

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta lesnická a dřevařská

Katedra ochrany lesa a entomologie



**Vliv hmotnosti stromu na obsazení *Ips typographus* (L.) na
stromových lapácích a stojících stromech**

Diplomová práce

Autor: Tomáš Holík

Vedoucí práce: prof. Ing. Jaroslav Holuša, Ph.D.

2021

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta lesnická a dřevařská

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Tomáš Holík

Lesní inženýrství

Lesní inženýrství

Název práce

Vliv hmotností stromu na obsazení Ips typographus na stromových lapácích a stojících stromech

Název anglicky

Impact of tree volume on numbers of trapp Ips typographus on trap trees and standing trees

Cíle práce

Stanovit zda objem stromu ovlivňuje početnost brouků lýkožrouta smrkového zachycených na klasické lapáky a stojících stromech

Metodika

- 1) V oblastí s vysokou populační hustotou Ips typographus budou kladeny lapáky do deseti ohnisek z roku 2019.
- 2) Po náletů lýkožroutů budou na každém lapáku odkorněny čtyři půlmetrové sekce, na nichž budou determinovány jednotlivé druhy kůrovců a bude stanovena jejich početnost (podle počtu závrtů a matečných chodeb). Vždy každý pátý kůrovcový strom bude rovněž revidován pomocí čtyř sekcí.
- 3) Pomocí regresních analýz bude stanoveno, zda objem stromu má vliv na obsazení stromu lýkožrouty. Výsledky budou analyzovány v programu STATISTICA 12.0. Harmonogram.

Březen 2020 – příprava lapáků

Květen 2020 – revize lapáků

Červen-září – revize kůrovcové těžby

Říjen- listopad – zpracování dat z terénu a statistické zhodnocení dat

Leden 2021 – předložení literární rešerše a zpracovaných dat ke kontrole

Březen 2021 – předložení zhodnocení výsledků a diskuse diplomové práce

Doporučený rozsah práce

40 s.

Klíčová slova

bark beetles, trap trees, efficiency

Doporučené zdroje informací

- Grégoire J.-C. , Evans H. F. 2004: Damage and control of BAWBILT organisms, an overview. In: Lieutier F., Day K. R., Battisti A., Grégoire J. C. & Evans H. F. (eds.) Bark and wood boring insects in living trees in Europe, a synthesis. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, pp. 19-37.
- Grodzki W., Jakuš R., Gazda M. 2003: Patterns of bark beetle occurrence in Norway spruce stands of national parks in Tatra Mts. in Poland and Slovakia. *Journal of Pest Science*, 76: 78–82.
- 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.
- Jakuš R., Blaženec M., Gurtsev A., Holuša J., Hroščo B., Křenova Z., Longauerová V., Lukášová K., Majdák A., Mezei P., Slivinský J. 2015: Principy ochrany dospělých smrekových porostů před podkorným hmyzem. Ústav ekologie lesa, Slovenská akadémia vied, 232 p.
- 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.
- 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.
- Witrylak M. 2008: Studies of the biology, ecology, phenology, and economic importance of *Ips amitinus* (Eichh.) (Col., Scolytidae) in experimental forests of Krynica (Beskid Sadecki, Southern Poland). *Acta Scientiarum Polonorum. Silvarum Colendarum Ratio et Industria Lignaria*, 7: 75-92.

Předběžný termín obhajoby

2020/21 LS – FLD

Vedoucí práce

prof. Ing. Jaroslav Holuša, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra ochrany lesa a entomologie

Elektronicky schváleno dne 6. 4. 2020

prof. Ing. Jaroslav Holuša, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 18. 10. 2020

prof. Ing. Róbert Marušák, Ph.D.

Děkan

V Praze dne 06. 04. 2021

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma Vliv hmotnatosti stromu na obsazení *Ips typographus* na stromových lapácích a stojících stromech vypracoval samostatně pod vedením prof. Ing. Jaroslava Holuši, Ph.D. a použil jen prameny, které cituji uvádím v seznamu použitých zdrojů.

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

V Praze dne

Vypracoval: Tomáš Holík

.....

.....

Poděkování

V první řadě bych rád poděkoval vedoucímu práce prof. Ing. Jaroslavu Holušovi, Ph.D. za vedení práce, za jeho cenné rady a připomínky. Také děkuji vedení VLS s.p., divize Horní Planá za možnost uskutečnění experimentu.

Abstrakt

Tato diplomová práce se zabývá obsazeností stromových lapáků a kůrovcových stromů lýkožroutem smrkovým (*Ips typographus*) v závislosti na hmotnosti stromu. Experiment probíhal na Šumavě ve vojenské prostoru Boletice, kde se nadmořská výška pohybovala v rozmezí 830 až 1000 m. n.m. Bylo zrevidováno celkem 20 lapáků a 21 kůrovcových stromů, kdy jejich kontrola probíhala ve 4 částech kmene (oddenková, střední, podkorunová a korunová část). Na lapáku se nacházelo $11\,327 \pm 2900$ jedinců, na nahodilé těžbě $11\,001 \pm 5404$ jedinců. Nejvíce atraktivní část stromu je podkorunová, naopak nejméně oddenková. Ukázalo se, že hmotnost lapáků i kůrovcových stromů je závislá pro obsazenosti obou pohlaví tohoto druhu kůrovce.

Klíčová slova: kůrovec, stromové lapáky, efektivita

Abstract

This thesis presents a comparison the occupancy of tree traps and bark beetle infested trees by the (*Ips typographus*) depending on the weight of the tree. The experiment was conducted in the Šumava Mts. (the Boletice military area), where the altitude ranged from 830 to 1000 m above sea level. A total of 20 traps tree and 21 bark trees were revised, and they were studied on four place of the stem (base, mid stem, beginning of the crown and crown parts). There were $11,327 \pm 2,900$ individuals per the trap, and $11,001 \pm 5,404$ individuals on bark beetle infested trees. The most attractive part of the tree was beginning of the crown, while lest beetles were found on the base. There was found that abundance of bark beetle on tree was positively correlated with volume of tree.

Key words: bark beetle, trap trees, efficiency

Seznam obrázků a tabulek

Obrázek 1: Porostní mapa s vyznačenými ohnisky (1:10 000).....	19
Obrázek 2: Revize lapáků (prostřední sekce).....	21
Obrázek 3: Požerky <i>Ips typographus</i>	21
Obrázek 4: Početnost <i>Ips typographus</i> na lapácích a nahodilé těžbě.....	22
Obrázek 5: Početnost samců <i>Ips typographus</i> na lapácích a nahodilé těžbě	22
Obrázek 6: Početnost samic <i>Ips. typographus</i> na lapácích a náhodilé těžbě.....	23
Obrázek 7: Průměrný počet samců <i>Ips. typographus</i> na jednotlivých sekcích na (lapáky)	24
Obrázek 8: Průměrný počet samic <i>Ips typographus</i> na jednotlivých sekcích (lapáky).....	25
Obrázek 9: Průměrný počet samců <i>Ips typographus</i> na jednotlivých sekcích (náhodilá těžba).....	26
Obrázek 10: Průměrný počet samic <i>Ips typographus</i> na jednotlivých sekcích (nahodilá těžba)	27
Obrázek 11: Početnost rodin <i>Pityogenes chalcographus</i> na lapácích a nahodilé těžbě.....	28
Obrázek 12: Průměrný počet rodin <i>Pityogenes chalcographus</i> na jednotlivých sekcích (lapák)	29
Obrázek 13: Průměrný počet rodin <i>Pityogenes chalcographus</i> na jednotlivých sekcích (nahodilá těžba).....	30
Obrázek 14: Početnost samců <i>Ips typographus</i> v závislosti na hmotnosti lapáku	31
Obrázek 15: Početnost samic <i>Ips typographus</i> v závislosti na hmotnosti lapáku	31
Obrázek 16: Početnost <i>Ips typographus</i> v závislosti na hmotnosti lapáku	32
Obrázek 17: Početnost samic <i>Ips typographus</i> v závislosti na hmotnosti nahodilé těžby	32
Obrázek 18: Početnost samců <i>Ips typographus</i> v závislosti na hmotnosti nahodilé těžby.....	33
Obrázek 19: Početnost <i>Ips typographus</i> v závislosti na hmotnosti nahodilé těžby.....	33
Obrázek 20: Početnost rodin <i>Pityogenes chalcographus</i> v závislosti na hmotnosti lapáků.....	34
Obrázek 21: Početnost rodin <i>Pityogenes chalcographus</i> v závislosti na hmotnosti nahodilé těžby	34
Obrázek 22: Objem kalamitní základu (m ³) v závislosti na ploše vzniklých kůrovcových kol	35
Obrázek 23: Početnost <i>Ips typographus</i> (na nahodilých těžbách) v závislosti kalamitního základu	35
Obrázek 24: Matečné chodby <i>Ips typographus</i>	48
Obrázek 25: Rodinný požerek <i>Pityogenes chalcographus</i>	48
Obrázek 26: Rodinný požerek <i>Ips typographus</i> (Stadium vajíčka)	49
Obrázek 27: Rodinný požerek <i>Ips typographus</i> (stádium larvy)	49
Obrázek 28: Usychání jehličí u napadených stromů.....	50
Obrázek 29: Drtinky na patě kmene	50
Tabulka 1: Vícenásobné porovnání pop. hustot samců <i>I. typographus</i> na lapácích.....	24
Tabulka 2: Vícenásobné porovnání pop. hustot samic <i>I. typographus</i> na lapácích.....	25
Tabulka 3: Mnohonásobné porovnání pop. hustot samců <i>I. typographus</i> na nahodilé těžbě.....	26
Tabulka 4: Vícenásobné porovnání pop. hustot samic <i>I. typographus</i> na nahodilé těžbě.....	27
Tabulka 5: Mnohonásobné porovnání pop. hustot samců <i>P. chalcographus</i> lapácích.....	29
Tabulka 6: Mnohonásobné porovnání pop. hustot samců <i>P. chalcographus</i> na nahodile těžbě	30

Obsah

1 Úvod	9
2 Cíl práce	10
3 Literární rešerše	10
3.1 Lýkožrout smrkový	10
3.2 Morfologie.....	10
3.3 Způsob života	11
3.4 Lýkožrout lesklý.....	13
3.5 Morfologie.....	13
3.6. Způsob života	13
3.7 Kalamitní základ.....	14
3.8 Obranná opatření	14
3.9 Asanace	17
4 Metodika	19
4.1 Lokalita.....	19
4.2 Metodický postup	20
5 Výsledky	22
6 Diskuse	36
7 Závěr	39
8 Seznam použité literatury	40
9 Přílohy	48

1 Úvod

Lýkožrout smrkový (*Ips typographus*, Linnaeus, 1758) zaujímá velký areál v Evropě a Asii. Tento kůrovec je původně horský druh, který se ovšem přizpůsobil k životu i v nižších polohách. Hlavní hostitelskou dřevinou je v Evropě smrk ztepilý (*Picea abies* L., Karst.). Vzácně se objevuje i na jiných druzích dřevin, na introdukovaných smrcích, na modřínu, borovici i jedli (SKUHRAVÝ, 2002). V současnosti je tento lýkožrout významně přemnožený, převážně z důvodu období sucha, snižující vitalitu stromů (STADELMANN et al. 2013). MATTANOVICH et al. (2001) uvádí, že v oslabených stromech se kůrovci vyvíjí lépe než ve zdravých. Jednoduchý postup, jak zlikvidovat lýkožrouta může být nahrazení smrkových monokultur za smíšené lesy (SKUHRAVÝ, 2002).

Nejčastěji napadá porosty starší 60 let, přičemž u stojících kmenů napadá téměř celý strom vyjímaje oddenkovou část, tzn. do 1 až 1,5 m. U ležících kmenů napadá i nejspodnější část stromu. Základní obranou proti tomuto škůdci je primárně včasné vyhledání a zpracování již napadených stromů (ZAHRADNÍK, 2007). Ovšem využívají se i obranná opatření jako otrávené trojnožky, různé druhy lapačů s feromonovými odparníky a lapáky (WICHMANN & RAYN, 2001; JAKUŠ & BLAŽENEC, 2002; GRÉGOIRE & EVANS, 2004).

Existuje mnoho studií zabývajících se účinností jednotlivých typů opatření. JENIŠ & VRBA (2007) se zabývali účinností obranných opatření a dospěli k závěru, že nejvíce efektivní obranné opatření je lapák. Nicméně velmi málo studií se zabývalo vlivem hmotnosti jednotlivých stromů (HOLUŠA et al. 2017), i když i v předpisech bylo doporučováno vybírat stromy průměrné. FÜHRER et al. (1992) zjistili rozdílné koncentrace monoterpenů na kmenech, které jsou pro vábení samců *I. typographus* klíčové a zároveň NIHOUL et al. (1989) uvádějí, že tloušťka kůry a její celková struktura má vliv na atraktivitu pro lýkožrouty.

2 Cíl práce

Cílem diplomové práce bylo zjistit relevantnost hmotnatosti stromových lapáků a stojících stromů na jejich obsazení kůrovci převážně *Ips typographus* a *Pityogenes chalcographus*.

3 Literární rešerše

3.1 Lýkožrout smrkový

Lýkožrout smrkový (*Ips typographus*, Linnaeus, 1758) patří k nejzávažnějším škůdcům smrkových porostů v Evropě. Patří do řádu brouci (Coleoptera), čeledi kůrovcovitých (Scolitidae) (ZAHRADNÍK, 2007). Stav kůrovců se v rámci Evropy v posledních desítkách let stále zvyšuje (SCHELHAAS et al., 2003; SEIDLT et al., 2014).

Lýkožrout smrkový napadá výhradně 80 až 100leté smrky. Dává přednost čerstvě pokáceným, vyvráceným či oslabeným stromům. Ovšem při přemnožení napadá i zdravé a mladší stromy (AMANN, 1991)

Již od sedmnáctého století až do současnosti je mnoho zpráv o jeho kalamitním přemnožení na území střední Evropy. Ovšem ve dvacátém století našel velmi příhodné podmínky pro vývoj a rozmnožení z důvodu nahrazování smíšených lesů za lesy smrkově monokulturální v předchozích desetiletích (SKUHRAVÝ 2002).

Na našem území se vyskytuje celkem šest kůrovců rodu *Ips*. Ovšem morfologicky nepodobnější z těchto zástupců jsou lýkožrout severský (*Ips duplicatus*, Sahlb.), lýkožrout menší (*Ips amitinus*, Eichh.) a lýkožrout modřínový (*Ips cembrae*, Heer). Všichni tito uvedení zástupci kůrovců se vyznačují čtyřmi páry zubů na zadní části krovek (SKUHRAVÝ 2002).

3.2 Morfologie

Lýkožrout smrkový je malý brouk, dlouhý 4,8 až 5,5 mm. Je specifický svou lesklou černou barvou a šířkou cca 2 mm. Samotná velikost je variabilní, kdy je značně ovlivněna množstvím potravy v larválním stádiu. Čerstvě vylíhnutí dospělci jsou bílí. Postupem času dochází k jejich žloutnutí a postupně tmavnou. V tomto procesu v první řadě černají krovky, poté teprve celá část horního těla, a nakonec i spodního těla (SKUHRAVÝ 2002)

Vajíčko je bílé, eliptického tvaru a velmi malé velikosti (0,6 x 0,9 mm). Larvy jsou také bílé, beznohé, s hnědou hlavovou schránkou (SKUHRAVÝ 2002). Vylíhlá larva je přibližně 2 mm dlouhá, ovšem v posledním instaru dosahuje velikosti v rozmezí 5 až 7 mm. Kukla má také bílou barvu se zřetelnými známkami tykadel, nohou i křídel. Na konci zadečku jsou viditelné 2 krátké trny (SKUHRAVÝ 2002; ZAHRADNÍK et al 2007).

Dospělá samice lýkožrouta smrkového se od samců liší poměrně vyšší hustotou chloupků na přední části hrudníku a rýhami pod ústním ústrojím. SCHLYTER a CEDERHOLM (1981) tvrdí, že rozlišit samce a samici lze také dalšími znaky jako výraznější hrbolek u samců na horní části hlavy či třetí zub na zadní části krovek, který je u samců větší než u samic.

3.3 Způsob života

Lýkožrout smrkový přezimuje pod kůrou stojících či padlých kmenů převážně ve stádiu dospělců. Pouze malá část přezimuje jako larva nebo kukla. Podstatná část přezimuje také v půdní hrabance, přičemž mnoho studií o množství brouků přezimujících v půdě se liší. Někteří zjistili, že přezimuje jen 4 % brouků, jiní ovšem až 80 % brouků (SCHNEIDER-ORELLI, 1947; PFEFFER, 1952; POSTNER, 1974; BIERMANN, 1977; ZUMR, 1982; KLIMECZEK, 1989; a ZAHRADNIK, 1996).

Přezimující brouci ve vzdálenosti jednoho metru od paty kmene dosahují maximálně 10 000 brouků na ploše 5 m². V dalších částech kmene je velmi málo přezimujících brouků či jejich úplná absence. (PFEFFER, 1952).

ZUMR (1982) na základě své studie uvádí, že více než 40 % brouků přezimuje pod padlými stromy. S přibývajícím vzdáleností jejich početnost rapidně klesá. Zjistilo se, že ve vzdálenosti 0,5 m se nachází pouze 6 % brouků, přičemž ve vzdálenosti 1 m se téměř neobjevují. U stojících stromů je většinové zastoupení přezimujících brouků v nižší části kmene (maximálně do cca 3 m). Úmrtnost přezimujících brouků fluktuuje od 16 do 36 %. Brouci přezimující ve smíšených lesích mají nižší úmrtnost než v uměle vypěstovaných smrkových monokulturách.

ZAHRADNÍK (1996) tvrdí, že v hrabance do 10 cm přezimuje přibližně 10 % celkové populace kůrovců, které se většinou nachází maximálně 2,2 m od kmenů stromů. Úmrtnost přezimující populace je u larev a kukel velmi vysoká a dosahuje hodnot až 70

%. Ovšem mortalita dospělců v půdě je velice nízká a pohybuje se okolo 7 % (KLIMECZEK, 1989). Po přezimování opouští brouci svá zimoviště (hrabanka, padlé stromy nebo stojící stromy). Ideální teplota pro jejich aktivitu se pohybuje v rozmezí od 18 do 20 °C a po tzv. dospívání, které trvá v řádu několika dnů. Poté jsou kůrovci připraveni k náletu na stromy (SKUHRAVÝ 2002).

Jarní rojení v nižších a středních polohách probíhá většinou na přelomu dubna a května, v horských oblastech je obvykle měsíční zpoždění v závislosti na průměrných teplotách a nadmořské výšce. Letní rojení začíná přibližně od poloviny června do srpna. Za velmi příznivých podmínek může následovat na přelomu srpna a září. Ovšem brouci 3. generace dokončují svůj vývoj až příští rok (ZAHRAVNÍK, 2007).

I. typographus je polygamní, tzn., že jeden samec oplodní více samic. Jako první na strom nalétá samec, který pod kůrou v lýku vytváří tzv. snubní komůrku do níž láká samičky (SKUHRAVÝ, 2002). Zpravidla se zavrtává do částí kmene se silnější borkou, kde vytvoří snubní komůrku z níž pak vybíhají nejčastěji 2 až 3 rovné matečné chodby, kde jsou kladena vajíčka (AMANN, 1991). Vytváření matečné chodby a kladení vajíček trvá přibližně 7-10 dní. Během svého života dokáže samička naklást 20 až 100 vajíček, ovšem průměrně okolo 60. Mnoho nalétnutých brouků je usmrceno ronící se pryskyřicí, tím se poměr pohlaví změní ve prospěch samic (FORST et al. 1966; ZAHRAVNÍK, 2007).

Běžný poměr pohlaví *I. typographus* je 1:1. Ovšem studie z Bavorska naznačuje, že se tento poměr v průběhu kalamity mění. Na počátku převažují samice s rozdělením 1:1,89, přičemž postupem času se zvyšuje podíl samců 1:0,89 (LOBINGER, 1996). Nálet brouků na stromy je ovlivněn převážně množstvím uvolněných terpenů a také vylučovaných feromonů. Samci jsou lákáni hlavně na alfa – pinen, který tvoří značnou část z celkového složení monoterpenů. Celkově jsou kůrovci nejvíce lákáni na monoterpeny o koncentraci 0,03 – 0,05 % (CHARARAS 1959).

Přibližně 10 až 14 dnů po kladení vajíček časně vylíhlé larvy hlodají do stran kolmo na matečnou chodbu. Na konci si utváří miskovité kolébky, kde se zakuklí. Celý tento proces trvá v optimálních podmínkách 7 dní, v nepříznivých 50. Ve fázi kukly bývá v průměru 8 dní. Od tohoto místa začíná brouk zralostní žír, který trvá obvykle 2 až 3 týdny a kulatým otvorem v borce se dostává ven (AMANN, 1991).

Poměrně často probíhá i tzv. sesterské rojení, při kterém dochází k přerojování samic na další strom, kde pokračuje v kladení vajíček (BAKKE, 1989; ZAHRAVNÍK, 2007). *I. typographus* létá převážně přes den. První brouci létají mezi devátou a jedenáctou

hodinou, poté jejich aktivita pozvolna klesá. Ovšem prudce se snižuje po patnácté hodině a končí mezi 17. a 19. hodinou (KUHN, 1949).

3.4 Lýkožrout lesklý

Lýkožrout lesklý (*Pityogenes chalcographus*, Linnaeus, 1761) patří do řádu Coleoptera, čeledi kůrovcovitých (Scolytidae). Je spíše škůdce mladších porostů (tyčkovina, tyčovina), ovšem v současné době škodí i na starších porostech, zejména v oblastech, kde jsou smrky imisně stresovány. Přednostně napadá odumřelý či odumírající materiál. Nicméně při přemnožení může napadat i zdravé stromy (ZAHRADNÍK, 2007). Provádí škody převážně na smrku, kdy doprovází I. smrkového. Preferuje horní části stromu (korunovou) a větve, také napadá slabší mladé stromy (PFEFFER, 1989). Při přemnožení ovšem napadá i spodnější partie stromu.

3.5 Morfologie

Pityogenes chalcographus je oproti již zmiňovanému *I. typographus* velmi malý brouk. Je typický červenohnědým lesklým zbarvením a 6 zuby na zadečku (PFEFFER, 1989). Je 1,6 až 2,8 mm dlouhý, válcovitý se smolně hnědými krovkami. Samci jsou charakterističtí plochým řídce tečkovaným čelem. Samice mají typickou jamku umístěnou na čele mezi očima. Štít dospělce je na předním okraji hrbolkovaný a vzadu řídce a silně tečkovaný. Prostředkem štítu vybíhá podélný kýl. Vajíčko je velmi malé, kulaté a bílé. Larvy jsou rohlíčkovitě zahnuté, bělavé a beznohé, kdy v posledním instaru dorůstají 2,7 až 3 mm. Kukla je rovněž bílá a volná (ZAHRADNÍK, 2007).

3.6. Způsob života

Letová aktivita začíná v nižších polohách na přelomu dubna a května (PFEFFER, 1989), ve vyšších polohách většinou až v květnu. Stejně jako u *I. typographus* i u tohoto druhu jako první na strom nalétá samec, který vyhlodá snubní komůrku a poté započiná uvolňovat agregační feromon. Za samcem poté přilétá zpravidla 3 až 6, výjimečně 8 samic. Po spáření samice vytváří matečné chodby hvězdovitého tvaru. Do jemných postranních zářezů kladou jednotlivě vajíčka. Samička dokáže za týden vyklást průměrně 10 až 26

vajíček. Po vylíhnutí larev probíhá žír po dobu 4 až 6 týdnů v závislosti na teplotě, poté se zakuklí. V červnu čerství brouci provádí zralostní žír, přičemž koncem června brouci vylítávají a zakládají druhou generaci. Za příznivých podmínek může brouk v nižších polohách založit až 3 generace, nicméně ve vyšších pouze 2. Stejně jako u *I. typographus* i tento druh přezimuje ve stádiu dospělce, kukly či larvy (ZAHRADNÍK, 2007).

Jak již bylo zmíněno, *P. chalcographus* preferuje pro svůj vývoj slabší stromy, větve nebo korunovou část stromu. Pouze výjimečně se vyvíjí i na silnějších kmenech. Po větrných či sněhových kalamitách nalétává i na zdravé stromy, které často i odumírají (ZAHRADNÍK, 2007)

3.7 Kalamitní základ

Při boji s lýkožrouty se využívají různá obranná zařízení. Nicméně samotná početnost těchto opatření vychází z kalamitního základu, který je definován jako objem dříví (m^3) napadeným *I. typographus* za období od 1.8. do 31.3. následujícího roku. Tato veličina nám poté určuje počet obranných zařízení, pro co nejefektivnější odchyt brouka při prvním (jarním) rojení (VYHLÁŠKA MZe č. 76/2018 Sb.). Do tohoto objemu jsou započítány stojící stromy, zlomy a vývraty napadené tímto škůdce a již opuštěné kůrovcové souše. Ovšem kůrovcové souše starší jednoho roku nejsou do tohoto výpočtu zahrnuty z důvodu, že neskýtají možnost úživného žíru ani přezimování (ZAHRADNÍK, 2007). Počet obranných opatření se určí jako 1/10 objemu včas zpracovaného kůrovcového dříví, které se zahrnulo do kalamitního základu. Na každý další započatý $1 m^3$ se přidá jedno další odchyťové zařízení.

3.8 Obranná opatření

V boji proti kůrovcům již byla použita celá škála obranných metod. Ovšem mezi nejefektivnější postup ochrany lesa před těmito škůdci je včasné odstraňování napadených stromů, což vede ke snížení stavu populace kůrovců, a především dochází k zabránění opětovnému šíření a vzniku nových ohnisek (STADELLMAN et al., 2013).

Ochrana lesa před kůrovci se v praxi podporuje tzv. otrávenými trojnožkami, různými druhy lapačů s nainstalovanými feromonovými odparníky či lapáky (WICHMANN AND RAVN, 2001; JAKUŠ & BLAŽENEC, 2002; GRÉGORIE & EVANS, 2007). Poměrně často se využívají otrávené trojnožky, které disponují značnou

nevýhodou spojenou s pracností a časem (PFISTER, 1999; GRÉGOIE & EVANS, 2007).

Instalace lapáků začíná pokácením úrovnového zdravého stromu, který se odvětví. Samotné odvětvené větve slouží k zakrytí kmene, což zpomaluje vysychání stromů způsobující snížení atraktivity pro škůdce (PFEFFER, 1952; KULA & ŠOTOLA, 2017). Lapáky se jako obranné opatření využívá téměř 200 let (PFEIL, 1827). Nastražené lapáky musí být po nalétnutí odstraněny z lesa a včasné zpracovány (ZUMR, 1985; RATY et al., 1995). Ovšem je třeba dbát na porost, aby při přípravě lapáků nebyly tvořeny nové kotlíky ani narušena zdravá porostní stěna (MARTÍNEK, 1960). Je zřejmé, že část populace kůrovců vždy po dokončení zralostního žiru odlétne vyhledávat nové stromy (WERMELINGER 2002). Vzdálenost letu je velmi ovlivněna gradační fází populace. V prvních fázích gradace se brouci rozptýlí do velké vzdálenosti, kdy intenzivně vyhledávají oslabené stromy. S narůstajícími počty brouků dochází k disperzi na krátké vzdálenosti, protože jsou schopni již zdolávat odolnější stromy (SCHROEDER & LINDELOW, 2002; JAKUŠ et al. 2003; MEZEI et al. 2014; NELSON et al. 2014; SPROULL et al. 2015). Migrace u lýkožroutů nemusí nutně znamenat jediný let, ale často se skládá z několika po sobě jdoucích letů (SOLBRECK 1985).

Hlavní nevýhoda užití lapáků je nutnost časté kontroly stádií brouků. Pokud se revize zanedbá a kůrovec bude mít příznivé podmínky pro vývoj, dochází k přemnožení a následnému vylítnutí broků, což vede ke vzniku nového ohniska a dalších kůrovcových kol (ABGRALL & SCHVESTER, 1987).

Předpokládá se, že množství kůrovců, jenž se přiláká na lapák je ovlivněno hmotností stromu, expozice slunečnímu záření či termínem samotného kácení (MARTINEK, 1953; ZUMR, 1985; SCHMIDT-VOGT, 1989). Přičemž vliv datumu přípravy lapáku i klimatické podmínky v období od pokácení až po odstranění není dostatečně podložen výzkumy, které by ukazovaly jednoznačné výsledky. (NAGEL et al., 1957; KOHNLE, 1984; JOHANN, 1986). Podle řady studií mají být lapáky pro první přezimující generaci připraveny ze 2/3 na osluněných místech a zbylá 1/3 v polostínu (MARTÍNEK, 1960; ŠVESTKA et al. 1996). V Polsku se předpokládá, že lapáky v polostínu jsou účinné i na přerorující se jedince (SZABLA, 2012).

JAHN (1982) zjistil, že velikost napadení byla nadmíru vysoká u lapáků připravovaných během úplňku. SLANDER (1948) navrhnul, aby se stromy kácely 2 až 3 týdny před rojením kůrovců. Ovšem MARTINEK (1953) a SCHMIDT-VOGHT (1989) navrhli, aby se stromy kácely 4 týdny před rojením. ZUMR (1985) doporučuje, aby se

lapáky připravovaly od poloviny února do počátku března ve středních nadmořských výškách. Ve vyšších oblastech se doporučuje příprava v dubnu. Zároveň navrhuje, převážně z praktických důvodů, připravovat lapáky již v zimě, kdy sněhová pokrývka dokáže udržet stromy čerstvé až do rojení kůrovců. Ovšem podle novějších studií termín kácení neovlivňuje počty nalétnutých brouků. Pouze v oblastech se stálou gradací, kde jsou stromy navíc permanentně vystaveny stresovým faktorům byla mírně vyšší početnost závrtů na stromech pokácených 70 dnů před započínající letovou aktivitou. Pokácení lapáků do sněhu velice dobře působí na zachování kvality lýka nebo konzervace menšinových složek látek, které mohou ovlivňovat atraktivitu dříví pro škůdce (HOLUŠA et al. 2017). JENIŠ & VRBA (2007) se zabývali účinností obranných opatření a dospěli k závěru, že prozatím nejvíce efektivní obranné opatření je lapák.

Podpoření schopnosti vábit kůrovce lze i rozmístěním feromonových odparníků, které zvyšují atraktivitu na dané lokalitě. Tento postup je vhodný v oblastech, kde je větší množství stresovaných stromů přitahující lýkožrouty. Další možnost přispění atraktivity je použití feromonů na stojící stromy (stojící lapáky) (FETTIG & HILSZCZANSKI, 2015). V současnosti dochází k čím dál častějšímu používání pyramidové konstrukce do nichž se umístí 3 až 4 feromonové odparníky. Všechny kmeny tvořící toto obranné opatření jsou ošetřeny insekticidy (LUBOJÁCKÝ & HOLUŠA, 2014; HURLING & STETTER, 2012; KOLEVA et al., 2012).

Feromonové lapače se začaly na *I. typographus* používat na přelomu 70. a 80. let 20. století (SKUHRAVÝ, 2002). Toto obranné opatření slouží k zachycení kůrovců, kteří jsou lákáni agregačními feromony. Dělí se na nárazové (štěrbínové, bariérové) a přistávací (trubicové). Ovšem v našich podmínkách jsou štěrbinové lapače mnohem účinnější (ZAHRADNÍK, 2004). Nicméně existuje mnoho prací studujících efektivitu lapačů, které uvádějí jejich nízkou účinnost. Odchytají pouze cca 10 % lokální populace (LINDELOW 1990; ZAHRADNÍK et al. 1993; LOBINGER, 1996).

Hlavní princip feromonových lapačů je vábení škůdce uměle vyráběnými agregačními feromony umístěnými v odparnicích k lapači. Nalákaní brouci narážejí v letu do lapače a padají do sběrné nádoby nebo přistávají a dostávají se otvory do lapače, kde do sběrné nádoby padají (ZUMR, 1995). Již zmíněné feromonové lapače se instalují do porostů nejpozději 14 dnů před začátkem rojení (SKUHRAVÝ, 2002). Doporučovaná vzdálenost od porostní stěny je 10 až 25 m (ŠVESTKA et al 1998). Zároveň je nutné lapač instalovat na pevném a stabilním stojanu, aby nedošlo k vyvrácení větrem a pravidelně

odstraňovat obrůstající trávy, které by snížily odpar látek a proudění vzduchu (ŠVESTKA et al. 1998; ZAHRADNÍK, 2004).

Další obranné opatření, které se hojně využívá je otrávený lapák. Což je pokácený a odvětvěný strom nebo jeho část, který se ošetří po celém povrchu insekticidem těsně před rojením kůrovců. Jeho účinnost se podpoří feromonovým odparníkem. Využívají se i čerstvá polena, ze kterých se vytváří tzv. trojnožky, kde se také zavěsí feromonový odparník (ZAHRADNÍK, 2004). Ovšem u této metody se nesebádná provádí kontrola, protože uhynulí brouci padají do hrabanky a na povrchu kůry většinou nejsou mrtví brouci pozorovatelní. Zejména z tohoto důvodu se doporučuje alespoň pod některé vkládat voskovaný papír, který by zachytil uhynulé brouky (ZUMR, 1995).

3.9 Asanace

ZAHRADNÍK (2019) rozděluje asanační metody na mechanické a chemické. Mezi mechanické asanace patří odkorňování, které se dříve provádělo ručně. V současnosti se používají motorové pily s odkorňovacím adaptérem (frézy). Dále se využívají harvestory s odkorňovací hlavicí či mobilních odkorňovacích zařízení. Další možnosti boje s kůrovci je štěpkování nebo pálení, což ovšem je běžné spíše u nehroubí, které potenciálně napadá lýkožrout lesklý.

Kůrovcové dříví je nutné včas asanovat nebo vyvézt z lesa, čímž se zabrání množení lýkožrouta (ŠVESTKA et al. 1998). Při přibližování již napadeného dříví je důležité věnovat pozornost vývojovému stádiu, kdy při fázi žlutého či hnědého brouka není přibližování rozumné, kdy se může brouk opadající kůrou rozšířit. Již zmiňované odkorňovací zařízení na manipulačních linkách jsou velmi účinné i při stádiu žlutého nebo hnědého brouka, protože dochází k drcení kůrovců (ZAHRADNÍK, 2004). Ovšem pokud se škůdce nachází ve stádiu larev, účinnost odkorňovacích strojů je téměř 100 %, protože larvy, které přežijí odkornění, nejsou schopné dokončit svůj vývoj (ŠVESTKA et al. 1998). Aby se dosáhlo dokonalého odkornění, musí se oloupat celá plocha kůry včetně lýka (ZUMR, 1995).

Ruční odkornění se provádí do stádia larev, maximálně kukel. Hlavním důvodem je, že dospělí brouci po oloupaní z kůry při nižších teplotách odlézají nebo při vyšších teplotách odlétají (ZAHRADNÍK, 2004). Ovšem při užití již zmiňovaného adaptéru lze odkorňovat i při stádiu dospělce, kdy mechanickým poškozením brouků dochází k vysoké

mortalitě (ZAHRADNÍK, 2014). Boj proti kůrovcům v těžebním odpadu se provádí zejména pálením, kdy je tato metoda velmi účinná a levná. Dále se může využít štěpkování, což je také velmi účinné, protože dochází ke značnému poškození podkorních škůdců nebo pozastavení vývoje z důvodu vysychání štěpky (ZAHRADNÍK, 2004).

Mezi hlavní výhody mechanické asanace patří vysoká účinnost při larválním stádiu. Při využití strojního odkorňování je vysoká účinnost i při stádiu žlutého a hnědého brouka. Další výhodou je nezávislost na výrobcích a dodavatelích insekticidů, poměrně nízké náklady a šetrnost k životnímu prostředí. Nevýhody jsou převážně u ručního odkorňování, kdy není možné provádět asanaci ve stádiu žlutého brouka a zároveň větší pracnost, která se promítne do efektivity práce (ZAHRADNÍK, 2004).

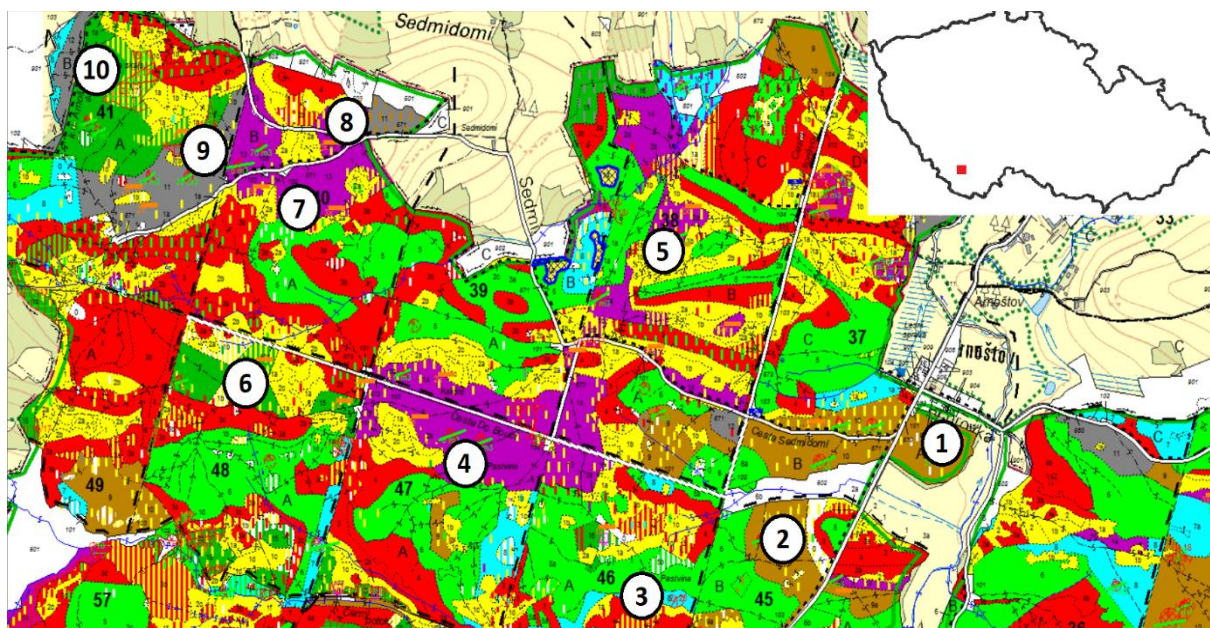
Při užití chemické asanace je povoleno používat pouze schválené přípravky, které jsou uvedené v seznamu registrovaných přípravků na ochranu rostlin, jež vydává Státní rostlinolékařská správa, či v seznamu povolených přípravků na ochranu lesa (KNÍŽEK, HOLUŠA, 2001). Tento typ asanace se provádí převážně do vývojového stádia žlutého brouka a měla by se provádět v nezbytném a krajním případě. U *P. chalcographus* lze chemickou asanaci rozdělit na ošetření napadených kmenů a větví. Ovšem asanace se u tohoto druhu škůdce nedoporučuje vzhledem na její nízkou účinnost a poměrně silné negativní účinky na životní prostředí (ZAHRADNÍK, 2004). Aplikace chemikálií je nutné provádět za bezvětří a za sucha. Je důležité, aby kůra byla pokryta insekticidem po celé ploše kmene (ZUMR, 1995). Pro snadnou následnou kontrolu se do naředěné chemikálie přidává schválené barvivo. Používané insekticidy se řadí mezi penetrační, tzn. nehubí vývojová stádia pod kůrou, ale až dospělce, kteří si prokousávají cestu z kůry. Tedy při správném aplikování látky po celém kmeni dochází k vysokému úhynu brouka. Ovšem brouci, kteří opouští kmen výletovým otvorem jiného brouka, mohou přežít. Tento jev je častější při silném napadení kmene (ZAHRADNÍK, 2004).

Hlavní výhodou chemické asanace je její vysoká účinnost. Dále i možnost použití i v pozdějších stádiích brouka (žlutý brouk nebo hnědý brouk) a vysoká početnost ošetřených kmenů. Mezi nevýhody patří různé chyby při aplikaci, např. nerovnoměrné pokrytí kmene nebo špatný poměr chemikálií. Také vysoké náklady, negativní vliv na životní prostředí, ovlivnění deštivým počasím, pracnost a omezení aplikace v chráněných oblastech (ZAHRADNÍK, 2004).

4 Metodika

4.1 Lokalita

Celý experiment probíhal na Šumavě na území vojenského prostoru Boletice, které spravují Vojenské lesy a statky s. p. divize Horní Planá, lesní správa Arnoštov. Všechny vybrané porostní skupiny spadají pod CHKO Šumava. Nadmořská výška našich ploch se pohybuje od 830 do 1000 m.n.m. Dominující dřevinou je zde smrk ztepilý (*Picea abies* L. Karst), který zastupuje přibližně 90 %. Dále se tu nachází příměs jedle bělokoré (*Abies alba* Mill.), buk lesní (*Fagus sylvatica* L.), javor klen (*Acer pseudoplatanus* L.) a olše lepkavá (*Alnus glutinosa* L. Gaert).



Obrázek 1: Porostní mapa s vyznačenými ohnisky (1:10 000)

4.2 Metodický postup

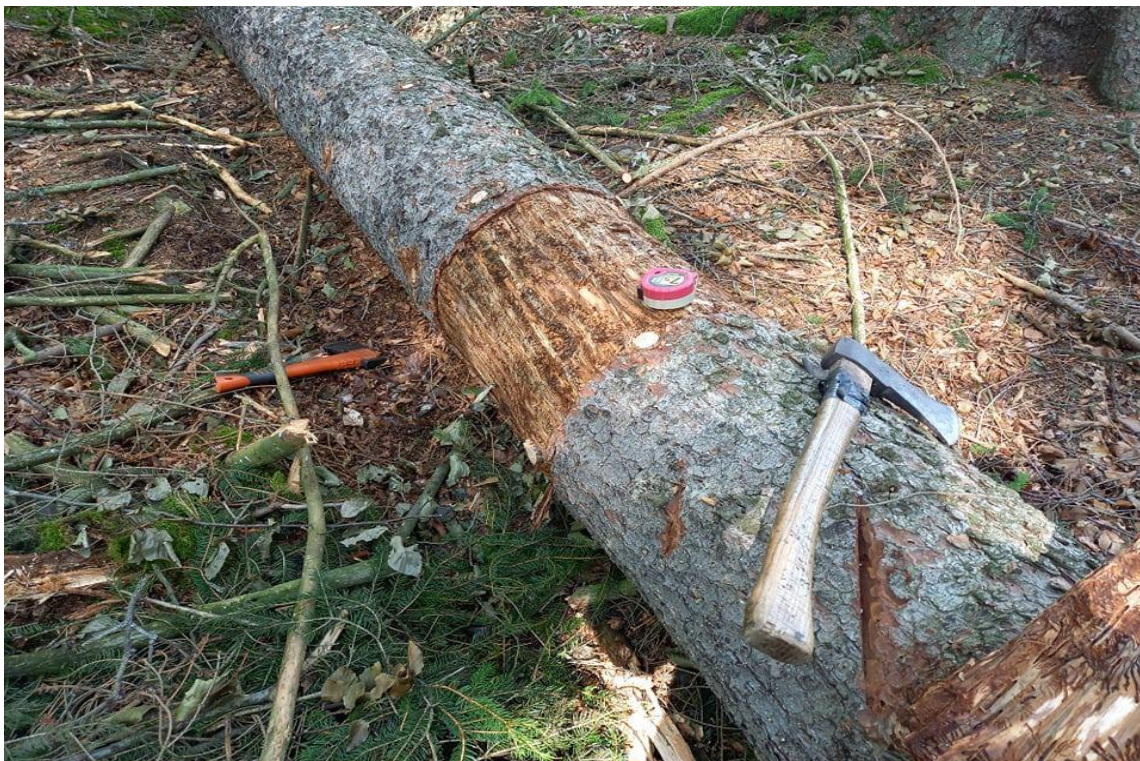
Prvním krokem našeho výzkumu bylo vybrat 10 porostních skupin, kam se položí stromové lapáky. Početnost lapáků v jednotlivých porostních skupinách se určila na základě kalamitního základu. Položilo se celkem 41 lapáků. Většina těchto obranných opatření se připravovala v březnu 2020. Všechny lapáky se situovaly na místa, kde bylo dostatek slunečního záření, které v době rojení kladně ovlivňuje nalétnutí kůrovcem (HOLUŠA et al. 2017). Dále bylo důležité, aby se kmene řádně přikryly čerstvými větvemi, což zabraňuje přílišnému vysychání stromů, snižující jejich atraktivitu. Lapáky se pokládaly přímo do ohniska kůrovcových těžeb, aby se dosáhlo co největšího nalétnutí.

Po jarním rojení kůrovců se prováděla revize lapáků. Na lokalitách se vždy zkontroloval každý druhý lapák. Na všech zrevidovaných kmenech se vytvářely 4 sekce. Každá sekce se loupala na jiné části stromu, první na patě kmene, druhá uprostřed kmene, třetí v místech, kde začínají růst zelené větve a poslední v polovině koruny. Vytvářely se sekce o šířce přibližně 50 cm a kmen se loupal téměř po celém obvodu v rámci možností (obr. 2). U všech loupaných částí byly změřeny průměry a také vzdálenost jednotlivých sekcí od paty kmene.

Po vytvoření sekcí probíhala samotná determinace kůrovců. Sledovaly se zejména *Ips typographus*, *Pityogenes chalcographus* a *Ips amitinus*. U lýkožrouta *I. typographus* se zaznamenávala početnost pomocí snubních komůrek a matečných chodeb (obr. 3, 25, 26, 27). Také se určovala jednotlivá stádia vývoje, kdy se rozlišovalo stádium vajíčko, larva 1. instaru, 2. instaru a 3. instaru, kukla a dospělec. U *I. amitinus* probíhal postup téměř stejný. Ovšem u *P. chalcographus* se určovala početnost jen pomocí rodinného požerku (obr. 25).

Další fází experimentu byla revize kůrovcových stromů. Ve všech 10 porostních skupinách se pozorovaly u tamějších stromů různé symptomy napadení kůrovcem („drtinky“ na patě kmene, usychání, opad jehličí či kůry apod.) (obr. 28, 29). Bylo velmi důležité, aby se kůrovcové stromy zpracovaly včas, zejména za účelem minimalizace opadu kůry, což by mohlo znehodnotit výsledky při vytváření sekcí a následné determinaci kůrovců. Na každé lokalitě se kontroloval každý 5. kůrovcový strom. Následně se u jednotlivých stromových lapáků a nahodilých těžeb se spočítaly objemy.

Pro srovnání výsledků i porovnání napadení jednotlivými druhy determinovaných kůrovců v závislosti na hmotnosti stromů byly použity regresivní analýzy pomocí programu STATISTICA 12.0.

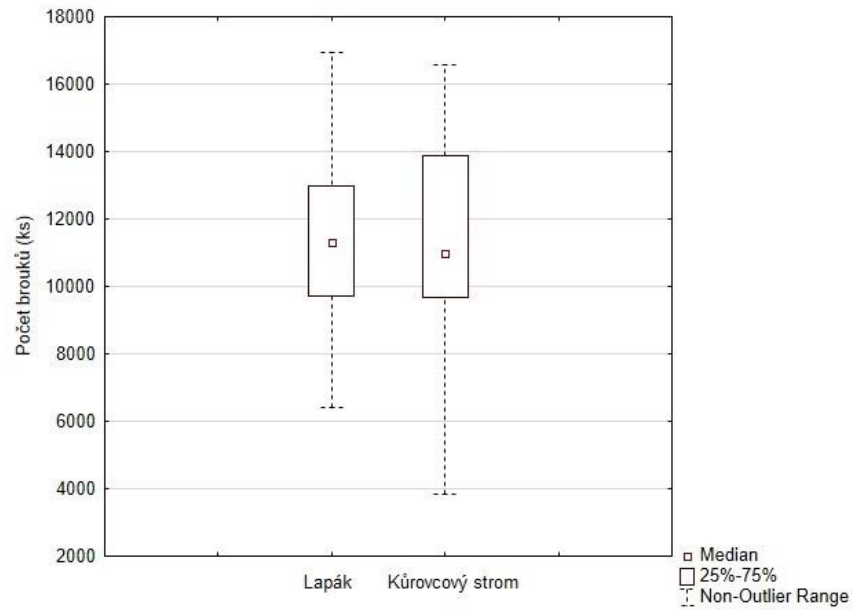


Obrázek 2: Revize lapáků (prostřední sekce)

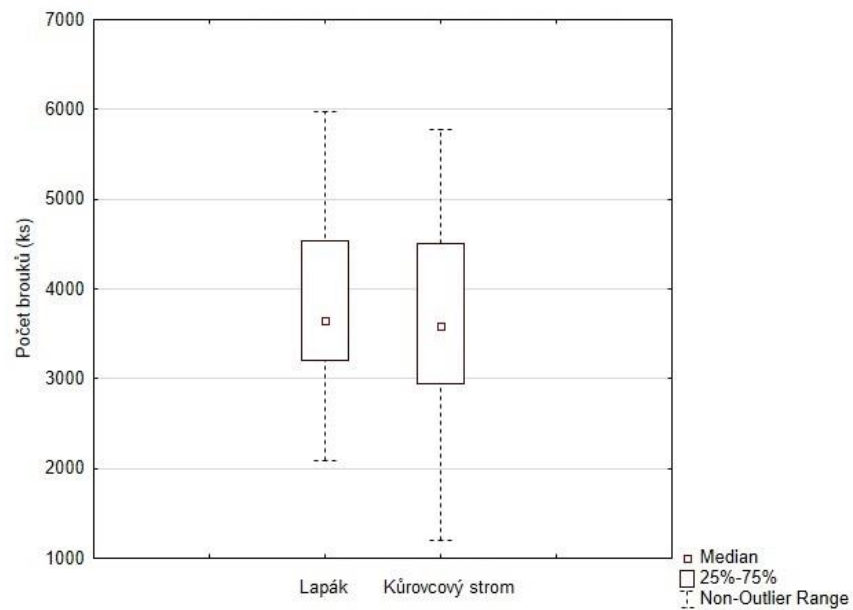


Obrázek 3: Požerky *Ips typographus*

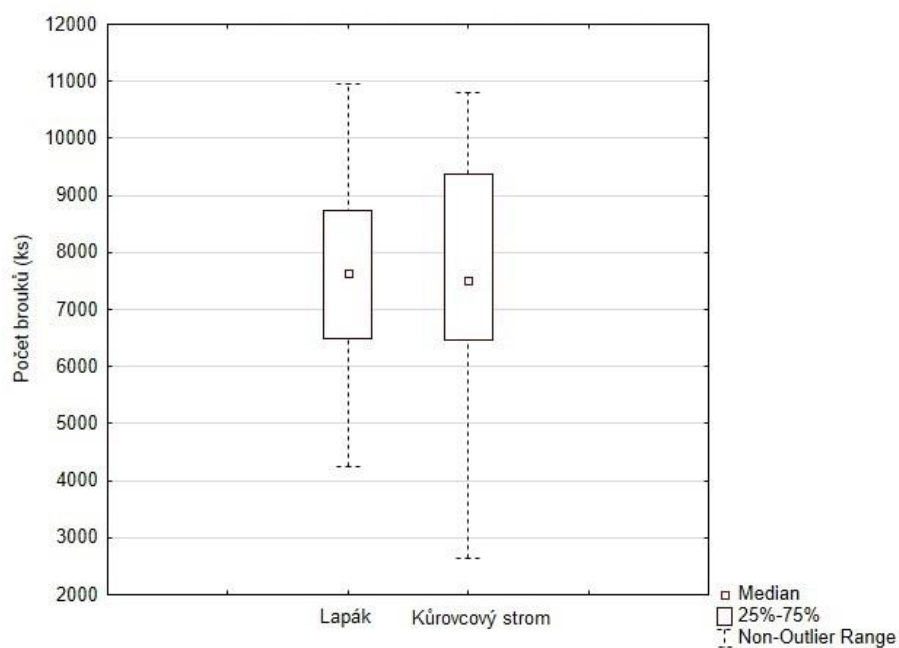
5 Výsledky



Obrázek 4: Početnost *Ips typographus* na lapácích a nahodilé těžbě



Obrázek 5: Početnost samců *Ips typographus* na lapácích a nahodilé těžbě

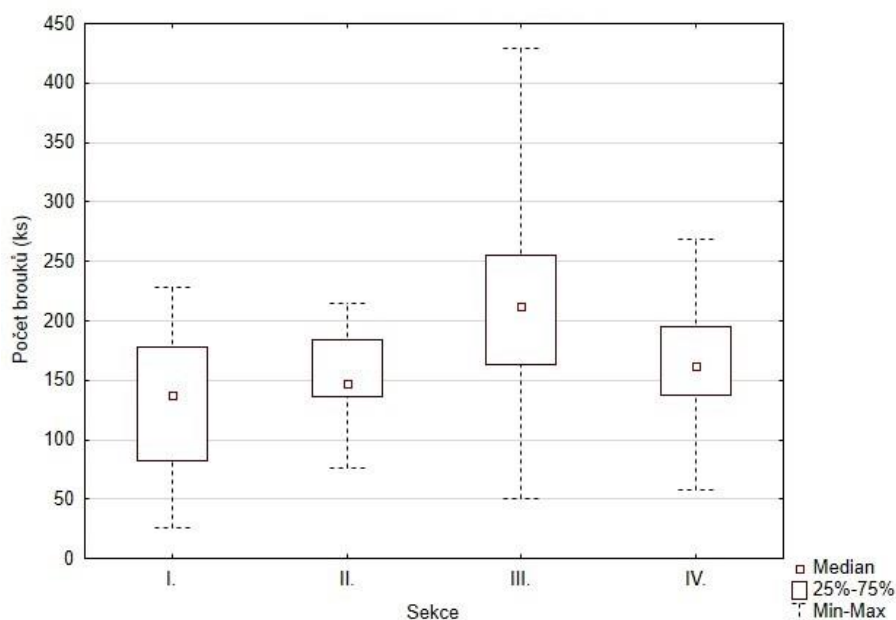


Obrázek 6: Početnost samic *Ips typographus* na lapácích a náhodilé těžbě

Početnost *I. typographus* na lapácích a nahodilé těžbě byla velmi obdobná. Na kůrovcových stromech se více lišilo rozpětí obsazenosti, přičemž u lapáků vychází větší průměrný počet brouků než u nahodilé těžby (obr. 4). U populace nalétnutých samců byl poměr velmi podobný, shodně je tomu tak i u samic, kde má mírně převahu odchyt lapákem (obr. 5, 6).

Tabulka 1: Vícenásobné porovnání (Kruskal-Wallisův test) populačních hustot samců *Ips typographus* na 1 m² na lapácích

Depend.: Počet samců (m ²)	Kruskal-Wallis test: H (3, N= 80) =13,51296 p =,0036			
	I.	II.	III.	IV.
	R:30,350	R:36,150	R:56,050	R:39,450
I.		1,000000	0,002820	1,000000
II.	1,000000		0,040608	1,000000
III.	0,002820	0,040608		0,143310
IV.	1,000000	1,000000	0,143310	

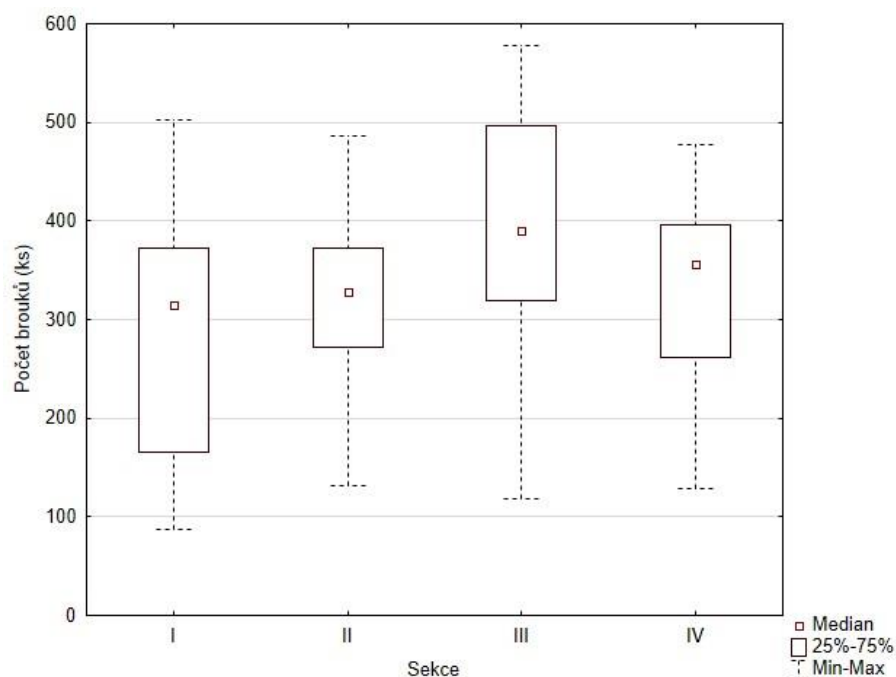


Obrázek 7: Průměrný počet samců *Ips typographus* na jednotlivých sekcích na 1 m² (lapáky)

Obsazenost samotných sekcí *I. typographus* se poněkud lišila. Na základě vícenásobného porovnání (Kruskal-Wallisův test) populačních hustot samců na lapácích se zjistilo, že 3. sekce, tzn. podkorunová část, byla napadena podstatně více, než 1. a 2. sekce. Rozdíl mezi 4. sekcí není statisticky významný (tab. 1, obr 7).

Tabulka 2: Vícenásobné porovnání (Kruskal-Wallisův test) populačních hustot samic *Ips typographus* na 1 m² na lapácích

Depend.: počet samic m ²	Kruskal-Wallis test: H (3, N= 80) =7,613519 p =,0547			
	I	II	III	IV
	R:32,200	R:36,600	R:51,450	R:41,750
I		1,000000	0,052821	1,000000
II	1,000000		0,259785	1,000000
III	0,052821	0,259785		1,000000
IV	1,000000	1,000000	1,000000	

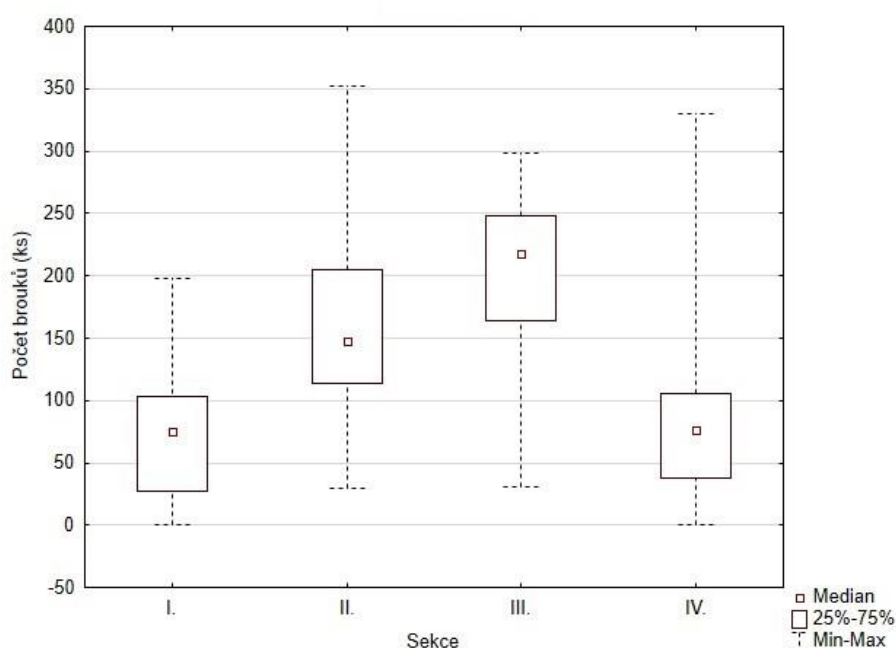


Obrázek 8: Průměrný počet samic *Ips typographus* na jednotlivých sekcích na 1 m² (lapáky)

Průměrný počet samic na lapácích nabýval větších hodnot u 3. sekce, ovšem rozdíl mezi ostatními částmi kmene nebyl statisticky významný (tab. 2, obr. 8).

Tabulka 3: Mnohonásobné porovnání (Kruskal-Wallisův test) populačních hustot samců *Ips typographus* na 1 m² na náhodilé těžbě

Depend.: Počet samců	Kruskal-Wallis test: H (3, N= 84) =30,89467 p =,0000			
	I.	II.	III.	IV.
	R:25,714	R:51,950	R:62,700	R:32,043
I.		0,003459	0,000007	1,000000
II.	0,003459		0,980562	0,045619
III.	0,000007	0,980562		0,000237
IV.	1,000000	0,045619	0,000237	

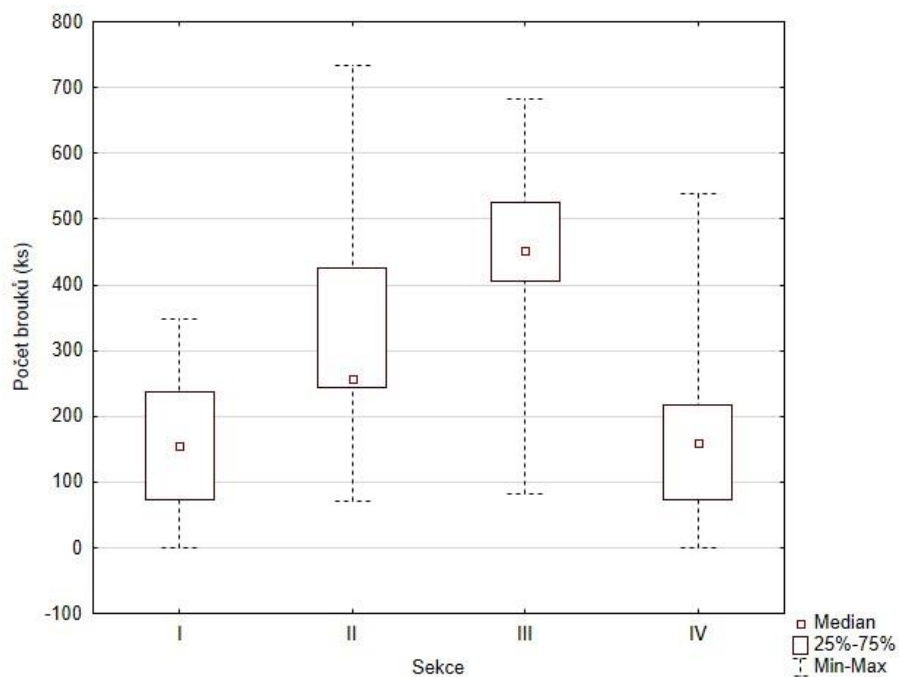


Obrázek 9: Průměrný počet samců *Ips typographus* na jednotlivých sekcích na 1 m² (náhodilá těžba)

Vícenásobné porovnání (Kruskal-Wallisův test) populačních hustot samců na náhodilé těžbě ukazuje, že početnost mezi sekcí 3 a 1 se významně liší. Stejný případ je rovněž mezi sekcí 2 a 1, kdy se na první sekci je nejmenší průměrný počet jedinců. Čtvrtá sekce se výsledky lišila se druhou a třetí sekcí. Oproti těmto částem bylo zjištěno velmi málo samců lýkožrouta smrkového (tab. 3, obr. 9).

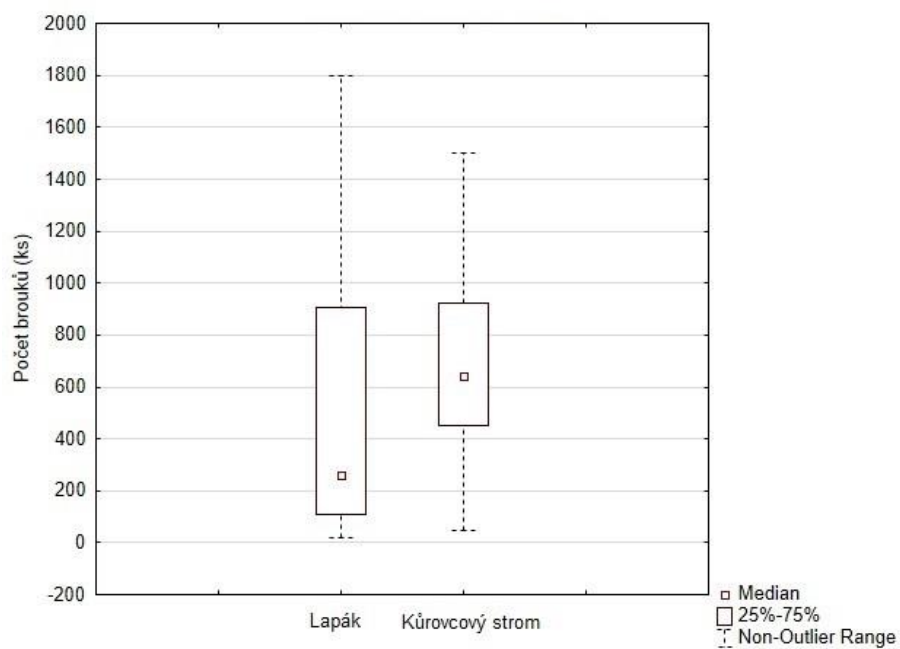
Tabulka 4: Vícenásobné porovnání (Kruskal-Wallisův test) populačních hustot samic *Ips typographus* na 1 m² na nahodilé těžbě

Depend.: počet samic m ²	Kruskal-Wallis test: H (3, N= 84) =39,25141 p =,000			
	I	II	III	IV
	R:26,238	R:50,238	R:66,143	R:27,381
I		0,008589	0,000001	1,000000
II	0,008589		0,207695	0,014366
III	0,000001	0,207695		0,000002
IV	1,000000	0,014366	0,000002	



Obrázek 10: Průměrný počet samic *Ips typographus* na jednotlivých sekcích na 1 m² (nahodilá těžba)

Průměrný počet samic na nahodilé těžbě se od množství na lapácích lišil (obr. 8). Zejména v rozdílu napadení oddenkové a korunové části kmene, kde je počet brouků nižší (obr. 10, tab. 4). Vícenásobné porovnání (Kruskal-Wallisův test) populačních hustot samic *I. typographus* na 1 m² u nahodilé těžby znázorňuje, že početnost samic u 2. i 3. sekce se významně liší od 1. a 4. části kmene.

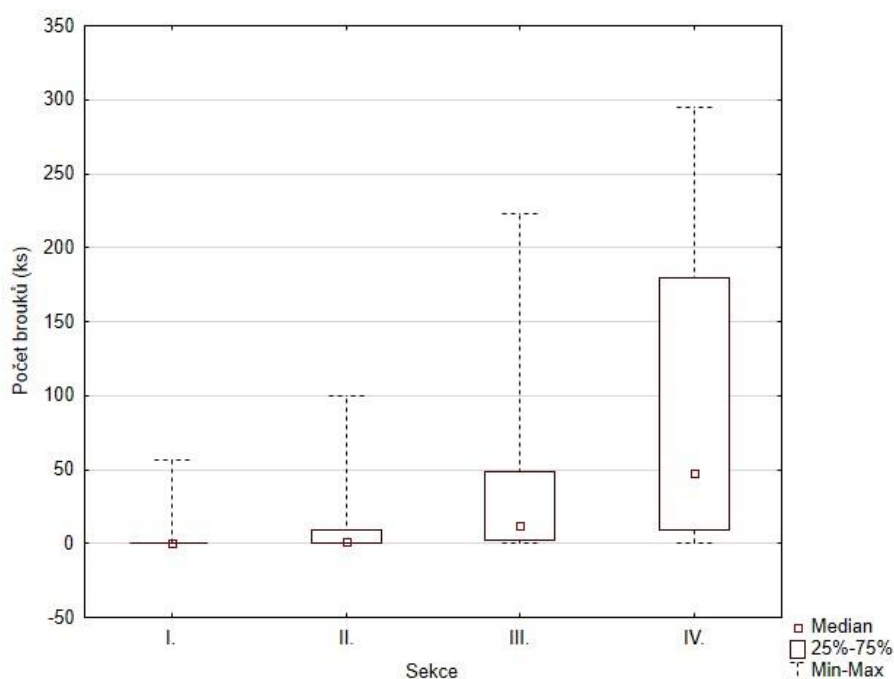


Obrázek 11: Početnost rodin *Pityogenes chalcographus* na lapácích a nahodilé těžbě

Početnost rodin *P. chalcographus* se na lapácích a nahodilé těžbě liší, přičemž na nahodilé těžbě se zjistil téměř 3x větší mediánový průměr početnosti brouků než na lapácích (obr. 11).

Tabulka 5: Mnohonásobné porovnání (Kruskal-Wallisův test) populačních hustot samců *Pityogenes chalcographus* na 1 m² na lapácích

Depend.: Počet rodin (m ²)	Kruskal-Wallis test: H (3, N= 80) =27,19399 p =,0000			
	I.	II.	III.	IV.
	R:23,200	R:34,200	R:47,600	R:57,000
I.		0,806499	0,005393	0,000025
II.	0,806499		0,409358	0,011506
III.	0,005393	0,409358		1,000000
IV.	0,000025	0,011506	1,000000	

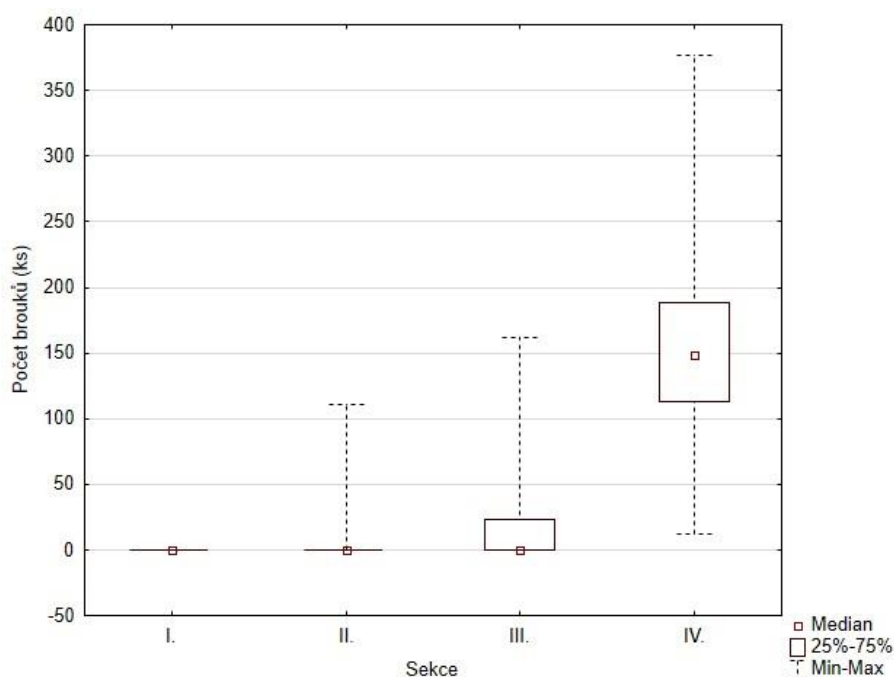


Obrázek 12: Průměrný počet rodin *Pityogenes chalcographus* na jednotlivých sekcích na 1 m² (lapák)

Na základě vícenásobného porovnání (Kruskal-Wallisův test) populačních hustot samců *P. chalcographus* na 1 m² u lapáků bylo prokázáno, že 3. a 4. sekce se významně liší od první části na oddenku. Dále mezi 4. a 2. částí je značný rozdíl, nicméně rozdíl 3. a 4. sekce není statisticky významný (tab. 5, obr. 12).

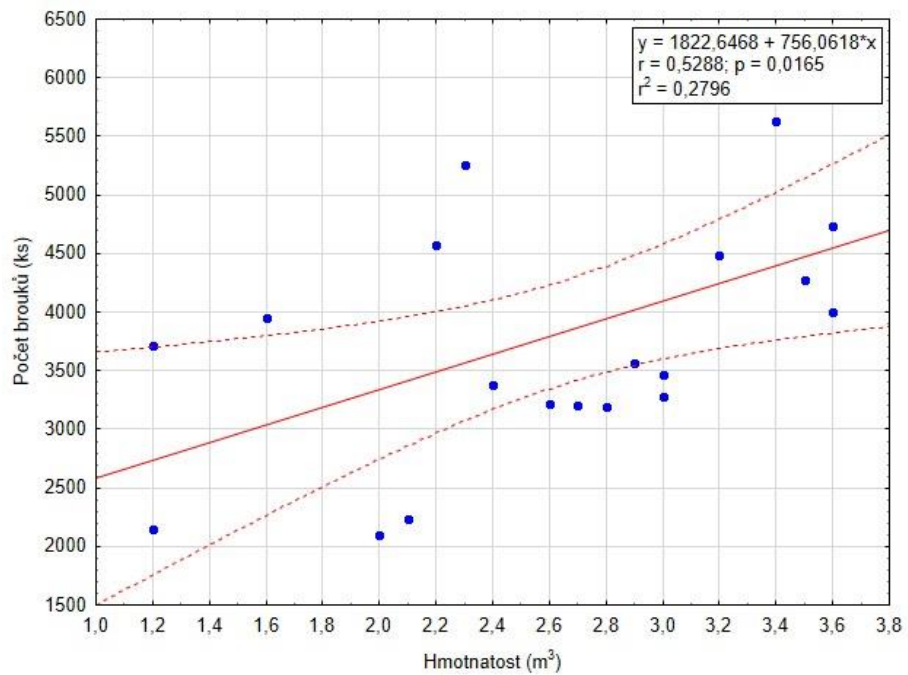
Tabulka 6: Mnohonásobné porovnání (Kruskal-Wallisův test) populačních hustot samců *Pityogenes chalcographus* na 1 m² na nahodilé těžbě

Depend.: Počet rodin (m ²)	Kruskal-Wallis test: H (3, N= 84) =54,53030 p =,0000			
	I.	II.	III.	IV.
	R:26,000	R:31,550	R:39,600	R:69,609
I.		1,000000	0,446068	0,000000
II.	1,000000		1,000000	0,000002
III.	0,446068	1,000000		0,000344
IV.	0,000000	0,000002	0,000344	

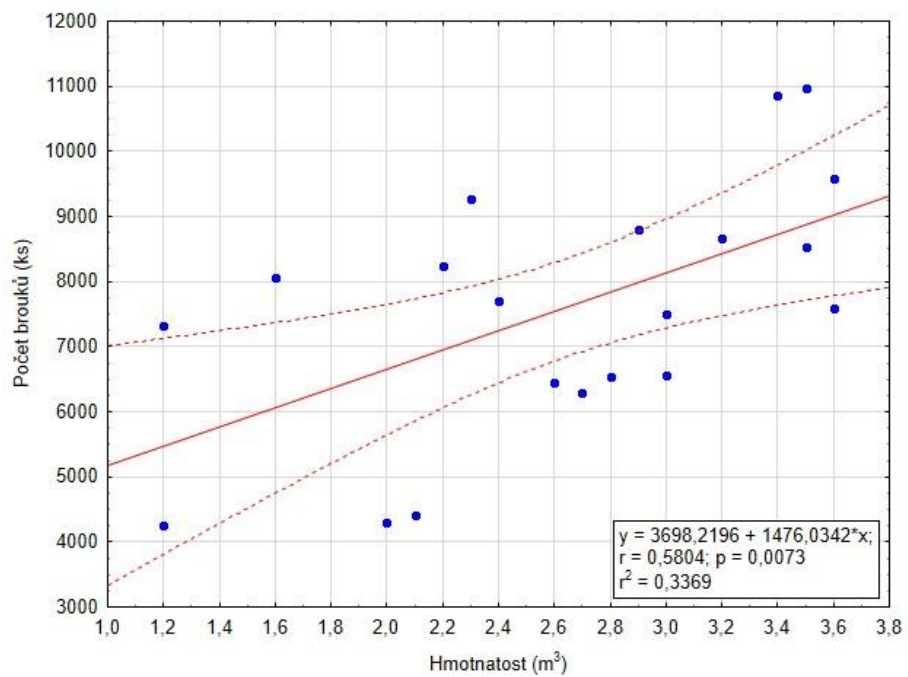


Obrázek 13: Průměrný počet rodin *Pityogenes chalcographus* na jednotlivých sekcích na 1 m² (nahodilá těžba)

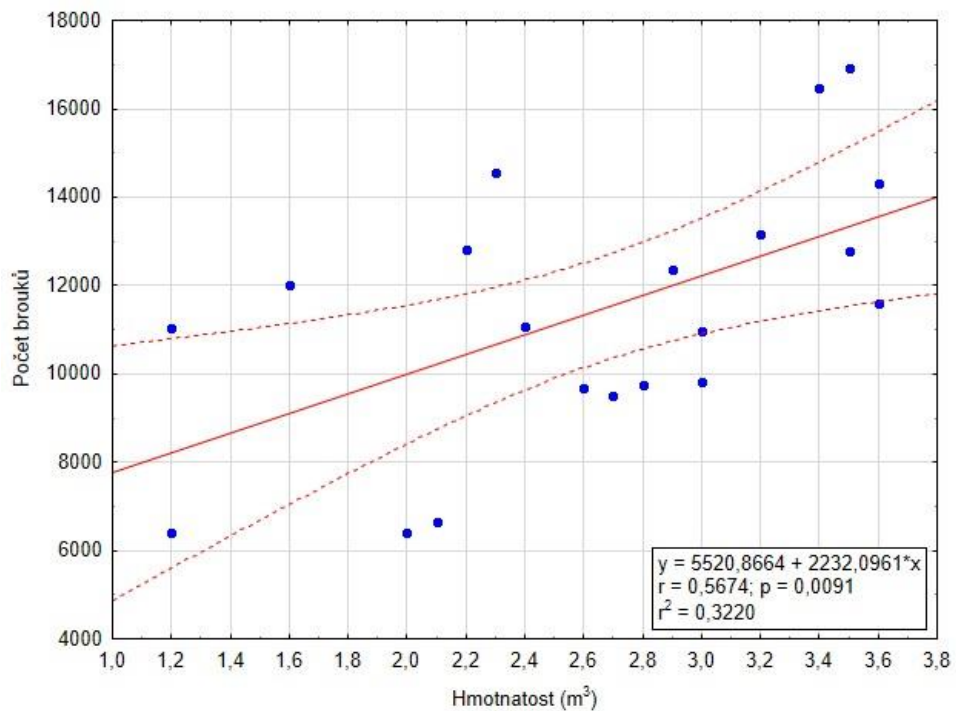
Vícenásobné porovnání (Kruskal-Wallisův test) populačních hustot samců *P. chalcographus* na 1 m² u nahodilé těžby ukazuje, že rozdíl 4. sekce se oproti ostatním sledovaným částem kmene statisticky liší a takřka dominuje. Ostatní vztahy jsou statisticky nevýznamné (tab. 6, obr. 13).



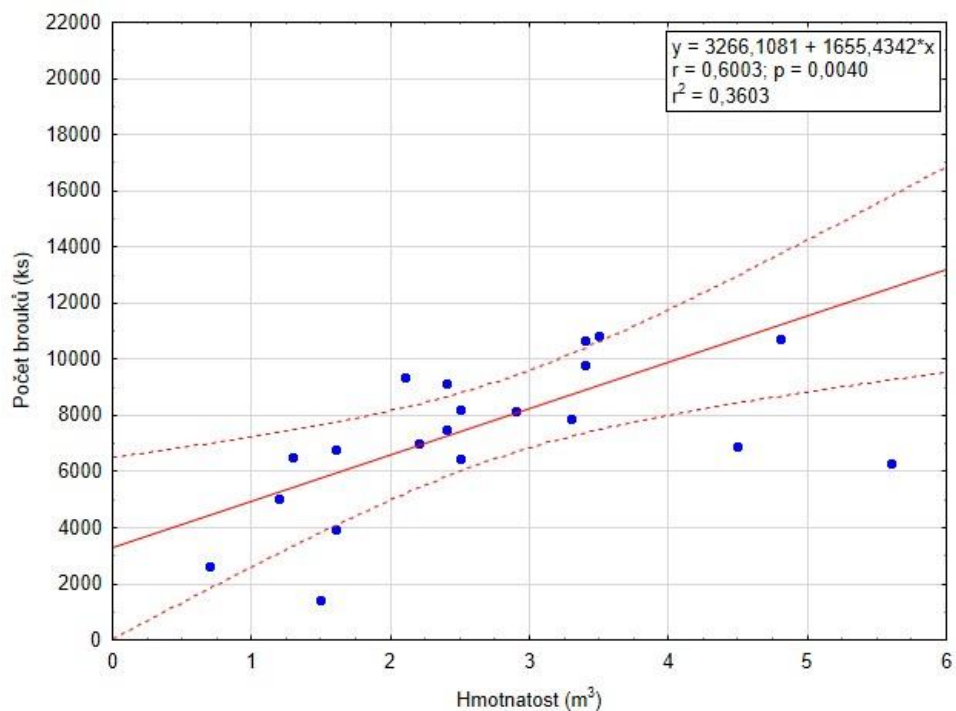
Obrázek 14: Početnost samců *Ips typographus* v závislosti na hmotnatosti lapáku



Obrázek 15: Početnost samic *Ips typographus* v závislosti na hmotnatosti lapáku

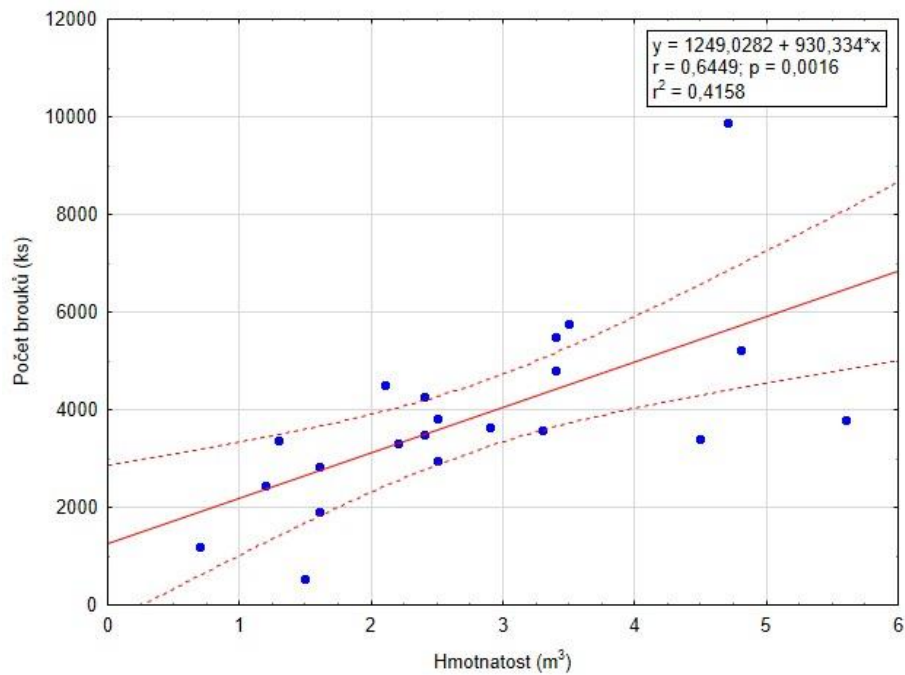


Obrázek 16: Početnost *Ips typographus* v závislosti na hmotnatosti lapáku

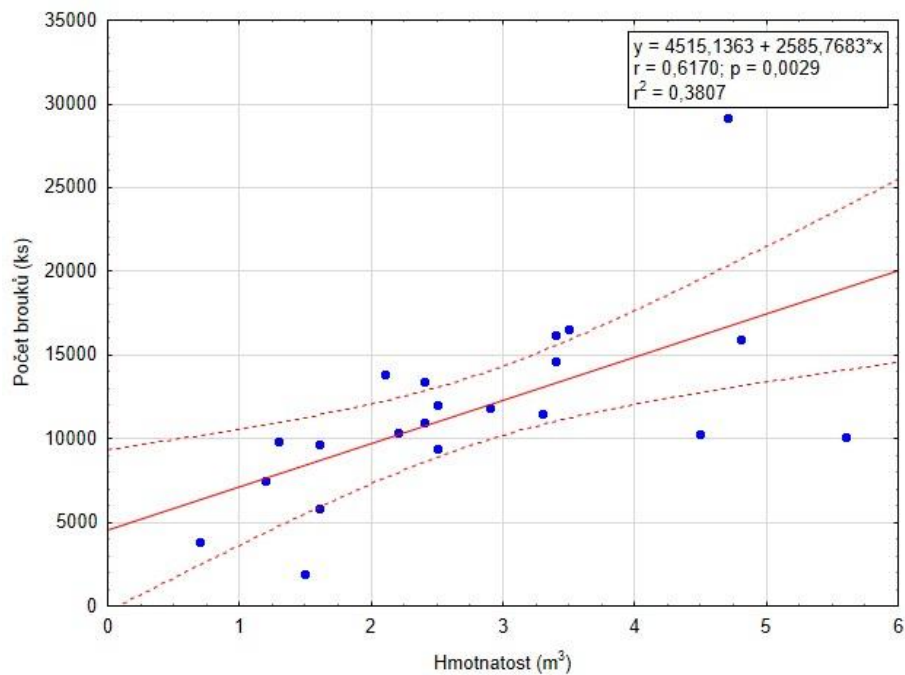


Obrázek 17: Početnost samic *Ips typographus* v závislosti na hmotnatosti nahodilé těžby

Početnost samců i samic *I. typographus* je závislá na hmotnatosti lapáků a při růstu objemu stromu početnost brouků stoupá (obr. 14, 15, 16).

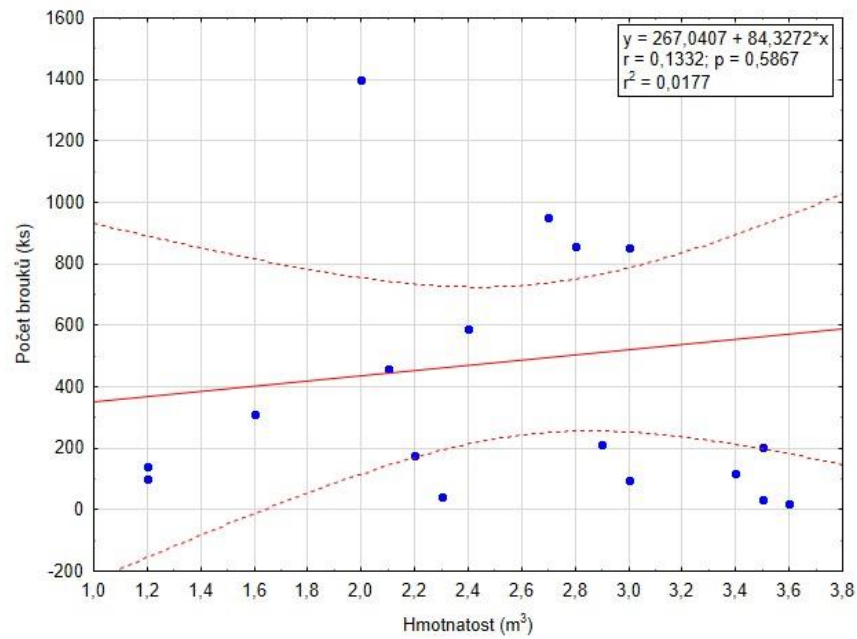


Obrázek 18: Početnost samců *Ips typographus* v závislosti na hmotnatosti nahodilé těžby

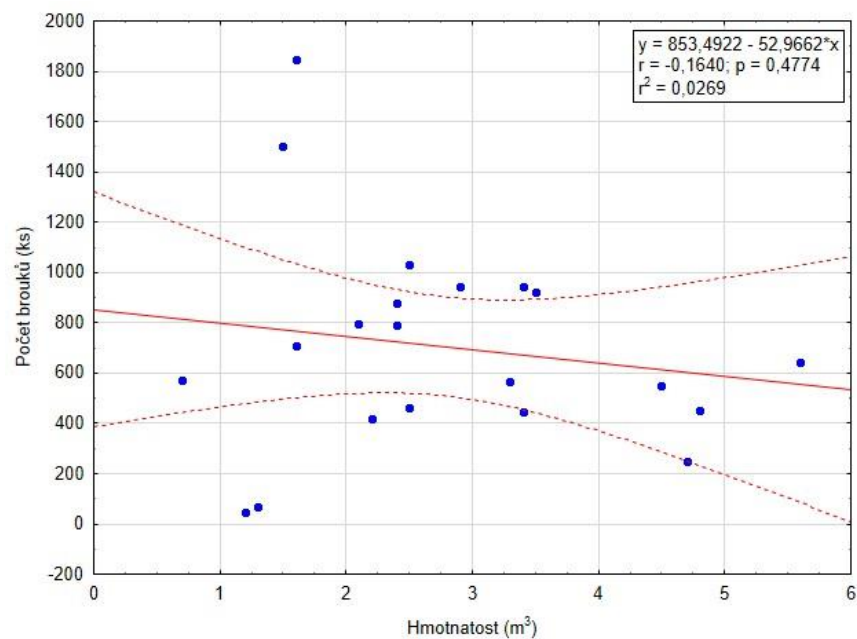


Obrázek 19: Početnost *Ips typographus* v závislosti na hmotnatosti nahodilé těžby

Počet *I. typographus* u nahodilé těžby v závislosti na objemu stromu také s hmotnatostí stoupá. Podobný trend lze zaznamenat opět u obou pohlaví (obr. 17, 18, 19).

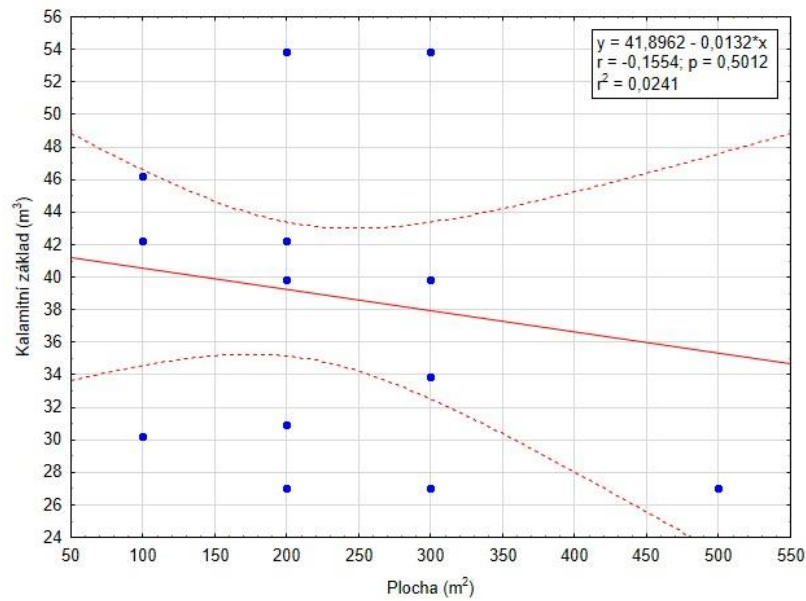


Obrázek 20: Početnost rodin *Pityogenes chalcographus* v závislosti na hmotnatosti lapáků

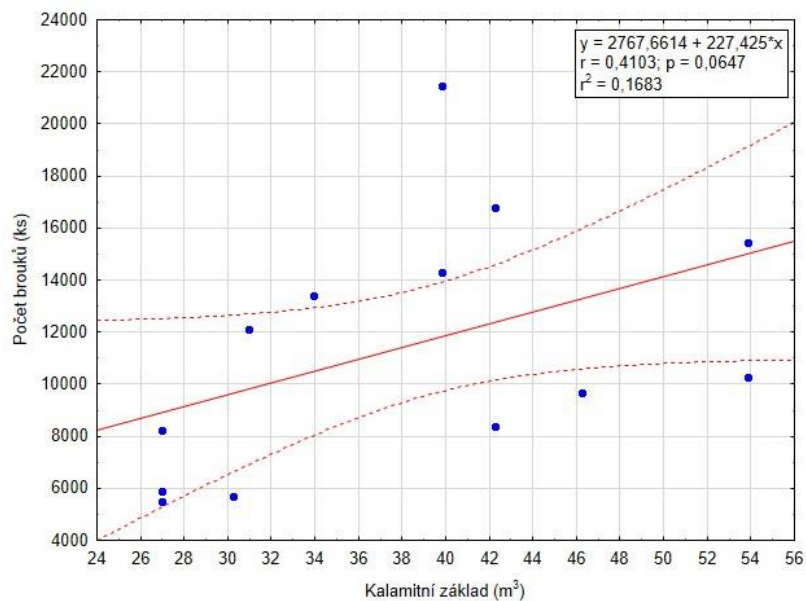


Obrázek 21: Početnost rodin *Pityogenes chalcographus* v závislosti na hmotnatosti nahodilé těžby

Závislost obsazenosti stromů *P. chalcographus* a hmotnatosti není signifikantní. Brouk nereaguje na změnu objemu u lapáku ani nahodilých těžeb (obr. 20, 21).



Obrázek 22: Objem kalamitní základu (m³) v závislosti na ploše vzniklých kůrovcových kol



Obrázek 23: Početnost *Ips typographus* (na nahodilých těžbách) v závislosti kalamitního základu

Výše kalamitního základu a s ním spojená obranná opatření neovlivňuje velikost kůrovcových kol, tudíž tyto závislosti nejsou signifikantní (obr. 22). Početnost *I. typographus* není ovlivněna výši kalamitního základu, protože s narůstajícím množstvím kalamitního základu neroste signifikantně množství nalétnutých kůrovců (obr. 23).

6 Diskuse

Tato práce představila vliv hmotnosti lapáků a nahodilé těžby na jejich obsazenost kůrovci *I. typographus* a *P. chalcographus*. Prováděla se na 10 plochách, na kterých v minulém roce vznikla kůrovcová ohniska, kde lýkožrouti také pravděpodobně přezimovali (ZUMR, 1982). Za celé období sledování jsme identifikovali tři druhy kůrovců. Dle očekávání největší zastoupení tvořil *I. typographus* a *P. chalcographus*. LEKANDER (1955) a BUTOVITCH (1971) uvádějí, že tyto dva druhy jsou nejčastěji se vyskytujícími kůrovci. Ve velmi malém počtu se nacházel *I. amitinus* a to na nahodilé těžbě, což je nejspíše ovlivněno současným přemnožením *I. typographus*, který v této oblasti prozatím nemá konkurenci. Ovšem lapáky také mohou zachytit *I. amitinus* (HOLUŠA et al., 2012).

Z našich výsledků je patrné, že celková populace *I. typographus* byla na lapácích a nahodilé těžbě velmi obdobná, přičemž u kůrovcových stromů více variabilní, což může být ovlivněno extrémně nízkými, ale i poměrně vysokými hodnotami hmotnosti kmene. Stejně tak i samotný poměr samců a samic byl téměř stejný.

Početnost brouků v jednotlivých částech lapáků i nahodilých těžeb byla poněkud rozdílná. Samci *I. typographus* nejvíce nalétali na podkorunovou část, tzn. 3. sekci. Tento výsledek je shodný se studií, kterou prováděl HOLUŠA et. al. (2017), kdy intenzitu napadení jednotlivých částí kmene určovali dle počtu závrťů. Tyto výsledky také podporují práce např. ZUMRA (1984) a GRODZKI (1997). Hlavní důvod pro preferenci kůrovců zrovna podkorunové části je obsah monoterpenů, které jsou pro vábení lýkožroutů téměř klíčová (BAIER et. al., 1999). FÜHRER et al. (1991) uvádí, že nálet lýkožroutů je značně ovlivněn poměrem pěti druhů monoterpenů, a to beta – pinenu, myrcenu, beta – phelandrenu, camphenu a limonenu. V oddenkové části se nacházelo velmi malé množství samců *I. typographus*. To může být zapříčiněno příliš silnou borkou (NIHOUL & NEF, 1992; BAIER, 1996). Optimální tloušťka kůry je přibližně 5 mm, přičemž minimální tloušťka, která umožňuje vývoj potomstva je 2,5 mm (GRUNWALD, 1986; CSOKA & KOVACS, 1999).

Samice *I. typographus* rovněž nejvíce nalétávaly na podkorunovou část stromu. Poněkud rozdílné hodnoty vychází u lapáků, kde se sekce statisticky významně nelišily. To může být způsobeno nižší koncentrací monoterpenů v oddenkové a korunové části, kterými jsou přitahováni samci. Poté je možné, že samci mění poměr vylučovaných

agregačních feromonů, jenž mohou přilákat více samic nebo antiagregačních feromonů, které mohou regulovat rozmístění lýkožroutů na kmenech (SCHLYTER et al., 1985). LINDELOW & WESLIEN (1986) stanovili poměr samců a samic na 1:2 až 1:3. Ovšem AMANN (1991) a FORST (1966) uvádějí i vyšší poměr. Další možnost této rozdílnosti může být způsobena poměrně odlišnou nadmořskou výškou našich ploch, která se pohybuje v rozmezí 830 až 1000 m. n.m. Přestože revize lapáků probíhala v řádu několika dní, vývojová stádia se poněkud lišila nejspíše z důvodu již uvážené nadmořské výšky. Tedy některé části kmene mohly být stále před či během fáze nalétávání samic. ZAHRADNÍK (2007) uvádí, že vývoj lýkožroutů je ovlivněn nadmořskou výškou.

Samice na nahodilé těžbě dominovaly ve střední a podkorunové části stromu. Stejněho výsledku dosáhli i samci, tudíž lze vyvodit, že na celém stromě byl velmi podobný poměr samic a samců. KOMONEN et al. (2011) prováděl podobný experiment ve Švédsku, kde porovnával hustoty populací *I. typographus* na zdravých stromech a větrných polomech, které byly odtržené od kořenů, aby se minimalizovala jejich obrana proti kůrovci. Zjistil, že ve stojících stromech byla větší hustota rodin než v polomech. Autor zároveň uvádí, že tento jev může být zapříčiněn přemnožením *I. typographus* v předchozím roce na větrných polomech mající větší potenciál pro vývoj a přežití přezimující generace. Stejná studie se rovněž zabývala atraktivitou určitých částí kmene. Největší populační hustoty se nacházely v prostřední a podkorunové části kmene, což se shoduje s našimi výsledky. Průměrná početnost matečných chodeb na stromě se pohybuje od 300 do 400 na m² (HOLUŠA & LUKÁŠOVÁ, 2017). Naše výsledky jsou u nahodilé těžby velmi obdobné.

P. chalcographus běžně doprovází *I. typographus* (AMMAN, 1991). V naší studii se téměř na všech zrevidovaných lapácích i kůrovcových stromech nacházely oba druhy. GOTHLIN (2000) uvádí ve své studii, že se zmenšujícím se průměrem stromu stoupá napadení lýkožroutem *P. chalcographus*. Ovšem kvůli své velikosti není schopen účinně konkurovat již zmíněnému *I. typographus* (DENNO et al. 1995). Nicméně podle SCHROEDERA et al. (1999) se tyto dva druhy navzájem nekonkurují a při napadání stromu se naopak doplňují, kdy *P. chalcographus* napadá části kmene s tenkou kůrou, kde by větší *I. typographus* nebyl schopen vývoje. Toto tvrzení souhlasí i s našimi výsledky. Na lapácích i nahodilé těžbě dominoval převážně v korunové části stromu a ve spodních sekcích se téměř nevyskytoval. Pouze na stromech o menších objemech.

Hmotnatost lapáku má vliv na početnost samců i samic *I. typographus*. Tento jev

je nejspíše ovlivněn větší koncentrací monoterpenů s nabývajícím objemem, které přitahují kůrovce (ABGRALL, 1987). Podobný experiment prováděl HOLUŠA et al. (2017). V této studii se početnost brouků prováděla pomocí stanovení průměru v 1,3 metrech a průměrného počtu závrťů na m². Nicméně dosáhli podobných výsledků, že objem stromu je závislý na početnosti kůrovce. Obdobných výsledků se dosáhlo i u nahodilé těžby, kde se opět potvrdila závislost objemu na obsazenosti brouků. Někteří autoři uvádí, že pro lýkožrouty jsou nejvíce atraktivní stromy středních průměrů (MARTÍNEK, 1960). Podobné výzkumy se prováděly i na jiných druzích kůrovců rodu *Ips*. RESNEROVÁ et al. (2020) prováděli experimenty s lapáky na *Ips cembrae*. Jejich výsledky obsazenosti v závislosti na objemu stromu měl poněkud opačný trend oproti našim výsledkům. To znamená, že s narůstající hmotností klesala početnost brouků na lapácích. Důvodem je však pravděpodobně hlavně to, že *I. cembrae* obsazuje i velmi tenké výřezy.

P. chalcographus na lapáku nevykazoval téměř žádnou závislost na měnící se objem stromu. Tento jev může být způsobený preferencí stále stejných míst na stromě, tzn. korunová část a část se slabší kůrou (SKUHRAVÝ, 2002). U nahodilé těžby byl mírně klesající trend, což mohlo být způsobeno nepatrně větším počtem zrevidovaných stromů s menší hmotností.

Kalamitní základ zřejmě nemá vztah k velikosti nově vzniklých kůrovcových kol a tato veličina se ukázala jako zavádějící. Hlavní příčinou tohoto jevu mohou být téměř monokulturní porosty smrku, kde se brouk rozptýlí a vyhledává spíše oslabené smrky. RUDINSKY (1962) uvádí, že kůrovci při náletu preferují oslabené stromy z důvodu většího uvolňování již zmiňovaných primárních atraktantů. Dále dle LHP (2015) se zakmenění jednotlivých porostů pohybuje v rozmezí od hodnot 0,7 až 1. Tato skutečnost mohla ovlivnit velikosti vzniklých holin. Rovněž poměrně velký rozptyl objemů zrevidovaných kůrovcových stromů ($2,8 \pm 1,3 \text{ m}^3$) mohl zkreslit výsledné plochy.

Početnost *I. typographus* v následujícím roce nekoreluje s kalamitním základem. Tento jev může být zapříčiněn přelétáváním *I. typographus*. LEKANDER et al. (1977) našel kůrovce až 43 km od míst, kde rostl smrk. NUORTEVA (1955) dokonce objevil lýkožrouty až 60 km od nejbližšího lesa. SKUHRAVÝ (2002) uvádí, že se kůrovci v porostu rozptylují rovnoměrně do vzdálenosti až 750 m. Nicméně BOTTERWEG (1982) zjistil, že jsou schopni letět v porostu až do vzdálenosti 8 km. Dalším důvodem může být

preferance vzdálenějších stromů s odlišnou koncentrací pryskyřice a tím pádem i obsahem monoterpenů (NIHOUL et al., 1989).

7 Závěr

Z našich výsledků vyplývá, že počet nalétnutých *Ips typographus* na lapácích i nahodilé těžbě s rostoucím objemem stromu se zvětšuje. Toto tvrzení platí pro obě pohlaví, kdy ovšem samců především z důvodu polygamie byl menší počet. Z hlediska míry nalétnutí se lapáky a kůrovcové stromy téměř nelišily čili početnost byla velmi podobná. Průměrně se na každém lapáku nacházelo $11\,327 \pm 2900$ jedinců *I. typographus*, přičemž u nahodilé těžby $11\,001 \pm 5404$ jedinců. Naše studie mimo jiné potvrdila, že obě pohlaví *I. typographus* nejvíce nalétá na podkorunovou část stromu. U lapáků nebyly rozdíly mezi jednotlivými částmi kmene tak výrazné jako u kůrovcových stromů, kde oddenková a korunová sekce vykazovala výrazně nižší počty oproti střední a podkorunové sekci.

Pityogenes chalcographus víceméně nereagoval na změnu hmotnatosti u lapáků ani u nahodilé těžby. Na lapáku se průměrně nacházelo 550 ± 547 rodinných požerků *P. chalcographus* a na kůrovcovém stromě 706 ± 416 . Opět jsme potvrdili tvrzení, že se tento druh kůrovce nachází v částech kmene se slabší kůrou. Nejvíce nalétnutá část byla koruna, v menší míře i podkorunová část u stromu slabších dimenzí.

Kalamitní základ zřejmě nemá vztah k velikosti nově vzniklých kůrovcových kol a tato veličina se ukázala jako zavádějící. Nicméně velikost ploch může být značně ovlivněna zakmeněním a variabilitou objemů nahodilých těžeb.

8 Seznam použité literatury

ABGRALL, J. F., & SCHVESTER, D. (1987). Observations sur le piégeage de *Ips typographus* L. après chablis. Revue forestière française.

AMMAN, G., (1991). Hmyz v lese. J. Steinbrener, Vimperk: 344 s

BAIER, P. (1996). Defence reactions of Norway spruce (*Picea abies* Karst.) to controlled attacks of *Ips typographus* (L.) (Col., Scolytidae) in relation to tree parameters. Journal of Applied Entomology, 120(1-5), 587-593.

BAIER, P., BADER, R., & ROSNER, S. (1999). Monoterpene content and monoterpene emission of Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) bark in relation to primary attraction of bark beetles (Col. Scolytidae). COLLOQUES-INRA, 249-260.

BAKKE, A. (1989). The recent *Ips typographus* outbreak in Norway-experiences from a control program. Ecography, 12(4), 515-519.

BIERMANN, G. V. (1977). Zur Überwinterung des Buchdruckers, *Ips typographus* (L.), in der Bodenstreu (Col., Scolytidae). Zeitschrift für Angewandte Entomologie, 84(1-4), 59-74.

BOTTERWEG, P. F. (1982). Dispersal and flight behaviour of the spruce bark beetle *Ips typographus* in relation to sex, size and fat content. Zeitschrift für angewandte Entomologie, 94(1-5), 466-489.

BUTOVITSCH, V. (1971). Undersökningar över skadeinsekternas uppträdande i de stormharjade skogarna i mellersta Norrlands kustland åren 1967-69.

CSÓKA, G., & KOVÁCS T. (1999). Xilofág rovarok-Xylophagous insects. Hungarian Forest Research Institute. Erdészeti Tuományos Intézet, Agroinform Kiadó, Budapest.

ČESKO. MINISTERSTVO ZEMĚDĚLSTVÍ. Vyhláška č. 76 ze dne 4.5. 2018, kterou se mění vyhláška Ministerstva zemědělství č. 101/1996 Sb., kterou se stanoví podrobnosti o opatřeních k ochraně lesa a vzor služebního odznaku a vzor průkazu lesní stráže, ve znění vyhlášky č. 236/2000, Sb. In Sbírka zákonů České republiky. 2018, částka 38, s. 1002-1007

- DENNO, R. F., MCCLURE, M. S., & OTT, J. R. (1995). Interspecific interactions in phytophagous insects: competition reexamined and resurrected. *Annual review of entomology*, 40(1), 297-331.
- FETTIG, C. J., & HILSZCZAŃSKI, J. (2015). Management strategies for bark beetles in conifer forests. In *Bark Beetles* (pp. 555-584). Academic Press.
- FORSSE, E., & SOLBRECK, C. H. (1985). Migration in the bark beetle *Ips typographus* L.: duration, timing and height of flight. *Zeitschrift für angewandte Entomologie*, 100(1-5), 47-57.
- FORST P. et al. (1966). *Ochrana lesů*. SZN, Praha, 400 s
- FÜHRER, E., HAUSMANN, B., & WIENER, L. (1991). Borkenkäferbefall (Col., Scolytidae) und Terpenmuster der Fichtenrinde (*Picea abies* Karst.) an Fangbäumen 1. *Journal of Applied Entomology*, 112(1-5), 113-123
- FÜHRER, E., WIENER, L., & HAUSMANN, B. (1992). Dynamik von Terpen-Mustern und Borkenkäfer-Befall an Fangbaum-Fichten unterschiedlichen Kronen-Zustandes (Coleoptera: Scolytidae). *Entomologia generalis*, 17(3), 207-218.
- GÖTHLIN, E., SCHROEDER, L. M., & LINDELÖW, A. (2000). Attacks by *Ips typographus* and *Pityogenes chalcographus* on windthrown spruces (*Picea abies*) during the two years following a storm felling. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 15(5), 542-549.
- GRÉGOIRE, J. C., & EVANS, H. F. (2007). Damage and control of BAWBILT organisms an overview. *Bark and wood boring insects in living trees in Europe, a synthesis*, 19-37.
- GRODZKI, W. (1997). Changes in the occurrence of bark beetles on Norway spruce in a forest decline area in the Sudety Mountains in Poland. In *Proceedings of the IUFRO conference. General Technical Report NE-236* (pp. 105-111).
- GRUNWALD, M. (1986). Ecological segregation of bark beetles (Coleoptera, Scolytidae) of spruce 1, 2. *Journal of Applied Entomology*, 101(1-5), 176-187.
- HOLUŠA, J., & LUKÁŠOVÁ, K. (2017). Pathogen's level and parasitism rate in *Ips typographus* at high population densities: importance of time. *Journal of Applied Entomology*, 141(9), 768-779.

- HOLUŠA, J., LUKÁŠOVÁ, K., GRODZKI, W., KULA, E., & MATOUŠEK, P. (2012). Is *Ips amitinus* (Coleoptera: Curculionidae) abundant in wide range of altitudes. *Acta Zoologica Bulgarica*, 64(3), 219-228.
- HURLING, R., & STETTER, J. (2012). Untersuchungen zur Fangleistung von Schlitzfallen und Fangholzhaufen bei der lokalen Dichteabsenkung von Buchdrucker (*Ips typographus*)-Populationen. *gesunde Pflanzen*, 64(2), 89-99.
- CHARARAS, C. (1959). L'attractivité exercée par les Conifères à l'égard des Scolytides et le Role des Substances Terpéniques Extraites des Oléorésines. *Rev. Path. vég.*, 38, 113-129.
- JAHN, E. (1982). Untersuchungen zum Befall von Fichten-Fangbäumen durch Borkenkäfer im Zusammenhang mit Mondphasen zur Fällungszeit. *Anzeiger für Schädlingskunde, Pflanzenschutz, Umweltschutz*, 55(10), 145-149.
- JAKUŠ, R., & BLAŽENEC, M. (2002). Influence of proportion of (4S)-cis-verbenol in pheromone bait on *Ips typographus* (Col., Scolytidae) catch in pheromone trap barrier and in single traps. *Journal of Applied Entomology*, 126(6), 306-311.
- JAKUŠ, R., GRODZKI, W., JEŽÍK, M., & JACHYM, M. (2003). Definition of spatial patterns of bark beetle *Ips typographus* (L.) outbreak spreading in Tatra Mountains (Central Europe), using GIS. In *Ecology, Survey and Management of Forest Insects, Proceedings of the conference, USDA Forest Service, GTR NE-311* (pp. 25-32).
- JENIŠ, J., & VRBA, M. (2007). Srovnání účinnosti lapáku, otrávených trojnožek a lapačů. *Lesnická práce*, 86, 586.
- JOHANN, M. (1986). Zur Anlockung des Buchdruckers (*Ips typographus* L.) I. Die Lockwirkung natürlichen Brutmaterials. *Journal of Applied Entomology*, 101(1-5), 332-342.
- KLIMETZEK, D., & Vité, J. P. (1989). Tierische Schädlinge. *Die Fichte*, 2, 40-131.
- KNÍŽEK M., HOLUŠA J. (2001). Lýkožrout severský. *Ips duplicatus* Sahlberg. *Lesnická práce* 80 (Příloha): I-IV.

- KOHNLE, U. (1984). Beziehungen zwischen der Austrocknung von Fangbäumen und ihrer Attraktivität für Fichtenborkenkäfer.
- KOLEVA, P., KOLEV, N., SCHOPF, A., & WEGENSTEINER, R. (2012). Untersuchungen zur Effizienz von insektizidbehandelten Fanghölzern gegen den Buchdrucker *Ips typographus* (Coleoptera, Curculionidae).[Investigations of the efficacy of insecticide-treated wood against the spruce bark beetle *Ips typographus* (Coleoptera, Curculionidae)]. Forstschutz Aktuell, 54, 16-21.
- KOMONEN, A., SCHROEDER, L. M., & WESLIEN, J. (2011). *Ips typographus* population development after a severe storm in a nature reserve in southern Sweden. Journal of Applied Entomology, 135(1-2), 132-141.
- KUHN, W. (1949). Das Massenaufreten des achtzähligen Fichtenborkenkäfers *Ips typographus* L. nach Untersuchungen in schweizerischen Waldungen 1946-49 (Doctoral dissertation, ETH Zurich).
- KULA, E., & ŠOTOLA, V. (2017). *Ips typographus* on Norway spruce trap trees with and without branches. Zprávy Lesnického Výzkumu, 62(1), 42-49.
- LEKANDER, B. (1955). Skadeinsekternas uppträdande i de av januaristormen 1954 drabbade skogarna. Meddelande från Statens Skogsforskningsinstitut, Vol. 45, 35 pp. Swedish with German summary.
- LEKANDER, B., BEJER-PETERSEN, B., KANGAS, E., & BAKKE, A. (1977). The distribution of bark beetles in the Nordic Countries. Acta Entomologica Fennica, (32).
- LESNÍ HOSPODÁŘSKÝ PLÁN (2015). LHC Horní Planá
- LINDELÖW, Å., & WESLIEN, J. (1986). Sex-specific emergence of *Ips typographus* L. (Coleoptera: Scolytidae) and flight behavior in response to pheromone sources following hibernation. The Canadian Entomologist, 118(1), 59-67.
- LOBINGER, G. (1996). Variations in sex ratio during an outbreak of *Ips typographus* (Col., Scolytidae) in Southern Bavaria. Anzeiger für Schädlingskunde, Pflanzenschutz, Umweltschutz, 69(3), 51-53.

- LUBOJACKÝ, J., & HOLUŠA, J. (2014). Attraction of *Ips typographus* (Coleoptera: Curculionidae) beetles by lure-baited insecticide-treated tripod trap logs and trap trees. *International Journal of Pest Management*, 60(3), 153-159.
- MARTINEK, V. (1953). Metody boje proti kůrovci *Ips typographus* v Polsku. *Lesnická práce*, 32(7), 316-318.
- MARTINEK, V. (1960). Příprava lapáků pro kontrolu a boj s kůrovcem smrkovým *Ips typographus* L., *Lesnická práce*. 39, 186.
- MATTANOVICH, J., EHRENHÖFER, M., SCHAFELLNER, C., TAUSZ, M., & FÜHRER, E. (2001). The role of sulphur compounds for breeding success of *Ips typographus* L. (Col., Scolytidae) on Norway Spruce (*Picea abies* [L.] Karst.). *Journal of Applied Entomology*, 125(8), 425-431.
- MEZEI, P., GRODZKI, W., BLAŽENEC, M., ŠKVARENINA, J., BRANDÝSOVÁ, V., & JAKUŠ, R. (2014). Host and site factors affecting tree mortality caused by the spruce bark beetle (*Ips typographus*) in mountainous conditions. *Forest Ecology and Management*, 331, 196-207.
- NAGEL, R. H., MCCOMB, D., & KNIGHT, F. B. (1957). Trap tree method for controlling the Engelmann spruce beetle in Colorado. *Journal of Forestry*, 55(12), 894-898.
- NELSON, K. N., ROCCA, M. E., DISKIN, M., AOKI, C. F., & ROMME, W. H. (2014). Predictors of bark beetle activity and scale-dependent spatial heterogeneity change during the course of an outbreak in a subalpine forest. *Landscape ecology*, 29(1), 97-109.
- NIHOUL, P., & NEF, L. (1992). Caractéristiques anatomiques de l'écorce de l'épicéa commun *Picea abies* Karst. et intensité des attaques d '*Ips typographus* L. (Col., Scolytidae) 1. *Journal of Applied Entomology*, 114(1-5), 26-31.
- NIHOUL, P., NEF, L., & WATERKEYN, L. (1989). Variabilité inter-et intra-individuelle de quelques caractéristiques anatomiques de l'écorce de l'épicéa commun (*Picea abies* (L.) Karsten) en Ardenne belge. In *Annales des sciences forestières* (Vol. 46, No. 1, pp. 85-95). EDP Sciences.

- NUOTERVA M.K. (1955) Kirjanpainaja (*Ips typographus* L.) kuusirajan pohjoispuolelta. Ann. Ent. Fenn. 21: 195-196
- ØKLAND, B., & BJØRNSTAD, O. N. (2003). Synchrony and geographical variation of the spruce bark beetle (*Ips typographus*) during a non-epidemic period. Population Ecology, 45(3), 213-219.
- PFEFFER, A. (1989). Kurovcovití (Scolytidae) a Jádrolodovití (Platypodidae). Academia.
- PFEFFER, A., PIVETZ, B., & KALANDRA, A. (1952). Kůrovec-lýkožrout smrkový a boj proti němu. Brázda.
- PFEIL, W. (1827). Ueber Insectenschaden in den Wäldern, die Mittel ihm vorzubeugen und seine Nachteile zu vermindern. Boicke.
- PFISTER, A. (1999). Verursachen Borkenkäferbekämpfungsmaßnahmen Stehendbefall. Forstschutz Aktuell, 23.
- POSTNER, M. (1974). Scolytidae (= Ipidae), Borkenkäfer. Die Forstschädlinge Europas, 2, 334-482.
- RATY, L., DRUMONT, A., DE WINDT, N., & GRÉGOIRE, J. C. (1995). Mass trapping of the spruce bark beetle *Ips typographus* L.: traps or trap trees?. Forest Ecology and management, 78(1-3), 191-205.
- RESNEROVÁ, K., HOLUŠA, J., SUROVÝ, P., TROMBIK, J., & KULA, E. (2020). Comparison of *Ips cembrae* (Coleoptera: Curculionidae) Capture Methods: Small Trap Trees Caught the Most Beetles. Forests, 11(12), 1275.
- RUDINSKY, J. A. (1962). Ecoogy of Scolytidae. Annual review of entomology, 7, 327-348.
- SEIDL, R., SCHELHAAS, M. J., RAMMER, W., & VERKERK, P. J. (2014). Increasing forest disturbances in Europe and their impact on carbon storage. Nature climate change, 4(9), 806-810.

- SCHELHAAS, M. J., NABUURS, G. J., & SCHUCK, A. (2003). Natural disturbances in the European forests in the 19th and 20th centuries. *Global Change Biology*, 9(11), 1620-1633.
- SCHLYTER, F., & CEDERHOLM, I. (1981). Separation of the sexes of living spruce bark beetles, *Ips typographus* (L.), (Coleoptera: Scolytidae) 1. *Zeitschrift für angewandte Entomologie*, 92(1-5), 42-47.
- SCHLYTER, F., (1985). Aggregation pheromone system in the spruce bark beetle *Ips typographus*. Department of Animal Ecology, University of Lund.
- SCHMIDT-VOGT, H. (1989). Die Fichte, II/2, Krankheiten, Schäden, Fichtensterben. Paul Parey, Hamburg und Berlin.
- SCHNEIDER-ORELLI, O. (1947). Untersuchungen über Auftreten und Überwinterung des Fichtenborkenkäfers *Ips typographus*. *Schweiz. Zeitschr. f. Forstwesen*, 98, 89-111.
- SCHROEDER, L. M., & LINDELÖW, Å. (2002). Attacks on living spruce trees by the bark beetle *Ips typographus* (Col. Scolytidae) following a storm-felling: a comparison between stands with and without removal of wind-felled trees. *Agricultural and forest entomology*, 4(1), 47-56.
- SCHROEDER, L. M., WESLIEN, J., LINDELÖW, Å., & LINDHE, A. (1999). Attacks by bark-and wood-boring Coleoptera on mechanically created high stumps of Norway spruce in the two years following cutting. *Forest Ecology and Management*, 123(1), 21-30.
- SKUHRAVÝ, V. (2002). Lýkožrout smrkový *Ips typographus* (L.) a jeho kalamity. *Agrospoj*.
- SLANDER, J. (1948). Zatrímno lubadarja. *Gozd. Vestn.* 7, 41–42.
- SPROULL, G. J., ADAMUS, M., BUKOWSKI, M., KRZYŻANOWSKI, T., SZEWCZYK, J., STATWICK, J., & SZWAGRZYK, J. (2015). Tree and stand-level patterns and predictors of Norway spruce mortality caused by bark beetle infestation in the Tatra Mountains. *Forest Ecology and Management*, 354, 261-271.

- 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, 273-281.
- SZABLA, K. (2012). Problemy gospodarki leśnej w RDLP w Katowicach. *Przyroda Górnego Śląska*, (67).
- ŠVESTKA, M., HOCHMUT, R., & JANČAŘÍK, V. (1996). Praktické metody v ochraně lesa. Ministerstvo zemědělství České republiky.
- WERMELINGER, B. (2002). Development and distribution of predators and parasitoids during two consecutive years of an *Ips typographus* (Col., Scolytidae) infestation. *Journal of Applied Entomology*, 126(10), 521-527.
- WICHMANN, L., & RAVN, H. P. (2001). The spread of *Ips typographus* (L.) (Coleoptera, Scolytidae) attacks following heavy windthrow in Denmark, analysed using GIS. *Forest Ecology and Management*, 148(1-3), 31-39.
- ZAHRADNÍK, P. (1996). Lýkožrout smrkový stále hrozí. *Lesnická práce*, 4, str. 116-117.
- ZAHRADNÍK, P. (2004). Ochrana smrčín proti kůrovci. *Lesnická práce*.
- ZAHRADNÍK, P. (2007). Lýkožrout lesklý *Pityogenes chalcographus* (L.). *Lesnická práce*, 4, 1-4.
- ZAHRADNÍK, P. & KNÍŽEK, M. (2007). Lýkožrout smrkový *Ips typographus* (L.). [The spruce bark beetle *Ips typographus* (L.)]. *Lesnická práce*, 86, 1-4.
- ZAHRADNIK, P., KNÍŽEK, M., & KAPITOLA, P. (1993). Zpětné odchyty značených lýkožroutu smrkových (*Ips typographus* L.) do feromonový lapačů v podmínkách smrkového a dubového porostu. *Zprávy Lesnického Výzkumu*, 38, 28-34.
- ZUMR, V. (1982). Hibernation of spruce bark beetle, *Ips typographus* (Coleoptera, Scolytidae) in soil litter in natural and cultivated *Picea* stands.
- ZUMR, V. (1995). Lýkožrout smrkový—biologie, prevence a metody boje. *Matices lesnická*, Písek, 132 s.

9 Přílohy



Obrázek 24: Matečné chodby *Ips typographus*



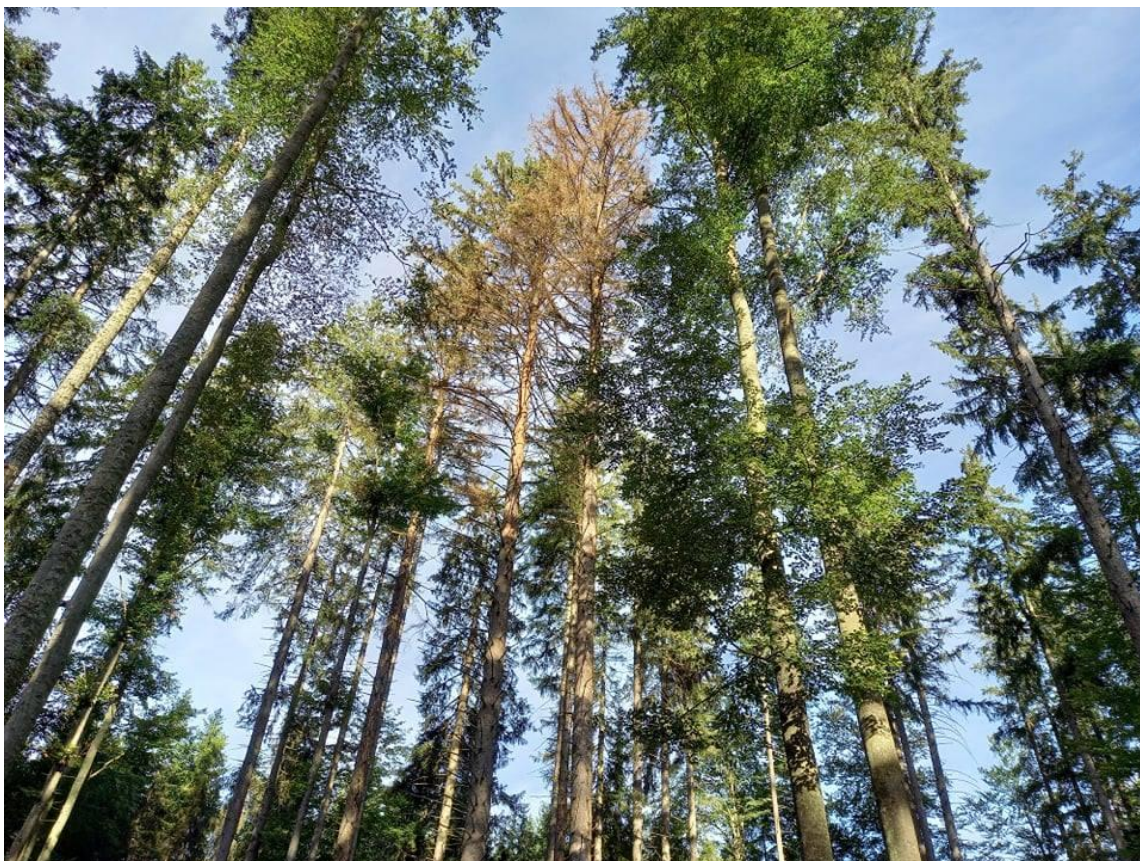
Obrázek 25: Rodinný požerek *Pityogenes chalcographus*



Obrázek 26: Rodinný požerek *Ips typographus* (Stadium vajíčka)



Obrázek 27: Rodinný požerek *Ips typographus* (stádium larvy)



Obrázek 28: Usychání jehličí u napadených stromů



Obrázek 29: Drtinky na patě kmene