

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta lesnická a dřevařská

EXTEMIT-K



DIPLOMOVÁ PRÁCE

**Optimalizace použití anti-atraktantů na ochranu smrkových porostů
proti napadení lýkožroutem smrkovým (*Ips typographus*).**

Optimization of the use of anti-attractants for the protection of spruce stands against attack by *Ips typographus*.

Autor: Bc. Jaroslav Kašpar

Vedoucí práce: Ing. Rastislav Jakuš, PhD.

Praha 2021



Česká zemědělská univerzita v Praze
Fakulta lesnická a dřevařská

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Autor práce: Bc. Jaroslav Kašpar
Studijní program: Lesní inženýrství
Obor: Lesní inženýrství
Vedoucí práce: Ing. Rastislav Jakuš, PhD.
Garantující pracoviště: Excelentní tým pro mitigaci
Jazyk práce: Čeština

Název práce: **Optimalizace použití anti-atraktantů na ochranu smrkových porostů proti napadení lýkožroutem smrkovým (*Ips typographus*).**

Název anglicky: **Optimization of the use of anti-attractants for the protection of spruce stands against attack by *Ips typographus*.**

Cíle práce: Cílem práce je optimalizovat použití anti-atraktantů na ochranu smrkových porostů proti napadení lýkožroutem smrkovým (*Ips typographus*) v podmínkách masivního přemnožení. Práce má dvě cílové části:

- 1) Optimalizace složení směsi anti-atraktantů pro lýkožrouta smrkového.
- 2) Testování optimalizovaných anti-atraktantů v smrkových porostech.

Metodika: Student zpracuje literární rešerši shrnující poznatky o použití anti-atraktantů pro ochranu smrkových porostů proti napadení lýkožroutem smrkovým. Součástí magisterské práce budou terénní pokusy ve VVP Libavá (VLS, s.p.) na více lokalitách:

- a) Optimalizace složení směsi anti-atraktantů pro lýkožrouta smrkového. Nové směsi anti-atraktantů budou testovány pomocí feromonových lapačů umístěných na plochách po kalamitní těžbě ve vzdálenosti přibližně 15 m od porostních stěn. Účinnost anti-atraktantů bude určována jako snížení odchytů do lapačů s feromonem na *Ips typographus* po instalaci odparníků anti-atraktantů (duben - říjen 2020).
- b) Testování optimalizovaných anti-atraktantů v smrkových porostech. Na víceroch lokalitách budou instalovány testované odparníky anti-atraktantů na stromy na čerstvých porostních okrajích. Odparníky s anti-atraktanty budou umístěny na kmenech ve výšce přibližně 2 m. Kontrola napadení ošetřených stromů a jejich okolí bude probíhat zpočátku v intervalu 2–7 dní, v pozdější fázi rojení podle průběhu počasí. Vyhodnocena bude intenzita a časová posloupnost napadení lýkožroutem smrkovým (duben - říjen 2020).

Časový harmonogram:

červenec až srpen: založení pokusů
červenec až říjen: terénní sběr dat
říjen až listopad: zpracování dat
listopad až leden: statistická analýza dat
leden až březen – vyhotovení práce

Doporučený rozsah práce: 35 – 45 stran.

Klíčová slova: smrk ztepilý, lýkožrout smrkový, ochrana lesa, anti-atraktanty

Doporučené zdroje informací:

1. JAKUŠ, Rastislav - BLAŽENEC, Miroslav - VOJTĚCH, Oldřich. Use of anti-attractants in specific conditions of protected areas. In *Folia Oecologica*, 2011, vol. 38, no. 1, p. 46-51.
2. JAKUŠ, Rastislav - CUDLÍN, Pavel - SLIVINSKÝ, J. - MEZEI, Pavel - MAJDÁK, Andrej - BLAŽENEC, Miroslav. Hodnotenie zdravotného stavu smreka vo vzťahu smreka k náletu podkôrneho hmyzu a k odumieraníu lesa [Evaluation of Norway spruce health status in relationships with bark beetle outbreak and forest dying]. Zvolen : Ústav ekológie lesa, Slovenská akadémia vied, 2015. 151 s.
3. JAKUŠ R., BLAŽENEC M. 2015. (eds.). Princípy ochrany dospelých smrekových porastov pred podkôrnym hmyzom. 1. vyd. Zvolen : ÚEL SAV, 231 s.
4. JAKUŠ R., SCHLYTER F., ZHANG Q.H., BLAŽENEC M., VAVERČÁK R., GRODZKI W., BRUTOVSKÝ D., LAJZOVÁ E., TURČÁNI M., BENGTSSON M., BLUM Z., GREGOIRÉ J.C. 2003. Overview of development of anti-attractant based technology for spruce protection against *Ips typographus*: From past failures to future succes. *Journal of Pest Science*, 76: s 89–99.
5. SCHIEBE C., BLAŽENEC M., JAKUŠ R., UNELIUS C.R., SCHLYTER F. 2011. Semiochemical diversity diverts bark beetle attack from norway spruce dges. *Journal of Applied Entomology*, 135: s 726–737.
6. SCHLYTER F., ANDERBRANT O. 1989. Mass attack of trees by *Ips typographus* induced by sex-specific pheromone: a model of attack dynamics. *Holarctic Ecology*, 12 (4): s. 415–426.
7. TURČÁNI, Marek - VOJTĚCH, Oldřich - JAKUŠ, Rastislav. Vliv kůrovce na lesní ekosystémy. In VACEK, Stanislav - KREJČÍ, František. Lesní ekosystémy v Národním parku Šumava. 2. aktualiz. vyd. - Kostelec nad Černými lesy : Lesnická práce, 2009, s. 368-408. ISBN 978-80-87154-68-7
8. WERMELINGER B. 2004. Ecology and management of the spruce bark beetle *Ips typographus* – a review of recent research. *Forest Ecology and Management*, 202 (1–3): s. 67–82.

Předběžný termín obhajoby: 2020/21 LS - FLD

Elektronicky schváleno: 20. 8. 2020
prof. Ing. Marek Turčáni, PhD.
Vedoucí ústavu

Elektronicky schváleno: 18. 10. 2020
prof. Ing. Róbert Marušák, PhD.
Děkan

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma „**Optimalizace použití anti-atraktantů na ochranu smrkových porostů proti napadení lýkožroutem smrkovým (*Ips typographus*)**.“ vypracoval samostatně pod vedením Ing. Rastislava Jakuše, 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 20.4. 2021

Bc. Jaroslav Kašpar

Poděkování

Zde bych velmi rád poděkoval svému vedoucímu diplomové práce Ing. Rastislavu Jakušovi, Ph.D. (FLD ČZU v Praze – EXTEMIT K) za konzultace, metodické vedení práce a odbornou pomoc. Dále bych chtěl poděkovat také své rodině za jejich podporu při absolvování studia.

Bc. Jaroslav Kašpar

ABSTRAKT

Diplomová práce v literárním přehledu stručně popisuje bionomii lýkožrouta smrkového *Ips typographus* (L.), jeho populační dynamiku a možnosti obrany proti tomuto kalamitnímu škůdci. Další část se zabývá smrkem, jako hlavní hostitelskou dřevinou, jejími příčinami odumírání a rozkladu v posledních letech. Jsou zde také popsány obranné mechanismy smrku, výběr hostitelského stromu a chemická komunikace mezi lýkožroutem smrkovým a hostitelským stromem. Poslední část literární rešerše se zabývá semiochemikáliemi. Popisuje použití feromonů ve feromonových lapačích a jejich způsoby rozmístění na obranu proti lýkožroutu smrkovému. V závěru jsou popsány anti-atraktanty, jejich postupy aplikací a zejména vývoj a dosavadní použití v praxi.

Součástí diplomové práce je optimalizace složení směsi anti-atraktantů na obranu smrkových porostů v podmínkách velkého přemnožení lýkožrouta smrkového. Tyto směsi byly testovány pomocí feromonových lapačů umístěných na ploše po kalamitní těžbě jednotlivě nebo ve dvojicích, které byly v zákrytu a jejich vzdálenost od porostních stěn byla 15m. Účinnost anti-atraktantů se určila jako snížení odchytů do lapačů s feromonem na *Ips typographus* po instalaci odpárníků anti-atraktantů. Pokus ukázal možnost nahrazení látky verbenon cineolem, což potvrdily i pokusy na porostních stěnách v roce 2019. V roce 2020 výsledek pokusu ukázal velkou účinnost testovaného odpárníku anti-atraktantu „Synergy device 3525“ společně s vyšší dávkou „thujanolu“. Tato směs látek byla instalována i na porostní stěny, ale z důvodu nízkého náletu ve sledovaném období a provedení pokusu poměrně pozdě jsou výsledky pouze orientační.

Klíčová slova: Smrk ztepilý, lýkožrout smrkový, ochrana lesa, anti-atraktanty

ABSTRACT

In the first part of the thesis, the bionomy of *Ips typographus* (L.), its population dynamics and the basic possibilities of forest protection against this species are described. The next part deals with Norway spruce, as the main host tree, its causes of death and decay in recent years. The defense mechanisms of spruce, the selection of the host tree and the chemical communication between the *I. typographus* and the host tree are also described. The last part of the literature review deals with semiochemicals. The use of pheromones in pheromone traps and their deployment methods are described. Finally, anti-attractants, their application procedures and especially the development and current use in practice are described as well.

The experimental part of the thesis is focused on the optimization of the composition of a mixture of anti-attractants for the defense of spruce stands in the conditions extensive bark beetle outbreak. These mixtures were tested using pheromone traps placed on the area after salvage cutting. Traps were installed individually or in pairs and in alignment to the fresh forest edges in distance from the 15 m from them. The effectiveness of anti-attractants was determined as the reduction of catches in pheromone traps after installation of anti-attractant dispensers. The experiment showed the possibility of replacing verbenon with cineole, which was confirmed by experiments on forest edges in 2019. In 2020, the results of the experiment showed the high efficiency of the tested anti-attractant dispenser "Synergy device 3525" together with a higher dose of "thujanol". This mixture was also installed on forest edges, but due to unsuitable weather ant the end of season, we did not get significant results. The results are only indicative.

Key words: Norway spruce, spruce bark beetle, forest protection, anti-attractant

OBSAH

PROHLÁŠENÍ.....	4
PODĚKOVÁNÍ.....	5
ABSTRAKT.....	6
ABSTRACT.....	7
SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK.....	10
1 ÚVOD.....	12
2 CÍL PRÁCE.....	13
3 LITERÁRNÍ PŘEHLED.....	14
3.1 Lýkožrout smrkový (<i>Ips typographus</i> L.).....	14
3.1.1 Charakteristika a bionomie.....	15
3.1.2 Populační dynamika.....	17
3.1.3 Monitoring a ochrana.....	18
3.2 Hostitelská dřevina - Smrk ztepilý (<i>Picea abies</i>).....	22
3.2.1 Rozšíření smrku ztepilého.....	22
3.2.2 Výskyt a příčiny odumírání smrkových porostů.....	23
3.2.3 Obranné mechanismy stromu.....	24
3.2.4 Výběr hostitele a chemická komunikace mezi lýkožroutem smrkovým a stromem.....	26
3.3 Semiochemikálie.....	27
3.3.1 Použití a typy odparníků feromonů a anti-atraktantů.....	27
3.3.2 Způsoby rozmístění feromonových lapačů proti lýkožroutu smrkovému – stupně ochrany.....	28
3.3.3 Anti-atraktanty.....	29
3.3.3.1 Vhodnost použití anti-atraktantů.....	30
3.3.3.2 Metodika aplikace anti-atraktantů.....	30
3.3.3.3 Vývoj anti-atraktantů a výsledky jejich použití v praxi.....	31
4 MATERIÁL A METODIKA.....	37
4.1 Všeobecný popis experimentálních ploch.....	37
4.2 Odparníky.....	38
4.2.1 Rok 2019: Odparníky feromonů a anti-atraktantů od společnosti Fytofarm s.r.o.....	38
4.2.2 Rok 2020: Testování nového odparníku anti-atraktantu vyvinutého ve spolupráci se společností Synergy Semiochemicals corporation.....	39

4.3	Použití směsí anti-atraktantů.....	39
4.3.1	Pokusy směsí anti-atraktantů v roce 2019.....	39
4.3.1.1	Experimentální design.....	40
4.3.1.2	Popis porostu	41
4.3.2	Pokusy směsí anti-atraktantů v roce 2020.....	41
4.3.2.1	Experimentální design.....	41
4.3.2.2	Popis porostu	42
4.3.3	Pokusy s ochranou porostních stěn v roce 2019.....	42
4.3.3.1	Experimentální design.....	42
4.3.3.2	Popis porostů	44
4.3.4	Pokusy s ochranou porostních stěn v roce 2020.....	45
4.3.4.1	Experimentální design.....	45
4.3.4.2	Popis porostů	47
4.4	Zpracování dat a statistické analýzy.....	48
5	VÝSLEDKY.....	49
5.1	Pokusy s využitím feromonových lapačů.....	49
5.1.1	Pokusy v roce 2019.....	49
5.1.2	Pokusy v roce 2020.....	50
5.2	Pokusy s ochranou porostních stěn.....	52
5.2.1	Pokusy v roce 2019.....	52
5.2.2	Pokusy v roce 2020.....	54
6	DISKUSE.....	55
7	ZÁVĚR.....	57
8	LITERATURA.....	58
9	PŘÍLOHY.....	63

Seznam obrázků a tabulek

- Obr.1: Oblast rozšíření lýkožrouta smrkového v závislosti na jednotlivých dřevinách.
(Zdroj: Skuhravý 2002)
- Obr.2: Požerek *Ips typographus* (L.). (Zdroj: <http://www.forestryimages.org/>)
- Obr.3: Dospělec. (Zdroj: <http://www.forestryimages.org/>)
- Obr.4: Oblast rozšíření smrku ztepilého. (Zdroj: cs.wikipedia.org)
- Obr.5: Manionova spirála chřadnutí. (Zdroj: Zprávy lesnického výzkumu, svazek 47, číslo 1/2002)
- Obr.6: Zjednodušený nálet na stromy – Fáze osídlování smrku lýkožroutem smrkovým na základě chemických signálů ovlivňujících chování podle Vité. (Zdroj: *Principy ochrany dospělých smrkových porostů před podkorním hmyzem*, 2015)
- Obr.7: Rozložení ošetřených a kontrolních stromů na experimentální ploše Spišská Nová Ves 1995. (Zdroj: *Anzeiger für Schädlingkunde, Journal of Pest Science*)
- Obr.8: Rozložení ošetřených a kontrolních stromů na experimentální ploše Nová Bystrica 1999. (Zdroj: *Anzeiger für Schädlingkunde, Journal of Pest Science*)
- Obr.9: Rozložení ošetřených a kontrolních stromů na experimentální ploše NP Šumava 2000. (Zdroj: *Anzeiger für Schädlingkunde, Journal of Pest Science*)
- Obr.10: Rozložení ošetřených a kontrolních stromů na experimentální ploše NP Šumava 2001. (Zdroj: *Anzeiger für Schädlingkunde, Journal of Pest Science*)
- Obr.11: Schéma použitých variant na experimentální ploše NP Tanap 2006 – 2007.
(Zdroj: *Journal of Applied Entomology*)
- Obr.12: Instalovaná dvojice feromonových lapačů s různými směsi feromonů a anti-atraktantů v porostu 328 B2. (Zdroj: *vlastní foto*, 2020)
- Obr.13: Instalovaná bariéra feromonových lapačů v porostu 328 B2
(Zdroj: *vlastní foto*, 2020)
- Obr.14: Experimentální plocha v porostu 32 B6. (Zdroj: *vlastní foto*, 2019)
- Obr.15: Označení stromů na experimentální ploše v porostu 32 B6.
(Zdroj: *vlastní foto*, 2019)
- Obr.16: Instalovaná směs anti-atraktantů na stromě. (Zdroj: *vlastní foto*, 2019)
- Obr.17: Experimentální porostní stěna v porostu 361 B3. (Zdroj: *vlastní foto*, 2020)
- Obr.18: Označení lokality a vyvěšená směs s antiatraktanty. (Zdroj: *vlastní foto*, 2020)

- Obr. 19: Instalované směsi s anti-atraktanty na jedné z lokalit. (Zdroj: *vlastní foto, 2020*)
- Obr. 20: Průměrný odchyt lýkožrouta smrkového ve feromonových lapačích podle jednotlivých variant z pokusu na jaře v roce 2019. Malé písmena (a,b) označují homogenní skupiny určené Duncanovým testem. (Zdroj: *Extemit - K*)
- Obr. 21: Průměrný odchyt lýkožrouta smrkového ve feromonových lapačích podle jednotlivých variant z pokusu na podzim v roce 2019. Malé písmena (a,b) označují homogenní skupiny určené Duncanovým testem. (Zdroj: *Extemit - K*)
- Obr. 22a: Průměrný odchyt lýkožrouta smrkového ve feromonových lapačích podle jednotlivých variant v roce 2020. Malé písmena (a,b) označují homogenní skupiny určené Duncanovým testem. (Zdroj: *Extemit - K*)
- Obr. 22b: Průměrný odchyt lýkožrouta smrkového v pasivních lapačích podle jednotlivých variant v roce 2020. Malé písmena (a,b) označují homogenní skupiny určené Duncanovým testem. (Zdroj: *Extemit - K*)
- Obr. 23: Průměrný odchyt lýkožrouta smrkového ve feromonových lapačích na experimentálních plochách v roce 2019. (Zdroj: *vlastní měření*)
-
- Tab. 1: Náplň experimentálních odparníků anti-atraktantů použitých v roce 2019 v ml. (Zdroj: *Extemit – K*)
- Tab. 2: Varianty pokusu použité na jaře 2019. (Zdroj: *Extemit - K*)
- Tab. 3: Varianty pokusu použité na podzim 2019. (Zdroj: *Extemit - K*)
- Tab. 4: Varianty pokusu použité na podzim 2020. (Zdroj: *Extemit - K*)
- Tab. 5: Varianty pokusu použité v roce 2019. (Zdroj: *Extemit - K*)
- Tab. 6: Pozice experimentálních odparníků ve feromonových lapačích v jednotlivých dnech. (Zdroj: *vlastní*)
- Tab. 7: Pozice experimentálních odparníků ve feromonových lapačích v jednotlivých dnech. (Zdroj: *vlastní*)

1 ÚVOD

Lýkožrout smrkový *Ips typographus* (L.) je v našich lesích největším škůdcem smrkových porostů. Řadí se mezi sekundární škůdce, ale pokud má nedostatek substrátu ke svému vývoji, napadá i živé stromy a stává se tím škůdcem primárním. Jeho velkému přemnožení předcházelo několik větrných kalamit (např. Kyrill, Emma) a nedostatek srážek v letním i zimním období. V současné době dochází k chřadnutí a odumírání smrkových porostů z důvodu klimatických změn, nedostatku živin či působení dalších abiotických a biotických faktorů. Narůstající roční průměrná teplota způsobila snížení mortality kůrovců v zimním období, větší počet generací v době rojení, a tím i velký nárůst populace lýkožrouta smrkového .

Je velmi důležité v tomto období zabránit dalšímu poškozování smrkových porostů lýkožroutem smrkovým, který způsobil v posledních letech nejen v České republice, ale i v ostatních zemích Evropy rozsáhlé škody. Proto se provádí různá, jak preventivní, tak i obranná opatření klasickými nebo novými metodami. Jedna z nových metod je použití anti-atraktantů na ochranu lesních porostů proti napadení lýkožroutem smrkovým. Vývoj této metody probíhá téměř 25 let, kdy se hledají různá složení směsí látek, které by při použití maximálně snížily či v lepším případě zabránily napadení smrkových porostních stěn kůrovci. Omezujícím limitem při použití anti-atraktantů jsou však porostní stěny, kde se vyskytují čerstvé vývraty či zlomy, které jsou pro nálet lýkožrouta smrkového velice atraktivní. Výzkum této metody s využitím anti-atraktant nemělo zatím větší pozitivní výsledky s výjimkou některých experimentů, kterými se dosáhlo téměř 80% snížení mortality stromů ve smrkových porostních stěnách, například v národním parku Šumava.

Poslední významnější pokusy s ochranou porostních stěn s anti-atraktanty v oblasti VVP Libavá při velmi silné gradaci lýkožrouta smrkového (KAŠPAR 2019) ukázaly 2 hlavní problémy použití anti-atraktantů. První problém je „switch“ – přesměrovací efekt (Schiebe at al. 2011, KAŠPAR 2019). Druhým problémem je přilákání lýkožroutů ze širšího okolí, když použijeme kombinaci feromonových lapačů a anti-atraktantů v oblasti, kde se intenzivně nepoužívají bariéry feromonových lapačů.

„Switch“ – přesměrovací efekt je pravděpodobně možné řešit vyloučením látky verbenol ze směsi účinných látek používaných v dispenzoru anti-atraktantu a případně dalším vylepšením účinné směsi. Problémy s lákáním lýkožroutů ze širšího okolí je možné řešit použitím anti-atraktantů s vyloučením nebo minimálním použitím feromonových lapačů.

Pokračující výzkum snad během krátkého období dosáhne požadovaného účinku této metody s použitím anti-atraktant. Snížila by se tím mortalita smrkových porostů a velikost populace lýkožrouta se udržela na úrovni, při které by nedocházelo k významným hospodářským škodám.

2 CÍL PRÁCE

Cílem diplomové práce je optimalizovat použití anti-atraktantů na ochranu smrkových porostů proti napadení lýkožroutem smrkovým (*Ips typographus* L.) v podmínkách masivního přemnožení.

Součástí diplomové práce bude zpracování literárního přehledu shrnující poznatky o použití anti-atraktantů pro ochranu smrkových porostů proti napadení lýkožroutem smrkovým a dále terénní pokusy ve VVP Libavá (VLS, s.p.) na více lokalitách.

Práce má dvě cílové části:

a) Optimalizace složení směsi anti-atraktantů pro lýkožrouta smrkového.

Nové směsi anti-atraktantů budou testovány pomocí feromonových lapačů umístěných na plochách po kalamitní těžbě ve vzdálenosti přibližně 15 m od porostních stěn. Účinnost anti-atraktantů bude určována jako snížení odchyť do lapačů s feromonem na *Ips typographus* po instalaci odparníků anti-atraktantů (duben - říjen 2020).

Optimalizace směsi bude zaměřená na testování nahrazení /vyloučení aktivní látky verbenon a testování nové potenciální účinné látky thujanol.

b) Testování optimalizovaných anti-atraktantů v smrkových porostech.

Na vícerych lokalitách budou instalovány testované odparníky anti-atraktantů na stromy na čerstvých porostních okrajích. Odparníky s anti-atraktanty budou umístěny na kmeni ve výšce přibližně 2 m. Kontrola napadení ošetřených stromů a jejich okolí bude probíhat zpočátku v intervalu 2–7 dní, v pozdější fázi rojení podle průběhu počasí. Vyhodnocena bude intenzita a časová posloupnost napadení lýkožroutem smrkovým (duben - říjen 2020).

Cílem testů je pilotní testování optimalizovaných odparníků na ochranu stojících stromů a pilotní test ochrany porostních stěn bez použití feromonových lapačů.

3 LITERÁRNÍ PŘEHLED

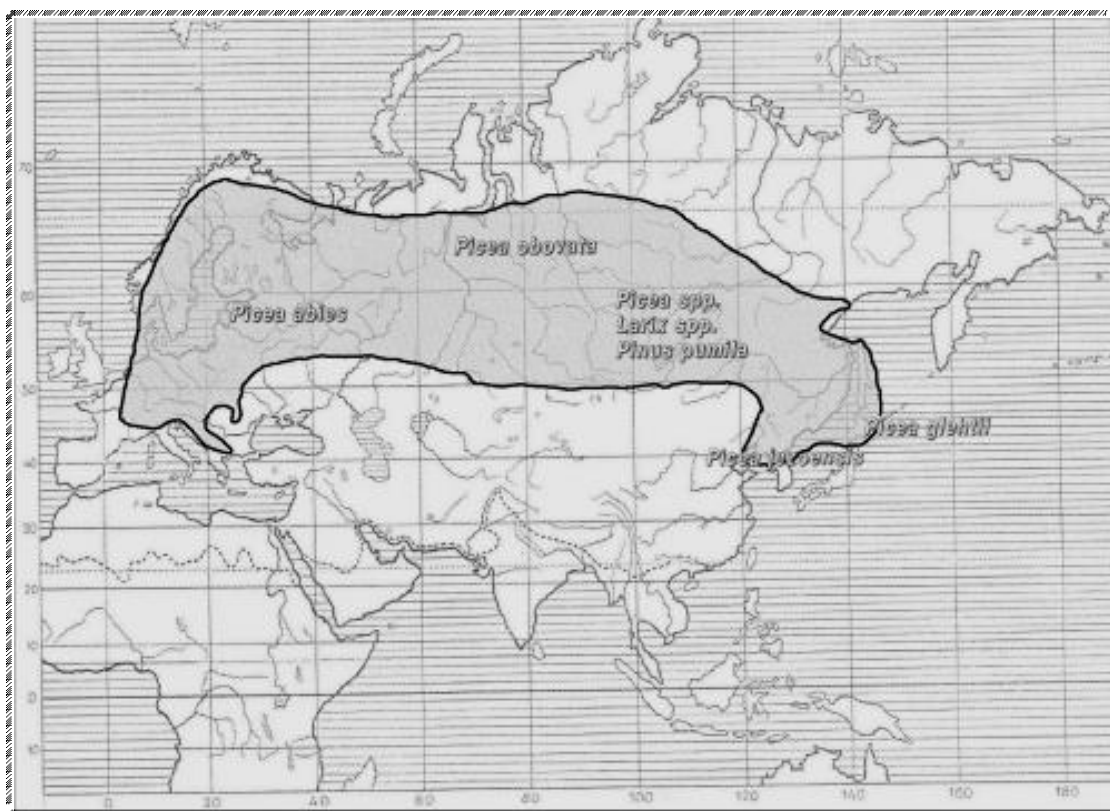
3.1 Lýkožrout smrkový (*Ips typographus* L.)

Řád: *Coleoptera*; Čeleď: *Curculionidae*; Podčeleď: *Scolytinae*

Lýkožrout smrkový *Ips typographus* (Linnaeus, 1758) patří mezi nejzávažnější fyziologické a sekundární škůdce evropských smrkových lesů. Za optimálních podmínek napadá čerstvé vývraty a zlomy vzniklé kalamitou nebo dříví uložené na lesních skládkách. Při přemnožení se stává primárním škůdcem a napadá i stojící oslabené a zdravé stromy, které následkem tohoto napadení odumírají (ZUMR 1995; ZAHRADNÍK 2005; SKUHRAVÝ 2002).

Rozsáhlý areál jeho rozšíření zabírá území od pohoří Pyrenejí na západě Evropy až po japonský ostrov Hokaidó. Jeho severní hranici výskytu tvoří Laponsko a jižní hranici Řecko s Tureckem. Na severu Asie zasahuje do oblasti arktické tundry a jižně prochází severním Kazachstánem, Mongolskem a Čínou (SKUHRAVÝ 2002; JAKUŠ et al. 2015). (Obr.1)

Vyhláškou MZe ČR č. 76/2018 Sb., v platném znění, je lýkožrout smrkový zařazen jako kalamitní škůdce.



Obr. 1: Oblast rozšíření lýkožrouta smrkového v závislosti na jednotlivých dřevinách.

(Zdroj: Skuhravý 2002, upraveno)

3.1.1 Charakteristika a bionomie

Lýkožrout smrkový *Ips typographus* (Linnaeus, 1758) je horský druh, který se v současné době vyskytuje i v nižších nadmořských výškách bez ohledu na lesní typ (ZUMR 1985). Nejčastěji napadá osluněné porostní stěny smrkových porostů starších šedesáti let, které jsou poškozené abiotickými činiteli nebo oslabené václavkou smrkovou - *Armillaria ostoyae* (Romagn.) (JAKUŠ et al. 2015). V případě jeho přemnožení napadá stromy uvnitř souvislých porostů, mladší porosty a výjimečně také mlaziny (ZAHRADNÍK 2005). Po přezimování v hrabance nebo pod kůrou stromů a dosažením denní teploty okolo 18-20°C je lýkožrout smrkový připraven k napadení hostitele (SKUHRAVÝ 2002). Ve střední Evropě má lýkožrout smrkový ve vyšších nadmořských výškách tj. nad 800 m. n.m. jednu generaci a na nižších lokalitách může mít v závislosti na příznivých podmínkách dvě až tři generace. Jeho denní letová aktivita vrcholí v odpoledních hodinách. Jarní rojení probíhá od poloviny dubna a letní rojení během druhé poloviny června v závislosti na počasí. Ve vyšších nadmořských výškách je vrcholem letové aktivity lýkožrouta počátek května (JAKUŠ & BLAŽENEC et al. 2015).

Dospělý brouk lýkožrouta smrkového (Obr.3) je černohnědý, lesklý a velký 4,8 – 5,5 mm. (ZUMR 1995; JAKUŠ et al. 2015). Čelo je drobně hrbolkované, s velkým hrbolkem uprostřed předního okraje. Nažloutlá tykadla mají pětičlenný bičík. Velká, oválná tykadlová palička má zřetelné zprohýbané švy. Válcovitý štít je v přední části hrbolkovaný a na zadní straně jemně tečkovaný. V poměru délky a šířky jsou krovky až 1,4 krát delší než jejich šířka a 1,35 krát delší než štít. Krovky jsou dozadu málo sbíhavé, v řadách tečkované, lesklé a jen na zadní prohlubni matné. Od ostatních příbuzných druhů má mezirýžní krovky hladké a silně lesklé (PFFEFER 1955; ZUMR 1985; ZAHRADNÍK 2015). Podle ZUMRA (1985, 1995) se od všech druhů kůrovců, které mají na konci krovek čtyři zuby, liší chybějícími tečkami na mezirýží. Lýkožrout smrkový má na zadní části krovek čtyři páry zoubků, přičemž první zub je nejmenší a třetí největší. Pohlavní dimorfismus spočívá v hustěji ochlupené přední části a rýhami pod ústním ústrojím samičky (SKUHRAVÝ 2002; JAKUŠ & BLAŽENEC et al. 2015; KULA 2014). Podle SCHLYTERA a CALDERHOMA (1981) je méně vhodné porovnání obou pohlaví podle většího hrbolku na čele nebo většího třetího zubu u samců, protože tyto znaky se překrývají jen u 22-84 % jedinců. Samečci mají vnitřní i vnější pohlavní ústrojí, které samičkám chybí. Vnitřní pohlavní ústrojí samiček tvoří vaječníky ústící do vejcovodů spojující se v jeden vejcovod, na jehož konci je pochva. Samčí vnitřní pohlavní ústrojí je složeno z varlat, chámovodů, chámometu a váčku. Vnější pohlavní ústrojí tvoří žlábkovitý penis s chitinosnými výběžky, který je podepřen zahnutým trnem (PFFEFER 1955).

Po nalezení hostitelského stromu samečky, dochází k vyhledání vstupního otvoru a po dobu 2-3 dnů i snubní komůrky. Závrtý jsou charakteristické výskytem jemné hnědé drti (VYSKOT et al. 1962). Produkováním agregačního feromonu lákají samičky k páření a další samečky ke snížení obranyschopnosti hostitele. Dle simulačního modelu SCHLYTERA & ANDERBRANTA (1989) probíhají přechodové fáze např. páření v nočních hodinách. Studie ukázala, že i mnoho kůrovců se v noci pohybuje po kmeni hostitele. Dále zjistili, že přítomnost stejného počtu samic a pionýrských brouků při první

lokalizaci hostitele nemá velký vliv. Lýkožrout smrkový je polygammí druh a páří se dvěma až třemi samičkami. Ty po spáření začínou vytvářet požerek (Obr.2) hlodáním matečné chodby dlouhé 6-12 cm souběžně s osou kmene a do vytvořených zářezů kladou průměrně 30 – 60 bílých, lesklých oválných vajíček, které překryjí drtinkami (JAKUŠ et al.2015; JAKUŠ & BLAŽENEC et al. 2015; ZUMR 1995). 10-90% samic bez dalšího oplodnění, opouštějí po prvním naklazení vajíček mateřskou chodbu a začínou vytvářet další na stávajícím nebo jiném oslabeném stromu, kde nakladou zbytek vajíček. Jedná se o tzv. „sesterské rojení“. Podle výsledků pokusu hraje významnou úlohu pro množství naklazených vajíček také kvalita potravy při stejné populační hustotě obsazeného kmene (MATOUŠEK 2012). Z vajíček se za 6-18 dní líhnou bělavé a beznohé larvy s hnědě chitinizovanou hlavou. Podle ZUMRA (1995) tyto larvy prochází třemi vývojovými instary, což ji umožňuje dorůst do velikosti 5-7 mm. Délka larvových chodeb je 3-6 cm a jsou kolmé na matečnou chodbu. Dorůstajícími larvami se tyto chodby rozšiřují a začínají se vlnit, aniž by se propojily nebo zkřížily se sousedními chodbami (KULA 2014). Na konci jsou larvální chodby zakončeny tzv. kukelnou kolébkou, kde se larvy zakuklí. Vývoj kukly trvá přibližně 1-2 týdny, kdy se z nich potom líhnou nedospělí žlutí brouci, kteří provádí úživný žír 1-2 týdny. Po tomto žíru opouštějí dospělí brouci strom a zakládají dceřinou generaci (JAKUŠ & BLAŽENEC et al. 2015; ZUMR 1985; ZAHRADNÍK 2014). Podle JAKUŠE a BLAŽENCE et al. (2015) trvá celkový vývoj od vajíčka po dospělého brouka přibližně 6-10 týdnů v závislosti na klimatických podmínkách.



Obr. 2: Požerek *Ips typographus* (L.).
(Zdroj: cz.depositphotos.com)



Obr. 3: Dospělec *Ips typographus* (L.).
(Zdroj: denik.cz)

3.1.2 Populační dynamika

Úspěšné napadení hostitele podkorním hmyzem je závislé na abundanci napadajících kůrovců, fyziologii dřeviny a její obranyschopnosti (JAKUŠ & BLAŽENEC et al. 2015). Velikost populace je závislá na charakteru rozmnožování. Dochází ke krátkodobému kolísání populace v průběhu roku tzv. oscilaci nebo ke kolísání v průběhu několika let nazvané fluktuace, které jsou ovlivňovány migrací a imigrací brouků z místních populací a dochází k jejich promísení (KULA 2014).

Vlivy na populační dynamiku rozdělujeme na exogenní, kde patří dostupnost potravy, biotické faktory, podmínky prostředí a endogenní jako je fertilita, teritorialita, schopnost migrace, délka života a celkový počet generací v daném roce.

Největší gradace lýkožrouta smrkového následuje po větrných kalamitách, kdy je dostatek potravy a materiálu pro rozmnožování. Kůrovci nemusí také překonávat rezistenci jednotlivých stromů. Vysoký počet populace lýkožroutů způsobuje i napadení a překonání obranyschopnosti zdravých hostitelských dřevin (JAKUŠ & BLAŽENEC et al. 2015). Významně přemnožení ovlivňuje stres z dlouhotrvajícího sucha, věk, přísun živin, citlivost stromů a také nevhodná opatření (WERMELINGER 2004).

Jedním z hlavních faktorů ovlivňující populaci kůrovců je teplota prostředí. V současnosti se hodnota tohoto faktoru průměrně za rok zvyšuje a předpokládá se její další nárůst. Fenologický vývoj lýkožrouta smrkového vychází z konceptu „degree - days“ (stupňodni) tj. sumy rozdílů průměrných denních teplot nad hraniční teploty, kde dolní hranice je 8,3°C a horní hranice pro celkový vývoj je 38,9°C. Naplněním sumy teplot 140 stupňodní nad 16,5°C dojde k výletu prezimujících brouků. Celkový vývoj lýkožrouta smrkového je 557 stupňodní (JAKUŠ & BLAŽENEC et al. 2015).

Dalšími důležitými faktory, které mohou ovlivnit přemnožení populace kůrovců je tzv. „ sesterské rojení“ a naklazení vajíček závislých na teplotě v době prvního rojení. PFEFFER (1955) uvádí průměrný počet 60 vajíček v závislosti na sesterském rojení a WERMELINGER (2004) uvádí maximální průměrnou hodnotu 80 vajíček. V jednotlivých případech mohou snůšky tuto hranici překročit (MATOUŠEK et al. 2012). Na konci letního období lýkožrouty ovlivňuje délka dne pod 15 hodin, což indikuje diapauzu. Během ní se redukuje létací svaly a brouci z části nebo vůbec nepřijímají potravu. Asi v polovině prosince, kdy ustoupí mrazy je diapauza ukončena.

Mezi další ovlivňující faktory, které zvyšují stres hostitelských stromů nebo urychlují celkový vývoj lýkožroutů patří jižní a západní expozice, větší sklon a rychlost větru. Vyšší srážky a někdy i teploty v letním období mají na velikost populace opačný vliv (JAKUŠ & BLAŽENEC et al. 2015). Při experimentu v Tatrách bylo zjištěno, že napadení kalamitního dříví silně ovlivňuje také blízkost míst s původním výskytem kůrovců (TURČÁNI et al. 2009).

Vliv na napadení lýkožroutem smrkovým má zastoupení smrku v jednotlivých porostech. Porosty smíšené jsou méně atraktivní pro kůrovce. Některé druhy listnatých dřevin např. bříza, osika atd. uvolňují volatilní látky, které na kůrovce působí repelentně. Nejvíce jsou ohroženy smrkové monokultury vzniklé umělou sadbou než přirozenou obnovou, ve které je zastoupení smrků odlišného stáří.

Větší populační hustota lýkožroutů způsobuje zvýšení početnosti přirozených

nepřítel. Mezi tyto predátory patří zejména Pestrokrovečník mravenčí *Thanasimus formicarius*, který kůrovce vyhledává pomocí agregačních feromonů. Vyšší mortalitu přezimujících lýkožroutů způsobuje patogen *Mattesia schwenkei* (JAKUŠ & BLAŽENEC et al. 2015).

Při slabším napadení v rámci vnitrodruhové konkurence vytvářejí tři a více ramenné požerky s delšími matečnými chodbami a více nakladenými vajíčky. Silné napadení se naopak vyznačuje dvouramennými požerky s kratšími mateřskými chodbami a menším množstvím nakladených vajíček (ZUMR 1985). Množství potravy ovlivňuje zejména mezidruhová konkurence. Na smrku jsou konkurenty lýkožrouta smrkového hlavně lýkožrout severský *Ips duplicatus*, lýkožrout menší *Ips amitinus* (Eichhoff 1871) a lýkožrout lesklý *Pityogenes chalcographus* (Linnaetus 1761). Tyto druhy se potkávají v chodbách po zralostním žíru a dochází k předání infekcí (MATOUŠEK 2012). Hustota populace kůrovců je na stojících stromech až třikrát vyšší než ležící dříví po vichřici. Avšak reprodukce je nižší, protože dochází vlivem obranyschopnosti stromů zalitím dospělců pryskyřicí (JAKUŠ & BLAŽENEC et al. 2015).

Ve vztahu disturbance vítr – lýkožrout rozlišujeme tři gradační fáze, a to progradaci, kde úmrtnost stromů je způsobena zejména větrem a kůrovci napadají vývraty a je pravděpodobné, že napadnou i okolní stromy. Dále kulminaci, kde mortalita je způsobena napadením skupin stromů ovlivněných slunečním zářením a třetí retrograce, při nichž je úmrtnost hostitelských dřevin způsobena o trochu více větrem než lýkožrouty a je ovlivněna parametry porostů (JAKUŠ & BLAŽENEC et al. 2015).

3.1.3 Monitoring a ochrana

Způsob prevence, kontroly a obrany proti lýkožroutu smrkovému vychází ze tří základních opatření. Prvním je odstranění veškeré kůrovcem napadené hmoty a její následná asanace před výletem dospělců (ŠVESTKA et al. 1996). Zde je velmi důležité aktivní vyhledávání napadených stromů a jejich včasné odstranění z porostu (JAKUŠ & BLAŽENEC et al. 2015; ZUMR 1995). Druhým opatřením je odstranění atraktivního dříví a jeho preventivní asanace, než dojde k jeho napadení a třetím základním opatřením je shromáždění kůrovců na lapáky nebo do feromonových lapačů a jejich likvidace (ŠVESTKA et al. 1996).

Stanovení počtu ochranných a obranných opatření závisí na množství kalamitního základu, který se rovná objemu zpracovaného kůrovcového dříví od 1.8 do 31.3 následujícího roku (MODLINGER et al. 2015). Vyhláškou MZe č.236/2000 Sb. se stanovují tři možnosti stavů populace lýkožrouta smrkového. Základní stav představuje takový počet lýkožroutů, kdy objem kůrovcového dříví z předešlého roku nepřekročil v průměru 1m³ na 5 ha smrkových porostů a nedošlo k vytvoření ohnisek výskytu lýkožroutů. Zvýšeným stavem je zase takový početní stav lýkožroutů, kdy objem kůrovcového dříví v předcházejícím roce překročil v průměru 1m³ na 5 ha smrkových porostů a došlo k vytvoření ohnisek výskytu. Třetím stavem je stav kalamitní, při němž dochází k rozsáhlým poškozením uvnitř lesních porostů nebo na jejich porostních stěnách.

Kontrola se provádí v porostech starších 60 let, kde zastoupení smrku dosahuje

nejméně 20% (ŠVESTKA et al. 1996; MODLINGER et al. 2015). Pro základní stav stanovíme množství odchyťových zařízení v minimálním počtu 1 ks na 5ha, a to pro všechny rojení. Při tomto stavu současně odstraňujeme a asanujeme jednotlivě napadené stromy. Při dosažení zvýšeného či kalamitního stavu se za každý 1m^3 včas zpracovaného kůrovcového dříví instalují obranná opatření v počtu 1 odchyťové zařízení na 8m^3 (8:1) a u pozdě zpracovaného kůrovcového dříví je to v poměru 1 odchyťového zařízení na $1-2\text{m}^3$ (1-2:1) v době jarního rojení (MODLINGER et al. 2015; KULA 2014). Pro letní rojení se počet obranných opatření stanovuje podle stupně napadení v jarním období. Pokud došlo ke slabému napadení, tak se už obranná zařízení nedávají nebo je můžeme přemístit na atraktivnější lokalitu. Střední napadení charakterizuje stejný počet obranných opatření a při silném stupni napadení se jejich počet zvýší v závislosti na pozdě zpracovaném kůrovcovém dříví o jedno opatření na 1m^3 opuštěného dříví (MODLINGER et al. 2015). Pro kontrolní činnost a obranu smrkových porostů proti napadení lýkožroutem smrkovým *Ips typographus* L. se používají tyto metody:

Klasické stromové lapáky

Lapáky jsou pokácené zdravé stromy, které jsou odvětveny a kmen je následně po celé délce zakryt větvemi. Je vhodné jednotlivé kmeny podložit podvalky, aby se zvětšila plocha pro nálet kůrovců (ZUMR 1995). Tato metoda se používá proti lýkožroutu smrkovému více než 200 let. Postupným vysycháním lýka se uvolňují monoterpeny, které lákají jako první pionýrské brouky. Po vyhledání snubní komůrky začnou samečci vylučovat agregační feromony, což způsobí hromadný nálet na lapák (JAKUŠ & BLAŽENEC et al. 2015). Na jaře se lapáky I. série kácují v průběhu března. Pokud je sněhová pokrývka, která udržuje dostatečnou vlhkost lapáku můžeme kácet i dříve. Z jejich celkového počtu zjištěného z kalamitního základu se pokládají 2/3 v polostínu a 1/3 na slunném místě (KULA 2014). Lapáky II. série se pokládají do polostínu 7-14 dní před předpokládaným letním rojením. Výjimka je v horských polohách, kde se umísťují na výsluní. Jejich počet je dán intenzitou napadení v jarním období. Podle ČSN 48 1000 (2005) je slabý stupeň napadení lýkožroutem smrkovým 0,5 závrtu na 1dm^2 , střední 0,5 – 1 závrt na 1dm^2 a silné napadení více jak 1 závrt na 1dm^2 . JENIŠ & VRBA (2007) došli při pokusu k závěru, že více jsou napadány lapáky na slunných místech. Kontroly provádíme každých 7-10 dní. Podle vývoje počasí a nadmořské výšky je možno klást i sérii třetí (ZAHRADNÍK 2005). Pokud dojde k silnému napadení, tak přikácíme další lapáky. Při kontrolách zjišťujeme jednotlivá vývojová stadia lýkožrouta smrkového, abychom provedli včas asanaci lapáku. Při stádiu larvy můžeme odkorňovat, ale pokud se objeví hnědý brouk je potřeba lapák asanovat registrovaným kontaktním insekticidem.

Otrávené lapáky a trojnožky

Další metodou ochrany je použití otrávených lapáků a trojnožek. Otrávený lapák je skácený odvětvený strom nebo jeho část o délce např. 4-6m, který je ošetřený kontaktním insekticidem. Na zastíněnou stranu výřezu se upevní feromonový odparník. Více používanou variantou jsou otrávené trojnožky. Skládají se ze tří smrkových polen o

tloušťce 15-25cm a délce 1,5-2m. Nahoře jsou spojeny hřeby do tvaru trojnožky. Polena se asanují povoleným insekticidem ze Seznamu povolených přípravků na ochranu lesa. Pod vrchní část se zavěsí feromonový odparník a na zvýšení atraktivity můžeme přidat čerstvou smrkovou větvíčku. Pro kontrolu účinnosti dáváme pod cca každou desátou trojnožku kontrolní rám nebo netkanou textilii. Je důležité dodržet bezpečnou vzdálenost 10m od nejbližšího stromu a pravidelně opakovat postřik a výměnu feromonů. Alternativou otrávených trojnožek je systém TRINET (MODLINGER et al. 2015). Jde o trojnožku z hliníkových tyčí a sítě napuštěnou kontaktním insekticidem. Pod její vrchol se zavěsí feromonový odparník. Výhodou u této metody je, že není potřeba žádná asanace nebo výměna sítě po celou dobu odchyty. Provádí se pouze výměna feromonové návnady.

Stojící stromové lapáky

Jednou z možností je využití zbytků porostu, které jsou určeny pro smýcení nebo jsou nějakým způsobem poškozené. Tato metoda se používá jen při letním rojení, kdy je menší účinnost feromonových lapačů a je zde předpoklad, že by naletěné kůrovce zalily stromy pryskyřicí. Feromonové návnady umísťujeme co nejvýše na osluněnou část stromů uvnitř zbytků porostních skupin. Odparníky postupně doplňujeme po týdnů. Důležité je pokácet a asanovat stromy po jejich maximálním obsazení a před výletem dospělých brouků.

Další možností stojících lapáků je tzv. „švédská metoda“, při které se koncentruje nálet na porostní stěnu porostu určeného k domýcení. Feromonové odparníky instalujeme na stromy v porostní stěně ve vzdálenosti 10-20m. Tuto metodu můžeme použít pro jarní i letní rojení. Napadené stromy musíme co nejdříve pokácet a asanovat (JAKUŠ & BLAŽENEC et al. 2015 ; MODLINGER et al. 2015).

Feromonové lapače

Lapače, které se instalují jednotlivě jsou jen lokálním opatřením používaným pouze pro kontrolu. Dochází zde k rychlému a velkému nahromadění odchycených brouků nebo k přesycení okolí působením agregačních a syntetických feromonů, čímž se část populace přesouvá na okolní stromy (JAKUŠ & BLAŽENEC et al. 2015). Pro obranu je vhodné použití skupinových lapačů po 2-3 kusech vzdálených od sebe 20m (ZUMR 1995) nebo instalaci bariér z feromonových lapačů. Tyto bariéry je vhodné použít na plošnou ochranu ohrožených porostních stěn umístěných v místech přezimování a v ohniskách z minulého roku. Nejvíce jsou ohroženy osluněné porostní stěny východní a jihovýchodní expozice v nižších polohách a jižní a jihovýchodní expozice v horských oblastech. Při instalaci feromonových lapačů musíme dbát na směr převládajících větrů (JAKUŠ & BLAŽENEC et al. 2015). Dle MODLINGERA et al. (2015) je minimální vzdálenost lapače od nejbližšího stromu 10m. Maximální vzdálenost od porostních stěn by neměla být větší než 25m. Instalaci provádíme nejpozději 14 dní před předpokládaným rojením a

odparníky pověsíme těsně před ním (ZUMR 1995). Nejpoužívanějšími feromonovými lapači jsou v současné době štěrbinové lapače Theysohn. Mezi další používané typy lapačů patří nárazový Ecotrap, trubicový a trychtýřovitý.

Sítě „Storanet,,

Tyto sítě napuštěné kontaktním insekticidem slouží k zakrývání skládek a zabránění náletu lýkožrouta smrkového. Účinek můžeme posílit přidáním feromonového odparníku. Dle KULY (2014) ochrana trvá minimálně po dobu letové aktivity kůrovce. Nevýhodou této metody je, že dochází i k usmrcení užitečného hmyzu, který se po síti pohybuje.

Technologie Mercata

Dříví se pokládá na netkanou textilii a po asanaci kontaktním insekticidem se celé zakryje. Používá se netkaná textilie, která je UV stabilizovaná o hmotnosti 50g/ m⁻¹ . Následně se textilie na skládce dříví zatíží, aby nedošlo k jejímu potrhání při silném větru.

Obalování skládek fólií

Jedná se o patentovou metodu, takže je zapotřebí zakoupení práv od firmy. Dříví se uloží na podvaly pod kterými je podložena fólie. Poté se skládka zakryje dalšími dvěma vrstvami fólie, které se neprodyšně svaří s podkladovou fólií. Uvnitř dochází ke spotřebě kyslíku a uvolňování CO₂. Ošetření má účinnost 1-3 roky.

Fumigace plynem EDN

Použití látky EDN podléhá schválení EU, jelikož není registrována. Jednotlivé výřezy napadeného dříví se přiblíží na hromady na předem připravenou plachtu na lokalitě odvozní místo nebo na manipulační plochu. Dříví se překryje plachtou a zatíží se po celém obvodu. Lokální netěsnosti se omezí páskou a svorkami. Přistaví se tlaková kovová lahev s fumigačním přípravkem EDN a do připravených otvorů v plachtě se zasunou aplikační a monitorovací hadičky. Během fumigace se provádí stálý monitoring. Její trvání je 10-24 hodin. Je důležité, aby tuto činnost prováděli proškolené osoby. Po ukončení fumigace se odstraní plachta a dojde k odvětrání. Zbylé EDN odvětrané do prostředí se při reakci se vzdušnou vlhkostí rychle a samovolně rozkládá. Konečnými rozkladnými produkty jsou netoxické látky oxid uhličitý, čpavek a voda.

Biologická ochrana

Největším predátorem lýkožrouta smrkového jsou larvy a dospělci pestrokrovečníka mravenčího *Thanasimus formicarius* (Linnaeus, 1758). Mezi další predátory kůrovců patří ptáci a dravý hmyz jako jsou drabčící, dlouhošíjky, kořenožrouti (VYSKOT et al. 1962; ZUMR 1995). V současné obraně se využívá i entomopatogenní houba *Beauveria bassiana* (Bals.), z které se vyrábějí biopreparáty. Její použití je závislé na vlhkosti, protože moc nízká vlhkost ji nesvědčí. Při dobrých podmínkách může způsobit až 100% mortality kůrovců. Aplikuje se pozemně motorovými postřikovači nebo letecky na napadené stromy. V praxi se osvědčilo použití *Beauveria bassiana* (Bals.) jako práškového koncentrátu do feromonových lapačů. Dochází nejen k mortalitě jedinců, ale také k šíření této entomopatogenní houby v rámci populace.

3.2 Hostitelská dřevina – smrk ztepilý (*Picea abies* L. Karst.)

Hlavní hostitelskou dřevinou, kterou napadá lýkožrout smrkový je smrk ztepilý. Smrk je u nás nejrozšířenější dřevinou zabírající 49,54 % (v roce 2019) plochy porostní půdy. Je dřevinou polostinnou, náročnou na množství srážek a vlhkost vzduchu. Na půdní živiny není náročný, avšak na nevhodných lokalitách trpí červenou hnilobou. Citlivý je rovněž na znečištění ovzduší (imise), proto bývá v těchto oblastech nahrazován introdukovanými dřevinami (UHLÍŘOVÁ et al. 1996).

3.2.1 Rozšíření smrku ztepilého

Areál smrku ztepilého se rozkládá na celé severní polokouli, ale původní je zejména ve vysokých polohách Evropy a částečně zasahuje do Asie (Obr.4). Na celém území ČR je zastoupen horský smrk hercynsko-karpatské oblasti, vyskytuje se v nadmořských výškách od 300 m.n.m. až po 1350 m.n.m.. Těžištěm rozšíření jsou okrajová příhraniční horstva. Přírozené zastoupení smrku se méně vyskytuje ve vnitrozemských horských skupinách, např. na Českomoravské a Dražanské vrchovině, v Brdech, Slavkovském lese a Oderských vrších. Bez smrku jsou teplé úvaly velkých řek. Za posledních 200 let se rozšířil všude ve střední Evropě a tak vytlačil většinu původních dřevin (<https://is.muni.cz/> / 2010)



Obr. 4: Oblast rozšíření smrku ztepilého. (Zdroj: cs.wikipedia.org)

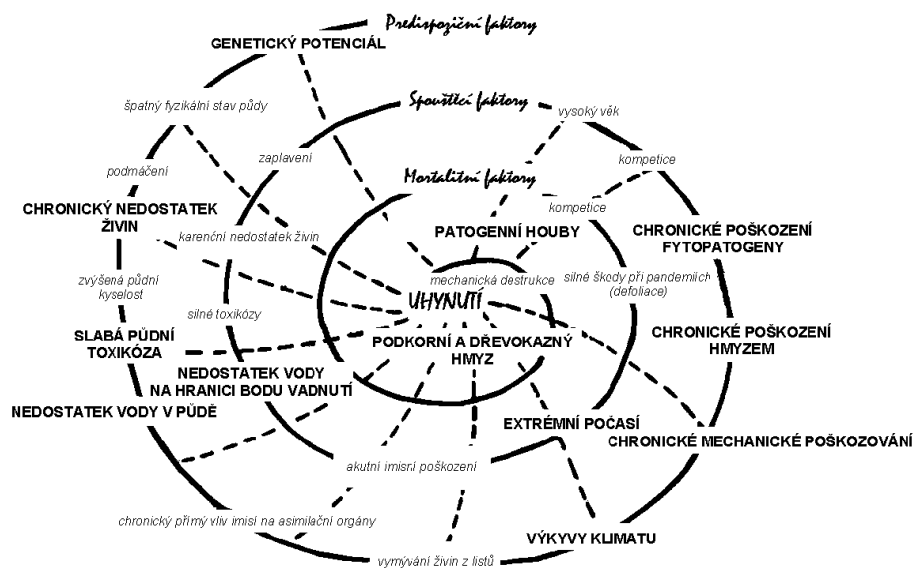
3.2.2 Výskyt a příčiny odumírání smrkových porostů

Počátkem 80. let začala disturbance smrkových porostů na rozsáhlých plochách evropského kontinentu. Jedna z hypotéz určuje jako příčinu půdní změny, kombinace kyselosti půdy s vlivem ozónu, nadbytek dusíku a nedostatek živin jako je hořčík, vápník, draslík či zinek (HOLUŠA & LIŠKA 2002). Mezi další ovlivňující faktory patří prodloužená vegetační doba, noční teploty bod bodem mrazu a současně vysoké teploty přes den, přísušky nedostatkem srážek a zimní extrémní mrazy (DUŠEK 2017). Zejména mladé porosty jsou napadány houbovými patogeny jako jsou václavka smrková *Armillaria ostoyae* (Romagn.) Herink a kořenovník vrstevnatý (*Heterobasidion anossum* (Fr.) Bref. Odumření smrkových porostů dokončí napadení podkorním hmyzem, v hlavní míře lýkožroutem smrkovým (HOLUŠA & LIŠKA 2002). Hlavním problémem jsou však smrkové porosty zakládáné na nevhodných stanovištích v nižších polohách.

Působením výše uvedených faktorů v současnosti dochází na některých lokalitách k rozpadu smrkových porostů ve všech věkových stádiích tj. od kultur až po mýtní porosty. Chřadnutí smrkových porostů je v současnosti závažný mezinárodní problém, který vyžaduje změnu hospodaření a dřevinné skladby z důvodu trvale udržitelného hospodaření v lesích (JENIŠ 2017).

Podle JAKUŠE et al. (2015) se odumírání smrkových porostů dělí na klasické a hromadné. Klasické odumírání se vyskytuje u porostů poškozených imisemi a pěstovaných na nepůvodních lokalitách. Dřevinná struktura porostů odpovídá přírodním podmínkám. V pozdějším věku jsou porosty ohrožené zejména působením větru, který způsobuje značný výskyt vývrátů a zlomů. Tím se vytvoří vhodné podmínky pro napadení lýkožrouty. Kůrovci nejprve napadají vývraty a později i oslabené stromy. Ke snížení populace lýkožrouta smrkového může dojít nedostatkem atraktivního dříví a působením různých predátorů. Ponecháním porostů bez zásahu mohou suché stromy v porostních stěnách ochránit další stromy proti větru a velkému oslunění, což by ovlivnilo napadení lýkožrouty. To však platí jen do pozdějšího rozpadu těchto souší a

porost je znovu vystaven působení abiotických činitelů a posléze napaden podkorním hmyzem. Vznikají nová ohniska, která se šíří směrem do nejvíce osluněných porostních stěn. Po vyčerpání větší části zdrojů potravy dochází ke snížení populace vlivem vnitrodruhové konkurence a zvýšením počtu přirozených nepřátel v době jeho gradace. Celkové změny počtu populace se mění v průběhu 5-6 let. Neplatí to však při velkých změnách klimatu, kdy přemnožení trvá delší dobu (JAKUŠ et al. 2015). K hromadnému odumírání smrkových porostů dochází vlivem pěstování smrku na nevhodných stanovištích, odstraňováním pionýrských dřevin a zejména půdními změnami i vláhovým deficitem. Nejprve odumírají jednotlivé stromy a postupně i ve skupinách. Smrky jsou napadeny houbovými patogeny a již oslabené napadá nejprve lýkohub matný *Polygraphus poligraphus*. Po odtěžení těchto odumřelých stromů nebo jejich poškození větrem dochází k napadení lýkožroutem smrkovým, který je v těchto porostech trvale přemnožený. Oproti klasickému odumírání nedochází zde k zastavení gradace podkorního hmyzu a porosty jsou poškozovány ve všech věkových stupních. Probíhá zde chronický průběh odumírání porostů, a to i vysokohorských vlivem spolupůsobení abiotických činitelů a lýkožrouta smrkového (JAKUŠ et al. 2015). Tento celkový průběh chřadnutí znázorňuje Manionova spirála chřadnutí (Obr.5).



Obr. 5: Manionova spirála chřadnutí.

(Zdroj: Zprávy lesnického výzkumu, svazek 47, číslo 1/2002)

3.2.3 Obranné mechanismy stromu

Dle CHRISTIANSENA et al. (1987) si jehličnaté dřeviny vytvořily dva základní typy obranných mechanismů jako odezvu na tlak škůdců a chorob, a to konstitutivní tzv. předpřipravenou obranu a indukované obranné mechanismy, jež jsou vyvolané jinou výzvou. První fyzickou bariérou pro kůrovce tvoří vnější kůra zvaná periderm, která chrání slabší vrstvy kambia a životně důležité asimilační transportní kanály. Vnější kůra se

skládá z felogénu, vnějšího felému složeného většinou z mrtvých korkových buněk s lignifikovanými stěnami a zelené kůry felodermu. (SCHIEBE 2011; JAKUŠ & BLAŽENEC et al. 2015). Když kůrovci proniknou přes živou tkáň, napadený strom se začne bránit výronem pryskyřice. Ta je uložena v různých strukturách a je přepravována pryskyřičnými kanálky (RAFFA K. F. et al. 2016). Ve smíšených porostech mají smrky větší tok pryskyřice než v monokulturách (WERMELINGER 2004).

Pryskyřice je lepkavý materiál, který může ukončit útok nebo jej může zpomalit, a tím umožnit stromu aktivaci dalších obran. Pryskyřice je složena z toxických těkavých monoterpenů, diterpenů, fenolických sloučenin a polo-těkavých seskviterpenů neznámých aktivních biologických látek (RAFFA K. F. et al. 2016). Nejprve je výron pryskyřice malý, ale postupně se sílí intenzitou útoku se zvyšuje. Ze stromu je vytlačována až na jeho povrch tlakem okolo 1,5 MPa. Nejdůležitější je však viskozita (vazkost) pryskyřice, která se mění nejen během dne, ale i v průběhu roku. Nejlepší je při vyšších teplotách, což je přibližně v polovině srpna. Strom se přestává bránit proti lýkožroutu smrkovému pokud tlak pryskyřice dosáhne záporných hodnot za sucha. Vlivem narušením pryskyřičných kanálků dochází k postupné změně barvy jehličí (MARATOVÁ 2010). V příznivých podmínkách je většina stromů schopna zvýšit produkci pryskyřice a fenolických látek. Při indukci dochází ještě k produkci proteinů, které jsou schopny ovlivnit a degradovat buněčnou stěnu hub. Aktivací této obrany může dojít k vzniku nových struktur zvyšujících produkci obranných látek a nových fyzických bariér. Pokud dojde ke slabému napadení lýkožrouty, zvyšují se i obranné mechanismy proti následujícím útokům. Jde o tzv. získanou imunitu (JAKUŠ & BLAŽENEC et al. 2015).

V důsledku různých změn dochází k hypersenzitivní reakci, která způsobí okamžité odumření buněk v místě napadení. Vzniklá mrtvá tkáň zapouzdří patogeny a dále uvolní obranné látky z vedlejších tkání. Mezi porušenou a neporušenou částí vznikne tzv. kalus, čímž vytvoří ochrannou vrstvu, která zabraňuje šíření živin do poškozené části a tím zabrání šíření a růstu patogenů. Za necelý měsíc se v kambiu a blíže místa poškození vytvoří kanálky traumatické pryskyřice, která je pro fytofágy více toxická než u konstitutivní obrany. Dalším znakem indukované obrany je zvětšování a rozšiřování polyfenolických parenchymatických buněk (JAKUŠ & BLAŽENEC et al. 2015). Tyto uvedené poslední dva znaky induktivní obranné reakce zvyšují odolnost proti patogenním houbám např. zelenomodré houbě *Ceratocystis polonica*, která je v symbióze s lýkožroutem smrkovým (ZHAO et al. 2011). Z ostatních druhů kůrovců nese *Ips typographus* nejvíce patogenních hub (WERMELINGER 2004).

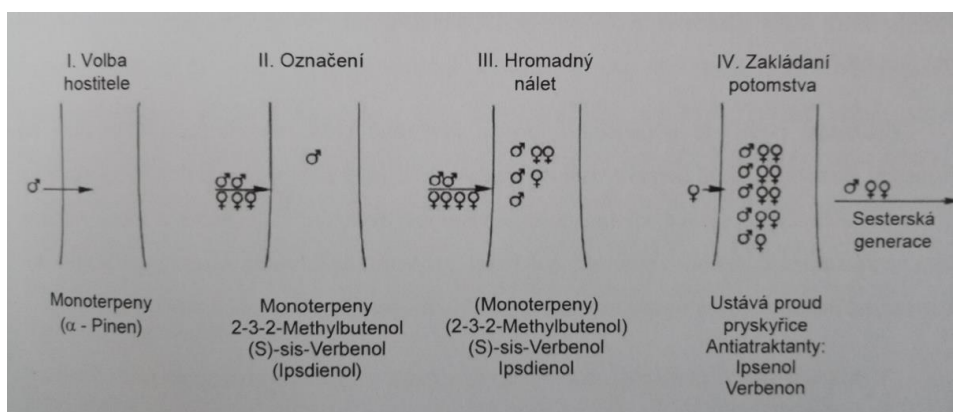
Lýkožrout smrkový si při napadení stromu vybírá zejména stromy oslabené abiotickými činiteli, ale při přemnožení jsou schopni zdolat i zdravé stromy. Důležitým faktorem, který také ovlivňuje napadení je oslunění respektive zastínění stromu. Tento stresový faktor je ovlivněn expozicí a sklonem terénu. Stromy, které rostou samostatně tzv. solitéry jsou proti náletu lýkožroutů odolné díky menšímu oslunění způsobené jejich hlubokými korunami. Právě tyto koruny s velkým asimilačním aparátem jsou pro obranné mechanismy stromu důležitým zdrojem uhlíku (JAKUŠ & BLAŽENEC et al. 2015). Podle JAKUŠE et al. (2011) jsou ohroženy také stromy s větší defoliací, u kterých dochází k menšímu transpiračnímu proudu, a tím většímu přehřátí kmene.

3.2.4 Výběr hostitele a chemická komunikace mezi lýkožroutem smrkovým a stromem

Lýkožrout smrkový se orientuje více pomocí chemických signálů, než jinými smysly a překračuje komunikační hranici stejného druhu mezi oběma pohlavími (JAKUŠ & BLAŽENEC et al. 2015). Je typickým r-stratémem, který dokáže využívat krátkodobé zdroje a rychleji se množit (WERMELINGER 2004). Výběr hostitele je ovlivněn kairomony (látek, z nichž má výhodu příjemce) produkovaného stromem a na druhé straně odpuzujícími volatilními těkavými látkami (JAKUŠ & BLAŽENEC et al. 2015). Přitažlivost hostitele se však u jednotlivých druhů kůrovců liší. Druhy, které vykazují primární přitažlivost jsou přitahovány sloučeninami vylučované hostiteli např. monoterpeny a ethanolem i bez feromonů a druhy se sekundární přitažlivostí, které využívají pro kolonizaci stromu agregačními feromony (BYERS 1996). V lesním porostu se kůrovci řídí podle vylučovaných primárních atraktantů , zejména terpenů. SCHIEBE (2011) uvádí jako hlavní α -pinen, který se uvolňuje z oslabených stromů v množství 10-20 mg/hod z jednoho stromu. Dalšími terpeny smrku jsou β -pinen, kamfen, limonen, carén atd. (ZUMR 1995). U pokusu SCHIEBEHO et al. (2019) se projevila u obou pohlaví lýkožrouta smrkového také silná odezva na trans-4-thujanol, další těkavé sloučeniny z kůry smrku.

Monoterpeny jsou sekundárními metabolity rostlin, které nehrají žádnou roli v základních rostlinných procesech. Rostliny je pouze produkují a nevyužívají je jako energetický zdroj nebo zásobní látky. Monoterpeny působí jako detoxikační faktory, morforegulátory, atraktanty nebo obranné látky. V rostlinách jsou syntetizovány v parenchymatických buňkách a následně ukládány ve vakuolách, v buněčné stěně nebo ve speciálních pletivech jako tzv. pryskyřičné buňky (DVOŘÁKOVÁ et al. 2011).

Sekundární metabolity jsou prekurzory agregačních feromonů. Pionýrský sameček lýkožrouta smrkového, který nalétává jako první na hostitele produkuje z agregačních feromonů 2-metyl-3 buten-2-ol a (4S)-cis-verbenol, jenž vzniká oxidací α -pinenu (ANDERSSON et al. 2010; SCHIEBE 2011). Produkce 2-metyl-3 buten-2-ol je závislá na pohlavním dospívání lýkožroutů a slouží k orientaci na krátké vzdálenosti a přistání na hostitelský strom (SCHLYTER & ANDERBRANT 1989). Primární agregační feromony, které tvoří 2-metyl-3 buten-2-ol a (4S)-cis-verbenol uvolňované při obsazování hostitele lákají obě pohlaví. Agregační feromony nemají za úkol jen přilákání obojího pohlaví, ale také upravují jejich poměr a řídí průběh kolonizace stromu. Po spáření samci snižují množství 2-metyl-3 buten-2-ol a produkují další feromony, a to ipsenol a ipsdienol, které spolu s verbenonem vylučovaného samicemi regulují hustotu napadení a ukončují kolonizaci (Obr.6). Tím dochází k napadení sousedních stromů dalšími lýkožrouty (JAKUŠ & BLAŽENEC et al. 2015). WERMELINGER (2004) uvádí, že lýkožrout smrkový produkuje i repelentní feromony pokud je strom nevhodný po nálet.



Obr. 6: Zjednodušený nálet na stromy – Fáze osídlování smrku lýkožroutem smrkovým na základě chemických signálů ovlivňujících chování podle Vitě.

(Zdroj: *Principy ochrany dospělých smrkových porostů před podkorním hmyzem*, 2015)

3.3 Semiochemikálie

Semiochemikálie jsou chemické látky, které jsou využívány živými organismy ke komunikaci. Tyto chemické látky lze rozdělit na feromony, které slouží ke komunikaci mezi organismy uvnitř druhu a allelochemikálie zajišťující komunikaci mezidruhovou. Allelochemikálie se dělí na allomony, které jsou užitečné pro odesílatele, kairomony, z nichž má prospěch příjemce a třetí jsou oboustranně výhodné synonymy. Feromony jsou tvořeny směsí syntetických látek daného poměru. Dělí se na releaser feromony, nebo-li spouštěče působící na smyslové orgány a způsobující bezprostřední změnu chování. (sexuální, agregační, stopovací, disperzní, značkovací, identifikační). Druhým typem jsou primer feromony tzv. působky, které způsobují dlouhodobé fyziologické změny. Jednotlivé typy semiochemikálií jsou lýkožroutem smrkovým vnímány čichovými orgány tj. tykadly. Jejich součástí jsou axony, které vedou impulsy do centrální nervové soustavy.

3.3.1 Použití a typy odparníků feromonů a antiatraktantů

Feromony a atraktanty se používají v ochraně lesa ve formě odparníků, jejichž úkolem je postupné uvolňování aktivních látek a jejich ochrana před možným rozkladem působením slunečního záření a vyšších teplot. Proto se používají materiály, které umožní výpar nebo se do jednotlivých směsí přidají chemické stabilizátory (JAKUŠ & BLAŽENEC et al. 2015). Přidáním verbenonu do návnad s 2-metyl-3 buten-2-ol a (4S)-cis-verbenol se sníží přitažlivost samců (SCHLYTER & ANDERBRANT 1989). Odparníky se dělí na fóliové (Pheroprax), alufánové s papírovým knotem (IT Ecolure), ampulkové (Pheroprax Ampulle, IT Ecolure Tubus), odparníky v nádobkách, lahvičkové s knotem a lineární . Odparníky s feromony se většinou umísťují do

feromonových lapačů a s antiatraktanty uchyťme na stromy (JAKUŠ & BLAŽENEC et al. 2015).

3.3.2 Způsoby rozmístění feromonových lapačů proti lýkožroutu smrkovému – stupně ochrany

Feromonové lapače lze použít jednotlivě nebo ve formě bariér. Jednotlivé rozmístění feromonových lapačů se využívá na kontrolu populační hustoty kůrovců. Nelze s tímto umístěním uvažovat jako o obranném opatření, a to z několika důvodů. Jedním z nich je, že při použití odparníků s vysokou dávkou účinných látek může dojít k napadení okolních stromů zejména u oslabených porostů.

Dalším nebezpečím je naplnění sběrných nádob feromonových lapačů v krátké době, což vede k opačnému efektu a náletu kůrovců na okolní stromy. Pokud dle výše uvedených důvodů selže toto opatření, nelze ho v tomto okamžiku ničím nahradit. Druhou formou je použití bariér feromonových lapačů, kdy vzdálenost mezi lapači by měla být mezi 12-20m a 20-25m od nejbližšího zdravého stromu. Tyto bariéry umísťujeme podélně se stěnou porostu v počtu minimálně 2 kusů do míst, kde lýkožrouti přezimují. Tyto místa se nacházejí v částech lesa, které byly silně napadeny lýkožrouty v předcházejícím roce. Právě čerstvé porostní stěny, které jsou osluněné jsou největším lákadlem pro lýkožrouta smrkového. Atraktivita lokality se ještě zvýší působením aktivních látek obsažených v odparnicích feromonových lapačů společně s primárními atraktanty čerstvých porostních stěn. Při instalaci lapačů musíme také zohlednit směr převládajícího větru. Důležité je umístit feromonové lapače na slunná místa a na vhodnou expozici, jelikož zastínění a chladná místa snižují potřebný účinný efekt. Tato metoda, která je součástí integrované ochrany lesa se ukázala vhodná při klasickém i rozsáhlém kalamitním přemnožení lýkožrouta smrkového. Jejím správným použitím můžeme dosáhnout snížení počtu napadených stromů a ztlumení celkového tlaku napadení porostních stěn kůrovci (JAKUŠ & BLAŽENEC et al. 2015). Při pokusu na Pořaně BLAŽENEC et al. (2021) dokázali, že kombinací nízkých úrovní směsí cis-verbenolu (zaměřené na samce) a vysokých úrovní směsí cV (zaměřených na samice) zvýšíme účinnost bariér feromonových lapačů a dále dosáhneme sníženou disperzi kolem bariéry, čímž se snižuje riziko útoku na stromy v okolí.

Účinnost bariér feromonových lapačů je závislá i na provedení kvalitní asanační těžby. Někteří odborníci ochrany lesa tvrdí, že touto metodou lze odchyťit pouze do 30% populace lýkožrouta. Na druhou stranu snížením množství napadající populace lýkožrouta smrkového použitím bariér můžeme zvýšit obranyschopnost jednotlivých stromů, které dokážou odolat menšímu napadení zalitím aktivních kůrovců pryskyřicí. (JAKUŠ & BLAŽENEC et al. 2015).

Podle hustoty populace lýkožrouta smrkového, zdravotního stavu porostů, odbornosti personálu a ekonomických možností můžeme zvolit stupeň ochrany pomocí bariér feromonových lapačů. Vysokou účinnost dosáhneme při nejbližší vzdálenosti mezi lapači a kombinací feromonových odparníků.

Stupně ochrany proti lýkožroutu smrkovému:

- I. stupeň** - nejjednodušší, účinný i při vysoké populaci, jednoduchá bariéra s jedním typem odparníku,
- II. stupeň** - jednoduchá bariéra, kombinace normálního feromonového odparníku a odparníku se zvýšeným odchytem samců např. IT Ecolure Extra, snížení náletu na stromy, odchytení optimálního poměru pohlaví lýkožroutů, někdy se využívá metoda umístění odparníku se zvýšeným odchytem samců do každého třetího feromonového lapače,
- III. stupeň** - maximální efektivnost množství lapačů u porostní stěny a jejich sdružení do trojúhelníkových útvarů, použití jednoho druhu odparníku, využití při velké populaci lýkožroutů,
- IV. stupeň** – využití na nejvíce kalamitních lokalitách, kombinace běžného feromonového odparníku a odparníku se zvýšeným odchytem samců např. IT Ecolure Extra, sdružení do trojúhelníkových útvarů, odparník se zvýšeným odchytem samců se instaluje do lapače co nejbliže k porostu a do ostatních dvou v trojúhelníku se umístí běžné odparníky.

Dále je možnost využití feromonových lapačů do větších ohnisek napadení, kde jejich vzdálenost od nejbližšího zdravého stromu nesmí klesnout pod 10m. Lapače je optimální instalovat ve dvou. Jeden s běžným odparníkem a druhý s odparníkem se zvýšeným odchytem samců (JAKUŠ & BLAŽENEC et al. 2015).

3.3.3 Anti-atraktanty

Použití anti-atraktantů je stále ve fázi výzkumu. Odparníky jsou složeny ze směsí syntetických látek kolonizovaného smrku a volatilních látek listnáčů (JAKUŠ & BLAŽENEC et al. 2015). Tyto těkavé látky GLV (green leaves volatiles) jsou deriváty mastných kyselin, které jsou téměř všude přítomné v zelených listech a mají silnou vůni čerstvě posečené trávy . Biologicky působí jako signální molekuly – rostliny je uvolňují, když jsou napadeny býložravci, aby signalizovaly jejich přítomnost predátorům nebo jako signál pro vedlejší rostliny, aby zaujaly další linii obrany. V březových listech byly nalezeny těkavé látky (Z) -3-Hexen-1-ol a 1-hexanol a obě sloučeniny snížily přitažlivost lýkožroutů k jejich feromonu (BYERS et al. 1998).

Nejvhodnější směsí pro lýkožrouta smrkového jsou tři těkavé látky zelených listů GLV obsažených v bříze a osice, a to 1-hexanol, (Z) -3-hexen-1-ol a (E) -2-hexen-1-ol a dva alkoholy C8 – 3-oktanol a 1-okten-3-ol. Aktivitu směsi ještě zvýší sloučeniny trans-conophtorinu (volatilní látka v kůře listnáčů) a verbenonu (SCHIEBE et al. 2011). Avšak pro vysoké náklady se v této směsi nahradí čistý trans-conophtorin technickým trans-conophtorinem a tři složky GLV pouze 1-hexanolem (UNELIUS et al. 2014).

Anti-atraktanty se umísťují na kmen a kombinují se s bariérou feromonových lapačů, která odchyťává odpuzované lýkožrouty touto směsí látek (JAKUŠ & BLAŽENEC et al. 2015).

3.3.3.1 Vhodnost použití anti-atraktantů

Nejvhodnější použití anti-atraktantů je na porostních stěnách porostů starších 50 let se zastoupením smrku větším než 50%. Provedení této metody ochrany smrkových porostů se aplikuje na atraktivních lokalitách, kde předpokládáme nálet lýkožroutů na porostní stěny. Atraktivními lokalitami jsou myšleny ty části lesa, kde byla provedena nahodilá těžba. Úspěšné použití anti-atraktantů instalovaných na tyčích mezi jednotlivými stromy bylo také u proředených odumírajících smrkových porostů (JAKUŠ & BLAŽENEC et al. 2015).

Limitující pro tuto metodu je však výskyt aktivních kůrovcových stromů a narušení ošetřené porostní stěny vývratem nebo zlomem, které jsou atraktivní pro nálet lýkožrouta smrkového. JAKUŠ et al. (2011) uvádí, že správným použitím anti-atraktantů můžeme dosáhnout až 73% snížení mortality smrků v aktivní porostní stěně porostu. Z větší intenzitou aplikace roste předpoklad většího účinku (JAKUŠ & BLAŽENEC et al. 2015).

3.3.3.2 Metodika aplikace anti-atraktantů

Základem pro použití anti-atraktantů je odstranění všech napadených stromů, atraktivní hmoty, čerstvých nezpracovaných zlomů, vývratů a odstranění těžebních zbytků z dané lokality. Starší nezpracovaná hmota pro použití této metody není rizikem (JAKUŠ & BLAŽENEC et al. 2015).

Intenzita umístění anti-atraktantů se dělí na tři stupně. V prvním stupni se anti-atraktanty umístí v první řadě stromů porostní stěny na každý druhý strom, ve druhém stupni budou v první řadě na všech stromech a ve třetím stupni se umístí na všechny stromy prvních dvou řad stromů aktivní porostní stěny. Čím více anti-atraktantů aplikujeme, tím je větší jejich účinnost. Z důvodu velké pracnosti při umístění odparníků z anti-atraktanty je třetí stupeň limitující (JAKUŠ & BLAŽENEC et al. 2015).

Tyto odparníky umístíme dle stupně aplikace do výšky 2m a 5m na kmen stromu. Jejich účinnost je osm týdnů. Pokud se jedná o celosezónní lineární dispenzor, tak ten se upevňuje do výšky až 20m pomocí teleskopické tyče. Nejlépe je použít tuto metodu před jarním rojením, kdy se v porostní stěně nevyskytují ještě aktivní kůrovcové stromy. Je důležité použít ochranu porostů anti-atraktanty na homogenních porostních stěnách v kombinaci s bariérami feromonových lapačů, do kterých se soustředí nálet lýkožrouta smrkového (JAKUŠ & BLAŽENEC et al. 2015).

3.3.3.3 Vývoj anti-atraktantů a výsledky jejich použití v praxi

První pokusy použití anti-atraktantů proběhly v roce 1992 ve Švédsku na borovici lesní a v Belgii na smrku ztepilém. V této kapitole se budu zabývat pouze pokusy s anti-atraktanty na smrku. Postupně tyto jednotlivé experimenty probíhaly v těchto časových obdobích:

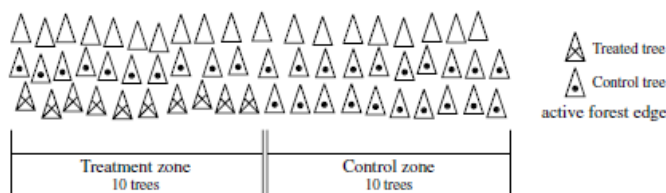
1. *Belgie jaro 1992 (Wellin na úpatí Arden)*

Testovány byly účinky verbenonu ve třech úrovních dávky, a to 1; 0,1 a 0,01g v prášku (90% čistý verbenon) smíchaný s vodou a nastříkané na smrkové kulatiny o délce 1m, uložené 10m od nejbližšího stojícího stromu. Celkem byly instalovány na dvou místech vzdálené od sebe 1km dvě kompletní sady po 16 testovacích kulatinách tj. 4 kulatiny ve 4 skupinách, z nichž každá je složena ze třech úrovní dávek verbenonu a jedné kontrolní. Jelikož v okolí bylo spousta smrkových polomů, pokácených stromů a skládek došlo jen na 2 nálety na experimentální bloky. Celkově byl tento experiment pouze částečně úspěšný, kdy byl zjištěn slabý účinek dávky verbenonu. Tato velikost dávky, však nepostačuje ochraně hostitele uvolňující primární feromony (JAKUŠ et al. 2003).

2. *Spišská Nová Ves 1995*

Experiment probíhal v červenci, měsíc po větrné kalamitě. Testovány byly ve třech úrovních tři páry stromů, z nichž každý druhý byl kontrolní. Byly použity odparníky PE-sáčky, kde v jednom byl verbenon s uvolňováním 13 mg/den a ve druhém s uvolňováním 36 mg/den. Odparníky byly umístěny na kmen ze stinné strany na rozhraní suchých a zelených větví. Výsledkem bylo silné napadení polomů lýkožroutem smrkovým a neúčinná ochrana při použití výše uvedeného odparníku. Patrný rozdíl byl pouze na stromech s vyšší dávkou verbenonu, kde počet závrťů se pohyboval mezi 0,1 – 0,25 závrťů/dm² oproti kontrolním stromům s napadením mezi 0,65 – 1,7 závrťů/dm². Při vlhkém počasí došlo u dvou odparníků ke slepení stěn PE-sáčků, což mohlo mít také vliv na celkové uvolňování verbenonu.

Další pokus zde pokračoval od poloviny července do srpna. Byly vybrány porostní stěny silně ovlivněné napadením lýkožroutem smrkovým při jarním rojení. Všechny kůrovcové stromy na experimentálních plochách byly pokáceny, odkorněny nebo asanovány. Každá tato plocha se skládala z ošetřeného bloku, který tvořilo 10 ošetřených stromů v první řadě porostní stěny a 10 neošetřených stromů ve druhé řadě a dále kontrolní blok sousedící s ošetřenou částí (Obr. 7), který měl stejný design, ale byl bez dávkovačů s verbenonem. Odparníky s verbenonem se instalovaly na stromy na zastíněnou část do 2m výšky. Na třech experimentálních plochách byly použity odparníky s uvolňováním verbenonu 13 mg/den a další tři plochy s uvolňováním 72 mg/den. Experiment měl opět záporný výsledek, jelikož mortalita stromů byla na některých plochách až 68% (JAKUŠ et al. 2003).



Obr. 7: Rozložení ošetřených a kontrolních stromů na experimentální ploše Spišská Nová Ves 1995. (Zdroj: *Anzeiger für Schädlingskunde, Journal of Pest Science*)

3. Letecká aplikace Slovensko – Poľana 1997

Tato oblast byla silně poškozena větrem v roce 1996. Dříví se nestačilo včas zpracovat, tak byl nejprve proveden letecký postřik insekticidy s 0,7% roztokem pyrethroidů. Dále se vybraly čtyři samostatné čerstvé porostní stěny, kde byl aplikován letecký postřik suspenzí IT-REPELENT, která obsahovala 10% verbenon s 20 denním uvolňováním. Disperze IT-REPELENT byla smíchána s vodou v poměru 1:50. Dalším obranným krokem byla instalace bariér feromonových lapačů a veškerý účinek byl porovnáván s neošetřenými kontrolními plochami. Experiment nebyl úspěšný z důvodu výskytu nízké populace lýkožrouta smrkového a také se do suspenze nepřidalo barvivo k lepší kontrole pokrytí kmenů suspenzí, což se ukázalo velkou chybou. Došlo se k závěru, že pravděpodobně velká část suspenze zůstala zachycená pouze v korunách smrků (JAKUŠ et al. 2003).

4. Spišská Nová Ves 1998 a 2007

Pro tento pokus byly použity odparníky IT-REP s verbenonem a trans-conophthorinem (40 cm) a lapače Phero Tech . Experiment se skládal ze 3 variant a 6 replikací. Jako první varianta se použil odparník IT-REP, druhou variantou byla kombinace s trans-conophthorinem a třetí byla kontrolní. Instalace odparníků se provedla na zastíněnou část uprostřed 1m dlouhých sekcí kmene, které byly od sebe vzdáleny minimálně 2m. Celkem se kontrolovalo 18 kmenů. Aplikací odparníku IT-REP v kombinaci s trans-conophthorinem se intenzita náletu lýkožrouta smrkového výrazně snížila (JAKUŠ et al. 2003).

5. Hyggestorp a Småland Švédsko 1999

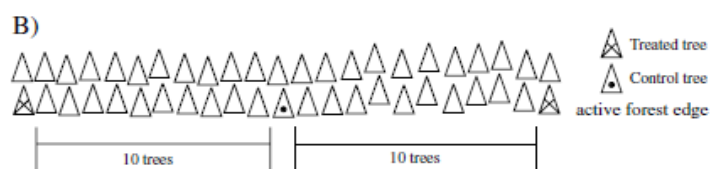
Ve Švédsku se opakovalo použití stejných anti-atraktantů jako na Slovensku v roce 1998. Pokus probíhal na dvou lokalitách vzdálených od sebe 2km. Na první lokalitě s velkou populací lýkožrouta smrkového se 1m dlouhé kulatiny umístily do 7 bloků po 10 kusech. Mezi bloky byla vzdálenost 10m a mezi jednotlivými kulatinami 5m. Na druhé lokalitě s nízkou populací lýkožrouta se anti-atraktanty neinstalovaly. Na první lokalitě ochrana anti-atraktanty nezafungovala a na druhé lokalitě k žádnému náletu nedošlo (JAKUŠ et al. 2003).

6. Spišská Nová Ves 1999

Při tomto experimentu se použily stejné odparníky s anti-atraktanty jako v roce 1998. Rozdíl byl v instalaci, kde v tomto roce se odparníky umístily na stromy doprostřed kmene jeho zastíněné části a nikoliv na 1m dlouhé sekce kmenů. Celkem se znovu použily tři varianty s 6 replikací tj. 18 stromů. Minimální vzdálenost mezi stromy je 10m. Ošetřené stromy se nacházely na okraji porostní stěny a kontrolní stromy se vybraly náhodně. Výsledek byl znovu negativní jako ve Švédsku, kdy došlo k velkému náletu celé porostní stěny lýkožroutem smrkovým (JAKUŠ et al. 2003).

7. Nová Bystrica – Kysuce Slovensko 1999

Na této lokalitě kůrovec silně napadl porosty v roce 1998. Zde se pro jarní experiment použily odparníky IT-REP a SYNREP, který je mu podobný, ale je zde navíc přidán trans-conophthorin. Pokus proběhl ve třech variantách po 12 stromech. První varianta s IT-REP, druhá se SYNREP a třetí kontrolní. Odparník se instaloval na do 2m výšky na zastíněnou část stromu, a to na každý jedenáctý strom v porostní stěně. Celkem se experiment skládal z 36 stromů. Napadeny byly pouze dva kontrolní a dva ošetřené stromy. I když bylo malé napadení ošetřených stromů, nelze vyvodit nějaké kladné závěry z důvodu nízké intenzity napadení lýkožrouty. Od července do října proběhl další experiment ve stejné lokalitě ve dvou variantách, a to ošetření a kontrola. Každá varianta se replikovala 16 krát a vzdálenost mezi každou dvojicí byla 10 stromů (Obr.8). Odparníky se zavěsily do výšky 2m a 7m na zastíněnou část stromu. V tomto pokusu se použila kombinace odparníků IT-REP a CONOMPLMx s trans-conophthorinem. Nízká intenzita náletu neumožňuje velké závěry jako v předchozím případě, i když byly napadeny pouze 2 ošetřené a 3 kontrolní stromy (JAKUŠ et al. 2003).



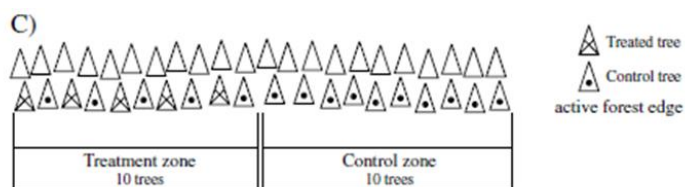
Obr. 8: Rozložení ošetřených a kontrolních stromů na experimentální ploše Nová Bystrica 1999. (Zdroj: *Anzeiger für Schädlingskunde, Journal of Pest Science*)

8. NP Šumava (Modrava), Wegierska Górka Polsko 2000

Na jaře se prováděli dva experimenty v silně zasažených oblastech lýkožroutem smrkovým, z nichž jeden byl na Šumavě a druhý v polských Slezských Beskydech. Na tento experiment se použil odparník ŠUMAVA01, který se skládal z kombinace odparníků IT-REP, CONOMPLMi s 5mm knotem, GLVs01 a švédských PE-sáčků C8 alkoholů 3-oktanol a 1-okten-3-ol v poměru 1:1 s uvolňováním 10mg/den. Dávkoř GLVs01 byl složen z C6 alkoholů, 1-hexanol, trans-2-hexen-1-ol a cis-3-hexen-1-ol s uvolňováním 10mg/den. Poměr těchto látek je 1:1:1. Na experiment bylo vybráno na

obou lokalitách 5 bloků, z nichž každý se skládal z 5 ošetřených stromů v první řadě porostní stěny. Ostatní stromy se stanovily jako kontrolní. Před pokusy se zpracovala veškerá nahodilá těžba v daných lokalitách, čímž vznikly nové, pro kůrovce atraktivní porostní stěny (Obr. 9). Odparníky se opět umístily do výšky 2m a 7m na zastíněnou část kmene. Celkově se každá experimentální plocha skládala 5 bloků x 2 úrovně x 10 stromů/blok. Pro obě lokality to bylo 200 stromů. Výsledky na Šumavě ukázaly snížení útoků lýkožrouta smrkového, až o 60% vlivem působení anti-atraktantů s verbenonem a těkavými látkami NHV. Částečné pozitivní výsledky byly i v Polsku, kde došlo k napadení pouze některých neošetřených stromů.

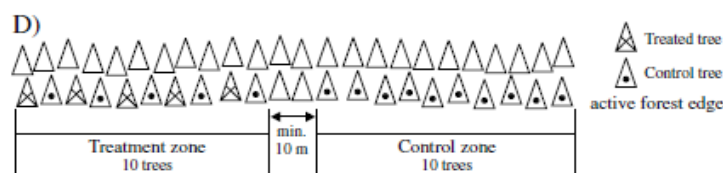
V létě se uskutečnil ve stejné lokalitě na Šumavě další experiment se stejnou metodikou jako na jaře. Použil se odparník ŠUMAVA02, který měl oproti předchozímu dávkovači rychlejší uvolňování C8 alkoholů a GLVs02, a to 20mg/den. Avšak z důvodu špatných klimatických podmínek byly nálety lýkožrouta smrkového velmi nízké. Došlo pouze k napadení 6 kontrolních stromů a jednoho v ošetřené části. Výsledkem bylo pozitivní snížení náletu lýkožrouty až o 80%, což však z důvodu nízkého napadení není statisticky významné (JAKUŠ et al. 2003).



Obr. 9: Rozložení ošetřených a kontrolních stromů na experimentální ploše NP Šumava 2000. (Zdroj: *Anzeiger für Schädlingskunde, Journal of Pest Science*)

9. NP Šumava 2001

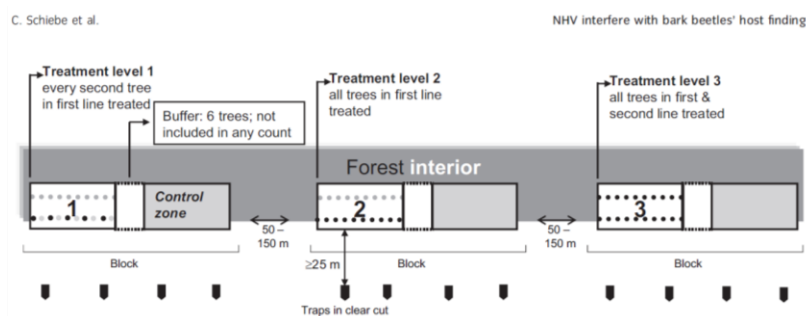
V tomto jarním experimentu jednotlivé dvojice ošetřeného a kontrolního stromu byly vzdáleny od čistě kontrolního bloku minimálně 10m (Obr. 10) a maximální vzdálenost dosahovala 100m. Celkem se provedlo 13 replikací ve dvou úrovních po 10 stromech na jednu replikaci, což celkově obsahovalo 260 stromů. Odparník se použil ŠUMAVA03, který obsahoval kombinaci IT-REP, CONOMPLMi, GLVs03 s jednou sloučeninou 1-hexanol a s hliníkovou fólií OKT s 1-okten-3-ol s uvolňováním 20mg/den. Výsledek byl znovu pozitivní, jelikož došlo ke snížení rizika útoků o 60%. (JAKUŠ et al. 2003).



Obr. 10: Rozložení ošetřených a kontrolních stromů na experimentální ploše NP Šumava 2001. (Zdroj: *Anzeiger für Schädlingskunde, Journal of Pest Science*)

10. Tatry - Slovensko 2006, 2007

Experimentální plochy se umístily do 70-100 letých porostů s jižní, jihovýchodní a jihozápadní expozicí. Tyto lokality byly ovlivněny vysokou populací kůrovců v centrální zóně národního parku TANAP a houbou *Armillaria mellea* (Vahl) P. Kumm. Jednotlivé bloky se skládaly z ošetřené a kontrolní sekce, které oddělovali vždy tři stromy a vzdálenost mezi bloky se pohybovala mezi 50-150m. Každou sekci tvořilo 20 stromů ve dvou řadách. Odparníky se směsí verbenonu (IT-REP) a těkavých látek NHV se instalovali na stromy ve 2m a 6m výšce na zastíněnou stranu kmene, a to ve dvou variantách. První varianta byla s odparníky na každém druhém stromu, druhá na všech stromech první řady a třetí na všech stromech první i druhé řady (Obr. 11). V každém roce 2006 a 2007 se provedl experiment na 3 blocích tří úrovní. Celkem se zkontrolovalo 720 stromů. Na všech lokalitách se instalovaly kontrolní feromonové lapače Ecotrap s feromonovými odparníky IT Ecolure a IT Ecolure Extra ve vzdálenosti 25m od porostní stěny. Jednou za týden se napadené stromy spočítaly a odstranily. I když byla velká celková úmrtnost stromů, v porovnání s ošetřenou nebo neošetřenou sekci došlo ke snížení mortality stromů u ošetřené části o 35-76% (SCHIEBE et al. 2011).



Obr. 11: Schéma použitých variant na experimentální ploše NP Tanap 2006 – 2007.
(Zdroj: *Journal of Applied Entomology*)

11. Småland Švédsko 2007

Experiment se prováděl v lokalitě, kde porosty byly silně napadeny v předchozím roce lýkožroutem smrkovým po vichřici „Gudrun“ z roku 2005. Vybraly se porosty ve stáří 60-90 let. Oproti pokusu na Slovensku se použily odparníky s anti-atraktanty jen v jedné variantě, a to na všech stromech první řady. Na třech místech se stanovilo 8 bloků na dvou různých porostních stěnách a 4 bloky na stejné smrkové porostní stěně. Uvnitř bloků byly ošetřené a kontrolní zóny o počtu 10 stromů, které spolu navzájem nesousedily. Vzdálenost mezi bloky činila pět stromů nebo 10m. Dva odparníky se instalovaly zjednodušenou formou pouze na kmen do 2m výšky. Téměř všechny nálety při nízké populaci lýkožrouta smrkového směřovaly 15-30m mimo experimentální plochy (SCHIEBE et al. 2011).

12. Potštát (VVP Libavá) 2018

Tento pokus se prováděl na experimentálních plochách, kde porostní stěna vznikla po velké kalamitní těžbě. Na deseti lokalitách s blokem složeným ze tří částí. V

experimentu se sledovaly první 2 řady stromů porostní stěny, před kterou byly rovnoběžně instalovány 4 feromonové lapače. Na každé části experimentálního bloku bylo 10 stromů v první řadě a 10 stromů v druhé řadě. Ošetření v každém bloku obsahovalo první část ošetřenou anti-atraktanty, druhou část odklonu (bez ošetření) a třetí část kontrolní (bez ošetření). Tato plocha navazovala na ošetřenou část a sloužila na určení intenzity následného přeměrovávání náletu z ošetřené části. V rámci pokusu se na polovinu bloků v ošetřené části instalovaly odparníky s anti-atraktanty na kmen jen do výše 8m a u druhé poloviny bloků dva odparníky s anti-atraktanty na kmen do výšky 1,2m a 8m. Nálet lýkožrouta smrkového na porostní stěny byl kontrolován každých 10 dní v závislosti na klimatických podmínkách. Při kontrole byl také zaevidován počet napadených stromů a odebráno odchycené množství kůrovců z instalovaných feromonových lapačů. Odparník s anti-atraktanty se skládal ze směsi: verbenon, cineol, conophotorin a GLV (těkavé látky ze zelených listů), v poměru 60 % : 40 % : 0,2% : 15 % s uvolňováním 50 mg / den. Výsledky aplikace anti-atraktantů nebyly statisticky významné. Je zde pouze viditelný trend větší účinnosti varianty s anti-atraktanty v jedné výšce (KAŠPAR 2019).

Závěrem lze říci, že použití odparníků s čistým verbenonem nebylo úspěšné. Až se zvyšováním dávek verbenonu docházelo k mírnému snížení hustoty útoků lýkožroutem smrkovým. Avšak tato aplikace není vhodná z praktického i ekonomického hlediska. Použitím anti-atraktantů se směsí verbenonu a NHV (GLV, C8-alkoholy a trans-conophotorin) na Šumavě v roce 2000 a 2001 došlo k výraznému, ale nikoliv absolutnímu snížení útoků lýkožroutů na smrkové porostní stěny.

4 MATERIÁL A METODIKA

4.1 Všeobecný popis experimentálních ploch

VVP Libavá

Vojenských lesy a statky ČR, s.p. jsou složeny z pěti organizačních částí, z nichž jedna je divize Lipník nad Bečvou, která obhospodařuje 22.975 ha lesa zejména na území Vojenského výcvikového prostoru Libavá. Tato divize se organizačně člení na pět lesních správ (Libavá, Potštát, Velký Újezd, Hlubočky, Bruntál) a Správu služeb Lipník nad Bečvou. Lesní správu Bruntál dále tvoří odloučené lesní úseky v okresech Bruntál, Nový Jičín, Frýdek-Místek, Opava a Vsetín, kde se nachází účelová zařízení Armády ČR.

Náhorní rovinu Oderských vrchů dlouhodobě tvořily kvalitní rozsáhlé smrkové porosty. Vlivem velkých klimatických změn došlo k jejich masivnímu rozpadu, ve všech věkových stupních. Příkré svahy k řekám Bečvě a Bystřici pokrývají listnaté lesy. Vliv na tento rozpad smrkových porostů měly větrná vichřice v roce 1991 a potom orkány Kyrill v roce 2007 a Emma v následujícím roce 2008. Jedním z největších faktorů podílejících se na rozpadu porostů byl také dlouhodobý nedostatek srážek, které se pohybovaly na polovině průměrných ročních srážek, jež původně byla jejich výše okolo 850 mm/rok. Výjimkou byl rok 2010, kdy spadlo v této oblasti 982,8 mm/rok. Avšak vláhový deficit byl za poslední roky velmi znatelný (2015 – 424,5 mm/rok). Došlo k velkému nárůstu nahodilých těžeb, které vygradovaly v roce 2017 až ke zpracování více než 1 mil. m³ kalamitního dříví (KAŠPAR 2019).

Lesní správa Velký Újezd - experimenty v roce 2019

Lesní hospodářský celek Velký Újezd leží v Olomouckém kraji, v okresech Olomouc a Přerov, severně od města Lipník nad Bečvou. Má poměrně členité území nepravidelného tvaru. Celek zaujímá jihovýchodní část VVP Libavá. LHC je arondovaný a je organizační součástí VLS ČR s.p., divize Lipník nad Bečvou.

LHC Velký Újezd leží v jižním cípu podhůří Nížkého Jeseníku. Nejnižší místo cca 320 m n.m. se nachází v jižní části lesní správy, severně od obce Dolní Újezd. Naopak nejvyšší místo lesní správy je kóta 661 m n.m. je v SV cípu LS nedaleko křižovatky Zelený kříž. Hlavní hřeben ve směru V-Z je prořat několika údolími ve směru S-J. Z hlediska hydrografického náleží LHC Velký Újezd do povodí řeky Bystřice a Bečva. Z hlediska vymezení přírodních lesních oblastí je LHC zahrnut do PLO 29 – Nízký Jeseník.

Z hlediska klimatických poměrů je území LHC Velký Újezd součástí přechodné oblasti střeoevropského klimatu, mírně teplé, s mírným létem a s poměrně mírnou zimou. Klimatické poměry LHC jsou výrazně ovlivněny podnebím sousedních teplých nížinných oblastí. Vzhledem k vertikálním rozdílům nadmořských výšek dochází často k dosti velkým lokálním odchylkám. Z klimatického hlediska je významný výskyt inverzních poloh a mrazových kotlin, a to především v uzavřených údolních a stinných polohách, s omezeným prouděním vzduchu a vyšší půdní i vzdušnou vlhkostí. LHC Velký Újezd má v porovnání s jinými celky divize Lipník nad Bečvou sušší a teplejší

klima, zejména v J části, která je ovlivňována klimatem Hornomoravského úvalu. Severní část je ovlivňována vlhčím a chladnějším klimatem Jesenické oblasti. Průměrná roční teplota se pohybuje v rozmezí 6- 8 °C. Ve vegetační době (IV - IX), 12 - 14 °C. Průměrný roční úhrn srážek se pohybuje v rozmezí 610 - 800 mm, ve vegetačním období 380 - 490 mm. LHC Velký Újezd je díky značné členitosti terénu rozdělen do tří lesních vegetačních stupňů : LVS 3 dubobukový, LVS 4 bukový, LVS 5 jedlobukový (LHP LHC Velký Újezd 2012).

Lesní správa Potštát - experimenty v roce 2020

Lesní hospodářský celek Potštát leží v Olomouckém kraji v okresech Olomouc a Přerov. Je organizační jednotkou Vojenských lesů a statků ČR s.p., divize Lipník nad Bečvou. Území lesní správy je součástí celku Nížký Jeseník a podcelků Domašovská vrchovina, Oderské vrchy a Vítkovská vrchovina. Terén je zde velmi členitý s poměrně velkým rozpětím nadmořských výšek (370-661 m. n. m.). Jihozápadní část je méně členitá než část severovýchodní a pozvolna přechází do náhorní roviny. V údolích je mnoho potoků, které ústí do řeky Odry.

Území lesní správy Potštát je součástí přechodové oblasti středoevropského klimatu, mírně teplé, s mírným létem a poměrně mírnou zimou s charakteristickými krátkodobými extrémními výkyvy, což neplatí v posledních letech. Geologicky je území tvořeno kulmskou drobou, pískovci, slepenci a jílovitými břidlicemi. Na území lesní správy převažuje 5. LVS – jedlobukový, s největším zastoupením společenstev živné řady. Celá lesní správa náleží do přírodní lesní oblasti č. 29 – Nížký Jeseník (KAŠPAR 2019).

4.2 Odparníky

V roce 2019 jsme při pokusech použili odparníky feromonů a anti-atraktantů připravené firmou Fytofarm s.r.o. Na pokusy v roce 2020 byli použity feromonové odparníky od společnosti BASF, společnosti Synergy Semiochemicals corporation a odparníky vyrobené na FLD, ČZU v Praze.

4.2.1 Rok 2019: Odparníky feromonů a anti-atraktantů od společnosti Fytofarm s.r.o.

V roce 2019 jsme se zaměřili na testování účinnosti odparníků anti-atraktantů s vyloučením aktivní látky „verbenon“.

Jako atraktanty, byli ve feromonových lapačích použité komerční feromonové odparníky – IT ECOLURE EXTRA (Fytofarm, s.r.o), které obsahují syntetické agregační feromony, založené na kombinaci biologických látek s lákavým účinkem na lýkožrouta

smrkového. Tyto agregační feromony obsažené v destičce z buničiny jsou po odštížení spodní části postupně uvolňovány a lákají obě pohlaví.

Na ochranu porostních stěn a při experimentech jsme použili experimentální odparníky anti-atraktantů ve formulaci „TUBUS“, které připravila na zakázku společnost Fytofarm, s.r.o. Nominální výpar odparníku byl 50 mg / den. Odparníky měli tedy formu tubusu a byli modifikací experimentálního odparníku IT REP (SCHIEBE et al. 2011).

Složení experimentálních odparníků anti-atraktantů, které byly použité v roce 2019 je uvedeno v následující tabulce Tab. 1.

Experimentální směsi	Směs A	Směs B	Směs C
trans-conophtorin	0,01	0,01	0,01
1-okten-3-ol	0,7	0,7	0,97
3-oktanol	1,05	1,05	1,3
hexanol	0,69	0,69	1,22
verbenon	1,05		
cineol		1,05	
Celkem	3,5	3,5	3,5

Tab. 1: Náplň experimentálních odparníků anti-atraktantů použitých v roce 2019 v ml.
(Zdroj: Extemit - K)

4.2.2 Rok 2020: Testování nového odparníku anti-atraktantu vyvinutého ve spolupráci se společností Synergy Semiochemicals corporation.

V roce 2020 jsme se zaměřili na testování nového odparníku „Synergy device 3525“ a testování nové potenciální účinné látky „thujanol“.

Nové odparníky se připravily ve spolupráci s firmou Synergy Semiochemicals corporation. Experimentální odparník „Synergy device 3525“ obsahoval složky cineol, 3-octanol, 1-octene-3-ol, hexanol a trans-conophtorin v poměru jako u testovaného odparníku (směs B) v roce 2019. Nominální výpar byl 120mg / den a plánovaná doba účinnosti 55 dní.

Na další pokusné zvýšení účinnosti jsme použili, již v praxi použité 2 druhy odparníků s další potencionální synergickou látkou „thujanol“. Odparníky byly připraveny na FLD, ČZU v Praze. Jejich nominální výpar byl 0,1 a 1 mg/den.

Jako atraktanty ve feromonových lapačích se použily komerční feromonové odparníky – Pheropax (BASF).

4.3 Použití směsí anti-atraktantů

4.3.1 Pokusy směsí anti-atraktantů v roce 2019

4.3.1.1 Experimentální design

Jaro 2019

Na tento pokus bylo použito 5 feromonových lapačů typu Theysohn. Vzdálenost mezi jednotlivými lapači byla přibližně 12m a jejich vzdálenost od porostní stěny minimálně 15m.

Jednotlivé varianty pokusu jsou uvedeny v Tab. 2. V době experimentu se 5 krát měnily pozice experimentálních odparníků a jejich výměny byly provedeny náhodně metodou latinského čtverce. Pozice se měnili, když při kontrole v každém lapači byl alespoň jeden lýkožrout.

Varianta	Atraktant	Anti-atraktant
A	IT Ecolure Extra	Směs A
B	IT Ecolure Extra	Směs B
C	IT Ecolure Extra	
D	IT Ecolure Extra	Směs C
E		

Tab. 2: Varianty pokusu použité na jaře 2019.

(Zdroj: Extemit - K)

Podzim 2019

Na tento pokus jsme použili 4 feromonové lapače typu Theysohn. Vzdálenost mezi jednotlivými lapači byla přibližně 12m a jejich vzdálenost od porostní stěny minimálně 15m.

Jednotlivé varianty pokusu jsou uvedeny v Tab. 3. V době experimentu se 4 krát měnili pozice experimentálních odparníků a jejich výměny byly provedeny náhodně metodou latinského čtverce. Pozice se měnili, když při kontrole v každém lapači byl alespoň jeden lýkožrout.

Varianta	Atraktant	Anti-atraktant
A	IT Ecolure Extra	Směs A
B	IT Ecolure Extra	Směs B
C	IT Ecolure Extra	Směs C
D	IT Ecolure Extra	

Tab. 3: Varianty pokusu použité na podzim 2019.

(Zdroj: Extemit - K)

4.3.1.2 Popis porostu

Porost 81 A5 – HS 446, věk 50, zakmenění 9, zastoupení SM 30%, plocha porostu 1,86 ha, LT – 3S1, bonita 28, zásoba 85 m³/ha, nadmořská výška 480 m.n.m., expozice Z

4.3.2 Pokusy směsí antiatraktantů v roce 2020

4.3.2.1 Experimentální design

Na pokus bylo použito 14 feromonových lapačů typu Theysohn ve dvou řadách. První řada lapačů byla instalována přibližně 15 m od porostní stěny. Vzdálenost mezi jednotlivými lapači v jedné řadě byla 12 m. Lapače v první řadě od porostní stěny byli pasivní (bez odparníků). Druhá řada lapačů byla vzdálená od první řady 2 m (Obr. 12, Obr.13).

Jednotlivé varianty pokusu jsou uvedené v Tab. 4. Po dobu experimentu se několikrát měnili pozice experimentálních odparníků a jejich výměna byla provedena náhodně metodou latinského čtverce. Pozice se měnili, když při kontrole v každém lapači v druhé řadě byl alespoň jeden lýkožrout.

Varianta	A	B	C	D	E	F	G
Pheroprax	Ano	Ano	Ano	Ano	Ano	Ano	
Synergy device 3525		Ano	Ano	Ano			
Thujanol 0,1			Ano		Ano		
Thujanol 1				Ano		Ano	

Tab. 4: Varianty pokusu použité na podzim 2020.
(Zdroj: Extemit - K)



Obr.12: Instalovaná dvojice feromonových lapačů s různými směsí feromonů a anti-atraktantů v porostu 328B2. (Zdroj: vlastní foto, 2020)



Obr. 13: Instalovaná bariéra feromonových lapačů v porostu 328 B2. (Zdroj: vlastní foto, 2020)

4.3.2.2 Popis porostu

Porost 328 B2b – HS 561, věk 19, zakmenění 9, zastoupení SM 85%, plocha porostu 12,25 ha, LT – 5P1, bonita 34, zásoba 98 m³/ha, nadmořská výška 600 m.n.m., expozice SZ

4.3.3 Pokusy s ochranou porostních stěn v roce 2019

4.3.3.1 Experimentální design

Pokusy byli zaměřené na pilotní testování nových účinných směsí na stojících stromech. Začátek pokusu byl zahájen 13.8 2019. Vybrali jsme segmenty porostních stěn, kde byl předpoklad náletu lýkožrouta smrkového. Šlo o porostní okraje po nahodilé těžbě v roce 2019 orientované na jih a východ. Segment porostní stěny se skládal z 12 stromů (Obr. 15). Testovali jsme 4 experimentální varianty uvedené v Tab. 5 (A, B, C, D). Na každý strom se umístili 2 odparníky (Obr.16). Mezi stromy s experimentálními odparníky byli 2 stromy, které nebyli ošetřené. Pozice experimentálních variant byla na každé lokalitě jiná. Na určení pozic jsme použili metodu latinského čtverce. Ke každému segmentu byli přiřazené 4 feromonové lapače na monitoring populace lýkožrouta smrkového (Obr. 14). Pokus jsme opakovali 5 krát na všech lokalitách (A, B, C, D).

Varianta	Anti-atraktant
A	Směs A
B	Směs B
C	Směs C
D	

Tab. 5: Varianty pokusu použité v roce 2019.
(Zdroj: Extemit - K)



Obr. 14: Experimentální plocha v porostu 32 B6. (Zdroj: vlastní foto, 2019)



Obr. 15: Označení stromů na experimentální ploše v porostu 32 B6. (Zdroj: vlastní foto, 2019)



Obr. 16: Instalovaná směs anti-atraktantů na stromě. (Zdroj: vlastní foto, 2019)

4.3.3.2 Popis porostů

Lokalita A – porost 32 B6 – HS 541, věk 58, zakmenění 10, zastoupení SM 99%, plocha porostu 12,17 ha, LT – 5S1, bonita 32, zásoba 482 m³/ha, nadmořská výška 640 m.n.m., expozice JZ

Lokalita B – porost 68 A6a – HS 541, věk 60, zakmenění 9, zastoupení SM 95%, plocha porostu 11,53 ha, LT – 5S1, bonita 34, zásoba 430 m³/ha, nadmořská výška 610 m.n.m., expozice JZ

Lokalita C – porost 83 A5 – HS 441, věk 45, zakmenění 10, zastoupení SM 70%, plocha porostu 5,90 ha, LT – 3S1, bonita 28, zásoba 204 m³/ha, nadmořská výška 480 m.n.m., expozice V

Lokalita D – porost 82 A8 – HS 441, věk 71, zakmenění 9, zastoupení SM 70%, plocha porostu 11,98 ha, LT – 3S1, bonita 32, zásoba 335 m³/ha, nadmořská výška 480 m.n.m., expozice J

Lokalita E – porost 80 A10 – HS 441, věk 95, zakmenění 9, zastoupení SM 80%, plocha porostu 11,46 ha, LT – 3S1, bonita 30, zásoba 427 m³/ha, nadmořská výška 420 m.n.m., expozice V

4.3.4 Pokusy s ochranou porostních stěn v roce 2020

4.3.4.1 Experimentální design

Pokusy byly zaměřené na pilotní testování nových účinných směsí na stojících stromech a na pilotní použití anti-atraktantů bez použití bariér feromonových lapačů.

Pokus byl zahájen 22.8 2020. Na pokus jsme vybrali segmenty porostních stěn, kde byl předpoklad náletu lýkožrouta smrkového (Obr. 17). Šlo o různě orientované porostní okraje, které vznikly zpracováním nahodilé těžby v tomto roce. Na 2 stromy v druhé řadě od porostní stěny jsme umístili po jednom odparníku Synergy device 3525 a jednom odparníku thujanol 1 (Obr. 18, Obr. 19). Pokus byl proveden na 11 lokalitách (A, B, C, D, E....K).



Obr. 17: Experimentální porostní stěna v porostu 361 B3. (Zdroj: vlastní foto, 2020)



Obr. 18: Označení lokality a vyvěšená směs s anti-atraktanty. (Zdroj: vlastní foto, 2020)



Obr. 19: Instalované směsi s anti-atraktanty na jedné z lokalit. (Zdroj: vlastní foto, 2020)

4.3.4.2 Popis porostů

Lokalita A – porost 393 A4a – HS 521, věk 35, zakmenění 10, zastoupení SM 95%, plocha porostu 2,64 ha, LT – 5S2, bonita 28, zásoba 241 m³/ha, nadmořská výška 610 m.n.m., expozice Z

Lokalita B – porost 384 B3 – HS 561, věk 27, zakmenění 9, zastoupení SM 70%, plocha porostu 16,08 ha, LT – 5O1, bonita 32, zásoba 125 m³/ha, nadmořská výška 600 m.n.m., expozice J

Lokalita C – porost **385 A4** – HS 521, věk 31, zakmenění 9, zastoupení SM 85%, plocha porostu 5,07 ha, LT – 5S2, bonita 32, zásoba 160 m³/ha, nadmořská výška 600 m.n.m., expozice SV

Lokalita D – porost **361 B4** – HS 461, věk 31, zakmenění 9, zastoupení SM 85%, plocha porostu 7,27 ha, LT – 4O1, bonita 32, zásoba 161 m³/ha, nadmořská výška 550 m.n.m., expozice V

Lokalita E – porost 361 B3 – HS 441, věk 31, zakmenění 9, zastoupení SM 82%, plocha porostu 7,75 ha, LT – 4S1, bonita 30, zásoba 72 m³/ha, nadmořská výška 550 m.n.m., expozice J

Lokalita F – porost 361 B3 – HS 441, věk 31, zakmenění 9, zastoupení SM 82%, plocha porostu 7,75 ha, LT – 4S1, bonita 30, zásoba 72 m³/ha, nadmořská výška 550 m.n.m., expozice Z

Lokalita G – porost 351 A3a – HS 541, věk 21, zakmenění 9, zastoupení SM 100%, plocha porostu 4,53 ha, LT – 5S5, bonita 34, zásoba 126 m³/ha, nadmořská výška 575 m.n.m., expozice Z

Lokalita H – porost 351 A3a – HS 541, věk 21, zakmenění 9, zastoupení SM 100%, plocha porostu 4,53 ha, LT – 5S5, bonita 34, zásoba 126 m³/ha, nadmořská výška 575 m.n.m., expozice Z

Lokalita I – porost 330 C2 – HS 541, věk 18, zakmenění 9, zastoupení SM 75%, plocha porostu 4,97 ha, LT – 5S1, bonita 28, zásoba 85 m³/ha, nadmořská výška 600 m.n.m., expozice JZ

Lokalita J – porost 327 B3 – HS 541, věk 23, zakmenění 9, zastoupení SM 97%, plocha porostu 0,62 ha, LT – 5S1, bonita 38, zásoba 195 m³/ha, nadmořská výška 600 m.n.m., expozice SZ

Lokalita K – porost 328 B2b – HS 561, věk 19, zakmenění 9, zastoupení SM 85%, plocha porostu 12,25 ha, LT – 5P1, bonita 34, zásoba 98 m³/ha, nadmořská výška 600 m.n.m., expozice SZ

4.4. Zpracování dat a statistické analýzy

Základní zpracování dat a prvotní analýzy byly zpracované v softwaru „Microsoft Excel“. Statistické analýzy a grafy byly zpracované v softwaru „Statistica“ verze 13.05.0.17.

Na zpracování a statistickou analýzu dat z odchyťů lýkožroutů ve feromonových lapačích byla použita ANOVA a „post-hok Duncanov“ test podobně jako použili Blaženec et al. 2021.

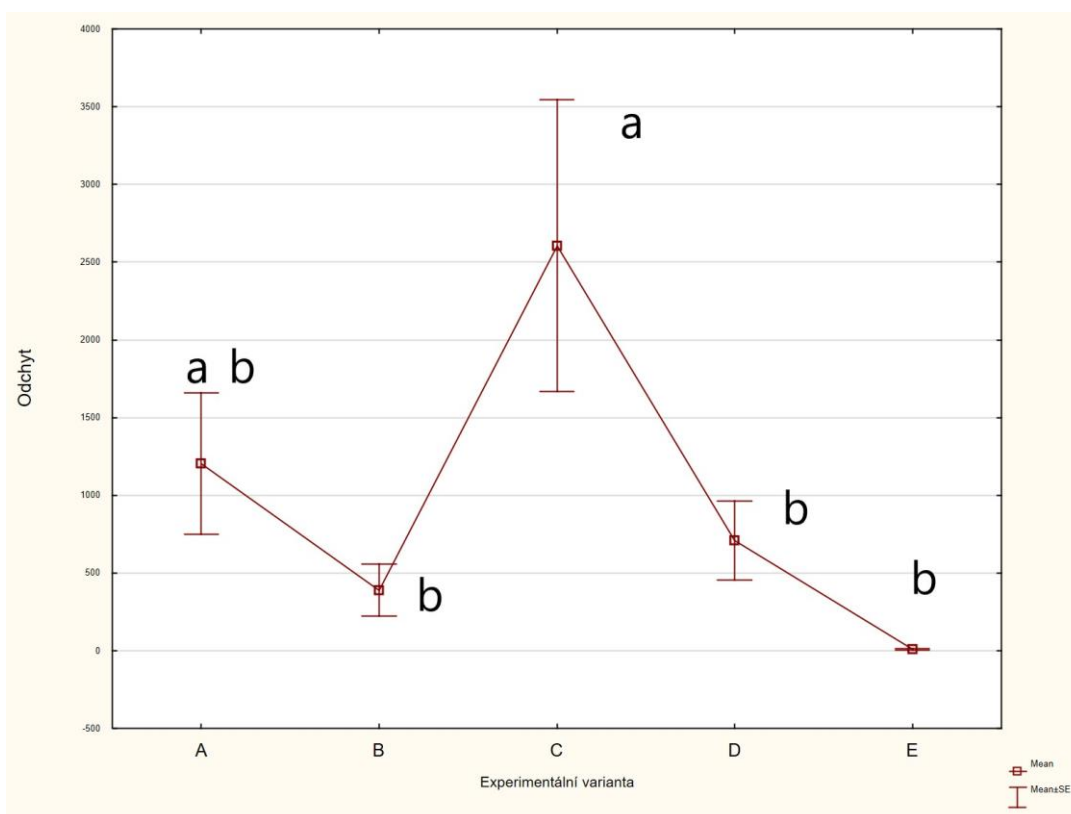
5 VÝSLEDKY

5.1 Pokusy s využitím feromonových lapačů

5.1.1 Pokusy v roce 2019

Jaro

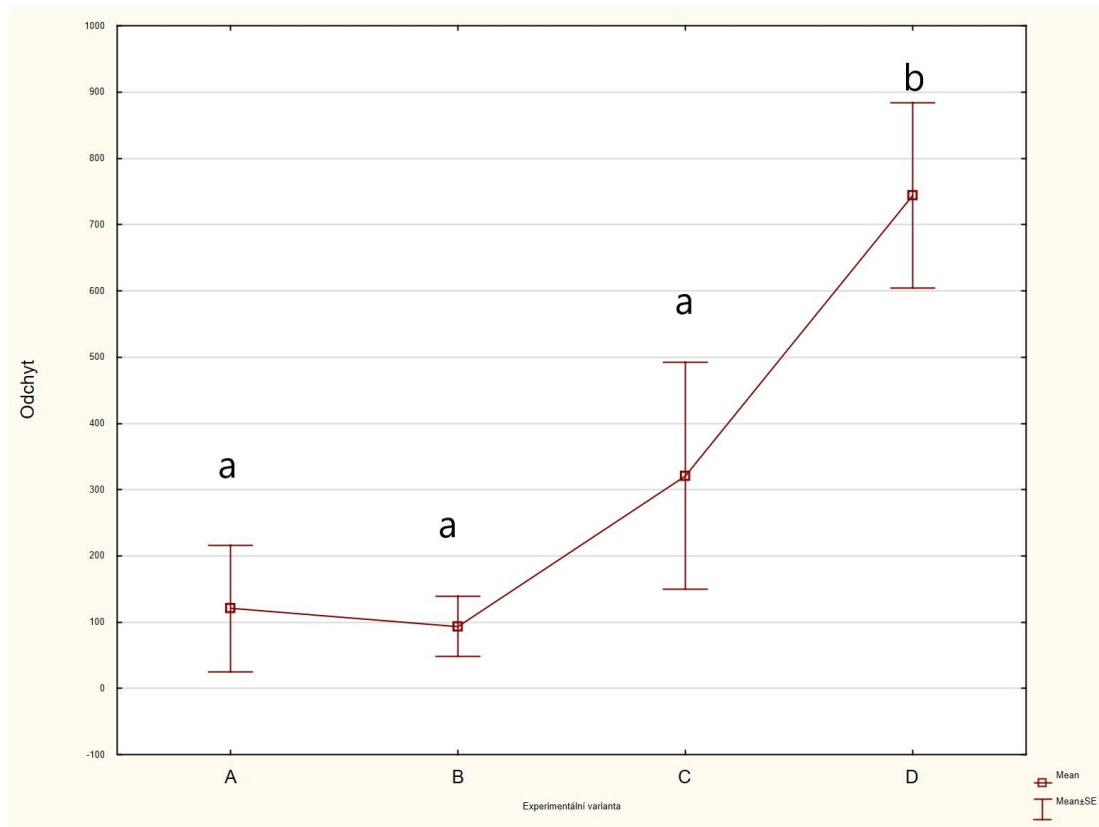
Výsledky jarního pokusu, při němž bylo použito 5 různých variant jsou uvedeny na Obr. 20. Největší odchyt lýkožroutů byl u varianty „C“ s použitím pouze odparníku IT Ecolure Extra, jehož hlavní účinnou látkou je (S)-cis-verbenol. Konečné výsledky ukazují, že neúčinnějším anti-atraktantem byla „Směs B“ (experimentální varianta B), která obsahovala směs látek trans-conophthorin, 1-okten-3-ol, 3-oktanol, hexanol a cineol.



Obr. 20: Průměrný odchyt lýkožrouta smrkového ve feromonových lapačích podle jednotlivých variant z pokusu na jaře v roce 2019. Malé písmena (a,b) označují homogenní skupiny určené Duncanovým testem. (Zdroj: Extemit - K)

Podzim

Při podzimním pokusu, kde jsme použili 4 různé varianty jsou výsledky uvedené na Obr. 21. Výsledky ukazují, že nejúčinnějším anti-atraktantem byla znovu „Směs B“ (experimentální varianta B) jako při pokusu na jaře. Největší odchyt byl znovu u varianty s použitím samostatného odporníku IT Ecolure Extra ve feromonovém lapači.



Obr. 21: Průměrný odchyt lýkožrouta smrkového ve feromonových lapačích podle jednotlivých variant z pokusu na podzim v roce 2019. Malé písmena (a,b) označují homogenní skupiny určené Duncanovým testem. (Zdroj: *Extemit - K*)

Výsledky pokusů na jaře a na podzim 2019 ukázaly, že verbenon je možné z odporníků anti-atraktantů vyloučit bez toho, aby došlo k snížení účinnosti směsi.

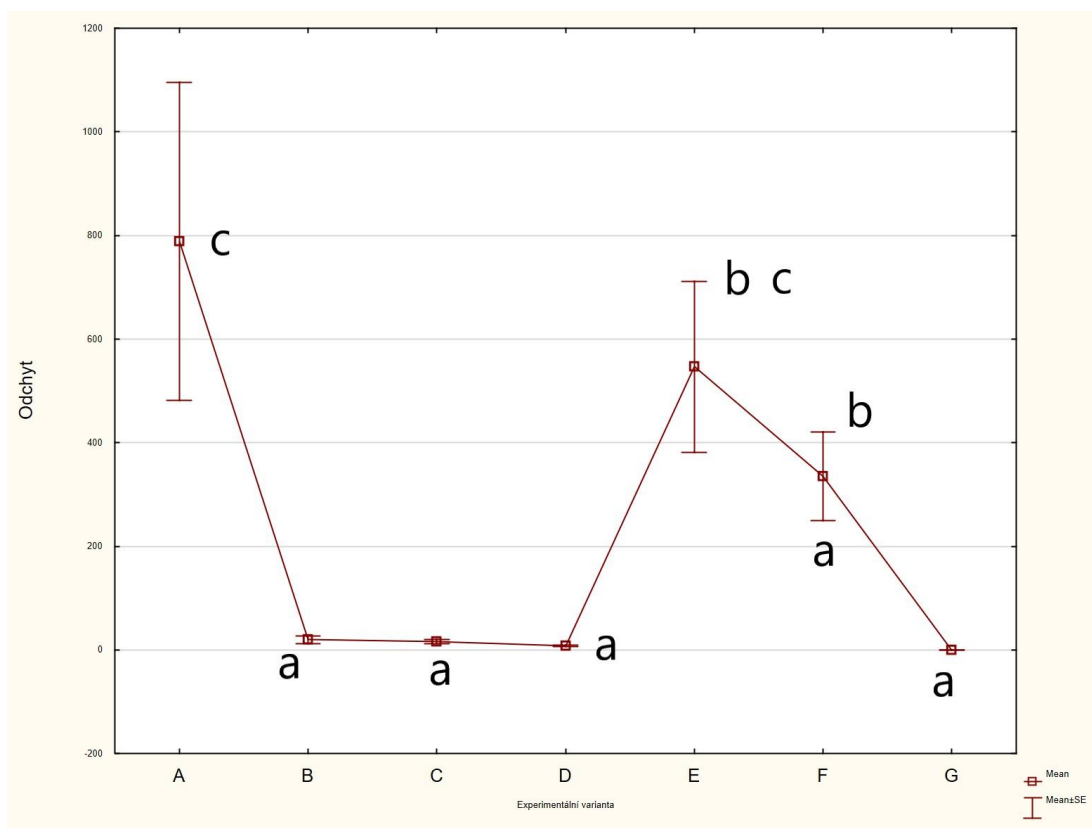
5.1.2 Pokusy v roce 2020

Výsledky pokusu jsou uvedené na Obr.22 a pozice experimentálních odporníků v jednotlivých dnech jejich výměny jsou uvedeny v Tab. 6. Výsledky zde ukazují, velkou účinnost testovaného odporníku anti-atraktantu „Synergy device 3525“. Přidáním další dávky „thujanolu“ se dále zvyšuje repelentní účinek

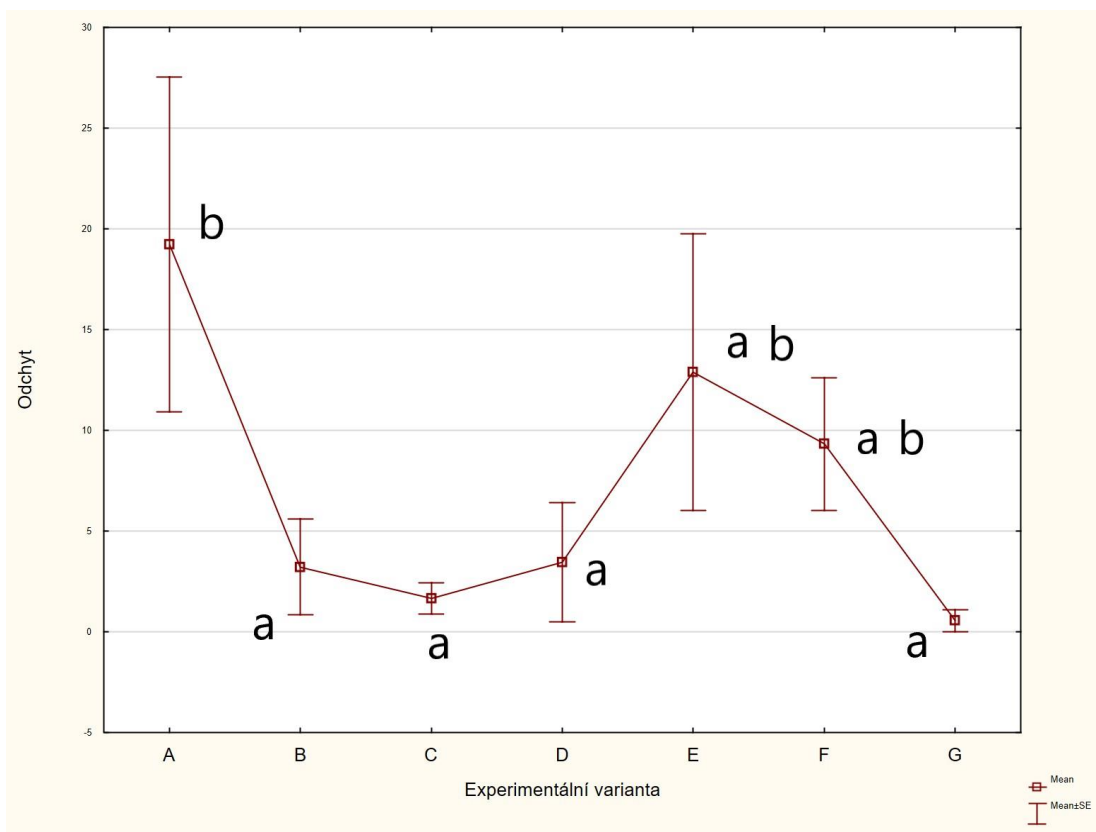
směsi. Jako nejlepší směsí byla varianta „D“, kterou tvořily Pheroprax, Synergy device 3525 a thujanol 1. Tato varianta měla i největší repelentní účinek 25. července, kdy došlo k letnímu rojení lýkožrouta smrkového. Pokusné odpárníky neměli negativní vliv na rozptýl lýkožroutů do okolí lapačů.

INSTAL	Varianty													
Datum	I.	Ix.	II.	IIx.	III.	IIIx.	IV.	IVx.	V.	Vx.	VI.	Vix.	VII.	VIIx.
10.7.	D		A		B		prázdný		C		F		E	
14.7.	E		F		D		A		prázdný		C		B	
17.7.	C		prázdný		A		E		B		D		F	
20.7.	B		D		E		F		A		prázdný		C	
22.7.	F		C		prázdný		D		E		B		A	
25.7.	A		B		F		C		D		E		prázdný	
27.7.	prázdný		E		C		B		F		A		D	
30.7.	D		A		B		prázdný		C		F		E	
2.8.	E		F		D		A		prázdný		C		B	

Tab. 6: Pozice experimentálních odpárníků ve feromonových lapačích v jednotlivých dnech. (Zdroj: vlastní)



Obr. 22a: Průměrný odchyt lýkožrouta smrkového ve feromonových lapačích podle jednotlivých variant v roce 2020. Malé písmena (a,b) označují homogenní skupiny určené Duncanovým testem. (Zdroj: Extemit - K)



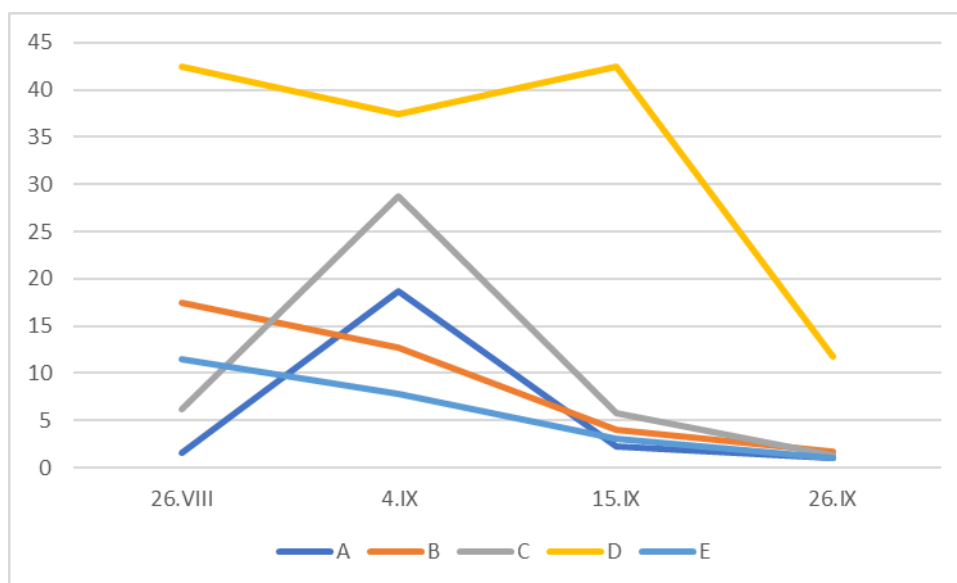
Obr. 22b: Průměrný odchyt lýkožrouta smrkového v pasivních lapačích podle jednotlivých variant v roce 2020. Malé písmena (a,b) označují homogenní skupiny určené Duncanovým testem. (Zdroj: Extemit - K)

Výsledky pokusů v roce 2020 ukázaly silnou účinnost odparníku „Synergy device 3525“, a to, že jeho účinnost možno zvýšit přidáním látky „thujanol“.

5.2 Pokusy s ochranou porostních stěn

5.2.1 Pokusy v roce 2019

Průměrný odchyt do feromonových lapačů na experimentálních plochách je zobrazen na Obr. 23. Z těchto výsledků je patrné, že k největšímu odchytu ve feromonových lapačích bylo na lokalitě „D“ zejména ve dnech 26.srpna a 15.září. Na ostatních lokalitách byl odchyt na vrcholu do 4. září a potom prudce klesal.



Obr. 23: Průměrný odchyt lýkožrouta smrkového ve feromonových lapačích na experimentálních plochách v roce 2019. (Zdroj: vlastní měření)

K největšímu náletu na porostní stěny došlo na lokalitě „D“ (Tab.7). Při první vlně náletu (tj. do 4.9) došlo k napadení stromů, na kterých nebyly nainstalovány experimentální odpárničky. V druhé vlně došlo i k náletu na strom, na kterém byly feromonové odpárničky ošetřené směsí A (kombinace látek trans - conophorin, 1-okten-3-ol, 3-oktanol, hexanol a verbenon), a to na lokalitě „B“. Stromy ošetřené ostatními směsí látek (B, C) nebyly napadeny.

Číslo stromu	Experimentální varianta	Nálet k 4.9	Nálet k 15.9	Nálet k 26.9
1	Kontrola k D	Ano		
2	D	Ano		
3	Kontrola k D		Ano	
4	Kontrola k A			
5	A		Ano	
6	Kontrola k A	Ano		
7	Kontrola k B	Ano		
8	B			
9	Kontrola k B			
10	Kontrola k C			
11	C			
12	Kontrola k C			Ano

Tab. 7: Pozice experimentálních odpárniček ve feromonových lapačích v jednotlivých dnech. (Zdroj: vlastní)

Vzhledem na nízkou intenzitu náletu na porostní stěny v roce 2019 je možné výsledky interpretovat jen v omezené míře. Celkově je možné konstatovat, že tendence k tomu testované nové směsi anti-atraktantů nemají výrazně horší účinek než kontrolní směs s obsahem verbenonu. Nové směsi mají potenciál být účinnější než kontrolní směs.

5.2.2 Pokusy v roce 2020

Na experimentálních plochách a v jejich okolí nedošlo ve sledovaném období k žádnému náletu lýkožrouta smrkového na stromy. Zásadní vliv měla změna počasí, jenž přinesla déšť a ochlazení.

Šlo o první pilotní testování nové směsi s thujanolem na stojících stromech. Důležité je, že nedošlo k intenzivnímu náletu na stojící stromy, na kterých byli instalované odparníky anti-atraktantů.

6 DISKUSE

Pokusy zaměřené na optimalizaci směsi ukázaly, že v odparníku anti-atraktantu můžeme nahradit jeho problematickou složku „verbenon“ jinými látkami bez toho, aniž by došlo ke snížení účinnosti odparníku anti-atraktantu. V našem případě jsme „verbenon“ nahradili zejména navýšením zastoupení aktivní složky „cineol“. Tato záměna je v souladě s výsledky BINYAMEEN et al. (2014), kteří ukázali, že účinek jednosložkového odparníku cineolu na snížení odchyty ve feromonovém lapači je větší než účinek „verbenonu“. Na rozdíl od uvedených autorů jsme testovali obě látky ve směsích. Účinek thujanolu na snížení odchyty ukázali BLAŽYTÉ-ČEREŠKIENÉ (2016). Naše výsledky potvrzují účinek této látky ve směsi s novým odparníkem „Synergy device 3525“.

Další výrazný rozdíl mezi nejnovějším testovaným odparníkem „Synergy device 3525“ a staršími typy odparníků je intenzita výparu. V případě starších typů odparníků, připravených ve spolupráci se společností Fytofarm s.r.o., jsme instalovali na strom 2 odparníky s nominálním výparem 50 mg/den. V případě nového odparníku „Synergy device 3525“ byl instalován na strom 1 odparník s nominálním výparem 120 mg/den. Zvýšení celkového výparu potenciálně zvyšuje účinnost anti-atraktantu (Schiebe et al. 2011).

Pokusy s ochranou porostních stěn byly méně úspěšné, než pokusy zaměřené na optimalizaci směsí. V roce 2019 jsme z důvodu technických problémů zahájili pokusy až v druhé polovině sezóny, kdy jsme získali experimentální odparníky. Šlo o pilotní, první testování experimentálních směsí bez přítomnosti do této doby klíčové látky „verbenonu“ na stojících stromech. Použili jsme také nový přístup v testování různých verzí odparníku na jedné experimentální porostní stěně. Vzhledem na pozdější začátek pokusu jsme nezískali výrazné výsledky. K výraznému náletu došlo jen na plochu D, kde byla nejvyšší úroveň populace lýkožrouta smrkového (Příloha 1). Z výsledků je možné konstatovat, že nové směsi anti-atraktantů nemají výrazně horší účinnost než měla kontrolní směs s obsahem verbenonu. Nové směsi mají potenciál být účinnější než kontrolní směs. Při pokusu nedošlo k náletu na stromy, na kterých byly instalované odparníky bez verbenonu. V roce 2020 šlo o první pilotní testování nové směsi s thujanolem na stojících stromech. Vzhledem k problémům s dodavatelem odparníků anti-atraktantů souvisejícím s COVID-19, se nám podařilo zajistit odparníky poměrně pozdě. Šlo také o první pilotní testování anti-atraktantů v systému bez feromonových lapačů. Vzhledem k poměrně chladnému konci sezóny 2020 nedošlo k náletu lýkožrouta smrkového na stromy na experimentálních plochách a v jejich širším okolí. Důležité je, že nedošlo k intenzivnímu náletu na stojící stromy, na kterých byly instalované odparníky anti-atraktantů s novou aktivní látkou – thujanol.

V testování je potřebné pokračovat i v budoucnosti. Optimalizace ještě není ukončená. V principu nový odparník na základě „Synergy device 3525“ s doplněním další aktivní látky – thujanolu by mohl být novým standartem pro další pokusy s ochranou stojících stromů na porostních stěnách.

Důležité je dokončit pokusy na porostních stěnách a najít optimální způsob použití anti-atraktantů. Vypadá to, že je důležité testovat použití anti-atraktantů bez blízkého použití feromonových lapačů. V tomto případě, však musíme najít řešení, co udělat s lýkožrouty, které odkloníme od porostních stěn ošetřenými anti-atraktanty.

7 ZÁVĚR

V rámci pokusů na optimalizaci směsi ve feromonových lapačích jsme ukázali, že není nutné, aby látka „verbenon“ byla součástí směsi anti-atraktantu. „Verbenon je látka, která byla hlavním komponentem prvních verzí anti-atraktantů v 90. letech 20. století. „verbenon“ je signál na přesměrování náletu na jiný, sousedící strom. Je také pravděpodobnou příčinou „switch“ efektu tj. přesměrování náletu při použití anti-atraktantů. Z našich pokusů vyplývá, že místo „verbenonu“ můžeme ve směsi použít cineol.

Při pilotních pokusech s ochranou porostních stěn s novými směsi anti-atraktantů jsme nezjistili výrazné negativní účinky nových testovaných směsí, které neobsahovaly verbenon, a v kterých byla nová účinná látka thujanol. Výsledky však jsou jen orientační, jelikož pokusy byly provedené v sezóně poměrně pozdě a na kontrolních částech testovaných lokalit nebyl dostatečný intenzivní nálet.

8 LITERATURA

ANDERSSON, M.N.; LARSSON, M.C.; BLAŽENEC, M.; JAKUŠ, R.; ZHANG, Q.H.; SCHLYTER, F. Peripheral modulation of pheromone response by inhibitory host compound in a beetle. *The Journal of Experimental Biology* 213, 2010, s. 3332-3339

BINYAMEEN, M.; JANKUVOVÁ, J.; BLAŽENEC, M.; JAKUŠ, R.; SONG, L.; SCHLYTER, F.; ANDERSSON, M.N. Co-localization of insect olfactory sensory cells improves the discrimination of closely separated odour sources. *Functional Ecology* 2014, 28, 1216–1223, DOI: 10.1111/1365-2435.12252

BLAŽENEC, M.; MAJDÁK, A.; JAKUŠ, R. Improvement of *Ips typographus* catches in pheromone trap barriers by altering of sex assigned pheromone blends. *Folia Oecologica*, 2021, 48 (1): 25–34.

BLAŽITĚ-ČEREŠKIENĚ, L.; APŠEGAITĚ, V.; RADŽIUTĚ, S.; MOZÚRAITIS, R.; BÚDAL, V.; PEČIULYTĚ, D. Electrophysiological and behavioural responses of *Ips typographus* (*L.*) to trans-4-thujanol—a host tree volatile compound. *Annals of Forest Science* (2016) 73:247–256, DOI 10.1007/s13595-015-0494-5

BYERS, J.A. An encounter rate model of bark beetle populations searching at random for susceptible host trees. *Ecological Modelling* 91 (1996), s. 57-66

BYERS, J.A.; ZHANG, Q.H.; SCHLYTER, F. Volatiles from Nonhost Birch Trees Inhibit Pheromone Response in Spruce Bark Beetles., *Naturwissenschaften* 85, Springer-Verlag 1998, s. 557–561

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

DUŠEK, M. Působení škodlivých činitelů v oblasti chřadnutí smrku na severní Moravě a ve Slezsku. *Zpravodaj ochrany lesa* svazek 20/2017, s. 40-43

DVOŘÁKOVÁ, M.; VALTEROVÁ, I.; VANĚK, T. Monoterpeny v rostlinách. *Chemické listy* 105, 2011, s. 839-845

HOLUŠA, J.; LIŠKA, J. Hypotéza chřadnutí a odumírání smrkových porostů ve Slezsku (Česká republika). *Zprávy lesnického výzkumu*, 47(2), 2002, s.9-15

CHRISTIANSEN, E.; WARING, R.H.; BERRYMAN (1987). "Resistance of conifers to bark beetle attack: searching for general relationships." *Forest Ecology and Management* 22(1-2): s. 89-106.

JAKUŠ, R.; SCHLYTER, F.; ZHANG, Q.H.; BLAŽENEC, M.; VAVERČÁK, R.; GRODZKI, W.; BRUTOVSKÝ, D.; LAJZOVÁ, E.; TURČÁNI, M.; BENGTSSON, M.; BLUM, Z.; GREGOIRÉ, J.C. Overview of development of anti-attractant based technology for spruce protection against *Ips typographus*: From past failures to future succes. Journal of Pest Science, 2003, 76: s. 89–99.

JAKUŠ, R.; BLAŽENEC, M.; VOJTĚCH, O. Use of anti-attractants in specific conditions of protected areas. In Folia Oecologica, 2011, vol. 38, no. 1, p. 46-51, ISSN 1336-5266.

JAKUŠ, R.; ZAJÍČKOVÁ, L; CUDLÍN, P.; BLAŽENEC, M.; TURČÁNI, M.; JEŽÍK, M.; LIEUTIER, F.; SCHLYTER, F. Landscape-scale *Ips typographus* attack dynamics: from monitoring plots to GIS-based disturbance models. iForest - Biogeosciences and Forestry, Volume 4, Issue 6, Pages 256-261 (2011), doi: <https://doi.org/10.3832/ifor0589-004>

JAKUŠ, R.; CUDLÍN, P. ; SLIVÍNSKÝ, J.; MEZEI, P. ; MAJDÁK, A; BLAŽENEC, M. Hodnotenie zdravotného stavu smreka vo vzťahu smreka k náletu podkôrneho hmyzu a k odumieraniu lesa [Evaluation of Norway spruce helath status in relationships with bark beetle outbreak and forest dying]. Zvolen : Ústav ekológie lesa, Slovenská akadémia vied, 2015. 151 s.

JAKUŠ, R.; BLAŽENEC, M. Princípy dospelých smrekových porastoch před podkorným hmyzom. Ústav ekológie lesa, Slovenská akademie věd: 2015, 231s., ISBN 978-80-89408-21-4

JENIŠ, J. Chřadnutí smrkových porostů ve správě VLS ČR s. p., divize Lipník. n. B. Zpravodaj ochrany lesa svazek 20/2017, s. 44-48

JENIŠ, J.; VRBA ,M. Srovnání účinnosti lapáků, otrávených trojnožek a lapačů. Lesnická práce 86(9), 2007, s.26

KAŠPAR, J. Ověření možnosti ochrany porostních stěn proti napadení lýkožroutem smrkovým (*Ips typographus*) pomocí anti-atraktantů“. Bakalářská práce. FLD ČZU, Praha 2019, 54 s.

KULA, E. Ochrana lesa ve stredoevropských podmínkách, 1. část Lýkožrout smrkový (*Ips typographus*(L.)) kalamitní škůdce smrkových ekosystémů střední Evropy. Projekt InoBio - Inovace biologických a lesnických disciplín pro vyšší konkurence schopnost. Reg.č. CZ 1.07/2.2.00/28.0018, 2014, s.69

LHC 17310 VELKÝ ÚJEZD: Lesní hospodářský plán 2012 - 2021

MARATOVÁ, K. Bakalářská práce: Lýkožrout smrkový (*Ips typographus*) na území Národního parku Šumava – biologie, výskyt a metody ochrany lesních ekosystémů. Univerzita Karlova v Praze, 2010, s. 81

MATOUŠEK, P.; MODLINGER, R.; HOLUŠA, J.; TURČÁNI, M. Počet vajíček kladených lýkožroutem smrkovým *Ips typographus* (L.) (Coleoptera:Curculionidae: Scolytinae) na stromových lapácích: Vliv vybraných faktorů. Zprávy lesnického výzkumu, 57(2), 2012, s.126-132

MATOUŠEK, P., 2012: Disertační práce – Populační dynamika lýkožrouta smrkového (*Ips typographus* L.) v různých gradačních fázích: Plodnost na klasických lapácích, ČZU Praha, 172 str.

MODLINGER, R.; LIŠKA, J.; KNÍŽEK, M.; ADAM, D.; JANÍK, D.; HORT, L. Ochrana lesa před lýkožroutem smrkovým v ochranném pásmu lesních rezervací ponechaných samovolnému vývoji. Lesnický průvodce (9), VÚLHM Jiloviště-Strnady, 2015, s.67, ISBN 978-80-7417-104-8, ISSN 0862-7657

PFEFER, A. Fauna ČSR. Kůrovci-Scolitoidea. Praha: ČSAV, svazek 6, 1955, 324 s.

RAFFA, K.F.; ANDERSON, M.N.; SCHLYTER, F. Host Selection by Bark Beetles: Playing the Odds in a High-Stakes Game. In: Claus Tittiger and Gary J. Blomquist, editors, Advances in Insect Physiology, Vol.50, Oxford: Academic Press, 2016, s. 1-74. ISBN: 978-0-12-802723-3

SCHIEBE, CH. Host choice mechanisms in tree killing Bark Beetles. Introductory Paper at the Faculty of Landscape Planning, Horticulture and Agricultural Science 2011:3, Swedish University of Agricultural Sciences, Alnarp, Sept 2011, ISSN 1654-3580

SCHIEBE, CH.; BLAŽENEC, M.; JAKUŠ, R.; UNELIUS, C.R.; SCHLYTER, F. 2011. Semiochemical diversity diverts bark beetle attack from norway spruce dges. Journal of Applied Entomology, 135: s. 726–737.

SCHIEBE, CH.; UNELIUS, C.R.; GANJI, S.; BINYAMEEN, M.; BIRGERSSON, G.; SCHLYTER, F. Styrene, (+)-trans-(1R,4S,5S)-4-Thujanol and Oxygenated Monoterpenes Related to Host Stress Elicit Strong Electrophysiological Responses in the Bark Beetle *Ips typographus*. Journal of Chemical Ecology volume 45, 2019, s. 474–489

SCHLYTER, F.; CEDERHOLM I.,: Separation of the sexes of living spruce bark beetles, *Ips typographus* (Coleoptera: Scolytidae), 1981, Z. Angew. Ent. 92: 42-47

SCHLYTER, F.; ANDERBRANT, O. 1989. Mass attack of trees by *Ips typographus* induced by sex-specific pheromone: a model of attack dynamics. Holarctic Ecology, 12 (4): s. 415–426.

SKUHRAVÝ, V. Lýkožrout smrkový (*Ips typographus* (L.)) a jeho kalamity. Praha: Agrospoj, 2002, 196 s., ISBN 80-7084-238-5

ŠVESTKA ,M.; HOCHMUT, R.; JANČAŘÍK ,V. Praktické metody v ochraně lesa. MZe ČR, Praha, 1996, 309 s., ISBN 80-902033-0-3

TURČÁNI, M.; VOJTĚCH, O.; JAKUŠ, R. Vliv kůrovce na lesní ekosystémy. In VACEK, Stanislav - KREJČÍ, František. Lesní ekosystémy v Národním parku Šumava. 2. aktualiz. vyd. - Kostelec nad Černými lesy : Lesnická práce, 2009, s. 368-408. ISBN 978-80-87154-68-7

UHLÍŘOVÁ, H.; BALCAR, V.; CÍSLEROVÁ, E.; FABIÁNEK, P.; KAPITOLA, P.; LIŠKA, J.; LOMSKÝ, B.; PASUTHOVÁ, J.; PFANZ, H.; SOUKUP, F.; ŠRŮTKA, P.; VOLF, B. Symptomy poškození lesních dřevin. Ministerstvo zemědělství ČR, Praha: Agrospoj, 1996, s.51-52 , ISBN 80-7084-137-0

UNELIUS, C.R.; SCHIEBE, CH.; BOHMAN, B.; ANDERSSON M.N.; SCHLYTER, F. Non-host volatile blend optimization for forest protection against the European spruce bark beetle, *Ips typographus*. National Library of Medicine.PLoS One, 2014 Jan 14;9(1):e85381.doi: 10.1371/journal.pone.0085381.PMID 24454855; PMCID: 3891852

VYHLÁŠKA 236/2000 Sb., kterou se mění Vyhláška MZe č.101/1996 Sb., kterou se stanoví podrobnosti o opatřeních k ochraně lesa a vzor služebního odznaku a vzor průkazu lesní strážce odznaku a vzor průkazu lesní strážce.

VYSKOT, M.; PŘÍHODA, A.; ZAPLETAL, J. Praktická rukověť lesnická I.díl. Lesnická knihovna, svazek 86, publikace č.1346, Praha: Státní zemědělské nakladatelství ,1962, s.823-827

WERMELINGER B. 2004. Ecology and management of the spruce bark beetle *Ips typographus* – a review of recent research. Forest Ecology and Management, 202 (1–3): s. 67–82.

ZAHRADNÍK, P. Kůrovci a jejich feromony v ochraně lesa. VÚLHM Jíloviště-Strnady, Cyanamid CR s.r.o., 2015, 35 s.

ZAHRADNÍK, P. Základy ochrany lesa v praxi. VÚLHM Jíloviště-Strnady, 2005, s.29-39, ISBN 80-86461-61-0

ZAHRADNÍK, P. ; KNÍŽEK M. Lesní ochranná služba: Lýkožrout smrkový *Ips typographus* (L.), Příloha : Lesnická práce s.r.o., 4/2007, ISSN 0322-9254

ZHAO, T. ; SOLHEIM, H. ; LÅNGSTRÖM, B. ; BORG-KARLSON, A. K. (2011). "Storm-induced tree resistance and chemical differences in Norway spruce (*Picea abies*)."
Annals of Forest , s. 1-9.

ZUMR, V. Biologie a ekologie lýkožrouta smrkového (*Ips typographus*) a ochrana proti němu. Praha: Academia, 1985, 124 s.

ZUMR, V. Lýkožrout smrkový – biologie, prevence a metody boje.
Písek: Matice lesnická, 1995, 132 s., ISBN 80-900043-2-9

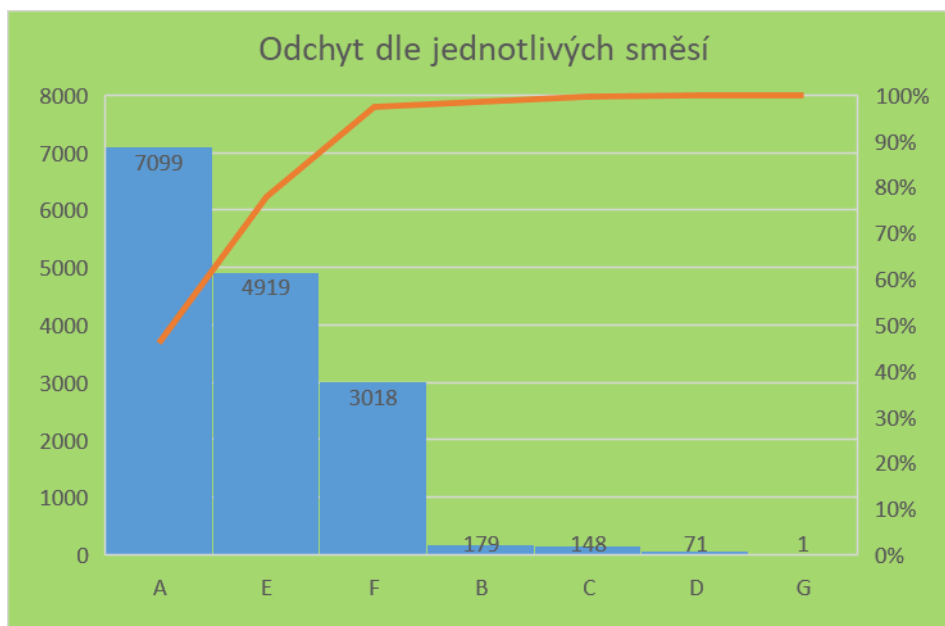
BIOGEOGRAFIE: Multimediální příručka.

https://is.muni.cz/el/1431/jaro2010/Z0005/18118868/index_Pic_abi.html

9 PŘÍLOHY

Tabulka odchytů do feromonových lapačů a napadených stromů 2019 - VLS					
Lokalita: Lesní správa Velký Újezd					
Lokalita	Lapač	Datum			
		26.VIII	4.IX	15.IX	26.IX
A	1	2	30	5	1
	2	1	10	1	1
	3	2	20	1	1
	4	1	15	2	1
	Napadené stromy č.	-	-	-	-
B	1	15	10	5	1
	2	20	10	3	2
	3	20	1	1	1
	4	15	30	7	3
	Napadené stromy č.	-	-	-	1
C	1	10	40	5	1
	2	5	30	2	1
	3	5	25	8	1
	4	5	20	8	2
	Napadené stromy č.	-	-	-	-
D	1	50	40	75	25
	2	40	20	20	5
	3	30	40	50	7
	4	50	50	25	10
	Napadené stromy č.	-	1,2,6,7	3,5	12
E	1	15	10	2	1
	2	1	10	2	0
	3	15	1	1	2
	4	15	10	7	1
	Napadené stromy č.	-	-	-	-
Množství odchycených brouků v mililitrech.					

Příloha 1: Tabulka odchytů do feromonových lapačů a napadených stromů v roce 2019 na lesní správě Velký Újezd. (Zdroj: vlastní měření)



Příloha 2: Celkový počet odchytených lýkožroutů ve feromonových lapačích dle jednotlivých směsí roce 2020. (Zdroj: vlastní měření)

Kontrola	Pozice + orientační počet odchytených brouků													
	I.	Ix.	II.	IIx.	III.	IIIx.	IV.	IVx.	V.	Vx.	VI.	Vix.	VII.	VIIx.
14.7.	4	0	44	10	2	0	0	0	10	0	40	0	149	3
17.7.	86	0	84	0	7	2	40	14	0	0	6	0	9	2
20.7.	34	0	0	0	722	4	789	11	39	3	13	27	822	18
22.7.	17	0	6	0	424	7	345	10	834	14	0	0	39	1
25.7.	534	6	12	7	0	0	8	2	1659	21	72	22	3077	19
27.7.	600	4	7	1	267	10	11	3	8	0	186	65	0	5
30.7.	1	0	805	4	15	0	9	0	459	6	805	83	13	0
2.8.	9	0	792	23	17	1	0	0	11	2	416	31	553	4
7.8.	268	1	51	3	3	0	185	2	0	0	10	2	7	0

Varianta	A	B	C	D	E	F	G
----------	---	---	---	---	---	---	---

Příloha 3: Celkový počet odchytených lýkožroutů ve feromonových lapačích dle jednotlivých směsí za jednotlivé dny kontroly v roce 2020. (Zdroj: vlastní měření)