Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta lesnická a dřevařská

Katedra ochrany lesa a entomologie

Srovnání dvou metod asanace smrkového dříví napadeného lýkožroutem smrkovým

Bakalářská práce

Autor: Kryštof Andrej Chrástka

Vedoucí práce: doc. Mgr. Karolina Resnerová, Ph.D.

2024

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta lesnická a dřevařská

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Kryštof Andrej Chrástka

Lesnictví
Ochrana a pěstování lesních ekosystémů

Název práce

Srovnání dvou metod asanace smrkového dříví napadeného lýkožroutem smrkovým

Název anglicky

Comparison of two sanitation methods of spruce wood infested with spruce bark beetle

---

Cíle práce

- vyhodnotit efektivitu mechanického zraňování lýka na přežívání lýkožrouta smrkového
- vyhodnotit efektivitu chemické asanace kůrovcového dříví
- srovnat přežívání lýkožrouta smrkového na výřezech ošetřených insekticidy, mechanickým zraněním lýka a na kontrolních výřezech

Metodika

Ve vybraných kůrovcových ohniscích budou připraveny stromové lapáky. Z napadených lapáků ve stadiu larev lýkožroutů budou připraveny trojice výřezů o délce 50-70 cm – vždy ze stejného stromu ve stejném stadiu vývoje lýkožrouta smrkového a srovnatelné intenzitě napadení (před zahájením pokusu bude zhodnocena populační hustota lýkožroutů na 1 dm2).

Trojici výřezů bude tvořit 1. výřez neošetřený, 2. výřez chemicky ošetřený celopovrchově kontaktním insekticidem a 3. výřez proškrabán (0,5 cm široké rýhy s rozestupy 3 cm) pomocí ručníku škrabáku. Každý výřez bude označen číslem trojice a variantou (ideálně sprejem). Poté bude výřez uložen do netkané textilie a uzavřen. Trojice budou připraveny během náletu první generace lýkožrouta smrkového celkem ve 12 opakováních (celkem 36 výřezů). V pravidelných týdenních intervalech budou kontrolováni vyletující jedinci opouštějící výřezy a jejich počty zaznamenány. Při každé kontrole budou brouci uloženi do lihu a později determinováni do druhu. Na konci pokusu budou výřezy odkorněny a zhodnoceno celkové přežívání.

Výsledky terénní studie budou převedeny do tabulkového procesu a následně standardními statistickými metodami srovnány.

Výsledky budou konfrontovány s obdobnými vědeckými pracemi a bude vyhodnocena efektivita jednotlivých asanačních opatření proti výletu lýkožrouta smrkového.

Harmonogram

únor-březen 2023 – příprava stromových lapáků

---

květen-červenec 2023 – příprava testovacích výřezů a jejich revize

srpen-prosinec 2023 – zpracování terénních dat a statistické zhodnocení

leden-březen 2024 – předložení literární rešerše, zpracovaných dat a diskuse ke kontrole

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE
1906

Doporučený rozsah práce

35 stran včetně příloh

Klíčová slova

Ips typographus; chemická asanace; proškrábání lýka; mortalita; reprodukční úspěch

---

Doporučené zdroje informací

Baier P., Pennerstorfer J., Schopf A. 2007: PHENIPS-A comprehensive phenology model of Ips typographus (L.) (Col., Scolytinae) as a tool for hazard rating of bark beetle infestation. Forest Ecology and Management, 249: 171-186.

EFSA PLH Panel (EFSA Panel on Plant Health), Jeger M., Bragard C., Caffier D., Candresse T., Chatzivassiliou E., Dehnen-Schmutz K., Gilioli G., Miret J.A., MacLeod A., Navajas Navarro M., Niere B., Parnell S., Potting R., Rafoss T., Rossi V., Urek G., Van Bruggen A., Van der Werf W., West J., Winter S., Kertesz V., Aukhojee M., Gregoire J.-C. 2017: Scientific opinion on the pest categorisation of Ips typographus. EFSA Journal, 15(7): 4881, 23 pp.

Hagge J., Leibl F., Müller J., Plechinger M., Soutinho J.G., Thorn S. 2019: Reconciling pest control, nature conservation, and recreation in coniferous forests. Conservation Letters, 12:e12615.

Holuša J., Hlásny T., Modlinger R., Lukášová K., Kula E. 2017: Felled trap trees as the traditional method for bark beetle control: Can the trapping performance be increased? Forest Ecology and Management, 404: 165–173.

Ogris N., Ferlan M., Hauptman T., Pavlin R., Kavčič A., Jurc M., de Groot M. 2019 RITY – A phenology model of Ips typographus as a tool for optimization of its monitoring. Ecological Modelling, 410: 108775.

Stadelmann G., Bugmann H., Meier F., Wermelinger B., Bigler C. 2013: Effects of salvage logging and sanitation felling on bark beetle (Ips typographus L.) infestations. Forest Ecology and Management, 305: 273-28.

Thorn S., Bässler C., Bußler H., Lindenmayer D. B., Schmidt S., Seibold S, Wende B., Müller J. 2016: Bark-scratching of storm-felled trees preserves biodiversity at lower economic costs compared to debarking. Forest Ecology and the Management, 364: 10-16.

Wermelinger B. 2004: Ecology and management of the spruce bark beetle Ips typographus – a review of recent research. Forest Ecology and Management, 202: 67-82.

Předběžný termín obhajoby

2023/24 LS – FLD

Vedoucí práce

doc. Mgr. Karolina Resnerová, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra ochrany lesa a entomologie

Elektronicky schváleno dne 24. 4. 2023

prof. Ing. Jaroslav Holuša, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 28. 7. 2023

prof. Ing. Róbert Marušák, PhD.

Děkan

V Praze dne 14. 03. 2024

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma: Srovnání dvou metod asanace smrkového dříví napadeného lýkožroutem smrkovým vypracoval samostatně a citoval jsem všechny informační zdroje, které jsem v práci použil a které jsem rovněž uvedl na konci práce v seznamu použitých informačních zdrojů.

Jsem si vědom, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, především ustanovení § 35 odst. 3 tohoto zákona, tj. o užití tohoto díla.

Jsem si vědom, že odevzdáním bakalářské práce souhlasím s jejím zveřejněním podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a to i bez ohledu na výsledek její obhajoby.

Svým podpisem rovněž prohlašuji, že elektronická verze práce je totožná s verzí tištěnou a že s údaji uvedenými v práci bylo nakládáno v souvislosti s GDPR.

V Praze dne 5.4.2024 _____

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval

doc. Mgr. Karolině Resnerové, Ph.D., vedoucí bakalářské práce, za skvělé vedení a konzultace během zpracování práce, cenné rady a velkou trpělivost při zpracování této práce

Ing. Janu Němickému – řediteli LZ Kladská, za možnost uskutečnění praktické části této bakalářské práce na území LZ Kladská

Ing. Jiřímu Polívkovi – polesnému polesí Broumov, za pomoc při přípravách praktické části v lese, při přípravě lapáků, za pomoc při monitoringu míry napadení lapáků lýkožroutem

Ing. Gabriele Nečasové – technikovi polesí Broumov, za pomoc při odvozu dřevní hmoty z lesa, za konzultace a pomoc při fotodokumentaci

Michaelu Vlčkovi, vedoucímu střediska školek a dalším zaměstnancům LZ Kladská za podporu a pomoc

A v poslední řadě rodičům za podporu při studiu

Srovnání dvou metod asanace smrkového dříví napadeného lýkožroutem smrkovým

Souhrn

Tato bakalářská práce srovnává účinnost mechanické asanace proškrábáním lýka a chemické asanace postřikem na přežívání lýkožrouta smrkového. Při dnešních velkých objemech kůrovcového dříví je nutné zkoumat efektivnost jednotlivých metod a vyvíjet nové způsoby asanace.

Výzkum se odehrával ve městě Březová v Karlovarském kraji, lapáky byly vzaty z lesního porostu ve správě LZ Kladská, polesí Broumov, u obce Broumov. Lapáky byly připraveny čistě pro účely této bakalářské práce. Celkem bylo připraveno 13 trojic výřezů, tedy dohromady 39 výřezů. Třetina výřezů byla bez ošetření, třetina byla ošetřena chemicky a třetina mechanicky proškrábáním lýka. Pro chemickou asanaci byl zvolen dnes již hojně používaný přípravek Forester s účinnou látkou cypermethrin.

Celkově ze všech výřezů vylétlo a bylo zachyceno 1505 lýkožroutů smrkových. Mezi jednotlivými způsoby asanace byly zjištěny nepatrné statistické rozdíly. Z výsledků bylo zjištěno, že chemická asanace má vliv na mortalitu lýkožrouta smrkového v napadených stromech. Mechanická asanace proškrábáním lýka nemá prokazatelně vysoký účinek na mortalitu lýkožrouta smrkového ve výřezech. Avšak mechanická asanace je použitelná pro oblasti, kde není použití chemické asanace možné.

V důsledku postupného zakazování chemických přípravků a účinných látek je podstatné hledat nové způsoby asanování. Použitý Forester se jeví jako dobrý nástupce již zakázaných přípravků jako je Vaztak.

Klíčová slova: *Ips typographus*; chemická asanace; proškrábání lýka; mortalita; reprodukční úspěch

Comparison of two sanitation methods of spruce wood infested with spruce bark beetle

Summary

The topic of this bachelor's thesis is a comparison of the effectiveness of spruce wood sanitation methods with (a) mechanical scratching of the bast and (b) chemical treatment (spraying) on survival of the bark beetle *Ips typographus*. With today's large volumes of bark wood, it is necessary to investigate methods effectiveness and develop new sanitation approaches.

The research took place in the town of Březová in the Karlovy Vary region, the trap trees were taken from the forest under the management of LZ Kladská, Broumov forest, near the village of Broumov. The trap trees were prepared purely for this bachelor's thesis. A total of 13 triplets of logs were prepared, in total of 39 logs. One third of the logs were untreated, a third were treated chemically and one third mechanically, by bark and phloem scratching. Currently broadly used product Forester, with the active substance cypermethrin, was chosen for chemical sanitation.

In total, 1,505 bark beetles flew out of the logs and were captured. Only minor statistical differences were identified between the two sanitation methods. Nevertheless, the results indicate that the chemical treatment influences the bark beetle mortality in the attacked trees. In contrast, mechanical sanitation by scratching has demonstrated no material effect on the mortality of the bark beetles in the logs. However, despite low effectiveness, mechanical sanitation might be suitable for an area where chemical sanitation is impossible.

Due to the gradual banning of chemical products and their active substances, there is a need for a continued search for new sanitation methods. The Forester appears to be a good replacement for already banned products, such as Vaztak.

Keywords: *Ips typographus*, chemical sanitation, sanitation by scratching bast, mortality, reproductive success

Obsah

1 Úvod 10

2 Cíl práce 12

3 Rozbor problematiky 13

3.1 Mechanismus napadání stromů a rozmnožování lýkožrouta 13

3.2 Metody obrany a monitoringu 15

3.2.1 Stromové lapáky 15

3.2.2 Feromonové lapače 16

3.3 Metody asanace 17

3.3.1 Chemická asanace 17

3.3.2 Mechanická asanace 18

3.3.3 Ochrana skládek 19

4 Metodika 21

4.1 Přípravy v porostu 21

4.2 Příprava experimentu na místě uskladnění 22

4.3 Vývoj a kontrola vzorků 24

4.4 Vyhodnocení pokusu 25

4.5 Statistické vyhodnocení dat 26

5 Výsledky 27

5.1 Výlety v čase a z výřezu 29

5.2 Srovnání jedinců matečné a dceřiné generace na počet závrtů a matečných chodeb 32

6 Diskuze 36

7 Závěr 38

8 Literatura 39

9 Seznam použitých zkratek a symbolů 43

1 Úvod

Lesní porosty v České republice se potýkají už řadu let s vracejícím se přemnožením kůrovců, především s kalamitními výskyty lýkožrouta smrkového *Ips typographus* (Linnaeus, 1758).

V roce 2022 dosáhly celkové těžby 25,11 mil m³, podíl nahodilých těžeb byl 19,78 mil m^3, tedy nahodilá těžba tvořila 79 % z celkového objemu těžeb. Celkový objem těžeb s poškozením abiotickými činiteli, takzvaná těžba „hmyzová“, dosáhla hodnoty 11,54 mil m³, což je 46 % z celkového objemu těžeb (Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky v roce 2022).

V předešlém roce 2021, byla celková výše těžeb byla 30,26 mil m^3, nahodilá těžba činila 26,28 mil. m^3, což bylo 86,9 % z celkové výše těžeb. Těžba „hmyzová“ dosáhla objemu 18,3 mil m^3, to bylo 60 % z celkového objemu těžeb (Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky v roce 2021). V porovnání roku 2022 s rokem 2021 byly těžby nižší.

V roce 2022 došlo k poklesu objemu těžeb, i těžeb „hmyzových“, to bylo způsobeno především nevhodnými podmínkami pro množení hmyzu, zejména lýkožrouta, a to nižšími teplotami a dostatkem srážek. Počasí způsobilo vhodné podmínky pro vytvoření 1. generace přezimujícími jedinci lýkožrouta, avšak studené a deštivé počasí během léta zpomalilo rojení 1. generace lýkožrouta a vytvoření další generace (Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky v roce 2022).

Už v roce 2003, kdy Česko bylo zasaženo suchem, byly podmínky pro lýkožrouta vhodné (Lorenc et al., 2018). Kůrovcová kalamita začala gradovat po orkánu Kyrill roku 2007, největší škody způsobil na Šumavě. Po roce 2010 se kůrovcové těžby držely na stabilní hodnotě. Sucha roku 2015 napomohla oslabení smrků a na severní Moravě začala gradace kůrovce, která se rozšířila dále, pravděpodobně i kvůli přepravě dřeva napříč Českou republikou a vylétání lýkožrouta z přepravovaného dřeva (Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství 2003-2010). V roce 2015 se objem kůrovcové těžby rovnal 2,31 mil m^3, v roce 2016 to bylo 4,42 mil m^3, v roce 2020 objem kůrovcového dříví už dosahoval hodnoty 21,9 mil m^3, to bylo zatím nejvíce za všechny roky zpracování dat o těžbách od roku 2003. Od roku 2020 do roku 2022 objem kůrovcových těžeb klesal a v roce 2022 byl objem kůrovcové těžby 8,2 mil m^3 (Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství 2015–2022).

Neustálé šíření lýkožrouta má vliv na vývoj a zkoušení nových a účinnějších metod asanace na zahubení brouků. Tendence dnešní doby je přecházet na ekologičtější chemické

přípravky. Avšak je účinnost chemických přípravků s menší ekologickou zátěží vyšší? Nebo alespoň stejná jako u stávajících přípravků.

K množení lýkožrouta přispívá sucho, nedostatek srážek a samozřejmě monokulturní hospodaření se smrkem ztepilým, který má v České republice pořád nejvyšší zastoupení. Na severním okraji Českého lesa, kde se nacházela studijní lokalita, z níž byly vzaty napadené stromy, se nachází v blízkosti Slavkovského lesa a obě tyto oblasti jsou plné potenciálních smrkových porostů vhodných pro šíření lýkožrouta smrkového. Jsou to možná jedny z posledních rozsáhlých souvislých území se smrkem, kde lýkožrout nezpůsobil rozsáhlé a plošné odumírání smrků a nové rozsáhlé holiny (Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky v roce 2022).

Proto zkoušet a vylepšovat obranná opatření proti kůrovcům je rozhodně na místě. Jak už bylo zmíněno, vývoj přípravků směřuje k nejekologičtějším prostředkům, a mechanická asanace je lehce opomíjena. Odkornění napadených kmenů přímo na lokalitě pařez nebo na odvozních místech je dnes možné i pomocí upravených harvestorových hlavic, které jsou schopny kmeny odkornit přibližně z 90-95% plochy kmene (Hagge et al., 2019). Při správném načasování s ohledem na vývojové stadium lýkožrouta smrkového je za použití této technologie možné dosáhnout vysoké mortality, kdežto při špatném načasování tato metoda nemusí být účinná, protože jedinci lýkožrouta už jsou schopni přežít i ve zbytcích kůry. Otázkou je, jestli okamžitá likvidace odkorněného materiálu např. spálením je pro lesnický provoz vhodná. Možností je využití adaptéru na proškrábání kůry a harvestorových hlavic fungujících na podobném principu (Juha et al., 2012). Mechanická asanace odkorněním kmene se hojně používá na pilách na manipulační lince.

Nejlepší a nejefektivnější metodou pro úspěšný boj s kalamitou kůrovce je stále prevence: aktivní vyhledávání, včasné zpracování napadených stromů a důkladná asanace.

2 Cíl práce

Cílem této bakalářské práce bylo zjistit, která ze dvou asanačních metod je efektivnější, to znamená, která metoda způsobila vyšší mortalitu u lýkožrouta smrkového (*Ips typographus).* Dalším z cílů bylo vyhodnotit efektivitu mechanického zraňování lýka, tzv. proškrabávání, na přežívání lýkožrouta smrkového, taktéž bylo cílem vyhodnotit efektivitu chemické asanace na přežívání lýkožrouta smrkového. Rovněž bylo cílem porovnat přežívání lýkožrouta smrkového na výřezech ošetřených insekticidy, na výřezech s mechanickým zraňováním lýka a na kontrolních výřezech bez ošetření.

3 Rozbor problematiky

Lýkožrout smrkový *(Ips typographus)* je tmavě hnědý, někdy až černý lesklý brouk, s velikostí těla přibližně 4,5 mm. Lýkožrout smrkový má zadní část krovek useknutou a se zlatavými chloupky (Lubojacký et al., 2019). Samice lýkožrouta za svůj život naklade průměrně 60 vajíček. V nižších polohách jsou obvyklé dvě generace rojení lýkožrouta, zatímco ve vyšších polohách kolem 800 m.n.m je obvyklá jedna generace rojení. K prvnímu rojení dochází, když přezimující jedinci začnou napadat první stromy a vytváří první generaci potomků, k tomu dochází na přelomu čtvrtého a pátého měsíce, tedy na přelomu dubna a května. Druhé letní rojení se zpravidla odehrává v polovině června až začátkem srpna, případné třetí pak začátkem září.

Lýkožrout smrkový napadá smrkové porosty nad 60 let věku, porosty s nižším věkem jsou v ohrožení až při nedostatku vhodných stromů, dnes již není neobvyklé napadení stromů nižšího věku. Tento brouk je typický sekundární škůdce na smrku ztepilém, výjimečně se může objevit na jedli bělokoré, taktéž může působit i jako primární škůdce. Primární škůdce napadá zdravé jedince. Sekundární škůdce napadá již oslabené jedince, oslabení může vzniknout různými stresory, stres pak oslabuje dané jedince a ti jsou ideální obětí pro lýkožrouta smrkového. Nejčastějším abiotickým stresorem vedoucí k napadení stromů kůrovci je v současnosti sucho. Dalším významným abiotickým vlivem je vítr a větrné polomy, které byly pro rok 2022 nejmarkantnějším abiotickým vlivem (Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky v roce 2022).

3.1 Mechanismus napadání stromů a rozmnožování lýkožrouta

Pionýrští brouci vyhledávají oslabené stromy, které by mohly být vhodné k napadení. Vyhledání stromů probíhá za pomoci volatilních látek, které stromy vylučují do svého okolí. Tito brouci zkouší odolnost stromu, při silném smolení vyhledá imago jiný oslabený strom. Nejčastěji se jedná o smrky stojící v první až druhé řadě v porostní stěně, záleží na okolních podmínkách. Takto vyhledávají stromy jedinci podle první teorie (Byers, 1995).

Druhá teorie hovoří o jiném způsobu vyhledání stromu, zastává názor, že výběr lýkožroutem je náhodný a je ovlivněn chemickými signály, které vysílá oslabený strom. Jde o primární atraktanty, především o chemické látky myrcen, beta-pinen, beta-phalandren, limonen, camphen. Může se jednat o stromy náhodně rozmístěné v porostu (Byers, 1995).

To umožňuje orientaci na kratší vzdálenosti, kdežto u první možnosti vyhledávání stromů se orientují na delší vzdálenosti. Pionýrští jedinci komunikují pomocí feromonů s ostatními jedinci. Komunikace pomocí feromonů probíhá při obou variantách.

Po vyhledání správného stromu jedinec, samec, začne vytvářet závrt a zakousávat se do borky smrku. Při zavrtávání začne vylučovat chemickou látku, agregační feromon, který láká obě pohlaví svého druhu, a tím jim vysílá zprávu o tom, že napadl strom a ten je vhodný pro invazi dalších jedinců. Zároveň tím láká k sobě samice s cílem se s nimi spářit. K těmto účelům lýkožrout používá agregační feromon 2-methyl-3-buten-2-ol a také cis-verbenol, trans-verbenol, myrtenol, trans-myrtenol, 2-phenylethanol (Wermelinger, 2004). Později je vysílán i antiagregační feromon ipsenol, ipsdienol, verbenon, tento feromon informuje ostatní o dostatečném obsazení daného stromu jedinci lýkožrouta smrkového (Byers, 1995). Při zavrtávání brouci svými kusadly vyžírají chodby a požírají lýko, vylučují trus společně s lýkem (drtinky), v lesnickém slangu často neodborně nazývaným „kafe“. V této směsi se také nachází feromony, které jsou syntetizovány ve střevech dospělců (Zumr, 1995).

Samec začne vyžírat prostor pod kůrou v lýku, které by mělo mít tloušťku (kůra s lýkem) 2,5-10 mm, vytvořený prostor se nazývá snubní komůrka. Samec láká samici do snubní komůrky o velikosti 5x5 mm, tvorba tohoto prostoru trvá samci přibližně 2-5 dní (Hlásny et al., 2019). Samice přiláká samec pomocí feromonů do snubní komůrky, kde samice začnou svými kusadly tvořit rovné matečné chodby, množství matečných chodeb se odvíjí od počtu samic. Samec má zpravidla 2-3 samice (Jeger et al., 2017). Zároveň dojde ke spáření a k prvnímu z mnoha oplodnění. Samice vyžírá matečnou chodbu, 6-12 cm dlouhou, na obou stranách chodby postupně vytváří jakési jamky, kam se chystá umístit vajíčka, po vytvoření jamky si připraví směs pilin a slin, kterou přilepí na čelní stěnu tvořené chodby. Poté vycouvá zpět do snubní komůrky, kde se otočí a pozpátku vleze zadečkem k připravené jamce, kam naklade vajíčko. Opět se vrátí do snubní komůrky, kde se opět otočí, a hlavou dopředu se vrací matečnou chodbou k vajíčku, které přikryje směsí pilin a slin, jednak kvůli ochraně před poškozením a také pro udržení konstantní teploty a vlhkosti. Takto pokračuje, dokud nenaklade všechna vajíčka. Během tohoto procesu je samice opakovaně oplodňována samcem. Samec pomáhá samici, vyklízí matečnou chodbu, odnáší zbytky lýka a trus zpět do snubní komůrky a závrtem ven.

Pojmem sesterská generace označujeme jedince, kteří se začali zavrtávat, nebo kteří už začali tvořit požerek, ale z nějakého důvodu přeletí na jiný strom, protože není možné na původním stromě pokračovat (Davídková & Doležal, 2017). Samice naklade přibližně 60 vajíček za svůj život, je tedy schopna vyprodukovat 1-2 vajíčka za den (Zumr, 1995).

Embryonální vývoj trvá 6-18 dní, poté se z vajíček vyklubou larvy. Larvy začnou se postupně prožírat lýkem kolmo na matečnou chodbu. Tím tvoří larvální chodby dlouhé až 6 cm. Larvy se při tomto procesu třikrát svlékají, tzn. mají tři instary, délka vývoje trvá podle přírodních podmínek 7-50 dní. Poté si jedinec vytvoří kukelnou kolébku, kde se zakuklí na přibližně 8 dní. Po opuštění kukly má jedinec vzhled podobný dospělci, jen nemá chitinizovanou kutikulu a má bílou barvu (Zumr, 1995). V této fázi vývoje je zranitelný mechanickým poškozením a je bezbranný proti UV záření. Lesníci tuto fázi nazývají „rýže“ nebo také „bílý brouk“. Může nastat situace, kdy jedinci začnou nahodile požírat lýko kolem své kukelné kolébky, tento projev se nazývá úživný žír. Dospělec začne prokousávat výletový otvor skrz lýko a kůru směrem ven. Při kontaktu se vzduchem se začne zabarvovat kutikula a zároveň i se zpevní a ztvrdne povrch jeho těla, avšak brouci ještě nejsou schopni rozmnožování. Tomuto stadiu se říká v lesnickém slangu „zlatý brouk“. Jedním výletovým otvorem může vylézt i více brouků, kteří vidí světlo a jdou za ním.

Mechanismus usmrcení stromu spočívá v přerušení vodivých pletiv ve vrstvách lýka a tím dojde k přerušení toku živin (Hlásny et al., 2019). Jedinci spolu s sebou do požerku zanáší i spory hub jako například *Endoconidiophora polonica,* která způsobuje zamodrání dřeva (Hlásny et al., 2019).

3.2 Metody obrany a monitoringu

3.2.1 Stromové lapáky

Nejúčinnějším obranným opatřením proti lýkožroutu smrkovém je lapák (Jeniš & Vrba, 2007). Lapáky lze připravovat v různých variantách a modifikacích. Lapák je strom, pokácený, odvětvený, větve se posléze použijí na zakrytí lapáku, to zabraňuje vysychání lapáku a pro kůrovce strom zůstane pořád atraktivní návnadou. Pokácením zdravého stromu se nasimuluje oslabení, které lýkožrout vyhledává (Grodzki, 1997). Napadení lapáku začíná od špičky, a to na rozhraní zelených a suchých větví. Špičky vyhledává především lýkožrout lesklý (*Pityogenes chalcographus* (Linnaeus, 1761)), který s lýkožroutem smrkovým napadaná stejné stromy (Skuhravý, 2002). Pro přípravu lapáků je potřeba volit vhodné stromy. Ty by měly mít výčetní tloušťku minimálně 30 cm. Důležitá je tloušťka lýka, která musí být dostatečně silná pro rozměry lýkožrouta (Zumr, 1995). Minimální tloušťka lýka by měla být 2,5 mm. Optimální je kolem 5 mm (Holuša et al., 2017). Přirozená úmrtnost lýkožrouta pod kůrou může být způsobena ohřátím kůry slunečním svitem, při vysokých denních teplotách. Při vysokých teplotách kolem 40 °C brouk hyne. Může dojít i k tomu, že strom nebude napadený

lýkožroutem, kvůli vysoké teplotě kůry, především na osluněných porostních stěnách (Ogris et al., 2019).

Pro co nejlepší účinnost lapáků je potřeba dodržet termín přípravy lapáků, ideální čas je konec února, začátek března. Ve vyšší nadmořské výšce, lze lapáky pokládat i v dubnu. Mohou se využít i stromy z polomů, vývratů, pokud jsou vhodně umístěny. Ideální umístění pro lapák, je na okraji v porostu, nebo v porostu, kde jsou třetinou plochy ve stínu a dvěma třetinami na slunci (Zahradník & Geráková, 2010). Podle stupně napadení při monitoringu lze přikácet další série lapáků. Letní série lapáků by se měla připravovat 14 dní před začátkem letního rojení (Zumr, 1995).

Všechna obranná opatření je třeba evidovat, taktéž i lapáky, eviduje se datum pokácení, data jednotlivých kontrol, stupeň napadení a datum asanace. Lapáky se označují na čele evidenčním číslem a číslem série. Při jednotlivých pravidelných kontrolách je nutné kontrolovat stupeň napadení. Míra napadení se kontroluje na nejvíce napadeném místě, na ploše 1 dm^2 se spočítají všechny závrty. Podle počtu závrtů se rozlišují 3 stupně napadení. 0,5 závrtu na 1 dm^2 označuje slabý stupeň napadení, od 0,5 do 1 závrtu na dm^2 signalizuje střední stupeň napadení, 1 a více závrtů na dm^2 se považuje za silný stupeň napadení (Zahradník & Geráková, 2010).

Před výletem brouků je potřeba lapáky včas účinně asanovat, ideálně ve stadiu larev, maximálně ve stadiu kukel (Jakuš et al., 2015).

Využití principu lapáku může mít několik podob, které se dají využít. Jde například o otrávené lapáky, lapáky ve formě otrávených trojnožek, stojící lapáky, hromadné lapáky a jejich kombinace v různém množství. Otrávené trojnožky jsou výřezy, často připravené přímo v porostu na místě, spojené na horním konci skobou nebo drátem. Výřezy jsou následně ošetřené insekticidem. Lákání brouků na trojnožku je zajištěno feromonovým odparníkem připevněným k trojnožce. Brouk při kontaktu s trojnožkou, potažmo s insekticidem zahyne (Zahradník & Geráková, 2010).

3.2.2 Feromonové lapače

Dalším monitorovacím zařízením je feromonový lapač, je to ve své podstatě past, odchytové zařízení, které láká jedince lýkožrouta smrkového. Je možné ho použít i na jiné druhy lýkožroutů příslušnou feromonovou návnadou. Hlavní používaný typ lapače je značky Theyson. Jedná se o plastovou schránku, s množstvím štěrbin. Letící jedinec narazí do černé schránky a spadne štěrbinou do zásobníku, plastového truhlíku překrytého podélnou násypkou, která zabraňuje unikání odchycených jedinců (Zumr, 1995). Lapače jsou především monitorovacím zařízením, slouží k zjišťování počtů brouků na dané ploše, nemají markantní

vliv na redukci populace (Wermelinger, 2004). Podle Lobingera (1996) lapače odchytávají pouze 10 % populace lýkožrouta smrkového.

Podle použití typu feromonové návnady se dá selektovat odchytávaný druh. Feromonový odparník obsahuje syntetický agregační feromon, ten láká jen určitý druh kůrovce. Pravidla pro umísťování lapačů je vhodné dodržovat, z důvodu možného zavlečení kůrovců do zdravého lesa. Lapače by se měly umisťovat ve vzdálenosti od 10 m do 25 m od stěny porostu. Lapač nesmí být přerůstán buření. Musí být umístěn ve výšce 150 cm tedy přibližně v prsní výšce, a minimálně 20 m od dalších lapačů (Zahradník & Knížek, 2007).

Umístit lapače je potřeba nejpozději 14 dní před zahájením letové aktivity lýkožrouta smrkového (Skuhravý, 2002). Při použití lapačů je nutné provádět evidenci, a to umístění v porostu a pořadové číslo, data a počty jedinců v odchytu při jednotlivých kontrolách, které se provádí každých 7–10 dní (Zahradník & Geráková, 2010). Podle počtu odchycených brouků, se rozlišují tři stupně napadení. Když se odchyty pohybují do 1000 jedinců, jedná se o slabý stupeň napadení, při počtech 1000-4000 jedinců se jedná o střední stupeň napadení, a při odchytech 4000 kusů a více se jedná o silný stupeň napadení (Zumr, 1995).

Na základě stupně napadení podle škály u lapáků nebo lapačů, lze při silném napadení adekvátně navýšit počty obraných opatření.

3.3 Metody asanace

Asanaci lze rozdělit na dvě kategorie. První kategorií, je chemická asanace, použití chemických přípravků, insekticidů, na celý povrch kmene. Druhá možnost je využití odkorňovacích strojů, hlavic harvestorů, nebo využití proškrabávání lýka.

3.3.1 Chemická asanace

Při použití chemické asanace se nejčastěji jedná o kontaktní a požerové insekticidy. Jedinec je zasažen látkou již při kontaktu, nebo při vykousávání výletového otvoru, přičemž se účinná látka dostane do těla brouka. Přípravky se prodávají ve formě koncentrátu a smáčedla, které je potřeba naředit vodou a smíchat do směsi ve správném poměru. K samotnému insekticidu se přidává smáčedlo, látka, která napomáhá přilnutí stříkané směsi na kmen, často se přidává navíc i barvivo pro lepší rozpoznání již ošetřených míst. Používají se přípravky na bázi pyrethroidů, nejčastěji s účinnými látkami cypermethrin a alfa-cypermethrin (Skrzecz et al., 2015). Postřik lze aplikovat na všechna vývojová stadia, ideální je použití maximálně do stadia kukel (Zahradník & Zahradníková, 2018). Lze používat pouze schválené a registrované

přípravky, obsažené v registru povolených přípravků (ČSN 48 1000, 2005). Pro ověření platnosti přípravku lze využít webové stránky ÚKZUSu, kde je volně přístupná, každodenně aktualizovaná databáze všech povolených přípravků.

Pro postřik přípravků se používá různá mechanizace. Nejčastěji se využívá zádových postřikovačů nesených na zádech obsluhy, objem těchto postřikovačů je přibližně 12 litrů, záleží na konkrétním výrobci a typu postřikovače, pro postřikování je nutné ručně pumpovat pákou. Při velkých objemech dříví, které je nutné chemicky ošetřit, je možné využít motorových zádových postřikovačů nesených na zádech obsluhy a poháněných benzínovým motorem. Také lze použít velkokapacitní postřikovače nesené na traktoru. Pro maximální účinnost je potřeba postřik provádět za správných podmínek uváděných výrobci postřiků. Je nutné dodržet správnou koncentraci jíchy správným ředěním všech komponentů. Aplikace by měla být prováděna za bezvětří a sucha, kmeny musí být suché.

Pro nakládání s chemickými přípravky musí být obsluha dostatečně proškolena a musí splňovat adekvátní stupeň osvědčení Odborné způsobilosti pro nakládání s přípravky pro dané chemické přípravky. Přípravky lze rozdělit podle osvědčení obsluhy na profesionální užití a neprofesionální užití. Pro přípravky profesionálního užití je potřeba splňovat alespoň 1. stupeň osvědčení o odborné způsobilosti pro nakládání s přípravky na ochranu rostlin. Osoba provádějící aplikaci těchto přípravků však musí být pod dohledem pracovníka s minimálně 2. stupněm osvědčení, toto osvědčení opravňuje i k nákupu těchto přípravků (Harašta et al., 2015). Samozřejmostí je dodržování platných nařízení a směrnic týkajících se BOZP a nutnost používání ochranných pomůcek při práci s chemickými přípravky.

3.3.2 Mechanická asanace

Možností využití mechanických způsobů asanace je několik. Jedna z možností je téměř absolutní odkornění kmene, a to už na odvozním místě upravenou hlavicí harvestoru, nebo na manipulační lince odkorněním frézou nebo odkorňovačem.

Způsob mechanické asanace proškrábání lýka spočívá v narušení kůry a lýka až na dřevo. V kůře se škrabákem nebo motorovou pilou vytvoří drážky alespoň 3 mm široké s minimální vzdáleností od sebe 3 cm. Proškrábáním nedochází k odkornění výřezu a zůstane na výřezu kolem 89 % kůry (Juha et al., 2012). Tato metoda je vhodná pro lokality, kde je využití chemických přípravků nemožné. Proškrábání má oproti úplnému odkornění výhody: vysoká efektivnost, nižší časová náročnost, nižší náklady, menší poškozování dřeva vysycháním. Úplné odkornění není žádoucí v územích s vysokým stupněm ochrany, snižuje

výskyt saproxylických brouků a hub obývajících tato prostředí a mikrostanoviště, zatímco narušením kůry se napomáhá rozkladu dřeva v místech proškrábání.

Proškrábáním dojde ke ztížení podmínek pro vývoj a rozmnožování lýkožrouta smrkového, ideální je tuto metodu používat do stadia kukel, starší vývojová stadia už jsou schopna přežít mimo požerek. Důležité je proškrábat drážky dostatečně až na dřevo, aby si jedinci nenašli cestu nedostatečně proškrábanou kůrou.

K proškrábání je možné využít ruční škrabáky, speciálně upravené harvestorové hlavice nebo adaptéry na motorovou pilu (Juha et al., 2012).

3.3.3 Ochrana skládek

Nejúčinnějším opatřením je prevence v lesních porostech a předcházení vzniku kůrovcových kol včasnou lokalizací a asanací dřevní hmoty.

Při velkých objemech těžby je mnohdy nemožná asanace předešlými způsoby, proto je nutné ošetřit celé skládky. V současné době se na skládky dá aplikovat síť napuštěná insekticidním přípravkem. Síť se prodává pod názvem STORANET. Sítě jsou dodávány v rozměru 8,5x15 m, při velkých rozměrech hrání šlo sítě spojovat a nastavovat. Je nutné, aby byla celá skládka překryta a zatížena výřezy, nebo jinak ukotvena, aby nebyla odkrývána větrem. Výřezy musí být co nejlépe odvětveny, aby nedocházelo k potrhání sítě. Velké protržené díry lze zakrýt další sítí, menší by neměly vadit. Síť lze použít na všechna stadia vývoje lýkožrouta smrkového (Zahradník & Zahradníková, 2019). Síť lze použít opakovaně a má účinnost kolem 100 %, avšak zabíjí i veškerý ostatní hmyz, který přijde se sítí do kontaktu. Ke dni 12.7.2024 končí možnost použití a nadále bude trvat zákaz jejího používání (Rostlinolékářský portál).

Na obdobném principu funguje metoda MERCATA, s tím rozdílem, že se hráň postříká stejným insekticidem jako při asanování jednotlivých výřezů, ale celá hráň se překryje netkanou textilií o gramáži 50 g/m^2. Důležité je, aby textilie zakryla všechny části hráně, aby nedocházelo k ulétávání lýkožroutů. Vylétávající brouci jsou kontaminováni insekticidem, nebo jej pozřou a kvůli textilii nejsou schopni odletět a hynou. Tato metoda má účinnost až 100 % a lze ji použít opakovaně (Zahradník et al., 2018). Metodu je možné použít ve všech vývojových stadiích, je vhodnější i pro použití v konečných vývojových stadiích, avšak s dostatečným předstihem (Zahradník & Zahradníková, 2019). Metoda se dá použít pro různě velké hráně, záleží na velikosti textilie.

Metoda poměrně nedávno vyvinutá v České republice se nazývá fumigace plynem EDN (ethandinitril). Lze ji použít pro všechna vývojová stadia. Fumigace spočívá v namoření hráně

bezbarvým plynem se štiplavým zápachem. Tento plyn se dá využít na hubení mnoha škůdců (Hall et al., 2017). Na předem připravenou plachtu se uloží přivezené dřevo, to se překryje plachtou a celé se to dokonale utěsní. Kvalita utěsnění je klíčová. Poté se předem připravenými otvory pustí hadicemi plyn v dávce 50 g/m^3. Během 10-24 h plyn proniká a účinně hubí lýkožrouta smrkového. Po uplynutí 24 hodin se zbývající plyn odčerpá (Stejskal et al., 2017).
Při použití této metody je nutné přísně dodržovat nošení pracovních pomůcek, dodržovat bezpečnost práce a pracovních postupů. Proto je použití této metody možné jen na povolení Ústředního kontrolního a zkušebního ústavu zemědělského (Nařízení Ústředního kontrolního a zkušebního ústavu zemědělského o povolení přípravku na ochranu rostlin pro omezené a kontrolované použití, 2021). Nevýhodou jsou velké náklady, úmrtnost necílových organismů a nutnost odborně provádět asanaci.

4 Metodika

Prvním krokem v praktické části bylo vybrat lokalitu s co největší šancí získání napadených stromů lýkožroutem smrkovým. Místo výběru stromů bylo zvoleno z několika důvodů. Za prvé, lokalita se stromy byla dobře obslužná z lesní cesty a propojena přibližovací linkou. Za druhé, v minulosti se zde více vyskytoval lýkožrout smrkový, a dalo se předpokládat, že i v letošním roce bude potřeba více obranných opatření. Za třetí, místo, kde budou shozené lapáky, odpovídalo pravidlům pro umísťování obranných opatření – lapáků.

Lokalita, kde byly vybrány stromy, byla ve středně prudkém jižním svahu. Stromy byly vybrány v březnu, konkrétně 3.3.2023. Na lokalitě byly zaměřeny souřadnice pomocí telefonu a několika mapových portálů. S-JTSK / Krovak East North: Y=878088.98 X=1043097.55, GPS: 49.9058456 N, 12.5554764 E.

Porost 311C10 měl plochu 2,54 ha, věk stromů je 86-104 let, LT 5K1, LVS 5.stupeň, CHS 53, zastoupení dřevin SM 95 %, BO 5 %. Lokalita se nacházela v nadmořské výšce 630 m. n. m.

4.1 Přípravy v porostu

Ve vybraných kůrovcových ohniscích byla vytipována lokalita a byl odhadnut správný počet stromů. Byly vybrány tři zdravé smrky ztepilé (*Picea abies* (L.) H. Karst). Všechny stromy byly pokáceny motorovou pilou směrem do svahu. Následně byly odvětveny, s cílem co nejméně poškodit kůru motorovou pilou. Poté byly stromy zakryty klestem z odvětvování, aby se zabránilo vysychání a zachovala se atraktivita pro lýkožrouta. Byly tedy připraveny 3 stromové lapáky. Stromy byly pokáceny 1.4.2023 a ponechány zde do 18.6.2023, v průběhu té doby byly lapáky průběžně kontrolovány, sledoval se stupeň jejich napadení lýkožroutem smrkovým.

Dne 18.6.2023 byla dceřiná generace lýkožrouta smrkového ve všech výřezech ve stejném stadiu vývoje, ve stadiu larev. Lapáky byly změřeny, měřila se konkrétně délka a tloušťka v polovině kmene. Kmeny byly rozděleny na sekce po 50 cm. Pro experiment byly vybrány vždy 3 po sobě jdoucí sekce z kmene. Dále byly stromy nakráceny na padesáticentimetrové výřezy a odvezeny z lokality pařez na místo, kde byly prováděny kontroly, což bylo na rodinné zahradě. Bylo připraveno 13 trojic výřezů, celkem 39 výřezů, z různých částí lapáků, převážně ze spodní a střední části lapáku. Koncové části byly nevyhovující kvůli slabé tloušťce a poměrně silnému napadení lýkožroutem lesklým. U

každého výřezu byla změřena tloušťka kmene, tloušťka lýka a byla zadokumentována poloha, z jaké části kmene byl výřez a z jakého stromu byl výřez vyříznut. Každý výřez byl označen číslem a značkou. Pro označení byla zvolena písmena K – kontrolní výřezy, S – výřezy s proškrábáním lýka a C – chemicky ošetřené výřezy. Každá trojice se skládala z výřezu neošetřeného, chemicky ošetřeného a s proškrábaným lýkem. Nařezané výřezy byly ručně vyneseny na lesní cestu, naloženy na přípojný vozík za auto a odvezeny na místo, kde byly uskladněny a kde probíhala kontrola.

4.2 Příprava experimentu na místě uskladnění

Den před přivezením stromů byl připraven krytý přístřešek, který měl výřezy ochránit před přímým slunečním zářením (UV zářením) a srážkami. K vybudování byl využit materiál získaný z rozebraných oplocenek, latí cca 5x3 cm. Byly využity i dřevěné latě z rozebraných trojnožek s otrávenými sítěmi (Storanet). Materiál, byl vyřazený a nedal se již znovu využít lesním provozu.

Další materiál jako například palety, krycí desky a plachty na přikrytí, pocházely z vlastních zásob. Jako podklad byly použity čtyři europalety, které odizolovaly pytle s výřezy od země a tím zabránily vzlínání vlhkosti a vzniku plísní. Díky konstrukci palet mohl i volně proudit vzduch a udržovat konstantní vlhkost, hlavně při deštích. Horní část, střecha, byla vytvořena volně loženými latěmi zapřenými o hráň palivového dřeva, poskládanou u zdi domu. Přes latě byly položeny plastové desky, které vyspádovaly střechu, aby dobře odtékala voda. Poslední vrstvou tvořily dvě volně ložené plachty zatížené několika špalky. Plachty měly přesah do stran, aby lépe odváděly vodu.

Dalším nutným krokem, bylo ošetřit polypropylenové pytle na sypký materiál o rozměrech 60x110 cm přípravkem Forester v koncentraci 1 % ve směsi se smáčedlem/barvivem 1 % Scolycidem. Aplikace byla provedena v dávce 5 l na m^3, zádovým postřikovačem STIHL SG 51 na stěnu pytle. Výpary se nechaly ze stěn pytlů odpařit.

Obrázek 1 – Připravené, chemicky ošetřené výřezy, těsně před uložením do pytlů

(foto: K. A. Chrástka)

Obrázek 2 – Výřezy ošetřené proškrábáním lýka a kontrolní výřezy těsně před uložením do pytlů

(foto: K. A. Chrástka)

Všechny výřezy byly popsány sprejem příslušnou kombinací čísla a písmene (Obr.1, Obr.2). Pro větší přehlednost byl na každý okraj pytle fixou napsán příslušný kód. Řádně označené trojice výřezů byly poskládány na zem. Výřezy s písmenem K (kontrolní výřezy) byly dány do pytle, zavázány drátkem a jednotlivé pytle s výřezem byly uloženy na paletu pod přístřešek. Na výřezech s označením S byly připraveným přípravkem zhotoveny rýhy 1 cm široké s rozestupy 3 cm. Jelikož se proškrábání přípravkem ukázalo málo efektivní a zdlouhavé, byla na následující výřezy použita motorová pila a přípravek sloužil pouze jako šablona k rozměření mezer mezi rýhami. Rýhy motorovou pilou byly prořízнuty až na dřevo skrz celé lýko (Obr.2). Všechny tímto způsobem ošetřené výřezy, byly dány do polypropylenových pytlů, zavázány a uloženy pod přístřešek na palety.

Druhým typem ošetření, byly výřezy ošetřené chemicky s označením C. Připravené výřezy byly asanované, postříkané chemickou směsí určenou pro asanování dříví, konkrétně Forester o koncentraci 1,00 % při dávce 5 l na m^3 ve směsi se 1 % Scolycidem.. Následně byla na výřezy nanesena vrstva tekutiny ručním zádovým postřikovačem STIHL SG 51 (Obr.1). Když chemický přípravek dobře zaschnul, byly asanované výřezy naskládány po jednom do pytle a jednotlivé pytle byly přemístěny pod přístřešek k ostatním výřezům. Na každý okraj pytle byl fixou napsán kód skládající se z pořadového čísla a písmene označující metodu asanace, stejný kód byl sprejem nastříkán na čela výřezů.

4.3 Vývoj a kontrola vzorků

Takto byly všechny připravené vzorky, uložené v pytlích a na paletách, ponechány osm dní (Obr.3). Tato doba měla simulovat dobu, která je stanovena pro kontrolu obraných opatření v lesním provozu. Po uplynutí této doby byla provedena první kontrola. Další kontroly byly prováděny v intervalu 7-10 dní.

Kontrola probíhala pokaždé stejným způsobem. Postupně každý pytel s výřezem byl rozbalen, výřez byl vyndán a důsledně zkontrolován stav výřezu. Následně byl obsah pytle co nejšetrněji vysypán na připravený tác. Vysypaný obsah byl roztříděn na dřevní odpad, piliny, úlomky kůry a jiné části, byl oddělen jiný hmyz, který nebyl středem zájmu, a nakonec byl posbírán lýkožrout smrkový. Jedinci lýkožrouta smrkového byli spočítáni a rozděleni na mateřskou a dceřinou generaci. Ještě v průběhu 3. kontroly se generace daly bezpečně odlišit, po 3. kontrole už to nebylo možné, proto byla evidována už jen dceřiná generace. Poté se spočítalo, kolik brouků bylo vysypáno z pytle na podložku. Vzorky z každé kontroly a z každého výřezu byly uloženy do zkumavek o objemu 2 ml, při větším počtu jedinců byla

použita nádoba s víčkem o objemu cca 100 ml. Všechny vzorky byly pečlivě popsány kódem a všechny zkumavky z jedné kontroly byly uloženy do uzavíratelného sáčku. Ten byl popsán pořadovým číslem kontroly a datem, kdy byla kontrola provedena. Všechny takto sesbírané, pečlivě uložené do zkumavek a popsané vzorky byly uložené do mrazáku. Důvodem bylo jednak to, aby živí brouci zmrzli a dali se spočítat a aby ve vlhkému počasí nezačaly vzorky plesnivět.

Takto proběhlo celkem osm kontrol. Poslední, osmá kontrola proběhla zároveň s vyhodnocením všech výřezů.

Obrázek 1 – Všechny výřezy uložené v pytlích pod improvizovaným přístřeškem (foto: K. A. Chrástka)

4.4 Vyhodnocení pokusu

Vyhodnocení proběhlo 9.9.2023. Všechny výřezy byly vyndány z pytlů a postupně jeden po druhém byly vyhodnoceny. U každého výřezu byl vysypán pytel a bylo spočítáno množství přítomných lýkožroutů. Dále byl každý výřez ručně odkorněn, pomocí sekery a nože. Vzhledem k tomu, jak dlouho postupně vysychaly a s ohledem na působení lýkožrouta šlo odkornění poměrně jednoduše. Při vyhodnocování se sledovaly následující faktory: počty

závrtů, počty matečných chodeb, počty přeživších brouků, počty požerků a rozměry plátu kůry, borky, které se povedlo oddělit z výřezu bez poškození.

Prvním faktorem byla délka a šířka kůry. Pro tento údaj byla změřena část, části kůry, které se podařilo oddělit bez poškození nebo kde byla kůra celistvá. Druhým sledovaným faktorem byly počty závrtů, na plátu kůry bylo podle snubních komůrek stanoveno číslo, udávající počet závrtů, zároveň byly spočítány výletové otvory i jednotlivé požerky. Pokud v kůře byli nějací mateční brouci, měli být zařazeni do výsledné tabulky jako samostatný údaj, ale žádný zde zaznamenán nebyl. Poslední sledovaným údajem bylo, zda byl v kůrách přítomen lýkožrout lesklý.

Po vyhodnocení byly zbytky kůry a odkorněné výřezy zlikvidovány spálením a přístřešek byl rozebrán.

4.5 Statistické vyhodnocení dat

Každý výřez byl změřen pomocí průměrky na čele výřezu a z průměrné tloušťky každého výřezu byla spočítána průměrná tloušťka výřezů dané trojice. K průměrným tloušťkám byla dopočítána směrodatná odchylka. Tloušťka lýka označuje hodnotu, měřenou pomocí posuvného měřítka na 2 místech na čele výřezu, z toho byl spočítán aritmetický průměr, následně byl spočítán aritmetický průměr ze tří výřezů a směrodatná odchylka pro dosazení dat.

Hustota závrtů se spočítala jako podíl celkového počtu vylezlých ať už matečných, nebo dceřiných brouků a celkového počtu snubních komůrek, rovnajících se počtu závrtů. Hustota matečných chodeb byla vypočítána jako podíl celkového počtu odchycených brouků dané generace a celkový počet matečných chodeb. Celkové počty brouků dceřiné generace byly navýšeny o počty žlutých (zlatých) brouků odchycených při odkorňování na konci experimentu.

Výsledky byly konfrontovány s obdobnými vědeckými pracemi a byla vyhodnocena efektivita jednotlivých asanačních opatření proti výletu lýkožrouta smrkového.

Data získaná během experimentu byla přepsána a upravena v programu Microsoft Excel 2016 do formy tabulek. Statistická analýza dat byla provedena v programu TIBCO Software Inc. Vícenásobná porovnání mezi jednotlivými variantami ošetření byla analyzována s použitím mnohonásobného Kruskal-Wallisova testu.

5 Výsledky

Celkem bylo použito 13 trojic výřezů, v každé trojici byl jeden chemicky ošetřený, jeden ošetřený proškrabáním, jeden kontrolní bez ošetření. Všechny výřezy byly dlouhé 50 cm, průměrná tloušťka jednoho výřezu byla 23,6 ± 4,9 cm, tloušťka se pohybovala v rozpětí 20-41 cm. Tři po sobě jdoucí výřezy stejného pořadového čísla byly vždy ze stejného lapáku a zároveň vždy na sebe navazující výřezy. Pro účely experimentu byly připraveny 3 lapáky o délkách 21 m, 22 m, 23 m. Vzdálenost každého výřezu u každého lapáku byla od paty kmene různá. Výřezy byly zvoleny od paty kmene i od středu kmene. Z lapáku s označením L3 byly výřezy vybrány od úplné paty kmene až po 14 m délky, u lapáku L2 byl vzat výřez od 3 m délky kmene po 6,5 m délky a u lapáku L1 opět od paty kmene po 4,5 m délky kmene. Průměrná tloušťka lýka na výřezech byla 4,2 ± 0,56 mm, pohybovala se v rozpětí 3-5 mm.

Celkový počet jedinců vylétlých z výřezů byl 1505, což bylo průměrně 38,59 ± 44,36 jedinců na výřez, z toho bylo 242 jedinců matečné generace, což bylo průměrně 6,02 ± 7,07 jedinců matečné generace na výřez, zatímco jedinců z dceřiné generace bylo 1263, průměrně 32,38 ± 38,98 jedinců na výřez.

Celkový počet snubních komůrek ve všech výřezech byl 589, průměrně to bylo na výřez 15 ± 7 snubních komůrek, z toho lze odvodit, že počet závrtů se bude rovnat počtu snubních komůrek. V celkovém počtu výřezů bylo 922 matečných chodeb, průměrně 23,6 ± 11,7 matečných chodeb na výřez. Výletových otvorů se na všech výřezech našlo celkem 687, tedy průměrně 17,6 ± 11,8 výletových otvorů na jeden výřez. V plátech kůry z odkorněných výřezů zbylo celkově 454 žlutých (zlatých) brouků, průměrně na jeden výřez se jednalo o 11,6 ± 9 brouků.

Jednotlivé údaje na každou trojici výřezů jsou zaznamenány v tabulce 1. Pro každou trojici výřezů označené číslem 1-13 byly zapsány a spočítány průměrné hodnoty ze všech tří výřezů. První sloupec označuje pořadové číslo každé trojice. Druhý sloupec označuje délku lapáků, tedy délku stromu, ze kterého byly výřezy připraveny.

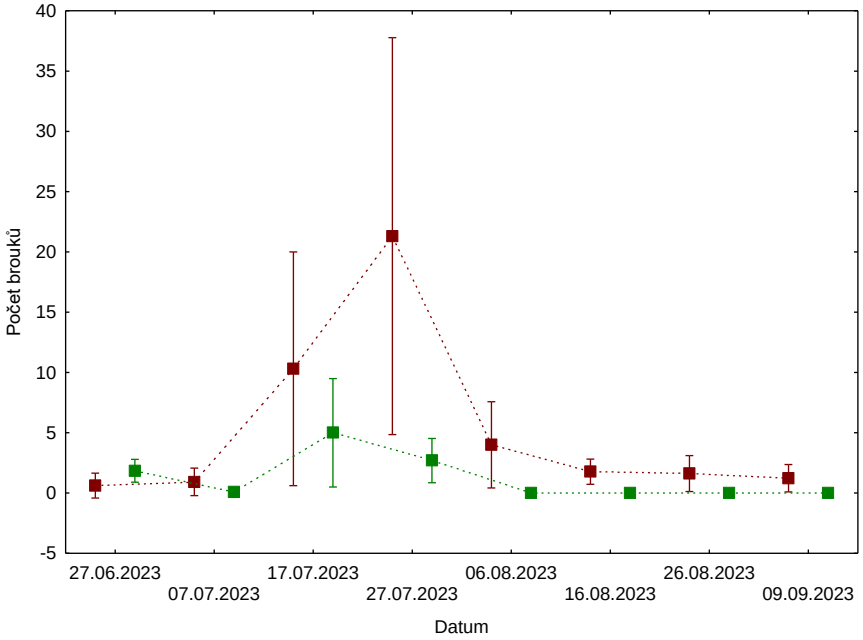
Hustota závrtů u kontrolních výřezů (K) se pohybovala od 0,03 do 0,76 závrtu na dm^2, hustota matečných chodeb se pohybovala od 0,09 do 0,94 matečných chodeb na dm^2. U výřezů chemicky ošetřených (C) se hustota závrtů pohybovala od 0,12 po 0,65 závrtu na dm^2. Hustota matečných chodeb na dm^2 byla od 0,29 až po 1,43 matečných chodeb na dm^2. Výřezy ošetřené proškrábáním lýka (S) měly hustotu závrtů od 0,03 po 0,82 závrtů na dm^2. Od 0,03 po 0,88 matečných chodeb na dm^2 bylo rozpětí, ve kterém se nacházely hodnoty hustoty matečných chodeb na dm^2 (Tabulka 1).

Tabulka 1 – Základní údaje o každé trojici výřezů a hustoty závrtů a matečných chodeb

Trojice	Délka lapáků (m)	Tloušťka výřezu (cm) ± SD		Lýko (mm) ± SD		Hustota závrtů na dm^2 – K	Hustota matečných chodeb na dm^2 – K	Hustota závrtů na dm^2 – C	Hustota matečných chodeb na dm^2 – C	Hustota závrtů na dm^2 – S	Hustota matečných chodeb na dm^2 – S
1	22	25,67	2,01	4	0,00	0,66	0,82	0,36	0,72	0,55	0,75
2	22	23,00	0,00	3,67	0,47	0,76	0,79	0,65	1,25	0,66	0,80
3	22	22,17	0,24	4,00	0,41	0,52	0,78	0,57	1,08	0,38	0,43
4	22	21,17	0,24	5,00	0,00	0,49	0,52	0,64	1,43	0,03	0,03
5	22	20,17	0,24	4,33	0,47	0,48	0,61	0,22	1,08	0,37	0,59
6	21	24,83	0,24	4,50	0,71	0,47	0,55	0,64	1,12	0,48	0,74
7	22	23,50	0,71	4,17	0,24	0,31	0,45	0,29	0,66	0,29	0,58
8	23	22,00	0,00	4,17	0,24	0,75	0,90	0,49	0,84	0,17	0,23
9	22	22,17	0,24	4,33	0,47	0,03	0,09	0,14	0,28	0,35	0,38
10	22	20,50	0,41	3,67	0,47	0,31	0,40	0,12	0,30	0,16	0,22
11	21	20,83	0,24	3,83	0,24	0,64	0,94	0,65	1,34	0,82	0,88
12	22	21,33	0,24	3,83	0,24	0,30	0,39	0,33	0,59	0,49	0,58
13	23	39,33	1,70	5,00	0,00	0,12	0,23	0,33	0,67	0,24	0,32

5.1 Výlety v čase a z výřezu

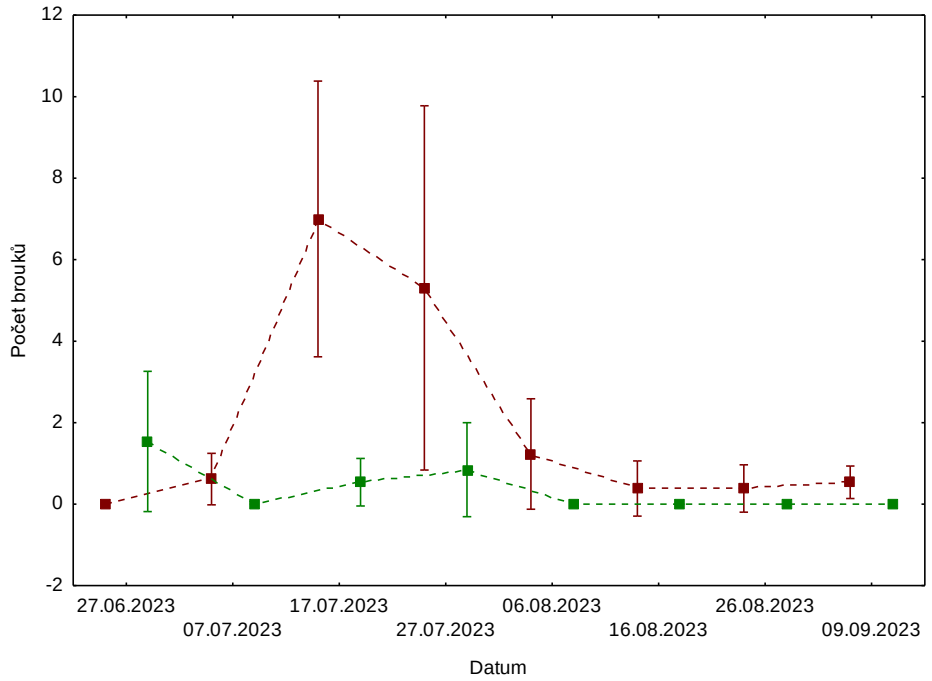
Největší množství dceřiných brouků bylo evidováno při čtvrté kontrole 27.7.2023, zatímco u matečných brouků se jednalo o třetí kontrolu 17.7.2023 (Obr. 2).



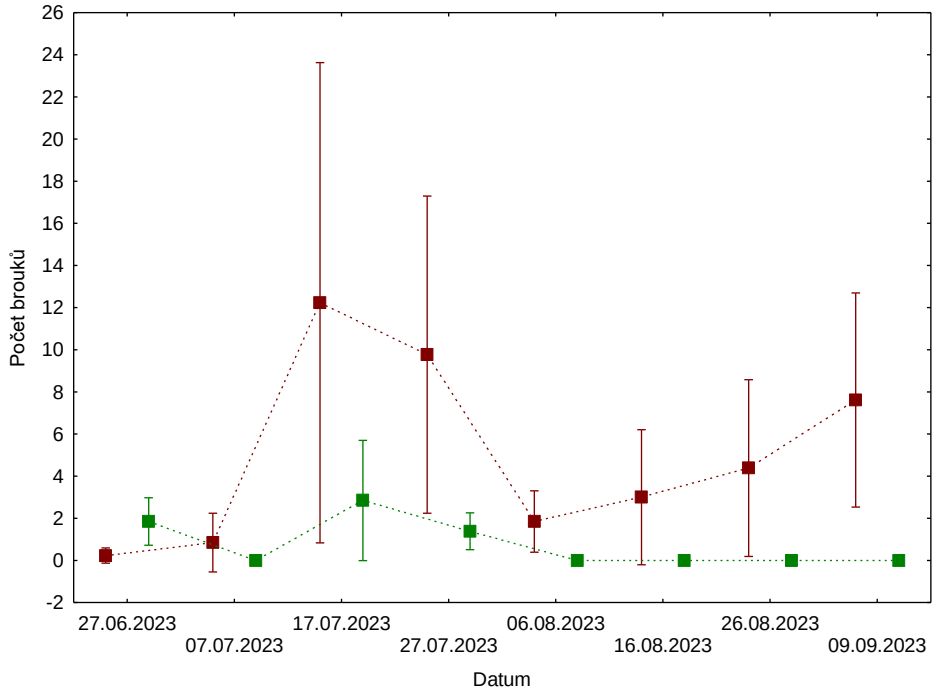
Obrázek 2 -Průběh výletu matečných (zelená) a dceřiných jedinců (červená) *I. typographus* z kontrolních smrkových výřezů. Čtverce představují průměr počtu brouků, svorky zobrazují 0,95 interval spolehlivosti.

Nejvyšší počet matečných jedinců byl zaznamenán hned při první kontrole 27.6.2023. Zatímco největší výlet dceřiné generace byl zaznamenán při třetí kontrole 17.7.2023, větší množství brouků bylo zaznamenáno i při čtvrté kontrole 27.7.2023 (Obr.3) Při kontrolách 6, 7, 8 už bylo množství jedinců opouštějící výřezy poměrně stabilní. Matečná generace přestala vylétat při páté kontrole, respektive při páté kontrole nebyli zaznamenáni žádní mateční brouci.

U výřezů ošetřených mechanickým zraňováním lýka byly nejvyšší výlety matečné generace zaznamenány při třetí kontrole 17.7.2023. Nejvyšší počet jedinců brouků dceřiné generace byl zaznamenán při třetí kontrole 17.7.2023 (Obr.4). Pátá kontrola u matečné generace nezaznamenala už žádné jedince lýkožrouta smrkového. Výlety dceřiné generace lýkožrouta smrkového kulminovaly při třetí a čtvrté kontrole, během páté kontroly počty jedinců klesly a v dalších kontrolách postupně počty jedinců opouštějící výřezy rostly.



Obrázek 3 - Průběh výletu matečných (zelená) a dceřiných jedinců (červená) *I. typographus* ze chemicky ošetřených smrkových výřezů. Čtverce představují průměr počtu brouků, svorky zobrazují 0,95 interval spolehlivosti.



Obrázek 4 - Průběh výletu matečných (zelená) a dceřiných jedinců (červená) *I. typographus* z proškrábaných smrkových výřezů. Čtverce představují průměr počtu brouků, svorky zobrazují 0,95 interval spolehlivosti.

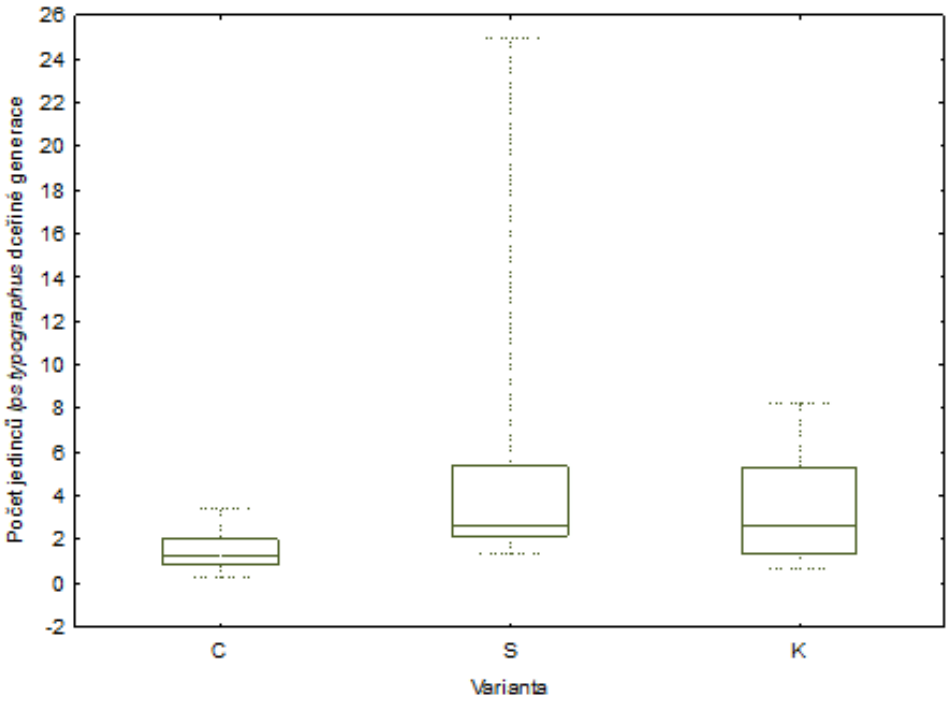
U všech tří typů výřezů byly spočítány aritmetické průměry různých ukazatelů, průměrné počty dceřiných a matečných brouků na závrt a matečnou chodbu a průměrný počet výletových otvorů na závrt a matečnou chodbu a k průměrům i směrodatné odchylky (Tabulka 2). Hodnoty v tabulce jsou uvedeny u všech porovnávaných faktorů ve všech typech výřezů. Počet dceřiných brouků na jeden závrt byl největší u výřezů s proškrábáním lýka, taktéž počet dceřiných brouků na matečnou chodbu byl největší u výřezů s proškrábáním lýka. Největší počty matečných brouků na závrt byly nepatrně větší u kontrolních, neošetřených výřezů, opět u matečných brouků na matečnou chodbu hodnota byla nejvyšší u výřezů bez ošetření. U výletových otvorů byly hodnoty nejvyšší u výřezů s proškrábáním lýka.

Tabulka 2 – Počty jedinců MG (matečné generace) a DG (dceřiné generace) vztažené na závrt a matečnou chodbu dle způsobu asanace.

Varianta	Kontrola		Chemické ošetření		Proškrábání	
	průměr	SD +-	průměr	SD +-	průměr	SD +-
Počet dceřiných brouků na závrt	3,413	2,344	1,492	0,892	5,150	6,045
Počet dceřiných brouků na chodbu	2,445	1,749	0,732	0,445	4,438	6,157
Počet matečných brouků na závrt	0,558	0,390	0,166	0,191	0,450	0,309
Počet matečných brouků na mateční chodbu	0,412	0,267	0,086	0,100	0,373	0,291
Výletový otvor na závrt	1,389	0,571	0,979	0,672	2,238	3,423
Výletový otvor na mateční chodbu	1,020	0,458	0,443	0,312	1,962	3,498

5.2 Srovnání jedinců matečné a dceřiné generace na počet závrtů a matečných chodeb

U výřezů ošetřených proškrábáním borky a lýka byl zjištěn nejvyšší počet jedinců opouštějících požerky lýkožrouta smrkového v přepočtu na jeden závrt (Obr. 5, Tabulka 3). Při přepočtu brouků opouštějících požerky na jednu matečnou chodbu byla hodnota jedinců z kontrolních a proškrábaných výřezů stejná a signifikantně vyšší než u chemicky ošetřených (Obr. 6, Tabulka 4).



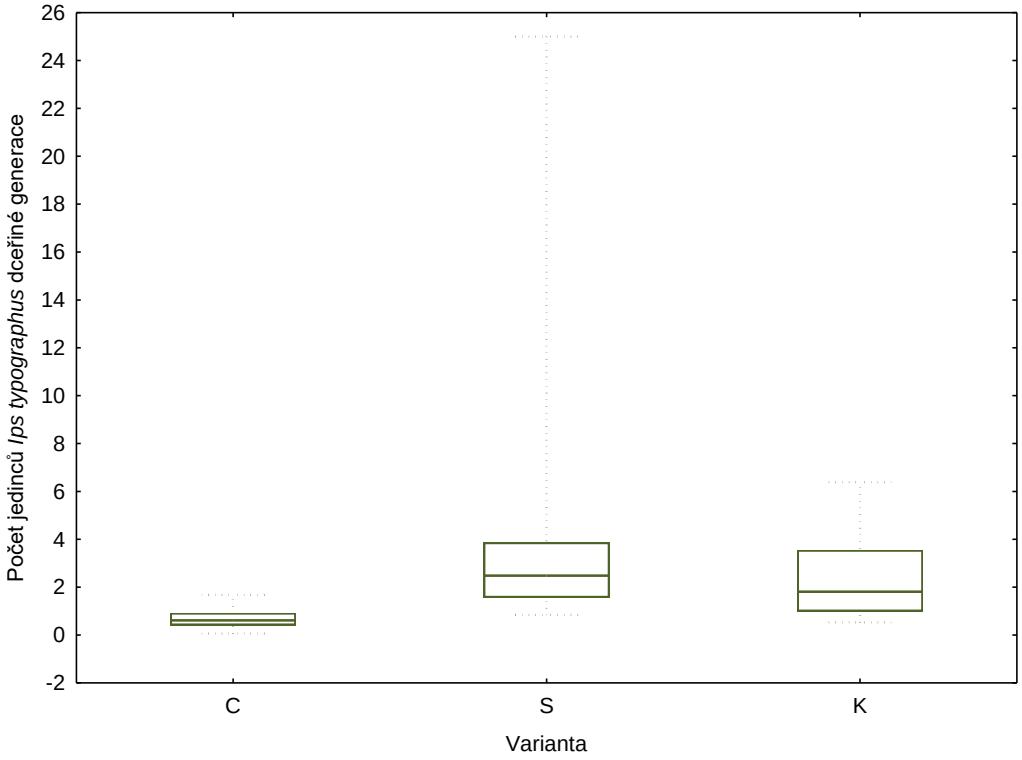
Obrázek 5 - Srovnání počtu dceřiných jedinců *Ips typographus* na jeden závrt opouštějící jednotlivé varianty ošetření smrkových výřezů (C…chemické ošetření, S…proškrabání, K…kontrola). Boxplot tvoří medián ± 25–75% kvartil, svorka odpovídá rozsahu minimální a maximální hodnoty

Tabulka 3 - Mnohonásobné porovnání (p-hodnoty) počtu dceřiných brouků *Ips typographus* na jeden závrt opouštějících jednotlivé varianty ošetření smrkových výřezů (C…chemické ošetření, S…proškrabání, K…kontrola).

	C	S	K
C		0,0044	0,0621
S	0,0044		1
K	0,0621	1	

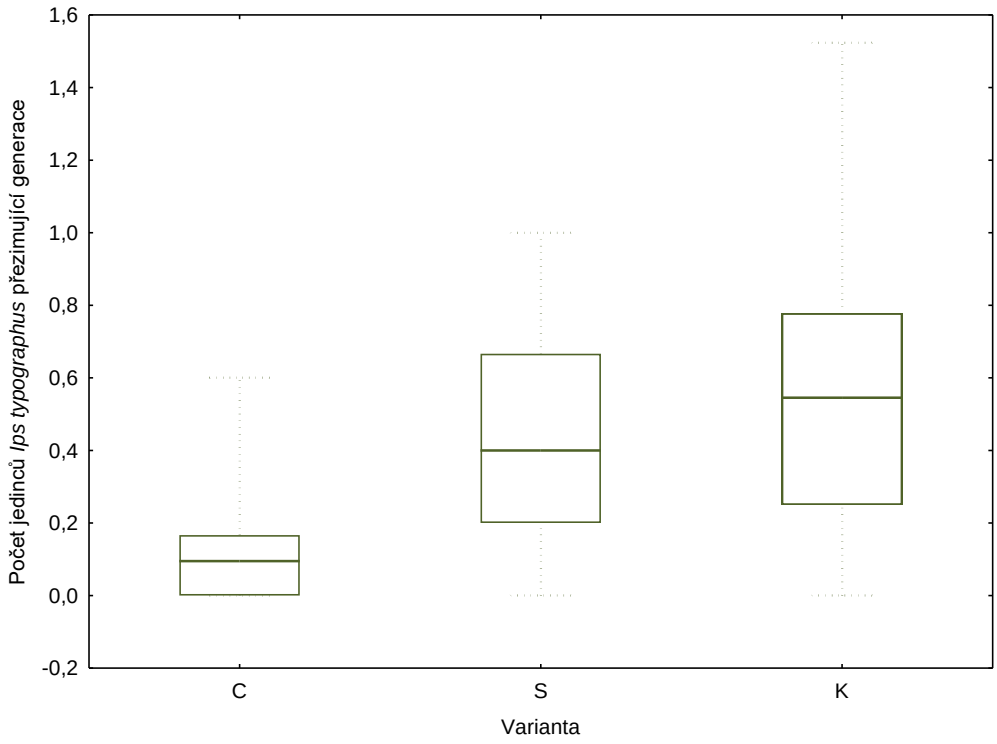
Tabulka 4 - Mnohonásobné porovnání (p-hodnoty) počtu dceřiných brouků *Ips typographus* na jednu matečnou chodbu opouštějících jednotlivé varianty ošetření smrkových výřezů (C…chemické ošetření, S…proškrabání, K…kontrola).

	C	S	K
C		0,000198	0,0040
S	0,0002		1
K	0,0040	1	



Obrázek 6 - Srovnání počtu dceřiných jedinců *Ips typographus* na jednu matečnou chodbu opouštějících jednotlivé varianty ošetření smrkových výřezů (C…chemické ošetření, S…proškrabání, K…kontrola). Boxplot tvoří medián ± 25–75% kvartil, svorka odpovídá rozsahu minimální a maximální hodnoty

Mateční brouci zakládající generace opouštěli průkazně nejčastěji výřezy bez ošetření (kontrolní), mezi výřezy ošetřenými chemicky a proškrábáním nebyl zjištěn žádný statisticky signifikantní rozdíl (Obr. 7, Tabulka 5).

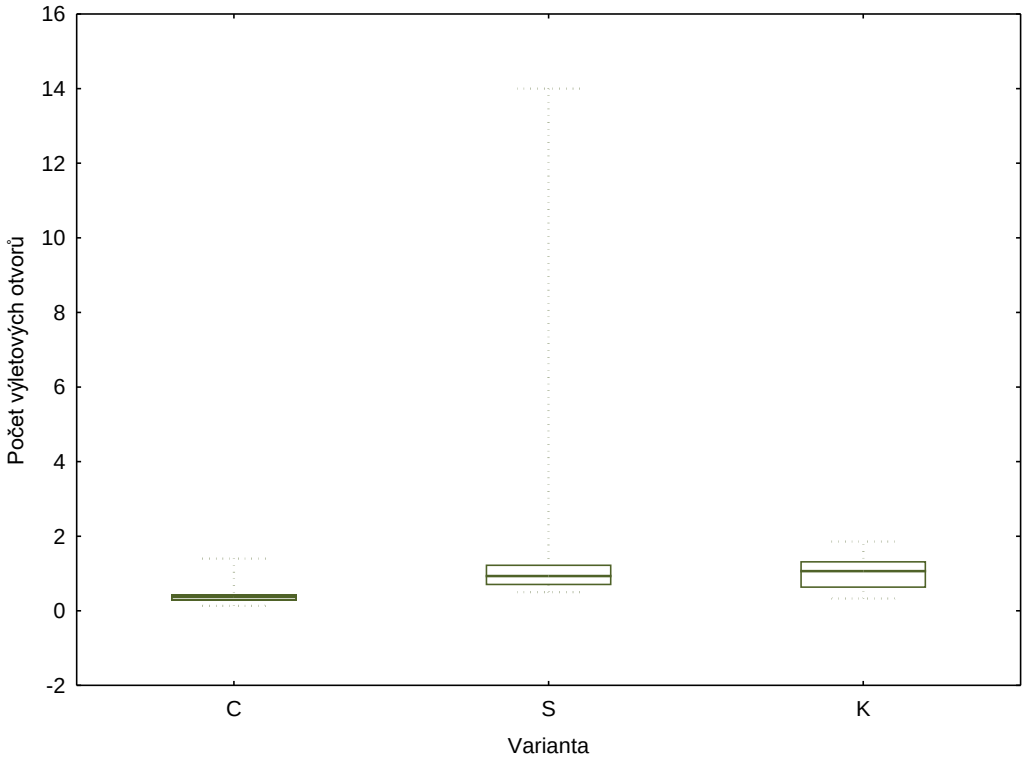


Obrázek 7 - Srovnání počtu matečných jedinců *Ips typographus* na jeden závrt opouštějících jednotlivé varianty ošetření smrkových výřezů (C…chemické ošetření, S…proškrabání, K…kontrola). Boxplot tvoří medián ± 25–75% kvartil, svorka odpovídá rozsahu minimální a maximální hodnoty

Tabulka 5 - Mnohonásobné porovnání (p-hodnoty) počtu matečných brouků *Ips typographus* na jeden závrt opouštějících jednotlivé varianty ošetření smrkových výřezů (C…chemické ošetření, S…proškrabání, K…kontrola).

	C	S	K
C		0,0593	0,0119
S	0,0593		1
K	0,0119	1	

Srovnáním počtu výletových otvorů na jeden závrt lýkožrouta smrkového nebyl na jednotlivých variantách zaznamenán signifikantní rozdíl (Kruskal-Wallisův test: H (2, N = 39) = 4,57; p> 0,05). Na druhou stranu počet výletových otvorů vztažených na matečnou chodbu byl průkazně nejnižší u chemicky ošetřených výřezů (Obr. 8, Tabulka 6).



Obrázek 8 - Srovnání počtu výletových otvorů *Ips typographus* na jednu matečnou chodbu podle varianty ošetření smrkových výřezů (C…chemické ošetření, S…proškrabání, K…kontrola). Boxplot tvoří medián ± 25–75% kvartil, svorka odpovídá rozsahu minimální a maximální hodnot.

Tabulka 6 - Mnohonásobné porovnání (p-hodnoty) počtu výletových otvorů na jednu matečnou chodbu *Ips typographus* podle varianty ošetření smrkových výřezů (C…chemické ošetření, S…proškrabání, K…kontrola).

	C	S	K
C		0,0014	0,0029
S	0,0014		1
K	0,0029	1	

6 Diskuze

Ve všech výřezech nehledě na způsob asanace bylo zjištěno průměrně na 1 dm^2 0,42 závrtu, což celkově odpovídá nízkému stupni napadení (Zahradník & Geráková, 2010). Výřezy ošetřené proškrábáním lýka (S) měly hustotu závrtů od 0,03 po 0,8 závrtů na dm^2, to odpovídá slabému až střednímu stupni napadení (Zahradník & Geráková, 2010). U výřezů chemicky ošetřených (C) se hustota závrtů pohybovala od 0,1 po 0,7 závrtu na dm^2, to odpovídá slabému až lehce střednímu stupni napadení (Zahradník & Geráková, 2010). Hustota závrtů u kontrolních výřezů (K) se pohybovala od 0,03 do 0,76 závrtu na dm^2, což opět ukazuje na slabý až střední stupeň napadení (Zahradník & Geráková, 2010). Slabý až středně silný stupeň napadení všech typů výřezů v oblasti s běžným středním až vysokým stupněm napadení lapáků lýkožroutem smrkovým je přikládán nepříznivým vlivům počasí na množení lýkožrouta v průběhu sezony. Při konfrontaci celkových výsledků s pozorováním a daty získaných z lesnického provozu bylo zjištěno, že v roce 2023 byly podmínky pro šíření lýkožrouta méně příznivé než v roce předešlém, tedy v roce 2022, a i v letech předešlých. Především to bylo chladné a deštivé počasí, které panovalo při prvních výletech matečné generace kůrovců, i v průběhu léta při výletech dceřiné generace (Baier et al., 2007). Oblast, odkud byly lapáky vzaty, je kůrovcem velmi zasažena, avšak docela se daří zabraňovat šíření a včasně a úspěšně napadené stromy asanovat.

Ve vzorcích se vyskytoval kromě lýkožrouta smrkového *(Ips typographus)* i lýkožrout lesklý *(Pityogenes chalcographus)*, žádné další druhy v lapácích nebyly přítomny. Tyto druhy patří mezi nejběžnější podkorní hmyz na smrkových lapácích (Kula & Šotola, 2017; Louvar, 2021).

Letová aktivita lýkožrouta ve výřezech trvala od 27.6.2023 do 27.7.2023 u matečné generace a od 7.7.2023 do 9.9.2023 u generace dceřiné, dlouhé období výletů u dceřiné generace způsobilo chladné a deštivé léto. Ve srovnání se studií Louvara (2021), byly v době provádění této studie podmínky pro množení lýkožrouta horší a neodpovídaly ideálním podmínkám uváděných v literatuře (Zahradník & Geráková, 2010). Srovnáním této práce s Louvarem (2021) bylo množství odchycených brouků daleko menší. Ve studii je uvedený odchyt 10 720 jedinců ze 60 výřezů, zatímco v našem případě se jednalo o 39 výřezů, ale odchyceno bylo pouze 1 505 jedinců lýkožrouta smrkového. I celkové napadení výřezů lýkožroutem smrkovým oproti studii Louvara (2021) bylo výrazně nižší. Louvar (2021) uvádí hodnotu průměrně 5 závrtů na 1 dm^2, to odpovídá silnému stupni napadení (Zahradník & Geráková, 2010). V této studii bylo zaznamenáno průměrně 0,42 závrtu na 1 dm^2, jedná se tedy

o slabý stupeň napadení (Zahradník & Geráková, 2010) a ve srovnání jde o 12krát nižší počet závrtů na 1 dm^2. Slabý stupeň napadení mohl být jedním z faktorů ovlivňujícím konečný výsledek.

Úplným odkorněním je možné dosáhnout mortality 96 %. Proškrábáním lýka lze dosáhnout efektivity 65 % mortality lýkožrouta (Thorn et al., 2016).

Při porovnání výsledků bylo zjištěno, že účinnost chemické asanace na výletech lýkožrouta smrkového byla 57 % v porovnání s neošetřenými výřezy. Naproti tomu nebyla prokázána účinnost asanování proškrábáním lýka oproti výřezům bez žádného ošetření. Chemická asanace při správném použití má vysoký účinek na hubení lýkožrouta (Zahradník & Geráková, 2010). Zjištěný výsledek potvrzuje, že chemická asanace je účinná, má smysl ji použít a je výrazně účinnější než proškrábání lýka. I když se proškrábání lýka v této studii neprokázalo jako účinné a ani studie Louvara (2021) neprokázala účinnost proškrábání lýka, má tato metoda v určitých oblastech svůj význam a velmi záleží na kvalitě provedení a správném načasování ošetření. Proškrábání lýka ve stadiu vajíček se účinnost asanace zvyšuje.

Experiment prokázal vyšší mortalitu lýkožrouta smrkového u chemicky ošetřených výřezů. Neprokázání účinnosti mechanické asanace mohlo zapříčinit několik faktorů. Jedním z nich byla tloušťka lýka, která výrazně ovlivňuje schopnost přežívání lýkožrouta smrkového (Wermelinger 2004). Tlustší vrstva lýka a kůry, při provedení mechanické asanace poskytuje lýkožroutu vyšší pravděpodobnost přežití. Holuša et al. (2017) uvádí minimální tloušťku lýka 2,5 mm, optimální tloušťka lýka je 5 mm.

Za úvahu stojí i zhodnocení podmínek, ve kterých probíhal vývoj lýkožrouta smrkového v nařezaných výřezech. Všechny výřezy byly v pytlích uložené na paletách krytých přístřeškem. Ten zajišťoval ochranu prosti vodě a UV záření. Celý přístřešek byl umístěn u severní strany rodinného domu a byl osvětlován slunečním světlem především odpoledne. V souvislosti s chladným a studeným počasím mohlo toto umístění zpomalit vývoj jedinců, nebo dokonce i znemožnit jejich dovyvinutí (Baier et al., 2007). U některých výřezů došlo k poměrně rychlému výskytu plísní v požercích, tomu ale bylo zabráněno zlepšením proudění vzduchu mezi jednotlivými výřezy, odkrytím plachty z bočních stran. Došlo tedy k lepšímu proudění vzduchu mezi jednotlivými výřezy a tento negativní vliv byl včas vyloučen. Možným nežádoucím vlivem na výřezy mohlo být i samotné uzavření výřezů v pytlích. Tím že výřez nebyl na volném vzduchu, mohlo dojít k náhlému zvýšení teploty a vlhkosti a k úmrtnosti jedinců v požercích.

7 Závěr

Efektivní a včasná asanace je pro úspěšný boj proti kůrovcové kalamitě nenahraditelná. Proto je celkem adekvátní otázka, zda účinnost jednotlivých způsobů asanace je dostačující a zda jsou vůbec tyto způsoby účinné. Tuto otázku se tato bakalářská práce pokusila zodpovědět a porovnala dva nejpoužívanější způsoby asanace lýkožrouta smrkového na smrkových výřezech.

Celkem bylo připraveno 39 výřezů se dvěma typy asanačního ošetření a kontrolní neošetřené výřezy. U každého výřezu byl v pravidelných intervalech kontrolován výlet jedinců lýkožrouta smrkového. Ze získaných dat byly následně spočítány výsledky.

Z výsledků byl zjištěn rozdíl mezi kontrolními výřezy a chemicky ošetřenými výřezy. Chemická asanace má vyšší vliv na mortalitu lýkožrouta oproti ponechání napadených stromů bez ošetření. U některých trojic byl zjištěn nepatrný rozdíl mezi výřezy ošetřenými proškrábáním lýka a mezi kontrolními výřezy. Dokonce v některých případech bylo zaznamenáno, že by proškrábání lýka mohlo mít pozitivní vliv na přežívání. Tento výsledek ale mohl být zapříčiněn variabilním napadením výřezů a proměnlivými parametry výřezů, i když byla snaha tyto skutečnosti co nejvíce eliminovat.

Závěrem lze tedy říct, že očekávaný výsledek úspěšnosti chemické asanace na přežívání lýkožrouta byl bez pochyby prokázán. Avšak očekáváný pozitivní výsledek účinnosti proškrábání lýka na přežívání lýkožrouta smrkového nebyl v případě této studie potvrzen.

Tedy použitím chemické asanace lze ovlivnit a výrazně zvýšit mortalitu lýkožrouta smrkového a v současnosti ji nelze proškrabáním lýka plnohodnotně nahradit.

8 Literatura

- Baier, P., Pennerstorfer, J., & Schopf, A. (2007). PHENIPS—A comprehensive phenology model of *Ips typographus* (L.) (Col., Scolytinae) as a tool for hazard rating of bark beetle infestation. Forest Ecology, 249(3), 171-186. https://doi.org/10.1016/j.foreco.2007.05.020
- Byers, J.A. (1995). Host-tree chemistry affecting colonization in bark beetles, Chemical ecology of insects 2. Springer, Boston, MA. https://doi.org/10.1007/978-1-4615-1765-8_5
- Česká technická norma. (2005). Ochrana lesa proti kůrovcům na smrku.
- Davídková, M., & Doležal, P. (2017). Sister broods in the spruce bark beetle, *Ips typographus* (L.). Forest Ecology and Management, 405, 13-21. https://doi.org/10.1016/j.foreco.2017.08.040
- Grodzki W. (1996). Changes in the occurrence of bark beetles on Norway spruce in a forest decline area in the Sudety Mountains in Poland., Gregoire J.C., A.M. Liebhold, F.M. Stephen, K.R. Day and S.M. Salom (Eds.). (eds), Proceedings of the IUFRO Conference, Integrating Cultural Tactics into the Management of Bark Beetles and Refor-estation Pests, Vallombrosa 1–4 September. USDA, Forest Service General Technical Report NE-236: 105–111.
- Hagge, J., Leibl, F., Mueller, J., Plechinger, M., Soutinho, J. G., & Thorn, S. (2019). Reconciling pest control, nature conservation, and recreation in coniferous forests. Conservation Letters, 12(2), UNSP e12615. https://doi.org/10.1111/conl.12615
- Hall, M., Najar-rodriguez, A., Adlam, A., Hall, A., & Brash, D. (2017). Sorption and desorption characteristics of methyl bromide during and after fumigation of pine (*Pinus radiata* D. Don) logs. Pest Management Science, 73(5), 874–879. https://doi.org/10.1002/ps.4355
- Harašta, P., Peterka, V., Talich, P., Řehák, V. & Zapletal, M. (2015). Správné a bezpečné používání přípravků na ochranu rostlin. Ministerstvo zemědělství, Praha, 92 s., ISBN 978-80-7434-265-3.
- Hlásny, T., Krokene, P., Liebhold, A., Montagné-Huck, C., Müller, J., Qin, H., Raffa, K., Schelhaas, M. -J., Seidl, R., Svoboda, M., & Viiri, H. (2019). Living with bark beetles: impacts, outlook and management options (1st ed.). Science to Policy 8 European Forest Institute.

- Holuša, J., Hlásny, T., Modlinger, R., Lukášová, K., & Kula, E. (2017). Felled trap trees as the traditional method for bark beetle control: Can the trapping performance be increased? Forest Ecology, 2017(404), 165-173. https://doi.org/10.1016/j.foreco.2017.08.019
- Jakuš, R., Gurtsev, A., Holuša, J., Hroššo, B., Křenova, Z., Longauerová, V., Lukášová, K., Majdák, A., Mezei, P., & Slivinský, J. (2015). Principy ochrany dospelých smrekových porastov pred podkornym hmyzom (1st ed.). Ústav ekológie lesa, Slovenská akadémia vied.
- Jeger, M., Bragard, C., Caffier, D., Candresse, T., Chatzivassiliou, E., Dehnen-schmutz, K., Gilioli, G., Macleod, A., Niere, B., Parnell, S., Potting, R., Rafoss, T., Rossi, V., Urek, G., West, J., Winter, S., Kertész, V., Aukhojee, M., & Grégoire, J. -claude. (2017). Pest categorisation of *Ips typographus*. EFSA Journal, 15(7). https://doi.org/10.2903/j.efsa.2017.4881
- Juha, M. (2012). Netradiční způsoby boje s lýkožroutem smrkovým – *Ips typographus*. Lesnický průvodce. VÚLHM Strnady, Jíloviště, 17 s., ISBN 978-80-7417-058-4.
- Kula, E., & Šotola, V. (2017). *Ips typographus* on Norway spruce trap trees with and without branches. Zprávy Lesnického Výzkumu, 62(1), 42–49.
- Lobinger, G. (1996). Variations in sex ratio during an outbreak of *Ips typographus* (Col., Scolytidae) in Southern Bavaria. Anzeiger für Schadlingskunde, 69(3), 51–53.
- Lorenc, F., Knížek, M., & Liška, J. (2018). Hlavní problémy v ochraně lesa v Česku v roce 2017 a prognóza na rok 2018. Škodliví činitelé v lesích Česka 2017/2018, Zpravodaj ochrany lesa, s. 13–18.
- Louvar, P. (2021). Srovnání efektivnosti asanačních metod smrkového dříví napadeného kůrovci [Diplomová práce]. Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha.
- Lubojacký, J., Knížek, M. & Liška, J., (2019). Ochrana lesa před kůrovci na smrku pro menší lesní majetky. příloha časopisu Lesnická práce, VÚLHM Strnady, Jíloviště.
- Nařízení Ústředního kontrolního a zkušebního ústavu zemědělského o povolení přípravku na ochranu rostlin pro omezené a kontrolované použití (2021).
- Ogris, N., Ferlan, M., Kavčič, A., de Groot, M., Hauptman, T., Pavlin, R., & Jurc, M. (2019). RITY – A phenology model of *Ips typographus* as a tool for optimization of its monitoring. Ecological Modelling, 410, 1-14. https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2019.108775

- Rostlinolékářský portál – Storanet., from https://eagri.cz/public/app/srs_pub/fytoportal/publicpor/?key=%22p:Storanet%22#rlp|prip|uredni|detail:Storanet
- Skrzecz, I., Grodzki, W., Kosibowicz, M., & Tumialis, D. (2015). The alpha-cypermethrin coated net for protecting Norway spruce wood against bark beetles (Curculionidae, Scolytinae). Journal of Plant Protection Research, 55(2), 156-161. https://doi.org/10.1515/jppr-2015-0020
- Skuhravý, V. (2002). Lýkožrout smrkový *Ips typographus* (L.) a jeho kalamity. (1st ed.), Agrospoj s.r.o., Praha, 196 s., ISBN 80-7084-235-5
- Stejskal, V., Jonáš, A., Hnátek, J., Aulický, R., Mochán, M. & Vybíral, O. (2017). Nová technologie fumigace dřeva proti kůrovcům. Lesnická práce, 96. s., 19–21.
- Thorn, S., Bässler, C., Bußler, H., Lindenmayer, D. B., Schmidt, S., Seibold, S., Wende, B., & Müller, J. (2016). Bark-scratching of storm-felled trees preserves biodiversity at lower economic costs compared to debarking. Forest Ecology and Management, 364, 10-16. https://doi.org/10.1016/j.foreco.2015.12.044
- Wermelinger, B. (2004). Ecology and management of the spruce bark beetle *Ips typographus* a review of recent research. Forest Ecology, 202(1-3), 67-82. https://doi.org/10.1016/j.foreco.2004.07.018
- Zahradník, P. & Knížek, M. (2007). Lýkožrout smrkový *Ips typographus* (L.). Lesnická práce, Druhé, doplněné vydání, 86 (4), 8 s.
- Zahradník, P. & Geráková, M. (2010). Lýkožrout smrkový *Ips typographus* (L.). příloha časopisu Lesnická práce, VÚLHM Strnady, Jíloviště, 8 s.
- Zahradník, P. & Zahradníková, M. (2019). Katalog asanačních metod. VÚLHM Strnady, Jíloviště.
- Zahradník, P. & Zahradníková, M., (2018). Metody asanace kůrovcového dříví a ochrana skládek. příloha časopisu Lesnická práce, VÚLHM Strnady, Jíloviště, 4 s.
- Zahradník, P., Zahradníková, M. & Plaček, H. (2018). Asanace skládek kůrovcového dříví technologií MERCATA. Lesnický průvodce, certifikovaná metodika, VÚLHM Strnady, Jíloviště, 26 s., ISBN 978-80-7417-175-8.
- Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství. (2021), from https://eagri.cz/public/portalhttps://eagri.cz/public/portal/mze/publikace/Zprava-o-stavu-lesa-a-lesniho-hospodarstvi-CR/zprava-o-stavu-lesa-a-lesniho-2021

- Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství. (2022), from https://eagri.cz/public/portal/mze/publikace/Zprava-o-stavu-lesa-a-lesniho-hospodarstvi-CR/zprava-o-stavu-lesa-a-lesniho-hospodarstvi-2022-strucna-verze
- Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství. (2003-2020), from https://eagri.cz/public/portalhttps://eagri.cz/public/portal/mze/publikace/Zprava-o-stavu-lesa-a-lesniho-hospodarstvi-CR
- Zumr, V. (1995). Lýkožrout smrkový-biologie, prevence a metody boje. Matice lesnická, Písek, 132 s., ISBN 80-900043-2-9.

9 Seznam použitých zkratek a symbolů

- ÚKZUS – Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský
- LČR – Lesy České republiky
- LZ Kladská – Lesní závod Kladská
- BOZP – Bezpečnost a ochrana zdravý při práci
- VÚLHM – Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti