

mł. insp. mgr inż. Krzysztof Ćwik (autor korespondencyjny)

kierownik Zakładu Broni i Mechanoskopii CLKP

podinsp. mgr inż. Grzegorz Bogiel

biegły z zakresu badań broni i balistyki, starszy specjalista badawczo-techniczny Zakładu Broni i Mechanoskopii CLKP

Badanie prędkości pocisków o niskiej energii

Streszczenie

Artykuł prezentuje ogólnie wyniki badań przeprowadzonych w ramach projektu pt. „Badanie prędkości pocisków o niskiej energii” finansowanego przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju i realizowanego przez konsorcjum naukowe, którego liderem było Centralne Laboratorium Kryminalistyczne Policji.

Słowa kluczowe pocisk, prędkość, pomiary, energia, balistyka

W okresie od 18 grudnia 2012 r. do 17 marca 2015 r. w Zakładzie Broni i Mechanoskopii Centralnego Laboratorium Kryminalistycznego Policji realizowano projekt na rzecz bezpieczeństwa i obronności państwa pt. „Badanie prędkości pocisków o niskiej energii” finansowany przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju.

W celu wykonania projektu powołano konsorcjum naukowe, którego liderem było Centralne Laboratorium Kryminalistyczne Policji, a partnerami:

- Instytut Technologii Bezpieczeństwa „Moratex”,
- Wojskowy Instytut Techniczny Uzbrojenia,
- Wyższa Szkoła Policji w Szczytnie,
- Centralny Ośrodek Badawczo-Rozwojowy Aparatury Badawczej i Dydaktycznej.

Każdy z partnerów konsorcjum miał nakreślone główne zadania adekwatne do specyfiki prowadzonej działalności oraz posiadanego wyposażenia. CLKP, WITU i Moratex skupiły się na badaniach i pomiarach, odpowiednio – rykoszetów, na zasięg oraz przeszkód imitujących ciało ludzkie, COBRABiD wykonał aparaturę pomiarową w postaci bramki pomiarowej, przyrządu do mocowania celów i przyrządu do badań rykoszetów, a głównymi zadaniami WSPol było zebranie informacji o zdarzeniach kryminalnych z użyciem pocisków o niskiej energii oraz publikacja wyników badań i zorganizowanie konferencji zamykającej projekt.

Zgodnie z opracowanym harmonogramem projekt podzielony był na cztery etapy składające się łącznie z 21 zadań:

1. Etap I (badania naukowe) – realizacja od 18 grudnia 2012 r. do 17 czerwca 2013 r.:

- zadanie 1.1 – weryfikacja informacji o zdarzeniach kryminalnych na terenie kraju z pociskami o niskiej energii z analizą ryzyka urazów,
 - zadanie 1.2 – specyfikacja obiektów badań (typy pocisków i urządzeń miotających),
 - zadanie 1.3 – weryfikacja koncepcji stanowiska badawczego i opracowanie jego projektu,
 - zadanie 1.4 – wytypowanie podłoża symulującego ciało ludzkie i jego oston,
 - zadanie 1.5 – wytypowanie przeszkód do badań rykoszetów,
 - zadanie 1.6 – określenie wymagań dla przyrządów pomiarowych,
 - zadanie 1.7 – opracowanie metodyki (lub metody) prowadzenia badań,
 - zadanie 1.8 – opracowanie programu badań.
2. Etap II (prace rozwojowe) – realizacja od 18 czerwca 2013 r. do 17 kwietnia 2014 r.:
 - zadanie 2.1 – modernizacja urządzeń pomiarowych, zakup podzespołów,
 - zadanie 2.2 – wykonanie bramki pomiarowej,
 - zadanie 2.3 – wykonanie przyrządu do mocowania celów,
 - zadanie 2.4 – wykonanie przyrządu do badań rykoszetów,
 - zadanie 2.5 – opracowanie procedury walidacji elementów stanowiska,
 - zadanie 2.6 – walidacja metody badawczej.
 3. Etap III (prace rozwojowe) – realizacja od 18 kwietnia 2014 r. do 17 października 2014 r.:
 - zadanie 3.1 – wykonanie strzelań i pomiarów,

- zadanie 3.2 – określenie charakterystyk toru lotu pocisków (zestawienie tabel strzelniczych),
 - zadanie 3.3 – wykonanie podkładu badawczego, osłon i przeszkód,
 - zadanie 3.4 – wykonanie strzelań i pomiarów,
 - zadanie 3.5 – wizualizacja i opis oddziaływania pocisków na podkłady (bezpośrednio i osłonięte).
4. Etap IV (prace rozwojowe) – realizacja od 18 września 2014 r. do 17 marca 2015 r.:
- zadanie 4.1 – opracowanie i publikacja wyników badań,
 - zadanie 4.2 – zorganizowanie seminarium prezentującego uzyskane wyniki badań.

W ramach etapu I skupiono się na badaniach naukowych, których celem było z jednej strony przeanalizowanie jak największej liczby udokumentowanych przypadków użycia różnego rodzaju urządzeń miotających pociski o niskiej energii z wykorzystaniem zapisów w Krajowym Systemie Informacyjnym Policji (KSIP), informacji prasowych oraz fachowej literatury, głównie medycznej. Dzięki uzyskanym w ten sposób informacjom dokonano typowania przedmiotów badań, czyli urządzeń miotających i pocisków, przeszkód oraz opracowano założenia do budowy stanowiska badawczego. Zdecydowano, że pomiary prędkości miotanych pocisków będą realizowane równolegle

na trzech typach urządzeń pomiarowych: radarze Dopplera, fotobramce oraz kamerze do szybkich zdjęć.

Etap II obejmował prace rozwojowe skoncentrowane na budowie stanowisk badawczych w CLKP, WITU i Morateksie adekwatnych do zaplanowanych badań. Wszystkie te instytucje prowadzą na co dzień podobne badania i posiadają odpowiednie zaplecze badawcze. Stanowiska te wymagały jedynie nieznacznego doposażenia i modernizacji w celu ich dostosowania do realizacji zaplanowanych badań: zakupiono kamerę szybką dla CLKP i program do bezstykowej analizy ruchu Tema Motion, zestaw do przygotowywania żelatyny balistycznej dla Moratexu oraz zmodernizowano radar Dopplera posiadany przez CLKP i kamery do zdjęć szybkich posiadane przez WITU i Moratex. COBRABiD wykonał nowoczesną, fotoelektryczną bramkę pomiarową, przyrząd do badania rykoszetów i przyrząd do mocowania celów.

W trakcie etapu III przeprowadzono zaplanowane badania i pomiary.

W CLKP wykonano strzelania oraz pomiary parametrów rykoszetów miotanych pocisków od trzech podłoży: betonu, blachy i płyty wiórowej laminowanej, dla kątów uderzenia 5, 10, 20, 30, 40, 50 i 60 stopni. W badaniach użyto urządzeń miotających i elementów miotanych (pocisków) przedstawionych w tabeli 1.

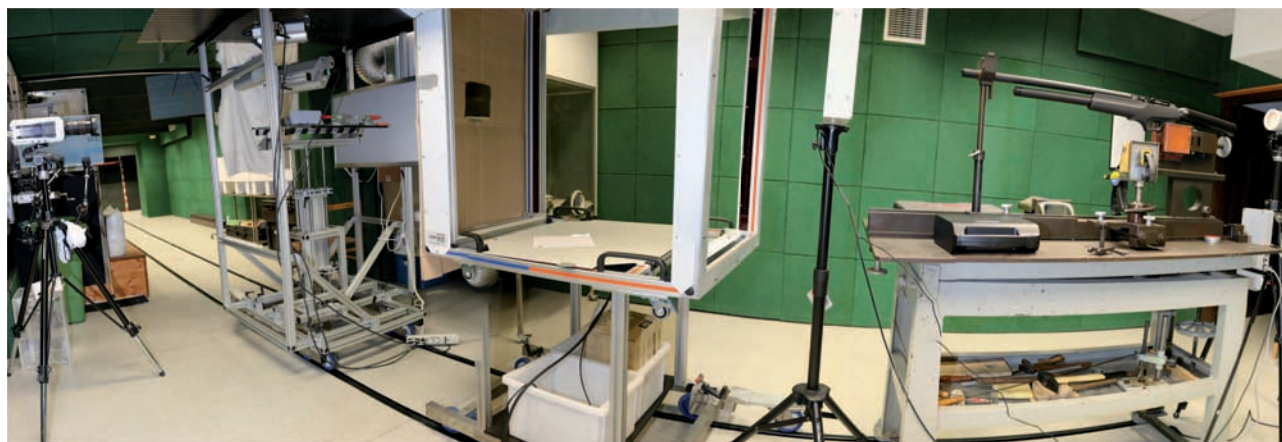
Tabela 1. Zestawienie urządzeń miotających i pocisków badanych w CLKP.

Lp.	Urządzenia miotające	Miotane pociski
1.	Karabinek pneumatyczny Hammerli 850 kal. 4,5 mm	śrut COBRA 500, m = 0,5 g, śrut Hammerli Field Target, m = 0,5 g, śrut Round Ball, m = 0,55 g, śrut Walther high power, m = 0,35 g, śrut Monster diablo, m = 0,87 g.
2.	Pistolet Walther PPQ kal. 4,5 mm	śrut COBRA 500, m = 0,55 g, śrut Hammerli Field Target, m = 0,55 g, śrut Monster Diabolo, m = 0,87 g, śrut Walther high power, m = 0,35 g, śrut Round Ball, m = 0,55 g.
3.	Karabinek Ranger kal. 4,5 mm	śrut COBRA 500, m = 0,55 g, śrut Hammerli Field Target, m = 0,55 g, śrut Monster Diabolo, m = 0,87 g, śrut Walther high power, m = 0,35 g, śrut Round Ball, m = 0,55 g.
4.	Pistolet pneumatyczny Zoraki HP01 kal. 5,5 mm	śrut Hammerli super speed, m = 0,65 g, śrut Walther copper impact, m = 1,0 g, śrut Umarex classic, m = 0,85 g, śrut Exact Jumbo Monster Diabolo, m = 1,64 g, śrut Torpedo pellets, m = 1,3 g.
5.	Karabinek FX kal. 5,5 mm przy dwóch ustawieniach prędkości	śrut Hammerli super speed, m = 0,65 g, śrut Walther copper impact, m = 1,0 g, śrut Umarex classic, m = 0,85 g, śrut Exact Jumbo Monster Diabolo, m = 1,64 g, śrut Torpedo pellets, m = 1,3 g.
6.	Wiatrówka pneumatyczna AT44-10 kal. 6,35 mm	śrut JSB Exact King, m = 1,65 g, śrut Baracuda, m = 2,01 g.
7.	Pistolet pneumatyczny ASG HK 416 D, kal. 6,0 mm	kulka plastikowa, m = 0,2 g, kulka metalizowana, m = 0,3 g.

Lp.	Urządzenia miotające	Miotane pociski
8.	Pistolet pneumatyczny ASG HK MP5 A3, kal. 6,0 mm	kulka plastikowa, $m = 0,2 \text{ g}$, kulka metalizowana, $m = 0,3 \text{ g}$.
9.	Paintball BT Omega kal. .68	kulka gumowa średnicy 17,3 mm, $m = 3,73 \text{ g}$
10.	Rewolwer Ekol mod. Viper 2,5" kal. 6/10 mm	kulka gumowa o średnicy 10 mm, $m = 0,75 \text{ g}$.

Podłoża do rykoszetowania mocowano w przyrządzie do badań rykoszetów wykonanym w ramach etapu II przez COBRABiD. Każdy z rykoszetów filmowano przy użyciu kamery do zdjęć szybkich Phantom v711. Nagrane filmy poddano analizie przy użyciu programu do bezstykowej analizy ruchu Tema Motion. Prędkość

każdego miotanego elementu mierzono przed zrykoszetowaniem przy użyciu bramki pomiarowej wykonanej w ramach etapu II przez COBRABiD. Dla niektórych elementów stosowano kontrolę pomiaru prędkości przy użyciu radarów dopplerowskich Weibel SL520/W700 oraz DRS-1 (ryc. 1).



Ryc. 1. Stanowisko badawcze w CLKP (rykoszety).

Na podstawie przeprowadzonych badań utworzono tabele rykoszetów zawierające prędkość uderzenia i prędkość odbicia oraz kąt uderzenia i kąt odbicia dla każdej kombinacji śrutu i podłoża.

Poniżej przedstawiono przykładową tabelę opracowaną dla prób z rewolweru Ekol model Viper 2,5" kal. 6/10 mm pociskami w postaci kulek gumowych o średnicy 10 mm (tab. 2).

Tabela 2. Przykładowa tabela rykoszetów.

TABELA STRZELNICZA (RYKOSZETY)
Rewolwer Ekol model Viper 2,5" kal. 6/10 mm:
– kulka gumowa o średnicy 10 mm i masie 0,75 g.

a) beton

Kąt st.	Vu	Vo	Kąt u	Kąt o
5	115	104	7	3,5
10	130	108	12	6
20	124	76	22	17
30	119	62	32,5	23
40	140	56	43,5	29
50	120	40	51	37,5

b) płyta

Kąt st.	Vu	Vo	Kąt u	Kąt o
5	120	116	7,5	3,6
10	113	105	13	5,2
20	134	120	22	7,8
30	130	104	31,6	10,2
40	127	86	42,2	13,4
50	132	64	52,6	25,2

c) blacha

Kąt st.	Vu	Vo	Kąt u	Kąt o
5	132	125	8	3,2
10	120	110	12,5	8
20	120	100	23	9
30	124	91	32	11
40	123	52	43	28
50	130	44	54	34,7
60	125	34	63	44,5

Podczas badań prowadzonych w WITU wykonano strzelania do pomiarów parametrów na zasięg. W badaniach użyto urządzeń miotających i elementów miotanych (pocisków) przedstawionych w tabeli 3.

Tabela 3. Zestawienie urządzeń miotających i pocisków badanych w WITU.

Lp.	Urządzenia miotające	Miotane pociski
1.	Kusza Tenpoint Titan HLX	bełt dług. 48 cm, m = 30,6 g, bełt dług. 53 cm, m = 31,3 g.
2.	Łuk Cobra	strzała długości 78,5 cm, m = 35,5 g
3.	Karabinek pneumatyczny Hammerli 850 kal. 4,5 mm	śrut COBRA 500, m = 0,5 g, śrut Hammerli Field Target, m = 0,5 g, śrut Round Ball, m = 0,55 g, śrut Walther high power, m = 0,35 g, śrut Monster diablo, m = 0,87 g.
4.	Pistolet Walther PPQ kal. 4,5 mm	śrut COBRA 500, m = 0,55 g, śrut Hammerli Field Target, m = 0,55 g, śrut Monster Diabolo, m = 0,87 g, śrut Walther high power, m = 0,35 g, śrut Round Ball, m = 0,55 g.
5.	Pistolet pneumatyczny Zoraki HP01 kal. 5,5 mm	śrut Hammerli super speed, m = 0,65 g, śrut Walther copper impact, m = 1,0 g, śrut Umarex classic, m = 0,85 g, śrut Exact Jumbo Monster Diabolo, m = 1,64 g, śrut Torpedo pellets, m = 1,3 g.
6.	Karabinek pneumatyczny AT44-10 kal. 6,35 mm	śrut JSB Exact King, m = 1,65 g, śrut Baracuda, m = 2,01 g.
7.	Pistolet pneumatyczny ASG HK 416 D, kal. 6,0 mm	kulka plastikowa, m = 0,2 g, kulka metalizowana, m = 0,3 g.
8.	Pistolet pneumatyczny ASG HK MP5 A3, kal. 6,0 mm	kulka plastikowa, m = 0,2 g, kulka metalizowana, m = 0,3 g.
9.	Paintball BT Omega kal. .68	kulka gumowa średnicy 17,3 mm, m = 3,73 g.
10.	Rewolwer Ekol model Viper 2,5" kal. 6/10 mm	kulka gumowa o średnicy 10 mm, m = 0,75 g.

Charakterystyki toru lotu pocisków wyznaczono, wykonując pomiary dopplerowskim zestawem balistycznym Dr-5000 firmy Terma Elektronik AS. Wykonano pomiary prędkości radialnej na torze lotu pocisków. Mierzono prędkość co najmniej 10 pocisków dla każdego wyrobu i wyznaczano średnią prędkość początkową V_0 , która była podstawą do wyznaczania charakterystyk toru lotu. Wykorzystując

równania ruchu opisane w STANAG 4355 (MPMTM), analizowano zmierzone przebiegi prędkości radialnej celem wyznaczenia przebiegu współczynnika oporu $C_D = f(\text{Mach})$ i sporządzono tabele strzelnicze. Poniżej przedstawiono przykładową tabelę opracowaną dla prób z kuszą Tenpoint Titan HLX pociskami w postaci bełtów o długości 48 cm, m = 30,6 g (tab. 4).

Tabela 4. Przykładowa tabela strzelnicza.**TABELA STRZELNICZA (CHARAKTERYSTYKI TORU LOTU)****Broń:** Kusza Tenpoint Titan HLX**Element miotany:** Bełt dług. 48 cm, m = 30,6 g**Prędkość początkowa V_0** = 81 m/s**Tabela $C_D = f(\text{Mach})$:**

Mach	0,140	0,150	0,160	0,170	0,180	0,190	0,200	0,210	0,220	0,230	0,240
C_D	1,220	1,227	1,350	1,311	1,270	1,323	1,328	1,331	1,372	1,300	1,400

θ_0 [°]	tc [sec]	X [m]	Y [m]	Vc [m/sec]	θ_C [°]
1	0,286	22,7	0,1	77,9	1,0
2	0,569	44,3	0,4	75,1	2,1
3	0,848	64,9	0,88	72,5	3,2
4	1,123	84,4	1,54	70,2	4,4
5	1,395	103,0	2,38	68,0	5,6

$\Theta 0$ [°]	tc [sec]	X [m]	Y [m]	Vc [m/sec]	ΘC [°]
6	1,663	120,6	3,39	66,1	6,9
7	1,928	137,5	4,54	64,3	8,2
8	2,189	153,6	5,87	62,6	9,5
9	2,447	168,9	7,35	61,2	10,8
10	2,701	183,5	8,96	59,9	12,2
15	3,927	247,0	18,91	54,4	19,5
20	5,077	296,2	31,64	51,4	26,9
25	6,150	333,7	46,82	50,0	34,0
30	7,159	360,5	63,32	49,5	40,7
35	8,105	377,1	81,41	49,6	46,8
40	8,986	384,0	99,82	50,1	52,4
41*	9,155	384,3	103,09	50,2	53,5
45	9,801	381,6	118,91	50,9	57,4
50	10,547	370,1	137,45	51,8	61,9
60	11,821	321,0	171,82	53,6	69,7
70	12,776	239,3	200,45	55,0	76,5
80	13,373	129,3	218,18	55,9	83,1

* kąt, przy którym uzyskano maksymalną donośność

W ITB Moratex przeprowadzono serię badań dotyczących zdolności penetracji pocisków o niskiej energii przeszkód imitujących ciało ludzkie (żelatyna) nieosłonięte oraz osłonięte. W badaniach użyto następujących urządzeń miotających i elementów miotanych (pocisków):

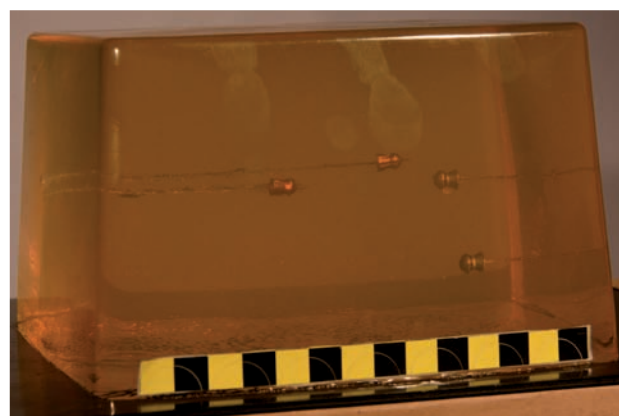
Urządzenia miotające:

- pistolet pneumatyczny Walther PRQ kal. 4,5 mm,
- karabinek pneumatyczny Hammerli 850 kal. 4,5 mm,
- karabinek pneumatyczny Ranger BT65 kal. 4,5 mm,
- pistolet pneumatyczny Zoraki HP-01 kal. 5,5 mm,
- karabinek pneumatyczny FX Gladiator/Cutlas kal. 5,5 mm o regulowanym ciśnieniu,
- karabinek pneumatyczny ASG HK MP5 A3 kal. 6 mm,
- karabinek pneumatyczny Ranger AT 44 W-10 kal. 6,35 mm,
- rewolwer Ekol Viper K10 kal. 6 mm.

Pociski o kal. 4,5 mm, 5,5 i 6,35 mm różniące się budową:

- Umarex 500 Cobra kal. 4,5 mm,
- Diabolo H&N Barakuda kal. 4,5 mm,
- Diabolo JSB Exact Monster kal. 4,5 mm,
- Diabolo H&N Rabbit Magnum kal. 4,5 mm,
- kulka BB ołowiana H&N kal. 4,5 mm,
- Diabolo JSB Exact kal. 4,5 mm,
- Hammerli Superspeed kal. 5,5 mm,
- Umarex 250 płaski kal. 5,5 mm,
- Baracuda Hunter Extreme kal. 5,5 mm,
- H&N Sport Baracuda Power Copper Plated, kal. 5,5 mm,
- Diabolo H&N Rabbit Magnum kal. 5,5 mm,
- Exact Jump Diabolo JSB kal. 5,5 mm,
- kulka ołowiana BB Tomitex kal. 5,5 mm,
- Exact King Diabolo JSB kal. 6,36 mm,
- H&N Sport Baracuda kal. 6,35 mm.

Prędkość pocisku rejestrowana była za pomocą bramki fotoelektrycznej. Do rejestracji wnikania pocisków w żelatynę wykorzystywano szybką kamerę cyfrową Phantom v711. W pomiarach wykorzystywano oprogramowanie Phantom – Vision research v1.33.697.0, natomiast do analizy użyto oprogramowania do opisu zjawisk dynamicznych TemaA Motion – Image Systems v 3.7.



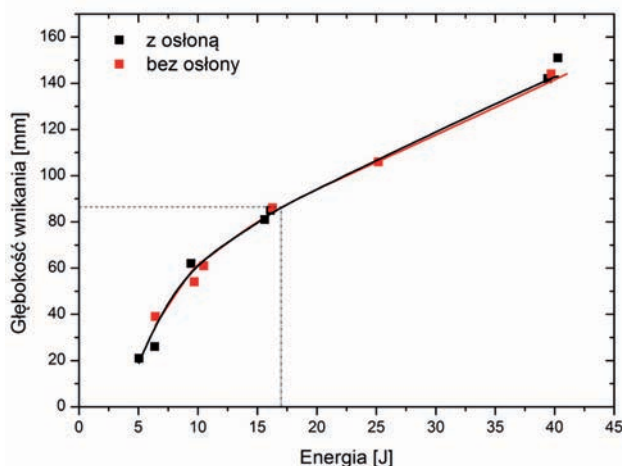
Ryc. 2. Badania prowadzone w Morateksie (cele imitujące ciało ludzkie).

Disponując wymienionymi wyżej jednostkami broni przeprowadzono serię badań wnikania w żelatynę nieosłoniętą oraz osłoniętą za pomocą podkoszulki bawełnianej dla śrucin o kalibrach 4,5, 5,5 oraz 6,35 mm. W przypadku śruciny o kalibrze 4,5 wartości masy wynosiły od 0,5 do 1,02 g, śruciny o kalibrze 5,5 mm miały masy od 0,835 do 1,75 g, natomiast śruciny o kalibrze 6,35 mm posiadały masy 1,64 i 2,01 g.

W przypadku śrucin o kalibrze 5,5 mm prędkość wystrzelianego śrutu, w zależności od jego rodzaju, wahała się od 76,7 m/s w przypadku śrutu Baracuda Hunter Extreme do 323,7 m/s w przypadku śrutu Hammerli Superspeed. Wartości energii w zależności

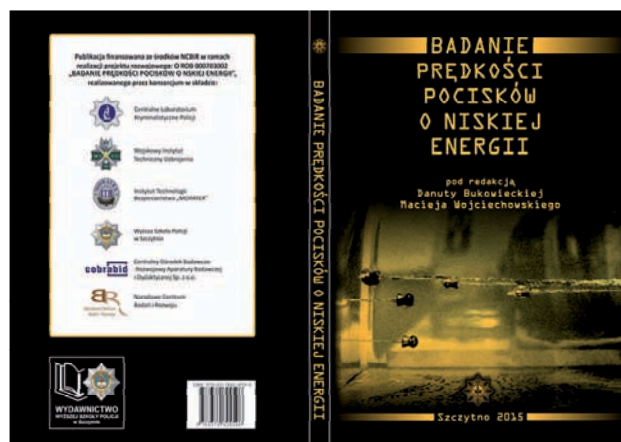
od masy pocisku wynosiły od 3,32 do 44 J odpowiednio dla śrutu Hammerli Superspeed i Baracuda Hunter Extreme. Maksymalna głębokość wnikania – 151 mm, została zaobserwowana dla śruciny Rabbit Magnum II o kalibrze 5,5 mm i masie ok. 1,63 g.

Prędkość śruciny nie jest jedynym parametrem warunkującym wnikanie pocisków w żelatynę. Głębokość wnikania śruciny zależy od jej kształtu – im bardziej spiczasty pocisk, tym większej penetracji można się spodziewać. Głębokość wnikania śruciny zależy także od jej masy, od której zależy przecież energia kinetyczna. Osłona w postaci koszulki bawełnianej nie wpływa na głębokość penetracji badanymi pociskami. W przypadku śrucin o kalibrze 5,5 (Baracuda Power Copper Plated) oszacowana głębokość penetracji przy dopuszczalnej dla broni pneumatycznej energii uderzenia równej 17 J wynosi ponad 80 mm (ryc. 3), zatem możliwe jest uszkodzenie każdego narządu wewnętrznego człowieka.



Ryc. 3. Zależność głębokości wnikania od energii uderzenia dla śruciny Baracuda Power Copper Plated kaliber 5,5 mm.

Równie duże obrażenia może spowodować ostrzał śrucinami Baracuda Hunter Extreme, w przypadku którego powyżej prędkości 200 m/s następuje rotacja pocisku po uderzeniu w blok żelatynowy. Obracanie się pocisku po wejściu w blok powoduje zmniejszenie głębokości penetracji i jednocześnie powiększenie wnęki kawitacyjnej.



Ryc. 4. Projekt okładki wydanej publikacji.

W celu szerszego rozpropagowania uzyskanych w ramach projektu wyników badań w hotelu Przysiań w Olsztynie zorganizowano seminarium naukowo-praktyczne pt. „Badanie prędkości pocisków o niskiej energii wyzwaniem współczesnej kryminalistyki”, do udziału w którym zostali zaproszeni przedstawiciele instytucji naukowo-badawczych, szkół policyjnych, biegli z zakresu badań broni i balistyki oraz zespołu nadzorującego. Umożliwiło ono bezpośrednią wymianę uwag i doświadczeń związanych z badaną problematyką.

Poza możliwością wysłuchania szeregu prezentacji multimedialnych dotyczących poszczególnych etapów badań i uzyskanych w ich trakcie wyników, uczestnicy spotkania otrzymali materiały reklamowe oraz publikację wydaną przez WSPol w Szczecinie.

Źródła rycin i tabel: autorzy

Projekt nr O ROB 0007 03 002 pt. „Badanie prędkości pocisków o niskiej energii” finansowany przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju w ramach konkursu nr 3/2012 na rzecz bezpieczeństwa i obronności państwa.



Narodowe Centrum
Badań i Rozwoju



Ryc. 5. Uczestnicy seminarium naukowo-praktycznego pt. „Badanie prędkości pocisków o niskiej energii wyzwaniem współczesnej kryminalistyki”.