

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta lesnická a dřevařská

EXTEMIT-K

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Detekce různých složek feromonu lýkožrouta smrkového (*Ips typographus*) pomocí olfaktorické schopnosti psů.

Bc. Josef Havlíček

Vedoucí:

Ing. Roman Modlinger, Ph.D.

Konzultant:

Ing. Nicole Vošvrdová

Praha 2019

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta lesnická a dřevařská

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Josef Havlíček

Lesní inženýrství

Název práce

Detekce různých složek feromonu lýkožrouta smrkového (*Ips typographus*) pomocí olfaktorické schopnosti psů.

Název anglicky

Scent detection of the spruce bark beetle (*Ips typographus*) aggregation pheromone, by the olfactory ability of the dogs.

Cíle práce

Cílem práce je ověřit, zda psi cvičení na jednotlivé složky agregčního feromonu lýkožrouta smrkového je budou schopni spolehlivě najít a označit v řadě pachů, obsahující i jiné chemické syntetické sloučeniny. Výsledek laboratorních testů by měl odpovědět na následující otázky: Je rozdíl v schopnosti psů odlišit jednotlivé složky feromonu?

Je rozdíl v úspěšnosti nalezených látek u psů s odlišnou tréninkovou zátěží?

Snižuje se úspěšnost správné identifikace látek s pozicí v testované řadě?

Metodika

Student zpracuje literární rešerši shrnující poznatky o integrované ochraně lesa pro lýkožrouta smrkového, zaměří se na možnosti identifikace napadených stromů a feromonovou biologii l. smrkového. V průběhu zpracování diplomové práce bude cvičit psa na jednotlivé složky feromonu l. smrkového a na konci výcviku provede s touto psem experiment v laboratorních podmínkách. Testovány budou minimálně 2 složky agregčního feromonu l. smrkového. Doplnkové pachy bude tvořit minimálně 10 dalších sloučenin. Stejný experiment bude proveden s jiným psem, který prochází intenzivním výcvikem. Výsledky obou psů budou porovnány a vyhodnoceny vzhledem k délce prováděného výcviku.

Doporučený rozsah práce

40-60 stran

Klíčová slova

smrk ztepilý, lýkožrout smrkový, agregační feromon, pachová detekce

Doporučené zdroje informací

- Beebe, S. C., Howell, T. J., Benne, P. C. 2016. Using Scent Detection Dogs in Conservation: A Review of Scientific Literature Regarding Their Selection. *Veterinary Science* 3:96.
- Johansson, A., Birgersson, G., Schlyter, F. 2018. Using synthetic semiochemicals to train canines to detect bark beetle-infested trees. *Journal of Pest Science*, Springer, in press.
- Radcliffe, E. B., Hutchinson, W. D., Cancelado, R. E. 2009. *Integrated Pest Management. Concepts, Tactics, Strategies and Case Studies*. Cambridge University Press. ISBN: 978-0-521-69931-0.
- Schlyter, F.; Johansson, A. 2010: Detection dog recognize pheromone from spruce bark beetle and follows it to source: a new tool from chemical ecology to forest protection. 26th ISCE Annual Meeting, ISCE 2010 book of abstracts (384 pp). – The International Society of Chemical Ecology, Inc., Tours, France, July 31 – Aug 4. pp. Poster P183.
- Wermelinger, B. 2004. Ecology and management of the spruce bark beetle *Ips typographus*-a review of recent research. *Forest Ecology and Management*. 202: 67-82.
-

Předběžný termín obhajoby

2018/19 LS – FLD

Vedoucí práce

Ing. Roman Modlinger, Ph.D.

Garantující pracoviště

Excelentní tým pro migraci

Konzultant

Ing. Nicole Vošvrdová

Elektronicky schváleno dne 8. 3. 2019

prof. Ing. Marek Turčáni, PhD.

Vedoucí ústavu

Elektronicky schváleno dne 8. 3. 2019

prof. Ing. Marek Turčáni, PhD.

Děkan

V Praze dne 17. 04. 2019

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma: Detekce různých složek feromonu lýkožrouta smrkového (*Ips typographus*) pomocí olfaktorické schopnosti psů. vypracoval samostatně pod vedením Ing. Romana Modlingera, Ph.D. a použil jen prameny, které uvádím v seznamu použitých zdrojů.

Jsem si vědom, že zveřejněním diplomové práce souhlasím s jejím zveřejněním dle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách v platném znění, a to bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Praze dne 30. 3. 2019

Josef Havlíček

Poděkování

Rád bych tímto poděkoval Ing. Romanu Modlingerovi, Ph.D. za vedení diplomové práce a Ing. Nicole Vošvrkové za předání zkušeností při výcviku psa a věcné rady především v oblasti kynologie. Veliké díky patří mým rodičům, kteří mně v průběhu studia podporovali.

Josef Havlíček

OBSAH

PROHLÁŠENÍ	4
PODĚKOVÁNÍ	5
ANOTACE	7
ANNOTATION	7
SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK	8
SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ	9
1 ÚVOD	10
2 CÍL PRÁCE	11
3 LITERÁRNÍ REŠERŠE	12
3.1 PACHOVÁ DETEKCE U PSŮ, SCHOPNOSTI A POUŽITÍ.....	12
3.2 LÝKOŽROUT SMRKOVÝ BIONOMIE, ŠKODLIVOST, OCHRANA	14
3.3 MOŽNOSTI DETEKCE STROMŮ NAPADENÝCH LÝKOŽROUTEM SMRKOVÝM.....	22
3.4 POUŽITÍ PSŮ PRO DETEKCI KŮROVCOVÝCH STROMŮ.....	25
3.5 PRINCIPY TRÉNINKU PSŮ PRO PACHOVOU DETEKCI KŮROVCŮ.....	27
4 MATERIÁL A METODIKA	28
4.1 POMŮCKY.....	28
4.2 ROZDÍL TRÉNOVANOSTI PSŮ	28
4.3 PŘÍPRAVA PACHOVÝCH VZORKŮ	28
4.4 TYPY PACHOVÝCH VZORKŮ.....	29
4.5 DESIGN EXPERIMENTU	30
4.6 VLASTNÍ EXPERIMENT	32
4.7 ZPRACOVÁNÍ DAT Z EXPERIMENTU	32
5 VÝSLEDKY	33
6 DISKUSE	35
7 ZÁVĚR	37
8 LITERATURA	38
9 SEZNAM PŘÍLOH	44
10 PŘÍLOHY	44

Anotace

Teoretická část práce zahrnuje přehled bionomie lýkožrouta smrkového (*Ips typographus*) a možnosti jeho detekce. Dále je tématem základní přehledem olfaktorických schopností psů a možnost jejich užití při detekci kůrovců. Praktická část práce zahrnuje trénink dvou psů belgického ovčáka (malinois) na detekci jednotlivých složek agregačního feromonu lýkožrouta smrkového. Konkrétně se jednalo o syntetické látky 2-methyl-3buten-2-ol a 4S-cis-verbenol. Výsledky následně provedeného laboratorního testu dokazují, že psi jsou schopni detekce složek feromonu lýkožrouta smrkového a že intenzita tréninku koreluje s úspěšností detekce.

Klíčová slova: smrk ztepilý, Lýkožrout smrkový, agregační feromon, pachová detekce

Annotation

The theoretical part of this thesis includes an overview the European spruce beetle's (*Ips typographus*) bionomics and the possibility of the beetles detection. The thesis then continues with the basic overview of the dogs' olfactory facilities and the use of these facilities for detecting the barkbeetles. The practical part of the thesis includes training of two Belgian shepherd dogs (malinois) for detection of aggregation pheromone components of the European spruce beetle. Specifically, these synthetic substances are 2-methyl-3buten-2-ol and 4S-cis-verbenol. The laboratory test results prove, that dogs are able to detect aggregation pheromone components of the European spruce beetle and that the training intensity correlates with the success rate of the detection.

Key words: Norway spruce, the European barkbeetle, aggregation pheromone, scent detection

Seznam obrázků a tabulek

obrazek 1: Dospělec Ips typographus (Gyorgy Csoka, Hungary Forest Research Institute, Buwood.org)	15
obrazek 2: Feromonový lapač (Milan Zubrik, Forest Research Institute – Slovakia, Bugwood.org)	19
obrazek 3: Lapák (Petr Kapitola, Central Institute for Supervising and Testing in Agriculture, Buwood.org)	20
obrazek 4: Závrtové otvory s drtinkami (Milan Zubrik, Forest Research Institute – Slovakia, Buchwood.org)	23
obrazek 5: Drtinky na kořenových náběžích (Jan Liska, Forestry and game management Research Institute, Bugwood.org)	24
obrazek 6: pes značící napadený strom (JOHANSSON, 2018)	26
obrazek 7: MB (National Center for Biotechnology Information. PubChem Database. 2-Methyl-3-buten-2-OL, CID=8257)	29
obrazek 8: cV (National Center for Biotechnology Information. PubChem Database. (S)-cis-Verbenol, CID=87839)	30
obrazek 9: speciální stojany s plechovkami / Značení psa při nálezů (Foto autor)	31
obrazek 10: Sloupcový graf procenta úspěšnosti psů při vyhledávání jednotlivých složek feromonu	34
obrazek 11: krabicový graf umístění složek feromonu v náhodně sestavených schématech.	34
tabulka 1: seznam doplňkových pachů	30
tabulka 2: Výsledná ANOVA tabulka pro model se všemi interakcemi glm(formula = Uspech_cislo ~ Pes * cLatka * Por_cLatky, family = binomial).	33

Seznam použitých zkratk a symbolů

MB – 2-methyl-3buten -2-ol (Methylbutenol)

cV – 4S-cis-verbenol (Cis-Verbenol)

Id –(S)-ipsdienol (ipsdienol)

VN – verbenon

Ie – ipsenol

NIR – Near-infrared

VNO – Vomeronazální orgán

ČSN – Česká technická norma

UAV – unmanned aerial vehicle

1 Úvod

Lýkožrout smrkový *Ips typographus* (Linnaeus, 1758) je nejvýznamnějším biotickým škůdcem v lesním hospodářství. V nízké populační hustotě obsazuje oslabené stromy, ale při přemnožení se stává prvotním škůdcem, který může způsobit odumření zdravých stromů, ale i celých porostů (Zumr 1985). Obzvláště v posledních letech, bylo vynaloženo mnoho úsilí v boji proti tomuto lesnímu škůdci. V současné chvíli lze těžko hovořit o preventivních opatřeních např. v oblastech jižní Moravy, kde je kůrovcová kalamita nevladatelná. Avšak v oblastech, kde jsou stanovištní nároky smrku bližší tomu přirozenému, je stále co chránit. Všeobecně se má za to, že základem pro úspěšný boj s kůrovcem, je včasné zpracování atraktivního dříví vhodného pro jeho vývoj a namnožení (PFEFFER 1955). Pro tlumení přemnožení l. smrkového je zásadní včasné nalezení již napadených stromů a jejich asanace (ABDULLAH et al., 2018). Hledání napadených stromů je převážně záležitostí pozemních hledačů. FETTIG et al. (2015) zmiňují téměř 100% úspěšnost identifikace čerstvě napadených stromů v případě zkušených pozemních hledačů na ploše do 1000 ha. Je však třeba brát v potaz stále dražší lidskou pracovní sílu. Práce pozemních hledačů v podmínkách České republiky většinou připadá na revírníky, jejichž práce nezahrnuje pouze vyhledávání napadených stromů. Navíc je častým jevem, že se rozloha revírů pohybuje okolo 2000 ha a více. Myšlenka transformace současných smrkových monokultur na diversifikované ekosystémy (WERMELINGER 2004) je sice platná, ale nejedná se o aktuální řešení problému. Z těchto důvodů je proto důležité uvažovat o efektivních metodách vyhledávání kůrovce šetřící lidskou práci. Jednou z nich by mohla být detekce na principech dálkového průzkumu země (DPZ). Druhým řešením může být metoda detekce kůrovcových stromů pomocí speciálně cvičených psů. Tato metoda je nová a pro pochopení a lepší použitelnost je potřebné zjistit limity pachové detekce psů.

2 Cíl práce

Cílem práce je ověřit, zda psi cvičení na jednotlivé složky agregačního feromonu lýkožrouta smrkového je budou schopni spolehlivě najít a označit v řadě pachů, obsahující i jiné chemické syntetické sloučeniny.

Výsledek laboratorních testů by měl odpovědět na následující otázky:

Je rozdíl v schopnosti psů odlišit jednotlivé složky feromonu?

Je rozdíl v úspěšnosti nalezených látek u psů s odlišnou tréninkovou zátěží?

Snižuje se úspěšnost správné identifikace látek s pozicí v testované řadě?

3 Literární rešerše

3.1 Pachová detekce u psů, schopnosti a použití

Olfakce neboli čich je řazen mezi chemické smysly. Čich můžeme chápat jako reakci specializovaných buněk na chemické látky v prostředí vznikem nervového vzruchu. Tyto specializované buňky nazýváme olfaktorické senzory (FARBMAN, 1992). Psi jsou z důvodu svých výjimečných čichových schopností využíváni lidmi k lokalizaci mnoha látek. Pes domácí *Canis familiaris* (Linnaeus, 1758) dokáže vnímat látky v daleko nižší koncentraci než člověk a to především díky větší ploše čichového epitelu. V porovnání s člověkem, kde plocha olfaktorického epitelu činí 4 až 5 cm², dosahuje u psů tento epitel např. u německého ovčáka až 220 cm² (LAURUSCHKUS, 1942). Podle PINCE (2008) jsou savci považováni za organismy s nejlépe vyvinutým čichem, přičemž pes je řazen mezi makrosmatická zvířata, tedy zvířata u kterých je tento smysl obzvláště silný. To také dokazuje skutečnost, že skupina genů exprimujících olfaktorické receptory zaujímá u makrosmatických zvířat až 4 procenta celkového genomu. To u psa odpovídá minimálně 1094 olfaktorickým genům, přičemž z 80% se jedná o funkční geny (geny, podle kterých se kódují aminokyseliny) (BUCK & AXEL, 1991). To, že psi dokážou vnímat téměř neomezené množství pachů je dáno tím, že jedna molekula pachu může aktivovat více olfaktorických neuronů a jeden olfaktorický receptor může být aktivován různými molekulami pachu. Tato kombinovatelnost dává možnost vzniku nepřehledného množství pachů (BUCK, 2004).

Samotná anatomie čichového ústrojí napomáhá čichové schopnosti psa. Například schopnost vyfukovat vzduch šikmo za sebe, aby nedošlo k odfouknutí sledovaného pachu (SETTLES et al., 2002). Pes také dokáže proudem teplého vzduchu zvednout ze země pachy, které by jinak nebylo možno zachytit. Teplý vydechovaný vzduch umožňuje za nízkých teplot vypařování látek a jejich následné zachycení (SYROTUCK, 2000). Hlavní olfaktorický orgán, zodpovědný za vědomé vnímání pachů, je doplněn vomeronazálním orgánem (VNO), známým také jako jakobsonův orgán. VNO je důležitý pro vnímání podnětů spojených se sociálním nebo reprodukčním chováním. Molekuly pachu se do VNO dostanou pomocí jazyku a proto je u stopujících psů možno pozorovat olizování zdroje

pachu (BARRIOS ET AL., 2014; ROUQUIER & GIORGI, 2006). Zjistit citlivost psího čichu si kladlo za úkol již řada badatelů. Závěry jsou však velice odlišné, a jsou dány velkým množstvím proměnných. To je způsobeno např. různými metodami výcviku psů a designem experimentu. Olfakce se pravděpodobně liší mezi jedinci jednoho plemene natož pak mezi různými plemeny. Výsledky těchto testů jsou ovlivněny i rozpořením psa nebo psovoda v den pokusu atp. (PINC et al., 2018).

Využití čichových schopností psů není pouze záležitostí novodobou. Již dávno byli psi využíváni ke stopování zvěře, k pronásledování zločinců nebo jiných hledaných osob. Dokázali upozornit majitele na blízkost se nebezpečí atp. Psí čich nedokáže předčít ani dnešní moderní technologie a proto je jejich využití stále široké (PINC et al. 2018). Psi jsou nápomocni při vyhledávání drog, pohřešovaných osob, výbušnin, zbraní nebo dokonce rakoviny (BEEBE et al., 2016). Běžná je v praxi také pachová identifikace osob, jakožto nástroj při řešení trestných činů (BROWNE, 2006). URBANOVÁ et al. (2014) prezentují úspěšný pokus určování rakoviny prostaty ze vzorků moči. Psi pomáhají detekovat místa s únikem plynu, místa kontaminovaná rtutí nebo jsou využíváni energetickými společnostmi k označení nahnilých sloupů elektrického vedení (PINC et al., 2018). Poslední dobou jsou psi s rozdílnou úspěšností využíváni pro vyhledávání různých živočišných druhů, za účelem jejich ochrany. Konkrétně je nejčastěji monitorován trus, mrtvá těla, hnízda těchto živočichů, nebo přímo daný živočich (BEEBE et al., 2016). Úspěšně bylo využito psů při monitorování larvy ohroženého druhu *Osmoderma eremita* (Scopoli, 1763), kdy běžné monitorovací metody byly, v porovnání s vycvičenými psy, neefektivní (MOSCONI et al., 2017). BROWNE (2006) uvádí také řadu případů psí detekce škodlivých živočišných druhů jako je např. druh bzučivek *Cochliomyia hominivorax* (Coquerel, 1857), ohrožující životy teplokrevných živočichů a způsobující tak významné ekonomické ztráty. Dále psi dokáží vyhledat hnízda termitů způsobující ekonomické škody (BROOKS, 2003).

Z lesnického hlediska je významné použití psů při vyhledávání vajíček bekyně velkohlavé *Lymtria dispar* (Linnaeus, 1758) (WALLNER & ELLIS, 1976). Aktuálně stojí za zmínku vyhledávání invazních druhů jako například tesařík *Anoplophora glabripennis* (Motschulsky, 1853) nebo *Anoplophora chinensis* (Forster, 1771). TOMITCZEK & SAUSENG (2009) referují o úspěšném boji proti těmto druhům. Základem pro tento boj je jejich

včasné nalezení, které by nebylo možné bez speciálně vycvičených psů. Úspěšně je také využíváno detekčních psů pro nalezení l. smrkového (JOHNASSON et al., 2018)

Trénování psi výrazně krátí čas potřebný pro vyhledání cílového objektu, chemikálie nebo živočišného druhu. Ve srovnání s běžnými metodami nebo užívanými přístroji jsou psi spolehlivější, šetrnější a praktičtější. Ekonomičnost a efektivita pachové detekce je patrná z mnoha studií. Je pravděpodobné, že v budoucnu pachová detekce psů nalezne upotřebení v dalších odvětvích (BROWNE, 2006).

3.2 Lýkožrout smrkový bionomie, škodlivost, ochrana

Lýkožrout smrkový (Obr. 1) patří ve střední Evropě k nejvýznamnějším škůdcům na smrku ztepilém *Picea abies* (L.) Karst (SCHELHAAS et al., 2003). Jedná se o typického sekundárního škůdce. Přednostně tedy napadá odumírající stromy a oslabené stromy. Při přemnožení, však napadá i zdravé stromy (ZUMR, 1985). Ohroženy jsou především smrkové porosty mimo jejich přirozený areál rozšíření (WERMELINGER, 2004). Podle ZUMRA (1985) vede k samotnému odumření stromů poškození rostlinných pletiv při zakládání matečných chodeb a při žíru larev. Novější studie zdůrazňují i roli symbiotických hub rodu *Ophiostoma* nebo *Ceratocystis*, jejichž spóry jsou do lýka stromů vneseny na tělech kůrovců (PAINE et al., 1997). Význam lýkožrouta smrkového je zásadně spojen s hygienou lesa a zdravotním stavem porostů. Rozhodujícími faktory pro nástup gradace jsou dostatek stresovaných (oslabených) stromů pro založení nové generace a průběh počasí. Vysoké a rovnoměrné srážky pozitivně ovlivňují vitalitu porostů, naopak vysoké teploty vitalitu oslabují a zároveň urychlují vývoj lýkožrouta smrkového (ZUMR, 1985). LEXER (1997) dále konkretizuje zvyšující se náchylnost v závislosti na expozici, přítomnosti hniloby nebo věku porostu.



obrazek 1:Dospělec *Ips typographus* (Gyorgy Csoka, Hungary Forest Research Institute, Buwood.org)

Obr. 1:Dospělec *Ips typographus* (Gyorgy Csoka, Hungary Forest Research Institute, Buwood.org)

Lýkožrout smrkový se vyskytuje převážně ve smrkových porostech starších šedesáti let, a to především na osluněných porostních stěnách. Při kalamitním stavu je hojnější i uvnitř porostů (ZUMR, 1985). Ve střední Evropě má lýkožrout smrkový převážně 2 generace. Za teplých příznivých podmínek však může počet generací narůst (KUDELA, 1970, SCHELHAAS et al., 2003). Jarní rojení začíná v nižších a středních polohách na přelomu dubna a května (PFEFFER, 1955), poslední dobou však spíše koncem dubna, výjimečně i začátkem dubna (ZAHRADNÍK & GERÁKOVÁ, 2010). V nadmořské výšce 400 až 600 m. n. m. začíná podle PFEFFRA (1955) rojení počátkem května. V horách pak dochází v důsledku delší zimy k časovému zpoždění a k rojení tak dochází koncem května až počátkem června (PFEFFER, 1955). Letní rojení pak nastává po 8–10 týdnech po začátku jarního rojení tedy zhruba od poloviny června do počátku srpna. Případné třetí rojení následuje na přelomu srpna a září (ZAHRADNÍK & GERÁKOVÁ, 2010). Letová aktivita je podle LOBINGEROVÉ (1994) určena především teplotou vzduchu. Pro let *I. typographus* uvádí optimální teplotu mezi 22°C až 26°C. Minimální teplota pro letovou aktivitu je 16,5°C, horní hranicí je pak 30°C (LOBINGER, 1994). K sesterském rojení, kdy samičky přelétají na stejný nebo jiný

strom, kde po krátkém regeneračním žíru pokračují v kladení vajíček bez dalšího oplodnění, dochází zpravidla po 2–3 týdnech od začátku klasického náletu (PFEFFER, 1955). Podle ZAHRADNÍKA & GERÁKOVÉ (2010) se do sesterského rojení zapojuje od 10 % do 90 % celkového počtu samic. Jako první nalétávají na stromy samečci (ZUMR, 1985). Podle KUDELY (1970) začíná napadení stromu v místech, kde začínají zelené větve. SKUHRAVÝ (2002) uvádí dvě obecné uznávané hypotézy. Podle jedné se pionýrství brouci v porostu orientují podle primárních atraktantů (jinak také volatilní látky např. terpen α -pinen), které jsou produkovány oslabenými jedinci smrků. Druhá hypotéza předpokládá náhodný nálet pionýrských brouků na smrky, které splňují minimální podmínky pro rozvoj lýkožrouta. Smrky s nejmenší vitalitou postupně ztrácejí schopnost zahubit pionýrské brouky. Pro obě hypotézy je však shodné, že při zavrtávání brouků se již zmíněný α -pinen změní ve střevech na složitější chemické sloučeniny, které nazýváme sekundární atraktanta neboli agregační feromony (ZUMR, 1985). V důsledku produkce agregačních feromonů, jsou přilákáni další jedinci stejného druhu a společně postupně překonají obranyschopnost napadeného stromu (BYERS, 1995). Hlavními složkami agregačních feromonů jsou podle SCHLYTERA & ANDERBRANTA (1989) 2-Methyl-3-buten-2-ol (MB), který je produkován nezávisle na digestivním kontaktu lýkožrouta se stromem. Pro atrakci je tato složka zásadní. (4S)-Cis-Verbenol (cV) je druhou důležitou složkou agregačního feromonu lýkožrouta smrkového, oproti MB je tato látka závislá na obsahu α -pinenu v hostitelském stromě. Později při kladení vajíček začnou samičky produkovat takzvané antiagregační feromony. Hlavními složkami jsou v tomto případě Ipsdienol (Id) a ipsenol (Ie). Do antiagregačních feromonů patří také verbenon (VN), který signalizuje, že kmen je již plně obsazen a je zde velká kompetice (WAINHOUSE, 2008) Produkce antiagregačních feromonů má zprvu za následek regulaci rozmístění lýkožroutů na kmenech až později, po naplnění kapacity, jsou další nalétávající brouci usměrněni na okolní stromy (FRANCKE et al., 1995).

Sameček naláká do snubní komůrky 1–3 samičky. Podle SKUHRAVÉHO (2002) hledá každá samička matečnou chodbu rovnoběžně s osou kmene, do které postupně klade průměrně 50 vajíček. Tvorba matečné chodby a kladení vajíček trvá zhruba 7–10 dnů. Po 6–18 dnech se z vajíček líhnou larvy, jejichž vývoj trvá s ohledem na teplotní podmínky 7–50 dnů. Období kukly trvá v průměru 8 dnů (SKUHRAVÝ, 2002). Vylíhlí brouci musí

pohlavně dospět, což trvá 2-3 týdny (ZUMR, 1985). Jejich barva se mění od bílé až po tmavě hnědou, což indikuje pohlavní dospělost. Zralostní žír, který je uskutečňován v průběhu dospívání, se děje přímo v místě vylíhnutí, v případě nedostatku potravy jsou brouci nuceni přelétnout na náhradní místo. Vývoj tedy probíhá za normálních podmínek 6–10 týdnů (ZAHRADNÍK & GERÁKOVÁ, 2010). Poměr pohlaví nově vylíhnutých brouků v rámci požerku je zhruba 1:1. V případě gradací pak SKUHRAVÝ (2002) uvádí odlišné poměry pohlaví v závislosti na stádiu dané gradace. Kromě stádia vajíčka může lýkožeout smrkový zimovat ve všech stádiích. Přezimuje nejčastěji ve stádiu dospělého a to převážně pod kůrou a v menším množství i v hrabance (ZUMR 1985).

Při napadení padlého stromu jsou místa závrtů doprovázena hnědavou drtí (PFEFFER, 1955). Při napadení stojících stromů pozorujeme nejprve výrony pryskyřice jakožto obranný systém stromů proti nalétávajícím samcům na stromy. Tento jev však není vždy spojen s kůrovcovým náletem, ten je potvrzen při současné přítomnosti závrtových otvorů (ZAHRADNÍK & GERÁKOVÁ, 2010). Po překonání obranyschopnosti stromu je nálet indikován závrtý spolu s rezavými drtinkami za šupinkami kůry na patě kmene (ZUMR 1985). Vlivem napadení kmene dochází rovněž k barevným změnám jehličí, které postupně rezaví a opadá. Ovšem barevné změny jehličí v korunách nejsou 100% spolehlivým symptomem napadení stromu (MODLINGER et al., 2015). Vlivem porušení lýka dochází v pozdější fázi vývoje lýkožrouta smrkového k odloupávání kůry zpravidla v místech prvotního náletu na strom.

Kontrola a ochrana před lýkožroutem smrkovým je ukotvena v legislativě a liší se podle stavu jeho populace. Vyhláška 76/2018 Sb., kterou se mění vyhláška Ministerstva zemědělství č. 101/1996 Sb. rozlišuje 3 různé stavy na základní, zvýšený a kalamitní a dále stanovuje postup pro kontrolu a ochranu. ČSN 48 1000 doplňuje tuto vyhlášku upřesněním postupů při kontrole a ochraně.

Základní stav, je takový početní stav lýkožroutů, kdy objem kůrovcového dříví z předchozího roku v průměru nedosáhl 1 m³ na 5 ha smrkových porostů, a nedošlo k vytvoření ohnisek výskytu lýkožrouta. Kontrola se v tomto stavu provádí pomocí odchytových zařízení, které jsou umístěovány v jarním a letním období, v minimálním

množství 1 kus na každých 20 ha smrkových porostů. Zároveň se celoročně kontroluje výskyt kůrovcových stromů a je prováděna jejich včasná a účinná asanace.

Takový stav lýkožroutů, při kterém se objem kůrovcového dříví z předchozího roku pohybuje v průměru mezi 1 m³ a 5 m³ na 5 ha smrkových porostů nazýváme zvýšeném stavem. Dochází k vytvoření ohnisek výskytu lýkožrouta a hrozí tak kalamitní přemnožení. Ochrana se v tomto případě provádí pomocí odchyťových zařízení. Těmito zařízeními jsou míněny feromonové lapače (Obr. 2), lapáky (Obr. 3) a otrávené lapáky. Počty odchyťových zařízení pro podchycení jarního rojení se stanoví podle kalamitního základu, což je objem včas zpracovaného kůrovcového dříví v m³ (dříví zpracované v období od 1.srpna do 31. března následujícího roku). Na každý započatý 1 m³ opuštěného kůrovcového dříví je potřeba navýšit množství odchyťových zařízení o jeden kus.



obrazek 2: Feromonový lapač (Milan Zubrik, Forest Resaerch Institute – Slovakia, Bugwood.org)



obrazek 3: Lapák (Petr Kapitola, Central Institute for Supervising and Testing in Agriculture, Buwood.org)

Nastane-li situace, kdy lýkožrout způsobuje rozsáhlá poškození lesních porostů na stěnách nebo vznik ohnisek uvnitř lesních porostů až plošné napadení lesních porostů, hovoříme o kalamitním stavu. Podle SKUHRAVÉHO (2002) je to stav, ve kterém dochází k výrazným hospodářským ztrátám. Objemu kůrovcového dříví z předchozího roku v tomto případě překračuje 5 m³ na 5 ha smrkových porostů. Při kalamitním stavu ochrana zahrnuje instalaci odchyťových zařízení minimálně v množství, odpovídající množství odchyťových zařízení pro horní hranici zvýšeného stavu. Podle ZAHRADNÍKA & GERÁKOVÉ (2010) se při kalamitním stavu se o klasické kontrole již nedá prakticky hovořit. Veškerá opatření fungují spíše jako obranná.

Pro upřesnění mluví vyhláška 76/2018 Sb. o smrkovém porostu, jako lesním porostu se zastoupením smrku nad 20 % staršího 50 let. Jako kůrovcové dříví označuje stromy, vyrobené dříví, odpad a zbytky dřeva po těžbě, které jsou napadeny lýkožrouty a umožňují jim dokončit vývoj až do stadia brouka. Tzv. kůrovcové souše ve vyhlášce definované jako lýkožroutem zcela opuštěné suché stromy, nejsou považovány za

kůrovcové stromy a jejich těžbu je možné odložit. Ve všech stavech lýkožrouta vyhláška apeluje na včasnou asanaci kůrovcového dříví.

Odborná literatura se shoduje s vyhláškou na tom, že naprosto zásadní opatření proti l. smrkovému je včasné a důsledné vyhledávání napadených stromů a jejich asanace. Ohledně boje proti kůrovci literatura dále uvádí nutnost včasného zpracování atraktivního dříví vhodného pro vývoj a namnožení l. smrkového (konkrétně např. polomy nebo vytěžené dříví). Dále pak soustředění a hubení lýkožrouta v ohniscích žíru a na dalších ohrožených místech (ZAHRADNÍK & GERÁKOVÁ, 2010; ZUMR, 1985; SKUHRAVÝ, 2002). Mimo klasické feromonové pasti jako jsou lapáky, otrávené lapáky, otrávené trojnožky zmiňuje WERMELINGER (2004) možnosti ochrany pomocí antiagregačních feromonů nebo techniky narušení rozmnožování. Tyto dvě uvedené metody jsou však zatím ve vývoji. Výše uvedené feromonové lapače jsou používány spíše jako monitorovací zařízení (ZAHRADNÍK & KNÍŽEK, 2000)

Důležitým regulačním prostředkem jsou přírodní antagonisté jako jsou predátoři a parazitoidi (FETTIG et al., 2015). Odezvou na zvýšený stav *I. typographus* je také zvýšený stav jeho predátorů jako je například *Thanasimus formicarius* (Linnaeus, 1758) (WESLIEN, 1994). Významným predátorem na larvách kůrovce jsou mouchy rodu *Medetera*. Tento predátor sice nevykazuje tak velikou žravost jako *T. formicarius*, avšak toto je kompenzováno jejich množstvím (WERMELINGER, 2002). Schopnost *I. typographus* šířit se na velké vzdálenosti mu však umožňuje uniknout a založit populace na místech s menší hustotou antagonistů (WERMELINGER, 2004)

Další možností ochrany proti lýkožroutu smrkovému mohou být různé přípravky na bázi entomopatogenních mikroorganismů, jako jsou houby bakterie nebo viry. Velkou úmrtnost kůrovců včetně *I. typographus* způsobuje například houba *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuil. (KREUTZ et al., 2004).

Možnost snížení náchylnosti porostů, ne jen vůči lýkožroutu smrkovému, vidí WERMILINGER (2004) v transformaci současných smrkových monokultur na diversifikované ekosystémy.

3.3 Možnosti detekce stromů napadených lýkožroutem smrkovým

Základním předpokladem pro ochranu lesa před lýkožroutem smrkovým je jeho včasná detekce a monitorování. V současné době jsou k monitorování používány odchytové metody, metody založené na pozemním pozorování a v neposlední řadě jsou využívána data získaná z dálkového průzkumu Země (FETTIG et al., 2015).

Většina dat získaných z dálkového průzkumu Země nám umožňují nalézt napadené stromy až v pozdějších fázích napadení, kdy jehličí začne měnit svou barvu a následně opadávat (FETTIG et al., 2015). Tato data jsou získávána tradičně z družicových systémů s prostorovým rozlišením v řádu jednotek častěji desítek metrů a jsou vhodná například pro dlouhodobý monitoring šíření škůdců v porostu. Pro minimalizaci ekonomických ztrát a zamezení kalamity je podle ABDULLAH et al. (2018) nutná detekce v časném, takzvaném „zeleném stádiu“, napadení. Určitou alternativou se zdají být dnes populární bezpilotní systémy jako třeba drony (UAV – unmanned aerial vehicle), na které je možné nainstalovat různé snímače. Díky pohybu UAV blíže snímanému objektu jsou data jimi pořízená obvykle přesnější než ta z družic. Úpravou běžného digitálního fotoaparátu lze snímat i v blízkém infra-červeném pásmu (NIR – near infra-red). Toto pásmo má citlivou odezvu na chlorofyl obsažený v rostlinách, čímž umožní pozorovat i drobné změny v zbarvení vegetace. Z takovýchto snímků pak lze zhodnotit stav vegetace. Právě na změně ve spektrálních vlastnostech stromu (schopnost stromu odrážet dopadající záření) je založena detekce napadených jedinců (ABDULLAH et al., 2018; KOMÁREK, 2018). Tímto způsobem je možné detekovat stromy napadené kůrovcem s předstihem, který umožňuje včasný lesnický zásah. Pro ještě včasnější informaci o napadení lze instalovat multispektrální nebo hyperspektrální kamery (NĀSI et al., 2015; ABDULLAH, 2018). Potenciál těchto systémů je podle KLOUČKA & KOMÁRKA (2018) předmětem dalšího výzkumu a až časem se ukáže, zda jsou bezpilotní letecké systémy pro lesnickou praxi použitelné.

Podle FETTIG et al. (2015) je především v Evropě využíváno k identifikaci čerstvě napadených stromů zkušených pozemních hledačů, kteří při velikosti prohledávaného areálu okolo 1000 ha dosahují téměř 100% úspěšnosti. LUBOJAKÝ et. al. (2018) doporučují při vyhledávání kontrolovat především nejpravděpodobnější místa výskytu. Popisují znaky

indikující napadení stromů, jakými jsou závrtové otvory doplněné o výrony pryskyřice a drtinky (Obr. 4), drtinky na kořenových náběžích (Obr. 5), opad světle zeleného jehličí, barevné změny jehličí v koruně či stopy aktivity hmyzožravého ptactva. Jen některé z uvedených ukazatelů indikují s jistotou napadení kůrovcem. Tyto vyjmenované příznaky napadení se objevují v době, kdy je stále prostor pro účinnou asanaci.



obrazek 4: Závrtové otvory s drtinkami (Milan Zubrik, Forest Reserch Institute – Slovakia, Buchwood.org)



obrazek 5: Drtinky na kořenových náběžích (Jan Liska, Forestri and game management Research Institute, Bugwood.org)

3.4 Použití psů pro detekci kůrovcových stromů

Jak již bylo řečeno, včasná detekce kůrovcových stromů, je základním předpokladem pro možné zastavení tohoto škůdce. V současné době je investováno mnoho úsilí do vývoje metod nebo přístrojů, které by nalezení napadených stromů zefektivnili. V lesnických vyspělých zemích jako Švédsko, Německo či Rakousko zaznamenávají úspěchy při vyhledávání kůrovcových stromů pomocí psů (FEICHT, 2006; JOHANSSON et al., 2018).

Jedním z projektů, který si kladl za otázku způsobilost psů pro tento konkrétní účel, byl proveden v Německu pod vedením Dr. Feicht. Psi byli cvičeni konkrétně na hledání drtinek, dospívajících a dospělých brouků. Po dokončení tréninku byly tyto psi schopni detekovat napadené stromy v porostu, přičemž se orientovali nejen podle pachy, ale i podle zvukových a optických signálů. Bez problému dokázali najít i kůrovcové stromy s minimálním množstvím drtinek v rané fázi napadení (FEICHT, 2006).

Podobných úspěchů dosáhli i ve Švédsku. JOHANSSON et al. (2018) se pokoušeli zjistit, zda psi, kteří byli v zimním období v laboratoři trénováni na látky obsažené ve feromonech kůrovců, dokáží následující sezónu najít napadené kůrovcové stromy. Tato studie dokázala, že trénovaný pes je schopen rozlišovat mezi cílovými pachy, tedy pachy napadeného stromu a jinými přírodními pachy, se kterými se běžně setkává v lese. Tito psi v zimě trénováni na čtyři syntetické složky feromonů (MB, cV, Id, VN), byly v létě schopny najít přirozeně napadené stromy (Obr. 6). Přidanou hodnotou je skutečnost, že psi dokáží detekovat napadení již po první hodině náletu a schopnost identifikace je zachována po několik následujících týdnů. Ve srovnání s člověkem dokáží psi při hledání za stejnou dobu pokrýt větší areál (až 10 hektarů za hodinu), díky čichu jsou schopni detekce zcela čerstvého napadení stromu, které je pohledem snadno přehlédnutelné. I samotná vzdálenost detekce je v porovnání s člověkem mnohem větší. Je uváděna vzdálenost až 100 m, při které pes zaznamenal pach napadeného stromu (JOHANSSON, 2018).



obrazek 6: pes značící napadený strom (JOHANSSON, 2018)

Jak dokazuje projekt realizovaný Dr. Feicht, je možné pro trénink využít i přírodní materiál jako drtinky, požerky nebo jednotlivá stádia brouka. Výcvik pomocí syntetických komponentů feromonu kůrovců má však podle JOHANSSON (2018) určité výhody. Zaprvé je možné psi trénovat ne jen v časově omezeném období, kdy je přírodní materiál dostupný, ale i v zimním období, přičemž v létě je pes schopen kůrovcem napadené stromy najít. Zadruhé je možné při tréninku se syntetickým materiálem regulovat intenzitu pachu. Vzhledem k tomu, že v průběhu napadení se složení kůrovcem emitovaných feromonů mění, vidí JOHANSSON (2018) další výhodu této metody v možnosti tréninku na jednotlivé složky. V terénu se pak tedy předpokládá nalezení kůrovcových stromů všech stádií. To může být výhodou především v druhém letním rojení, které vykazuje poměrně velké časové rozpětí a i na omezeném území se tak mohou nalézat různá stádia napadení (ZUMR, 1985).

Za účelem porovnat efektivitu lidských expertů na kůrovce oproti pracovní dvojici psovod a pes, byl proveden experiment v lesích u Kostelce nad Černými Lesy, o kterém informoval Český rozhlas (ŠEVČÍK, 2018). Na 10 hektarové ploše byla založena zkusná plocha s 11 napadenými stromy. Lýkožrout smrkový na ně byl uměle nalákan feromonovými odparníky. Účastníci experimentu zaznamenávali nálezy pomocí GPS. Pro následné vyhodnocování experimentu hrála roli jednak úspěšnost a jednak čas strávený hledáním. Výsledky hovořili ve prospěch dvojice pes a psovod, kteří vyhledali 60% kůrovcových stromů zatímco kůrovcoví odborníci měli 40% úspěšnost i přesto, že spotřeba času byla dvojnásobná.

3.5 Principy tréninku psů pro pachovou detekci kůrovců

Důležitou tréninkovou metodou, pro výcvik detekčních psů, je metoda Double-blind. Jedná se o metodu, která psy lépe připraví na situaci, kdy v terénu skutečně nikdo neví, kde se hledaný objekt nachází nebo zda je vůbec přítomen. V případě, že psovod zná pozici hledaného předmětu přestává pes při hledání spoléhat pouze na své smysly, ale je ovlivněn sebemenšími třeba i neuvědomělými gesty svého psovoda jako třeba poloha hlavy, postavení těla, přikývnutí atp. (PINC et al., 2018). PRINS (2018) tvrdí, že i změna srdečního tepu, nebo hlasu psovoda ve chvíli, kdy se pes blíží k cílovému objektu může psovi napovědět. Je to podobné jako by mu říkal samá voda, přihořívá a hoří. Tato problematika byla detailně rozebrána na příkladu známém jako „der Kluge Hans“. Jednalo se o koně, který údajně dokázal počítat, rozeznávat barvy atp. Až po důkladnějším bádání bylo zjištěno, že kůň pouze reaguje na nepatrné signály svého majitele nebo dokonce na neuvědomělé signály přítomné komise, zkoumající průkaznost tvrzení o inteligenci daného koně (GUNDLACH, 2006).

4 Materiál a metodika

4.1 Pomůcky

- Syntetické feromony 2-methyl-3-buten-2-ol (MB), 4S-cis-verbenol (CV), Pro vedlejší účely práce byly využity chemikálie ze zásob fakultní laboratoře (viz. příloha č. 1.)
- Nitrilové rukavice, pinzeta, pipeta, špičky na pipetu, analytická váha, laboratorní lžička, uzavíratelné skleničky, plechovky, bavlněné tampony bez aroma, stojany na plechovky.
- Ve výzkumu byly využity dva psi belgického ovčáka (malinois), přičemž oba byly v průběhu výcviku a pokusů vedeni vlastním psovodem. Prvním psem byla fena BB ve věku 2 let s psovodem Ing. Nicole Vošvrdivou. Druhým psem byla fena Arien ve věku 2 let s psovodem Bc. Josefem Havlíčkem.

4.2 Rozdíl trénovanosti psů

Pes BB vstoupil do speciálního tréninkového procesu s výhodou zkušeného psovoda a s lehčím tréninkovým předstihem. Druhý pes Arien začal s tréninkem v listopadu 2017. Celková doba tréninku od listopadu 2017 činila u BB 170 hodin čistého času. Za stejné období činila doba tréninku u Arien 120 hodin čistého času.

4.3 Příprava pachových vzorků

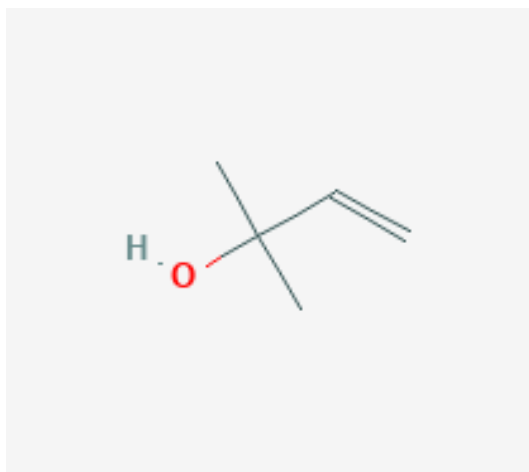
Vzorky byly připravované v laboratoři chemické komunikace hmyzu na Fakultě lesnické a dřevařské při České zemědělské univerzitě v Praze. Aby byla dodržena podmínka stejného pachového pozadí, byly všechny vzorky připravovány jednou osobou. Aby nedošlo ke kontaminaci vzorků lidským pachem, měla vždy osoba připravující pachové vzorky na ruku nitrilové rukavice. Pro manipulaci s bavlněnými tamponky byla použita pinzeta. Do

skleničky, která měla sloužit pro uchování pachových vzorků byl vložen jeden bavlněný tampon, na který bylo pipetou nanášeno 10 µl feromonové složky MB nebo jiné doplňkové látky taktéž o objemu 10 µl. V případě cV to bylo 10 mg (JOHNASSON, 2018). Sklenice pak byla doplněna dalšími bavlněnými tampony. Takto připravené sklenice byly ponechány jeden den při pokojové teplotě v laboratoři, aby došlo k takzvanému „napachování“ od chemické látky nanášené na spodním tamponu. Sklenice byla následně uložena do mrazáku. Jak feromony tak ostatní chemické látky byly uchovávány v uzavřených skleněných nádobách v mrazáku, při teplotách okolo -20°C.

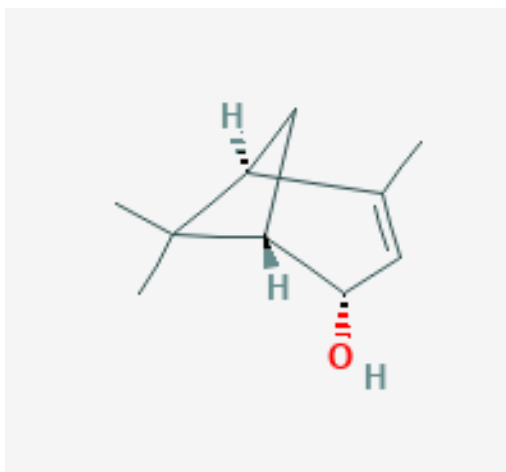
4.4 Typy pachových vzorků

- Cílové vzorky

Psi byly trénovány na již zmíněné čtyři složky feromonu MB, cV, Id a Vn. Zkoušeny byly však pouze složky feromonu MB a cV (Obr. 7 a 8) a to z důvodu snazší dostupnosti těchto látek a časové náročnosti laboratorních testů (potřeby značného množství opakování). Dalším důvodem výběru těchto dvou látek bylo, že tyto složky feromonu jsou lýkožroutem smrkovým produkovány již od počátku napadení stromu pionýrskými brouky.



obrazek 7: MB (National Center for Biotechnology Information. PubChem Database. 2-Methyl-3-buten-2-OL, CID=8257)



obrazek 8: cV (National Center for Biotechnology Information. PubChem Database. (S)-cis-Verbenol, CID=87839)

- Doplnkové vzorky

Celkově 29 doplnkových pachů bylo vybráno ze zásob fakultní laboratoře (Tab. 1).

tabulka 1: seznam doplnkových pachů

1	1-bromododecane	11	Heptanal	21	Trans-2-hexen-1-o
2	Dimethyl sulfoxide	12	Nonyl aldehyde	22	D(+)-carvone
3	Heptyl acetate	13	Hexanal	23	Riboflavin
4	1-bromoeicosane	14	Cis-2-hexen-1-ol	24	Beta-ionone
5	2-methoxypheno	15	Trans-2-hexanal	25	Vanillin
6	Pyridine	16	1-hexanol	26	n-amyl acetate
7	Toluene	17	Cis-3-hexen-1-ol	27	Eugenol
8	Diethyl ether	18	Trans-3-hexen-1-ol	28	Cineole
9	Dichloro methane	19	S-(+)-3-octanol	29	2,4-dimethylthiazole
10	Chloroform	20	1-octen-3-ol		

4.5 Design experimentu

Samotná pachová zkouška byla provedena ve 4 dnech s minimálním odstupem 1 týden. V předem vytřené a vyvětrané laboratorní místnosti, bylo do řady rozestavěno 10 plechovek ve speciálních stojanech (Obr. 9.). Každá plechovka obsahovala jiný pachový vzorek, přičemž jedna obsahovala cílový vzorek, kterým byla složka feromonu

methylbutenol nebo cis-verbenol. Feromony byly do řady umístěny podle předem stanoveného náhodně generovaného schématu. Jedno schéma obsahovalo vždy 8 řad po 10 plechovkách. V každé řadě byl umístěn vždy 1 cílový vzorek a 9 vzorků doplňkových. Tyto pachy byly náhodně měněny, aby se psi v průběhu experimentu nenaučili pachy, které nemají označovat. Tímto byli psi odkázáni pouze na naučené cílové pachové vzorky. V jednom schématu se střídaly 2 složky feromonu (MB a CV) vždy v poměru 50:50. Vlastní pokus byl proveden formou double-blind (viz. Kapitola 3.5 Principy tréninku). Plechovky mohly být při provádění experimentu kontaminovány slinami psa a to především ty, u kterých bylo provedeno značení psem. Proto byla na každé schéma použita nová sada plechovek. Některé plechovky byly měněny i v rámci jednoho schématu.



obrazek 9: speciální stojany s plechovkami / Značení psa při nálezu (Foto autor)

4.6 Vlastní experiment

Po rozestavění plechovek do experimentální řady byl do místnosti vpuštěn psovod se psem spolu s pomocníkem, který stejně jako pes a psovod neznal pozici cílového vzorku. Osoba provádějící rozestavění plechovek odešla za dveře. Pomocník zaujmul takovou pozici, aby dobře viděl na osobu připravující experiment (nyní stojící za dveřmi) a mohl psovodovi ihned oznámit, zda může psa odměnit či nikoliv. Psovod odvedl psa na začátek řady a pobídl psa k hledání. Pes postupně přičichával k jednotlivým plechovkám a označil plechovku, u které předpokládal nález. Za značení psů se považovalo zalehnutí nebo zastavením se u plechovky doprovázené přiložením čenichu k plechovce (obr. 9). Psovod ohlásil nález pomocníkovi, který po konzultaci s osobou za dveřmi mající informaci o správné pozici cílového pachu určil, zda má být pes odměněn. Nahlášená pozice pachového vzorku byla v každém z případů zaznamenána a psovod odvedl psa z místnosti. Pokud pes prošel řadu bez označení, byla tato řada vyhodnocena jako prázdná respektive bez cílového vzorku. Následně byla řada přestavěna podle předepsaného schématu. Toto se opakovalo do vyčerpání všech řad ve schématu. Doba nalezení feromonu v řadě odpovídala 1 až 10 vteřinám v závislosti na umístění feromonu. V jednom dni prošel každý pes 1 schéma. Ve 4 dnech prošli tedy 64 řad. V průběhu jednoho schématu byl pes odměňován nepravidelně, aby nedocházelo k asociaci cílových pachů s odměnou v průběhu experimentu.

4.7 Zpracování dat z experimentu

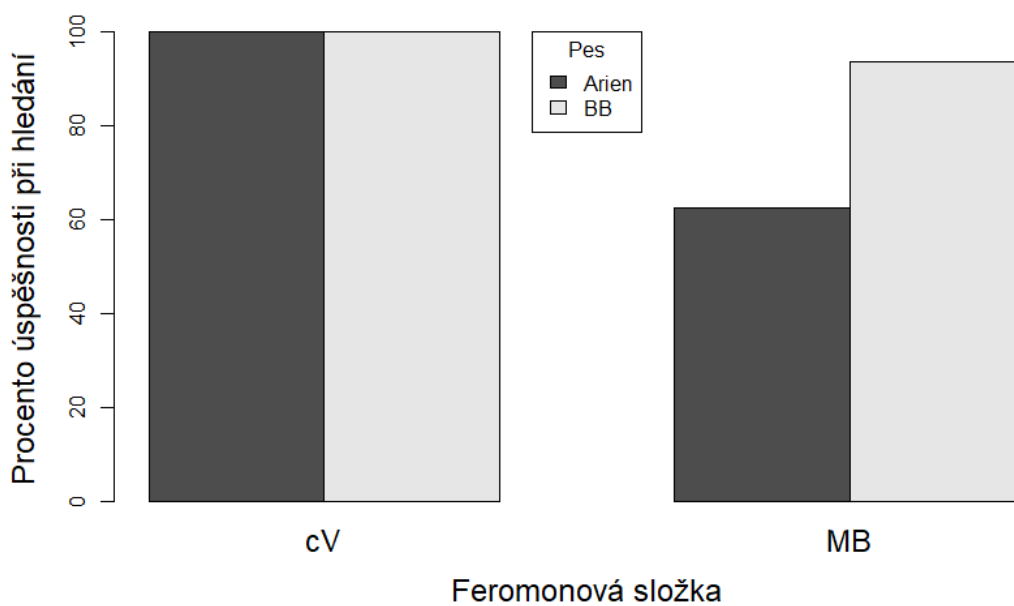
Jelikož výsledná závislé proměnná měla binární charakter úspěch vs. neúspěch, byl pro vyhodnocení pokusu použit binomický generalizovaný lineární model, který je pro případ ryze binárního výstupu někdy označován jako Bernoulliho rozdělení. Regresní model byl sestaven s ohledem na základní předpoklady správného použití regresních modelů dle PEKÁR & BRABEC (2009) v statistickém prostředí R verze 3.5.2. (R CORE TEAM, 2018).

5 Výsledky

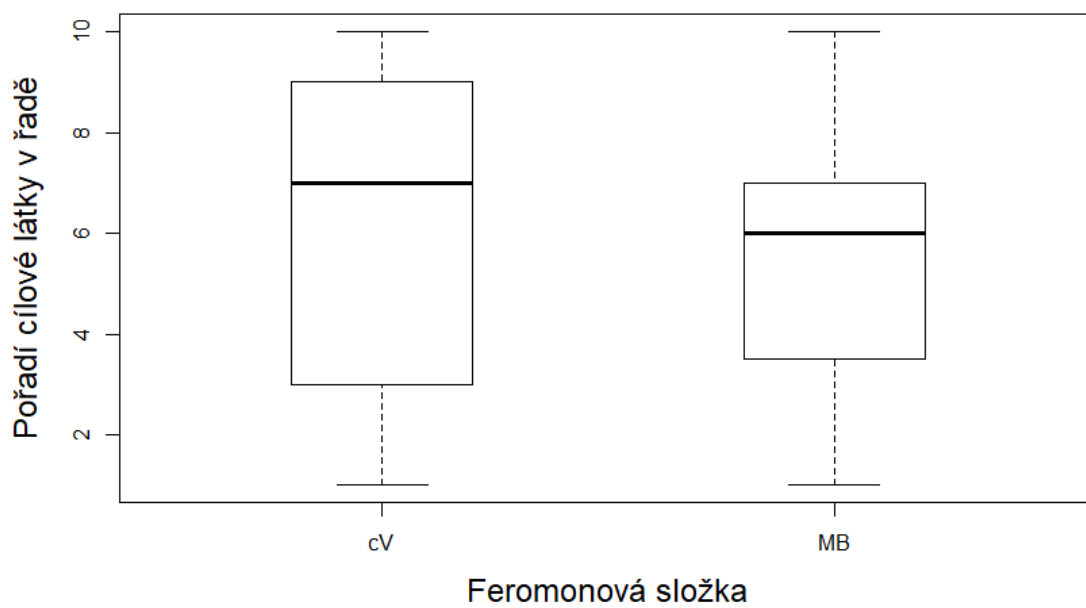
Při vyhodnocení dat získaných při pachových testech byl zjištěn statisticky významný rozdíl v úspěšnosti vyhledávání jednotlivých látek (ANOVA binomial: $df = 1$; $n=65$; $p < 0,05$) a úspěšnosti zúčastněných psů (ANOVA binomial: $df = 1$; $n=65$; $p < 0,001$), interakce mezi těmito dvěma faktory však nebyla významná (viz Tab. 2). CV byl identifikován se 100% úspěšností, zatímco úspěšnost při identifikaci Methyl-butenolu byla 78 %. Dále se ve výsledcích projevila intenzita výcviku jednotlivých psů, úspěšnost BB byla 97 % (tj. pouze 1 neúspěšná řada), u Arien byla úspěšnost 82 % (tj. 6 případů), viz Obr. 10. Pořadí hledané látky nemělo vliv na úspěšnost vyhledávání (ANOVA binomial: $df = 1$; $n=65$; $p > 0,05$; Tab. 2) a nebylo významné ani v rámci interakcí. Z celkem 65 náhodně sestavených schémat byl cis-Verbenol umístěn většinou dále (medián = 7) než methyl-buthenol (medián = 6; viz Obr. 11).

tabulka 2: Výsledná ANOVA tabulka pro model se všemi interakcemi $glm(formula = Uspech_cislo \sim Pes * cLatka * Por_cLatky, family = binomial)$.

	Df	Deviance	Resid.	Df	Resid. Dev	Pr(>Chi)
NULL				64	44.416	
Pes	1	4.2231		63	40.193	0.0398766 *
cLatka	1	11.5417		62	28.651	0.0006805 ***
Por_cLatky	1	0.0465		61	28.605	0.8292539
Pes:cLatka	1	0.0000		60	28.605	0.9999193
Pes:Por_cLatky	1	0.2519		59	28.353	0.6157617
cLatka:Por_cLatky	1	0.0000		58	28.353	0.9999784
Pes:cLatka:Por_cLatky	1	0.0000		57	28.353	0.9999709



obrazek 10: Sloupcový graf procenta úspěšnosti psů při vyhledávání jednotlivých složek feromonu



obrazek 11: krabicový graf umístění složek feromonu v náhodně sestavených schématech.

6 Diskuse

Základní otázkou diplomové práce bylo zjistit, zda psi dokáží označit s dostatečnou spolehlivostí jednotlivé složky feromonu zařazené do řady s jinými necílovými pachy. Z dosažených výsledků je zřetelné, že cvičení psi jsou při detekci vybraných složek feromonu velice spolehliví. Feromonová složka cV byla detekována se 100% úspěšností. Feromonová složka MB pak s úspěšností 78%. Díky vysoké úspěšnosti psů v laboratorních podmínkách by bylo vhodné otestovat úspěšnost detekčních psů i v podmínkách reálných. Z těchto testů by bylo možno posoudit vhodnost využití detekčních psů v praxi. Tedy detekci cV a MB i v lesním porostu. Důvody vyšší úspěšnosti psů při detekci cV nebyly exaktně testovány. Lze se domnívat, že MB je díky nižšímu bodu varu více těkavý a mohl z tampónu rychleji unikát. Tuto hypotézu podporuje i velice nízká koncentrace MB při napachování tampónů. V porovnání s cV byla tato koncentrace 1000 krát nižší. Koncentrace pro napachování byly zvoleny podle JOHANSSON ET AL. (2018) Vzhledem k těmto okolnostem by bylo při následujících laboratorních testech vhodné použít pro MB vyšší koncentraci. Lze totiž dovozovat, že díky vysoké těkavosti této látky mohlo dojít při zdržení v přípravě nebo při vyhledávání, k poklesu koncentrace MB pod mez psí detekce.

Na otázku zda se snižuje úspěšnost správné detekce látek s pozicí v testované řadě lze odpovědět, že ne. Sice by se dala očekávat nižší úspěšnost při vyhledávání látky při umístění cílového pachu na vzdálenější pozici. Avšak přestože byl cis-Verbenol umístěn na vzdálenějších pozicích, byla úspěšnost při jeho detekci 100%. Předpoklad, že s umístěním na vzdálenějších pozicích bude klesat úspěšnost označení se však týká spíše pachové identifikace. Oproti klasické detekci, kdy psi hledají naučený vzorek pachu, který je vždy stejný (např. hledání drog), při pachové identifikaci psi pracují pouze s krátkodobou pamětí, kdy pes dostane k načichání vzorek lidského pachu a bezprostředně poté prochází pachovou řadu s úkolem najít a označit stejný vzorek pachu (běžná praxe kriminalistické metody pachové identifikace viz. kapitola 3.1. Pachová detekce u psů, schopnosti a použití). Důvodem vyšší úspěšnosti nalezení ve vzdálenějších pozicích by mohla být spojena s přibližováním se ke konci řady a tím pádem k vyšší soustředěnosti psa zapříčiněnou tendencí se zavděčit psovodovi a za jakýchkoliv podmínek vzorek označit. Všechny behaviorální faktory ovlivňující jednání psa závisí na stupni výcviku. Pro

eliminaci efektu „končící řady“ by bylo vhodné vyzkoušet rozestavení testovaných vzorků do kruhu.

Mnohem větší roli při pachové detekci měl druh použité látky a úroveň trénovanosti. Tímto je zodpovězena jedna z kladených otázek, která se ptá, zda je rozdíl v úspěšnosti nalezených látek u psů s odlišnou tréninkovou zátěží. Podle výsledků se zdá, že složka feromonu MB byla pro fenu Arien méně atraktivní. Toto může být dáno právě nižší intenzitou tréninku, případně spojenou se systematickou chybou v tréninku samotném. Ani fena BB nebyla 100% v detekci této složky feromonu. Je tedy možné, že je tento pachový vjem pro psy méně intenzivní, což může způsobovat větší náročnost při jeho detekci. Je však nutné podotknout, že jako úspěšné nalezení se počítaly pouze pokusy, při kterých pes projevil jasné značení (viz. metodika). Pokusy, kdy psovod sice rozeznal správné umístění (např. podle krátkého zastavení u plechovky), byly zaznamenány jako neúspěšné.

Posledním úkolem bylo objasnit, zda je rozdíl v schopnosti psů odlišit jednotlivé složky feromonu. Výsledky tuto úvahu nepotvrzují. Jinými slovy toto znamená, že pravděpodobnost nalezení složky feromonu MB a cV je stejná. Oba dva psi byly stejné rasy. Zřejmě proto jsou jejich čichové schopnosti podobné. V případě užití jiné rasy v experimentu by odpověď nemusela být tak jednoznačná.

Jednou z výhod tréninku psů na syntetické feromonové složky lýkožrouta smrkového je možnost výcviku psů v zimním období. Psi tak mohou být trénováni po celý rok bez sezonního omezení. Druhou výhodou je fakt, že jsou psi trénováni na přesně známé chemické látky (MB, cV, Id, Vn), čímž je eliminována možnost naučení se nesprávného cílového pachového vzorku (JOHNASSON et al., 2018). Smysluplné využití syntetických feromonů by pak mohlo být třeba i u karanténních druhů živočichů. Např. TOMITCZEK & SAUSENG (2009) hovoří v jejich práci o vyhledávání *A. glabripennis* a *A. chinensis* pomocí psů. Jako materiál pro trénink používají především mrtvé brouky tohoto druhu nebo piliny vzniklé při žíru larev. Zde však nastává riziko naučení se nesprávného pachového vzorku. S živými jedinci smí trénovat pouze v karanténních podmínkách, nebo pak přímo na místě napadení. Nejen v tomto případě by tedy využití syntetických pachů mohlo zefektivnit nebo přinejmenším doplnit přírodní tréninkový materiál.

7 Závěr

Potenciál detekčních psů vidím v dostupnosti pro každého, kdo je ochoten věnovat čas výcviku takového psa. Trénink je však vhodné vést pod vedením zkušeného kynologa. Zdrojem informací a zkušeností pro výcvik může být například expertka Anette Johnsson ze švédské firmy „Snifferdogs“. I ve Švédsku je podle ní vyhledávání stromů napadených kůrovcem pomocí psů v počátcích, ale tamní lesnická veřejnost tuto metodu začíná postupně uznávat, čemuž odpovídají i finanční obnosy, které jsou lesnické společnosti ochotny za tuto službu dát (okolo 90 eur za hodinu) (KULHANOVÁ, 2017). Použitelnost této metody bych osobně viděl především v porostech, kde doposud nenastal kalamitní stav. V porostech s rozsáhlými kůrovcovými koly by metoda zřejmě ztrácela svůj potenciál jednak, protože by množství přítomných feromonů detekční psy mohlo zmást. Obvykle tíhnou lesníci při vyhledávání napadených stromů především ke kontrole porostů náchylnějších k napadení např. v blízkosti předešlé kůrovcové nahodilé těžby nebo na jižně exponovaných porostech. U psa jsou tyto někdy i neuvědomělé preference minimalizovány, jelikož se při hledání orientují především podle pachů a dokáží nalézt kůrovce i na místech, kde by je zkušený lesník nehledal. Také předběžné výsledky experimentu provedeného v Kostelci nad černými lesy dokazují účinnost užití psů při detekci kůrovce (ŠEVČÍK, 2018). Metoda detekčních psů pro detekci kůrovcových stromů má jisté nedostatky. Je třeba brát v úvahu fakt, že je pes živý organismus u kterého je nutné počítat s náladovostí a fyzickými hranicemi. Obvykle pes vydrží hledat maximálně jednu hodinu. Dále je potřeba brát v úvahu finanční stránku. Po sumarizaci nákladů za samotnou koupi psa, provozní náklady a čas strávený tréninkem se cena může pohybovat až v řádech 100 tisíců.

Téma vyhledávání kůrovcem napadených stromů pomocí psů je zatím v začátcích, čemuž odpovídá také minimální množství odborné literatury. Je zde tedy prostor pro další bádání a vylepšování této metody.

8 Literatura

- ABDULLAH, H.; DARVISHZADEH, A.; SKIDMORE, A.; GROEN, T.; HEURICH, M. European spruce bark beetle (*Ips typographus*, L.) green attack affects foliar reflectance and biochemical properties. *International Journal of Applied Earth Observation and geoinformation*. 2018, vol. 64, s 199-209.
- BARRIOS, A.W.; SÁNCHEZ-QUINTEIRO, P.; SALAZAR, I. Dog and mouse: toward a balanced view of the mammalian olfactory system. *Frontier in Neuroanatomy*. 2014, vol. 8, no. 106.
- BEEBE, SC.; HOWELL, TJ.; BENNETT, PC. Using Scent Detection Dogs in Conversation Settings: A Review of Scientific Literature Regarding Their Selection. *Frontiers in Veterinary Science*. 2016
- BROOKS, S.E.; OI, F.M.; KOEHLER, P.G. Ability of Canine Termite Detectors to Locate Live Termites and Discriminate Them from Non-Termite Material. *Journal of Economic Entomology*. 2003, vol. 96, no. 4, s. 1259-1266.
- BUCK, L.B. Olfactory Receptors and Odor Coding in Mammals. *Nutrition Reviews*. 2004, vol. 62, s. 184-188.
- BUCK, L.B.; AXEL, R. A Novel Multigene Family May Encode Odorant Receptors: A Molecular Basis for Odor Recognition. *Cell Press*. 1991, vol. 65, s. 175-187.
- BROWNE, C.; KEVIN, S.; FORDHAM, R. The use of scent-detection dogs. *Irish Veterinary Journal*. 2006, vol. 59, no. 2, s. 97-103.
- BYERS, J. Host-Tree Chemistry Affecting Colonization in Bark Beetles. *Chemical Ecology of Insect*. 1995, vol. 2, s. 154- 213.
- CSOKA, G. Hungary Forest Research, [online]. 2008, [cit. 2019-04-05]. Dostupné z WWW: <<https://www.forestryimages.org/browse/detail.cfm?imgnum=5371139>>
- FEICHT, E. Borkenkäferspürhunde Über die Eignung von Hunden zum Auffinden von Buchdruckerbefall. *Forst und Holz*. 2006, vol. 61, no. 2, s. 70-71. ISSN 0932-9315
- FETTIG, J.CH.; HILSZCZANSKI, J. Management Strategies for Bark Beetles in Conifer Forests. In Vega, F.; Hofstetter, R. (eds.). *Bark Beetles: Biology and Ecology of Native and Invasive Species*. 1. vyd. San Diego : Elsevier, 2015, s. 555- 584. ISBN 9780124171565.

- FORBMAN, A.I. *Cell Biology of Olfaction*. 1.vyd. Cambridge: Cambridge University Press, 1992. ISBN 0-521-36438-8.
- FRANCKE, W.; BARTELS, J.; MEYER, H.; SCHRÖDER, F.; KOHNLE, U.; BAADER, E.; PIERRE VITÉ, J. Semiochemicals from bark beetles: New results, remarks, and reflections. *Journal of Chemical ecology*. 1995, vol. 21, s. 1043-1063.
- GRUNDLACH, H. Carl Stump, Oskar Pfungst, der Kluge Hans und eingeglückte Vernebelungsaktion. *Psychologische Rundschau*. 2006, vol. 57, no. 2, s. 96-105.
- JOHNASSON, A.; BIRGERSSON, G.; SCHLYTER, F. Using synthetic semiochemicals to train canines to detect bark beetle-infested trees. *Journal of pest science*. 2018.
- JOHNASSON, A. Snifferdogs Sweden, [online]. 2018, [cit. 2019-04-05]. Dostupné z WWW: <https://www.snifferdogs.se/>
- KAPITOLA, P. Central Institute for Supervising and Testing in Agriculture, [online]. 2005, [cit. 2019-04-05]. Dostupné z WWW: <https://www.forestryimages.org/browse/detail.cfm?imgnum=2111052>
- KIM, S.; CHEN, J.; CHENG, T.; GINDULYTE, A.; HE, J.; HE, S.; LI, Q.; SHOEMAKER, BA.; THIESSEN, PA.; YU, B.; ZASLAVSKY, L.; ZHANG, J.; BOLTON, EE. PubChem 2019 update: improved access to chemical data. *Nucleic Acids Res.* 2019 Jan 8; 47(D1):D1102-1109. doi:10.1093/nar/gky1033. [PubMed PMID: 30371825]
- KLOUČEK, T.; KOMÁREK, J. Potenciál dronů pro detekci stromů napadených kůrovcem. *Fórum ochrany přírody*. 2018, vol. 16, no. 3, s. 42-43.
- KOMÁREK, J. Drony: Preceňovaný fenomén, nebo nástroj pro včasnou detekci kůrovce? *Lesnická práce*. 2018, vol. 97, no.9, s. 18-19.
- KREUTZ, J.; VAUPEL, O.; ZIMMERMANN G. Efficacy of *Beauveria Bassiana* (Bals.) Vuill. Against the spruce bark beetle, *Ips typographus* L., in the laboratory under various conditions. *Journal of applied entomology*. 2004, vol. 128, s. 384-389.
- KUDELA, M. *Škůdci na jehličnanech: atlas lesního hmyzu*. Praha: SZN, 1970. Lesnická knihovna (Státní zemědělské nakladatelství), 287 str.
- KULHANOVÁ, P. Vyhledávání kůrovcem napadených stromů pomocí psů. *Lesnická práce*. 2017, vol. 96 no. 9, s. 14-17
- LAURUSCHKUS, G. Über Riechfledgröße und Riechfeldkoeffizient bei einigen Hunderassen und der Katze. *Archiv für Tierheilkunde*, 1942, vol. 77, s. 473-497.

- LEXER, M.J. Risikoanalyse und Ableitung waldbaulicher Massnahmen zur Beeinflussung des Borkenkäferisikos in Fichtenbeständen. *Forstliche Bundesveranstaltung (FBVA)*. 1997, vol. 95, s 79-87.
- LISKA, J. Forestri and Game Management Research Institute, [online]. 2008, [cit. 2019-04-05]. Dostupné z WWW: <<https://www.forestryimages.org/browse/detail.cfm?imgnum=2112017>>
- LOBINGER, G. Die Lufttemperatur als limitierende Faktor für die Schwärmeaktivität zweier rindenbürtender Fichtenborkenkäfer, *Ips typographus* L. und *Pityogenes chalcographus* L. (Col., Scolytidae). *Anz. Schädl.kd. Pflanzenschutz Umweltschutz*. 1994, vol. 67, s 14-17.
- LUBOJACKÝ, J.; KNÍŽEK M.; LIŠKA J. Symptomy napadení stromů kůrovci ve smrkových porostech. *Lesnická práce*. 2018, vol. 97, no. 5, s.1-4 (příloha)
- MODLINGER R., LIŠKA J., KNÍŽEK M., ADAM D., JANÍK D., HORT L., 2015: Ochrana lesa před lýkožroutem smrkovým v ochranném pásmu lesních rezervaci ponechaných samovolnému vývoji. *Lesnický průvodce* 9, 67 s.
- MOSCONI, F.; CAMPANARO, A.; CARPANETO, GM.; CHIARI, S.; HARDERSEN, S.; MANCINI, E.; MAURIZI, E.; SABATELLI, S.; ZAULI, A.; MASON, F.; AUDISIO, P. Training of a dog for the monitoring of *Osmoderma ermita*. In Carpaneto, GM.; Audisio, P.; Bologna, MA.; Roversky, PF.; Mason, F. Guidelines for the Monitoring of the Saprolic Beetles protection in Europe. *Nature conservation*. 2017, vol. 20, s. 237-264
- NÄSI, R.; HONKAVAARA, E.; LYYTIKÄINEN-SAARENMAA, P.; BLOMQUIST, M.; LITKEY, P.; HAKALA, T.; VILJANEN, N.; KANTOLA, T.; TANHUANPÄÄ, T.; HOLOPAINEN, M. Using UAV-Based Photogrammetry and Hyperspectral imaging for Mapping Bark Beetle Damage at Tree-Level. *Remote sensing*, 2015, vol. 7, s. 15467-15493, ISSN 2072-4292
- OLIVER, G. Käfersprühhunde. *Forstpraxis.de*. [online]. 4.7.2017 [20.1.2019]. Dostupné z WWW: <<https://www.forstpraxis.de/kaeferspuehunde/>>.
- PAINE, T.D.; RAFFA, K.F.; HARRINGTON, T.C. Interaction among scolytid bark beetles, their associated fungi, and live host conifers. *Annu Rev Entomol*. 1997, vol. 42, s. 179-206.
- PEKÁR, S.; BRABEC, M. Moderní analýza biologických dat. 2009, 1. Praha, Scientia, 225 s.

- PFEFFER, A. *Fauna ČSR*. Praha: Československá akademie věd, 1955.
- PINC, L. Studijní materiál pro předmět „Olfaktologie psa“. *Centrum pro výzkum chování psů*. 2008.
- PINC, L.; VYPLELOVÁ, P.; SANTARIOVÁ, M.; ČAPKOVÁ, Z.; VLASÁK, P. Ověření a zdokonalení metody pachové identifikace. *Ministerstvo vnitra České republiky* [Online]. 9.1.2018 [21.2.2019]. Dostupné z WWW: <https://www.mvcr.cz/clanek/poskytnuti-informaci-zadost-o-poskytnuti-konecneho-vysledku-projektu-s-nazvem-overeni-a-zdokonaleni-metody-pachove-identifikace-s-identifikacnim-kodem-vf20102015011.aspx>.
- PRINS, S. The importance of training Double-Blind in K9 Detection Teams. *Simon Prins : Animal Consultancy & Training* [ONLINE]. 2018 [19.2.2018]. Dostupné z WWW: <https://www.linkedin.com/pulse/importance-training-double-blind-k9-detection-teams-simon-prins?fbclid=IwAR2bmRttfyzKHOV08WkozSDD0mgHr4ZXO1tRMFvdcbyMrhzR-s2rN5giQc>.
- ROUQUIER, S.; GIORGI, D. Olfactory receptor gene repertoires in mammals. *Elsvier*, 2006.
- R CORE TEAM. A language and environment for statistical computing. *R Foundation for Statistical Computing* [ONLINE]. Vienna, Austria: R Core Team, 2018 [cit. 2019-03-28] Dostupné z WWW: <https://www.r-project.org/>
- SETTLES, G.S.; KESTER, D.A.; DODSON-DREIBELBIS, L.J. The external Aerodynamics of Canine Olfaction. In BARTH, F.G.; HUMPHREY J. A. C.; SECOMB, T.W. *Sensors and Sensing in Biology and Engineering*. Secomb, Springer, Vienna & NY, 2002, s. 323-335, ISBN: 978-3-7091-6025-1
- SCHELHAAS, M.J.; NABUURS, G.J.; SCHUCK A. Natural disturbances in the European forests in th 19th and 20th centuries. *Global Change Biology*. 2003, vol. 9, s. 1620-1633.
- SCHLYTER, F.; ANDERBRANT, O. Mass attack of trees by *Ips typographus* induced by sex-specific Pheromone: a model of attack dynamics. *Holarctic Ecology*. 1989, vol. 12, No. 4, s. 415-426
- SKUHRAVÝ, V. *Lýkožrout smrkový Ips typographus (L.) a jeho kalamity*. Praha: Agrospoj, 2002. 196 s. ISBN 80-7084-238-5.

- SYROTUCK, W.G. *Scent and the scenting dog*. Pensilvania: Barkleight Productions, 2000. 111 s. ISBN: 0-9700494-2-0.
- ŠEVČÍK, O. Speciálně cvičení psi cítí i kůrovce. Jejich čich pomáhá rychleji odhalit napadený strom. *Český rozhlas: Plus* [online]. 31.7.2018 [15.2.2019]. Dostupné z WWW: https://www.irozhlas.cz/veda-technologie/priroda/kurovec-specia_1807310700_kro.
- TOMICZEK, U.; SAUSENG, G. Sprühhunde erschnüffeln Quarantämschädlinge ALB und CLB. *Forstschutz aktuell*. 2009, vol. 48, s. 2-4. ISSN 1815-5111
- URBANOVÁ, L; VYHÁNKOVÁ, V; KRISOVÁ, Š; PACÍK, D; NEČAS, A. Intesdive training technique utilizing the dog's olfactory abilities to diagnose prostate cancer in men. *Acta Veterinaria Brno*. 2015, vol. 84, s. 77-82.
- WAINHOUSE, D. *Ecological methods in forest pest management*. Oxford: Oxford university, 2008. 228 s.
- WALLNER, W.E.; ELLIS, T.L. Olfactory detection of gypsy moth pheromone and egg masses by domestic canines. *Environmental Entomology*. 1976, vol. 5, s. 183-186.
- WERMELINGER, B. Development and distribution of predators and parasitoids during two consecutive years of an *Ips typographus* (Col. Scolytidae) infestation. *Journal of Applied Entomology*. 2002, vol. 126, s. 521-527.
- WERMELINGER, B. Ecology and management of the spruce bark beetle *Ips typographus* (L.)—a review of recent research. *Forest Ecology and Management*. 2004, vol. 202, s. 67-68.
- WESLIEN, J. Interaction within and between species at different densities of the bark beetle *Ips typographus* and its predator *Thanasimus formicarius*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*. 1994, vol. 71, s. 133-143.
- ZAHRADNÍK, P.; GERÁKOVÁ, M. Lýkožrout smrkový *Ips typographus* (L.). *Lesnická práce*. 2010, vol. 89, no. 12, s. 1-8. ISSN 0322-9254. (příloha)
- ZAHRADNÍK, P.; KNÍŽEK, M. Lýkožrout smrkový *Ips typographus* (L.). *Lesnická práce*. 2000, vol. 79, s. 1-8.
- ZUBRIK, M. Forest Research Institute - Slovakia, [online]. 2008, [cit. 2019-04-05]. Dostupné z WWW: <<https://www.forestryimages.org> >
- ZUMR, V. *Biologie a ekologie lýkožrouta smrkového (Ips typographus) a ochrana proti němu*, Praha: Academia, 1985.

Česko. Vláda. Zákon č. 289 ze dne 3. listopadu 1995 o lesích a o změně a doplnění některých zákonů (lesní zákon). In *Sbírka zákonů České republiky*. 1995, částka 76, s. 3946-3967. Dostupné také z WWW: https://aplikace.mvcr.cz/sbirka-zakonu/SearchResult.aspx?q=289/1995&typeLaw=zakon&what=Cislo_zakona_smlouvy. ISSN 1211-1244.

Česko. Ministerstvo zemědělství. Vyhláška č. 76 ze dne 4. května 2018, kterou se mění vyhláška Ministerstva zemědělství č. 101/1996 Sb., kterou se stanoví podrobnosti o opatřeních k ochraně lesa a vzor služebního a vzor průkazu lesní strážce, ve znění vyhlášky č. 236/2000 Sb.: In *Sbírka zákonů České republiky*. 2018, částka 38, s. 1002-1008. Dostupné také z WWW: https://aplikace.mvcr.cz/sbirka-zakonu/SearchResult.aspx?q=76/2018&typeLaw=zakon&what=Cislo_zakona_smlouvy. ISSN 1211-1244.

ČSN 48 1000. *Ochrana lesa proti kůrovci na smrku*. Praha : Český normalizační institut, 2005. 8 s.

9 Seznam příloh

Příloha č. 1: vzorové schéma

10 Přílohy

Příloha č. 1: vzorové schéma

pes	schema	řada	pozice	cislo_latky	nazev_latky	Cíl._látka	Poradi_latky	uspech
BB	5	1	1	21	Trans-2-hexen-1-o	MB	8	ANO
BB	5	1	2	19	S-(+)-3-octanol	MB	8	ANO
BB	5	1	3	14	Cis-2-hexen-1-ol	MB	8	ANO
BB	5	1	4	1	1-bromododecane	MB	8	ANO
BB	5	1	5	11	Heptanal	MB	8	ANO
BB	5	1	6	9	Dichloro methane	MB	8	ANO
BB	5	1	7	4	1-bromoeicosane	MB	8	ANO
BB	5	1	8	MB		MB	8	ANO
BB	5	1	9	15	Trans-2-hexanal	MB	8	ANO
BB	5	1	10	18	Trans-3-hexen-1-ol	MB	8	ANO
BB	5	2	1	20	1-octen-3-ol	cV	7	ANO
BB	5	2	2	18	Trans-3-hexen-1-ol	cV	7	ANO
BB	5	2	3	9	Dichloro methane	cV	7	ANO
BB	5	2	4	27	Eugenol	cV	7	ANO
BB	5	2	5	4	1-bromoeicosane	cV	7	ANO
BB	5	2	6	14	Cis-2-hexen-1-ol	cV	7	ANO
BB	5	2	7	cV		cV	7	ANO
BB	5	2	8	3	Heptyl acetate	cV	7	ANO
BB	5	2	9	21	Trans-2-hexen-1-o	cV	7	ANO
BB	5	2	10	11	Heptanal	cV	7	ANO
BB	5	3	1	3	Heptyl acetate	cV	9	ANO
BB	5	3	2	9	Dichloro methane	cV	9	ANO
BB	5	3	3	21	Trans-2-hexen-1-o	cV	9	ANO
BB	5	3	4	22	D(+)-carvone	cV	9	ANO
BB	5	3	5	5	2-methoxypheno	cV	9	ANO
BB	5	3	6	24	Beta-ionone	cV	9	ANO
BB	5	3	7	1	1-bromododecane	cV	9	ANO

BB	5	3	8	19	S-(+)-3-octanol	cV	9	ANO
BB	5	3	9	cV		cV	9	ANO
BB	5	3	10	6	Pyridine	cV	9	ANO
BB	5	4	1	22	D(+)-carvone	MB	7	ANO
BB	5	4	2	1	1-bromododecane	MB	7	ANO
BB	5	4	3	4	1-bromoeicosane	MB	7	ANO
BB	5	4	4	21	Trans-2-hexen-1-o	MB	7	ANO
BB	5	4	5	27	Eugenol	MB	7	ANO
BB	5	4	6	9	Dichloro methane	MB	7	ANO
BB	5	4	7	MB		MB	7	ANO
BB	5	4	8	15	Trans-2-hexanal	MB	7	ANO
BB	5	4	9	24	Beta-ionone	MB	7	ANO
BB	5	4	10	5	2-methoxypheno	MB	7	ANO
BB	5	5	1	21	Trans-2-hexen-1-o	MB	4	ANO
BB	5	5	2	11	Heptanal	MB	4	ANO
BB	5	5	3	18	Trans-3-hexen-1-ol	MB	4	ANO
BB	5	5	4	MB		MB	4	ANO
BB	5	5	5	12	Nonyl aldehyde	MB	4	ANO
BB	5	5	6	16	1-hexanol	MB	4	ANO
BB	5	5	7	1	1-bromododecane	MB	4	ANO
BB	5	5	8	22	D(+)-carvone	MB	4	ANO
BB	5	5	9	7	Toluene	MB	4	ANO
BB	5	5	10	24	Beta-ionone	MB	4	ANO
BB	5	6	1	3	Heptyl acetate	MB	7	ANO
BB	5	6	2	1	1-bromododecane	MB	7	ANO
BB	5	6	3	9	Dichloro methane	MB	7	ANO
BB	5	6	4	5	2-methoxypheno	MB	7	ANO
BB	5	6	5	21	Trans-2-hexen-1-o	MB	7	ANO
BB	5	6	6	12	Nonyl aldehyde	MB	7	ANO
BB	5	6	7	MB		MB	7	ANO
BB	5	6	8	11	Heptanal	MB	7	ANO
BB	5	6	9	19	S-(+)-3-octanol	MB	7	ANO
BB	5	6	10	27	Eugenol	MB	7	ANO
BB	5	7	1	9	Dichloro methane	cV	4	ANO
BB	5	7	2	10	Chloroform	cV	4	ANO
BB	5	7	3	21	Trans-2-hexen-1-o	cV	4	ANO
BB	5	7	4	cV		cV	4	ANO
BB	5	7	5	6	Pyridine	cV	4	ANO
BB	5	7	6	16	1-hexanol	cV	4	ANO
BB	5	7	7	19	S-(+)-3-octanol	cV	4	ANO
BB	5	7	8	3	Heptyl acetate	cV	4	ANO

BB	5	7	9	27	Eugenol	cV	4	ANO
BB	5	7	10	7	Toluene	cV	4	ANO
BB	5	8	1	12	Nonyl aldehyde	cV	10	ANO
BB	5	8	2	16	1-hexanol	cV	10	ANO
BB	5	8	3	22	D(+)-carvone	cV	10	ANO
BB	5	8	4	4	1-bromoeicosane	cV	10	ANO
BB	5	8	5	3	Heptyl acetate	cV	10	ANO
BB	5	8	6	1	1-bromododecane	cV	10	ANO
BB	5	8	7	19	S-(+)-3-octanol	cV	10	ANO
BB	5	8	8	9	Dichloro methane	cV	10	ANO
BB	5	8	9	6	Pyridine	cV	10	ANO
BB	5	8	10	cV		cV	10	ANO