



**ZMIANA CELNOŚCI BRONI WYNIKAJĄCA Z ZAMIENNOŚCI
LUF W MODUŁOWYM SYSTEMIE BRONI STRZELECKIEJ**
**CHANGE OF ACCURACY DUE TO BARRELS INTERCHANGEABILITY
IN THE MODULAR SMALL ARMS SYSTEM**

Dawid GOŹDZIK, Jacek KIJEWSKI, Wojciech KOPERSKI,
Przemysław KUPIDURA, Mirosław ZAHOR

Wojskowa Akademia Techniczna, ul. Sylwestra Kaliskiego 2, 00-908 Warszawa 46
Military University of Technology, 2 Sylwestra Kaliskiego St., 00-908 Warsaw, Poland
Author's e-mail address: dawid.gozdzik@wat.edu.pl; ORCID: 0000-0003-3190-5745

DOI 10.5604/01.3001.0013.5900

Streszczenie: Karabinki systemu MSBS-5,56 są wyposażone w mechanizm umożliwiający łatwą wymianę lufy, co było jednym z podstawowych założeń modułowości konstrukcji. Wymiana lufy, choć możliwa nawet w warunkach polowych (z użyciem podstawowych narzędzi) powoduje jednak przesunięcie średniego punktu trafienia. Z uwagi na fakt, że przyrządy celownicze są montowane na komorze zamkowej, ważne jest aby to przesunięcie było jak najmniejsze. W celu określenia średniej wartości przesunięcia średniego punktu trafienia oraz parametrów konstrukcyjnych mających na nie wpływ, wykonano szereg strzelań na stanowisku laboratoryjnym i na strzelnicy. Pod uwagę wzięto zarówno powtarzalność mocowania tej samej lufy (wymienność) jak i innych luf (zamiennost).

Słowa kluczowe: karabinek modułowy, lufa, badania broni

1. Wstęp

Zastosowanie w karabinku modułowym łatwo wymiennej lufy pozwala na szybką zmianę konfiguracji broni, jednakże generuje też problemy. W przypadku ukończenia jednego karabinka w kilka luf, zwykle zachodzi konieczność przystrzelania broni po zmianie lufy, lub też – jak w przypadku np. systemu AR-15 – lufy są skompletowane ze swoimi komorami zamkowymi (i przystrze-

Abstract: Rifles of MSBS-5.56 system are equipped with a mechanism for an easy barrel changing, what was one of basic assumptions of system modularity. But barrel changing, although possible even under field conditions (with the use of basic tools), causes displacement of shot pattern mean point. Due to the fact that the sights are mounted on the upper receiver, it is important that this displacement is as small as possible. In order to determine the mean value of displacements for the pattern mean point and the construction parameters affecting them, a series of firings were performed using a laboratory stand and shooting range. Both repeatability of fixing the same barrel (exchangeability) and other barrels (interchangeability) were taken into account.

Keywords: modular rifle, barrel, small-arm tests

1. Introduction

Deployment of a replaceable barrel in the modular rifle allows for a rapid change of gun configuration but also makes some problems. A trying shot has to be fired after the exchange of the barrel when a gun can use one of few barrels, or – as it is for AR-15 system – the barrels are integrated with the cartridge chambers (and the sights are adjusted earlier) and only the trigger

lanymi uprzednio przyrządami celowniczymi), a wymienia się jedynie komorę spustową (kolbę, akcesoria itp.). Gdyby udało się zachować zbliżone położenie średniego punktu trafienia (ŚPT) po wymianie lufy, przystrzelanie nie byłoby konieczne, a przynajmniej znacznie uproszczone. Oczywiście dalej pozostaje problem, gdy lufa ma inną długość, wówczas jednak można przyjąć stałą poprawkę znaku celowniczego (celownik optyczny) lub dokonać korekty położenia znaku celowniczego w osi pionowej o znaną wartość (celownik kolimatorowy lub holograficzny). Jeżeli karabinek jest wykorzystywany tylko z jedną lufą, również ważne jest zachowanie położenia średniego punktu trafienia po jej demontażu (np. podczas dokładnego czyszczenia broni) i ponownym montażu.

2. Obiekt badań

Do badań wstępnych wykorzystano dwa karabinki systemu MSBS-5,56 (Piechota i in., 2015; FBŁ, 2018/19) w klasycznym układzie konstrukcyjnym - standardowy oraz maszynowy (poza cięższą lufą o tej samej długości, oba karabinki nie różnią się konstrukcyjnie). Karabinki te należą do partii prototypowej. Egzemplarze broni użyte do badań pokazano na fot. 1. Badania z wykorzystaniem stanowiska laboratoryjnego przeprowadzone były na czterech karabinkach standardowych z jednej serii produkcyjnej.

3. Przebieg i wyniki badań

Wstępne badania (MON, 2005; MON, 2008) zamienności luf przeprowadzono na strzelnicy. Wyselekcjonowani strzelcy oddawali po dwie pięcioprowadzone serie w każdej z konfiguracji broni (komora zamkowa – lufa). W celu uniknięcia wpływu zmęczenia wzroku strzelca wszystkie strzelania wykonywano z wykorzystaniem celownika optycznego.

Tabela 1 przedstawia najmniejszy promień kręgu, w którym znalazły się wszystkie przetrzeliły w danej serii i konfiguracji broni (R_{100}) dla poszczególnych strzelców (P, T, D).

chamber is replaced (butt, accessories, etc). If shot pattern mean point (PMP) positions were similar after the replacement of barrels then the trying shooting would not be needed or at least simpler. Of course, a question remains when a barrel has different length, but then a constant correction of the aiming mark (optical sight) can be taken, or the aiming mark position may be corrected in vertical axis by a known value (collimator or holographic sights). If the gun uses only one barrel then the preservation of position of the shot pattern mean point is important after its removal and reassembling (e.g. during an extended cleaning of the gun).

2. Object of Investigations

Two rifles of MSBS-5.56 system (Piechota et al., 2015; FBŁ, 2018/19) in classical design layout were taken for initial investigations. They represent standard and machine guns (besides a heavier barrel of the same length the two rifles have similar designs). The rifles come from a prototype lot. The guns used at the investigation are shown in Photo 1. A laboratory testing stand was used to investigate four standard rifles taken from the same production lot.

3. The Course and Results of Tests

Initial tests on interchangeability of barrels (MON, 2005; MON, 2008) were carried out on a firing range. Shooters were selected to fire two series of five shots for each configuration of gun (cartridge chamber – barrel). In order to eliminate the effect of shooter's eye tiredness all shots were fired with the optical sight.

Table 1 presents the lowest radius of a circle encompassing the whole shot pattern for a given series and gun configuration (R_{100}) and particular shooters (P, T, D).



Fot. 1. Karabinek standardowy (góra) i maszynowy (dół) w klasycznym układzie konstrukcyjnym systemu MSBS-5,56

Photo. 1. Standard rifle (top) and light machinegun (bottom) in classical layout of MSBS-5.56 system

Tabela 1. Wpływ wymiany lufy na położenie ŚPT oraz skupienia uzyskiwane z luf standardowych (16')
 Table 1. Influence of barrel exchange on position of PMP and concentrations for standard barrels (16')

L.p. No	Broń / Gun	R ₁₀₀ [mm]			Średnio Average R ₁₀₀ [mm]
		Strzelec / Shooter			
		P	T	D	
1	KN00116/lufa /barrel 116	32	30 (15 z 4)	25	24
2	KN00116/lufa 161	30	33	38	34
3	KN00161/lufa 161	38	40 (20 z 4)	32	30
4	KN00161/lufa 116	50	60	45 (20 z 4)	44
5	KN00116/lufa 116 po ponownym montażu Barrel 116 after reassembling	35 (8 z 4)	11	20	13
	Uwagi ŚPT PMP notes	ŚPT _{1,4,5} Φ60 ŚPT _{2,3} Φ15 Odległość ŚPT _{2,3} od ŚPT _{1,4,5} 280 mm Distance PMP _{2,3} from PMP _{1,4,5} 280 mm	ŚPT _{1,4,5} Φ45 ŚPT _{2,3} Φ45 Odległość ŚPT _{2,3} od ŚPT _{1,4,5} 280 mm Distance PMP _{2,3} from PMP _{1,4,5} 280 mm	ŚPT _{1,4,5} Φ60 ŚPT _{2,3} Φ45 Odległość ŚPT _{2,3} od ŚPT _{1,4,5} 280 mm Distance PMP _{2,3} from PMP _{1,4,5} 280 mm	

Kolumna „broń” przedstawia konfigurację komory zamkowej i lufy, przy czym numerem KN00116 oznaczony jest karabinek maszynowy z ciężką lufą, a numerem KN00161 karabinek standardowy. Ostatni wiersz tabeli pokazuje zależność średniego punktu trafienia (ŚPT) pomiędzy poszczególnymi konfiguracjami broni. Przykładowo, parametr $\dot{S}PT_{1,4,5}$ mówi nam w kole o jakiej średnicy znalazły się ŚPT przy konfiguracji broni oznaczonej numerami 1, 4 oraz 5 (czyli dla tej samej lufy). W wierszu tym podana została też odległość pomiędzy ŚPT wyliczonymi dla poszczególnych luf. Tabela przedstawia wyniki jednej serii strzałów każdego strzelca.

Podczas zamiany luf pomiędzy karabinkami, ŚPT każdej z luf zachowuje zbliżone położenie bez względu na komorę zamkową. Wielkość rozrzutu położenia ŚPT jest zbliżona do wielkości rozrzutu strzałów i mieści się w kole o średnicy $40 \div 60$ mm. Różnica w położeniu ŚPT pomiędzy lufami KN00116 i KN00161 jest dość znaczna i wynosi około 280 mm, co oznacza, że przy strzelaniu na 100 m trudno byłoby ustawić przyrządy celownicze. Dla karabinka maszynowego (KN00116) sprawdzona została również zmiana ŚPT po ponownym montażu lufy.

The column „Gun” represents a configuration of the cartridge chamber and the barrel, and the number KN00116 marks the light machinegun with a heavy barrel and number KN00161 is for the standard rifle. The last line of the table shows the dependence of the shot pattern mean point (PMP) on gun particular configurations. For instance, the parameter $PMP_{1,4,5}$ says the diameter of the circle encompassing the PMPs at the gun configuration marked by numbers 1, 4 and 5 (i.e. for the same barrel). The line also gives the distance between the PMPs calculated for particular barrels. The table represents the results of shots for one series of each shooter.

The PMP of each barrel remains in similar position, regardless of the cartridge chamber, during the replacement of barrels between guns. The dispersion of positions of PMPs is similar to dispersion for the shot pattern and is contained in the circle of $40 \div 60$ mm diameter. The difference in positions of PMPs for barrels KN00116 and KN00161 is rather significant and equals to ca. 280 mm what means that at firing on 100 m it would be difficult to adjust the sight instruments. For the machinegun (KN00116) the change of PMP was also examined after the reassembling of barrel.



Fot. 2. Przykładowe tarcze na których testowano zmianę ŚPT broni po demontażu i ponownym montażu lufy

Photo. 2. Exemplary targets used to investigate the changes of PMPs after barrel removal and reassembling

Na fot. 2 przedstawiono przykładowe tarcze pokazujące po dwie serie pięcioprowadzących z karabinka maszynowego przed demontażem lufy oraz dwie takie same serie po demontażu i ponownym przyłączeniu tej samej lufy. Można zauważyć że ŚPT pozostał praktycznie niezmienny.

Dokładniejsze badania zamienności luf wykonano dla broni zamocowanej na stanowisku laboratoryjnym (fot. 3). Do badań skupienia pocisków na dystansie 50 m przeznaczono karabinki standardowe systemu MSBS-5,56 z partii produkcyjnej (dla projektu Tytan). Badania polegały na wykonywaniu dwóch serii po 5 strzałów z lufą podstawową karabinka. Następnie czynność ta była powtarzana na trzech lufach pochodzących z pozostałych karabinków wytypowanych do badań.

Photo 2 shows the exemplary targets with patterns of two five-shot series fired from the machinegun before removing the barrel and of two the same series received after the same barrel reassembling. It may be noted that the PMP is in practice unchanged.

More accurate investigations of barrels exchangeability were carried out for guns fixed into the laboratory stand (Photo 3). Standard rifles of MSBS-5.56 system taken from the production lot (for "Tytan" project) were used to investigate the concentration of pattern at 50 m range. Two series of 5 shots were fired during the tests using rifle basic barrel. It was next repeated for three barrels originating from the remaining rifles designated for testing.



Fot. 3. Karabinek zamontowany na stanowisku badawczym

Photo 3. The rifle fixed into the testing stand

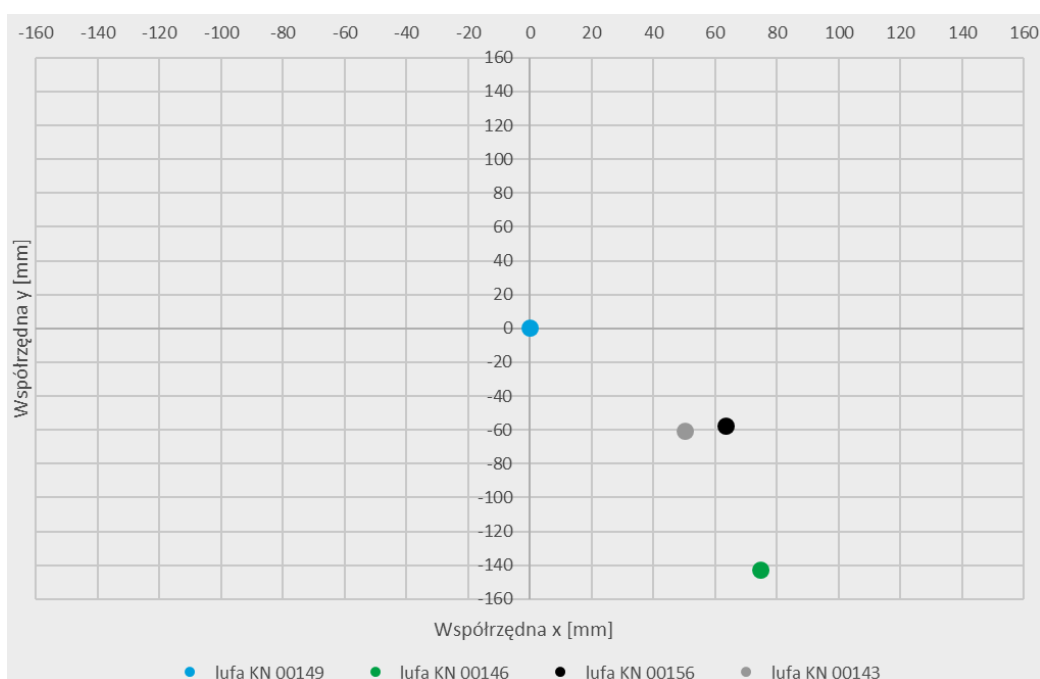
Tabele 2-5 przedstawiają dane dotyczące ŚPT dla poszczególnych karabinków z różnymi lufami. Za punkt odniesienia przyjęta została lufa znajdująca się w zestawie z karabinkiem. Każdorazowo, aby ułatwić porównanie, współrzędne jej ŚPT sprowadzone zostały do środka układu współrzędnych. Rys. 1-8 pokazują wizualizację trafień oraz ŚPT dla poszczególnych karabinków z różnymi lufami. Poszczególne lufy na każdym z wykresów oznaczone są tymi samymi kolorami.

Tables 2-5 contain data for the PMPs of particular rifles with different barrels. The barrel pieced together with the rifle was taken as a reference. For each time, in order to facilitate the comparison, the coordinates of its PMP were converted to the origin of coordinates. Figs. 1-8 visualise the patterns and the PMPs for particular rifles with different barrels. Particular barrels are marked by the same colour in the plots.

Tabela 2. Zestawienie danych dotyczących ŚPT trafienia dla karabinka nr KN 00149

Table 2. Data concerning the PMP for rifle nr KN 00149

	x	y	Odległość od ŚPT lufy podstawowej <i>Distance from PMP of basic barrel</i>	Uwagi <i>Notes</i>
	[mm]	[mm]	[mm]	
Lufa / Barrel KN 00149	0	0	0	Seria 1 i 2 <i>Series 1 and 2</i>
Lufa / Barrel KN 00146	74,56	-142,32	160,67	Seria 3 i 4
Lufa / Barrel KN 00156	63,35	-57,70	85,69	Seria 5 i 6
Lufa / Barrel KN 00143	50,07	-60,21	78,31	Seria 7 i 8



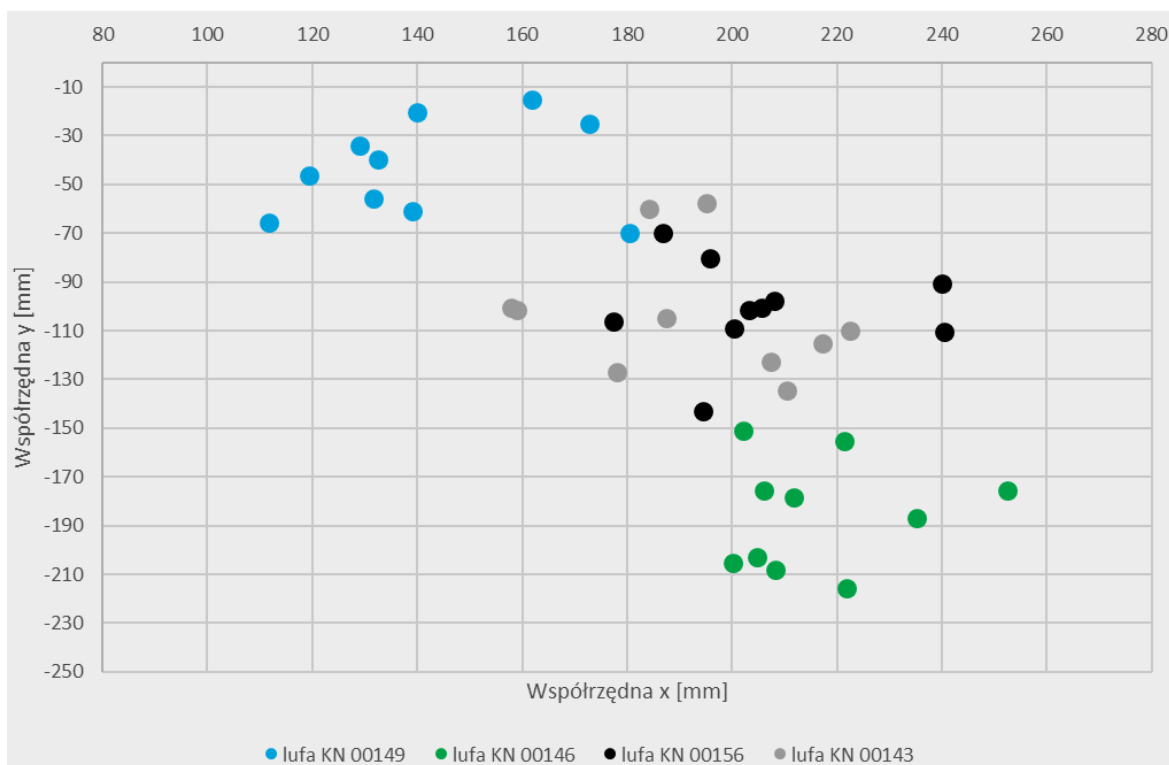
Rys. 1. Wizualizacja ŚPT dla karabinka KN 00149

Fig. 1. Visualisation of PMP for rifle KN 00149. Współrzędna – Coordinate, Lufa – Barrel

Tabela 3 Zestawienie danych dotyczących ŚPT trafienia dla karabinka nr KN 00146

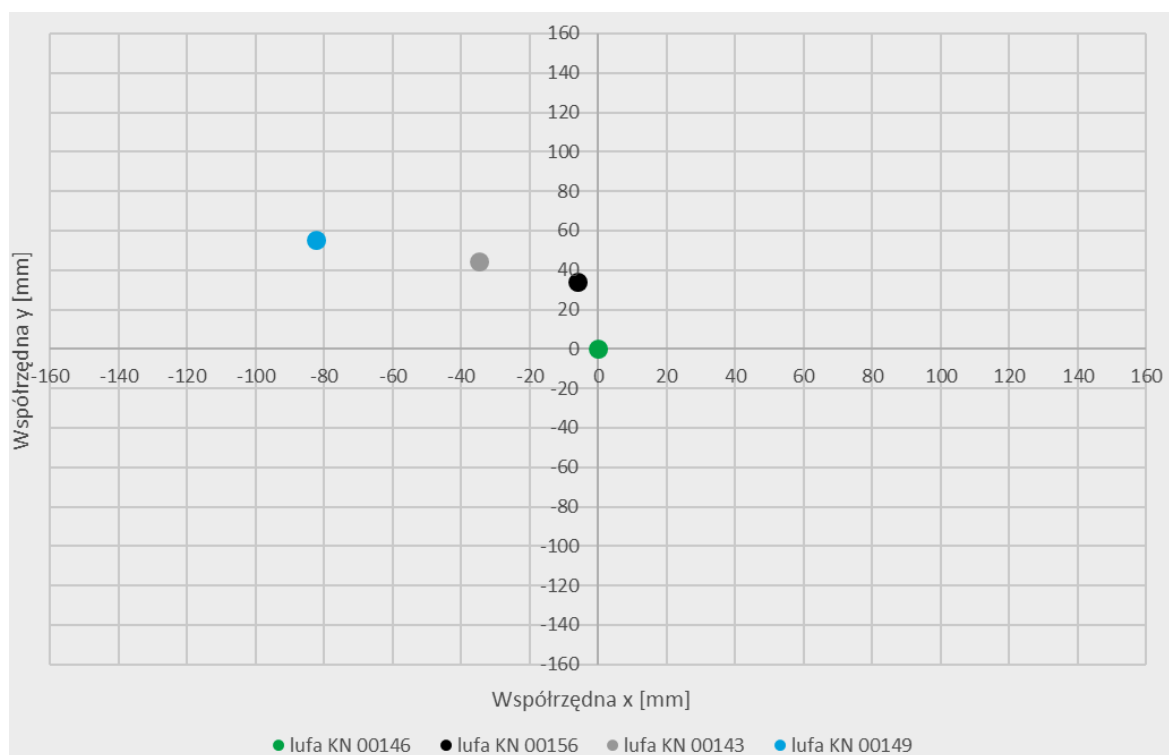
Table 3. Data concerning the PMP for rifle nr KN 00146

	x	y	Odległość od ŚPT lufy podstawowej <i>Distance from PMP of basic barrel</i>	Uwagi <i>Notes</i>
	[mm]	[mm]	[mm]	
Lufa / Barrel KN 00146	0	0	0	Seria 1 i 2 <i>Series 1 and 2</i>
Lufa / Barrel KN 00156	-5,93	34,30	34,81	Seria 3 i 4
Lufa / Barrel KN 00143	-34,82	44,64	56,61	Seria 5 i 6
Lufa / Barrel KN 00149	-82,17	54,79	98,76	Seria 7 i 8



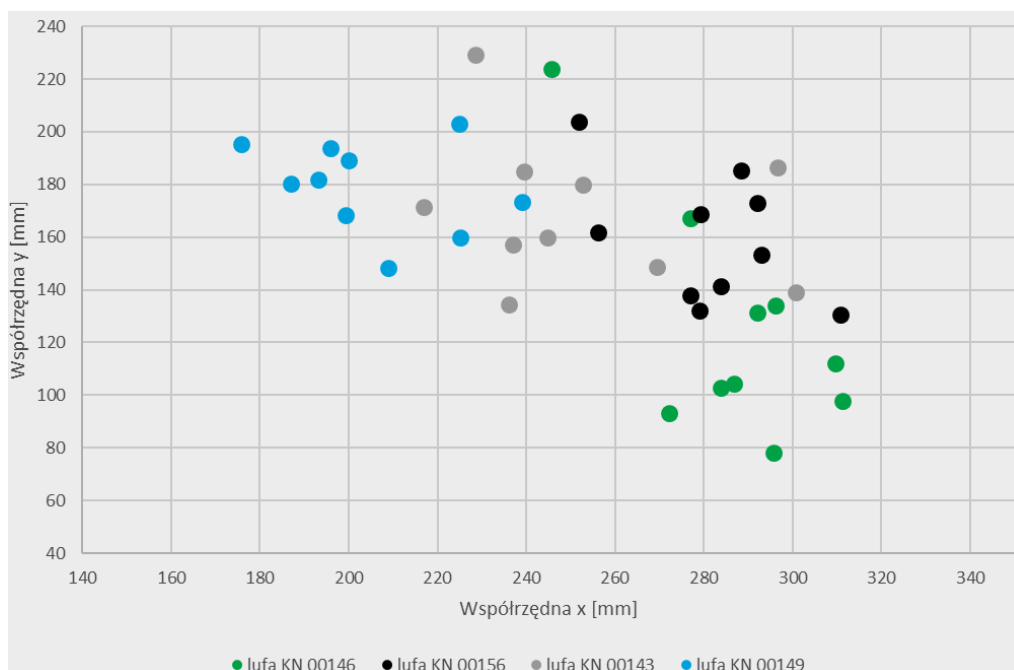
Rys. 2. Wizualizacja trafień dla karabinka KN 00149

Fig. 2. Visualisation of pattern for rifle KN 00149 Współrzędna – Coordinate, Lufa – Barrel



Rys. 3. Wizualizacja ŚPT dla karabinka KN 00146

Fig. 3. Visualisation of PMP for rifle KN 00146 Współrzędna – Coordinate, Lufa – Barrel



Rys. 4. Wizualizacja trafień dla karabinka KN 00146

Fig. 4. Visualisation of pattern for rifle KN 00146. Współrzędna – Coordinate, Lufa – Barrel

Tabela 4 Zestawienie danych dotyczących ŚPT trafienia dla karabinka nr KN 00156

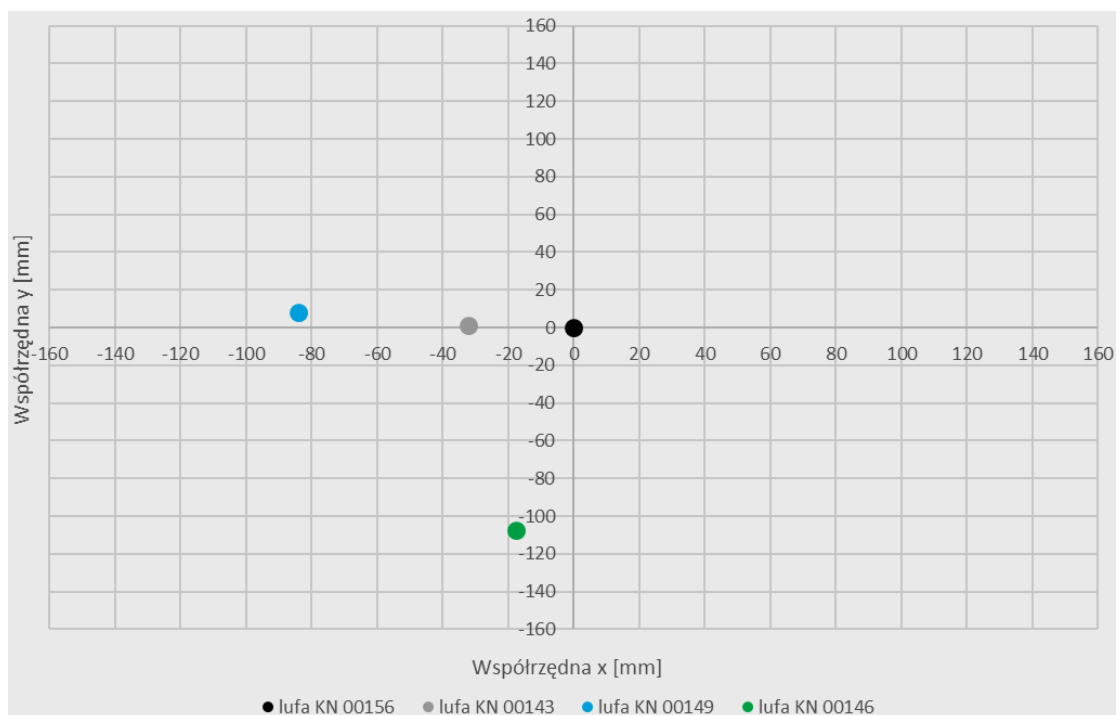
Table 4. Data concerning the PMP for rifle nr KN 00156

	x	y	Odległość od ŚPT lufy podstawowej Distance from PMP of basic barrel	Uwagi Notes
	[mm]	[mm]	[mm]	
Lufa/ Barrel KN 00156	0	0	0	Seria 1 i 2 Series 1 and 2
Lufa / Barrel KN 00143	-32,17	0,87	32,18	Seria 3 i 4
Lufa / Barrel KN 00149	-84,18	8,19	84,58	Seria 5 i 6
Lufa / Barrel KN 00146	-17,56	-107,32	108,75	Seria 7 i 8

Tabela 5 Zestawienie danych dotyczących ŚPT trafienia dla karabinka nr KN 00143

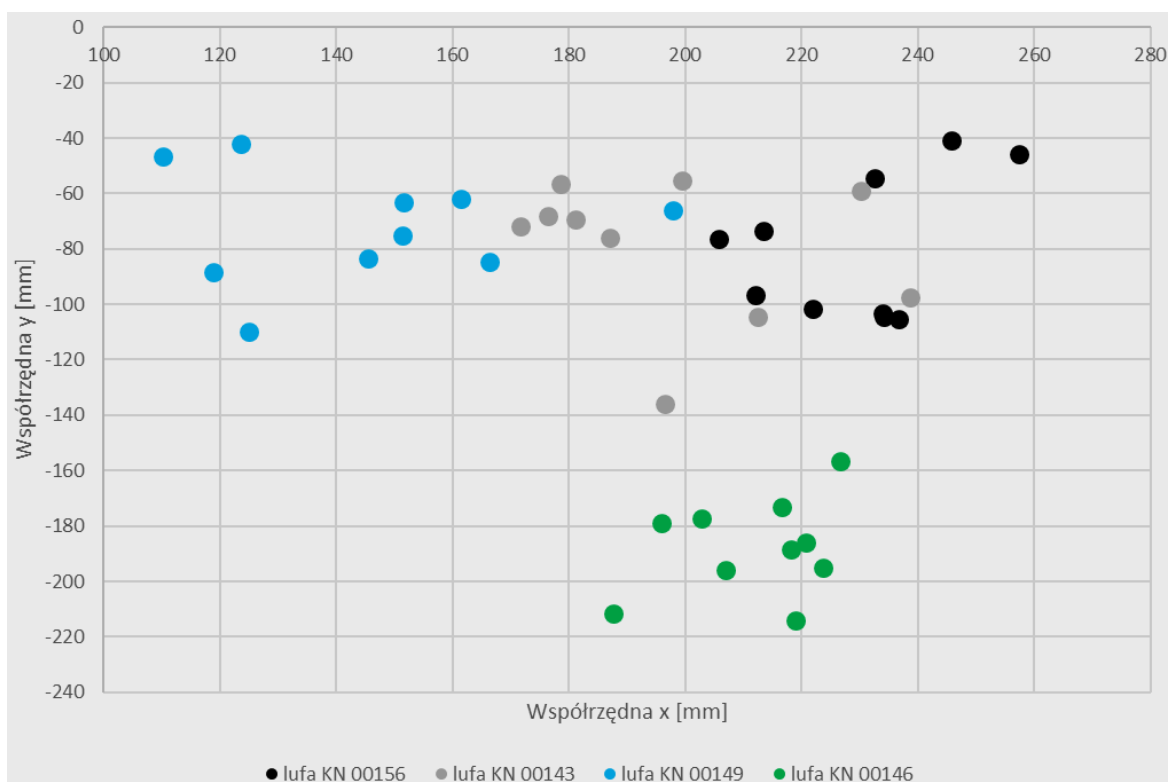
Table 5. Data concerning the PMP for rifle nr KN 00143

	x	y	Odległość od ŚPT lufy podstawowej Distance from PMP of basic barrel	Uwagi Notes
	[mm]	[mm]	[mm]	
Lufa / Barrel KN 00143	0	0	0,00	Seria 1 i 2 Series 1 and 2
Lufa / Barrel KN 00149	-32,36	22,82	39,60	Seria 3 i 4
Lufa / Barrel KN 00146	19,38	-67,34	70,07	Seria 5 i 6
Lufa / Barrel KN 00156	29,56	5,97	30,16	Seria 7 i 8



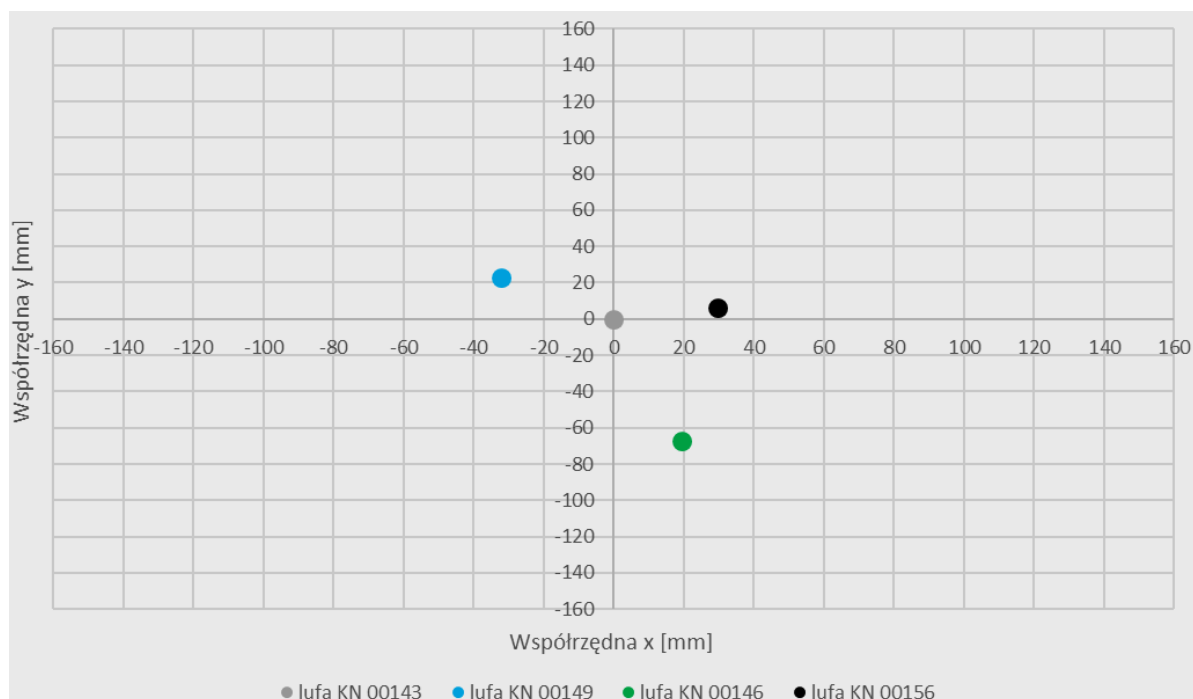
Rys. 5. Wizualizacja ŚPT dla karabinka KN 00156

Fig. 5. Visualisation of PMP for rifle KN 00156. Współrzędna – Coordinate, Lufa – Barrel



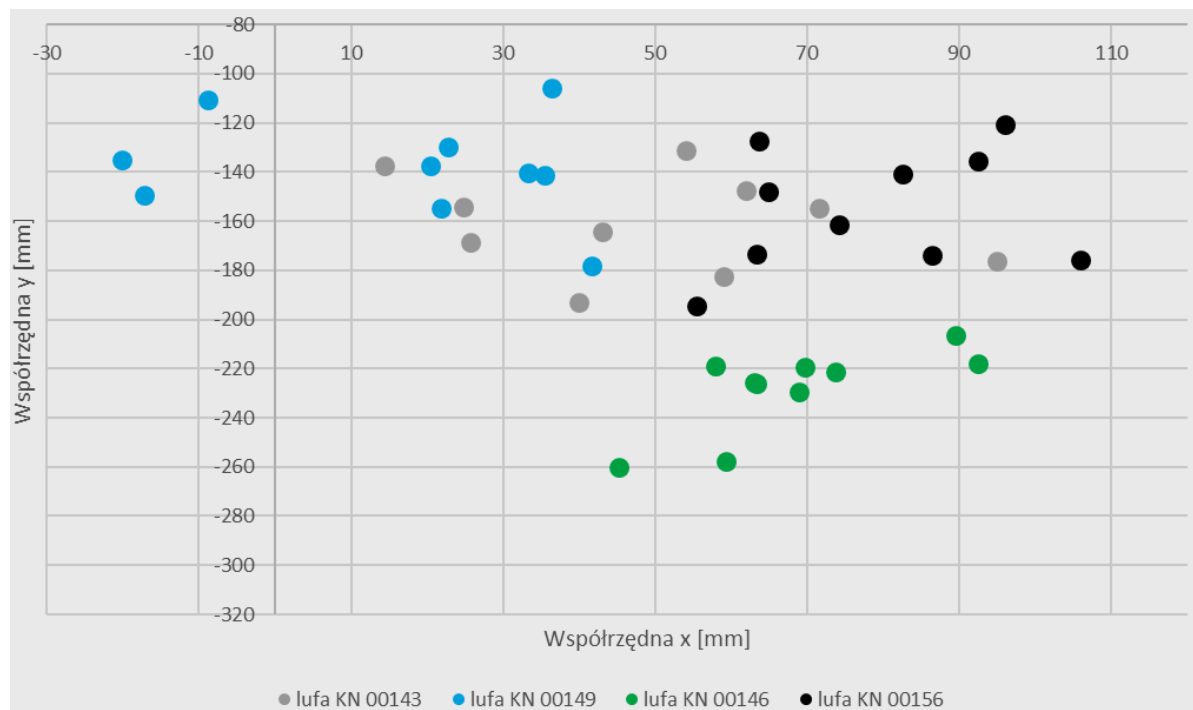
Rys. 6. Wizualizacja trafień dla karabinka KN 00156

Fig. 6. Visualisation of pattern for rifle KN 00156. Współrzędna – Coordinate, Lufa – Barrel



Rys. 7. Wizualizacja ŚPT dla karabinka KN 00143

Fig. 7. Visualisation of PMP for rifle KN 00143. Współrzędna – Coordinate, Lufa – Barrel

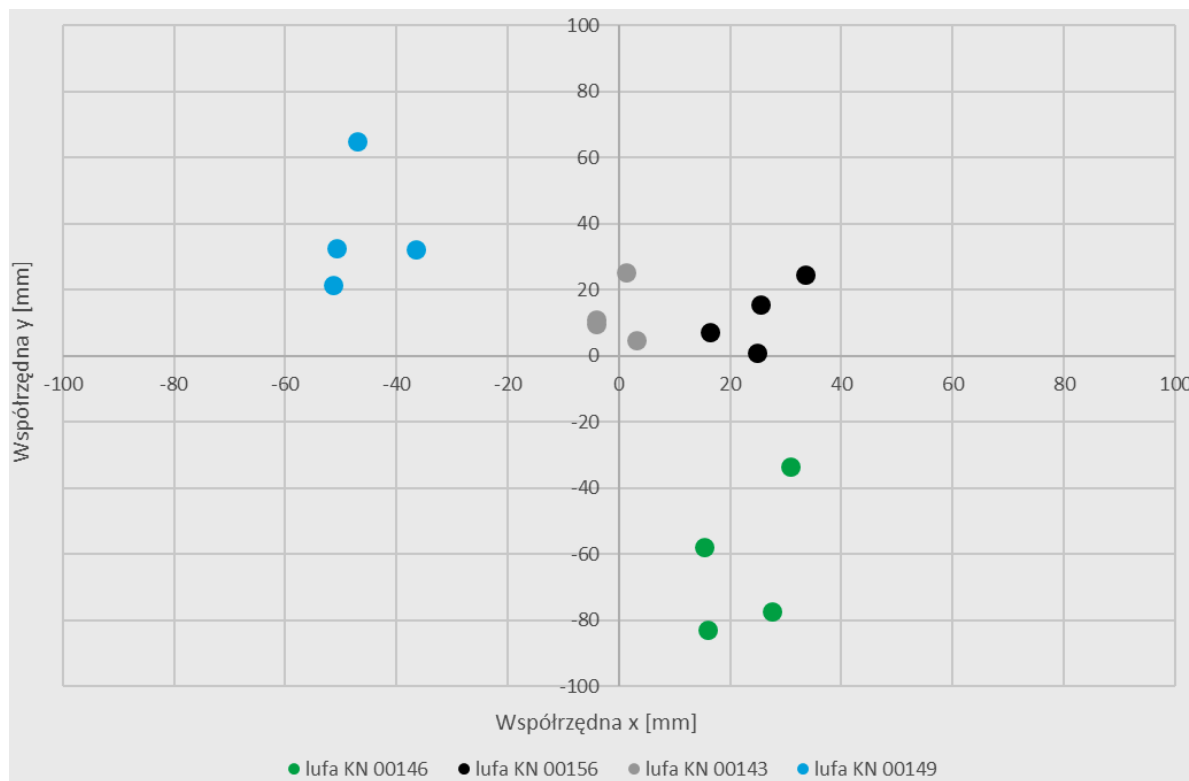


Rys. 8. Wizualizacja trafień dla karabinka KN 00143

Fig. 8. Visualisation of pattern for rifle KN 00143. Współrzędna – Coordinate, Lufa – Barrel

Rysunek 9 przedstawia zbiorcze zestawienie ŚPT dla poszczególnych luf. Wykres idealnie obrazuje, że lufa niezależnie od karabinka w którym jest zamontowana ma tendencję do celowania w zbliżone miejsce.

Fig. 9 shows a collective comparison of PMPs for particular barrels. The plot shows very well that the barrel has a tendency for hitting a similar place notwithstanding the rifle it is pieced together.



Rys. 9. Zbiorcze zestawienie ŚPT dla poszczególnych luf
Fig. 9. Collective arrangement of PMPs for particular barrels
 Współrzędna – Coordinate, Lufa – Barrel

W tabeli 6 zestawiono obliczony parametr R_{100} dla poszczególnych luf w kolejnych seriach pięciopociskowych. Dodatkowo, w celu uzyskania poglądu na ewentualne różnice w celności broni spowodowane rozrzutem prędkości pocisku tabela zawiera również maksymalne różnice prędkości pocisków na odległości 50 m w danych seriach. Rozrzut prędkości pocisku nie miał znaczącego wpływu na wyniki prezentowanych badań.

4. Wnioski

Na podstawie przeprowadzonych badań zamienności luf można sformułować następujące wnioski:

- odłączenie i przyłączenie lufy tego

Table 6 presents the calculated parameter R_{100} for particular barrels and for subsequent five-shots series. Moreover, to assess possible differences in gun accuracy caused by a dispersion of bullet velocities the table also contains maximal differences of bullet velocities at 50 m range for particular series. Results of presented investigations are not affected significantly by the dispersion of bullet velocities.

4. Conclusions

Following conclusions may be drawn on the basis of investigations on the interchangeability of barrels:

- Separation and attachment of the

- samego karabinka nie wpływa w zauważalny sposób na położenie ŚPT,
- poszczególne lufy mają wyraźną tendencję do „trafiania” w ten sam punkt niezależnie od tego w jakiej broni są zamontowane,
 - różnice w położeniu ŚPT dla poszczególnych luf potrafią być na tyle duże, że wymiana lufy będącej w zestawie z bronią na inną lufę wymaga przystrzelenia broni.
 - przypadek luf od karabinków o numerach KN 00143 oraz KN 00156 pokazuje, że istnieje możliwość takiego dobrania luf, aby karabinek po wymianie lufy nadal strzelał w zbliżony punkt.
- same rifle barrel does not affect noticeably the position of PMP,
- Particular barrels have a clear tendency to “hit” the same point independently of the gun they are attached to,
 - Differences in PMPs positions for particular barrels may be so large that replacement of a barrel from the gun set by another barrel requires gun’s adjustment shooting,
 - The case of barrels with numbers KN 00143 and KN 00156 shows that the barrels may be matched in such way that the gun still delivers shots into a close point after the replacement of barrel.

Tabela 6. Zestawienie parametru R_{100} oraz ΔV dla poszczególnych luf w kolejnych seriachTable 6. Comparison of parameter R_{100} and ΔV for particular barrels in consecutive series

	Lufa / Barrel KN 00149		Lufa / Barrel KN 00146		Lufa / Barrel KN 00156		Lufa / Barrel KN 00143	
	R_{100}	ΔV	R_{100}	ΔV	R_{100}	ΔV	R_{100}	ΔV
	[mm]	[m/s]	[mm]	[m/s]	[mm]	[m/s]	[mm]	[m/s]
1	38,50	29,58	33,80	20,75	33,70	23,61	30,50	26,07
2	14,30	26,85	30,10	27,40	35,40	15,34	39,60	24,63
3	33,50	14,38	64,40	12,81	38,30	32,48	57,70	25,49
4	21,70	17,21	19,60	28,94	31,50	22,47	25,00	14,12
5	45,00	21,74	16,00	27,02	32,70	25,03	36,30	28,72
6	33,80	43,52	33,60	30,03	33,00	24,34	35,30	15,12
7	28,80	25,03	24,20	14,50	31,90	31,27	26,90	15,00
8	36,40	15,48	29,90	15,08	35,30	13,73	44,80	26,28
Średnia Average	31,50		31,45		33,98		37,01	

Literatura / Literature

Piechota, N., Woźniak, R. i Zahor, M. (2015). Karabinek standardowy systemu MSBS-5,56K – podstawowa broń „polskiego żołnierza przyszłości” (część II), *Problemy Mechatroniki. Uzbrojenie, Lotnictwo, Inżynieria Bezpieczeństwa*, Nr 6, 3(21), 101-116,

- Fabryka Broni „Łucznik”-Radom (FBŁ). (2018/19). *Instrukcja użytkowania. 5,56 mm karabinek standardowy (podstawowy)*, Radom: Fabryka Broni „Łucznik”-Radom.
- Ministerstwo Obrony Narodowej (MON). (2008). Norma Obronna NO-10-A500-2: *Broń strzelecka. Metody badań. Badania poligonowe*. Warszawa: MON.
- Ministerstwo Obrony Narodowej (MON). (2005). Norma Obronna NO-06-A105: *Uzbrojenie i sprzęt wojskowy. Ogólne wymagania techniczne, metody kontroli i badań. Ogólne zasady badań oraz odbioru prototypów i urządzeń produkowanych seryjnie*. Warszawa: MON.

Artykuł powstał w ramach realizacji projektu rozwojowego nr O ROB 0034 03 001 dofinansowanego przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju.

The paper was prepared in frame of development project nr O ROB 0034 03 001 cofinanced by the National Centre of Researches and Development.

