

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra etologie a zájmových chovů



**Fakulta agrobiologie,
potravinových a přírodních zdrojů**

**Schopnost psů detekovat jednotlivé sloučeniny v ternární
směsi**

Diplomová práce

**Autor práce: Bc. Pavel Kuliha
Obor studia: Zájmové chovy**

Vedoucí práce: Ing. Ludvík Pinc, Ph.D.

© 2023 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci Schopnost psů detekovat jednotlivé sloučeniny v ternární směsi jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a jsou uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autor uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne: 14.04.2023

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval Ing. Ludvíku Pincovi, Ph.D. za odborné vedení mé diplomové práce a za vstřícnost při pomoci s vyhledáváním relevantních zdrojů.

Doc. Ing. Robertu Matyášovi, Ph.D. z Ústavu energetických materiálů Univerzity Pardubice za pomoc při kompletování materiálu potřebného pro tento experiment.

V neposlední řadě patří poděkování všem kolegům z pracoviště speciální kynologie Velitelství Ochranné Služby Vojenské Policie, kteří se tohoto experimentu zúčastnili a bez jejichž pomoci by tento experiment nemohl vůbec vzniknout.

Velké poděkování patří mé rodině, a to především mé ženě, za podporu a trpělivost během celého studia.

Schopnost psů detekovat jednotlivé sloučeniny v ternární směsi

Souhrn

Snaha přiblížit se při výcviku co nejvíce realitě a tím maximalizovat úspěšnost psů při detekci výbušnin, může v některých případech znamenat tak velké riziko, že již nelze akceptovat. Proto je snaha vytvářet tzv. pseudo vzorky, které by mohly nahradit látky, se kterými se praktický výcvik nedá absolvovat. Výroba těchto látek bývá zpravidla dosti složitá a velmi často se ukázalo, že využití těchto pseudo vzorků je nereálné vlivem velkého množství přidružených pachů anebo nestálosti pachu samotného vzorku.

Další možností, jak tento problém vyřešit by mohlo být použití k výcviku psů na detekci výbušnin jen jedné komponenty z pachové směsi (výbušiny). To by ovšem znamenalo zjistit, zda psi detekují danou výbušninu analyticky či synteticky. V případě, že by ji detekovali analyticky, mohla by být stanovena pachová signatura (komponenta na základě, které psi detekují danou výbušninu). V případě syntetické detekce, tento výcvik nelze aplikovat. Experiment popsán v této práci byl zaměřen na schopnost psů detekovat jednotlivé komponenty černého prachu, což by umožnilo v mnoha případech provádět výcvik psů na jeho detekci s výrazně menší mírou rizika.

V první fázi experimentu byl sniffer (malá plechovka uzavřená děrovaným víčkem) obsahující černý prach uzavřen do sklenice s děrovaným víčkem a umístěn mezi dalších šest sklenic obsahujících různé klamné vzorky (léčiva, potraviny, osobní věci psovodů atd.) do stojanů vyrobených z plastových odpadních trubek umístěných na dřevěném podstavci. Psi prohledávali jednotlivé stojany tak, že před každým novým pokusem bylo pozměněno pořadí vzorků, z důvodu zamezení nežádoucího dynamického stereotypu. Psovodi nebyli o pozici vzorku předem informováni, aby nemohlo dojít k nežádoucímu ovlivnění psa. Experiment byl prováděn metodou double blind, tzn. v místnosti, kde probíhalo vyhledávání, nebyl přítomen nikdo, kdo by věděl o pozici, na které je uložena sklenice se snifferem obsahujícím vzorek černého prachu. Číslo sklenice, kterou pes zaznačil, ohlašoval psovod pomocí handsfree telefonického rozhovoru vedoucímu experimentu.

Ve druhé fázi experimentu byl sniffer obsahující vzorek dusičnanu draselného, síry či dřevěného uhlí uzavřen do sklenice, jež byla uzavřená proděravěným víčkem. Ta byla umístěna do řady šesti sklenic, které obsahovaly různé klamné vzorky (léky, potraviny, předměty psovodů apod.) a jedna sklenice s pachovou novinkou. Postup při provádění druhé fáze experimentu byl totožný jako ve fázi jedna.

Ani jeden z pěti psů v pěti kontrolních čichání každé komponenty, neoznačil žádnou komponentu černého prachu. Z výsledků vyplývá, že psi vyhodnocují černý prach synteticky.

Klíčová slova: černý prach, pachová směs, olfakce, syntetická percepce, analytická percepce

The ability of dogs to detect individual compounds in a ternary mixture

Summary

Trying to get as close to reality as possible in training and thus maximise the success rate of dogs in detecting explosives can in some cases mean taking such a big risk that it can no longer be accepted. Therefore, there is a drive to create so-called pseudo samples to replace substances that cannot be trained with. However, the production of these substances is very complex and very often the use of these pseudo samples has proved unrealistic due to the large number of additive odours or the volatility of the odour of the sample itself.

Another possibility to solve this problem could be to use only one component of the odour mixture (the explosive) to train dogs to detect explosives. However, this would mean determining whether the dogs detect the explosive analytically or synthetically. If they detected it analytically, the odour signature (the component on the basis of which the dogs detect the explosive) could be determined. In the case of synthetic detection, this training cannot be applied. This experiment focused on the ability of dogs to detect individual components of black powder, which would allow in many cases the training of dogs to detect it with significantly less risk.

In the first phase of the experiment, a sniffer (a small glass jar sealed with a perforated lid) containing black dust was sealed in a jar with a perforated lid and placed among six other jars containing various deceptive samples (drugs, food, handlers' personal belongings, etc.) in stands made of plastic waste tubes placed on a wooden base. The dogs searched each rack by changing the order of the samples before each new trial to avoid undesirable dynamic stereotyping. Handlers were not informed of the sample position in advance so that the dog could not be unduly influenced. The experiment was conducted using a double-blind method, i.e., no one was present in the room where the retrieval took place who knew the position of the sniffer jar containing the black powder sample. The number of the jar that the dog had detected was reported by the handler to the experiment leader via a hands-free telephone conversation.

In the second phase of the experiment, the sniffer containing the sample of potassium nitrate, sulfur, or charcoal was placed in a jar that was sealed with a pierced lid. This was placed in a series of six jars containing various deceptive samples (drugs, food, handler items, etc.) and one jar containing an odor novelty. The procedure for conducting phase two of the experiment was identical to phase one.

None of the five dogs in the five control sniffs of each component, identified any black dust component.

Keywords: black powder, odour mixture, olfaction, synthetic perception, analytical perception

Obsah

1 Úvod.....	8
2 Vědecká hypotéza a cíle práce	9
3 Literární rešerše.....	10
3.1 Historie vzniku a využití černého prachu	10
3.1.1 Technologie výroby černého prachu.....	11
3.1.2 Testování černého prachu	15
3.2 Pachové směsi	18
3.2.1 Pachové individuum či směs.....	19
3.2.2 Alternativní výcvikové vzorky (pomůcky).....	21
3.3 Olfakce	23
3.4 Anatomie a fyziologie čichového ústrojí	25
3.4.1 Zevní nos (Nasus externus).....	25
3.4.2 Nosní předsíň (<i>Vestibulum nasi</i>).....	26
3.4.3 Dutina nosní (<i>cavum nasi</i>)	26
3.4.4 Vomeronazální orgán.....	28
4 Metodika	29
4.1 Testování psi	29
4.1.1 Metodika výcviku psů na vyhledávání výbušin.....	29
4.2 Pomůcky pro testování.....	31
4.2.1 Černý prach Vesuvit TN	31
4.3 Průběh experimentu	33
4.3.1 Příprava experimentu	33
4.3.2 Experiment.....	33
5 Výsledky	35
5.1 Statistické výsledky.....	36
6 Diskuze.....	38
7 Závěr	40
8 Literatura	41

1 Úvod

Pes domácí (*Canis familiaris*) je využíván díky svým jedinečným olfaktorickým schopnostem ozbrojenými složkami celého světa. Již několik desetiletí se výcvik psů u těchto složek zaměřuje především na jejich schopnost detekovat výbušné látky (Ensminger 2012). Cílem je především eliminovat ztráty na lidských životech. Aby psi vycvičení na detekci výbušnin, byli úspěšní v reálném nasazení, je jejich výcvik co možná nejvíce připodobňován podmínkám, ve kterých by pes měl následně pracovat. Rovněž pachy, které je pes učen detekovat musí být shodné s pachy látek, které chceme, aby pes v praxi detekoval. To může být u výbušnin v mnoha případech dosti komplikované. A to především z důvodu zachování bezpečnosti pro psovoda a jeho psa. Citlivost některých chemických látek na různé podmínky, je natolik velká, že je téměř nereálné provádět s nimi běžný výcvik psů na jejich detekci. Proto se používají tzv. pseudo vzorky, které jsou naprosto bezpečné a měly by mít identický pach, jako konkrétní chemická látka (směs), která kvůli svým vlastnostem nemůže být při výcviku z bezpečnostních důvodů použita.

Vzhledem k tomu, že stále není zcela objasněn princip psiho olfaktorického systému a ani jeho citlivost na různé pachové podněty, je výroba tzv. pseudo vzorků dosti komplikovaným postupem a v mnoha případech byla prokázána nevhodnost jejich použití při výcviku psů na detekci výbušnin. Zejména z důvodu obsahu příliš velkého množství přidružených pachů, které komplikovaly detekci samotné účinné látky. Mohl by však být i další alternativní způsob výcviku psů na detekci výbušných látek. Za pomoci praktického experimentu zjistit, zda psi detekují danou výbušninu jako celek, tedy synteticky anebo zda jí detekují na základě pachové signatury (konkrétního pachového individua) tedy analyticky.

Cílem tohoto experimentu bylo potvrdit, nebo vyvrátit schopnost psů detekovat jednotlivé složky z ternární směsi látek (černého prachu). Tedy zda psi budou pach vyhodnocovat spíše synteticky či analyticky. Tím bylo plynule navázáno na bakalářskou práci autora, obhájenou v roce 2021, která se zabývala schopností psů detekovat individuální cílové pachy kapalin o různé tenzi par, poté co byli naučeni detekovat jejich binární směs. Při zpracování této diplomové práce tak autor mohl v teoretické části vycházet ze svých vlastních myšlenek, seskupených v práci bakalářské. Na základě výsledků tohoto experimentu by se následně mohl upravit metodický postup výcviku psů na detekci výbušnin, a především tak přispět ke zvýšení bezpečnosti při jejich výcviku. Nahradit pachovou směs pouze konkrétním pachovým individuem, na základě, kterého psi danou pachovou směs detekují, by zvýšilo nejen bezpečnost, ale zůstala by také plná schopnost psů detekovat výbušninu v reálném nasazení. Právě zachování těchto dvou podmínek je naprosto elementární pro úspěšný výcvik a následné praktické využití psů na detekci výbušnin.

2 Vědecká hypotéza a cíle práce

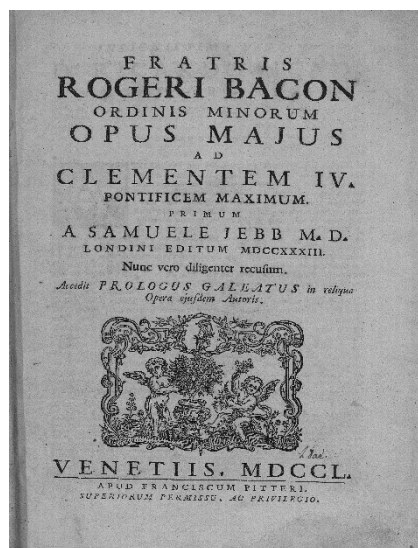
Hypotéza: Psi, kteří spolehlivě detekují ternární směs pachů, nebudou schopni detekovat jednotlivé komponenty této směsi, pokud jim budou založeny samostatně v řadě klamných vzorků.

Cíl práce: Během kontrolovaného experimentu ověřit schopnost psů detekovat jednotlivé komponenty poté, co byli vycvičeni k detekci jejich ternární směsi.

3 Literární rešerše

3.1 Historie vzniku a využití černého prachu

Přesné datum vynálezu černého prachu je stále předmětem diskusí z důvodu velmi malého množství relevantních důkazů. Oproti tomu mýtů a legend, které musí historikové složitě rozplétat ve snaze ověřit jejich pravdivý či smyšlený původ je nepřehledné množství. Dobře známé jsou historické postavy např. Rogera Bacona a Albertuse Magnuse a jejich díla, jimž různí historikové, vědci a jinak zainteresovaní odborníci v této problematice přikládají velmi rozličnou míru důvěryhodnosti. Prvně jmenovaný mnich Roger Bacon vešel ve známost ponejvíce svými posledními díly, a to Dopisem o tajných dílech a umění přírody a článku o Marnosti magie nebo spisy Opus Majus a Opus tertium. Plukovník Henry Hime dělostřelec a autor několika publikací o raném dělostřelectvu a černém prachu v roce 1904 tvrdil, že

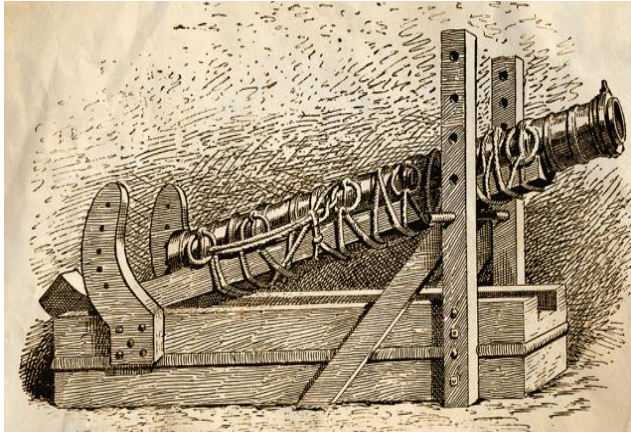


Obrázek č. 1: Literární dílo Rogera Bacone (Bacon 1750)

z písemností Rogera Bacone získal skutečný popis na rafinaci ledku a za využití anagramu i samotný vzorec pro výrobu černého prachu. Jak je známo anagramy by měly vždy vzbudit podezření historiků, protože vědec v nich velmi často vidí především to, co sám chce a nemůže být pochyb o tom, že si Hime velmi přál potvrdit, že jeho krajan Bacon měl podrobné znalosti o střelném prachu. Dalším velice významným jménem v historii černého prachu je syrský spisovatel z konce třináctého století Hasan al-Rammah Najm al Din al-Ahdab. A to především díky hlubokým znalostem čínských praktik s ohledem na přípravu černého prachu a střelných zbraní. V jeho díle Treatise on Horsemanship and Stratagems of War se nachází kupříkladu popis na výrobu baradu neboli ledku. Al-Rammahův text byl podrobně zkoumán arabisty devatenáctého století a sloužil jako předloha i celé řadě pozdějších spisovatelů.

Období, ve kterém byl černý prach vynalezen se datuje do osmého či devátého století našeho letopočtu. Historie černého prachu byla sepsána v mnoha jazycích, často bohužel dosti fragmentovaně, přičemž některé dokumenty zcela chybí. Její pochopení klade značné nároky na znalost chemie, fyziky a často obsahuje i tajné technické operace, které se dodnes nepovedlo vyřešit (Partington 1999). V některých případech byly sepsané dokumenty ovlivněny samotnými historiky, kteří se nechali strhnout masou materiálu k svévolným tezím a někdy až bizarním nápadům. Dle jednoho z předních odborníků této problematiky Josepha Needhama je historie černého prachu jednoduše „epická“. Místem vynalezení černého prachu je Čína (McLachlan 2011). Z počátku byl využíván především v ohňostrojích, bombách a granátech. Byl také využíván k odstřelování bran a padacích mostů. Trvalo však několik dalších století, než byl použit jako hnací látka. Jinými slovy, než byla vynalezena děla a ruční palné zbraně, kde byl využit potenciál černého prachu jakož to vysokoenergetického materiálu (McLachlan 2011). Po Číně se použití palných zbraní rozšířilo do Indie a na Střední východ. Do Evropy se dostaly koncem 13. století. V Německu ve městě Freiburg má pomník mnich františkánského

řádu Berthold Schwarz, jenž podle legendy vlastnil, jakousi sypkou směs, ke které mu měl údajně pomoci satan. Za své pokusy a vynálezy v oblasti černého prachu a palných zbraní byl uvězněn, následně údajně popraven (Kramer 1995). Zda je legenda smyšlená či ne není známo, ale ve čtrnáctém a patnáctém století, byl Freiburg znám díky odlévání děl a výcviku střelců (Davis 1941). S nástupem palných zbraní totiž vyvstal pro vojevůdce nový problém a tím byl



Obrázek č. 2: Jednoduché zvedací sloupky umožňují z malorážové zbraně střílet pod větším úhlem (Holmes 2021)

mužů.

Díky dobrému taktickému využití černého prachu a zbraní s tím spojených, byl Filip VI i přes jednoznačnou početní převahu Angličany poražen (Palné zbraně měly v počátcích značnou nevýhodu a tou byla pomalá rychlost a malá přesnost střelby (pouze jednoranné zbraně s následnou nutností zdlouhavého nabití). U prvních děl to byla velká váha a s tím spojená velmi omezená hybnost. Přes to při zvolení správné taktiky boje byla ničivá síla těchto zbraní díky černému prachu nedocenitelná. Uvědomění si té obrovské síly a energie, která se v tomto černém prášku skrývala naprosto změnilo způsob, jakým byly doposud boje vedeny. Černý prach byl po staletí jedinou známou výbušinou. Přesto, že se skládá jen ze tří komponent (dusičnan draselný, síra, dřevěné uhlí) docházelo k obrovskému množství variací, ve kterých se vyráběl. Ať už to bylo dáno poměrem jednotlivých komponent, tak snahou nahradit určitou komponentu za jinou. Kupříkladu použití dusičnanu vápenatého na místo dusičnanu draselného se ukázalo, jako velice nevhodné, jelikož ten je mnohem více hydrokopický. Tím byla náročnost na skladování tak obrovská, že se takový černý prach stával velice rychle nepoužitelným (Partington 1999). Navzdory tomu, že byl černý prach důležitou součástí vojenských operací již od konce středověku, přesné mechanismy jeho spalování, jsou stále pro většinu lidí naprosto neznámé. Vyrábět střelný prach je přinejmenším stejné umění jako věda o zdánlivě triviálních faktorech.

3.1.1 Technologie výroby černého prachu

Výroba černého prachu je pevně spojena s dusičnanem draselným (ledkem), jakožto hlavním okysličovadlem. Bohužel historické informace o ledku potažmo dusičnanech jako celku jsou velmi zkresleny vlivem odlišné terminologie použité ve středověkých spisech.

Příkladem může být termín natron, kterým se v historických dokumentech označuje celá řada solí, ale jen některé jsou dusičnany. Dusičnany se na některých místech vyskytují jako geologická ložiska, ale v přírodě se vyskytují především v důsledku rozkladu organické hmoty prostřednictvím činnosti bakterií. Ložiska guana v jeskyních jsou důležitým přírodním zdrojem, který byl využíván po celé devatenácté století (Partington 1999). Příběh o tom, jak byly dusičnany identifikovány a čištěny (izolovány z jiných solí) je zajímavou kapitolou středověké chemie, o které se píše převážně v čínských pramenech (Needham 1983). Veškerý střelný prach se nakonec zkazí vlivem vystavení vzduchu. Je pouze otázkou, jak dlouho zůstanou vlastní práškové komponenty použitelné (účinné) za jakýchkoli místních podmínek. A právě v tom to hraje nejdůležitější roli ledek. Během vývoje černého prachu byla při výrobě použita celá řada dusičnanů (vápenatý, hořečnatý), ale žádný se neosvědčil více než draselný (Hall 1997). Ten je však třeba získat právě ze surového dusičnanu. Tento technologický proces je velmi dobře popsán již v díle Vannoccia Biringuccio Piwtechia, napsaného roku 1540. Z historie je však známo, že tento postup pro získání dusičnanu draselného byl používán již mnohem dříve. Zmiňuje se o něm syrský spisovatel z konce třináctého století Hasana al-Rammah Najm al Din al-Ahdab, jehož Pojednání o jezdeckví a válečných strategiích obsahuje popis použití dřevěného popela, nehašeného vápna a dusičnanových solí.

Vlastnosti černého prachu se mohou velmi zásadně lišit, a to jak z důvodu technologického postupu při výrobě, tak dle použitých vstupních surovin. Pokud se tyto jednotlivé komponenty jen krátce promíchají, vznikne směs, která se obtížně zapaluje a jen pomalu hoří. V případě, že se stejné komponenty důkladně promísí, navlhčí a rozemelou se pro dosažení vysokého stupně homogenity, získáme směs, která se velmi snadno vznítí a velice rychle hoří (Conkling, & Mocella, 2018). Právě proces, který je označován jako granulace (corning) přinesl obrovský pokrok v účinnosti černého prachu. Granulací se rozumí velmi dlouhé mletí směsi jednotlivých komponent za přidání malého množství vody nebo jiné kapaliny v pozdější fázi mletí. To způsobí, že ledek jakožto nejlépe rozpustná složka směsi vyplní mikropóry nerozpuštěného dřevěného uhlí, které s sebou nese nerozpustnou síru. Pastovitá hmota vlhkého střelného prachu mohla být následně stlačena a protlačena přes síto k vytvoření granulí homogenního složení a tvaru.

O tom to postupu jsou první zmínky již v písemnostech z patnáctého století (Hall 1997). Střelný prach vyrobený tímto technologickým postupem, měl dvě vlastnosti, které jej odlišovaly od střelného prachu míchaného za sucha. Hořely rychleji, a proto byly balisticky „silnější“ a měly také delší trvanlivost. Vliv na výsledné vlastnosti černého prachu má, ale mnohem více faktorů, než je velikost částic a jejich poréznost. Dále také čistota výchozích materiálů, druh dřeva použitého pro výrobu dřevěného uhlí nebo poměr vstupních komponent (Meyer et al. 2016).

Výroba dřevěného uhlí udělala velký krok vpřed s vynálezem Angličana Richarda Watsona (také znám jako Bishop Watson). Jeho metoda používá kovové válce, které jsou před



Obrázek č. 3: Plechový sud na výrobu dřevěného uhlí (Poudrierie & Aubonne 2010)

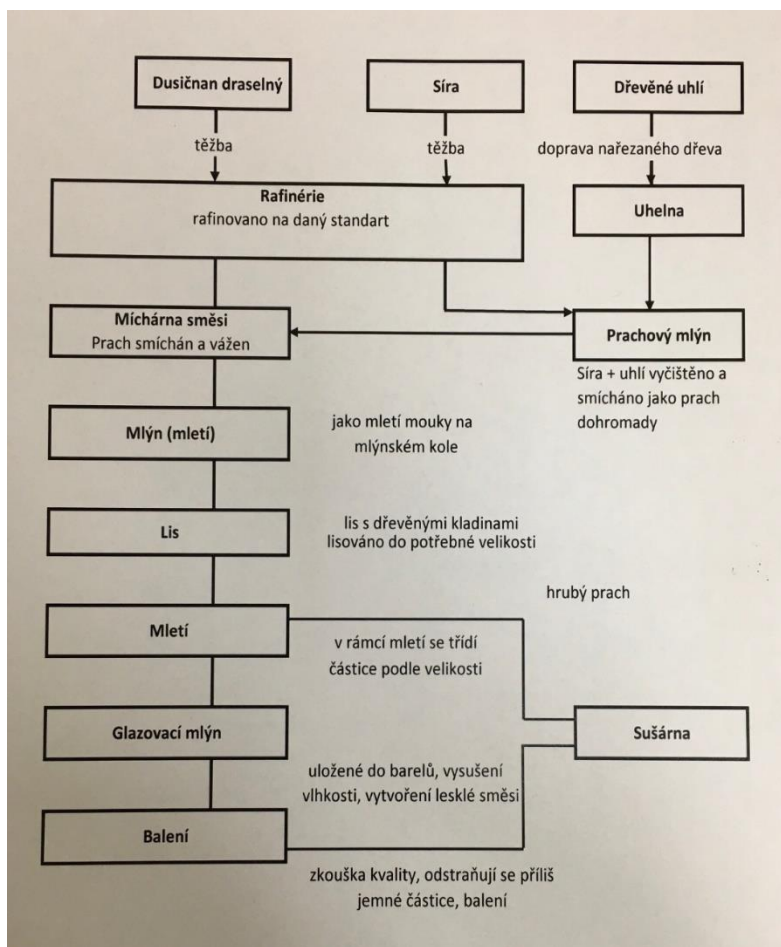
zahřátím naplněny dřevem a utěsněny (viz obrázek č. 3). Balistické testy černého prachu vyrobeného s tímto dřevěným uhlím ukázaly nárůst v rozmezí asi 60 %. Pro tuto metodu tzv. The Retort method jsou typické dvě podmínky. Použité teplo je generováno z externího zdroje a množství kyslíku, které přichází do styku se dřevem, je sníženo na absolutní minimum (Von Maltitz 2003). Tím se zásadně liší od ostatních metod výroby dřevěného uhlí, které využívají vnitřního zdroje tepla.

Ten potřebuje k udržení svého chodu zdroj kyslíku. Jinak řečeno metoda retorty spoléhá na endotermickou (teplo absorbující) reakci, zatímco jiné metody používají exotermickou (teplo generující) reakci. Má také několik výhod:

- produkuje dřevěné uhlí bez kontaminantů, jako je bahno
- důsledněji propaluje materiál
- rychleji karbonizuje dřevo
- má tendenci vytvářet méně popela
- poskytuje lepší kontrolu nad těkavým obsahem
- je šetrnější k životnímu prostředí.

Na vlastnostech použitého dřevěného uhlí (především na obsahu uhlíku) tedy závisí i výsledné výbušná schopnosti černého prachu, zejména citlivost a rychlost hoření. Nejčastěji se k pálení dřevěného uhlí používá dřevo listnatých dřevin, například dřevo z olše, lípy, dubu, buku a podobně. Dřevo určené k výrobě dřevěného uhlí nesmí být smolné. Z těchto důvodů se dřevo jehličnanů k tomuto účelu nevyužívá. Dle teploty vypálení (karbonizace) rozlišujeme dřevěné uhlí na černé (teplota vypalování mezi 300 – 350°C) a hnědé (teplota vypalování 230 – 300°C). Obsah uhlíku je u černého uhlí 75 – 80 %, u hnědého 55 – 70 %. Po vypálení je nutno nechat dřevěné uhlí po přesně stanovenou dobu odležet, až pak je možno jednotlivé kusy třídit (černé, hnědé uhlí), drtit a homogenizovat. Takto je dřevěné uhlí připraveno pro další zpracování (Horning, 2009).

Síra, se kterou se následně dřevěné uhlí mísí, musí být před použitím rafinována, aby byly splněny požadavky na čistotu této látky. Rafinace se provádí přetavením a následnou filtrací. Jinak bylo zjištěno, že pro výrobu černého prachu se dá použít téměř jakákoliv síra (Von Maltitz 2003). Dusičnan draselný se jako poslední surovina dodává v podobě chemicky čisté látky. Výrobce černého prachu provede pouze drcení a prosévání této chemické sloučeniny. Všechny suroviny pro výrobu je nutno udržovat v čistotě. Technologická zařízení jsou obvykle konstrukčně jednoduchá. Vyrobená jsou z nejiskřivých materiálů (dřevo, hliník).



Obrázek č. 4: Schéma postupu výroby černého prachu (vytvořeno autorem)

Samotný technologický postup výroby je tvořen řadou operací sestávajících ze sledu ustálených postupů, kdy jako první vzniká tzv. binární směs, což je směs dřevěného uhlí a síry. Tato směs je po homogenizaci a částečném zhuštění prosévána přes síta a zbavena větších částic. Další krok představuje zpracovávání na tzv. koloběžkách, kdy se přidává KNO_3 . Poté je směs drcena a lisována, znovu drcena a zrněna. Po zrnění se provádí třídění a prosetí, poté se směs vrací do koloběžek. Odtud je materiál v tzv. gravitačním bubnu hlazen, grafitován a sušen. Takto vzniklý černý prach je podrobován finálním technologickým operacím s cílem dosažení požadovaných vlastností (Lehký 2005).

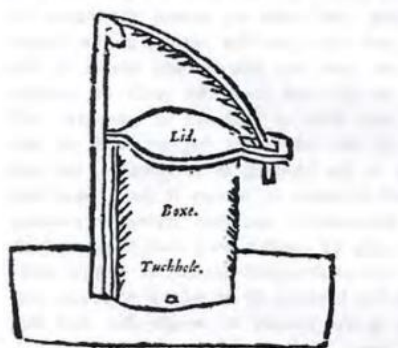
Základní složení černých prachů se dnes ustálilo v následujícím rozmezí: 60 – 75 % KNO_3 ; 10 – 17 % Síra; 10 – 15 % dřevěné uhlí (Scherperel et al. 2009). Takto definovaná složka se distribuuje ve formě jemného prášku, nebo lisovaný do tvaru zařízení, jako jsou například zpoždovače, zažehovače atd.

Rovněž způsob použití černého prachu má zásadní vliv na jeho výsledný efekt. Při nasypání malého množství černého prachu na volnou plochu a jeho následném zapálení vznikne pouze oranžový záblesk a obláček kouře, ale téměř žádný zvukový či devastující účinek. Při použití stejného množství černého prachu volně loženého v silné papírové trubce, která je z obou stran uzavřena dojde při zapálení k výbuchu. V případě, že je černý prach stlačen v tubě, která má jeden otvor otevřený, při čemž je částečně zúžený, dojde k efektu raketového zařízení. Přestože objev bezdýmného prachu v druhé polovině 19. století zapříčinil nahrazení černého prachu téměř ve všech oblastech jeho použití, nelze mu upírat jedinečné zásluhy v řadě odvětví. Právem se tak jeho objev řadí mezi největší chemické vynálezy všech dob. Schopnost ovládat jeho sílu se projevila v těžbě černého uhlí, řadě nerostů a přinesl nám tak éru železa, oceli a velkých strojů. (Davis 1941). Díky jednoduché výrobě, dostupnosti vstupních surovin a poměrně dobré stabilitě v případě dodržení požadovaných skladovacích podmínek, zejména skladování v suchém prostředí, je černý prach stále žádaný i v dnešní době. Ať již v armádním prostředí pro signalizační a výcvikové simulátory či u vojenské techniky. Nebo v civilním prostředí, kde má pyrotechnika rovněž široké využití. Od varovných světlic, ohňostrojů až po

velkolepé filmové efekty. Důkazem je neustále se zvětšující spotřeba zábavné pyrotechniky, která v roce 2015 činila v Americe 285 milionů liber (APA 2017).

3.1.2 Testování černého prachu

Schopnost vyrobit černý prach sebou zároveň přinášela i jednu zásadní otázku. Jak zjistit jeho kvalitu, respektive účinnost. Vzhledem k tomu, že byl černý prach velmi rychle využíván pro vojenské účely, byla potřeba znalosti jeho účinnosti mnohdy otázkou života. První testy černého prachu byly velmi prosté a spočívaly pouze v zapálení vzorku černého prachu na volném prostranství a následné prohlídce jeho zbytků, popřípadě určení rychlosti vzplanutí či hoření. Lineární testy rychlosti hoření patří mezi nejstarší testy prováděné na černém prachu. Testy lineární rychlosti hoření byly prováděny dělostřelci v poli. Jejich test obvykle spočíval



Obrázek č. 5: Bournův přístroj určený k testování účinnosti černého prachu (Muller 1973)

a měrný přístroj, který by byl přesný a zároveň umožňoval opakování testování. Patrně první takový to testovací nástroj a způsob jeho použití, byl však popsán již v knize Williama Bourny s názvem *Rare Inventions and Strange Devices Very Necessary for all Generalles and Captaines* (1587). O tom se však Nye ve své knize nezmiňuje.

Jednalo se o kovovou nádobu s víkem (viz. *obrázek č. 5*). Při vložení jasně definovaného množství černého prachu a jeho následném zapálení došlo k nadzvednutí víka nádoby a jeho zachycení na stupnici opatřené pilovými zuby. Tak to bylo možno porovnat účinnost různých vzorků černého prachu. Testování černého prachu se však na doslova vědeckou úroveň posunulo až s přístrojem vynalezeným Johannem Furttbachem jehož fungování bylo podrobně popsáno v knize *Halinitro-Pyrobolia* (1627). Jednalo se o vertikální testovací přístroj, který byl o několik desítek let později popsán také Nathanael Nye v knize *The Art of Gunnery* (1647). Ten ho však vydával za vlastní vynález. Nákresy obou přístrojů jsou však téměř totožné. Liší se jen v počtu západek, a tak je zjevné, že Nye okopíroval přístroj vynalezený Furttbachem. Nye však zavedl další dva způsoby kvantitativního testování síly (účinnosti) černého prachu. Prvním byl výstřel z pistole proti hliněnému břehu tzv. penetrační test, který se v různé obměně využívá k testování černého prachu dodnes. V některých případech se využívali spíše tenké dřevěné desky naskládané na sebe. Účinnost černého prachu byla stanovena počtem desek, kterými střela pronikla (Von Maltitz 2003). Druhým bylo testování

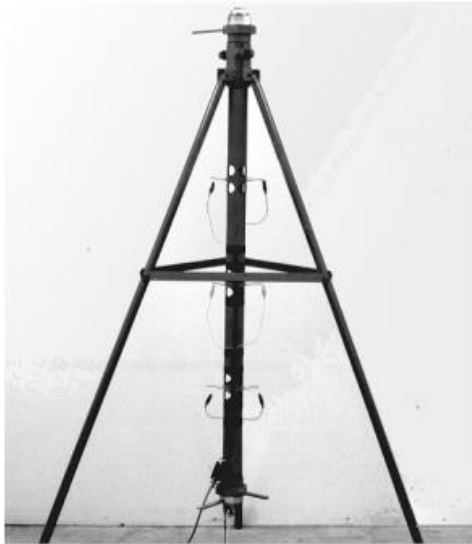
pomocí dělostřelecké epruvety. Druhý jmenovaný způsob byl oficiálně přijat francouzským králem Ludvíkem XIV a následně používán až do 19. století (Muller 1973).

Testovací zařízení, které fungovalo zcela odlišným způsobem, než všechny dříve vynalezené popsal a zkonstruoval du Me. Jednalo se o Trubici, jenž byla naplněna vodou až po rysku a přesně definované množství černého prachu bylo vloženo do zbraně připevněné k boku trubice. Měřilo se množství vody vytlačené vzniklým plynem (du Me 1702). Toto zařízení využíval při svých experimentech i matematik a generální inženýr Východoindické společnosti Benjamin Robins. Ten se stal tvůrcem tzv. balistického kyvadla, které umožňovalo poměrně přesně vyhodnotit několik různých prachů. Výsledkem jeho práce bylo také výrazné zlepšení výkonosti anglického černého prachu (Robins 1742). Robinson v závěru svého díla uvádí, že „zjišťování síly černého prachu a tím i rychlosti kulky daný jeho výbuchem a přiřazení přesného způsobu k určení jejich skutečné rychlosti z experimentů, jsou body, z nichž každý princip nezbytný při vytváření a řízení dělostřelectva lze snadno odvodit“. Metodou s využitím balistického kyvadla byl stanoven maximální tlak černého prachu na 2000 atm., což následně revidoval Charles Hutton profesor matematiky na vojenské akademii ve Woolwichi. Za pomoci upraveného balistického kyvadla stanovil maximální tlak černého prachu přibližně na dvojnásobek hodnoty stanovené Robinsem (Muller 1973). Dospěl také k závěru, že použitím podlouhlého tvaru střely by došlo k zvýšení hybnosti střely v poměru druhé mocniny hmotnosti střely při zachování hmotnosti použitého černého prachu (Hutton 1778).

V osmnáctém století byla prvně zaznamenána myšlenka využití elektřiny při balistických testech. Experiment byl proveden v Prusku, kde zkušební komise dělostřelectva v roce 1838 nechala zkonstruovat přístroj na měření úst'ové rychlosti projektilu. Pokrok v elektroenergetice dal vzniknout několika takovým nástrojům v různých evropských zemích. V Anglii sir Charles Wheatstone experimentoval se svým „elektromagnetickým chronoskopem“, ale odchylka byla dosti velká. Rychlost se za stejných podmínek lišila od 38,5 do 88,9 m/s. Vylepšení tohoto přístroje provedl belgický kapitán Navez v roce 1847 (Navez 1857). V roce 1890 se již běžně používal chronograf le Boulenge (Guttman 1895). Dalším významným jménem v historii testování černého prachu byl kapitán T. J. Rodmen a jeho vynález tlakoměru (Johnson 1990). Moderní testování černého prachu tu bude mít stále své místo. Výrobci budou přirozeně testovat své produkty. Důslednost a předvídatelnost je velice důležitá např. pro ty, kteří používají černý prach v soutěžní střelbě. Problém při testování černého prachu, který přetrvává až do dnešní doby jsou chybějící primární standardy, které by sloužili při porovnání sekundárních a tím by mohlo být stanoveno, zda je naměřená odchylka v přijatelné toleranci či nikoliv (Von Maltitz 2003). Při testování černého prachu nejdůležitější charakteristikou testu ať již nástrojem nebo systémem je jeho opakovatelnost. To znamená neměnit žádnou z proměnných, jako je hmotnost, objem, teplota okolí a velikost částic. To také znamená, že takové proměnné by měly být přesně měřitelné. Je samozřejmé, že bezpečnost by měla být nejvyšší prioritou. Většina testovacích metod černého prachu má potenciál způsobit ošklivou nehodu, pokud je bezpečnost ignorována.

Moderní metody testování velmi často vycházejí z těch historických, jen za využití moderní techniky. Zejména měřících a snímacích přístrojů. Lineární testy rychlosti hoření prováděné v dávné historii někteří popisovali jako testy rychlosti. Dnes se pod tímto pojmem obecně rozumí elektronické testovací zařízení, které měří změny tlaku v uzavřené nádobě, kde

byl umístěn a iniciován vzorek černého prachu (Sasse 1980). Mezi amatérskými pyrotechnickými nadšenci je oblíbená testovací metoda Pyro golf. Principem, na kterém Pyro Golf funguje, je vystřelit standardní golfový míček do vzduchu a změřit dobu letu golfového míčku. Laboratorní verze měří úst'ovou rychlost střely a obvykle zastaví let střely krátce poté, co opustí minomet (viz obrázek č. 6). Měřicí zařízení je vyráběno ve dvou provedení. Verze pro hobby využití je navržena pro práci v otevřeném venkovním prostoru, zatímco laboratorní verze



Obrázek č. 6: Laboratorní testovací přístroj s trojnožkou (Kosanke & Kosanke 1996)

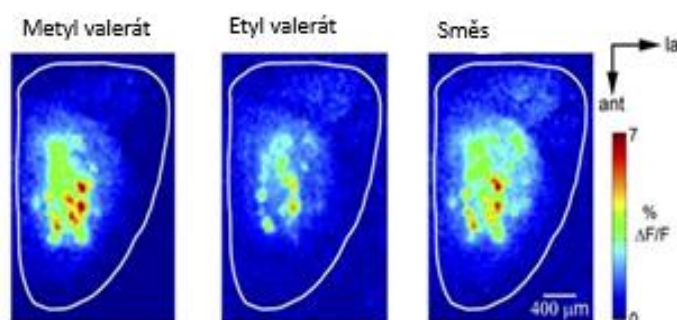
je navržena pro práci v laboratorní budově. Laboratorní verze tak potřebuje omezit střelu poté, co opustí hlavěň. Hobby verze posílá projektil do vzduchu a měří dobu letu od doby, kdy opustí ústí hlavně do doby dopadu na zem. To je obvykle v řádu sekund. Měření se provádí stopkami. Laboratorní model měří rychlost střely, když je ještě uvnitř hlavně, tentokrát v řádu milisekund. Měření se provádí vysoko rychlostním elektronickým přístrojem (Lichtenwalter 1995). Ten spouští vypínací dráty, které jsou přerušeny letem střely. Zátka závěru laboratorního modelu je o něco složitější než u hobby verze. Je vybavena teplotními a tlakovými čidly a zapaluje se elektronickou zápalkou. Pro efektivnější testování černého prachu sloužícího k výrobě pyrotechniky odpalované z hmoždířů se na místo golfových míčků začalo využívat míčků

baseballových. Ty velikostně lépe napodobují velikost obalu pyrotechniky odpalované z hmoždíře. Co se týká elektronického vybavení měřícího zařízení, je vždy otázkou, jak přesná mají být data získaná daným měřením. Komerční výrobci černého prachu, provádějí testy chemické analýzy za účelem stanovení standartu a konzistence při výrobě. Kromě kontroly kvality poskytují tyto testy nepřímý údaj o očekávaném výkonu konkrétního černého prachu. Takové testy jsou obvykle mimo dosah průměrného amatérského uživatele a pro většinu amatérských potřeb jsou pravděpodobně zcela zbytečné. Tam, kde je třeba měřit konzistenci výkonu, lze použít řadu jiných zkušebních metod. Další z vlastností, kterou komerční výrobci rovněž určují je hustota černého prachu. Ta se původně měřila rtuťovou vytěšňovací metodou. Při ní se používala rtuť, prvek, který je velmi drahý a nebezpečný pro člověka. Při moderních laboratorních měřeních hustoty se používá heliová vytěšňovací metoda. Tím se vyhneme nebezpečí spojeného s rtuťí, ale stále je pro většinu lidí finančně nedostupná. Poměrně hrubý způsob měření hustoty spočívá v umístění odměřené hmotnosti černého prachu do nádoby s vodou a změní se jeho objem. Hustota je dána poměrem hmotnosti a objemem. Tato uvedená metoda není příliš přesná a je pravděpodobně užitečná pouze pro hrubé porovnání hustoty u prachů vyrobených stejným způsobem, které mají stejnou velikost zrn (Von Maltitz 2003).

3.2 Pachové směsi

Pachovou směsí můžeme označit téměř každý pach. Z této naprosto převládající skupiny musí být vyjmuta pouze pachová individua. Za základní pachovou směs by se dala považovat směs binární. Vlastnosti pachové směsi určuje několik aspektů, např. množství odorantů tvořících směs, jejich intenzita a koncentrace. Rozlišujeme tzv. homogenní a heterogenní směsi (Berglund et al. 1976). U homogenní jsme schopni zaznamenat jediný pach, u heterogenní směsi několik. Homogenní směs vzniká buď smícháním několika pachů, přičemž vznikne úplně nový pach, nebo v případě, kdy pach jedné komponenty směsi má tak silnou intenzitu, že ostatní zcela překryje neboli celkově zastíní (Kay et al. 2005). Složitost rozpoznání jednotlivých pachů tvořících směs je dána jak jejich počtem (Laing & Francis 1989), tak především výrazností pachu jednotlivých komponent a interakcemi mezi jednotlivými odoranty tvořícími pachovou směs, které probíhají v jednotlivých fázích zpracování pachů.

Lidé jsou schopni rozeznat obvykle směs tvořenou maximálně třemi komponentami. Pokud se jedná o komponenty známé, jsou lidé v některých případech schopni detekovat i osm až dvanáct komponent (Jinks & Laing 1999). Další podmínkou je, že komponenty tvořící pachovou směs musí být zastoupeny v takovém množství, aby je lidský čich byl schopný detekovat. Musí být tedy vyšší než prahová hodnota detekce dané komponenty. Lidé byli po dlouhá desetiletí všeobecně řazeni mezi mikrosmatické druhy. Tento výraz poprvé použil Sir William Turner (1890) a upravil tak původní názvosloví a rozdělení jenž zavedl Paul Broca (1879). Mikrosmatické druhy mají čichovou citlivost obecně nižší než druhy makrosmatické, mezi něž řadíme i psa (Craven et al. 2010). Je tomu ale opravdu tak? Pro lidi se stala komunikace za využití čichu spíše podřadnou a přiřazují ji spíše „nižším zvířatům“. Přesto bylo prokázáno, že člověk je jako většina savců schopen rozlišovat mezi neuvěřitelným množstvím pachů. Podstatné je, o jaký druh pachů se jedná. V některých případech, je člověk schopný překonat čichové schopnosti hlodavců, a dokonce i psa (McGann 2017). Ve většině případů, je na tom však lépe pes. To může být mimo jiné způsobeno tzv. čichovým výklenkem, jenž umožňuje na nějaký čas zadržet nasátý vzduch s molekulami odorantu a jejich transport k čichovým receptorům. Tímto čichovým výklenkem disponují pouze makrosmatické druhy, ale to, že mají lepší čichovou citlivost, neplatí patrně ve všech případech. Ukazuje se,



Obrázek č. 7: Porovnání glomerulárních map vyvolaných směsí se součtem map komponent Experimentálně odvozené odpovědi na MV (0,25 % s. v.), EV (0,25 % s. v.) a jejich směsi zobrazené v pseudobarvě (Fletcher 2011)

axonů neuronů přenášen vzruch, jenž byl způsoben depolarizací čichového neuronu v důsledku kontaktu čichového receptoru s ligandem. Z čichového kyje, v němž jsou glomeruly umístěny,

že čichová citlivost může být značně specifická s ohledem na biologickou relevantnost vnímaných odorantů (Laska et al. 2000). Z tohoto důvodu mohou mít u některých odorantů olfaktorický práh nižší makrosmatická zvířata (Laska et al. 2003).

Jednou z možností pozorování zpracování pachu, a to jak jednotlivých komponent, tak směsí, je sledování reakce glomerulů. Do nich je za pomoci

je signál přes složitou soustavu projekčních neuronů veden do primární čichové kůry, kde vzniká vlastní čichový vjem (Martinez 2009).

Díky tomu je možné následně vyhodnotit, zda jsou lépe vnímány jednotlivé složky, nebo následná směs daných komponent. V případě ideálního stavu by se do vyhodnocení pachových individuů i pachové směsi z nich vytvořené měly zapojit stejné glomeruly v totožném množství a intenzitě. Na základě provedených experimentů (Fletcher 2011) se prokázalo, že v případě vyhodnocování pachové směsi jinak reagují glomeruly reagující pouze na jednu složku směsi a jinak tzv. překrývající glomeruly reagující na více složek tvořících směs. Mapy odezvy směsi obsahovaly totožné glomeruly jako v každé ze složek mapy. Nikdy se nezapojily nové glomeruly v mapách odezvy směsi, ale vždy jen ty, co byly pozorovány ve složkách mapy. Co se však změnilo, byla intenzita jednotlivých glomerulů. Pozorováním se také zjistilo, že většina glomerulů je tzv. překrývajících, navíc mají ještě schopnost ovlivňovat glomeruly ve svém blízkém okolí. Může tak docházet k interakcím mezi jednotlivými glomeruly (Aungst et al. 2003).

3.2.1 Pachové individuum či směs

Vzhledem k tomu, že jsou velmi často zneužívány tzv. improvizované výbušiny, kde není nikdy přesně daný poměr a složení výbušné směsi (Östmark et al. 2012), je znalost jednotlivých pachů komponent tvořících výbušné směsi pro výcvik psů na vyhledávání výbušin zásadní. K ověření teorie, že psi na detekci mohou chybně vyhodnocovat cílové pachy v případě, kdy byly při výcviku použity jen čisté cílové pachy, ale nenásledoval výcvik detekce cílového pachu ve směsi pachů jiných výbušných či inertních látek, bylo provedeno několik výzkumů (Lazarowski & Dorman 2014; Fletcher 2011). K tomu byly vytvořeny unikátní výcvikové pomůcky, za jejichž pomoci mohly být experimenty provedeny.



Obrázek č. 8: Výcviková pomůcka pro vytváření společného pachu dvou odorantů bez fyzického propojení (Lazarowski & Dorman 2014)

I díky nim se ukázalo, že psi, kteří byli cvičeni pouze na pach čisté látky (pachové individuum), mohou mít následně problém s označením pachového individua, pakliže se k němu přidá třeba jen jeden odorant navíc (Lazarowski & Dorman 2014). Platí to i v případě, kdy je cvičný vzorek používán ve spojitosti se stále stejným přidruženým pachem, jímž může být pach obalového materiálu nebo také pach psovoda. Výsledek však nebyl jednoznačný, jelikož se projevily individuální rozdíly ve zkušenosti (vycvičenosti) jednotlivých psů i v jejich citlivosti vnímání stimulů (Laska & Hudson 1993; Rabin et al. 1989). Zároveň však bylo potvrzeno, že psi, kteří byli seznámeni s pachem výbušiny ve směsi (nikoliv však fyzikálně propojené viz obrázek č. 8) s dalším odorantem, následně projevovali

lepší schopnost detekovat pach výbušiny v různých směsích. Bylo tím tak poukázáno na zcela zásadní problém při výcviku psů.

Výbušiny používané k výrobě NVS se od sebe značně liší, a to především kvůli dostupným zdrojům v dané lokalitě. Mohou obsahovat různé organické látky, anorganická oxidační činidla. Například původní vojenská výbušina se může dále modifikovat za využití různých vazelin, vosků či hořlavin jako petrolej či nafta. Tak se psi v praxi s pachem výbušiny setkávají především v kombinaci s pachem celé řady dalších látek. U detekce výbušných směsí může nastat podobný problém jako u pachového individua. Pakliže je pes naučen detekovat výbušnou směs (např. bezdýmný prach) pouze na základě jednoho cvičného vzorku, je velice pravděpodobné, že jiný bezdýmný prach např. od jiného výrobce detekovat nebude (Lazarowski & Dorman 2014). Pakliže dojde u psa k zobecnění s požadovaným cílem (výbušinou), měl by být schopen detekovat i látky podobné, nikoliv však identické. V případě, že pes nebyl při výcviku seznámen s pachem požadovaného cíle (výbušiny) ve více variantách, např. dodaného od různých výrobců, dochází u něj zpravidla k zobecnění pouze na konkrétní směs. Jedná se o syntetickou perцепci. Pakliže je u každé komponenty směsi vytvořená asociace na daný odorant a pes je schopen je rozlišit mezi jinými, jedná se o perцепci analytickou. I když byla do současné doby provedena již řada experimentů zabývajících se detekcí výbušin za pomoci psů, není stále zcela jasně vysvětleno vnímání výbušnin psím čichem, protože v případě syntetické perцепce by to znamenalo, že by výbušina byla vnímána psím čichem jako jeden komplexní pach. Oproti tomu u analytické perceptions se předpokládá schopnost rozpoznání jednotlivých komponent tvořících výslednou výbušinu.

Z tohoto důvodu se provádějí rovněž experimenty s cílem stanovit komponentu či komponenty z pachových směsí, na jejichž základě psi tuto směs detekují. Takové komponenty jsou označovány jako aktivní pachová signatura. Dle prováděných experimentů by se za ni daly označit komponenty mající nejvyšší tenzi par, dále pak komponenty mající nejvýraznější pach (Harper et al. 2005). Tyto výsledky mohou výcvikáři následně implementovat do metodiky při výcviku psů (vtiskávání pachů) na vyhledávání výbušin. Jelikož je řada výbušin, které obsahují stejné komponenty, např. plastické výbušiny, jsou poznatky o aktivní pachové signatuře velmi důležité, protože mohou výrazně zjednodušit výcvik psa, a to především snížením počtu vzorků výbušin potřebných navtiskat psovi při základním výcviku. S aktivní pachovou signaturou velmi úzce souvisí výzkum na zjištění tenze par výbušin (Cundall et al. 1978; Moore 2004). Výsledky jsou však často velmi rozdílné, nebo se výzkumy soustředily jen na určité spektrum výbušin (vojenské, civilní, improvizované). Velký vliv na výsledek má také zvolená technika pro zjištění tenze par výbušin a podmínky, při nichž výzkum probíhal, zásadním údajem je především teplota, při které se zjišťují hodnoty tenze par.

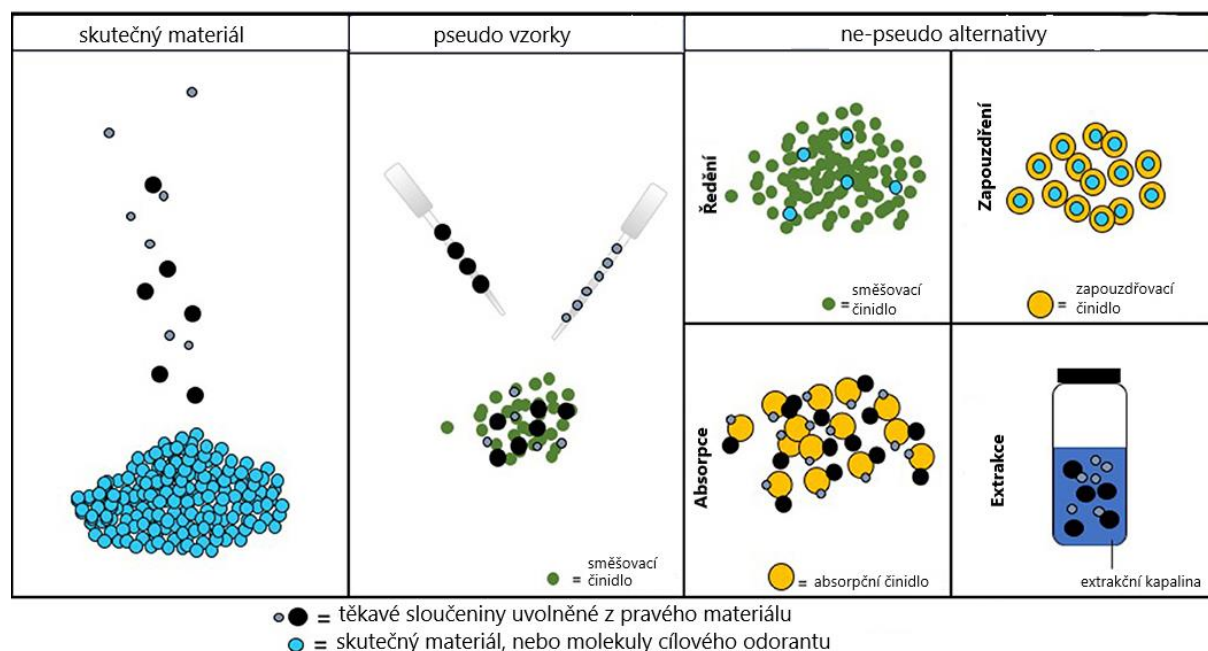
Östmark et al. (2012) sumarizují a porovnávají výsledky prací řady výzkumníků, kteří se touto problematikou zabývali, přičemž poukazují i na možné chybné údaje a zdůvodňují jejich příčiny. Avšak vnímání pachů se liší i u jedinců stejného druhu (Frumin et al. 2014). Tuto různorodost může způsobovat mnoho faktorů (věk, zkušenosti, genetické předpoklady, zdravotní stav). Z tohoto důvodu nelze přistupovat ke všem cvičeným psům na vyhledávání výbušin stejným způsobem, ale u každého by měla být volena metodika výcviku individuálně.

3.2.2 Alternativní výcvikové vzorky (pomůcky)

Ať už se jedná o psy na vyhledávání výbušnin, drog, zbraní, lidských ostatků, ohrožených živočichů nebo na detekci různých onemocnění, všichni jejich cvičitelé jsou postaveni před stejný problém, a to – jaký zvolit způsob vtisknutí cílového pachu. Všeobecně uznávaným způsobem je využití skutečného materiálu, jehož pach bude následně cílový. To s sebou ovšem u většiny výbušnin, zakázaných návykových látek či lidských ostatků nese řadu podmínek a omezení. Především získání povolení k držení těchto látek je podmíněno splněním přísných zákonných podmínek, které jsou ovšem v řadě států pro běžné občany záměrně nesplnitelné. Dále je potřeba mít vyřešeno skladování, obměnu a likvidaci nepotřebných vzorků. Jelikož bylo již potvrzeno, že v průběhu času probíhají u některých látek takové změny, které mají zásadní vliv na jejich pachový profil díky přirozenému rozpadu molekul (DeGreeff et al. 2017). Použití při výcviku detekčních psů pouze čistých látek tzn. reálných výbušnin, drog, zbraní, lidských ostatků atd. se prokázalo, jako neefektivní způsob výcviku s malou pravděpodobností detekce zájmových látek v případě, že budou záměrně smíchány či nechtěně kontaminovány jinými látkami, což v reálném použití detekčních psů znamená značné riziko, jelikož velké množství teroristických útoků bylo provedeno za pomoci tzv. homemade výbušnin, kde je poměr cílových látek a látek přidružených velmi variabilní (Lazarowski & Dorman 2014). Z již zmíněných důvodů jsou k výcviku psů používány různé alternativní cvičební pomůcky (vzorky). Dalším důvodem může být extrémní nebezpečí hrozící při manipulaci se skutečným materiálem, ať už se jedná o výbušné látky citlivé na otřes, či jiné chemické látky, které mohou být přímo život ohrožující. Cílem při přípravě či výrobě alternativních pomůcek je dosažení co nejdélejší stálosti pachu a zároveň minimálního přidání dalších vedlejších pachů, které by mohly odvádět pozornost psů při detekci požadovaného cílového. Tyto tzv. pseudovzorky se mohou stát dosažitelnou alternativou pro širší veřejnost, jelikož se na ně zpravidla nevztahují tak přísná legislativní omezení jako na skutečný výcvikový materiál.

Jednou z možností, jak vytvořit alternativní vzorek, je příprava chemické sloučeniny na základě chemického rozboru skutečného materiálu. Na jeho základě je určen pachový profil a dle něj je vytvořena chemická sloučenina, jež se svým pachovým profilem, pokud možno shoduje se skutečným materiálem. Jde tedy o vzorky, které neobsahují původní materiál. Jak již bylo zmíněno výše, u některých skutečných vzorků (materiálů) dochází v průběhu času k výrazným změnám v pachovém profilu, což velmi komplikuje vytvoření jeho přesné kopie za pomoci pseudovzorků (materiálů). Takovou to látkou je např. hexamethyl triperoxid diamín (HMTD). Z tohoto důvodu se u této látky využívá jiné možnosti, a to výroba vzorku nikoliv však pseudovzorku, jelikož vyrobený cvičební vzorek obsahuje skutečné HMTD, ale jen v koncentraci zaručující stabilitu a bezpečnou manipulaci se vzorkem při výcviku (Oxley et al. 2016). Oproti skutečným vzorkům (výbušnin, drog, lidských ostatků atd.) mají pseudovzorky ještě několik nevýhod. Velmi často obsahují mnohem více pachů než skutečný materiál, což může psům na detekci komplikovat rozpoznání cílového pachu. Dále intenzita cílového pachu bývá v praxi velmi různorodá dle množství skutečného materiálu (drogy, výbušiny), kdežto u pseudovzorků je stanovená při výrobě a dále ve většině případů neměnná, což je při výcviku detekčních psů nežádoucí. Využití pseudovzorků v praxi je stále dosti diskutabilní, jelikož existují vědecké studie, které uvádějí, že pseudovzorky nefungují (Harper et al. 2005), vedle toho byly publikovány studie, které naopak potvrzují jejich funkčnost (Furton et al. 1997).

Druhou skupinou alternativních vzorků skutečného materiálu jsou ty, které obsahují původní materiál, ale v takovém množství, aby manipulace s nimi byla bezpečná, nebo obsahují jen jeho pach. Tyto vzorky se v originále označují názvem non-pseudo alternatives. Vznikají ředěním původního materiálu, mícháním nebo extrakcí či absorpcí pachu původního materiálu (Simon et al. 2020). Vzorky vzniklé ředěním či tzv. zapouzdřením fyzicky obsahují malé či stopové množství původního materiálu. Ředění znamená odebrání malého nebo stopového množství cílového materiálu a jeho smíchání s větším množstvím inertní pevné látky nebo jeho rozpuštění v inertní kapalině. Tím se skutečný materiál stane bezpečným, protože se sníží množství přítomného materiálu a molekuly se od sebe oddělí, aby se například odstranila



Obrázek č. 9: Vizuální znázornění ukazující chemické a výrobní rozdíly mezi skutečným materiálem, pseudo-odory a non-pseudo alternativami při použití stejného skutečného materiálu (Simon et al. 2020)

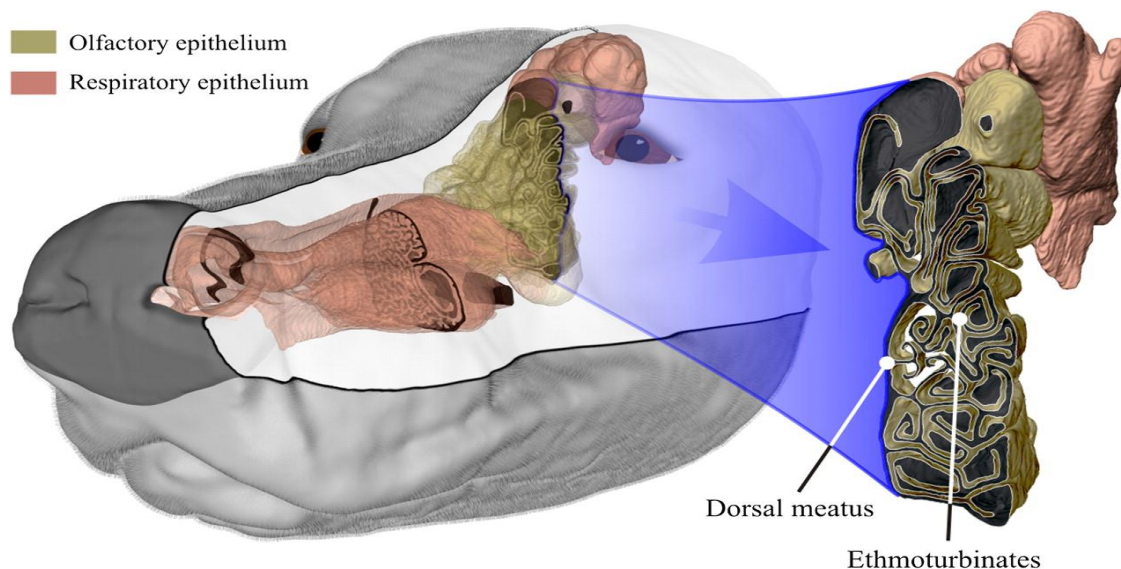
citlivost na náraz. Tato metoda byla použita, u již zmíněného HMTD dále také TATP (Adebimpe 2013). Velmi podstatným kritériem je volba látky (materiálu), která je použita na ředění či zapouzdření, jelikož žádný materiál se neukázal být jako univerzální (Prada et al. 2011) a použitelný pro všechny druhy vzorků, jako jsou výbušniny, drogy, zbraně. Přesto kombinace výcviku detekčních psů za využití skutečného materiálu, pseudo-odorantu a non-pseudo alternativ se ukázala jako nejúčinnější způsob vedení výcviku detekčních psů, z důvodu rozšíření generalizačního gradientu a tím zvýšení pravděpodobnosti úspěšné detekce zájmového pachu ať už by se jednalo o chemicky čistou formu či pachovou směs obsahující danou zájmovou látku (Hall et al. 2018).

3.3 Olfakce

Čich je mezi ostatními smysly výjimečný počtem typů jednotlivých receptorů, které se na senzoričtém vnímání podílejí. Předpokládá se, že čichový systém není limitovaný počtem pachových molekul, které na něj mohou působit (Brewer et al. 2006). Vdechované molekuly pachu se párují se specifickými receptory. Bylo dokázáno, že každý čichový receptor může reagovat s několika různými molekulami odorantů a na druhé straně jedna pachová molekula může stimulovat několik typů čichových receptorů (Araneda et al. 2004). Zatímco u člověka je více než 50 % z čichových receptorů (OR) rozpoznáno jako pseudogeny, u psů je funkčně neaktivních jen asi 20 % genů OR. Procento pseudogenů, stejně jako četnost specifických genových polymorfismů, se liší podle plemene, což by mohlo být jednou z příčin specifické čichové schopnosti jednotlivých plemen (Jenkins et al. 2018). Zdá se tedy, že vrozené genetické faktory mohou přispívat k výskytu geneticky podmíněných linií psů s větší vhodností pro čichovou práci. Na olfaktorické percepci se podílí několik senzoričtých systémů, jako je hlavní olfaktorický systém, vomeronasální systém, septální orgán, Gruenbergrovo ganglion či trigeminální percepční systém. Olfaktorický systém u psa se stejně jako u všech savců vyvíjí již v prenatalním období (Wells & Hepper 2006).

Funkčnost olfaktorického systému u psů je do značné míry ovlivněn chybějícími potními žlázami, takže v případě potřeby ochlazování organismu dochází ke snížení počtu vdechovaných molekul odorantů, jelikož pes se ochlazuje zrychleným vdechováním a vydechováním vzduchu ústy, aby mohlo docházet ke zvýšenému odpařování vody z dýchacích cest (Crawford 1962). Oproti tomu při sumování (čichání) pes vdechuje i vydechuje vzduch s molekulami odorantu nosem. Psi jsou schopni ovládat své nozdry, což jim umožňuje regulovat proud vzduchu inhalovaný i exhalovaný nosem (čenicem). To jim umožňuje ověřovat pachy prověřovaných předmětů a zároveň šikmo za sebe vydechovat vzduch. Z tohoto důvodu nedochází k ředění a rozptylování ověřovaného pachu vzduchem vycházejícím ven při výdechu (Settles et al. 2002). Funkčnost olfaktorického systému je však ovlivňována řadou dalších faktorů např. vlivy prostředí jako je vlhkost, která má pozitivní vliv na zlepšení čichových schopností psů. Pravděpodobně díky vyšší vlhkosti v dutině nosní a tím umožnění zachycování většího množství molekul (Jenkins et al. 2018) pachových látek. Nicméně i když je zvýšená vlhkost spojená s mírným deštěm standardně vnímána jako pozitivní vliv na detekci pachu, silný déšť je obvykle negativním faktorem, protože by mohl pach zatlačit níže k zemi. Negativní vliv na čich psů mohou mít také vyšší teploty. Bräuer a Blasi (2021) prokázali, že je to způsobeno sníženou pracovní schopností psů, což způsobuje pokles vyhledávacího výkonu. Kromě přímého vlivu teploty na pracovní schopnost však existuje také riziko dehydratace jako důsledek zvýšené aktivity v horkých podmínkách, která může snížit účinnost olfaktorického systému psů v důsledku snížené aktivity enzymů a tekutosti nosní sliznice. Nesprávné proudění vzduchu, které ovlivňuje čichové schopnosti, může být způsobeno nemocemi, jako jsou nádory nosní dutiny, lokální poranění nebo specifické infekce, jako je psinka nebo parainfluenza (Myers et al. 1988).

V dutině nosní jsou molekuly pachu přichycovány na čichový epitel, jehož velikost se u jednotlivých plemen psů značně liší (viz obrázek č. 9). V novodobé historii nebyl bohužel proveden žádný relevantní výzkum, který by stanovil přibližnou velikost čichového epitelu u různých plemen psů. O to větší zájem se upírá na princip funkčnosti psiho olfaktorického systému, proudění vzduchu dutinou nosní, rychlost proudění a vstřebávání molekul různých odorantů (Craven 2008, Craven et al. 2009, Lawson et al. 2012)



Obrázek č. 10: Počítačový model dýchacích cest psa (Lawson et al. 2012)

S narůstající fyzickou únavou a zvyšující se tělesnou teplotou klesá spolehlivost olfaktorického systému psa. Jelikož v takovém případě pes vdechovaný vzduch nevede přes čichové centrum. Při sumování v klidném stavu dochází k 2,5 – 3krát větší absorpci vysoce a středně rozpustných odorantů v sensorické oblasti za jednotku času (Rygg et al. 2017).

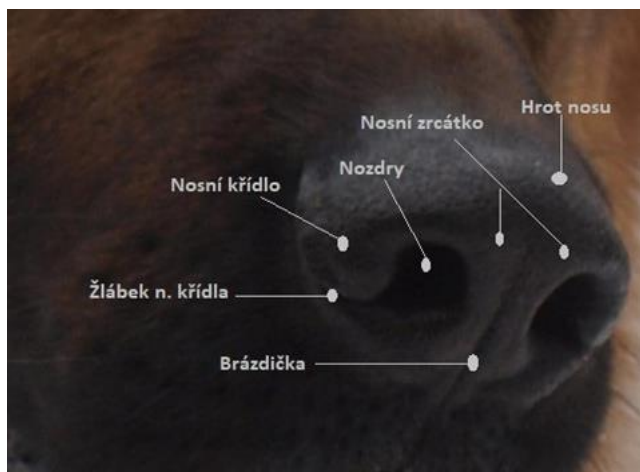
Naopak při intenzivním čichání se zvýší rychlost proudění vzduchu, který tak přivádí větší množství molekul odorantu k čichovým neuronům, což psi využívají při snaze detekovat pachy s nízkou koncentrací (Lawson et al. 2012). Vzhledem k tomu, že ozbrojené složky využívají psy na vyhledávání výbušnin, zbraní a drog často ve velmi fyzicky náročných prostředích, je kladen značný důraz na fyzickou kondici psů, čímž se prodlužuje doba využitelnosti psa při vyhledávání cílových odorantů (výbušiny, zbraně a drogy). Podobně jako u ostatních smyslů se mohou čichové schopnosti s věkem snižovat v důsledku atrofických změn, kdy je u stárnoucích psů pozorována degenerace čichového epitelu a úbytek čichových buněk. Oproti tomu ve srovnání s mladými psy mohou mít starší jedinci mnohem silnější dlouhodobou čichovou paměť a mohou se tak vypořádat se složitějšími pachovými informacemi (Wei et al. 2017). Zda pes bude vůbec ochoten využít svých olfaktorických schopností k detekci zájmových pachů závisí na jeho motivaci, chuti pracovat a poznávat. Jinými slovy v dostatečné míře projevit explorační chování. To může do jisté míry ovlivňovat hladina dopaminu (Horowitz 2014). U některých psů se objevuje přirozeně zvýšená hladina dopaminu (belgický ovčák malinois, border colie, Jack Russell teriér) a právě tyto psi projevují při práci velmi dobrou motivaci, chuť pracovat, výdrž a odolnost při zátěži (Engeman et al. 1998).

3.4 Anatomie a fyziologie čichového ústrojí

Čichové ústrojí psa se skládá z hlavního olfaktorického systému a vomeronasálního olfaktorického systému. Přítomnost septálního orgánu či Gruenebergova ganglia, které se nachází u některých savců, nebyla u psů potvrzena (Barrios et al. 2014). Čichové ústrojí psa se vyznačuje několika velmi specifickými vlastnostmi. Díky mimořádně citlivému čichu jsou psi využíváni jako moderní supercitlivé mobilní skenery oblastí, které v reálném čase detekují specifické chemické signály v různých prostředích mimo laboratoř a následně sledují pach dynamických cílů až k jejich zdroji, a to i na přeplněných místech (Kokocińska-Kusiak 2021). Ve srovnání s lidmi mohou psi detekovat výrazně menší koncentrace pachových látek díky kombinaci hustoty a počtu čichových neuronů, modifikaci nosního proudění vzduchu a specifčnosti centrálního zpracování. Pes dokáže zamířit proud teplého vydechaného vzduchu na očichávané místo a tím zdvihnout ze země molekuly s vyšší molekulovou hmotností (Settles 2002). Při diskusi o proudění vzduchu nosem je třeba zmínit fenomén lateralizace čichu pozorovaný u psů. Bylo prokázáno, že tento jev je podobný sluchovému a zrakovému vnímání u psů. Psi mají silnou tendenci čichat pravou nosní dírkou, protože právě touto dírkou začínají čichat jako první (Siniscalchi et al. 2011). Pokud se pak ukáže, že se jedná o známý nebo neaversní pach, například potravy, přejdou na používání levé nosní dírky. Pokud se však ukáže, že jde o nový, ohrožující nebo vzrušující podnět, jako je např. adrenalin, pes nadále používá pouze pravou nosní díрку. Dále je pes schopen vnímat pachy i za nízkých teplot tím, že se zvýší vypařování látek. Následkem toho je pes schopen vnímat pachy pod bodem mrazu (Müller-Schwarze 2006). Struktura hrotu zevního nosu je u každého psa zcela unikátní a mohla by být použita k identifikaci psa podobně jako otisky prstů u lidí (Evans & De Lahunta 2013).

3.4.1 Zevní nos (*Nasus externus*)

Zabezpečuje transport vzduchu s pachovými molekulami do dutiny nosní. Skládá se z pevně nepohyblivé kostěné a pohyblivé chrupavčité části. Nos psa tvoří hrot nosu (*apex nasi*), hřbet nosu (*dorsum nasi*), nosní zrcátko (*planum nasale*), nozdry (*nares*) a brázdička (*philtrum*).



Obrázek č. 11: Popis zevního nosu psa (foto autora)

Nosní hrot tvoří horní část nosu, pod ním je umístěno zploštělé a neosrstěné nosní zrcátko. To je rozděleno brázdičkou na levou a pravou polovinu. Další částí zevního nosu jsou kruhové nozdry, které zajišťují vstup do dutiny nosní. Na vnějších stranách nozder jsou umístěna dobře pohyblivá nosní křídla (*ala nasi*) se žlábkem nosního křídla (*sulcus alaris*). Dorzálně od nosního hrotu se nachází nosní hřbet. Ten po stranách přechází v pravou

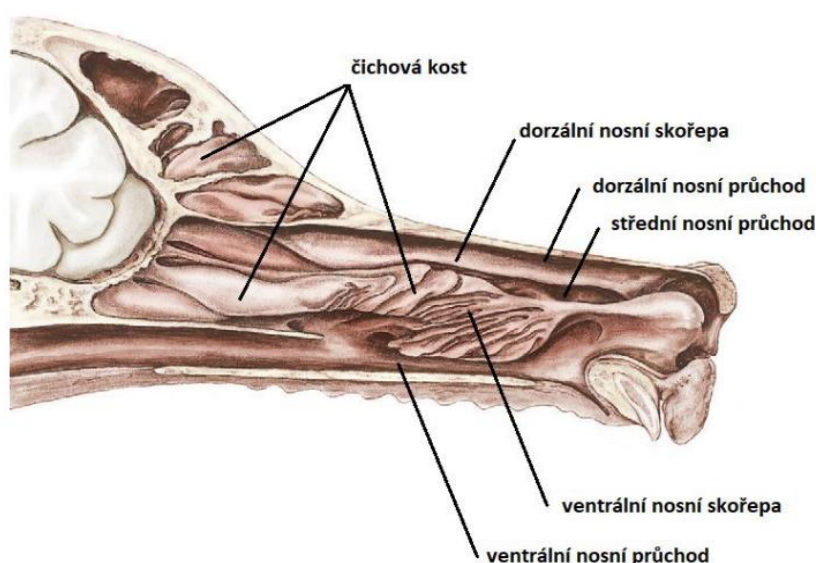
a levou nosní krajinu. Kaudálně pak přechází do čelní krajiny (Najbrt et al. 1980).

3.4.2 Nosní předsíň (*Vestibulum nasi*)

Tvoří přechod mezi nozdrami a dutinou nosní. Přední část je vystlána kůží a zadní část nosní sliznicí. Její hlavní funkcí je distribuce vdechovaného a vydechovaného proudu vzduchu (Negus 1958). Společně s ventrální skořepou dále napomáhá jeho zvlhčování, ohřívání a filtraci (Evans 1993).

3.4.3 Dutina nosní (*cavum nasi*)

Počátek nosní dutiny je tvořen nosní předsíní. Kaudálně je zakončena v základně nosu (*fundus nasi*) a kaudověntrálně přechází přes choany v nosohltan (*nasopharynx*). Je svisle rozdělena na dvě bilaterálně symetrické poloviny pomocí nosní přepážky (*septum nasi*). Každá polovina má svou dýchací i čichovou část. Dutinu nosní vyplňují skořepky (*conchae nasales*), které mají mezi sebou volné prostory nazývané nosní průchody. Skrz nosní průchody prochází vdechovaný vzduch do čichové části nosu a přes nosohltan do dalších oddílů dýchacích cest. Dle Cravena et al. (2007; 2010) jsou makrosmatictí živočichové schopni díky zduření nosního septálního tělesa umístěného na ventrální části septa v oblasti ventrální skořepky usměrnit při čichání proud vzduchu s odoranty z nosní předsíně rovnou do dorzálního průchodu a rychleji ho tak přivést k čichovým skořepkám. Při dýchání, tzn. v okamžiku, kdy není nosní septální těleso zduřené, prochází vdechovaný vzduch primárně skrz ventrální nosní průchod do ventrální skořepky. Ventrální nosní průchod (*meatus nasi ventralis*) se nachází mezi ventrální nosní skořepou a dorsální částí tvrdého patra a je částečně rozdělen bazální řasou (*plica basalis*). Kaudálně se spojuje s nosohltanovým průchodem. Dalším průchodem je střední nosní průchod (*meatus nasi medius*), který se nachází mezi dorzální a ventrální nosní skořepou.



Obrázek č. 12: Mediální řez nosní dutinou (Evans & De Lahunta 2013)

Nosní skořepy (konchy) – Jedná se o chrupavčité nebo částečně osifikované svitky lamel, pokryté nosní sliznicí. Rozdělují se na dorzální (*concha nasalis dorsalis*), střední (mediální) a ventrální (*concha nasalis ventralis*). V oblasti ventrální konchy dochází k ohřívání, zvlhčování a filtraci vdechovaného vzduchu, který se sem dostává ventrálním nosním průchodem (Evans 1993). Zadní část dutiny nosní je vyplněna čichovým labyrintem (*labyrinthus ethmoidalis*), který je kaudálně ohraničen příčně postavenou řesetnou ploténkou (*lamina cribrosa*), která odděluje dutinu nosní od dutiny lebeční a obsahuje velké množství otvorů. Tudy do mozku prochází svazky nervových vláken vycházejících z čichových buněk. Čichové buňky jsou součástí olfaktorické sliznice, která se nachází na povrchu čichového labyrintu, jehož součástí jsou tenké kostěné svitky nazývané čichové skořepky (*ethmoturbinalia*).

Vnitřek dutiny nosní je pokryt sliznicí (*tunica mucosa nasi*). Ta je tvořena čtyřmi typy epitelů, jejichž rozdělení je u většiny savců podobné. V oblasti nosní předsíně se vyskytuje dlaždicový epitel, který se v zadní části mění v přechodný epitel. Ten pokrývá i přední část ventrální skořepy. Za ním následuje víceřadý cylindrický epitel s pohyblivými řasinkami (dýchací epitel), který kaudálně přechází v čichový epitel. Podle stavby a funkce se sliznice (*tunica mucosa nasi*) rozděluje na dva typy: sliznice dýchací a sliznice čichová (Najbrt et al. 1980). Na povrchu obou typů sliznic se nachází vrstva sekretu, který zajišťuje transport tepla, zvlhčování či vysušování vzduchu a absorpci odorantů. Rovněž plní funkci ochrannou a napomáhá odstraňování vdechnutých částic.

Dýchací sliznice nacházející se v dýchací oblasti (*regio respiratoria*) lemuje většinu dutiny nosní a je bohatě prokrvená, což jí dává za klinicky běžného stavu charakteristickou světle červenou barvu. Nacházejí se v ní tuboalveolární žlázy, produkující vodnatý sekret, a pohárkové buňky, produkující hlen. Ten pokrývá povrch sliznice a zachytává nečistoty obsažené ve vdechovaném vzduchu a plní tak především ochrannou funkci dýchací soustavy. Čichová sliznice nacházející se v čichovém okrsku (*regio olfactoria*), má žlutohnědou barvu a je tvořena speciálním smyslovým (čichovým) víceřadým cylindrickým epitelem. Ve sliznici se nacházejí trubicovité (tubulózní) žlázy, které produkují sekret rozpouštějící odoranty. Smyslové buňky jsou totiž schopny zpracovat čichové podněty pouze z roztoku. V čichové sliznici se v různé hustotě nacházejí 3 typy buněk: čichové (receptorové), podpůrné (sustentakulární) a bazální (Craven et al. 2007; Najbrt et al. 1980). Nejvýznamnější jsou čichové buňky, z nichž každá je neuron, jenž má tělo, jeden dendrit a jeden dlouhý axon.

Dendrit čichové buňky vyčnívá do prostoru nad čichovou oblastí nosní sliznice ve štěrbinách mezi podpůrnými buňkami. Ty poskytují hlavní oporu pro dendritické výběžky a oddělují těla čichových buněk od prostoru dutiny nosní (Galibert et al. 2016). Cilie (*olfactory cilia*) výběžky smyslové čichové buňky vyčnívají do nosní dutiny z rozšířeného konce dendritů. Cilie jsou zanořeny do mukózy (mucus), která obsahuje proteiny navazující pachy. Při kontaktu receptorů s molekulami pachu, změní receptorová bílkovina na povrchu cílů svou konformaci (prostorové uspořádání atomů v molekulách) a tím dochází k aktivaci G-proteinu, který reaguje s vnitrobuněčnými bílkoviny. Tímto procesem se aktivují vnitrobuněčné signalizační dráhy, které ovlivňují propustnost membrány pro kationty sodíku a vápníku Na^+ a Ca^{++} . Vtok kationtů depolarizuje neuron a vyvolá akční potenciál, který je pomocí dlouhých výběžků olfaktorických neuronů-axonů (olfactory neuron axons) doveden do synaptických struktur

zvaných glomeruly (glomerulus), kde jsou signály přepojovány a částečně zpracovávány. Odtud signály pokračují dále do čichového laloku mozku umístěného ve výběžku předního mozku. Odtud je čichová informace vedena do paleocortexu, který je přes thalamus spojen s orbitofrontální oblastí mozkové kůry (Firestein 2001).

3.4.4 Vomeronazální orgán

Vomeronazální orgán (dále jen VNO), dříve nazývaný Jacobsonův, je párový orgán umístěný rostrálně na základně nosní přepážky septum nasi. Rozkládá se na úrovni třetího horního řezáku a druhého premoláru (Yilmaz et al. 2008). Jeho velikost závisí na délce nosu. Je tvořen tubulárním váčkem čichového epitelu a částečně ohraničen chrupavkou (*cartilago vomeronasalis*). VNO komunikuje jak s nosní dutinou, tak s dutinou ústní prostřednictvím řezákové papile. Na rozdíl od jiných zvířat nemají u psů mikrotubuly v řasinkách receptorových buněk radiální paprsky a nejsou schopny pohybu. Význam VNO nebyl dlouhou dobu známý. V současné době je již prokázáno, že hraje roli v sexuálním chování a rozpoznávání příbuzných jedinců pomocí feromonů (Evans & De Lahunta 2013). Rozdíl oproti hlavnímu olfaktorickému systému spočívá v tom, že primární axony z VNO nesměřují do olfaktorického kyje, ale směřují do přídatného olfaktorického kyje (Døving & Trotier 1998). Receptory VNO se všeobecně nazývají receptory feromonů vzhledem k faktu a nespočtu důkazů, že se VNO zapojuje do jejich detekce (Dulac 1997).

4 Metodika

Experiment byl prováděn ve výcvikových prostorách Velitelství ochranné služby Vojenské policie) v měsících prosinec 2022 až únor 2023.

Vzhledem k tomu, že experiment byl vždy prováděn ve vnitřních prostorech, byly tak zajištěny téměř identické podmínky, týkající se jak teploty, tak proudění vzduchu pro jednotlivá kontrolní čichání všech psů.

4.1 Testování psi

Využito bylo pět psů ve věku 4 – 13 let, plemen německý ovčák a belgický ovčák malinois (viz *Tabulka č.1*). Tito psi absolvovali základní výcvik pro psy na vyhledávání výbušnin a jsou pravidelně využíváni při služební činnosti Vojenské policie ČR (dále jen VP), rovněž byli tito psi využiti při experimentu, ve kterém byla zjišťována schopnost psů detekovat individuální cílové pachy kapalin o různé tenzi par, poté co byli naučeni detekovat jejich binární směs.

Jméno psa	Plemeno	Pohlaví	Věk
Arry	Belgický ovčák (BO)	pes	13 let
Scotty	Kříženec (NO)	pes	9 let
Tim	Kříženec (NO)	pes	8 let
Erro	Německý ovčák (NO)	pes	6 let
Ciro	Kříženec (NO)	pes	4 roky

Tabulka č.1: Seznam psů použitých při experimentu

Každý služební pes VP musí společně se svým psovodem jedenkrát ročně prokázat připravenost úspěšným absolvováním zkoušek (obhajoba kategorie), které jsou posuzovány tříčlennou komisí dle platného zkušebního řádu. Úspěšným zvládnutím obhajob kategorie získává pes oprávněnost nasazení do služební činnosti VP.

4.1.1 Metodika výcviku psů na vyhledávání výbušnin

Všichni psi, kteří se účastnili tohoto experimentu, byli vycvičeni metodou pozitivního posilování hrou, operantním podmiňováním či klasickým podmiňováním. Hru zde představuje možnost zakousnout se či pronásledovat a přinést aport (míček, pešek). Tato metoda využívá jako motivaci hru, která vychází z geneticky determinovaných vloh psa. Psi, které VP využívá na vyhledávání výbušnin musí úspěšně absolvovat výběrové řízení, při němž jsou prověřeny jak jejich povahové vlastnosti, tak i zdravotní stav.

Vzhledem k plánované výcvikové metodě, je výběrové řízení zaměřeno především na geneticky determinované vlohy (vytrvalost při vyhledávání, ochota překonávat překážky při snaze dostižení kořisti, přetahování a boj o kořist apod.). Pomyslnou kořist zde představuje zpravidla míček nebo pešek. Prověřovaný pes musí své kořistnické či lovecké dovednosti

prokázat v různých prostředích, tedy i za působení rušivých vlivů, jakými jsou např. tma, hluk a změny povrchu, na kterém se pes pohybuje. Prověřeny jsou nejen geneticky determinované vlohy např. simulovaný lov malé kořisti, ale rovněž povaha a ovladatelnost. Pes nesmí projevoval zjevné známky agresivního chování vůči lidem a jiným psům. Stejně tak i známky bázlivosti jsou důvodem k vyřazení psa z výběrového řízení. Psi, kteří úspěšně absolvují výběrové řízení, jsou zařazeni do kurzu dle stanovené odbornosti.

Výcvik psů na detekci výbušnin je rozdělen do tří fází. Těm ovšem předchází fáze přípravná, kde jsou psi cvičeni požadovaným způsobem reagovat na zájmový předmět (míček, kong, nebo jen jejich část). Vytvoření kvalitního fokusu (soustředěný pohled na zájmový předmět v požadované poloze), je stěžejní cvik, bez jehož precizního provedení se nedá pokročit k samotným fázím výcviku psů na detekci výbušnin. Řada psovodů tuto přípravnou fázi ukončí příliš brzy, což se následně projeví při první fázi výcviku na detekci výbušnin. Konkrétně pomalým přechodem psa do značení (zaujetí požadované polohy), nebo neklidem při značení (změna polohy, otáčení se za psovodem, či dokonce odejití od nalezeného vzorku). V této přípravné fázi se rovněž psi seznamují s vyhledáváním v různém prostředí, které je pro psy mnohdy velmi rušivým až stresujícím elementem. Psy tak získají nenahraditelné zkušenosti, které následně využijí v druhé fázi výcviku psů na detekci výbušnin.

Samotnou první fází výcviku psů na detekci je, vtiskávání pachů výbušnin. Pes je cvičen tak, aby reagoval požadovaným způsobem na vybrané cílové pachy. V této fázi výcviku je důležitá vysoká frekvence expozice psa s pachem výbuštiny a následná odměna. Tu pes dostává na základě akustického signálu (klikru) či povelu psovoda v okamžiku, kdy je pes v kontaktu s cílovým pachem. Později je pes odměňován až po zaujetí požadované pozice značení. Psi na detekci výbušnin musí značit pasivním způsobem, což znamená sednutím, lehnutím či vystavením. V žádném případě se pes nesmí aktivně dostávat k cílovému pachu.

Následuje vyhledávání cílových pachů výbušnin v prostředí. V této velmi náročné fázi výcviku je pes často vystaven velmi složitému a pro psy stresujícím prostředí. Od psů je vyžadováno, aby se přesto dokázali plně soustředit na detekci cílového pachu, aby se pohybovali v takovém prostředí sebejistě a nedocházelo tak k ovlivnění jejich reakcí na cílový pach. Projevy nejistoty se dají za pomoci opakované expozice takového prostředí a současného pozitivního posílení částečně či úplně eliminovat. Přesto však pes nebývá schopen podat zcela optimální výkon (Pinc 2014).

Rozlišování cílových pachů od rušivého pozadí. Tato fáze výcviku se může překrývat již s fází vtiskávání cílových pachů, kdy je pes od počátku cvičen nereagovat na tzv. klamné vzorky. Tím je nucen správně diferenciovat cílový pach od rušivých pachů prostředí. Zdrojem klamných nebo rušivých pachů bývají velice často lidé. Při výcviku se téměř nelze vyhnout kontaminaci cílového pachu vzorku lidským pachem. Přestože pomocníci při zakládání (ukrývání) vzorku používají pinzety či rukavice, vlivem zdržení se na místě ukrývání vzorku zanechají silné ložisko lidského pachu, což může pro psa posloužit jako nechtěné vodítko. Dalšími zdroji rušivých pachů mohou být chemikálie, jiná zvířata či potraviny.

4.2 Pomůcky pro testování

K realizaci experimentu bylo potřeba těchto pomůcek:

- ternární směs (černý prach, výrobce Explosia a.s.),
- dusičnan draselný (dodaný od Explosia a.s.),
- dřevěné uhlí (dodané od Explosia a.s.),
- síra (dodaná od Explosia a.s.),
- digitální váha,
- jednorázové lžičky,
- sklenice o obsahu 0,75 l s děrovaným víčkem,
- sniffer (malá plechovka s děrovaným víčkem),
- stojany na sklenice.

Cílové pachy:

- ternární směs (černý prach Vesuvit TN výrobce Explosia a.s.),
- dusičnan draselný (dodaný od Explosia a.s.),
- dřevěné uhlí (dodané od Explosia a.s.),
- síra (dodaná od Explosia a.s.).

Jako klamné vzorky byly použity tyto látky od firmy Alfa Aesar:

- Acetanilide 99%,
- Casein, pure,
- Sym – Diphenycarbazide 98%,
- 1,10-Phenanthroline monohydrate,
- Riboflavin 98% (Riboflavin),
- Potassium hydrogen L – tartrate 98+% (hydrogenuhlíčan draselný),
- Potassium L-tartrate hemihydrate 99% (hemihydrát vinanu draselného),
- Starch, modified, insolubles (modifikovaný škrob).

4.2.1 Černý prach Vesuvit TN

Použití:

VESUVIT TN je homogenní směs dusičnanu draselného, síry a dřevěného uhlí. Jedná se o sypkou zrnitou látku šedočerné barvy s pololesklým povrchem. Černý prach trhací Vesuvit TN se smí používat na povrchu při trhacích pracích v nevýbušném prostředí za podmínek stanovených předpisy báňského úřadu. Dodávaný a používaný Vesuvit TN musí mít vlastnosti uvedené v podnikové normě TDV 445/19 a v certifikátu ES o přezkoušení typu č. 1019 - 092/V/2004. Používá se v náložkách připravovaných na místě spotřeby nebo jako volně sypaný. Nesmí se používat v materiálech, kde by jeho použití mohlo způsobit jejich požár nebo výbuch.

Iniciace a nabíjení:

Ke spolehlivé iniciaci Vesuvitu TN se používá rozněcovadlo s iniciační schopností ne menší, než má standardní referenční rozbuška REF.DET 3 ve smyslu ČSN EN 13763-15. Při nabíjení Vesuvitu TN je třeba dbát zvláštní opatrnosti. Převážně se nabíjí do vývrtů, spár a trhlin ve formě náložek, které střelmistr připraví do papírového obalu. Při nabíjení do vývrtů se náložky Vesuvitu TN nesmí pěchovat, je povoleno pouze jejich nenásilné zasunutí a přitlačení, aniž se poškodí obal náložky. Při nabíjení do vývrtů, spár a trhlin, pokud do nich padá vlastní vahou, musí se sypat za pomoci násypky z nejiskřivého materiálu, jejíž trubice dosahuje až na dno nabíjeného prostoru. S nabíjecí násypkou se musí zacházet opatrně, nesmí být vystavena nárazům, nesmí se natřásat a nesmí se prudce posunovat. Vesuvit TN musí do násypky volně klouzat a nesmí se shrnovat ani dřevěným nabíjákem. Před nabíjením Vesuvitu TN se musí z blízkosti nabíjeného prostoru odstranit všechny předměty, které by mohly vyvolat jiskru. Pokud ve vývrtu zůstaly úlomky vrtáku, které se nedaly před nabíjením z vývrtu odstranit musí se ještě před nabíjením pokrýt ucpávkou délky nejméně 10 cm a teprve potom je možno do vývrtu Vesuvit TN nabíjet. Nálož Vesuvitu TN se může utěšňovat ucpávkou jen ručně nabíjákem. Pneumatické nabíjení Vesuvitu TN je zakázáno!

Skladování a doprava:

Spotřební i záruční doba prachu je 3 roky od data výroby za předpokladu, že je skladován v neporušených originálních obalech při teplotě nepřesahující + 30°C v prostředí relativní vlhkosti v rozmezí 20 - 80 %. Pro účely skladování je Vesuvit TN zařazen podle Vyhlášky ČBÚ č. 99/1995 Sb., ve znění pozdějších předpisů, jako výbušina třídy a skupiny nebezpečí A III poř. č. 7. Přepavní (expediční) obaly musí být opatřeny údaji, předepsanými ČSN 66 8011 a nařízením CLP. Kromě toho musí být trhavina označena identifikátorem sledovatelnosti v souladu se zákonem č. 83/2013 Sb. Vesuvit TN se pro účely veřejné železniční a silniční dopravy zařazuje podle RID a ADR do třídy 1; UN 0027 PRACH ČERNÝ, zrnitý nebo moučkový, 1.1D (Dudek 2019).

Znak kvality	Měrná jednotka	Hodnota
Výbuchové charakteristiky stanovené výpočtem:		
Měrný objem zplodin výbuchu	dm ³ .kg ⁻¹	280
Výbuchová teplota	°C	2250
Výbuchové teplo	kJ.kg	3057
Teplota vzduchu, min	°C	185
Sypná hmotnost, min.	g.cm ⁻³	0,9
Citlivost k nárazu kladivem, min.	J	10
Wagnerova zkouška	min. rov. úhlu	1620± 540
Hustota, min.	g.cm ⁻³	1,7
Vlhkost, max.	%	1,0

Tabulka č.2: Základní technické požadavky podle TDV 445/19

4.3 Průběh experimentu

4.3.1 Příprava experimentu

Před každým kontrolním pokusem bylo připraveno pracoviště tak, aby neobsahovalo žádné nežádoucí předměty. Následně byly do připraveného prostoru umístěny stojany, do kterých byly umístěny sklenice se sniffery (viz obrázky 13,14,15,16), které obsahovaly jak cílové pachy, tak klamné vzorky.



Obrázek č. 13: Vzorek černého prachu (foto autora)



Obrázek č. 14: Vzorek dusičnanu draselného (foto autora)



Obrázek č. 15: Vzorek síry (foto autora)



Obrázek č. 16: Vzorek dřevěného uhlí (foto autora)

K samotnému experimentu byla použita ternární směs (černý prach) uložená ve skleněné uzavřené nádobě, dále vzorek dusičnanu draselného, síry a dřevěného uhlí, rovněž uložené ve skleněných uzavřených nádobách, aby nedocházelo ke kontaminaci nežádoucími odoranty. Pro jednotlivá kontrolní a testovací čichání byl vždy vzorek černého prachu či komponenty umístěn do snifferu a následně do sklenice s děrovaným víčkem, která byla vložena do stojanu.

4.3.2 Experiment

V první fázi experimentu bylo provedeno kontrolní čichání vzorku černého prachu, aby bylo ověřeno, zda jsou psi skutečně schopni diferenciovat a následně detekovat jeho pach. Vzorek černého prachu byl umístěn ve snifferu (malá plechovka s děrovaným víčkem). Následně do sklenice s děrovaným víčkem, která byla vložena do stojanu a umístěn mezi

dalších šest sklenic obsahujících různé klamné vzorky (léčiva, drogerie, osobní věci psůvů atd.) do stojanů vyrobených z PVC odpadních trubek umístěných na dřevěném podstavci. Psi prohledávali jednotlivé stojany tak, že před každým novým pokusem bylo pozměněno jejich pořadí z důvodu zamezení nežádoucího dynamického stereotypu. Psůvodi nebyli o pozici vzorku předem informováni, aby nemohlo dojít k nežádoucímu ovlivnění psa. Experiment byl prováděn metodou double blind, tzn. v místnosti, kde probíhalo vyhledávání, nebyl přítomen nikdo, kdo by věděl o pozici, na které byla uložena sklenice se snifferem obsahujícím vzorek s cílovým pachem. Bylo provedeno celkem deset opakování u každého psa. Při každém opakování byl do řady přidán nový klamný vzorek, se kterým pes nebyl ještě seznámen. Tím bylo prověřováno, zda nemají psi tendenci značit nové a neznámé pachy, čímž by mohl být výsledek testu ovlivněn nežádoucími způsoby.

Ve druhé fázi experimentu byl do stojanu mezi klamné vzorky umístěn vzorek dusičnanu draselného, síry či dřevěného uhlí. Každý pes provedl v průběhu jednoho dne maximálně tři kontrolní čichání, a to jedenkrát každou komponentu. Protože ani při značení nebyl pes odměňován, neprovádělo se více čichání za den, aby nedocházelo k falešným značením z důvodu přílišného vydráždění, tzv. přemotivování psů. Celkem bylo provedeno pět kontrolních čichání na každou látku, takže patnáct na jednoho psa.



Obrázek č. 17: Grafické znázornění průběhu kontrolního čichání

5 Výsledky

Obě fáze experimentu probíhaly ve vnitřních prostorech, které se využívají při výcviku služebních psů VP na speciální pachové práce. Tím byl eliminován jakýkoliv nežádoucí vliv prostředí, jelikož všichni zúčastnění psi, v těchto prostorech již výcvik v rámci pachových prací absolvovali. Testovací čichání bylo prováděno v průběhu měsíců prosinec 2022 až únor 2023 za téměř identických tepelných a povětrnostních podmínek. Při zakládání byly použity rovněž klamné vzorky, které ani jednou nezaznačil žádný z pěti psů.

V první fázi testování všech pět psů bezpečně zaznačilo v každém z deseti pokusů ternární směs (černý prach) pasivním způsobem, který se u psů na vyhledávání výbušnin vyžaduje (viz *Tabulka č. 3*). Žádný pes nereagoval na klamné vzorky, které představovaly chemické látky. Každý pes v průběhu testovacích čichání pracoval jak na vodítku, tak na volno, přičemž psovodi dodržovali standardní postup, který se aplikuje jak v praxi, tak při výcviku. Při správném označení sklenice s cílovým pachem ternární směsi byl pes po vydání signálu experimentátora psovodem odměněn. Tento průběh je zcela shodný se standardním výcvikem služebních psů na vyhledávání výbušnin.

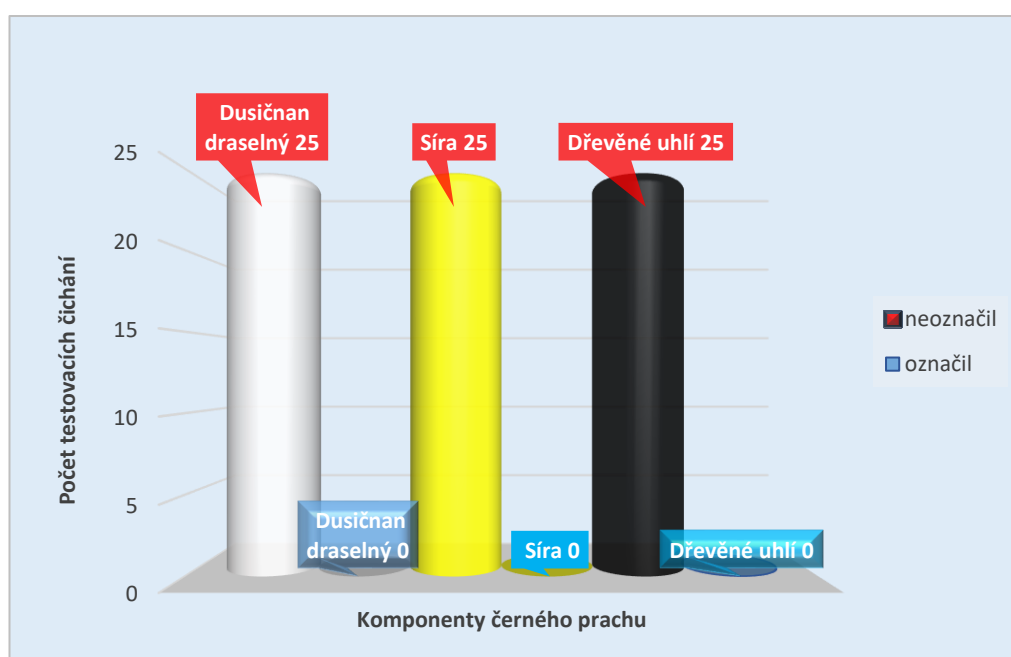
Na základě těchto poznatků se pokračovalo do druhé fáze experimentu. V následujících testovacích čicháních byla v řadě sedmi stojanů vždy umístěna jedna z komponent černého prachu dusičnan draselný, dřevěné uhlí nebo síra. Mezi jednotlivými testovacími dny probíhalo opakované čichání ternární směsi (černého prachu) s variabilním scénářem odměňování. Každý z pěti psů provedl pět testovacích čichání s každou komponentou. Celkově dvacet pět testovacích čichání každé komponenty. Ani jednou však nebyla zaznačena žádná ze tří komponent černého prachu ani sklenice s klamnými vzorky. Při testovacích čichání psi neprojevíli žádný zvýšený zájem o sklenice, ve kterých byly umístěny vzorky komponent černého prachu (viz *Tabulka č. 4*).

Pes	Ternární směs (černý prach)			
	Počet čichání	Označil	Neoznačil	Falešné značení
Erro	10	10	0	0
Ciro	10	10	0	0
Array	10	10	0	0
Scotty	10	10	0	0
Tim	10	10	0	0
Celkem	50	50	0	0

Tabulka č. 3: Výsledky kontrolního čichání černého prachu

Jméno psa	Počet pokusů	Dusičnan draselný		Dřevěné uhlí		Síra	
		Označil	Neoznačil	Označil	Neoznačil	Označil	Neoznačil
Scotty	15	0	5	0	5	0	5
Arry	15	0	5	0	5	0	5
Tim	15	0	5	0	5	0	5
Ciro	15	0	5	0	5	0	5
Erro	15	0	5	0	5	0	5
Celkem	75	0	25	0	25	0	25

Tabulka č. 4: Výsledky testovacích čichání komponent černého prachu



Graf č. 1: Výsledky kontrolních čichání komponent ternární směsi (černého prachu)

5.1 Statistické výsledky

Statistické vyhodnocení bylo vzhledem k zcela uniformnímu výsledku provedeno za pomoci Sign Testu.

H_0 : Psi, kteří spolehlivě detekují ternární směs pachů, budou schopni detekovat jednotlivé komponenty této směsi, pokud jim budou založeny samostatně v řadě klamných vzorků.

H_1 : Psi, kteří spolehlivě detekují ternární směs pachů, nebudou schopni detekovat jednotlivé komponenty této směsi, pokud jim budou založeny samostatně v řadě klamných vzorků.

6 Diskuze

První fáze experimentu měla být pro služební psy pouhou formalitou, jelikož černý prach je součástí portfolia látek, které mají služební psi VP, stejně jako služební psi jiných ozbrojených složek navtiskané a běžně se s ním setkávají při výcviku. Přesto bylo zapotřebí několik cvičných čichání, aby psi opravdu spolehlivě detekovali černý prach, který byl použitý při tomto experimentu. Získán byl od firmy (Explosie, a.s.). Od stejné firmy jsou i vzorky výbušnin, na kterých jsou služební psi VP běžně cvičeni. Již na první pohled se však od černého prachu, který mají služební psi součástí svého portfolia lišil svou zrnitostí (viz *Obrázek č. 18* (testovací černý prach TN) a *Obrázek č. 19* (vzorek černého prachu běžně používaný při výcviku psů).



Obrázek č. 18: Černý prach TN (foto autora)



Obrázek č. 19: Černý prach TN (foto autora)

Při výcviku psů na detekci výbušnin dochází naprosto běžně ke spolupráci mezi psovody různých ozbrojených složek (Policie ČR, Vězeňská služba, VP SR) a to zcela záměrně, právě z důvodu seznamování psů stále s jinými vzorky látek, které mají již navtiskané a tím předcházet tomu, aby psi detekovali jen přesně ten černý prach či jinou výbušninu, na které standardně cvičí a které jim byly navtiskány. Touto problematikou se zabývalo již několik experimentů a bylo potvrzeno, že v případě navtiskání čisté cílové látky bez následného výcviku navtiskané látky ve směsi či jiné šarži, od jiného výrobce, v různém obalovém materiálu atd. výrazně snižuje úspěšnost detekčních psů (Lazarowski & Dorman 2014, Fletcher 2011). Z tohoto důvodu se nepředpokládalo, že by psi tento černý prach nedetekovali.

Stejně tak černý prach neobsahuje žádné změkčovadla, rozpouštědla či stabilizátory, které by mohly hrát významnou roli při volbě pachové signatury. Mají totiž obvykle výrazně větší tenzi par, a proto mají detekční psi tendenci vybírat si tyto látky jako pachovou signaturu (Mörén Let al. 2022). Tenzi par však nelze brát jako jediné kritérium, kterým se detekční psi řídí při volbě pachové signatury, což bylo vysvětleno v bakalářské práci Pavla Kulihy (2021). Jediné, v čem se jednotlivé vzorky mohou lišit, je poměr třech komponent, ze kterých je černý prach vyroben a jeho zrnitost.

Tento experiment jednoznačně prokázal, že psi černý prach detekují jako směs čili synteticky. Právě to může částečně vysvětlovat, proč měli všichni psi v první fázi potřebu tréninku s testovacím vzorkem černého prachu. V případě, že je v pachové směsi změněn poměr vstupních komponent, je tím následně ovlivněn výsledný pach celé směsi a v případě že detekční psi vyhodnocují danou směs synteticky (jako se prokázalo v tomto experimentu), dochází ke změně pachové signatury na základě, které psi detekují tuto pachovou směs. Výsledný pach může být však ovlivněn i jiným způsobem. Konkrétně u černého prachu může

být použito několik druhů dřevin k výrobě dřevěného uhlí a tím následně změněn výsledný pach daného černého prachu. Psi přesto výbušinu (pachovou směs) mohou detekovat, a to v případě, že jsou při výcviku dané výbušiny vedeni ke generalizaci. Pokud by ovšem byl výcvik ohledně generalizace a následného zobecnění prováděn s až příliš velkou odchylkou mohl by vést k zvýšenému počtu nežádoucích značení u detekčních psů (Moser et al. 2019). V opačném případě, kdy takový to výcvik není prováděn vůbec, je velice pravděpodobné, že tuto výbušinu detekovat nebudou (Lazarowski & Dorman 2014). Jak bylo již zmíněno, psi mají černý prach ve svém portfoliu látek, které jsou schopni detekovat. Nejednalo se tak v pravém slova smyslu o navtiskávání nové látky. Z tohoto důvodu nebylo ani bráno v potaz, že by psi mohli mít tzv. plnou kapacitu pachové paměti, tj., že by nebyli schopni naučit se detekovat další pachovou směs z důvodu velkého množství již naučených. Psi VP mají ve svém portfoliu přibližně třicet látek, které jsou schopni detekovat. Je však prokázáno, že tento počet nikterak neovlivňuje schopnost psů učit se detekovat další pachové směsi (Waggoner et al. 2022).

Důvodem proč psi při tomto experimentu nejevili o komponenty černého prachu sebemenší zájem a přecházeli je stejně jako klamné vzorky, může být relativně častý výskyt samostatných komponent černého prachu v běžném prostředí a tím u psů vytvořená diskriminace na tyto jednotlivé komponenty, jako na látky nežádoucí detekovat (Hall et al. 2016). Set at se s dřevěným uhlím v případě prohledávání at' již vnitřních či venkovních prostor není vůbec nereálné. O dusičnanu draselném neboli ledku ani nemluvě. Jelikož se využívá jako dusíkaté hnojivo, má ho ve svém zahradním domku, dílně či garáži téměř každý majitel rodinného domu. V potravinářství je ukryt pod kódem E252 a řadí se mezi konzervanty. Využívá se při výrobě masných a rybích výrobků tak též sýrů (National Center for Biotechnology Information 2004). Síra se v chemickém průmyslu používá především pro vulkanizaci kaučuku. Množství síry přidané do směsi pak určuje tvrdost získaného produktu. Dále je elementární síra základní surovinou pro výrobu kyseliny sírové. V neposlední řadě je významnou složkou různých fungicidů, tedy prostředků působících proti růstu hub a plísní. Síření sklepů i sudů pro uchovávání vína či piva efektivně brání množení nežádoucích plísní a mikroorganismů (National Center for Biotechnology Information 2004). Poslední komponentou, která není ani součástí směsi černého prachu (z tohoto důvodu nebyla tato komponenta zahrnuta jako testovací), ale samotný černý prach, respektive jednotlivá zrna jsou jím v samotném závěru své výroby potažena, je grafit. Ten se nachází opravdu téměř všude okolo nás v podobě tuh v obyčejných rýsovacích tužkách, která je tvořena směsí grafitu a jílovitých materiálů. Tzv. uhlíky jsou součástí mechanických komutátorů v elektromotorech. Grafit je také součástí suchých i olejových maziv. Po výčtu jen těchto několika produktů, ve kterých se jednotlivé komponenty černého prachu vyskytují, je více než zjevné, že v případě této výbušiny je opravdu více než žádoucí, aby byla detekčními psy vyhodnocována jako směs (synteticky).

7 Závěr

Cílem tohoto experimentu bylo potvrdit nebo vyvrátit stanovenou hypotézu. Psi, kteří spolehlivě detekují ternární směs pachů, nebudou schopni detekovat jednotlivé komponenty této směsi, pokud jim budou založeny samostatně v řadě klamných vzorků.

Vzhledem k naprosto jednoznačným výsledkům tohoto experimentu, byla hypotéza potvrzena. Zároveň se prokázalo, že u pachových směsí, které detekční psi vyhodnocují synteticky, může i pouhá změna poměru komponent tvořící pachovou směs činit detekčním psům zásadní problém při její detekci. Nemusí se však jednat ani o změnu poměru komponent, ale např. o pouhou změnu druhu vstupních komponent. V našem experimentu se mohlo jednat především o zdroj, ze kterého bylo následně vyrobeno dřevěné uhlí. Jak bylo již zmíněno, dřevěné uhlí určené pro výrobu černého prachu se vyrábí z několika druhů dřevin. Z tohoto důvodu by se měl klást větší důraz na zjištění, jakým způsobem pes danou pachovou směs (výbušinu, návykovou látku atd.) detekuje a na základě těchto informací vést samotný výcvik na detekci dané pachové směsi. V případě, že psi budou pachovou směs vyhodnocovat analyticky, je žádoucí na počátku výcviku vtiskávání cílového pachu použít absolutně čistou chemickou látku a tu ustanovit pro psa pachovou signaturu. Jen to může zaručit, že se psi naučí detekovat skutečný cílový pach, který požadujeme. Až v další fázi výcviku dochází k rozšíření generalizačního gradientu tím, že učíme psy detekovat již naučený čistý cílový pach v nejrůznějších kombinacích a poměrech s jinými látkami, v odlišných obalových materiálech nebo od různých výrobců. Naopak v případě že, psi detekují danou pachovou směs synteticky, je potřeba od počátku výcviku pracovat s celou pachovou směsí a učit psy zobecnění na možné odchylky v poměru daných komponent, nebo v nepatrných rozdílech celkového pachu směsi způsobeného použitím vstupních komponent např. od různých výrobců, z odlišných míst výskytu atd. To v praxi zaručuje několikanásobně větší pravděpodobnost požadované reakce detekčního psa. Jak prokázal tento experiment, je naprosto zásadní zvolit při výcviku detekčních psů správnou metodiku výcviku. Ta se může u různých pachových směsí lišit přesto, že budeme pracovat jen s jednou problematikou např. výbušinami nebo návykovými látkami. Dále z výsledků vyplývá, že u některých pachových směsí nebude možné provádět výcvik jen na základě navtiskání určité komponenty ze směsi, neboť pachovou signaturou je celá pachová směs, a nikoliv některá z komponent, které směs tvoří. Pro získání dalších relevantních poznatků bych doporučil navázat na tento experiment a otestovat, zda psi budou detekovat binární směs tvořenou smícháním dvou komponent černého prachu (dusičnan draselný + síra, dusičnan draselný + dřevěné uhlí, síra + dřevěné uhlí) V případě, že by psi nebyli schopni detekovat ani jednu z těchto binárních směsí, zůstala by jedinou možností výcviku psů na detekci výbušin výcvik s černým prachem, což bohužel klade výrazně větší nároky na bezpečnost při provádění samotného výcviku.

8 Literatura

Adebimpe DO. 2013. *U.S. Patent No. 8,444,881*. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.

APA 2017. American pyrotechnics association. Accessed May 6, 2017. www.americanpyro.com

Araneda RC, Peterlin Z, Zhang X, Chesler A, Firestein S. 2004. A pharmacological profile of the aldehyde receptor repertoire in rat olfactory epithelium. *The Journal of physiology* 555 (Pt 3): 743-756

Aungst JL, Heyward PM, Puche AC, Karnup SV, Hayar A, Szabo G, Shipley MT. 2003. Centre-surround inhibition among olfactory bulb glomeruli. *Nature* 426(6967): 623-629.

Bacon R. 1928. *Opus majus. Vol. 1*.

Barrios AW, Sãınchez-Quinteiro P, Salazar I. 2014. Dog and mouse: toward a balanced view of the mammalian olfactory system. *Frontiers in Neuroanatomy*. 8: 106.

Berglund B, Berglund U, Lindvall T. 1976. Psychological processing of odor mixtures. *Psychological Review*. 83(6):432-441.

Bourne W. *Inuentions or deuises Very necessary for all generalles and captaines, or leaders of men, as wel be sea as by land*. At London : Printed [by T. Orwin] for Thomas VWoodcock dwelling in Paules Churchyard, at the signe of the black Beare, [1590?].

Bräuer J & Blasi D. 2021. Dogs display owner-specific expectations based on olfaction. *Sci. Rep.* 11, 1–10

Brewer W, Castle D, Pantelis C. 2006. *Olfaction and the brain*. Cambridge University Press, Cambridge.

Broca MP. 1879 Recherches sur les centres olfactifs. *Revue D'Anthropologie* 2, 385.

Capt. Navez. 1857. *L'Application de l'Electricite a la Mesure de la Vitesse des Projectiles*; Paris.

Conkling JA & Mocella CJ. 2018. Chemistry of Pyrotechnics: Basic Principles and Theory (3rd ed.). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9780429262135>

Craven BA, Neuberger T, Paterson EG, Webb AG, Josephson EM, Morrison EE, Settles GS. 2007. Reconstruction and Morphometric Analysis of the Nasal Airway of the Dog (*Canis familiaris*) and Implications Regarding Olfactory Airflow. *Anatomical Record: Advances in Integrative Anatomy*. 290(11): 1325-1340.

Craven BA, Paterson EG, Settles GS. 2010. The fluid dynamics of canine olfaction: unique nasal airflow patterns as an explanation of macrosmia. *Journal of the royal society interface*. 7(47):933-943.

Crawford JR, Eugene G. 1962. Mechanical aspects of panting in dogs. *Journal of Applied Physiology*. 17(2):249-251.

Cundall RB, Frank Palmer T, Wood CEC. 1978. Vapour pressure measurements on some organic high explosives. *Journal of the Chemical Society, Faraday Transactions 1: Physical Chemistry in Condensed Phases*. 74:1339-1345

Davis TL. 1941. *The Chemistry of Powder and Explosives*. New York: John Wiley & Sons, Inc

Degreeff LE, Cerreta MM, Katilie CJ. 2017. Variation in the headspace of bulk hexamethylene triperoxide diamine (HMTD) with time, environment, and formulation. *Forensic Chemistry*. 4: 41 - 50.

Døving KB, Trotier D. 1998. Structure and function of the vomeronasal organ. *The Journal of experimental biology*. 201(Pt 21):2913-2925.

Dudek K. 2019. Návod k používání černého prachu trhacího Vesuvit TN. *Explosia.cz*. Pardubice.

Dostupné z: https://explosia.cz/app/uploads/2020/06/Navod_Vesuvit-TN_2019-10-07.pdf

Dulac C. 1997. Molecular biology of pheromone perception in mammals. *Seminars in Cell and Developmental Biology*. 8(2):197-2051.

du Me M. 1702, *Machienes approuvee acad. roy. sci. Paris*, 2, 29.

Engeman RM, Vice DS, Rodriguez DV, Gruver KS, Santos WS, & Pitzler ME. 1998. Effectiveness of the detector dogs used for deterring the dispersal of brown tree snakes. *Pacific Conservation Biology*, 4(3), 256-260.

- Ensminger JJ. 2012. Police and military dogs: criminal detection, forensic evidence, and judicial admissibility. Routledge, New York.
- Evans HE. 1993. The Respiratory System. Pages 463-472. in: Evans HE, editor. Miller's anatomy of the dog. Saunders Company, New York.
- Evans HE & De Lahunta A. 2013. Miller's Anatomy of the Dog, 4th Edition. Page Miller's Anatomy of the Dog. Fourth Edition. Elsevier Saunders, St. Louis, Missouri.
- Fletcher ML. 2011. Analytical Processing of Binary Mixture Information by Olfactory Bulb Glomeruli. PLoS ONE. 6(12):03.
- Firestein S. 2001. How the olfactory system makes sense of scents. Nature. vol. 413. 211-218.
- Frumin I, Sobel N, Gilad.Y. 2014. Does a unique olfactory genome imply a unique olfactory world? *Nature Neuroscience*. 17(1): 6 - 8
- Furttentbach, J. Halinitro-Pyrobolia: Beschreibung Einer neuen Büchsenmeisterey, nemlichen: Gründlicher Bericht, wie der Salpeter, Schwefel, Kohlen, vnnnd das Pulfer zu praepariren, zu probieren, auch langwirrig gut zu behalten... Saur.
- Furton KG, Hsu Ya-Li, Luo Tien-Ying, Alvarez N, Lagos P, Hicks J, De Forest PR, Baylor VM. 1997. Novel sample preparation methods and field testing procedures used to determine the chemical basis of cocaine detection by canines. 2(10):56-62.
- Galibert F, Azzouzi N, Quignon P, Chaudieu G. 2016. The genetics of canine olfaction. Journal of veterinary behavior-clinical applications and research. 16:86-93.
- Guttman O. 1895. *The Manufacture of Explosives: A Theoretical and Practical Treatise on the History, the Physical and Chemical Properties, and the Manufacture of Explosives* (Vol. 2). Whittaker and Company.
- Hall BS. 1997. *Weapons and warfare in renaissance Europe: gunpowder, technology, and tactics* (No. 22). JHU Press.
- Hall NJ, Collada A, Smith DW, Wynne CD. 2016. Performance of domestic dogs on an olfactory discrimination of a homologous series of alcohols. *Applied Animal Behaviour Science*, 178, 1-6.

Hall NJ, Wynne CDL. 2018. Odor mixture training enhances dogs' olfactory detection of home-made explosive precursors. *Heliyon*. 4:1–16. doi: 10.1016/j.heliyon.2018.e00947

Harper RJ, Almirall JR, Furton KG. 2005. Identification of dominant odor chemicals emanating from explosives for use in developing optimal training aid combinations and mimics for canine detection. *Talanta*. 67(2):313-327.

Holmes RCL. 2021. Gunpowder Weapons in Medieval Europe. HistoryNet Retrieved from <https://www.historynet.com/gunpowder-weapons-medieval-europe/>. The advent of gunpowder weapons in 14th century Europe prompted medieval commanders to conceive new tactics and adjust existing ones

Horning A. 2009. Gunpowder, Explosives and The State: a Technological History. Vol. 43. pp. 436 – 448

Horowitz A. 2014. Domestic dog cognition and behavior. *The scientific study of Canis familiaris*, 532.

Hutton C. 1778. III. The force of gun-powder, and the initial velocities of cannon balls, determined by experiments; from which is also deduced the relation of the initial velocity to the weight of the shot and the quantity of powder. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, (68), 50-85.

Jenkins EK, DeChant MT, Perry EB. 2018. When the Nose Doesn't Know: Canine Olfactory Function Associated with Health, Management, and Potential Links to Microbiota. *Front. Veter. Sci.* 5, 56

Jinks A, Laing DG. 1999. A limit in the processing of components in odour mixtures. *Perception*. 28(3):395-404.

Johnson W. 1990. TJ Rodman: Mid-19th century gun barrel research and design for the US Army. *International journal of impact engineering*, 9(1), 127-159.

Kay LM, Crk T, Thorngate J. 2005. A Redefinition of Odor Mixture Quality. *Behavioral Neuroscience*. 119(3):726-733.

Kempers RTW. 2003 *Eprouvettes: A Comprehensive Study of Early Devices for the Testing of Gunpowder*. Royal Armouries. ISBN 9780948092275.

Kokocińska-Kusiak A, Woszczyło M, Zybala M, Maciocha J, Barłowska K, Dzieciół M. 2021. Canine Olfaction: Physiology, Behavior, and Possibilities for Practical Applications. *Animals*. 11(8):2463. <https://doi.org/10.3390/ani11082463>

Kosanke, K. L., & Kosanke, B. J. 1996 Study of the Effect of Ignition Stimulus on Aerial Shell Lift Performance. Proceedings of the 3rd International Symposium on Fireworks.

Kramer GW. 1995. *Berthold Schwarz: Chemie und Waffentechnik im 15. 10.* Oldenbourg, 283s. ISBN 9783486262353.

Dostupné také z: <https://books.google.cz/books?id=X2DfAAAAMAAJ>

Kuliha P. 2021. Schopnost psů detekovat individuální cílové pachy kapalin o různé tenzi par, poté co byli naučeni detekovat jejich binární směs [bakalářská práce]. Česká zemědělská univerzita, Praha.

Laing DG, Francis GW. 1989. The capacity of humans to identify odors in mixtures. *Physiology*. 46(5):809-814.

Laska M & Hudson R. 1993. Discriminating parts from the whole: determinants of odor mixture perception in squirrel monkeys, *Saimiri sciureus*. *Journal of Comparative Physiology A: Sensory, Neural and Behavioral Physiology*. 173(2):249-256

Laska M, Seibt A, Weber A. 2000. 'Microsmatic' primates revisited: olfactory sensitivity in the squirrel monkey. *Chemical senses*. 25(1):47-53.

Laska M, Hofmann M, Simon Y. 2003 Olfactory sensitivity for aliphatic aldehydes in squirrel monkeys and pigtail macaques. *Journal of Comparative Physiology A: Sensory, Neural and Behavioral Physiology*. 189(4):263–271.

Lawson, M. J., Craven, B. A., Paterson, E. G., & Settles, G. S. (2012). A computational study of odorant transport and deposition in the canine nasal cavity: implications for olfaction. *Chemical senses*, 37(6), 553-566.

Lazarowski L, Dorman DC. 2014. Explosives detection by military working dogs: Olfactory generalization from components to mixtures. *Applied Animal Behaviour Science*. 151:84-93.

Lichtenwalter G. 1995. "Pyro Golf", *Pyrotechnics Guild International Bulletin*, No. 96, p 31.

Martinez-Marcos, A. 2009. On the organization of olfactory and vomeronasal cortices. *Progress in Neurobiology*. 87(1):21-30.

McLachlan S. 2011. *Medieval handgonnes: the first black powder infantry weapons*. Bloomsbury Publishing

McGann JP. 2017. Poor human olfaction is a 19th-century myth. *Science*, 356(6338), eaam7263.

Meyer R, Köhler J & Homburg A. 2016. *Explosives*. John Wiley & Sons.

Moore DS. 2004. Instrumentation for trace detection of high explosives. *Review of Scientific Instruments*. 75(8):2499-2512.

Mörén L, Bergström F, Brantlind M, Wingfors H. 2022. Rapid changes in profiles from stored materials used in scent training of explosive detection dogs. *Science & Justice*, 62(5), 657-665.

Moser AY, Lewis B, Brown WY. 2019. Olfactory Generalization in Detector Dogs. *Animals*. 9(9):702-702

Muller HG. 1973. "A Brief History of Powder Testers", Arms and Armor Annual

Müller-Schwarze D. 2006. Chemical Ecology of Vertebrates. Cambridge University Press, Cambridge.

Najbrt R, Červený Č, Kaman J, Mikyska E, Štarha O, Štěrbá O. 1980. *Veterinární anatomie 1*. Státní zemědělské nakladatelství. Praha. 524 s.

National Center for Biotechnology Information 2004. PubChem Compound Summary for CID 24434, Available from <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Potassium-Nitrate>. (Accessed February, 2023).

National Center for Biotechnology Information 2004. PubChem Compound Summary for CID 5362487, Available from <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Sulfur>. (Accessed February 2023).

Needham J. 1983. *Science and Civilisation in China: Volume 5, Chemistry and Chemical Technology, Part 5, Spagyric Discovery and Invention: Physiological Alchemy*. Cambridge University Press.

Negus VE. 1958. The Comparative Anatomy and Physiology of the Nose and Paranasal Sinuses. Livingstone, London.

Nye N. 1647. The Art of Gunnery, London

Östmark H, Wallin S, Ang HG. 2012. Vapor Pressure of Explosives: A Critical Review. *Propellants, Explosives, Pyrotechnics*. 37(1):12 - 23.

- Oxley JC, Smith JL, Porter M, McLennan L, Colizza K, Zeiri Y, et al. 2016. Synthesis and degradation of hexamethylene triperoxide diamine (HMTD). *Propell Explos Pyrotech.* 41:334–50. doi: 10.1002/prop.201500151
- Partington JR. 1999. *A History of Greek Fire and Gunpowder*. Johns Hopkins paperbacks ed. Baltimore: Johns Hopkins University Press. xviii s.
- Pinc L. 2014. Kontrolované biologické systémy k detekci výbušnin. Pages 200-214 in *Policejní pyrotechnika*. Aleš Čeněk, Plzeň.
- Poudrerie D & Aubonne SA. 2010. Poudrerie D'Aubonne SA Swiss Blackpowers.
- Prada PA, Curran AM, Furton KG, Barrow J, Van Arsdale K, Angle T, Waggoner P, Giles K. 2011. The Evaluation of Human Hand Odor Volatiles on Various Textiles: A Comparison Between Contact and Noncontact Sampling Methods*, †. *Journal of Forensic Sciences.* 56(4):866-881.
- Rabin MD, Cain WS, Cain J. 1989. Attention and learning in the perception of odor mixtures. *Perception of complex smells and tastes.* 173:188
- Robins B. 1805. *New Principles of Gunnery: Containing the Determination of the Force of Gunpowder, and Investigation of the Difference in the Resisting Power of the Air to Swift and Slow Motions.... By Benjamin Robins,... with an Account of His Life and Writings, by James Wilson, M. D. F. Wingrave, in the Strand.*
- Rygg AD, & Craven BA. 2017. The Influence of Sniffing on Airflow and Odorant Deposition in the Canine Nasal Cavity. *Chemical senses.* 42(8): 683-698
- Sasse RA. 1980. The Influence of Physical Properties of Black Powder on Burning Rate. In *Proceedings of the 7th International Pyrotechnics Seminar.*
- Settles GS, Keste DA, Dodson-Dreibelbis LJ. 2002. The External Aerodynamics of Canine Olfaction. Pages 323-324 in Barth FG, Humphrey JAC, Secomb TW, editors. *Sensors and Sensing in Biology and Engineering*. Springer, Vienna & NY.
- Scherperel G, Reid GE, Smith RW. 2009. Characterization of smokless powders. *Analytical and Bioanalytical Chemistry.* Vol. 394. pp. 2019 – 2028
- Simon A, Lazarowski L, Singletary M, Barrow J, Van Arsdale K, Angle T, Waggoner P, Giles K. 2020. A Review of the Types of Training Aids Used for Canine Detection Training. *Frontiers in Veterinary Science.* 7:313.

Siniscalchi M, Sasso R, Pepe AM, Dimatteo S, Vallortigara G, Quaranta A. 2011. Sniffing with the right nostril: Lateralization of response to odour stimuli by dogs. *Anim. Behav.* 82, 399–404

Turner W. 1890. The convolutions of the brain: a study in comparative anatomy. *Journal of anatomy and physiology*, 25(Pt 1), 105.

Von Maltitz I. 2003. *Black powder manufacturing, testing & optimizing* (p. 64). Dingmans Ferry, PA: American Fireworks News.

Waggoner P, Lazarowski L, Hutchings B, Angle C & Porritt F. 2022. Effects of learning an increasing number of odors on olfactory learning, memory and generalization in detection dogs. *Applied Animal Behaviour Science*, 247, 105568.

Wei Q, Zhang H, Ma S, Guo D. 2017. Sex- and age-related differences in c-fos expression in dog olfactory bulbs. *Acta Zool.* 98, 370–376.

Wells DL, Hepper PG. 2006. Prenatal olfactory learning in the domestic dog. *Animal Behaviour*. 72(3):681–686.

William A. 2003. Pouderie D'Aubonne S.A., Knight, Reading, PA http://dave2.freeshell.org/ammo/madmonk/madmonk/Swiss_Booklet.pdf.

Youngentob SL, Mozell, MM, Sheehe, PR & Hornung DE. 1987. A quantitative analysis of sniffing strategies in rats performing odor detection tasks. *Physiology & behavior*, 41(1), 59 - 69.