): 26–30.
- Mäesalu, Ain. „Otepää linnuse ammuoleotsad,“ *Arheoloogiline kogumik*, toim. Lembit Jaanits ja Valter Lang, Muinasaja Teadus 1 (1991): 163–181.
- Mäesalu, Ain. „Otepää linnuse hävimisdaatumist,“ *Eesti Arheoloogiaajakiri = Estonian Journal of Archaeology* 14, nr 1 (2010): 79–89.

- Mäesalu, Ain. „Weapons in Otepää castle in 1396.“ – *Castella Maris Baltici* 5, *Archaeologia Medii Aevi Finlandiae* 6, ed. by Langelands Museum *et al.*, 91–98. Rudkøbing, 2001.
- Mäll, Jaak ja Russow, Erki. „Kuidas otsiti Kalevipoja parteipiletit – 50 aastat arheoloogilistest kaevamistest Raekoja platsil Tallinnas,“ *Arheoloogiga Läänemere maades: uurimusi Jüri Seliranna auks*, koost. Valter Lang ja Ülle Tamla, Muinasaja Teadus 13 (2003): 173–200.
- Mäll, Jaak. „Otepää piiskopilinnuse hävimisdaatumist kirjalike ja arheoloogiliste allikate valguses,“ *Eesti Arheoloogiaajakiri = Estonian Journal of Archaeology* 14, nr 1 (2010): 72–78.
- Mäll, Jaak. „Otepää piiskopilinnuselt leitud varspüssi rekonstrueerimine,“ *Ilusad asjad: tähelepanuväärseid leide Eesti arheoloogiakogudest*, koost. ja toim. Ülle Tamla, peatoim. Valter Lang, Muinasaja Teadus 21 (2010): 193–210.
- Nicholson, Helen J. *Medieval Warfare: Theory and Practice of War in Europe 300–1500*. Houndmills: Palgrave Macmillan, 2004.
- Saadre, Osvald. „Otepää varasemast ajaloost.“ – *Otepää. Kodu-uurijate seminarikokkutulek 26.–30. juunini 1966. a. Ettekannete lühikokkuvõtted*, 48–51. Tallinn: ENSV TA Kodu-uurimise Komisjon, 1966.
- Schmidchen, Volker. *Kriegswesen im späten Mittelalter. Technik, Taktik, Theorie*. Weinheim: VCH, 1990.
- Smith, Robert D. „The reconstruction and firing trials of a replica of a 14th-century cannon.“ – *Royal Armouries Yearbook* 4, 86–94. Leeds: Royal Armouries Museum, 1997.
- Tout, Thomas F. „Firearms in England in the Fourteenth Century.“ – T. F. Tout. *The collected papers of Thomas Frederick Tout with a Memoir and a Bibliography*, vol. 2. Manchester: Manchester University Press, 1932.
- Tuulse, Armin. *Die Burgen in Estland und Lettland*, Verhandlungen der Gelehrten Estnischen Gesellschaft XXXIII. Dorpat: Dorpater Estnischer Verlag, 1942.
- Urbański, Tadeusz. *Chemistry and Technology of Explosives*, vol. 3. Warszawa: PWN – Polish Scientific Publishers, 1967.
- Williams, Alan R. „Some Firing Tests with Simulated Fifteenth-Century Handguns,“ *The Journal of the Arms & Armour Society* VIII, no. 1 (1974): 114–120.
- Wlassaty, Joachim von. „Combat anno 1399. Welche Schußleistung besaß die Tannenberg-Büchse?“ *Deutsches Waffen-Journal* 6 (1977): 719–721.

Archaeological experiment with a reconstruction of the Otepää handgonne. Analysis of the tactical and technical characteristics of the oldest Estonian firearm

Jaak Mäll

The paper describes a series of tests performed with a reconstruction of the oldest known firearm in Estonia – a 15th-century handgonne from the castle of Otepää. The purpose of the experiment was to investigate the impact of the earliest hand-held firearms on 15th-century European warfare. As there have been many well-documented experiments with reconstructed late mediaeval bows and crossbows published in recent years, it was possible to compare the results to the performance of this reconstructed early hand-held firearm. The experiments included penetration tests into solid pinewood and muzzle velocity measurements. It was concluded that judging from the results of the experiments, the early hand-held firearms were vastly superior compared to the mechanical missile weapons of the time, both in terms of penetrative properties and the kinetic energy of the attack.

Keywords: Handgonne, medieval firearms, experimental archaeology, history of firearms.