

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta lesnická a dřevařská

Katedra myslivosti a lesnické zoologie



**Fakulta lesnická
a dřevařská**

**Vliv rozličných podmínek uložení na změnu hmotnosti
olověných a neolověných broků v čase**

Bakalářská práce

Tomáš Doležal

Vedoucí práce: doc. Ing. Vlastimil Hart, Ph.D.

2023

Zadání bakalářské práce

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta lesnická a dřevařská

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Tomáš Doležal

Lesnictví

Provoz a řízení myslivosti

Název práce

Vliv rozličných podmínek uložení na změnu hmotnosti olověných a neolověných broků v čase

Název anglicky

Effect of different storage conditions on the change in weight of lead and non-lead pellets over time

Cíle práce

- 1) Zjištění vlivu uložení v různých médiích, blízkých se přirozeným podmínkám, na ztrátu hmotnosti broků v čase
- 2) Porovnání vlivu velikosti broků a různého materiálního složení na ztrátu hmotnosti broků v čase a dle použitého média

Metodika

Závěrečná práce bude sepsána o provedeném výzkumném pokusu v délce trvání jednoho roku a zabývající se změnou hmotnosti olověných a neolověných broků za určitých podmínek.

Pokus bude probíhat na Fakultě lesnické a dřevařské České zemědělské univerzity v Praze.

Broky v každé navážce budou přesně zváženy (3x) ve firmě Sellier & Bellot, za jejíž spolupráce bude pokus probíhat. Jedna navážka bude obsahovat přesnou váhu broků odpovídající navážce jednoho brokového náboje. V případě rozdílů, budou navážky doplněny tak, aby jejich váha byla srovnatelná. Dle diskuse se zaměstnanci firmy Sellier & Bellot může být metodický postup upraven dle jejich požadavků a zkušeností.

Jednotlivé navážky:

- 70x Olověné broky o průměru broku 2,50 mm
- 70x Ocelové broky o průměru broku 2,54 mm
- 70x Olověné broky o průměru broku 3,00 mm
- 70x Ocelové broky o průměru broku 3,05 mm
- 35x Olověné broky o průměru broku 3,50 mm
- 35x Ocelové broky o průměru broku 3,56 mm
- 35x Zinkové broky o průměru broku 3,50 mm
- 35x Poměděné broky o průměru broku 3,80 mm

- 35x Olovňné broky o průměru broku 4,00 mm
- 35x Ocelové broky o průměru broku 4,06 mm
- 35x Zinkové broky o průměru broku 4,00 mm
- 35x Olovňné broky o průměru broku 5,16 mm
- 35x Ocelové broky o průměru broku 5,08 mm

Jednotlivé navážky budou podrobně zaznamenané a popsány po celou dobu pokusu a budou rozděleny do skupin tak, aby v každé skupině bylo shodné zastoupení jednotlivých typů a průměrů broků.

Tyto skupiny budou poté umístěny jednotlivě do nádob s připravenými typy médií (voda, bahno, zemina, vzduch, slaná voda, rašelina, kontrola). Každá skupina bude obsahovat vždy po 5ti vzorcích. Nádoby budou poté uzavřeny a popsány druhy a průměrem broků, jejich přesnou hmotností a médiem, do kterého budou uloženy.

Poté budou nádoby umístěny na připravené úložné místo, kde budou rok umístěny a pravidelně kontrolovány za účelem doplnění vody a kontroly vlhkosti půdy. Po roce sledování budou nádoby převezeny do firmy Sellier & Bellot, kde budou broky z jednotlivých nádob vyndány a znovu přesně zváženy. Bude vyhodnoceno, zda došlo ke změně hmotnosti broků či nikoliv.

Harmonogram zpracování:

Do 28.2.2022 bude založen pokus na střeše HT pavilonu. Nejpozději 28.2.2023 bude ukončen pokus a přistoupí se k vyhodnocení dat. Výsledky budou předloženy vedoucímu práce a po konzultaci s firmou Sellier & Bellot bude stanoven postup vyhodnocení. Literární rešerše bude průběžně konzultována s vedoucím práce a zpracována nejpozději do 31. srpna 2022.

První rukopis bakalářské práce bude předložen ke kontrole vedoucímu práce nejpozději do 20. března 2023.

Dokončená bakalářská práce bude po předchozích konzultacích s vedoucím práce odevzdána na studijní oddělení FLD v termínu a dle pokynů studijního oddělení.

Doporučený rozsah práce

30 – 40 stran

Klíčová slova

Brok, brokovnice, střelba, váha, životní prostředí

Doporučené zdroje informací

Brewer L., Fairbrother A., Clark J., Amick D. 2003: Acute toxicity of lead, steel, and an iron-tungsten-nickel shot to mallard ducks (*Anas platyrhynchos*). *Journal of wildlife diseases*, 39(3), 638-648.

Hanák J. 2009: Myslivecké střelectví, TeMi CZ s.r.o., 181s

Hanzal Vladimír a kol. 2008: Velká myslivecká encyklopedie. Elektronické nakladatelství Grand, České Budějovice

Hart V., Hanzal V., Helebrant M., Hlavačka Z., Jirkovsky R., Kukla M., Matějka O., Petržela M., Snížek T., Vosátka J. 2021: Lovecké střelectví/The Art of Hunt Shooting. Druckvo, 224s.

Kraabel B. J., Miller M. W., Getzy D. M., Ringelman J. K. 1996: Effects of embedded tungsten-bismuth-tin shot and steel shot on mallards (*Anas platyrhynchos*). *Journal of wildlife diseases*, 32(1), 1-8.

Luo W., Verweij R. A., van Gestel C. A. 2014: Contribution of soil properties of shooting fields to lead bioavailability and toxicity to *Enchytraeus crypticus*. *Soil Biology and Biochemistry*, 76, 235-241.

Sanderson G. C., Wood S. G., Foley G. L., Brawn J. D. 1992: Toxicity of bismuth shot compared with lead and steel shot in game-farm mallards. In *Transactions of the North American Wildlife and Natural Resources Conference* (Vol. 57, pp. 526-540).

Sujetovienė G., Česynaitė, J. 2019: Assessment of toxicity to earthworm *Eisenia fetida* of lead contaminated shooting range soils with different properties. *Bulletin of environmental contamination and toxicology*, 103(4), 559-564.

Vyas N. B., Spann J. W., Heinz G. H. 2001: Lead shot toxicity to passerines. *Environmental Pollution*, 111(1), 135-138.

Předběžný termín obhajoby

2022/23 LS – FLD

Vedoucí práce

doc. Ing. Vlastimil Hart, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra myslivosti a lesnické zoologie

Elektronicky schváleno dne 31. 8. 2022

doc. Ing. Vlastimil Hart, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 31. 8. 2022

prof. Ing. Róbert Marušák, Ph.D.

Děkan

V Praze dne 05. 04. 2023

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma: Vliv rozličných podmínek uložení na změnu hmotnosti olověných a neolověných broků v čase vypracoval samostatně a citoval jsem všechny informační zdroje, které jsem v práci použil, a které jsem rovněž uvedl na konci práce v seznamu použitých informačních zdrojů.

Jsem si vědom, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, především ustanovení § 35 odst. 3 tohoto zákona, tj. o užití tohoto díla.

Jsem si vědom, že odevzdáním bakalářské práce souhlasím s jejím zveřejněním podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a to i bez ohledu na výsledek její obhajoby.

Svým podpisem rovněž prohlašuji, že elektronická verze práce je totožná s verzí tištěnou a že s údaji uvedenými v práci bylo nakládáno v souvislosti s GDPR.

V Praze dne 5. dubna 2023

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval vedoucímu mé bakalářské práce panu doc. Ing. Vlastimil Hart, Ph.D., dále bych rád poděkoval paní RNDr. Alině Kalyniukové, Ph.D. za pomoc při chemických rozborech, firmě Sellier & Bellot za poskytnuté materiály, Fakultě lesnické a dřevařské ČZU za poskytnuté prostory.

Vliv rozličných podmínek uložení na změnu hmotnosti olověných a neolověných broků

Abstrakt

Olovo lidé používají už od starověku. Pro výrobu střeliva se používalo již začátkem 14. století, kdy kule z olova postupně začaly vytlačovat různé jiné materiály, které byly do té doby používány. Již začátkem 19. století se lze setkat s názorem škodlivosti olova pro lidské zdraví a životní prostředí. Proto se postupem času začaly hledat materiály, které by mohly olovo nahradit. Cílem této bakalářské práce je zjištění vlivu uložení v různých médiích, blízcích se přirozeným podmínkám, na ztrátu hmotnosti broků v čase a porovnání vlivu velikosti broků a různého materiálního složení na ztrátu hmotnosti broků v čase a dle použitého média. Pro získání dat byl založen výzkumný pokus. Pokus byl prováděn na 6 typech prostředí a 13 typech broků podle materiálu a průměru. Broky byly před pokusem zváženy a jejich váha byla podrobně zaznamenána. Pro potřeby výzkumu bylo založeno 7 výzkumných skupin (Sladká voda, Bahno, Hlína, Vzduch, Rašelina, Slaná voda + Kontrolní skupina) tak, aby každá skupina obsahovala jedno pokusné prostředí a 60 výzkumných brokových navážek, které byly tvořeny vždy 5 navážkami broků jednoho průměru a z jednoho materiálu. Celkem tak bylo vytvořeno 455 navážek. Dále každá skupina obsahovala 5 pokusných navážek tvořených kombinací olověných broků o průměru 2,50 mm a ocelových broků o průměru 2,54 mm a dalších 5 kombinací olověných broků o průměru 3 mm a ocelových broků o průměru 3,05 mm. Každá navážka pak byla uložena do misky s výzkumným prostředím dle skupiny, kam patřila. Výzkumný pokus trval jeden rok. Po uplynutí jednoho roku byly broky z prostředí vyndány a zváženy. Dále byly očištěny v ultrazvukové čističce a znovu zváženy. Zjištěná data byla zpracována statistickými metodami a korelační analýzou.

Výsledky pokusu potvrdily vliv prostředí na změnu hmotnosti. Jako prostředí, které nejvíce ovlivňuje změnu hmotnosti, vzešla rašelina. Také byl potvrzen vliv použitého materiálu při výrobě broků na změnu hmotnosti. Nejvíce ovlivňovaným materiálem se stala ocel. Především kombinace materiálu ocel a prostředí rašelina se ukázala jako nejvíce problematická.

Pro snížení rizika ovlivnění prostředí jednotlivými materiály broků by bylo vhodné přispůsobovat výběr jednotlivých materiálů broků i prostředí v nich se broky používají.

Klíčová slova: brok, brokovnice, střelba, váha, životní prostředí, olovo, olověná střela

Effect of different storage conditions on the change in weight of lead and non-lead pellets over time

Abstrakt

Lead has been used since ancient times. It was used for ammunition as early as the beginning of the 14th century, when lead bullets gradually began to displace various other materials that had been used up to that time. As early as the beginning of the 19th century, it is possible to encounter the opinion of the harmfulness of lead to human health and the environment. Therefore, as time went on, the search for materials that could replace lead began. The aim of this bachelor thesis is to investigate the effect of deposition in different media, close to natural conditions, on shot weight loss over time and to compare the effect of shot size and different material composition on shot weight loss over time and according to the medium used. A research experiment was established to obtain the data. The experiment was conducted on 6 types of media and 13 types of shot by material and diameter. The shot were weighed before the experiment and their weight was recorded in detail. For the purpose of the research, 7 research groups (Freshwater, Mud, Air, Peat, Saltwater + Control group) were established so that each group contained one experimental environment and 60 research shot weights, which were each composed of 5 weights of shot of one diameter and material. Thus, a total of 455 weights were created. In addition, each group contained 5 experimental weights consisting of a combination of 2.50 mm diameter lead shot and 2.54 mm diameter steel shot, and a further 5 combinations of 3 mm diameter lead shot and 3.05 mm diameter steel shot. Each weight was then placed in a research environment dish according to the group to which it belonged. The research experiment lasted for one year. At the end of one year, the shot was removed from the environment and weighed. Next, they were cleaned in the ultrasonic cleaner and weighed again. The findings were processed by statistical methods and correlation analysis.

The experimental results confirmed the effect of the environment on the weight change. Peat emerged as the medium that most influences the weight change. The effect of the material used in the production of shot on the weight change was also confirmed. The most influenced material was steel. In particular, the combination of the material steel and the environment peat proved to be the most problematic.

In order to reduce the risk of environmental influence by the individual shot materials, it would be advisable to adapt the selection of the individual shot materials to the environment in which the shot is used.

Keywords: pellet, shotgun, shooting, weight, environment, lead, lead bullet

Obsah

1. Úvod	10
2. Cíl práce	11
3. Literární přehled	12
3.1. Historie palných zbraní	12
3.2. Historie a vývoj brokové střelby a brokového náboje	15
3.3. Brokový náboj	16
3.3.1. Charakteristika	16
3.3.2. Složení brokového náboje	17
3.4. Charakteristika jednotlivých druhů broků	18
3.4.1. Olověné broky	18
3.4.2. Ocelové broky	20
3.4.3. Zinkové broky	21
3.4.4. Vizmutové (bizmutové) broky	21
4. Metodika	22
4.1. Příprava a založení výzkumu	22
4.2. Založení pokusu	22
4.3. Charakteristika jednotlivých výzkumných skupin	23
4.4. Průběh a ukončení pokusu	24
4.5. Vyhodnocení získaných dat	27
5. Výsledky	28
5.1. Porovnání naměřených hodnot	28
5.2. Ovlivnění hmotnosti broků typem prostředí	28
5.3. Ovlivnění hmotnosti broků druhem materiálu použitého pro výrobu	29
5.4. Ovlivnění hmotnosti broků velikostí (průměrem) broků	29
5.5. Celkové porovnání výsledků	32
6. Diskuze	34
7. Závěr	37
8. Zdroje	38
9. Přílohy	43

1. Úvod

Olovo lidstvo používá už od starověku. Dříve se používalo především pro stavbu potrubí v bohatších starověkých městech nebo například pro výrobu nádobí. Postupem času se začalo olovo používat jako materiál pro výrobu střeliva. Nejdříve se používalo pro výrobu koulí pro těžké obléhací stroje. Později s příchodem vynálezu střelného prachu se začalo olovo používat jako střelivo do palných zbraní. Dodnes se můžeme setkat s pozůstatky těchto střel, které lze nacházet při různých příležitostech, především pak při práci s půdou v blízkosti oblastí, kde probíhaly různé boje, ale i na místech, kde byl prováděný lov zvěře. Od druhé poloviny 19. století se můžeme setkávat s názorem, že olověné střelivo škodí nejen člověku a ostatním živočichům, ale i prostředí, ve kterém se používá. V poslední době se především tématem číslo jedna stal zákaz olověného střeliva na mokřadech a v okruhu 100 metrů od nich. Mnoho myslivců argumentuje proti zákazu olova především horšími balistickými vlastnostmi alternativních materiálů. Dalším argumentem se často stává, že některé alternativní suroviny pro výrobu broků mohou přinášet zhoršení zdravotního stavu člověka – například nadměrné dávky zinku mohou způsobovat bolesti hlavy, průjemy, křeče, bolesti břicha. Neblahodárně také zinek působí na vodní organismy. Zastánci zákazu olova naopak argumentují šetrností k životnímu prostředí. Bohužel většina studií, které byly v minulosti prováděny, byly zaměřeny především na vliv jednotlivých materiálů, zejména olova, na živé organismy. Proto jsem se rozhodl sepsat bakalářskou práci zabývající se trochu jiným tématem. Naším hlavním cílem bylo zjištění závislosti prostředí, použitých materiálů a velikosti broků na změnu jejich hmotnosti a struktury jejich povrchu. Proto byl součástí bakalářské práce i roční výzkum, jehož výsledky sloužily k zjištění daných závislostí.

2. Cíl práce

- 1) Zjištění vlivu uložení v různých médiích, blížících se přirozeným podmínkám, na ztrátu hmotnosti broků v čase
- 2) Porovnání vlivu velikosti broků a různého materiálního složení na ztrátu hmotnosti broků v čase a dle použitého média

3. Literární přehled

3.1. Historie palných zbraní

Zbraně jsou nedílnou součástí lidské společnosti již od pravěku. Nejdříve člověk využíval zbraně k přežití – lovil, aby se najedl a ubránil před predátory. Až do období středověku se používaly převážně pouze na krátkou vzdálenost s výjimkou luku se šípy a těžkých obléhacích strojů (Hartink, 1999).

Historie palných zbraní je spojena s vynálezem černého střelného prachu. Jako první používali palné zbraně Číňané dynastie Sung po roce 1200 (Bondoux, 1997).

První zpráva o dovozu černého střelného prachu do Evropy pochází z roku 1299. Receptura na jeho výrobu je však popsána již v polovině 13. století Robertem Baconem ve spise *Opus maius* (Brych, 2018).

Za jednoho z možných „otců“ černého střelného prachu v Evropě je považován mnich Berthold Schwarz ze Freiburgu v Německu (Hartink, 1999).

Nejstarší zmínka o palné zbraní v Evropě pochází z Anglie. Objevuje se v rukopise *De Officiis Regnum* (O povinnostech králů), který byl sepsán v roce 1326. Je v něm vyobrazený muž střílející z malého děla. Zmínka o dělu se dále objevuje téhož roku také ve Florencii. Jedná se o oprávnění k výrobě mosazného děla a železných dělových koulí. Za jeden z nejstarších známých typů ruční palné zbraně lze považovat tannenberskou pušku, která získala jméno podle místa nálezu zříceniny hradu Tannenberg v Hessensku. Jelikož byl podle dochovaných pramenů hrad zničen kolem roku 1399, musely být palné ruční zbraně používané již ve 14. století. Toto tvrzení dokládají i záznamy Privy Wandrobe z roku 1388 (Hogg, 1996).

Dalším typem byly zbraně zvané hákovnice. Jejich název je odvozen od háku pod ústím zbraně. Tento hák sloužil k tlumení zpětného rázu při výstřelu. Zbraň museli obsluhovat dva muži, kdy jeden mířil a druhý odpaloval a nabíjel. Tyto zbraně nebyly moc přesné a měly spíše vyvolat chaos (Brych, 2018).

Tyto zbraně měly vedle nepřesnosti mnoho dalších nevýhod. Především poměrně časově náročné nabíjení (což měla většina zbraní nabíjených zepředu – tzv. předovky). Další nevýhodou byl systém zapálení střelného prachu, který vyžadoval práci s otevřeným ohněm. To vedlo hlavně k problémovému použití za deště. Ve vojenském prostředí dále vznikal problém prozrazení pozice střelce, protože otevřený oheň mohl být v noci vidět na dlouhé vzdálenosti (Hartink, 1999).

Jako řešení těchto problémů vznikl kolem roku 1440 nejprve „hadovitý doutnákový zámek“ - ten byl tvořen ohnutým kouskem kovu, opatřeným na jednom konci doutnákem, jenž se po zvednutí dostal do kontaktu se zátravkou zbraně. Tento systém fungoval i díky dosažení zvětšení ústí zátravky do pánvičky, na niž se sypal střelný prach. To vedlo k získání času pro zaměření a umožňovalo ovládání zbraně jednomu střelci. Dalším krokem bylo kolem roku 1500 zkonstruování doutnákového zámku se západkou. Doutnákové zámky se v této podobě využívaly v Evropě poměrně krátce, a to jen do 16. století, kdy je nahradily nejprve primitivní spouště převzaté z kuše, a později zdokonalené spouště a spoušťové mechanismy ukryté v zámkovém zařízení uvnitř pažby. V této podobě se doutnákový zámek používal až do druhé poloviny 18. století především díky jeho jednoduchosti a nenákladovosti. Pro lovce však tento systém nebyl vhodný, především kvůli nošení zbraně s hořícím doutnákem (Hogg, 1996).

Již v roce 1515 byl sestrojen kolečkový zámek. Ten sloužil na principu kolečka opatřeného rýhami, které při stisknutí spouště roztočilo tlakem, který byl předem dán natažením pružiny, a nárazy rýh do vhodného kamene nebo pyritu vyvolaly smršť jisker, které zažehly střelný prach na pánvičce. V roce 1550 došlo ke zkonstruování lehkých loveckých pušek s kolečkovým zámkem. Ve stejném období dochází k výrobě hlavní se závitově uspořádanými drážkami, díky kterým dosahovaly zbraně lepší přesnosti díky rotaci střely podél osy (Brych, 2018).

Kvůli nákladovosti a složitosti kolečkového zámku vznikl v 16. století levnější a jednodušší systém zvaný křesadlový zámek (Hartink, 1999). Křesadlový zámek se skládal z kohoutku s úchytnými čelistmi, do kterých se vkládal křesadlový kámen, ocílky a krycí destičky ve tvaru čepičky, která sloužila k zakrytí pánvičky a zachycení nárazu kohoutku uvolněného po stisknutí spouště. Funkce tohoto zámku spočívala v uvolnění příčného závěru po stisknutí spouště, natažený kohoutek se vymrštil dopředu a křesadlo uhodilo na zadní část ocílky, čímž vznikla jiskra, přičemž úder odsunul ocílku dopředu, tím došlo k otevření pánvičky s nasypáním střelným prachem, jenž se po dopadu jiskry zapálil (Hogg, 1996). Křesadlový zámek prošel postupem času mnoha zdokonaleními. Jako jeden z nejdokonalejších lze označit francouzský křesadlový zámek, který vznikl kolem roku 1635. Oproti doutnákovému a kolečkovému zámku měl křesadlový zámek několik výhod. Mimo jiné větší spolehlivost a cenová dostupnost, která vedla ke snížení celkové ceny palných zbraní, a tedy i jejich rozšíření (Hogg, 1996).

Křesadlový zámek jako i všechny před ním měl nevýhodu především v selhávání při špatných povětrnostních podmínkách, hlavně při dešti či silném větru. Záslouhou rozvoje vědecké činnosti a prohlubujícím se poznání fyzikálních a technologických zákonitostí byla objevena v roce 1799 ve Velké Británii chemikem Howardem tzn. třaskavá rtuť. Ta nepotřebuje ke svému

zapálení plamen, ale úder nejlépe v uzavřeném prostoru. Tento objev vedl v roce 1809 k vynalezení perkusního zápalkového systému skotem Alexandrem Forsythem (Brych, 2018). Po prokázání funkčnosti nárazového systému se objevují snahy o další zdokonalování. S jedním takovým přišel anglický puškař Joe Manton, který vynalezl perkusní pouzdro. Jednalo se o tenkou trubičku z mědi, která byla umístěna do zápalného otvoru zbraně, do které udeřilo kladívko kohoutku po tisknutí spouště. Vypotřeбенé pouzdro se však špatně vyměňovalo. V roce 1814 se poprvé objevila nárazová zápalka, která se ukázala jako lepší řešení (Hogg, 1996). V letech 1814 až 1918 došlo k ustálení čepičkového tvaru těchto zápalek (Brych, 2018). Ačkoliv se kovová nárazová zápalka stala univerzálním systémem, pokračovala snaha zkoušet i jiné systémy. Jedním takovým systémem byla pásková roznětná náložka vynalezená Edwardem Maynardem. V zásobníku zbraně byl umístěn v zámku proužek dvouvrstvého papíru. Mezi vrstvami byly umístěny malé kuličky třeskavé směsi. Proužek se vždy o kousek posunul s natažením kohoutku. Tento systém byl použit například v období 1861 až 1865 u pušek v americké občanské válce (Hogg, 1996).

V 19. století dochází ke dvěma významným vynálezům. Prvním je sestrojení jednotného náboje a druhým vynález bezdýmného střelného prachu namísto černého. Již od 16. století můžeme najít zmínky o nevýhodách nabíjení zbraní zepředu přes ústí hlavní. Především z důvodu možného nabíjení jen ve stoje, znovu nabití bylo pomalé, dávkování střelného prachu bylo značně obtížné, a to zejména při zhoršeném počasí. Postupně byly konstruovány zbraně, které měly klapkový nebo komorový závěr. Z počátku byla jejich hlavní nevýhodou vážná poranění v oblasti obličeje střelce při výstřelu, došlo-li k nezvládnutí technologie výroby. V 18. století byl zkonstruován pro bezpečnější uzavření nábojové komory šroubový závěr (Brych, 2018).

V roce 1812 Johann Samuel Pauly sestrojil první jednotný náboj s mosaznou nábojnicí, u níž umístil zápalku doprostřed dna. To vedlo z potřebě otevření zbraně zezadu, za účelem nabití, a k následnému uzavření zbraně tak pevně, aby vydržela tlaky při explozi prachové náplně (Hartink, 1999). Tím vznikl lůžkový závěr, který se dodnes používá u zlamovacích zbraní (Hart et al., 2021).

V roce 1835 došlo v Německu Janem Mikulášem Dreysem k vynalezení válcového odsuvného závěru a k sestrojení pušky zvané jehlovka. Tato puška se nabíjela do nábojové komory (Brych, 2018) a lze ji považovat za předchůdce všech zadovek. Její výhodou byla především rychlost přebíjení, která dosahovala až 8 ran za minutu. Nevýhodou jehlovek byla samotná dlouhá jehla, podle které dostala zbraň svoje pojmenování. Jehla sloužila k aktivaci nárazové zápalky, která byla umístěna až mezi náloží a kulkou. To mělo za důsledek, že jehla musela

projít celou náloží prachu. Zde byla vystavena účinkům exploze, a to vedlo k její rychlé korozi a snadno se zlomila. Další nevýhodou bylo rychlé opotřebení těsnění závěru. To vedlo k nedoléhání závěru a díky tomu plameny vzniklé při explozi způsobovaly popáleniny v obličeji střelce (Hogg, 1996).

V roce 1835 byl Casimirem Lefaucheuem sestrojen první jednotný náboj s kolíčkovým zápalem (Hart et al., 2021).

Roku 1849 došlo Luisem Flobertem ke spojení čepičkové zápalky se střelou v jeden celek a tím vznikl jednotný náboj s okrajovým zápalem (Vosátka et al., 2013).

K dalšímu významnému kroku dochází roku 1854 v Anglii, kde puškař Charles W. Lancaster jako první vyrobil náboj se středovým zápalem (Hart et al., 2021). Zápalky pro středový zápal přinesly mnoho výhod. Zejména pak tu, že se náboje se středovým zápalem mohly vyrábět sériově a tím se urychlila a zlevnila jejich výroba. Také kladně přispěly k urychlení vývoje opakovacích zbraní (Hanák, 2009).

Jako jeden z nejvýznamnějších objevů 19. století lze označit vynález Paula Maria Eugéna Viella z roku 1884, kterému se jako prvnímu povedlo vyrobit použitelný a bezpečný bezdýmný střelný prach (Vosátka et al., 2013).

V dalších letech probíhalo hlavně zdokonalování opakovacích závěrů a nábojnic pro snadnější a spolehlivější podávání nábojů ze zásobníku. V roce 1897 si nechal Hiram Stevens Maxim zapsat několik patentů na ochranu konstrukčních principů samonabíjecích a automatických palných zbraní (Hart et al., 2021).

3.2. Historie a vývoj brokové střelby a brokového náboje

Na principu hromadné střely fungovaly již v 15. století tzn. kartáčové střely, které se používaly při bojích a byly střelené z metacích obléhacích strojů či děl (Hogg, 1996).

Za předchůdce brokových nábojů můžeme považovat sekané olovo, vystřelované ve středověku při obranných bojích z hákovnic a podobných zbraní (Hurník et Tůma, 2003).

Historické zbraně s hromadnou střelou se používaly spíše k při obraně, než při lovu. Takovéto zbraně byly například Arkebuzy, ve kterých se jako střelivo používaly malé kamínky nebo kousky kovu, nebo trombony. Za jeden z nejstarších dochovaných záznamů o použití hromadné střely k lovu lze považovat německou rytinu z roku 1545, která vyobrazuje lov na kachny (Hartink, 1999).

U těchto zbraní se uvádí standardní odchylka 0,85 %, což znamená, že pravděpodobnost zásahu terče o průměru 1 metr se na vzdálenost 100 metrů rovná maximálně 16 % (Vosátka et al., 2013).

První zmínky o brokovém náboji pochází z Itálie z první poloviny 16. století (Fišer et Procházka, 2007).

První brokovnice, jak je známe dnes, se objevily v Anglii v roce 1758 (Hartink, 1999).

První výroba skutečných kulatých broků je popsána v britském patentu č. 725 z roku 1758, podle kterého se z olova odlévané broky ohlazovaly do kulata ve speciálním rotačním bubnu. Výroba loveckých broků se váže k britskému patentu č. 1374 z roku 1782. První věž na odlévání broků z výšky pochází z roku 1818 a stojí v Korutanech (Rakousko) (Hurník et Tůma, 2003).

První brokový náboj vynalezl Casimir Lefauchaux v roce 1832 (Hartink, 1999).

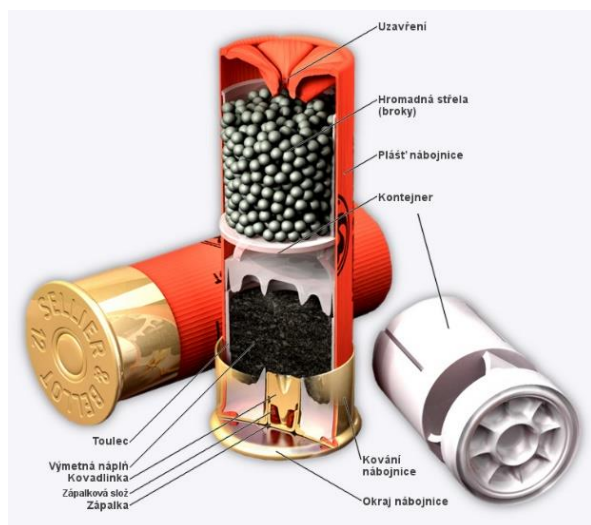
3.3. Brokový náboj

3.3.1. Charakteristika

Kvalita náboje je po zbraní druhý nejpodstatnější činitel, který ovlivňuje přesnost a účinnost střelby. Náboj by měl mít co nejúčinnější smrtící účinek tak, aby co nejvíce zamezil stresování a trápení zvěře (Moinot, 1996).

Brokový náboj rozdělujeme podle několika hledisek. Jedním z těchto hledisek může být ráže brokové zbraně (nejčastější ráže v Evropě 12; 16; 20) nebo jestli se jedná o náboj s jednotnou či hromadnou střelou. Náboje s hromadnou střelou dále dělíme podle použití (sportovní nebo lovecké). Lovecké pak dle velikosti broků pro daný druh lovené zvěře (Vosátka et al., 2013).

3.3.2. Složení brokového náboje



Obr. č. 1 – Brokový náboj s hromadnou střelou. In: Zbranekvalitne.cz: Nauka o střelivu [online]. [cit. 2023-03-27]. Dostupné z: <https://zbranekvalitne.cz/zbrojni-prukaz/nauka-o-strelivu>

Brokový náboj se skládá z nábojnice, zápalky, výmetné (prachové) náplně, zátky plstěné nebo plastové s chráničem broků, hromadné střely (broků) a uzavírky. Uzavření náboje je buď do hvězdice nebo uzávěrkou (Hanák, 2009).

Nábojnice se dříve vyráběly pouze z papíru nebo někde pro potřeby trvanlivosti k častému přebíjení i z mosazi, později i z lehkých slitin. Od šedesátých let se vyrábějí plastové nábojnice. Výhodou plastové nábojnice je menší citlivost na vlhkost při skladování oproti papírovým nábojnicím. Papírové nábojnice navazují vzdušnou vlhkost a tím zvětšují svůj objem a často se pak nevejdou do nábojové komory, nebo naopak praskají při nadměrném vysušení (Hart et al., 2020).

Zápalka se skládá z několika částí (z kalíšku, zápalkové slož, krycí fólie, a případně z kovadlinky) a je uložena ve středu dna nábojnice a slouží jako roznětka pro zažehnutí střelného prachu (Hanzal et al., 2018).

Prachová náplň je tvořena bezdýmným střelným prachem s povrchovou plochou zrn ve tvaru tenkých lístečků nebo destiček. Pro tento prach je typickou vlastností vysoká rychlost hoření (Hanzal et al., 2018).

Zátky a chrániče broků

Zátka slouží k uvedení brokové náplně do pohybu a svou pružností zamezuje úniku plynů při vznícení střelného prachu. Často se používá zátka vyrobená z plsti. Ta má vynikající těsnící,

čistící a mazací účinky. Její výhodou je také šetrnost k zahrdlení zbraně. Mezi zátku a prachovou náplň se obvykle dává papírová krytka, která zabraňuje pronikání mazadel z plsti do prachu. Odlišnou konstrukci mají zátky s kontejnerem – **chráničem** broků vyráběných z plastu. Opěrnou plochu prachovým plynům tvoří dno zátky a broky jsou vloženy do košíčku zátky. Košíček broky nejen chrání a vede v hlavni, ale také krátce vede broky i mimo hlaveň a tím pozitivně napomáhá k zvýšení krytí (Hanák, 2009).

Hromadná střela – broky

Broky se vyrábějí z olova nebo netoxických materiálů. Mezi netoxické materiály patří ocel, měď, zinek a další (Vosátka et al., 2013).

3.4. Charakteristika jednotlivých druhů broků

3.4.1. Olověné broky

Olovo je nízkotavitelný, měkký, velmi těžký, toxický kov s hustotou $11,34\text{g/cm}^3$, teplotou tání $327,502\text{ }^{\circ}\text{C}$ a teplotou varu $1740\text{ }^{\circ}\text{C}$. Za normálních podmínek je olovo odolné a neomezeně stálé vůči atmosférickým vlivům. V kompaktním stavu se na vlhkém vzduchu příliš nemění, pouze zvolna ztrácí lesk a tvoří se na něm šedobílá vrstva oxidů, hydroxidů a uhličitánů. Používání olova člověkem je známé již od starověku – antiky díky dobře dostupným rudám. Nejstarší dochovaný předmět pochází z období mezi lety 3000 př.n.l. a 2000 př.n.l. a byl nalezen v Malé Asii. Olovo je stále převažujícím materiálem pro výrobu střeliva (Bencko, 1995).

Z ekologického hlediska je olovo jeden z nejjedovatějších těžkých kovů, který už při stopovém množství může poškodit životní prostředí či způsobit otravu organismů (Navrátil et Rohovec, 2006).

Vysoký obsah olova v životním prostředí je způsoben převážně lidskou činností. Mezi vysoce toxické zdroje znečištění životního prostředí řadíme olovnaté nátěry, zbytky spalování olovnatého benzínu nebo zbytky použité munice (Haig et al., 2014).

Olověné broky se vyrábějí litím nebo lisováním olova s příměsí antimonu a arzenu (1,5 – 5%) (Moinot, 1996). Přidáním antimonu se docílí zvýšení pevnosti a tvrdosti broků. Arzén je přimícháván do olova z důvodu navýšení povrchového napětí tekutého olova při lití broků pro dosažení kulovitého tvaru. Z balistického hlediska je olovo nejvhodnějším materiálem pro výrobu broků hlavně především pro svou specifickou hmotnost, která poskytuje střelám vysokou průraznost a tím i dostatečnou ranivost (Hanák, 2009).

Nejvyšší koncentrace olova způsobena člověkem ve spojení se střelivem se nachází v okolí střelnic (United Nations Environment Programme, 2013), kde může koncentrace olověných broků dosáhnout až 17 kg/m^2 (Rattner et al. 2008). Vysokou koncentraci olověných broků lze také nalézt v oblastech, kde probíhá intenzivní lov ptactva. Především pak na vodních plochách a mokřadech. Flint et Schamber (2010) odhadují, že olověné broky zůstávají v sedimentu mokřadů více než 25 let. To lze považovat za nejčastější příčinu otravy ptáků. K otravě ptáků dochází při konzumaci olověných broků společně s potravou ve vodě či v půdě (otravy kachen, hus, labutí a dalších druhů) nebo při konzumaci kamínků potřebných pro lepší zpracování potravy v žaludky některých druhů ptáků (otravy koroptví nebo bažantů). Ohroženými jsou i dravci, u nichž hrozí pozření olověných broků v důsledku konzumace zastřelených či postřelených nedohledaných jedinců (Fisher et al. 2006). Pozřené olověné broky podléhají mechanické a chemické erozi v žaludku. Tím se uvolní olověné soli, které jsou absorbovány do krve. To vede k následnému poškození kostí, krve, nervové, trávicí a vylučovací soustavy (Vyas, 2001). Ročně uhynie na území Evropské unie na otravu olovem odhadem přes 1 milion ptáků (©EU, 2021). Ptáci jsou často označováni jako nejvíce náchylní na olovo (Fallon et al., 2017, Fisher et al. 2006, Pain et al., 1995). Na tuto skutečnost poukazuje i Luděk Králíček v rozhovoru pro Lidové noviny. Ten ovšem poukazuje na zvětšenou citlivost na olovo u samic kachny divoké sedící na vejcích. Tuto citlivost vysvětluje především zvětšeným příjmem potravy a zvětšeným výdejem energie z důvodu zahřívání snůšky. Ve stejném rozhovoru poukazuje Dr. Oliver Krone z Leibnizova institutu pro výzkum zoologických zahrad a volně žijících živočichů na rozdílnost způsobených otrav olovem u savců jako je liška a další predátoři, kteří nejsou tak náchylní na olovo při jeho pozření. To je způsobeno především větší velikostí těla a pomalejším metabolismem (Vlčková, 2017). Do roku 2020 nějakým způsobem regulovalo používání olověné munice v Evropě 23 států. Z těchto států platí plošný zákaz pro držení a používání olověných broků v Dánsku a v Nizozemí. V dalších šestnácti státech (včetně České republiky) platí zákaz používání olověných broků na mokřadech. Ve zbylých pěti státech platí zákaz olověných broků jen na vybraných územích (Mateo et Kanstrup, 2019). Od 15. 2. 2021 je v platnosti „*NAŘÍZENÍ KOMISE (EU) 2021/57, ze dne 25. ledna 2021, kterým se mění příloha XVII nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1907/2006 o registraci, hodnocení, povolování a omezování chemických látek, pokud jde o olovo v brocích v mokřadech nebo v jejich okolí*“. Z tohoto nařízení vyplývá zákaz používání a nošení nábojů, u nichž je hmotnost olova vyšší než 1 % hmotnosti celého náboje v okruhu 100 metrů od mokřadů. Dále z tohoto nařízení vyplývá možnost na celém svém území od 15. 2. 2024 zakázat prodej a uvádění na trh, nošení a používání nábojů, u nichž hmotnost olova přesahuje 1 % hmotnosti

náboje, je-li celková rozloha tohoto členského státu tvořena alespoň z 20 % mokřady s výjimkou teritoriálních vod (©EU, 2021). V USA došlo k zákazu používání olověných broků pro lov vodního ptactva již v roce 1991 (Kelley et al., 1998) a poté i v Kanadě v roce 1999 (Haig, 2014).

Zatím co se potvrzuje negativní vliv olověných broků na živé organismy, mnoho studií vyvrací dopady těchto broků na životní prostředí. Například studie prováděná Jorgensenem a Willemsem v roce 1987, která se zabývala rozkladem olověných broků v půdě, zjistila, že za 13 let se rozložilo pouhých 17 % z pozorovaných střel. Další studie, kterou provedl Hurley v roce 2013, poukazuje na problém, který vznikl používáním ocelových broků jako náhražky olověných. Zatímco samotné olovo je v půdě prakticky stabilní, může být mobilizováno vysokou přítomností oxidu železa. Rez z ocelových broků může mobilizovat olovo z olověných broků uložených v půdě, které tam byly používány v předchozích letech.

3.4.2. Ocelové broky

Ocel je materiál, který obsahuje mnohem více železa (Fe) než kteréhokoli jiného jednotlivého prvku, má obsah uhlíku (C) obecně nižší než 2 %. (ČSN EN 10020 , 2001).

Ocel nahradila jako první materiál olovo při výrobě broků. První ocelové broky se začaly vyrábět v 70. letech 20. století v USA, kde se jako první objevuje snaha omezení střelby s olověnými broky ve volné přírodě (Hartink, 1999). Jako hlavní výhodu těchto broků lze považovat jejich netoxicitu pro životní prostředí. Další výhodou je cena. Ocelové broky jsou jen o cca 20 % dražší než olověné. Další alternativní materiály dosahují 100 % až 1000 % ceny olova. (COWI, 2004). Výhodou je i vyšší pronikavost tělem vzhledem k malé deformaci při dopadu na cíl, proto je lze použít k lovu těžších jedinců pernaté zvěře (Hanák, 2009).

Ocelové broky mají ale také mnoho nevýhod. Například jiné balistické vlastnosti než olovo. Z důvodu nižší specifické hmotnosti musí být ocelové broky větší, aby byla zachována jejich průraznost. To znamená například to, že olověné broky velikosti 2,7 mm budou nahrazeny ocelovými broky velikosti 3,3 mm až 3,5 mm. Další nevýhodou je nevhodnost použití ocelových broků ve starších zbraních s tenkými hlavními z důvodu vyšších tlaků, které mohou způsobit poškození zbraně (Hartink, 1999). Ocelové broky by se neměly používat ve skalnatém terénu z důvodu vyššího rizika odrazu. Dále jsou broky z oceli často zakázány používat v lesích, z něhož jsou kmeny určeny pro nábytkářský průmysl (COWI, 2004).

3.4.3. Zinkové broky

Zinek je kov modrobílé barvy střední tvrdosti se silným leskem, který však na vlhkém vzduchu ztrácí. Má hustotu $7,14 \text{ g/cm}^3$, teplotu tání $419,58 \text{ }^\circ\text{C}$ a teplotu varu $907 \text{ }^\circ\text{C}$. Na vzduchu je zinek konstantní, protože je pokrýván tenkou vrstvou oxidu zinečnatého (ZnO), která jej účinně chrání proti korozi vzdušným kyslíkem i vlhkostí (vodou) – tzv pasivace (Kenšová et al., 2014).

Díky všem svým funkcím je zinek naprosto nezbytný pro správný vývoj a růst organismu. Pro člověka se považuje koncentrace zinku ve vodě 30 mg/l za prahovou hranici toxicity. Naproti tomu je zinek značně toxickou látkou pro vodní organismy. Jde o koncentrace pohybující se řádově již v desetinách mg/l (Kenšová et al., 2014).

Zinkové broky jsou šetrné k životnímu prostředí a jsou považovány za dostačující náhradu broků z olova, ale pouze na vzdálenost do 32 metrů. Díky specifické hmotnosti má zinek podobnou průraznost jako železo. Vzhledem k tomu, že je zinek měkký, jsou zinkové broky vhodné i pro střelbu ze starších zbraní i bez nutnosti úpravy zahrdlení, což bývá nutností při střelbě s ocelovými broky (Hartink, 1999). Další výhodou je, že se zinkové broky neodráží od překážek (Hanák, 2009).

Jako nevýhoda zinkových broků jsou často uváděny horší balistické vlastnosti, než mají broky olověné. Především dopadová energie je vlivem specifické hmotnosti nižší. Ranivost je však srovnatelná s olověnými broky díky vyššímu krytí. Zinek lze zatím při výrobě broků považovat za nejlepší náhradu olova jak z hlediska ekologie, tak i z pohledu balistických vlastností. Avšak jako nejhorší náhrada se jeví z pohledu ceny. (Hanák, 2009).

3.4.4. Vizmutové (bizmutové) broky

Vizmut vzniká prakticky jako odpad při zpracování mědi, zlata, olova, cínu a stříbra. Díky své specifické hmotnosti $9,7 \text{ g/cm}^3$ má vizmut v porovnání se železem, ocelí a zinkem, lepší balistické vlastnosti, a je tudíž dobrou náhradou za olovo (Hartink, 1999).

Nevýhodou vizmutových broků je velká křehkost, takže už v hlavní část broků při výstřelu praská. Broky také praskají při dopadu na cíl. Další nevýhoda je obtížné docílení kulovitého tvaru při výrobě (Hanák, 2009). V neposlední řadě je často diskutována toxicita vizmutu (Skaug et al. 2018). Rozsah toxicity u člověka často závisí na jednotlivci (Sun, 2011).

4. Metodika

4.1. Příprava a založení výzkumu

Celý průběh výzkumu probíhal od ledna 2022 do března 2023 a lze jej rozdělit do několika částí. První částí byla teoretická příprava. Ta se skládala ze schůzky s panem Alešem Havlíkem zástupcem firmy Sellier & Bellot, kde byl vytvořen seznam vhodných broků pro pokus, a ze schůzky s paní Ing. Annou Jirošovou, Ph.D. a s paní RNDr. Alinou Kalyniukovou, Ph.D., při které bylo probráno téma rozkladu použitých materiálů a byl vytvořen seznam vhodných prostředí, do kterých se následně broky uložily. Celkem bylo vybráno šest laboratorních druhů prostředí (sladká voda, slaná voda, rašelina, hlína, vzduch a bahno) a jedna kontrola. Další částí byla praktická příprava. Ta zahrnovala nákup potřebných nádobek, do nichž se posléze uložily broky s odpovídajícím laborátem. Byly vybrány hranaté misky s víčkem o objemu 250 ml od firmy WIMEX s.r.o. z Náchodu, které se používají pro uložení potravin v gastronomii a nedochází u nich k uvolňování látek do vloženého obsahu. Dále bylo nakoupeno celkem 10 plastových boxů o objemu 18 litrů, které byly použity pro založení výzkumných skupin obsahujících vodu. Dalším krokem byla praktická příprava. Ta zahrnovala navážení jednotlivých navážek broků, které probíhalo v lednu 2022. Vážení bylo prováděno v prostorách firmy Sellier & Bellot. Pro vážení byla využita laboratorní váha KERN EG 220-3NM s přesností na 0,001g a třídou přesnosti II. Navážky byly tvořeny vždy po 35 navážkách stejného průměru broku a materiálu použitého pro výrobu. Dále bylo vytvořeno celkem 35 navážek kombinace broků průměru 2,5 mm vyrobených z olova a broků průměru 2,54 mm vyrobených z oceli a dále 35 navážek kombinace broků průměru 3,0 mm vyrobených z olova a broků průměru 3,05 mm vyrobených z oceli. U každé navážky bylo zaznamenáno číslo, průměr broku, materiál a přesná váha. Celkem bylo tedy vytvořeno 525 navážek. Tyto navážky byly převezeny na Fakultu lesnickou a dřevařskou ČZU v Praze. Dále byla provedena příprava jednotlivých laborátů.

4.2. Založení pokusu

Další fází výzkumu bylo založení výzkumného pokusu, který byl založen dne 7. února 2022. Postupně byly všechny navážky rozděleny do sedmi skupin (sladká voda, bahno, hlína, vzduch, rašelina, slaná voda, kontrola) vždy po pěti stejných navážkách jednoho druhu broků (stejného průměru a materiálu). Tyto skupiny navážek byly dále uloženy do připravených misek, které obsahovaly jednotlivé laboráty dle příslušné skupiny.

4.3. Charakteristika jednotlivých výzkumných skupin

Sladká voda – pro pokus byla použita voda z jezírka před High-tech technologicko-výukovým pavilonem FLD. Voda měla pH 7,98 při založení pokusu. Voda byla uložena do velkých plastových boxů o objemu 18 litrů. Bylo založeno celkem 5 stejných výzkumných boxů. Do každého boxu byly posléze uloženy příslušné navážky. Jednotlivé navážky byly uloženy do malých polyetylenových ZIP sáčků z důvodu, aby nedošlo k pomíchání jednotlivých navážek. Úložné sáčky byly popsány číslem navážky a byly do nich udělané dírky špendlíkem z důvodu, aby se k brokům mohla dostávat voda. Do boxu 1 byly uloženy všechny navážky broků z olova. Do boxu 2 byly uloženy navážky broků u oceli. Do boxu 3 byly uloženy navážky z měděných broků. Do boxu 4 byly uloženy navážky obsahující zinkové broky. Do 5. boxu byly uloženy navážky tvořené kombinací broků z oceli a olova. Boxy byly posléze uloženy na střechu High-tech pavilonu FLD na místě, kde byl celý den zabezpečen dostatečný sluneční svit. Tato skupina sloužila k zjištění chování jednotlivých materiálů ve sladké vodě.

Bahno – pro vytvoření bahna byla použita zemina ze skupiny Hlína a voda ze skupiny Sladká voda. Bahno bylo uloženo do misek s víčkem a do každé misky byla dále přidána jedna navážka. Každá miska byla popsána číslem brokové navážky, kterou obsahovala. Do víčka misky bylo vytvořeno 5 otvorů o průměru 2 mm z důvodu přístupu vzduchu a dešťové vody do misky. Misky byly posléze uloženy pod porostem borovic na výzkumné ploše na střeše High-tech pavilonu FLD. Tato skupina sloužila k zjištění chování jednotlivých materiálů ve vlhkém prostředí s neutrálním pH.

Hlína – použitá hlína byla odebrána na orné půdě na pozemku parcelní číslo 13/1, katastrální území Suchdol. GPS souřadnice odběrného místa 50.1372389N, 14.3733558E. pH odebrané hlíny bylo 6,34. Hlína byla uložena do misek a do každé misky byla přidána jedna navážka. Každá miska byla popsána číslem brokové navážky, kterou obsahovala. Do víčka misky bylo vytvořeno 5 otvorů o průměru 2 mm z důvodu přístupu vzduchu a dešťové vody do misky a dalších 5 menších otvorů ve spodní části z důvodu odvodu vody. Misky byly posléze uloženy pod porostem borovic na výzkumné ploše na střeše High-tech pavilonu FLD. Tato skupina sloužila k zjištění chování jednotlivých materiálů v simulovaném přirozeném prostředí s neutrálním pH.

Vzduch – do hranatých misek byly uloženy navážky. Vždy jedna navážka do jedné misky. Každá miska byla popsána číslem brokové navážky, kterou obsahovala. Do víčka misky bylo vytvořeno 5 otvorů o průměru 2 mm a do každé boční strany 3 otvory o průměru 1,5 mm

z důvodu cirkulace vzduchu v misce. Misky byly posléze uloženy pod porostem borovic na výzkumné ploše na střeše High-tech pavilonu FLD. Tato skupina sloužila k zjištění chování jednotlivých materiálů po ponechání na vzduchu.

Rašelina – pro pokus byla použita balená rašelina od firmy Agro. Tato rašelina je vysoce kvalitní čistě přírodní organická hmota bez přísad, upravená pouze tříděním na střední zrnitost. pH rašeliny činilo 3,31 a bylo naměřeno při zakládání pokusu. Rašelina byla uložena do misek a do každé misky byla přidána jedna navážka. Každá miska byla popsána číslem brokové navážky, kterou obsahovala. Do víčka misky bylo vytvořeno 5 otvorů o průměru 2 mm z důvodu přístupu vzduchu a dešťové vody do misky a dalších 5 menších otvorů ve spodní části z důvodu odvodu vody. Misky byly posléze uloženy pod porostem borovic na výzkumné ploše na střeše High-tech pavilonu FLD. Tato skupina sloužila k zjištění chování jednotlivých materiálů v simulovaném přirozeném prostředí s kyselým pH.

Slaná voda – pro pokus byla použita voda využívaná pro chov mořských živočichů ve sbírkách FLD. Voda byla uložena do velkých plastových boxů o objemu 18 litrů. Bylo založeno celkem 5 stejných výzkumných boxů z důvodu zamezení ovlivnění jednotlivých použitých materiálů. Do každého boxu byly posléze uloženy příslušné navážky. Jednotlivé navážky byly uloženy do malých polyetylenových ZIP sáčků, které byly popsány číslem příslušné navážky z důvodu, aby nedošlo k pomíchání jednotlivých navážek. Do úložných sáčků byly udělané dírký špendlíkem z důvodu, aby se k brokům mohla dostávat voda. Do boxu 1 byly uloženy všechny navážky broků z olova. Do boxu 2 byly uloženy navážky broků u oceli. Do boxu 3 byly uloženy navážky z měděných broků. Do boxu 4 byly uloženy navážky obsahující zinkové broky. Do 5. boxu byly uloženy navážky tvořené kombinací broků z oceli a olova. Boxy byly posléze uloženy na střechu High-tech pavilonu FLD na místě, kde byl celý den zabezpečen dostatečný sluneční svit. Tato skupina sloužila k zjištění chování jednotlivých materiálů ve slané vodě.

Kontrola – do hranatých misek byly uloženy navážky. Vždy jedna navážka do jedné misky. Misky byly uloženy do krabice a uloženy do skříně. Tato skupina složila jako kontrolní k ověření přesnosti váhy pro opětovné vážení.

4.4. Průběh a ukončení pokusu

Po celý průběh pokusu byla kontrolována dostatečná vlhkost laborátů ve skupinách Bahno a Rašelina. Při nedostatku vlhkosti byly misky zalévány pomocí konve s vodou z jezírka před High-tech technologicko-výukovým pavilonem FLD. Tato voda byla vybrána především z důvodu, že neobsahovala žádné přidané chemické látky, a tudíž u ní byla zajištěna

přirozenost. Byla také vytvořena tabulka, kde byla zapsána získaná data z meteorologické stanice ČZU. Zapisovaly a kontrolovaly se hlavně tyto údaje: datum, průměrná denní vlhkost vzduchu [%], maximální teplota vzduchu [°C], průměrná t. vzduchu [°C], minimální teplota vzduchu [°C], denní úhrn srážek [mm/den]. Pokus byl ukončen dne 6. února 2023. Pokusné misky byly přemístěny ze střechy High-tech pavilonu FLD do laboratoře, kde probíhalo vyzvednutí navážek z pokusných laborátů. Pro prosetí laborátů bylo použito nejprve kruhové síto STAST o průměru ok 2 mm splňující ČSN 2596023. Síto bylo použito k oddělení broků od pokusných laborátů.



Obr. č. 2 - Fotografie kruhového síta používaného při první fázi prosévání – zdroj archiv autora

Síto bylo použito k oddělení broků od pokusných laborátů. Obsah z pokusných misek se vysypal na síto, kterým se posléze začal krouživým pohybem obsah prosévat až postupně došlo k oddělení menších částic od zbytku do připraveného boxu. Zbytek obsahu se posléze rozprostřel po celé ploše síta a za pomoci pinzety se vyndaly broky. Broky z jednotlivých misek byly po vyndání z výzkumného prostředí vloženy do malých polyetylenových ZIP sáčků a popsány číslem navážky. Menší částice oddělené v první fázi prosévání byly ještě jednou prosévány přes síto s menšími oky. Obsah boxu, do kterého byly v první fázi prosévání zachyceny proseté částice se vysypal do připraveného síta s menšími oky. Síto bylo posléze namočeno do vody v druhém boxu. Tím došlo k snadnějšímu průchodu prachových částic. Druhé prosévání přes jemnější síto bylo prováděno hlavně z důvodu kontroly a zamezení ztráty broků nebo jejich částí, které byly zmenšeny vlivem působení média na průměr menší než 2 mm.



Obr. č. 3 - Fotografie síta používaného pro kontrolní prosévání menších částic laborátů – zdroj archiv autora

Vyndané broky byly dále převezeny zpět do firmy Sellier & Bellot, kde bylo provedeno zvážení všech navážek a zapsání naměřených hodnot do tabulky. Vážení opět probíhalo na laboratorní váze KERN EG 220-3NM s přesností na 0,001g a třídou přesnosti II. Shodnost váhy byla ověřena zvážením navážek ze skupiny Kontrola. Navážky byly po zvážení znovu převezeny na FLD, kde byly jednotlivé navážky vyčištěny od různých nečistot a rzi. Pro čištění byla použita ultrazvuková čistička Bandelin Sonorex Digitec. Každá navážka byla čištěna 10 minut při 100% účinnosti čističky a při teplotě vody kolem 40 °C.



Obr. č. 4 - Fotografie ultrazvukové čističky použité pro čištění broků – zdroj archiv autora

Vyčištěné navážky byly znovu převezeny do firmy Sellier & Bellot, kde bylo provedeno zvážení po vyčištění a naměřené váhy byly zapsané do tabulky.

4.5. Vyhodnocení získaných dat

Data v tabulce byla podrobně prozkoumána a podrobena několika statistickým metodám. Nejprve byly vytvořeny pomocí vzorce „Váha po čištění – váha navážky“ rozdíly u jednotlivých navážek. Z těchto rozdílů byla následně vytvořena procenta. Dále byly vytvořeny průměry rozdílů podle materiálu použitého pro výrobu broků, laborátu, v němž byly broky naloženy, a průměru broků. Tyto průměry byly následně převedeny do kontingenčních tabulek a grafického zobrazení, aby byly potvrzeny či vyvráceny následné jednosměrné hypotézy:

- 1) Typ laborátu má vliv na úbytek hmotnosti. Předpokládané pořadí síly vlivu je stanoveno: rašelina, slaná voda, bahno, zemina, voda, vzduch.
- 2) Materiál broku má vliv na úbytek hmotnosti.
- 3) Průměr broku má vliv na úbytek hmotnosti. Větší průměr = větší absolutní úbytek hmotnosti.

V analýze dat zabývající se výsledky z pohledu průměru broků byla použita i metoda stanovení korelačního koeficientu pro ověření korelace mezi průměrem broku a úbytkem hmotnosti, protože jen tady byly k dispozici dvě řady dat, mezi nimiž lze korelaci prokázat.

5. Výsledky

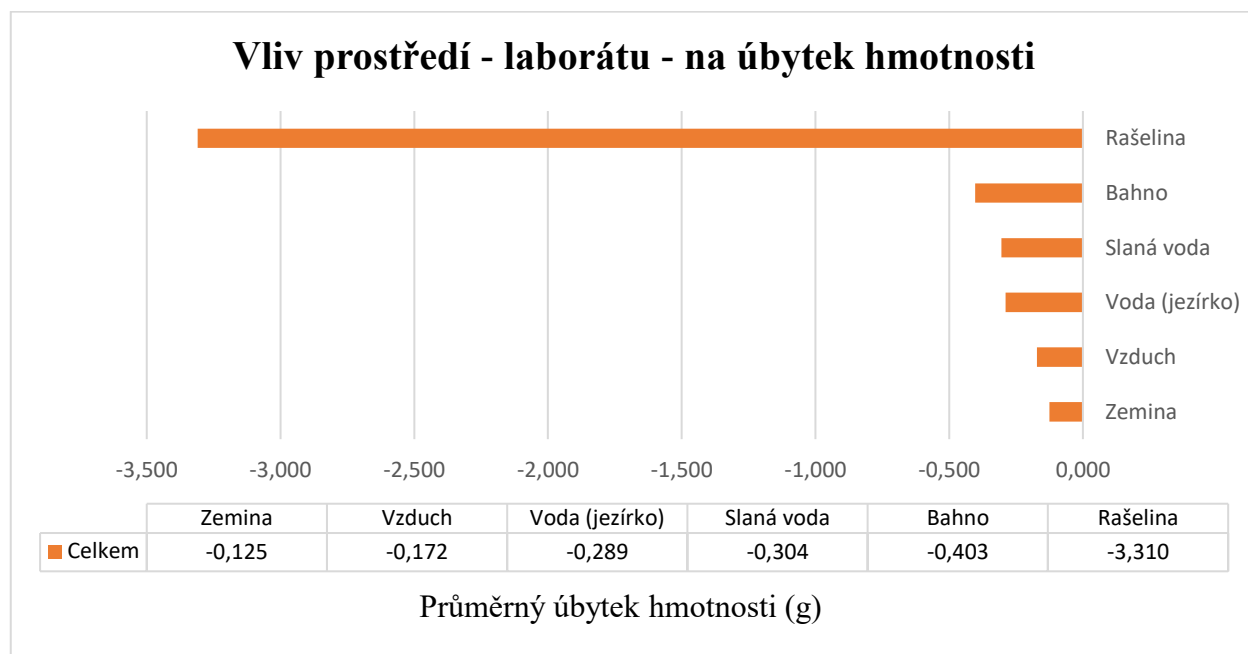
5.1. Porovnání naměřených hodnot

U všech zkoumaných navážek došlo k ovlivnění hmotnosti. Převažovalo ovlivnění hmotnosti směrem dolů (ztráta). U 30 z 390 navážek, které obsahovaly jednotlivé druhy materiálu pro výrobu broků, došlo k ovlivnění hmotnosti směrem nahoru (nárůstu hmotnosti).

U pokusných navážek tvořených kombinací olova a oceli došlo ke změnám celkové hmotnosti v poměru 41 navážek ztráta a 29 navážek nárůst hmotnosti. U všech navážek došlo ke ztrátě hmotnosti olověných broků. Naopak u ocelových broků docházelo převážně k nárůstu hmotnosti.

5.2. Ovlivnění hmotnosti broků typem prostředí

K největší průměrné ztrátě došlo při uložení v rašelině, která má výrazně vyšší ovlivnění než ostatní prostředí. Ovlivnění rašelinou je více než 8krát větší než u ostatních laborátů. Především pak u oceli bylo ovlivnění mnohokrát větší než u ostatních materiálů. Ocel v rašelině se vlivem kyselého pH stává křehčí, rozpadá se a ztrácí velkou část svého objemu a tím dochází k zmenšení průměru broku.



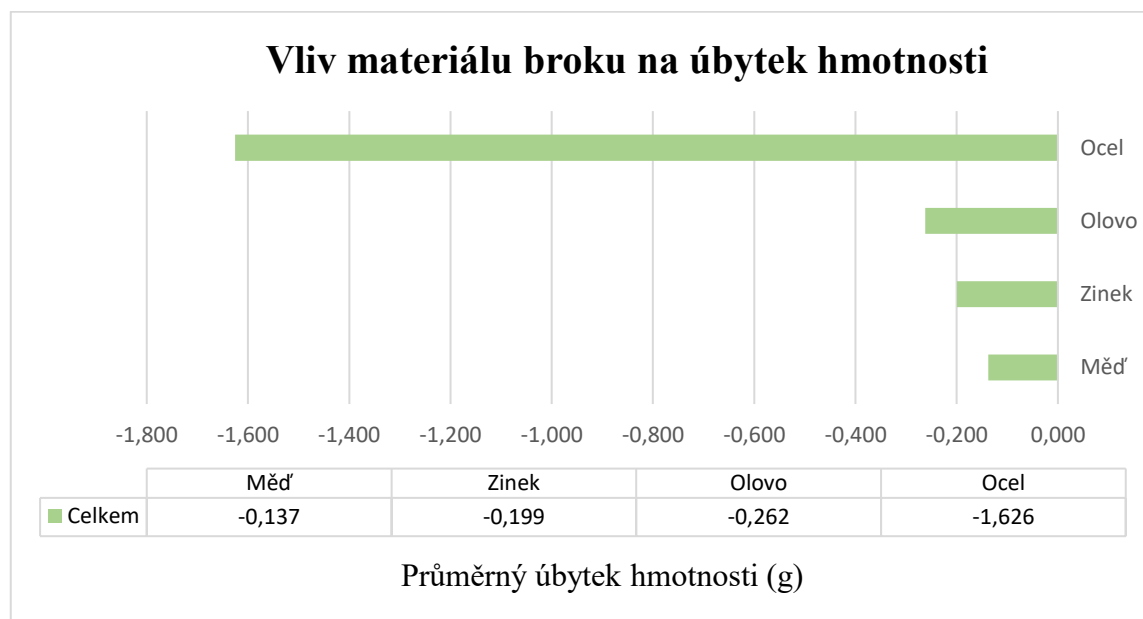
Graf č.1 – Porovnání průměrného úbytku dle jednotlivých prostředí

Hypotézu „Typ laborátu má vliv na úbytek hmotnosti. Předpokládané pořadí síly vlivu je stanoveno: rašelina, slaná voda, bahno, zemina, voda, vzduch“ lze podle získaných

výsledků považovat částečně za potvrzenou, neboť se prokázal vliv typu prostředí na ubytek hmotnosti. Došlo jen k jinému pořadí laborátu, než se předpokládalo.

5.3. Ovlivnění hmotnosti broků druhem materiálu použitého pro výrobu

Nejvyšší průměr z rozdílů hmotnosti byl zaznamenán u ocelových broků. Ten byl více než 6krát větší než u ostatních materiálů.



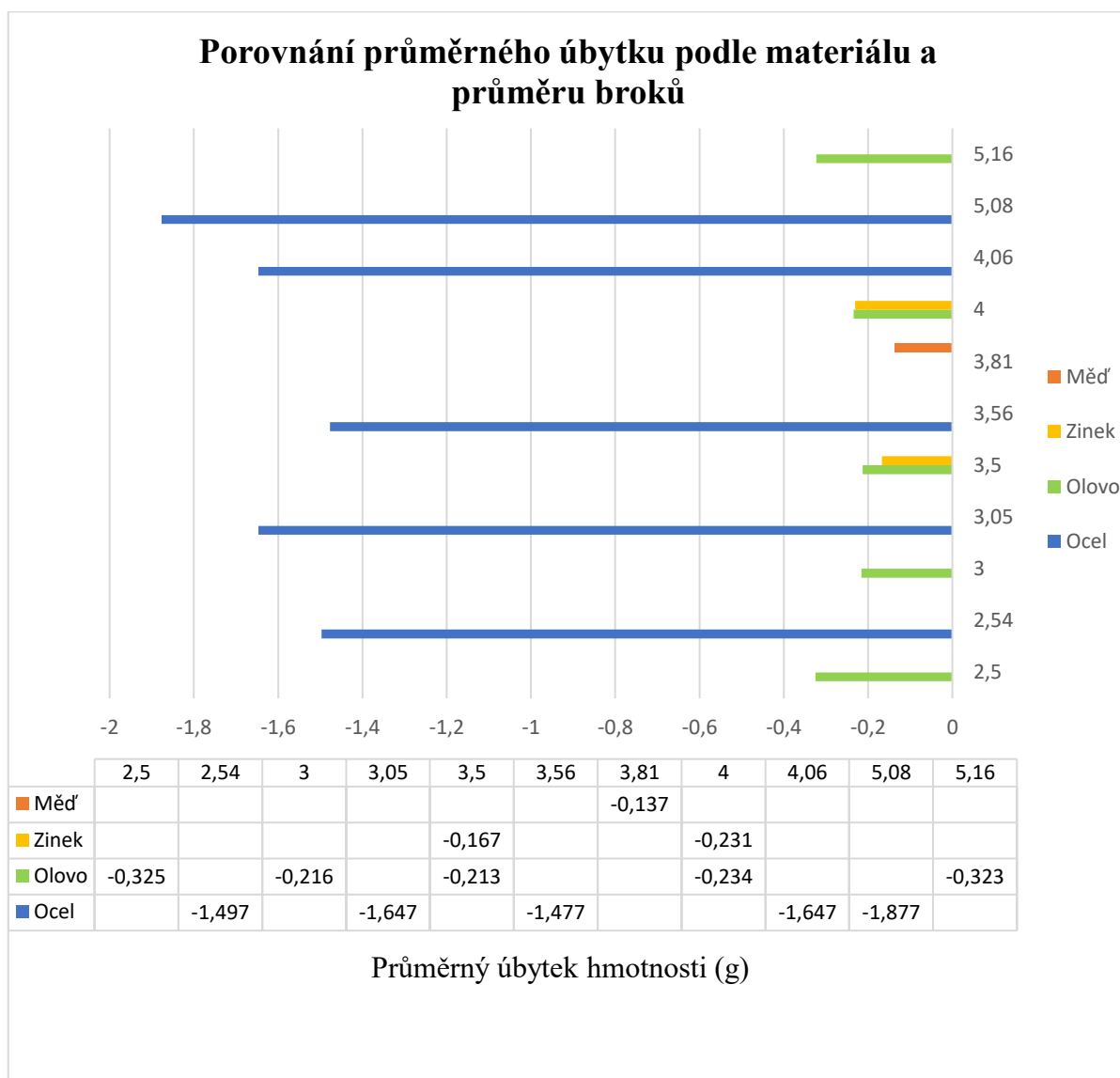
Graf č.2 - Porovnání průměrného úbytku u jednotlivých materiálů

Hypotézu „Úbytek hmotnosti je podmíněn materiálem broku“ lze podle získaných výsledků považovat za potvrzenou.

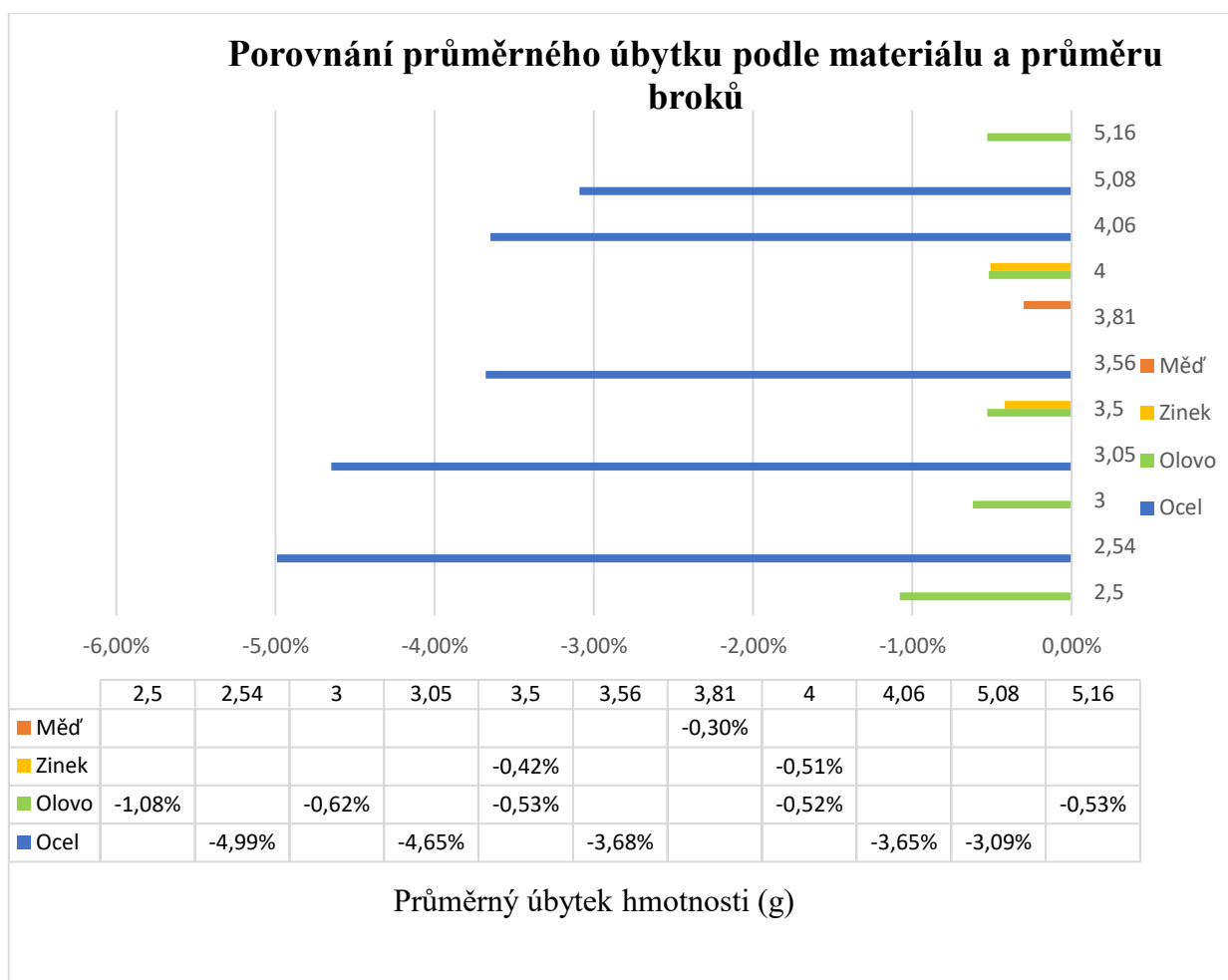
5.4. Ovlivnění hmotnosti broků velikostí (průměrem) broků

U vyhodnocování výsledků nelze jednorozměrně určit vliv průměru na velikost broků. Lze posoudit absolutní a relativní ztrátu hmotnosti v závislosti na průměru a materiálu broku. Při tomto posuzování byla jasně prokázána přímá závislost mezi absolutní ztrátou hmotnosti a průměrem broků. K opačnému výsledku došlo při porovnávání hodnoty relativního úbytku hmotnosti. Zde byla zjištěna nepřímá závislost mezi průměrným úbytkem hmotnosti a průměrem broků. Z toho lze vyvozovat, že úbytek materiálu je nezávisle na průměru broku v podstatě shodný, co se týká hloubky rozrušení materiálu (zmenšení poloměru), a tedy při větším průměru broku je absolutní objem (a tím i hmotnost) materiálu, který ubyl, větší než u menšího průměru broku. Zároveň tato

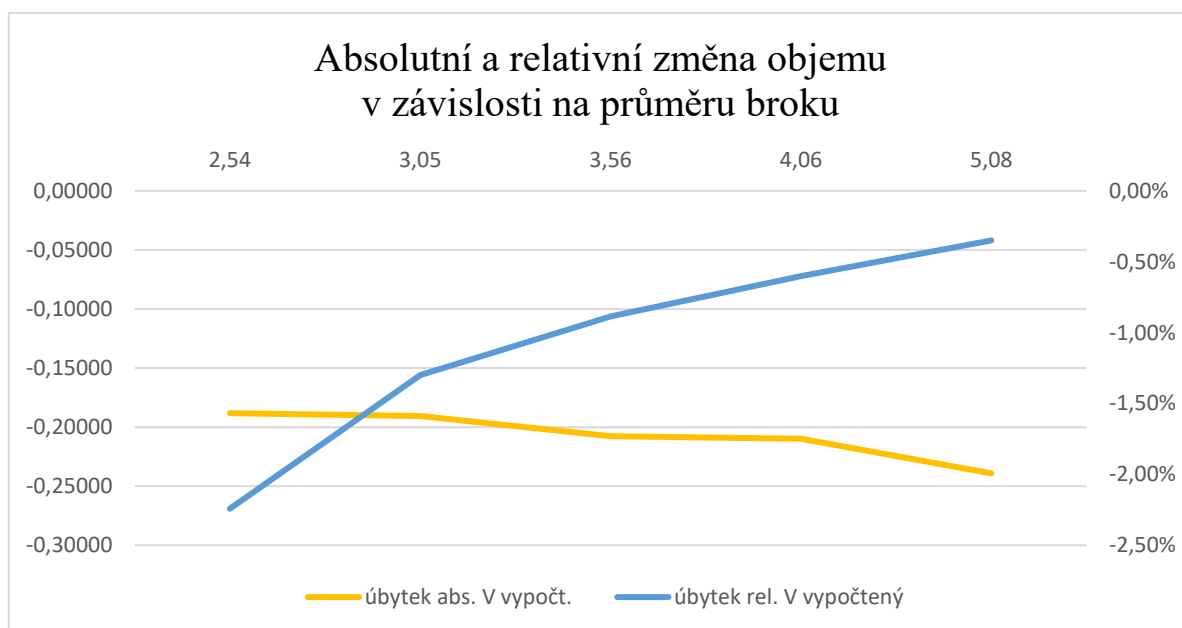
ubývší hmotnost (objem) je relativně malá u velkého broku a relativně velká u broku malého, pokud zůstaneme u předpokladu, že hloubka (tedy zmenšení průměru broku) je v absolutní hodnotě stejná. Velikost povrchu broku zřejmě na úbytku hmotnosti nehraje roli.



Graf č.3 – Porovnání absolutních hodnot průměrného úbytku podle průměru a materiálu broku.



Graf č.4 – Porovnání relativních hodnot průměrného úbytku podle průměru a materiálu broku.



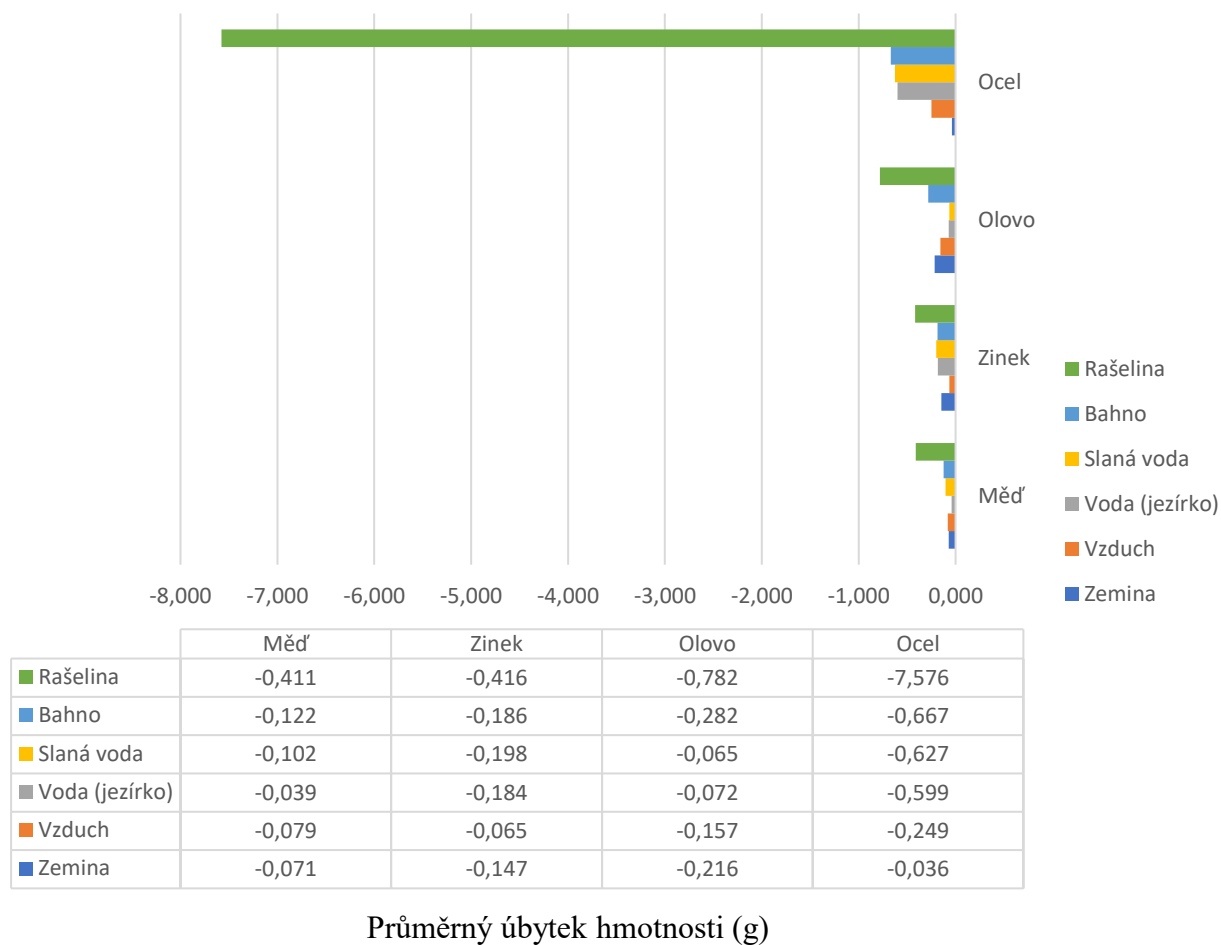
Graf č.5 – Porovnání absolutních a relativních hodnot průměrného úbytku podle průměrů broků

Dále lze prokázat lineární závislost mezi průměrem broků a absolutním úbytkem hmotnosti. U korelace hodnot absolutního úbytku hmotnosti a průměrem broků byl zjištěn korelační koeficient -0,84, což znamená vysokou lineární závislost ve vztahu „čím více – tím více“, s růstem jedné veličiny roste i druhá.. Také byla prokázána lineární závislost mezi průměrem broků a relativním úbytkem hmotnosti u níž korelační koeficient měl hodnotu 0,95, což značí vysokou lineární závislost ve vztahu „čím více – tím méně“, tedy s růstem jedné veličiny druhá veličina klesá.

5.5. Celkové porovnání výsledků

Ze zjištěných výsledků lze dojít k několika závěrům. Celkově se jako nejvíce ovlivnitelný materiál projevila ocel, která je silně ovlivněna hlavně v prostředí, kde je větší vlhkost. Dále lze označit rašelinu jako materiál, který nejvíce ovlivňuje ztrátu hmotnosti broků. Rašelina spojuje hned několik zásadních vlastností, které z ní tvoří nejagresivnější materiál. Především její kyselé pH, které neblahodárně působí hlavně na ocel tím, že narušuje její strukturu a napomáhá k jejímu rozpadu, ale i na olovo, u kterého napomáhá k tvorbě oxidu olovičitého. Silnější vliv rašeliny lze pozorovat i na zinek, který je znám tím, že je rozpustný v kyselém prostředí. Velkou roli hraje její značná vlhkost a nasycení vodou. Tyto vlastnosti nejvíce napomáhají tvorbě velké vrstvy rzi u ocelových broků.

Celkové porovnání všech průměrů změn hmotnosti



Graf č.6 – Porovnání všech průměrů změn hmotnosti rozdělených dle materiálu a prostředí

6. Diskuze

Cílem bakalářské práce bylo zjištění vlivu uložení v různých médiích, blížících se přirozeným podmínkám, na ztrátu hmotnosti broků v čase a porovnání vlivu velikosti broků a různého materiálního složení na ztrátu hmotnosti broků v čase a dle použitého média. K tomu byl proveden výzkum, jehož výsledky byly posléze publikovány ve výsledcích této bakalářské práce. U všech provedených výzkumných navážek došlo ke změně hmotnosti. U 30 z 390 celkových navážek došlo k ovlivnění hmotnosti směrem vzhůru. Domnívám se, že tyto rozdíly vznikly při čištění v ultrazvukové čističce, jelikož byl u všech pokusných navážek dodržen stejný čas pro čištění. Provedený pokus jasně prokázal přímou souvislost mezi typem prostředí a mírou rozkladu broků, a to znamená i ztrátou jeho hmotnosti. Tím byla částečně potvrzena i stanovená hypotéza „Typ laborátu má vliv na úbytek hmotnosti. Předpokládané pořadí síly vlivu je stanoveno: rašelina, slaná voda, bahno, zemina, voda, vzduch.“ Předpokládané pořadí se nakonec nepotvrdilo. Jako prostředí, které nejvíce ovlivňuje všechny materiály se potvrdila rašelina. Hodnotu pH uvádí mnoho autorů ve své literatuře jako jednu z nejdůležitějších faktorů ovlivnění (Wilcke et Döhler, 1995; Alloway, 1995; Tessier et al., 1979; Adriano, 2001). Kyselé pH napomáhá ke změnám protonových nábojů oxidu železa (Makovníková et al., 2006). O rychlejším úbytku olova v kyselém prostředí se zmiňuje Raymond Nen Yong v knize *Principles of contaminant transport in soils*. Dalším prokázaným výsledkem byla rozdílnost úbytku hmotnosti v závislosti na materiálu použitém pro výrobu broků. Tím se potvrdila i druhá stanovená hypotéza „Materiál broku má vliv na úbytek hmotnosti“. Největšího ovlivnění dosahovala hned z několika důvodů ocel. Ta je celkově náchylná na prostředí, kde se vyskytuje voda ať už ve formě tekuté nebo nasycená v prostředí. Voda způsobuje na oceli značnou vrstvu hydratovaného oxidu železitého. Při potvrzování třetí hypotézy „Průměr broku má vliv na úbytek hmotnosti. Větší průměr = větší absolutní úbytek hmotnosti“ bylo zapotřebí zohlednit i prokázaný vliv materiálu, z něhož byly broky vyrobeny. Za pomoci korelačního koeficientu byla stanovena přímá závislost mezi absolutním úbytkem hmotnosti a velikostí (průměrem) broků. To znamená, že čím větší bude průměr broků, tím větší by měl být absolutní úbytek jejich hmotnosti. Za pomoci korelačního koeficientu byla dále stanovena nepřímá závislost mezi relativním úbytkem hmotnosti a průměrem broků. To znamená čím menší broky budou, tím dojde k větší ztrátě v procentech z jejich celkové hmotnosti. Všechny tyto výsledky výzkumu byly potvrzeny také vážením navážek broků ze skupiny Kontrola, u níž docházelo ke změně

hmotnosti jen o 0,001 g což odpovídá přednostní odchylce použité váhy. Jako samostatnou část výzkumu lze označit zkoumání navážek tvořených směsí olověných a ocelových broků. U těchto navážek je na první pohled patrné, že došlo k ovlivnění olověných broků více než u navážek, kde byly olověné broky samotné. Další výsledek patrný na první pohled je ovlivnění hmotnosti ocelových broků směrem vzhůru. Při konzultaci těchto výsledků s metalurgem se došlo k závěru existence možnosti, že část olověného úbytku skončila zřejmě jako součást horní zkorodované vrstvy ocelových broků, jelikož docházelo k přímému kontaktu mezi olověnými a ocelovými broky. Bohužel nelze toto tvrzení potvrdit z důvodu malého počtu pokusných směsí. Proto doporučuji samostatný výzkum na toto téma, především pak s rozšířením pokusných směsí o další průměry broků.

Jako limity, které výzkum ovlivnily, lze označit hlavně čas, neboť výzkum probíhal pouze rok. Při dalších pokusech doporučuji sledování v delším časovém úseku s pravidelnými průběžnými vyhodnocováními výsledků. To by přineslo další zajímavé poznatky. Hlavně pak ukázkou rychlosti změny hmotnosti za časový úsek a zda dochází k jejímu zpomalování či naopak zrychlování. Výzkum probíhal v teplotních podmínkách střední Evropy, proto jako další doporučení přináším rozšíření prostředí o teplotní extrémy jako je například dlouhodobá teplota pod bodem mrazu, se kterou se lze setkat v severských zemích či naopak dlouhodobé vysoké teploty, se kterými se setkáváme v zemích kolem rovníku. Také doporučuji větší zastoupení průměrů broků vyrobených z mědi a ze zinku. Výzkum lze hodnotit jako přínosný pro praxi především prokázáním ovlivnění broků jednotlivými typy prostředí. To přináší například doporučení používání rozdílných materiálů broků pro určitá prostředí. U některých druhů prostředí nelze určit materiál, který by nepřinášel žádné zatížení. Při hledání náhrady olověných broků a následném používání těchto broků by se měly brát v potaz redoxní reakce, které hrají v chemii kovů velkou roli. K této elektrochemické reakci může docházet použitím zinkových a ocelových broků = galvanický jev (Hurley, 2013). Největší riziko vzniká u míst jako jsou střelnice, kde se dlouhodobě používaly olověné broky. Tam se může vlivem nového používání ocelových broků vznikat mnohem větší zatížení, než je tomu používáním broků z olova. Tímto problémem se zabýval Dr. Peter J. Hurley ve své studii *The Structure, Redox Corrosion and Protection of Commercial Lead-Antimony Shot*. Při této studii byl zkoumán vliv redoxních reakcí materiálů používaných pro výrobu střeliva pro sportovní účely. Poukazuje zde především na zrychlení koroze broků ze slitiny olova a 1,25% antimonu, které na kyselém dešti korodovaly ve směsi se železnými broky 6,3 krát

rychleji než v půdě, která obsahovala samotné broky vyrobené z této slitiny. Toto zrychlení lze vysvětlit vznikem oxidů železa při korozi ocelových broků. Dalším problémem ve výběru vhodného materiálu pro výrobu broků je fakt, že materiály, které se jeví jako méně problémové pro neživou složku životního prostředí jsou často problémové pro živou složku. S tím se můžeme setkat například u hojně diskutovaného olova. Zatím co v půdě se olovo rozkládá za normálního stavu dosti pomalu. V literatuře můžeme najít předpokládanou dobu v oblastech mírného pásu kolem 10 000 let. Způsobuje olovo velké a rychlé negativní účinky hlavně u ptáků. Nejnáchylnějšími jsou dravci a vodní ptáci (Krone et al., 2019, Sarasol et al. 2018). Stejný problém můžeme vidět i u dalších materiálů. Například zinku, kde vzniká problém negativních dopadů na vodní živočichy (Kenšová et al., 2014). Negativními účinky na živou složku životního prostředí se podrobně zabývají studie po celém světě (Krone et al., 2006; Sarasol et al. 2018; Krone et al., 2019; Fisher et al., 2006; Fallon et al., 2017,....) . Naproti tomu ve studiích o dopadech na neživé složky ŽP stále existuje dosti místa pro výzkum.

7. Závěr

Ve svém úvodu se tato bakalářská práce zabývala celkovým historickým vývojem palných zbraní, používáním olova jako munice a vývojem brokového střeliva. V další části seznámila čtenáře s charakteristikou brokového náboje, popisem jeho jednotlivých částí a charakterizovala jednotlivé materiály, které se používají k výrobě broků. U jednotlivých materiálů se také lze dočíst o výhodách a nevýhodách daných broků a především pak o vlivu na životní prostředí. Bakalářská práce se také zabývá popisem výzkumu, který byl prováděn za účelem zjištění vlivu uložení broků v různých médiích, blízkých se přirozeným podmínkám, na ztrátu hmotnosti broků v čase a porovnání vlivu velikosti broků a různého materiálního složení na ztrátu hmotnosti broků v čase a dle použitého média. Dalším cílem bakalářské práce byla analýza dat, která byla získaná z provedeného pokusu. Pro úplnost zjištění byly vytvořeny tři hypotézy, u kterých se posléze pracovalo na jejich potvrzení či vyvrácení. Hypotézy zněly „Typ laborátu má vliv na úbytek hmotnosti“, „Materiál broku má vliv na úbytek hmotnosti“ a „Průměr broku má vliv na úbytek hmotnosti. Větší průměr = větší absolutní úbytek hmotnosti.“ První dvě hypotézy byly plně potvrzeny. U hypotézy „Průměr broku má vliv na úbytek hmotnosti. Větší průměr = větší absolutní úbytek hmotnosti“ byla potvrzena lineární závislost mezi změnou hmotnosti a průměrem broku. U této hypotézy je ale nutné zohlednit vliv ovlivnění způsobený materiálem z něhož jsou broky vyrobené. Práce by mohla pomoci pochopení působení odlišných prostředí na olovo a dalších materiály, což je především v poslední době, kdy se neustále mluví o úplném zákazu olova a jeho nahrazení, dosti přínosné. Především by se dalo stanovit používání odlišných materiálů broků na určitých druzích životního prostředí. Například v prostředí s kyselým pH nedoporučovat střelbu broky z materiálů u kterých byla prokázána zvýšená náchylnost na prostředí.

8. Zdroje

ALLOWAY, Brian J., ed., 1995. *Heavy Metals in Soils: Trace Metals and Metalloids in Soils and their Bioavailability*. 2. London: Chapman and Hall. ISBN 10.1007/978-94-011-1344-1.

ARNEMO, Jon M., Oddgeir ANDERSEN, Sigbjørn STOKKE, Vernon G. THOMAS, Oliver KRONE, Deborah J. PAIN a Rafael MATEO, 2016. Health and Environmental Risks from Lead-based Ammunition: Science Versus Socio-Politics. *EcoHealth*. 13(4), 618-622. ISSN 1612-9202. Dostupné z: doi:10.1007/s10393-016-1177-x

BENCKO, Vladimír, Miroslav CIKRT a Jaroslav LENER, 1995. *Toxické kovy v životním a pracovním prostředí člověka*. 2. přeprac. a dopl. vyd. Praha: Grada Publishing. ISBN 80-7169-150-X.

BONDOUX, Éric, Jean-Jacques PIETRARU a Věra VESELÁ, 1997. *Zbraně v 1000 fotografiích*. 2. Praha: Rebo Productions, 127 s. ISBN 80-7234-119-7.

Brokový náboj s hromadnou střelou: In: *Zbrankvalitne.cz: Nauka o střelivu* [online]. [cit. 2023-03-27]. Dostupné z: <https://zbrankvalitne.cz/zbrojni-prukaz/nauka-o-strelivu>

BRYCH, Jan, Ladislav JANOUŠEK a František PARKAN, 2018. *Historie střelectví z ručních palných zbraní: střelecké soutěže, spolky, disciplíny, organizace od 14. století do současnosti*. Praha: Univerzita Karlova, nakladatelství Karolinum. ISBN 978-80-246-3865-2.

ČSN EN 10020 (420002), 2001. *ČSN EN 10020: Definice a rozdělení ocelí*. Český normalizační institut.

European Commission Enterprise Directorate-General: Advantages and drawbacks of restricting the marketing and use of lead in ammunition, fishing sinkers and candle wicks: Final Report. 2004 (COWI)

FALLON, Jesse A., Patrick REDIG, Tricia A. MILLER, Michael LANZONE a Todd KATZNER, 2017. Guidelines for evaluation and treatment of lead poisoning of wild raptors. *Wildlife Society Bulletin*. **41**(2), 205-211. ISSN 19385463. Dostupné z: doi:10.1002/wsb.762

FISHER, Ian J., Deborah J. PAIN a Vernon G. THOMAS, 2006. A review of lead poisoning from ammunition sources in terrestrial birds. *Biological Conservation* [online].

131(3), 421-432 [cit. 2023-01-22]. ISSN 00063207. Dostupné z: doi:10.1016/j.biocon.2006.02.018

FÍŠER, Miloslav a Stanislav PROCHÁZKA, 2007. *Projektování loveckých, sportovních a obranných zbraní*. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava. ISBN 978-80-248-1430-8.

FLINT, Paul L. a Jason L. SCHAMBER, 2010. Long-Term Persistence of Spent Lead Shot in Tundra Wetlands. *Journal of Wildlife Management*. 74(1), 148-151. ISSN 0022-541X. Dostupné z: doi:10.2193/2008-494

HAIG, Susan M., Jesse D'ELIA, Collin EAGLES-SMITH, Jeanne M. FAIR, Jennifer GERVAIS, Garth HERRING, James W. RIVERS a John H. SCHULZ, 2014. The persistent problem of lead poisoning in birds from ammunition and fishing tackle. *The Condor*. 116(3), 408-428. ISSN 0010-5422. Dostupné z: doi:10.1650/CONDOR-14-36.1

HAIG, Susan M., Jesse D'ELIA, Collin EAGLES-SMITH, Jeanne M. FAIR, Jennifer GERVAIS, Garth HERRING, James W. RIVERS a John H. SCHULZ, 2014. *The persistent problem of lead poisoning in birds from ammunition and fishing tackle. The Condor*. 116(3), 408-428. ISSN 0010-5422. Dostupné z: doi:10.1650/CONDOR-14-36.1

HANÁK, Jiří, 2009. *Myslivecké střelectví*. Velké Bílovice: TeMi CZ. ISBN 978-80-87156-22-3.

HANZAL, Vladimír, Vlastimil HART, Pawel JANISZEWSKI, Pavel FOREJTEK a Diana MRKVIČKOVÁ KOŘÁNOVÁ, 2018. *Myslivost II*. II. upravené vydání. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze ve spolupráci s Druckvo, spol. s r.o. ISBN 978-80-213-2857-0.

HART, Vlastimil, Ondřej MATĚJKA, Vladimír HANZAL, et al., 2020. *Základy znalostí z loveckého střelectví: Basics knowledge of hunting shooting*. V Praze: Česká zemědělská univerzita. ISBN 978-80-213-3063-4.

HART, Vlastimil, Vladimír HANZAL, Martin HELEBRANT, et al., 2021. *Lovecké střelectví: The art of hunt shooting*. V Praze: Česká zemědělská univerzita. ISBN 978-80-213-3135-8.

HARTINK, A. E., Zdeněk HURNÍK a Martin VALENTA, 1999. *Encyklopedie loveckých zbraní*. Praha: Rebo Productions. ISBN 80-7234-077-8.

HOGG, Ian V., 1996. *Velká obrazová encyklopedie zbraní*. Praha: Cesty. ISBN 80-718-1040-1.

HURLEY, Peter, 2013. *The Structure, Redox Corrosion and Protection of Commercial Lead-Antimony Shot*.

HURNÍK, Zdeněk a Petr TŮMA, 2003. *Zbraně: lexikon*. Praha: Svojtka & Co. ISBN 80-7237-382-X.

JORGENSEN, Stinne Skriver a Mandy, 1987. *THE FATE OF LEAD IN SOILS - THE TRANSFORMATION OF LEAD PELLETS IN SHOOTING-RANGE SOILS*. 11 - 15.

KARÁSEK, David a Miloš ČERMÁK, 2021. *Test of shotgun ammunition with steel shot, in regard to safety for dynamic shotgun disciplines* [online]. [cit. 2023-01-22]. Dostupné z: <https://gunlex.cz/clanky/hlavni-clanky/4003-test-ocelovych-a-olovenych-broku-v-ramci-pripominek-pro-echa>

KELLY, M. E., S. D. FITZGERALD, R. J. AULERICH, et al., 1998. ACUTE EFFECTS OF LEAD, STEEL, TUNGSTEN-IRON, AND TUNGSTEN-POLYMER SHOT ADMINISTERED TO GAME-FARM MALLARDS. *Journal of Wildlife Diseases*. **34**(4), 673-687. ISSN 0090-3558. Dostupné z: doi:10.7589/0090-3558-34.4.673

KENŠOVÁ, Renáta, David HYNEK, Vojtěch ADAM a René KIZEK, 2014. Působení zinku na živé organismy. *Journal of Metallomics and Nanotechnologies*. Brno, 29 - 31. ISSN 2336-3940.

KRONE, Oliver, Norbert KENNTNER, Nicole EBNER, Claudia A. SZENTIKS a Sven DÄNICKE, 2019. Comparing erosion and organ accumulation rates of lead and alternative lead-free ammunition fed to captive domestic ducks. *Ambio*. **48**(9), 1065-1071. ISSN 0044-7447. Dostupné z: doi:10.1007/s13280-019-01183-0

MAKOVNÍKOVÁ, Jarmila, Katarína DERCOVÁ, Gabriela BARANČÍKOVÁ a Pavel DLAPA, 2006. Inorganic contaminants in soil ecosystem. *Chemicke Listy*. 424-432.

MATEO, Rafael a Niels KANSTRUP, 2019. Regulations on lead ammunition adopted in Europe and evidence of compliance. *Ambio*. **48**(9), 989-998. ISSN 0044-7447. Dostupné z: doi:10.1007/s13280-019-01170-5

MOINOT, Pierre, Milan KOPEČNÝ a Jan CHARVÁT, 1996. *Myslivost: encyklopedie*. Praha: Svojtka a Vašut. Živá encyklopedie. ISBN 80-7180-083-x.

NAVRÁTIL, Tomáš a Jan ROHOVEC, 2006. Olovo: Těžká minulost jednoho z těžkých kovů. *Vesmír: přírodovědecký časopis*. (9), 518- 521. ISSN 1214-4029.

PAIN, D.J., J. SEARS a I. NEWTON, 1995. Lead concentrations in birds of prey in Britain. *Environmental Pollution*. **87**(2), 173-180. ISSN 02697491. Dostupné z: doi:10.1016/0269-7491(94)P2604-8

RATTNER, Barnett A., J. Christian FRANSON, Steven R. SHEFFIELD, Chris I. GODDARD, Nancy J. LEONARD, Douglas STANG a Paul J. WINGATE, 2008. Sources and implications of lead ammunition and fishing tackle on natural resources. *Wildlife Society Technical Review*. The Wildlife Society.

SARASOL, José Hernán, Juan Manuel GRANDE a Juan José NEGRO, ed., 2018. *Birds of Prey: Biology and conservation in the XXI century*. Cham, Switzerland: Springer. ISBN 978-3-319-73744-7. Dostupné z: doi:10.1007/978-3-319-73745-4

SKAUG, Vidar, Einar EILERTSEN, Asbjørn SKOGSTAD, Finn E.S. LEVY, Balázs BERLINGER, Yngvar THOMASSEN a Dag G. ELLINGSEN, 2018. Kinetics and tissue distribution of bismuth, tin and lead after implantation of miniature shotgun alloy pellets in rats. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology* [online]. **48**, 224-232 [cit. 2023-01-22]. ISSN 0946672X. Dostupné z: doi:10.1016/j.jtemb.2018.04.002

SUN, H, Hongzhe SUN a Hongyan LI, 2011. Bismuth: Environmental Pollution and Health Effects. *Encyclopedia of Environmental Health*. Elsevier, 2011, 414-420. ISBN 9780444522726. Dostupné z: doi:10.1016/B978-0-444-52272-6.00374-3. *United Nations Environment Programme*, 2013.

TESSIER, A., P. G. C. CAMPBELL a M. BISSON, 1979. Sequential extraction procedure for the speciation of particulate trace metals. *Analytical Chemistry*. **51**(7), 844-851. ISSN 0003-2700. Dostupné z: doi:10.1021/ac50043a017

VLČKOVÁ, EVA, Luděk KRÁLÍČEK a Oliver KRONE, 2017. Dravce zabíjí kořist plná olova. *Lidové noviny* [online]. 10. 4. 2007 [cit. 2023-03-28]. Dostupné z: <https://www.svetmyslivosti.cz/monitor-tisku/10722-dravce-zabiji-korist-plna-olova-lidove-noviny>

VOSÁTKA, Josef a kol, 2013. *Myslivost: ochrana přírody : chov zvěře a zvířat : lov*. Praha: Druckvo. Myslivost pro praxi. ISBN 978-80-87668-08-5.

VYAS, N.B., J.W. SPANN a G.H. HEINZ, 2001. Lead shot toxicity to passerines. *Environmental Pollution* [online]. **111**(1), 135-138 [cit. 2023-01-22]. ISSN 02697491. Dostupné z: doi:10.1016/S0269-7491(99)00333-4

WILCKE, Wolfgang a Helmut DÖHLER, 1995. *Schwermetalle in der Landwirtschaft.: Quellen, Flüsse, Verbleib*. Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft. ISBN 3784319173.

YONG, Raymond Nen, 1992. *Principles of contaminant transport in soils*. Elsevier Publishing Company. ISBN 9780444882936.

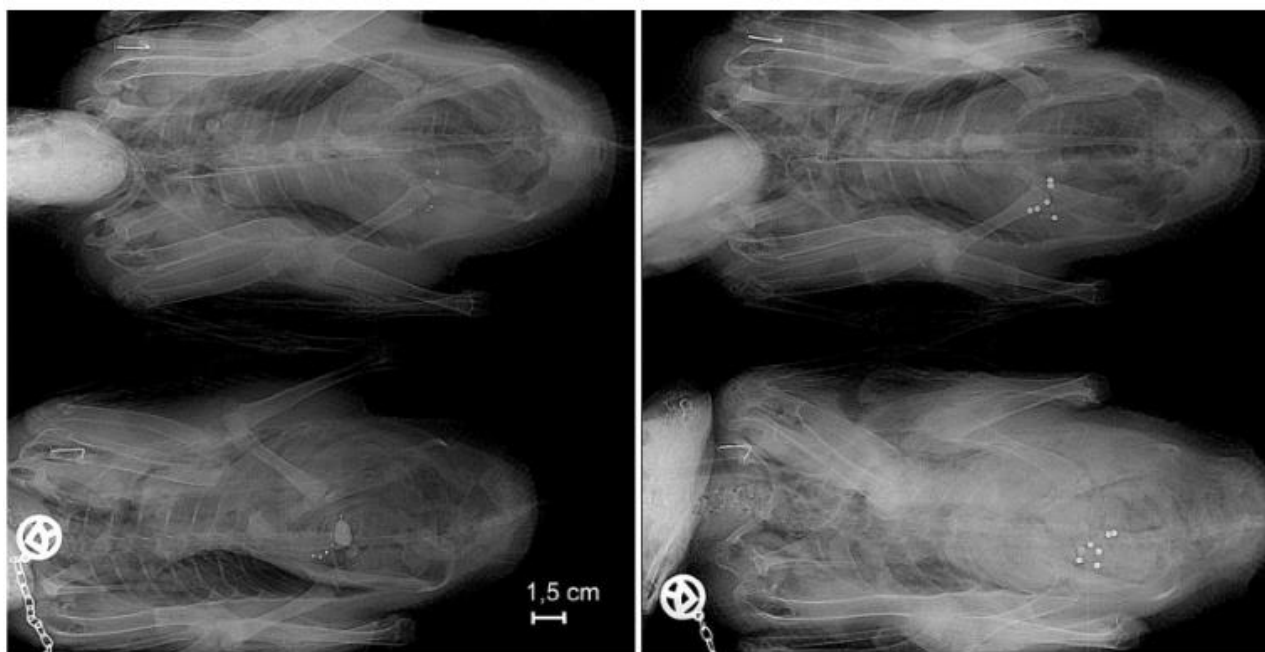
9. Přílohy

Příloha č.1. – Seznam použitých navážek broků

Jednotlivé navážky:

- 70x Olovněné broky o průměru broku 2,50 mm
- 70x Ocelové broky o průměru broku 2,54 mm
- 70x Olovněné broky o průměru broku 3,00 mm
- 70x Ocelové broky o průměru broku 3,05 mm
- 35x Olovněné broky o průměru broku 3,50 mm
- 35x Ocelové broky o průměru broku 3,56 mm
- 35x Zinkové broky o průměru broku 3,50 mm
- 35x Poměděné broky o průměru broku 3,80 mm
- 35x Olovněné broky o průměru broku 4,00 mm
- 35x Ocelové broky o průměru broku 4,06 mm
- 35x Zinkové broky o průměru broku 4,00 mm
- 35x Olovněné broky o průměru broku 5,16 mm
- 35x Ocelové broky o průměru broku 5,08 mm

Příloha č. 2 – Rentgenový snímek čtyř pekingských kachen po 4týdenním vystavení šesti zinkovým peletám (levá strana) a šesti měděným peletám (pravá strana). Redukční velikost a hmotnost je viditelná pouze v případě zinkových pelet. (Krone et al., 2019).



Příloha č. 3 - Orel běloocasý otrávený olovem. Orel z Finska s úlomky olova ve svalnatém žaludku (označeno kruhem) (Krone et al., 2006).



Příloha č. 4 – Srdce s odstraněným perikardem orla běloocasého s akutní intoxikací olovem ukazující fibrinovou perikarditidu (Sarasol et al. 2018).

