

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra etologie a zájmových chovů

Centrum pro výzkum chování psů



**Porovnání schopnosti psů a fen rozpoznat směr,
kterým vede pachová stopa člověka**

Bakalářská práce

Autor práce: Stanislav Hromas

Obor studia: Kynologie

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

© 2020 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci " Porovnání schopnosti psů a fen rozpoznat směr, kterým vede pachová stopa člověka " jsem vypracoval 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 autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 17.7.2020

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval Ing. Ludvíku Pincovi, Ph.D. za odborné vedení a poskytnutí cenných rad při zpracovávání mé bakalářské práce.

Porovnání schopnosti psů a fen rozpoznat směr, kterým vede pachová stopa člověka

Souhrn

Čich společně s chutí je jedna z forem chemorecepce u psů. Už během domestikace psa si lidé uvědomovali tuto formu chemorecepce a postupem času jí začali využívat ke svému prospěchu (Jeziński et al. 2016). V dnešní době v rámci bezpečnostních složek je využití psů pro jejich čich nepostradatelný. Zejména při pronásledování pachatelů trestných činů po jejich odchodové trase z místa činu. I velmi opatrný pachatel může nepozorovaně opustit místo činu, aniž by zanechal otisky prstů, vlasy nebo jiné důkazy, ale je prakticky nemožné, aby nezanechal na místě činu stopy svého pachu. A to i po krátkou dobu pobytu na místě činu nebo dokonce i přes pokus pachatele zamaskovat stopy požárem nebo výbuchem (Prada et al. 2014). Vzhledem k tomu, že jsou psi využíváni k pátrání po pachatelích trestných činů nebo k hledání ztracených osob, musí být použité pátrací metody spolehlivé.

V průběhu tohoto experimentu byla testovaná stopovací metoda zvaná tracking využívána převážně u Policie ČR. Cílem bylo porovnat schopnost policejních fen a psů, rozpoznat směr, kterým vede pachová stopa člověka a tuto stopu sledovat. Úspěšnost se testovala tak, že byla vytvořena pachová stopa dlouhá cca 100 m. Kolmo na tuto stopu byl přiveden psovod se psem a zhruba deset metrů před touto stopou psovod vypustil psa k vyhledávání. Jakmile pes překřížil pachovou stopu, musel se rozhodnout, zda půjde doleva nebo doprava. Každý pes takto vyhodnotil 10 pachových stop, kdy pět stop bylo levostranných a pět pravostranných. Experimentů se zúčastnilo celkem 12 psů, celá tato skupina byla rozdělena na polovinu dle pohlaví.

Bylo prokázáno, že psi jsou schopni rozpoznat správný směr za pomoci stopovací metody tracking s malou úspěšností. Žádný pes z celé skupiny nebyl schopný určit správně všech deset stop. U psů s průměrnými výsledky klesla dokonce jejich úspěšnost pod hranici 50 %. Z celkových výsledků lze stanovit, že feny byly úspěšnější než psi. Dále celá skupina psů je úspěšnější při rozpoznávání stopy vedoucí zleva doprava. Z dvanácti psů měl pouze jeden pes nejlepší výsledky. Konkrétně se jednalo o policejní fenu určenou na vyhledávání drog, která vyhodnotila pouze jednu stopu špatně.

Závěr této práce zhodnocuje, zda je tato stopovací metoda vhodná pro praktické využití psů v bezpečnostních složkách, zejména u Policie ČR a zároveň předkládá náměty k dalším studiím.

Klíčová slova: pachová stopa, pachový gradient, policie, čichový práh

Comparison of the ability of male and female canines to follow correct direction of human scent tracks

Summary

The sense of smell, accompanied by taste, is one of the forms of chemoreception. It was the time of canine domestication when people became aware of this form of chemoreception and began to benefit from it (Jeziński et al. 2016). Security forces find dogs and their sense of smell irreplaceable, mostly when following the suspect on their fleeing trace from the crime scene. The most careful offenders can flee the crime scene unnoticeably - not even leaving any fingerprints, hair, or other material evidence behind them. However, it is still impossible to flee without leaving any scent behind, no matter how short was the time spent on the crime scene nor if methods, such as fire or explosion, were used to cover the scent (Prada et al. 2014). As the dogs track suspects of crimes or missing people, it is necessary to use only reliable investigation methods.

In this experiment, a method called "tracking" was tested, as it is the one most frequently used by the Police of the Czech Republic. It aimed to compare the abilities of police female and male dogs to distinguish the direction of the human scent trace and to follow this trace correctly. The success rate was tested on a 100 meters long scent trace. A dog handler with a dog was brought squarely to this scent trace. The dog was unleashed approximately 10 meters in front of the scent trace. Once the dog crossed the scent trace, it had to decide whether he or she continued to the left or the right side. Each dog evaluated 10 different scent traces, 5 being left-sided and 5 being right-sided. A group of 12 dogs participated in this experiment, divided into two halves according to their gender.

The results indicated that the dogs, using the "tracking" method, were able to distinguish the correct direction of the scent trace with a rather low success rate. None of the dogs was able to identify all the 10 traces correctly. Dogs with average results had a success rate of less than 50 %. Based on the overall results, it is possible to conclude that female dogs were more successful than male dogs. The whole group was more successful to identify the trace leading from the left to the right side. Out of 12 dogs, only one had a higher success rate than the others - a female dog trained to search for drugs evaluated only one trace incorrectly.

The conclusion of this experiment discussed whether this method of tracing is suitable for practical use by security forces - mainly in the Police of the Czech Republic, and proposes some ideas for future studies.

Keywords: scent trail, odor gradient, police, olfactory threshold

Obsah

1	Úvod	7
2	Cíl práce	8
3	Literární rešerše	9
3.1	Olfaktorický systém psa ve službách člověka	9
3.2	Olfaktorický systém	10
3.2.1	Anatomie čichového ustrojí psa	10
3.2.2	Proudění vzduchu v nosní dutině	13
3.2.3	Olfaktorický epitel	14
3.2.4	Vomer nazální orgán	16
3.2.5	Přenos vzruchu z receptoru do mozku	17
3.3	Složení pachu a jeho vznik	18
3.3.1	Vlastnosti lidského pachu	18
3.3.2	Produkce lidského pachu	19
3.3.3	Pachová signatura	20
3.3.4	Princip uvolnění lidského pachu do prostředí	21
3.3.5	Pes na pachové stopě	22
3.3.6	Kontaminace pachové stopy	24
3.3.7	Faktory ovlivňující pachovou stopu	24
4	Materiál a metody	26
4.1	Použití psi	26
4.1.1	Zúčastnění psovodi	26
4.2	Průběh experimentů	27
4.2.1	Kladení pachových stop	27
4.2.2	Vypracování pachových stop	27
5	Výsledek	29
5.1	Statistické zhodnocení výsledků	30
6	Diskuze	35
7	Závěr	38
8	Literatura	39

1 Úvod

Pes domácí je jedno z prvních domestikovaných zvířat a dle genetických a archeologických analýz lze datovat první domestikované psy již před 15 000 lety (Wayne & Vonholdt 2012). Člověk během této domestikace začal postupně využívat i olfaktorické schopnosti psů. V prvopočátku byli psi využíváni při lovu převážně ke stopování zvěře, později však začal člověk využívat jejich čich ke stopování lidí (Serpell & Jagoe 1995). Již první doklady o využití psů při lovu pocházejí ze starověku z predynastického Egypta na nalezených petroglyfech. Ty znázorňují lovce s lukem a psem (Winkler 1938). Další archeologické vykopávky dokládají, že Asyřané již v 7 století př.n.l. využívali mohutné psy k lovu (Lindsay 2013).

Přes veškeré technologie dnešní doby je využití psiho čichu stále aktuální a nenahraditelné. Psovití jako makrosomatická zvířata mají nenahraditelné čichové schopnosti, které převyšují schopnosti mikrosomatického člověka (Walker et al. 2003). Tato vlastnost je dodnes využívaná bezpečnostními složkami při stopování konkrétního člověka ve volné přírodě (Brisbin et al. 2000; Browne et al. 2006). V současné době jsou ke stopování ve volné přírodě využívány dvě tréninkové metody. Jedna z metod se nazývá TRACKING a druhá TRAILING. Obě metody se od sebe liší dle preference pachu na stopě (Curran et al. 2005). Stejně tak jsou mezi těmito metodami velké rozdíly, co se týče úspěšnosti (Harvey & Harvey 2003; Wells & Hepper 2003; Woidtke et al. 2018).

V experimentální části této práce bude zjišťováno, zda je tréninková metoda tracking spolehlivá a vhodná pro praktické využití psů v rámci bezpečnostních složek. Spolehlivost bude stanovena v návaznosti na úspěšnost psů při určování správného směru pachové stopy.

2 Cíl práce

Cílem práce je porovnat schopnost policejních fen a psů, rozpoznat směr, kterým vede pachová stopa člověka a tuto stopu sledovat.

3 Literární rešerše

3.1 Olfaktorický systém psa ve službách člověka

Již od starověku lze datovat využívání olfaktorických schopností psa ku prospěchu lidí. Převážně bylo využíváno psů k lovu a vyhledávání lovené zvěře. Dále bylo využíváno psů k pronásledování zločinců, otroků na útěku nebo ke střežení nejrůznějších objektů. Postupem času se člověk naučil využívat více olfaktorických schopností psa (Lorenzo et al. 2003). V policejní praxi bylo psů využíváno již před první světovou válkou a v meziválečném období zejména v USA a v Evropě. Olfaktorického systému psa bylo zejména využíváno při pronásledování nejrůznějších pachatelů trestných činů a uprchlých vězňů. Dále bylo využíváno psů k pátrání po předmětech pocházející z trestné činnosti. Policejní sbory psy nevyužívaly pouze k represivním účelům, ale psi byli nasazováni také k pátrání po pohřešovaných osobách (Schoon & Haak 2002). Od těchto dob do současnosti se člověk naučil cvičit psy k vyhledávání nejrůznějších pachů a to jak biologického, tak nebiologického charakteru (Matsunaka & Koda 2008). U Policie ČR je využívána metoda pachové identifikace osob na základě zajištěného pachu z místa činu (Straus & Kloubek 2010). Postupem času člověk dokázal vycvičit psa k detekci zhoubných nádorových bujení (Pickel et al. 2004; Willis et al. 2004). Psi jsou cvičeni a využíváni k vyhledávání lidských ostatků ukrytých hluboko pod zemí nebo pod vodní hladinou (Rebmann et al. 2000; Oesterhelweg et al. 2008; Osterkamp 2011). Nejsou to ale pouze pachy lidí, co jsou psi schopni vyhledat. Na hraničních přechodech nebo letištích jsou psi cvičeni k vyhledávání pachu biologického původu tzn. nejrůznějších rostlin a živočichů. Tím pomáhají vyhledávat nelegálně přepravované rostliny a živočichy chráněné zákony a mezinárodními úmluvami (Engeman et al. 1998, 2002). Biologové využívají olfaktorických schopností psa také při detekci nejrůznějších škůdců v ekosystému. Jedná se zejména o detekci termitů (Brooks et al. 2009). Zootechniky je využívána metoda, kdy pes dokáže detekovat z vaginální tekutiny, mléka nebo moči říji u krav (Hawk et al. 1984).

Z nebiologického pachu je v průmyslu využíváno psů k detekci skryté koroze (Schoon et al. 2014). Policejními sbory jsou z nebiologického pachu nejvíce využíváni psi k vyhledávání omamných a psychotropních látek (Jeziarski et al. 2014). Stejně tak je využito psů i k vyhledávání výbušnin, tabáku, bankovek (Lorenzo et al. 2003), nebo k vyhledávání reziduí akceleračních hoření na místě požáru (Kurz et al. 1994). Po druhé světové válce se začalo využívat psů, a to jak v armádě, tak i u policie k vyhledávání výbušnin, nástražných výbušných systémů a min. V současné době je tato problematika napříč světem nejvíce využívána pro boj s terorismem (Gazit & Terkel 2003).

3.2 Olfaktorický systém

Čich je jeden z prvních smyslů obratlovců a fylogeneticky se objevil nejdříve mezi ostatními smysly a pozoruhodně přispívá k rozvoji neokortexu u savců. Olfaktorický systém se skládá z čichového orgánu a primárního a vyššího čichového centra (Taniguchi et al. 2011).

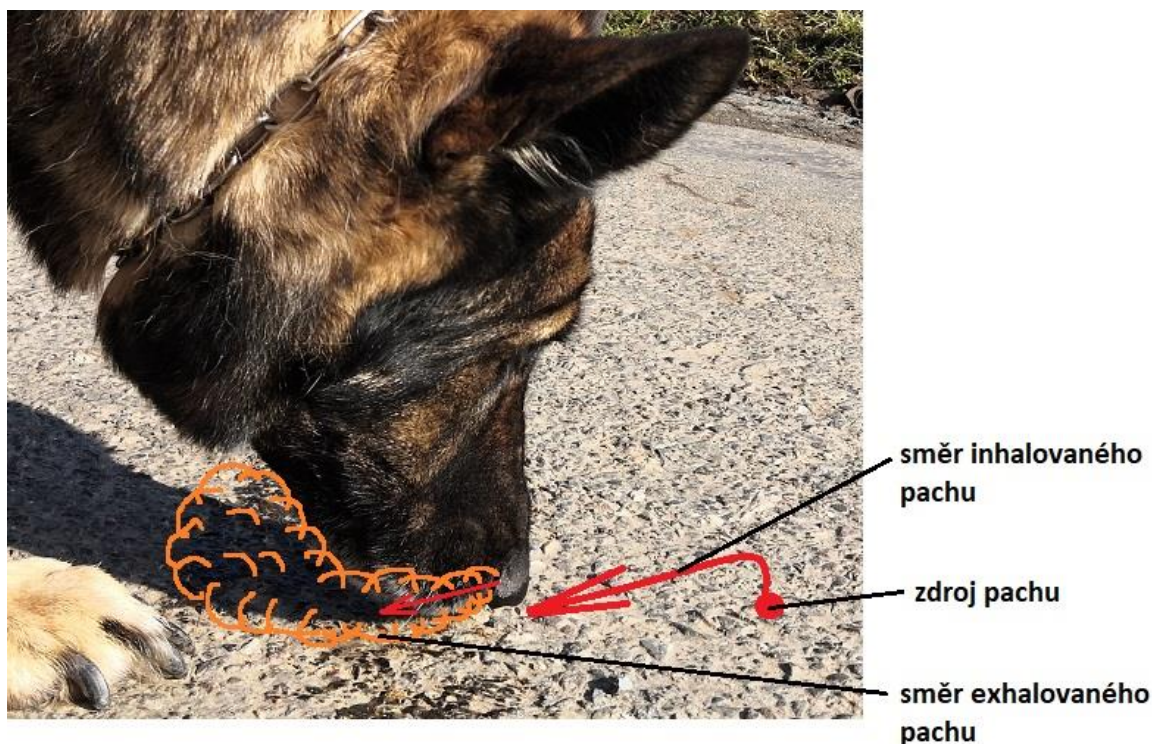
Olfaktorický systém u psa stejně tak jako u všech savců je vyvíjen již v prenatalním období. Bylo zjištěno, že nenarozená štěňata jsou schopna prenatalního učení, a to tak, že vybraná štěňata byla vystavena chemickým impulsům anýzu přes stravu matky. Ta štěňata, která byla vystavena v prenatalním období anýzu dávala, po porodu přednost této látce rozpuštěné ve vodě před obyčejnou vodou (Wells & Hepper 2006). Na olfaktorické percepci se podílí dva systémy. První je hlavní olfaktorický systém (Breer et al. 2006) a druhý je vomeronázální systém (Døving & Trotier 1998; Keverne 1999; Witt & Woźniak 2006).

Signály z čichového receptoru směřují do primárního olfaktorického centra, který se nazývá čichový kyj *bulbus olfactorius*, který se dělí na hlavní čichový kyj a přídatný čichový kyj (Taniguchi et al. 2011). Rovněž v jedné studii byl prokázán vliv lateralizace mozku u psů na vnímání pachů. Studií bylo zjištěno, že psi v počátečních fázích čichání nových stimulů pachu jako je jídlo, citron, vaginální sekrece a pachy bavlněného tampónu používali na počátku pravou nozdru. Postupně v pozdějších fázích pokusu při opakovaném vystavení těmto pachům, dávali přednost čichání z levé nozdry. Naopak při čichání podnětů jako je adrenalin a pot veterináře, použili psi v počáteční i konečné fázi pouze pravou nozdru (Siniscalchi et al. 2011).

3.2.1 Anatomie čichového ustrojí psa

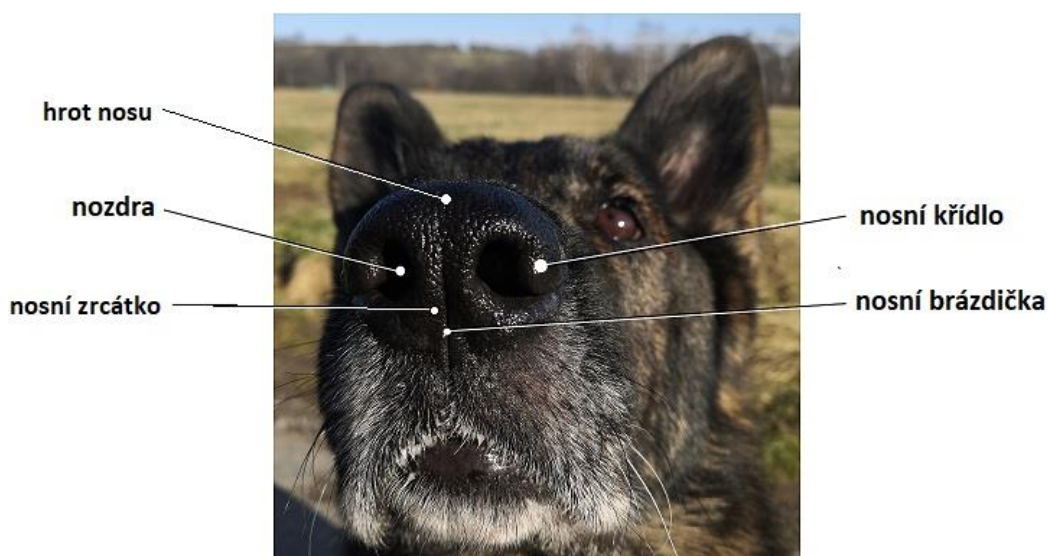
Čichové ústrojí psa je součástí dýchací soustavy a začíná nozdrami, skrze ně vstupuje nasávaný vzduch do párové nosní dutiny – *cavum nasi* (Evans & De Lahunta 2013).

Nozdry psa mají zajímavý funkční mechanismus a to, že dokáží svými nozdrami přesně ovládat proud exhalovaného vzduchu. Například pes dokáže inhalovat zdroj pachu a přitom exhalovat vzduch nozdrami šikmo za sebe (viz obrázek 1). Pes je také schopný inhalovat do nozder vzduch cca 10 cm od zdroje pachu. Tímto je zajištěno, že pes jde například po stopě a zároveň si přitom neodfukuje zdroj pachu (Settles et al. 2003).



Obrázek 1: Znázornění inhalace a exhalace vzduchu při čichání psa, plemeno německý ovčák (foto autor).

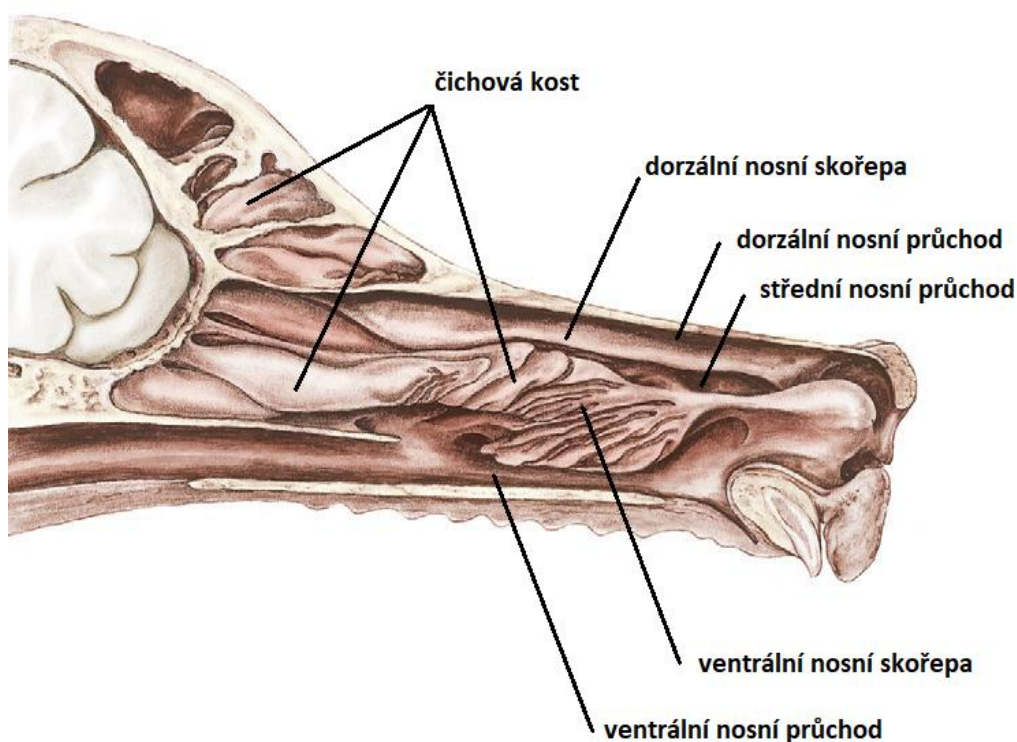
Další zajímavostí je struktura hrotu zevního nosu psa (viz obrázek 2), ta je utvořena velmi individuálně a lze ji použít k identifikaci psa podobně jako otisky prstů u lidí (Evans & De Lahunta 2013). Psi se svým čenichem dokáží ještě jednu zajímavost a to, že pes dokáže zamířit proud teplého vydechovaného vzduchu na očichávané místo a tím zdvihnout ze země molekuly s vyšší molekulovou hmotností. Bez této schopnosti by pes svým čichem nemohl tyto molekuly vnímat. 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 na rozdíl od elektrických detektorů (Müller-Schwarze 2006).



Obrázek 2: Popis zevního nosu psa, plemeno německý ovčák (foto autor).

Nosní dutina se dále dělí na část nosní předsíně, část dýchacích cest a část čichovou. Nosní předsíň a dýchací cesty jsou zodpovědné za ohřívání, ochlazení, zvlhčování a filtrování inhalovaného vzduchu před vstupem do dolních cest dýchacích. V kaudální části dýchacích cest se nachází část čichové bludiště (Craven et al. 2007). Evans také uvádí, že nasátý vzduch psem putuje do nosní dutiny, která se dělí na levou a pravou stranu. Nosní přepážka-*spetum nasi* odděluje obě tyto dutiny od sebe. Nosní dutina navazuje na nosní předsíň v přední části. V zadní části nosní dutiny směrem dolu se nachází nosohltanový průchod. Čichové bludiště s čichovým epitelem je uloženo v kaudální části nosní dutiny.

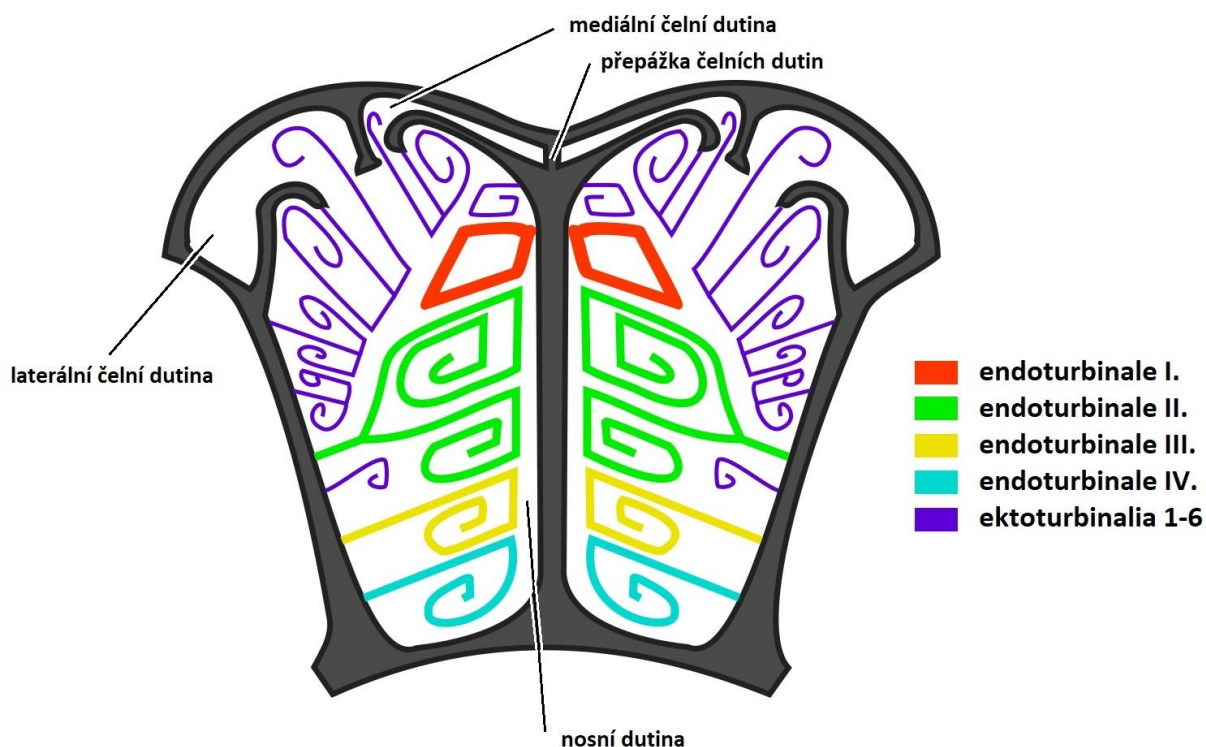
Dorzální a ventrální nosní konchy jsou skořepky, které oddělují horní část nosní dutiny na nosní průchody. Nosní skořepky jsou lehce osifikované nebo chrupavčité svitky lamel, které jsou pokryty nosní sliznicí pokrývající větší část nosní dutiny (viz obrázek 3).



Obrázek 3: Anatomie nosní dutiny psa při mediálním pohledu (Evans & De Lahunta 2013).

Čichové skořepky (ethmoidální) jsou umístěny v zadní části nosní dutiny a jsou součástí čichové kosti a jeho bludiště. Osifikované jemné svitky nazývané jako *ethmoturbinalia* neboli čichové skořepky se dále dělí na ektoturbinalia a endoturbinalia. Skořepky jsou spojeny s vnější destičkou-*lamina externa* a řešetnou ploténkou-*lamina cribrosa*.

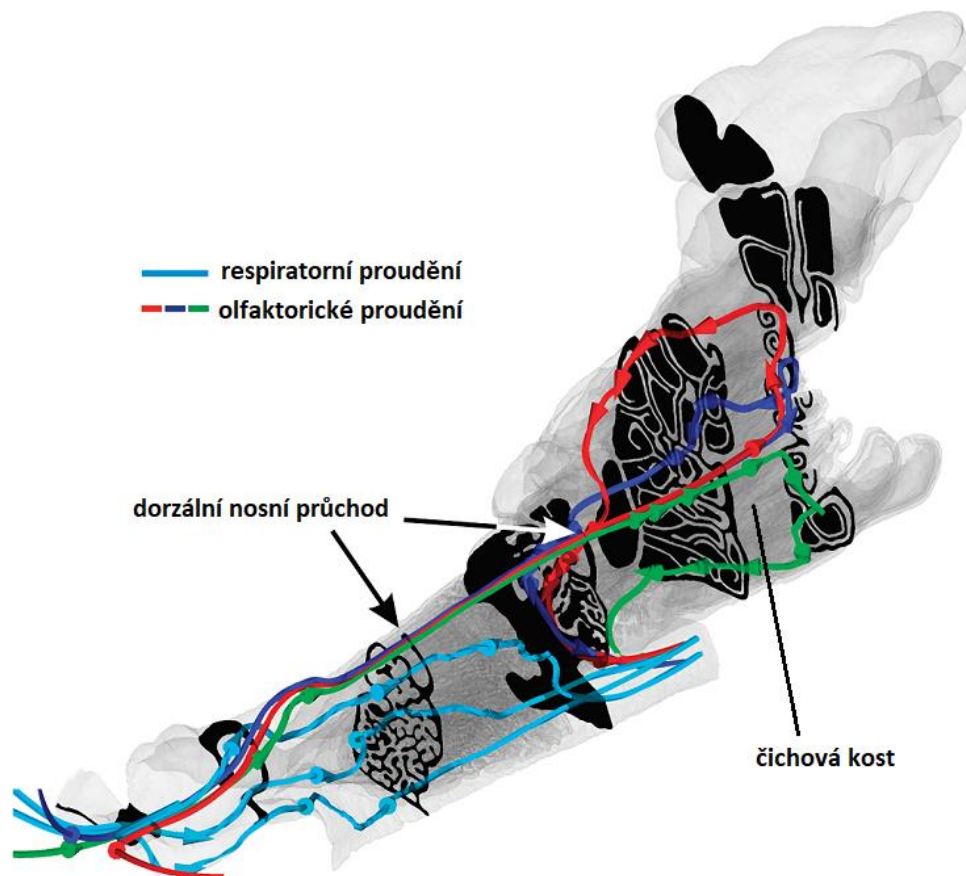
Ektoturbinalií je celkem šest na každé straně a nacházejí se v horní části bludiště. Čtyři endoturbinalia na každé straně jsou umístěna ve spodní části (viz obrázek 4). Dorzální skořepu tvoří kostěné svitky prvního endoturbinalie vystupující dopředu. Mediální nosní skořepu tvoří druhé endoturbinalie (Van Valkenburgh et al. 2004; Evans & De Lahunta 2013).



Obrázek 4: Anatomie čichové kosti psa v příčném průřezu s barevným vyobrazením umístění čichových skořepek (překresleno autorem podle: Červený et al. 1999).

3.2.2 Proudění vzduchu v nosní dutině

Psí dýchací cesty byly vyvinuty na zásobení vzduchu do plic a zároveň k vnímání pachu. Na základě toho se psí nos vyvinul ve dvě oddělené průtokové části (Craven et al. 2010). Proud vzduchu určený k dýchání prochází skrze nosní předsíň a dále skrze ventrální maxiloturbinátové skořepky. Proud vzduchu dále pokračuje skrze nosohltan a tím vstupuje do dolních cest dýchacích. Tento respirační proud vzduchu zcela obchází čichové skořepky. Proud vzduchu nesoucí odoranty pachu proudí složitější cestou. Takovýto proud vzduchu nejprve prochází skrze dorzální nosní průchod, čímž zcela obchází maxiloturbinální skořepky a následně míří až na konec čichové kosti. Na konci čichové kosti se proud vzduchu otáčí o 180° a proudí směrem k nosohltanu skrze periferní čichové skořepky. Hlavní rozdíl mezi různými variantami olfaktorického proudění je v době setrvání tohoto proudění v čichové kosti. Olfaktorický proud, který prochází skrze dorzální čichové skořepky, setrvává uvnitř těchto skořep podstatně déle než proud vzduchu procházející skrze ventrální nebo laterální oblasti čichových skořep. Čichové proudění skrze nosní cesty zahrnuje pouze 15 % z celkového proudění inhalovaného vzduchu (viz obrázek 5) (Lawson et al. 2012).



Obrázek 5: Nosní dutina psa s vyobrazením respiratorního proudění a olfaktorického proudění (Lawson et al. 2012).

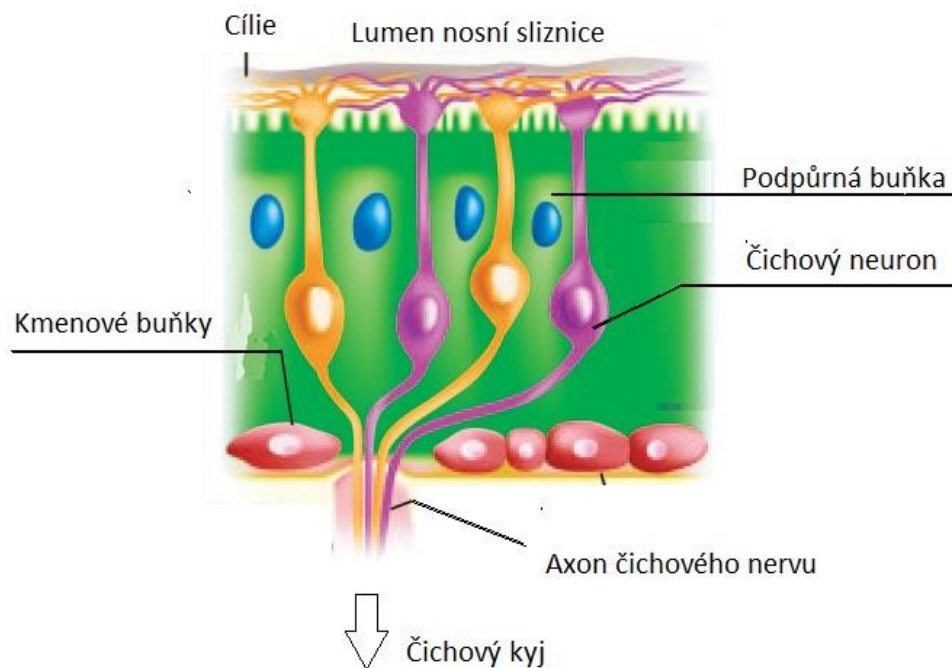
3.2.3 Olfaktorický epitel

Histologicky je nosní dutina psa pokryta čtyřmi druhy epitelu. Jedná se o dlaždicový, respiratorní, olfaktorický a přechodný epitel. Olfaktorický se nachází na povrchu ethmoturbinálí. Tento epitel je u psa výrazně větší co se týče plochy než u jiných domácích zvířat (Craven et al. 2007). Přejchod respiratorního epitelu na epitel olfaktorický, který je uložen hlouběji v nosní dutině není náhlý, ale přechází pozvolně (Evans & De Lahunta 2013). Čichový epitel slouží k převodu pachů z vnějšího prostředí do vnitřního prostředí. Je zodpovědný za správné kódování sensorických informací tisíců vonných stimulů. Čichový epitel je tvořen ze specializovaného čichového neuroepitelu, který přímo interaguje s inhalovanými odoranty. Tento epitel je výborně uzpůsoben, aby rozpoznal velkou rozmanitost molekul různých tvarů, velikosti nebo chemického složení, které budou dále dekódovány neuronovými obvody.

Čichový epitel je tvořen třemi typy buněk. První jsou smyslové bipolární buňky, druhé jsou podpůrné a poslední jsou kmenové buňky (viz obrázek 6) (Lledo et al. 2005). Smyslové buňky (čichové buňky) žijí obvykle 30-60 dní (Graziadei 1980). Jakmile smyslové bipolární buňky dozrávají, tak rozšíří jeden dendrit na povrch čichového epitelu a z tohoto konce dendritu vyčnívá několik cílů. Tyto cíle se následně zaboří do sliznice. Molekuly odorantu rozpuštěné v hlenu nosní dutiny se váží na tyto cíle (Lledo et al. 2005). Počet cílů na jednu čichovou buňku je mezi 10-60 (Morrison & Costanzo 1992). V čichové sliznici se také nachází Bowmanovy žlázy, které zásobují přísun nepřetržitěho sekretu v tenké vrstvě. Tento sekret pokrývá epitel společně s cíliemi čichových buněk a tím dochází k jejich oplachu (Getchell & Getchell 1992). Sekrece Bowmanových žláz plní dalších několik důležitých funkcí. Zejména zvyšuje přenos tepla, zvlhčuje inhalovaný vzduch, odvlhčuje exhalovaný vzduch, zajišťuje účinnou bariéru mezi inhalovanými škodlivými chemikáliemi a základní tkání sliznice. Absorbuje vonné molekuly a pomáhá při odstraňování inhalovaných mechanických částic pomocí mukociliárního transportu. Navíc bez této sekrece cíle odumře (Proctor & Andersen 1982). Sekret pokrývající čichový epitel je co se týče chemického složení odlišný od sekretu pokrývajícího respiratorní epitel (Getchell & Getchell 1992; Debat et al. 2007). Barva čichové sliznice se uvádí jako hnědě zbarvená sliznice, která je bohatě zásobena krví a spoustou nervů (Evans & De Lahunta 2013).

Plocha olfaktorického epitelu se různí dle plemene psa. Například u plemene „Německý ovčák“ je uváděna plocha cca 200cm². U plemene „Kokršpaněl“ se uvádí 67 cm² (Quignon et al. 2012). Citlivost psího čichu je odhadován o 8 log jednotek vyšší než čich člověka (Neuhaus 1953). K této problematice byla následně provedena řada nových studií, kdy se výsledky od sebe znatelně lišily (Niccolini 1954; Moulton et al. 1960; Krestel et al. 1984), ale nejlepších hodnot bylo dosaženo při experimentu za použití vycvičených psů pozitivním podmíněním. Výsledkem bylo, že psi byli schopni detekovat chemickou látku v koncentrátu 1,14 – 1,9 k bilionu (Walker et al. 2006).

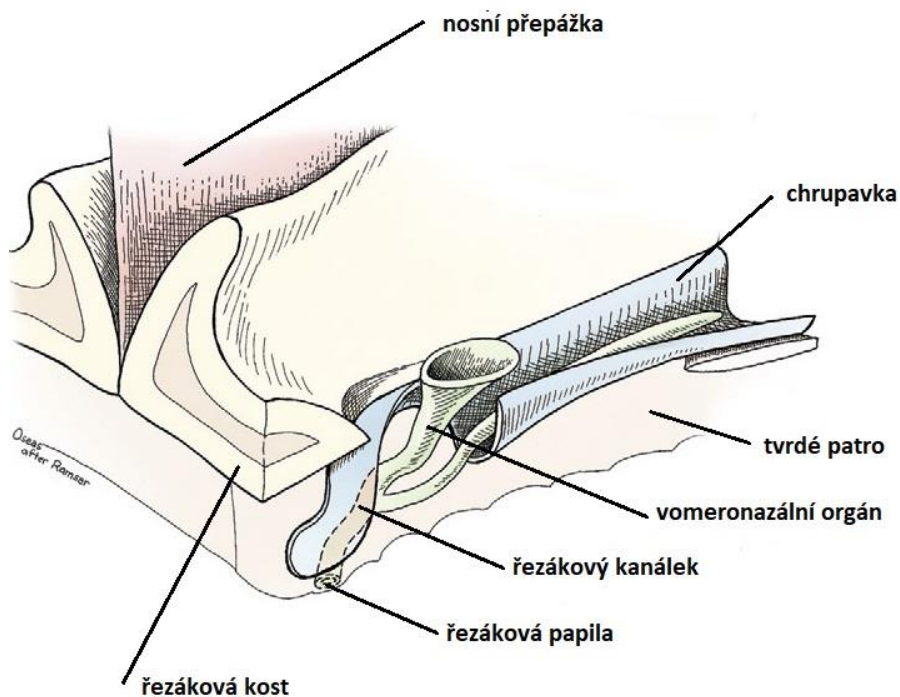
Olfaktorické receptory jsou u psa ovládané geneticky. Schopnost čichu psa je ovládaná dle jedné studie 971 olfaktorických genů, což dle odhadu dělá 80 % z celkového psího olfaktorického repertoáru (Olender et al. 2004). Další zdroj uvádí počet olfaktorických genu podílejících se na čichovém vjemu s obdobnými hodnotami a to 1 094 genů celkově. Procento pseudogenů je 20,3 %. Toto procento pseudogenů je u psa srovnatelné s myší nebo krysou. Zatímco množství pseudogenů u člověka je cca 50 % (Glusman et al. 2001; Malnic et al. 2004).



Obrázek 6: Detail čichové sliznice s čichovým nervem (Lledo et al. 2005).

3.2.4 Vomeronazální orgán

Jedná se o chemosenzorický orgán, který je dobře vyvinutý u plazů, obojživelníků, savců vyjma primátů, ale u ptáku zcela chybí (Stoddart & Stoddart 1980). Vomeronazální orgán (dále jen VNO), který se dříve nazýval Jacobsonův, je párový orgán umístěný rostrálně na základně nosní přepážky *septum nasi*. Je tvořen tubulárním váčkem čichového epitelu a částečně ohraničen chrupavkou *cartilago vomeronasalis*. Každý VNO komunikuje jak s nosní dutinou, tak s dutinou ústní na řezákové papile (viz obrázek 7). Čichový receptor ve VNO psa je neobvyklý v tom, že cílie jsou nepohyblivého typu. Nervové dráhy z VNO do vyššího nervového centra se liší od nervových drah normální čichové sliznice. Význam VNO byl dlouhou dobu neznámý, nyní je ale zřejmé, že hraje roli v sexuálním chování a rozpoznávání příbuzných jedinců pomocí feromonů (Evans & De Lahunta 2013). Podobnost mezi receptory na VNO a hlavním olfaktorickým orgánem je velká, bylo ale dokázáno, že tyto rozdíly zapřičiňují rozdílnost v detekci ligandů (Tirindelli et al. 1998). Rozdíl oproti hlavnímu olfaktorickému systému je, 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). U psů jako důkaz funkčnosti VNO slouží studie, kdy byla sledovaná skupina genů V1R. Bylo prokázáno 8 aktivních genů a 54 pseudogenů (Young et al. 2005).



Obrázek 7: Anatomie vomeronazálního orgánu psa (Evans & De Lahunta 2013).

3.2.5 Přenos vzruchu z receptoru do mozku

Na čichovém epitelu jsou rozmístěné receptorické buňky. Tyto buňky jsou bipolární s malým tělem a jediným dendritem tvořící jakýsi dendritický knoflík, ze kterého vystupují cílie. Na druhém konci je axon, který vede do olfaktorického kyje (viz obrázek 6) (Schild & Restrepo 1998). Axon vede do čichového kyje *bulbus olfactorius* skrze řešetnou ploténku. Axony se v čichovém kyji shlukují do glomerulu. Zde se signál zesiluje a pokračuje dále do mozku (Brewer et al. 2006). Na cíliích se nacházejí receptory a ty po interakci ligandu s příslušným receptorem aktivují heterotrimerický G protein ($G_{\alpha olf}$ plus $G_{\beta\gamma}$) (Belluscio et al. 1998). Aktivovaný $G_{\alpha olf}$ poté zaktivuje adenylyl cyklázu typu III (AC3). To vede k produkci cAMP z ATP. Cyklický AMP otevře nebo zavře CNG (cyclic nucleotide – gated) iontový kanál. Tím dojde k vyplavení Na^+ a Ca^{2+} a k depolarizaci buňky. Depolarizace je zesílena aktivací Cl^- kanálu uzavíraného Ca^{2+} . Cyklický AMP také aktivuje proteinovou kinázu A (PKA), která řídí další intracelulární děje včetně transkripce genů kontrolovaných cAMP (DeMaria & Ngai 2010).

3.3 Složení pachu a jeho vznik

3.3.1 Vlastnosti lidského pachu

Lidský pach lze rozdělit do tří kategorií. První lze nazývat primární pach. Tento pach je endogenního původu. Obsahuje složky, které jsou v průběhu času stabilní, a to bez ohledu na faktory výživy nebo faktory životního prostředí. Druhé sekundární pachy jsou také endogenního původu, ale jsou ovlivněny výživou a životním prostředím. V třetím terciálním pachu jsou obsaženy všechny složky v důsledku působení exogenních zdrojů (např. používání vody po holení, deodorantů, mýdla atd.) (Curran et al. 2007).

Richard H. Porter definoval lidský pach jako tzv. pachový podpis, který je jedinečný a geneticky řízený (Porter et al. 1985). Havlíček také uvádí, že axilární pach je individuálně specifický a potenciálně bohatý zdroj informací o jeho majiteli. Pachová individualita vyplývá částečně z genetické individuality jedince. Vliv ekologických faktorů jako například stravovací návyky, jsou dalším hlavním zdrojem variabilního pachu. O tom, jak určité potravinové složky formují lidský pach ale není doposud dostatek informací (Havlicek & Lenochova 2006). Na základě studie bylo uvedeno, že lidský pach také ovlivňují komplexy genů MHC (major histocompatibility complex) (Thornhill et al. 2003). Toto ovlivnění bylo také potvrzeno ve studii, kdy si jedinci hledali sexuální partnery na základě odlišnosti komplexu genu MHC za pomoci individuálního pachu. Tímto je snížena možnost inbreedingu v populacích či zvýšení imunokompetence (Penn & Potts 1999). Pachový podpis může dále ovlivňovat i vnitřní vyladění jedince (např. strach a stres). Lidský pach ovlivní náhlá stresová situace stejně tak i pomyšlení nad touto situací (Ackerl et al. 2002). Individuální pach může též ovlivňovat menstruační cyklus žen (Kuukasjärvi et al. 2004).

Podle jedné definice tělesný pach pochází z axilárních částí těla. Jedná se o apokrinní pot, který je při sekreci bez zápachu a sterilní. Zápach získává až následným působením mikroorganismu (Leyden et al. 1981). Bylo také dokázáno, že tento čerstvě vyprodukovaný pot je pro hmyz neatraktivní. Lidský pach svou atraktivnost pro hmyz získává právě až působením mikroorganismu a tím i typického zápachu (Verhulst et al. 2010). Stejných výsledků bylo dosaženo i v další studii o působení mikroorganismu na lidský pot (Ara et al. 2006). Nepříjemný zápach potu je způsoben bakteriálním a kvasinkovým působením na jejich molekuly. Ty jsou tímto rozkládány na menší molekuly (kyselina valerová, máselná apod.) (Caroprese et al. 2009). V nejrůznějších publikacích byla lidská kůže charakterizována přítomností čtyř hlavních typů bakteriální flóry, jmenovitě se jedná o bakterie *Staphylococci*, *Micrococci*, *Corynebacteria* a *Propionibacteria*. Propionibakterie lze znázornit jako gram pozitivní nemotilní tyčinky s nepravidelným krátkým větvením. U zdravých jedinců v dospělém věku se tento typ mikroflóry nachází v relativně velkém počtu na povrchu, zejména na oblastech bohatými na maz, jako jsou oblasti hlavy, hrudníku a zad. Oblasti kůže s velkým výskytem mazových žláz budou mít tedy mikroflóru typu *Propionibacteria*, zatímco vlhké oblasti těla mají vyšší koncentraci bakterií *Staphylococci* a *Corynebacteria* (Roth & James 1988; Romero-Steiner et al. 1990; Bojar & Holland 2002; Verhulst et al. 2010).

Lidský pach lze tedy celkově chápat jako soubor více nebo méně těkavých látek o různé koncentraci, odlišných fyzikálních a chemických vlastností. Tyto chemické látky jsou vylučovány z těla do okolního prostředí (Lněničková et al. 2017). Rozbor složení lidského pachu může také vědcům pomoci jako užitečný nástroj diagnostiky lidských chorob a infekcí (Prugnolle et al. 2009; Kim et al. 2012; Santonico et al. 2012).

3.3.2 Produkce lidského pachu

Lidská kůže plní řadu funkcí, avšak pro tuto práci je nejdůležitější, že obsahuje sekreční žlázy. Jedná se o ekrinní, apokrinní, sebaceální a speciální kožní žlázy (Ramotowaski 2001). Právě ekrinní, apokrinní a sebaceální žlázy jsou zodpovědně za produkci těkavých organických sloučenin (Noël et al. 2012). Na základě těchto funkčních skupin se těkavé organické látky řadí mezi alkoholy, aldehydy, alkany, estery, ketony a mastné kyseliny (Gallagher et al. 2008). Sekrece potu a tím i lidského pachu je řízena v hypotalamu a také teplotou krve. Množství potu vyloučeného z těla je v průměru 4-28 ml/min (Agache & Humbert 2004).

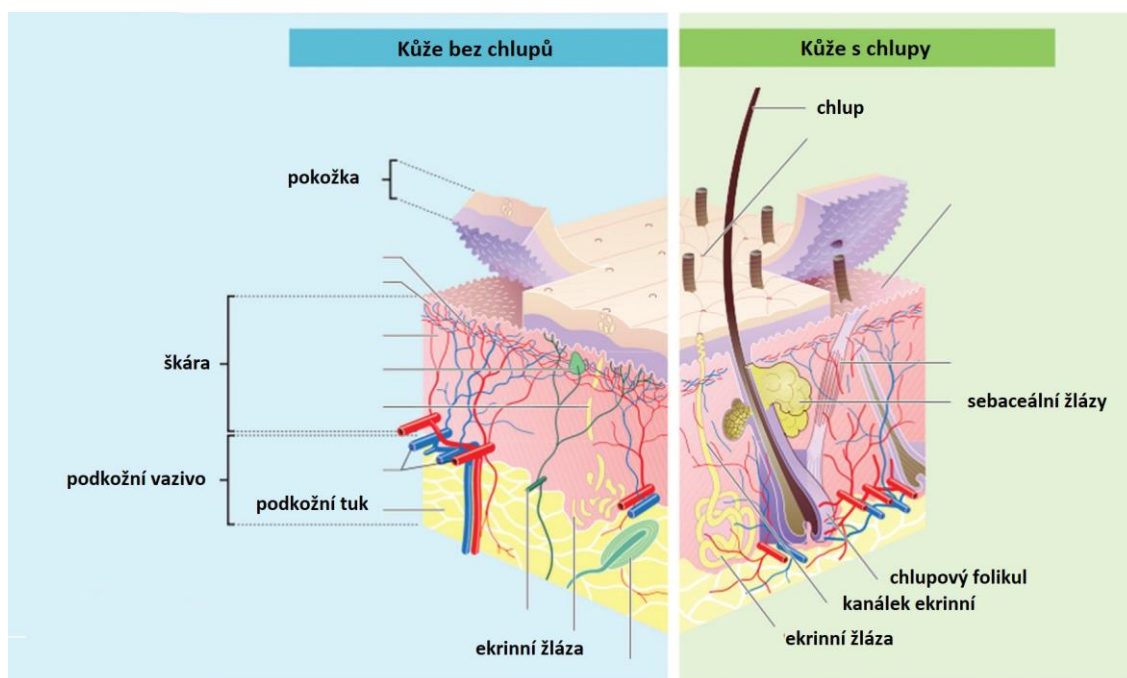
Lidská kůže (viz obrázek 8) obsahuje cca 3–4 miliony ekrinních žláz. Každá z těchto žláz vylučuje tekutý pot, který pomáhá při ochlazení teploty těla na 37,5 ° C. Ekrinní žlázy jsou schopny při maximální sekreci vyloučit až 3 litry tekutiny během hodiny. Největší koncentrace těchto žláz se nachází na dlaních a chodidlech. Žlázy mají dlouhé tenké kanály, které se otevírají přímo na povrchu kůže. Sekrece ekrinních žláz je řízena nervovou stimulací nervových vláken obmotaných okolo této žlázy. Rychlost sekrece přímo koreluje s teplotou kůže, ale může být také spojena s nervovými reflexy. Sekrece ekrinní žlázy je čirá bezbarvá a kyselá tekutina obsahující až 99% vody. Zbytek složení je připisován elektrolytům NaCl, K⁺ a HCO₃ (Tobin 2006). V lidském pachu sejmutým z rukou byla zjištěna sekrece ekrinních mazových žláz a pachy z mikrobiální degradace těchto sekretů. Chemie krevní plazmy je odrazem sekrece ekrinních žláz v návaznosti, že se tyto žlázy nacházejí v extracelulárním prostoru.

Apokrinní pot se tvoří v axilárních a anogenitálních oblastech a na prsních alveolách. Substanci těchto žláz tvoří i buněčná složka na rozdíl od ekrinních žláz (Freinkel & Woodley 2001). Apokrinní potní žlázy existují již od narození, ale jejich činnost začíná až na počátku puberty. Apokrinní žlázy jsou umístěny na chlupatých částech těla (tj. třísla, anální oblast, podpaždí, prsní bradavka a obličejová část s vousy). Kanálky těchto žláz vystupují na povrchu kůže skrze vlasové folikuly a vylučují stejně jako ekrinní žlázy slabě kyselý sterilní produkt. Apokrinní žlázy ale na rozdíl od ekrinních žláz vylučují silnější a viskóznější mléčný pot v souvislosti s vyšší koncentrací mastných kyselin a dalších sloučenin jako je například skvalen, triglyceridy, amoniak a cukry. Apokrinní žlázy nereagují na změnu tělesného tepla či emočních podnětů, jsou však spojeny se zvýšenou sekrecí (Jablonski 2008).

Hlavní funkce sebaceální žlázy je tvorba kožního mazu. Kožní maz je tvořen z odumřelých buněk sebaceálních žláz. Při extrakci kožního mazu tyto žlázy opět dorůstají. Řízení extrakce je uskutečněno hormonálním systémem (Pochi & Strauss 1974). Vlasové

folikuly bývají převážně spojovány se sebaceálními žlázami. Na pokožce hlavy a obličeje jich je až 800 cm², v jiných částech těla jsou v menším zastoupení. Obvyklá doba sekrece je 6-9 dnů. Sébum těchto žláz koreluje v závislosti s věkem a stravou. Jedná se o nažloutlou viskózní tekutinu. Sekrece obsahuje mastné kyseliny, triglyceridy, skvalen, voskové estery a volné steroly (Jablonski 2008; Kuhn & Natsch 2009; Curran et al. 2007).

Lidský pach člověka tedy vychází z těla do prostředí skrze kůži. Tato orgánová soustava je i největší a nejtěžší soustava na těle s průměrnou plochou 2 m². Člověk o průměrné váze 75 kg a výšce 175 cm vypustí během 24 hodin ½ až jeden gram sekrece z kožních žláz. Z toho vyplývá, že hodnota 10¹⁶ molekul z cca 2 m² lidského těla vyjde za vteřinu. Z tohoto lze vypočítat, že hodnota cca 10¹⁴ molekul pachu za vteřinu vyjde z plochy lidské ruky. Avšak tyto údaje se můžou lišit v populaci, kdy jsou jedinci s větší nebo menší emisí pachu (Lněničková et al. 2017).



Obrázek 8: Anatomie vrstev lidské kůže, na levém obrázku je vyobrazena s chlupy a na pravém obrázku bez chlupů (Prada et al. 2014).

3.3.3 Pachová signatura

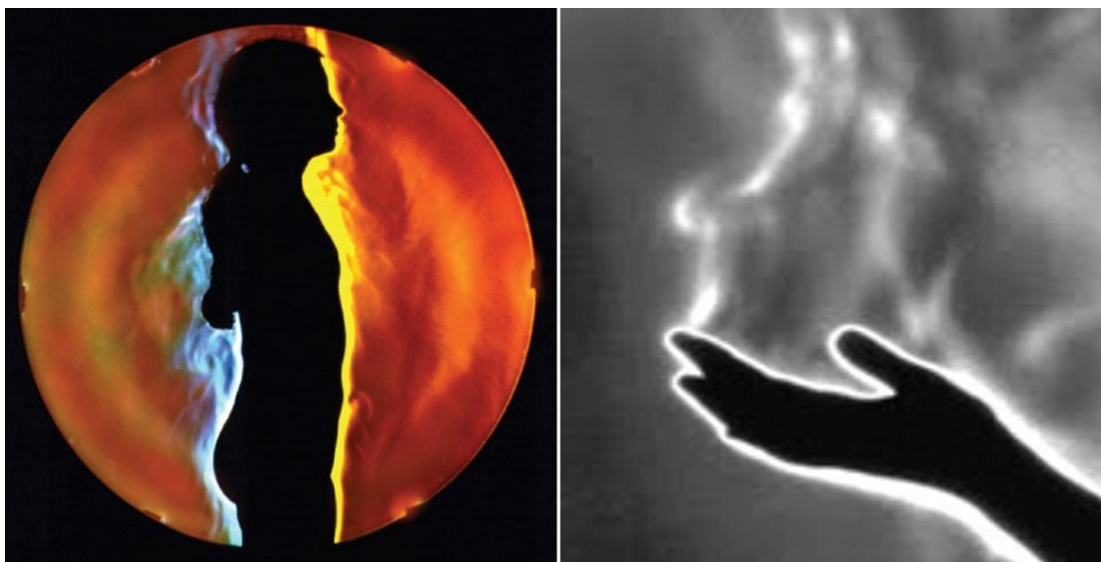
V kriminalistickém sborníku byla pachová signatura popsána jako vlastnost určité části lidské pachové stopy, která dovolí za pomoci rozboru vzorku pachu jednoznačně identifikovat jedince (např. za pomoci speciálně vycvičených psů) (Lněničková et al. 2017). Každý jedinec, co se týče pachu, je individuální. Lidský pach tedy vytváří otisk, stejně jako otisk prstů, který je využíván v kriminalistice policejními sbory napříč světem (Alho et al. 2015). Na tomto základu funguje i u Policie ČR metoda pachové identifikace (MPI), kdy jsou pro tuto metodu používáni speciálně vycvičení psi (Straus & Kloubek 2010). Molekuly primárního pachu umožňují

identifikaci osob. Dále je možné určit pohlaví, rasovou příslušnost, věk a další vlastnosti lidského jedince (Lněničková et al. 2017).

Za pomoci chemických analýz (např. za pomoci chromatografu a spektrometru) bylo prokázáno, že v lidském pachu je cca 500 různých molekul pachu (Pandey & Kim 2011). Lze však předpokládat, že pachových molekul ve vzorku lidského pachu je řádově tisíce, avšak dnešní moderní přístroje neumožňují přesnější analýzy (Krestel et al. 1984; Laska M. 2000).

3.3.4 Princip uvolnění lidského pachu do prostředí

Byly zaznamenány dva mechanismy uvolňování lidského pachu do prostředí. Je známo, že epidermis (vnější vrstva kůže) neustále uvolňuje mrtvé epitelové buňky do prostředí. Na povrchu pokožky jsou zhruba dva biliony buněk, z nichž přibližně 667 je uvolňováno za dobu jedné vteřiny, přičemž délka života epitelární buňky je cca 36 hodin. Tyto odumřelé epitelární buňky mají velikost přibližně 14 μm a jejich hmotnost je přibližně 0,07 μg . Odumřelé buňky uvolněné do prostředí se nazývají „rafty“. Jde o shluky odumřelých buněk, které tvoří jakési šupiny. Každý raft je složen z jedné či více odumřelých buněk a zhruba ze čtyř druhů mikrobiálních bakterií a z tělesných sekretů kožních žláz. Jedna mrtvá buňka nebo více mrtvých buněk obsahujících mikroflóru kůže vylučované z těla přispívají k pachu jedince. Po uvolnění z těla se rafty pohybují prostředím, kde jsou přichyceny k různým povrchům nebo mohou být před konečným usazením odneseny větrem do okolních oblastí (Ensminger 2011; Prada et al. 2014). Lidské tělo má průměrnou teplotu okolo 37 °C a tím nepřímo pomáhá při odstraňování těchto raftů. Vzduch je kolem lidské kůže obvykle nižší teploty. Lidské tělo tedy neustále ohřívá vzduch kolem sebe. To způsobuje neustálý proces tepelné konvekce, která přenáší teplo z těla do okolního prostředí (viz obrázek 9). Při stoupajícím teplu vzniká teplý vítr a následkem toho dochází k odfouknutí pachových molekul z povrchu kůže nebo oblečení a poté jsou tyto molekuly zachyceny atmosférickým vzduchem. Při uvolňování těžších pachových molekul z těla jsou tyto rafty odneseny blízko od zdroje, zatímco lehčí pachové molekuly naopak. Za vhodných podmínek při opuštění raftů z těla, začínají na ně následně působit bakterie. Lidské tělo chemicky a biologicky kontaminuje stoupající vzduch odpadním teplem. Produkce tohoto tepla je 50-80 litrů za vteřinu a vytváří tak tzv. „lidský tepelný oblak“ (Settles & McGann 2001; Settles 2005).



Obrázek 9: znázornění proudění lidského tepla do prostředí za pomocí *Schlierovy* zobrazovací metody (Settles & McGann 2001; Settles 2005).

3.3.5 Pes na pachové stopě

Detekovat směr pachové stopy má velký význam pro všechna dravá zvířata. Takováto schopnost je stále zachována i u mnoha moderních plemen psů. Spolehlivost v určení správného směru stopy bylo zásadní pro jejich přežití. V průběhu domestikace byl tento přirozený instinkt zdokonalován chovem a výcvikem. Moderní psi jsou dnes využíváni lidmi pro nejrůznější účely (Thesen et al. 1993). Na pachové stopě je důležité, aby si pes dokázal pamatovat pach, na kterém začal a následovat jej. Čichová paměť byla prokázána v jedné studii. Při experimentu na zapamatování 10 látek byli psi schopni jednotlivé časy tréninku mezi učením nových látek zkracovat (Williams & Johnston 2002). V další studii bylo zjištěno, že psi jsou schopni zapamatovat si různé pachy až v řádu měsíců (Ensminger 2011). Psi jsou také schopni porovnávat jednotlivé stopy, tak jak jdou po sobě, ale také jsou schopni sledovat stopu ve směru rostoucí koncentrace pachu. Psi se primárně na pachové stopě řídí čichem, ale mohou také používat zrak (Steen & Wilsson 1990). V jednom experimentu bylo zkoumáno, jak se psi chovají na začátku stopování. Výsledek se dá rozdělit do tří fází. V každé fázi pes používal rozdílnou strategii. V první fázi, když je pes uveden na vyhledávání stopy se pohybuje rychle s krátkou dobou čichového intervalu. V druhé fázi, když pes nalezne stopu tak zpomalí a provádí určování směru. Po určení směru se pes pohybuje po stopě a sleduje její směr, což je třetí fáze a tato fáze se vyznačuje zrychlením oproti fázi dvě. Z tohoto výzkumu je patrné, že druhá fáze tj. určení směru je pro psa nejtěžší (Thesen et al. 1993). V další studii, která se taktéž zaměřovala na směrové stopování bylo zjištěno, že při určení správného směru pachové stopy byli statisticky lepší psi samčího pohlaví než samičího. Dále v této studii bylo zjištěno, že mladší psi měli oproti starším psům daleko lepší výsledky (Wells & Hepper 2003).

Nejen policejní sbory ale i záchranné služby využívají psy ke stopování lidí z bodu A do bodu B. Při tomto stopování se pes řídí nejrůznějšími pachy (Curran et al. 2005). Gerritsen

a Haak uvádí pachy, kterými se pes může řídit na pachové stopě. Jedná se o pachy rozrušené půdy následkem chůze. To způsobuje změny povrchu, tím dochází k drcení rostlin a následnému uvolňování pachu působením bakterií a následnou hnilobou. Na stopě se také může nacházet pach gumy, kůže a látky z bot osoby, která stopu vytvořila. Současně na těchto botách může být i pach z jejich impregnací, který ulpívá na povrchu. V neposlední řadě se jedná o individuální lidský pach (Gerritsen & Haak 2001). Při stopování je důležité, aby se pes držel pouze na té stopě, na které začal stopovat. V praxi je běžné, že stopa jednoho člověka je překřížená stopou druhého člověka. Preference pachu, kterým se pes bude řídit na stopě, záleží na rozdílnosti v použití jedné z metod stopování. Jedna z metod se nazývá TRACKING a druhá TRAILING. Mezi těmito metodami je velký rozdíl v preferenci pachu, kterým se pes na stopě řídí. Obecně lze říci, že se pes při využití metody tracking bude řídit jen v malé míře individuálním pachem. Hlavním určovacím pachem pak bude pach rozrušeného povrchu či rozšláplých drobných živočichů. Následným působením bakterií na tento poškozený povrch se umocňuje i jejich pach. Psi při trackingu chodí zpravidla s nosem nízko u povrchu (Curran et al. 2005). Řada studií prokázala, že při této metodě nebyli psi schopni správně určit směr v návaznosti na to, že pach tvořený rozrušením povrchů či rozšláplých drobných živočichů neobsahuje dostatek informací pro určení správného směru (Steen & Wilsson 1990; Hepper & Wells 2005).

Psi cvičení trailingovou metodou jsou na začátku stopování seznámeni s pachem hledaného člověka. Pes nesleduje stopu krok za krokem, ale hledá v prostředí individuální pach hledané osoby v kombinaci zem/ vzduch. Proto trailingoví psi dokáží lépe diferencovat pach hledané osoby i přes místa stopování, kde se nachází individuální pachy jiných osob. Tato metoda je tradičně využívána ve Spojených státech, kdy je převážně používáno plemeno bloodhound (Stockham et al. 2004). Policie Spolkové republiky Německo tuto metodu tak zařadila do přímého výkonu služby. Navíc okresní soudy v Drážďanech (Chemnitz, Lüneburg) v současné době akceptují trailingové stopování jako důkazní prostředek. V Německu byl vzhledem k těmto okolnostem proveden test schopnosti trailingových psů. Bylo provedeno celkem 675 testů na 7 psech vycvičených na stopování trailingovou metodou. Čtyři psi byli od saské policie a zbylí tři byli psi záchranářští. Test obsahoval pokus, zda se pes na křižovatce typu písmene T rozejde správným směrem, přičemž oba směry byly „propachované“ lidským pachem. Výsledkem byla 75% úspěšnost celé skupiny, zatímco skupina policejních psů měla výrazně lepší úspěšnost a to 82%. Úspěšnost skupiny záchranářských psů byla 65% (Woidtke et al. 2018). Podobných výsledků bylo dosaženo při experimentu v USA, zde bylo použito 8 psů plemena bloodhound vycvičených na stopování metodou trailing. Experiment byl obdobný, kdy dvě osoby šly současně spolu a v jistém bodě se oddělily. Vytvořili tak stopu ve tvaru písmene Y. Následně se obě osoby z konečného místa vzdálily a vrátili se zpět po uplynutí cca 48 hodin, kdy začal pokus. Místa pokusu byla vybrána cíleně s velkým pohybem osob. Psi použiti při testování byli rozděleny na dvě kategorie. Mladí psi s málo zkušenostmi a starší psi s praktickými zkušenostmi. Výsledek pro celou skupinu byl 77,5 %. Výsledek pro skupinu mladších psů byl 53,3 %. Nejlepších výsledků bylo dosaženo skupinou starších psů s přesností 94 % (Harvey & Harvey 2003).

3.3.6 Kontaminace pachové stopy

Policejními osmology v Polsku byl proveden experiment, zda jsou psi schopni identifikovat důkazní pach i přes kontaminaci jiným pachem. Byla provedena kontaminace důkazního pachu 10% octem. Tato kontaminace nezabránila ve správné identifikaci správné osoby. Stejným způsobem byl proveden experiment, kdy psi byli schopni identifikovat správnou osobu i přes kontaminaci pachové stopy, kdy se stejného předmětu dotkli tři lidé (Ensminger 2011).

3.3.7 Faktory ovlivňující pachovou stopu

Po přenosu pachových molekul do prostředí začínají působit nejrůznější faktory prostředí. Některé faktory prostředí vnímání pachu zlepšují, některé naopak zhoršují. Mezi nezákladnější faktory ovlivňující pachovou stopu je čas, po kterou jsou pachové molekuly v prostředí od opuštění zdroje pachu. Doba, po kterou je pachová molekula v přírodě, ovlivňuje do jisté míry další faktory, kterými jsou teplota prostředí, vlhkost, vítr a terén.

Teplota je jeden z nejdůležitějších faktorů ovlivňující pachovou stopu. Působení bakterií na pachové molekuly se zvyšuje s rostoucí teplotou, avšak příliš vysoká nebo nízká teplota snižuje nebo zastavuje bakteriální působení a tím i kvalitu pachu v prostředí. V některých případech mohou být pachové molekuly v průběhu času „osvěženy“. Při působení extrémně mrazivých teplot dochází k jakémusi „uzamčení“ pachu. Po skončení mrazivých teplot dochází ke znovu aktivaci bakteriálního působení a tím opětovná možnost vnímat pachové molekuly. Psi pracující v tomto prostředí mají tendenci pracovat s nosem blíže ke zdroji pachu.

Vlhkost-vyšší vlhkost zintenzivňuje sílu a trvanlivost zápachu. Psi tedy dokáží lokalizovat snadněji zdroj pachu. Nedostatek vlhkosti může způsobit vysušení pachových molekul a tím dojde ke snížení kvality vůně. Suché prostředí způsobuje rychlou dehydrataci pachových molekul, což zpomaluje bakteriální působení s následnou degradací molekul pachu.

Vítr-klíčová role tohoto faktoru je v přesunu pachových molekul v prostředí. Silný vítr může způsobit přemístění pachu na velkou vzdálenost. Dochází také k přemístění a následnému přichycení molekul pachu na různá místa.

Terén-tento faktor v sobě kombinuje různé projevy výše uvedených faktorů. Tyto faktory se při průchodu terénem mění v návaznosti na měnící se topografii prostředí. Jedná se o měnící se nadmořskou výšku, zastíněná místa, různé umístění vegetace apod. Také může docházet k situaci, kdy se pachové molekuly dostanou do prasklin v terénu. Praskliny dokáží zakonzervovat pachové molekuly a udržet je déle v přírodě (Prada et al. 2014).

Při výcviku psa na pachové stopě je neustále zmiňováno, jak tyto nejrůznější faktory negativně ovlivňují pachovou stopu. Avšak v nejrůznějších studiích byla prokázána vysoká chemická a fyzikální odolnost molekul pachu. Vědeckým pokusem bylo ověřeno, že primární pach potřebný pro metodu pachové identifikace je dlouhodobě chemicky stálý i při vystavení vysokých teplot. Při pokusu osoba svírala nosič pachu po dobu jedné minuty. Tento pachový

vzorek byl vystaven teplotě až do 900 °C po dobu 30 minut. Následně byla provedena úspěšná pachová identifikace se dvěma psy. Při teplotě 1000 °C už nebyl schopný žádný ze psů provést úspěšnou identifikaci (Santariová et al. 2016). Podobně byl proveden pokus, při kterém se ověřovalo, zda dokáže pět psů správně identifikovat pach z nosiče pachu, který byl vystaven působením protékající vody po dobu 60 minut. Výsledek byl takový, že z 15 pokusů jich bylo 14 úspěšných (Santariová et al. 2012). Pro forenzní využití je zajímavá další studie zabývající se tím, zda po výbuchu IED (improvizované výbušné zařízení) zůstanou na místě pachové molekuly osoby, která toto výbušné zařízení umístila nebo vyrobila. Po výbuchu testovacího zařízení byly odebrány vzorky pachu. Pomocí speciálně vycvičených psů na pachovou identifikaci byla provedena identifikace vzorků. Psi v tomto experimentu byli v průměru schopni detekovat a identifikovat lidský pach s přesností 82,2 % (Curran et al. 2010).

Vliv času na pach byl zkoumán také v nejrůznějších studiích. Například Ragowski nezjistil žádný rozdíl v době odebrání vzorků pachu po 15, 30, 45 a 60 min a v jeho následné identifikaci. Stejně tak v dalším výzkumu bylo prokázáno, že odebraný pach z předmětů po třech až pěti dnech je také dostačující k jeho identifikaci (Ensminger 2011). Delší časový rámec byl zkoumán v dalším vědeckém pokusu. Podíleli se na něm opět speciálně vycvičení psi na metodu pachové identifikace. Experiment spočíval v ověření působení času a přirozených povětrnostních podmínek na odebrané vzorky lidského pachu. Výsledkem bylo, že psi byli schopni identifikovat lidský pach osob po uplynutí 2 měsíců při působení venkovního prostředí (Pinc et al. 2015).

4 Materiál a metody

Experimentem bylo zjišťováno, zda se psi dokáží správně rozhodnout, jakým směrem vede pachová stopa. V návaznosti na výsledku byla stanovena úspěšnost a spolehlivost trackignové metody stopování.

Pachové stopy byly realizovány za denního světla na travnaté louce nízkého porostu v době od října do prosince roku 2019. Pachové stopy byly vždy v jiné lokalitě z důvodů možné kontaminace povrchu z předchozích stop. Celkem bylo vypracováno 120 stop s 12 psy.

4.1 Použití psi

Celá skupina čítala dvanáct psů, z toho bylo šest psů a šest fen. Experimentů se účastnilo osm psů plemene „německy ovčák“ a čtyři plemene „belgický ovčák malinois“. Ve skupině bylo sedm služebních psů Policie ČR a pět psů z civilního sektoru. Z dvanácti psů mělo sedm psů již splněnou některou ze zkoušek. V případě dvou policejních psů se jednalo o zkoušku hlídkového psa. Dva policejní psi jsou určeni na vyhledávání drog a zároveň jsou cvičeni na civilní zkoušky všestranného psa. U civilních psů se jednalo o zkoušky všestranného použití psa. V případě pěti psů bez zkoušek se jednalo o mladé psy ve věku 1,5 – 2,5 roku, kdy tři z nich jsou určeni k budoucí práci u Police ČR. Zbylí dva jsou určeni do civilního sektoru. Nejmladšímu psu ve skupině bylo 1,5 let a nejstaršímu bylo 7 let, průměr věk psů byl 3,21 let. Všichni psi byli cvičeni na pachové stopy metodou tracking.

4.1.1 Zúčastnění psovodi

Skupina čítala celkem devět psovodů. Jeden psovod se experimentů účastnil se třemi psy. Druhý psovod se dvěma psy. Dva psovodi z celé skupiny měli malou zkušenost v oboru kynologie, pět psovodu mělo střední zkušenost a dva psovodi měli v oboru kynologie velkou zkušenost. Nejmladší věk psovoda byl 23 let a nejstarší 50 let. Věkový průměr celé skupiny byl 35,5 let (viz tabulka 1).

Tabulka 1: Údaje k jednotlivým psům pro následné využití statistického vyhodnocení.

	věk psa	pohlaví	věk psovoda	zkušenost psovoda	zkušenost psa	PLEMENO	URČENÍ
pes 1	4	PES	37	MALÁ	IPO3 ,ZVV2	Německý ovčák	CIVILNÍ
Pes 2	7	FENA	41	VELKÁ	ZVV1, IGP1	Německý ovčák	CIVILNÍ
pes 3	2	FENA	41	VELKÁ	Bez zkoušky	Belgický ovčák	CIVILNÍ
pes 4	1,5	PES	41	VELKÁ	Bez zkoušky	Německý ovčák	CIVILNÍ
pes 5	2	FENA	28	STŘEDNÍ	HLÍDKOVÁ	Belgický ovčák	POLICEJNÍ
pes 6	2,5	PES	30	MALÁ	Bez zkoušky	Německý ovčák	POLICEJNÍ
pes 7	2,5	PES	23	STŘEDNÍ	Bez zkoušky	Belgický ovčák	POLICEJNÍ
pes 8	4	FENA	50	STŘEDNÍ	ZVV1	Německý ovčák	CIVILNÍ
pes 9	2	PES	24	STŘEDNÍ	Bez zkoušky	Belgický ovčák	POLICEJNÍ
pes 10	4,5	PES	42	STŘEDNÍ	HLÍDKOVÁ	Německý ovčák	POLICEJNÍ
pes 11	2	FENA	45	VELKÁ	VYHL. DROG	Německý ovčák	POLICEJNÍ
pes 12	4,5	FENA	45	VELKÁ	VYHL. DROG/ ZVV1/ZM	Německý ovčák	POLICEJNÍ

4.2 Průběh experimentů

4.2.1 Kladení pachových stop

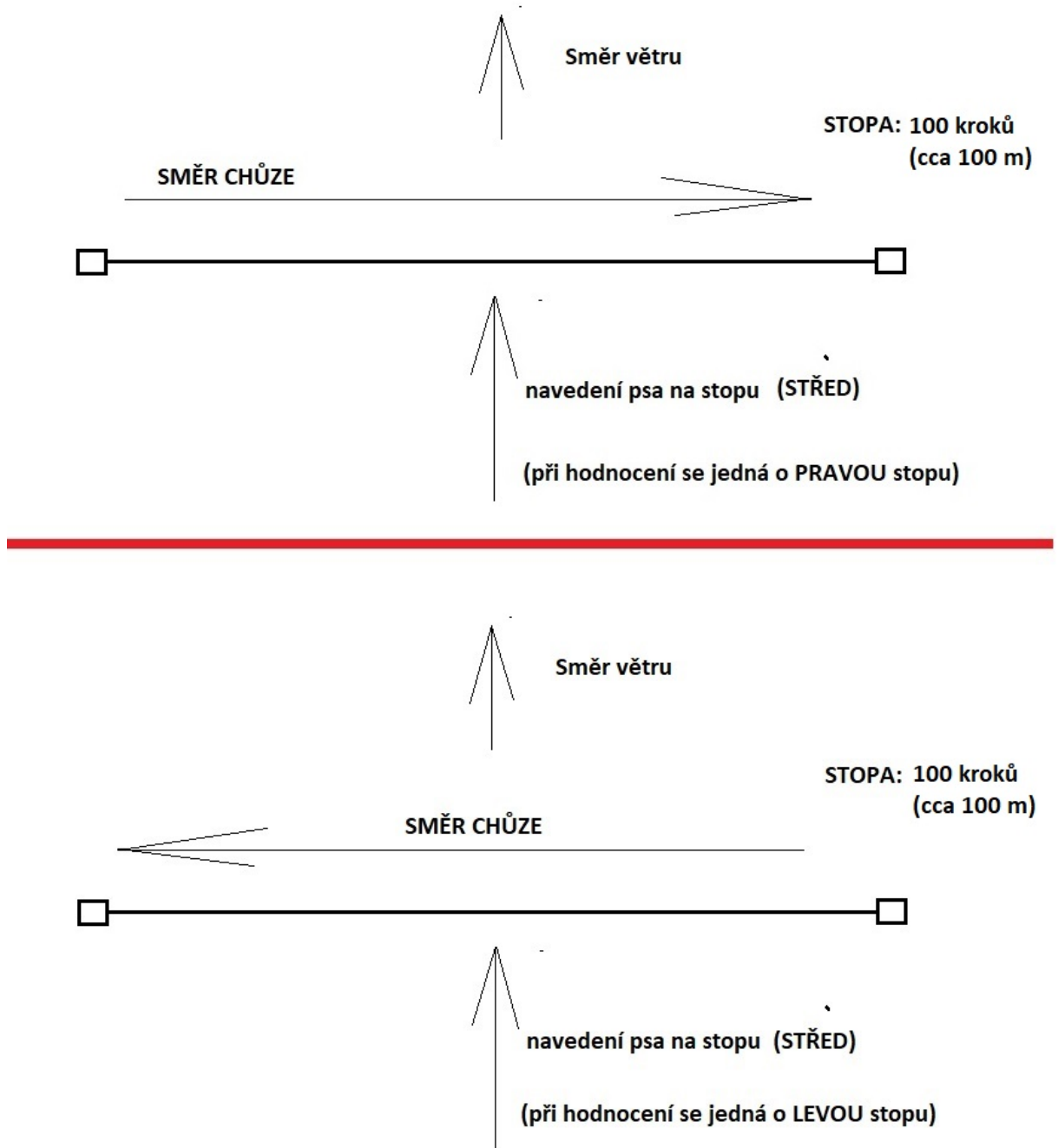
Pachové stopy byly vždy v délce cca 100 m. Pro každého psa bylo připraveno pět pachových stop směřujících doprava a pět doleva od středu mezi nášlapem a cílem (viz obrázek 10). Stáří pachové stopy bylo 30 minut. Kladeč stopy nikdy nebyl zároveň psovodem, který pachovou stopu vypracovával. Na začátek stopy a na konec stopy kladeč pokaždé umístil kus látky o velikosti 10x10 cm. Příchod kladeče na začátek stopy a stejně tak i odchod od konce stopy byl vždy mimo prostor, kam byl přiveden pes k vypracování pachové stopy. Kladeč stopy nikdy nebyl přítomen s psovodem a jeho psem při vypracování pachové stopy.

Při kladení deseti stop pro každého psa byla vytvořena náhodná nesystematická série levých a pravých směrů, aby nedocházelo k odhadnutí, o který směr se jedná ještě před vypracováním dané stopy. Série pro jednoho psa nebyla nikdy totožná se sérií jiného psa.

4.2.2 Vypracování pachových stop

Během vypracování pachové stopy byl na místě přítomen pouze psovod se psem. Psovod nikdy nevěděl, jaký je správný směr stopy. Každý psovod byl vždy před experimentem poučen, že bude přiveden cca 20 m od středu pachové stopy pod pravým úhlem a po 10 krocích od tohoto místa měl vyslat psa k vyhledávání v přímém směru povel „hledej stopa“. Psovod měl k dispozici desetimetrové stopovací vodítko a tím byla zajištěna samostatná práce psa. Pes začal vyhledávat stopu s nosem nízko u země, a přitom pokračoval stále kolmo ke stopě. Jediné odklony od přímého směru byly takové, že si psi ověřovali, zda se pachová stopa nenachází v těsné blízkosti od tohoto přímého směru do max. vzdálenosti 1 m. Poté, když pes

došel až k pachové stopě, tak se krátce zastavil a následně zvolil jeden ze směrů. Psovod následoval svého psa až na konec stopy, kde označil kus látky. Označení bylo závislé od metodiky výcviku každého psovoda. Stopu vyhodnocoval a zapisoval kladeč vzdálený od psovoda. Kladeč byl vždy zády k psovodovi, aby jej nemohl nijak ovlivňovat. Výsledky byly každému psovodovi sděleny až na konci série deseti stop. Tím nedocházelo k tomu, že by psovod odhalil, kolik a jakých směrů mu ještě zbývá. Tímto způsobem byla odstraněna možnost nechtěného Clever Hans efektu.



Obrázek 10: schéma experimentů s vyobrazeným směrem chůze kladeče a směrem příchodu psovoda se psem (autor).

5 Výsledek

Testování psi měli prokázat, zda dokáží vyhodnotit správný směr stopy. Pro vyhodnocování sloužila tabulka č. 2, kam byli zapisovány číselné hodnoty pro správně a špatně vyhodnocené jednotlivé stopy. Skupina psů je zapsána jako pes 1 až pes 12 (viz tabulka 2). Jména psů a psovodů nejsou na jejich přání uvedena.

Byla hodnocená celková úspěšnost z celkem 120 pokusů stejně tak i jednotlivá úspěšnost každého psa v porovnání s ostatními. Dále byla hodnocená celková úspěšnost levého a pravého směru z celkem 60 pokusů pro každý směr. Stejně tak bylo porovnáno úspěšné vypracování levého a pravého směru jednotlivými psy mezi sebou.

Na základě těchto údajů bylo statisticky vyhodnoceno úspěšné vypracování správného směru na základě pohlaví, určení psa a zkušenosti psa.

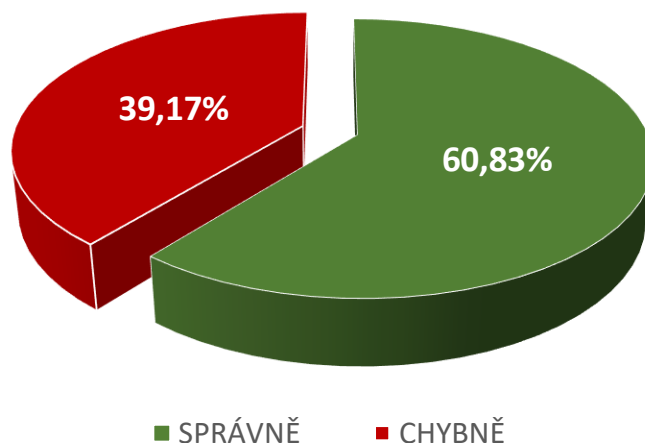
Dvěma grafy lineární funkce byla zjišťována závislost mezi proměnnými, konkrétně: „Jak závisí úspěšnost vypracování pachové stopy v návaznosti na věk psa a věk psovoda“. Veškerá data byla zpracována v programu Microsoft Excel.

Tabulka 2: Kompletní výsledky experimentů.

Porovnání schopnosti psů a fen rozpoznat směr, kterým vede pachová stopa člověka						
	LEVÁ STOPA		PRAVÁ STOPA		CELKOVÉ STOPY	
	SPRÁVNĚ	CHYBNĚ	SPRÁVNĚ	CHYBNĚ	SPRÁVNĚ	CHYBNĚ
PES 1	4	1	4	1	8	2
PES 2	2	3	2	3	4	6
PES 3	5	0	3	2	8	2
PES 4	3	2	4	1	7	3
PES 5	5	0	3	2	8	2
PES 6	1	4	1	4	2	8
PES 7	4	1	4	1	8	2
PES 8	1	4	3	2	4	6
PES 9	0	5	3	2	3	7
PES 10	3	2	3	2	6	4
PES 11	2	3	4	1	6	4
PES 12	4	1	5	0	9	1
CELKOVĚ	34	26	39	21	73	47

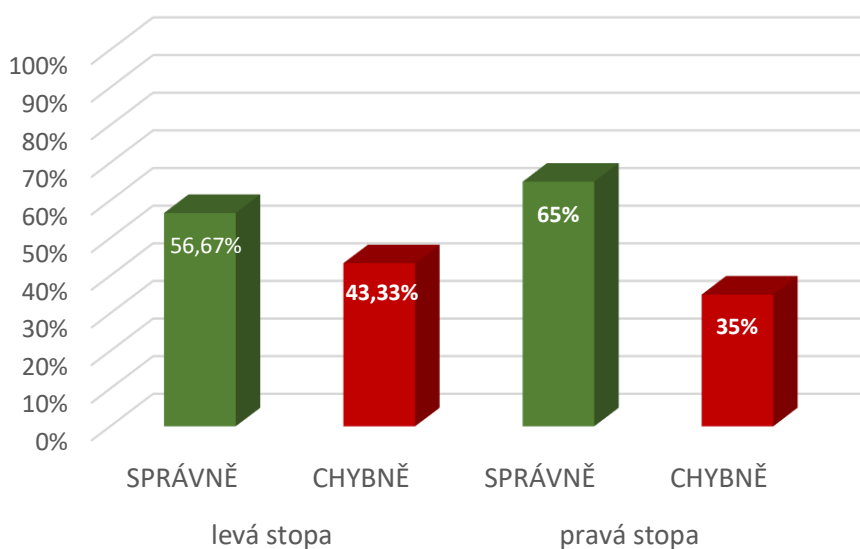
5.1 Statistické zhodnocení výsledků

Graf 1 znázorňuje ze zaznamenaných výsledků celkovou úspěšnost při vypracování pachové stopy. Výsledek je znázorněn v %. Ze statistických výpočtů vyplývá, že psi dokáží vyhodnotit správný směr stopy, avšak procento neúspěšného vypracování je vysoké.



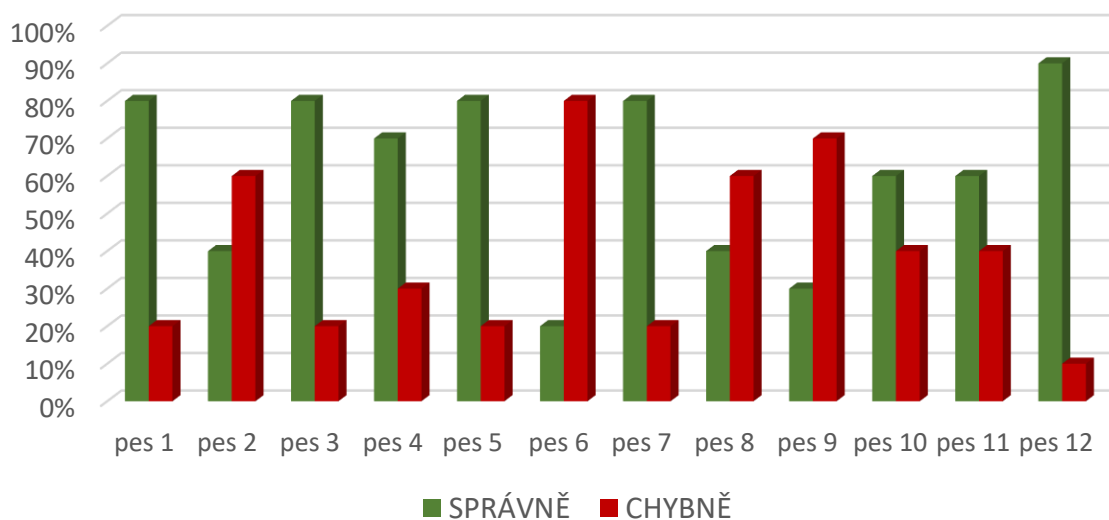
Graf 1: Celková úspěšnost vypracování stop.

Graf 2 znázorňuje ze zaznamenaných výsledků v procentech porovnání úspěšně vypracovaných levých stop a pravých stop. Z výsledků je patrné, že psi vypracovávali lépe stopy ve směru zleva doprava. Avšak rozdíl mezi úspěšností levého a pravého směru je pouze 8,33 %. Výsledek je dále pro oba směry podobný s celkovou úspěšností z grafu č.1.



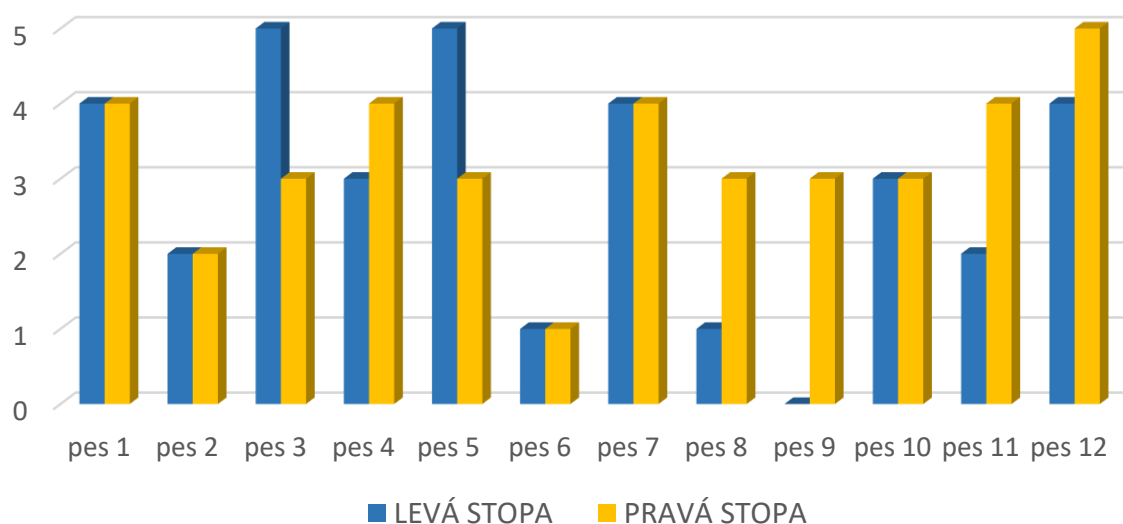
Graf 2: Porovnání úspěšně vypracovaných levých stop a pravých stop.

Graf 3 znázorňuje ze zaznamenaných výsledků celkovou úspěšnost jednotlivých psů mezi sebou. Výsledek nám ukazuje, že mezi jednotlivými psy jsou velké rozdíly. Pouze u osmi psů převládalo procento úspěšně vypracovaných stop nad neúspěšně vypracovanými stopami. Nejlepších výsledků dosahoval pes č. 12 s pouze jednou nesprávně vyhodnocenou stopou. Nejhorších výsledků dosáhl pes č. 6, který vypracoval pouze dvě stopy správně.



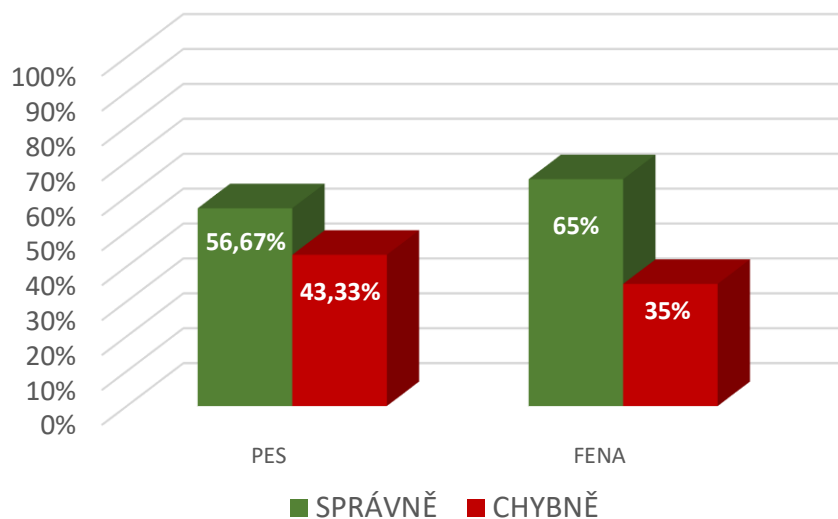
Graf 3: Celková úspěšnost jednotlivých psů mezi sebou v procentech.

Graf 4 znázorňuje ze zaznamenaných výsledků porovnání úspěšně vypracovaných levých a pravých stop mezi jednotlivými psy. Z těchto údajů lze vyčíst, že čtyři psi měli stejnou míru úspěšnosti vyhodnocení levého a pravého směru. Dva psi byli lepší při vyhodnocení levého směru. Pět psů mělo lepší úspěšnost při vypracování pravého směru.



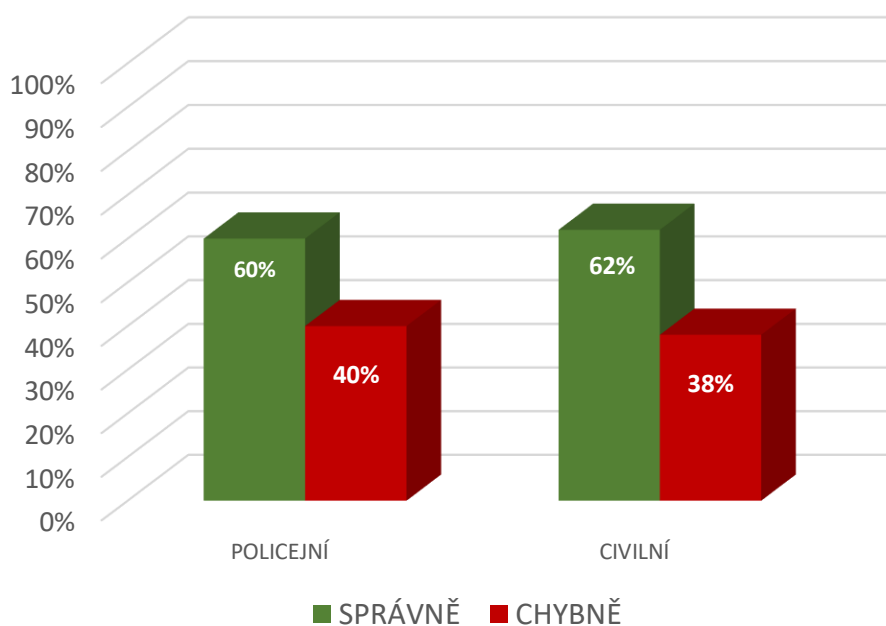
Graf 4: Porovnání úspěšně vypracovaných levých a pravých stop mezi jednotlivými psy.

Graf 5 znázorňuje ze zaznamenaných výsledků procentuální porovnání úspěšnosti v procentech při vypracování pachových stop na základě pohlaví psů. Psi samičího pohlaví jsou při vypracování pachové stopy o 8,33 % úspěšnější než psi samčího pohlaví.



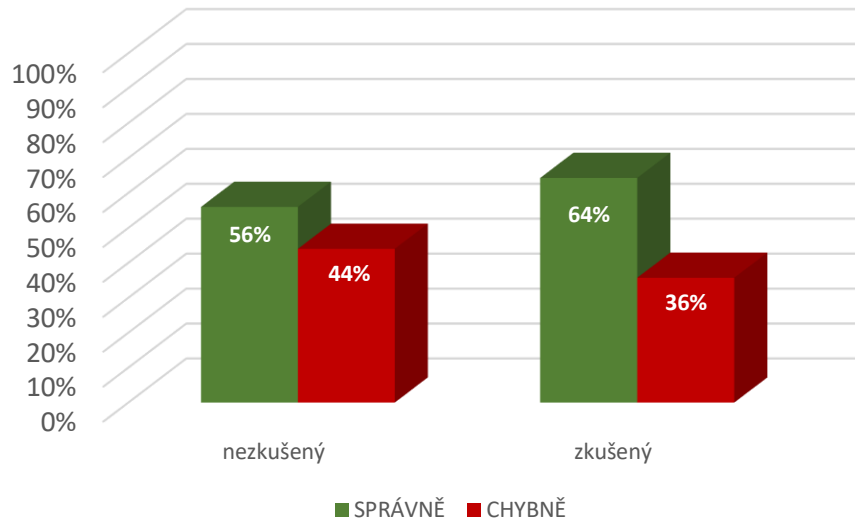
Graf 5: Procentuální porovnání úspěšnosti vypracování stop na základě pohlaví psů.

Graf 6 znázorňuje ze zaznamenaných výsledků porovnání úspěšnosti v procentech při vypracování stop na základě určení psa pro současné či budoucí využití. Psi pro civilní využití měli oproti policejním psům lepší výsledek. Rozdíl mezi policejními psy a civilními byl ale pouze 2 %.



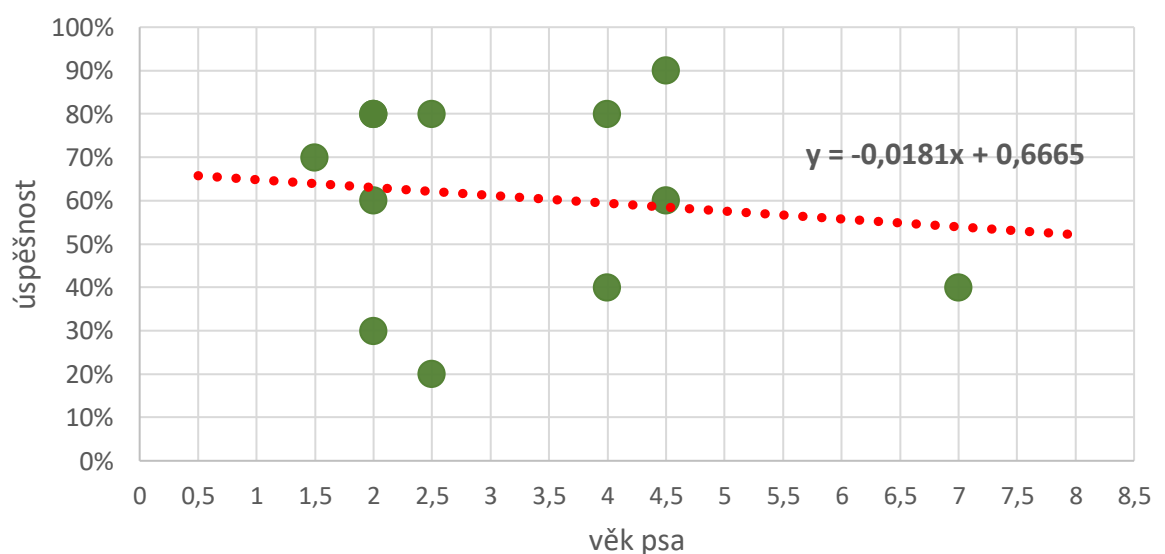
Graf 6: Procentuální porovnání úspěšnosti vypracování stop na základě určení psa pro současné či budoucí využití.

Graf 7 znázorňuje ze zaznamenaných výsledků procentuální porovnání úspěšnosti vypracování stop na základě toho, zda mají psi splněnou některou zkoušku nebo zda jsou bez jakékoliv zkoušky. Psi s některou ze zkoušek jsou označeni jako „zkušený“ a psi bez zkoušek jsou označeni jako „nezkušený“. Psi „zkušení“ byli o 8 % lepší než psi „nezkušení“.



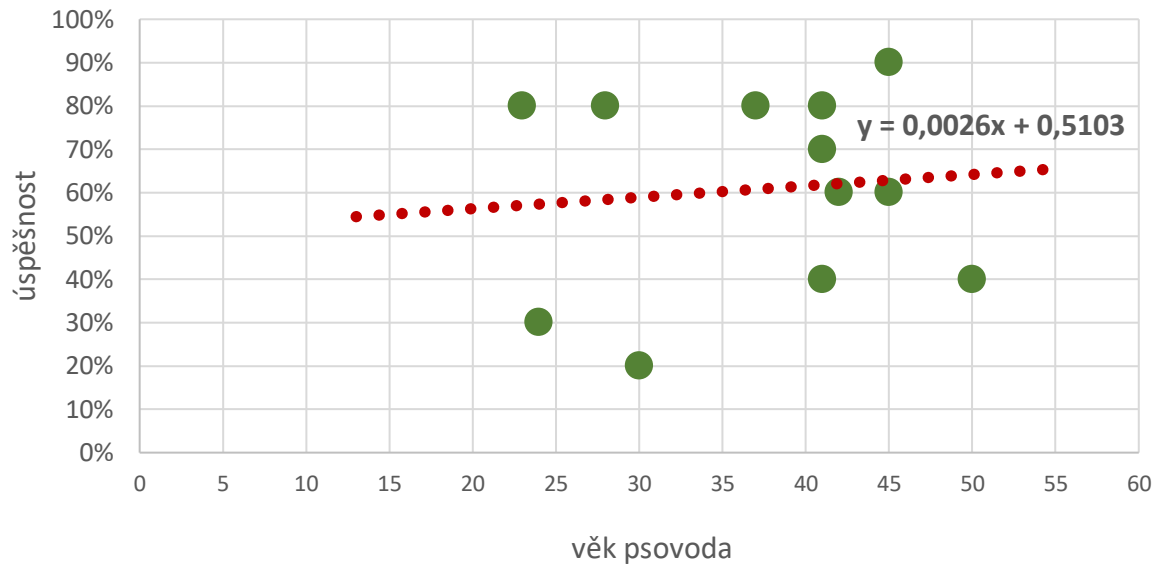
Graf 7: Procentuální porovnání úspěšnosti vypracování stop na základě, zda mají psi splněnou některou ze zkoušek či nikoliv.

Graf 8 znázorňuje ze zaznamenaných výsledků lineární funkci. Ta znázorňuje, jak je ovlivněna úspěšnost vypracování stop s věkem psa. Na ose Y jsou hodnoty úspěšnosti, na ose X jsou hodnoty věku psů. Z výsledku je patrné, že s přibývajícím věkem psa procento úspěšnosti klesá. Hodnota korelačního koeficientu byla vypočtena na -0,1266. Z korelačního koeficientu lze hodnotit, že úspěšnost vypracování stop je lehce závislá na zvyšujícím se věku psa s klesající tendencí.



Graf 8: Graf lineární funkce úspěšnosti v návaznosti na věk psa.

Graf 9 znázorňuje ze zaznamenaných výsledků lineární funkci. Ta znázorňuje, jak je ovlivněna úspěšnost vypracování stop s věkem psavoda. Na ose Y jsou hodnoty úspěšnosti, na ose X jsou hodnoty věku psavodů. Z výsledku je patrné, že s přibývajícím věkem psavoda procento úspěšnosti stoupá. Hodnota korelačního koeficientu byla vypočtena na 0,100819. Z korelačního koeficientu lze hodnotit, že úspěšnost vypracování stop je lehce závislá na zvyšujícím se věku psavodů s rostoucí tendencí.



Graf 9: Graf lineární funkce úspěšnosti v návaznosti na věku psavoda.

6 Diskuze

Psí olfaktorický systém je bezesporu velmi složitý a citlivý v porovnání s lidmi. Proto není pochyb o tom, že lidé od pradávna využívali psy pro své potřeby. Tato práce byla zaměřena na stopování osob psem a zda pes dokáže vůbec určit správný směr chůze na pachové stopě. V experimentů se konkrétně pracovalo s policejními psovody Policie ČR a jejich psy.

Psi určení pro službu u Police ČR na vyhledávání osob podstupují výcvik stopování metodou tracking popsanou v této práci. Stejně je tomu tak i v případě psů civilních určených pro sportovní využití. Druhá stopovací metoda trailing je v České republice využívána pouze v rámci zájmových spolků, nikoliv ke služebním účelům. Naopak v USA je tato metoda využívána hlavně ke služebním účelům. Cílem této práce bylo ověřit spolehlivost trackingové metody k praktickému využití na základě správného určení směru pachové stopy. Policie nasazuje služební psy k hledání pachatelů trestné činnosti nebo osob pohřešovaných. Spolehlivost těchto psů by měla být proto nejvyšší. Hlavní rozdíl ve stopování služebními psy a psy sportovními je ten, že civilní psovod na soutěžích dostane většinou vytyčený čtverec, ze kterého pokračuje pachová stopa dále. Pes v tomto čtverci má tu výhodu, že pachová stopa vycházející z něj je pouze jedna a na stopě je pouze pach kladeče. Policejní psovod při praktickém nasazení psa zná začátek stopy pouze v ojedinělých případech. Nikdy ale neví, kudy stopa vede, jak je dlouhá, kolikrát a čím byla kontaminovaná. Proto je tak zásadní, aby policejní psi dokázali určit správně kudy vede směr stopy.

Pro tuto práci bylo využito celkově dvanáct psů, z toho šest bylo policejních a šest civilních. Dále skupina byla rozdělena na šest psů a šest fen. Výsledek této práce lze porovnávat s výsledky Deborah L. Wells, která společně s Peter G. Hepper prováděli obdobnou studii s 22 psy na určení směru pachové stopy (Wells & Hepper 2003). Rozdíl mé práce byl v tom, že v experimentu z roku 2003 při vypracovávání stop vanul vítr vždy proti psovi. V této studii, při vypracovávání stop, vanul psovi vítr do zad. Tím bylo zajištěno, že pes nezachytí pach ze stopy ještě předtím, než se dostane na místo, kde je pachová stopa skutečně položena.

Z celkových výsledků mé práce lze hodnotit, že úspěšnost celé skupiny byla pouze 60,38 %. Tento výsledek je podobný s výsledkem Wells a Hepper (2003), kdy úspěšnost celé skupiny byla 65 %. Shoda s výsledky experimentu z roku 2003 byla, že psi byli úspěšnější při vypracování stopy zleva doprava. V mé práci byl rozdíl úspěšností mezi pravou a levou stopou 8,33 %. V experimentů z roku 2003 byl tento rozdíl 20,7 %. Je otázkou do jaké míry má na tomto výsledku vliv lateralizace mozku.

Dále byl v mé práci sledován faktor věku psa na jeho úspěšnost při určování správného směru stopy. Pomocí lineární funkce bylo zjištěno, že mladší psi jsou úspěšnější než psi starší a s přibývajícím věkem psa tato úspěšnost klesá. Tento výsledek je totožný s výsledky experimentů z roku 2003. Této schody bylo zřejmě dosaženo tím, že psi mladšího věku ještě nejsou tzv. přetrénováni a více se zaměřují na individuální pach osoby, nikoliv na pach rozrušené půdy.

Další faktor, který lze porovnat, je vliv pohlaví na úspěšnost. V mé práci bylo dle výsledků zjištěno, že feny byly úspěšnější než psi, ale pouze s rozdílem 8,33 %. Tento výsledek již není

shodný s výsledkem z roku 2003, zde byli daleko úspěšnější psi samčího pohlaví. Lze tedy usuzovat, že pohlaví na výsledku nehraje zásadnější roli.

Zbývající výsledky už nelze porovnávat vzhledem k rozdílnosti vyhodnocování. Nicméně stojí za zmínku, že v experimentu z roku 2003 byli tři psi schopni určit správný směr u všech deseti stop. Pět psů při určování správného směru vyhodnotili pouze jednu stopu špatně, zbylých devět stop vyhodnotili správně. V mém experimentu celou sérii deseti stop nevyhodnotil žádný pes správně. Pouze jeden pes určil správný směr stopy jen s jednou chybou z celé série stop. Zajímavé je, že se jednalo o policejní fenu německého ovčáka s civilní zkouškou, ve které je obsažena taktéž pachová stopa, ale její primární určení u policie je vyhledávání drog. Lze tedy usuzovat, že právě tato fena dosáhla nejlepších výsledků, jelikož je naučena vyhledávat pach omamných a psychotropních látek až k jeho zdroji. V kombinaci s trénováním stopování je možné, že dokáže lépe sledovat pach na stopě ve směru stoupající koncentrace.

V mém experimentu bylo dále sledováno porovnání mezi psy policejními a psy civilními. Psi civilní byli úspěšnější než psi policejní pouze o 2 %. Dále byl posuzován vliv na vypracování stopy a zkušenosti psa vzhledem k některé vykonané zkoušce. S rozdílem 8 % byli úspěšnější psi, kteří měli již splněnou některou zkoušku. Nelze tedy říci, zda tyto faktory mají vliv na správné určování stopy. Poslední sledovaný faktor byl vliv věku psovoda na úspěšnost při určování správného směru stopy, kdy byl opět stanovený graf lineární funkce. Z tohoto grafu je patrné, že faktor věku psovoda do jisté míry ovlivnil úspěšnost psů. Výsledkem bylo, že se stoupajícím věkem psovoda se zvyšovala i úspěšnost psa. Takového výsledku bylo dosaženo pravděpodobně tím, že zkušenější psovod je klidnější, rozvážnější a nechává psa pracovat samostatně na pachové stopě.

Při pozorování výsledku z obou experimentů lze říci, že při odebrání jedinců s nejlepšími výsledky (tj. maximálně dvě špatné určení směru stopy) jsou úspěšnosti dosti podobné. Zvláště v mém experimentu, když z hodnocení odebereme psy č. 1, 3, 5, 7 a 9, kteří měli chybovost maximálně na dvou stopách. Poté úspěšnost zbylé průměrné skupiny je pouze 46 %. Z těchto výsledků vyplývá, že pro průměrnou skupinu psů určení správného směru pachové stopy je pouze dílem náhody. Takto špatného výsledků je pravděpodobně dosaženo tím, že se psi při stopování trackingovou metodou řídí na stopě hlavně pachem rozrušeného povrchů a rozšláplých drobných živočichů. Individuální pach osoby využívají minimálně. Takováto teorie byla popsána ve studii (Curran et al. 2005).

Další srovnání které se nabízí, je mezi výsledky tohoto experimentu se dvěma experimenty na trailingovou metodu (Harvey & Harvey 2003; Woidtke et al. 2018). Je ovšem nutné zmínit, že princip těchto experimentů byl rozdílný od mého. Pomineme-li tyto rozdíly, tak celkové výsledky oproti mému experimentu jsou o poznání vyšší. V případě experimentů z roku 2003 byl tento výsledek 77,5 %. V experimentu z roku 2018 byl tento výsledek 75 %, kdy byl tento experiment ještě rozdělen na úspěšnost policejních psů a ti měli nejvyšší úspěšnost a to 82 %. Zajímavé při těchto experimentech bylo to, že takováto vysoká úspěšnost byla i přes kontaminaci pachové stopy jinými osobami a čas vypracování stop byl v řádu několika hodin od kladení pachové stopy.

Použití psa na stopování v praxi se nikdy nedá srovnat se „sterilní“ tréninkovou stopou. Místa, kde se nasazují služební psi jsou rozmanitá a stejně tak faktory působící na pachové stopy. Nejčastější nasazení policejního psovoda bývá v místech velkého pohybu osob nebo častého přechodu mezi terénem. Policejní psovod musí také stopovat za každého počasí během celého roku. V neposlední řadě, pokud se jedná o pachatele trestné činnosti, není neobvyklé, že se tato osoba snaží svou odchodovou trasu zamaskovat nejrůznějšími věcmi (např. i rozlíváním chemikálií). Na všechny tyto podmínky musí být služební pes připravený a zároveň musí být spolehlivý stopař. Někdy může nastat situace kdy, na správném určení směru pachové stopy může záviset lidský život nebo dopadení pachatele závažného trestného činu.

Z tohoto hlediska trénovat psy trackingovou metodou pro služební využití je velmi nepraktické, jelikož psi mají malou míru úspěšnosti. U některých psů by se dalo říct, že šance na správné určení je pouze 50 %. Další problém nastává v kontaminaci pachové stopy jinou osobou, i v případě, že pes může jít na začátku po správné pachové stopě. Stačí ale jedno přejítí stopy jinou osobou a může nastat situace, kdy pes bude následovat stopu úplně jiné osoby než na začátku. Dále při stopování trackingovou metodou chodí psi s nosem nízko u země (Curran et al. 2005). Toto může být bráno jako další nevýhoda, jelikož může dojít k situaci, že pes při stopování nasaje nechtěnou látku. Následně poté většinou odmítá pokračovat ve stopování.

Kdežto psi při stopování trailingovou metodou, se řídí hlavně individuálním pachem hledaných osob. Psovod na začátku stopování poskytne psovi předmět s pachem osob, kterou má hledat. Následně pes samostatně vyhledává v terénu tento pach až k jeho zdroji. Psa v podstatě vůbec nezajímá pach jiných lidí, ale pouze pach, který si zapamatoval na začátku. Psi také nestopují tak intenzivně a proto dokáží stopovat delší vzdálenosti, aniž by se výrazně unavili. V této práci je popsáno, že detekovatelný lidský pach osob dokáže v přírodě setrvat v řádu několika dní i při působení nejrůznějších faktorů (Pinc et al. 2015; Curran et al. 2010; Ensminger 2011; Santariová et al. 2012; Santariová et al. 2016). To potvrzuje, že psi vycvičení trailingovou metodou, dokáží stopovat a úspěšně vyhledat osoby za pomoci jejich individuálního pachu i po delším časovém rozmezí.

Ze všech nevýhod, které mohou nastat při stopování trackingovou metodou je patrné, že to jsou zrovna ty nevýhody, které jsou velmi důležité pro nasazení psa při praktickém využití. Pokud se bude jednat o sportovní stopování, tak trackingová metoda je opět vhodnější, jelikož se potřebuje vypracovat stopa po přesně vytyčené stezce za co nejkratší čas. Pokud pes stopu ztratí nebo jí nedojde, sníží se mu pouze bodové ohodnocení, kdežto při praktickém využití psů může jít i o život osob. Z tohoto důvodů se autor přiklání k možnosti, aby Policie ČR začala uvažovat o změnách zažitých standardů a přijala do zkušebního řádu stopování trailingovou metodou.

Přijmutí této metody by ovšem znamenalo, že by měly být provedeny další experimenty. Zejména takové, kde by byly porovnány obě zmíněné metody. Experiment by musel být sestaven z baterie testů, co nejvíce podobných praktickému využití psů. Samozřejmostí by bylo dostatečné množství psů, aby bylo možno statisticky vyhodnotit, která metoda je spolehlivější a pro praktické využití psů vhodnější.

7 Závěr

Cílem práce bylo ověřit, zda se psi dokáží správně rozhodnout při určení správného směru pachové stopy. V první části literární rešerše byl popsán olfaktorický systém psa, v druhé části bylo popsáno, co to vlastně je pach, jak vzniká, jeho vlastnosti na pachové stopě a jak se pes chová při jeho hledání. V druhé části práce byl popsán samotný experiment, při kterém byla snaha ověřit spolehlivost trackingové metody na základě úspěšnosti při určování správného směru pachové stopy. Tento způsob stopování je využíván také Policií ČR pro praktické využití ku prospěchu společnosti. Při nasazení policejního psovoda se psem se vyžaduje vysoká míra spolehlivosti a úspěšnosti.

Experiment spočíval ve vypracování stopy dlouhé cca 100 m. Každý pes byl přiveden na střed této stopy a hodnotilo se, zda se rozejde správným směrem. Stop pro každého psa bylo celkem deset.

Ze získaných výsledků bylo provedeno několik vyhodnocení. Výsledky této práce se ve většině sledovaných hodnot shodoval s výsledky obdobné práce. V tomto experimentu byli například feny úspěšnější než psi. Rozdíl v úspěšnosti byl ale zanedbatelný.

Avšak při následném porovnávání s dvěma experimenty zabývajícími se druhou stopovací metodou nazývanou trailing přinesly výsledky zajímavé zjištění. Porovnáním mezi těmito metodami se zdála být méně úspěšná metoda tracking. Současně lze říci, že jako lepší metoda stopování je trailing.

Na základě celé práce pro budoucí praktické využití psů by bylo vhodné vytvořit experiment, při kterém by byli porovnány obě výše uvedené metody mezi sebou. V případě přetrvávajících lepších výsledků pro trailingovou metodu by byla na zvážení, celoplošná změna standardu ve výcvikových metodách bezpečnostních složek pro stopování osob, zejména pak u Policie ČR.

8 Literatura

- Ackerl K, Atzmueller M, Grammer K. 2002. The scent of fear. *Neuroendocrinology Letters* **23**:79–84.
- Agache P, Humbert P. 2004. *Measuring the skin*. Springer-Verlag. Heidelberg, Berlin.
- Alho L, Soares SC, Ferreira J, Rocha M, Silva CF, Olsson MJ. 2015. Nosewitness identification: Effects of negative emotion. *PLoS ONE* **10** (e0116706) DOI: 10.1371/journal.pone.0121012.
- Ara K, Hama M, Akiba S, Koike K, Okisaka K, Hagura T, Kamiya T, Tomita F. 2006. Foot odor due to microbial metabolism and its control. *Canadian Journal of Microbiology* **52**: 357-364.
- Belluscio L, Gold GH, Nemes A, Axel R. 1998. Mice deficient in G(olf) are anosmic. *Neuron* **20**: 69-81.
- Bojar RA, Holland KT. 2002. Review: The human cutaneous microflora and factors controlling colonisation. *World Journal of Microbiology and Biotechnology* **18**: 889-903.
- Breer H, Fleischer J, Strotmann J. 2006. The sense of smell: Multiple olfactory subsystems. *Cell Mol Life Sci* **63**: 1465-1475.
- Brewer WJ, Castle D, Pantelis C. 2006. *Olfaction and the Brain*. Cambridge, United Kingdom.
- Brisbin Jr. IL., Jacobson SA, Jacobson SK. 2000. Canine Detectives: The Nose Knows-Or Does It? *Science* **290**: 1093-1093.
- Brooks SE, Oi FM, Koehler PG. 2009. Ability of Canine Termite Detectors to Locate Live Termites and Discriminate Them from Non-Termite Material. *Journal of Economic Entomology* **96**: 1259-1266.
- Browne C, Stafford K, Fordham R. 2006. The use of scent-detection dogs. *Irish Veterinary Journal* **59**: 97.
- 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.
- Červený Č, Dvorský P, Postníková V, Komárek V, Štěrbá O. 1999. *Koldův atlas veterinární anatomie*. Grada, Česká Republika.
- 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* **290**: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**:933–943.
- Curran AM, Prada PA, Furton KG. 2010. Canine human scent identifications with post-blast debris collected from improvised explosive devices. *Forensic Science International* **199**:103–108.
- Curran AM, Rabin SI, Furton KG. 2005. Analysis of the Uniqueness and Persistence of Human Scent. *Forensic Science Communications* **7**.
- Curran AM, Ramirez CF, Schoon AA, Furton KG. 2007. The frequency of occurrence and discriminatory power of compounds found in human scent across a population determined by SPME-GC/MS. *Journal of Chromatography B* **846**:86–97.
- Debat H, Eloit C, Blon F, Sarazin B, Henry C, Huet JC, Trotier D, Pernollet JC. 2007. Identification of human olfactory cleft mucus proteins using proteomic analysis. *Journal of Proteome Research* **6**:1985-1996.
- DeMaria S, Ngai J. 2010. The cell biology of smell. *Journal of Cell Biology* **191**:443-452.
- Døving KB, Trotier D. 1998. Structure and function of the vomeronasal organ. *Journal of Experimental Biology* **201**:2913-2925.
- Dulac C. 1997. Molecular biology of pheromone perception in mammals. *Seminars in Cell and Developmental Biology* **8**:197-205.
- Engeman RM, Rodriguez D V., Linnell MA, Pitzler ME. 1998. A review of the case histories of the brown tree snakes (*Boiga irregularis*) located by detector dogs on Guam. *International biodeterioration & biodegradation* **42**:161-165.
- Engeman RM, Vice DS, York D, Gruver KS. 2002. Sustained evaluation of the effectiveness of detector dogs for locating brown tree snakes in cargo outbound from Guam. *International biodeterioration & biodegradation* **49**:101-106.
- Ensminger J. 2011. *Police and military dogs: Criminal detection, forensic evidence, and judicial admissibility*. CRC Press, Boca Raton, Florida.
- Evans H.E, 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.
- Freinkel RK, Woodley DT. 2001. *The Biology of the Skin*. The Parthenon Publishing Group, New York.
- Gallagher M, Wysocki CJ, Leyden JJ, Spielman AI, Sun X, Preti G. 2008. Analyses of volatile organic compounds from human skin. *British Journal of Dermatology* **159**:780-791.

- Gazit I, Terkel J. 2003. Domination of olfaction over vision in explosives detection by dogs. *Applied Animal Behaviour Science* **82**:65-73.
- Gerritsen R, Haak R. 2001. *K9 Professional Tracking: A Complete Manual for Theory and Training*. Detselig Enterprises Ltd., Calgary, Canada.
- Getchell ML, Getchell T V. 1992. Fine structural aspects of secretion and extrinsic innervation in the olfactory mucosa. *Microscopy Research and Technique* **23**:111-127.
- Glusman G, Yanai I, Rubin I, Lancet D. 2001. The complete human olfactory subgenome. *Genome Research* **11**:685-702.
- Harvey LM, Harvey JW. 2003a. Reliability of Bloodhounds in Criminal Investigations. *Journal of Forensic Sciences* **48**:811-816.
- Havlicek J, Lenochova P. 2006. The effect of meat consumption on body odor attractiveness. *Chemical Senses* **31**:747-752.
- Hawk HW, Conley HH, Kiddy CA. 1984. Estrus-Related Odors in Milk Detected by Trained Dogs. *Journal of Dairy Science* **67**:392-397.
- Hepper PG, Wells DL. 2005. How many footsteps do dogs need to determine the direction of an odour trail? *Chemical Senses* **30**:291-298.
- Jablonski NG. 2008. *Skin: A natural history*. University of California Press, Berkeley and Los Angeles, California.
- Jeziński T, Adamkiewicz E, Walczak M, Sobczyńska M, Górecka-Bruzda A, Ensminger J, Papet E. 2014. Efficacy of drug detection by fully-trained police dogs varies by breed, training level, type of drug and search environment. *Forensic Science International* **237**:112-118.
- Jeziński T, Ensminger J, Papet LE. 2016. *Canine Olfaction science and law: Advances in forensic science, medicine, conservation, and environmental remediation*. CRC Press, Cincinnati, Ohio.
- Keverne EB. 1999. The vomeronasal organ. *Science* **286**:716-720.
- Kim KH, Jahan SA, Kabir E. 2012. A review of breath analysis for diagnosis of human health. *TrAC Trends in Analytical Chemistry* **33**:1-8.
- Krestel D, Passe D, Smith JC, Jonsson L. 1984. Behavioral determination of olfactory thresholds to amyl acetate in dogs. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews* **8**:169-174.
- Kuhn F, Natsch A. 2009. Body odour of monozygotic human twins: A common pattern of odorant carboxylic acids released by a bacterial aminoacylase from axilla secretions contributing to an inherited body odour type. *Journal of the Royal Society Interface* **6**:377-392.
- Kurz ME et al. 1994. Evaluation of Canines for Accelerant Detection at Fire Scenes. *Journal of Forensic Sciences* **39**:1528-1536.

- Kuukasjärvi S, Eriksson CJP, Koskela E, Mappes T, Nissinen K, Rantala MJ. 2004. Attractiveness of women's body odors over the menstrual cycle: The role of oral contraceptives and receiver sex. *Behavioral Ecology* **15**:579–584.
- Laska M. SAWA. 2000. "Microsmatic" primates revisited: Olfactory sensitivity in the squirrel monkey. *Chemical Senses* **25**:47-53.
- Lawson MJ, Craven BA, Paterson EG, Settles GS. 2012. A computational study of odorant transport and deposition in the canine nasal cavity: Implications for olfaction. *Chemical Senses* **37**:553–566.
- Leyden JJ, McGinley KJ, Holzle E, Labows JN, Kligman AM. 1981. The microbiology of the human axilla and its relationship to axillary odor. *Journal of Investigative Dermatology* **77**:413–416.
- Lindsay SR. 2013. *Handbook of applied dog behavior and training, adaptation and learning*. Blackwell Publishing Professional, Ames, Iowa.
- Lledo PM, Gheusi G, Vincent JD. 2005. Information processing in the mammalian olfactory system. *Physiological Reviews* **85**:281–317.
- Lněničková J, Doležal P, Cinková P, Vyplelová P, Pinc L, Vyhnálek, Škeříková V, Urban Š. 2017. Vlastnosti lidské pachové stopy a multiplicita pachové signatury. *Kriminalistický sborník* **2**:60-65.
- Lorenzo N, Wan T, Harper RJ, Hsu YL, Chow M, Rose S, Furton KG. 2003. Laboratory and field experiments used to identify *Canis lupus var. familiaris* active odor signature chemicals from drugs, explosives, and humans. *Analytical and Bioanalytical Chemistry* **376**:1212-1224.
- Malnic B, Godfrey PA, Buck LB. 2004. The human olfactory receptor gene family. *Proceedings of the National Academy of Sciences* **101**:2584-2589.
- Matsunaka K, Koda N. 2008. Acceptance of dog guides and daily stress levels of dog guide users and nonusers. *Journal of Visual Impairment & Blindness* **102**:295-304.
- Morrison EE, Costanzo RM. 1992. *Science of olfaction*. Springer-Verlag, New York.
- Moulton DG, Ashton EH, Eayrs JT. 1960. Studies in olfactory acuity. 4. Relative detectability of n-aliphatic acids by the dog. *Animal Behaviour* **8**:117-128.
- Müller-Schwarze D. 2006. *Chemical ecology of vertebrates*. Cambridge University Press, United Kingdom.
- Neuhaus W. 1953. Über die Riechscharfe des Hundes für Fettsäuren. *Zeitschrift für Vergleichende Physiologie* **35**:527-552.

- Niccolini P. 1954. Lo stimolo olfattorio e la sua recezione. *Archivio italiano di scienze farmacologiche* **4**:109.
- Noël F, Piérard-Franchimont C, Piérard GE, Quatresooz P. 2012. Sweaty skin, background and assessments. *International journal of dermatology* **51**:647-655.
- Oesterhelweg L, Kröber S, Rottmann K, Willhöft J, Braun C, Thies N, Püschel K, Silkenath J, Gehl A. 2008. Cadaver dogs-A study on detection of contaminated carpet squares. *Forensic Science International* **174**:35–39.
- Olender T, Fuchs T, Linhart C, Shamir R, Adams M, Kalush F, Khen M, Lancet D. 2004. The canine olfactory subgenome. *Genomics* **83**:361-372.
- Osterkamp T. 2011. K9 water searches: Scent and scent transport considerations. *Journal of Forensic Sciences* **56**:907-912.
- Pandey SK, Kim KH. 2011. Human body-odor components and their determination. *TrAC Trends in Analytical Chemistry* **30**:784-796.
- Penn DJ, Potts WK. 1999. The evolution of mating preferences and major histocompatibility complex genes. *American Naturalist* **153**:145-164.
- Pickel D, Manucy GP, Walker DB, Hall SB, Walker JC. 2004. Evidence for canine olfactory detection of melanoma. *Applied Animal Behaviour Science* **89**:107-116.
- Pinc L, Vyplelová P, Santariová M, Čapková Z, Vlasák P. 2015. Ověření a zdokonalení metody pachové identifikace. Česká zemědělská univerzita v Praze, Česká Republika.
- Pochi PE, Strauss JS. 1974. Endocrinologic control of the development and activity of the human sebaceous gland. *Journal of Investigative Dermatology* **62**:191-201.
- Porter RH, Cernoch JM, Balogh RD. 1985. Odor signatures and kin recognition. *Physiology and Behavior* **34**:445–448.
- Prada PA, Curran AM, Furton KG. 2014. Human scent evidence. CRC Press, Boca Raton, Florida.
- Proctor DF, Andersen IHP. 1982. The nose, upper airway physiology and the atmospheric environment. Elsevier Biomedical Press, Michigan.
- Prugnolle F, Lefèvre T, Renaud F, Møller AP, Missé D, Thomas F. 2009. Infection and body odours: Evolutionary and medical perspectives. *Infection, Genetics and Evolution* **9**:1006-1009.
- Quignon P, Rimbault M, Robin S, Galibert F. 2012. Genetics of canine olfaction and receptor diversity. *Mammalian Genome* **23**:132–143.

- Ramotowaski R. 2001. Composition of Latent Print Residue. *Advances in fingerprint technology* **2**:63-104.
- Rebmann A, David E, Sorg MH, Song MH. 2000. *Cadaver Dog Handbook: Forensic Training and Tactics for the Recovery of Human Remains*. CRC Press, Boca Raton, Florida.
- Romero-Steiner S, Witek T, Balish E. 1990. Adherence of skin bacteria to human epithelial cells. *Journal of Clinical Microbiology* **28**:27-31.
- Roth RR, James WD. 1988. Microbial Ecology Of The Skin. *Annual Review of Microbiology* **42**:441-464.
- Santariová M, Písaříková A, Kloubek M, Vyplelová P, Pinc L. 2012. Schopnost psů identifikovat lidský pach poté, co byl vystaven působení proudící vody. *Bezpečnostní teorie a praxe* **2**:355-365.
- Santariová M, Pinc L, Bartoš L, Vyplelová P, Gerneš J, Sekyrová V. 2016. Resistance of human odours to extremely high temperature as revealed by trained dogs. *Czech Journal of Animal Science* **61**:172–176.
- Santonico M et al. 2012. In situ detection of lung cancer volatile fingerprints using bronchoscopic air-sampling. *Lung Cancer* **77**:46-50.
- Schild D, Restrepo D. 1998. Transduction mechanisms in vertebrate olfactory receptor cells. *Physiological reviews* **78**:429-466.
- Schoon A, Fjellanger R, Kjeldsen M, Goss KU. 2014. Using dogs to detect hidden corrosion. *Applied Animal Behaviour Science* **153**:43–52.
- Schoon A, Haak R. 2002. K9 suspect discrimination: Training and practicing scent identification line-ups. Detselig Enterprises Ltd., Calgary, Canada.
- Serpell J, Jagoe JA. 1995. Early experience and the development of behaviour. *The Domestic Dog: Its Evolution, Behaviour and Interactions with People*. Cambridge University Press, United Kingdom.
- Settles GS. 2005. Sniffers: Fluid-dynamic sampling for olfactory trace detection in nature and homeland security - The 2004 freeman scholar lecture. *Journal of Fluids Engineering* **127**:189-218.
- Settles GS, Kester DA, Dodson-Dreibelbis LJ. 2003. *Sensors and Sensing in Biology and Engineering*, Springer-Verlag, Vienna.
- Settles GS, McGann WJ. 2001. Potential for portal detection of human chemical and biological contamination. *SPIE Aerosense* **1**:1-9.
- 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. *Animal Behaviour* **82**:399-404.

- Steen JB, Wilsson E. 1990. How do dogs determine the direction of tracks? *Acta Physiologica Scandinavica* **139**:531-534.
- Stockham RA, Slavin DL, Handler B, Kift W. 2004. Survivability of Human Scent. *Forensic Science Communications* **6**
- Stoddart DM, Stoddart DM. 1980. *The Ecology of Vertebrate Olfaction*. Springer-Verlag, Dordrecht, Netherlands.
- Straus J, Kloubek M. 2010. *Kriminalistická odorologie*. Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk. Česká Republika.
- Taniguchi K, Saito S, Taniguchi K. 2011. Phylogenic outline of the olfactory system in vertebrates. *Journal of Veterinary Medical Science* **73**:139–147.
- Thesen A, Steen JB, Døving KB. 1993. Behaviour of dogs during olfactory tracking. *The Journal of experimental biology* **180**:247–251.
- Thornhill R, Gangestad SW, Miller R, Scheyd G, McCollough JK, Franklin M. 2003. Major histocompatibility complex genes, symmetry, and body scent attractiveness in men and women. *Behavioral Ecology* **14**:668–678.
- Tirindelli R, Mucignat-Caretta C, Ryba NJP. 1998. Molecular aspects of pheromonal communication via the vomeronasal organ of mammals. *Trends in Neurosciences* **21**:482-486.
- Tobin DJ. 2006. Biochemistry of human skin - Our brain on the outside. *Chemical Society Reviews* **35**:52-67.
- 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.
- Verhulst NO, Takken W, Dicke M, Schraa G, Smallegange RC. 2010. Chemical ecology of interactions between human skin microbiota and mosquitoes. *EMS microbiology ecology* **74**:1-9.
- Walker DB, Walker JC, Cavnar PJ, Taylor JL, Pickel DH, Hall SB, Suarez JC. 2006. Naturalistic quantification of canine olfactory sensitivity. *Applied Animal Behaviour Science* **97**:241-254.
- Walker JC, Hall SB, Walker DB, Kendal-Reed MS, Hood AF, Niu XF. 2003. Human odor detectability: New methodology used to determine threshold and variation. *Chemical Senses* **28**:817-826.
- Wayne RK, Vonholdt BM. 2012. Evolutionary genomics of dog domestication. *Mammalian Genome* **23**:3-18.
- Wells DL, Hepper PG. 2003. Directional tracking in the domestic dog, *Canis familiaris*. *Applied Animal Behaviour Science* **84**:297–305.

- Wells DL, Hepper PG. 2006. Prenatal olfactory learning in the domestic dog. *Animal Behaviour* **72**:681-686.
- Williams M, Johnston JM. 2002. Training and maintaining the performance of dogs (*Canis familiaris*) on an increasing number of odor discriminations in a controlled setting. *Applied Animal Behaviour Science* **78**:55-65.
- Willis CM, Church SM, Guest CM, Cook WA, McCarthy N, Bransbury AJ, Church MRT, Church JCT. 2004. Olfactory detection of human bladder cancer by dogs: Proof of principle study. *British Medical Journal* **329**:712.
- Winkler HA. 1938. *Rock-drawings of Southern Upper Egypt...* Egypt exploration society, H. Milford, Oxford University Press. United Kingdom.
- Witt M, Woźniak W. 2006. Structure and function of the vomeronasal organ. *Taste and Smell*. Karger Publishers **63**:70-83.
- Woidtke L, Dreßler J, Babian C. 2018. Individual human scent as a forensic identifier using mantrailing. *Forensic Science International* **282**:111-121.
- Young JM, Kambere M, Trask BJ, Lane RP. 2005. Divergent V1R repertoires in five species: Amplification in rodents, decimation in primates, and a surprisingly small repertoire in dogs. *Genome Research* **15**:231-240.