

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů**

**Katedra etologie a zájmových chovů**



**Česká zemědělská  
univerzita v Praze**

**Schopnost vypracovat pachovou stopu člověka za použití  
záchranářského psa a ovce domácí**

**Bakalářská práce**

**Autor práce: Kateřina Kalašová**

**Obor studia: Kynologie**

**Vedoucí práce: Ing. Jana Lněničková**

**© 2021 ČZU v Praze**

## **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Schopnost vypracovat pachovou stopu člověka za použití záchranářského psa a ovce domácí" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 3.5.2021

---

## **Poděkování**

Rád(a) bych touto cestou poděkovala Ing. Janě Lněničkové za odborné vedení a poskytnutí cenných rad při zpracování mé bakalářské práce, Ing. Zuzaně Čapkové Ph.D. za zpracování statistiky a Lucii Kalašové za trpělivost a ochotu spolupracovat při experimentu.

# Schopnost vypracovat pachovou stopu člověka za použití záchranářského psa a ovce domácí

## Souhrn

Pes doprovázel člověka od nepaměti, nejen jako společník ale také pomocník. Postupem času začal člověk využívat psy nejen k hlídání zvěře či majetku, ale díky jejich výbornému čichu i k vyhledávání a stopování zvěře či osob. Pokusů a prací zaměřujících se na psí čich bylo zpracováno četné množství, avšak studií zaměřených na čich dalších zvířat je méně.

Cílem této bakalářské práce bylo vypracovat literární rešerši na téma čichového systému psa, lidského pachu a učení. V praktické části se zjišťovalo, zda je i jiné zvíře schopné konkurovat psovi při stopování lidského pachu. Pro tento účel bylo vybráno zvíře, které člověka také doprovází dlouhou dobu a tím je ovce domácí. Aby bylo možné co nejobjektivnější porovnání, byla vybrána stejně stará zvířata obou druhů bez předchozích zkušeností s vypracováním pachové stopy člověka.

Předpokládalo se, že ovce bude schopna se naučit vypracovat pachovou stopu stejnou metodikou, jako se učí záchranářští psi, ale že nedokáže psovi výrazně konkurovat. Oba subjekty byly cvičeny po stejnou dobu, se stejným počtem tréninků a jejich výcvik se lišil pouze v odměně.

Po ukončení výcviku pes i ovce dostali za úkol vypracovat deset pachových stop. Obě zvířata vedl nezkušený handler, který nebyl informován, kudy stopa vede, aby se zabránilo neúmyslnému ovlivnění výsledků. Proměnné, které mohly ovlivnit úspěšnost vypracování stopy byly zapsány a každá stopa byla bodově hodnocena nezávislou rozhodčí.

Z těchto proměnných a bodových výsledků byla pak zpracována statistika, která ukázala, že se ovce je schopna naučit vypracovat pachovou stopu, a navíc se úspěšností psovi velmi přiblížila. Ovce sice dokázala vypracovat stopu za kratší čas než pes. Avšak pes získal za každou stopu vyšší počet bodů a měl také menší bodové výkyvy mezi jednotlivými stopami. Také bylo zjištěno, že u ovce mají na počet bodů velký vliv klimatické podmínky.

Závěrem práce je, že i jiná zvířata jsou schopna se naučit vypracovat pachovou stopu člověka stejným způsobem, jako se to učí záchranářští psi.

**Klíčová slova:** čich, lidský pach, pes domácí, ovce domácí, učení

# Ability to follow human scent track by using a search and rescue dog and a domestic sheep

## Summary

Dog accompanies humans since long time, not only as a companion but also as a helper. Over time humans began using dogs not only for guarding animals or property but thanks to an excellent sense of smell, also for searching and tracking animals or humans. A lot of theses and experiments have been done on dog's sense of smell, but not many dedicated to other animals.

The goal of this bachelor thesis was to carry out research regarding dog's sense of smell, human odor, and training capabilities. The practical application part of the thesis aims to determine if another animal can compete with dog capabilities of tracking odor. For this purpose, an animal was chosen which accompanies humans as well, the domesticated sheep. For objective comparison, animals of the same age without previous experience in human odor tracking were chosen.

It was assumed that a sheep is going to be able to learn to follow the odor trail using the same method used in the training of rescue dogs, but would not be able to compete significantly with the dog. Both subjects were trained over the same period of time, with the same number of exercises and their training differed only in remuneration.

After the training, the dog and the sheep were tasked with tracking of ten odor trails. Both animals were lead by an inexperienced handler, who was not been informed about the path of the odor trail to prevent unintentional influence on the results. Variables that could influence the success of the trail tracking were written down and every attempt was rated by an independent referee.

From these variables and result points statistics were made and those revealed that the sheep is capable of learning odor trail tracking and on top of that, its success rate was nearing the dog's. The sheep was able to finish the odor trail tracking in a shorter time than the dog. The dog got more points for every trail and had a lower fluctuation of points between individual attempts. It was also found out that climate conditions have a big influence on the amount of points of the sheep.

The conclusion of the thesis is, that other animals are capable of learning to track a human's odor trail too using the same method used for rescue dog's training.

**Keywords:** smell, human odor, dog, domestic sheep, learning

# Obsah

<b>1</b>	<b>Úvod.....</b>	<b>7</b>
<b>2</b>	<b>Cíl práce.....</b>	<b>8</b>
<b>3</b>	<b>Hypotéza .....</b>	<b>9</b>
<b>4</b>	<b>Literární rešerše.....</b>	<b>10</b>
<b>4.1</b>	<b>Čich a čichový systém.....</b>	<b>10</b>
4.1.1	Hlavní olfaktorický systém.....	11
4.1.2	Vomeronasální orgán (organum vomeronasale).....	15
4.1.3	Nervový uzel Grueneberga a septální orgán .....	15
<b>4.2</b>	<b>Lidský pach .....</b>	<b>16</b>
4.2.1	Složení a vznik lidského pachu.....	16
4.2.2	Kůže a kožní žlázy.....	17
4.2.3	Faktory ovlivňující šíření lidského pachu .....	20
<b>4.3</b>	<b>Vnímání pachové stopy psem.....</b>	<b>21</b>
<b>4.4</b>	<b>Učení .....</b>	<b>22</b>
4.4.1	Habituače.....	22
4.4.2	Senzitizace .....	22
4.4.3	Klasické podmiňování .....	22
4.4.4	Operantní podmiňování.....	24
4.4.5	Sociální učení .....	24
4.4.6	Clever Hans efekt.....	25
<b>5</b>	<b>Metodika.....</b>	<b>26</b>
<b>5.1</b>	<b>Subjekty experimentu.....</b>	<b>26</b>
<b>5.2</b>	<b>Pomůcky.....</b>	<b>26</b>
5.2.1	Zkušební řád.....	27
5.2.2	Učení .....	27
5.2.3	Průběh vlastního experimentu .....	29
5.2.4	Kritéria hodnocení experimentu .....	30
<b>6</b>	<b>Výsledky .....</b>	<b>31</b>
<b>7</b>	<b>Diskuze.....</b>	<b>34</b>
<b>8</b>	<b>Závěr .....</b>	<b>36</b>
<b>9</b>	<b>Literatura.....</b>	<b>37</b>

# 1 Úvod

Pes domácí (*Canis familiaris* Linnaeus, 1758) má pouze jednoho přímého předka, a to vlka obecného (*Canis lupus* Linnaeus, 1758), u kterého došlo postupně k domestikaci (Rigterink & Houpt 2014).

Podle genetických a archeologických analýz se domestikace psa datuje do doby před 15 000 lety (Wayne & Vonholdt 2012). Člověk začal vnímat psa jako nástroj k lovu díky jeho olfaktorickým schopnostem. Postupem času začal tyto schopnosti využívat nejen k lovu zvěře, ale také ke stopování a vyhledávání lidí (Serpell & Jagoe 1995).

V současnosti se olfaktorické schopnosti psa využívají v bezpečnostních složkách, například při stopování lidí, pachové identifikaci, detekci výbušnin, zbraní, omamných a psychotropních látek (Straus & Kloubek 2010).

Ovce domácí (*Ovis aries* Linnaeus, 1758) byla domestikovaná přibližně před 11 000 lety. Pro člověka bylo výhodnější odchytout ovce a kozy do zajetí, protože měl nad zvířaty kontrolu, jak z pohledu reprodukce a stravy, tak i ochrany (Zeder 2008). Tím se zvýšila stabilita lidského života.

V dnešní době se ovce využívají kvůli produkci masa, vlny, mléka, ale i jako domácí a terapeutická zvířata (Chessa et al. 2009).

Moderní technologie stále nedokázala plně nahradit psí čich. Psovité šelmy se řadí mezi makrosomatická zvířata a mají vynikající čichové schopnosti, které převyšují mikrosomatického člověka (Walker et al. 2006).

V experimentální části této práce bude zjišťováno, zda je ovce domácí schopna vypracovat pachovou stopu člověka na stejné úrovni jako záchranářský pes.

## **2 Cíl práce**

Cílem této práce bylo zpracovat přehlednou literární rešerši z relevantních vědeckých zdrojů na dané téma a v praktické části práce zjistit, zda se je ovce domácí schopna naučit vypracovat pachovou stopu člověka stejně dobře, jako to dokáže pes.



### **3 Hypotéza**

Ovce domácí se bude schopna naučit vypracovat pachovou stopu člověka stejnou metodikou jako pes, avšak pes bude při vypracování stopy úspěšnější.

## 4 Literární rešerše

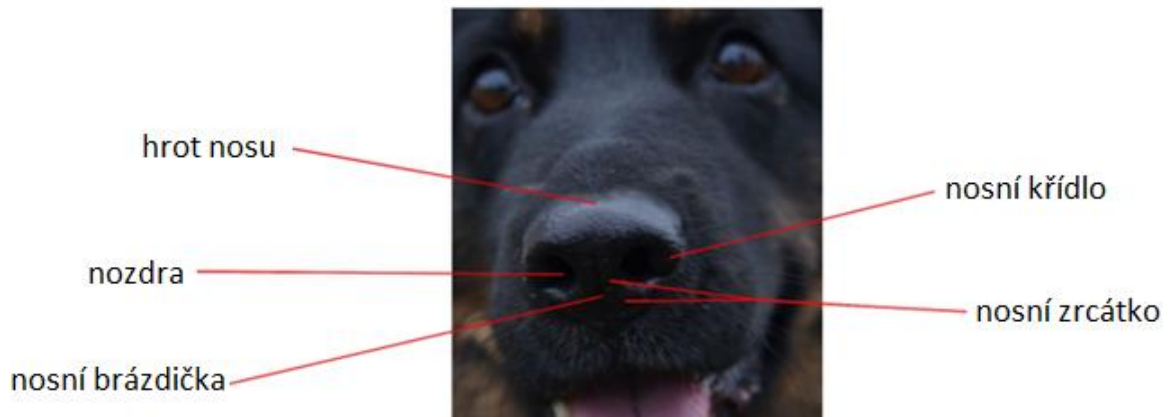
### 4.1 Čich a čichový systém

Čich využíváme jak my, tak i zvířata k detekci, identifikaci a diskriminaci pachu z okolí (Correa et al. 2005). Dle Cravena má velký vliv na čich tvar lebky, který je u psů nejrůznorodější ze všech suchozemských obratlovců. U psa domácího rozlišujeme tři druhy lebek a to brachycephalickou, mezocephalickou a dolichocephalickou lebku. Brachycephalická lebka se vyznačuje velkou šířkou, ale zkrácenou obličejovou částí. Typickým zástupcem plemene s brachycephalickou lebku je německý boxer. Mezocephalická lebka je středně široká a dlouhá. Typické plemeno s mezocephalickým tvarem lebky je labradorský retrívr. Dolichocephalický tvar lebky je na rozdíl od brachycephalické dlouhý a úzký. Tento tvar lebky nalezneme například u kolií (Craven et al. 2007). Avšak dle Jacquemettona nemá tvar lebky jednotlivých plemen žádný vliv na čichové schopnosti psa (Jacquemetton et al. 2021). Pes využívá čich při hledání a hodnocení potravy, ochraně před predátory, vnitrodruhové komunikaci či reprodukci (Galibert et al., 2016). Ovce oproti psovi využívá čich méně a slouží jí primárně k vyhledávání potravy, pohybu v terénu a rozmnožování (Hrouz et al. 2000).

Čichový systém se u savců skládá z hlavního olfaktorického systému, vomeronasálního olfaktorického systému a ze dvou subsystémů, a to ze septálního tělesa a Gruenebergova ganglia. Avšak u jednotlivých druhů savců se mohou vyskytovat různé podoby těchto struktur, popřípadě i absence jednotlivých částí (Taniguchi et al. 2011).

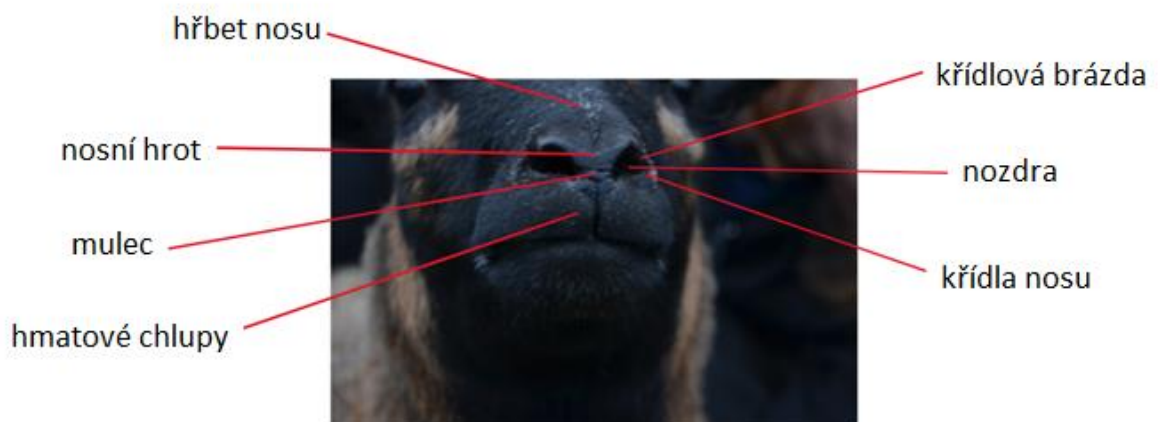
#### 4.1.1 Hlavní olfaktorický systém

Zevní nos (*nasus externus*) se považuje za začátek čichového ústrojí. Zabezpečuje transport vzduchu s pachovými molekulami do další části, a to do nosní dutiny. Dutina nosní (*cavum nasi*) se u psa rozděluje na dvě části, první z nich je pevná, nepohyblivá, kostěná část. Druhá část je pohyblivá, pružná, chrupavčitá a dále se dělí na neosrstěné nosní zrcátko (*planum nasale*), rozdělené brázdíčkou (*philtrum*), nozdry (*nares*), hřbet nosu (*dorsum nasi*) a hrot nosu (*apex nasi*) (zobrazeno na obrázku č.1) (Najbrt et al. 1980).



obrázek č.1, zevní nos psa (zdroj autor)

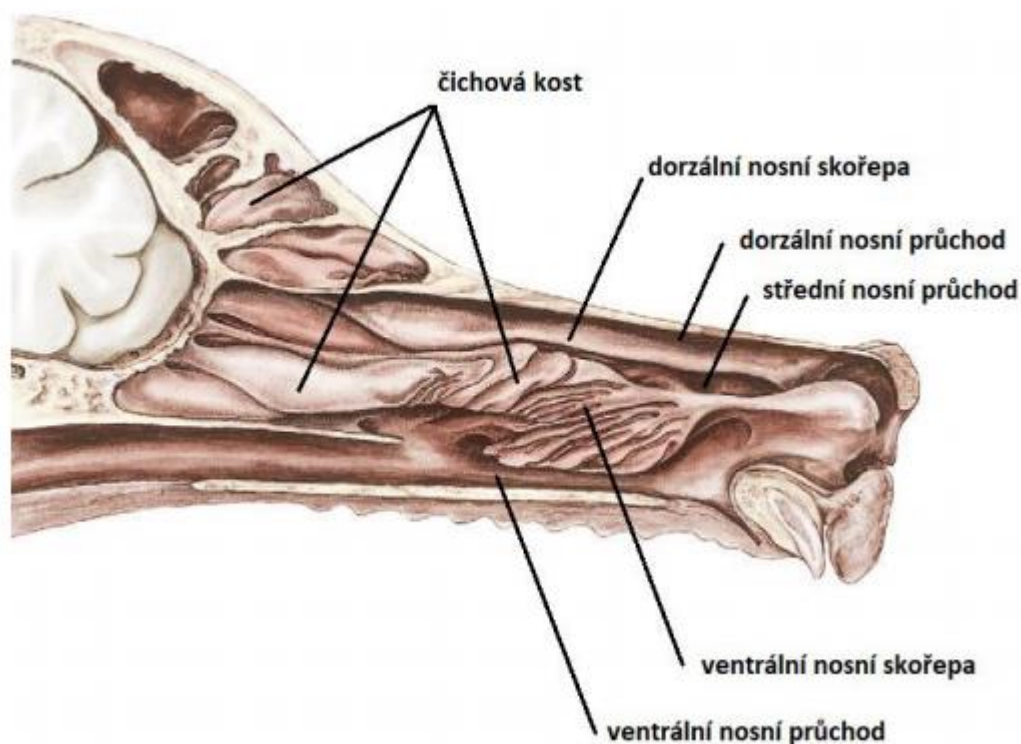
Zevní nos se u ovce rozděluje na hřbet nosu, který přechází v hrot nosu, volně navazuje na mulec s políčky a brázdami. V okolí se pak vyskytují hmatové chlupy, které se také mohou nacházet v okolí nozder. Nozdry jednou stranou ohraničují křídla nosu a stranou druhou křídlovou brázdou (Marvan et al. 1992).



obrázek č.2, zevní nos ovce (zdroj autor)

Na zevní nos navazuje nosní dutina, která se dělí na nosní předsíň, dýchací cesty a část čichovou (Craven et al. 2007). Nosní předsíň (*vestibulum nasi*) utváří oblast mezi nozdrami a má na povrchu kůži. Společně s dýchacími cestami je nosní předsíň zodpovědná za ohřev, chlazení, zvlhčování a filtrování inhalovaného vzduchu před vstupem do dolních cest dýchacích (Negus 1959). V kaudální části dýchacích cest se nachází čichové bludiště (Craven et al. 2007).

Evans zmiňuje, že nasátý vzduch putuje do nosní dutiny, která se rozděluje na pravou a levou stranu. Obě tyto dutiny od sebe odděluje nosní přepážka (*septum nasi*). Nosní dutina navazuje na nosní předsíň ve frontální části. V horní části nosní dutiny jsou nosní průduchy, které jsou odděleny dorzálními a ventrálními nosními konchy neboli nosními skořepami. Nosní skořepky jsou osifikované či chrupavčité svitky lamel, které jsou pokryty stejnou nosní sliznicí, jako větší část nosní dutiny. Čichové skořepky (*os ethmoidale*) jsou součástí čichové kosti a jejího bludiště (Evans 1993).



obrázek 3, Anatomie nosní dutiny psa při mediálním řezu  
(zdroj Evans & De Lahunta)

Osifikované jemné svitky, nazývané čichové skořepky nebo také ethmoturbinalia jsou spojeny s vnější destičkou (*lamina externa*) a řešetnou ploténkou (*lamina cribrosa*). Čichové skořepky se dále dělí na ektoturbinálie a endoturbinálie. Ektoturbinálií je šest na každé straně

a najdeme je na horní části čichového bludiště. Endoturbinálie jsou pouze čtyři na každé straně a najdeme je na spodní části čichového bludiště (Van Valkenburgh et al. 2004).

Na čichové bludiště navazuje příčná řešetná ploténka (*lamina cribrosa*), která odděluje nosní dutinu od dutiny lebeční a je pro ni charakteristická dírkovaná struktura skrz kterou prochází nervová vlákna, které ústí do čichového epitelu (Najbrt et al. 1980). Čichový epitel neboli čichová sliznice se vyskytuje v kaudálním úseku nosní dutiny a na čichových skořepkách. Sliznice mohou mít žlutou, hnědou skoro až načervenalou barvu. Ve slizničním čichovém epitelu se nachází primární smyslové buňky a ty jsou obklopeny podpůrnými buňkami (Marvan et al. 1992). Čichový epitel slouží k přenosu pachů z vnějšího prostředí do vnitřního, dále kóduje senzoryckou informaci na tisíce volných stimulů a dokáže rozpoznat velké množství molekul pestrých tvarů, velikostí a složení, které jsou následně dekodovány neuronovými obvody (Lledo et al. 2005). Například u psa je plocha olfaktorického epitelu několikanásobně větší oproti ostatním domácím zvířatům (Craven et al. 2007).

Proces vedení a zpracování pachu začíná takzvaným čicháním (sniffingem), což je narušení cyklu dýchání pomocí krátkých a rychlých inhalací a exhalací vzduchu (Correa et al. 2005). Přesné množství, rychlost a proud pachu dokážou regulovat nozdry, které exhalují vzduch šikmo za sebe. Díky tomuto principu se psovi na stopě nestává, že by si odfukoval zdroj pachu (Settles et al. 2003). Skrz nozdry vstupuje vzduch společně s odoranty do nosní dutiny (Evans 1993), kde proud vzduchu, který má za úkol zajistit dýchání, prochází dál skrz nosní předsíň, ventrální skořepky a dále pokračuje přes nosohltan do dolních cest dýchacích (Lawson et al. 2012).

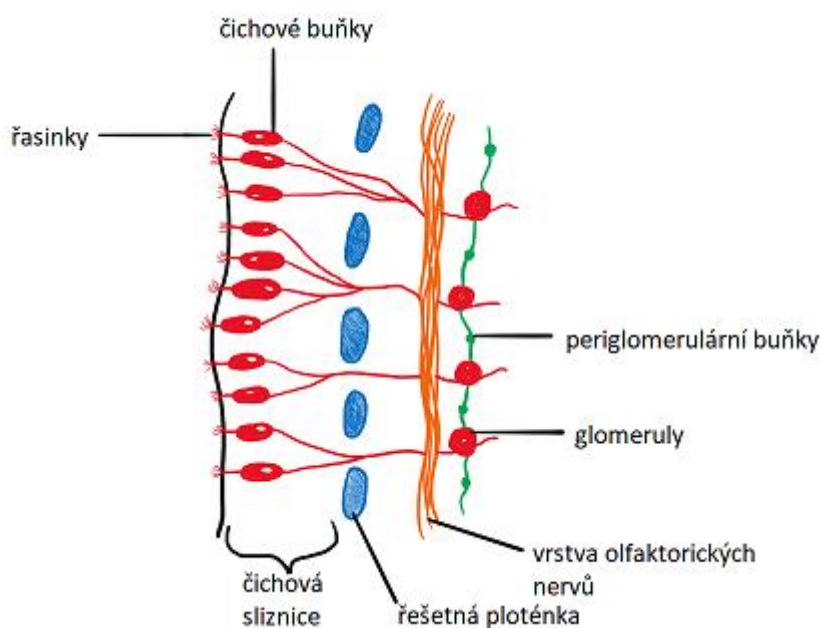
Dle Cravena jsou makrosomatičtí jedinci schopni usměrnit proud vzduchu do ventrálních skořep za pomoci zduření nosního septálního tělesa, díky čemuž jsou schopni pach rychleji přenést k čichovým skořepám (Craven et al. 2007). Odoranty se následně zachycují v nosní dutině na čichový epitel (Settles et al. 2003), který se rozprostírá na nosní přepážce, skořepách, ale také se rozprostírá až do části čelní dutiny (Syrotuck 2000). Velikost čichové sliznice je závislá na velikosti dutiny nosní, která je přímo ovlivněna tvarem lebky (Evans 1993). Olfaktorické orgány savců dohromady dokážou rozpoznat velké množství pachových molekul (odorantů) (Dyson 1938). Ve struktuře hlavního čichového epitelu se nachází tubulární žlázy, které vytváří sekret, ve kterém se rozpouštějí odoranty (Najbrt et al. 1980). Smyslové buňky nejsou schopné zpracovat samotné odoranty, ale po rozpuštění v sekretu vytvářejí roztok, ze kterého jsou schopny je zpracovat (Najbrt et al. 1980).

V hlavním olfaktorickém epitelu jsou čichové smyslové nervové buňky protáhlého tvaru. Z buňky vyčnívá dlouhý dentrit, který je zakončený rozšířeným váčkem s navazujícími vlásky (cílie). Na cíliích jsou specifické receptory (Galibert et al. 2016), které se párují s molekulami pachu (Araneda et al. 2004). Značná část buňky vystupuje ze sliznice nad její úroveň a vytváří hustou řasinkovou vrstvu se sekretem. Tímto způsobem organizmus přijímá podněty z okolí. Pachové molekuly se navážou na membránový protein, což způsobí senzorycký přenos (Galibert et al. 2016).

Receptory na cílích se aktivují heterotrimerickým proteinem G ( $G_{\alpha olf}$  plus  $G_{\beta\gamma}$ ) po interakci ligandu s příslušným receptorem (Belluscio et al. 1998).  $G_{\alpha olf}$  po své aktivaci uvede v činnost adenyllyl cyklázu typu III (AC3), která zapříčiní produkci z ATP (adenosintrifosfátu) na cyklický AMP (cAMP-cyklický adenosinmonofosfát), který otevírá nebo zavírá CNG (cyclic nucleotide gated), neboli iontový kanál, čímž dojde k vyplavení  $Na^+$  a  $Ca^{2+}$  a k depolarizaci buňky (DeMaria & Ngai 2010).

V podslizniční vrstvě se nachází nemyelinizovaný axon, což je výběžek tenkého nervového vlákna z každé čichové buňky (Galibert et al. 2016), který vysílá signál přes bazální membránu (Jia et al., 2014). Více axonů dohromady utváří takzvané čichové svazky, které procházejí skrze řešetnou ploténku až do čichového kyje (*bulbus olfactorius*) (Galibert et al. 2016) ve kterém se axony shromažďují do glomerulu a tím zesilují signál, který pokračuje dále do mozku (Brewer et al. 2006).

Hlavní čichový kyj je primární místo zpracování čichové informace v mozku, který typicky obsahuje 2000 glomerulů a až 80 typů, z nichž 22 je rozpoznatelných pomocí charakteristické morfologie a pozice (Buck 2004). Na povrchu stěny čichového kyje jsou shluky nemyelinizovaných axonů čichových nervů, které začínají jako neurony v čichové sliznici dutiny nosní (Beitz & Fletcher 1993). Z čichového kyje je signál dále veden do pyramidálních buněk čichové kůry, která se dělí na přední čichovou kůru, piriformní čichovou kůru, periamygdální kůru a entorhinální kůru (Jia et al. 2014). Primární čichová kůra přijímá informace z čichového kyje a posouvá je dále do různých částí mozku, na které je napojena a následně vytváří reakce (Silveira-moriyama et al. 2016). Je také důležitá pro učení a čichovou paměť (Mouly et al. 2001).



obrázek č.4, detail čichové sliznice s čichovým nervem (zdroj autor)

#### **4.1.2 Vomeronasální orgán (organum vomeronasale)**

Vomeronasální orgán (VNO) neboli Jacobsonův orgán je párový tubulární orgán, který se nachází na předním okraji dutiny nosní po obou stranách spodní části nosní přepážky (Yilmaz et al. 2008; Karimy et al. 2013). VNO je uložen v trubičkovité hyalinní chrupavce. Tento párový orgán slouží k analyzování feromonů (Najbrt 1980). Pro snazší průnik vzduchu s feromony používají některá zvířata takzvané flémování, což je chování, při kterém zvíře ohruje horní pysk a odhaluje tím své dásně. Toto chování můžeme sledovat například u ovcí, u psa domácího nebylo prokázáno. U psa můžeme pozorovat zvýšené olizování zdroje pachu, kdy pomocí jazyka přeneseme molekuly pachu k VNO (Evans 1993).

Velikost vomeronasálního orgánu je závislá na délce čenichu, u jedinců s dolichocefalickou lebku je nejdelší a u jedinců s brachycephalickou naopak nejkratší (Salazar et al. 2013). Například u labradorského retrievra, jehož lebka je mezocephalická, je průměrná délka vomeronasálního orgánu 2,5cm a průměrná šířka 2,36mm (Yilmaz et al. 2008). Na řasinkách sensorických neuronů ve VNO se nacházejí dva typy olfaktorických receptorů, které jsou odlišné od olfaktorických receptorů v hlavním čichovém epitelu (Keverne, 1999). Sensorické neurony VNO vedou vzruch do přídatného čichového kyje (Butler & Hodos, 2005).

#### **4.1.3 Nervový uzel Grueneberga a septální orgán**

Mezi olfaktorické subsystemy patří také septální orgán a Gruenebergovo ganglium. Tyto subsystemy se podílejí na čichu pouze v menší míře. Jejich primární funkce zatím není plně známa (Storan & Key 2006).

Jedna z teorií je, že Gruenebergovo ganglium zachycuje alarmové feromony a pachy vylučované predátory, které pro ně znamenají nebezpečí (Liberles 2014). Jiná teorie tvrdí, že hlavní funkcí je detekce odorantů v oblasti potravy a sexuálního chování (Bree et al. 2006).

Gruenebergovo ganglium je tvořeno shluky neuronů a satelitních buněk, které se nacházejí na dorzální straně nozder. Gruenebergovo ganglium je ohraničeno nosní přepážkou a stropem nosní dutiny. Jeho funkce není zcela známá, ale byla vyslovena teorie, že by mohl souviset s čichovým vnímáním v raném postnatálním vývoji (Breer et al. 2006).

Septální orgán tvoří dva ostrůvky olfaktorického epitelu, které jsou umístěné na obou stranách nosní přepážky. Čichové neurony septálního orgánu jsou podobné neuronům hlavního olfaktorického orgánu.

Axony přenášejí vzruchy do čichového kyje stejně jako u hlavního olfaktorického orgánu (Breer et al. 2005). Septální orgán je schopen zachytit částice ze vzduchu a také částice, které jsou přenášeny olizováním, proto se objevila teorie, že přes septální orgán může zvíře přijímat sociální odoranty, ale také i odoranty týkající se oblasti potravy (Breer et al. 2006).

U psů nebyla nalezena tkáňová struktura odpovídající Gruenebergovu gangliu a septálnímu orgánu nalezených u myši (Barrions et al. 2014).

## 4.2 Lidský pach

Kolem roku 1972 byl za lidský pach považován pouze pach rozkládajících se odumřelých kožních buněk (Syrotuck 1972). Poté však bylo zjištěno, že vznik lidského pachu je mnohem složitější, přičemž mechanismus vzniku pachu u žen i mužů se zdá být stejný (Zeng et al. 1996).

### 4.2.1 Složení a vznik lidského pachu

V dnešní době je více teorií o vzniku lidského pachu, jednou z nich je teorie, že lidský pach vzniká kombinací více sloučenin (Curran et al. 2005). Dle Kusano je lidský pach důsledek komplexní kombinace produktů metabolismu těla – žlázových sekretů, hormonů v potu a bakteriálních kolonií (Kusano et al. 2001). Dle Havlíčka a Lenochové má každá osoba specifický pach, který slouží jako bohatý zdroj informací o svém majiteli (Havlíček & Lenochová 2006). Na těchto poznatcích je založena metoda pachové identifikace osob, kdy speciálně vycvičení psi porovnávají pach odebraný z místa činu s pachem podezřelé osoby. Při vyšetřování trestných činů hraje lidský pach roli více než 100 let (Curran et al. 2005).

Dle teorie z roku 2011 pach vzniká jako směs proudu vzduchu s odumřelými kožními buňkami a bakteriemi, které odpadávají do prostředí (DeGreeff et al. 2011). Dle teorie z roku 2012 pach vzniká pomocí kožních mikroorganismů, kožní mikroflóry a složení kůže (Noel et al. 2012), ale podle další teorie může pach ovlivnit i působení bakterií na odumřelé kožní buňky a sekrety (Curran et al. 2005).

Z chemického pohledu pach tvoří kombinace různých sloučenin jako jsou aldehydy, alkoholy, alkany, estery kyselin, mastné kyseliny, ketony, uhlovodíky, kyseliny, ale i heterocyklické sloučeniny a nitrosloučeniny (Curran et al. 2007), některé vzorky mohou obsahovat i síru, zejména vzorky odebírané z podpaží (Hasegawa et al. 2004). Z jiné studie vyplývá, že pach je komplex těkavých látek o různých koncentracích a chemických i fyzikálních vlastností (Lněničková et al. 2017). Pokud by se podařilo úplně rozklíčovat složení lidského pachu, mohl by pak sloužit jako určitý nástroj diagnostiky chorob (Kim et al. 2012).

Dle jiné teorie individuální pach pochází z axilárních částí těla a jeho zdrojem je apokrinní pot, který při sekreci vychází sterilní a bez zápachu. Apokrinní pot poté získává zápach působením mikroorganismů na kůži (Leyden et al. 1981). Bakterie a kvasinky působící na apokrinní pot způsobují rozklad molekul na menší molekuly, čímž vzniká kyselina máselná a kyselina valerová a také nepříjemný zápach (Caroprese et al. 2009).

Pomocí analytických metod bylo v lidském pachu identifikováno přes 500 molekul těkavých organických látek, ale autoři této studie se domnívají, že více jak tisíc dalších molekul nejsme schopni analyzovat (Padney & Kim 2011).



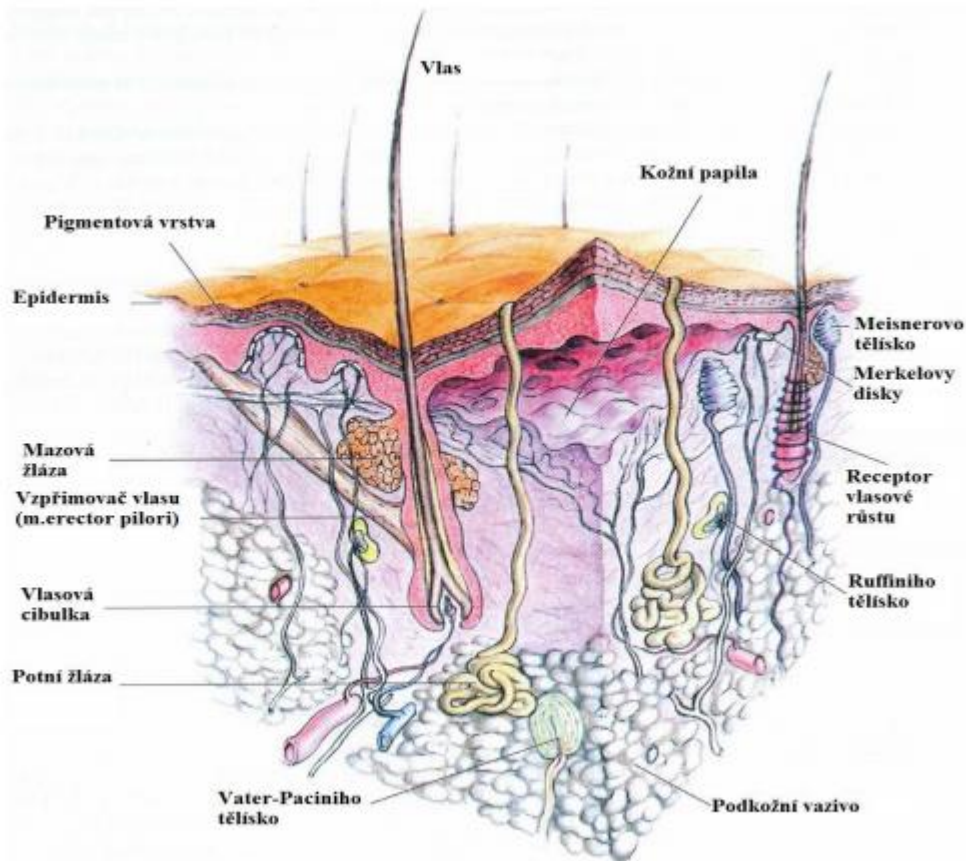
Individuální lidský pach můžeme dle Currana rozdělovat na tři části. Na primární pach, který je endogenního původu, je neměnný v průběhu času a je geneticky determinovaný. Sekundární pach, který je také endogenního původu, ale je ovlivňován změnami vnitřního i vnějšího prostředí. Například potravou, léky, onemocněním, menstruačním cyklem, věkem nebo psychickým stavem člověka. A na terciární pach, který je exogenního původu, což znamená, že je ovlivněn vnějšími faktory. To zahrnuje například prostředí, ve kterém osoba žije nebo používání kosmetických a hygienických prostředků (Curran et al. 2005).

V roce 1998 byla provedena studie, která zkoumala vysoce polymorfní geny hlavního (major) histokompatibilního komplexu (MHC) ovlivňující pach a preference v páření. Dle studie myš domácí preferuje páření s jedinci nesoucí odlišné geny MHC. Tento pokus se také zkoušel u lidí. Vznikly dvě teorie, proč si ženy vybírají raději muže s odlišnými MHC. V první teorii se autoři domnívají, že ženy si instinktivně vybírají muže s odlišnými MHC, protože tím mohou zvýšit imunologickou rezistenci potomstva. Druhá teorie praví, že tento jev probíhá kvůli snížení rizika příbuzenské plemenitby, což by zapříčinilo homozygotizaci a inbreedingovou depresi.

Výsledky tohoto výzkumu prokázaly, že ženy dávají přednost vůni mužů, kteří mají odlišné MHC geny (Penn & Potts 1998). V oblasti MHC byla zaznamenána velká rozmanitost. Geny MHC ovlivňují atraktivitu tělesného pachu jedince, projevují se i v jeho pachové identitě a významnou roli hrají zejména při výběru partnera. Jedinci při volbě sexuálního partnera preferují protějšky s odlišnými MHC geny (Yamazaki et al., 2005).

#### **4.2.2 Kůže a kožní žlázy**

Kůže (*dermis*) je největším orgánem lidského těla a je také nejvýznamnějším zdrojem pachových stop, které člověk zanechává v okolí. Kůže se rozděluje na několik vrstev, první vrstvou je pokožka (*epidermis*), která se nachází na povrchu. Pod pokožkou se nachází škára (*corium*). Nejhlubší vrstva kůže je podkožní vazivo (*tela subcutanea*), které je přímo napojené na vazivo svalů, případně na periosteum, čímž napojuje kůži ke svalům (Marvan et al. 1992).



obrázek č. 5, stavba kůže (zdroj Rokyta)

Pokožka je vnější vrstva kůže, která je tlustá přibližně 1 milimetr (Curran et al. 2007). Její tloušťka není stálá, protože v ochlupených oblastech je tenčí, a naopak v neosrstěných tlustší. Skládá se z vrstev dlaždicového rohovatějšího epitelu (König et Liebich, 2002). Její primární funkce je ochrana těla proti poškození (Curran et al. 2007). Dále se pokožka dělí na pět vrstev, a to bazální vrstvu (*stratum basale*), trnitou vrstvu (*stratum spinosum*), zrnitou vrstvu (*stratum granulosum*), světlou vrstvu (*stratum lucidum*) a rohovou vrstvu (*stratum corneum*).

Vnitřní vrstva pokožky je bazální vrstva, ve které se nacházejí bazální buňky, které se vytvářejí v hlubších vrstvách a následně se posouvají do vrstev vyšších. Bazální buňky podléhají rohovatění (karetinizaci) a vznikají z nich zrohovatělé buňky (König et Liebich, 2002). V trnité vrstvě se buňky postupně oplošťují a ztrácí organely. Buňky poté obsahují skoro jen keratin (Trojan 2003). Trnitá vrstva se ještě dělí na několik dalších vrstev, které jsou pohromadě díky mezibuněčným fibrilám. Zrnitá vrstva je tvořena 2-4 buňkami. V zrnité vrstvě se buňky zvětšují a jejich jádra se rozdělují nebo rozpouští, což vede k epidermální smrti buňky. Světlá vrstva je předposlední vrstva a vyskytují se v ní oploštěné buňky. Rohová vrstva je nejsvrchnější část pokožky, která se neustále obnovuje posunem buněk z hlubších vrstev (Ramotowski 2001). Celý cyklus buňky od zrození po odpadnutí z organismu trvá 2-4 týdny (Trojan 2003).

Další funkcí pokožky je tvoření specifického kožního pigmentu melaninu. Melanin společně s karotenem a hemoglobinem způsobuje různé zbarvení pokožky. Melanin se tvoří v melanocytech, které se nejvíce nacházejí na místech vystavených slunci, jako jsou například obličej či hřbety rukou. Melanin je důležitý pro organismus hlavně z důvodu ochrany hlubokých vrstev pokožky před UV zářením, které způsobuje poškození chromozomů v hlubších vrstvách pokožky (Dylevský 2009).

Škára je vazivová tkáň, která se nachází pod pokožkou a je tvořena fibroblasty, což jsou buňky bohaté na kolagen. Fibroblasty mají za úkol zajistit mechanickou pevnost, ohebnost a pružnost kůže (Acevedo et al. 2007). Dále se ve škáře nachází síť krevních cév, vlasové folikuly, kožní deriváty a nervové zakončení. Nervová zakončení neboli nocireceptory jsou významná pro vnímání bolesti (Dylevský 2009).

Podkožní vazivo je tvořeno tukovými buňkami, kolagenními a vazivovými vlákny (Dylevský 2009). Podkožní vazivo je důležité pro upevnění kůže k tělu, izoluje a také chrání svaly a nervy. Tuková tkáň je zásoba energie pro tělo, ale také tvoří izolační vrstvu a přispívá k pružnosti kůže. V podkožním vazivu se dále nacházejí žilní, tepenné a lymfatické řečiště a nervová vlákna, které vystupují až do škáry (Trojan et al. 2003).

V pokožce a škáře se nacházejí tři typy kožních žláz. Prvním typem jsou ekrinní potní žlázy (*glandulae sudoriferae minores*), dalším typem jsou apokrinní žlázy (*glandulae sudoriferae apocrinae*) a posledním typem jsou mazové žlázy (*glandulae sebaceae*) (Marvan et al. 1992).

Ekrinní kožní žlázy se nacházejí téměř po celém těle, jejich největší koncentrace je na dlaních, chodidlech, v podpaží a na čele (McLafferty et al. 2012). Tyto žlázy se nenalézají na genitáliích, nehtových lůžkách a rtech. Nejvýznamnější funkce Ekrinních žláz je termoregulace pomocí ekrinního potu (Noël et al. 2012). Ekrinní kožní žlázy neboli pravé potní žlázy vytváří ekrinní pot, který vzniká z extracelulární tekutiny, a proto se také jeho složení podobá krevní plazmě (Munk et al. 2000). Ekrinní pot je čirá, bezbarvá tekutina bez zápachu (Noël et al. 2012) a skládá se z anorganických a organických látek. Anorganické látky v ekrinním potu jsou sodík, draslík, vápník, železo, chlorid, fluorid, bromid, jodid, bikarbonát, fosfát, sulfát a amoniak. Organické složky ekrinního potu jsou aminokyseliny, proteiny, glukózy, laktáty, močoviny, pyruváty, kreatiny, kreatininy, glykogeny, kyseliny močové, vitamíny, lipidy, ale také i enzymy a imunoglobiny (Gallagher et al. 2008).

Apokrinní kožní žlázy se nejvíce vyskytují v podpaží a v tříselech (Noël et al. 2012). Dále se také vyskytují na genitáliích, okolo pupíku, na očních víčkách, na bradavkách a kolem uší (Gallagher et al. 2008). Apokrinní žlázy jsou větší než žlázy ekrinní. Produktem těchto žláz je pot, který je mléčné barvy s mírně viskózním charakterem a začíná se tvořit až v období puberty (Noël et al. 2012). Pot apokrinních žláz obsahuje proteiny, uhlovodíky a amonné ionty (Trojan 2003). Metabolity bakterií apokrinních žláz jsou významným zdrojem tělesného pachu (Schoon & Haak 2002).

Mazové žlázy se vyskytují zejména na obličeji, pokožce hlavy, v oblasti trupu a třísel, ale v menším počtu se vyskytují všude po těle až na dlaně a chodidla nohou. Vytvářejí se ve všech folikulech, které prostupují na kůži (Syrotruck 2000). Mazové žlázy produkují bílý sekret neboli kožní maz (Liddell 1976). Kožní maz je hustá, olejnatá substance, která obsahuje glycerol, lanosterol, mastné kyseliny, cholesterol a jeho deriváty. Organické sloučeniny v kožním mazu může ovlivnit potrava nebo genetická výbava jedince. Pro kožní maz je charakteristický lipid nazývaný skvalen. Funkce kožního mazu je bakteriocidní účinek (Dylevský, 2009). Kožní maz hydrolýzou ovlivňuje množství mastných kyselin, proto se předpokládá, že je důležitým faktorem podílejícím se na tvorbě pachu (Liddell 1976).

#### 4.2.3 Faktory ovlivňující šíření lidského pachu

K tomu, abychom pochopili, jak psi vyhledávají pach v prostoru potřebujeme porozumět okolnostem, které působí na pohyb a transport částic v prostředí (Jeziarski 2016). Lidský pach se může zachytit všude v okolí výskytu člověka (Hepper & Wells 2005). Dle Locardova principu člověk nemůže opustit předmět nebo objekt, které jsou v jeho blízkosti, bez zanechání částičky individuálního pachu (Curran et al. 2006).

Jeden z důležitých faktorů, které mohou ovlivnit šíření pachu jsou klimatické podmínky (Harvey 2003). Například vlhkost a teplota vzduchu mají výrazný vliv na strategii vyhledávání lidského pachu. Při nižších teplotách mají psi tendenci být nosem blíže ke zdroji pachu. (Jinn et al. 2020). Při nízkých teplotách je aktivita bakterií, které působí na pachové molekuly minimální a pach se nešíří skoro vůbec. Se stoupající teplotou se zvyšuje aktivita bakterií a pach se šíří více do okolí. Nicméně pokud je teplota příliš vysoká, aktivita bakterií se snižuje nebo úplně zastavuje. Jednou z výjimek je takzvané „osvěžení“, kdy za působení mrazivých teplot dochází k takzvanému „uzamčení“ pachu, přičemž za následujícího stoupaní teplot se znovu spustí aktivita bakterií (Prada et al. 2014).

Pro vlhkosti platí, že čím je vyšší, tím větší je intenzita a trvanlivost pachu. Díky tomu psi dokážou lokalizovat zdroj pachu snadněji. Při nedostatku vlhkosti dochází k vysušení pachových molekul a tím dochází ke snížení kvality pachu.

Vítr ovlivňuje přesun pachových molekul v prostředí. Platí, že čím je vítr silnější, tím se přemístí pach na větší vzdálenost. Často dochází k přemístění pachu na různá místa terénu, kde se pach zachycuje (Prada et al. 2014). U speciálně vycvičených psů na pachovou práci se může stát, že budou chybně ustupovat směrem po větru. Turbulentní víry odnášejí pach, což může v místě po směru větru způsobit koncentraci pachu vyšší, než směrem k hledanému zdroji pachu. V uzavřeném prostoru mohou víry způsobit nahromadění pachu v úplně jiném místě, než je zdroj pachu. V blízkosti zdroje pachu se tak může vyskytnout místo bez pachových částic (Jeziarski 2016).

Dalšími faktory ovlivňujícími pachovou stopu jsou objekty, které vytvářejí bariéru a vzduch s pachem je musí obtékat. Jsou to například budovy, stromy, hory či údolí (Jeziarski 2016).

Terén je také faktor, který je potřeba na stopě zohlednit, protože je na něm závislé uvolňování a šíření pachu do prostředí. Velkou roli při stopování hraje nadmořská výška, zvrásnění terénu a svažítost. V terénu mohou být praskliny do nichž se dostávají pachové molekuly, kde se takzvaně „zakonzervují“ a udrží se déle v přírodě (Prada et al. 2014).

Neméně důležitým faktorem je čas, po který se uvolňují pachové molekuly do prostředí po opuštění zdroje pachu.

### 4.3 Vnímání pachové stopy psem

Detekovat a rozlišovat pachy včetně určení jejich směru má pro všechna volně žijící zvířata velký význam například při obstarávání potravy, lokalizaci nepřítele nebo rozpoznávání mláďat. Schopnost detekovat a rozlišit pach však zůstává zachována i u moderních plemen psů.

Psi jsou schopni rozlišit jednotlivé pachy a sledovat je ve směru rostoucí koncentrace pachu. Psi se při sledování pachové stopy řídí primárně čichem, mohou však využít i svého zraku (Steen & Wilsson 1990).

Další důležitou částí při stopování je, aby se pes držel na stopě, kterou na začátku musel vyhledat. V praxi se běžně stává, že je stopa kontaminována rušivým pachem, tzn. přešlapána někým dalším (Curran et al. 2005, Hepper & Wells 2005). Na stopě se také mohou nacházet kontaminační pachy gumy, kůže, látky z bot, ale třeba také impregnace (Gerritsen & Haak 2001). Studie prokázaly, že psi jsou schopni určit směr sledovaného pachu i v případě kontaminace jiným pachem. Autoři si to vysvětlují tak, že se kontaminační pach ve stopě nachází pouze krátkou dobu (Hepper & Wells 2005, Syrotuck 1972).

Preference výběru pachu hodně záleží na metodě stopování a učení. Nejpoužívanější jsou dvě metody, a to tracking a trailing, hlavní rozdíl je v preferenci pachu na stopě.

Při metodě tracking se psi řídí jen málo individuálním pachem. Nejvíce se řídí pachem rozrušeného povrchu a rozšláplých drobných živočichů, které poté rozkládají bakterie a zesilují tím pach. Psi mají většinou nos nízko u povrchu (Curran et al. 2005). Naopak při metodě trailing jsou psi na začátku seznámeni s individuálním pachem člověka, kterého následně stopují. Psi nestrčí nos do každé stopy, ale vyhledávají individuální pach v prostředí. Proto trailingovou metodou psi lépe rozpoznávají individuální pach a při křížení se lépe orientují (Stockham et al. 2004).

Jiné studie psy rozdělují do tří typů, dle sledování pachové stopy a jejich chování na ní. První typ sleduje pachovou stopu s nosem nahoru a sbírá pachy plující vzduchem a může sledovat pouze stopu po větru. Druhý typ psů sleduje pachovou stopu pohybující se ve větru s nosem vzhůru. Ve stejném směru jako je vítr pracuje s nosem dolů, často nechodí přesně po vyšlapaném místě. Tento typ sleduje individuální pach uložený v kontaktu s povrchem. Poslední typ psů sleduje stopu s nosem dole a jde přímo po stopě a pečlivě sleduje kroky a sleduje pach uložený na povrchu (Hepper & Wells 2005).

Stopování se rozděluje na tři fáze. V první fázi je pes uveden na místo odkud vyhledává nášlap stopy, v této fázi se pes pohybuje rychle. V další fázi pes nalézá nášlap (začátek) stopy a určuje směr, kudy vede stopa, v této fázi pes zpomaluje. V poslední fázi jde pes ve směru stopy a dále sleduje její směr, přičemž je možné pozorovat viditelné zrychlení oproti předchozí fázi (Thesen et al. 1993).

## **4.4 Učení**

Učení je změna chování zvířete, která vyplývá ze zkušeností (Murphy & Arkins 2007). Metody tréninku psů jsou rozmanité, od používání pouze odměny, přes kombinaci odměny a trestu, po používání metod založených pouze na trestu (Rooney & Cowan 2011). Učení se dá rozdělit na asociativní (klasické a operantní podmiňování) a neasociativní (habituační a senzitivizace (Lund 2012)).

### **4.4.1 Habituační**

Habituační je nejjednodušší typ učení, kdy na podnět postupně vymizí jeho reakce, pokud je opakování podnětu časté a není posilované. Za habituační nesmíme zaměňovat smyslovou, nebo svalovou únavu. Pokládá se za takzvané přizpůsobení živočicha (Veselovský 2008).

Ve výcviku se využívá habituační při přivýkání psa na ruch na ulici, střelbu, vlaky či jiné rušivé faktory (Mikulica 1991).

### **4.4.2 Senzitivizace**

Senzitivizace je považována za opak habituační, při které dochází ke zvýšení reakce a citlivosti na podnět (Veselovský 2008). Reakce na původně neutrální podnět se zvyšuje při každém opakování, po kterém následuje očekávaný podnět.

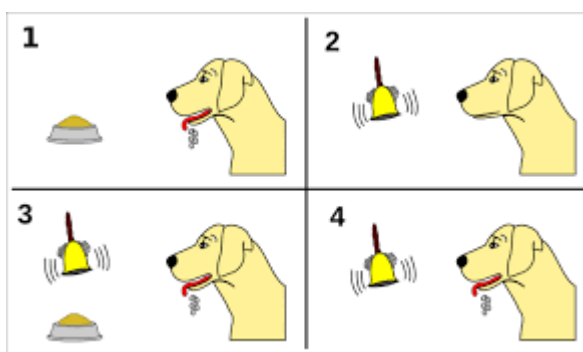
Jako například, když se člověk dotkne hlemýžďe a poté ho silně stiskne, tak se hlemýžď při dalším doteku bude obávat následného stisknutí. Při každém opakování bude reagovat s větší intenzitou. Dalším příkladem je přivýknutí si psa na zvuk zvonku u dveří, kdy na něj štěkne a poté přijde nový člověk do dveří. Po více opakováních se tato reakce stává intenzivnější a pes štěká pravidelně i když nepřichází nový člověk (Miller 2008).

### **4.4.3 Klasické podmiňování**

Klasické podmiňování je typ učení na principu opakování, při kterém dochází k asociaci původně neutrálního podnětu s dalším nepodmíněným podnětem, který spouští žádanou reakci a vytváří tak reakci podmíněnou (Clark 2004).

Klasické podmiňování vždy musí zahrnovat reflexivní chování, jako je například mrkání, kdy reflex vždy začíná nepodmíněně. Následně se spojí s novým podnětem a stává se tak reakcí podmíněnou. Toho dosáhneme vložím nového podnětu těsně před původně nepodmíněný podnět (Barlow-Irick 2012). Při klasickém podmiňování rozdělujeme podněty a reakce na nepodmíněné a podmíněné. Nepodmíněný podnět je takový, který vyvolává automaticky reakci, většinou reflexivní. Nepodmíněná reakce je charakterizována jako reakce na nepodmíněný podnět. Podmíněná reakce je naučená nebo získaná reakce na podnět, který původně nevyvolával žádnou reakci. Nepodmíněná reakce je důležitý základ pro vytvoření reakce podmíněné na neutrální podnět. Podmíněný podnět je původně neutrální podnět, který byl spojen s nepodmíněným podnětem a vyvolává tak reakci podmíněnou (Clark 2004).

Prvním, kdo popsal klasické podmiňování byl I. P. Pavlov v roce 1927. Byl významným fyziologem, který se zabýval reflexy, jako jsou například slinění, mrkání a další. Ke svému nejvýznamnějšímu objevu však dospěl náhodou, když zkoumal salivaci psů. Jednou si všiml, že psi neslintají jen v reakci na žrádlo, ale také už před podáním potravy, když zaslechli zvuk krmiče (Lund 2012). Na obrázku č. 6 je vyobrazen postup klasického podmiňování na příkladu u známého pokusu I. P. Pavlova.



obrázek č. 6 Pokus I. P. Pavlova se zvonečkem (zdroj Dr. Mike Brooks)

V první části pes reaguje na jídlo sliněním. V tomto případě je jídlo podnět nepodmíněný a slintání je reakcí nepodmíněnou. Ve druhé části je zobrazen zvonek a pes, který na zvonek nemá žádnou reakci. V tomto případě je tedy zvonek neutrální podnět. Ve třetí části obrázku pes vidí krmení, přitom zvoní zvonek a pes následně slintá na žrádlo. V této části se původně neutrální podnět (zvonek) stává podnětem podmíněným pomocí nepodmíněného podnětu, kterým je jídlo vyvolávající nepodmíněnou reakci slinění. V poslední části už pes sliní pouze při zvuku zvonku. V této fázi je zvonek podmíněný podnět a slintání je reakce podmíněná (Barlow-Irick 2012).

#### 4.4.4 Operantní podmiňování

Operantní podmiňování, také nazývané instrumentální chování, funguje na principu následků v návaznosti na chování daného jedince, kdy se chování řídí důsledky chování minulého. Následné chování se buď utlumuje, posiluje nebo vzniká úplně nové (Mackintosh 1994). Také se dá definovat jako učení formou pokus-omyl, kdy jedinec získává informace při určitém chování, které poté používá k adaptivní modifikaci svého chování. Tento průběh nelze považovat za pasivní z pohledu selekce podnětu, jelikož vychází z aktivního chování zvířete (Lorenz 1993). Operantním podmiňování rozdělujeme na pozitivní posílení, negativní posílení, pozitivní trest a negativní trest (Šusta 2014).

Pozitivní posílení je přidání příjemného podnětu jako následek požadovaného chování. Zvyšuje pravděpodobnost opakování chování. Například pes si sedne a za to dostane pamlskek. Negativní posílení je odebrání nepříjemného podnětu jako následek požadovaného chování. Zvyšuje pravděpodobnost opakování chování. Například psovod tlačí psovi na zád a po sednutí tlak odstraní. Pozitivní trest je přidání nepříjemného podnětu jako následek za nežádoucí chování. Snižuje pravděpodobnost opakování chování. Například když pes nesedí, tak ho psovod uhodí. Negativní trest je odebrání příjemného podnětu jako následek nežádoucího chování. Snižuje pravděpodobnost opakování chování. Například když pes nesedí, psovod mu odebere hračku (Ramirez 1999).

Jeden z nejvýznamnějších výzkumů se prováděl s takzvanými Skinnerovými boxy, což byly zvukotěsné boxy, do kterých nešlo žádné světlo. Dále v nich byla páka nebo terčik, které zvíře muselo stlačit a tím získalo odměnu (kus potravy) anebo trest ve formě bolestivého podnětu. Bylo zjištěno, že při každé odměně se posílila pravděpodobnost opakování tohoto chování. Tyto boxy mají hlavní výhodu v tom, že u pokusu nemusí být přítomen pozorovatel, ale je možné sbírat data elektronicky (Skinner 1935). Základ výzkumu Skinnerových boxů vycházel ze zákona efektu Edwarda Lee Thorndika. Zákon říká, že chování, které je upevňováno, má tendenci být opakováno, ale chování, které není upevňováno je potlačeno nebo měněno (Barlow-Irick 2012). Thorndike v jednom experimentu pozoroval kočky, které umístil do skříňky a při tom umístil potravu ven. Kočka se musela naučit ovládat západku, aby se dostala ven k potravě. Když byla ve skřínce poprvé, tak její čas byl pomalejší než u každého dalšího opakování (Lund 2012).

#### 4.4.5 Sociální učení

Sociální učení se považuje za rychlou a účinnou formu učení, při které dochází k předávání informací od jednoho zvířete zvířeti druhému. Jedinec se může učit, i když se nachází v pozici pozorovatele nějaké akce (učení napodobováním). Primárně se vyskytuje u druhů s dlouhodobou péčí o potomstvo, jako jsou savci či někteří ptáci. Je to jedna z nejvýhodnějších forem učení hlavně pro mladé jedince, protože snižuje riziko spojené s metodou pokus omyl, která je spojena s nebezpečím individuálního učení (Fugazza et al. 2018).



To bylo ověřeno ve studii zaměřené na sociální učení. Ve studii bylo zkoumáno, jestli jsou 8 týdnů stará štěňata schopna sociálního učení a jestli se lépe učí od matky, od jiných jedinců stejného druhu nebo od jedinců rozdílného druhu. Předmětem testování bylo otevírání skládačky s jídlem a uchování si této informace v paměti. Závěrem této studie bylo, že štěňata jsou schopna se učit už v mladém věku a od neznámých druhů lépe než od matky. Nové chování si pamatují po dobu jedné hodiny (Fugazza et al. 2018).

#### **4.4.6 Clever Hans efekt**

Matematik Wilhelm von Osten měl za to, že svého koně Hanse naučil počítat. Správné řešení kůň označoval klepáním kopytem. Toto vystoupení vzbudilo pozornost a proto roku 1904 zasedla odborná komise, aby přezkoumala Hansovo chování. Komise vyloučila jakýkoliv úmyslný podvod. Psycholog O. Pfungst v roce 1907 publikoval své závěry hodnocení chování Hanse, který se naučil dokonale sledovat řeč těla Wilhelma von Ostena. Matematik nevědomky svojí řečí těla vyjadřoval, jestli je tvrzení pravda či nikoliv. Od té doby se vědci ve svých pokusech snaží nastavit podmínky tak, aby tento efekt nebyl při testování možný (Schmidjell et al. 2012).

## 5 Metodika

### 5.1 Subjekty experimentu

Hlavními subjekty experimentu byli jeden pes a jedna ovce, kteří byli při práci na stopě hodnoceni rozhodčí. Dále byla přítomna pomocná rozhodčí a handler, který je vedl. Žádný ze zvířecích subjektů neměl při experimentu splněnou žádnou zkoušku a jejich věkový rozdíl se lišil pouze o tři měsíce.

Pes byl první z hlavních subjektů experimentu, byl to kastrovaný samec plemene chodský pes a v době přezkoušení mu byl rok a půl. Od narození byl v úzkém kontaktu s lidmi, od půl roku svého života trénoval stopování a také se účastnil záchrannářského výcviku.

Dalším hlavním subjektem experimentu byla ovce. Samice plemene kamerunská ovce, které v době přezkoušení byl rok a půl. Odkojená na lánvi, poté v občasném kontaktu s lidmi, od půl roku v úzkém kontaktu s lidmi a v tréninku byla od půl roku svého života.

Další subjekt byl pouze nápomocný a sloužil pro účely experimentu jako kladeč (šlapač) stopy neboli osoba, kterou zvíře stopuje. Kladeč byl zkušenější psovod (autor), který má za sebou několik záchrannářských zkoušek včetně zkoušky ZZZ, ze které vychází přezkoušení.

Další nápomocný subjekt byl pomocný posuzovatel (rozhodčí), který měřil čas.

Dále v mém pokusu figuroval nápomocný subjekt, nezkušený psovod neboli handler, který se nikdy neúčastnil žádné zkoušky a neměl moc zkušeností s výcvikem psů. Při tomto pokusu byl využit handler, který nebyl záměrně obeznámen o trase stopy, aby nedošlo k ovlivnění zvířete. Handler se účastnil i učení, kdy se s ním učily subjekty pracovat. Handler v pokusu vedl psa i ovci.

Rozhodčí dělala zkušená psovodka, která má spoustu zkušeností, jak se zkouškami záchrannářského výcviku, tak i s praktickými závody a výcviky zvířat. Rozhodčí má složenou zkoušku ZZZ, ze které vychází přezkoušení.

### 5.2 Pomůcky

V experimentu bylo použito spoustu pomůcek. První skupinou byly pomůcky využívané při učení, které předcházelo samotnému testování. Před začátkem stopy byl nasazen zvířeti postroj, který byl po pár opakováních využit i jako spouštěcí rituál pro práci a dále byl důležitý pro vedení zvířete na stopě, kdy snižoval riziko ovlivňování zvířete handlerem. Na postroj bylo před zahájením práce připevněno stopovací vodítko neboli stopovačka, která měla délku 10 metrů. Byla použita k vedení zvířete, ale také proto, aby handler nestál zvířeti v pachu a ono si mohlo pach dle libosti ověřit. Dále se také díky stopovačce snížilo riziko ovlivnění zvířete handlerem. Na začátku stopy byla použita cedulka, která označovala začátek stopy a nasumovací předmět kladeče stopy. Předmět byl využíván, aby zvíře vědělo, jaký pach

sledovat. Nejdůležitější pomůckou byly pamlsky, které byly použity jako motivace pro učení. Pro psa byly použity psí granule v průběhu stopy a na konci sušené plíce. Pro ovci byly použity ovesné vločky v průběhu stopy a na konci melasové koňské pamlsky. Dále krabíčka, do které se dávaly pamlsky a značila konec stopy.

Druhou skupinou byly pomůcky, které se využívaly při průběhu vlastního experimentu. Některé pomůcky se prolínaly s předešlou skupinou, jako třeba postroj, vodítko, cedulka, předmět kladeče stopy, ale také krabíčka bez pamlsků. Navíc k samotnému experimentu byl potřeba bublifuk pro určení směru větru. Směr větru bylo nutné určit kvůli správnému našlapání stopy v průběhu experimentu, ale také byl důležitý pro rozhodčí, aby se mohla orientovat, zdali je pach ze stopy odfouknut či nikoli. Další pomůckou pro experiment byl mobilní telefon pro pořizování záznamů. Také se používaly stopky pro měření času a blok pro zapisování hodnocení a počasí.

### **5.2.1 Zkušební řád**

Metodika experimentu vychází z národního zkušebního řádu-zkoušky ZZZ (zkouška záchranné způsobilosti). Hlavním cílem při této zkoušce je prověřit způsobilost psa k záchrannému výcviku. Hodnotí se především zájem a ochota psa vypracovat pachovou stopu a sledovat jí, nad přesností provedení. Podle zkušebního řádu pro zkoušku ZZZ smí být psovod přítomen při pokládání stopy, pes ale musí být umístěn tak, aby neviděl na kladeče. Kladeč nechává napachovaný předmět na začátku stopy a šlape stopu do písmene L, přičemž v druhé polovině na rovném úseku za pravouhlým lomem ztrácí jeden předmět. Na celé vypracování stopy je časový limit 15 minut.

Vlastní experiment se od zkušebního řádu pro zkoušku ZZZ lišil například u handlera, který nebyl přítomen kladení stopy, aby se předešlo následnému Clever Hans efektu. Dále se experiment lišil v délce stopy, jež byla zkrácena pouze na 100 kroků, a to z důvodu, že testované subjekty byla mladá zvířata. Poslední odchylkou od zkušebního řádu byl předmět, který nebyl podstatný pro účely experimentu.

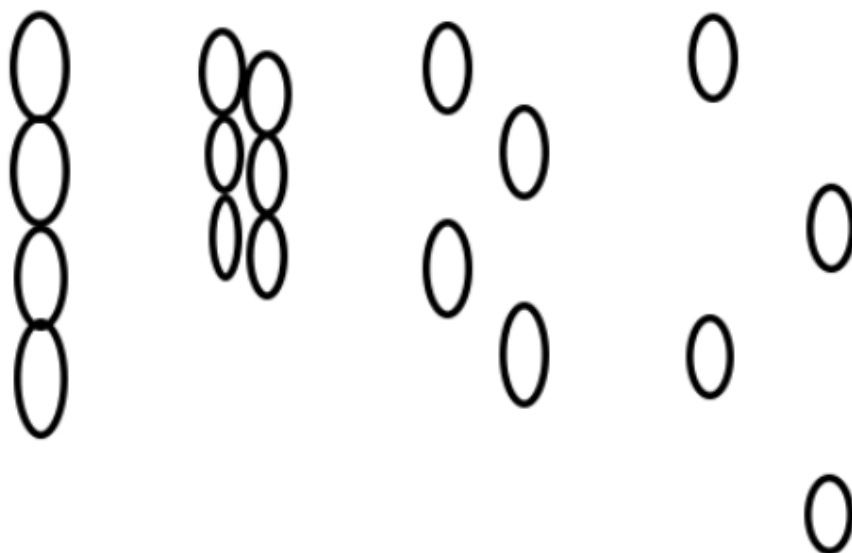
### **5.2.2 Učení**

Pes i ovce se učili stejnou metodou. Oba subjekty nejdříve cvičila autorka bakalářské práce, poté si začali zvykat na nového handlera a následně i na rozhodčí, která s nimi cvičně chodila, aby si zvířata zvykla i na další lidi při vykonávání jejich práce.

Na začátku byl subjektům vytvořen takzvaný pachový čtverec. Čtverec 0,5 metru na 0,5 metru, který byl intenzivně prošlapaný stopou vedle stopy a vyplněný pamlsky (u každého zvířete jiné). Poté bylo přivedeno zvíře a nechalo se samostatně pracovat s tím, že před začátkem dostalo povel stopa. Zvíře po několika pokusech přišlo na to, že pamlsky jsou pouze v místě, kde je pach, ale když odejdou z pachového čtverce, tak už tam pamlsky nejsou, tudíž se sami odměňovali v pachovém čtverci. Ve chvíli, kdy byl pozorován i jen malý náznak ztráty

soustředění, bylo zvíře odlákáno pryč z pachového čtverce na pamlsk nebo jinou odměnu a práce ukončena. Tento princip byl opakován vždy 5 - 10krát s daným zvířetem. Bylo důležité, aby se zvíře v této fázi naučilo rituální chování před začátkem stopy. K tomuto účelu bylo zvoleno nasazování specifického postroje, který zvíře dostávalo pouze při tréninku stopování. Po pár trénincích si zvíře přiřadilo postroj k této činnosti a rychleji si uvědomovalo, jakou práci bude dělat. Při prvních fázích se neměnily terénní podmínky.

Další fází bylo učení rovné stopy, kdy se do každé stopy dávaly pamlsky. Nejdříve byla stopa po stopě za sebou, poté se stopy dělaly vedle sebe a v dalším kroku byla zvětšována mezera mezi stopami. Zvíře se učilo čichnout do každé stopy a zároveň bylo okamžitě odměněno. Na začátek stopy se vždy pokládal napachovaný předmět a na něj pamlsky. Zvíře automaticky přišlo a odměňovalo se u zdroje pachu po kterém následně šlo stopu. Stopa byla ukončena odměnou nebo hračkou, dle preferencí zvířete.



obrázek č.7, Schéma postupu při zvětšování mezer mezi jednotlivými kroky

(zdroj autor)

Poté se subjekt začal učit změny směru na stopě. Nejdříve tupé úhly s širokými obloučky, které byly postupně zkracovány. V této fázi se začaly vynechávat pamlsky. Nejdříve byl kladen pamlsk do každé druhé stopy, poté do každé třetí atd.

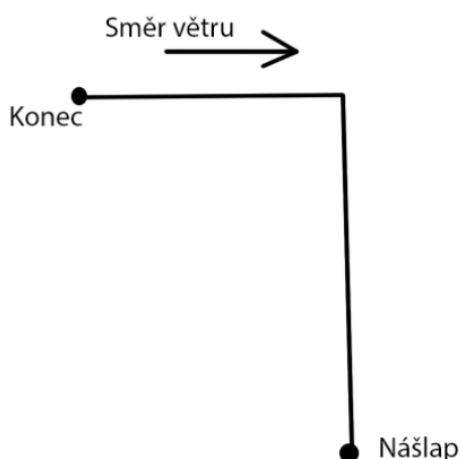
Všechny tyto fáze byly procvičovány se subjekty dlouho a bez spěchu do další fáze. Tempo výcviku bylo přizpůsobováno danému zvířeti. V další fázi se zvířata učila pravouhlé a ostroúhlé lomy. Tato fáze byla jedna z nejsložitějších. Po příchodu k lomu bylo zvíře vedeno na zkráceném vodítku a mělo možnost si ověřit pach v takzvaných pachových kolech, které

dělají okolo stopy, aby určila směr lomu. Nejdříve se dělaly lomy proti větru, aby subjektům šel pach přímo do čumáku, poté se postupně zvyšovala obtížnost posouváním lomu do směru po větru. Celý proces učení trval rok a půl, než byly oba subjekty schopné provést požadovanou stopu.

### 5.2.3 Průběh vlastního experimentu

Experimentem bylo zjišťováno, zda se ovce dokáže naučit stopovat stejnou metodikou, jakou se učí stopovat záchranářští psi. Stopy byly realizované na zorané půdě za denního světla v únoru a březnu roku 2021. Pro každý subjekt bylo připraveno celkem 10 stop, které se po našlapání vypracovávaly v přítomnosti tří osob, a to handlera, rozhodčího a pomocného rozhodčího, který zaznamenával čas.

V první fázi kladeč našlapal stopu v jednotném terénu. Při našem testování bylo zvoleno zorané pole (hlína). Na nášlapu (začátku stopy) zanechal kladeč svůj předmět jako zdroj hledaného pachu, který byl označen cedulkou. Dále šel kladeč rovnoměrným tempem, tak aby byly stopy přirozeně daleko od sebe. Kladeč šel v této fázi rovně. Rovným směrem ušel 50 kroků. Poté následoval pravouhlý lom, na který navazoval rovný úsek, který byl vždy proti větru a byl dlouhý 50 kroků. Na konci stopy byla umístěna krabička. Poté, co kladeč stopu dokončil, odešel pryč z pole tak, aby nekontaminoval našlapanou stopu.



obrázek č.8, schéma stopy při přezkoušení (zdroj autor)

Druhou fází bylo vypracování samotné stopy, kdy handler svůj subjekt připravil na stopování a přišel před nášlap. Handler nebyl záměrně informován kudy vedla stopa, aby se předešlo Clever Hans efektu. Poté nechal zvíře nasumovat kladečův předmět a zvíře vyšlo po stopě. Handler šel za zvířetem na napnutém vodítku a plnil s ním celou stopu až do konce.

Stopování bylo hodnoceno rozhodčí a pomocným rozhodčím, kteří šli při samotném stopování vždy až za handlerem a zvířetem. V celém experimentu se nestalo, že by zvíře nedošlo na konec stopy.

#### 5.2.4 Kritéria hodnocení experimentu

Stopa byla bodovaná rozhodčí a pomocný rozhodčí měřil na stopě čas. Stopa se hodnotila po jednotlivých částech (viz tabulka č.2, kritéria hodnocení stopy), na každém úseku se primárně hodnotil zájem, ochota spolupracovat a motivace. Dále také rychlost a přesnost při provádění stopy.

Část	Maximální bodové hodnocení
Nasumování a zachycení stopy	10
Sledování prvního úseku	10
Vypracování lomu	10
Sledování druhého úseku	10

tabulka č.2, kritéria hodnocení stopy (zdroj autor)

Celkem mohlo zvíře dostat 40 bodů, a to v každé části po 10 bodech. V prvním úseku bylo nejdůležitější, aby zvíře nasumovalo správný pach a vydalo se po stopě. V další fázi bylo důležité, aby zvíře udrželo pozornost a šlo dál po stopě nasumovaného pachu. Při vypracování lomu byl nejdůležitější částí bod, kde se stopa lámala. Zvíře muselo sledovat nasumovaný pach do jiného směru a nemělo ho přejít do větší vzdálenosti než 10 metrů. V této fázi bylo časté takzvané ověřování, které se vyznačovalo tím, že zvíře kontrolovalo strany okolo stopy, aby zjistilo, kudy stopa vede dál. V této části bylo nejlépe hodnoceno co nejmenší ověřování pachu. V další fázi bylo důležité, aby zvíře neztratilo zájem o stopu a došlo až do konce.

Celé toto hodnocení je dost subjektivní, proto stopu hodnotila nezávislá rozhodčí se zkušenostmi.

## 6 Výsledky

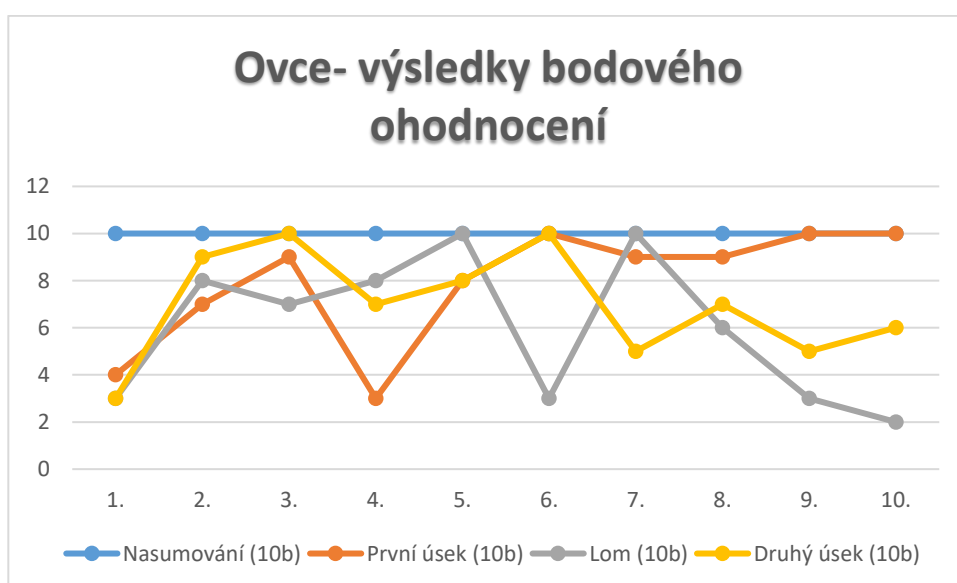
Testované subjekty měly prokázat, že se naučí stopovat a dokážou vypracovat pachovou stopu. Výsledky testování jsou zapsané v tabulce č. 3, kam byly zapisovány číselné body za každou stopu.

Pokus číslo	ovce celkem	pes celkem
1	20	36
2	34	38
3	36	38
4	28	34
5	36	38
6	33	32
7	34	38
8	32	37
9	28	37
10	28	38

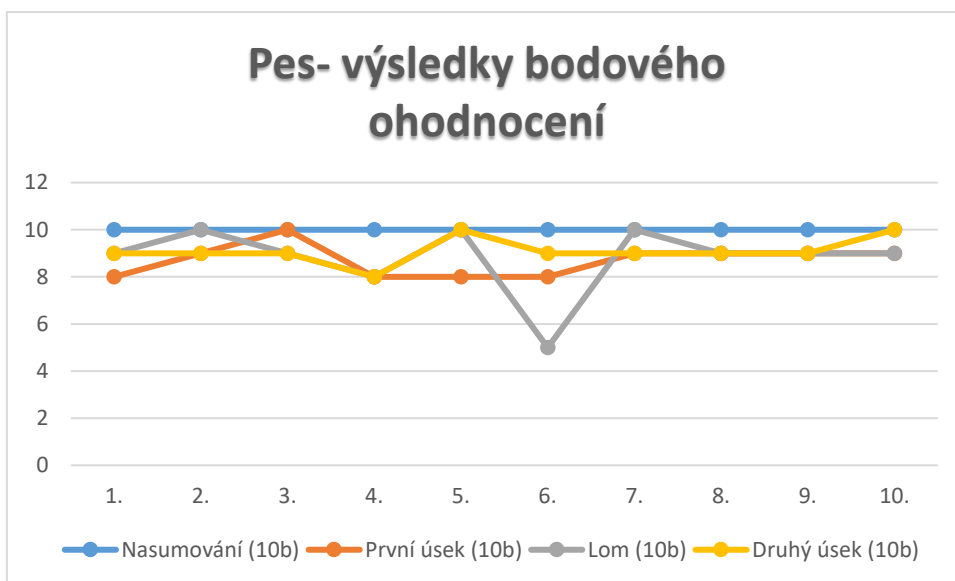
tabulka č.3, výsledky bodového hodnocení za jednotlivé stopy (zdroj autor)

Z tabulky vyplývá, že pes vždy přesáhl bodovou hranici 70 %, což bylo v tomto pokusu 28 bodů. Ovce při první stopě tohoto počtu nedosáhla, tudíž by nesložila stopovací část zkoušky, ze které pokus vycházel. Z bodových výsledků je patrné, že pes dokázal vypracovat stopu lépe než ovce.

V grafu na obrázcích č. 9 a 10 je znázorněno rozmístění bodů. Z grafu vyplývá, že ovce měla větší bodové výkyvy mezi jednotlivými stopami než pes.



obrázek č. 9, grafické vyobrazení bodových výsledků ovce (zdroj autor)



obrázek č. 10, grafické vyobrazení bodových výsledků psa (zdroj autor)

Čas, za který subjekt stopu vypracoval, je zapsán v tabulce č. 4. V průměrném čase stráveném na stopě byla ovce rychlejší než pes.

ovce- rychlost vypracování stopy		pes- rychlost vypracování stopy	
pokus	čas v sekundách	pokus	čas v sekundách
1	349	1	304
2	120	2	121
3	86	3	237
4	134	4	197
5	149	5	355
6	345	6	391
7	191	7	238
8	224	8	265
9	364	9	304
10	275	10	239
<b>průměr</b>	<b>223,7</b>	<b>průměr</b>	<b>265,1</b>

tabulka č.4, rychlost vypracování jednotlivých stop u ovce a psa (zdroj autor)

Dále byly při každém testování zaznamenávány informace o počasí, ze kterých vychází statistické zhodnocení. Z těchto údajů bylo statisticky vyhodnoceno, jestli je významný rozdíl mezi soubory dat. Dále bylo zjištěno, jestli je významný rozdíl mezi průměry souborů dat. Také byla zjištěna závislost mezi silou větru, vlhkostí vzduchu a počtem bodů daného subjektu.



Z nasbíraných dat bylo vypracováno statistické zhodnocení. Nejdříve byl vypočítán F-test, který zjišťuje rozdíl mezi soubory dat otestováním rozdílu rozptylů obou souborů dat. Výsledek F-testu vyšel  $p = 0,016$ . Aby výsledek byl považován za významný, měl by být menší než 0,05. Výsledek je menší než 0,05, což prokazatelně zobrazuje statisticky významný rozdíl mezi soubory dat.

V návaznosti na F-test se dále vypočítal nepárový T-test pro různé rozptyly, který byl počítán pro zjištění statisticky významného rozdílu mezi průměry souborů dat. Výsledek T-testu vyšel  $p = 0,006$ . Aby výsledek byl považován za významný, měl by být menší než 0,05. Výsledek byl menší než 0,05, což prokazatelně zobrazuje statisticky významný rozdíl mezi průměry souborů dat.

Dále se počítala korelace mezi bodováním a silou větru. Výsledek u ovce vyšel 0,285. Byla zjištěna slabší kladná korelace, která statisticky zobrazuje, že čím je vítr silnější, tím má ovce vyšší počet bodů. Výsledek u psa byl 0,795. Byla zjištěna silná korelace, která statisticky zobrazuje, že při silnějším větru má pes výrazně více bodů. Při porovnání výsledků obou subjektů se ukazuje, že pes má při silnějším větru zřetelně vyšší počet bodů než ovce.

Byla vypočtena i korelace mezi bodováním a vlhkostí vzduchu. Výsledek u ovce vyšel 0,514, tím byla zjištěna středně silná pozitivní korelace, což statisticky zobrazuje, že čím je vzduch vlhčí, tím více bodů ovce získá. Výsledek u psa byl -0,018, tím byla zjištěna téměř nevýznamná korelace mezi bodováním a vlhkostí vzduchu u psa.

## 7 Diskuze

Psí pachové práce jsou v dnešní době dost obsáhle popsány, avšak o ovčím čichu je informací daleko méně. Základní rozdíl v čichu je, že pes je makrosomatický druh a ovce mikrosomatický druh. Z tohoto důvodu byla tato práce zaměřena na pachové práce psa a ovce.

V experimentu se pracovalo s chodským psem a kamerunskou ovčí. Pes i ovce podstoupili stejné množství tréninků se stejnou obtížností. Jediné, v čem se výcvik lišil, byla odměna. Před samotnou prací jsme už mohli zaznamenat změnu chování jak ovce, tak i psa. Oba subjekty radostně následovaly handlera. Jakmile subjekty dostaly postroje, okamžitě docházelo ke spuštění ritualizačního chování a bylo vidět, že se nezajímají o okolí, ale snaží se načichnout nášlap.

Cílem této práce bylo ověřit, zda se ovce dokázala naučit stopovat stejnou metodikou, kterou se učí stopovat záchranářští psi. Z celkových výsledků práce se dá usoudit, že se ovce dokáže naučit stopovat stejnou metodikou, jako záchranářský pes. Tudíž je možné tvrdit, že i mikrosomatický jedinec, jako je ovce, dokáže sledovat stopu lidského pachu. Dle obrázku č. 7 a č. 8 měla ovce větší bodové výkyvy, což naznačuje, že výkon ovce oproti psovi je méně stabilní. Pro ověření této domněnky by bylo potřeba sesbírat více dat od dalších podobných subjektů. Výsledky vypracované stopy mohlo ovlivnit i období socializace, které bylo u ovce zanedbáno. Tento jev byl vidět při prvním pokusu o vypracování stopy ovčí, kde nedosáhla 70 % bodového ohodnocení. Ovce se bála přiblížit ke křoví na kraji pole, ve kterém byla zvěř, protože se bála zvuků, které vydával pohyb této zvěře. Proto má v částech po nasumování malý počet bodů.

Dále bylo zjištěno, že pes by složil stopovací část oficiální zkoušky, jelikož pokaždé dosáhl bodového ohodnocení vyššího než 70%. Z dat v tabulce č. 3 vyplývá, že pes měl 100% úspěšnost vypracování stopy a ovce jen 90% úspěšnost.

Porovnáním měřeného času u každé stopy vyšlo, že ovce je v průměrném čase rychlejší než pes. Dle mého názoru to mohlo být způsobeno tím, že ovce tolik neověřovala rozfoukaný pach a šla více u zdroje pachu. S větším množstvím opakování a větším počtem různých subjektů by se dalo zjistit, zda obecně mikrosomatictí jedinci vypracovávají stopu rychleji než jedinci makrosomatictí, nebo je to pouze náhodný jev u této ovce.

Jako další statistický parametr vyšla z pokusu u ovce i psa pozitivní korelace počtu bodů a síly větru, z čehož vyplývá, že čím byl vítr silnější, tím měli ovce i pes vyšší počet bodů. Důležité je zde zdůraznit, že se pokus prováděl na hlině, protože v jiném terénu by zvíře mohlo reagovat jinak a také by tato korelace nemusela platit. Je ale otázkou, jak by dopadl test ovce a psa, pokud by ovce byla šlechtěna po několika generacích na vlohách k pachové práci.

Dle Jinna psi při nižších teplotách mají tendenci být nosem blíže zdroji pachu (Jinn et al. 2020), což bylo pozorováno i u pokusu v této práci nejen u psa, ale také i u ovce. Naopak při vyšších teplotách se pes i ovce začínají nosem vzdalovat od zdroje pachu.

Podle Jeziarského nachází pes ve vlhčím prostředí zdroj pachu snadněji (Jeziarski 2016), což se při pokusu u psa nepodařilo ověřit, protože ze statistického zhodnocení vyšla korelace mezi vlhkostí vzduchu a body téměř nevýznamná. Avšak u ovce statistické vyhodnocení tuto teorii potvrzuje. U ovce vyšla středně silná korelace mezi vlhkostí vzduchu a počtem bodů.

## 8 Závěr

Cílem této práce bylo ověřit, zda je ovce domácí schopna naučit se vypracovat pachovou stopu člověka stejně dobře, jako to dokáže pes. V první části práce byl popsán olfaktorický systém, dále lidský pach a pak samotné učení. V druhé části byl popsán samotný experiment, kde bylo sledováno stopování lidského pachu ovcí a psem. Experiment spočíval ve vypracování pachové stopy, která byla dlouhá 100 metrů a v půlce se nacházel pravouhlý lom. Dle výsledků experimentu je patrné, že ovce je schopná vypracovat pachovou stopu, ale ne tak dobře jako pes.

Výsledek studie dokazuje, že i mikrosomatické zvíře dokáže vypracovat pachovou stopu člověka. Zajímavá je i korelace větru a bodového hodnocení, které bylo vyšší při silnějším větru. Bylo také pozorováno, že ovce a pes se byli schopni učit stejně rychle. Dokonce ovce byla schopna vypracovat stopu v průměru rychleji než pes.

Práce by mohla posloužit jako podnět pro využití jiných druhů zvířat, která by byla schopna naučit se vypracovat pachovou stopu člověka. V budoucnu by mohly být provedeny další pokusy s různými druhy zvířat s cílem zjistit, zda nějaký druh není více způsobilý k vypracování stopy než běžně používaný pes. Také by bylo zajímavé vypracovat experiment s ovcí, která byla po několika generacích šlechtěna na pachovou práci a poté s ní provést stejný experiment.

Pokus potvrdil první i druhou část hypotézy, a tedy že se ovce domácí byla schopna naučit vypracovat pachovou stopu člověka stejnou metodikou jako pes a že pes byl při vypracování stopy bodově úspěšnější než ovce.

## 9 Literatura

Acevedo C. A., Sanchez E. Y., Reyes J. G., Young M. E. 2007. Volatile Organic Compounds Produced by Human Skin Cells. *Biological Research* **40**:347-355.

Araneda R. C., 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(3)**: 746-756.

Barlow-Irick P. 2012. How 2 Train A. Create Space Independent Publishing Platform, Blanco.

Barrions, A. W., Sánchez-Quinteiro, P., Salazar, I. 2014. Dog and mouse: Towards a balanced view of the mammalian olfactory system. *Frontiers in Neuroanatomy* **8**: 106.

Beitz A. J., Fletcher T. F. 1993. *The Brain, Miller's anatomy of the dog*. Saunders Company. Ithaca, New York.

Belluscio L., Gold G. H., Nemes A., Axel R. 1998. Mice deficient in G(olf) are anosmic. *Neuron* **20**: 69-81.

Breer H., Fleischer J., Strotmann J. 2006. The sense of smell: multiple olfactory subsystems Cellular And Molecular. *Life Sciences* **63 (13)**: 1465-1475.

Breer H., Hoppe R., Kaluza J., Levai O., Strotmann J. 2005. Olfactory subsystems in mammals: Specific roles in recognizing chemical signals? *Chemical senses* **30**: 144-145.

Brewer W.J., Castle D., Pantelis C. 2006. *Olfaction and the Brain*. Cambridge, United Kingdom.

Buck L. B. 2004. Olfactory receptors and odor Coding in Mammals. *Nutrition Reviews* **11(62)**:184–188.

Butler, A. B., Hodos, W. 2005. *Comparative Vertebrate Neuroanatomy: Evolution and Adaptation*. John Wiley and Sons. Hoboken, Now Jersey.

Caroprese A., Gabbanini S., Beltramini C., Lucchi E., Valgimigli L. 2009. HS-SPME-GC-MS analysis of body odor to test the efficacy of foot deodorant formulations. *Skin Research and Technology* **15**:503–510.

Clark R.E. 2004. The classical origins of Pavlov's conditioning. *Integrative physiological and behavioral science* **39**-279–294.

Correa R. G., Matsui T., Tergaonkar V., Rodriguez-Esteban C., Izpisua-Belmonte J. C., Verma I. M. 2005. Zebrafish IkappaB kinase 1 negatively regulates NF-kappaB activity. *Current biology* **15(14)**: 1291-1295.

Craven B. A., Neuberger T., Paterson E., Webb A., Josephson E. M., Morrison E. E., Settles G. S. 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 and evolutionary biology* **290 (11)**: 1325-1340.

Curran A. M., Rabin S. I., Prada P. A., Furton K. G. 2005. Comparison of the volatile organic compounds present in human odor using SPME-GC/MS. *Journal of Chemical Ecology* **31(7)**.

Curran A. M., Rabin S. I., Prada P. A., Furton K. G., 2006. On the Definition and Measurement of Human Scent, *Journal of Chemical Ecology*. **32**:1617-1623

Curran A. M., Ramirez C. F., Schoon A. A., Furton K. G. 2007. The frequency of occurrence and discriminatory power of compounds found in human scent across a population determined by Spme-Gems. *Journal of Chromatography. B, Analytical Technologies in the Biomedical and Life Sciences* **846 (1-2)**: 86-97.

DeGreeff L. E., Curran A. M., Furton K. G. 2011. Evaluation of selected sorbent materials for the collection of volatile organic compounds related to human scent using non-contact sampling mode. *Forensic Science International* **209(1-3)**: 133-142.

DeMaria S., Ngai J. 2010. The cell biology of smell. *Journal of Cell Biology* **191**:443-452.

Dylevský I. 2009. *Funkční anatomie*. Grada: Praha, Česká republika.

Dyson G. M. 1938. The scientific basis of odour., *Chemistry & Industry*. **57**:647-651.

Evans H. E. 1993. *The Respiratory System, Miller's anatomy of the dog*. Saunders Company. Ithaca, New York.

Fugazza C., Moesta A., Pogány Á., Miklósy Á. 2018. Social learning from conspecifics and humans in dog puppies. *Scientific Reports*, **8**: 9257.

Gallagher M., Wysocki C. J., Leyden J. J., Spielman A. I., Sun G. Preti X. 2008. Analyses of volatile organic compounds from human skin. *British Journal of Dermatology* **159**:780-791.

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.

Gerritsen R., Haak R. 2001. K9 Professional Tracking: A Complete Manual for Theory and Training. Detselig Enterprises Ltd. Calgary, Canada.

Harvey L.M., Harvey J.F. 2003. Reliability of Bloodhounds in Criminal Investigations. *Journal of Forensic Sciences* **48(4)**:811-6.

Hasegawa Y., Yabuki M., Matsukane M. 2004. Identification of new odoriferous compounds in human axillary sweat. *Chemistry and Biodiversity* **1 (12)**: 2042-2050.

Havlíček J., Lenochová P. 2006. The edect Meat Consumption on Body Odor Attractiveness, Department of Antropology. *Chemical Sense* **31(8)**: 747-752.

Hepper P.G., Wells D.L. 2005. How many footsteps do dogs need to determine the direction of an odour trail? *Chemical Senses* **30**:291–298.

Chessa B., Pereira F., Arnaud F., Amorim A., Goyache F. 2009. Revealing the history of sheep domestication using retrovirus integrations. *Science* **324**: 532–536.

Jacquemetton C., Drexler A., Kellerman G., Bird D., VanVAIkenburgh B. 2021. The impact of extreme skullmorphology in domestic dogs on cribriform plateshape. *Anat rec* **304**:190-201.

Jezierski T., Ensminger J., Papet L.E. 2016. Canine Olfaction science and law: Advances in forensic science, medicine, conservation, and environmental remediation, CRC Press, Cincinnati, Ohio.

Jia H. et al., 2014. Functional MRI of the olfactory system in conscious dogs, PLoS ONE.

Jinn J., Connor E. G., Jacobs L. F. 2020. How ambient environment influences olfactory orientation in search and rescue dogs. *Chemical Senses* **45(8)**: 625-634.

König H. E., Liebich H. G. 2002. *Anatómia domácich cicavcov 2. diel: Splanchnológia, cievy a nervový systém*. Bratislava, Slovenská republika.

Keverne, E. B. 1999. The Vomeronasal Organ. *Science* **286**: 716–720.

Kim K.H., Jahan S.A., Kabir E. 2012. A review of breath analysis for diagnosis of human health. *TrAC Trends in Analytical Chemistry* **33**:1-8.

Kusano M., Mendez E., Furton K. G. 2001. Development of headspace SPME method for analysis of volatile organic compounds present in human biological specimens. *Analytical and Bioanalytical Chemistry* **400 (7)**:1817-1826.

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**: 553–566.

Leyden J. J., McGinley K. J., Hölzle E., Labows J. N., Kligman A. M. 1981. The microbiology of the human axilla and its relationship to axillary odor. *The Journal of Investigative Dermatology* **77 (5)**: 413–416.

Liberles S., D. 2014. Mammalian Pheromones. In *Annual Review of Physiology* **76**: 151-175.

Liddell K., L. 1976. Smell as a diagnostic marker. *Postgraduate Medical Journal* **52 (605)**:136-138.

Lledo P. M., Gheusi G., Vincent J. D. 2005. Information processing in the mammalian olfactory system. *Laboratory of Perception and Memory* **85(1)**:281-317.

Lněničková J., Doležal P., Cinková P., Vypllová P., Pinc L., Vyhnálek, Škeříková V., Urban Š. 2017. Vlastnosti lidské pachové stopy a multiplicita pachové signatury. *Kriminalistický sborník* **2**.

Lorenz K. 1993. *Základy etologie*. Academia Praha.

Lund N. 2012. *Inteligence a učení*. Grada Praha

Mouly A-M., Fort A., Ben-Boutayab N., Gervais R. 2001. Olfactory learning induces differential long-lasting changes in rat central olfactory pathways. *Pubmed* **102(1)**: 11-21.

Munk S., Munch P., Stahnke L., Adler-Nissen J., Schieberle P. 2000. Primary odorants of laundry soiled with sweat sebum: influence of lipase on the odor profile. *Web of Science* **3 (4)**: 505-515.

Murphy J., Arkins S. 2007. Equine learning behaviour. *Behavioural Processes* **76**: 1-13.

Marvan F., Hampl A., Hložánková E., Kresan J., Massanyi L., Vernerová E., Karel Jelínek. 1992. *Morfologie hospodářských zvířat*. Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha.

Mackintosh N. J. 1994. *Animal learning and cognition*, Academic Press, San Diego.



- Mikulica, V. 1991. Poznej svého psa. Dialog, Praha.
- Miller P. 2008. The Power of Positive Dog Training. Wiley Publishing, New Jersey.
- Najbrt R., Červený Č., Kaman J., Mikyska E., Štarha O., Štěřba O. 1980. Veterinární anatomie 1. Státní zemědělské nakladatelství, Praha.
- Negus V. 1959. The Comparative Anatomy and Physiology of the Nose and Paranasal Sinuses. Medical Journal of Australia 2 **(10)**: 323-324.
- Noël F., Pierard-Franchimont C., Pierard G. E., Quatresooz P. 2012. Sweaty skin, background and assessments. International journal of dermatology **51 (6)**: 647-655.
- Penn D., Potts W. 1998. How do major histocompatibility complex genes influence odor and mating preferences? Adv. Immunology **69**: 411.
- Prada P. A., Curran A.M., Furton K.G. 2014. Human scent evidence, CRC Press, Boca Raton, Florida.
- Ramotowski R. S. 2001. Composition of latent print residue. In: Lee, H. C. and Gaensslen, R. E. Advances in Fingerprint Technology. Boca Raton, Florida.
- Ramirez K. T. 1999. Animal Training: Successful Animal Management through Positive Reinforcement. Shedd Aquarium Society. Chicago.
- Rigterink A., Hout K. 2014. Genetics of canine behavior. World Journal of Medical Genetics **4(3)**: 46-57.
- Rooney N. J., Cowan S. 2011. Training methods and owner–dog interactions: Links with dog behaviour and learning ability. Applied Animal Behaviour Science **132**: 169–177.
- Salazar I., Cifuentes, J. M., Sanchez-Quinteiro P. 2013. Morphological and Immunohistochemical Features of the Vomeronasal System in Dogs. Anatomical Record Advances in Integrative Anatomy and Evolutionary Biology **296 (1)**: 146-155.
- Serpell J., Jagoe J. A. 1995. Early experience and the development of behaviour. The Domestic Dog: Its Evolution, Behaviour and Interactions with People. Cambridge University Press, United Kingdom.

Settles G. S., Kester D. A., Dodson-Dreibelbis L. J. 2003. Sensors and Sensing in Biology and Engineering. Springer-Verlag, Vienna.

Schmidjell T., Range F., Huber L., Virányi Z. 2012. Do owners have a Clever Hans effect on dogs? Results of a pointing study. *Psychology* **3**:558.

Schoon E., Haak R. 2002. K9 Suspect Discrimination Training and Practicing Scent Identification Line – Ups. National Library of Canada in Publication Data, Canada.

Silveira-Moriyama L., Glass P., Rajan S., Carvalho R., Reis F., Penatti C. A. A., Muio V. 2016. The Hitchhiker's guide to the rhinencephalon. *Arquivos De Neuro-Psiquiatria* **74 (4)**: 329-336.

Skinner B. F. 1935. Two Types of Conditioned Reflex and a Pseudo Type. *Journal of General Psychology* **12**: 66–77.

Steen J.B., Wilsson E. 1990. How do dogs determine the direction of tracks? *Acta Physiologica Scandinavica* **139**:531-534.

Storan M., J., Key B. 2006. Septal organ of Gruneberg is part of the olfactory system. *Journal of Comparative Neurology* **494**: 834-844.

Stockham R.A., Slavin D.L., Handler B., Kift W. 2004. Survivability of Human Scent. *Forensic Science Communications* **6(4)**.

Straus, J., Kloubek, M. 2010. *Kriminalistická odorologie*. Aleš Čeněk, s.r.o., Plzeň.

Syrotuck W. G. 1972. *WG Scent a Scenting Dog*. Arner Publications. Řím, New York.

Syrotuck W., G. 2000. *Scent and the scenting dog*. Barkleigh Productiobns, Pensilvanina.

Šusta F. 2014. *Trénink je rozhovor, ve kterém má i váš pes co říct*. Nakladatelství Plot, Praha.

Taniguchi K., Saito S. 2011. Phylogenic Outline of the Olfactory System in Vertebrates. *Journal of veterinary medical science* **73 (2)**:139-147.

Thesen A., Steen J.B., Døving K.B. 1993. Behaviour of dogs during olfactory tracking. *The Journal of experimental biology* **180**:247–251.

Trojan S., Langmaier M. (eds.). 2003. *Lékařská fyziologie*. Grada Publishing. Praha, Česká republika.

- Van Valkenburgh B., Theodor J., Friscia A., Pollack A., Rowe T. 2004. Respiratory turbinates of canids and felids: A quantitative comparison. *Journal of Zoology* **264**:281-293.
- Veselovský Z. 2008. *Etologie: biologie chování*. Academia, Praha.
- Walker D. B., Walker J. C., Cavnar P. J., Taylor J.L., Pickel D.H., Hall S.B., Suarez J.C. 2006. Naturalistic quantification of canine olfactory sensitivity. *Applied Animal Behaviour Science* **97**:241-254.
- Wayne R.K., Vonholdt B.M. 2012. Evolutionary genomics of dog domestication. *Mammalian Genome* **23**:3-18.
- Yamazaki, K., Beauchamp G. K. 2005. Chemosensory Recognition of Olfactory Individuality. *Chemical Senses* **30 (1)**:142–143.
- Yilmaz B., Yildiz H., Akkoc C. O., Arican I. 2008. Vomeronasal organ in Labrador retriever dog (*Canis familiaris*). *Bulletin of the Veterinary Institute in Pulawy* **52 (1)**: 185-188.
- Zeder M. A. 2008. Domestication and early agriculture in the Mediterranean Basin: origins, diffusion, and impact. *Proc Natl Acad Sci USA* **105**: 11597–11604.
- Zeng X. N., Leyden J.J., Spielman A.I., Preti G. 1996. Analysis of characteristic human female axillary odors: qualitative comparison to males. *Journal Chemical Ecology* **22**: 237–25