

ANALÝZA ÚČINKŮ A RIZIK ODRAŽENÝCH STŘEL PISTOLOVÉHO NÁBOJE
ANALYSIS OF THE EFFECTS AND RISKS OF THE RICOCHET PROJECTILES
OF CHARGE GUN

Ludvík Juříček⁵⁶, Norbert Moravanský⁵⁷, Viktor Rekeň⁵⁸

ABSTRAKT:

Autoři analyzují účinek odraženého projektilu (ricochet bullet) konkrétní ráže na biologickém modelu stehna prasete. Balistický experiment simuluje reálné použití služební zbraně s definovaným střelivem pistolového náboje ráže 9 mm vz. 82 příslušníkem Policejního sboru SR v podmínkách zastavěné městské aglomerace. Dosažené výsledky ukazují na vysoký ranivý potenciál odraženého projektilu. Použitý matematický model simuluje a vhodně doplňuje teoretická východiska ranivé balistiky odražených střel a ukazuje konkrétní závislost účinku projektilu na vzdálenosti mezi odraznou tuhou plochou a potenciálně zraněnou osobou. Vyhodnocení výsledků experimentu přispívá k porozumění účinků odražených projektilů a vymezuje možnosti výběru použitého střeliva při zásazích v zastavěných městských aglomeracích s možností poranění civilního obyvatelstva při policejním zásahu.

ABSTRACT:

The authors analyse the ricochet bullet effect on biological model of swine leg. The experiment simulates the real professional Slovak police action using the ammunition of 9 mm (type 82) in the municipal city zones. The results reveal the high ricochet bullet wound potential. The numeric model of the ballistics simulation points out the theory of the ricochet bullet terminal effect and the correlation of the terminal effects and the distance between ballistic barrier and wounded person. The evaluation of conclusions contribute to understanding the ricochet bullet wound effects and the principles of special forces ammunition selection for use in municipal city zones with lower risk of the other person gunshot injury.

KLÍČOVÁ SLOVA:

Experimentální ranivá balistika, účinek odražené střely, biologický model, střelné poranění, ranivý potenciál projektilu.

KEYWORDS:

The experimental wound ballistics, ricochet bullet effect, biological model, gunshot wound.

⁵⁶⁾ Juříček, Ludvík, doc. Ing. Ph.D., Ústav bezpečnosti, Vysoká škola Karla Engliš, a.s. Brno, Mezírka 775/1, 602 00 Brno, telefon +420 728232698, e-mail ludvik.juricek@vske.cz

⁵⁷⁾ Moravanský, Norbert, MUDr. PhD., Ústav súdneho lekárstva, LF UK v Bratislave, Sasinkova 4, 811 08 Bratislava, telefon +421 905160789, e-mail info@lekarznalec.sk

⁵⁸⁾ Rekeň, Viktor, MUDr., Forensic.sk., Inštitút forenzných medicínskych expertíz s.r.o., Boženy Němcovej 8, 811 04 Bratislava, telefon +421 907245412, e-mail nfo@lekarznalec.sk

1 ÚVOD

Přímé ranivé účinky malorážových střel jsou neustále velmi podrobně analyzovány a zkoumány v balistických experimentech různého zaměření. Kvantifikace ranivého potenciálu a ranivých účinků **odražených** projektilů na organismus člověka ovšem představuje výrazně méně prozkoumanou oblast experimentální ranivé balistiky.

Zájem autorů předloženého příspěvku o toto téma byl vyvolán případem střelby v Bratislavě - Devínskej Novej Vsi z roku 2010, kdy bylo nutné odpovědět na otázku, zda mohlo dojít působením odraženého projektilu vystřeleného z krátké palné zbraně příslušníka ozbrojených bezpečnostních sborů (OBS) ke střelnému poranění civilní osoby s vážným poškozením zdraví nebo dokonce k jejímu usmrcení [7].

Uvedenou problematiku lze zkoumat jednak z pohledu válečné chirurgie a soudně lékařské praxe nebo v rámci technického (balistického) hodnocení účinků MRS na živou tkáň pomocí balistických simulací prováděných na biologických fyzikálních modelech [8]. Případné použití předexperimentálního matematického modelu ranivého působení odražené střely může vhodně dotvářet komplexní pohled na tuto specifickou problematiku. Odražený projektil (*ricochet projectile*), je balistické těleso, které se při svém pohybu odchýlí od svého směru tím, že před zásahem cíle kontaktuje tuhou překážku, která se nachází mezi střelcem a zasaženým cílem.

Vlastní odraz projektilu od tuhé překážky je poměrně složitý dynamický děj, který je ovlivněn řadou faktorů: ráže a hmotnost střely, tvar střely, konstrukce střely a použitý materiál, rychlost a úhel dopadu střely na tuhoun překážku, ale také mechanické vlastnosti překážky [7]. Balistická simulace využívající fyzikální model (stehno prasete), umožňuje získat dobře popsateľné a analyzovatelné výsledky. Přispěla k tomu velmi dobrá shoda biomechanických a histologických vlastností použitých tkání prasete a člověka.

2 CÍLE BALISTICKÉHO EXPERIMENTU

Vedle základního cíle balistické simulace, kterým je prokázání vysokého ranivého potenciálu odražených MRS střel pistolového náboje ráže 9 mm vz. 82 a ověření funkčnosti použitého biologického modelu [8], vhodnosti použité metody hodnocení ranivého potenciálu střely posuzovaného pistolového náboje, reprodukovatelnosti dosažených výsledků za srovnatelných podmínek a jejich archivace, byly stanoveny tyto dílčí cíle:

- posoudit chování biologické substituce, a to zejména z hlediska její reakce na dynamické působení střely,
- posoudit velikost (objem) tkáňového defektu (střelného kanálu) v biologickém fyzikálním modelu v závislosti na množství *předané kinetické energie* E_{pR} střely a její stabilitě (poloze) při jejím proniku,
- predikce vývoje střelných poranění zasažené měkké svalové tkáně a dlouhých končetinových kostí při změněných terminálně balistických podmínkách.

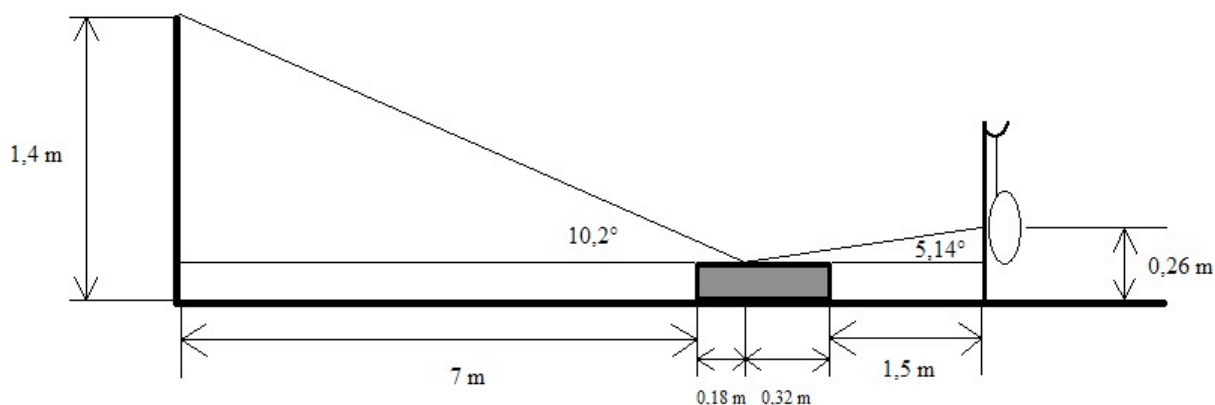
3 BALISTICKÁ CHARAKTERISTIKA EXPERIMENTU

Vlastní balistický (střelecký) experiment byl proveden za účelem simulace reálné situace z praxe zasahujícího příslušníka Policejního sboru Slovenské republiky (PZ SR). Jednalo se o balistický experiment se sérií výstřelů z krátké kulové zbraně (KKZ) s náhodným

zásahem stěny panelového domu, nebo horizontální pevné plochy (betonový nebo živcový povrch vozovky) s následným očekávaným odrazem „homogenního“ projektilu.

V balistickém experimentu byl použit malorážový zbraňový systém CZ vz. 82 s nábojem ráže 9 mm vz. 82, který je zařazen do výzbroje PZ SR. Uspořádání střeleckého stanoviště bylo sestaveno tak, aby byla prioritně splněna podmínka bezpečné realizace série opakovaných výstřelů, reprodukovatelnosti výsledků a jejich archivace, ale také nízkých finančních nároků na vybavení měřicího stanoviště. Z tohoto důvodu měřicí řetězec neobsahoval žádné snímací zařízení pro sledování pohybu střely ani nekontaktní inteligentní hradla pro měření okamžité rychlosti jejího pohybu.

Uspořádání střeleckého stanoviště je zřejmé z obr. 1.



Obr. 1 – Uspořádání střeleckého (měřicího) řetězce balistické simulace.

4 ROZMĚROVÉ POMĚRY STŘELECKÉHO STANOVISŤE

Prostor, v jakém probíhala mířená střelba na biologický fyzikální model, byl ohraničen zadním záchytným valem vysokým 5 m a bočními ochrannými valy vysokými 2,5 m. Na přední okraj střeleckého stanoviště byl v jeho podélné ose symetrie upevněn dřevěný kolík vysoký 140 cm. Od tohoto místa, byla ve vzdálenosti 7 m horizontálně umístěna betonová deska o rozměrech 50x50x10 cm, kterou byla simulována tuhá překážka (stěna obytného domu) [7]. Na konci střeleckého stanoviště, 150 cm od betonové desky, byla umístěna ocelová konzola se závěsem pro upevnění biologického modelu (kompletní zadní kýta prasete včetně kožního krytu). Tento model byl orientován do přirozené anatomické pozice zadní končetiny dárce (obr. 1). Takto byla vytvořená základní osa balistické soustavy (měřicího řetězce), kterou tvořily:

- ústí hlavně krátké palné zbraně (KPZ),
- betonová deska a
- stehno prasete.

Mířená střelba z pistole probíhala s oporou tak, aby byla vedena na horní plochu desky do jejího geometrického středu (průsečíku úhlopříček čtverce) s následným odrazem střely ve směru biologického modelu.

Vlastní balistické simulaci předcházela střelba 10 nástřelů do cílové plochy terče tvořeného lepenkou ve formátu A2. Tímto způsobem byly zjištěny průměrná výška zásahů

a také jejich stranové úchylky od výstřelné roviny. Pro zvýšení pravděpodobnosti zásahu heterogenního biologického modelu, byla touto střelbou určena přesná poloha modelu.

V rámci provedené simulace byly postupně postřelovány 4 ks prasečích stehen tak, že *model č. 1* - byl zasažen 4 krát, *model č. 2* - 1 krát, *model č. 3* - 4 krát a *model č. 4* - 1 krát. Biologický model č. 4 byl pro potřeby pozdějšího porovnání charakteru střelného poranění zasažen i přímou střelbou bez předchozího odrazu od pevné překážky. Po každém výstřelu byla zaznamenána vzdálenost stopy (vryp) na horní ploše betonové desky od svislého průmětu ústí hlavně palné zbraně a výška místa zásahu na přední ploše prasečího stehna od země. Jednotlivé zásahy v modelech byly označeny pořadovými číslicemi a byla pořízena fotodokumentace všech zásahů (vstřelů). Všechny modely byly následně zabaleny do polyetylenové fólie a převezeny na soudně-lékařské pracoviště Úradu pre dohľad nad zdravotníckou starostlivosťou v Bratislave, kde byly tyto modely podrobeny RTG snímkování ve dvou na sebe kolmých projekcích (předozadní a boční). Místa zásahu (vstřely), střelné kanály, střelné zlomeniny stehenní kosti (femuru), stejně také finální polohy projektilů (při zástřelu) a místa výstřelů (při průstřelech) byly revidované preparací biologických modelů pitevní technikou za účelem sodně-lékařského zhodnocení balistického experimentu.

5 PŘEDEXPERIMENTÁLNÍ MATEMATICKÝ MODEL

5.1 Teoretická východiska matematického modelu

Průbojný účinek střely je jednou ze složek *celkového ranivého účinku* a obecně je definován schopností malorážové střely pronikat do určité hloubky v překážce. Pro potřeby ozbrojených bezpečnostních sborů (OBS) se průbojnost zpravidla definuje tloušťkou překážky, po jejímž překonání má střela teoreticky nulovou rychlost. Tedy největší možnou tloušťkou překážky, kterou střela svoji kinetickou energií, kterou disponuje v okamžiku nárazu na překážku, ještě probije. Schopnost střely pronikat překážkou je dána její schopností vykonat v cíli práci, tedy energií, kterou má při dopadu na cíl (průbojný potenciál střely). Proto větší průbojnost bude vykazovat střela o vyšší kinetické energii (střela s vyšší hmotností a rychlostí) v okamžiku dopadu na cíl⁵⁹.

Průbojnost střely je rovněž dána odporem prostředí probíjené překážky. Pro vysoký průbojný účinek musí být odpor prostředí co nejmenší [1]. Ten závisí kromě mechanických vlastností překážky, především na ploše *příčného průřezu střely S*. K posuzování průbojných schopností střely byla proto zavedena konstrukční charakteristika *průřezové zatížení střely C_P*, která je definována jako poměr hmotnosti střely a plochy jejího příčného průřezu, tedy:

$$C_P = \frac{4 \cdot m_q}{\pi \cdot d^2} \quad [\text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}] \quad (1)$$

Při stejné *dopadové rychlosti v_d* a *hmotnosti m_q*, bude disponovat větší průbojností střela s větším *průřezovým zatížením C_P*, tedy střela menší *ráže d* a větší hmotnosti.

⁵⁹ Protože *rychlost a hmotnost střely* má pro možný *průbojný účinek* zásadní význam, zavedli někteří autoři pro běžné ráže jako relativní měřítko průbojnosti *hybnost střely p* (součin její hmotnosti a dopadové rychlosti $p = m_q \cdot v_d$). Absolutní posouzení průbojnosti na základě tohoto měřítka není ovšem možné. Lze jej proto využít jen pro přibližné porovnání průbojných schopností dvou posuzovaných střel.

Měřítkem ranivého účinku střely při jejím průbojném působení může být také *objem střelného kanálu* V , vytvořený střelou v probíjené překážce [1]. Tento objem v sobě zahrnuje jak plochu příčného průřezu střelného kanálu S , tak i hloubku vniku střely s , tedy:

$$V = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot s \quad [\text{cm}^3] \quad (2)$$

Účinek střely tedy roste jak s hloubkou vniku s , tak i (kvadraticky) s její ráží d . Pro relativní posouzení možného ranivého účinku se v minulosti používal jako kritérium ranivosti *objem střelného kanálu* V , který vznikne při střelbě do suchého bezsukového smrkového nebo jedlového dřeva. Na základě provedených balistických experimentů v roce 1975 odvodil Wolfgang WEIGEL [2] empirické vztahy pro výpočet *hloubky vniku* s a *objem střelného kanálu* V , aniž by bylo nutné provádět pokusnou střelbu:

$$s = 0,03 \cdot \frac{m_q \cdot v_d^{1,5}}{d^2} \quad [\text{cm}] \quad (3)$$

$$V = 0,024 \cdot m_q \cdot v_d^{1,5} \quad [\text{cm}^3] \quad (4)$$

Podle tohoto kritéria byla ranivost střel nejběžnějších malorážových nábojů do pistolí a revolverů seřazeny do tab. 1.

**Tab. 1 – Objem střelného kanálu ve dřevě vybraných Pi a Re nábojů.
(Wolfgang Weigel, 1975).**

<i>Druh náboje</i>	<i>Objem kanálu ve dřevě</i>
	[cm ³]
6,35 mm Browning (25 Auto)	2,65
7,65 mm Browning (32 Auto)	3,50
38 Special S & W	9,30
9 mm Luger	11,00
45 ACP	14,70

Přičemž při objemu střelného kanálu menším jak 5 cm³ se ranivý účinek pokládá za *velmi slabý*, 5 - 7 cm³ - *slabý*, 7 - 10 cm³ - *střední*, 10 - 12 cm³ - *silný* a přes 12 cm³ - *velmi silný*. Toto kritérium ranivosti je však relativní a slouží pouze pro vzájemné porovnání ranivého potenciálu střel nábojů různých ráží a konstrukčního provedení. Pro posouzení minimálních balistických vlastností střely nutných pro zranění nebo dokonce usmrcení člověka, je ovšem poměrně dobře nevyužitelné. Transformace objemu střelného kanálu ve dřevě na rozsah zranění člověka není možná pro výraznou rozdílnost fyzikálně mechanických vlastností biologické tkáně a dřeva jako její substitute.

Velmi důležitým kritériem ranivého účinku je samotná *hloubka vniku střely* do organismu člověka. Touto otázkou se již v 70. a 80. letech minulého století zabývala řada autorů (a to i experimentálně), avšak pouze z hlediska možnosti *úplného průstřelu* hlavy,

hrudníku a břicha nebo končetin z pistolí a revolverů různých ráží. Poukazovali na to, že krátké zbraně s malým balistickým výkonem a ráží menší jak 7,65 mm mohou způsobit úplný průstřel některé z uvedených částí těla jen ve výjimečných případech. V praxi se však ukázalo, že v některých případech k úplným průstřelům přece jen došlo⁶⁰, stejně jako ke vzniku zástřelů i u balisticky výrazně výkonnějších zbraňových systémů.

Průchod lidskou tkání lze popsat rovněž matematicky. Z celé řady experimentálních měření vyplývá, že odpor proti vniku střely do přibližně tekutého prostředí (voda, sypaný písek, želatina, kůže, mozková tkáň nebo svalstvo), je úměrný druhé mocnině okamžité rychlosti střely („Kvadratický zákon odporu prostředí z r. 1943“).

Změna rychlosti (její pokles) při průchodu tkání má exponenciální charakter [4]. Postupnou integrací byl odvozen vztah pro stanovení zůstatkové rychlosti střely v_z po průchodu dráhy v tkání s při dopadové (vstupní) rychlosti v_d .

$$v_z = v_d \cdot e^{-b \cdot s} \quad [\text{m} \cdot \text{s}^{-1}] \quad (5)$$

Pro parametr b , který vyjadřuje funkční vztah mezi zpožděním a čtvercem rychlosti střely při proniku tkáněmi. Tento parametr v sobě zahrnuje všechny faktory ovlivňující průchod střely hustým prostředím a jeho odpor (ráže, tvar předního ogiválu, hmotnost, balistické vlastnosti a vlastnosti pronikajícího prostředí).

Pro výpočet parametru b platí následující empirický vztah⁶¹:

$$b = \frac{\rho \cdot S \cdot C}{2 \cdot m_q}, \quad [\text{cm}^{-1}] \quad (6)$$

kde ρ - hustota prostředí [$\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$]; pro biologické materiály $\rho = 1 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$; S - plocha příčného průřezu střely [cm^2]; m_q - hmotnost střely [g] a C - koeficient zahrnující vlastnosti prostředí (voda - 0,30, platí i pro tělní tekutiny nebo mozkovou tkáň; 20% roztok želatiny - 0,35; svalová tkáň - 0,45).

Přibližný výpočet parametru b pomocí vztahu (6) je možný pouze pro *FMJ střely se zaoblenou špičkou* (monoogivální), které pronikají tkáněmi v ideální stabilní poloze a dopadají na překážku kolmo. Pro střely špičaté (střely většiny puškových nábojů s protáhlou přední částí) je nutné do vztahu zavést *opravný koeficient* $k_1 < 1$ a pro střely s plochou přední částí (některé revolverové střely) $k_1 > 1$. Jestliže je osa střely při dopadu na tkáň odkloněna od vektoru její rychlosti (tečny k její dráze) o *úhel náběhu* δ , zavádí se další *opravný koeficient* k_2 , který lze vypočítat podle vztahu:

$$k_2 = 1 + \left(\frac{\delta}{13} \right)^2 \quad (7)$$

Výše uvedené vztahy lze v praxi použít k orientačním výpočtům průchodu střely libovolnou anatomickou částí lidského těla tvořenou měkkými biologickými tkáněmi včetně

⁶⁰ J. H. Stammel např. ve své práci „Mit gebremster Gewalt“ (Stuttgart, 1974) uvádí, že při použití pistole ráže 7,65 mm Browning existuje 85% pravděpodobnost úplného průstřelu hlavy. U nižších ráží s menším balistickým výkonem se pravděpodobnost vzniku úplného průstřelu hlavy velmi dramaticky snižuje.

⁶¹ Uvedený vztah pro přibližný výpočet parametru b platí pro Pi a Re střely se zaoblenou špičkou (monoogivální). Pro střely jiného tvaru (zašpičatělým nebo plochým čelem) nebo střely dopadajících na cíl se změněným úhlem náběhu o úhel α je nutné do výpočtu parametru b zavedení opravných koeficientů k_1 resp. k_2 .

jejich syntetických substitucí [4]. Na základě experimentálně zjištěných poznatků se při těchto výpočtech rovněž předpokládá jednorázová ztráta 50 m.s^{-1} rychlosti střely při proniku *kožního krytu* v místě zásahu.

S využitím vnějšně balistické teorie plochých drah byly stanoveny základní balistické parametry dráhy střely a předpokládaný ranivý potenciál odražené střely. Matematický model byl zaměřen na predikci postupného poklesu rychlosti střely posuzovaného pistolového náboje ráže 9 mm vz. 82 v průběhu proniku homogenním zkušebním blokem tvořeným směsí 20 % balistické želatiny, která zde zastupuje svalovou tkáň.

Pro potřeby matematického modelování byly stanoveny tyto konstrukční a balistické charakteristiky střely posuzovaného náboje a pronikaného prostředí:

- d – ráže střely [cm],
- m_q – hmotnost střely [g],
- v_d – dopadová rychlost střely [m.s^{-1}],
- v – okamžitá rychlost střely v daném místě proniku [m.s^{-1}],
- ρ – hustota pronikaného prostředí (pro substituci měkké biologické tkáně je $\rho = 1 \text{ g.cm}^{-3}$),
- S – okamžitá odporová plocha střely [cm^{-2}],
- C – koeficient zahrnující vlastnosti pronikaného prostředí (20% želatinový roztok-0,35) [1].

5.2 Přijatá zjednodušení

Nestabilita odražené střely nebyla posuzována hodnotou *úhlu náběhu* δ v okamžiku nárazu na cíl, ale byly posouzeny pouze dvě úrovně stability:

- *střela stabilní* (ideální stav), kdy hodnota úhlu náběhu δ v okamžiku dopadu odražené střely na cíl je nulová ($\delta_0 = 0^\circ$) a
- *střela nestabilní* (balisticky nepříznivý stav), kdy hodnota úhlu náběhu dosahuje v okamžiku dopadu střely na cíl svoji maximální hodnotu ($\delta_{90} = 90^\circ$) a střela zaznamenává plochý dopad na cíl.

Pro analytický výpočet poklesu *okamžité rychlosti* v [m.s^{-1}] odražené střely po proniku dráhy s v náhradním materiálu svalové tkáně byly použity hodnoty efektivního průřezu těla střely S_0 a S_{90} , které odpovídají výše uvedeným polohám úhlů náběhu δ_0 a δ_{90} (viz tab. 2).

6 VÝSLEDKY BALISTICKÉ SIMULACE

Na základě provedených 10 výstřelů bylo zjištěno, že vystřelené a následně odražené projektily zasahovaly betonovou desku v průměrné vzdálenosti $7,18 \text{ m}$ od roviny ústí hlavně palné zbraně a zásahy v biologickém modelu se nacházely v průměrné výšce $0,26 \text{ m}$ nad povrchem země [6]. Ze známé výšky ústí hlavně zbraně, průměrné vzdálenosti místa odrazu na betonové desce od ní a průměrné výšky zásahů biologického modelu byly vypočteny průměrné hodnoty *úhlu dopadu* θ_d projektilů na plochu desky – $10,20^\circ$ a *úhlu odrazu* θ_o střel od betonové desky směrem k modelu – $5,14^\circ$ (viz obr. 1).

Další zadané a vypočítané hodnoty:

$d = 9,27 \text{ mm}$; $m_q = 4,7 \text{ g}$; $v_d = 391 \text{ m.s}^{-1}$; ($b_0 = 0,02368 \text{ cm}^{-1}$ a $b_{90} = 0,050377 \text{ cm}^{-1}$); $s = 5$; 10 ; 15 ; 20 ; 25 a 30 cm ; $\rho = 1 \text{ g.cm}^{-3}$; $S_0 = 0,636 \text{ cm}^2$; $S_{90} = 1,353 \text{ cm}^2$; $C = 0,35$.

V tab. 2 jsou uvedeny vypočítané okamžité rychlosti odražené střely pistolového náboje ráže 9 mm vz. 82 v jednotlivých předem stanovených úsecích pronikajícího zkušebního bloku 20 % želatiny. Dopadová rychlost posuzované odražené střely na zkušební blok byla stanovena na hodnotu 391 m.s^{-1} .

Tab. 2 – Okamžitá rychlost odražené střely v hloubce „s“ pronikáním želatinovým bloku.

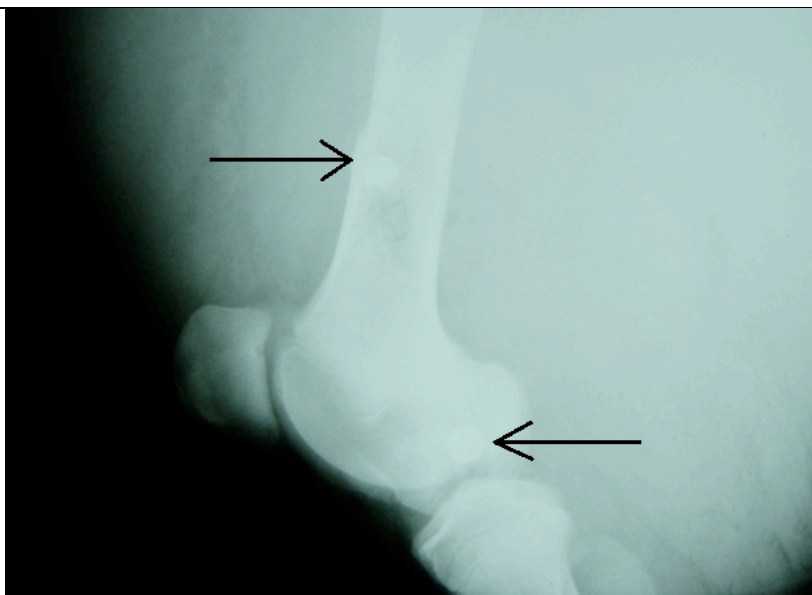
$\delta = 0^\circ$						
s [cm]	5	10	15	20	25	30
v [m.s^{-1}]	347	309	274	243	216	192
$\delta = 90^\circ$ ¹⁾						
s [cm]	5	10	15	20	25	30
v [m.s^{-1}]	304	236	184	143	111	86

Poznámka:

- 1) Úhel náběhu $\delta = 90^\circ$ znamená maximálně nepříznivou situaci, kdy střela dopadá na zkušební blok v nestabilní poloze (plochý dopad střely na cíl).

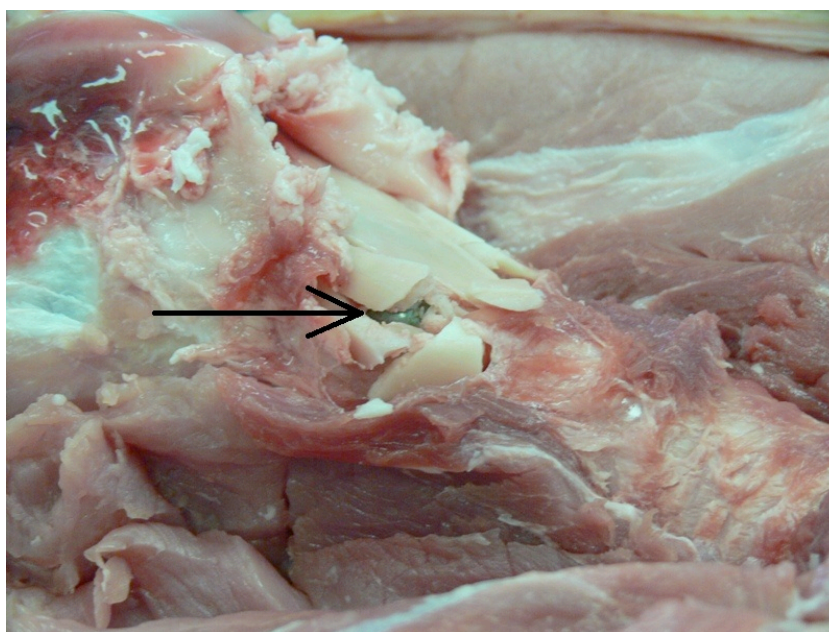
7 SOUDNĚ LÉKAŘSKÉ HODNOCENÍ POŠKOZENÍ REÁLNÝCH BIOLOGICKÝCH TKÁNÍ

Biologický model č. 1 byl zasažen celkem čtyřmi odraženými projektily. Zasažena byla ale pouze měkká tkáň bez účasti stehenní kosti, což bylo objektivně potvrzeno RTG vyšetřením. Na RTG snímku *modelu č. 2* nebylo prokázáno zřejmé střelné poranění stehenní kosti, ale po preparaci byl na diafýze kosti vizualizovaný defekt charakteru *tangenciálního ostřelu* s vývojem motýlovité linie lomu. Na *biologickém modelu č. 3* bylo po provedeném RTG snímkování popsáno vícenásobné poškození femuru ve smyslu přítomných dvou různě velkých zastínění lokalizovaných v kostní tkáni, přičemž jeden útvar pronikal do hloubky laterálního kondylu femuru a druhý byl popsán v oblasti distální třetiny diafýzy, kde bylo zjištěno také porušení linie kosti imponující jako motýlkovitá zlomenina (viz obr. 2).



Obr. 2 – Nativní RTG snímek biologického modelu č. 3. Šipky ukazují na oválná zastínění (boční projekce).

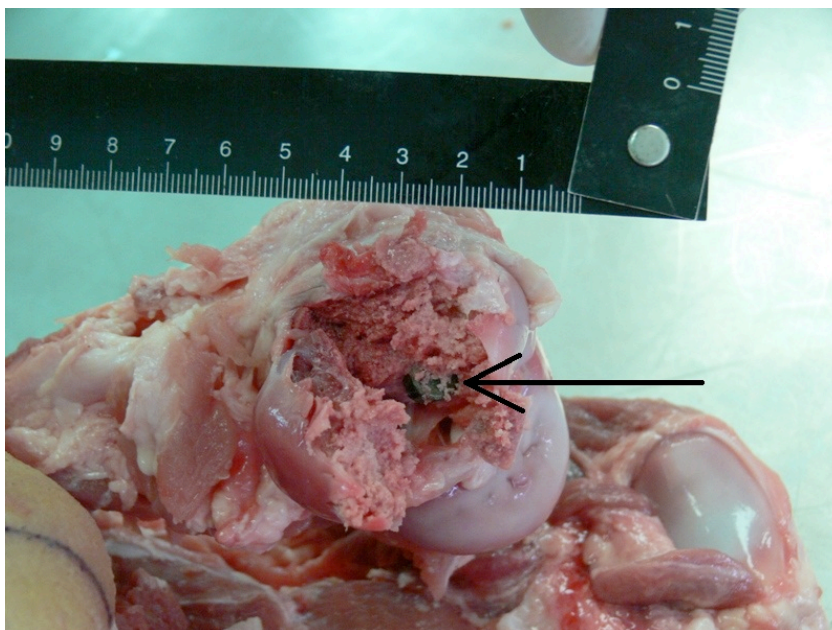
Provedením pitvy bylo verifikováno, že v hloubce 4,5 cm pod kožním krytem se nachází tříštivá zlomenina v distální třetině diafýzy femuru s motýlovitým průběhem tříštivých úlomků. Fraktura byla způsobena přední ogivální částí homogenní střely pistolového náboje ráže 9 mm vz. 82 vyrobené ze spěkaného železa přibližné délky 5 mm (obr. 3).



Obr. 3 – Fotografie defektu diafýzy femuru způsobeným předním ogiválem střely. (Šipka ukazuje na přední ogivální část těla střely).

Další preparací stehenní kosti a přilehlého svalstva distálním směrem byl odhalen defekt v oblasti laterálního kondylu femuru nepravidelného kruhovitého tvaru s průměrem *cca 4 cm* a v hloubce *3 mm* pod chrupavčítým povrchem laterálního kondylu femuru byl nalezen fragment vodící části střely bez jejího předního ogiválu. Tento fragment měl válcovitý tvar s přibližnou délkou *6 mm* (obr. 4). Vizualizací poškozeného úseku kosti a její extirpací ze svalstva kýty byl blíže popsán komplexní střelný defekt vytvořený projektilem v kostní tkáni femuru prasete [6]. Po celkové revizi a soudně-lékařském hodnocení tohoto střelného poranění lze předpokládat, že střela vnikla do stehenní kosti po proniku kožního krytu a okolní svalové tkáně přes laterální kondyl femuru, kde došlo k jeho rozpadu (fragmentaci) na dvě hmotnostně různé části (menší přední ogivál a zbylou hmotnější válcovou část těla střely).

Ogivál po rozdělení pronikal kostní tkáni přibližně *8 cm* směrem proximálně a mírně mediálně až do oblasti distální třetiny diafýzy, kde způsobil tříštivou zlomeninu femuru s charakteristickým motýlovitým uspořádáním.



Obr. 4 – Fotografie defektu laterálního kondylu femuru s viditelným fragmentem projektilu. (Šipka ukazuje na fragment těla střely).

Na RTG snímku *biologického modelu č. 4* byl popsán kruhovitý defekt v oblasti distální epifýzy femuru. Pitva modelu prokázala, že se jedná o střelné poranění charakteru průstřel kostní tkáně v oblasti distální epifýzy femuru s kruhovitým vstřelem průměru *cca 1 cm* typu „drill hole“, lokalizovaným na vnější straně laterálního epikondylu femuru a výstřelem v kosti nepravidelného tvaru a průměru rovněž *1 cm*, přičemž lomová linie na chrupavčitém povrchu epikondylu směřovala asi *2,5 cm* dovnitř kloubní dutiny [6]. Pitvou bylo zjištěno, že projektil směřoval z laterální strany mediálně a došlo k průstřelu značné části laterálního epikondylu femuru, izolovaně - bez poškození další kostní tkáně, přičemž střelný kanál dosahoval délku *4 až 5 cm*. Průmětem pozice laterálního epikondylu na povrch kůže biologického modelu je zřejmé, že toto střelné poranění bylo způsobeno přímým neodraženým projektilem, který byl vystřelen na biologický model za účelem plánované komparace střelných poranění vzniklých odlišným terminálně balistickým mechanismem.

8 ZÁVĚREČNÁ DISKUSE A KRÁTKÝ POHLED DO BUDOUCNOSTI

Z výsledků realizované simulace na heterogenním fyzikálním modelu je možné odvodit, že se plně projevila správnost a účelnost použitého zbraňového systému, který je zaveden do výzbroje Policajného zboru SR. Tato krátká palná zbraň (*9 mm Pi vz. 82*) a především náboj stejné ráže *9 mm vz. 82* disponují poměrně vysokým ranivým potenciálem. Velmi zajímavým, ale nežádoucím fenoménem, který byl v balistickém experimentu rovněž prokázán, je vysoká odrazivost homogenní střely od tuhé překážky, která si zachovává značnou průbojnou složku ranivého účinku [6]. To do značné míry může ohrozit i nezúčastněné osoby pohybující se v dráze odražené střely. U jednoho nástřelu biologického modelu došlo při zásahu odraženou střelou k proniku projektilu přes kloubní plochu stehenní kosti k rozpadu těla střely na dvě části. S vysokou pravděpodobností k tomuto jevu došlo

z důvodu stále vysoké kinetické energie střely po jejím odrazu od horní plochy betonové desky. Výsledky balistického experimentu ukázaly na skutečnost, že pro úroveň ranivého účinku odražené střely má spíše poloha střely v průběhu jejího proniku tkáněmi než případný pokles její rychlosti, ke kterému dochází v důsledku jejího odrazu od pevné překážky. Nestabilně se pohybující střela je schopná zasáhnout výrazně větší objem tkání a předat mu větší množství své kinetické energie než střela, která se tkáněmi pohybuje stabilně a v reálné situaci většinou zaznamená průstřel.

Řešení ranivě balistických úloh tohoto typu ovšem vyžaduje úpravu doposud používaných analytických vztahů tak, abychom byli schopni řešit také případy střelných poranění typu **zástřel**, kdy se střela v průběhu svého proniku zastaví a zůstane v zasažené tkáni na konci střelného kanálu [6]. Exponenciální funkce, na niž je námi použitý matematický model založen, tuto možnost nepředpokládá. Klíčové k dostatečné argumentaci na toto téma by rozhodně bylo další pokračování v soustavném zdokonalování metodických postupů (např. v odvození nových matematických vztahů pro výpočet důležitých parametrů popisujících proces pronikání substituce biologické tkáně posuzovanou střelou a také stanovení podmínek použití balistického systému v praxi).

Charakter střelných defektů způsobených odraženými projektily vykazují stejné tendence vývoje lomové linie kosti jako v případech přímých střelných zlomenin kostí (tj. *drill hole*, resp. *butterfly effect*). V souvislosti s tímto reálným experimentálním poznatkem je nutné otevřít diskusi k otázkám výběru zbraní a střeliva příslušníků Policejního sboru SR.

Výše uvedená zjištění byla v polovině roku 2014 potvrzena a doplněna novými balistickými experimenty provedenými na souboru šesti fyzikálních modelů experimentálně postřelovaných dalšími druhy pistolového a revolverového střeliva za současného použití dvou rychloběžných kamer použitých k měření průběhu rychlosti odražené střely na dráze jejího pohybu a snímání této dráhy až do okamžiku zásahu a proniku biologických modelů v reálném čase a prostoru. K celkové topografii prostoru střelnice, kde probíhalo balistické měření, byl použit 3D skener. Tato měření umožnila další verifikaci proniku projektilu biologickými modely a ověření morfologického hodnocení poškozených anatomických struktur a z něho také průběh střelných kanálů.

Relativně izolovanou a nadstavbovou etapou v dalších experimentálních ranivě balistických simulacích by mohlo být ověření chování jiného typu zbraňového systému, kterého projektil by svojí konstrukcí a balistickými vlastnostmi dobře plnil požadavky na jeho použití v hustě osídlených a zastavěných městských aglomeracích (např. *expanzní* střely, moderní střely typu *frangible* nebo střely *neletálních* palných zbraní).

9 LITERATURA

- [1] JUŘÍČEK, Ludvík. *Ranivá balistika I. Úvod do studia ranivé balistiky. Přednášky*. Brno: VŠKE, a.s., 2013. 111 s. ISBN 978-80-86710-69-3.
- [2] KNEUBÜHL, B. P., SELIER, K. *Wundballistik und ihre ballistischen Grundlagen. 2. Völlig überarbeitete und ergänzte Auflage*. Berlin: Springer-Verlag, 2001, 526 s. ISBN 3-540-66604-4.
- [3] KNEUBÜHL, B. P. *Das Abprallen von Geschossen aus forensischer Sicht. (Le ricochet des projectiles en sciences forensiques)*. [Thèse de doctorat]. Lausanne: Université de Droid, Institut de Police Scientifique de Criminologie, 1999. 148 s. ISBN 2-940098-15-8.

- [4] LIŠKA, Přemysl. *Posuzování ranivého účinku střelné zbraně v trestním řízení*. Praha: Odborná sdělení Kriminalistického ústavu VB FSVB č. 7, 1980. 46 s.
- [5] LIŠKA, Přemysl. *Kriminalistické zkoumání možného ranivého a smrtícího účinku střelné zbraně*. [Kandidátská dizertační práce]. Praha, 1979.
- [6] MORAVANSKÝ, Norbert, REKEŇ, Viktor, JUŘÍČEK, Ludvík, ZUMMEROVÁ, Anežka, KOVÁČ, Peter. The quantified evaluation of the wounding potential of a ricochet projectile of a handgun cartridge calibre 9 mm (type 82) in a ballistic experiment. Praha: *Česko-slovenská patologie a soudní lékařství*, ročník 58, 2013, No. 1, p. 6-11. ISSN: 1210-7875.
- [7] MORAVANSKÝ, N., REKEŇ, V., JUŘÍČEK, L. The experimental wound ballistics: the analyse of the ricochet projectiles effects in biological model. *7th Scientific International Conference „Crisis management“. Environmental Protection of Population. Conference Proceedings*, p. 197-205. Brno, 13. - 14. 6. 2012. ISBN 978-80-86710-61-7.
- [8] MORAVANSKÝ, N., JUŘÍČEK, L., KOMENDA, J., JEDLIČKA, L., NOVOMESKÝ, F., KOVÁČ, P. *Principles of experimental ballistics and its forensic application*. (Niektoré princípy aplikácie výsledkov balistických experimentov do súdnolekárskej praxe); *1. Slovensko-český vedecký kongres súdneho lekárstva s medzinárodnou účasťou*. Gabčíkovo, 18. - 21. 6. 2008. Zborník abstraktov, ISBN 978-80-223-2520-2. S. 33.