

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů**

**Katedra obecné zootechniky a etologie**

**Centrum pro výzkum chování psů**



**Sklo jako nosič pachu**

**Bakalářská práce**

**Autor práce: Klára Veselá**

**Obor studia: ABPC**

**Vedoucí práce: Ing. Zuzana Čapková, Ph.D.**

© 2018 ČZU v Praze

### **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Sklo jako nosič pachu" 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 neporušila autorská práva třetích osob.

V Praze dne 10. dubna 2018

---

### **Poděkování**

Ráda bych touto cestou poděkovala Ing. Zuzaně Čapkové Ph.D. za odborné vedení bakalářské práce a Ing. Andree Písařikové za poskytnutí cenných rad a podkladů potřebných ke zpracování práce.

# Sklo jako nosič pachu

## Souhrn

Tato práce je zaměřena na výcvik psů na metodu pachové identifikace za použití alternativního nosiče pachu, skla. Pachová identifikace je odorologická metoda uplatňující se ve forenzní vědě. Pracuje se zde s přiřazováním pachů pocházejících od jedné osoby. Pach získaný z místa činu je porovnáván se vzorkem odebraným podezřelé osobě za pomoci speciálně vycvičeného psa. Tato metoda identifikace člověka na základě pachu je založena na předpokladu, že pach je pro každého jedince individuální.

Lidský pach je tvořen kombinací sloučenin, které jsou specifické pro každého jedince a geneticky podmíněné. Individuální pach je tvořen sekrety žláz a je ovlivněn bakteriálním působením na odumřelé kožní buňky. Pach lze nabírat na několik druhů pachových nosičů, mezi které patří kov, textil, papír, polymer, sklo. Odběr pachu na sklo však zatím není příliš rozšířen. Složení pachového nosiče ovlivňuje množství shromážděné sloučeniny, na jeho struktuře závisí zachycování i uvolňování těkavých látek.

V experimentální části bylo zkoumáno, zda je sklo vhodným pachovým nosičem. Pachové vzorky byly odebírány z rukou žen na skleněné kuličky. Cílové vzorky, kuličky s odebraným pachem určených k pachové identifikaci, byly myté v ultrazvukové čističce. Počet mycích cyklů se pohyboval od jednoho do čtyř a po každém čištění následovala sterilizace. Bylo sledováno, po kolika cyklech čištění kuliček jsou psi schopni ztotožnit cílový vzorek s načichávacím pachem. Experiment ukázal, že lidský pach zůstává na skle i po opakovaném čištění. Psi byli schopni lidský pach na skleněných kuličkách identifikovat po jednom až třech cyklech mytí. Teprve po čtyřech cyklech mytí se nepodařilo načichávací pach ztotožnit s pachem v porovnávané řadě vzorků.

**Klíčová slova:** sklo, metoda pachové identifikace, pachový nosič, lidský pach, čich psa

# Glass like scent absorbent

## Summary

This work is focused on dog training, on the method of scent identification using an alternative scent absorbent, glass. Scent identification line-ups is an odorological method applied in forensic science. It works with the scent coming from one person. The scent obtained from the crime scene is compared to the sample taken from the suspected person with the help of a specially trained dogs. This method of human identification assumes, that the scent is individual for each person.

Human scent is a combination of compounds that are specific to each individual. Many of these compounds are influenced by genes. Individual scent is formed by secretion of glands and is affected by bacterial action on skin cells. The scent can be collected on several types of scent absorbents, including metal, textiles, paper, polymer, glass. The scent collection on glass is not used often. The composition of the scent absorbent is influenced by the amount of compound collected, depending on the structure and the release of the volatile substances.

In the experimental part, it was examined if glass is a suitable scent absorbent. Scent samples were taken from women's hands on glass beads. Target samples, glass beads designed for odor identification, were washed in an ultrasonic cleaner. The number of wash cycles ranged from one to four, followed by sterilization after each cleaning. It has been observed how many cycles the dogs are able to identify the target sample. The experiment showed, that human scent is on the glass even after repeated cleaning. Dogs were able to identify human scent on glass beads after one to three cycles of cleaning, but are not able to identify after four cleaning cycles.

**Keywords:** glass, scent identification line-ups, scent absorbent, human scent, dog olfaction

# Obsah

<b>1</b>	<b>Úvod .....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Cíl práce.....</b>	<b>2</b>
<b>3</b>	<b>Literární rešerše.....</b>	<b>3</b>
<b>3.1</b>	<b>Lidský pach.....</b>	<b>3</b>
3.1.1	Vznik pachu .....	4
3.1.2	Vlastnosti lidského pachu .....	6
3.1.3	Pachové nosiče.....	7
3.1.4	Odběr pachu .....	9
3.1.4.1	Metody odběru pachu.....	10
3.1.5	Uchování pachu .....	11
<b>3.2</b>	<b>Vlastnosti skla.....</b>	<b>12</b>
<b>3.3</b>	<b>Psí čich.....</b>	<b>14</b>
3.3.1	Metoda pachové identifikace .....	15
3.3.1.1	Výcvik pozitivním posilováním .....	17
<b>4</b>	<b>Materiál a metody .....</b>	<b>19</b>
<b>4.1</b>	<b>Zvířata .....</b>	<b>19</b>
<b>4.2</b>	<b>Použitý materiál .....</b>	<b>20</b>
<b>4.3</b>	<b>Odběry vzorků.....</b>	<b>20</b>
<b>4.4</b>	<b>Popis experimentu .....</b>	<b>21</b>
<b>5</b>	<b>Výsledky.....</b>	<b>23</b>
<b>6</b>	<b>Diskuze .....</b>	<b>26</b>
<b>7</b>	<b>Závěr .....</b>	<b>28</b>
<b>8</b>	<b>Seznam literatury.....</b>	<b>29</b>

# 1 Úvod

Psí čich je využíván ve prospěch člověka již více než 100 let (Curran et al., 2005b, Johnen et al., 2017, Lesniak et al., 2008). Identifikace člověka na základě pachu pomocí psů je nejvíce používaný a nejznámější způsob biologické detekce pachu a je založena na předpokladu, že pach je pro každého jedince individuální (Curran et al., 2010b, Jezierski et al. 2012, Leitch et al., 2013, Preti et al., 2006). Materiálům pro odběr pachu je věnována velká pozornost (Hudson et al., 2009, Prada et al., 2011), protože jejich struktura ovlivňuje množství zachyceného pachu. Jen málo studií však používá k odběru pachu sklo.

Textilní absorbenty obsahují i po vyčištění množství nečistot (Doležal et al., 2017), které psům komparaci pachových vzorků ztěžují. Sklo je křehký porézní materiál s vynikající chemickou a tepelnou stabilitou (Cui et al., 2017, Exnar, 1994). Porozita, velikost pórů a schopnost vazby s jinými látkami jsou vlastnosti skla ovlivnitelné podmínkami jeho přípravy, například pH, teplotou a poměrem použitých látek (Pagáčová et al., 2007).

V experimentální části této práce bude zjišťováno, zda je sklo vhodným pachovým nosičem pro výcvik psů na metodu pachové identifikace. Dále bude práce pojednávat o čištění skla pro účely opakovaného použití tohoto pachového nosiče.

## **2 Cíl práce**

Cílem práce je ověřit možnost výcviku psů na metodu pachové identifikace pomocí alternativního nosiče lidského pachu v podobě skleněných kuliček.



## 3 Literární rešerše

### 3.1 Lidský pach

Lidský pach může být definován jako kombinace sloučenin, které jsou specifické pro každého jedince. To vysvětluje schopnost speciálně vycvičených psů identifikovat osoby podle jejich individuálního pachu (Curran et al., 2005b, Curran et al., 2010b, Jezierski et al. 2012, Preti et al., 2006). Výsledný pach je určen několika sloučeninami působícími společně a mnoho sloučenin je ovlivňováno geny (Willse et al., 2006). Schopnost vylučovat pach je vlastnost organických i anorganických látek (Straus et Kloubek, 2010). Pach lze používat k získání individuálních stop jedinců, což poukazuje na velký potenciál využití pachu v kriminalistice (Colon-Crespo et al., 2017).

Schopnost psů rozlišovat pach je známa více než 100 let (Curran et al., 2005b, Johnen et al., 2017, Lesniak et al., 2008). Geneticky podmíněné složky pachu jsou v čase stabilní, ostatní součásti pachu se mohou lišit v závislosti na vnějších nebo vnitřních faktorech. Zda je individualita pachu způsobena poměry sloučenin mezi sebou nebo přítomností/nepřítomností konkrétních sloučenin nebo kombinací obou možností, není objasněno (Curran et al., 2007, Cuzuel et al., 2017a). Tělesné pachy, které mají genetický základ, jsou individuální pro každého jedince a jsou nazývány odortypy. Odortypy jsou dány více nezávislými geny. Heterozygotní účinek genů způsobuje v koncentraci pachu specifický odortyp a rozšiřuje jejich rozmanitost (Willse et al., 2006). Ke složení lidského pachu přispívá mnoho faktorů: genetika, strava, životní prostředí, působení bakterií (Brown et al., 2013). Podle Colon-Crespo et al. (2017) jsou faktory ovlivňující pach genetické, anatomické a fyziologické a svou roli také hraje vystavení pachu vnějším vlivům. I Willse et al. (2006) ve své práci uvádí, že pach je ovlivněn vnějším prostředím. K faktorům ovlivňujícím lidský pach patří metody sběru pachu, jeho skladování a případná kontaminace (Hudson et al., 2009). Pachový profil různých biologických vzorků - například kůže, krev, dech odebraných od stejného člověka se od sebe vzájemně liší (Kusano et al., 2011). Brown et al. (2013) hodnotili těkavé látky uvolňované různými typy biologických vzorků (ruce, vlasy, nehty a sliny). Cílem studie bylo vyhodnocení těchto nových biologických vzorků pro účely identifikace. Jednotlivce se podařilo rozlišit u všech typů vzorků (Brown et al., 2013). Vlasy jsou nosiči pachu díky tomu, že na nich zůstávají sekrety kožních žláz, přestože samy o sobě pach neprodukují (Straus et Kloubek, 2010). Bylo prokázáno, že psi přirozeně preferují pach určité osoby. Některé individuální pachy najdou snadno, jiné naopak

obtížně. Může to být dáno tím, že u některých osob je prokazatelně větší množství pachových sloučenin (Schoon, 2005).

Pach jedince dělíme na tři části. Primární pach ovlivňuje genetické založení jedince a v čase je stabilní. Způsob stravování ani vliv vnějšího prostředí nehraje roli (Curran et al., 2007). Součástí primárního pachu jsou kyseliny, alkoholy, aldehydy, alkány, ketony a kyselé estery. Sekundární pach je ovlivněn stravou i životním prostředím, není tedy stálý v čase. Terciální pach je tvořen pachem kosmetických přípravků a dalších sloučenin, pocházejících z exogenních zdrojů (Cuzuel et al., 2017a).

### **3.1.1 Vznik pachu**

Vznik lidského pachu je složitý proces. Pach je výsledkem bakteriálního působení na mrtvé kožní buňky a sekrety (Curran et al., 2010b). Individuální pach je tvořen sekrety žláz, hormony a je ovlivňován metabolismem bakterií (Kusano et al., 2011). Fyziologie lidské kůže se významně podílí na individuálním pachu (Prada et al., 2011). Lidská kůže produkuje těkavé organické sloučeniny, které mají různý biologický původ (Curran et al., 2006, 2010a). Kožní buňky postupně odumírají a jsou rozkládány bakteriemi (Curran et al., 2005b). Lidská kůže je tvořena dvěma základními vrstvami a další vrstvu tvoří podkoží. Každá vrstva má svoji funkci a charakteristické fyzikální i chemické vlastnosti (Curran et al., 2010a). Obě vrstvy spolu komunikují prostřednictvím membrány, která je fyzicky odděluje (Baroni et al., 2012). Na povrchu se nachází epidermis, která se samovolně obnovuje (Curran et al., 2010a). Epidermis neustále vylučuje mrtvé epitelální buňky do okolí. Průměrná délka života epitelální buňky je přibližně 36 hodin. Větší odloučené buňky pokožky se usazují v prostředí, menší jsou vířeny ve vzduchu (Curran et al., 2010b). Epidermis je tvořena hlavně plochými buňkami. Horní vrstva epidermis se nazývá stratum corneum (Curran et al., 2010a) a vytváří bariéru mezi vnitřním organismem a vnějším prostředím. Tyto buňky jsou obohaceny proteiny a lipidy (Baroni et al., 2012). Druhá vrstva kůže je dermis. Je to tkáň z kolagenních vláken, která zajišťují pevnost kůže v tahu. V dermis se nachází krevní cévy, potní žlázy a vlasové folikuly (Curran et al., 2010a, Baroni et al., 2012).

Různé oblasti těla mají rozdílné množství a typy sekrečních žláz, přesto jsou některé prvky lidského pachu pro všechny oblasti společné (Curran et al., 2006). Exokrinní žlázy vylučují sekrety, které slouží jako výživa pro bakterie (Curran et al., 2005b) a jsou důležitou složkou pachu (Straus et Kloubek, 2010). Sekrety pocházejí ze tří typů žláz: ekrinních, apokrinních a mazových.

Ekrinní žlázy jsou pravé potní žlázy. Jsou přítomny po celém těle ale jejich největší hustota je na rukou, chodidlech a na čele (Brown et al., 2013, Cuzuel et al., 2017a). Potních žláz se v těle nachází až 4 miliony (Brown et al., 2013). Ekrinní žlázy poskytují vlhkost, která napomáhá rozvoji bakterií (Munk et al., 2000). Produkují čirou látku skládající se z vody a soli a jejich funkcí je ochlazování organismu (Cuzuel et al., 2017a, Munk et al., 2000). Sekrety jsou z 99 % složeny z vody, 1 % pak tvoří elektrolyty, metabolity a odpadní látky (Brown et al., 2013). Sekrety ekrinních žláz obsahují proteiny, enzymy, glykoproteiny, kyselinu mléčnou, glukózu, aminokyseliny a anorganické soli (Munk et al., 2000). Vznikají z extracelulární tekutiny, proto má na jejich složení vliv krevní plazma (Brown et al., 2013, Curran et al., 2007, Munk et al., 2000) a také tedy složení stravy (Munk et al., 2000). Těkavé látky obsažené v krvi jsou alkoholy, aldehydy a alkány (Curran et al., 2007).

Apokrinní žlázy mají omezený výskyt (Cuzuel et al., 2017a), jsou spojeny s vlasovými folikuly, nacházejí se v dermis a jejich činnost je regulována hormony. Apokrinní sekrece produkuje lipidy, steroidy a proteiny (Brown et al., 2013). Sekrety obsahují mastné kyseliny například cholesterol a triglyceridy (Cuzuel et al., 2017a) a přibližně 10% bílkovin (Munk et al., 2000).

Mazové žlázy se nachází všude mimo dlaní a chodidel (Cuzuel et al., 2017a) a chrání kůži před vysušením. Produkují látky sloužící k promaštění kůže a jsou spojeny s vlasovými folikuly (Brown et al., 2013, Cuzuel et al., 2017a). Oxidací sekretů mazových žláz vznikají aldehydy, které jsou součástí primárního pachu (Curran et al., 2010b). Produkty mazových žláz obsahují glyceridy, volné mastné kyseliny, estery a cholesterol (Curran et al., 2007, Munk et al., 2000). Na rozdíl od apokrinních žláz tvoří sekrece ekrinních a mazových žláz stabilní složku pachu jedince (Curran et al., 2010b).

Těkavé organické sloučeniny se mohou vylučovat z mnoha oblastí těla. Intenzita vylučování sloučenin je závislá na místě jejich vzniku (Colon-Crespo et al., 2017). Těkavé sloučeniny nemusí být vázané na kapalné látky, tedy jen na pot (Bernier et al., 1999). Drobné rozdíly v celkovém složení mastných kyselin mají velký vliv na individuální pach (Curran et al., 2007). Individuální pach jedince ovlivňuje také genové pozadí, které interaguje s geny hlavního histokompatibilního komplexu (Curran et al., 2010b, Willse et al., 2006). Variabilita genů hlavního histokompatibilního komplexu (MHC) určuje množství těkavých molekul v tělních tekutinách (Willse et al., 2006). Výzkum ukázal, že při hodnocení mužského pachu ženami hraje významnou roli počet shodných alel genů hlavního histokompatibilního komplexu. Shodné alely MHC mají vliv na pozitivní vnímání pachu druhého člověka

(McClintock et al., 2005). Jakým způsobem přesně ovlivňují geny hlavního histokompatibilního komplexu tělesné pachy, není objasněno (Curran et al., 2010b).

### 3.1.2 Vlastnosti lidského pachu

Kvalitativní chemické složení lidského pachu je mezi jednotlivci podobné, zatímco kvantitativní zastoupení charakterizuje jednotlivce (Brown et al., 2013, Curran et al., 2005b). Existuje vztah mezi genetickou variabilitou a pachovými profily (Willse et al., 2006). Colon-Crespo et al. (2017) zjistili rozdíly v pachu mezi etnickými skupinami a mezi muži a ženami. To může výrazně posílit hodnotu lidského pachu v kriminálním vyšetřování. Pach je jasněji vymezen mezi ženami a muži než mezi jednotlivci různého etnického původu. Rozlišení osob z různých etnických skupin na základě pachu bylo úspěšné z téměř 60 %. Mezi muži a ženami se vyskytují rozdílné poměry sloučenin, i když většina sloučenin v pachových profilech mužů i žen jsou estery a aldehydy (Curran et al., 2005b). Etnickou příslušnost člověka stejně jako pohlaví lze určit podle primárního pachu (Straus et Kloubek, 2010).

Z výzkumu Curran et al. (2010a) vyplývá, že lidský pach je odolný vůči intenzivním mechanickým a tepelným účinkům, ke kterým dochází při výbuchu. Pach zůstává na předmětech v troskách a komponentech vozidel po výbuchu v dostatečném množství pro spolehlivou identifikaci jednotlivců, kteří byli v kontaktu s výbušninou. Identifikace jedinců pomocí psů byla úspěšná z 82,2 %. Curran et al. (2010b) popisují možnost vývoje lidského pachového kódu, který lze uložit do databáze pro možnost vyhledávání. Lidský pach je biometrický lidský rys a využívá se jako forenzní důkaz (Colon-Crespo et al., 2017). Biometrie je technika měření fyzických vlastností nebo osobních rysů jedince a porovnání těchto charakteristik s databází za účelem identifikace. Chemické složení tělesného pachu jednotlivce je považováno za fyzikální vlastnost (Curran et al., 2005a).

Profily pachu z rukou a ze slin jsou odlišné, ale u vlasů a nehtů se vyskytly určité podobnosti. Z výsledků tohoto hodnocení vyplývá, že porovnávání mezi jednotlivci by mělo být prováděno v rámci jednoho typu biologického vzorku. Kůže na dlaních rukou, vlasy a nehty mají společnou vlastnost - obsahují keratinový protein, zatímco látky přítomné ve slinách se u zbylých vzorků nevyskytují. Výsledky ukazují, že různé biologické vzorky mohou být použity k identifikaci (Brown et al., 2013). V experimentu Johnen et al. (2017) byly na čistých skleněných tabulích pomocí psů ověřovány otisky prstů. Ukázalo se, že psi nedokázali identifikovat otisky na skleněných plochách, které byly po dobu tří týdnů vystavené venkovním podmínkám. Na plochách uchovávaných uvnitř po dobu až šest týdnů se pach podařilo detekovat. Otisky prstů jsou tvořeny mastnými kyselinami. Mastné kyseliny podléhají v čase

změnám (nenasyčené mastné kyseliny jsou rozloženy na menší, nasycené mastné kyseliny) přičemž většina změn proběhne v prvním týdnu (Schoon, 2005).

### 3.1.3 Pachové nosiče

Pach lze sbírat na vícero typů materiálů: kov, textil, papír, polymer. Všechny tyto materiály se osvědčily jako nosiče lidského pachu (Curran et al., 2010a). Různá právní zařízení vyžadují odlišné materiály pro sběr pachových vzorků určených k identifikaci pomocí psů (Prada et al., 2011). Složení materiálu na odběr pachu má velký vliv na zachycování i uvolňování těkavých látek (Caraballo et al., 2016). Na použitém materiálu závisí množství shromážděné sloučeniny (DeGreeff et al. 2011). Polární molekuly, které mají tendenci se vázat na pachový nosič, jsou důležité složky pachu (Preti et al., 2006). Nelze říci, že je některý z materiálů používaných pro sběr pachu lepší nebo horší než jiný (Schoon, 2005).

Typy používaného textilu se dělí na přírodní a syntetická vlákna. Přírodní vlákna pochází z rostlin nebo živočichů. Nejběžněji používaným přírodním vláknem z rostliny je bavlna. Se změnami vlhkosti se mění pevnost bavlny v tahu, což je způsobeno její hydrofilní charakteristikou (Prada et al., 2011). Bavlněné materiály jsou odolné proti slunečnímu světlu, ale při delším vystavení působení ultrafialového světla se znehodnocují (Hudson et al., 2009). V experimentu Prada et al. (2011) bylo na bavlněné materiály zachyceno největší množství pachu v porovnání s hedvábím, polyesterem a vlnou. Z přírodních materiálů z živočišných zdrojů je nejčastěji jako pachový nosič používána vlna. Molekula vlny se skládá ze složité sekvence aminokyselin. Po celé délce vláken vlny se mění jejich chemické složení. Vlněný materiál má vyšší schopnost zadržování vlhkosti oproti jiným vláknům. Je to dáno tím, že vlněná vlákna jsou hydrofilní a molekuly vlny vysoce polární (Hudson et al., 2009). Umělé hedvábí je viskózní syntetické vlákno, které se vyrábí z celulózy. Celulóza má dlouhé lineární řetězce s hydroxylovými skupinami a prostřednictvím vodíkových vazeb a van der Waalsových sil spolu hydroxylové skupiny interagují (Prada et al., 2011). Materiály na bázi celulózy například bavlna nebo hedvábí se ukázaly jako účinnější sorbenty než polyesterový materiál (DeGreeff et al., 2011). Polyesterová vlákna jsou syntetický materiál. Mají špatnou savost a nedostatečně zadržují vlhkost (Prada et al., 2011). Podle studie Hudson et al. (2009) je polyester hydrofobní. Jsou to vlákna složená z jakéhokoliv syntetického polymeru s dlouhým řetězcem a jsou ideální pro sběr kyselých těkavých látek (Prada et al., 2011). V experimentu DeGreeff et al. (2011) zachytil polyesterový materiál nejmenší množství sloučenin pachu. Prada et al. (2011) prokázali, že při kontaktních i bezkontaktních metodách sběru pachu za použití

polyesteru jako pachového nosiče, se u mužských vzorků vyskytují kyselejší typy těkavých látek než u žen.

Mnoho sorbentů bylo zhodnoceno jako biologicky sterilní a bylo zdůrazněno, že biologicky sterilní nelze srovnávat s termínem analyticky čisté (Prada et al., 2010). Podle studie Munk et al. (2000) je obtížné účinně odstranit všechny pachy z bavlněné textilie znečištěné lidským kožním mazem a potem. Aby se zabránilo kontaminaci vzorků, musí být materiál pro jejich odběr upraven (Cuzuel et al., 2017a). Psi však dokážou identifikovat požadovaný pach i za přítomnosti rušivého pachového pozadí (Hudson et al., 2009).

Materiály používané ke sběru lidského pachu pro vyšetřovací účely obsahují řadu sloučenin, které se udávají jako složky lidského pachu (Prada et al., 2010, Kusano et al., 2011) například nonanal, dekanal a tridekan (Curran et al., 2005b). Účelem studie Prada et al. (2010) bylo zhodnotit různé procesy, které mohou být aplikovány na sorbenty k dosažení analytické čistoty a k eliminaci možné kontaminace odebraných vzorků pachu. Nejlepší způsob úpravy pachových nosičů je podle této studie extrakce tekutin. Ve studii Hudson et al. (2009) se pachové profily po dobu skladování měnily na všech sběrných materiálech. Neexistuje žádný optimální materiál, který by zajistil bezchybný odběr vzorků (Prada et al., 2011). Materiál z hustě tkané tkaniny shromažďuje za bezkontaktního sběru více sloučenin. Má větší schopnost omezit proud vzduchu a díky tomu dochází k menším ztrátám sloučenin (DeGreeff et al., 2011).

DeGreeff et al. (2011) testoval vhodnost několika materiálů jako pachových nosičů. Bezkontaktním sběrem pomocí zařízení STU-100 se při použití více vrstev jednoho materiálu zachytilo největší množství sloučeniny. Nejvíce sloučenin bylo zachyceno Johnson a Johnson a Dukalovou gázou (DeGreeff et al., 2011). Materiál Johnson a Johnson je směs bavlny nebo hedvábí a polyesteru (Hudson et al., 2009). Sorbent Dukal je vyrobený z celulózy. Tento materiál uvolňuje větší množství aldehydů a uhlovodíků (Caraballo et al., 2016). Při bezkontaktním odběru vzorků přes jednu vrstvu materiálu je vyšší riziko úniku sloučeniny během procesu sběru. Vzduch obsahující sloučeniny, prochází materiálem rychleji, než se těkavé látky stačí zachytit. Dvě nebo tři vrstvy sběrného materiálu zvyšují plochu, na kterou mohou být sloučeniny zachyceny a zpomalují proudění vzduchu, čímž brání úniku sloučenin. Příliš mnoho vrstev již omezuje proudění vzduchu do takové míry, že se na sběrný materiál zachycuje méně molekul (DeGreeff et al., 2011).

Caraballo et al. (2016) používali ve svém experimentu jako neporézní nosiče pachu tyče z nerezavějící oceli. Pach byl sbírán bezkontaktním zařízením STU-100. Větší množství sloučenin bylo získáno z neporézního předmětu než z pórovitého. Je to dáno tím, že u pórovitého sorbentu byly sloučeniny absorbovány do pórů, což bránilo v jejich uvolňování. Z

neporézního předmětu se sloučeniny uvolňovaly lépe (Caraballo et al., 2016). Zkušenosti naznačují, že psi pach rozpoznají nejnáze z ocelových trubek a z hladkého plastu, zatímco tkaniny patří ke složitějším sorbentům na rozlišení. V experimentu se však vliv materiálu na úspěšnost vyhledávání nepotvrdil (Schoon, 2005). V bavlněných materiálech zůstávají molekuly vázány a tím jsou špatně dostupné pro psy provádějící pachové rozlišení. V tom případě je možné, že některé sloučeniny nedetekují a nepoužívají k identifikaci lidského pachu (Curran et al., 2006).

### **3.1.4 Odběr pachu**

Při páchání trestného činu je velmi pravděpodobné, že pachatel se některých předmětů dotýkal rukama, odběr vzorků z rukou je proto vhodná volba (Cuzuel et al., 2017a) a v kriminalistice se nejvíce používá (Curran et al., 2007, Furton et al., 2015). Pach z rukou je používán jako kriminalistický důkaz a slouží i jako základ pro vývoj nových postupů, které mohou posílit hodnotu využití pachových stop při vyšetřování (Colon-Crespo et al. 2017, Curran et al., 2007). Pach na rukou se skládá ze sekretů ekrinních a mazových žláz a vliv má i mikrobiální působení. Apokrinní žlázy na rukou chybí (Curran et al., 2007). Vzorky pachu z rukou vytváří ze všech ostatních biologických vzorků nejvyšší počet sloučenin udávaných jako složky lidského pachu. Analýze chemických látek z rukou se věnuje velká pozornost, protože 73 % získaných pachových důkazů ve Spojených státech amerických pochází z předmětů, které byly v kontaktu s rukama pachatele (Brown et al., 2013, Curran et al., 2010a). Pachové vzorky odebrané z rukou jsou v čase stabilní a mají vysoký obsah těkavých sloučenin (Cuzuel et al., 2017a). Colon-Crespo et al. (2017) uvádí, že podle těkavých organických sloučenin z rukou lze rozlišit jedince na základě etnického původu i pohlaví. Jezierski et al. (2012) zjistili, že psi snáze identifikují individuální pach z rukou žen, než mužů. Ve studii Settle et al. (1994) byli psi schopni přiřadit pach z rukou k pachovým vzorkům jiných částí těla odebraných od stejné osoby s 85 % přesností. Schopnost psů rozpoznat jedince je dokázána bez ohledu na oblast těla, ze které byl vzorek odebrán (Cuzuel et al., 2017a). Pozornost se nyní zaměřuje i na další biologické vzorky, které mohou být odebírány neinvazivně například vlasy, nehty a sliny. Potenciální použití těchto biologických materiálů jako zdrojů pachu pro identifikaci pomocí psů dosud nebylo zkoumáno (Brown et al., 2013). Do dnešní doby nebyl publikován vědecký postup, jak nejlépe sbírat a zpracovávat biologické vzorky pachu pro identifikaci pomocí psů (Johnen et al., 2017). V kriminální praxi se obvykle jako první zajišťuje pach z místa trestného činu a následně se odebírá pach podezřelé osobě. Protože pach je v čase nestálý a chemické složení pachu zanechaného na předmětech se také mění, může u obou vzorků docházet k

nežádoucím změnám. Zda tyto změny způsobené časovou prodlevou a vnějšími podmínkami mají vliv na výsledky identifikace pomocí speciálně vycvičených psů, zatím nebylo ověřeno (Schoon, 2005).

#### 3.1.4.1 Metody odběru pachu

Chemické složení lidského pachu se liší v závislosti na metodě, která byla ke sběru pachu použita (Prada et al., 2011). Existují různé metody odběru pachu. Je možné použít kontaktní i bezkontaktní odběr. Při kontaktním odběru se pachem kontaminované místo nebo předmět překryje sterilní látkou. Látku je možné použít i při snímání pachu z osoby (DeGreeff et al., 2011). Materiál pro sběr pachu se přikládá přímo na kůži. Kůže je v místě odběru omyta vodou a je ponechána volně uschnout. V některých případech je používáno speciální mýdlo. Aby nedošlo ke znehodnocení vzorků, vyžadují některé studie vyřazení určitých potravin a deodorantů až týden před odběrem pachu (Cuzuel et al., 2017a). Podle Preti et al. (2006) je vhodnější čas pro vyřazení deodorantů až dva týdny. Prada et al. (2011) porovnávali kontaktní a bezkontaktní metody sběru lidského pachu na několik typů textilu. Podle této studie se nejvíce pachu zachytilo kontaktním sběrem na bavlnu. Místo běžných pachových nosičů, které mohou být kontaminovány, je možné použít tyčinky pokryté absorpčním materiálem. Tyčinka se používá při kontaktním odběru pachu, přikládá se přímo na kůži. Další způsob kontaktního odběru vzorků je možný pomocí polymerových náplastí (Cuzuel et al., 2017a).

Lidský pach může být nabírán dynamickým zařízením, které využívá proudění vzduchu a zachycuje molekuly pachu na gázu (Curran et al., 2010a). U metody bezkontaktní se snižuje riziko narušení pachové stopy (Curran et al., 2010a, DeGreeff et al., 2011). Nekontaktní odběry vzorků se provádí odsáváním vzduchu z místa činu nebo v místnosti výskytu odebírané osoby (Cuzuel et al., 2017a). Nekontaktní přístroj pro sběr pachu přenáší těkavé organické sloučeniny z předmětu nebo osoby na absorbent (Caraballo et al., 2016). Tyto přístroje jsou používány například v USA při kriminálním vyšetřování pomocí psů. Obsahují pumpu spojenou s gázou, na kterou se zachytávají těkavé organické sloučeniny. Studie porovnávací průtoky na sběrné materiály ukázaly, že vyšší průtok omezuje zadržení sloučenin na gáze (Cuzuel et al., 2017a). DeGreeff et al. (2011) poukazuje na důležitost sběrné komory v bezkontaktním zařízení pro sběr pachu. Sběrná komora odstranila množství těkavých látek, které se nacházely ve vzduchu. Tím byla zlepšena kvalita bezkontaktního odběru vzorků proudem vzduchu a dosáhlo se snížení kontaminace pachového pozadí. Podle Cuzuel et al. (2017b) lze vzorky pachu z rukou odebírat bezkontaktně pomocí jiného zařízení ze skleněné komory, do které se ruka vloží a v níž je utěsněna. Toto zařízení není zatím přizpůsobeno pro použití v terénu a bylo použito jen pro



výzkumné účely. Odběr pachu tímto zařízením je snadný. Dovnitř se přivádí plyn a u výstupu jsou připojeny trubky pro zachycení sloučenin.

Vzorky od jedné osoby získané kontaktní i nekontaktní metodou si nejsou svými profily dostatečně podobné na to, aby bylo možné určit individuální složky primárního pachu (Prada et al., 2011). Cuzuel et al. (2017a) uvádí, že bezkontaktním sběrem je odebráno méně molekul než za použití kontaktního sběru. Podle Prada et al. (2011) je kontaktním sběrem získán až třikrát vyšší počet těkavých molekul než bezkontaktní metodou. Ve studii Caraballo et al. (2016) byl hodnocen souběžný sběr lidského pachu a epitelálních kožních buněk z porézního a neporézního předmětu přístrojem STU-100. Ukázalo se, že zařízení STU-100 není vhodné pro sběr epitelové kožní buňky pro analýzu DNA (Caraballo et al., 2016). Alkoholový typ sloučenin se snáze sbírá kontaktním sběrem, zatímco u ketonů je vhodnější bezkontaktní metoda (Prada et al., 2011).

### **3.1.5 Uchování pachu**

Pachy jsou proměnlivé v čase a rychlost změn závisí na vnějších vlivech (Johnen et al., 2017). Ke ztrátám molekul pachu dochází odpařováním (Curran et al., 2007) a různé molekuly se odpařují rozdílnou rychlostí (Schoon, 2005). V důsledku odpařování má pach zanechaný na dvou stejných předmětech v různém čase odlišné složení (Schoon, 2005). Odebrané pachy se umisťují do tzv. pachových konzerv, které mají zabránit kontaminaci vzorků jinými pachy (Hudson et al., 2009) a odpařování molekul pachu. V pachových konzervách mohou probíhat kvalitativní změny pachu, čemuž by se mělo předcházet, aby se zvýšila spolehlivost identifikace pachu (Schoon, 2005). V pachové konzervě se vytváří ustálený stav, který omezuje odpařování těkavých sloučenin (Curran et al., 2007, Schoon 2005). Hudson et al. (2009) hodnotili vhodnost materiálů pro skladování lidského pachu. Z těchto materiálů - sklo, polyetylen a hliník bylo sklo vyhodnoceno pro skladování pachu jako nejlepší. Při vhodných podmínkách lze vzorky skladovat až tři roky (Straus et Kloubek, 2010). Podle Marchal et al. (2016) může být pach skladován po dobu 10 let nebo i více. Cuzuel et al. (2017a) uvádí, že vzorky mohou být ve sklenicích skladovány až patnáct let. Obvykle jsou vzorky pachu určené k pachové identifikaci pomocí psů uchovány 48 hodin před vlastním ztotožňováním (Curran et al., 2006). V experimentu Hudson et al. (2009) byly pachové vzorky získané z rukou odebírané na tři různé materiály, uzavřené ve sklenicích a skladovány v různých podmínkách, které zahrnovaly pokojovou teplotu, uchování v chladu při teplotě -80 °C, skladování ve tmě a na světle s UVA a UVB zářením. Výzkum ukázal, že skleněné nádoby v kombinaci s minimálním UVA a UVB zářením poskytují nejstabilnější prostředí pro uložené vzorky lidského pachu (Hudson et al.,

2009). Jednou z možností uchování pachového materiálu je skladování při nízkých teplotách nebo jeho zmrazení. Předpokládá se, že tento způsob uchování pachu by vedl ke stabilnějším výsledkům při identifikaci pachu, ale neexistuje pro to vědecký podklad (Schoon, 2005). McClintock et al. (2005) uvádí, že zmrazení a rozmrazení sloučenin může snížit intenzitu pachu.

### 3.2 Vlastnosti skla

Výroba skla spočívá ve vytvarování do požadovaného tvaru a následného tepelného zpracování. Tím dojde k rozlišení skla na dvě navzájem propojené fáze - chemicky odolnou křemičitou fázi a druhou v kyselinách rozpustnou fázi obsahující převážně oxid boritý. Tato druhá fáze se následně vyluhuje v kyselinách. Dále dochází k vysoušení skla (Exnar, 1984). Sklo je optimálním materiálem pro skladování pachu (Hudson et al., 2009). Opracované sklo může být použito i jako nosič pachu (Bernier et al., 2000). Porézní sklo se používá v biochemii a biotechnologiích jako nosič biologicky aktivních látek, v medicíně, chemickém průmyslu. Porézní sklo je použitelné pouze do pH 8, v zásaditém prostředí nastává koroze. V kyselém prostředí je vysoce chemicky odolné, výjimku tvoří kyselina fluorovodíková a fosforečná. Odolává organickým látkám i většině anorganických látek (Exnar, 1984). Zhu et al. (2012) uvedli možnost potažení skla vrstvami  $\text{TiO}_2$  a  $\text{SiO}_2$ , což působí hydrofilně a zlepšují se tím i samočisticí a tepelně izolační vlastnosti. Hydrofilní ošetření povrchu skla způsobuje snadnější navázání organických sloučenin. Exnar (1984) uvádí, že adsorbční jevy na povrchu skla jsou ovlivnitelné chemickou modifikací povrchu. Na povrch skla se mohou navázat organické skupiny, organické i anorganické povlaky, což ovlivní vlastnosti skla. Porézní skla obsahují převážně oxid křemičitý (92 % - 99,5 %), obsah oxidu boritého je do 8 %.

Bernier et al. (1999, 2000, 2002) použili ve svém výzkumu zabývajícím se atraktivitou lidského pachu pro komáry skleněné kuličky jako pachový nosič. V průběhu času došlo k poklesu sloučenin zachycených na skle, protože se molekuly postupně vypařily. Změny ve sloučeninách nastaly během 5 dnů. Johnen et al. (2017) používala skleněné tabule k detekci otisků prstů pomocí psů. Po 3 týdnech ve venkovních podmínkách byl pach pro psy neidentifikovatelný. Podle Exnar (1984) povrch porézního skla významně adsorbuje organické látky, tato vlastnost závisí na velikosti pórů a měrném povrchu skla. Reagující molekula se naváže na povrch skla, jestliže velikost pórů přesahuje alespoň 2x velikost molekuly.

V experimentu Kalenda et al. (2017) byly hodnoceny vlastnosti fosfátového skla. Toto sklo obsahuje větší množství oxidů niobu. Hlavní vliv na optické vlastnosti skla má počet iontů NbO, které přispívají k indexu lomu. Niobofosfátové sklo má vysoký index lomu, vysokou

chemickou odolnost a hodí se k použití pro optické přístroje (Koudelka et al., 2017). Chemická odolnost niobofosfátového skla je způsobena nahrazením slabších vazeb P-O silnějšími vazbami Nb-O (Koudelka et al., 2016). Sklo s vyšším obsahem Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub> má vyšší teplotu krystalizace. Při začlenění většího množství Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub> do fosfátových skel je nutné přidat silnější báze oxidů alkalických kovů nebo oxidů kovů alkalických zemin (Kalenda et al., 2017). Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub> zvyšuje index lomu a zlepšuje odolnost fosfátových skel (Koudelka et al., 2017). Odolnost skla lze ještě zvýšit povrchovou úpravou. Na povrchu skla se vyskytují OH skupiny, které jsou těžko odstranitelné. Čistit porézní sklo lze koncentrovanými roztoky solí, koncentrovanou kyselinou dusičnou, 30 % peroxidem vodíku a v některých případech jsou organické látky odstranitelné při teplotě 500 - 550 °C (Exnar, 1984).

Haessler et Ruessel (2017) hodnotili mechanické vlastnosti skla obohaceného sodíkem a borem. Toto sklo bylo ztaveno ze sloučenin SiO<sub>2</sub>, H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> a NaCO<sub>3</sub>. Po vystavení teplotám v rozmezí od 520 do 680 °C došlo ke vzniku kapalného stavu. Většina skel krystaluje při teplotě 750 - 850 °C (Koudelka et al., 2016). Po roztavení při teplotě 540 °C mají vzniklé kapičky velikost 20 - 50 nm. Při teplotě 680 °C jsou kapičky výrazně větší (80-400 nm). Viskózní vrstva okolo kapiček brání jejich dalšímu růstu. Mechanická pevnost se s rostoucí velikostí kapiček snižuje (Haessler et Ruessel, 2017).

Bioaktivní sklo je křehký porézní materiál. Má nízkou hmotnost, vysokou pórovitost a vynikající chemickou a tepelnou stabilitu (Cui et al., 2017). Porézní sklo je stabilní do 500 - 700 °C. Pevnost porézního skla může narušena při změně hydratace povrchu, při sušení je nutné postupovat opatrně, aby nedošlo k popraskání (Exnar, 1984). K narušení materiálu např. zlomení, nedochází v pórech, ale mezi nimi (Cui et al., 2017). Z hlediska porozity se sklo dělí na mikroporézní a makroporézní. Mikropóry mají průměrnou velikost pod 7,5 nm, zatímco makropóry měří v průměru více než 7,5 nm. Kromě velikosti pórů se u porézního skla měří také objem pórů a měrný povrch. Tyto vlastnosti jsou měřeny adsorbací dusíku a rtuťovou porometrií (Exnar, 1994). Texturní vlastnosti jsou snadno měřitelné u makroporézních skel, u mikroporézních skel jsou metody měření složitější a nemusí být vždy spolehlivé. Tepelným zpracováním vyluhováním lze vlastnosti skla, zejména velikost pórů, ovlivňovat. Textura makroporézního skla je oproti mikroporéznímu odolnější (Exnar, 1984). Vlastnosti SiO<sub>2</sub>, jako například porozita, velikost pórů a schopnost vazby s jinými látkami, závisí na struktuře SiO<sub>2</sub>. Struktura je ovlivnitelná podmínkami přípravy, mezi které patří pH, teplota, katalyzátor a poměr použitých látek (Pagáčová et al., 2007). Porézní sklo má oproti jiným organickým porézním membránám výhody, mezi které patří široký rozsah velikosti pórů, odolnost k tlaku

a tepelnému působení, možnost dokonalé sterilizace a modifikace povrchu. Za nevýhody se považuje křehkost a vysoká cena (Exnar, 1984).

### 3.3 Psí čich

V průběhu evoluce se u psů vyvinul velmi účinný čichový systém. Čichové podněty umožňují získávat informace z prostředí například o kořisti, partnerech a patogenech (Marchal et al., 2016). Pro chemickou detekci se psi využívali už před 12 000 lety (Furton et Myers, 2001). Na úspěšnost vyhledání má kromě jiných faktorů vliv také plemenná příslušnost psa (Jeziarski et al., 2014). Podle Polgár et al. (2016) mají plemena využívána k pachovým pracím lepší čich než brachycefalická plemena. Hall et al. (2015) však uvádějí, že mopsi v experimentu výrazně předčili očekávání, kdy při pachové práci byli úspěšnější než němečtí ovčáci i po snižování koncentrace vyhledávaného pachu. Některá plemena se zdají být vhodnější na pachové práce než jiná. O vhodnosti jednotlivých plemen pro pachové práce však nebylo provedeno dostatek studií, nejlepší volbu plemene tedy s přesností určit nelze (Johnen et al., 2017). Jeziarski et al. (2014) porovnávali ve svém experimentu zaměřeném na vyhledávání narkotik několik plemen: labradorské retrievery, německé ovčáky, teriéry a anglické kokršpaněly. Němečtí ovčáci se ukázali jako nejspolehlivější. Naopak nejméně spolehliví byli teriéři.

Ve studii Hall et al. (2015) ve výcviku na pachové práce selhali chrti, protože bylo obtížné je motivovat ke spolupráci. Mezi jednotlivými plemeny i mezi jedinci jsou genetické rozdíly ve schopnosti využívat čich (Lesniak et al., 2008). Zda psi chovaní speciálně za účelem pachových prací mají lepší čichové schopnosti než vlci, zatím nebylo studováno (Polgár et al., 2016). Objektivní hodnocení úspěšnosti využití psího čichu je zatím nejasné (Lesniak et al., 2008).

Čich můžeme dělit na dvě části. První část čichání probíhá v nose. Mozek pak funguje jako analyzátor pro vyhodnocování informací (Galibert et al., 2016). Epitel nosní dutiny obsahuje velkou část čichových receptorů. Pach je načichán, pachové částice se rozpouštějí ve sliznici nosní dutiny a přicházejí do styku se smyslovým receptorem (Furton et Myers, 2001). Receptory čichového neuronu jsou aktivovány molekulami pachu a neuron spouští signál do mozku (Lesniak et al., 2008). Axony neuronů vedou z čichové sliznice do části mozku označované jako čichový kyj (Haberly, 2001). Akční potenciály se dostanou do mozku přes neurony čichového nervu. Pachy, které setrvávají na čichové sliznici, jsou poté vyčištěny, aby se obnovilo místo pro jiné (Furton et Myers, 2001). Psi mají čich přizpůsobený pro rozlišování molekul pachu různých velikostí a tvarů. Vysoká citlivost psího čichu umožňuje rozpoznat pach i v malé koncentraci (Lesniak et al., 2008). Psi mají 40x větší epiteliální povrch čichové

sliznice, než lidé (Cuzuel et al., 2017a). Velikost čichového epitelu je okolo 200 cm<sup>2</sup> u německého ovčáka (Galibert et al., 2016). Předpokládá se, že svůj význam má při čichání také trojklanný nerv a vomeronasální orgán, ale jejich funkce není dostatečně prozkoumána (Furton et Myers, 2001).

### 3.3.1 Metoda pachové identifikace

Individuální pachová identifikace je odorologická metoda založená na přiřazování pachů pocházejících od jedné osoby (Marchal et al., 2016). Schopnost psů rozlišovat individuální pach každého jedince, umožňuje využití lidského pachu jako důkazu při vyšetřování trestných činů (Curran et al., 2010b, Brown et al., 2013). Tato metoda je založená na jedinečnosti pachu a jeho stálosti v čase (Curran et al., 2007). Geny hlavního histokompatibilního komplexu hrají roli v utváření individuality pachu každého jedince. K jedinečnosti pachu dále přispívají genetické rozdíly (Willse et al., 2006). Při identifikaci jednotlivce pracuje vycvičený pes s řadou různých vzorků pachu, z nichž jeden je pach podezřelého. Tento pach by měl odpovídat pachu, který byl odebrán na místě činu (Schoon, 2005). V kriminalistice se pach získaný z místa činu porovnává se vzorkem odebraným podezřelé osobě (Curran et al., 2007, Straus et Kloubek, 2010). Pes při metodě pachové identifikace označuje naučeným způsobem vzorek shodný s načichaným pachem (Jezierski et al., 2012). U metody pachové identifikace se využívá pasivní značení, kdy pes označuje nález zaujetím statické polohy. Pro forenzní analýzy je nezbytná detekce a identifikace těkavých sloučenin. K tomu se využívají biologické metody jako je olfakce psů, krys a využití některých druhů hmyzu (Leitch et al., 2013). Alho et al. (2016) dokonce ve své studii hodnotili lidskou schopnost rozpoznat osobu podle pachu a to s kladnými výsledky.

Využívání psiho čichu je však nejvíce používaný a nejznámější způsob biologické detekce pachu (Leitch et al., 2013). Pachová identifikace je využívána policií jako důkazní prostředek při dokazování trestného činu u soudu v mnoha evropských zemích (Schoon, 2005). V některých zemích je tato metoda zpochybňována a navzdory prokázaným schopnostem psů identifikovat lidský pach je metoda pachové identifikace součástí soudního vyšetřování jen zřídka (Marchal et al., 2016). Využití pachu pro soudní účely a jeho spolehlivost, může být zpochybněna z důvodu omezeného vědeckého ověření (Colon-Crespo et al., 2017), ačkoli bylo vyvinuto speciální zařízení na měření čichových schopností psů pro zvýšení objektivnosti (Furton et al., 2015).

Dříve se pachová identifikace osob prováděla pouze pomocí psů, v současnosti ale existují přístroje pro měření pachu, které lze použít k identifikaci a rozlišení osob (Curran et

al., 2010b). Přístroje dokážou rozlišit pachy elektronickou detekcí (Curran et al., 2006). Detekci pachu pomocí psů se však dává přednost před využitím analytických přístrojů. Přestože citlivost elektronických senzorů se zvyšuje, detekční schopnosti psů jsou přístrojům nadřazené (Furton et al., 2015). Elektronické přístroje mohou k rozlišení jednotlivců používat jiné chemické látky, než se kterými se pracuje při biologické detekci (Curran et al., 2006). U přístrojů se provádí kontrola spolehlivosti, avšak na čichové schopnosti psů kontrolní postupy obvykle nelze použít. Proto může být detekce pachových vzorků použitých jako důkazní materiál napadena soudem (Furton et al., 2015). Metody testování psů na pachové práce nejsou sjednocené a mohou vznikat neshody. Při testování psů v laboratorních podmínkách lze zkušební postupy lépe definovat. Mělo by být dopředu popsáno, jestli psi musí určovat u každého jednotlivého vzorku, zda je pozitivní nebo negativní, a jestli mohou vzorky opakovaně ověřovat (Johnen et al., 2017). Přesnost a spolehlivost psiho čichu je často diskutovaným tématem, úspěšnost může být velmi variabilní od 40 % do 100 % (Furton et al., 2015). Průměrně přesahuje 80 % (Leitch et al., 2013). Marchal et al. (2016) uvádí, že úspěšnost psů je obvykle v rozmezí 75 - 90 %. Když se nedaří detekce pachu pomocí psů nebo jiných biologických metod, může být množství látky pro živočicha podprahové nebo naopak v příliš vysoké koncentraci. Nemusí to nutně znamenat, že sloučeniny jsou neidentifikovatelné (Leitch et al., 2013). Součástí lidského pachu mohou být i sloučeniny, které nejsou kvůli nízké koncentraci nebo těkavosti detekovány (Curran et al., 2006).

Výsledky pachové identifikace jsou akceptovány u soudu, ale stále jsou možnosti pro zlepšení v oblasti vědeckého výzkumu (Schoon, 2005). Metodika výcviku psů k identifikaci individuálního lidského pachu by měla být lépe vědecky podložena (Jeziarski et al., 2010). Provádět výzkum v této oblasti není snadné. Výcvik trvá dlouhou dobu a složky pracující se psy je raději využijí k praktickým účelům, než k experimentům. V praxi se na rozdíl od výzkumu použijí jen ti psi, kteří se pro danou práci nejvíce hodí, což zdánlivě zvyšuje úspěšnost (Schoon, 2005). Je vhodné nacvičit odlišné chování u negativního vzorku, které vede ke stejné odměně jako označení pozitivního vzorku. Dosud nebyly publikovány studie, ve kterých by psi v jednu chvíli ověřovali pouze jeden vzorek a u tohoto vzorku prováděli naučené chování (Johnen et al., 2017). Ve studii Jeziarski et al. (2010) nedošlo během tréninku k výraznému zlepšení citlivosti a přesnosti vyhledávání. Výsledky neukazují snížení výkonu při vyhledávání staršího pachu, avšak u starších vzorků (2 týdny až 6 měsíců) mohou být výsledky vyhledávání variabilnější (Schoon, 2005). Pach se v pachových konzervách v průběhu času může měnit (Johnen et al., 2017, Schoon, 2005). U starších vzorků pachu se sloučeniny mohou odpařit nebo změnit mikrobiálním působením (Curran et al., 2007). Kvůli změnám pachu v čase by měli být

psi cvičení na vyhledávání pachu různého stáří (Johnen et al., 2017). Při výcviku vyhledání starších vzorků pachu je vhodné trénovat na 5 - 6 dnů starý napachovaný materiál (Schoon, 2005). Čerstvá pachová stopa obsahuje více těkavých sloučenin (Curran et al., 2007). Sběr, skladování a manipulace se vzorky musí být prováděny tak, aby nedošlo ke kontaminaci vzorků (Furton et Myers, 2001). Se vzorky používanými pro výcvik a testování psů pro detekci pachů je potřeba manipulovat tak, aby se předešlo jejich znehodnocení, protože právě pachové vzorky mohou předurčit úspěšnost nebo neúspěšnost provedení daného vyhledávání. U vzorků může být riziko kontaminace pachem osoby, která se vzorky manipuluje, pachem skladovací nádoby nebo pachem jiné látky uložené v blízkosti vzorku (Johnen et al., 2017). Kontaminace může ztěžovat identifikaci cílové látky. Je proto nutné se kontaminace vyvarovat, zejména pokud mají psi detekovat určitou látku nebo minimální koncentraci látky (Furton et Myers, 2001). Pozitivní i negativní vzorky musí být zpracovány shodně, jinak mohou psi tyto odlišnosti vnímat více než cílové látky. Vzorky by měly pocházet z různých zdrojů a mělo by jich být dostatek, aby nemuselo dojít k jejich opakovanému použití (Johnen et al., 2017). Pokud se stejné vzorky používají opakovaně, mohou být výsledky zkreslené (Schoon, 2005). Neexistuje však pevně daný počet vzorků, které by byly potřeba pro konkrétní typy pachových prací (Johnen et al., 2017). Shromažďování pachových vzorků pro experimenty je časově náročné a může být obtížné získat pach od dostatečně velké skupiny lidí (Schoon, 2005). Psi si dokážou zapamatovat umístění pozitivního vzorku a označovat jen určitou pozici vzorku spíše než jeho pach. Aby bylo minimalizováno ovlivňování psa psovodem, je vhodné situovat vyhledávání tak, aby pes na psovoda neviděl (Johnen et al., 2017). V experimentu Settle et al. (1994) psovodi neznali umístění hledaného pachu a vyhledání bylo úspěšné z 80 %. Dovednosti potřebné k pachové identifikaci lze psy efektivně naučit pozitivním posilováním (Leitch et al., 2013).

### 3.3.1.1 Výcvik pozitivním posilováním

V tréninku zvířat a tedy i psů se v současné době uplatňuje ve velké míře pozitivní posilování. Jedná se o metodu v rámci operantního podmiňování, kdy se zvíře učí na základě důsledků vlastní vědomé akce. Při pozitivním posílení zvíře získá něco, o co usiluje, a tím se pravděpodobnost opakování chování do budoucna zvyšuje (Šusta, 2016). Aby tento trénink efektivně fungoval, musíme zvolit vhodnou motivaci, o kterou má zvíře zájem i v rušivém prostředí. Pro psy obvykle bývají motivací pamlsky, hračky, hra a sociální kontakt s člověkem nebo se psy. Je vhodné používat různé odměny, střídat je a tím zachovat pestrost výcviku a možnost manipulovat s kvalitou posílení (Egtvedt et Koste, 2012). Psi vycvičení na pachové práce jsou v praktickém nasazení rozptylováni okolím, což může mít vliv na jejich výkon. Není

pravidlem, že v prohledávaném terénu vždy uspějí. Proto se často i v tréninku používá nepravidelný rozvrh odměn (Hall, 2017). U psů lze nepravidelný rozvrh odměn používat poměrně snadno, protože jsou fylogeneticky jako lovci zvyklí se po neúspěchu nevzdát. Takový způsob odměňování se však hodí jen pro již dobře naučené chování. Pokud se správně používá, zvyšuje trpělivost a snahu zvířete (Šusta, 2014). Při výcviku pomocí pozitivního posílení je důležité označit moment úspěchu signálem (bridge), který je předem naučen cestou klasického podmínění. Bridge, sekundární posilovač, je spojen s odměnou, která následuje po něm (Garrett, 2013). Tento signál se považuje za podmíněný posilovač. Musí být rychlý, jedinečný a snadno použitelný (Egtvedt et Koste, 2012).



## 4 Materiál a metody

Experimentem bylo zkoumáno, zda mohou být jako pachový nosič pro metodu pachové identifikace použity skleněné kuličky. Dále bylo zjištěno, kolik cyklů čištění je potřeba k odstranění pachu ze skla.

Pachové vzorky byly odebírány z rukou žen na skleněné kuličky. Část vzorků sloužila jako cílové, ostatní byly použity jako doplňkové. Psům byly předkládány načichávací vzorky získány od stejné osoby jako vzorky cílové. Cílové vzorky procházely různým počtem čisticích cyklů. Bylo sledováno, po kolika cyklech čištění kuliček jsou psi schopni ztotožnit cílový vzorek s načichaným pachem.



Obr. 1: Povrch skleněné kuličky (Ginzl s.r.o., 2017)

### 4.1 Zvířata

Experimentu se zúčastnilo celkem 7 fen plemene německý ovčák (Helga, Freny, Goja, Kora, Skathi, Ivka a Dassi), jejichž výběr byl náhodný. Feny pocházely z Centra pro výzkum chování psů a byly speciálně vycvičeny na metodu pachové identifikace.

## 4.2 Použitý materiál

Pach se odebíral na kuličky z borosilikátového skla. Vzorky byly uchovávány ve sterilních sklenicích se šroubovacím víčkem. Se všemi vzorky a materiálem bylo manipulováno v nitrilových rukavicích, aby se zabránilo kontaminaci vzorků pachem odběratele. Všechny nástroje použité při odběru pachu, sklenice a skleněné kuličky byly před použitím umyty saponátem v ultrazvukové čističce Ecoson při 70 °C po dobu 16 minut. Následovala sterilizace ve sterilizačním zařízení Stericell při 180 °C po dobu 35 minut.

Pro kuličky z krystalového skla o průměru 9 mm byly stanoveny technické požadavky. Počet kuliček v 1 kilogramu je 1048 ks a 1 kg kuliček má kontaktní povrch 2665 cm<sup>2</sup>. Hmotnost kuliček je v 1 litru 1,510 kg. Dále bylo zjištěno chemické složení použitého skla, které je zaznamenáno v tabulce 1.



Obr. 2: Pachová konzerva se vzorkem (Písaříková, 2017)

Název	Chemický vzorec	Obsah	Tolerance
Oxid křemičitý	SiO <sub>2</sub>	64,0 %	± 2,0
Oxid sodný	Na <sub>2</sub> O	14,0 %	± 3,0
Oxid vápenatý	CaO	8,0 %	± 2,0
Oxid hlinitý	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	6,0 %	± 2,0
Oxid hořečnatý	MgO	2 %	± 1,0
Oxid boritý	B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2 %	± 1,0

Tabulka 1: Chemické složení použitého skla (Ginzel s.r.o.)

## 4.3 Odběry vzorků

Odběry vzorků probíhaly ve sterilní místnosti zařízené pro odběr pachů. Tato místnost se nachází v Centru pro výzkum chování psů (CVCHP). Z důvodu snížení rozdílnosti pachů byly vzorky odebírány jen od žen. Odběr vzorků se prováděl z rukou dobrovolnic za dodržení hygienických postupů. Ženy byly nejprve pověřenou osobou seznámeny s průběhem odběru a instruovány o hygienických opatřeních. Dárce pachu si umyl ruce po lokty teplou vodou a po umytí se nedotýkal žádných předmětů. Technikem byl aplikován na ruce detergent Jar. Po namydlení rukou až po lokty byl detergent důkladně smyt a ruce se nechaly přirozeně uschnout. Technik v nitrilových rukavicích otevřel nádobu se skleněnými kuličkami a nasypal asi 20

kuliček do dlaně odebírané osobě. Dárce držel kuličky v dlaních po dobu 10 minut a po této době je vsypal zpět do sklenice. Odebraný vzorek byl označen identifikačním štítkem a uskladněn ve skladu konzerv. Odběr všech vzorků probíhal stejným způsobem.

#### 4.4 Popis experimentu

Část skleněných kuliček s odebraným pachem určených k pachové identifikaci byla myta v ultrazvukové čističce Ecoson různým počtem cyklů, jejichž počet se pohyboval mezi 1 - 4. Jeden cyklus mytí při teplotě 70 °C trval 16 minut. Po jednom čištění nebo po sérii několika čištění následovala sterilizace při 180 °C po dobu 35 minut ve sterilizačním zařízení Stericell. Tyto kuličky byly označeny jako vzorky cílové. Druhá část kuliček s odebraným pachem před čicháním myta nebyla a sloužila jako vzorky načichávací. Kuličky byly vsypány do nových sterilních sklenic bez pachu. Samotná komparace pachových vzorků probíhala na výcvikovém sále CVCHP. Čichání probíhalo v dezinfikované a odvětrávané místnosti, kterou zvířata předem znala. V průběhu čichání nesmělo dojít k rušení psů a ovlivňování jejich chování.

Před vlastním čicháním byla provedena kontrola náhodné zajímavosti cílových vzorků. Účelem tohoto testu bylo zjistit, zda není vzorek pro psa z nějakého důvodu přitažlivý. V případě, že by se přitažlivost pro psa potvrdila, musel by se daný vzorek z čichání vyřadit, aby nedocházelo k negativnímu ovlivnění výsledků. Kontrola náhodné zajímavosti probíhala tak, že se do řady šesti vzorků zařadil testovaný vzorek. Byl umístěn na pozici před pachem, který měl pes po načichání označit, takže musel při procházení řadou testovaný vzorek minout. Průběh kontroly je znázorněn v tabulce číslo 2.



Obr. 3: Označení pozitivního vzorku (Pisaříková, 2018)

Načichání	Pozice 1	Pozice 2	Pozice 3	Pozice 4	Pozice 5	Pozice 6
NV	D	NZ	D	D	CV	D



Tabulka 2: Kontrola náhodné zajímavosti


Vysvětlivky:

NV – načichávací vzorek

CV - cílový vzorek

NZ - vzorek testovaný na náhodnou zajímavost

D - vzorky doplňkové

Pohyb psa 

Po kontrole náhodné zajímavosti byl vzorek od každé osoby čichán bez mytí, aby bylo ověřeno, že pach na kuličkách ulpívá a že osoba pach na kuličky vylučuje. Pak byl pachový vzorek mytý jedním cyklem předložen jiné feně, vzorek mytý dvěma cykly opět předložen další feně. Tak se postupovalo u všech počtů mytí, aby se vyloučila možnost, že se fena daný pach naučila značit.

Otevřené sklenice s kuličkami se umísťovaly do kovových stojanů. Identifikace začínala předložením načichávacího pachu. Fena byla vedena podél řady pachových vzorků, kde měla najít a označit cílový vzorek totožný s načichaným vzorkem pasivním značením - zasednutím nebo zalehnutím. Všechny feny procházely řadu šesti pachových vzorků umístěných za sebou, kromě feny Helgy, která čichala na tzv. karuselu (kolotoči), kde je umístěno osm pachových vzorků. Psovod rozhodl, zda při čichání použije vodítko či nechá psa pracovat na volno. Vyhledávání probíhalo metodou naslepo, kdy psovod neznal umístění cílového pachu a o změnách v řadě vzorků nebyl informován. Při čichání byl vždy jen jeden vzorek cílový a ostatní vzorky sloužily k doplnění řady nebo karuselu. Cílový vzorek nebyl opticky rozlišitelný od doplňkových vzorků. Čichání bylo rozvrženo tak, že pes postupně dostal k identifikaci vzorky nemyté v čističce a vzorky, které prošly různým počtem mycích cyklů. Někteří psi čichali pouze vzorky myté (Helga, Freny). Skathi a Dassi nemohly ze zdravotních důvodů experiment dokončit. Počty mycích cyklů a úspěšnost či neúspěšnost ztotožnění pachů byly zaznamenány do tabulky číslo 3.

## 5 Výsledky

Pro vyhodnocení výsledků byl použit binomický znaménkový test, při identifikaci pachu mohla nastat pouze 2 možná řešení (ztotožnil/neztotožnil). Bylo provedeno čichání 15 vzorků neošetřených v čističce, 18 vzorků mytých 1 cyklem, 12 vzorků mytých 2 a 3 cykly, 15 vzorků mytých 4 cykly.

Vzorky nesmyté byly ztotožněny všechny, vzorků ošetřených 1 cyklem bylo ztotožněno 8, vzorků se 2 cykly bylo identifikováno 9, vzorků se 3 cykly nalezeno 5 a vzorky myté 4x se psům ztotožnit nepodařilo. Výsledky čichání se zaznamenávaly do tabulky číslo 3.

	0 cyklů	1 cyklus	2 cykly	3 cykly	4 cykly
Helga	+++	+++	--+		---
Freny		---	+--+	---	---
Goja	+++	---	+++	++-	
Kora	+++	-++	+++	+++	---
Skathi	+++	+++			---
Ivka	+++	---		---	---
Dassi	+++				
CELKEM	18/18	8/18	9/12	5/12	0/15

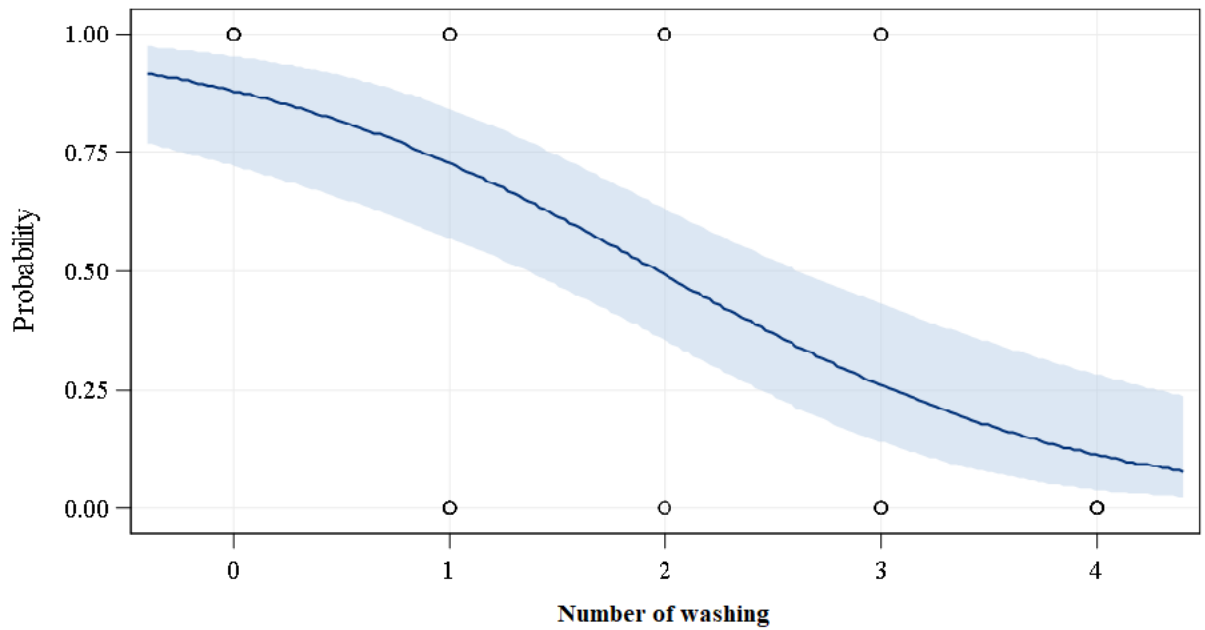
Tabulka 3: Záznam čichání

Data byla statisticky zpracována pomocí programu SAS Institute Inc. 2013. Base SAS® 9.4 Procedures Guide: Statistical Procedures, Second Edition. Cary, NC. Hodnota  $p < 0,0001$  ukazuje, že existuje statisticky významný rozdíl v úspěšnosti značení cílových vzorků dle počtu mycích cyklů.

Experimentem bylo prokázáno, že lidský pach zůstává na skle i po opakovaném čištění. 1 - 3 cykly mytí se ukázaly jako nedostatečné pro odstranění pachu z pachového nosiče. Po tomto počtu mytí byli psi stále schopni pach identifikovat. Teprve po 4 cyklech mytí nebyli psi schopni ztotožnit načichávaný pach s pachem v porovnávané řadě vzorků. Při opakovaném využívání skleněných kuliček jako nosiče pachu je tedy nutné, aby se po ukončení ztotožňování individuálního pachu mycí cyklus opakoval nejméně 4 krát, aby byl pach z nosiče smyt. Stejně by se měly mýt i sklenice určené pro uchovávání vzorků.

Podle tabulky číslo 4 se vzrůstajícím počtem mycích cyklů klesá pravděpodobnost úspěšné identifikace vzorku (počítáno logistickou regresí). U vzorků nemytých ani jedním cyklem je úspěšnost nejvyšší. Výsledky potvrzují předpoklad, že se po čištění vzorků

koncentrace pachu snižuje. Pro dosažení co nejnižší koncentrace pachu je nutné mycí cyklus opakovat.



Tabulka 4: Grafické vyjádření výsledků  
SAS Institute Inc. 2013. Base SAS® 9.4 Procedures Guide: Statistical Procedures, Second Edition. Cary, NC.

Vzorek	Pozice 1	Pozice 2	Pozice 3	Pozice 4	Pozice 5	Pozice 6
TNZ		VZ				TNZ
VZ 0	VZ					
VZ 0						VZ
VZ 0			VZ			

Vzorek	Pozice 1	Pozice 2	Pozice 3	Pozice 4	Pozice 5	Pozice 6
TNZ				VZ	TNZ	
VZ 1				VZ		
VZ 1	VZ					
VZ 1					VZ	

Vzorek	Pozice 1	Pozice 2	Pozice 3	Pozice 4	Pozice 5	Pozice 6
TNZ	VZ		TNZ			
VZ 2						VZ
VZ 2					VZ	
VZ 2		VZ				

Tabulka 5: Ukázka průběhu čichání (fena Goja)

Vysvětlivky:

TNZ - test náhodné zajímavosti, VZ 0 - vzorky nemyté v čističce, VZ 1, 2 - vzorky myté 1 nebo 2 cykly, VZ - ztotožňovaný vzorek, šipky ukazují směr pohybu psa, šipky protažené za poslední pole tabulky znamenají, že pes ztotožňovaný vzorek neidentifikoval

Fena při kontrole náhodné zajímavosti nereagovala na testovaný, v následujícím čichání ztotožňovaný vzorek (VZ) a označila pachový vzorek určený pro test náhodné zajímavosti (TNZ).

Následně třikrát správně identifikovala ztotožňovaný vzorek (VZ), který neprošel mycím cyklem (VZ 0). Vzorky myté 1 cyklem (VZ 1) neztotožnila. Vzorky myté 2 cykly (VZ 2) identifikovala všechny tři.

## 6 Diskuze

Cílem výzkumu bylo zhodnotit použití skla jako nosiče pachu pro výcvik psů. Nevýhoda běžně používaných textilních nosičů pachu spočívá podle Doležal et al. (2017) v jejich nízké čistotě, neboť i po vyčištění sorbentů se na textilním nosiči nachází velké množství nečistot, které mohou psům ztížit či dokonce znemožnit identifikaci pachu. V experimentální části této práce bylo zjišťováno, zda lze při metodě pachové identifikace využít namísto klasických textilních absorbentů alternativní nosiče pachu, jako jsou skleněné kuličky. Pro tento účel bylo využito 7 fen plemene německý ovčák. Předpoklad, že psi dokážou identifikovat lidský pach zachycený na skle, se potvrdil. Sklo není zatím rozšířeným pachovým nosičem, ale výsledky ukazují, že je použití tohoto materiálu pro odběr pachu možné a přínosné, což potvrzují i studie Bernier et al. (1999, 2000, 2002).

Po ověření, že na skle lidský pach zůstává v dostatečné koncentraci pro pachovou identifikaci, se zjišťovalo, kolik cyklů čištění je potřeba ke smytí pachu. U vzorků mytých 1, 2 a 3 cykly docházelo stále ke kladným ztotožněním. V některých případech se psům dokonce podařilo identifikovat lépe vzorky myté vícekrát než vzorky myté jednou. Freny a Goja vzorky myté 1 cyklem neztotožnily, zatímco u vzorků mytých 2 cykly (a v případě Goji i 3 cykly) byla jejich úspěšnost vyšší. Nejvyšší úspěšnost čichání byla zaznamenána u feny jménem Kora, nejnižší naopak u feny Ivky, což by mohlo být dáno menší zkušeností feny. Dospělo se k závěru, že po umytí 4 cykly je koncentrace pachu zřejmě pod detekčním limitem olfaktorických schopností speciálně vycvičených psů. Olfaktorické schopnosti psů se však v průběhu času mohou zlepšit. U psů neustále využívaných k experimentům při častém ověřování velmi nízké koncentrace dochází ke zjemnění čichu. Je otázkou, zda by po čase byli psi schopni identifikovat vzorky myté více než 4 cykly.

Zjištění, že mycí cyklus je nutné opakovat 4x, může využití skla jako pachového nosiče komplikovat. Takový problém by však mohl být i u jiných absorbentů pachu. Ke skladování pachu jsou využívány sterilní sklenice, které podle Hudson et al. (2009) poskytují nejstabilnější prostředí pro uložené vzorky lidského pachu. Aby sklenice mohly být využívány opakovaně, je potřeba vymývat je taktéž vícekrát. V dalším výzkumu by bylo přínosné zaměřit se na to, kolik mycích cyklů je vhodné použít pro dostatečné vyčištění pachu z jiných pachových nosičů a také ze skladovacích sklenic. Bez důkladného vymytí zbytkového pachu z pachových nosičů a skladovacích sklenic může dojít k situacím, kdy se psi budou učit reagovat na vzorek s nejvyšší koncentrací pachu (cílový) mezi vzorky se zbytkovou nižší koncentrací pachu (nedostatečně vymytý materiál). Podle Exnar (1984) jsou některé organické látky z porézního skla



odstranitelné až při teplotě 500 - 550 °C. V dalším výzkumu by se k čištění skla mohla využít zvýšená teplota, případně by se mohlo zvážit použití jiné metody čištění skla, například chemické.

## 7 Závěr

Sklo může být použito jako nosič pachu na metodu pachové identifikace. Jako alternativní pachový nosič lidského pachu mohou být využity skleněné kuličky, na kterých psi pach dokážou rozpoznávat. Aby bylo možné opakované použití tohoto nosiče, je nutné pach odstranit. Jak bylo zjištěno, pach zůstává na skleněných kuličkách v dostatečné koncentraci pro identifikaci pomocí psů i po opakování mycích cyklů. Teprve po čtvrtém cyklu čištění se psům již pach ztotožnit nepodařilo. Pro správné provádění pachových prací s využitím skla jako nosiče pachu je potřeba čistit skleněný materiál nejméně čtyřikrát. Aby mohly být pro skladování pachu efektivně a opakovaně využívány sklenice, je potřeba vymývat je taktéž vícekrát.

Sklo se ukázalo jako dobrý absorbent pachu díky své pórovitosti. Velikost pórů a další vlastnosti skla jsou ovlivnitelné podmínkami přípravy a úpravou povrchu. Tento materiál zatím není obvyklým a často používaným pachovým nosičem, ale výsledky ukazují, že je na odběr pachu vhodný.

## 8 Seznam literatury

Alho, L., Soares, S. C., Costa, L. P., Pinto, E., Ferreira, J. H. T., Sorjonen, K., Silva, C. F., Olsson, M. J. 2016. Nosewitness Identification: Effects of Lineup Size and Retention Interval. *Frontiers in Psychology*. 7.

Baroni, A., Buommino, E., De Gregorio, V., Ruocco, E., Ruocco, V., Wolf, R. 2012. Structure and function of the epidermis related to barrier properties. *Clinics in Dermatology*. 30(3): 257-262.

Bernier, U. R., Booth, M. M., Yost, R. A. 1999. Analysis of human skin emanations by gas chromatography mass spectrometry. 1. Thermal desorption of attractants for the yellow fever mosquito (*Aedes aegypti*) from handled glass beads. *Analytical Chemistry*. 71(1): 1-7.

Bernier, U. R., Kline, D. L., Barnard, D. R., Schreck, C. E., Yost, R. A. 2000. Analysis of human skin emanations by gas chromatography/mass spectrometry. 2. Identification of volatile compounds that are candidate attractants for the yellow fever mosquito (*Aedes aegypti*). *Analytical Chemistry*. 72(4): 747-756.

Bernier, U. R., Kline, D. L., Schreck, C. E. 2002. Chemical analysis of human skin emanations: Comparison of volatiles from humans that differ in attraction of *Aedes aegypti* (Diptera : Culicidae). *Journal of the American Mosquito Control Association*. 18(3): 186-195.

Brown, J. S., Prada, P. A., Curran, A. M., Furton, K. G. 2013. Applicability of emanating volatile organic compounds from various forensic specimens for individual differentiation. *Forensic Science International*. 226(1-3): 173-182.

Caraballo, N. I., Mendel, J., Holness, H., Salvia, J., Moroosse, T., Eckenrode, B., Stockham, R., Furton, K. G., Mills, D. 2016. An investigation into the concurrent collection of human scent and epithelial skin cells using a non-contact sampling device. *Forensic Science International*. 266: 148-159.

Colon-Crespo, L. J., Herrera-Hernandez, D., Holness, H., Furton, K. G. 2017. Determination of VOC marker combinations for the classification of individuals by gender and race/ethnicity. *Forensic Science International*. 270: 193-199.

Cui, Z., Huang, Y., Liu, H. 2017. Predicting the mechanical properties of brittle porous materials with various porosity and pore sizes. *Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials*. 71: 10-22.

Curran, A. M., Prada, P. A., Schoon, A. A. 2005a. Human scent as a biometric measurement. *Proceedings of The Society of Photo-optical Instrumentation Engineers*. 5779: 398-408.

Curran, A. M., Rabin, S. I., Prada, P. A., Furton, K. G. 2005b. 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.

Curran, A. M., Prada, P. A., Furton, K. G. 2010a. Canine human scent identifications with post-blast debris collected from improvised explosive devices. *Forensic Science Communications*. 199(1-3): 103-108.

Curran, A. M., Prada, P. A., Furton, K. G. 2010b. The Differentiation of the Volatile Organic Signatures of Individuals Through SPME-GC/MS of Characteristic Human Scent Compounds. *Journal of Forensic Sciences*. 55(1): 50-57.

Cuzuel, V., Cognon, G., Rivals, I., Sauleau, Ch., Heulard, F., Thiébaud, D., Vial, J. 2017a. Origin, Analytical Characterization and Use of Human Odor in Forensics. *Journal of Forensic Sciences*. 62(2): 330-350.

Cuzuel, V., Portas, E., Cognon, G., Rivals, I., Heulard, F., Thiébaud, D., Vial, J. 2017b. Sampling method development and optimization in view of human hand odor analysis by thermal desorption coupled with gas chromatography and mass spectrometry. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*. 409(21): 5113-5124.

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.

Doležal, P., Kyjaková, P., Valterová, I., Urban, Š. 2017. Qualitative analyses of less-volatile organic molecules from femaleskin scents by comprehensive two dimensional gaschromatography–time of flight mass spektrometry. *Journal of Chromatography*. 1505: 77–86.

Egtvedt, M., Koste, C. 2012. *Klikr trénink pro vašeho psa*. Plot. Praha. 240 s. ISBN: 978-80-7428-091-7.

Exnar, P. 1994. Characterization of Porous Glasses by Means of Porosimetry. *Ceramics*. 38: 16-22.

Exnar, P. 1984. Porézní sklo - příprava, vlastnosti a použití. *Chemické listy*. 79.

Furton, K. G., Caraballo, N. I., Cerreta, M. M., Holness, H. K. 2015. Advances in the use of odour as forensic evidence through optimizing and standardizing instruments and canines. *Philosophical Transactions of the Royal Society Biological Sciences*. 370(1674).

Furton K. G., Myers J. L. 2001. The scientific foundation and efficacy of the use of canines as chemical detectors for explosives. *Talanta*. 54(3): 487-500.

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.

Garrett, S. 2013. *Shaping*. Plot. Praha. 208 s. ISBN: 978-80-7428-171-6.

- Haberly, L. B. 2001. Parallel-distributed processing in olfactory cortex: new insights from morphological and physiological analysis of neuronal circuitry. *Chemical Senses*. 26(5): 551-576.
- Haessler, J., Ruessel, Ch. 2017. Effect of microstructure of a phase separated sodium-borosilicate glass on mechanical properties. *Ceramics International*. 43(14): 11403-11409.
- Hall, N. J., Glenn, K., Smith, D. W., Clive D. L. 2015. Performance of Pugs, German Shepherds, and Greyhounds (*Canis lupus familiaris*) on an Odor-Discrimination Task. *Journal of Comparative Psychology*. 129(3): 237-246.
- Hall, N. J. 2017. Persistence and resistance to extinction in the domestic dog: Basic research and applications to canine training. *Behavioural Processes*. 141: 67-74.
- Hudson, D. T., Curran, A. M., Furton, K. G. 2009. The Stability of Collected Human Scent Under Various Environmental Conditions. *Journal of Forensic Sciences*. 54(6): 1270-1277.
- Jeziński, T., Gorecka-Bruzda, A., Walczak, M. 2010. Operant conditioning of dogs (*Canis familiaris*) for identification of humans using scent lineup. *Animal Science Papers and Reports*. 28(1): 81-93.
- Jeziński, T., Sobczyńska, M., Walczak, M., Gorecka-Bruzda, A., Ensminger, J. 2012. Do Trained Dogs Discriminate Individual Body Odors of Women Better than Those of Men? *Journal of Forensic Sciences*. 57(3): 647-653.
- 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.
- Johnen, D., Heuwieser, W., Fischer-Tenhagen, C. 2017. An approach to identify bias in scent detection dog testing. *Applied Animal Behaviour Science*. 189: 1-12.

- Kalenda, P., Koudelka, L., Mošner, P., Montagne, L., Revel, B., Trebosc, J. 2017. Glass to crystal transformation in the ternary BaO-Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> system. *Journal of Molecular Structure*. 1143: 472-477.
- Koudelka, L., Kalenda, P., Mošner, P., Montagne, L., Revel, B. 2017. Structure and properties of barium niobophosphate glasses. *Journal of Non-Crystalline Solids*. 459: 68-74.
- Koudelka, L., Kalenda, P., Mošner, P., Montagne, L., Revel, B. 2016. Structure-property relationships in barium borophosphate glasses modified with niobium oxide. *Journal of Non-Crystalline Solids*. 437: 64-71.
- Kusano, M., Medez, E., Furton, K. G. 2011. Development of headspace SPME method for analysis of volatile organic compounds present in human biological specimens. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*. 400(7): 1817-1826.
- Leitch, O., Anderson, A., Kirkbride, K. P., Lennard, Ch. 2013. Biological organisms as volatile compound detectors: A review. *Forensic Science International*. 232(1-3): 92-103.
- Lesniak, A., Walczak, M., Jezierski, T., Sacharczuk, M., Gawkowski, M., Jaszczak, K. 2008. Canine olfactory receptor gene polymorphism and its relation to odor detection performance by sniffer dogs. *Journal of Heredity*. 99(5): 518-527.
- Marchal, S., Bregeras, O., Puaux, D., Gervais, R., Ferry, B. 2016. Rigorous Training of Dogs Leads to High Accuracy in Human Scent Matching-To-Sample Performance. *Plos One*. 11(2).
- McClintock, M. K., Bullivant, S., Jacob, S., Spencer, N., Zelano, B., Ober, C. 2005. Human body scents: Conscious perceptions and biological effects. *Chemical Senses*. 30(1): 135-137.
- 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. *Journal of Surfactants and Detergents*. 3(4): 505-515.

Pagáčová, J., Plško, A., Staňová, I., Jóna, E., Müllerová, J., Exnar, P., Lukáč, A., Marečková, L. 2007. Štúdium vplyvu podmienok prípravy na štruktúru porézneho SiO<sub>2</sub> ftir spektroskopiou. Chem. Listy. 101: 673–679.

Polgár, Z., Kinnunen, M., Újváry, D., Miklósi, A., Gácsi, M. 2016. A Test of Canine Olfactory Capacity: Comparing Various Dog Breeds and Wolves in a Natural Detection Task. Plos One. 11(5).

Prada, P. A., Curran, A. M., Furton, K. G. 2010. Comparison of extraction methods for the removal of volatile organic compounds (VOCs) present in sorbents used for human scent evidence collection. Analytical Methods. 2(5): 470-478.

Prada, P. A., Curran, A. M., Furton, K. G. 2011. The Evaluation of Human Hand Odor Volatiles on Various Textiles: A Comparison Between Contact and Noncontact Sampling Methods. Journal of Forensic Sciences. 56(4): 866-881.

Preti, G., Willse, A., Labows, J. N., Leyden, J. J., Wahl, J., Kwak J. 2006. On the definition and measurement of human scent: Comments on Curran et al. Journal of Chemical Ecology. 32(8): 1613-1616.

Settle, R. H., Sommerville, B. A., McCormick, J., Broom, D. M. 1994. Human Scent Matching Using Specially Trained Dogs. Animal Behaviour. 48(6): 1443-1448.

Schoon, G. A. A. 2005. The effect of the ageing of crime scene objects on the results of scent identification line-ups using trained dogs. Forensic Science International. 147(1): 43-47.

Straus, J., Kloubek, M. 2010. Kriminalistická odorologie. Aleš Čeněk. 184 s. ISBN: 978-80-7380-238-7.

Šusta, F. 2014. Trénink je rozhovor, ve kterém má i váš pes co říct. Plot. Praha. 220 s. ISBN: 978-80-7428-232-4.

Šusta, F. 2016. Trénink je v hlavě, v té vaší i v té zvířecí. Plot. Praha. 238 s. ISBN: 978-80-7428-292-8.



Willse, A., Kwak, J., Yamazaki, K., Preti, G., Wahl, J. H., Beauchamp, G. K. 2006. Individual odortypes: interaction of MHC and background genes. *Immunogenetics*. 58(12): 967-982.

Zhu, W., Tong, D., Xu, J., Liu, Y., Ma, J. 2012. Multifunctional composite multilayer coatings on glass with self-cleaning, hydrophilicity and heat-insulating properties. *Thin Solid Films*. 526: 201-211.