

Reforma artylerii króla Władysława IV

(w oparciu o referat wygłoszony w Oddziale Poznańskim SMDBiB w dniu 27 stycznia 2017, pt. *Działomiar Hartmanna, czyli o zupełnie nieznannej, choć zasadniczej treści reformy artylerii króla Władysława IV*)

Ciężkie doświadczenia wyniesione przez Rzeczpospolitą z wojny ze Szwecją w latach 1621–1629 uświadomiły konieczność przeprowadzenia reorganizacji armii. Pokładano więc duże nadzieje w wybranym na króla w roku 1632 Władysławie IV. Energiczny i ambitny władca, starannie wykształcony, władający biegle czterema językami, znający zagadnienia dotyczące nowoczesnych metod prowadzenia działań wojennych, mający już za sobą osobisty udział w wojnie z Rosją w latach 1617–18, w wojnie chocimskiej 1621 r. i w bitwie ze Szwedami pod Gniewem w 1626 r., był dobrze przygotowany do roli reformatora. Dodatkowym atutem była wiedza zdobyta w trakcie europejskich podróży, np. kilkudniowego pobytu w hiszpańskim obozie Ambrochio Spinoli, oblegającego Brede, gdzie królewicz Władysław obserwował sposoby wznoszenia fortyfikacji polowych i prowadzenia ognia artyleryjskiego. W historiografii dotyczącej okresu panowania króla Władysława za istotną innowację w dziedzinie artylerii uznaje się wprowadzenie towarzyszących piechocie lekkich dział regimentowych. Tego typu działa przyczyniły się do sukcesów wojennych króla Gustawa II Adolfa. W Rzeczypospolitej inwentarze zaczęły wymieniać 40 mobilnych dział 6-funtowych regimentowych, stanowiących trzon wsparcia ogniowego armii koronnej Władysława IV. Nastąpił rozwój przemysłu zbrojeniowego. W Gdańsku rozbudowały się istniejące już dawniej ludwisarnie Ludwika Wichtendala oraz braci Gerta i Rudolfa Benningów, a od 1648 r. – Krzysztofa Tima. We Lwowie odlewali działa kolejno – Kasper, Jan i Andrzej Frankowie, w Wilnie – Jan Breutelt. W Bobrzy i Samsonowie działały wielkie piece hutnicze, a w okolicznych kuźnicach odlewano kule artyleryjskie oraz działa żeliwne, również na miejscu wiercone. Przez pewien czas działała huta w Pankach, gdzie odlewano i wiercono działa żeliwne. Oprócz tego król Władysław IV założył w Warszawie ludwisarnię królewską, wykonującą działa spiżowe, prowadzoną przez znanego ludwisarza Daniela Tima, który dostarczył w czasie swojej działalności 112 dział. Poza tym w Pucku i w Oliwie król uruchomił odlewnie dział żeliwnych dla potrzeb formującej się floty wojennej. Rozwinęła się również produkcja broni w dobrach magnackich. Lubomirscy uruchomili odlewnię dział w Wiśniczcu prowadzoną przez Eliasza Flieckera, a hetman Koniecpolski założył na Ukrainie 18 kuźnic żelaznych. *Summariusz armaty koronnej* z czasów króla Władysława zaczął wykazywać liczbę armat dochodzącą do 400 sztuk, a w prywatnych rękach było ich około 1000. Zauważyć należy, że znaczący udział w produkcji dział zaczęły stanowić działa żeliwne, przeznaczone głównie do wyposażenia twierdz i okrętów. Król Władysław IV był szczęśliwym wojownikiem. Zaraz po włożeniu korony zmuszony do przeciwstawienia się wschodniemu sąsiadowi pokonał go w błyskotliwej kampanii smoleńskiej. Opanował sytuację na południowych kresach, odzyskał Pomorze Gdańskie i zawarł długi rozejm ze Szwecją. Zmusił księcia pruskiego do złożenia należnego hołdu. W czasach jego panowania nastąpił rozwój gospodarczy, zwiększyła się produkcja i eksport zbóż, prowadzono na dużą skalę kolonizację ziem wschodnich, zbudowano twierdzę Władysławowo, zorganizowano flotę wojenną, wznoszono okazałe zamki i pałace magnackie, fundowano kościoły i klasztory. Rozwijała się kultura. Król okazał się melomanem – po raz pierwszy sprowadził do Polski operę, a na jej występy oddał salę na Zamku Królewskim. Miał wizję państwa i snuł dalekosiężne plany. Niestety, zrealizował ich tylko niewielką część i pozostał królem niedocenionym przez historię. Wstąpił na tron późno, bo w wieku 37 lat i był już wówczas poważnie schorowany. Kamica nerkowa i dna moczanowa, czyli podagra, nazywana wówczas chorobą królów, będąca zwykle następstwem nieodpowiedniej diety obfitującej w mięso i alkohol, przykuwała króla do łoża czasem na wiele tygodni i spowodowała jego przedwczesną śmierć.

Król Władysław IV, realizując swój program modernizacji armii, przeprowadził w Rzeczypospolitej między innymi reformę artylerii. Historiografia omawia zarówno korzystne zmiany warunków finansowania artylerii oraz korzystne zmiany organizacyjne, jak i reformę techniczną opartą na „systemie holenderskim”. Mówi się o zaprowadzeniu holenderskiego systemu podziału wagomiarów przy odlewaniu nowych dział, czyli ujednoczeniu tych wagomiarów i zmniejszeniu ich ilości do czterech, a reformę nazywa reformą czterech kalibrów. Tymczasem po

reformie nie widać w inwentarzach polskich cekauzów koronnych ograniczania nowo odlewanych armat do czterech kalibrów. Kiersnowski (1925: 118), zauważając, że zaprowadzona reforma nie była poparta żadnym aktem prawnym, wysnuł wniosek, iż wkrótce o czterokalibrowym systemie zapomniano, co rzekomo doprowadziło do – cytując: *cofnięcia się wstecz rozwoju artylerji polskiej*. Jest to, moim zdaniem, jeden z przykładów braku rozpoznania na czym polegała ta reforma. Opisując ją, historiografia podkreśla, oprócz ograniczenia ilości wagomiarów, także zmianę typów odlewanych dział – skrócenie długości luf i obniżenie ich masy (kartauna, działo regimentowe), co powodowało znaczący wzrost mobilności artylerii (np. zob. Nowak 1960: 270). Jednakże postęp w dziedzinie artylerii wyrażający się unifikacją sprzętu, czy też wprowadzaniem nowych typów dział o krótszych lufach (kartauny w miejsce kolubryn), był procesem ciągłym, który nie wymagałby jakiejś szczególnej decyzji o przeprowadzeniu w ściśle określonym momencie przełomowej reformy systemu artylerii. Kartauny w Rzeczypospolitej były odlewane już na wiele lat przed wstąpieniem na tron króla Władysława IV, ponieważ wymienił je inwentarz cekauzu tykocińskiego z roku 1579 (Górski 1902: 58). Reforma techniczna w artylerii króla Władysława IV nie pozostawiła dokumentów ujawniających jej założenia. Niniejszy artykuł przedstawia więc drogę rozumowania dedukcyjnego, które rozpoznaje jej zasadniczą treść i wyjaśnia prawdziwy powód, dla którego król Władysław IV zmuszony był do masowego przetopienia dział odlanych przez króla Zygmunta Augusta. Szczególną wskazówkę dotyczącą systematyki artylerii XVII- wiecznej przyniosło mi zbadanie zabytkowych działomiarów oraz przeprowadzenie analizy korelacji kalibrów zabytkowych luf armatnich w Muzeum Wojska Polskiego w Warszawie, w Zbrojowni Zamku Królewskiego na Wawelu oraz w Wielkopolskim Muzeum Wojskowym – ze skalami artyleryjskimi (działomiarem). Jest więc okazja przedstawić tu odmienne spojrzenie na systematykę dział odlanych w Rzeczypospolitej w XVI i XVII wieku. Rozpocznę zatem od kilku uwag dotyczących podstawowego przyrządu artyleryjskiego, jakim był działomiar. Już w I połowie XVI wieku włoski matematyk Niccolò Fontana, zwany Tartaglia, oprócz stworzenia podstaw balistyki zewnętrznej armaty podał myśl, by do ustalania wagomiarów kul w artylerii wykorzystywać matematyczną zależność między masą kuli a jej średnicą, czyli zacząć mierzyć średnicę kuli i według niej obliczać jej wagomiar (bez ważenia):

$$M = 1/6 \Pi d^3 \rho$$

gdzie:

M masa kuli (wagomiar)

$\Pi = 3,1415926 \dots^1$

d średnica kuli

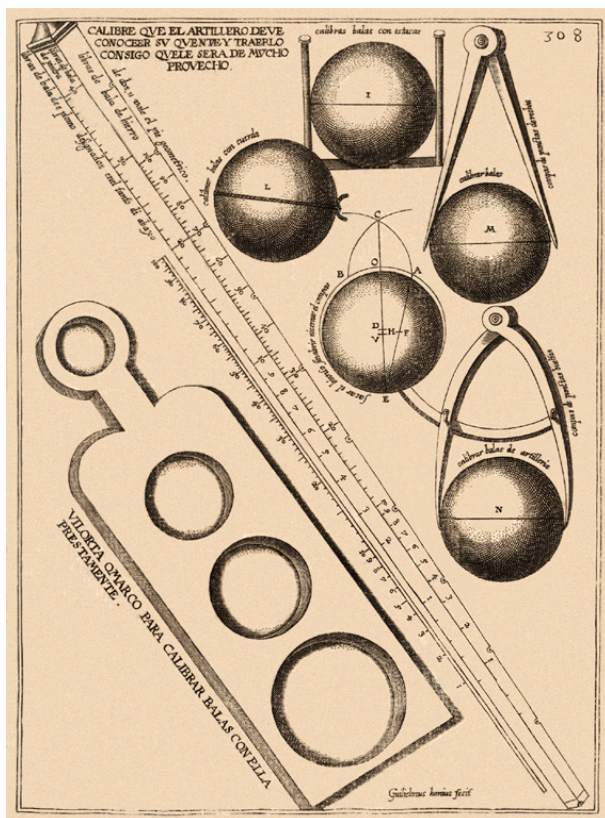
ρ gęstość (masa właściwa) materiału kuli



Il. 1: Działomiar z 1601 r. w zbiorach Staatliche Kunstsammlungen Dresden

W oparciu o tą matematyczną zależność niemiecki inżynier Georg Hartmann z Norymbergi, wynalazca i producent przyrządów astronomicznych, opracował i wdrożył do produkcji w 1540 roku przyrząd artyleryjski zwany działomiarem (il. 1). Ten prosty przyrząd wskazywał natychmiast, bez konieczności przeprowadzania obliczeń, ciężar kuli po zmierzeniu jej średnicy. Umożliwiał też określenie znamionowego wagomiaru działła przez pomiar średnicy otworu lufy. Z zasady działania takiego przyrządu, który umożliwia bezpośrednią konwersję średnicy kuli na jej ciężar, wynika jednak pewne ograniczenie. Za

¹ Ludolf van Ceulen w 1596 roku podał wartość π z dokładnością do 20 miejsc po przecinku.



Il. 2: Rycina z hiszpańskiej wersji traktatu Diego Ufano z 1613 r.

ceremonialnej *fusetto* było równocześnie przyrządem pomiarowym i narzędziem, używanym przez kanonierów w okresie XVII i na początku XVIII wieku. Sztylety te mogły być wykorzystywane:

- przede wszystkim do pomiaru średnicy otworu lufy i doboru właściwego wagomiaru kuli;
- do określania wagomiaru kuli na podstawie pomiaru jej średnicy;
- do rozdierania kartuszy ładunków prochowych przed ich wsunięciem w lufę;
- do nakłuwania kartuszy ładunków prochowych przez otwór zapałowy działa;
- do oczyszczania otworu zapałowego;
- do zatykania otworu zapałowego podczas ładowania działa;
- do zagwożdżenia lufy poprzez wbicie głowni sztyletu w otwór zapałowy i złamaniu głowni.



Il. 3: Sztylet artyleryjski w zbiorach Muzeum Wojska Polskiego w Warszawie (MWP 380*)

czasów saskich. Działomiarzy były jednak najczęściej różnie skalowane w poszczególnych krajach, co wynikało nie tylko ze zróżnicowanych terytorialnie miar funta, ale również z odmiennych wartości gęstości materiału kuli przyjmowanej za wzorzec skalowania. Mogło to wynikać ze zróżnicowania poszczególnych krajów pod względem technologii stosowanej do produkcji kul

jego pomocą można bowiem określić dokładnie wagomiar jedynie kul wykonanych z materiału o gęstości ustalonej za wzorcową dla danego działomiaru. Może więc okazać się, że waga kul, którą określono w wyniku ich zważenia, odbiega od wskazywanej przez działomiar, jeżeli materiał, z którego je wykonano, ma inną gęstość niż kula wzorcowa. Najczęściej działomiarzy wykonywane były w postaci prętów metalowych lub drewnianych o przekroju kwadratowym. Na każdym z czterech boków pręta nanoszono po jednej skali, z których trzy wskazywały wagomiarzy trzech rodzajów kul: kul kamiennych, kul tzw. żelaznych² i kul ołowianych. Na czwartym boku z reguły była podziałka liniowa wyrażona w calach i liniach (zob. il. 2 według Ufano 1613: 308). Wśród kanonierów rozpowszechnione były również sztylety artyleryjskie zwane z języka włoskiego *fusetto*, które charakteryzowały się długą głownią, zwykle trójkątną w przekroju, o kończystym sztychu, z naniesioną na płazie głowni skalą artyleryjską – działomiarem (il. 3). Trzon rękojeści i jelec najczęściej były profilowane spiralnie. Oprócz oczywistej funkcji broni oraz być może funkcji

Dzięki swojej prostej budowie działomiar rozpowszechnił się szybko w Europie. Oryginalny działomiar Hartmanna skalowany był w funtach norymberskich (1 funt odpowiadał 509,96 g) i w takiej postaci był przyjęty również w niektórych innych niż Niemcy krajach Europy – stosowany był np. we Francji do roku 1572 (von Stein 1836: 90, rozdz. 1540), a także w Rzeczypospolitej aż do

² W opracowaniu stosuję archaiczne i niewłaściwe z punktu widzenia dzisiejszej wiedzy z zakresu metaloznawstwa określenie *kula żelazna*, mając na myśli zarówno kule odlewane z żeliwa (żelaza lanego), jak i kule kute o gęstości stali węglowej.

żelaznych³, kutych lub odlewanych, różnic w składzie chemicznym żeliwa i szybkości jego chłodzenia. Powolne chłodzenie sprzyja grafytyzacji i wytworzeniu struktury żeliwa szarego o gęstości 7,03 do 7,13 g/cm³, natomiast przy szybkim chłodzeniu wytwarza się cementyt i struktura żeliwa białego o gęstości 7,58 do 7,73 g/cm³. W jednym i tym samym odlewie mogą występować obie te struktury – żeliwa białego w warstwie powierzchniowej, ulegającej szybkiemu chłodzeniu, a we wnętrzu odlewu żeliwa szarego. Wypadkowa gęstość takiego odlewu może więc przyjmować wartości pośrednie pomiędzy podanymi poprzednio (Hildred 2011: 397). Szwedzi używali działomiarów skalowanych w XVI wieku i I połowie XVII wieku według kuli o gęstości 7,1 g/cm³ (lanej z żeliwa szarego) (Jakobsson 1938: 37), a miarą masy był sztokholmski funt handlowy *skålpund* odpowiadający 415,47 g. Natomiast po przeprowadzeniu reformy artylerii w latach 1656/62 – według kuli o gęstości 7,15 g/cm³ (żeliwo szare)⁴, a miarą masy został funt norymberski. Działomiar angielski pokazuje, moim zdaniem⁵, skalowanie dla kul żeliwnych o gęstości ok. 7,29 g/cm³ (kule wydobyte z „Mary Rose” mają w przelomie żeliwo szare we wnętrzu kuli, natomiast w warstwie zewnętrznej obszary żeliwa białego o większej gęstości) (Hildred 2011: 316), a miarą masy był funt angielski. Przeprowadzona przeze mnie próba rekonstrukcji hiszpańskiej skali z traktatu Diego Ufano (1613: 308) pokazała skalowanie dla kuli wzorcowej o gęstości ok. 7,42 g/cm³ (żeliwo szare + żeliwo białe), a miarą masy był funt hiszpański odpowiadający 460,01 g. Przeświadczenie o tym, że artyleria Rzeczypospolitej w XVI i w XVII wieku używała miary funta norymberskiego do określania wagomiarów, jest dziś dość ugruntowane (Nowak 1960: 279). Natomiast zupełnie nieznana jest kwestia rozpoznania prawidłowej wartości gęstości materiału, z której wykonana była kula wzorcowa użyta do skalowania tego działomiaru. Profesor Tadeusz Marian Nowak zamieścił w swojej pracy jedynie przypuszczenie, że kula wzorcowa w Rzeczypospolitej mogła być wykonana z żelaza **lanego** o gęstości 7,7 g/cm³, czyli maksymalnej gęstości żeliwa białego, a także przedstawił skalę hipotetycznego działomiaru, która jednak nie pasuje do zabytkowych dział polskich (Nowak 1960: 286, 294)⁶. Tymczasem piśmiennictwo niemieckie podaje, że oryginalny działomiar Hartmanna był skalowany dla kuli wzorcowej **kutej** o gęstości stali w sztabach (czyli ok. 7,9 g/cm³) (Schels 1826: 184; von Stein 1836: 90, rozdz. 1540). Kula wzorcowa o masie 1 funta norymberskiego ma wówczas średnicę 49,8 mm. Skalę opartą o taki wzorzec ma precyzyjnie wykonany działomiar z 1601 roku znajdujący się w zbiorach Staatlichen Kunstsammlungen Dresden (il. 1 – Inventarnummer: B I 13). Natomiast w zbiorach polskich, w Muzeum Wojska Polskiego, znajduje się wyjątkowy zabytek: topór będący zarazem kwadrantem artyleryjskim (zob. il. 4). Dodatkowo jest on również działomiarem, ma bowiem skale artyleryjskie naniesione na metalowych okuciach przymocowanych do styliska⁷. Ponieważ skala kul żelaznych stanowiła wówczas bazę systematyki armat, przedstawiam w załączonej tabeli 1 wyłącznie wyniki moich pomiarów skali EISEN znajdującej się na tym toporze.

³ Historiografia dotycząca XVII-wiecznych kuźnic z terenu Rzeczypospolitej mówi o produkowanych w nich kulach artyleryjskich zarówno kutych, jak i odlewanych.

⁴ Wartość obliczona na podstawie danych von Rouvroy (1821: 137), według Aschling (1806).

⁵ Przedstawiam własne ustalenie na podstawie analizy skalowania działomiaru wydobytego z wraku okrętu „Mary Rose” z 1545 roku.

⁶ O wagomiarze działa wyrażonym ciężarem *kuli lanej z żelaza* mówią również inni, np. Gradowski, Żygulski 2000: 168.

⁷ Jak głosi łacińska inskrypcja, został on wykonany w 1585 roku na zlecenie Juliusza, księcia Brunszwiku i Lüneburga (1528–1589). Identyczny egzemplarz topora znajduje się w zbiorach Tower w Londynie. Najprawdopodobniej książę zamówił serię identycznych toporów, by promować w ten sposób swój wynalazek. Ciekawostką bowiem jest to, że oba topory, w Warszawie i w Londynie, mają oprócz typowych skal działomiaru: STEIN, EISEN, BLEY (kamień, żelazo, ołów), dodaną nietypową skalę artyleryjską opisaną wyrazem SLAGHEN (żuźłowe). Skala ta dotyczy kul o gęstości ok. 4,5 g/cm³, skuwanych z żuźła pochodzącego z wytopu żelaza. Ich wynalazcą był podobno sam książę Juliusz. Kule te, znacząco lżejsze od żeliwnych, najprawdopodobniej przeznaczone były do dział kamiennych. Koszt ich produkcji był zapewne dużo niższy od wytworzenia kul kamiennych przez kamieniarzy. Era dział kamiennych jednak już w tym czasie kończyła się i kule żuźłowe znalazły zastosowanie w niewielkim zakresie, lokalnie w Niemczech – ponad 1000 tego rodzaju kul opatrzonych datą 1575 roku znaleziono w Philippsburgu w Badenii-Wirtembergii. Działa kamienne pozostawały w użyciu w XVII wieku wyłącznie, by strzelać pociskami kartaczowymi i ognistymi, jak donosił Ufano.



Il. 4: Topór artyleryjski w zbiorach Muzeum Wojska Polskiego w Warszawie (MWP266*)

Wyniki te poddałem następnie sprawdzeniu poprawności naniesienia skali przez rzemieślnika wykonującego topór. Opis metody takiego sprawdzenia podał Kazimierz Siemienowicz (1963: 79) i Józef Jakubowski (1781, I: 117). Metoda ta wykorzystuje zależność matematyczną, według której

stosunek masy dwóch kul odpowiada stosunkowi ich średnic podniesionych do potęgi trzeciej.

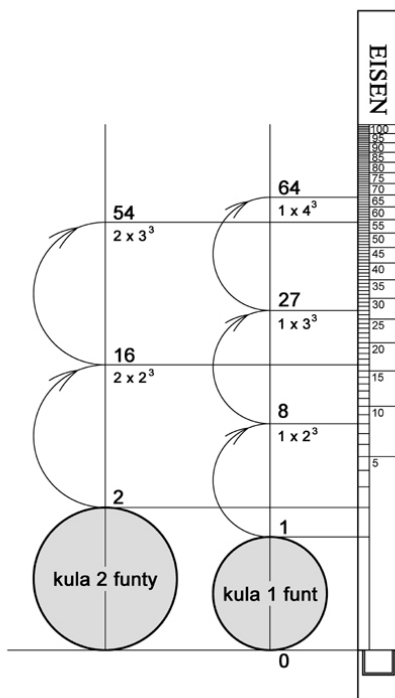
$$M1 / M2 = D1^3 / D2^3$$

gdzie:

M1, M2 – wagomiary kul 1 i 2,

D1, D2 – średnice kul 1 i 2,

gęstość materiału kul $\rho = \text{const}$.



Sprawdzenie polega na porównywaniu długości kolejnych odcinków skali odpowiadających wielokrotności średnicy kuli o wyjściowym, dowolnie wybranym wagomiarze (il. 5). Biorąc za punkt wyjścia kulę 1-funtową, należy porównać odcinki skali pomiędzy karbami 0–1, 1–8, 8–27, 27–64. Powinny one być dokładnie o tej samej długości, równej średnicy kuli 1-funtowej. Odpowiednio dla kuli 2-funtowej: odcinki skali pomiędzy karbami 0–2, 2–16, 16–54 powinny być o tej samej długości. Postępując w ten sposób również dla innych wartości wagomiarów, w kolejnych krokach i przy wsparciu komputerowym można wskazać, które karby na skali nie są ustawione na swoim właściwym miejscu wskutek błędów wykonawczych i dokonać lokalnych korekt naniesienia podziałki. Po tak przeprowadzonej analizie naniosłem odchyłki na wyniki uzyskane z pomiarów skali topora. Sumaryczna wartość tych odchyłek wyniosła w tym przypadku zero.

Dzięki pomiarom skali na toporze i przeprowadzonej korekcie przedstawiam w tabeli 1 zrekonstruowaną skalę kul żelaznych działomiaru Hartmanna. Jak się okaże z dalszego wywodu, znajduje ona dokładną korelację z kalibrami dział odlanych w Rzeczypospolitej w drugiej połowie XVI wieku i w

Il. 5

wieku XVII. Analiza wyników pomiarów pokazuje, że podziałka dotycząca kul żelaznych wyskalowana została tam w funtach norymberskich i dla kuli wzorcowej kutej o gęstości stali węglowej. Dowód na poprawność tak wykonanej rekonstrukcji skali działomiaru Hartmanna można znaleźć w historiografii dotyczącej niemieckich i austriackich działomiarów z początku XIX wieku – kula żelazna o masie 1 funta norymberskiego (509,96 g) ma średnicę 2,04 cala norymberskiego, czyli 49,788 mm ($2,04 \times 292,87 / 12$) (Schels 1826: 180–193; von Rouvroy 1821: 137). Skalowanie działomiarów niemieckich, których używano również w Rzeczypospolitej, oparte o kule kute o gęstości stali w sztabach $\rho = 7,88 \text{ g/cm}^3$, było więc rozwiązaniem szczególnym. Jak przypuszcza Johann Schels (1826: 184), w czasie gdy Hartmann jako pierwszy tworzył swój przyrząd (1540 rok), nie odlewano jeszcze kul z żeliwa, dostępne były tylko żelazne kule kute. Tak specyficznym wyskalowanego działomiaru Niemcy używali do końca epoki odprzodowych armat gładkolufowych.

Rekonstrukcja skali EISEN działomiaru na stylisku topora artyleryjskiego z 1585 roku (nr inw. MWP 266*)			
wagomiar	pomiar średnicy kuli na skali topora	rekonstrukcja skali wg metody Kazimierza Siemienowicza	odchyłka
funt	mm	mm	mm
1	49,9	49,8	+0,1
2	62,1	62,7	-0,6
3	70,6	71,8	-1,2
4	79,2	79,1	+0,1
5	85,0	85,2	-0,2
6	89,4	90,5	-1,1
7	95,2	95,3	-0,1
8	99,9	99,6	+0,3
9	105,1	103,6	+1,5
10	108,7	107,3	+1,4
15	123,3	122,8	+0,5
16	126,2	125,5	+0,7
20	135,9	135,2	+0,7
24	143,6	143,6	0,0
25	145,3	145,6	-0,3
27	148,8	149,4	-0,6
30	154,0	154,7	-0,7
32	158,4	158,1	+0,3
35	163,6	162,9	+0,7
40	170,8	170,3	+0,5
45	177,5	177,1	+0,4
50	183,9	183,5	+0,4
54	187,9	188,2	-0,3
55	188,9	189,4	-0,5
60	194,3	195,0	-0,7
64	199,3	199,2	+0,1
65	200,3	200,2	+0,1
70	204,7	205,2	-0,5
75	209,1	210,0	-0,9
80	213,9	214,6	-0,7
85	218,3	219,0	-0,7
90	223,2	223,2	0,0
95	227,5	227,2	+0,3
100	232,2	231,2	+1,0

Suma odchyłek = 0,0

Tabela 1.

Tabela 1 pokazuje dokładne wartości średnic kul żelaznych o wagomiarach od 1 do 100 funtów (w kolumnie trzeciej) – stanowią one podstawę systematyki zabytkowych luf polskich. Pokazana jest tu ograniczona liczba parametrów – natomiast inne, pośrednie wartości kalibrów i wagomiarów można obliczyć z następujących zależności:

$$D2 = D1 \frac{\sqrt[3]{M2}}{\sqrt[3]{M1}}$$

gdzie:

D2 średnica obliczana dla kuli o wagomiarze M2

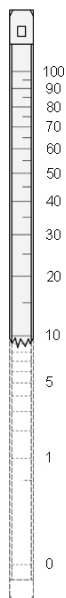
D1 średnica znanej kuli o wagomiarze M1

$$M2 = M1 (D2/D1)^3$$

gdzie:

M2 wagomiar obliczany dla kuli o średnicy D2

M1 wagomiar znanej kuli o średnicy D1



Wśród artefaktów wydobytych z wraku okrętu „Solen” rozpoznaję duży fragment działomiaru wykonanego w postaci drewnianego pręta o przekroju kwadratowym (nr inw. CMM/W-6/1021/78) z czterema precyzyjnie naniesionymi skalami: wagomiarów kul żelaznych, ołowianych, kamiennych i skalą liniową. Próbę rekonstrukcji skali kul żelaznych tego działomiaru przedstawiam na il. 6. Ponieważ działomiar ten wyskalowany jest w miarach norymberskich, dokładnie jak to ma miejsce na wspomnianym wyżej toporze w zbiorach Muzeum Wojska Polskiego, nasuwa się pytanie: co ten przyrząd robił na okręcie szwedzkim? Działomiar szwedzki różnił się przecież wyraźnie od oryginalnego działomiaru Hartmanna (kula 24-funtowa według działomiaru szwedzkiego miała średnicę 139,0 mm, natomiast według Hartmanna 143,6 mm). Najprawdopodobniej było to więc trofeum wojenne wywożone z Polski przez któregoś z żołnierzy kompanii piechoty zaokrętowanej na „Solenie”, podobnie jak to miało miejsce z tłokiem pieczęciowym adwokatów oliwskich, wydobytym również z tego wraku. Działomiar z wraku „Solena” można więc uznać za kolejne potwierdzenie tezy, że artyleria koronna Rzeczypospolitej stosowała w XVII wieku miary norymberskie, a kula wzorcowa była kulą kutą, a nie odlewaną z żeliwa, jak dotąd sądzono.

Il. 6

Tabela 2 pokazuje wyraźną korelację między skalą kul żelaznych działomiaru Hartmanna a średnicami przewodów luf zachowanych w polskich zbiorach muzealnych, odlanych przed reformą systemu artylerii przeprowadzoną przez króla Władysława IV około 1635 roku. Wartości kalibrów zaczerpnąłem z historiografii dotyczącej zbiorów polskich oraz opisów muzealnych. Przeprowadziłem również próby własnych pomiarów oraz interpretacji otrzymanych wyników. Okazało się, że niedoskonałości technologii rozwiercania przewodów luf w XVII wieku spowodowały błędy kształtu okrągłości otworu, które występują w zachowanych egzemplarzach dział w różnym stopniu, czasem znaczącym. Wartość minimalna pomiaru średnicy otworu może wyraźnie różnić się od wartości maksymalnej. Obszar wylotu jest niejednokrotnie rozkalibrowany. Prowadząc pomiary średnicy przewodu lufy dokładną średnicówką mikrometryczną w obszarze od wylotu do 30 cm w głąb przewodu i analizując otrzymaną serię wyników, zauważyłem zgodność **najmniejszej** wartości pomiaru średnicy ze skalą działomiaru, z zaskakująco dużą dokładnością – z reguły $\pm 0,1$ mm.

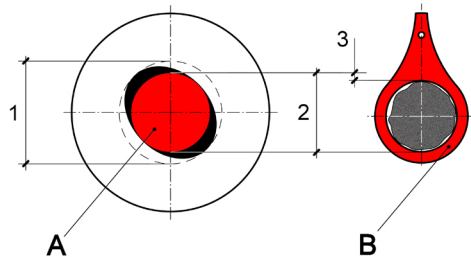
WSKAZANIE DZIAŁOMIARU		kaliber luf muzealnych podany w literaturze	autorski pomiar kalibru zabytkowych luf
wagomiar nominalny (otworu lufy)	średnica otworu lufy		
funt	mm	mm	mm
60	195,0	195 ⁴	195,0 (WMW, działo komorowe, żeliwo)
36	164,4	166 ¹	
25	145,6	144 ¹ , 146 ¹ , 147 ² ,	145,6 (Wawel, lufa z godłem Wilk z 1633 r., spisz)
14	120,0	120 ¹	120,0 (Wawel, lufa św. Bartłomiej, spisz)
8	99,6	99 ¹	99,7 (Wawel, lufa z godłem Rak, po 1601 r., spisz)
7	95,3	95 ³ , 96 ¹ ,	95,2 (MWP, Nr inw. 25109*, żeliwo)
4	79,1	80 ¹	
3,5	75,6	75 ³ , 76 ³ ,	75,6 (MWP, Nr inw. 32250*, 1566 r., spisz)
2,5	67,6	68 ¹	67,6 (Wawel, fundator J.von Pallandt, spisz)
2	62,7	62 ³ , 63 ¹ ,	62,7 (MWP, Nr inw. 3084*, żeliwo)
1,5	57,0	57 ¹	57,0 (MWP, Nr inw. 3091*, 1600 r., spisz)
1,25	53,6	54 ³	
1,00	49,8	50 ¹	
0,75	45,2	45 ¹	45,2 (Wawel, armatka Baldnera, XVI w., spisz)
0,50	39,5	40 ³	
0,25	31,4	32 ³	
0,125	24,9	25 ¹	

Tabela 2

- 1). Grodzicka (1960),
- 2). Nowak (1960),
- 3). MWP w Warszawie,
- 4). Muzeum w Nowym Wiśniczu

MWP – Muzeum Wojska Polskiego w Warszawie
WMW – Wielkopolskie Muzeum Wojskowe w Poznaniu

Niewątpliwie przyjmowanie minimalnej wartości średnicy otworu lufy za kaliber jest nader logiczne. Natomiast zaobserwowana dokładność korelacji kalibrów ze skalą działomiaru pozwala wysnuć wniosek, że dawny ludwisarz najprawdopodobniej posługiwał się sprawdzianem tłoczkowym, który informował go z zaskakującą nas dziś precyzją, kiedy należy przerwać proces wieloetapowego rozwiercania lufy i można uznać, że lufa osiągnęła już kaliber znamionowy.



- Il. 7: A - sprawdzian tłoczkowy,
B - przepustnica do kul,
1 - średnica maks. otworu lufy,
2 - średnica min. - kaliber lufy,
3 - przestwór.

Sprawdziany tłoczkowe również dziś są powszechnie używane do sprawdzania średnic otworów podczas masowej produkcji detali wytwarzanych metodami obróbki skrawaniem. Umożliwiają one kontrolę utrzymania średnicy otworu w polu wymaganej tolerancji z dokładnością do 0,01 mm. Sprawdzian tłoczkowy z zasady swojego działania sprawdza minimalną wartość średnicy otworu, w przypadku gdy występuje błąd kształtu okrągłości (il. 7). W trakcie pomiarów poszukiwałem więc w przewodach luf takich miejsc, w których dwupunktowa średnicówka mikrometryczna wskazywała minimalne wartości i wpisywałem je do protokołu jako kaliber działa. Nie

wyciągałem średniej z wyników pomiarów, bowiem nie prowadziło to do istotnych wniosków. Zaniechałem też stosowania średnicówki trzypunktowej, która z zasady swojego działania podaje uśrednione wyniki pomiarów. Pierwszą zatem, istotną zasadą przy badaniu dział jest wymóg **przyjmowania za kaliber lufy wyłącznie minimalnej wartości średnicy otworu** przewodu lufy, wynikającej z serii pomiarów wykonanych za pomocą średnicówki dwupunktowej lub określanie kalibru sprawdzianami tłoczkowymi.

Kolejną kwestią związaną z prawidłowym rozpoznaniem kalibrów dział, zarówno żeliwnych, jak i spiszowych, jest stopień korozji materiału lufy. Do niezwykle rzadkich przypadków należą lufy ulokowane kiedyś pod dachem i cały czas przechowywane w pomieszczeniach. W egzemplarzach takich zachowały się przewody luf pokryte tylko czarnym nagarem powstającym w wyniku strzelania. Spotkałem zaledwie kilka takich przypadków, a kalibry tych dział dokładnie pokrywały się ze wskazaniami działomiaru. Najczęściej jednak w lufach występuje silnie przylegająca do spżu warstwa w kolorze szarobrunatnym, który zapewne wskazuje na obecność produktów korozji z zawartością chlorku miedziowego⁸. Warstwę tę należy traktować jako przetworzony materiał lufy i nie usuwać jej podczas konserwacji, ani nie odejmować jej grubości od wyniku pomiaru kalibru. Należy uznać ją za integralną część materiału lufy podlegającą ochronie i konserwacji. Naruszenie lub usunięcie silnie przylegającej do spżu szarobrunatnej warstwy chlorków powoduje bowiem utratę informacji o pierwotnym kalibrze lufy. Lufy spiszowe wyczyszczone do czystego metalu nie wykazują już korelacji z działomiarem. W niektórych lufach występuje również kolor jasnozielony wskazujący na obecność chlorków miedziowych, a charakterystyczne wykwy sygnalizują tzw. trąd brązu (!), co wymagałoby pilnego objęcia czynnościami konserwatorskimi również powierzchni wewnętrznych tych zabytków. Trąd brązu to korozja podlegająca lawinowej autokatalizie, a produkty korozji płatkami w kolorze zielonym odpadają przy lekkim dotknięciu ścianki przewodu lufy. W następstwie takiej korozji w głębi przewodów pięknych polskich luf spiszowych, najcenniejszych w naszych zbiorach muzealnych, odkryłem obszary o średnicy otworu zwiększonej o ponad milimetr, w porównaniu z wynikiem pomiaru u wylotu. Ponadto w tych miejscach warstwowierz elektroniczny wskazał zaleganie produktów korozji o grubości ok. 1 mm, co oznaczałoby, że trąd brązu „wyżarł” lokalnie aż 3 mm z pierwotnego kalibru! Wiele przewodów luf jest zniszczonych wskutek uszkodzeń mechanicznych powstałych zapewne podczas eksploatacji dział. Niemniej jednak prowadząc pomiary kalibrów armat w odpowiedni sposób, tzn. wyszukując w przewodzie lufy miejsc z minimalną korozją i bez uszkodzeń, posługując się dwupunktową średnicówką mikrometryczną umożliwiającą pomiar kalibru również w głębi przewodu lufy, oraz przyjmując za kaliber działa minimalną wartość z serii pomiarów średnicy otworu lufy, można przekonać się, że działa już w XVII wieku rozwiercane były ze zdumiewającą precyzją. Nawet duża część dział XVI-wiecznych ma średnice odpowiadające z dokładnością rzędu 0,1 mm wskazaniom działomiaru, tzn. ze skalą pokazaną w tabeli 1. Znalazłem wyraźne dowody na to, że powszechna opinia mówiąca o dużej niedokładności dawnych mistrzów ludwisarstwa, czy też dużej dowolności w odlewaniu dział, jest mitem. Do takiego przekonania można jednak dojść dopiero podczas badań prowadzonych z odpowiednim działomiarem w rękę, a dodatkowo uwzględnić wariantywność wykonywanych wówczas kalibrów, o czym będzie mowa dalej. Inny obraz pojawia się natomiast podczas pomiaru średnic kul. Przy ich masowej produkcji trudno było osiągać wąskie pole tolerancji średnicy i błędów kształtu oraz zadowalającą klasę chropowatości powierzchni. Niemniej jednak taki stan rzeczy najprawdopodobniej nie zwalniał wówczas z utrzymania znacząco wyższej precyzji w rozwiercaniu otworów luf, która była znacznie łatwiej uzyskiwana (obróbka skrawaniem) niż w przypadku możliwości technologicznych utrzymania odchyłek średnicy kul (odlewnictwo). O ile brak informacji historycznej powoduje, że używanie sprawdzianu tłoczkowego podczas rozwiercania lufy jest domniemaniem, to w przypadku kul wyraźnie udokumentowane jest stosowanie sprawdzianów oczkowych (przepustnic), a reprezentują je zachowane okazy już z XVI wieku (Ufano 1613: 308; Hildred 2011: 401). Zachowane egzemplarze kul na wrakach okrętów z XVI i XVII wieku pokazują, że akceptowany do stosowania rozrzut ich

⁸ Wynika to z obserwacji pracy ekipy konserwatorów muzealnych, którzy dokonywali oczyszczenia przewodu lufy zabytkowego działa.

średnic był wówczas znacząco większy niż 9 punktów (0,0625 cala), które podał Jan Szemesler (1809)⁹.

Popularność niezwykle praktycznego wynalazku Hartmanna miała niewątpliwie bardzo duży wpływ na kierunek rozwoju artylerii na przełomie XVI i XVII wieku. Przede wszystkim uwidacznia się odchylenie od wcześniejszego systemu klasyfikowania dział według nazw własnych (Bazyliszek, Śpiewaczka, Słowik, Sokół, Jastrząb itd.) na rzecz klasyfikacji opartej o wagomiar wyrażony w funtach. Dzięki działomiarowi łatwo można było wskazać kaliber, czyli średnicę wyrażoną w calach, która odpowiadała danemu wagomiarowi znamionowemu działa. Średnica ta z kolei była podstawą do wykonania projektu lufy, ponieważ poszczególne jej wymiary określone były przez proporcje odniesione do tego kalibru. Projektowanie to nazywam archaicznym, ale jakże celnym określeniem: proporcjonowaniem luf armatnich (Jakubowski: *uproporcyonowanie*; Szemesler: *uproporcyonowanie*). Określenie to trafia w sedno, ponieważ wymiary projektowanej lufy musiały spełniać proporcje wynikające zarówno z kalibru, jak też z określonej kategorii działa pod względem długości lufy i grubości jej ścian. Obowiązujący w danym czasie system proporcjonowania narzucał także określoną typizację znamionowych wagomiarów. Należy przy tym brać pod uwagę, że w zależności od rozpatrywanego okresu za wagomiar znamionowy działa mógł być uznany nie tylko wagomiar kuli, ale też wagomiar, który w dalszej części opracowania nazywam **wagomiarem otworu lufy**, czyli masa kuli żelaznej, która teoretycznie zmieściłaby się w lufie z luzem równym zeru. Rzeczywisty wagomiar kul przeznaczonych do strzelania był oczywiście odpowiednio mniejszy od wagomiaru otworu lufy, z powodu konieczności zapewnienia przestworu (tzw. „wiatru”). Był to luz między maksymalną średnicą kuli a kalibrem lufy, niezbędny do jej bezpiecznego wystrzelenia. Badając zabytkowe działa, można udowodnić, że lufy odlane w Rzeczypospolitej były oparte o oryginalny działomiar Hartmanna, przy czym wagomiary otworu lufy tych dział, aż do momentu przeprowadzenia reformy króla Władysława IV, były z reguły liczbami całkowitymi. Wagomiary kul natomiast uzależnione były od przyjętego w danym okresie wymiaru przestworu. W tabeli 3 przedstawiam wynik analizy danych pochodzących z dostępnych materiałów źródłowych i z badań zabytkowych luf spiżowych. Obrazuje ona korelację wagomiarów otworu lufy i wagomiarów kul w różnych okresach. Stan początkowy z XVI wieku został tu wpisany wytłuszczonym drukiem (kolumna A i B). Widoczna jest wówczas znacząco większa wartość przestworu niż w okresie późniejszym – stosunek wagomiaru kuli do wagomiaru otworu lufy spiżowej był początkowo jak 5 do 6 (przestwór wynosił 1/17 część kalibru lufy). Wczesne kule kute i odlewane wykazywały wady w postaci błędów kształtu kulistości, wysokiej chropowatości powierzchni oraz niecentrycznego położenia środka ciężkości. Wady te powodowały zwiększone opory ruchu, w tym obijanie się, koziołkowanie kuli podczas poruszania się w lufie. Z biegiem czasu gromadzone doświadczenie artylerzystów niewątpliwie wykazało, że zmniejszenie wymiaru przestworu wpływa znacząco na poprawę osiągnięć działa. Nic więc dziwnego, że w miarę doskonalenia technologii wytwarzania kul (zmniejszenie odchyłek kulistości i zmniejszenie chropowatości powierzchni) możliwe też stało się zmniejszenie „wiatru”, czyli wymiaru przestworu¹⁰. Osiągnięto to drogą powiększenia wagomiarów kul przy zachowaniu dotychczasowych wagomiarów otworu lufy, wprowadzając proporcję tych wagomiarów jak 6 do 7 (przestwór wynosił 1/20 część kalibru lufy – wartość wymieniana jako

⁹ Jan Szemesler: *żeby mieć wagę iakieykolwiek kuli zadaney, obeymuie się kołowym cyrklem iey naywiększa średnica, i przykłada się na działomiar odpowiadający takowym kulom, na którym pokaże się waga szukana. Używa się także przepustnic, które nic innego nie są, tylko obrączki żelazne, mające wewnętrzne koło średnicy równej wagomiarowi kuli; takowym przepustnicom daie się dla wygody trzymania w przepuszczaniu kul przez nie rękoieść drewniana. Nayużyteczniejszy sposób zaś iest ten. Do każdego wagomiaru są dwie przepustnice, iedna większa, druga mnieysza; średnica większey iest równa średnicy kuli; średnica zaś mnieyszey przepustnicy iest znowu od większey mnieysza o 9 punktów. Kulę zatym, która przez większą nie przechodzi przepustnicę odrzucaią, iako zawięlką, która zaś przeydzie przez mnieyszą, iest podobnie odrzucana iako zbyt mała.*

¹⁰ Szemesler (1809: 60): *Przymioty dobrych kul na tych zależą warunkach: 1szy ażeby iak naydoskonalszą miały okrągłość; 2re aby powierzchnia iey była iak naygładsza, gdyż ta własność nie tylko ochrania kanał armaty, ale też dopomaga szybkości pomnożenia i utrzymania kierunku; 3cie ażeby nie miały dziurkowatości, gdyż w takim razie środek ciężkości nie zgadzałby się z środkiem figury. 4te Ażeby nie były lane z kruchego żelaza. 5te Ażeby nie miały przestworu nazbyt wielkiego, ani nazbyt malego. Kule zatym iedną w zwyż wymienionych wad mające, odrzucaią się.*

zalecana w niektórych traktatach z epoki), a na początku XVII wieku osiągnięto już stosunek wagomiaru kuli do wagomiaru otworu lufy jak 7 do 8 (przestwór wynosił 1/23 część kalibru lufy, co wynika np. z przekazu dell'Aqua (1960: 88)¹¹. Konstanty Górski podał na podstawie źródłowych wykazów, że do półkartaun (24-funtowych) początkowo zamawiano kule 20-funtowe (zob. kolumna B), a w okresie późniejszym 21-funtowe (zob. kolumna D).

Wagomiar otworu lufy	Wagomiar kuli – gdy stosunek wagomiaru kuli do wagomiaru otworu lufy był jak:		
	5 : 6 (XVI w.)	6 : 7 (koniec XVI w.)	7 : 8 (do 1635 r.)
	A	B	C
funt	funt	funt	funt
60	50	51,43	52,5
48	40	41,14	42
36	30	30,86	31,5
30	25	25,71	26,25
24	20	20,57	21
18	15	15,43	15,75
12	10	10,29	10,5
6	5	5,14	5,25
3	2,5	2,57	2,625

a

Wagomiar otworu lufy	Wagomiar kuli
7 : 8 (po 1635 r.)	
E	F
funt	funt
---	---
54,86	48
---	---
---	---
27,43	24
---	---
13,71	12
6,86	6
3,43	3

b

Tabela 3. Wartości teoretyczne:

- wykaz wagomiarów kul i wagomiarów otworu lufy w pierwotnym systemie proporcjonowania luf (do 1635 roku),
- wykaz wagomiarów kul i wagomiarów otworu lufy po reformie systemu proporcjonowania luf (po 1635 roku).

Jak widać, na przełomie XVI i XVII wieku pojawiły się tą drogą większe wartości wagomiarów kul będące już jednak z reguły liczbami ułamkowymi (kolumny C i D), natomiast wagomiary otworu lufy stale pozostawały liczbami całkowitymi (kolumna A). Jednakże nie powstała praktyka podawania wagomiaru otworu lufy jako parametru znamionowego dział. W inwentarzach armat z tego okresu podaje się formułkę: *działo strzelające kulą x funtów*. Przy tym podana liczba x jest z reguły liczbą całkowitą. Najprawdopodobniej w zapisie inwentarzowym stosowano więc zaokrąglenie wagomiarów kul – do wartości będących liczbami całkowitymi. Bez wątpliwości zaokrąglenie z reguły stosuje w swoim traktacie również Diego Ufano. Jednak kula 5-funtowa określana jest przez tego autora jako: *trochę więcej niż 5 funtów* (5,25 ?), natomiast wymieniona kula 10-funtowa ma w istocie dopiero po przejściu autora do szczegółów – 10,5 funta (Ufano 1643, I: 13) – wartości takie widać tu w tabeli 3 (kolumna D). Natomiast historiografia zawiera pogląd, zapewne z powodu obserwowanej niezmienności średnic otworu lufy, że artyleria europejska początkowo przyjęła wagomiar otworu lufy za punkt wyjściowy systemu proporcjonowania luf (zob. Schels 1826: 181; von Stein 1836, rozdz 1540: 90; von Rouvroy 1821: 146).

Pierwotny system, w którym punktem wyjściowym był znamionowy wagomiar otworu lufy, niewątpliwie był uciążliwy dla użytkowników armat przy zamawianiu kul. Byli oni zmuszeni do dobierania przestworu odrębnie dla każdego dział z uwzględnieniem klasy dokładności wykonania powierzchni przewodu lufy, zwłaszcza jej gładkości. Regułą było stosowanie **w działach żeliwnych**

¹¹ Postęp technologiczny w kolejnych latach umożliwił dalsze zmniejszanie przestworu – pod koniec epoki dział gładkolufowych stanowił on nawet 1/28 część kalibru lufy – zob. Lavery 1987: 95.

dwukrotnie większego przestworu (a więc odpowiednio mniejszej średnicy kuli), w porównaniu do dział spiszowych o tym samym wagomiarze znamionowym (otworu). Wynikało to ze znacznie większej chropowatości rozwierconego przewodu w odlewie żeliwnym (który jest znacząco twardszy i trudniejszy w obróbce od spiszowego) i jego skłonności do pokrywania się rdzą, co w sumie znacznie zwiększa tarcie spoczynkowe (statyczne) i ruchowe (kinetyczne) kuli oraz przybitki o powierzchnię przewodu lufy. Jakubowski (1781, I: 123) relacjonował, pisząc pod koniec XVIII wieku, co następuje: *do armat żelaznych przestwór dawać się zwykł pospolicie około dwa razy tak wielki jak do armat spiszowych, a to dla kanału, podlegającego rdzy i chropowaciznie*¹². Również Braun (1682: 39) podnosi konieczność stosowania dwukrotnie większego przestworu w działach żeliwnych i tłumaczy to następująco, cytując: *ponieważ spiszowe pozostają w rdzeniu dużo czystsze i dają się dużo czyściej (viel reiner) rozwiercać niż żeliwne*. Johann Schels (1826: 173) ostrzega w swoim opracowaniu, że przyjęcie „wiatru” mniejszego niż zalecany doprowadza często do rozsądzenia lufy działa. Natomiast Friedrich von Rouvroy (1821: 147) stwierdził, że można już zaniechać stosowania zasady powiększania przestworu dla dział żeliwnych, gdy są one odlane bez rdzenia (wiercenie otworu lufy w pełnym materiale) lub na rdzeniu pocienionym (rozwiercanie w grubszym niż poprzednio naddatku, dzięki czemu gruntownie usuwana była warstwa żeliwa z zanieczyszczeniami i wadami odlewniczymi tworzącymi się wokół rdzenia).



Il. 8

Tajniki balistyki wewnętrznej dawnych dział nie są dziś w wielu szczegółach rozpoznane. Wielu kwestii można jedynie domniemywać. W tych rozważaniach na pewno należy uwzględnić znacząco mniejszą wytrzymałość żeliwa na rozrywanie w porównaniu ze spiszem. Mimo odlewania grubszej ścianki lufy żeliwnej wokół komory prochowej, w porównaniu z działem spiszowym, nie osiągnano pełnej rekompensaty mniejszej odporności kruchego materiału luf żeliwnych. Być może to właśnie było powodem konieczności powiększenia „wiatru”. Być może, chropowata z reguły żeliwna kula, przesuwając się w lufie, po otarciu się bokiem o dużą również chropowatość ściany przewodu żeliwnej lufy

ulegała gwałtownemu przyhamowaniu na swoim obwodzie, co zakłócało ruch postępowy i wywoływało jej podskok, a tym samym gwałtowne, powtarzające się wielokrotnie obijanie o ściankę przewodu lufy, czyli koziołkowanie kuli prowadzące do zniszczenia działa. Wynika to z przekazu *Jakubowskiego*, cytując: *wnętrzna powiększająca, trzeba żeby była bardzo gładko wypolerowana, bo wszelka nierówność i chropowacizna, byłaby przyczyną gwałtownego tarcia kuli, a zatem prędkiéj ruiny działa* (Jakubowski 1781, I: 140,148). Nie wiemy czy dwukrotnie zwiększony przestwór, a tym samym zwiększona znacząco dynamika przepływu gazów prochowych (większy „wiatr”) w szczelinie między kulą a ścianą przewodu lufy powodowała lepszą stabilizację ruchu kuli (działanie „smarujące” gazów), a zatem eliminację lub istotne ograniczenie obijania się kuli wewnątrz lufy. W tym miejscu na uwagę zasługuje również wypowiedź Diego Ufano (1643, III: 22), który zalecał puszkarzom, by oprócz stosowania dwóch przybitek – za i przed kulą – dodatkowo jeszcze owijali kulę pakułami. Powierzchnię przewodu luf spiszowych, w przeciwieństwie do dział żeliwnych, potrafiono już w XVII wieku wykonywać bardzo gładko – a w XVIII wieku polerowanie powierzchni ścian przewodu lufy spiszowej zapewne było już standardem. Natomiast wagi znaczenia gładkości powierzchni przewodu lufy, tak mocno podnoszonej przez *Jakubowskiego*, z pewnością jeszcze nie uświadamiano sobie w I połowie XVI wieku. Szereg zachowanych luf spiszowych z tego okresu ma bowiem otwór ukształtowany wstępnie przez rdzeń odlewniczy, a następnie rozwiercony tylko nieznacznie w głąb spizu (zebraną warstwę oceniam na ok. 1,5 mm), tak że w lufie pozostał widoczny spiralny rowek – ślad po drucie

¹² Zob. również von Rouvroy 1821: 147; Nowak 1960: 290.

(o średnicy ok. 3 mm), którym owijano po wierzchu warstwę gliny na rdzeniu odlewniczym, po jej obtoczeniu (il. 8). Ślad taki widać np. w zachowanej w Muzeum Wojska Polskiego lufie falkonetu z 1529 roku (nr inw. 51651 MWP), w lufach dwóch dział „ruskich” z 1560 roku wydobytych z wraku „Solena” (nr inw. CMM/HŻ/691 oraz nr inw. CMM/HŻ/692), czy też dział wydobytych z wraku okrętu „Mary Rose”, który został zbudowany w 1510 roku (Hildred 2011: 60, 77). Inwentarze, opisując działa spiszowe, kwalifikuje je do dwóch kategorii – dział polerowanych i niepolerowanych. Historiografia tłumaczy takie zapisy tym, że działa spiszowe były poddawane, bądź niepoddawane, cyzelowaniu i dogładzaniu powierzchni zewnętrznej. Jakubowski (1781 I: 192) mówi jedynie o obtaczaniu i wygładzaniu powierzchni zewnętrznej lufy po jej odlaniu, *ażeby armata nabrała, na oko przyjemnego pozoru*. Natomiast polerowanie działa odnosi on wyłącznie do powierzchni wewnętrznej przewodu lufy. Nie można więc wykluczyć, że uwagi zawarte w inwentarzach (działo polerowane/działo niepolerowane) mogą jednak dotyczyć powierzchni wewnętrznej przewodu lufy, której gładkość miała znaczący wpływ na osiągi działa (zasięg, skuteczność i celność) oraz jego żywotność, mając przy tym wpływ na ustalenie określonego przestworu, odpowiedniego dla danego egzemplarza armaty (przy gładkiej powierzchni przewodu lufy przestwór nie musiał być powiększany). Zbadanie tej kwestii jest dziś zapewne niemożliwe z powodu korozji, która dotknęła niemal wszystkie zabytkowe lufy. Traktaty z epoki podają geometryczne sposoby ustalania wartości przestworu, które różnią się między sobą (podają obliczoną na ich podstawie proporcję kalibru kuli do kalibru lufy):

Ufano (1613) –	0,966 ¹³ dla luf spiszowych (polerowanych?),
dell'Aqua (1630) –	0,955 dla luf spiszowych (niepolerowanych?),
Braun (1682) –	0,968 dla luf spiszowych (polerowanych?),
Braun (1682) –	0,931 dla luf żeliwnych,
Jakubowski (1781) –	0,964 dla luf spiszowych polerowanych,
Jakubowski (1781) –	0,933 dla luf żeliwnych.

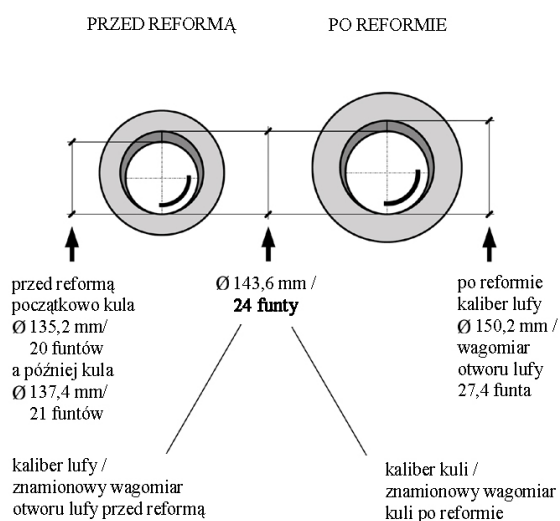
W pierwotnym systemie proporcjonowania luf, niezależnie czy to było działo żeliwne, czy spiszowe, otwory luf o tym samym wagomiarze rozwiercane były do tej samej średnicy stanowiącej kaliber znamionowy. Widoczne to jest przy porównaniu zachowanych dział z pierwszych dekad XVII wieku, zarówno bardzo dużych, np. lufy spiszowej w Muzeum Ziemi Wiśnickiej w Nowym Wiśniczu i lufy żeliwnej w zbiorach Wielkopolskiego Muzeum Wojskowego w Poznaniu (nr inw. MNP/W07) – obie mają identyczny kaliber równy 195,0 mm (wagomiar otworu lufy tych dział to według działomiaru 60 funtów norymberskich) – jak też luf małych, np. spiszowej w Muzeum Wojska Polskiego w Warszawie (nr inw. 3091) i żeliwnej w zbiorach Wielkopolskiego Muzeum Wojskowego w Poznaniu (nr inw. MNP/W8/3) – obie lufy mają identyczny kaliber równy 57,0 mm (działomiar wskazuje 1,5 funta norymberskiego jako wagomiar otworu lufy tych dział). Wynika stąd wniosek, że działa żeliwne odlane przed reformą artylerii strzelały kulą o znacząco mniejszej średnicy niż odpowiadające im nominalnie działa spiszowe, odpowiednio do wyznaczonego dla nich dwukrotnie większego przestworu. Konieczność stosowania różniących się wartości przestworu powodowała w konsekwencji komplikacje logistyczne wynikające z funkcjonowania innych średnic kul przeznaczonych do dział spiszowych, a innych do dział żeliwnych, mimo że lufy określone były takim samym wagomiarem znamionowym i miały taki sam kaliber. Odpowiedzialność za zapewnienie odpowiedniego doboru wartości przestworu przy pozyskiwaniu kul spadała w tym systemie proporcjonowania luf na barki użytkownika działa, który zapewne miał problemy z prawidłowym określeniem wagomiarów, będących przy tym często liczbami niecałkowitymi.

Pragmatyczne podejście do problemów, tak charakterystyczne dla Szwedów i Holendrów, najprawdopodobniej stało się impulsem do przeprowadzenia zmian, by wyeliminować wspomniane

¹³ W wydanym w 1643 roku tłumaczeniu na język polski traktatu Ufano popełniono liczne błędy, między innymi odbiegający jest od hiszpańskiego oryginału dość istotny dla badaczy rysunek pokazujący sposób geometrycznego wyznaczenia przestworu (zob. prawidłową postać na il. 02 – wg Ufano 1613: 308) oraz niezgodne z oryginałem jest błędne tłumaczenie opisu faz kreślenia tego rysunku. Błąd ten powoduje podwojenie przestworu zalecanego przez Ufano. Błędu tego nie rozpoznał Nowak (1960: 289) i powielił go. Podany przez Nowaka wymiar przestworu należy więc zmniejszyć o połowę, czyli zamiast podanego stosunku kalibru lufy do średnicy kuli 1,074 powinno być 1,035, natomiast zamiast podanego stosunku średnicy kuli do kalibru lufy 0,932 powinno być 0,966.

wyżej uciążliwości logistyczne. W Szwecji już w 1564 roku król Eryk XIV wydał ordonans nakazujący zmienić system proporcjonowania dział i oprzeć go o określone wagomiary kul. Historiografia podaje też, że w Holandii za księcia Maurycego Orańskiego nastąpiła reforma techniczna w artylerii. Sądzę, że „system holenderski”, przyjęty następnie również przez inne kraje, nie dotyczył ograniczenia wachlarza rozmiarów produkowanych luf do czterech wagomiarów i skróceniu luf, jak się powszechnie uważa. Natomiast **istotą „systemu holenderskiego” była radykalna zmiana systemu proporcjonowania luf armatnich**, co dziś jest sprawą najprawdopodobniej całkowicie zapomnianą. Za wagomiar znamionowy działa przyjęty został wówczas znamionowy wagomiar kuli przeznaczonej do strzelania z danego działa. Średnice kul uległy ścisłej standaryzacji, a liczba ich rozmiarów radykalnie spadła. Wagomiary kul przyjęły wartości będące liczbami całkowitymi: 3, 6, 12, 24, 48 funtów, które również przed reformą stanowiły wagomiary nominalne, ale odnosiły się do otworu lufy (Zob. Tabela 3, kolumny A i F).

PÓLKARTAUNA SPIŻOWA O WAGOMIARZE ZNAMIONOWYM
24 FUNTY



II. 9

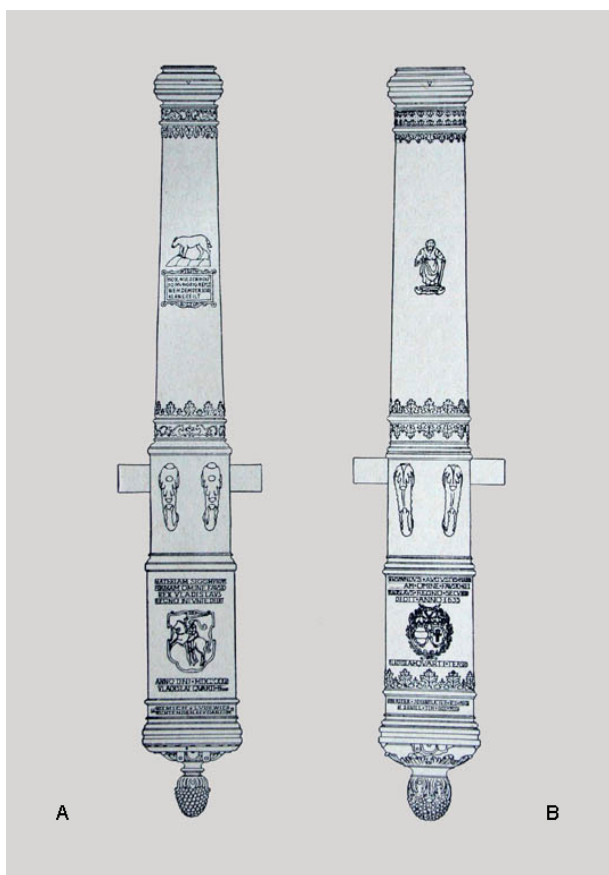
powodu średnice otworów luf mających ten sam wagomiar znamionowy (czyli wagomiar kuli), zaczęły się różnić. Kaliber luf żeliwnych po reformie stał się większy niż kaliber luf spiżowych o tym samym wagomiarze znamionowym (tj. wagomiarze kuli). Zniknął tak uciążliwy problem dużej różnorodności średnic kul niezbędnych do użytkowania sprzętu. Reforma systemu proporcjonowania wprowadzała zatem zupełnie nowy typoszereg standardowych średnic kul i otworów luf (co dziś może być wykorzystane do określenia datowania dział i kul). Stary sprzęt nie był kompatybilny z nowym. W okresie przejściowym wymagane było produkowanie amunicji w zwiększonej gamie wykonań (inne wagomiary kul do sprzętu nowego i inne do sprzętu starego). Zmianie uległy nie tylko wszystkie wymiary lufy proporcjonowane w oparciu o nowy wagomiar, czyli o zwiększony kaliber. Zwiększenie kalibrów luf powiększa bowiem również wymiary lawet (proporcjonowanych według kalibru) i wymiary osprzętu (szufle, wyciory, stemple, wykrętniki itd.). Stare lufy przetapiano więc lub rozwiercano do nowych kalibrów. Po 1635 roku obserwuje się w Rzeczypospolitej masowe przetapianie starych luf spiżowych, odlanych za panowania króla Zygmunta II Augusta, nie tak bardzo z powodu ich zbyt dużej długości, jak się powszechnie uważa, ale przede wszystkim z powodu nieodpowiednich już kalibrów. Radykalna reforma systemu artyleryjskiego przynosiła więc poważne negatywne skutki uboczne. Nie była operacją prostą i taną, jednak kolejno wszystkie kraje europejskie przechodzą na nowy system, wzorem Holandii.

W historiografii niemieckiej, oprócz działomiaru Hartmanna, w którym kula 1-funtowa ma średnicę 2,04 cala norymberskiego, mowa jest o zaprowadzeniu też tzw. *verjünkter Maßstab*

Natomiast po zmianie systemu proporcjonowania wagomiary otworu lufy, do tej pory stale występujące w liczbach całkowitych, stały się z reguły wartościami będącymi liczbami niecałkowitymi (zob. Tabela 3, kolumna E – dla luf spiżowych odpowiednio: 3,4; 6,9; 13,7; 27,4; 54,9 funta). Ponieważ wartości znamionowe wagomiarów armat pozostały w Holandii niezmiennicze, średnice kul uległy tym samym istotnemu powiększeniu – o wymiar przestworu – bowiem przyjęły wartości dotychczasowych średnic otworów luf (zob. il. 9). Tym samym poszerzeniu uległy również otwory luf, rozmiary luf znacząco wzrosły – po reformie zaczęto je rozwiercać do odpowiednio większego wagomiaru wynikającego z nowej średnicy kuli ustanowionej za standard, powiększonej o przestwór odpowiednio dobrany przez ludwisarza w trakcie wykonywania lufy. Tym razem obowiązek ustalenia odpowiedniego przestworu spadł po reformie technicznej na barki ludwisarza. Z tego

(zwężony działomiar), w którym kula 1-funtowa miała średnicę 1,95 cala. Skala wagomiarów była więc w nim zmniejszona w proporcji jak 7 do 8 (wynikającej z przestworu) w stosunku do działomiaru Hartmanna, zwanego też naturalnym (*natürlicher Maßstab*). Kula o średnicy 1,95 cala, opisana na *verjüncker Maßstab* jako 1-funtowa, według działomiaru naturalnego ma wagomiar rzeczywisty 0,875 funta. Zamysłem wprowadzenia nowego działomiaru o zawężonej skali (*verjüncker Maßstab*) najprawdopodobniej było zachowanie kompatybilności starego sprzętu artyleryjskiego przy reformie artylerii. Rozwiązanie to jednak w praktyce nie przyjęło się i w Niemczech również zaczęto wytwarzać nowy sprzęt artyleryjski o zwiększonych średnicach kul i otworów luf, niekompatybilny ze starym (von Stein 1836: 90).

Można więc przypuszczać, że ogólny bilans reformy był wyjątkowo korzystny. Najprawdopodobniej decydujący wpływ na podjęcie kosztownej reformy miała dynamicznie zwiększająca się od początku XVII wieku produkcja luf żeliwnych, kilkukrotnie tańszych od spiszowych. Według danych angielskich działa żeliwne na początku wieku były tańsze 4 do 5 razy od spiszowych, a następnie różnice te powiększyły się aż do 8 razy w miarę doskonalenia produkcji luf żeliwnych (Lavery 1987: 84). Moim zdaniem głównym celem podjętych na początku XVII wieku reform technicznych w artylerii europejskiej było stworzenie odpowiednich warunków eksploatacji i logistyki dla nowo wprowadzanych w dużych ilościach armat żeliwnych, które wymagały innej wartości przestworu niż armaty spiszowe. Wybór nowego systemu proporcjonowania luf armatnich i radykalne zerwanie z systemem dotychczasowym spowodowało, że **do dział spiszowych i do żeliwnych zaczęto używać kul o tej samej średnicy.**



Il. 10

według nowego już systemu, jest odlana w **1635 roku** lufa półkartauny „Św. Szymon” (w zbiorach wawelskich), pochodząca z odlewni Daniela Tima, której kaliber wynosi 150,2 mm (pomiar autorski)¹⁵ (il. 10B według Grodzickiej). Kaliber ten w odczycie działomiaru Hartmanna

Opisana powyżej istota radykalnych zmian technicznych w artylerii króla Władysława IV najprawdopodobniej została u nas całkowicie zapomniana. Już Konstanty Górski, analizując rysunki z 1579 roku, załączone do wspomnianego inwentarza cekauzu tykocińskiego, przedstawiające, cytując: *rzetelne obwody wylotów dział*, nie ukrywa zdziwienia, że pokazany tam kaliber lufy kartauny odpowiada wagomiarowi 48 funtów, co według niego powinno być przecież wagomiarom kuli, a nie otworu lufy¹⁴. Następnie stwierdza, że rzekomo, cytując: *wynikały nieporozumienia przy odlewaniu dział, albowiem wylotowi działa nadawano średnicę nie kuli, do strzelania przeznaczonej i powiększonej o przestwór, lecz równą samej tylko średnicy kuli* (tzn. bez przestworu). Tymczasem w niemieckojęzycznej literaturze przedmiotu z XIX wieku mówi się wyraźnie, że kartauny odlewane w pierwotnym systemie proporcjonowania dział miały wagomiar otworu lufy wynoszący 48 funtów, a strzelały kulą 40 lub 42 funty, a dopiero po reformie systemu proporcjonowania strzelały kulą 48-funtową, z lufy rozwierconej wówczas do wagomiaru 54,9 funta.

Zauważam, że najstarszą lufą zachowaną w polskich zbiorach muzealnych, proporcjonowaną

¹⁴ Rysunki te niestety nie zachowały się i nie dołączono ich do pracy Górskiego. Jest w niej tylko komentarz słowny.

¹⁵ Grodzicka (1960: 386) podała 151 mm, natomiast Nowak (1960: 292) 150 mm.

odpowiada wagomiarowi otworu lufy 27,4 funta. Mamy więc do czynienia z działem strzelającym kulą o wagomiarze wynoszącym 24 funty (średnica kuli 143,6 mm), z przestworem 6,6 mm (stosunek wagomiaru kuli do wagomiaru lufy jak 7 do 8). Zapewne od tego momentu rozpocząć można rozpatrywanie zagadnień sprzętu artylerii koronnej w Rzeczypospolitej w oparciu o nową systematykę, której podstawę i punkt wyjścia do proporcjonowania luf stanowił wagomiar kuli. Półkartauny odlane według starego systemu reprezentują zachowane również na Wawelu dwie lufy z godłem „Wilk”, odlane przez Ludwika Wichtendahla zaledwie 2 lata wcześniej od wspomnianej wyżej, bo w 1633 roku, o kalibrze 145,6 mm (pomiar autorski)¹⁶, czyli o wagomiarze znamionowym (otworu lufy) wynoszącym 25 funtów norymberskich, strzelających kulą ok. 22-funtową (il. 10A według Grodzickiej). Najprawdopodobniej podobną półkartaunę nosił w bitwie pod Oliwą okręt „König David” (Król Dawid) – odlaną w 1616 roku z herbem królewskim Zygmunta III, o wagomiarze kuli 22 funty, co podał inwentarz floty sporządzony w 1629 roku w Wismarze.

O negatywnych skutkach reform systemu artyleryjskiego już wspomniałem – stary sprzęt nie był kompatybilny z nowym pod względem zaopatrzenia w amunicję i w osprzęt. Duża część armat odlanych przed reformą została więc przetopiona na nowe działa. Niektóre armaty proporcjonowane w starym systemie jednak zachowano. Przykładem mogą być wspomniane wyżej półkartauny 25-funtowe (wagomiar otworu lufy), odlewane zarówno za panowania króla Zygmunta III, jak i Władysława IV (do roku 1633). Po reformie działa te wymienione zostały w inwentarzach jako półkartauny, cytując: *ale przecie także kulę 24 funtową niosące* (Nowak 1960: 293). Oznaczałoby to, że te niestandardowe już lufy usiłowano wykorzystywać do strzelania nową, znormalizowaną amunicją, czyli kulami 24-funtowymi o średnicy 143,6 mm. Nie wiadomo z jakim skutkiem, ponieważ przestwór wynikający z takiego połączenia starej armaty z nową amunicją wynosił według danych z działomiaru tylko 2,0 mm (145,6 – 143,6 = 2,0). Stąd zapewne ten specyficzny komentarz w inwentarzu.

WSKAZANIE DZIAŁOMIARU				obliczony przestwór	kaliber luf muzealnych podany w literaturze
wagomiar kuli	średnica kuli	wagomiar otworu lufy	kaliber lufy		
funt	mm	funt	mm	mm	mm
1,0	49,8	1,2	52,7	2,9	53
1,5	57,0	1,8	60,0	3,0	60
2	62,7	2,3	65,8	3,1	67
2,5	67,6	2,9	70,9	3,3	71
3	71,8	3,4	75,1	3,3	75
4	79,1	4,6	82,7	3,6	83
6	90,5	6,9	94,6	4,1	95
12	114,0	13,7	119,2	5,2	120
24	143,6	27,4	150,2	6,6	150, 151,

Tabela 4.

Działomiar „przystawiony” do otworów zabytkowych luf zachowanych w zbiorach polskich, odlanych po 1635 roku, których proporcjonowanie oparto o znamionowy wagomiar kuli. Przy wagomiarze i średnicy kuli pokazany został odpowiadający jej

wagomiar otworu lufy i kaliber lufy odczytany z działomiaru.

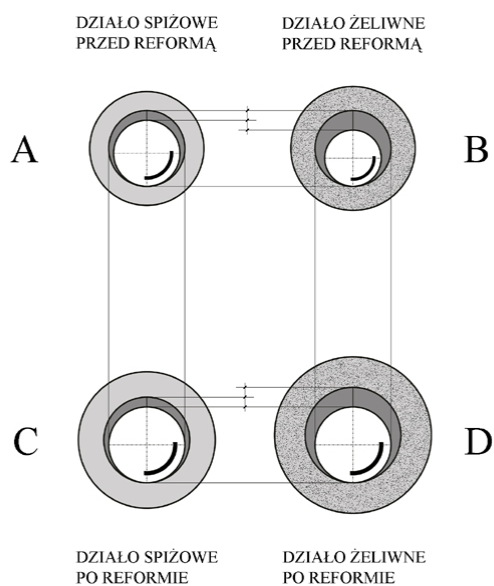
Obie przedstawione tabele (nr 2 i 4) pokazują więc wyraźną zbieżność wartości kalibrów luf zachowanych w zbiorach muzealnych (odczytanych jako minimalna wartość średnicy ich otworu) z wagomiarami znamionowymi odczytywanymi z działomiaru wyskalowanego dla kul kutych. Dotychczasowe prace opierały się na przypuszczeniu, że działomiar używany w Rzeczypospolitej

¹⁶ Grodzicka (1960: 385) podała dla tych luf kaliber 144 i 146 mm, natomiast Nowak (1960: 292) podał w obu przypadkach 147 mm. Ten ostatni pomiar najprawdopodobniej dokonany został w głębi przewodu lufy (30-50 cm), gdzie występuje obszar daleko posuniętej korozji spiżu, która spowodowała tam znaczne powiększenie kalibru w obu tych lufach. Podany przeze mnie kaliber 145,6 mm został zmierzony w odległości kilku cm od linii wylotu, gdzie korozja jest minimalna.

należy obliczać dla kul odlewanych z żeliwa. Mogło to być przeszkodą w rozpoznaniu systematyki sprzętu artyleryjskiego, którą tu przedstawiam oraz przeszkodą w rozpoznaniu głównego powodu przeprowadzenia reformy technicznej systemu artylerii przez króla Władysława IV, czyli radykalnej zmiany systemu proporcjonowania luf związanej z planami użytkowania w coraz większej ilości dział żeliwnych.

Moim zdaniem systematykę armat odlewanych w Rzeczypospolitej należałoby prowadzić odrębnie dla dwóch okresów. Do 1635 roku systematykę oprzeć o znamionowy wagomiar otworu lufy, natomiast po reformie – o znamionowy wagomiar kuli. Do klasyfikacji armat używać działomiaru Hartmanna, który był wyskalowany w funtach norymberskich, dla gęstości kuli wzorcowej wynoszącej $7,88 \text{ g/cm}^3$ ¹⁷. Pomocne byłoby też przyjęcie standardu zapisu wagomiarów znamionowych. Nie wystarczy bowiem podanie tylko wartości wagomiaru znamionowego dział. Informacja ta potrzebuje uzupełnienia o wskazanie systemu proporcjonowania luf, którego ten wagomiar dotyczy (czy wagomiar znamionowy armaty dotyczy wagomiaru kuli, czy też wagomiaru otworu lufy). Alternatywnym zapisem może być jednocześnie podawanie obu wagomiarów rozdzielonych skośną kreską (zapisu takiego użył już prof. Tadeusz Marian Nowak), przy czym pierwsza liczba dotyczyłaby wagomiaru otworu lufy, a druga wagomiaru kuli, np. dla dział o znamionowym wagomiarze 24 funtów wprowadzić zapisy: **24 / 20** funtów (działa przed reformą) i **27,4 / 24** funty (działa po reformie).

W swoich rozważaniach powołuję się na wartości kalibrów i średnic podanych z dokładnością do 0,1 mm. Znawcy tematu mogą patrzeć z politowaniem na taką „aptekarską” dokładność. Podane przeze mnie wartości proponuję więc traktować jako „teoretyczne”, odczytane z działomiaru, które



mogą nie znajdować w pełni potwierdzenia na konkretnych egzemplarzach luf. Niemniej cała przytoczona tu rozprawa miała wykazać, jak istotną sprawą dla właściwych ustaleń systematyki sprzętu artyleryjskiego jest prowadzenie badań dotyczących działomiarów. Właściwe określenie skali działomiaru, który był stosowany na danym terenie i w ustalonym czasie, odkrywa nowe możliwości formułowania wniosków, między innymi mówiących o niewłaściwej dotychczas ocenie możliwości technologicznych rozwiercania przewodów luf przez dawnych rzemieślników. Ilustracja 11 uzmysławia przyczynę powstania tej powszechnej opinii. W rzeczywistości ta obserwowana różnorodność średnic otworów luf i średnic kul, w ramach tego samego wagomiaru znamionowego armaty, zaistniała w wyniku **ściśle określonej i dokładnie realizowanej wariantowości, a nie skutkiem niedokładności wykonawczych**, jak się uważa. W zakresie kalibrów dział odlanych po reformie należy dodatkowo brać pod uwagę wariantowość wynikającą z wciąż zmniejszanej wymiaru

II. 11

przestworu (zmiana proporcji wagomiaru kuli do wagomiaru otworu lufy jak 8 do 9, a następnie jak 9 do 10), co mogło się odbywać już tylko drogą zmniejszania kalibru nowo odlewanych dział. Tę wariantowość proponuję prześledzić na przykładzie polskich dział o wagomiarze znamionowym 3

¹⁷ Natomiast najprawdopodobniej w czasach saskich artyleria koronna w Rzeczypospolitej przyjęła działomiar wyskalowany w funtach kolońskich, równych lipskim i drezdeńskim, o którym mówi Jakubowski (1781, I: 105–106). Z tego powodu przedstawiony tu działomiar nie ma zastosowania do dział polskich z XVIII wieku, co może być pomocne przy określaniu ich datowania. Natomiast spotykane w piśmiennictwie powoływanie się na funt koloński przy systematyzowaniu wcześniejszych dział polskich, nawet z XVI wieku, można uznać za błąd.

funtów:

Il. 11 A – działo spiżowe 3-funtowe sprzed reformy miało kaliber **71,8 mm** (wagomiar otworu lufy 3 funty). Przykładem takiej armaty jest egzemplarz znajdujący się w Muzeum Kaap Skil w Oudeschild na wyspie Texel w Holandii, wydobyty z wraku BZN 2. Jest to lufa odlana w 1560 roku dla króla Zygmunta II Augusta przez Hansa Sebera. Identyczna armata Sebera (il. 12) znajdująca się w zbiorach polskich (Narodowe Muzeum Morskie w Gdańsku), wydobyta z wraku „Solena”, została niestety rozwiercona przez Szwedów do kalibru 73,0 mm w celu dostosowania jej do amunicji szwedzkiej (kul o wagomiarze 3 *skålpund*). Oryginalna armata polska strzelała kulą 2,5 funta norymberskiego (proporcja wagomiarów kuli i otworu jak 5 do 6, średnica kuli 67,6 mm, przestwór 4,2 mm). Na początku XVII wieku armaty te mogły strzelać także kulami o podwyższonej jakości – o wagomiarze 2 funty 10 uncji (2,625 funta) (proporcja wagomiarów kuli i otworu jak 7 do 8, średnica kuli 68,7 mm, przestwór **3,1 mm**).

Il. 11 B – działo żeliwne 3-funtowe sprzed reformy, o kalibrze **71,8 mm** (wagomiar otworu lufy 3 funty). Przykładem takiej armaty jest egzemplarz w Muzeum Wojska Polskiego (nr inw. 25119*), oktawy kolubryny z zamku w Dubnie. Zostało ono przez MWP określone jako działo strzelające kulą o wagomiarze 2,5 funta, a więc wskazano dla lufy żeliwnej kulę przeznaczoną do dział spiżowych. Z uwagi na wymóg stosowania w działach żeliwnych dwukrotnie większego przestworu, lufa ta mogła strzelać kulą o wagomiarze najprawdopodobniej ok. 2,25 funta (kula o średnicy 65,6 mm, przestwór **6,2 mm**).

Il. 11 C – działo spiżowe 3-funtowe po reformie, o wagomiarze kuli 3 funty (średnica kuli 71,8 mm) miało kaliber **75,1 mm** (proporcja wagomiarów kuli i otworu jak 7 do 8, przestwór **3,3 mm**), natomiast w połowie wieku kaliber **74,4 mm** (proporcja wagomiarów jak 9 do 10, przestwór **2,6 mm**). Przykładem takiej armaty byłby egzemplarz w zbiorach Muzeum Narodowego w Krakowie – działo z herbem Korczak z 1666 roku.

Il. 11 D – działo żeliwne 3-funtowe po reformie, o wagomiarze kuli 3 funty (średnica kuli 71,8 mm) miało w połowie wieku kaliber **77,1 mm** (przestwór dwukrotnie większy niż w działach spiżowych, który wynosił **5,3 mm**). Przykładem takiej armaty są dwa egzemplarze wydobyte w Warszawie z dna Wisły w 2016 roku (zob. Matuszewski 2017). Jedna z luf ma rozkalibrowanie przy wylocie (średnica 78 mm).



Il. 12

Kalibry dział w obrębie wagomiaru znamionowego 3 funtów, w omówionych powyżej wariantach, różnią się więc o 5,3 mm, natomiast średnice kul o 6,2 mm. Różnice te rosną oczywiście wraz z powiększaniem wagomiaru znamionowego – wariantowość dział o wagomiarze znamionowym 24 funtów wykazuje już różnice, odpowiednio: 10,6 mm i 12,5 mm. Brak rozpoznania rzeczywistych przyczyn takich różnic kalibrów w obrębie jednego typu dział bez wątpienia wpłynął na powstanie często wypowiedzianej opinii o rzekomo dużej niedokładności ich wykonywania przez dawnych

rzemieślników. Proponuję przyjrzeć się tym kwestiom raz jeszcze, wykorzystując przedstawiony tu dziś działomiar, który do tej pory nie był znany w Polsce.

Kończąc, kieruję serdeczne słowa podziękowań do pracowników muzeów polskich za umożliwienie dostępu do zbiorów, życzliwość i poświęcony mi czas. Mam tu na myśli Pana Romana Matuszewskiego oraz Pana Jarosława Godlewskiego z Muzeum Wojska Polskiego w Warszawie, a także Pana Dyrektora Jerzego Petrusa oraz Pana Krzysztofa Czyżewskiego z

Państwowych Zbiorów Sztuki w Zamku Królewskim na Wawelu, jak również Pana Jarosława Łuczaka i Panią Annę Szukalską – Kuś z Wielkopolskiego Muzeum Wojskowego w Poznaniu. Specjalne podziękowania kieruję na ręce Oberkustos Dipl.-Ing. Wolfram Dolz ze Staatlichen Kunstsammlungen Dresden za udostępnienie szczegółowych danych dotyczących skal działomiarów w zbiorach niemieckich. Pragnę też wyrazić moją wdzięczność wobec Pana Krzysztofa Czarneckiego, Prezesa Oddziału Poznańskiego SMDBiB, za udzielone wsparcie moim badaniom.

Marian Huflejt,
Stowarzyszenie Miłośników Dawnej Broni i Barwy
Oddział Poznański

Bibliografia

Aqua A. dell', 1969, *Praxis ręczna działa*, Wrocław.

Aschling C.F., 1806, *Praktisk Afhandling i Sjö-artilleriet*, Stockholm.

Braun E., 1682, *Novissimum fundamentum et praxis artilleriae*, Gdańsk.

Górski K., 1902, *Historia Artylerii Polskiej*, Warszawa.

Grodzicka M., 1960, Zabytkowe działa spiszowe w zbiorach polskich, *Studia i Materiały do Historii Wojskowości*, 6/2.

Hildred A. (Ed.), 2011, *Weapons of Warre: The Armaments of the Mary Rose*, Portsmouth.

Jakobsson Th., 1938, *Lantmilitär beväpning och beklädnad under äldre vasatiden och Gustav II Adolfs tid*, Stockholm.

Jakubowski J., 1781, *Nauka Artylerii*, Warszawa.

Kiersnowski A., 1925, *Historia Rozwoju Artylerii*, Toruń.

Matuszewski R., 2017, Nowe odkrycia zabytków dawnej artylerii z XV–XIX w., w *Muzealnictwo Wojskowe*, tom 10, Warszawa, s. 140–161.

Nowak T., 1960, Zagadnienie ujednolicenie sprzętu artylerii i zasady obliczania kalibrów dział w Polsce w połowie XVII w., *Studia i Materiały do Historii Wojskowości*, 5, Warszawa.

Rouvroy F.G. von, 1821, *Vorlesungen über die Artillerie zum Gebrauch der Königl. Sächs. Militär-Akademie*, I, Drezno.

Schels J.B., 1826, Das alt-deutsche oder Nürnberger Artillerie-System, verglichen mit dem österreichischen, *Oestreichische militärische Zeitschrift*, 1826, Sechstes heft, Wien, 160–199.

Siemienowicz K., 1963, *Wielkiej sztuki artylerii część pierwsza*, Warszawa.

Stein E. von, 1836, *Beiträge zur Geschichte des Geschützwesens*, I, Kupferberg.

Szemesler J., 1809, *Krótki zbiór wiadomości praktycznych Artylerii*, Warszawa.

Ufano D., 1613, *Tratado de la artilleria y uso della platicado por el Capitan en las guerras de Flandes*, Bruksela.

Ufano D., 1643, *Archelia. To iest, Nauka y Informatia o Strzelbie y o Rzeczach do niey należących*, Leszno.