

Statistické hodnocení nábojů a jejich vlastností při střelbě

Ing. Aleš Král

Bakalářská práce
2017



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická
Ústav výrobního inženýrství
akademický rok: 2016/2017

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Ing. Aleš Král**
Osobní číslo: **T14020**
Studijní program: **B3909 Procesní inženýrství**
Studijní obor: **Technologická zařízení**
Forma studia: **kombinovaná**

Téma práce: **Statistické hodnocení nábojů a jejich vlastností při střelbě**

Zásady pro vypracování:

1. Provedení rešerše balistiky malorážového střeliva a jejího účinku.
2. Hodnocení konstrukce malorážové střely a jejího vlivu na vznik střelného kanálu.
3. Volba vhodných matematických postupů a metod.
4. Praktické ověření konstrukce malorážové střely na tvorbu střelného kanálu.



Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

1. **Meloun, Milan. Kompedium statistického zpracování dat: metody a řešené úlohy včetně CD. Vyd. 1. Praha: Academia, 2002, 764 s. ISBN 80-200-1008-4.**
2. **ČSN 39 5002-1: Civilní střelené zbraně a střelivo – všeobecné termíny a definice. Praha: ČSN I, Praha 1995.**
3. **JURÍČEK, L. Ranivá balistika I. (Úvod do studia ranivé balistiky). Brno: VŠKE, a.s. Brno, 2013, 112 s. ISBN 978-80-86710-69-3.**
4. **SELLIER, K. – KNEUBÜHL, B. P. Wundballistik und ihre ballistischen Grundlagen. Berlin, 2. völlig überarbeitete und ergänzte Auflage. Berlin: Springer Verlag Berlin Heidelberg, Saladruck, Berlin. 2001, 526 s. ISBN 3-540-66604-4.**

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Milena Kubišová

Ústav výrobního inženýrství

Datum zadání bakalářské práce:

2. ledna 2017

Termín odevzdání bakalářské práce:

19. května 2017

Ve Zlíně dne 31. ledna 2017



doc. Ing. František Buňka, Ph.D.
děkan



prof. Ing. Berenika Hausnerová, Ph.D.
ředitel ústavu

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby ¹⁾;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen na příslušném ústavu Fakulty technologické UTB ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3 ²⁾;
- beru na vědomí, že podle § 60 ³⁾ odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 ³⁾ odst. 2 a 3 mohu užít své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.



Ve Zlíně, dne 29.5.2017

.....

¹⁾ zákon č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, § 47 Zveřejňování závěrečných prací:

(1) Vysoká škola nevydělečně zveřejňuje disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce, u kterých proběhla obhajoba, včetně posudků oponentů a výsledku obhajoby prostřednictvím databáze kvalifikačních prací, kterou spravuje. Způsob zveřejnění stanoví vnitřní předpis vysoké školy.

(2) Disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce odevzdané uchazečem k obhajobě musí být též nejméně pět pracovních dnů před konáním obhajoby zveřejněny k nahlížení veřejnosti v místě určeném vnitřním předpisem vysoké školy nebo není-li tak určeno, v místě pracoviště vysoké školy, kde se má konat obhajoba práce. Každý si může ze zveřejněné práce pořizovat na své náklady výpisy, opisy nebo rozmnoženiny.

(3) Platí, že odevzdáním práce autor souhlasí se zveřejněním své práce podle tohoto zákona, bez ohledu na výsledek obhajoby.

²⁾ zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 35 odst. 3:

(3) Do práva autorského také nezasahuje škola nebo školské či vzdělávací zařízení, užije-li nikoli za účelem přímého nebo nepřímého hospodářského nebo obchodního prospěchu k výuce nebo k vlastní potřebě dílo vytvořené žákem nebo studentem ke splnění školních nebo studijních povinností vyplývajících z jeho právního vztahu ke škole nebo školskému či vzdělávacímu zařízení (školní dílo).

³⁾ zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 60 Školní dílo:

(1) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení mají za obvyklých podmínek právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla (§ 35 odst. 3). Odpírá-li autor takového díla udělit svolení bez vážného důvodu, mohou se tyto osoby domáhat nahrazení chybějícího projevu jeho vůle u soudu. Ustanovení § 35 odst. 3 zůstává nedotčeno.

(2) Není-li sjednáno jinak, může autor školního díla své dílo užít či poskytnout jinému licenci, není-li to v rozporu s oprávněnými zájmy školy nebo školského či vzdělávacího zařízení.

(3) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení jsou oprávněny požadovat, aby jim autor školního díla z výdělku jím dosaženého v souvislosti s užitím díla či poskytnutím licence podle odstavce 2 přiměřeně přispěl na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložily, a to podle okolností až do jejich skutečné výše; přitom se přihlédne k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

ABSTRAKT

Tato práce se zabývá hodnocením vlivu konstrukce a tvaru střel určených pro lovecké účely na jejich výsledné vlastnosti při použití v lovecké praxi. Hodnocena byla dosažená přesnost a rozptyl na vzdálenost 100 m a dále ranivý a průbojný účinek střel v balistické želatině jako náhradním materiálu dle standardu NATO.

Klíčová slova: Přesnost střelby, Rozptyl střelby, Konstrukce střely, Ranivý účinek, Trvalá kavita, Balistická želatina.

ABSTRACT

This Thesis describes Effect Evaluation of Bullets Construction and Design projected for hunting Purposes and their Influence for final Characteristic in practical hunting Use. It was evaluated achieved firing Accuracy and Variance at Distance 100 m simultaneously with Wound Impact and Cavity Structure in ballistic Gelatin.

Keywords: Firing Accuracy, Firing Variance, Bullet Construction, Wound Impact, Permanent Cavity, Ballistic Gelatin.

Radost vidět a rozumět, to je nejkrásnější dar od přírody.

Albert Einstein

Rád bych tímto vyjádřil poděkování paní Ing. Mileně Kubišové, za odborné a trpělivé vedení práce, a dále bych chtěl poděkovat doc. Dr. Ing. Vladimíru Patovi za odborné rady a věcné připomínky, a za možnost využití jeho znalostí a zkušeností z oblasti metrologie, výzkumu a statistického zpracování dat. Také bych rád poděkoval svým přátelům za poskytnuté odborné konzultace.

Prohlašuji tímto, že odevzdaná verze bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.



Ve Zlíně, dne 29.5.2017

.....

Podpis diplomanta

OBSAH

ÚVOD	10
I TEORETICKÁ ČÁST	12
1 BALISTIKA VŠEOBECNĚ	13
1.1 RÁMEC PŮSOBNOSTI.....	14
2 VNITŘNÍ BALISTIKA	15
2.1 PROCESY ODEHRÁVAJÍCÍ SE PŘI VÝSTŘELU V NÁBOJNICI.....	15
2.1.1 Typy střelných prachů.....	16
2.2 PROCESY PŘI POHYBU STŘELY V HLAVNI.....	18
2.2.1 Energetická blance	18
3 PŘECHODOVÁ BALISTIKA	20
3.1 DĚJE NA ÚSTÍ HLAVNĚ	20
3.1.1 Zvukové jevy.....	21
3.1.2 Světelné jevy	22
3.2 ZPĚTNÝ RÁZ	22
4 VNĚJŠÍ BALISTIKA	25
4.1 VLIV ATMOSFÉRY	25
4.1.1 Odpor vzduchu	26
4.1.2 Vliv tíhové síly.....	28
4.1.3 Coriolisova síla.....	29
4.1.4 Derivace střely	29
4.2 ROTACE STŘELY	29
4.3 BALISTICKÝ KOEFICIENT STŘELY	31
4.3.1 Standard G1.....	31
4.3.2 ZOV 1943.....	32
4.3.3 Standard G7.....	32
4.3.4 Optimální nástřelná vzdálenost.....	33
4.4 ODRAZ STŘELY.....	33
4.4.1 Odraz od pevné překážky.....	34
4.4.2 Sřet s lehkou překážkou	34
5 TERMINÁLNÍ BALISTIKA	36
5.1 PŘESNOST STŘELBY	36
5.1.1 Příprava statistického hodnocení přesnosti střelby	36
5.1.2 Ukazatele statistického hodnocení přesnosti střelby.....	37
5.2 ÚČINNOSTI STŘELBY	37
5.2.1 Vývoj hodnocení účinnosti	38
5.2.2 Současné metody hodnocení účinnosti střeliva.....	38
5.2.3 Balistická želatina	39
5.2.4 Balistické mýdlo.....	40
5.3 KONSTRUKCE STŘEL.....	40
5.3.1 Historický vývoj střel.....	40
5.3.2 Současné typy střel.....	41
5.3.3 Střelivo pro sportovní střelbu.....	42

5.3.4	Náboje pro obranu střelbu	43
5.3.5	Lovecké náboje	44
5.3.6	Munice pro policejní sbory	46
5.3.7	Armádní munice	46
II	PRAKTICKÁ ČÁST	47
6	CÍL HODNOCENÍ NÁBOJŮ	48
6.1	VÝBĚR RÁŽE A ZBRANĚ	48
6.1.1	Popis ráže 30 – 06 Springfield	48
6.1.2	Výběr zbraně	50
6.2	VÝBĚR STŘEL	51
6.2.1	Cíle praktického testu	52
6.2.2	Zásady výběru	53
6.2.3	Střely běžné poloplášťové konstrukce	53
6.2.4	Střely „bondované“	54
6.2.5	Monolitické střely	55
6.2.6	Poloplášťové extrémně měkké střely	55
6.2.7	Varmint střely	56
6.2.8	Provedení hotových nábojů	57
7	STATISTICKÉ HODNOCENÍ PŘESNOSTI	58
7.1	PRŮBĚH STŘELBY	58
7.2	STATISTICKÉ ZPRACOVÁNÍ	60
7.2.1	Statistické hodnocení nábojů Sellier&Bellot SPCE	60
7.2.2	Statistické hodnocení nábojů Barnes TTSX	61
7.2.3	Statistické hodnocení nábojů Hornady SST	63
7.2.4	Statistické hodnocení nábojů Hornady InterBond	64
7.2.5	Statistické hodnocení nábojů Hornady SJ	66
8	MĚŘENÍ ÚČINNOSTI STŘEL	68
8.1	VÝBĚR NÁHRADNÍHO MATERIÁLU	68
8.1.1	Balistické mýdlo	68
8.1.2	Balistická želatina	69
8.1.3	Příprava balistické želatiny	69
8.2	POSTŘELOVÁNÍ BLOKŮ BALISTICKÉ ŽELATINY	70
8.2.1	Průběh postřelování vzorků	71
8.2.2	Účinek střely Sellier&Bellot SPCE	73
8.2.3	Účinek střely Hornady InterBond	75
8.2.4	Účinek střely Barnes TTSX	78
8.2.5	Účinek střely Hornady SJ	80
8.2.6	Účinek střely Hornady SST	82
8.3	SROVNÁNÍ ÚČINKU TESTOVANÝCH STŘEL	85
	ZÁVĚR	88
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	89
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	92
	SEZNAM OBRÁZKŮ	94
	SEZNAM TABULEK	97
	SEZNAM PŘÍLOH	98

ÚVOD

S postupující úrovní jednotlivých výrobních technologií a současně vývojem současné společnosti vzrůstá neustále tlak na humánnost použití střelných zbraní a účinku střeliva jak v civilním, tak i vojenském sektoru. V civilním sektoru nacházejí zbraně v současnosti využití především ve třech stále více se vymezujících oblastech.

Pokud pomineme oblast nelegálního použití a s tím spojené kriminality, jedná se v první řadě o použití pro účely obranné střelby, tedy za účelem ochrany zdraví a majetku, tedy prevence a obrana obyvatelstva proti výše uvedené kriminalitě. Výběr a konstrukce munice použitelné pro účely legální obrany je omezen především splněním legislativních požadavků, v České republice tedy dle Zákona o zbraních č. 119/2002 Sb., paragraf 4 a 9, ve znění pozdějších úprav. Z požadavků toho zákona vyplývá, že pro účely obranné střelby za použití krátké střelné zbraně nelze použít střelivo, které by jakkoli zvyšovalo ranivý účinek, což prakticky výběr použitelné munice limituje na střelivo s celoplášťovou stělou. O použití dlouhých střelných zbraní zákon potom exaktně nehovoří. Co se týká kriminality samotné, dle dostupných statistik je většina trestných činů spojených s požitím střelných zbraní páchána nelegálními a neregistrovanými zbraněmi, stejně tak výběr použitého střeliva je limitován především jeho nelegální dostupností.

Druhou oblastí využití střelných zbraní v současnosti jsou sportovní střelecké disciplíny. V současnosti jsou prakticky všechny sportovní střelecké disciplíny velmi úzce profilované střelecké disciplíny, při nichž jde zejména o docílení maximální přesnosti střelby, což především ovlivňuje výběr munice a použitých jednotných střel. Samostatnou kapitolou je potom broková střelba, určená především na pohybující se cíle. Mimo to je při výběru střeliva nutno opět dodržet požadavky výše uvedených paragrafů zákona č. 119/2002 Sb., tedy nelze použít střely průbojné, zápalné a výbušné, pro krátké střelné zbraně nelze opět použít střelivo se zvýšeným ranivým účinkem.

Třetí, nikoli poslední oblastí je tradiční použití pro lov, tedy činnost, která je prakticky stejně stará jako lidstvo samo. V průběhu století používání střelných zbraní při lovu se postupně měnily i požadavky na konstrukci a výkon loveckých zbraní, stejně tak i požadavky na používané střelivo, jež vedly k dnešní široké paletě loveckých zbraní a střeliva, kde největší roli při výběru zbraně, její ráže a použitého střeliva hraje především druh a velikost lovené zvěře, místní podmínky a zvyklosti. Současně je nutno dodržet literu zákona, v České republice tedy opět Zákona o zbraních č. 119/2002 Sb., paragraf 4, 6, 9 a 14, ve

znění pozdějších úprav, společně se Zákonem o myslivosti č. 449/2001, paragraf 45, ve znění pozdějších úprav a dodatků. Z požadavků těchto zákonů vyplývá, že pro účely lovecké střelby lze použít pouze dlouhé střelné zbraně, přičemž je nutno vyloučit munici se střelami průbojnými, zápalnými a výbušnými. Zákon o myslivosti potom stanovuje, že pro lov zvěře spárkaté lze použít pouze kulovnice ve spojení s náboji, jejichž energie (myšleno tabulková) dosahuje alespoň 1500 J ve vzdálenosti 100 m, respektive 1000 J pro zvěř srnčí. Výjimka je pouze stanovena pro lov mladých kusů prasete divokého na společném lovu naháňkou a nátlačkou, které lze střílet jednotnými střelami pro brokovnice.

Na tomto místě je nutno říci, zvyklosti i legislativní požadavky se liší prakticky stát od státu. Například jednotlivé členské země EU mají svoje vlastní omezení pro používané nebo zakázané provedení zbraní a střeliva, často jsou však obdobné a liší se pouze v detailech. Naproti tomu požadavky např. v zemích USA jsou naprosto odlišné, a pro potřeby obranné střelby jsou zde povoleny jakékoli provedení munice, včetně těch, které vysoce zvyšují jejich účinek na lidský organismus.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 BALISTIKA VŠEOBECNĚ

Pod pojmem balistika označujeme vědní disciplínu, která se zabývá zkoumáním výstřelu, dráhou letu, chováním a účinkem projektilu na okolní prostředí. Projektil se přitom rozumí jakékoli těleso, kterému je jakýmkoli prostředky udělena počáteční energie, díky níž se projektil následně po určitou dobu a vzdálenost pohybuje. Slovo „balistika“ pochází z řečtiny a znamená „vrhnout“.

Počátky balistiky lze datovat do období před 64 tis. lety, kdy datujeme první nálezy hrotů šípů [1]. K dalšímu praktickému rozvoji balistiky přispěla velmi významně starověká Čína, kde byl dle posledních odhadů v období 1. století našeho letopočtu černý střelný prach [2]. První reálně doložená matematická a teoretická bádání balistiky prováděl Leonardo da Vinci, o další rozvoj těchto zkoumání se potom dále zasloužil Niccolo Tartaglia v první polovině 16. Století [3]. Moderní základy experimentální balistiky lze potom nalézt v polovině 18. století, kdy probíhaly první pokusy s měřením rychlosti střel za pomoci balistického kyvadla. Skutečný rozvoj balistiky potom nastal v období 2. pol. 19 století, kdy dochází masivnímu vývoji nových zbraní, konstrukčních řešení a standardizaci ráží.

Balistiku jako vědní obor dělíme na následující podobasti [4]:

- Vnitřní balistika – zkoumá děje uvnitř hlavně
- Přečhodová balistika – zkoumá procesy během a bezprostředně po výletu střely z hlavně
- Vnější balistika – studuje pohyb střely mimo hlaveň
- Terminální balistika – zkoumá účinek střely v cíli, součástí je účinek na živý organismus
- Post terminální balistika – zabývá se ději a chováním střely po prostřelení cíle nebo překážky

Z praktického hlediska lze balistiku dále členit i dle jednotlivých oborů na balistiku vojenskou, kriminalistickou, sportovní, loveckou.

Dle postupů zkoumání případně členíme balistiku na teoretickou, experimentální, kazuisťickou.

1.1 Rámec působnosti

V této bakalářské práci se omezím na jednotlivé části balistiky výlučně omezené na použití malorážových střelných zbraní, se zaměřením na problematiku lovecké balistiky loveckých kulovnic. Malorážovou zbraní rozumíme ruční střelnou zbraň určenou pro obsluhu jednou osobou, kdy k výmetu střely z hlavně dochází za pomoci hoření střelného prachu v nábojové komoře. Loveckou kulovnicí se pak rozumí střelná zbraň s drážkovanou hlavní zkonstruovaná nebo upravená pro lovecké účely, naplňující zároveň ustanovení Zákona o zbraních č. 119/2002 Sb., § 6, určená pro střelbu jednotnou střelou.

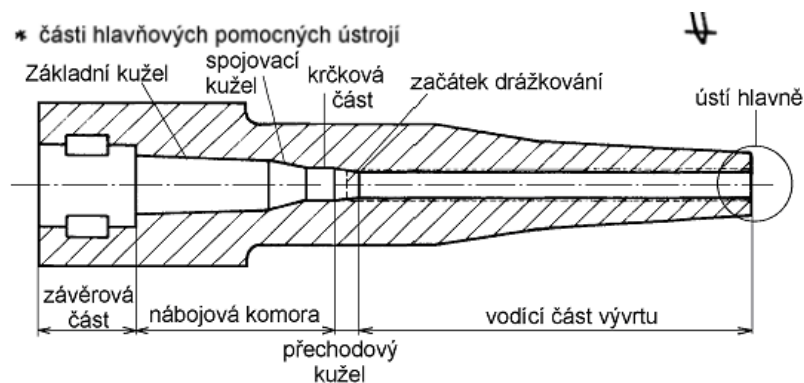
Procesy a děje probíhající při výstřelu z vojenských velkorážových zbraní mohou být částečně odlišné, proto na ně nelze všechny postupy a tvrzení uvedené v této práci plně aplikovat.

2 VNITŘNÍ BALISTIKA

Pod pojmem vnitřní balistika rozumíme tu část balistiky, která se zabývá ději odehrávající uvnitř hlavně všeobecně. Průběh výstřelu v hlavní se považuje za jeden z nejextrémnějších procesů, který lze zařadit do klasické fyziky.

Hlaveň střelných zbraní rozdělujeme na 3 základní části:

- Nábojová komora – část hlavně, do které se vkládá jednotný náboj.
- Přechodový kužel – spojuje nábojovou komoru s drážkovaným vývrtem, slouží k plynulému zařiznutí střely do drážek.
- Samotná hlaveň – vede střelu, slouží k její stabilizaci a maximálnímu využití tlaku plynů k pohonu střely.



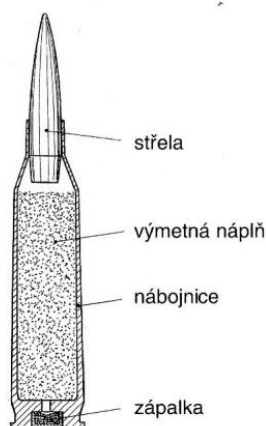
Obrázek 1 Řez hlavní

Někdy lze v literatuře nalézt ještě jako samostatnou část ústí hlavně, které má zásadní vliv na rozptyl střel.

2.1 Procesy odehrávající se při výstřelu v nábojnici

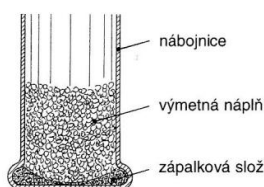
Po spuštění spouště zbraně v odjištěném stavu dojde k nárazu úderníku na dno zápalky, dno se deformuje a narazí na kovadlinku zápalky. Zápalka je uložena ve dně nábojnice a propojena zátravkou s prachovým prostorem nábojnice. Tímto nárazem dochází k iniciaci zápalné složky v zápalce a výšlehu plamene zátravkou do prostoru s prachovou náplní v náboji. Při prošlehu plamene do prachového prostoru nábojnice dojde k okamžitému zapálení povrchu prachových zrn, které je podpořeno velmi prudkým primárním nárůstem tlaku v nábojnici. V současnosti se používají zápalky výhradně konstrukce Boxer s centrální zátravkou v nábojnici, které oproti starší konstrukci Berdan (s kovadlinkou ve dně nábojnice) zaručují jistější a rovnoměrnější prošlehy plamene k prachové složce. Střela je

v nábojnici pevně usazena a většinou zaškrncena v ústí nábojnice, čímž je zaručen strmý nárůst tlaku v prostoru nábojnice (prostor je v této fázi konstantní). K pohybu střely dojde až po překonání jisté výtahové síly působením tlaku na dno střely. Při hoření prachové složky jednotlivá zrna odhořívají od povrchu v kolmém směru dovnitř. Při tom dochází k výraznému vzniku plynů a nárůstu tlaku. Tento tlak ještě urychluje postupující proces hoření. Množství plynů po hoření a jejich rychlost vývinu záleží především množství prachu v náboji, působící tlaku, rychlosti hoření prachu a velikosti povrchu prachových zrn.



Obrázek 2 Řez jednotným nábojem s centrálním zápalem

Popis těchto jevů je plně poplatný pro náboje s centrálním zápalem. Ve střelecké praxi se lze často setkat i se zbraněmi konstruovanými na jednotný náboj s okrajovým zápalem (ráže 22 LR, 22 Short), kde tyto jevy v zásadě probíhají obdobně, jen na místo zápalky se používá k zapálení prachu zápalná slož vlisovaná do okraje nábojnice. Tyto zbraně se používají především pro sportovní a cvičnou střelbu, protože se jedná o náboje velmi přesné a z hlediska výroby velmi jednoduché a tedy i levné.



Obrázek 3 Řez jednotným nábojem s okrajovým zápalem

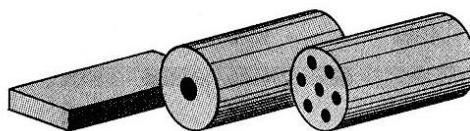
2.1.1 Typy střelných prachů

Samotná problematika střelných prachů je velmi obsáhlá a poměrně složitá. V současnosti se používají pro laborace nábojů ručních střelných prachů výhradně bezdýmé střelné prachy.

První skupinou bezdýmých střelných prachů jsou prachy jednosložkové, které se skládají z 90 -98 % z nitrocelulozy, dále se přidávají stabilizátory a přísady ovlivňující charakteristiku hoření. Druhou skupinou jsou prachy dvousložkové, které obsahují nitroglycerin jako energetickou přísadu v obsahu 8 – 23 % [5] a dále přísady obdobně jako prachy jednosložkové.

S ohledem na rychlost hoření se pro brokolicové náboje používají velmi rychle hořící prachy, dále pro laborace pistolových nábojů rychle hořící prachy, prakticky pouze dvousložkové, avšak jiného složení než brokovnicové. Kulovnicové prachy jsou potom všechny pomalu hořící, částečně jsou to jednosložkové, částečně dvousložkové. Rychlost hoření u kulovnicových prachů je mimořádně důležitá i s ohledem na konkrétní použitou ráži, obecně zde platí, že čím větší ráže a objem nábojnice, tím pomalejší hoření prachu je zde zapotřebí.

Podle změny celkového povrchu prachových zrn při hoření rozlišujeme několik typů bezdýmých střelných prachů. První skupinou jsou prachy progresivní, u nichž se celková plocha v průběhu hoření zvětšuje, jejichž typickým zástupcem jsou prachy sedmiděrové. Dále jsou to prachy neutrální, jejichž plocha zůstává v průběhu hoření konstantní. Zde lze uvést jako příklad prachy trubičkové. Poslední skupinou jsou prachy degresivní, jako jsou prachy páskové nebo kuličkové, u nichž se celková plocha při hoření zmenšuje.



Obrázek 4 Destičkový, trubičkový, sedmiděrový střelný prach

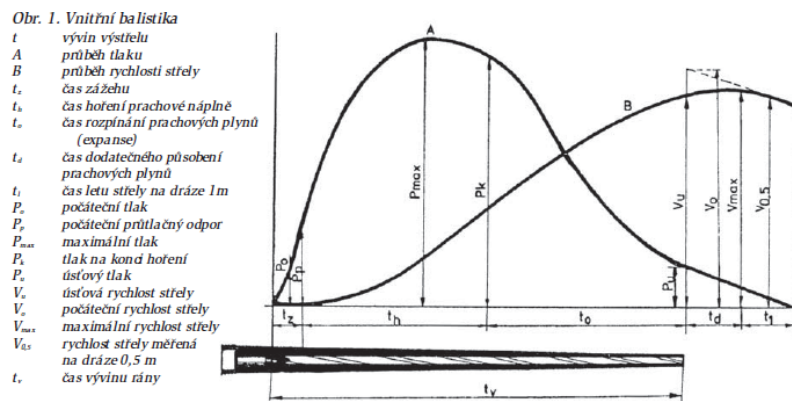
Výběr konkrétního typu prachu je vázán potom konkrétní ráží, hmotností navážky, typem a hmotností střely, maximálním přípustným tlakem v hlavni, popřípadě délkou hlavně, stoupáním drážek a dalšími faktory. Každý výrobce prachů zpracovává přesné tabulky pro použití daného prachu v konkrétní ráži a typ střely, kde se stanovuje minimální „startovací“ dávka, která je závazná v toleranci cca. - 8 % a dále maximální množství prachu, které nelze s ohledem na bezpečnost překročit [6]. Jakákoli odchylka ať již směrem nahoru nebo dolů od těchto stanovených limitů může vést k praskání či trhání nábojnic, poškození nábojové komory, případně k destrukci celé zbraně.

2.2 Procesy při pohybu střely v hlavni

V okamžiku, kdy síla způsobená tlakem v nábojnici překoná výtahovou sílu střely, dojde k uvolnění střely z krčku nábojnice a pohybu střely. Působením tlaku plynů dochází k urychlování pohybu střely. Přestože se objem, ve kterém dochází k rozpínání plynů, nyní zvětšuje, tlak plynů v tomto prostoru se stále zvětšuje. K nárůstu tlaku dochází až do okamžiku, kdy je změna objemu plynů větší nebo rovna změně objemu hlavně za střelou.

$$\Delta V_{\text{plynu}} \geq \Delta V_{\text{hlavně}} \quad [\text{m}^3] \quad (1)$$

V okamžiku, kdy jsou tyto změny objemu rovny, tlak plynů dosahuje maximální hodnoty. Dále již tlak plynů v hlavni klesá. Tlak klesá až do momentu, kdy střela opustí hlaveň. Zbytkový tlak v tomto okamžiku nazýváme „úst'ový tlak“ a tento má zásadní vliv pro děje přechodové balistiky.



Obrázek 5 Graf závislosti tlaku a rychlosti střely na jejím pohybu v hlavni

Pro dosažení optimálních hodnot vnitřní balistiky je zapotřebí, aby vyhoření prachu proběhlo tak, aby střela dosáhla maximální rychlosti v ústí hlavně, maximální tlak nepřekročil normalizované hodnoty a úst'ový tlak byl minimální. Všechny prach tedy musí vyhořet před tím, než střela dosáhne ústí hlavně. Z hlediska výroby munice to znamená, že do nábojů pro zbraně s krátkou hlavní a lehkou střelou je potřeba použít rychle hořící degresivní prach, pro dlouhé hlavní a těžké střely se používá pomaleji hořící progresivní prach [7].

2.2.1 Energetická blance

Protože platí zákon o zachování energie, lze využitelnou energii popsat vzorcem [8].

$$\mu \cdot z \cdot m_p \cdot Q_{\text{vyb}} = \frac{p \cdot V}{\gamma - 1} + \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 \quad (2)$$

Kde: μ - podíl využitelné energie

z - Podíl shořené prachové náplně
 m_p – hmotnost střelného prachu
 Q_{vyb} – výbuchové teplo
 γ – adiabatický koeficient

Levá strana vzorce tak popisuje vznik tepelné energie hořením střelného prachu, pravá strana potom její přeměnu na tlakovou energii a kinetickou energii. Po vyhoření prachové náplně již další energie nevzniká, levá strana je tedy konstantní. Celková tepelná energie na pravé straně zahrnuje následující:

- Vnitřní energie plynů
- Teplo předané zbrani a nábojnici
- Tepelná energie plynů

Kinetická energie na levé straně obsahuje:

- Energie dopředného pohybu střely
- Energie rotačního pohybu střely
- Pohybová energie plynů
- Energie zpětného rázu zbraně

Ve výsledku dopředná kinetická energie střely představuje u moderních ráží asi 30 – 40 % z celkové energie získané hořením střelného prachu. Například B. P. Kneubuehl [9] uvádí pro puškový náboj .308 Win následující:

Tabulka 1 Energie z hoření

Velikost a podíl jednotlivých energií		
Kinetická energie střely	3272 J	0,34%
Rotační energie střely	9 J	0,00001%
Kinetická energie plynů	1636 J	0,17%
Energie zpětného rázu	13 J	0,00%
Teplo předané zbrani	1152 J	0,12%
Ostatní	3518 J	0,37%

3 PŘECHODOVÁ BALISTIKA

Přechodová balistika jako obor zkoumání popisuje přechodové děje odehrávající se na ústí hlavně a dále několik desítek centimetrů za ústím hlavně v průběhu doby průletu střely touto oblastí. Přestože se může laikovi tato oblast jevit jako ne příliš zajímavá a hodná samostatného zkoumání, má tato oblast zásadní vliv na navazující vnější balistiku, výsledný rozptyl střelby a tedy i cílovou balistiku.

Na tomto místě je nutno uvést, že tak jako v oblasti vnitřní balistiky bylo možno většinu procesů ovlivnit (výběrem typu a množství střelného prachu, zápalky, střely, výtahová síla, úhel náběhu a délka přechodového kužele, stoupání a přesné rozměry drážek), u přechodové balistiky jsou již prakticky „karty rozdány“ a ovlivnit můžeme pouze přesnost technologického zpracování ústí hlavně tak, aby nedocházelo v tomto místě k případné destabilizaci střely. Na druhou stranu děje, které se zde odehrávají, umožňují popsat a vysvětlit další návaznosti pro vnější a terminální balistiku. Pokud tedy vznikne potřeba děje přechodové, vnější a popř. terminální balistiky korigovat, je nutno se vrátit zpět do oblasti balistiky vnitřní.

3.1 Děje na ústí hlavně

V momentě, kdy střela opouští ústí hlavně, dochází vlivem velkých rozdílů mezi atmosférickým tlakem a tlakem plynů v hlavni (úst'ový tlak) k proudění plynů z hlavně, které ovlivňují stabilitu střely, zpětný ráz zbraně a subjektivní pocit střelce po výstřelu.

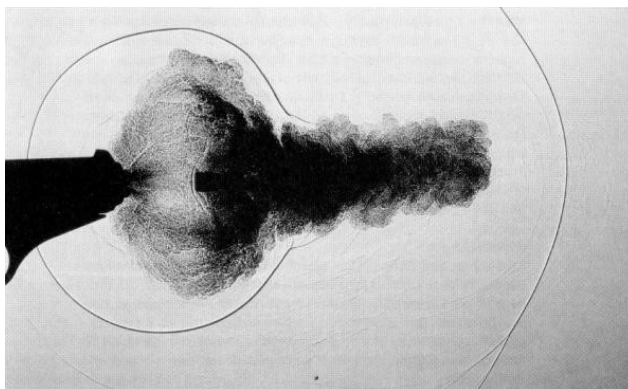
Výtok plynů z hlavně probíhá tak rychle, že ho můžeme považovat za adiabatický děj, výměna tepelné energie je tedy zanedbatelná. Jejich rychlost lze popsat následujícím vzorcem, tzv. Lavarova rychlost [10]:

$$V_v = \frac{1}{3} \cdot \sqrt{\frac{p_u \cdot V_h}{m_p}} \quad [\text{m} \cdot \text{s}^{-1}] \quad (3)$$

Kde: p_u – úst'ový tlak
 V_h – objem vývrtu hlavně a nábojnice
 m_p – hmotnost střelného prachu

Chyba výpočtu se u tohoto vzorce pohybuje v desítkách procent, nicméně přesnější způsob stanovení zatím není k dispozici.

Samotná střela je ovlivněna při výletu z hlavně následujícími faktory. Prvotní výtok plynů z hlavně probíhá ještě před výletem střely z hlavně a je tvořen jednak vzduchovým sloupem vytlačovaným pohybem střely a částečně plyny z hoření střelného prachu, které vlivem netěsností mezi vývrtem hlavně a střelou předbíhají samotnou střelu. Tyto plyny mohou způsobit kmitání a mírnou destabilizaci střely ještě v hlavni. Po opuštění střely hlavně dojde k prudké expanzi prachových plynů, které doposud tlačily střelu před sebou. Tento hlavní proud plynů obtéká a předbíhá střelu, což způsobuje vlivem nestejněměrného rozložení těchto sil vedle nepatrného urychlení střely její další rozkmitání. Následně dochází vlivem tření molekul ke zpomalení tohoto shluku prachových plynů tak, že její střela znovu předbíhá. Tyto procesy lze dnes poměrně snadno nasnímat pomocí rychloběžné kamery.

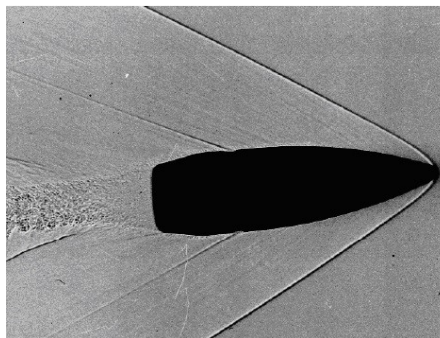


Obrázek 6 Rázová vlna střely na ústí hlavně

Pokud střela letí nadzvukovou rychlostí (což je u dlouhých zbraní mimo malorážku a speciálních případů vždy), je na těchto snímcích zřetelně vidět tlakovou vlnu úst'ového třesku a tlakovou vlnu způsobenou pohybem střelou tlačení vzduchu. Často lze potom sledovat ještě třetí tlakovou vlnu zapříčiněnou obtékáním dna střely expandujícím vzduchem.

3.1.1 Zvukové jevy

V důsledku tlakových vln způsobených výletem střely z hlavně pohybující se nadzvukovou rychlostí vzniká zvukový jev, známý jako balistický třesk. Na tomto místě je potřeba vyvrátit jeden mezi laickou veřejností všeobecně rozšířený mýtus, podpořený filmovou produkcí, že jakýkoli výstřel ze zbraně lze utlumit pomocí příslušného tlumiče (supresoru). Pokud se střela pohybuje nadzvukovou rychlostí, vzniklý balistický třesk nelze žádným způsobem utlumit, pouze možné ho rozptýlit takovým způsobem, že z větší vzdálenosti není sluchově identifikovatelné místo, odkud tento třesk přichází.



Obrázek 7 Rázová vlna letící střely

Utlumení zvuku výstřelu pomocí tlumiče je možné pouze u střel opouštějících hlavěň podzvukovou rychlostí, tedy u malorážek (ráže 22 LR) nebo u speciálního podzvukového střeliva se zpomalenou rychlostí výstřelu (Subsonic). Použití tohoto střelivo je ovšem limitováno na krátké vzdálenosti.

Poznámka autora: Podle Zákona o zbraních č. 119/2002 Sb., § 4 a 9 patří v ČR tlumiče hluku výstřelu mezi zakázané doplňky zbraně a jejich případné vlastnictví či použití je trestné.

3.1.2 Světelné jevy

Při výstřelu ze střelné zbraně je možné pozorovat u ústí hlavně také světelné projevy. Tyto záblesky plamene jsou způsobeny často tím, že krátkých hlavní často střela opouští hlavěň ještě před úplným dohořením prachové náplně, v některých případech dokonce tlak plynů vystřelí z hlavěň i dohořívající a nespálená prachová zrna. V dalších případech dochází ke vzplanutí horkých plynů z hlavěň po jejich promísení se vzdušným kyslíkem a tím k zášlehu plamene na ústí.

3.2 Zpětný ráz

V důsledku výstřelu působí zbraň na střelce silou, která je opačná směru výstřelu. Tento jev nazýváme zpětný ráz a lze ho fyzikálně vysvětlit Zákonem o zachování hybnosti. Střela a prachové plyny získávají hybnost ve směru výstřelu a tato je vyvážena hybností zbraně.

$$p_z = p_{\text{plynů}} + p_{\text{střely}} + p_d \quad [\text{kg.m.s}^{-1}] \quad (4)$$

kde: p_z – impuls zpětného rázu
 $p_{\text{plynů}}$ – hybnost vytékajících prachových plynů
 $p_{\text{střely}}$ – hybnost střely

p_d – hybnost dodatečného účinku plynů

Protože přesné stanovení hybnosti střely a plynů v průběhu jejich pohybu hlavní je velmi složité, v praxi se používají následující zjednodušené vzorce:

$$p_{stř} = 0,001 \cdot m_{stř} \cdot v_{úst} \quad [\text{kg.m.s}^{-1}] \quad (5)$$

kde: $v_{úst}$ – rychlost střely na ústí

$$p_{ply} = 0,001 \cdot m_p \cdot \frac{1}{2} v_{úst} \quad [\text{kg.m.s}^{-1}] \quad (6)$$

kde: $v_{úst}$ – rychlost střely na ústí

m_p – hmotn. prachu

$$p_d = 0,001 \cdot m_p \cdot v_v \quad [\text{kg.m.s}^{-1}] \quad (7)$$

kde: v_v – rychlost výtoku plynů

m_p – hmotn. prachu

a dále vypočteme rychlost zákluзу zbraně, resp. energii zpětného rázu:

$$v_{zbr} = \frac{p_{zbr}}{m_{zbr}} \quad [\text{m.s}^{-1}] \quad E_{zp} = \frac{p_{zbr}}{2 \cdot m_{zbr}} \quad [\text{J}] \quad (8)(9)$$

Faktem bohužel je, že tyto údaje nám dávají pouze jistou představu o velikosti zpětného rázu jako síly, nikoli však reálnou představu o jeho působení na střelce a jeho následném subjektivním vjemu [11].

Zde je nutno uvést, že žádný z autorů nebo jiných dostupných odborných zdrojů se touto tematikou dále nezabývá. Mnohé zdroje k tomuto uvádějí naprosto zjednodušené a zkrácené informace a v tom nejlepším případě se omezují na konstatování faktu, že žádné přesnější výpočty nejsou k dispozici. Z mého osobního pohledu se především ani jeden z výše uvedených, popřípadě jednodušších používaných výpočtů nepracuje se zrychlením střely a plynů, které mají u ručních zbraní zásadní vliv na vnímání zpětného rázu střelcem. Druhým významným faktorem, který doposud nikdo z civilních autorů nezpracoval z fyzikálního pohledu do výpočtů zpětného rázu, je potom samotná konstrukce zbraně.

U naprosté většiny zbraní totiž leží z konstrukčních důvodů osa hlavně nad bodem držení nebo zapření zbraně, které tak vytvářejí osu otáčení zbraně. Celková energie zpětného rázu má potom dvě složky, energii otáčivého a energii posuvného pohybu:

$$E_{zp} = E_{ot} + E_{pos} \quad [J] \quad (10)$$

kde: E_{ot} – energie otáčivého pohybu

E_{pos} – energie posuvného pohybu

Z tohoto vzorce vyplývá, že při střelbě z ručních zbraní je tak částečně v možnostech střelce, aby pevným držením zbraně eliminoval část otáčivého pohybu a převedl ji na pohyb posuvný. Čím více totiž ve střelecké praxi eliminujeme otáčivý pohyb zbraně, tím je menší riziko negativního vlivu na dráhu střely tímto otáčivým pohybem.

Zde se pouze ty nejlepší zdroje se omezují na konstatování tohoto faktu, přičemž většina zdrojů i tuto skutečnost více méně ignoruje, ale nikdo z autorů doposud nezpracoval tuto oblast dostatečně odborným a vypovídajícím způsobem.

4 VNĚJŠÍ BALISTIKA

Vnější balistika se zabývá dráhou letu projektilu (střely) ve vzduchu až do okamžiku dosažení cíle nebo nárazu na jinou pevnou překážku. Pohyb střely v tomto prostředí je tedy nejvíce ovlivňují úst'ová rychlost, tíhová síla a odpor vzduchu. Mimo to působí na letící střelu celá řada dalších negativních vlivů, které způsobují odklon dráhy střely. Vnější balistika zkoumá tedy jak dráhu letu v ideálním prostředí, tak i vliv všech rušivých faktorů na její dráhu.

4.1 Vliv atmosféry

Zemská atmosféra je tvořena směsí plynů, v nichž největší procento ve složení mají [12]:

Tabulka 2 Složení atmosféry

Atmosféra	
Dusík (N ₂)	78,09%
Kyslík (O ₂)	20,95%
Argon (Ar)	0,93%
Oxid uhličitý (CO ₂)	0,041%
Další plyny (Ne, He, Kr)	0,002%

Dále jsou zde zastoupeny vodní pára, prach a mikroorganismy. Pro balistické výpočty se vzduch považuje za ideální plyn. Klíčovým parametrem vzduchu v balistice je odpor vzduchu, který je přímo úměrný jeho hustotě. Stavová rovnice popisuje závislost hustoty:

$$\frac{p}{\rho} = R \cdot T \quad (11)$$

Kde: R – specifická plynová konstanta

T – teplota

Potom pro vzduch platí:

$$\rho = \frac{100 \cdot p}{287,05 \cdot (273,15 + T_c)} \quad [\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}] \quad (12)$$

Tlak vzduchu je jednoduše vyvolán hmotností vzduchové vrstvy, proto tlak vzduchu s rostoucí nadmořskou výškou lineárně klesá a nejvyšší tlak se nachází těsně nad hladinou moře. Pro balistické výpočty dráhy střely s plochou dráhou letu, za které lze pro účely této

práce považovat i střely z ručních zbraní (nepřekonávají velké vzdálenosti v desítkách kilometrů, ani velké rozdíly v nadmořské výšce), nemá smysl uvažovat velké rozdíly tlaku vzduchu, a proto se jimi v této práci nebudu zabývat.

4.1.1 Odpor vzduchu

Vzhledem k tomu, že se střela pohybuje vždy v reálních podmínkách zemské atmosféry, je třeba počítat se všemi faktory a silami, které na střelu během letu působí. Je to především odpor vzduchu, tíhová síla, hnací síla plynů v počáteční fázi dráhy letu a síly generované rotací střely.

Teoretický základ pro vnější balistiku a pohyb střely v atmosférických podmínkách vyplývá z teorie proudění a z jejího matematického vyjádření dle Bernoulliho rovnice [13].

$$p_s = \frac{1}{2} \rho v^2 + p + \rho gh \quad [\text{Pa}] \quad (13)$$

Kde: ρ – hustota prostředí

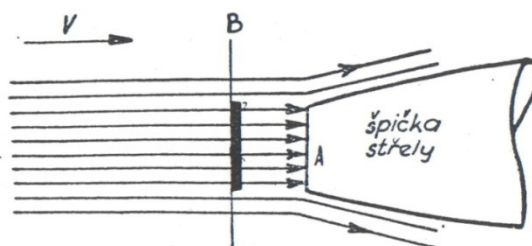
v – rychlost proudění

p – tlak v prostředí, lze pro proudění ve vzduchu lze zanedbat

ρgh – tlak v hloubce pro proudění ve vzduchu lze zanedbat

Rovnici lze tedy zkrátit následovně:

$$p_s = \frac{1}{2} \rho v^2 \quad [\text{Pa}] \quad (14)$$



Obr. 17.

Obrázek 8 Proudění na špičce letící střely

Z tohoto lze snadno odvodit dynamický tlak vzduchu působící na střelu během letu, který se pro účely balistiky používá jako vztažný pro odvození všech dalších sil. Důsledkem dynamického tlaku vzduchu na letící střelu je potom síla, která působí opačným směrem proti pohybu střely, kterou nazýváme odpor dynamického tlaku.

$$F_s = p_s \cdot S \quad [\text{N}] \quad (15)$$

Kde: p_s – dynamický tlak

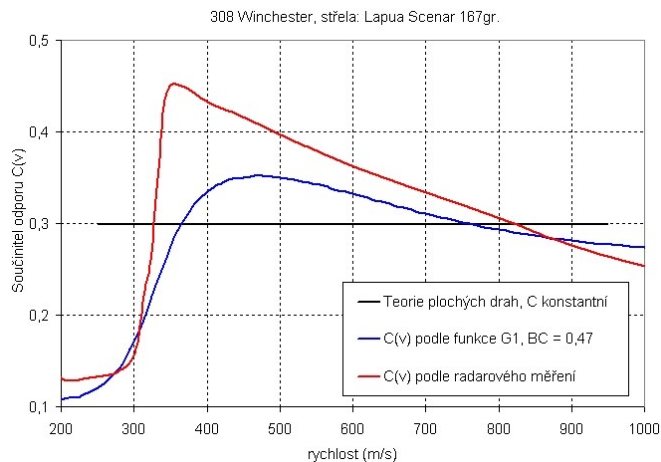
S – plocha, na niž síla působí

Odpor dynamického tlaku F_s je tedy teoretická velikost síly, která by působila na těleso tvaru rovné desky pohybující příčně (tedy kolmo) k prostředí se stejnou rychlostí jako střela. Tato síla je tedy maximální, které lze teoreticky dosáhnout. Reálná střela pohybující se atmosférickým prostředím ale nikdy nedosáhne těchto hodnot. Reálný odpor střely F_w je ve skutečnosti daleko nižší, v závislosti podle tvaru, délky střely a rychlosti obtékání, a lze ho stanovit většinou experimentálně, popřípadě za použití dalších technik, jako je digitální fotografie [14], radarové měření apod. V praxi se potom používá pro další výpočty poměr mezi reálným odporem a odporem dynamického tlaku, který nazýváme součinitel odporu vzduchu c_w .

$$c_w = \frac{F_w}{F_s} \quad (16)$$

Kde: F_s – odpor dynamického tlaku

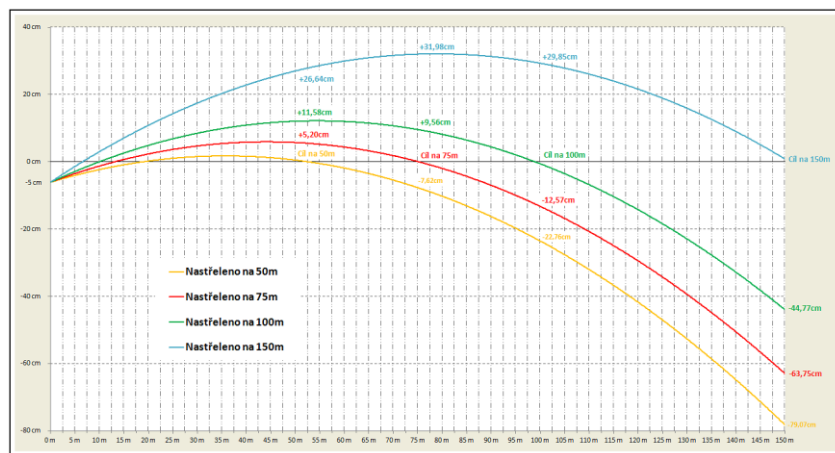
F_w – skutečný odpor



Obrázek 9 Součinitel odporu letící střely

Celkový odpor vzduchu se skládá z několika složek odporu. Největší podíl má tzv. dnový sací odpor, který vzniká v důsledku podtlaku a následného turbulentního proudění za střelou. Jeho podíl činí na celkovém odporu při nadzvukových rychlostech 45 – 55 %, při podzvukových rychlostech je ještě vyšší a dosahuje 85 % z celkových hodnot. Druhou největší složkou je vlnový odpor. Vlnový odpor vzniká jako důsledek rázové vlny, která se objevuje při nadzvukových rychlostech. Při jejím vzniku dochází k přeměně části energie urychlených molekul vzduchu na tepelnou a zvukovou energii, což zásadním způsobem ovlivňuje

je pokles rychlosti střely. Na celkovém odporu se podílí v rozmezí 40 – 50 % a projevuje se pouze u nadzvukových rychlostí. Třetí složkou je potom třecí odpor. Při tomto dochází v důsledku tření střely o molekuly vzduchu, čímž vniká teplo z části kinetické energie střely a dochází k brzdění střely. Na celkovém odporu střely se podílí 10 – 15 % [15]. Tyto čísla se však zdají přinejmenším mírně nadhodnocená, protože celkový součet přesahuje hodnotu 100 %, přesto však poskytují jistou představu o jejich vzájemném podílu na celku a stejně se podílejí na celkovém součiniteli odporu c_w a jsou příčinou postupného poklesu rychlosti střely a jedním z faktorů typického pohybu střely po tzv. balistické křivce.



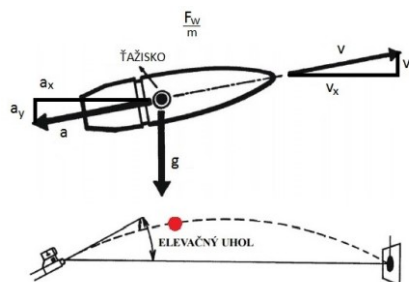
Obrázek 10 Balistická křivka malorážky

4.1.2 Vliv tíhové síly

Dalším významným faktorem, zapříčiňujícím vznik trajektorie balistické křivky (tedy pádání střely během letu), je tíhová síla. Vzniká v důsledku tíhového zrychlení a je funkcí hmotnosti střely.

$$F_G = - m \cdot g \quad [N] \quad (17)$$

Znaménko mínus se ve vzorci vyskytuje proto, že pro balistické účely se souřadnice osy y orientují směrem nahoru.



Obrázek 11 Tíhová síla a síly odporu působící na střelu

4.1.3 Coriolisova síla

Je setrvačná síla, která vzniká rotací země kolem osy, a působí na všechna tělesa, která se pohybují v neinerciální vztažné soustavě (tedy okolo země), a současně se mění jejich vzdálenost od osy otáčení. V případě, že se toto těleso pohybuje k ose otáčení, síla působí ve směru otáčení a naopak. V případě střelby na kratší vzdálenosti se tato síla projevuje jen minimálně a její působení lze zanedbat. Ovšem pro střelbu na delší vzdálenosti (600 m a větší) je již potřeba s působením této síly počítat a zahrnout ji do kalkulací dráhy letu.

$$F_C = -2m \cdot \omega \cdot v \cdot \sin \varphi \quad [\text{N}] \quad (18)$$

Kde: m – hmotnost tělesa

v – vektor rychlosti tělesa

ω – vektor úhlové rychlosti

φ – úhel mezi vektory úhlové rychlosti a rychlosti tělesa

Spočítat velikost Coriolisovy síly není tedy až tak obtížné, je ovšem potřeba do výpočtu zahrnout i polohu výstřelu na zeměkouli a směr výstřelu, protože její vliv se projevuje rozdílně pro obě polokoule a i směr výstřelu má zásadní vliv na její velikost. Pro ilustraci, při střelbě z odstřelovací pušky ráže 308 střelou 10,7g na 1000 m činí vliv Coriolisovy síly maximálně 8 – 10 cm, v závislosti na směru střelby, zatímco při střelbě z houfnice ráže 155 mm střelou 43 kg na vzdálenost 18 km je to již 45 – 80 m [16].

4.1.4 Derivace střely

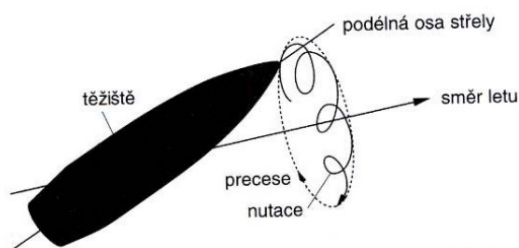
Derivace střely je síla, která vzniká v důsledku rotačního pohybu střely kolem horizontální osy se středem v těžišti střely, tedy naprosto nezávisle na stoupání nebo padání střely. Vlivem této rotace dochází k trvalému obtékání střely vzduchem ze spodní strany a vzniká tak dodatečná síla, která působí na střelu proti směru jejího otáčení (u pravotočivých doleva a naopak). Vliv derivace střely je větší než působení Coriolisovy síly, pro klasickou vojenskou odstřelovací pušku ráže 308 střelou 10,7g je vliv derivace na 1000 m v rozmezí 25 - 35 cm v závislosti dle rychlosti stoupání drážek hlavně a pro kanón ráže 105 mm se střelou 15 kg při náměru 70° na vzdálenost 7,5 km je to již 560 m [17].

4.2 Rotace střely

V současné době, jsou prakticky všechny střely (až na speciální případy střel vyvinuté pro některé pro vojenské účely), používané pro střelbu z kulových zbraní stabilizované pomocí

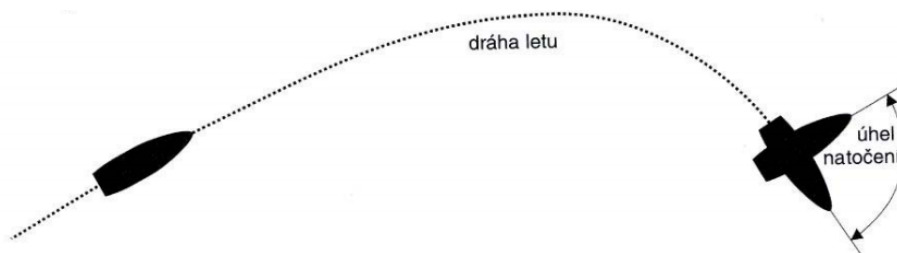
drážek, které udělují střele při průchodu hlavní rotaci. Tato rotace trvá během celé fáze letu střely a pokračuje ještě alespoň částečně při průchodu střely cílem až do úplného zastavení střely.

Díky této rotaci tedy střela rotuje podél podélné osy. Každá takto stabilizovaná střela kromě tohoto základního pohybu rotuje částečně okolo vlastního těžiště, opisuje tedy kužel okolo této podélné osy. Tato rotace se nazývá precese a její velikost záleží na řadě faktorů, jako je velikost stoupání drážek (tedy rychlosti otáčení), poměr délky a průřezu střely, rychlost a tvar střely a stabilita těžiště střely. Třetím typem rotace střely je její mírné neustálé kmitání kolem měnící se příčné osy, který označujeme termínem nutace.



Obrázek 12 Precese a nutace střely

Mimo těchto výše uvedených pohybů vykonává střela ještě jeden rotační pohyb okolo horizontální osy, tedy relativně nezávisle na stoupání nebo padání střely. V důsledku tohoto otáčení pak vlivem podmínek při obtékání střely vzduchem vzniká derivace střely, popsána výše.



Obrázek 13 Rotační pohyb střely okolo horizontální osy

Společné působení precese, nutace a otáčení okolo horizontální osy potom u střely způsobuje trvalé vychýlení špičky střely ve směru otáčení od tečny dopředného pohybu.

4.3 Balistický koeficient střely

Každá konkrétní střela je charakterizována tzv. Balistickým koeficientem BC (popř. značený jako b.c.). Obecně, balistický koeficient je číslo, udávající letovou charakteristiku střely, tedy jak probíhá obtékání střely za letu, a je funkcí hmotnosti, průměru a odporu vzduchu. Celosvětově se v současnosti používají nejčastěji 3 rozdílné BC koeficienty, z nichž každý má pracuje s mírně odlišnými charakteristikami a má rozdílný způsob výpočtu, ale v literatuře se lze setkat i s jinými BC.

Balistický koeficient dle standardu:

- G1 – nejrozšířenější BC, používaný v zemích NATO
- G7 – novější BC, kalkulovaný s menší závislostí na rychlosti, lépe vyhovuje pro střelbu na dlouhé vzdálenosti.
- ZOV 1943 – BC dříve používaný v zemích Varšavské smlouvy, dnes se od něj ustupuje

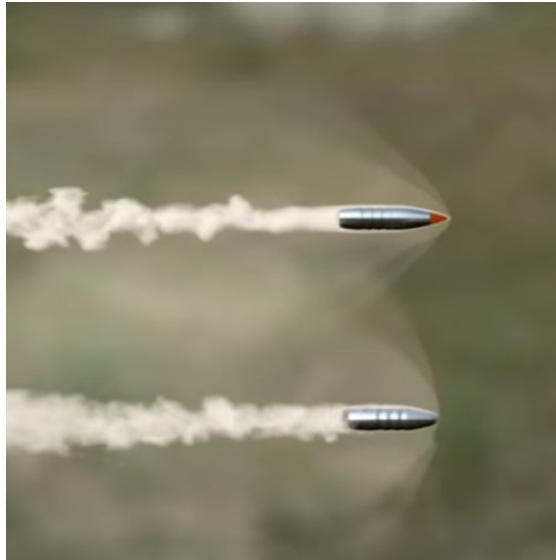
4.3.1 Standard G1

Nejrozšířenějším balistickým koeficientem, vyvinutým pro armádní potřeby je standard G1, který v současnosti používá pro hodnocení svých střel většina celosvětových výrobců. Všeobecně platí, že není-li uvedeno v katalogu střel daného výrobce uvedeno jinak, jedná se vždy o BC podle funkce G1. Vzorec pro výpočet G1 je následující [18]:

$$G1 = \frac{0,0052834 \cdot x}{\sqrt{v_o} - \sqrt{v_x}} \quad (19)$$

Kde: x – vzdálenost měření rychlosti v_x

Z tohoto vzorce je patrné, že tento BC je především závislý na rychlosti, kterou se střela pohybuje, a jejím poklesu.



Obrázek 14 Rázové vlny pro střely s rozdílným BC

4.3.2 ZOV 1943

Druhým balistickým koeficientem, který zde uvádím je potom koeficient podle ruské armádní metodiky z roku 1943, označovaný jako ZOV 1943 [19]:

$$c = \frac{i \cdot d^2}{m_{sř}} 10^3 \quad ; \quad i = \frac{c_x(v_T)}{c_{xet}(v_T)} \quad (20)(21)$$

Kde: $m_{sř}$ – hmotnost střely

d – průměr střely

c_x – koeficient čelního odporu střely při skutečné rychlosti

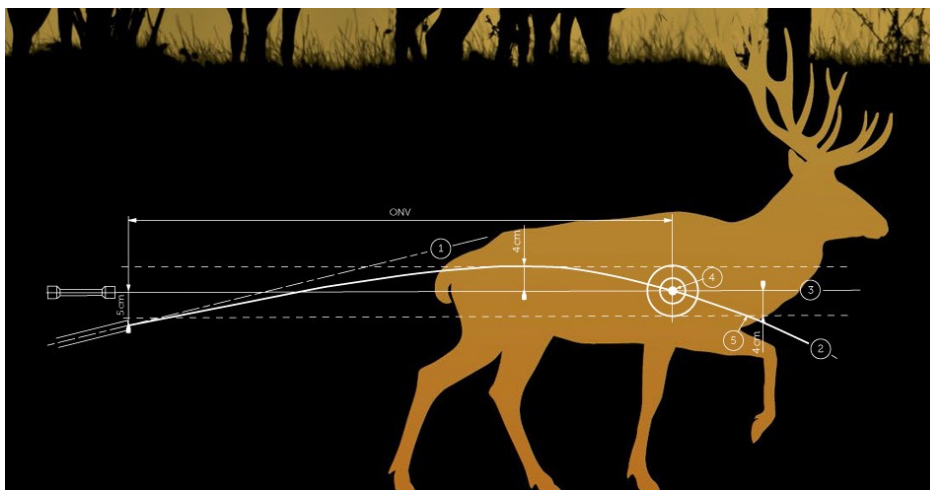
c_{xet} – koeficient čelního odporu střely za normalizované rychlosti

4.3.3 Standard G7

Třetím, rychle se rozšiřujícím balistickým koeficientem je BC standard G7, který byl vyvinut pro hodnocení moderních typů střel určených ke střelbě na velké vzdálenosti, a který není závislý na konkrétní rychlosti střely. Standard G1 totiž vykazuje velké odchylky od skutečnosti u nejmodernějších typů biogiválních střel určených ke střelbě na velké vzdálenosti a pro tento typ munice nelze tedy použít. Tento model se tedy používá téměř výhradně k hodnocení střel pro tyto disciplíny a jeho výpočet se provádí výhradně za použití speciálních balistických kalkulátorů, takže konkrétní vzorce pro tento model se mi nepodařilo zjistit. Odkazy pouze uvádějí, že vychází z údajů měření Dopplerovým radarem [20].

4.3.4 Optimální nástřelná vzdálenost

V současné střelecké praxi se u loveckých střel setkáme často s pojmem Optimální nástřelná vzdálenost, ve zkratce označovaný většinou jako GEE (z německého *Günstigste Einschußentfernung*). Tento termín je poměrně mladý, objevil se někdy po roce 1990 v německy mluvících zemích (lze předpokládat, že v souvislosti s firmou RWS) a udává optimální vzdálenost pro nastřelení lovecké zbraně pro konkrétní náboj tak, kdy po celou dráhu GEE dojde vždy k zasažení cíle o rozměru 8 cm bez nutnosti korekce optických mířidel zbraně. Ačkoli přesné vysvětlení proč byl použit zrovna tento rozměr nelze nikde v dostupné literatuře nalézt, lze se domnívat, že vychází z rozměrů nejmenší lovné zvěře v evropských zemích, jako je liška, kuna, nebo svišť. Proto není nutné se zabývat přesné zjištěním vzdálenosti střelby, postačí hrubý odhad, zda se nacházíme ve vzdálenosti GEE. Bod zásahu bude ležet dle přesné vzdálenosti výškově ± 4 cm od místa zacílení, což je pro lovecké účely přesnost naprosto vyhovující. Pro představu, u standardní laborace RWS pro ráži 300 Win. Mag. se střelou Speed Tip 10,7 g činí GEE 207 m a střílet lze bez změny záměrného bodu až na vzdálenost 238 m [21]. Tato vzdálenost se liší podle zvolené ráže, úst'ové rychlosti, balistického koeficientu a hmotnosti střely.



Obrázek 15 Grafické znázornění GEE

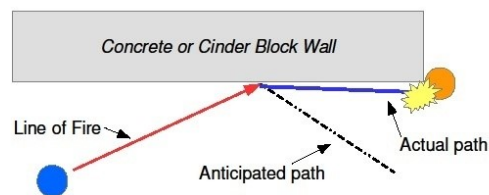
4.4 Odraz střely

V případě, kdy se střela dostane během letu do krátkodobého kontaktu s překážkou pevného nebo kapalného skupenství, nazýváme tuto střelu odraženou. Následkem tohoto střetu je

vždy změna směru a rychlosti této střely. V praxi může nastat několik případů odrazu střely podle typu překážky a úhlu dopadu na překážku.

4.4.1 Odraz od pevné překážky

V reálné situaci tento druh může nastat při střetu střely s překážkou typu asfalt, kámen, ledová plocha, zmrzlá půda nebo strom. Při tomto dochází k částečné deformaci a odrazu střely, takže se střela vždy odráží pod menším úhlem, než byl úhel dopadu, a často navíc dochází ke změně směru odrazu.



Obrázek 16 Odraz střely

Celkový odklon střely lze spočítat teoreticky dle následujícího vzorce [22]:

$$\tau = \arccos (\cos \alpha \cdot \cos \beta \cdot \cos \gamma - \sin \alpha \cdot \sin \beta) \quad [^\circ] \quad (22)$$

Kde: α – úhel dopadu
 β – úhel odrazu
 γ – stranový úhel
 τ - úhel odklonu

V reálu se ale taková situace téměř nevyskytuje a podmínky odrazu jsou ovlivněny následujícími faktory:

- Velikostí a hmotností předmětu, se kterým došlo ke kontaktu
- Místem dopadu tento předmět (plocha x okraj)
- Materiálem tohoto předmětu
- Dopadovou rychlostí střely
- Konstrukcí a materiálem střely
- Hmotností střely

4.4.2 Střet s lehkou překážkou

Kontakt střely s překážkou o výrazně nižší hmotnosti považujeme za pružný náraz, a v praxi se lze setkat s takovými případy jako je zasažení stébla trávy nebo tenké větvičky.

Základními faktory, které mají rozhodující vliv na chování střely po takovém střetu, jsou hmotnost střely, hmotnost odstřelené části stébla, respektive jeho tloušťka a místo zasažení stébla. Pokud dojde k zasažení přesně uprostřed, dojde pouze k malému snížení rychlosti střely, nikoli k jejímu odklonu. Pokud však dojde k zasažení okraje, dochází k vychýlení střely směrem, na který byl zasažen. Rozhodujícím faktorem pro výsledný úhel vychýlení dráhy střely je poměr hmotností střely a hmotností (respektive tloušťkou) ustřelené větvičky. Maximální vychýlení lze teoreticky spočítat dle vzorce [23]:

$$\alpha = \arcsin \frac{m_{\text{větv}}}{m_{\text{sř}}} \quad [^\circ] \quad (23)$$

Tabulka níže pak ukazuje reálné hodnoty vychýlení střely zjištěné experimentálně, velikost odchýlení střely od směru původního letu je relativně nezávislá na rychlosti střely. Více náchylné na odklon dráhy letu jsou střely lehké, tedy s menším poměrem hmotnosti k překážce.

Tabulka 3 Stranové vychýlení střely ve vzdálenosti 10 m za kontaktním místem [24]

Ráže	Hmotnost střely	Průměr překážky		
		1 mm	2 mm	4 mm
22 LR	2,6 g 40 gr	1,4 cm	5,9 cm	23,7 cm
223 Rem.	4,0 g 62 gr	0,9 cm	3,7 cm	14,8 cm
308 Win.	9,5 g 145 gr	0,5 cm	2,1 cm	8,3 cm

K podobnému stranovému ale i výškovému vychýlení střely dochází i při střetu střely s dešťovou kapkou. Zde ovšem vzhledem ke specifickému chování vody platí, na tento jev posuzujeme jako plně nepružný náraz. Na úhel vychýlení má tedy vliv jak hmotnost kapky, tak hmotnost střely a její rychlost. Více náchylné na změnu směru jsou střely lehké a pomalé.

5 TERMINÁLNÍ BALISTIKA

Pod pojmem terminální balistika rozumíme všeobecně dopad střely do cíle nebo na cíl, a její účinek v cíli, někdy také používáme pojem cílová balistika. Tato část balistické vědy řeší obecně otázky hodnocení přesnosti a rozptylu střelby, a dále účinnost střel na cílové objekty jako je průbojnost, ranivý účinek, deformaci a rozklad střely, až do fáze jejího zachycení nebo zastavení.

5.1 Přesnost střelby

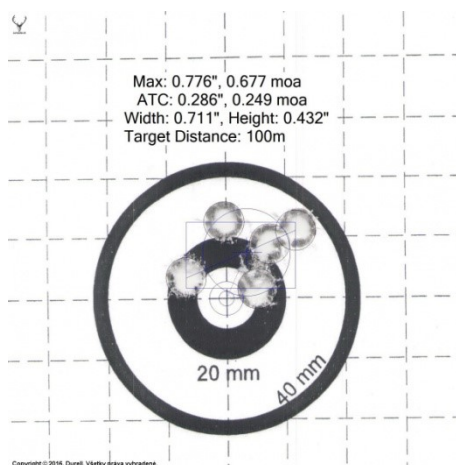
Přesnost střelby je jedním z klíčových faktorů terminální balistiky. Na adekvátní přesnost střelby lze pohlížet jako na klíčovou podmínku, protože bez zasažení požadovaného cíle (resp. místa v cíli) jakýkoli účinek střely je již nepodstatný. Na druhou stranu je pravdou, že správně zvolená ráže a typ střely se spolehlivým účinkem mohou v případě ne zcela přesné střelby a zasažení cíle (například při lovu zvěře) na ne plně vyhovujícím místě situaci alespoň částečně zachránit a k usmrcení nebo vyřazení cíle dojde stejně.

5.1.1 Příprava statistického hodnocení přesnosti střelby

Pro popis a hodnocení přesnosti střelby používáme v zásadě metody a postupy převzaté ze statistiky. Pro to, abychom mohli statistické postupy plně použít, potřebujeme nejdříve výsledky střelby vhodným způsobem popsat. K tomuto nám nebude zcela logicky stačit popis pomocí bodového hodnocení na kartě, tak jak se používá při střeleckých závodech. Používáme tedy obvykle následující postup:

1. Vezmeme klasický kulatý terč a provedeme střelbu.
2. Zvolíme v terči vhodný souřadnicový systém - obvykle se středem ve středu terče.
3. Souřadnicový systém doplníme sítí - obvykle volíme síť s rozlišením 1 cm.
4. Každý zásah popíšeme číslem, a polohou horizontálního (osa x) a vertikálního (osa y) umístění vzhledem souřadnicového systému.
5. Použijeme klasické statistické metody hodnocení, vždy samostatně vzhledem k ose x, y.

V praxi může již použít terč předem opatřený souřadnicovým systémem se sítí, tak jak jej používají například někteří výrobci munice a za pomoci výše uvedeného postupu velmi jednoduše eliminujeme například chyby v hodnocení při středním zásahu mimo střed terče.



Obrázek 17 Terč se souřadnicovou sítí

5.1.2 Ukazatele statistického hodnocení přesnosti střelby

Pro statistické zhodnocení přesnosti a rozptylu střelby používáme obvykle následující ukazatele a postupy:

1. Střelecké výsledky jedné série (např. 10 ran) použijeme jako základní soubor.
2. Stanovíme střední hodnotu základního souboru - μ (pro osy x i y).
3. Vypočítáme rozptyl - σ^2 (opět pro osy x i y).
4. Vypočítáme směrodatnou odchylku - σ (vždy pro osy x i y).
5. Určíme variační rozpětí - R (v obou osách).
6. V případě potřeby určíme typ rozdělení základního souboru a případně dopočítáme medián - Plot of $x(50)$, (opět pro osy x i y).
7. Zvolíme vhodné kritérium pro určení zbloudilých ran - Chauvenet, Grubbs, Student, Graff - Hening [25].
8. Pomocí tohoto kritéria určíme případné zbloudilé rány, které případně vyloučíme.

Tento jednoduchý postup a parametry daného základního souboru nám postačují k určení všech základních charakteristik tohoto souboru a k následnému rozboru přesnosti střelby. V případě střelby za stejných podmínek ve více sériích můžeme tyto série sloučit do jednoho základního souboru, jednu sérii pak považujeme za výběrový soubor.

5.2 Účinnosti střelby

Druhým faktorem úspěšné střelby je požadovaná destrukce cíle, nebo ulovení zvířete, tedy její účinnost. Toto platí jak pro střelbu v lovecké praxi, v sebeobraně, nebo při vojenské a

policejní střelbě. Pokud dojde k zasažení cíle, ale požadovaný účinek se nedostaví, neměla střelba ani tak velký smysl. Jedinou výjimkou v tomto ohledu je sportovní střelba, kde je primárním smyslem dosažená přesnost střelby, tedy bodové hodnocení a požadovaný účinek se omezuje na jasně viditelné a ohraničené označení místa dopadu střely v cíli.

5.2.1 Vývoj hodnocení účinnosti

Ač by se mohlo zdát, že hodnocení účinnosti střelby bude jednoduchou záležitostí podle vhodně zvoleného matematického modelu, opak je pravdou. Prvotní neúspěšné pokusy o porovnání účinnosti vycházely z hodnocení hybnosti střely. Podle vzorce hybnosti,

$$p = m \cdot v \quad [\text{kg.m.s}^{-1}] \quad (24)$$

můžeme snadno vypočítat, že střela ráže 404 Jeffery, o hmotnosti 29,2 g s úst'ovou energií 6 260 J, používaná správou řady afrických národních parků a rezervací k případnému odstřelu nejvitálnějších druhů africké zvěře (jako je buvol, hroch, nosorožec, slon), disponuje hybností 19,1 kg.m.s⁻¹, což je srovnatelné s pádem závaží od hmotnosti přibližně 19 kg při rychlosti 10 m.s⁻¹.

Z hybnosti vycházely i další modely hodnocení, jako je Hatcherova metoda „Relative Stopping Power“ z roku 1935, respektive Taylorův „KO Faktor“ z roku 1948 [26], dodnes někdy okrajově používaný pro srovnání těžkých tropických ráží.

Na základě testů účinnosti policejních zbraní v 70. letech byl definován další, tentokrát velmi sofistikovaný počítačový model „Relative Incapacitation Index“ [27], leč vzhledem ke sporným výsledkům při porovnání některých ráží se stal terčem kritiky a bouřlivé diskuze odborné veřejnosti. V reakci na předchozí studie potom publikoval E. A. Matunas v roce 1984 svoji metodu „Power Index Rating“, při jejímž výpočtu ovšem použil subjektivní koeficient ráže, a ani tato se nedočkala dalšího rozšíření. Další rozsáhlou studii potom provedli v 90. letech v USA badatelé E.P. Marshall a E.J. Sanow [28] na základě terénního zkoumání případů použití palných zbraní policejními sbory, ale ani tyto pravděpodobnostní výsledky nebyly dostatečně vypovídající a nedočkaly se dalšího rozšíření.

5.2.2 Současné metody hodnocení účinnosti střeliva

Jak vyplývá z výše uvedeného, přes pokračující studie prováděné především federálními úřady USA, neexistuje do současné doby žádný odbornou veřejností uznávaný model hodnocení účinnosti, kterým by bylo možné provádět objektivní srovnání ráží a jednotlivých střel, a srovnání velikosti dopadové energie má pouze velmi omezenou vypovídací hodno-

tu. Proto se dnes používají pro popis a hodnocení účinnosti jednotlivých střel a ráží metody založené na postřelování náhradních materiálů, jako je balistická želatina a balistické mýdlo. Hlavními parametry těchto materiálů je vytvoření dočasné kavity (kaverny), tedy dutiny vzniklé dočasně při průletu střely tkání. Tkáň se vlivem hydrodynamického šoku při současném pulzování roztáhne, celá tato oblast je poškozena a zbavena původních funkčních vlastností. Poté se tkáň opět stáhne, a vzniká tzv. trvalá kavita. Tato obsahuje tzv. radiální trhliny, tedy místa, kde je tkáň roztrhána působením hydrodynamického šoku. Vyřazení funkčních vlastností zasažené oblasti tkání přetrvává a následuje smrt, pokud vzniklé poranění zasáhlo životně důležité tkáně.

Dřívější experimenty probíhaly také s dalšími materiály, jako je hrnčířská hlína, plastelína, nebo směs petrolátu s parafinem (PP 75/25) [29]. Tyto materiály však nelze dnes doporučit z následujících důvodů. Hrnčířská hlína je materiál velmi levný, jejím hlavním nedostatkem je nehomogenost a velmi obtížná reprodukovatelnost experimentu vzhledem k jejímu vysychání a následné změně vlastností. Také její vlastnosti nemají nic společného s vlastností tkání savců. Je tedy použitelná pouze k zobrazení dočasné kavity při průstřelu. Obdobnými nedostatky trpí také plastelína, mimo tendenci k vysychání, a hodí se opět pouze na vytvoření dočasné kaverny. Se směsí petrolátu s parafinem se experimentovalo v České Republice dříve, dokonce v roce 1984 byla vytvořena ve VVU ZVS Brno metodika na její použití [30]. Dnes již se tento materiál používá omezeně, vzhledem k nekompatibilitě výsledků (délka dráhy střely, rozměry dutiny apod.) s materiály standardně používanými v západních zemích, tedy balistickou želatinou a glycerinovým mýdlem.

5.2.3 Balistická želatina

Balistická želatina je materiál blížící se svými vlastnostmi k vlastnostem živých tkání, jako je svalovina nebo vnitřní orgány. Je téměř čirá, hodí se tedy i ke snímání záběrů rychloběžnou kamerou. Po výstřelu zobrazuje trvalou kavitu, kterou je možno barvit pro větší transparentnost výsledku. Želatinu je možné dále řezat a měřit rozměry trvalé kavity. Její nevýhodou je omezená skladovatelnost po zhotovení (po určité době začne kvasit) a nutnost temperování na potřebnou teplotu. Dále její specifika budou probrána v praktické části. Dnes je již dostupná i syntetická želatina, která tyto nedostatky odstraňuje.

5.2.4 Balistické mýdlo

Balistické mýdlo se používá pro zachycení tvaru a velikosti dočasné dutiny. Je neprůhledné, k fotografování tedy není vhodné. Dutina takto zachycená je tvarově stálá, je možné tedy měřit její objem vyplněním vodou. Mýdlo je možné dále řezat a měřit rozměry a tvar dočasné dutiny. Je stálé a dlouhodobě skladovatelné, použitelné za pokojové teploty.



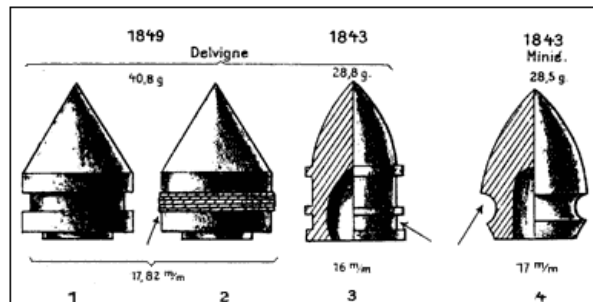
Obrázek 18 Trvalá kavita v balistickém mýdle

5.3 Konstrukce střel

Samotná konstrukce střely a její tvar mají zásadní vliv na její vlastnosti a přeneseně i na její účinek na cíl. V současnosti existuje nepřehledné množství výrobních konstrukcí, samotných střel a munice určené pro specifické účely dle požadavků určení a charakteristiky cíle.

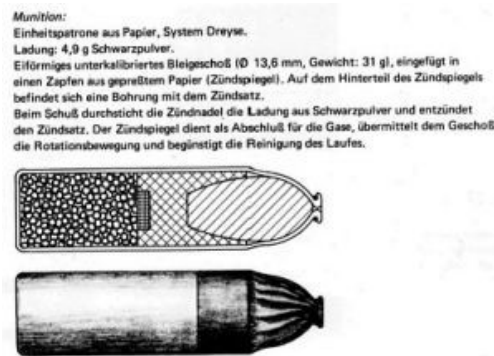
5.3.1 Historický vývoj střel

Historický vývoj palných zbraní a střel probíhal dle technologických možností a požadavků své doby. První střely používané do palných zbraní byly kamenné, poté následovaly střely železné. Můžeme se jen domnívat, že zhruba ve 13. Století, nejpozději ve 14. Století se jako materiál začíná používat olovo. Jediným tvarem v té době technologicky možným z hlediska nabíjení byla koule. Teprve dlouho po objevu a rozvoji drážkovaných hlavní (přímé drážky jsou známy z období okolo r. 1500 [31], spirálové drážky se objevily poprvé v 2. pol. 16. století), zhruba v období vzniku perkusní zápalky (cca 1814 - 1822) se okolo roku 1830 objevuje první válcová střela konceptu francouzského kapitána Delvigneho. Tato střela byla současně kompresní, o něco později pak zdokonalená Thouveninem a Miniém [32].



Obrázek 19 Střely konstrukce Delvigne a Minié

Další vývoj směřoval k vývoji jednotných nábojů pro nabíjení zadní komorou, kde odpadá pomalý a pracný postup nabíjení předovek. Mezi nejznámější konstrukce patří Dreyse, Maynard a další, které využívaly olovené střely různých tvarů a papírové nábojnice.



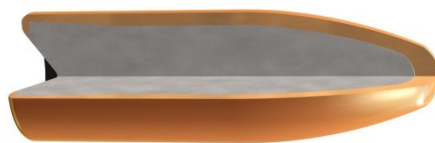
Obrázek 20 Náboj pro systém Dreyse

Teprve pozdější technologický rozvoj umožnil používání měděných nebo mosazných nábojnic, tak jak jsou používány dnes. Mezikrokem lze nazvat střely s papírovým límečkem, jehož funkce spočívala v utěsnění střely ve vývrtu a mazání drážek.

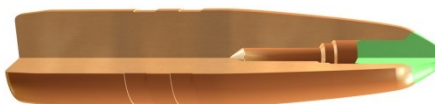
5.3.2 Současné typy střel

V současné době se pro střelbu z ručních palných zbraní používá několik základních typů konstrukcí střel:

- Celoplášťová střela - olovené jádro s tombakovým pláštěm, nedeformuje se
- Poloplášťová střela - olovené jádro s tombakovým pláštěm, rychlá deformace střely
- Celooložená střela
- Monolitická střela – celoměděná nebo zinková střela bez pláště
- Hromadná broková střela – střela tvořená olovenými nebo zinkovými broky
- Jednotná střela pro brokovnice
- Speciální střely pro lovecké účely (zinková s pláštěm, slinutá ocelová s pláštěm)
- Speciální střely pro vojenské účely (průbojné, zápalné, svítící, šípové apod.)



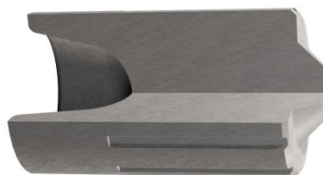
Obrázek 21 Řez celoplášťovou střelou



Obrázek 22 Řez monolitickou střelou

5.3.3 Střelivo pro sportovní střelbu

Sportovní střelba jako soutěžní disciplína se omezuje svými požadavky na účinnost pouze na jasné zhodnocení přesnosti střelby. Z tohoto ohledu je pouze požadováno, aby střela nedopadala na terč na plocho a aby místo dopadu bylo pokud možno jasně viditelné pro snadné a nezpochybnitelné odečtení výsledku střelby. Dopad střely naplocho lze v zásadě eliminovat vhodným výběrem zbraně a střeliva pro danou disciplínu, kde dojde k požadované stabilizaci střely při výstřelu, proto se tímto není třeba dále zcela zabývat. Kriterium jasného ohraničení místa dopadu je již lehce protichůdný požadavek a očekávanou přesností, protože nejlépe toto kriterium splňují střely s maximálně plochou přední částí, resp. Střely s jasně vymezenou hranou na přední části. Pro některé sportovní disciplíny (velkorážová pistole) je proto používáno střelivo se střelou „Wad Cutter“, a naprosto vyhovující výsledky v tomto ohledu vykazuje střelivo 22 LR, které svojí konstrukcí a tvarem poskytuje jednak mimořádnou přesnost a současně díky zřetelné hraně na obvodu střely jasně ohraničené místo zásahu v papírovém terči.



Obrázek 23 Řez olověnou střelou Wad Cutter



Obrázek 24 Náboj 22 Long Rifle

Při sportovní střelbě z velkorážových kulovnic je situace značně odlišná. Z hlediska jasné odečitelnosti výsledku by byly opět nejlepší střely s ostrou hranou na přední části, skutečností ovšem je, že tento typ střely ale neposkytuje pro sportovní střelbu dostatečnou balistickou charakteristiku, a jeho přesnost není tedy pro tyto sportovní účely vyhovující. Sportovní střelba z velkorážových kulovnic na dlouhé vzdálenosti (Odstřelovačské disciplíny) je potom velmi specifickou kapitolou sportu, kde je vše bezvýhradně podřízeno souhře celku zbraň – munice – střelec, a kde výlučným parametrem pro výběr střel je výše balistického koeficientu BC (vyšší BC znamená lepší balistickou charakteristiku a přesnost), váha střely a skutečnost, jakou daná střela poskytuje přesnost v konkrétní zbrani. Ne vždy ale platí, že maximální BC poskytuje nejlepší výsledky v dané zbrani. Střely mnohdy mají dutou špičku, což jednak příznivě ovlivňuje letovou charakteristiku, a dále urychluje deformaci a zastavení střely po dopadu na cíl.



Obrázek 25 Řez střelou Lapua Scenar - L

Na druhou stranu pro některé disciplíny (praktická střelba dle IPSC, padací ocelové terče, biatlon apod.) nejsou výše uvedené požadavky nijak limitující, a odpovídající je jakékoli střelivo s adekvátní přesností při dodržení parametrů zbraně dle pravidel dané disciplíny.

5.3.4 Náboje pro obranou střelbu

Základním cílem při obranné střelbě je maximálně rychlá eliminace útočníka, z etického hlediska bez jeho usmrcení. Mnohdy se k tomuto ještě přidružuje požadavek na minimální ohrožení dalších osob v okolí. Z tohoto důvodu je v zahraničí na trhu celá řada střel speciálně konstruovaných pro tyto účely, v české republice ale je situace mnohem prozaičtější. Tyto speciální konstrukce střel dosahují jistého stupně deformace střely, sloužícího k co

nejrychlejšímu předání maximální energie v cíli a vytvoření šokového efektu pokud možno bez zbytečné devastace tkání lidského organismu. V mnohých zemích, např. USA je ale kladen maximální důraz na eliminaci útočnicka a potenciální následky střelného poranění jsou zcela vedlejší.



Obrázek 26 Náboj 9 mm Luger se střelou Speer Gold Dot

Existují i další konstrukce obranných střel používaných např. na americkém kontinentě, obsahují ve přední části měkký polymer, překrytý tombakovým pláštěm s prolisy, který zajišťuje rychlou deformaci střely při zásahu pevné překážky, čímž se minimalizuje možnost prostřelení dřevěných konstrukcí budov a tím se snižuje riziko ohrožení dalších osob.



Obrázek 27 Střela Federal Guard Dog

V České republice je výběr střel a munice pro obranu soukromých osob a majetku mnohem jednodušší, protože Zákon o zbraních č. 119/2002 Sb., paragraf 4 a 9, výslovně zakazuje do zbraní kategorie B použití střeliva, které jakkoli zvyšuje ranivý účinek. Jinými slovy z tohoto požadavku vyplývá, že výběr munice do pistolí a revolverů se omezuje na střelivo s celoplášťovou střelou, respektive se střelou celoolověnou. Jiná situace nastává při obraně dlouhými střelnými zbraněmi, jako je kulovnice nebo brokovnice, zde zákon nespécifikuje žádné další požadavky.

5.3.5 Lovecké náboje

Pro lovecké nasazení se používá celosvětově několik základních druhů nábojů a typů střel dle typu a velikosti zvěře. Pro lov zvěře pernaté a malé se používají převážně brokovnice

s brokovými náboji. Pro naháňky na černou zvěř [33](divoké prase) se potom do těchto zbraní používá jednotná střela.



Obrázek 28 Řez brokovým nábojem



Obrázek 29 Jednotná střela pro brokovnice

Lovecké kulovnice odpovídající ráže se potom používají k lovu ostatních druhů zvěře, jako je zvěř spárkatá, šelmy, sudokopytníci a další, dále k lovu malé škodné zvěře a zvěře trofejové. V převážné většině se pro kulovnice uplatňují střely poloplášťové, jejichž konstrukce napomáhá rychlému rozkladu střely v těle zvěře a přenosu energie, která zajistí rychlé a „humánní“ usmrcení zvěře.



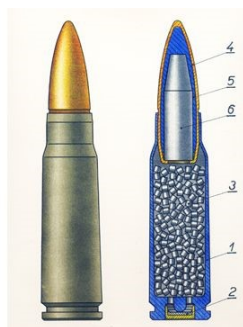
Obrázek 30 Řez poloplášťovou střelou

Pouze v omezených případech se uplatňují střely celoplastové, sloužící k lovu zvěře trofejové, kde svým hladkým průstřelem nepoškozují kožešinu nebo trofej. Samostatnou kapitolou jsou specifické provedení celoplastových střel velkých tropických ráží, sloužící k lovu mimořádně velké tropické zvěře (velká pětka, hroch, apod.), kde je nutná hluboká penetrace silnou kůží a robustním skeletem.

V poslední době se ve vyspělých zemích výrazně prosazuje trend monolitických střel deformující se konstrukce nebo jiné střely bez použití olova, které má toxické účinky v půdě a vodních zdrojích.

5.3.6 Munice pro policejní sbory

Na zbraně a munici určenou pro použití v ozbrojených složkách se vztahuje výjimka z výše uvedeného Zákona o zbraních č. 119/2002 Sb., proto lze říci, že tyto si vybírají munici určenou primárně dle svých specifických potřeb. Běžný policista je vybaven pistolí se střelivem s celoplášťovou strelou, která se hodí k univerzálnímu použití. Speciální složky Policie ČR mohou pak být vybaveny speciálními druhy munice, jako je střelivo s poloplášťovou strelou, průbojné střelivo s ocelovým jádrem a další.



Obrázek 31 Náboj s ocelovým jádrem

5.3.7 Armádní munice

Pro zbraně a munici určenou pro použití v armádě platí, že základní limitující úmlouvou je Haagská konference z roku 1899. Tato mírová úmluva se sestává ze tří úmluv a tří deklarací, z nichž deklarace IV, 3 hovoří o „zákazu používání projektilů se zvýšeným ranivým účinkem v průběhu jakékoliv války mezi signatářskými mocnostmi. Mezi tyto střely se řadí projektily s měkkou špičkou, s dutou špičkou nebo střel s explozivní náplní (tzv. "Dum Dum")“ [34]. Zde si povšimněme „fenoménu Dum Dum“, kdy málokdo z laické veřejnosti si uvědomuje, že se nejedná o nic jiného, než současné poloplášťové střely. Zákon o zbraních č. 119/2002 Sb. se na střelivo pro armádní použití nevztahuje, armáda tedy naopak smí používat jakékoli typy střel do ručních palných zbraní, mimo střely poloplášťové. Současný vývoj zbraní a munice v této oblasti vede k používání k vysoce nestabilních mikrorážových střel (např. ruský náboj 5,45x39, nebo 4,6x30 PWD vyvinutý zbrojovkou H&K), jejichž použití zaručuje značnou devastaci tkání i v celoplášťovém provedení.

II. PRAKTICKÁ ČÁST

6 CÍL HODNOCENÍ NÁBOJŮ

V současné době existuje obrovský výběr zbraní a munice určené pro lovecké použití, co se týká ráží, samotných nábojů, typů a konstrukcí střel. K dispozici jsou na trhu téměř všechny ráže, kterými se dnes v současnosti zbraně komorují. Dále je možné se v případě specifických požadavků obrátit na puškaře, kteří jsou schopni dnes zakázkové výroby na úrovni přesahující mnohdy možnosti hromadné výroby. V praxi tedy může střelec dnes získat prakticky libovolnou zbraň, jakékoli ráže a případně v individuálním provedení.

V praktické části této práce jsem se rozhodl zaměřit se na praktické měření a testování vybraných loveckých kulových nábojů ve zvolené ráži. V první části jsem se zabýval měřením přesnosti výrobních provedení a měřením dosažené přesnosti a míry rozptylu při praktické střelbě. Následující část potom tvoří posouzení účinnosti zvolených střel a jejich testování v balistické želatině.

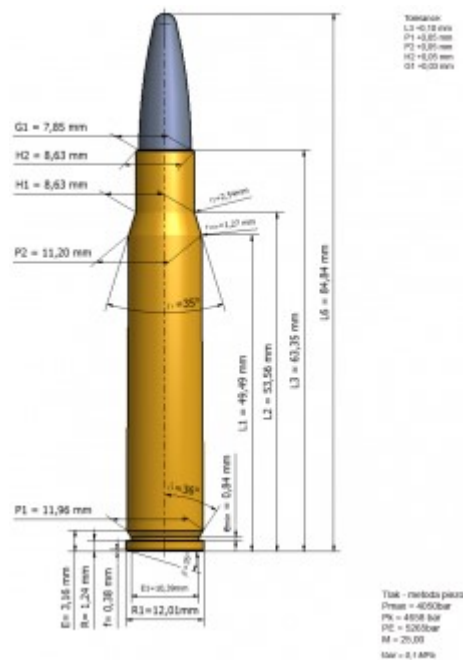
6.1 Výběr ráže a zbraně

Výše uvedená dostupnost loveckých ráží ale bohužel vede v současnosti ke zcela zbytečné nekritičnosti mnoha střelců právě ve výběru ráže zbraně. Zejména mladí střelci požadují zbytečně rychlé a výkonné ráže. To často vede potom ke zklamání ze střeleckých výsledků, protože tyto ráže mají adekvátně velký zpětný ráz, a o to složitější je pro střelce udržet požadovanou přesnost střelby. V praxi totiž většinou platí, že jakmile jednou zbraň ne zcela zkušenému střelci „nakope“, ztrácí pak ve zbraň důvěru, začne se bát výstřelu, strhává spoušť a kumuluje další střelecké chyby, v důsledku čehož se pak střelecké výsledky se rapidně zhoršují.

6.1.1 Popis ráže 30 – 06 Springfield

Pro účely praktické části této práce jsem si vybral loveckou ráži 30 - 06 Springfield, která je dnes považována za jednu z nejuniverzálnějších loveckých ráží. Tato ráže vznikla původně jako vojenská a byla zavedena v roce 1906 pro vojenskou pušku Springfield 1903 v USA. Náboj vznikl úpravami původní ráže 30 – 03 nepatrným zkrácením nábojnice, použitím lehčí a špičaté střely, a zvýšením rychlosti střely a výkonu [35]. Velmi záhy se po svém zavedení v armádě začala tato ráže používat i jako lovecká, v USA se touto ráží začaly komorovat civilní a lovecké zbraně již v roce 1908 a pro jeho popularitu se brzy začal

používat i v Evropě. Armáda USA tento náboj používala v průběhu bojů 1. světové války, v roce 1940 pak byl osazen lehčí střelou a takto jej používala se i během 2. světové války. Armádní provedení se vyrábělo ve všech provedeních střel pro vojenské použití, včetně střel svítících, zápalných, průbojných, zaměřovacích, výbušných a dalších, celkem je známo 43 vojenských modifikací. Z výzbroje byl vyřazen v roce 1954, kdy byl nahrazen z něj odvozenou ráží 308 Win.



Obrázek 32 Normalizované rozměry CIP náboje 30 – 06 Springfield

Mezi loveckou veřejností USA je tento náboj natolik populární, že se jím poměřují ostatní ráže. V Evropě byl dlouhou dobu částečně ve stínu původních evropských ráží 8x57JS a 7x64, zhruba v 90. letech minulého století jeho popularita i zde vzrostla natolik, že se stal jedním ze standardů a dnes již předstihl v oblíbenosti i tyto původní ráže. Postupně začal zastarávat v konkurenci novějších ráží, jako je 300Win. Mag., 6,5x55SE apod., přesto je stále jednou z nekomorovanějších ráží.

Náboj 30 - 06 Springfield používal jako oblíbený i jeden z nestorů světové literatury a vášnivý lovec Ernest Hemingway a několikrát tento náboj zmiňuje ve své knize Zelené pahorky africké. Tento spisovatel jej používal pro lov prakticky veškeré trofejové zvěře, dokonce včetně nosorožce.

Náboj je vyráběn všemi světovými muničkami bez výjimky, a je osazován absolutně největším počtem loveckých střel ze všech nábojů na světě. Jeho variabilitu pro lovecké pou-

žití tak dohání pouze náboj 308 Win., který jej zcela překonal v oblasti sportovní střelby, protože je daleko přesnější.

Průměr vývrtnu hlavně pro tuto ráži je $.308''$, tedy 7,62 mm, rozmezí hmotnosti střel standardně od 100 gr po 220 gr, v gramech tedy 6,48 g – 14,3 g. V některých případech lze nalézt i lehčí a těžší laborace. V oblasti střelectví a hlavně přebíjení nábojů se často používají jednotky imperiální na místo klasických metrických (převod 1gr = 0,065g). Všichni světoví výrobci střeliva pak popisují náboje i komponenty obojím značením. Úst'ová rychlost střel se pohybuje obvykle v rozmezí $770 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ pro těžké střely až po $930 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ pro nejlehčí střely. Střela pak disponuje energií na ústí 2800 J – 4200 J od nejlehčích po nejtěžší laborace.

Tuto ráži jsem tedy zvolil z následujících důvodů:

- Univerzálnost pro odstřel škodné, středně těžkou a těžkou zvěř
- Celosvětová rozšířenost a dostupnost
- Největší dostupný výběr střel
- Velmi dobrá balistika umožňující střelbu na vzdálenosti až 300 m
- Snadná aplikace výsledků účinnosti i na další ráže
- Možnost přebíjení nábojů
- Bezproblémově zvládnutelný zpětný ráz při střelbě
- Vlastním zbraň v této ráži

6.1.2 Výběr zbraně

Pro účely praktického testování jsem zvolil klasickou opakovací kulovnici z německé produkce Sauer, model Sauer 200. Zbrojovka Sauer je uznávaná produkcí velmi kvalitních hlavních a technologickým zpracováním zbraní na vysoké úrovni. Tyto zbraně jsou vysoce ceněny na celém evropském kontinentě a jako jedna z předních značek si drží stabilně velmi vysokou cenu. Modely Sauer 200 a 202 navíc disponují výměnnými hlavními, které lze jednoduše vyměnit uživatelem během dvou minut.

Zbraň Sauer 200 použitá pro testování měla následující parametry:

- Celooceľové levé provedení (jsem levák)
- Volně ložená hlaveň ráže 30 – 06 Spring. o délce 56 cm
- Laděná spoušť s odporem 12 N
- Osazena puškohledem Swarovski Z6i 2-12x50

- Celková váha včetně montáže a puškohledu 3 685 g



Obrázek 33 Kulovnice Sauer 200

Přestože jsem měl možnost použít pro účely této práce několik dalších zbraní, jako je Browning BAR, CZ 550, Blaser 93, kulovnici Sauer 200 jsem se nakonec rozhodnul použít z následujících důvodů:

- Přesná volně ložená hlaveň
- Stabilní chování při střelbě
- Levé provedení

6.2 Výběr střel

Mimo to dostupný výběr samotných střel do jednotlivých výrobců pro jednotlivé ráže je tak velký, že velká většina spotřebitelů se v něm naprosto neorientuje, což často vede k nesprávnému výběru typu a váhy střely pro daný druh lovu nebo zvěře. Mnohdy je tedy nesprávný výběr střely pro lovce velkým zklamáním, což často vede k odmítnutí dalších nábojů daného výrobce, někdy i zavržení dané ráže. Přitom slovy klasika „Neexistuje špatná ráže, je jen špatný výběr munice“. Samozřejmě je nutné, aby zvolená ráže disponovala dostatečnou energií pro určitou skupinu zvěře dle hmotnosti a vitálnosti zvěře. Obecně totiž v zásadě platí, že čím větší hmotnost zvěře, tím je i mohutnější konstrukce těla a často tím větší vitalita. Výjimku v tomto představuje zvěř africká, která je daleko vitálnější a tvrdší na ránu, než jakákoli zvěř evropská nebo severoamerická při srovnatelné hmotnosti.

Proto jsem se v této práci rozhodnul orientovat se na porovnání naprosto rozdílných typů střel ve zvolené ráži, u kterých lze očekávat při loveckém použití zcela jiné výsledky jak po stránce přesnosti, ale především po stránce účinnosti. Jedním z cílů této práce bylo i mimo jiné prokázat, že do této relativně těžší ráže lze úspěšně laborovat velmi lehké střely

klasické konstrukce, které umožní i lov v hustě obydlených a zastavěných oblastech bez rizika ohrožení dalších osob nebo majetku, jak bude popsáno dále.

Tabulka v Příloze P1 zobrazuje všechny lovecké nebo pro lov použitelné střely, respektive náboje všech stávajících muniček na světě vyráběné v průměru .308. Nejsou zde zahrnuty vyloženě sportovní střely a vojenské střely. Dále zde není zahrnuto, pokud daný výrobce laboruje náboje několika rozdílnými hmotnostmi stejných střel, což je u většiny výrobců a oblíbených typů střel častý jev. Na druhou stranu, někteří výrobci laborují nejen svoje vlastní střely, ale i střely některých jiných nezávislých výrobců střel. Celkově je z tabulky patrné, že celosvětová produkce loveckých nábojů zahrnuje více než 160 typů střel nebo nábojů pro diametr 308. Pokud bychom započítali i střely rozdílných hmotností, bude jich více než 200 a to jen v loveckém provedení.

6.2.1 Cíle praktického testu

Otestovat takové množství střel je prakticky naprosto nemožné, a nikdo se o to doposud ani nepokusil. Lze říci, že testy loveckého střeliva provádějí celosvětově prakticky pouze 2 skupiny subjektů:

- Výrobci munice, kteří srovnávají pouze vlastní výrobky
- Periodika zaměřená na lov a střelectví, když jen velmi omezeně

Zde si nemohu odpustit poznámku, že v České republice se u jednoho periodika tohoto typu rozšířil značný nešvar porovnávat výrobky, jako jsou lovecké zbraně a munice, na zakázku určitého výrobce. Výsledkem jsou většinou oslavné ódy na tohoto výrobce, ale nikdy jsem osobně neviděl žádný skutečný srovnávací test.

Osobně jsem se při výběru střel pro praktické otestování rozhodoval tím způsobem, že jsem vycházel z cílů této práce a současně jsem musel respektovat technická a další omezení, která jsem při tom měl.

Cílem práce tedy bylo:

1. Ukázat rozdílné chování střel různých konstrukcí v náhradním materiálu jako je balistická želatina.
2. Pokusit se prokázat možnost používání některých typů střel pro potřeby lovu v zastavěných oblastech s minimálním rizikem potenciálního ohrožení dalších objektů.
3. Porovnat přesnost při střelbě a zjistit, jaké budou mít vliv případné rozdíly v přesnosti při lovecké praxi.

Z tohoto důvodu jsem rozdělil praktickou část na dva pomyslné bloky, které si vyžádaly samostatné testování při střelbě i rozdílné podmínky:

1. Přesná střelba na vzdálenost 100 m, získání nástřelu pro každý typ střely a jeho statistické hodnocení
2. Praktická střelba do bloku balistické želatiny na vzdálenost 25 m, popis a hodnocení účinnosti

Jak již jsem výše uvedl, při zpracovávání této práce jsem se musel řídit i jistými omezeními:

- K dispozici byla střelnice pouze na vzdálenost max. 100 m
- Nikdo v mém okolí neměl praktickou zkušenost s přípravou ani spotřebou balistické želatiny pro jednotlivé testy
- Finanční a časové náklady na přípravu jednoho bloku balistické želatiny jsou poměrně vysoké

6.2.2 Zásady výběru

Z důvodu vlastních preferencí jsem se zaměřil výhradně na střely určené pro lovecké použití. Konkrétní výběr střel pro účely zkoušení a testování v této práci tedy probíhaly následujícím způsobem:

1. Vybrat střely zcela rozdílných konstrukcí – pokud možno všechny, nebo většinu existujících konstrukcí
2. Použít maximálně obdobné hmotnosti střel, pokud je to možné
3. Z pohledu technických omezení bylo možno provést pouze 4 – 5 vstřelů do balistické želatiny

6.2.3 Střely běžné poloplášťové konstrukce

Klasická poloplášťová konstrukce loveckých střel je stále nejčastěji používaná. Střely se mohou lišit tvrdostí (legováním) použitého olova jádra. Jádro není nijak spojeno s pláštěm, který může být z tombaku nebo měkkého železa. Plášť může mít různou tvrdost a tloušťku. Obyčejné střely mají konstantní tloušťku. Výrobní proces je jednoduchý a střely jsou obvykle levné.

Jako zástupce této kategorie jsem vybral střelu výrobce Sellier&Bellot SPCE 180 gr, mezi českými myslivci nazývanou „Střela se střížnou hranou“. Tato je v České republice ne-

smírně populární a oblíbená. Cena samotné střely je cca 6 Kč, použity byly standardní náboje z produkce Sellier&Bellot.



Obrázek 34 Řez střelou S&B SPCE

6.2.4 Střely „bondované“

Poloplášťová lovecká střela je vylepšena zásadním způsobem pomocí „bondování“, kdy je materiál jádra střely, tedy olova neoddělitelně spojen s pláštěm, obvykle tombakovým. Plášť těchto střel má různou tloušťku na různých místech, aby se dosáhlo optimálního procesu deformace střely i po zásahu kostí bez oddělení jádra od pláště. Střela může mít plastovou špičku na zlepšení BC a snížení rizika poškození střely při nabíjení. Výrobní proces je složitý a cena je poměrně vysoká.

Jako „bondovanou“ střelu jsem použil střelu výrobce Hornady InterBond 165 gr, střela má dle materiálů výrobce proměnnou tloušťku pláště a plastovou špičku, zbytková hmotnost by měla dosáhnout 90 % a více. O používání těchto střel se u nás zatím dost mluví, širšímu rozšíření brání vysoká cena střely (cca 23 Kč).



Obrázek 35 Řez střelou Hornady InterBond

6.2.5 Monolitické střely

Monolitická lovecká střela je vyrobena z jednoho kusu materiálu, většinou mědi. Měď může být legována dalšími prvky, aby se dosáhlo ideální tvrdosti a deformace střely v těle zvěře. Střela nefragmentuje ani po zásahu silných kostí a může mít plastovou špičku na zlepšení BC, nebo zlepšení procesu deformace. Vyrábí se soustružením z měděných tyčí a cena střely je velmi vysoká.

Pro testování jsem se rozhodl vybrat střelu od výrobce Barnes označenou jako TTSX 165 gr, střela má plastovou špičku, její zbytková hmotnost by měla dosahovat minimálně 99 %. V české republice se tyto střely používají jen okrajově, především pro lov trofejové zvěře. Cena střely je vyšší než cena běžného celého náboje (cca 36 Kč).



Obrázek 36 Řez střelou Barnes TTSX

6.2.6 Poloplášťové extrémně měkké střely

Typově poloplášťová lovecká střela je navržena tak, aby docházelo k okamžité expanzi střely a deformaci do ideálního hřibovitého tvaru i při zásahu výhradně měkkých tkání. Velmi tenký plášť střely může mít různou tloušťku na různých místech a prolisy pláště, které mají napomáhat udržení pláště a jádra střely pohromadě i po zásahu tvrdých kostí. Střela může mít plastovou špičku na zlepšení BC a snížení rizika poškození střely při nabíjení. U tohoto typu střel lze očekávat masivní poškození zvěřiny. Výrobní proces je relativně jednoduchý a střely nejsou příliš nákladné.

Do této kategorie jsem použil konstrukci Hornady pod označením SST 165 gr, střela má dle materiálů výrobce proměnnou tloušťku pláště, prolisy pláště a plastovou špičku, o zbytkové hmotnosti výrobce nehovoří. Střela je velmi oblíbená v USA, u nás se používá jen omezeně, cena je průměrná (cca 13 Kč).



Obrázek 37 Řez střelou Hornady SST

6.2.7 Varmint střely

Lovecké střely pod označením Varmint jsou konstruovány na odstřel menší škodné zvěře. Střely se konstruují tak, aby nastala okamžitá expanze střely po zásahu a usmrcení zvěře při zásahu jen měkkých tkání. Velmi tenký plášť střely má konstantní tloušťku bez prolisů pláště, oddělení pláště a jádra střely zde není podstatné. Střela může mít plastovou špičku na zlepšení BC a urychlení deformace střely. U tohoto typu střel není poškození zvěřiny podstatné. Výrobní proces je co nejjednodušší a střely jsou levné.

V kategorii Varmint se pro tuto ráži mnoho střel nevyrobí, proto jsem použil střelu Hornady označenou jako SJ 100 gr. Ani tak střela není primárně určena pro ráži 30 – 06 Sprg. Střela je maximálně jednoduché konstrukce, plášť kryje olověné jádro jen částečně. Zbytková hmotnost není důležitá. Střela se v Čechách prakticky nepoužívá, cena je nízká (cca 6,5 Kč).



Obrázek 38 Střela Hornady SJ

Celkové charakteristiky jednotlivých střel dle údajů z katalogů výrobců ukazuje tabulka:

Udávané charakteristiky testovaných střel

Tabulka 4 Udávané charakteristiky testovaných střel

Střela	Výrobce	Hmotnost v gr.	Hmotnost v g	BC	Zbytková hmotnost	Oddělení jádra a pláště	Přesnost	Rychlost deformace	Poškození zvěřiny
SPCE	Sellier&Bellot	180	11,7	0,335	Neuvádí	Dle zásahu	Malá	Střední	Střední
Interbond	Hornady	165	10,7	0,447	90%	NE	Velká	Rychlá	Střední
TTSX	Barnes	165	10,7	0,442	99%	NE	Střední	Pomalá	Malé
SST	Hornady	165	10,7	0,447	Neuvádí	Dle zásahu	Velká	Velmi rychlá	Velké
SJ	Hornady	100	6,5	0,152	Neuvádí	Dle zásahu	Velká	Rychlá	Velké

Mimo tyto výše uvedené typy střel se lze setkat typově ještě se střelami fragmentujícími, se střelami dvoujadernými a dalšími. Střely dvoujaderné se chovají jako velmi kvalitní střely fragmentující nebo poloplášťové podle konstrukce. Střelu fragmentující jsem bohužel jednoduše nezahrnul z důvodu omezeného množství náhradního materiálu, tedy balistické želatiny pro další testy.

6.2.8 Provedení hotových nábojů

Do praktické ho testu jsem použil jeden hotový náboj sériové produkce a 4 druhy nábojů vlastní výroby. Přebíjení nábojů je totiž dnes běžnou činností, která má následující výhody:

- Možnost přizpůsobení rychlosti střely
- Možnost vyladění rozptylu střelby dle precize a velikosti dávky střelného prachu
- Větší výběr střel pro přebíjení než u finální produkce
- Levnější než sériová produkce

Charakteristiky jednotlivých nábojů ukazuje následující tabulka:

Tabulka 5 Základní charakteristiky hotových nábojů [36]

Střela	Výrobce	Hmotnost v gr.	Produkce	Navážka střel. prachu v gr	Typ střelného prachu	Vypočtená rychlost v
SPCE	Sellier&Bellot	180	Sellier&Bellot	50,3	neznámý	800
Interbond	Hornady	165	vlastní	56,9	Reload Swiss RS62	818
TTSX	Barnes	165	vlastní	55,0	Reload Swiss RS62	818
SST	Hornady	165	vlastní	57,1	Reload Swiss RS62	818
SJ	Hornady	100	vlastní	49,0	Vectan SP7	889

Mimo tovární střelivo Sellier&Bellot byly pro všechny náboje použity nábojnice Geco a zápalky Sellier&Bellot 5,3 mm LR Boxer tak, aby byla zajištěna srovnatelnost výsledků.

7 STATISTICKÉ HODNOCENÍ PŘESNOSTI

Pro statistické hodnocení přesnosti jsem provedl střelbu všemi testovanými typy střel na vzdálenost 100 m na střelnici v Pozdřechově. Delší střelnice nebyla bohužel pro účel tohoto testu k dispozici, mimo to se přesnost loveckých zbraní poměřuje právě na tuto vzdálenost.

7.1 Průběh střelby

Praktická střelba proběhla ve dnech 20. 5. až 21. 5. 2017 v odpoledních hodinách, za teploty cca 20 °C a úplného bezvětří. Střílel jsem s oporou zbraně ve dvou bodech vsedě tak, aby byly zajištěny optimální podmínky a přesnost střelby.



Obrázek 39 Střelecké stanoviště



Obrázek 40 Umístění terčů

Pro střelbu jsem použil firemní terče Norma, které mají bílý střed a díky tomu je přesně vidět umístění záměrné osnovy. Pro míření byla zbraň osazena puškohledem s nastaveným zvětšením 12x.



Obrázek 41 Terče po odstřelení

Střelba proběhla ve dvou dnech v následujícím pořadí:

1. Náboje se střelou Hornady SST 165 gr
2. Náboje se střelou Hornady InterBond 165 gr
3. Náboje se střelou Barnes TTSX 165 gr

4. Náboje se střelou Sellier&Bellot SPCE 180 gr
5. Náboje se střelou Hornady SJ 100 gr

7.2 Statistické zpracování

Pro statistické zhodnocení jsem výsledky střelby zapsal v souřadnicovém systému v centimetrech, s rozlišením 0,5 cm, protože provádět měření na terči v milimetrech není technicky proveditelné. S těmito údaji jsem dále pracoval jako se statickými soubory dle postupu, který jsem uvedl v teoretické části.

Dále jsem zpracoval i údaje o rozměrech a hmotnosti střel, a navážkách střelného prachu s cílem dát do případné korelace tyto výsledky s výsledky střelby. Měření hmotnosti proběhlo na analytických vahách KERNS AES, měření střel mikrometrem Mitutoyo.

7.2.1 Statistické hodnocení nábojů Sellier&Bellot SPCE

Výsledky střelby a všech provedených měření jsem zpracoval do následujících tabulek:

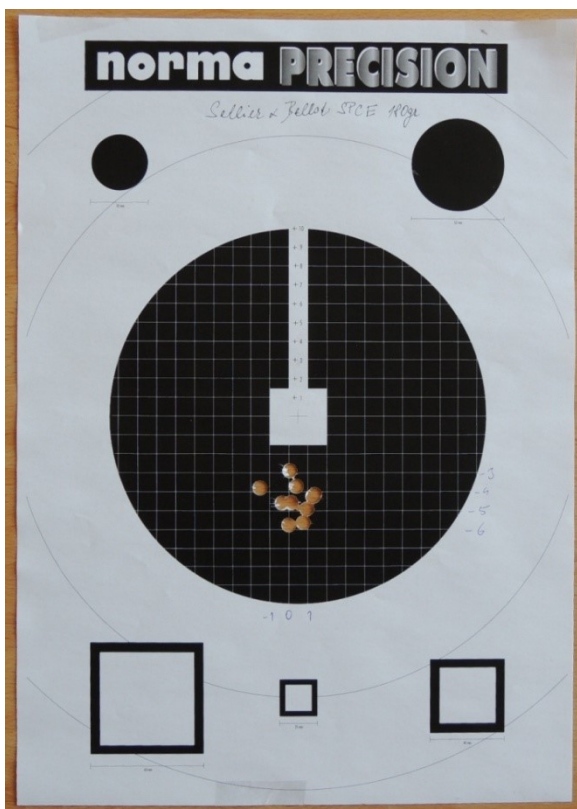
Tabulka 6 Střela SPCE

Náboj Sellier&Bellot SPCE 180 gr					Výsledek střelby S&B SBCE 180 gr		
Vzorek	Hmotnost střelného prachu v g	Hmotnost střely v g	Rozměry střely min. v mm	Rozměry střely max. v mm	Zásah	Umístění v ose x	Umístění v ose y
1	3,204	11,631	7,825	7,832	1	0	-6
2	3,210	11,653	7,823	7,833	2	1	-5,5
3	3,288	11,645	7,826	7,831	3	1	-5
4	3,291	11,607	7,824	7,838	4	0	-4,5
5	3,283	11,645	7,826	7,832	5	-0,5	-4,5
6	3,277	11,648	7,826	7,830	6	-1,5	-4
7	3,268	11,653	7,824	7,831	7	0,5	-3,5
8	3,258	11,636	7,823	7,832	8	0	-3
9	3,229	11,627	7,825	7,835	9	0,5	-4
10	3,273	11,637	7,826	7,833	10	0,5	-4
Aritm. průměr	3,258	11,638	7,825	7,833	Aritm. průměr	0,15	-4,4
Max	3,291	11,653	7,826	7,838	Max	1	-3
Min	3,204	11,607	7,823	7,830	Min	-1,5	-6
Sm. odchylka	0,031	0,013	0,001	0,002	Sm. odchylka	0,709	0,860

U továrního náboje Sellier&Bellot se střelou SPCE 180gr na první pohled patrný poměrně velká směrodatná odchylka u navážky střelného prachu, tedy $s = 0,031$. Výsledky měření

rozměrů střely ukazují, že hmotnosti i rozměry střel odpovídají obvyklému standardu a nevykazují žádné abnormality.

Z hodnocení střeleckých výsledků je patrné, že střední zásah se pohyboval mimo střed terče (v ose y -4,4 cm), ale variační rozpětí R bylo dosaženo jako jedno z nejlepších, $R(x) = 2,5$ cm a $R(y) = 3$ cm, čemuž odpovídá směrodatná odchylka $s(x) = 0,709$ a $s(y) = 0,860$.



Obrázek 42 Sellier&Bellot SPCE

Celkově tento náboj dosáhl druhého nejlepšího střeleckého výsledku v testu, ukázalo se tedy, že rozptyl dávek střelného prachu nemusí mít na střelecký výsledek největší vliv.

7.2.2 Statistické hodnocení nábojů Barnes TTSX

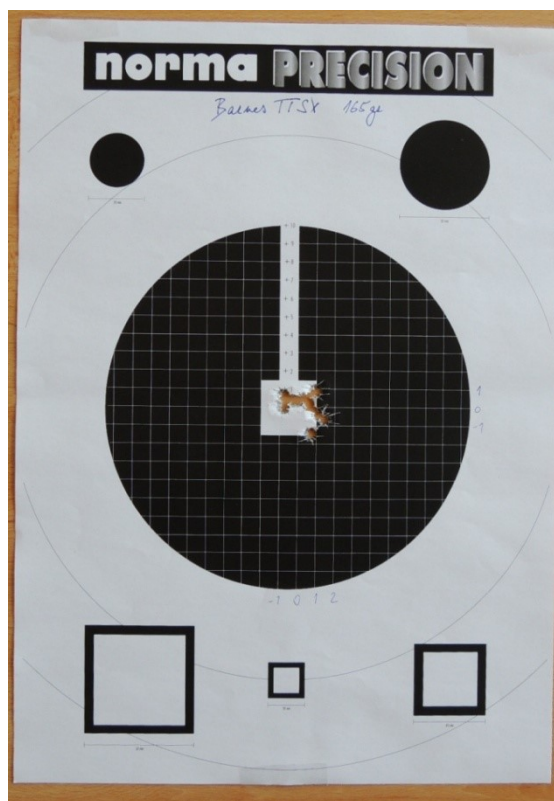
Výsledky střelby a všech provedených měření jsem zpracoval do těchto tabulek:

Tabulka 7 Střela TTSX

Náboj Barnes TTSX 165 gr					Výsledek střelby TTSX 165 gr		
Vzorek	Hmotnost střelného prachu v g	Hmotnost střely v g	Rozměry střely min. v mm	Rozměry střely max. v mm	Zásah	Umístění v ose x	Umístění v ose y
1	3,564	10,713	7,827	7,829	1	-1	0
2	3,564	10,683	7,826	7,829	2	-1	0,5

3	3,571	10,723	7,825	7,830	3	0	0
4	3,572	10,687	7,827	7,831	4	0,5	0
5	3,569	10,701	7,827	7,829	5	1	1
6	3,564	10,680	7,826	7,830	6	1	-0,5
7	3,567	10,701	7,827	7,830	7	1,5	-0,5
8	3,568	10,713	7,827	7,831	8	-0,5	-1,5
9	3,563	10,651	7,828	7,831	9	0	0,5
10	3,567	10,687	7,826	7,828	10	0	0
Aritm. průměr	3,567	10,694	7,827	7,830	Aritm. průměr	0,15	-0,05
Max	3,572	10,723	7,828	7,831	Max	1,5	1
Min	3,563	10,651	7,825	7,828	Min	-1	-1,5
Sm. odchylka	0,003	0,020	0,001	0,001	Sm. odchylka	0,808	0,650

U mnou vyrobeného náboje se střelou Barnes TTSX 165 gr je naopak vidět velká přesnost při dávkování střelného prachu (prach jsem dovažoval ručně), směrodatná odchylka je tedy velmi malá $s = 0,003$. Výsledky měření rozměrů střely ukazují, že hmotnosti i rozměry střel odpovídají obvyklému standardu, vzhledem k technologii soustružení je patrná velmi malá odchylka rozměrů střely, tedy $s(\text{min}) = 0,001$ a $s(\text{min}) = 0,001$. Odchylka hmotností byla mírně větší než u předchozího náboje.



Obrázek 43 Barnes TTSX

Z hodnocení střeleckých výsledků je patrné, že střední zásah se pohyboval prakticky ve středu terče (v ose x 0,15 cm a v ose y -0,05 cm), a variační rozpětí R bylo dosaženo jako zcela nejlepší v testu $R(x) = 2,5$ cm a $R(y) = 2,5$ cm, čemuž odpovídá směrodatná odchylka $s(x) = 0,808$ a $s(y) = 0,650$.

Celkově tento náboj dosáhl absolutně nejlepšího střeleckého výsledku v testu.

7.2.3 Statistické hodnocení nábojů Hornady SST

Výsledky střelby a všech provedených měření jsem zpracoval následovně:

Tabulka 8 Střela SST

Náboj Hornady SST 165 gr					Výsledek střelby SST 165 gr		
Vzorek	Hmotnost střelného prachu v g	Hmotnost střely v g	Rozměry střely min. v mm	Rozměry střely max. v mm	Zásah	Umístění v ose x	Umístění v ose y
1	3,700	10,720	7,824	7,828	1	0	-2
2	3,699	10,723	7,827	7,830	2	-0,5	-0,5
3	3,699	10,720	7,826	7,828	3	-0,5	0,5
4	3,704	10,719	7,826	7,830	4	0	0
5	3,697	10,720	7,827	7,830	5	0	1
6	3,703	10,715	7,826	7,830	6	1	1
7	3,702	10,723	7,826	7,828	7	0,5	1,5
8	3,703	10,717	7,827	7,830	8	1,5	1,5
9	3,701	10,718	7,826	7,830	9	1	1,5
10	3,698	10,718	7,826	7,830	10	2	2,5
Aritm. průměr	3,701	10,719	7,826	7,829	Aritm. průměr	0,5	0,7
Max	3,704	10,723	7,827	7,830	Max	2	2,5
Min	3,697	10,715	7,824	7,828	Min	-0,5	-2
Sm. odchylka	0,002	0,002	0,001	0,001	Sm. odchylka	0,806	1,208

U tohoto ručně laborovaného náboje se střelou Hornady SST 165 gr je obdobně vidět velká přesnost při dávkování střelného prachu při ručním dovažování, směrodatná odchylka je tedy velmi malá $s = 0,002$. Výsledky měření rozměrů střely ukazují, že hmotnosti i rozměry střel odpovídají obvyklému standardu, zde je dobře vidět velmi malá výrobní tolerance rozměrů střely, tedy $s(\text{min}) = 0,001$ a $s(\text{max}) = 0,001$. Odchylka hmotností je shodná jako u předchozího náboje.



Obrázek 44 Hornady SST

Sřelecké výsledky jsou stále velmi dobré, střední zásah se pohyboval prakticky ve středu terče (v ose x 0,5 cm a v ose y 0,7 cm), ale variační rozpětí R již bylo horší zejména ose y, tedy $R(x) = 2,5$ cm a $R(y) = 4,5$ cm, čemuž odpovídá směrodatná odchylka $s(x) = 0,806$ a výrazně zvýšená $s(y) = 1,208$.

Celkově tento náboj dosáhl pomyslného třetího místa v praktické střelbě. Pro lovecký náboj je to přesnost stále plně vyhovující.

7.2.4 Statistické hodnocení nábojů Hornady InterBond

Výsledky střelb a všech provedených měření jsem zpracoval v následující tabulce:

Tabulka 9 Střela InterBond

Náboj Hornady InterBond 165 gr					Výsledek střelby InterBond 165 gr		
Vzorek	Hmotnost střelného prachu v g	Hmotnost střely v g	Rozměry střely min. v mm	Rozměry střely max. v mm	Zásah	Umístění v ose x	Umístění v ose y
1	3,691	10,691	7,835	7,838	1	-3	1
2	3,684	10,674	7,834	7,838	2	0,5	0
3	3,694	10,664	7,834	7,836	3	3	0
4	3,797	10,665	7,835	7,837	4	4,5	0
5	3,696	10,656	7,834	7,838	5	3	2

6	3,691	10,658	7,835	7,837	6	3,5	2,5
7	3,689	10,660	7,835	7,837	7	0,5	3
8	3,691	10,659	7,834	7,836	8	1,5	2,5
9	3,690	10,674	7,833	7,836	9	1,5	3,5
10	3,686	10,665	7,834	7,836	10	1	3,5
Aritm. průměr	3,701	10,667	7,834	7,837	Aritm. průměr	1,6	1,8
Max	3,797	10,691	7,835	7,838	Max	4,5	3,5
Min	3,684	10,656	7,833	7,836	Min	-3	0
Sm. odchylka	0,032	0,010	0,001	0,001	Sm. odchylka	1,997	1,364

U tohoto náboje ruční laborace se střelou Hornady Interbond 165 gr je opět jasně vidět snížená přesnost při dávkování střelného prachu, kdy jsem použil technologii objemového dávkování, směrodatná odchylka je tedy o řád vyšší a odpovídá náboji Sellier&Bellot, tedy $s = 0,032$. Výsledky měření rozměrů střely ukazují, že rozměry střel jsou jedny nejlepších v testu, tedy velmi malá výrobní tolerance rozměrů střely $s(\text{min}) = 0,001$ a $s(\text{min}) = 0,001$. Zato odchylka hmotností $s = 0,01$ je o řád horší než u střely SST a odpovídá střele SPCE.



Obrázek 45 Hornady InterBond

Bohužel střelecké výsledky jsou již špatné, střední zásah se sice pohyboval blízko středu terče (v ose x 1,6 cm a v ose y 0,7 cm), ale variační rozpětí R ose x, tedy $R(x) = 7,5$ cm

vypovídá o špatně zhotovené munici, v ose y pak standartní $R(y) = 3,5$ cm. Těmto výsledkům odpovídá i velmi vysoká směrodatná odchylka $s(x) = 1,997$ a vysoká $s(y) = 1,364$.

Celkově tento náboj dosáhl pomyslného předposledního místa v praktické střelbě, proto bude tedy třeba přezkoušet navážky střelného prachu, popřípadě použitý střelný prach nahradit jiným.

7.2.5 Statistické hodnocení nábojů Hornady SJ

Výsledky provedených měření tohoto náboje jsem zpracoval v následující tabulce, výsledky střelb jsem již nezpracovával, protože zásahy byly rozloženy po celé ploše terče tak, že nebylo možné tyto výsledky odečíst:

Tabulka 10 Střela SJ

Náboj Hornady SJ 100 gr				
Vzorek	Hmotnost střelného prachu v g	Hmotnost střely v g	Rozměry střely min. v mm	Rozměry střely max. v mm
1	3,151	6,485	7,838	7,840
2	3,154	6,487	7,831	7,834
3	3,150	6,504	7,833	7,836
4	3,153	6,499	7,836	7,835
5	3,152	6,491	7,831	7,834
6	3,154	6,478	7,831	7,833
7	3,150	6,481	7,831	7,834
8	3,151	6,469	7,831	7,834
9	3,152	6,481	7,833	7,835
10	3,149	6,424	7,837	7,840
Aritm. průměr	3,152	6,480	7,833	7,836
Max	3,154	6,504	7,838	7,840
Min	3,149	6,424	7,831	7,833
Sm. odchylka	0,002	0,021	0,003	0,002

U tohoto náboje ruční laborace se střelou Hornady Interbond 165 gr jsem použil technologii ručního dovažování, přesnost dávkování střelného prachu je tedy velmi dobrá, kdy směrodatná odchylka odpovídá náboji Hornady, tedy $s = 0,002$. Výsledky měření rozměrů střely ukazují, že hmotnosti i rozměry střel jsou již ne příliš dobré, tedy velká výrobní tolerance rozměrů střely $s(\text{min}) = 0,003$ a $s(\text{min}) = 0,002$, a odchylka hmotností $s = 0,021$ je nejhorší v testu.



Obrázek 46 Hornady SJ

Mimořádně špatný střelecký výsledek je ale způsoben pravděpodobně špatnou stabilizací v hlavni, tato střela je konstruována pro jiný náboj s jiným stoupáním vývrtnu.

8 MĚŘENÍ ÚČINNOSTI STŘEL

Jak již jsem popsal v teoretické části, v současné době existuje několik postupů a náhradních materiálů pro demonstraci a měření účinnosti loveckých střel v tkáních živých organismů. Pro praktické použití a získání srovnatelných výsledků účinnosti loveckých střel přicházejí do úvahy jen dva náhradní materiály, tedy balistická želatina a balistické mýdlo. Ostatní materiály jsem zavrhnul z důvodu obtížné opakovatelnosti měření, nebo z důvodu nekompatibility s výsledky měření jiných subjektů.

Cílem bylo změřit pouze účinek v náhradním materiálu biologické tkáně, další testy jako jsou testy průbojnosti, průraznosti a penetrace do zastavujících materiálů jsou určeny pro testy jiných druhů munice než lovecké.

8.1 Výběr náhradního materiálu

Pro testování jsem se mohl dále rozhodnout mezi balistickou želatinou a balistickým mýdlem. Obě media mají své výhody a nevýhody, které bylo nutno před rozhodnutím porovnat.

8.1.1 Balistické mýdlo

V tomto případě se jedná o jemné glycerinové mýdlo, které se používá jako balistické. Nelze však použít jakékoli glycerinové mýdlo, důležitá je jeho poddajnost, která musí podléhat přesným specifikacím. Balistické mýdlo se svým odporem při průletu střely relativně přibližuje odporu svaloviny živých organismů. Výhody balistického mýdla jsou následující:

- Dodává se připravené v blocích dle požadované velikosti
- Lze prakticky neomezeně skladovat
- Po vstřelu zachytí tvar a velikost dočasné kavity, lze měřit její objem
- Teoreticky lze znovu zpracovat u výrobce a použít

Nevýhody balistického mýdla:

- Nelze jej vyrobit svépomocí
- Postup a přesné specifikace nejsou veřejně dostupné
- Cena je poměrně vysoká, blok pro jeden test vyjde cca na 1600 Kč plus poštovné z USA

8.1.2 Balistická želatina

Balistická želatina se jako medium používá delší dobu, její původní specifikace byla vyvinuta především pro vojenské účely armádou USA. Balistickou želatinu lze vyrobit svépomocí v dostatečně vybavené laboratoři, dnes se používá ve dvou základních specifikacích [37]:

1. Specifikace NATO 20% - odpovídá hustotě a chování svalové hmoty
2. Specifikace FBI 10% - odpovídá hustotě a chování měkkých tkání

Chování balistické želatiny při postřelování odpovídá poměrně přesně chování biologických tkání živých organismů. Dále lze simulovat i průstřel slabších kostí (lopatka, žebro), k tomuto se používá suché smrkové prkno bez suků. Balistická želatina má následující výhody:

- Lze jej vyrobit relativně jednoduše svépomocí
- Při postřelování zachytí tvar a velikost radiálních trhlin, a délku střelného kanálu
- Během krátké doby (2 - 2 dny) ho lze znovu přepracovat a použít
- Vzhledem k průhlednosti ho lze použít pro natáčení rychloběžnou kamerou
- Postup a přesné specifikace lze získat z dostupných norem výrobců
- Cena je výrazně nižší než cena balistického mýdla

Nevýhody želatiny:

- Nelze skladovat dlouhodobě

8.1.3 Příprava balistické želatiny

Nakonec jsem se jednoznačně z důvodů převažujících výhod rozhodnul pro použití balistické želatiny. Navíc jsem rád využil tuto příležitost pro získání praktické zkušenosti s přípravou tohoto materiálu. Pro samotné postřelování jsem použil specifikaci NATO 20% ze dvou důvodů:

1. Především je želatina dle spec. NATO 20% v porovnání s želatinou 10% je mnohem tužší a klade střele větší odpor. Proto postačuje pro postřelování blok výrazně menších rozměrů. Mimo to se střela se při průletu lépe deformuje a její účinek i deformace jsou zachyceny zcela spolehlivě.
2. Želatina nese označení NATO 20% z toho důvodu, že byla vyvinuta pro armádní účely a používá se především pro potřeby postřelování puškových ráží [38], které

mají ve srovnání s krátkými zbraněmi (pistole, revolvery) mnohem větší rychlost, energii a účinek. Její použití se považuje především v USA za standard pro popis chování jakýchkoli puškových projektilů. Takto získané výsledky jsou tedy srovnatelné s výsledky jiných testů.

Pro samotnou přípravu balistické želatiny specifikace NATO 20% se používá nejčastěji želatina typu A (vepřová želatina) o hodnotě Bloom 250, lze použít i jinou želatinu shodných vlastností. Pro účely této práce jsem použil potravinářskou želatinu typu A o hodnotě Bloom 255, od dodavatele Hages a.s., která má shodné vlastnosti. Při přípravě želatiny jsem použil následující postup dle návodu dodavatele hotových bloků [39]:

1. Poměr želatiny 20% a 80% vody (hmotnostní poměr).
2. Sype se želatina do studené vody (cca 7 - 10 °C).
3. Želatina se rozpouští za stálého míchání a ohřívá se na teplotu 35- 38 °C.
4. Na této teplotě se udržuje cca 20 min. a následně se nalije do formy.
5. Bloky se nechají ztuhnout a vychladit na teplotu 10 °C.

8.2 Postřelování bloků balistické želatiny

Velikost zhotovených bloků želatiny byla dle rozměrů formy cca 24x20x74 cm. Rozměry jsou uvedeny jako přibližné vzhledem ke skutečnosti, že forma byla konická (použil jsem plastové truhlíky), aby bylo možno bloky snáze vyjmout. Váha takto vyrobených bloků je cca 45 kg, proto manipulace musela být zjištěna dvěma lidmi.

Bloky se následně postřelovaly v jarním období za teploty 10 - 11 °C v dnech 25 – 26. 3. 2017. Bloky jsem po přípravě převážel na střelnici v osobním autě s vypnutým topením tak, aby byla zajištěna konstantní teplota. Postřelování proběhlo na střelnici SSK Zlín, která je od budovy laboratoře vzdálena cca 5 km. Doba mezi vyložením bloků z lednice do postřelování tedy nepřesáhla 30 minut.

Velikost bloků jsem zvolil dle materiálů výrobců želatinových bloků, kteří doporučují rozměry cca 20x20x50 cm a delší dle rychlosti a energie střely. Jak se následně ukázalo, příčné rozměry 24x23 cm byly zbytečně velké, postačovaly by rozměry cca 16x16 cm. Délka bloků byla relativně také příliš velká, délka střelného kanálu většiny střel nepřesáhla 50 cm mimo případ střely Barnes, která prostřelila celý rozměr bloku a následně vyletěla

druhou stranou do valu střeliště. Pro tyto případy se potom bloky skládají za sebe tak, aby došlo k zachycení střely.

Postřelování proběhlo ze vzdálenosti 25 m, tak aby byl zajištěn zásah bloku ve středu. Moje obavy z nezasažení středu bloku při případném postřelování na větší vzdálenost se nakonec ukázaly jako neopodstatněné, i vzdálenost 50 m, resp. 100 m by byla naprosto vyhovující. To všechno bylo bohužel daní za to, že s těmito testy ani s přípravou želatiny nemá nikdo z běžné střelecké komunity v české republice žádné zkušenosti. Možnost konzultací se zástupci firem, které u nás zastupují největší světové muničky, byla vzhledem k jejich neochotě nulová. Vrcholoví střelci ze s tímto nemají žádné zkušenosti, a jediný subjekt mimo kriminalistické laboratoře, který se podobnými testy příležitostně zabývá, je Prototypa Brno, a.s., která je ovšem zcela komerčním subjektem. Kriminalistické laboratoře jsou součástí Policie ČR, kde žádné z těchto věcí nekonzultují.

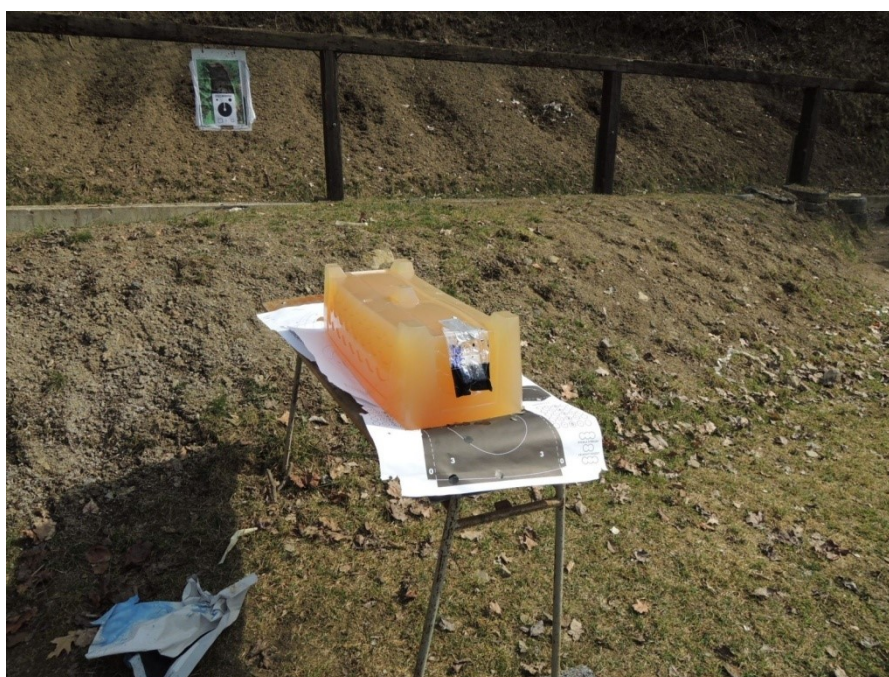
8.2.1 Průběh postřelování vzorků

Samotné postřelování želatinových bloků proběhlo v období 25 – 26. 3. 2017 následujícím způsobem:

- Vytažení bloků z lednice, kontrola teploty
- Transport vzorků na střelnici
- Umístění vzorku před dopadiště střel
- Příprava střeleckého stanoviště
- Vystřelení kontrolní rány do terče, seřízení puškohledu
- Vystřelení do bloku balistické želatiny
- Vizuální kontrola bloku
- Sbalení střeleckého stanoviště
- Transport vzorku do laboratoře
- Rozřezání bloku, analýza, popis a změření střelného kanálu a radiálních trhlin



Obrázek 47 Střelecké stanoviště

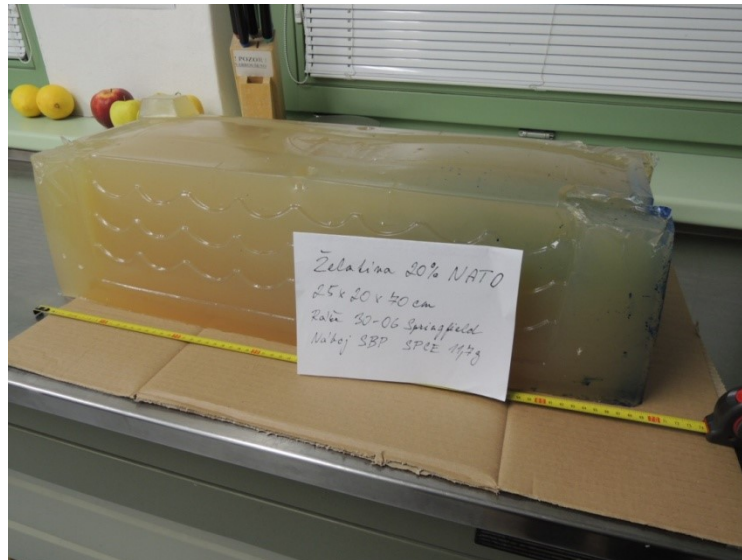


Obrázek 48 Želatinový blok připravený k postřelování

Na obrázcích je vidět střelecké stanoviště ve vzdálenosti 25 m od dopadového valu (na palisádě jsou značeny vzdálenosti po 5 m. Takto byly postupně odstříleny všechny střely zařazené do testu.

8.2.2 Účinek střely Sellier&Bellot SPCE

Jako první byla střílen náboj se střelou SPCE 180 gr od výrobce Sellier&Bellot. Pro zvýraznění střelného kanálu a radiálních trhlin byla použita metoda obarvení pomocí modrého inkoustového barviva.



Obrázek 49 Želatinový blok v laboratoři

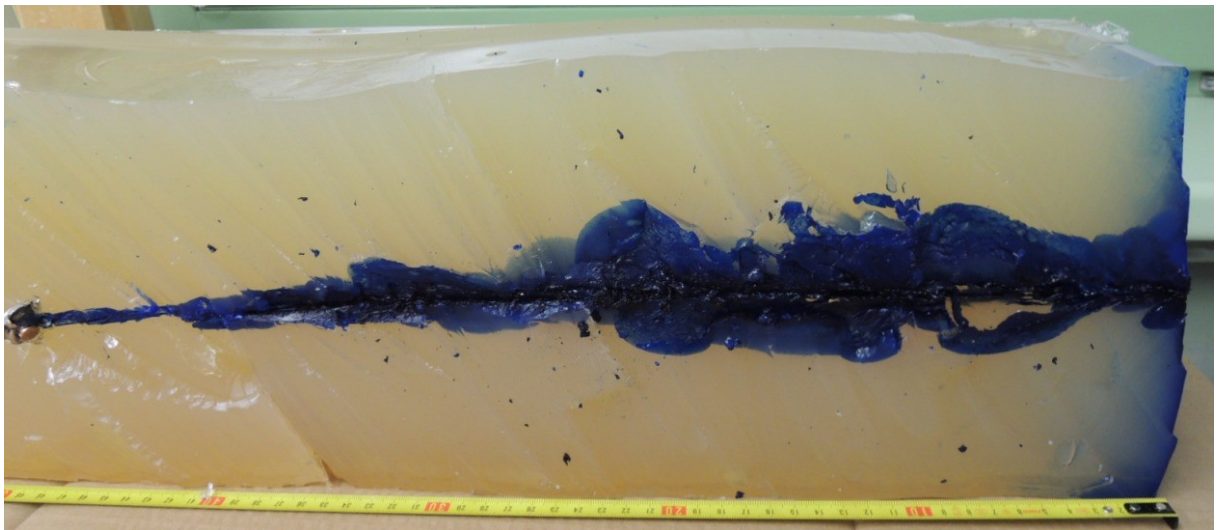


Obrázek 50 Želatinový blok po rozřezání

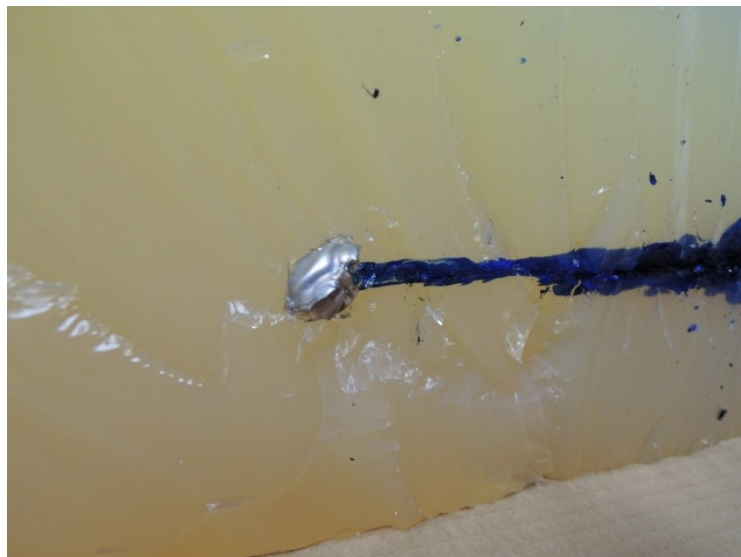
Po rozřezání a analýze bloku byly zjištěny následující fakta:

- Celková délka střelného kanálu byla 46 cm.
- Začátek deformace střely je patrný hned u vstřelu.
- Masivní nárůst účinku po 4 cm od vstřelu.

- Maximální účinek a velikost radiálních trhlin (dále jen RT) byla ve vzdálenosti cca 4 – 29 cm, průměrný rozměr RT byl cca 6,5 cm, maximální rozměr 8 cm.
- Následuje pozvolný pokles účinku a šíře RT, ve vzdálenosti 30 cm od vstřelu byla šíře RT cca 4 cm.
- Ve vzdálenosti 28 cm od vstřelu nalezena střepina pláště o rozměru 7x7 mm.
- Střela nalezena ve vzdálenosti 47 cm od vstřelu, její deformovaný průměr byl cca 20,5 mm, zbytková hmotnost 160 gr.



Obrázek 51 Řez blokem



Obrázek 52 Střela v želatině



Obrázek 53 Střela po vyjmutí – čelní pohled

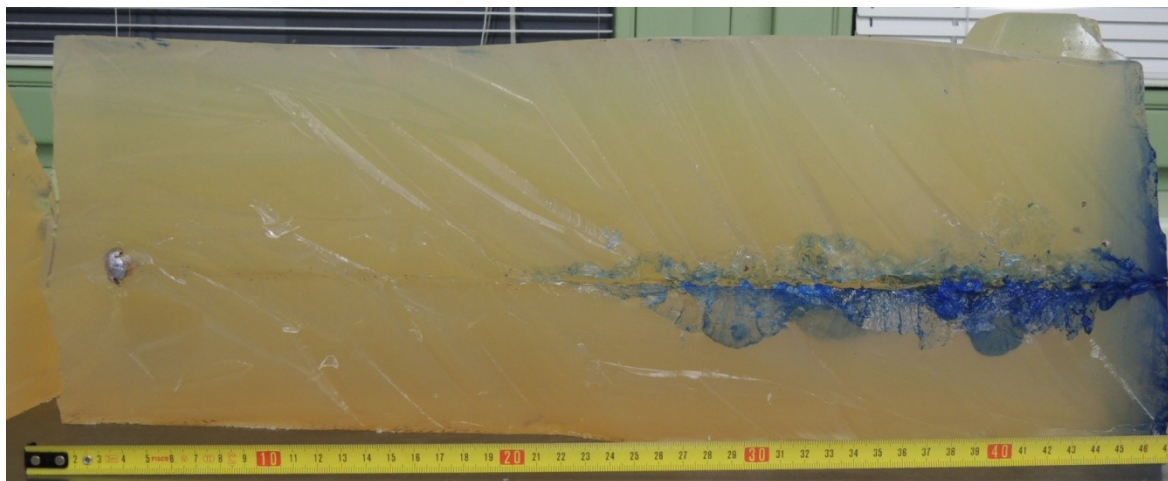


Obrázek 54 Střela po vyjmutí – zadní pohled

Závěr: Střela SPCE 180 gr z produkce Sellier&Bellot dosáhla velmi dobrého výsledku v oblasti deformace a předání energie do tkání (náhradního materiálu). Radiální trhliny vzniklé hydrodynamickým šokem při pohybu střely v želatině byly rovnoměrné a dobře patrné, při použití této střely lze očekávat rychlé usmrcení menší a středně těžké zvěře do 150 kg, popřípadě i zvěře těžší do 200 kg. Poškození zvěřiny lze odhadnout jako středně velké. Překvapením pro mne byla malá fragmentace a výborná soudržnost jádra a pláště. Bohužel z technických důvodů nebylo možné provést ještě test s demonstrací kosti, který by odhalil soudržnost při nárazu na tvrdý materiál.

8.2.3 Účinek střely Hornady InterBond

Po předchozích zkušenostech byl pro test náboje se střelou InterBond 165 gr výrobce Hornady použit želatinový blok menších rozměrů bez ovlivnění funkčnosti. Ostatní faktory byly shodné.



Obrázek 55 Řez blokem se střelou InterBond

Po rozřezání a analýze bloku byly zjištěny následující údaje:

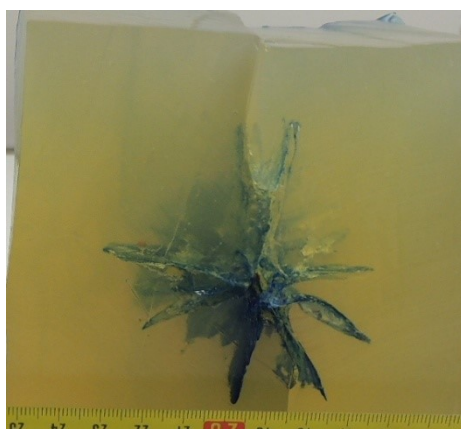
- Celková délka střelného kanálu byla 48,5 cm.
- Začátek deformace střely je patrný hned za vstřelem.
- Rychlý efekt deformace a vzniku RT po 4 cm od vstřelu.
- Maximální přenos energie a velikost radiálních trhlin byla ve vzdálenosti cca 4 – 22 cm, průměrný rozměr RT byl cca 6 cm, maximální rozměr 7 cm.
- Fragmenty pláště a plastové špičky malých rozměrů patrné po celou střelného kanálu 1- 30 cm, dále pokračují viditelné fragmenty olova po dráze 30 – 48,5 cm.
- Ve vzdálenosti 30 cm od vstřelu končí šíření RT, pokračuje čistý průstřel.
- Střela se zastavila ve vzdálenosti 48,5 cm od vstřelu, průměr střely po deformaci byl cca 18 mm, zbytková hmotnost 156,1 gr.
- Na celém střelném kanálu a radiálních trhlinách je dobře vidět menší probarvení, způsobené pravděpodobně jiným chováním střely v želatině a vytvořením menší dočasné kavity.



Obrázek 56 Detail střepin po průniku střelou InterBond



Obrázek 57 Detail otěru olova ve střelném kanálu

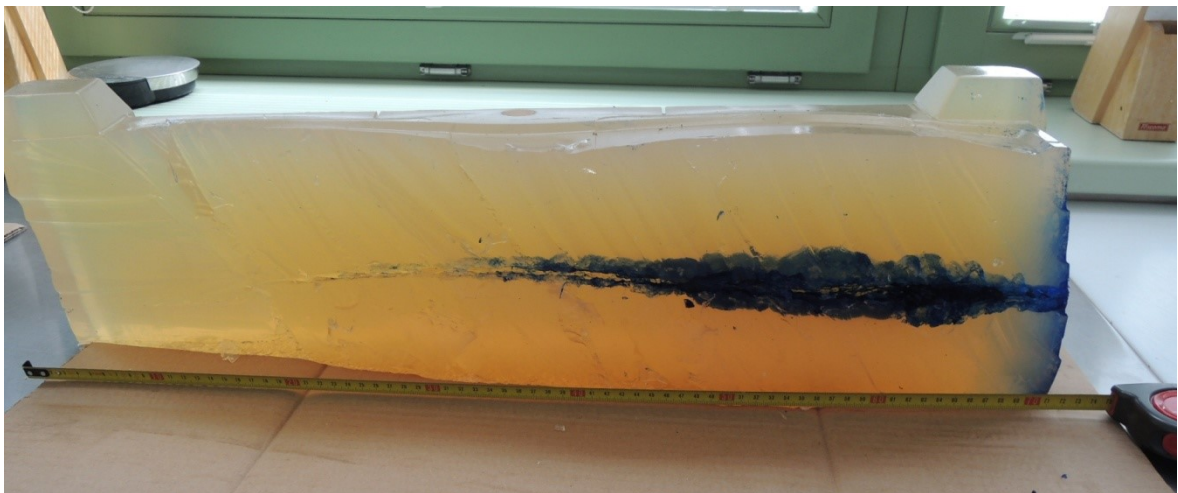


Obrázek 58 Příčný řez střelným kanálem

Závěr: Střela InterBond 165 gr od výrobce Hornady dosáhla velmi dobrého výsledku v oblasti deformace a předání energie do tkání (náhradního materiálu). Radiální trhliny vzniklé hydrodynamickým šokem při pohybu střely v želatině byly rovnoměrné, ale jiné struktury než běžné poloplášťové střely. Použití této střely je vhodné při lovu menší a středně těžké zvěře do 150 kg, pro lov těžší zvěře bych použil jinou střelu. Poškození zvěřiny lze odhadnout jako větší s tvorbou rozsáhlého hematomu. Negativním překvapením byla fragmentace malých úlomků pláště, jádra a plastu po celé dráze střelného kanálu.

8.2.4 Účinek střely Barnes TTSX

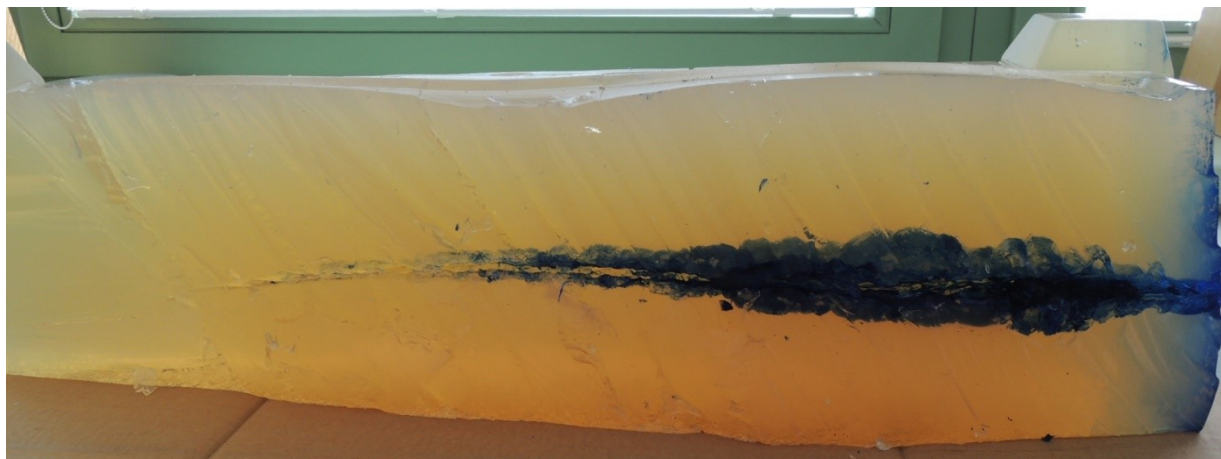
Pro další test byl použit náboj se střelou Tipped TSX 165 gr od výrobce Barnes. Postřelování a zvýraznění trhlin proběhlo za stejných podmínek jako střely SPCE.



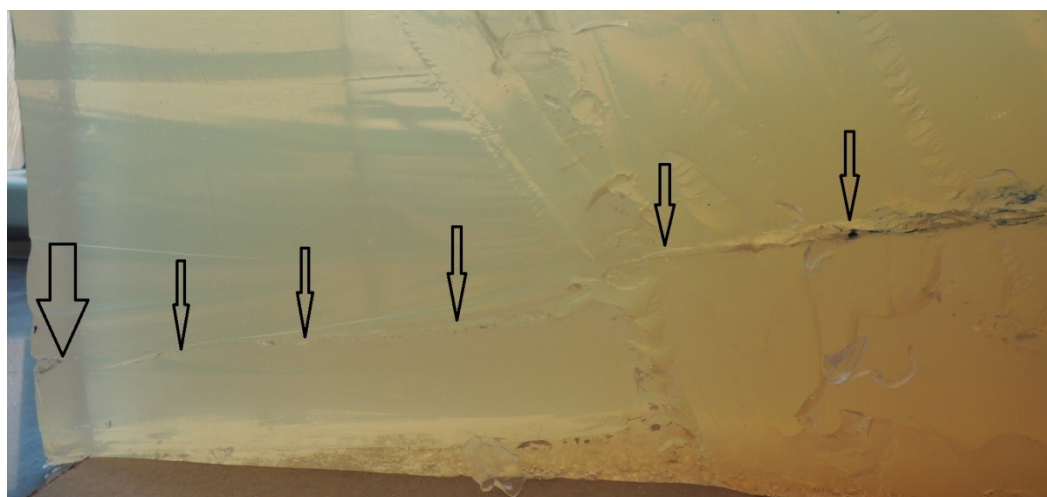
Obrázek 59 Blok po rozřezání

Po rozřezání a analýze bloku byly zjištěny následující fakta:

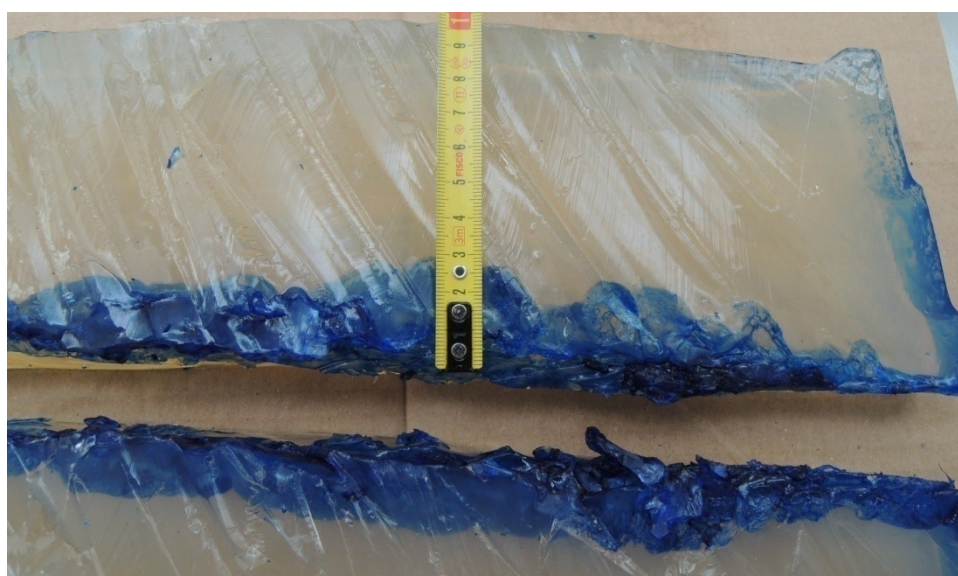
- Celková délka střelného kanálu byla 72,5 cm.
- Začátek deformace střely je pomalejší, nastává cca 4 cm od vstřelu.
- Následuje pozvolný nárůst účinku.
- Celkový efektivní účinek a tvorba radiálních trhlin proběhla ve vzdálenosti cca 4 – 24 cm, pravidelný rozměr RT byl cca 5 cm, výrazné maximum velikosti RT není přítomno.
- Na vzdálenosti 24 – 35 cm ještě efektivní účinek, velikost RT cca 2,5 cm
- Do celkové vzdálenosti 50 cm od vstřelu je viditelný přenos energie, po zbývající dráhu letu nastává již jen čistý průstřel.
- Střela nebyla nalezena, po průstřelu bloku pokračovala v původní dráze letu.



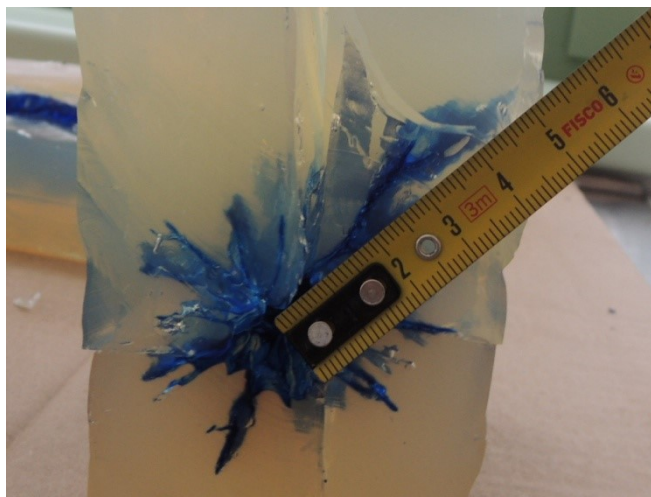
Obrázek 60 Střelný kanál způsobený strelou TTSX 165 gr



Obrázek 61 Detail závěrečné dráhy střely a místa výstřelu



Obrázek 62 Velikost radiálních trhlin

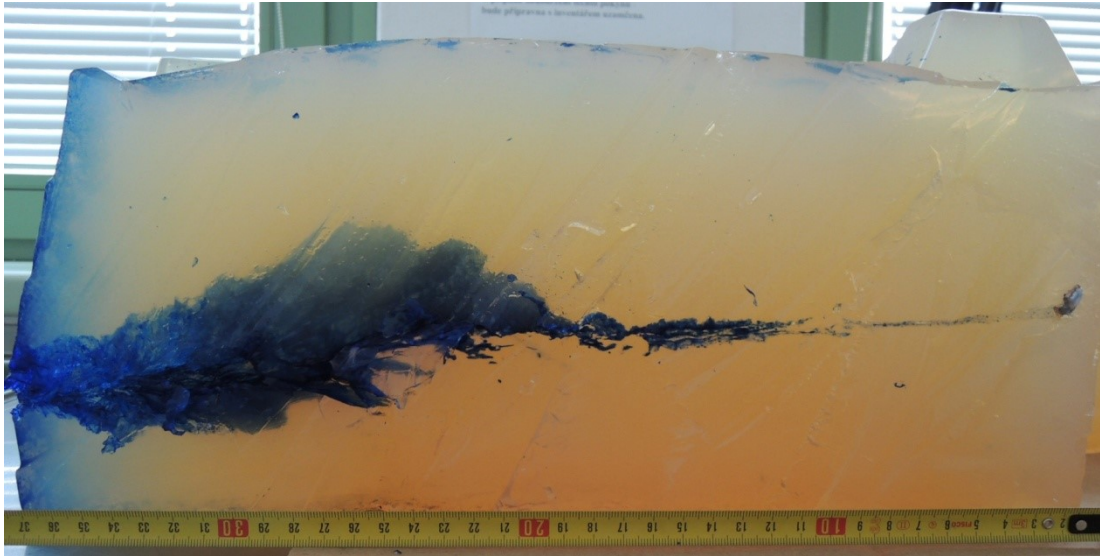


Obrázek 63 Příčný řez

Závěr: Střela Tipped TSX 165 gr z produkce firmy Barnes dosáhla mimořádného výsledku v oblasti průbojnosti. Předání energie do (náhradního materiálu) a tvorba radiálních trhlin v důsledku hydrodynamického šoku při pohybu střely v želatině byly obdobné velikosti jako u střely SPCE, ale po výrazně delší dráze letu. Při použití této střely lze očekávat výborné účinky na středně těžkou a těžkou zvěř (divoké prase, daněk, jelen, los) při váze nad 60 kg, až po vitální zvěř do 400 kg. Lze očekávat jen malé poškození zvěřiny. Vzhledem k pomalejšímu nástupu deformace nelze jednoznačně odpovědět na otázku vhodnosti pro odstřel menší zvěře typu smčů.

8.2.5 Účinek střely Hornady SJ

Další test proběhl s nábojem se střelou Hornady SJ 100 g. Postřelování a zvýraznění trhlin proběhlo za shodných podmínek, došlo však neočekávanému průběhu, kdy střela vykazovala tak velký rozptyl, že první ranou byl zasažen blok na okraji, střela vyletěla po cca 10 cm mimo blok, prostřelila umakartový stůl a po změně dráhy letu se vrátila po 29 cm zpět do želatiny. Test byl následně úspěšně proveden z opačné strany bloku druhou střelou.



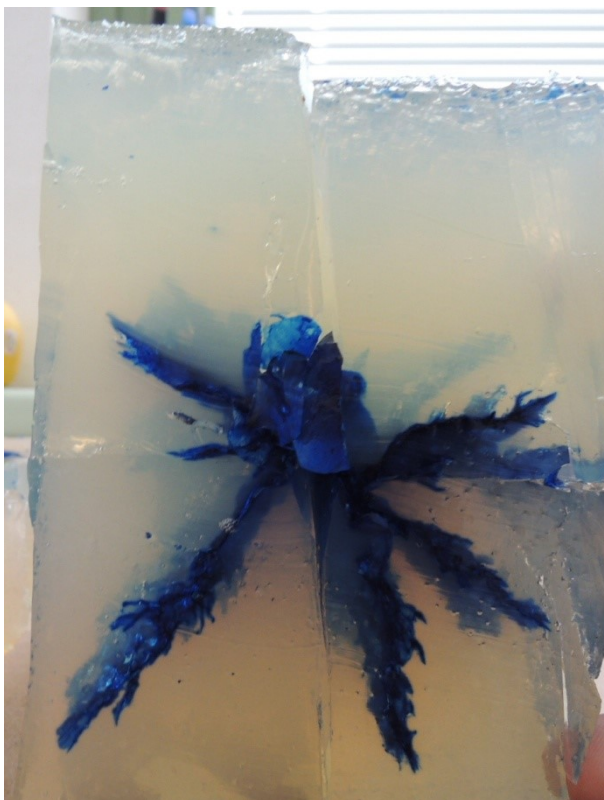
Obrázek 64 Střelný kanál po zásahu střelou SJ

Po rozřezání a analýze bloku byly zjištěny následující fakta:

- Celková délka střelného kanálu byla 39 cm.
- Začátek deformace střely a vzniku RT nastává prakticky okamžitě na vstřelu.
- Po cca 2 cm dráhy následuje rapidní nárůst přenosu energie.
- Celkový efektivní účinek a tvorba radiálních trhlin proběhl ve vzdálenosti cca 0 – 17 cm, maximální viditelný rozměr RT 7 cm ve vzdálenosti cca 14 cm od vstřelu, pak již následuje rapidní pokles RT.
- Ve vzdálenosti 17 - 31 cm od vstřelu je šíře RT již jen cca 1,5 – 1,2 cm.
- Následuje cca 9 cm pouze čistého průstřelu, střela zachycena v bloku na konci střelného kanálu. Rozměr deformované střely je cca 13 mm, zbytková hmotnost činí 49,5 gr.



Obrázek 65 Střela po vyjmutí – čelní pohled

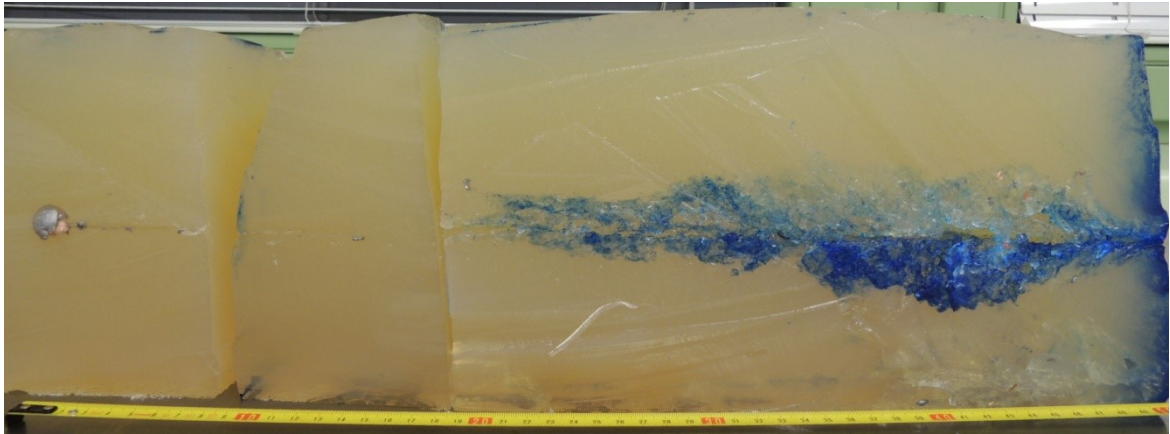


Obrázek 66 Příčný řez

Závěr: Střela SJ 100 gr od výrobce Hornady dosáhla vzhledem k malé hmotnosti velmi dobrého výsledku v oblasti deformace a předání energie do náhradního materiálu. Radiální trhliny vzniklé hydrodynamickým šokem při pohybu střely v želatině byly rovnoměrné a při jejím použití lze očekávat rychlé usmrcení zvěře škodné a menší zvěře do 50 kg, na těžší zvěř se již pravděpodobně nehodí. Poškození zvěřiny lze odhadnout jako spíše malé. Naprostým překvapením byla výborná soudržnost jádra a pláště i po neplánovaném zásahu umakartové desky, který zcela prověřil její účinek při nárazu na tvrdý materiál. Lze tedy říci, že se tímto potvrdila hypotéza o možnosti použití takto lehkých střel pro odstřel slabší zvěře černé v zastavěných oblastech s minimálním rizikem ohrožení dalších objektů nebo osob. Střelný kanál o délce 40 cm zcela odpovídá velikosti a hmotnosti této zvěře. Nevyřešeným problémem ovšem zůstává otázka stabilizace této střely tak, aby vykazovala standardní rozptyl do 10 cm.

8.2.6 Účinek střely Hornady SST

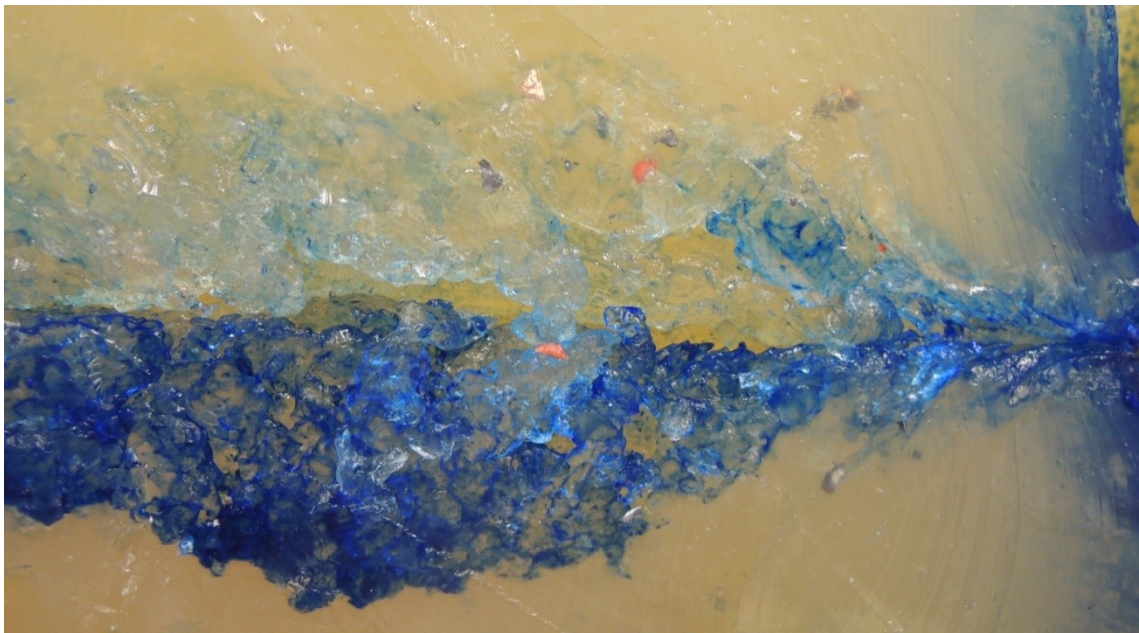
Pro test náboje se střelou SST 165 gr výrobce Hornady jsem použil několik zbytkových želatinových bloků menších rozměrů bez vlivu na výsledky testu. Ostatní faktory byly shodné.



Obrázek 67 Střelný kanál způsobený střelou SST

Po rozřezání a analýze bloku byly zjištěny následující údaje:

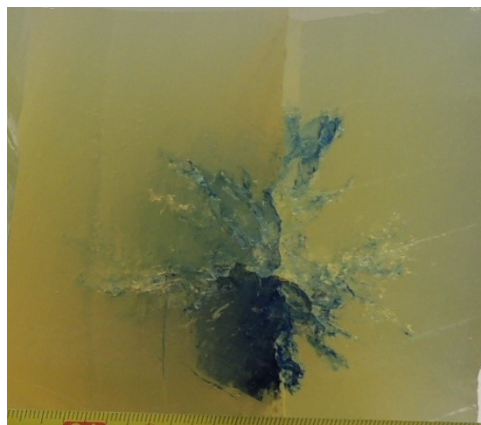
- Celková délka střelného kanálu byla 50 cm.
- Začátek deformace střely je patrný po cca 1,5 cm za vstřelem, rozměr RT v tomto místě je cca 3 cm.
- Efektivní přenos energie a tvorba radiálních trhlin byla po dráze cca 1,5 – 29 cm, průměrný rozměr RT byl cca 5,5 cm, maximální rozměr RT 7 cm je vidět ve vzdálenosti 12 cm od vstřelu.
- Fragmenty pláště a plastové špičky malých rozměrů patrné po celou střelného kanálu 1,5 - 29 cm, dále pokračují viditelné fragmenty olova po dráze 30 – 48,5 cm.
- Ve vzdálenosti cca 30 cm od vstřelu končí šíření RT, pokračuje čistý průstřel.
- Střela se zastavila ve vzdálenosti 50 cm od vstřelu, průměr střely po deformaci byl cca 17,1 mm, zbytková hmotnost 126 gr.
- Na celém střelném kanálu a radiálních trhlinách je obdobně jako u střely InterBond vidět menší probarvení, způsobené pravděpodobně jiným chováním střely v želatině než u střel poloplášťových a monolitických a vytvořením menší dočasné kavity.



Obrázek 68 Detail radiálních trhlin s úlomky olova, plastu a pláště



Obrázek 69 Detail střelného kanálu s fragmenty olova

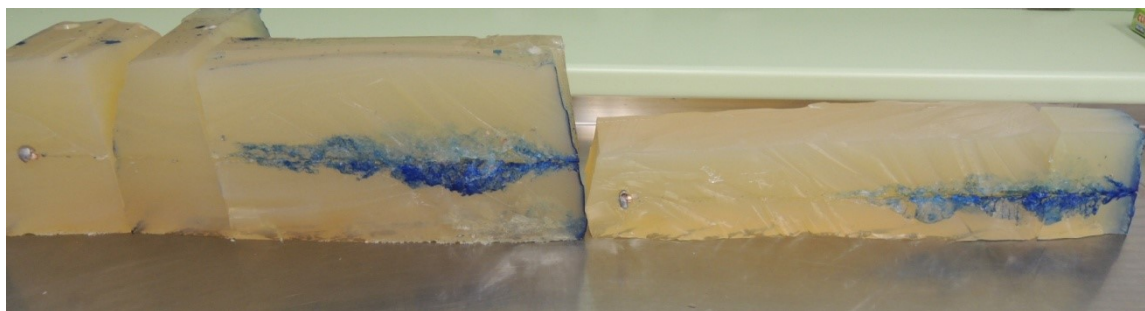


Obrázek 70 Příčný řez střelným kanálem s RT

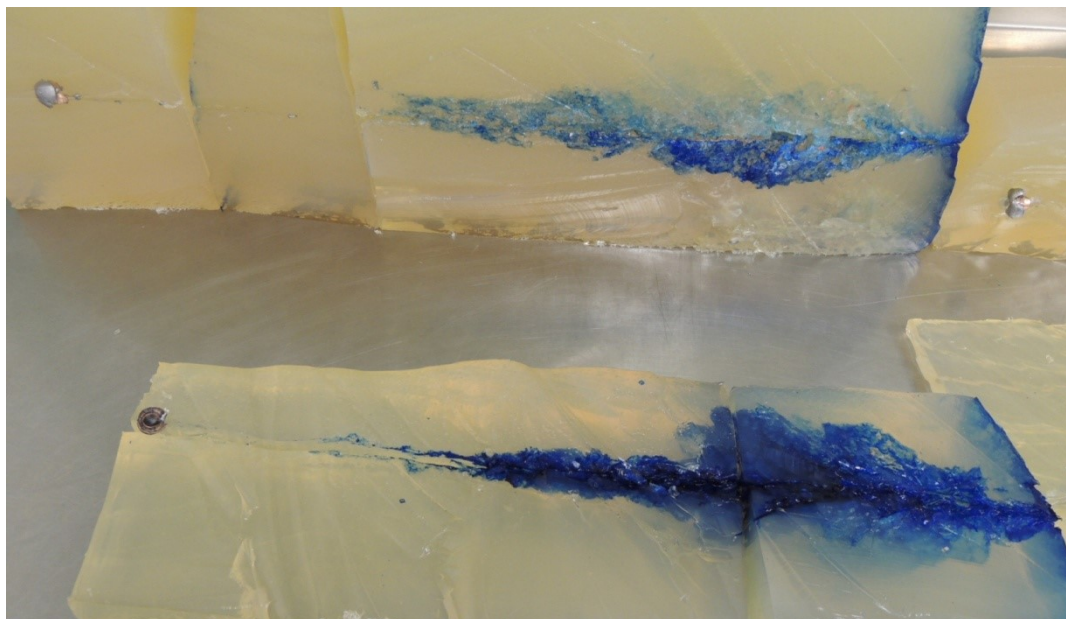
Závěr: Střela SST 165 gr od výrobce Hornady vykazuje mimořádný výsledek v oblasti deformace a předání energie do náhradního materiálu. Radiální trhliny vzniklé hydrodynamickým šokem při pohybu střely v želatině jsou zcela jiné struktury než RT vytvořené ostatními střelami. Při použití této střely lze očekávat velké poškození zvěřiny s tvorbou rozsáhlého hematomu. Použití této střely je vhodné při lovu menší a středně těžké zvěře do 150 kg, pro lov těžší zvěře bych již použil jiný typ střely. Negativním faktorem při použití této střely je velká fragmentace malých úlomků pláště, jádra a plastu po celé dráze střelného kanálu, což společně s rozsáhlým hematodem znamená výrazné ztráty na zvěřině.

8.3 Srovnání účinku testovaných střel

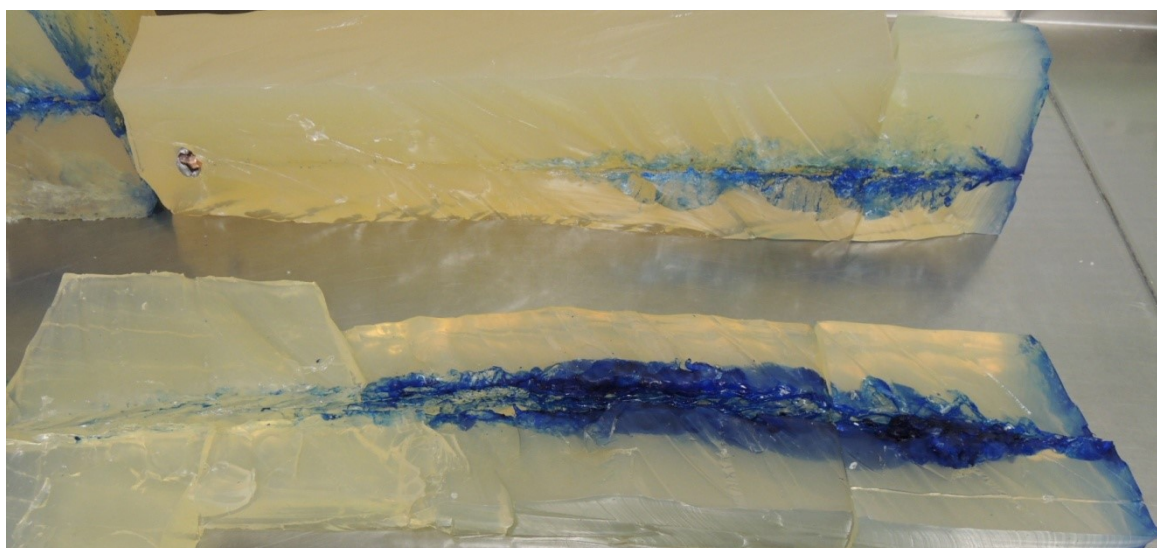
Z provedených testů je patrné, že konstrukce střely má jednoznačný vliv na chování střely v biologickém materiálu. Klasická poloplášťová střela při kvalitním zhotovení podává stále velmi dobré výsledky při odstřelu naší lovné zvěře. Při lovu těžké trofejové zvěře se již vyplatí použít jiné, například monolitické střely, u kterých působí přenos energie na výrazně delší dráze. Při použití střely s plastovou špičkou nezávisle na její další konstrukci lze očekávat sice vysoký efekt při přenosu energie a tvorbě trvalé kavity, které je ale vykoupena vyšším poškozením zvěřiny a tvorbou hematomu. Technologie „bondování“, tedy spojení jádra s pláštěm bude mít jednoznačný vliv na soudržnost střely při zásahu kostí, v měkké tkáni se již tak výrazně neprojevuje a ale ji minimálně částečně nahradit například technologií prolisů pláště.



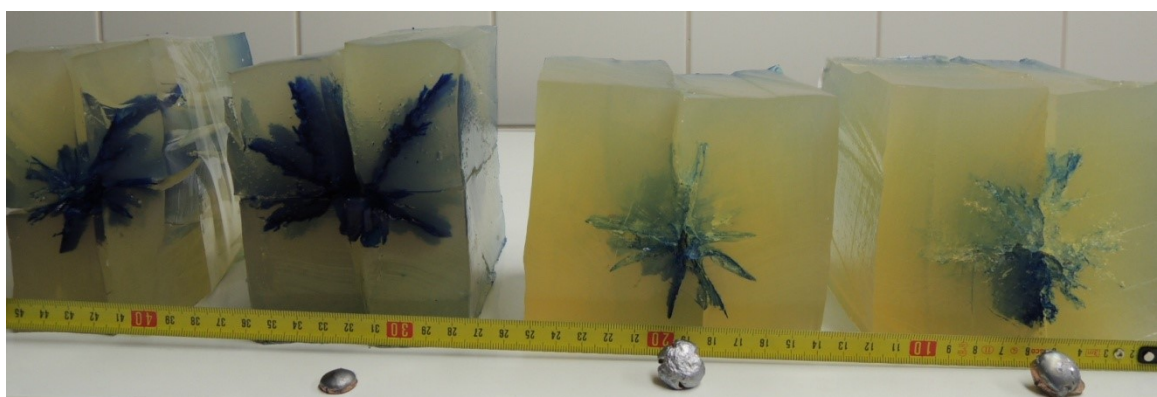
Obrázek 71 Srovnání účinku střel SST (vlevo) a InterBond



Obrázek 72 Srovnání účinku střel SST (vzadu) a SJ



Obrázek 73 Srovnání účinku střel InterBond (vzadu) a TTSX



Obrázek 74 Srovnání řezů střel TTSX, SJ, InterBond a SST (zleva do prava)



Obrázek 75 Srovnání průřezu střel InterBond, SST, SJ a SPCE po deformaci



Obrázek 76 Srovnání střel InterBond, SST, SJ a SPCE po deformaci

Následující tabulka ukazuje výsledné hodnoty měření a vážení střel před a po výstřelu.

Tabulka 11 Porovnání střel před a po výstřelu

Střela	Výrobce	Hmotnost v gr	Zbytková hmotnost v gr	Zbytková hmotnost v %	Jmenovitý průměr v mm	Průměr po deformaci v mm	Poměr deformace v %
SPCE	Sellier&Bellot	180	160	88,9%	7,825	20,5	262,0%
Interbond	Hornady	165	156,1	94,6%	7,834	18	229,8%
TTSX	Barnes	165	nezjištěno	nezjištěno	7,826	nezjištěno	nezjištěno
SST	Hornady	165	126	76,4%	7,826	13	166,1%
SJ	Hornady	100	49,4	49,4%	7,833	17,1	218,3%

ZÁVĚR

Střelectví jako disciplína je velmi obsáhlým a komplexním oborem. Jak ukázala tato práce, na střelu z hlediska přesnosti střelby působí řada faktorů a všechny získané výsledky je nutno posuzovat v korelaci s ostatními hodnotami. Mnohdy totiž zdánlivé maličkosti mohou rozhodovat o výsledku. Po celou dobu praktické části této práce se totiž nepodařilo stabilizovat jednu ze střel, a to i přes výměnu prachu a jeho množství.

Naopak se podařilo ukázat rozdíly v konstrukcích loveckých střel a vlivu na jejich účinnost v náhradním materiálu. Při lovecké praxi je tedy vždy potřeba dobře zvážit výběr konkrétní střely pro daný účel lovu, neboť její účinek a přesnost rozhoduje většinou o úspěšném nebo neúspěšném výsledku.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] In: Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2017-05-29].
- [2] CONTAMINE, Philippe. Válka ve středověku. Přeložil Josef HAJNÝ. Praha: Argo, 2004. Každodenní život, sv. 20. ISBN 80-7203-615-7.
- [3] In: Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2017-05-29].
- [4] PLANKA, Bohumil. Kriminalistická balistika. Plzeň: Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk, 2010. ISBN 978-80-7380-036-9.
- [5] Manuál pro přebíjení Lovex
- [6] Wiederladen, Ein praktisches für Jäger und Schützer, RUAG RWS
- [7] Reloading Guide, Edition 14, WihtaVouri
- [8] KNEUBUEHL, Beat P. Balistika: střely, přesnost střelby, účinek. Praha: Naše vojsko, 2004. ISBN 80-206-0749-8.
- [9] KNEUBUEHL, Beat P. Balistika: střely, přesnost střelby, účinek. Praha: Naše vojsko, 2004. ISBN 80-206-0749-8.
- [10] KNEUBUEHL, Beat P. Balistika: střely, přesnost střelby, účinek. Praha: Naše vojsko, 2004. ISBN 80-206-0749-8.
- [11] KNEUBUEHL, Beat P. Balistika: střely, přesnost střelby, účinek. Praha: Naše vojsko, 2004. ISBN 80-206-0749-8.
- [12] In: Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2017-05-29].
- [13] HALLIDAY, David, Robert RESNICK a Jearl WALKER. Fyzika: vysokoškolská učebnice obecné fyziky. Brno: VUTIUM, 2000. Překlady vysokoškolských učebnic. ISBN 80-214-1868-0.
- [14] BARTOŠ, Jiří. Měření koeficientu odporu vzduchu „C“ pomocí digitální fotografie [online]. [cit. 2017-04-20].
- [15] KNEUBUEHL, Beat P. Balistika: střely, přesnost střelby, účinek. Praha: Naše vojsko, 2004. ISBN 80-206-0749-8.
- [16] Vnější balistika 2.5 [online]. [cit. 2017-03-29].
- [17] Vnější balistika 2.5 [online]. [cit. 2017-03-29].

- [18] Sellier&Bellot [online]. [cit. 2017-03-29].
- [19] JANKOVÝCH, Robert. Prezentace k přednáškám VUT z předmětu T9. 2012.
- [20] LITZ, Bryan. Ballistic performance of Rifle Bullets [online]. [cit. 2017-05-29].
- [21] Katalog RWS, 2016
- [22] KNEUBUEHL, Beat P. Balistika: střely, přesnost střelby, účinek. Praha: Naše vojsko, 2004. ISBN 80-206-0749-8.
- [23] HALLIDAY, David, Robert RESNICK a Jearl WALKER. Fyzika: vysokoškolská učebnice obecné fyziky. Brno: VUTIUM, 2000. Překlady vysokoškolských učebnic. ISBN 80-214-1868-0.
- [24] KNEUBUEHL, Beat P. Balistika: střely, přesnost střelby, účinek. Praha: Naše vojsko, 2004. ISBN 80-206-0749-8.
- [25] MELOUN, Milan. Kompendium statistického zpracování dat: metody a řešené úlohy včetně CD. Vyd. 1. Praha: Academia, 2002, 764 s. ISBN 80-200-1008-4.
- [26] NORMA Ammunition [Firemní materiály]. [cit. 2017-05-29].
- [27] National Criminal Justice Reference Service [online]. [cit. 2017-05-29].
- [28] KNEUBUEHL, Beat P. Balistika: střely, přesnost střelby, účinek. Praha: Naše vojsko, 2004. ISBN 80-206-0749-8.
- [29] JURÍČEK, Ladislav. Porovnání chování náhradních materiálů v balistickém experimentu. Žilina: Krizový management, 2013
- [30] JURKÁČEK, B. Návrh metodiky zjišťování a vyhodnocování účinků malorážových střel na živou sílu. Brno: VVÚ ZVS Brno, 1984
- [31] HÝKEL, Jindřich a Václav MALIMÁNEK. Náboje do ručních palných zbraní. V Našem vojsku vyd. 2. Praha: Naše vojsko, 2002. ISBN 80-206-0641-6.
- [32] HÝKEL, Jindřich a Václav MALIMÁNEK. Náboje do ručních palných zbraní. V Našem vojsku vyd. 2. Praha: Naše vojsko, 2002. ISBN 80-206-0641-6.
- [33] Zákon č. 449/2001 Sb. o myslivosti. Praha, 2001.
- [34] In: Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2017-05-15].
- [35] Společnost pro studium nábojů [online]. [cit. 2017-05-25].
- [36] Počítačový program Quick LOAD 3.9.0.10 a Katalog produktů Sellier&Bellot, 2016.

-
- [37] SELLIER, K. - KNEUBÜHL, B. P. Wundballistik und ihre ballistischen Grundlagen. Berlin, 2. völlig überarbeitete und ergänzte Auflage. Berlin: Springer Verlag Berlin Heidelberg, Saladruck, Berlin. 2001, 526 s. ISBN 3-540-66604-4.
- [38] JURÍČEK, L. Ranivá balistika I. (Úvod do studia ranivé balistiky). Brno: VŠKE, a.s. Brno, 2013, 112 s. ISBN 978-80-86710-69-3.
- [39] Ballistische Gelatine/Seife, E-SPHT Gelita® AG. In: Eberbach. [cit. 2017-05-20].

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

BC	Balistický koeficient
IPSC	International Practical Shooting Confederation (Asociace praktické střelby)
USA	United States of America (Spojené státy americké)
RT	radiální trhliny
LR	Long Rifle (dlouhý puškový)
Win.	Winchester
ČR	Česká republika
N ₂	Nitrogen (dusík)
O ₂	Oxygen (kyslík)
Ar	Argon
CO ₂	Carboxy Oxygen (oxid uhličitý)
Ne	Neonium (neon)
He	Helenium (helen)
NATO	North Atlantic Treaty Organization (Severoatlantická aliance)
G1	typ balistického koeficientu
G7	typ balistického koeficientu
ZOV	typ balistického koeficientu
GEE	Günstigste Einschußentfernung (optimální nástřelná vzdálenost)
RWS	výrobce munice
Mag.	Magnum
KO	Knock Out (knockout)
PP	Petrolát – Parafin
VVU ZVS	
H&K	Heckler&Koch (výrobce zbraní)

CIP Commission Internationale Permanente pour les epreuves des armes a feu portatives (Úřad na zkoušení zbraní a střeliva)

SE označení ráže zbraně

g gram

gr grain

mm milimetr

J Joule

N Newton

SPCE Soft Point Cutting Edge (označení střely)

TTSX Tipped TSX (označení střely)

SJ Short Jacket (označení střely)

SST Super Shock Tipped (označení střely)

FBI Federal Board of Investigation (Národní vyšetřovací úřad USA)

SSK Sportovně střelecký klub

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 Řez hlavní.....	15
Obrázek 2 Řez jednotným nábojem s centrálním zápalem.....	16
Obrázek 3 Řez jednotným nábojem s okrajovým zápalem.....	16
Obrázek 4 Destičkový, trubičkový, sedmiděrový střelný prach.....	17
Obrázek 5 Graf závislosti tlaku a rychlosti střely na jejím pohybu v hlavni.....	18
Obrázek 6 Rázová vlna střely na ústí hlavně.....	21
Obrázek 7 Rázová vlna letící střely.....	22
Obrázek 8 Proudění na špičce letící střely.....	26
Obrázek 9 Součinitel odporu letící střely.....	27
Obrázek 10 Balistická křivka malorážky.....	28
Obrázek 11 Tíhová síla a síly odporu působící na střelu.....	28
Obrázek 12 Precese a nutace střely.....	30
Obrázek 13 Rotační pohyb střely okolo horizontální osy.....	30
Obrázek 14 Rázové vlny pro střely s rozdílným BC.....	32
Obrázek 15 Grafické znázornění GEE.....	33
Obrázek 16 Odraz střely.....	34
Obrázek 17 Terč se souřadnicovou sítí.....	37
Obrázek 18 Trvalá kavita v balistickém mýdle.....	40
Obrázek 19 Střely konstrukce Delvigne a Minié.....	41
Obrázek 20 Náboj pro systém Dreyse.....	41
Obrázek 21 Řez celoplášťovou střelou.....	42
Obrázek 22 Řez monolitickou střelou.....	42
Obrázek 23 Řez olověnou střelou Wad Cutter.....	42
Obrázek 24 Náboj 22 Long Rifle.....	43
Obrázek 25 Řez střelou Lapua Scenar - L.....	43
Obrázek 26 Náboj 9 mm Luger se střelou Speer Gold Dot.....	44
Obrázek 27 Střela Federal Guard Dog.....	44
Obrázek 28 Řez brokovým nábojem.....	45
Obrázek 29 Jednotná střela pro brokovnice.....	45
Obrázek 30 Řez poloplášťovou střelou.....	45
Obrázek 31 Náboj s ocelovým jádrem.....	46
Obrázek 32 Normalizované rozměry CIP náboje 30 – 06 Springfiel.....	49

Obrázek 33 Kulovnice Sauer 200	51
Obrázek 34 Řez střelou S&B SPCE	54
Obrázek 35 Řez střelou Hornady InterBond.....	54
Obrázek 36 Řez střelou Barnes TTSX.....	55
Obrázek 37 Řez střelou Hornady SST	56
Obrázek 38 Střela Hornady SJ	56
Obrázek 39 Střelecké stanoviště	58
Obrázek 40 Umístění terčů	59
Obrázek 41 Terče po odstřílení.....	59
Obrázek 42 Sellier&Bellot SPCE	61
Obrázek 43 Barnes TTSX.....	62
Obrázek 44 Hornady SST	64
Obrázek 45 Hornady InterBond.....	65
Obrázek 46 Hornady SJ	67
Obrázek 47 Střelecké stanoviště	72
Obrázek 48 Želatinový blok připravený k postřelování	72
Obrázek 49 Želatinový blok v laboratoři	73
Obrázek 50 Želatinový blok po rozřezání.....	73
Obrázek 51 Řez blokem.....	74
Obrázek 52 Střela v želatině	74
Obrázek 53 Střela po vyjmutí – čelní pohled	75
Obrázek 54 Střela po vyjmutí – zadní pohled.....	75
Obrázek 55 Řez blokem se střelou InterBond	76
Obrázek 56 Detail střepin po průniku střelou InterBond.....	77
Obrázek 57 Detail otěru olova ve střelném kanálu.....	77
Obrázek 58 Příčný řez střelným kanálem	77
Obrázek 59 Blok po rozřezání	78
Obrázek 60 Střelný kanál způsobený střelou TTSX 165 gr	79
Obrázek 61 Detail závěrečné dráhy střely a místa výstřelu.....	79
Obrázek 62 Velikost radiálních trhlin.....	79
Obrázek 63 Příčný řez.....	80
Obrázek 64 Střelný kanál po zásahu střelou SJ	81
Obrázek 65 Střela po vyjmutí – čelní pohled	81

Obrázek 66 Příčný řez.....	82
Obrázek 67 Střelný kanál způsobený střelou SST	83
Obrázek 68 Detail radiálních trhlin s úlomky olova, plastu a pláště	84
Obrázek 69 Detail střelného kanálu s fragmenty olova	84
Obrázek 70 Příčný řez střelným kanálem s RT	84
Obrázek 71 Srovnání účinku střel SST (vlevo) a InterBond	85
Obrázek 72 Srovnání účinku střel SST (vzadu) a SJ	86
Obrázek 73 Srovnání účinku střel InterBond (vzadu) a TTSX	86
Obrázek 74 Srovnání řezů střel TTSX, SJ, InterBond a SST (zleva do prava)	86
Obrázek 75 Srovnání průřezu střel InterBond, SST, SJ a SPCE po deformaci	87
Obrázek 76 Srovnání střel InterBond, SST, SJ a SPCE po deformaci	87

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 Energie z hoření	19
Tabulka 2 Složení atmosféry	25
Tabulka 3 Stranové vychýlení střely ve vzdálenosti 10 m za kontaktním místem [24]	35
Tabulka 4 Udávané charakteristiky testovaných střel	57
Tabulka 5 Základní charakteristiky hotových nábojů [36]	57
Tabulka 6 Střela SPCE	60
Tabulka 7 Střela TTSX	61
Tabulka 8 Střela SST	63
Tabulka 9 Střela InterBond	64
Tabulka 10 Střela SJ	66
Tabulka 12 Porovnání střel před a po výstřelu	87

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha PI Seznam střel pro dia 308

PŘÍLOHA P I: SEZNAM STŘEL PRO DIA 308

Dia: 308					Evropa				
Geco	TM	Plus	Express	Zero					
Norma	Eco Strike	Kalahari	Oryx	Tip Strike	Alaska	Plastic Point	Vulcan	FMJ	
RWS	Evo	Evo green	HIT	Speed Tip	H-Mantel	UNI	ID	DK	KS
SB	SP	SPCE	HPC	FMJ	TXRG	XRG			
Sako	Gamehead	Super Hammer	Super Hammer	Hammerhead					
Lapua	Naturalis	Mega	Cutting Edge						
LFB	Compact	Solid SM	Solid TMS	Solid HP	Druckjagd SM	Druckjagd TM	Druckjagd PP	Jaguar Classic	
Brenneke	TIG	TUG	TUG Nature	TAG	TOG	Basic			
Browning	BXC	BXR							
Fiocchi	SST	GameKing HPBT	SBT Bonded	SP Bonded	Freccia Nera				
Blaser	CDP								
PPU	SP	Grom							
Barnaul	SP								

Dia: 308					USA				
Barnes	LRX	M/LE RRLP or MPG	M/LE TAC-X	TTSX	TSX				
Hornady	SJ	FM	GMX	GR RN	V Max	SP	HP	SST	InterBond
Hornady	A Max	ELD-X	HPBT	Z-Max	InterLock				
Nosler	AccuBond	AccuBond LR	Ballistic Tip Hunt	Baliistic Silvertip	E - Tip	Partition	Bonded Perform.	Varmagedon	Custom Comp. HPBT
Remington	Core-Lokt SP	Core-Lokt PSP	AccuTip	UMC MC	Hog Hammer	Hyper Sonic			
Sierra	Pro Hunter RN	Varminter HP	Pro Hunter SPT	Pro Hunter FN	GameKing HPBT	GameKing SBT	MatchKing HPBT	Tipped MatchKing	
Swift	A - Frame	Scirocco							
Federal	Edge TLR	Trophy Bond. Bear	Trophy Bond. Tip	Trophy Copper	Fussion Rifle	Power Shock Copper	Pover Shock SP	VS Nosler Bal. Tip	VS Nosler Partition
Winchester	Power Point	Expedition Big Game	Power Max Bonded	Ballistic Silvertip	E - Tip	Razor Boar XT	Deer Season XP		VS Sierra Game King
Berger	VLD Hunting	Classic Hunter	Elite Hunter						
Speer	Grand Slam SP	Hot-Cor Spire	Hot-Cor SPFN	Hot-Cor Spitzer	Boat Tail Spitzer	TNT	HP	Varminter HP	
Lehigh	Close Quarters	Controlled Chaos	Control. Chaos Coper	Xtreme Cavitator	Controll. Fracturing	Max. Expansion			
Cutting Edge	ESP Raptor	Flat Base Raptor	ER Raptor	Laser THP	Copper Safari Solid	Subsonic Raptor			
Hawk	RoundTip	Spitzer	Flat Point						
Hasler	Hunting	Hunting Ariete							
Fox	Classic Hunter								
Lazzeroni	LazerHead								

Dia: 308			Australia, Africa						
Woodleigh	PP SN	Hydrostat. Stabil							
PMP	Standard	ProAmm							
Impala	LS	KS	RN	CFN	CHP				
Frontier	Spartan	Game Ranger							