

UPLATNĚNÍ ZÁSAD INTEGROVANÉ OCHRANY ROSTLIN PROTI LÝKOŽROUTU MODŘÍNOVÉMU (*IPS CEMBRAE* (HEER, 1836))



prof. Ing. Bc. JAROSLAV HOLUŠA, Ph.D.
Mgr. Bc. KAROLINA RESNEROVÁ, Ph.D.
prof. Ing. EMANUEL KULA, CSc.

Uplatnění zásad integrované ochrany rostlin proti lýkožroutu modřínovému (*Ips cembrae* (Heer, 1836))

Certifikovaná metodika

prof. Ing. Bc. Jaroslav Holuša, Ph.D.

Mgr. Bc. Karolina Resnerová, Ph.D.

prof. Ing. Emanuel Kula, CSc.

Lesnický průvodce 2/2021

Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i.

Strnady 136, 252 02 Jíloviště

www.vulhm.cz

Publikace vydané v řadě Lesnický průvodce jsou dostupné v elektronické verzi na:

http://www.vulhm.cz/lesnicky_pruvodce

Vedoucí redaktor: Ing. Jan Řezáč; e-mail: rezac@vulhm.cz

Výkonná redaktorka: Miroslava Valentová; e-mail: valentova@vulhmop.cz

Grafická úprava a zlom: Klára Šimerová; e-mail: simerova@vulhm.cz

ISBN 978-80-7417-216-8

ISSN 0862-7657

APPLICATION OF THE PRINCIPLES OF INTEGRATED PEST MANAGEMENT AGAINST LARGE LARCH BARK BEETLE (*IPS CEMBRAE* (HEER, 1836))

Abstract

The certified methodology represents the original results of research and development, which were carried out by the authors' team, including the novelty of measures against large larch bark beetle and specific applications for prevention, monitoring and control of this species. *Ips cembrae* prefers larch (*Larix* spp.) of all ages as a host tree in a wide range of altitudes (400–2400 m a.s.l.). The bionomic specifics, the occurrence and significance of large larch bark beetle, the influence of antagonists are described. Efficiency of capture devices are compared, and an integrated plant protection strategy is proposed. The recommendations for forest managers and forest owners are provided to meet the general principles of integrated forest protection at the points required by the audit office. The methodology provides guidance on how to keep the numbers of large larch bark beetle below the threshold of economic harmfulness and to maintain healthy larch in forest stands about statute No. 205/2012 Sb. on general principles of integrated of pest management.

Key words: control; *Ips cembrae*; IPM; large larch bark beetle; monitoring; prevention; Scolytinae

Oponenti: Prof. Dr. hab. Wojciech Grodzki, Instytut Badawczy Lesnictwa, Zakład Lasów Górskich, Ul. Fredry 39, PL-30605 Krakow, Poland
Ing. Robin Ambrož, Ph.D., Colloredo-Mannsfeld spol. s r. o., Švabínská 279, 338 08 Zbiroh
Ing. Jiří Stanovský, Ph.D., Ústav pro hospodářskou úpravu lesů, pobočka Frýdek-Místek, Nádražní 2811, 738 01 Frýdek-Místek

Adresy autorů:

prof. Ing. Bc. Jaroslav Holuša, Ph.D.

Mgr. Bc. Karolina Resnerová, Ph.D.

Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta lesnická a dřevařská
Kamýcká 1176
165 00 Praha 6 - Suchbát

prof. Ing. Emanuel Kula, CSc.

Mendelova univerzita v Brně, Lesnická a dřevařská fakulta
Zemědělská 3
613 00 Brno

Autorské podíly:

J. Holuša 40 %

E. Kula 30 %

K. Resnerová 30 %

Obsah:

1	ÚVOD	7
2	CÍLE METODIKY	9
3	VLASTNÍ POPIS METODIKY	9
3.1	Charakteristika lýkožrouta modřínového	9
3.1.1	Popis vývojových stadií	9
3.1.2	Bionomie lýkožrouta modřínového	10
3.1.3	Antagonisté a jejich vliv na populační dynamiku	19
3.2	Výskyt lýkožrouta modřínového v České republice	22
3.3	Význam lýkožrouta modřínového	24
3.4	Odchyťová zařízení	24
3.4.1	Stromové lapáky	25
3.4.2	Lapače	30
3.4.3	Otrávené trojnožky (otrávené lapáky)	31
3.4.4	Srovnání metod	32
3.5	Integrovaná ochrana	34
3.5.1	Zvláštnosti bionomie důležité pro IOR	34
3.5.2	Prevence	34
3.5.3	Kontrola a monitoring	35
3.5.4	Zásady ochrany	37
4	NOVOST POSTUPŮ	38
5	POPIS UPLATNĚNÍ	39
5.1	Obecné uplatnění	39
5.2	Naplnění podmínek pro splnění vyhlášky	39
5.2.1	Vhodné pěstitelské postupy	40
5.2.2	Používání odolných odrůd zdravého a ošetřeného osiva/sadby	41

5.2.3	Výživa rostlin a vyvážená bilance živin v půdě	42
5.2.4	Monitoring a prognóza výskytu škodlivých organismů	42
5.2.5	Přímé metody nechemické ochrany	42
5.2.6	Výběr a použití přípravků na ochranu rostlin	43
5.2.7	Použití přípravků na ochranu rostlin v souladu s antirezistentní strategií	43
5.2.8	Ověření úspěšnosti provedených opatření	43
5.2.9	Vzdělávání a přenos informací v oblasti IOR	44
6	EKONOMICKÉ ASPEKTY UPLATNĚNÍ	45
7	DEDIKACE	45
8	LITERATURA	46
8.1	Použitá literatura	46
8.2	Publikace, které předcházely metodice	59
	SUMMARY	60
	SEZNAM OBRÁZKŮ	62

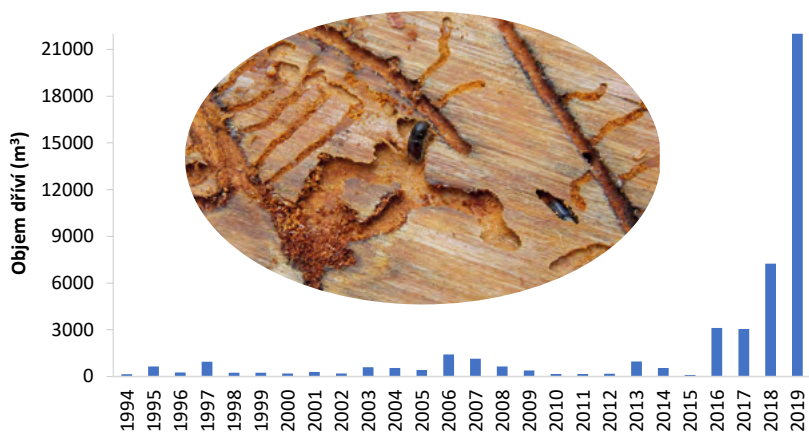
Metodika byla schválena odborem vědy a výzkumu MZe ČR osvědčením MZE-44831/2021-16222/M224 ze dne 30. 7. 2021.

MZe doporučuje tuto metodiku pro využití v praxi.

1 ÚVOD

Modřín evropský (*Larix decidua* Mill., 1768) (dále jen „modřín“) je dřevina vyskytující se původně v Alpách a několika dalších pohořích střední Evropy. Pomineme-li kulturní lesy, je současné přirozené rozšíření modřínu disjunktní a modřín roste asi na ploše 500 000 ha. Kromě tohoto původního areálu zaujímají kulturní porosty modřínu dalších 500 000 ha (Matras a Pâques 2008). Pěstování modřínu mimo původní areál, zejména v nížinách západní a severní Evropy, s sebou přináší fyziologické a fytosanitární problémy (Pâques et al. 2013). V České republice (dále jen ČR) *L. decidua* roste celkem na ploše 100 263 ha, což představuje 3,2 % plochy lesů. V 80. letech 20. stol. byly v imisních oblastech ČR zakládány porosty náhradních dřevin, kde zastoupení modřínu dosahovalo až 7,7 % (Smejkal 1994). Recentně je modřín hodnocen jako velmi vhodný pro obnovení lesů zaniklých po přemnožení lýkožrouta smrkového ve smrkových porostech (Hlásny et al. 2019).

Ips cembrae (Heer, 1836) je jedním z obecně rozšířených druhů lýkožroutů rodu *Ips* přirozeně se vyskytujících v Evropě. Jedná se o agresivního škůdce modřínu, který se lokálně přemnožuje (Grégoire a Evans 2004; Krehan a Cech 2004; Grodzki 2008, 2009). V letech 2009–2019 bylo v ČR vytěženo 39 000 m³ modřínového dříví napadeného tímto druhem (Obr. 1), což je tisíckrát méně ve srovnání s obje-



Obr. 1: Evidovaný objem modřínového kůrovcového dříví vytěženého v České republice v letech 1994–2019 (data LOS).

mem smrkového kůrovcového dříví ze stejného období. To je jeden z důvodů, proč výzkumníci a lesnická praxe do současnosti věnovali podstatně menší pozornosti lýkožroutu modřínovému než lýkožroutům na smrku.

Ips cembrae napadá modřiny (*Larix* spp.) (Pfeffer a Knížek 1996; Grodzki 2008; Grodzki a Kosibowicz 2009) všech věkových kategorií v širokém rozsahu nadmořských výšek (400–2400 m) (Postner 1974; Schwerdtfeger 1981; Grodzki 2020). Při obsazování kmenů modřínů nemá konkurenty a úspěšně se namnožuje jak v monokulturách, které byly založeny jako náhradní porosty lesů poškozených průmyslovými imisemi, tak i na jednotlivých modříních ve smíšených lesích (Holuša et al. 2014). *L.* modřínový výjimečně obsazuje i jiné jehličnany (*Picea* spp., *Abies* spp., *Pinus* spp.) (Postner 1974; OEPP/EPP 2005). Kromě úspěšného vývoje na oslabených stromech se rozmnožuje také na stromech zdravých (Bevan 1987; Knížek 2006; Grodzki 2008) a na pokáceném dříví (Grodzki 2008). Předpokládané změny klimatu pravděpodobně umocní dopad tohoto druhu na lesní ekosystémy v budoucnu (Trenberth et al. 2014; Samaniego et al. 2018), zejména mimo přirozený areál modřínu, kde může napadat skupiny stresovaných stromů (Luitjes 1974; Elsner 1997). Napadené stromy jsou poškozovány nejen dospělci, kteří zakládají pro vývoj své pozerky (systémem chodeb), ale také ophiostomatálními houbami, jejichž spory imaga na hostitelskou dřevinu přenášají (Stauffer et al. 2001; Kirisits 2004; Janowski et al. 2017).

Ips cembrae je považován za závažného škůdce lesa v řadě zemí (Grégoire a Evans 2004). Analogicky jako u jiných druhů kůrovců rodu *Ips* jsou u něj aplikovány podobné kontrolní a obranné postupy. Může být monitorován pomocí lapačů s feromonovými návnadami (atraktanty), lapáky či poleny a vizuálním vyhledáváním napadených stromů. Opatření pak představuje sanitace a užití lapáků, výřezů, lapačů, návnady v podobě klestu či těžebních zbytků. Pokácené stromy jsou také ošetřovány insekticidy (Grégoire a Evans 2004). Ve srovnání s ostatními evropskými zástupci rodu *Ips* však tyto tradiční metody nemusejí být vždy účinné, protože *I. cembrae* se od jiných druhů lýkožroutů odlišuje některými aspekty v bionomii (Holuša et al. 2014).

V předkládané metodice zohledňujeme tyto odlišnosti a zároveň poskytujeme doporučení pro lesní hospodáře a vlastníky lesů k naplnění obecných zásad integrované ochrany lesa (IOL) v bodech, které jsou vyžadovány kontrolním orgánem. Metodika poskytuje návod, jak s ohledem na vyhlášku č. 205/2012 o obecných zásadách integrované ochrany rostlin (IOR) kontrolovat početní stavy lýkožrouta modřínového pod prahem hospodářské škodlivosti a zachovat zdravé modřiny v lesních porostech. Vedle těchto aplikačních doporučení je ovšem nezbytné řádné vedení evidence a záznamů o všech činnostech prováděných v porostech se zastoupením modřínu.

2 CÍLE METODIKY

- (1) Podrobně popsat postup integrované ochrany lesa proti lýkožroutu modřínovému s využitím nových poznatků, které autorský tým získal při řešení projektů v posledních deseti letech.
- (2) Vypracovat doporučený návod postupu ochrany lesa proti lýkožroutu modřínovému v souladu s vyhláškou č. 205/2012 o obecných zásadách integrované ochrany rostlin, který je vymezen konkrétními body/otázkami dotazníku, je vyžadován a kontrolován Ústředním kontrolním a zkušebním ústavem zemědělským.

3 VLASTNÍ POPIS METODIKY

3.1 Charakteristika lýkožrouta modřínového

3.1.1 Popis vývojových stadií

Vajíčko je oválné, lesklé, bílé, do 1 mm dlouhé. Larva je beznohá, rohlíčkovitě zahnutá, bělavá, s hnědavou silně chitinizovanou hlavou, v posledním 3. instaru dorůstá délky přibližně 4–6 mm. Kukla je volná (jsou na ní patrné všechny budoucí vnější orgány), bílá, na konci zadečku se dvěma krátkými trny, velikostně odpovídá larvě posledního instaru.

Dospělec je válcovitý, 3,8–6,0 mm dlouhý, černohnědý až černý, lesklý (Obr. 2).

U imág přední okraj štítu a zadní část krovek jsou při pohledu shora zaoblené. Tykadlová palička má zprohýbané švy (Obr. 3). Krovky jsou válcovité, prohlubenina v zadní zkosené části krovek je lesklá, po stranách nese 4 páry hrbolků, které jsou od sebe stejně vzdálené. Třetí hrbolků je největší, knoflíkovitě ke konci rozšířený, tupě zašpičatělý. Mezirýží na krovkách jsou tečkovaná (Obr. 4). Po celém těle má dospělec dlouhé, odstálé, řídké ochlupení (Pfeffer 1989).

Tvarem těla se l. modřínový nejvíce podobá lýkožroutu menšímu (*Ips amitinus* Eichhoff, 1871), je ale větší velikosti, tělo zřetelně více cylindrické při dorsálním pohledu, a hlavně má zprohýbané švy na tykadlové paličce (u l. menšího jsou tyto příčné švy rovné). Lýkožrout menší je štíhlejší. Od lýkožrouta smrkového se l. modřínový liší tmavším zbarvením, štíhlejším tělem, tečkovaným mezirýžím, lesklou zkosenou zadní částí krovek a absencí středového hrbolku na čele. Detaily a srovnání determinačních znaků (krovky a tykadla) u nejběžnějších druhů rodu *Ips* jsou znázorněny na Obr. 5 a v Tabulce 1.

3.1.2 Bionomie lýkožrouta modřínového

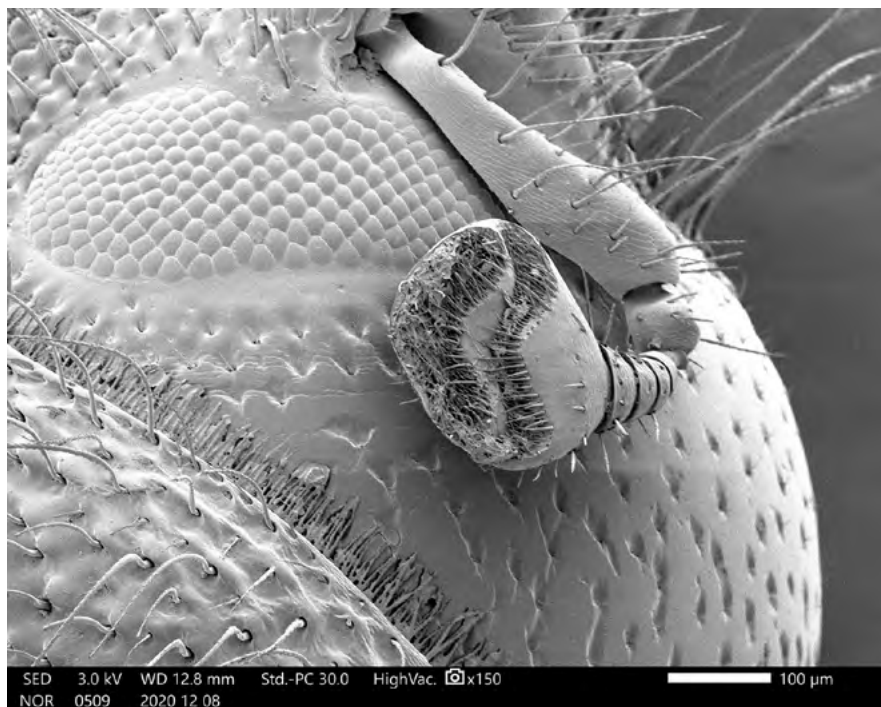
Ips cembrae má nejčastěji dvě generace do roka (Šrot 1976; Michalski a Mazur 1999; Krehan 2004; Knížek 2006; Zúbrik et al. 2008; Grodzki a Kosibowicz 2009; Grucmanova et al. 2014; Holuša et al. 2014). Počet generací závisí na počasí (Krehan 2004) a nadmořské výšce (Grodzki, Kosibowicz 2009).



Obr. 2: Imago lýkožrouta modřínového. Foto: H. Vanická

V nižších polohách střední Evropy letová aktivita přezimující generace (P) začíná ve druhé polovině dubna (Arač a Pernek 2014; Grucmanova et al. 2014; Holuša et al. 2014), za příhodného počasí již v březnu (Holuša a Resnerová observ. 2014), a končí během srpna až září (Arač a Pernek 2016; Grodzki a Kosibowicz 2009; Grucmanova et al. 2014; Holuša et al. 2014; Postner 1974). Dceřiní brouci (F1) se objevují na přelomu června/července nebo počátkem července, přičemž letová aktivita je téměř nepřerušená a nemusí mít navíc výrazné vrcholy letové aktivity (Grucmanova et al. 2014; Holuša et al. 2014).

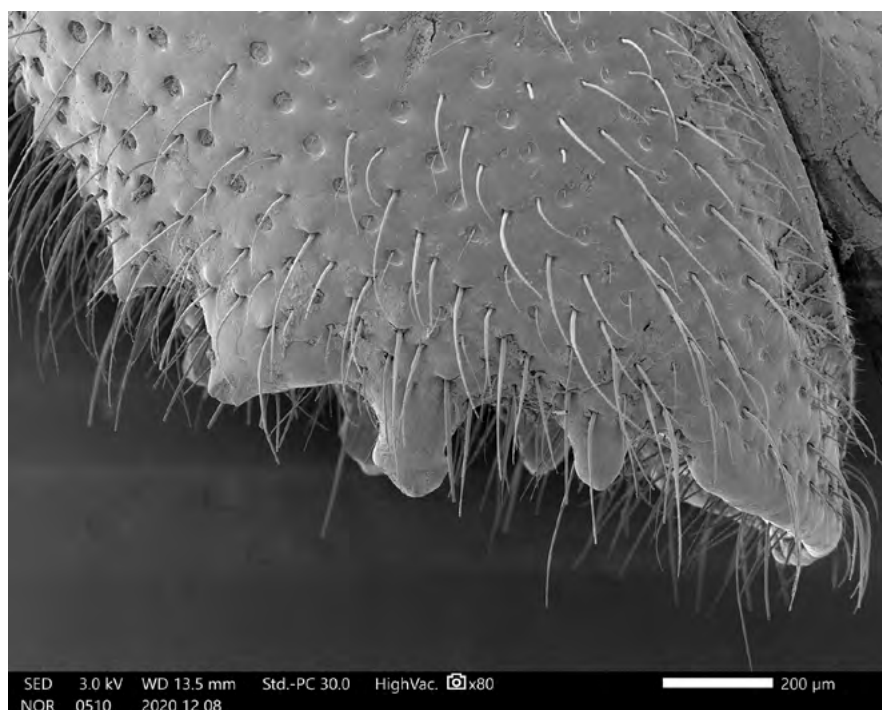
Na Děčínském Sněžníku, jedná se o polohy 460–600 m n. m., došlo v roce 2020 k výletu přezimujících brouků v polovině dubna a dceřiní brouci (F1) začali opouštět stromy již počátkem června, proto se již v polovině července vyskytovaly kukly F2 generace (Kula observ.). Je nutno poznamenat, že ve stejném roce v polohách



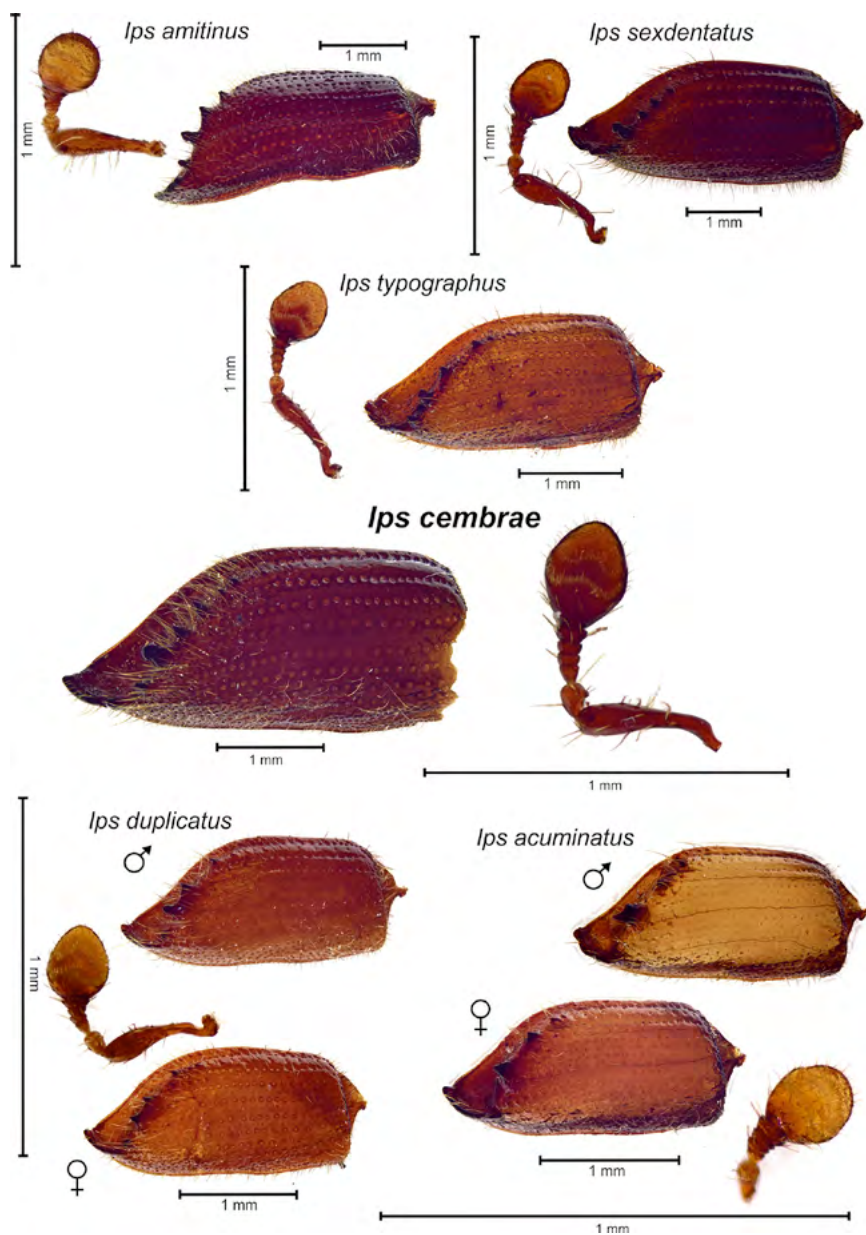
Obr. 3: Detail tykadlové paličky lýkožrouta modřínového z rastrovacího mikroskopu. Foto: H. Vanická

Tab. 1: Přehled jednotlivých determinačních znaků běžných kůrovců rodu *Ips*.

Druh	Velikost těla (mm)	Prohlubeň	Mezirýží	Zoubky	Švy
<i>Ips cembrae</i>	3,8-6,0	lesklá	tečkované	4	zprohýbané
<i>Ips acuminatus</i>	2,2-3,9	lesklá	řídce tečkované	3	lomené
<i>Ips amitinus</i>	3,5-4,5	lesklá	řídce tečkované	4	rovné
<i>Ips duplicatus</i>	3,5-4,0	lesklá	jednotlivé tečky	4	lomené
<i>Ips sexdentatus</i>	6,0-8-0	lesklá	tečkované po stranách	6	zprohýbané
<i>Ips typographus</i>	4,2-5,5	matná	bez teček	4	zprohýbané



Obr. 4: Detail zádě krovek lýkožrouta modřínového z rastrovacího mikroskopu. Foto: H. Váňnická



Obr. 5: Srovnání detailů determinačních znaků u nejběžnějších kůrovců rodu *Ips*.

výrazně nižších (300 m n. m.) se u *Ips typographus* (Linné 1758) F1 začala vylétat až počátkem srpna. Populace byla studována pravidelně odkorňováním lapáků (Holuša a Resnerová observ.).

Celkový vývoj od vajíčka po vylíhnutí nových dospělců probíhá v rozpětí šest až devět týdnů (Schimitschek 1931; Balogun 1970), neboť vývoj *I. cembrae* je závislý na průběhu teplot. V laboratoři bylo zjištěno pomocí sandvičových chovů (světelná část dne měla 16 hodin), že průměrná doba vývoje jedné generace byla asi 120 dnů, 64 dnů a 37 dnů při teplotách 15 °C, 20 °C, respektive 25 °C. Fáze vajíčka představuje 9 % celkového vývoje nebo přibližně 16 % preimaginálního vývoje. Vývoj larev představuje 39 % celého a přibližně 66 % předimaginálního vývoje, fáze kukly asi 11 % z celkového vývoje a ca 18 % preimaginálního vývoje. Prahou teplotou, při které dochází k vývoji vajíčka, je 12,0 °C, larvy 11,2 °C a kukly 9,8 °C (Schebeck a Schopf 2017). *I. typographus* má rychlejší celkový vývoj při 20 °C asi o 18 dní kratší, při 25 °C asi o 5 dní kratší (Wermelinger a Seifert 1998). Rychlejší vývoj má *I. typographus* zejména v ontogenetické fázi přijímání potravy, protože je schopen efektivněji využívat své zdroje (Schebeck a Schopf 2017).

Rozdílné teplotní limity pro jednotlivá vývojová stadia *I. cembrae* mohou mít velký význam v jeho fenologii. Za předpokladu, že přezimují dospělci, může být vysoký teplotní nárok vajíčka adaptací na jejich přirozené prostředí ve vysokých nadmořských výškách, kde je původní areál rozšíření modřínu. Tato strategie může oddálit počátek embryogeneze a zabránit následnému uhynutí citlivějších larev při opětovném prudkém poklesu teplot, ke kterému na počátku jara dochází. Larvální vývoj tak začne později, kdy již teplotní poklesy nehrozí (Schebeck a Schopf 2017).

Schebeck a Schopf (2017) předpokládají (i když nedokazují), že tento druh nemá specifickou fotoperiodicky regulovanou diapauzu a může být schopen přezimovat v jakémkoli vývojovém stadiu. Jeví se to velmi pravděpodobné a odpovídají tomu i naše pozorování (uvedeno výše) o velmi brzkém nástupu výletu brouků. Rovněž jsme pozorovali bezprostřední aktivitu brouků při přenosu špalků s brouky do laboratorních podmínek během celé zimy (Holuša et al. 2014). Opět by se jednalo o adaptaci na vysokohorské podmínky, aby výlet brouků mohl započít okamžitě při nástupu vyšších teplot.

Požerek I. modřínového zakládá samec vyhloubením vstupního otvoru a snubní komůrky (Obr. 6). Za pomoci agregačního feromonu jsou lákáni další jedinci obou pohlaví druhu. Při hloubení uvolňuje samec feromon obsahující ipsdienol, ipsenol a 3-methyl-3-buten-1-ol (Stoakeley et al. 1978; Rebenstorff a Francke 1982). I v terénních pokusech byla kombinace těchto tří sloučenin velmi atraktivní

(Stoakley et al. 1978). Samci německých populací *Ips cembrae* obsahují (+)-ipsdienol a (-)-ipsenol alespoň v 95% optické čistotě (Francke a Vité 1983).

Je zajímavé, že amitinol, který byl uváděn jako jedna z hlavních složek feromonu (Kohnle et al. 1988), nebyl detekován u východoasijského druhu *I. subelongatus* Motschulsky, 1860 (Zhang et al. 2000). Kohnle et al. (1988) zjistili amitinol ve vzorcích vzduchu odebíraných nad samicemi i samci. Není tedy jasné, zda se amitinol uvolňuje při žíru brouků (samců, samic nebo obou pohlaví), případně z modřínu nebo obou zdrojů (Zhang et al. 2000), ale významně zvyšuje reakci lýkožrouta modřínového v terénních pokusech ve směsi se zmiňovanými třemi agregačními feromony (Kohnle et al. 1988).



Obr. 6: Závrtový otvor lýkožrouta modřínového s hnědými drtinkami na stromovém lapáku.
Foto: K. Resnerová

I. cembrae také transformuje (-) - α -pinen především na myrtenol a trans-verbenol, ale také na cis-verbenol (Kohnle et al. 1988). Po vystavení *I. cembrae* vysoké koncentraci α -pinenu Kohnle et al. (1988) detekovali, že *I. cembrae* produkuje myrtenol. Překvapivě byla v pozdějších fázích vývoje požerku detekována stopová množství verbenolu, což však může být důsledkem kontaminace z vnějších zdrojů, jako je autoxidace nebo mikrobiální aktivita na stěně chodeb (Zhang et al. 2000). Cis-verbenol měl silný inhibiční účinek na feromonovou reakci *I. cembrae* v terénu (Kohnle et al. 1988).

Po spáření vyhlodává každá samice svou matečnou chodbu, podél níž do postranních zářezů klade jednotlivá vajíčka, celkově jich může být až 50 (Jeger et al. 2017) (Obr. 7). Modřín napadený lýkožroutem se brání výrony pryskyřice do chodeb a řadou chemických změn v lýku (Terasaki et al. 1987; Jung et al. 1994; Rohde 1995; Rohde et al. 1996). V překonávání obranných reakcí stromu souběžně napomáhají houby, jejichž spory imaga přenášá a které působí modráni dřeva (Redfern 1989; Kirisits et al. 2000; Jankowiak et al. 2017), čímž se stává rovněž technickým škůdcem dřeva. V podmínkách střední Evropy bylo izolováno celkem 13 druhů ophiostomálních hub (*Ophiostoma* s. str. – 5 druhů, *Sporothrix* – 4 druhy, *Leptographium* s. l. – 3 druhy a *Graphium microcarpum* (Yamaoka & Masuya) Z.W. de Beer & M.J. Wingf.) z požerků a druhů kůrovců kolonizující modřín (*I. cembrae* a *I. amitinus*). Nejvyšší frekvenci výskytu imág ve spojení s *I. cembrae* (93,5 %) má druh *Ophiostoma pseudocatenulatum* Jankowiak, R. Linnakoski & Z.W. De Beer (Linnakoski et al. 2016; Jankowiak et al. 2017).

Matečné chodby jsou až 30 cm dlouhé, 2,5 mm široké (Obr. 7 a 8), opatřené několika v různém odstupu vyhlodanými, tzv. větracími otvory ústíci na povrch borky, kolem nichž jsou drtinky stejně jako u závrťových otvorů. Larvové chodby jsou více nepravidelně probíhající a řidší než u ostatních druhů kůrovců, zpravidla 4–8 cm dlouhé (Obr. 8). Závrťové, větrací a výletové otvory jsou přibližně stejné velikosti jako u lýkožrouta smrkového. Na konci chodby vytváří dospělá larva kukelní kolébku. Celý požerek probíhá v lýku, bělové dřevo je na povrchu jen nepatrně narušeno (Arač a Pernek 2014).

Požerek l. modřínového je zpravidla tří- až čtyřramenný (může být i víceraamenný), celkově hvězdovitě uspořádaný. Při delších matečných chodbách může připomínat podélný tvar požerku. Uprostřed požerku je závrťový otvor a snubní komůrka (Arač a Pernek 2014; Obr. 7 a 8).

Na výše položených sekcích na stromovém lapáku jsou matečné chodby delší s menším počtem nakladených vajíček a larválních chodeb. Samice při tvorbě matečné chodby reagovaly na tenčí lýko sníženou ovipozicí v požerku, zvýšeným rozestu-



Obr. 7: Požerek lýkožrouta modřínového v lýku na kmeni v počáteční fázi vývoje s matečnými chodbami a vajíčky. Foto: K. Resnerová



Obr. 8: Požerek lýkožrouta modřínového v lýku na borce v pokročilé fázi vývoje s matečnými a larválními chodbami. Foto: K. Resnerová

pem mezi nakladenými vajíčky a larvovými chodbami, což umožňuje larvám získat adekvátní množství potravy tvorbou delších larválních chodeb (Holuša et al. 2014).

U příbuzného východoasijského druhu *I. subelongatus* počet vajíček a dospělých potomků vylíhlých na jednu chodbu exponenciálně klesal s hustotou napadení. Exponenciální závislost je důsledkem vnitrodruhové konkurence mezi matečnými brouky o prostor a mezi larvami o omezené zdroje potravy (Zhang et al. 1992).

Zralostní (maturační) žír vylíhlých brouků probíhá buď v místě jejich vývoje, nebo brouci opustí požerek a nalétají do korun zdravých modřínů, kde se zavrtávají do čerstvých výhonů nebo okusují kůru z povrchu těchto výhonů. Dospělci se shlukují na základě reakce na terpenoidní látky (Kohnle et al. 1988). Pokud brouci provádějí zralostní žír v prýtech, vykousou dřeň a prýty se odlamují (Schremmer 1955).

K přerovování přezimující generace (P) dochází v červnu (Šrot 1976; Kohnle et al. 1988), 4–6 týdnů po počátku letu přezimující generace. Tyto samice potřebovaly 8–12 dnů regeneračního žíru před dalším kladením. Délky matečních chodeb, které založily samice při prvním výletu i po přerovování, jsou stejné délky (průměrně 11,6–11,9 cm) a obě skupiny samic kladly stejný počet vajíček. V červenci se přerovovala ještě menší část samic podruhé, po čemž následoval regenerační žír a kladení vajíček (Šrot 1976).

Dospělí brouci hibernují částečně v chodbách, které vyhloubili během maturačního žíru pod silnější kůrou kmenů ležících na zemi nebo častěji v hrabance (Schneider 1977). V případě nedokončeného vývoje přezimuje l. modřínový ve stadiu larvy nebo kukly (Postner 1974). Podíl populace přezimující ve stadiu imaga a místo zimování závisí na průběhu počasí na podzim a možnosti dokončení celého vývoje. Část brzy líhnoucích se imag opustí místo vývoje a hibernují v hrabance, nebo zůstanou v místě žíru. Proto některé výsledky dokumentují zimování především v místě žíru (Krehan a Cech 2004), jiné v hrabance (Schneider 1977; Grodzki a Kosibowicz 2009). V předchozí studii jsme prokázali přítomnost zimujících imág ve výřezech v zimním období a jejich bezprostřední aktivitu při přenosu do laboratorních podmínek. Rozvleklé opouštění kontrolních výřezů svědčilo o tom, že část populace zimovala ve stadiu larev a kukel (Holuša et al. 2014). Úspěšnost přezimování larev a kukel ovšem záleží na průběhu počasí v zimě (Holuša et al. 2014).

Tendence zimování v hrabance je zřejmá a má vysvětlení v nižší mortalitě ve srovnání se zimováním na kmeni [viz *I. typographus* (Wermerlinger 2004)]. Brouci přezimují v blízkosti stromů, kde dokončili svůj vývoj (Holuša et al. 2014). Podobný jev je znám u *I. typographus*, u něhož přes 80 % imag zimuje v hrabance přímo pod nalétnutým kmenem nebo v těsné blízkosti (Zumr 1985).

3.1.3 Antagonisté a jejich vliv na populační dynamiku

U *I. cembrae* byly zjištěny pouze dva druhy hromadiněk (*Gregarina typographi* Fuchs, 1915 a *Mattesia schwenkei* (Purrini 1970)) ve velmi nízkých infekčních hladinách. Oba druhy patogenů se vyskytují i u dalších zástupců rodu *Ips*. Nebyl doposud zjištěn žádný druhově specifický patogen (Holuša et al. 2013). Vliv *G. typographi* na populace kůrovců je sporný (Bjørnson a Schütte 2003; Takov et al. 2011). *M. schwenkei* může znemožnit dospělcům kůrovců opustit požerek (Weiser 2002, Holuša a Lukášová 2017), proto má tento patogen potenciál snížit početnost brouků při přerovování a zvýšit mortalitu během přezimování.

U *I. cembrae* byly zjištěny také dva druhy mikrosporíí, *Chytridiopsis typographi* Weiser 1954 a diplokaryotická mikrosporidie (pravděpodobně *Nosema* sp.) (Holuša et al. 2013). V populacích *I. cembrae* se míra infekce u *C. typographi* pohybovala od 2 do 58 %, *Nosema* sp. se vyskytla pouze u dvou brouků (z téměř 4000 studovaných). *C. typographi* může mít vliv na délku života a letovou aktivitu kůrovců (Wegensteiner et al. 2010).

Většina entomopatogenních hub roste na povrchu svých hostitelů, kde se vytváří konidie. Jejich růst a vývoj je omezen vnějšími podmínkami prostředí, a zejména vysokou vlhkostí nebo teplotou, která je důležitá pro sporulaci a klíčení spor. Hostitelská specifita entomopatogenních hub se značně liší, některé z nich infikují široké spektrum hmyzích hostitelů (např. *Beauveria bassiana* (Bals.-Criv.) Vuill. (1912) infikuje až 100 různých druhů hmyzu) (Wegensteiner 2004). Doposud byl nalezen pouze jeden houbový patogen rodu *Fusarium* a pouze u dvou dospělých brouků (0,7 %) (Holuša et al. 2013).

Pod krovkami, na křídlech a mezi tělními segmenty kůrovců se u 20–40 % brouků vyskytují foretické hlístice rodu *Micoletzkyia*. Podíl brouků napadených endoparazitickými hlísticemi (zástupci rodů *Contortylenchus*, *Parasitylenchus*, *Cryptaphelenchus* a *Parasitorhabditis*) se pohybuje mezi 30–50 %, přičemž procenta napadení se neliší mezi samci a samicemi (Grucmanová et al. 2016). Je známo, že do určité míry mohou ovlivnit populace kůrovců změnou chování hostitele a snížením plodnosti (Rühm 1956; Massey 1974; Thong a Webster 1975; Weiser a Mráček 1988). Bylo prokázáno snížení počtu nakladených vajíček až o 40 % a snížení počtu generací za rok (Massey 1974; Lieutier 1984). Hlístice mohou také ovlivnit délku života, letovou aktivitu a zpozdit rojení kůrovců (např. Massey 1956, 1960; Hoffard a Coster 1976; Kaya 1984; Forsse 1987). Zástupci rodů *Parasitylenchus* a *Contortylenchus* snižují velikost tukového tělesa a vaječníků a brzdí vývoj koncových oocytů u *Ips sexdentatus* (Börner 1776) (Lieutier 1982).

Na tělech l. modřínového byly zjištěny čtyři druhy roztočů, *Iponemus gaebleri* (Schaarschmidt, 1959) (Tarsenomidae), *Histiostoma piceae* Scheucher, 1957 (Astigmata, Histiostomatoidea), *Dendrolaelaps quadrisetus* (Berlese 1920) (Gamasina) a *Urobovella* sp. (Uropodidae), přičemž *I. gaebleri* byl nejpočetnější (Wirth et al. 2016). Většina roztočů se přichytí na prohlubni krovek (70–97 %) (Wirth et al. 2016). Některé foretické druhy roztočů mohou být užitečné pro své hostitelské brouky, protože se přednostně živí na hlísticích, které jim škodí, např. *Dendrolaelaps neodisetus* (Hurlbutt 1967) na severoamerickém druhu kůrovce *Dendroctonus frontalis* Zimmerman, 1868 (Kinn 1984) a *Cercoleipus coelonotus* (Kinn 1970) na lýkožroutu *Ips confusus* (LeConte 1876) (Kinn 1971).

Byly však také zaznamenány případy, kdy se tyto druhy živily na vajíčkách nebo larvách kůrovců (Hofstetter et al. 2009). Dlouhými a silnými nohama *D. quadrisetus* vyhrabává vajíčka lýkožroutů a silné chelicery umožňují samicím proniknout přes chorion vajíčka a jeho vysátí v krátkém čase. Úmrtnost lýkožroutů ve stadiu vajíčka, způsobená tímto druhem, závisí do značné míry na množství, reprodukčním potenciálu a aktivitě roztočů. U druhu *D. quadrisetus* to činí zhruba 7 % (Kiełczewski a Bałazy 1966). Foretičtí roztoči mají také další vliv na svého hostitele, druh *Trichouropoda australis* Hirschmann 1972, který se vyskytuje na kůrovci *D. frontalis*, negativně ovlivňuje jeho letovou aktivitu (Kinn a Witcosky 1978).

Většinu parazitoidů lýkožroutů rodu *Ips* reprezentují ektoparazitoidi larvální. Majoritní část larválních parazitoidů patří do řádu Hymenoptera, především čeledi Braconidae a Pteromalidae, ale také Ichneumonidae, Eurytomidae, Torymidae a Eupelmidae (Nuorteva 1957; Hedqvist 1963; Mills 1983; Kula 1986; Hedqvist 1998). Nejběžnějším parazitoidem l. smrkového je polyfágní *Roptrocercus xylophagorum* (Ratz. 1844) (Hedqvist 1963; Samson 1984; Sullivan et al. 1999; Pettersson et al. 2000). Dalšími běžnými larválními parazitoidy lýkožrouta smrkového jsou *Coeloides bostrichorum* Giraud, 1872, *Rhopalicus tutela* (Walker 1836) a *Dendrosoter middendorffii* (Ratzeburg 1848) (Sachtleben 1952; Bombosch 1954; Kula 1986; Krüger a Mills 1990; Hougard a Grégoire 2001).

Mezi predátory kůrovců rodu *Ips*, kteří působí vysokou mortalitu, se řadí draví brouci (např. druhy čeledi Cleridae) a dvoukřídli (Dolichopodidae, Medeterinae) (Christiansen a Bakke 1988; Weslien 1994; Lawson et al. 1997; Wermelinger 2002, 2004; Kenis et al. 2004; Økland a Berryman 2004; Fayta et al. 2005; Ryall a Fahrig 2005; Feicht 2006; Hulcr et al. 2006; Økland a Bjørnstad 2006; Warzee et al. 2006; Hilszczanski et al. 2007; Johansson et al. 2007; Holuša a Lukášová 2017). Mnoho predátorů – generalistů se bez rozdílu živí jak hostiteli, tak jejich parazitoidy (Mills 1983). Predátoři mají obecně širší spektrum druhů kořisti než parazitoidi. Mohou být účinnými antagonisty, protože mnoho druhů je v zimě mobilnějších a aktiv-

nějších než jejich kořist. Stejně jako u parazitoidů je známo, že mnoho predátorů lokalizuje svou kořist pomocí semiochemikálií, tj. feromonů kůrovců (Kenis et al. 2004). Experimentální studie ukázaly, že *Thanasimus formicarius* (Linné, 1758) může redukovat populaci *I. typographus* o 18 % (Mills 1985). Nejvýznamnějším rodem predátorů u Dolichopodidae je *Medetera*. Jejich hustota pod kůrou může dosáhnout až 10 larev na 1 dm² (Dippel et al. 1997) a způsobit 70–90 % mortalitu kořisti (Hopping 1947; Nuorteva 1959). Datlovití jsou taxonem schopným regulovat populace podkorního hmyzu (Overgaard 1970; Török 1988; Mikusinski 1995; Fayt et al. 2005; Alder a Marsden 2010; Flower et al. 2014).

Přirození nepřátelé nemají vliv na potlačení přemnožených populací *I. typographus* (Holuša a Lukášová 2017; Vanická et al. 2020). Také v dlouhodobých studiích nebyla velikost populace *I. typographus* regulována parazitoidy nebo predátory (Økland a Christiansen 2001). Pokles populací *I. typographus* není způsoben přirozenými nepřáteli, ale zvýšením vnitrodruhové konkurence.

Konkurence vyplývající z vysoké hustoty matečných chodeb zvyšuje mortalitu larev, ale také ovlivňuje plodnost samic *I. typographus* (Anderbrant 1988, 1990; de Jong a Grijpma 1986; Faccoli a Bernardinelli 2011; Hedgren a Schroeder 2004; Holuša a Lukášová 2017; Marini et al. 2012; Wermelinger 2004). Hustota může ovlivnit reprodukci v současné i následující generaci (Anderbrant et al. 1985; de Jong a Grijpma 1986; de Jong a Sabelis 1988; Grodzki 2004; Sallé et al. 2005) a stojí za přirozeným ukončením přemnožení (Komonen et al. 2011).

Vysoké populační hustoty zvyšují larvální konkurenci, a snižují tak jejich přežívání (Anderbrant 1990). Jestliže larva nenalezne v akčním rádiu <1 cm potravu, hyne, nebo se předčasně zakuklí (de Jong a Sabelis 1988). Velikost těla dospělců obou pohlaví se snižuje se vzrůstající densitou (Thalenhorst 1958; Ogibin 1973; Botterweg 1983; Anderbrant et al. 1985; Schlyter a Anderbrant 1993; Sallé et al. 2005). Samice jsou menší, kladou méně vajíček a matečné chodby jsou kratší (Thalenhorst 1958; Anderbrant 1990). Densita tak fyziologicky ovlivňuje potomstvo ve více než jedné následující generaci (Anderbrant et al. 1985). Jak se density zvyšují, samice kladou nejen méně vajíček, ale výsledný reprodukční úspěch je snížen další larvální konkurencí (Anderbrant 1990). Je velmi pravděpodobné, že analogické principy existují i u l. modřínového.

3.2 Výskyt lýkožrouta modřínového v České republice

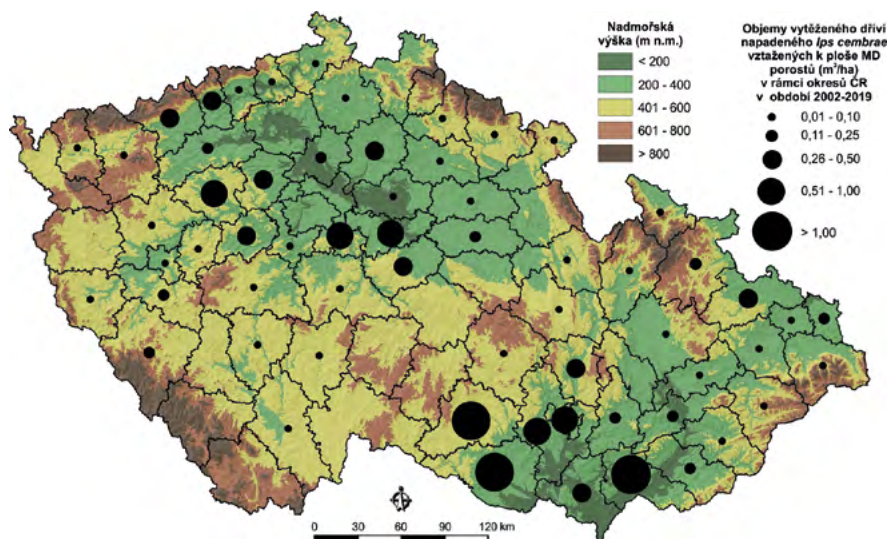
Lýkožrout modřínový je eurosibiřský druh, který se vyskytuje prakticky v celé Evropě a centrálním Rusku (OEPP/EPPPO 2005). Jeho výskyt byl mylně uváděn i z východní Asie (Postner 1974). Po revizi byl záznam opraven, jednalo se o blízce příbuzný druh *I. subelongatus* Motschulsky, 1860 (Stauffer et al. 2001; Zhang et al. 2007), jehož výskyt v této oblasti potvrzují mnozí jiní autoři (např. Terasaki et al. 1987; Yamaguchi et al. 1989; Suzuki a Imada 1993; Westhuizen et al. 1995; Yamaoka et al. 1998; Zhang et al. 1992, 2000).

V celém areálu rozšíření l. modřínového je jeho hlavní hostitelskou rostlinou modřín opadavý (*L. decidua*), a to od nejnižších poloh až do poloh subalpínského pásma (Postner 1974). V minulosti byl rovněž uváděn jeho výskyt na borovici (*Pinus cembra* Linné, 1753), tento záznam byl ale revidován a nebyla potvrzena jeho správnost. Jednalo se o záměnu s příbuzným lýkožroutem menším (*I. amitinus*) (Pfeffer 1995).

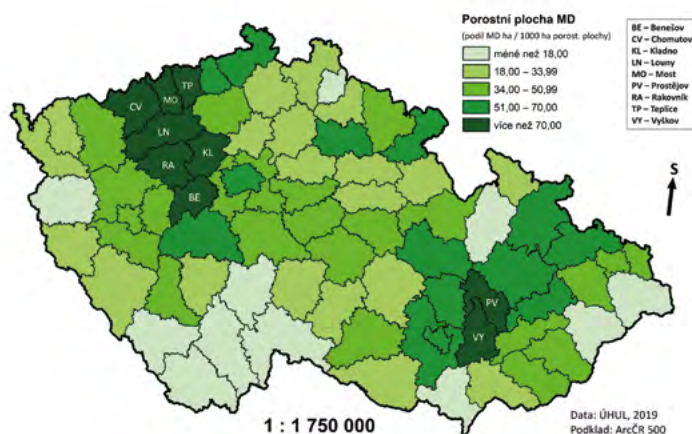
Ve střední Evropě se *I. cembrae* vyskytuje od nejnižších poloh (Pfeffer a Knížek 1996) až po horské oblasti (Grodzki 2008, 2020). Lýkožrout modřínový je běžný druh na území České republiky (Pfeffer 1995) a jeho přemnožení jsou známa i z minulosti. Na smrku se objevil *I. cembrae* po mniškové kalamitě ve 20. letech 20. století v oblasti Křivoklátska a Brd (Pfeffer 1955).

Objem napadeného dříví v České republice nebývá vysoký vzhledem k tomu, že zastoupení modřínu je nízké. Modříny (modřín evropský, m. japonský a jejich kříženci) rostou na území státu na ploše 100 264,07 ha (3,2 %) z celkové rozlohy lesa, která činí 2 613 893,84 ha (<http://eagri.cz/public/app/uhul/SIL/sil-rok.cshtml>). Tomu odpovídá i nerovnoměrné rozložení napadeného dříví (Obr. 9), které závisí na rozloze modřínových porostů na území obcí s rozšířenou působností (Obr. 10).

Za posledních 25 let vzniklo několik lokálních gradací, které trvaly nejdéle tři roky (2003–2005 a 2006–2008), nicméně od roku 2016 dochází k neustálému nárůstu objemu modřínového kůrovcového dříví (Obr. 1). Příčiny vzniku jsou nejasné, protože se nepodařilo doložit vliv teplot a srážek na populační růst (Grucmanová et al. 2014), i když se předpokládá, že na přirozeně sušších lokalitách může období s podprůměrným srážkovým úhrnem podpořit napadání i zelených vitálních stromů (Bevan 1987). Nárůst napadeného dříví v roce 2003 byl obecně považován za důsledek teplého a suchého počasí v ČR (Knížek a Zahradník 2004) i v okolních zemích (Krehan a Cech 2004; Stratmann 2004) přesto, že nebyla tato závislost prokázána (Grucmanová et al. 2014). Je však nutno poznamenat, že data jsou hrubá a neumožňují zohlednit intenzitu a kvalitu zpracování kůrovcových stromů.



Obr. 9: Objemy vytěženého dříví napadeného *Ips cembrae* v jednotlivých okresech vztahených k ploše modřínových lesů v ($\text{m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$) v období let 1994–2019.



Obr. 10: Porostní plocha modřínu *Larix* sp. na území obcí s rozšířenou působností. Zdroj: ÚHUL, 2019 (orig. J. Špoula).

Zatímco v České republice gradace vrcholila v roce 2006 a její lokální gradace byly v ČR utlumeny díky intenzivnímu vyhledávání napadených stromů a aplikaci lapáků v roce 2007 (Holuša et al. 2014), v přilehlém Polsku objem kůrovcového dříví mezi roky 2006 a 2007 ještě šestkrát vzrostl (Grodzki a Kosibowicz 2009). Lokální dlouhodobé gradace v Polsku vznikly jako důsledek nedostatečného odřezání kmínků modřínů v prvních prořezávkách. Kmínky zůstaly ve spojení s podzemní částí stromů, čímž vzniklo velké množství dlouhodobě atraktivního dříví (Hutka 2006).

3.3 Význam lýkožrouta modřínového

Lýkožrout modřínový je považován za sekundárního škůdce modřínových porostů (Grégoire a Evans 2004). Rozmnožuje se na vytěženém dříví (Elsner 1997), na vývratech (Krehan a Steyer 2005), polomech (Luitjes 1974) či hynoucích stromech (Grodzki 2008). Na přirozeně sušších lokalitách může období s podprůměrným srážkovým úhrnem podpořit napadání i zelených vitálních stromů (Bevan 1987). V takových případech se namnoží a následně působí jako primární škůdce zdravých stromů.

Ohroženy jsou mladé i starší porosty nižších a středních poloh (Grodzki a Kosibowicz 2009). Modříny rostoucí na chudých a vlhkých stanovištích jsou obecně méně náchylné k napadení, než na bohatých a suchých (Grodzki 2009). Při gradaci škodí v modřínových porostech jako fyziologický škůdce i vizuálně zdravých stojících stromů, které podléhají hromadnému náletu a jako defoliátor v důsledku zralostního žíru mladých brouků v tenkých větvičkách v korunách zdravých stromů nebo regeneračním žírem starších brouků na tenkých kmenech nebo silnějších větvích (Poster 1974; Krehan a Cech 2004).

Na Slovensku se přemnožil ve Vysokých Tatrách druhý a třetí rok po větrné kalamitě, kde napadal modřínové výstavky a porostní stěny tvořené modřínem. Lokálně působil odumírání modřínu s tesaříkem modřínovým *Tetropium gabrieli* (Weise 1905; Vakula et al. 2015).

3.4 Odchyťová zařízení

Pro odchyt lýkožrouta modřínového je možné využít zařízení užívaná u jiných druhů kůrovců, je však nutné dodržet obecné zásady a jejich instalaci upravit podle

specifik tohoto druhu. Odchytová zařízení nejsou skutečnými obrannými, tedy gradací potlačujícími metodami (viz kapitola 3.5.4), ale jen monitorovacími (kapitola 3.5.3). Z tohoto důvodu neuvádíme počty zařízení na plochu.

3.4.1 Stromové lapáky

Příprava

Lapák (také klasický lapák, stromový lapák) je pokácený, zdravý, zpravidla odvětvěný dospělý strom nebo jeho část, atraktivní pro lýkožrouta modřínového, připravený pro jeho kontrolu (monitoring) a eventuálně odchyt (Obr. 11). Pro odchyt *I. cembrae* vyrábíme lapáky z modřínů. Vzhledem k absenci jehličí při jarní instalaci lapáků 1. série není nutné je přikrývat větvemi, u 2. série lapáků není nezbytné zakrývání kmene, jehličí rychle zasychá, neodvětvěné lapáky jsou rovněž atraktivní. Je možno volit lapák ležící nebo jednotlivé výřezy postavit, efektivita se však výrazně nemění (Resnerová et al. 2020). Z provozního hlediska je ideální ponechat lapák ležet.

Pro zvýšení účinnosti smrkových lapáků (a obdobně i modřínových) se doporučuje jejich podkládání podvalem či kácením přes pařez, aby se omezil kontakt s lesní půdou (Pfeffer 1952, Švestka et al. 1996). V praxi se pro obtížnost tato zásada důsledně neaplikuje, přičemž je nutné připustit, že se i l. modřínový při náletu na výřezy vyhýbá spodním partiím kmene, které jsou nejbližší půdnímu povrchu (Resnerová et al. 2020). Na druhou stranu je však terén v lese obvykle natolik zvlněný, že převládající část kmene lapáků nedoléhá až k zemi a může být tak obsazen kůrovci.

Efektivita lapáků souvisí s uvolňování primárních atraktantů (např. monoterpenů) při postupném vysychání lýka. Tímto jsou lákání první (pionýrstí) dospělci (samci). Od začátku vytváření závrtu začínají samci produkovat tzv. agregační feromony (sekundární atraktanty), kterými kůrovec usměrňuje nálet při osídlování materiálu vhodného k rozmnožování. Dochází k náletu na lapák, jehož intenzita je závislá na řadě faktorů (na populační hustotě škůdce, oslunění apod.). Výsledky studia jednotlivých odchytových opatření u lýkožrouta modřínového dokazují, že není nutné modřínová polena navnazovat, protože účinnost výrazně s přidáním odparníku neroste (Grodzki 2010). I když některé studie udávají preferenci lýkožrouta modřínového ke stromům s výčetní tloušťkou mezi 17,5–22,5 cm (Arač a Pernek 2014), mohou napadat kmeny modřínů již od ca 3 cm. Velmi důležitý je také fakt, že srovnatelný počet brouků chytají stromové lapáky různých dimenzí od objemu 0,25 m³ do 1,5 m³ (Resnerová et al. 2020; Obr. 12) a není tak nutné vybírat pouze úrovně stromy, ale je možno využít modřiny menších dimenzí. I když na osluněných čas-

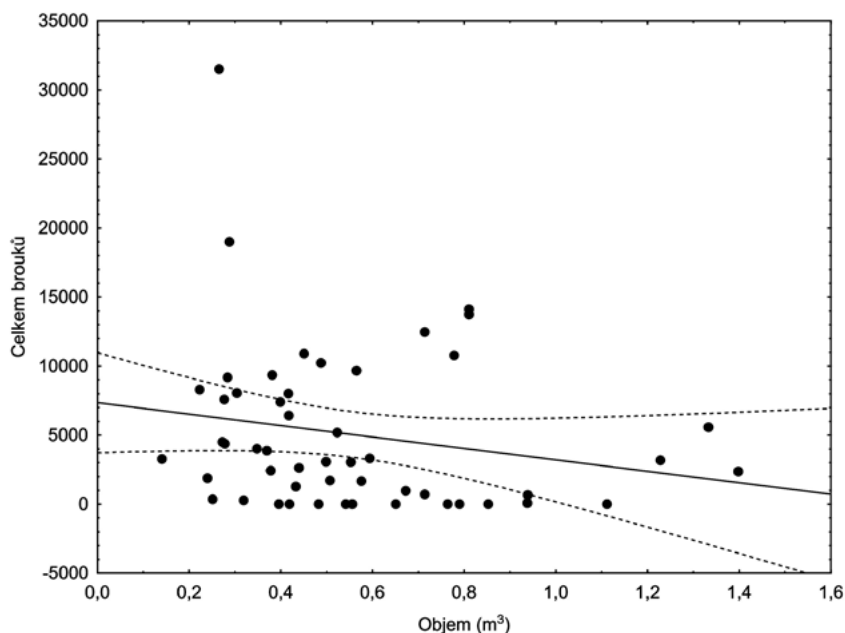


Obr. 11: Ležící modřínový lapák připravený pro odchyt lýkožrouta modřínového. Foto: E. Kula.

tech lapáků bývá více matečných chodeb *I. cembrae*, rozdíly nejsou signifikantní. Část lapáků je tedy vhodné umísťovat na výsluní.

Výběr modřínových lapáků ve srovnání s ostatními jehličnany komplikuje skutečnost, že od podzimu do jara stromy nemají jehličí a jejich vytipování by mělo probíhat nejlépe ještě během vegetační sezóny a vybraní jedinci by měli být označeni. Před kácením stromu na lapák je nezbytné ověřit, zda se nevyskytují v oddenkové části drtinky. Příprava by měla probíhat s dostatečným předstihem, protože lýkožrout modřínový může opouštět zimoviště velmi brzy již během března. Ideálním termínem pro pokácení lapáků je proto únor. Instalaci druhé série je potřeba dobře načasovat, což je v případě kontinuální letové aktivity *I. cembrae* komplikované a doporučuje se spíše soustředit na vyhledávání napadených modřínů a jejich odstraňování z porostů, včetně větví.

Lapáky se umísťují do míst s předchozím vývojem l. modřínového či s předchozí těžbou, kde je předpoklad výskytu *I. cembrae*. Není nutné dodržovat žádnou bez-



Obr. 12: Vztah mezi počtem odchycených *I. cembrae* (body) na lapácích a objemu stromového lapáku. Upraveno podle Resnerové et al. 2020.

pečnostní vzdálenost od sousedních vhodných modřínů a je ideální je umístit přímo do ohnisek výskytu. V okolí lapáku je potřeba odstraňovat či sešlapávat buřeň, aby nedocházelo k zarůstání a snížení jeho efektivity. Při plném obsazení lapáku, což reprezentuje hodnota 0,4 závrtu na dm^2 , je třeba okamžitě přikácet další lapáky, jinak hrozí napadení stojících živých stromů.

Lapáky se musí evidovat a zaznamenat číslo lapáku, místo položení lapáku, datum, data kontrol, datum asanace a intenzita napadení za příslušné období.

Pro zdůraznění rozdílů v instalaci modřínových a smrkových lapáků jmenujeme znovu hlavní specifika:

- i) Výběr a značení stromu v porostu, který bude určen na lapák, je potřeba provádět již na podzim před opadem jehličí z modřínu, před vlastním kácením kontrolovat výskyt starých drtinek na oddenku, a tím eliminovat výběr nevhodných oslabených nebo již napadených stromů.
- ii) Po instalaci jarního lapáku není nutné jej zakrývat větvemi, neboť v době přípravy lapáku nemá strom jehličí, jsou vysoce atraktivní, neboť v době nástupu l. modřínového postup vysychání neomezuje jejich atraktivitu, lapáky kladené v letním období nemusí být odvětvovány.
- iii) Jako lapák je možné použít modříny různých dimenzí nebo materiál z prořezávek a probírek (mladší porosty), protože ve výsledném odchytu brouků nebývá významný rozdíl. V provozu je tak možné instalovat lapák menší dimenze, než je doporučeno například na smrkové kůrovce.

Kontrola

Lapáky je nutno kontrolovat okulárně v pravidelných, nejlépe týdenních intervalech dle aktuálních klimatických podmínek od března. Na instalovaných zařízeních kontrolujeme intenzitu napadení a stupeň vývoje lýkožrouta modřínového. Kontrola se provádí na té části kmene, kde se v dané sezóně brouci přednostně zavrtávají. Jelikož l. modřínový obsazuje celý profil lapáku, je vhodné kontrolu provádět jak v prostoru pod nasazenou korunou, tak ve spodní části kmene.

Kontrola vývoje l. modřínového se provádí odříznutím/odseknutím borky a lýka na ploše cca 0,1 m^2 . Pro identifikaci závrtů je vhodné odkorňovat borku částí kmene, na kterých se vyskytují hnědé drtinky lýka (na ploše 20 × 50 cm).

Práh hospodářské škodlivosti pro l. modřínového na základě hustoty náletu brouků na stromové lapáky není stanoven, avšak při obsazení celého lapáku doporučujeme zintenzivnit aktivní vyhledávání napadených modřínů v lesích. Nedoporučujeme pokládání lapáků dalších sérií.

Asanace

I když lapáky nepoužíváme jako obrannou, ale pouze monitorovací metodu, je nezbytná jejich včasná asanace. Lapák, ze kterého by lýkožrouti vylétli, by zvýšil populaci I. modřínového v porostu. Mechanická asanace představuje loupání kmene speciálními loupáky, která je u modřínů obecně velmi pracná (a tím i drahá) a denní výkon je nízký (z tohoto důvodu je jednoznačně výhodnější pro monitoring použít feromonové lapače).

Při mechanické asanaci se odstraní borka s lýkem a vývojová stadia kůrovců jsou konzumována predátory. S mechanickou asanací se může začít krátce po náletu brouků v období kladení vajíček a dokončit se musí v období, kdy larvy v chodbách nejbližší snubní komůrce dosáhly posledního, tj. 3. instaru a nejpozději ve stadiu kukel. Noví dceřiní brouci F1 generace by již odlétli a dokončili vývoj na jiném vhodném místě (Öhrn et al. 2014). Výjimečně se asanace provádí i ve stadiu dospělého brouka před výletem (nebylo-li možné provést asanaci dříve). Jsou-li v požercích kukly a světlí brouci, je povolena pouze strojní mechanická asanace (adaptérem na motorovou pilu), při které dochází k rozdrčení kůry nebo štěpkování a pálení (Švestka et al. 1996; ČSN 48 1000 2005).

Schopnost vývoje I. modřínového na tenkých kmenech a silných větvích souvisí s nutností zpracování všech těchto částí lapáku. I. modřínový může napadat dokonce stromy zpracované harvestory, přinejmenším ty části se silnou borkou, které mohou i po tomto typu zpracování na kmenech zůstat (Watzek a Niemeyer 1996).

Výjimečně je možno přistoupit k chemické asanaci za využití schválených přípravků na ochranu rostlin, které jsou aktuálně povolené v Registru přípravků na ochranu rostlin (<http://eagri.cz/public/app/eagriapp/POR/Vyhledavani.aspx?type=0&vyhledat=A&stamp=1608728844558>) v souladu s podmínkami jejich povolení, uvedenými na etiketě přípravku. Nicméně je nutno zdůraznit, že používání kontaktních insekticidů je proti zásadám IOL. Pokud se lapák stane součástí skládky dříví, může být zakryt insekticidní sítí Storanet® a princip je stejný (Zahradníková a Zahradník 2015). I když se jedná rovněž o chemickou asanaci, která může zahubit řadu necílových bezobratlých, není alespoň okolní prostředí zasaženo úletem insekticidů.

Pro nakládání s insekticidy (resp. s přípravky na ochranu rostlin) v rámci profesních činností je nutné být držitelem osvědčení o odborné způsobilosti I. stupně pro nakládání s přípravky na ochranu rostlin a pracovat pod dohledem držitele osvědčení alespoň II. stupně. Odborná způsobilost je zakotvena v § 86 zákona č. 326/2004 Sb. a podrobnosti obsahuje vyhláška č. 206/2012 Sb.

3.4.2 Lapače

Feromonové odparníky

V Evropě jsou v současnosti používány čtyři typy feromonových odparníků: Cembräwit® (www.witasek.com), Cemprax (Shell Agrar Ltd.) (www.witasek.com), Cemsan (www.fluegel-gmbh.de) a Cembrodor (Chemipan)¹. V případě feromonů, určených pro monitoring škodlivých organismů, zákon nevyžaduje jako podmínku pro uvádění na trh vydání rozhodnutí o povolení. Distributor je povinen pouze oznámit ÚKZÚZ jejich dovoz nebo přemístění na území České republiky (zákon č. 299/2017 Sb.).

Odparníky jsou poměrně selektivní a dominantně lákají především cílový druh a mají dobu účinnosti ca dva měsíce. Ostatní skupiny kambioxylofágní fauny, další druhy reagující na feromony kůrovců (ipsenol, ipsdienol a 3-methyl-3-buten-1-ol) a aktivně létající druhy zachycují lapače navnaděné těmito odparníky minimálně (Pavlin 2001; Grucmanová et al. 2014; Grodzki 2020).

Feromonové lapače

Feromonový lapač je evidovaná umělá past sloužící k zachycení dospělců lýkožrouta modřínového na feromonovou návnadu. Využití feromonových lapačů na odchyt *I. cembrae* je vhodná metoda pro detekci populace na místech, kde výskyt ještě nebyl zjištěn (Grodzki 2020). Na lokalitách s potvrzeným lokálním napadením modřínu tímto kůrovcem není nutné lapače instalovat, protože mohou sloužit v podstatě pouze jako metoda indikující počátek letové aktivity. U multivoltinních populací *I. modřínového* nejsou jasné vrcholy letové aktivity, která je kontinuální v průběhu celé sezóny. Na agregační feromony obsažené v odparnících reagují obě pohlaví (Renwick a Dickens 1979; Francke a Vité 1983). V materiálu brouků odchytaných do feromonových lapačů je množství obou pohlaví vyrovnané (Grucmanová et al. 2014; Resnerová et al. 2020). V poměru pohlaví však mohou existovat rozdíly na jednotlivých lokalitách.

Doba aktivace lapačů instalací feromonu by měla probíhat v nižších polohách na konci února nebo začátku března a od středních poloh na začátku dubna, protože se dospělci *I. cembrae* mohou objevovat již v březnu.

I když zásady umístění lapačů nebyly studovány, praktické zkušenosti potvrzují (např. Wenk 2010), že existuje shoda s instalací feromonových lapačů pro jiné dru-

¹ K 1.1.2021 je k dispozici na tuzemském trhu Cembrawit a Cemsan.

hy kůrovců. Vzdálenost lapače od porostu by měla být alespoň 10 m a maximálně 25 metrů od nejbližšího modřínového (smíšeného) porostu všech věkových kategorií, nejen porostů starších. Do prostoru lapače nesmí zasahovat buň, protože by docházelo ke snížení účinnosti odparníku. Lapače umísťujeme účinnou plochou do výšky 130–150 cm. Odhadujeme, že vzhledem k předpokládané atraktivitě feromonu a přiletu brouků z velké vzdálenosti postačí umístit pro monitoring 1 lapač/100 ha všech porostů.

Každý lapač má číselný kód s uvedením polohy (porost), data vyvěšení (výměny) feromonového odparníku, data jednotlivých kontrol a počtu zjištěných lýkožroutů modřínových. Kontrola lapačů se provádí ideálně každý týden stejně jako u lapáků. Lze využít objemovou metodu, kdy 1 ml odpovídá 36–37 jedinců *I. cembrae* (Kula nepubl.).

Práh hospodářské škodlivosti pro l. modřínového na základě odchytených brouků do feromonových lapačů není stanoven, avšak při zaznamenání letové aktivity dospělců doporučujeme zintenzivnit aktivní vyhledávání napadených modřínů v lesích. Odchyt lýkožrouta modřínového lze ukončit v srpnu. Při kontrole feromonových lapačů sledujeme případné napadení okolních stojících stromů.

3.4.3 Otrávené trojnožky (otrávené lapáky)

Použití otrávených lapáků je teoreticky možné, ale vzhledem k velkému negativnímu dopadu na životní prostředí je uvádíme jen pro úplnost. Otrávená trojnožka je kombinací lapáku a feromonového odparníku, nejčastěji se jedná o tři modřínové výřezy o délce (nejlépe) 2 m, po celém povrchu ošetřené povolenými insekticidy dle Registru přípravků na ochranu rostlin (<http://eagri.cz/public/app/eagriapp/POR/Vyhledavani.aspx?type=0&vyhledat=A&stamp=1608728844558>). Pod vrchol trojnožky umísťujeme feromonový odparník. Trojnožka by měla být instalována na přelomu února a března a od středních poloh na začátku dubna. Od nejbližšího modřínu či modřínového porostu by trojnožka měla být vzdálena minimálně 10 m. Kontrola se neprovádí, je možné instalovat pod trojnožku kontrolní plachtu nebo lépe dřevěný záchytný rám, aby byla účinnost zhodnocena co nejpresněji. U trojnožky je nutné opakovat povrchový postřik dle pokynů výrobce a stejně tak vyměňovat pravidelně feromonový odparník. Současně kontrolujeme, zda nedochází k vývoji lýkožroutů pod kůrou jednotlivých výřezů tvořících trojnožku. Stejně jako u dalších odchyťových zařízení by trojnožka neměla být zakryta buň. Jako alternativu k otráveným trojnožkám lze využít trojnožky s insekticidní sítí Trinet P, avšak její účinnost na lýkožrouta modřínového nebyla doposud testována.

Určitou výhodou otrávených trojnožek je jejich nevyčerpatelná kapacita v odchycích a minimální nároky na kontrolu během doby účinnosti. Provozně náročná je pouze instalace na začátku sezóny a poté se jen obnovují odparníky a postřik insekticidy.

Extrémní nevýhodou při naplňování zásad IOR je užití pesticidů na jednotlivé výřezy, kde jednak dochází k částečnému úletu insekticidů do okolí trojnožky, ale zejména k usmrcení celé řady necílových bezobratlých. Skupiny, které se nejčastěji chytají na trojnožkách, jsou např. pestrokrovečníci rodu *Thanasimus*, zástupci rodu *Corticus*, brouci čeledi Elateridae, Cantharinidae, Cerambycidae, Buprestidae a další, ploštice, mravenci, pavouci, dvoukřídli. Vzhledem k tomu, že se může jednat i o druhy spadající pod různé stupně ochrany nebo druhy užitečné, není žádoucí trojnožky využívat hojně a doporučujeme je aplikovat pouze výjimečně.

3.4.4 Srovnání metod

Jasná pravidla pro instalaci obranných opatření proti lýkožroutu modřínovému nejsou v legislativě zakotvena. Podle ČSN 48 1000 (2005) jsou odchytová zařízení proti lýkožroutu smrkovému (lapáky, lapače, otrávené lapáky a stojící lapáky²) za dodržení daných postupů srovnatelná, i když skutečný dopad na populace lýkožroutů není znám. Proto je doporučeno soustředit pozornost především na prevenci vzniku lokálního přemnožení.

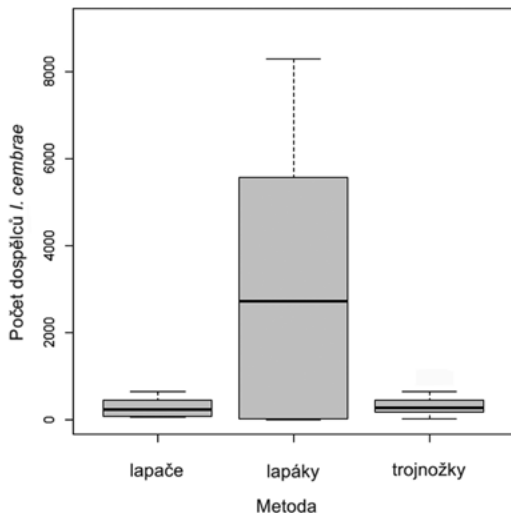
V případě srovnání odchytových zařízení l. modřínového je třeba pro odchycení brouků přezimující generace preferovat lapáky jako neefektivnější, protože chytají signifikantně nejvíce jedinců (až 17krát více) ve srovnání s lapači i otrávenými trojnožkami (Obr. 13; Resnerová et al. 2020). Při odchytu brouků F1 generace (druhá série) se zdá, že všechna zařízení odchytávají řádově stejný počet brouků (Kula obsv.).

Otrávené lapáky (otrávené trojnožky) odchytávají v případě lýkožrouta modřínového, na rozdíl od dalších druhů rodu *Ips* (Lubojacký a Holuša 2011, 2013), více brouků ve srovnání s odchycí feromonovými lapači, nebo jsou odchycí srovnatelné (Resnerová et al. 2020). Množství odchycených samců a samic může být vyrovnané (Kula, pers. comm.), nebo se chytá signifikantně více samců (Resnerová et al. 2020). Vyšší atraktivita trojnožek pro samce souvisí s vizuálním vyhledáváním hostitelských dřevin pionýrskými brouky (v tomto případě samci), kteří častěji přistávají na pastech připomínajících kmeny stromů (Lindgren et al. 1983; Bombosch et al. 1985;

² Ke stojícím lapákům proti l. modřínovému, ať již vnađeným či nevnađeným, podřezaným nebo otráveným, neexistují žádné publikované údaje.

Ramisch 1986; Chenier a Philogkne 1989; Byers 2004). Vzhledem k tomu, že samci jsou zakladatelé požerků, jeví se tato metoda jako efektivnější. Je však nutné i z hlediska dodržování zásad IOL eliminovat dopady na okolní prostředí a necílové organismy, a v tomto ohledu jsou trojnožky značně problematické.

Lapače a trojnožky odchytaly stejné množství brouků přezimující generace, aniž by reagovaly na lokální hustoty I. modřínového. Zatímco lapáky mohou být při velmi nízké populační hustotě I. modřínovým neobsazeny, lapače a trojnožky lákají feromonem pionýrské brouky z větších vzdáleností, což bylo potvrzeno u smrkových lýkožroutů (Byers 1989). Proto za nízkých hustot nebo pro detekci možného ohrožení porostů jsou nejvhodnější feromonové lapače, protože jsou selektivnější a méně v rozporu s IOR než trojnožky. Otrávená trojnožka usmrcuje celou řadu necílových bezobratlých, včetně těch terestrických, které feromonový lapač nezachytí. Druhým důležitým faktorem, který znevýhodňuje trojnožky před lapači je úlet insekticidů při jejich instalaci a pravidelné obnově postřiku, který může okolí trojnožky včetně půdy kontaminovat.



Obr. 13: Srovnání jednotlivých metod určených k odchycení přezimujících imag lýkožrouta modřínového. Upraveno podle Resnerové et al. 2020.

3.5 Integrovaná ochrana

3.5.1 Zvláštnosti bionomie důležité pro integrovanou ochranu

Na první pohled se zdá, že vzhledem k tomu, že bionomie polygamních kůrovců vázaných na jehličnany, kteří se „svolávají“ agregacími feromony, je velmi podobná, bude i management l. modřínového kopírovat postupy IOL proti přemnožení běžných druhů kůrovců. Lýkožrout modřínový se však liší od ostatních lýkožroutů rodu *Ips* ve třech podstatných rysech, od kterých se dále odvíjí i postupy IOR.

- (1) Brouci *I. cembrae* mohou být aktivní již od časného jara a vzhledem k rozvleklejšímu vývoji je letová aktivita nepřerušena až do konce léta. Prakticky to znamená, že přezimující brouci již založili novou generaci a brouci F1 generace se mohou objevit v době, kdy u jiných druhů *Ips* přezimující brouci teprve létají (v květnu). A také vzhledem k neustále se objevujícím novým dospělcům se napadené stromy budou objevovat během celé vegetační sezóny.
- (2) Brouci obsazují i tenké dříví a větve, na kterých zakládají požerky a vyvíjejí se. Pro praxi to znamená, že těžební zbytky (vršky a větve) a odpad z prořezávek jsou vhodným materiálem, který může způsobit prudký nárůst početnosti populace (Obr. 14).
- (3) Modříny jsou nalétány od oddenku a k obsazení kmene dochází postupně až k terminálu koruny. Drtinky umožňují včasné vyhledávání napadených stromů.

3.5.2 Prevence

Praktická preventivní opatření vycházejí ze včasného a důsledného odstraňování materiálu vhodného pro namnožení lýkožrouta modřínového. To znamená zejména asanaci veškerého napadeného dříví a včasný odvoz vyrobeného dříví z lesa.

Vzhledem k tomu, že se l. modřínový může velmi dobře vyvíjet i ve slabším materiálu s průměrem nad 3 cm, je nutné zajistit také asanaci těžebních zbytků pálením či štěpkováním. To je nezbytné při zvýšených populačních hustotách (objevení opuštěných napadených stromů) provádět během celého roku vzhledem k brzkému nástupu letové aktivity a takřka nepřetržitému poletování imag. Neznáme sice, jak dlouhou dobu si materiál zachovává atraktivitu, ale vzhledem k tomu, že u lýkožrouta lesklého pouze materiál vzniklý v září a říjnu není atraktivní pro přezimující brouky nalétávající v květnu (Foit 2012), můžeme analogicky stanovit stejnou zásadu. Výchovné zásahy, při kterých vzniká materiál vhodný pro napadení, provádět

jen v období od srpna do října. Ale je nutno připustit, že v případě nástupu letové aktivity v březnu může být materiál z podzimních probírek atraktivní a obsazený.

Je nutno upozornit, že brouci rovněž obsazují kůly v oplocenkách a vyvíjejí se na nich, pokud jsou vyrobeny z neodkorněného modřínového dřeva.



Obr. 14: Závrtové otvory lýkožrouta modřínového s hnědými drtinkami na těžebním odpadu.
Foto: E. Kula

3.5.3 Kontrola a monitoring

Kontrola výskytu v porostech

Kontrola se provádí v modřínových porostech všech věkových kategorií, zejména po celkovém oslabení zdravotního stavu porostů, jako je např. po obdobích sucha. Kontrolu provádíme okulárně. Vizualnímu vyhledávání napadených stromů je

třeba věnovat značnou pozornost, neboť zejména v počátku napadení je obtížné. Brouci, kteří obsazují celý profil kmene, začínají nalétat od oddenku, což usnadňuje nalezení napadených stromů. Revize napadených kůrovcových stromů jednoznačně prokázala, že brouci obsazují strom odspodu. Brouci napadají instalované výřezy bez rozdílu tloušťky kmene a borky, což dokazuje, že obsazování stromů odspodu není způsobeno kvalitou borky, ale jasnou pozicí nad zemí.

Nicméně pokud by se objevil případ náletu do horních partií stromu, nemusí být ze země ihned zřetelné. Průvodním jevem by bylo silné smolení, pokud byl napadený strom v dobrém zdravotním stavu.

Drtinky, které jsou často silně prosycené smolou, vypadávající ze závrťových otvorů jsou nápadné, neboť se zachycují za šupinami kůry na patě kmenů a kořenových náběžích a vegetaci. Napadené vitální stromy rovněž velmi silně smolí, v případě oslabených stromů nebo velmi silného hromadného náletu je toto smolení slabé. Barevné změny korun stromů, které byly napadeny jako zdravé, se projevují v řadě případů příliš pozdě, zpravidla v době, kdy brouci ukončili vývoj a někteří již dokonce vylétli. Takové stromy je nutné ihned asanovat, neboť při včasném odhalení ještě může být značné množství brouků stále pod kůrou nebo v kůře. Jiným symptomem napadení může být projev aktivity datlovitých ptáků na nalétnutých stromech.

Monitoring letové aktivity

Feromonové lapače

Feromonové odparníky v bariérových lapačích jsou velmi vhodné pro odhadnutí počátku letové aktivity, ale musejí se vyvěsit nejpozději v březnu (raději koncem února v nižších polohách), a to i ve středních polohách (700 m n. m.). Je to nezbytné, aby se zachytila skutečná letová aktivita signalizující počátek napadení porostů, která může započít již v březnu. Feromonové odparníky se musejí vyměnit dle výrobce nejčastěji po dvou měsících, tzn. někdy i třikrát za sezonu.

Je velmi pravděpodobné, že feromonové lapače stahují brouky z velkých vzdáleností a jsou proto velmi vhodné v období latence, kdy mají vyšší odchty než stromové lapáky. Když jsou populační hustoty nízké, brouci při letu zareagují na první feromonový zdroj, což je feromonový lapač. Pokud je početnost brouků vysoká, nalezení zdroje (lapáku) brouky je pravděpodobnější. Přirozené feromony jsou atraktivnější a obsazení lapáku je velmi rychlé.

Odhadujeme, že vzhledem k tomu, že lapače stahují brouky z velké vzdálenosti, postačí umístit na každých ca 100 ha lesa jeden feromonový lapač.

Stromové lapáky

Kontrolu je možné provádět velmi efektivně rovněž ležícími lapáky připravenými v únoru. Ovšem stromy, které chceme použít jako budoucí lapáky, si musíme vyznačit již na počátku podzimu, kdy mají jehličí. Neoznačené stromy kácené na lapáky je třeba nejprve zkontrolovat, zda nemají drtinky v oddenkové části kmene, případně namátkově odhalením kůry vyloučit přítomnost kůrovce z předchozího roku. Tím eliminujeme možnost pokácení stromů oslabených, stresovaných, zasychajících nebo již lýkožrouty napadených. Lapáky mohou být různých dimenzí, můžeme využít i tenčí kmeny nebo materiál z prořezávek a probírek, případně těžební zbytky.

Na ležících kmenech se kolem závrtočných otvorů vytváří typické hromádky hnědavých drtinek. Tyto symptomy se stávají méně zřetelnými po silném větru nebo dešti.

Při zvýšených populačních hustotách je výhodnější použít pro signalizaci počátku letové aktivity lapáky, které zároveň odchyťí větší množství brouků a mohou tak pomoci tlumit populační růst od počátku vegetačního období.

Je nutno připustit, že v určitých případech mohou lapáky způsobit napadení okolních stojících stromů. Při vyšších koncentracích feromonu mají samci lýkožroutů tendenci přistávat spíše v okolí než v místě původního napadení. Tím „rozšiřují“ zónu napadení (Byers 2004). Proto je možné, že při plně obsazeném lapáku a vysoké početnosti populace brouků mohou samci lýkožroutů obsazovat i okolní stromy (Kula observ.). Tuto situaci však nelze zaměňovat se stavem, kdy ze zapomenutých lapáku vylétne nová generace (F1) lýkožroutů. Část populace kůrovců se totiž chová spíše sedentárně a obsadí okolní stromy, zatímco další část brouků se šíří do sousedních nebo vzdálenějších porostů (Forsse a Solbreck 1985; Duelli et al. 1997).

3.5.4 Zásady ochrany

Základem přímé obrany je důsledné vyhledávání a včasná asanace veškerého napadeného materiálu, což je neúčinnější metoda obrany. Základem je nejen najít napadené stromy, ale zbavit se i odříznutých silných větví a vršků, na kterých se může l. modřínový namnožit. Je možné, že první generace úplně uniká pozornosti, protože zimující brouci vylétnou brzy a založí požerky před začátkem vegetační doby. Napadené stromy je nutno vyhledávat kontinuálně, protože imaga *I. cembrae* jsou aktivní po celé vegetační období. Nejvyšší riziko napadení je od začátku června do poloviny července, kdy se rojí nová generace. Kůrovcové stromy lze najít snadno, protože jsou napadány odpodem a drtinky se shromažďují na patě stromu.

Po delší době, řádově několika týdnech, dochází k barevné změně jehličí, které zprvu ztrácí svou sytou zelenou barvu, žloutne a posléze hnědne a opadá. Barevné změny jehličí mohou být někdy natolik opožděné, že při pozorovatelné změně již současně dochází k částečnému výletu brouků nové generace.

Odchytová zařízení nejsou skutečnými obrannými, tedy gradaci potlačujícími metodami. Při nízkých populačních hustotách můžeme použít lapáky různých výčetních tloušťek k odchytu přezimující generace. Při nárůstu populačních hustot jsou lapáky rychle obsazeny a je třeba je kontinuálně doplňovat se souběžnou asanací lapáků původních. Můžeme doporučit připravení lapáku do menšího kůrovcového kola vzniklého v předchozím roce, nicméně nemůžeme spoléhat na to, že přezimující brouci budou bezesbytku odchytáni.

Protože *I. cembrae* může zimovat v hrabance, ani odstraňování kůrovcových stromů nemusí být dostatečně účinné při snižování populační hustoty. Při teplotně příznivém prodloužení vegetační doby se zvyšuje podíl hibernujících imag v hrabance, čímž se zvyšuje ohrožení modřínu jarním náletem.

4 NOVOST POSTUPŮ

V česky psané literatuře byla věnována l. modřínovému a obraně proti němu ucelená práce (Knížek 2006) a druh je zahrnut mezi ty, pro které jsme zpracovali IOR (Zahradník et al. 2014). Rovněž je zpracována „Pest categorisation of *Ips cembrae*“ (Jeger et al. 2017). Nicméně zásady v těchto dílech jsou často přebírány podle lýkožrouta smrkového. V naší práci jsme využili výsledků robustní studie srovnávající odchytová zařízení a zohlednili odlišnosti v bionomii. Novost představuje také následující kapitola, kde lesníci naleznou návod, jak naplnit požadavky vyhlášky při obraně proti tomuto druhu.

5 POPIS UPLATNĚNÍ

5.1 Obecné uplatnění

Metodika je určena pro praktické využití všemi vlastníky lesů, lesními hospodáři, subjekty provádějícími lesnické činnosti, státní správou lesů, lesnickými výzkumnými ústavy a univerzitami při ochraně lesa před lýkožroutem modřínovým. Navržená metodika je založena na principech integrované ochrany rostlin a klade důraz na snížení rizik dopadu vlivu pesticidů na lidské zdraví a životní prostředí. Má uplatnění především v hospodářských lesích. Aplikaci chemicky neošetřených lapáků lze doporučit i v územích s různým statusem ochrany přírody.

5.2 Naplnění podmínek pro splnění vyhlášky

V souvislosti s přístupem integrované ochrany rostlin byla v roce 2009 přijata člena Evropské unie směrnice 2009/128/ES stanovující rámec pro činnost Společenství za účelem dosažení udržitelného používání pesticidů, která je v současné době součástí rostlinolékařského zákona č. 326/2004 Sb. V § 5 tohoto zákona je IOR definována jako opatření, která udržují používání přípravků a ostatních metod ochrany rostlin na úrovních, které lze z hospodářského a ekologického hlediska odůvodnit, přičemž je kladen důraz na růst zdravých plodin při co nejmenším narušení zemědělských a lesních ekosystémů. Současně jsou zde definovány povinnosti profesionálních uživatelů přípravků na ochranu rostlin.

Prováděcí předpis, který se věnuje problematice zásad integrované ochrany rostlin je vyhláška č. 205/2012 o obecných zásadách. Jejich dodržování je od roku 2014 monitorováno v rámci pravidelných kontrol Ústředním kontrolním a zkušebním ústavem. Sběr dat probíhá jako doplněk k pravidelným kontrolám evidence spotřeby přípravků, které jsou součástí povinných požadavků na hospodaření. Výstupem těchto kontrol je tedy záznam o kontrole a dotazník ve zjednodušené struktuře, zaměřený na komplexní pojetí IOR v úzké návaznosti na související problémy pěstování rostlin. Míra zavádění IOR je hodnocena pomocí bodového systému. Při neplnění zásad IOR je možné uložení sankcí. Ačkoli jsou tyto kontroly i dostupné průvodní texty zaměřené na oblast zemědělství jako takového, a lesnictví je v řadě návodů upozaděno, týkají se nařízení i všech uživatelů přípravků na ochranu rost-

lin v lesních ekosystémech. Každá otázka (celkem 16) dotazníku spadá do určitého okruhu obecných zásad IOR (celkem 9, rozšíření o vzdělávání). První tři body dotazníku spadají spíše do oblasti pěstování lesa, proto zmiňujeme pouze některá doporučení, která by měla být obecně dodržena již od založení lesního porostu. U dalších jednotlivých bodů a kroků dotazníku uvádíme postup pro naplnění všech relevantních zásad (především body 4–9) souvisejících s ochranou lesa se zaměřením na lýkožrouta modřínového.

5.2.1 Vhodné pěstitelské postupy

Modřín je původní pouze v přírodních lesních oblastech 27 a 28 (možná i 29). Měl by být proto pěstován pouze na stanovištích a v hospodářských souborech, které jsou blízké přírodním podmínkám v jeho přirozeném areálu (vyhláška), tzn. stanovištích 4. a 5. LVS, kyselých a svěžích stanovištích a vždy v příměsi do 5 %. Na druhou stranu je nutné si uvědomit, že *I. cembrae* napadá i jednotlivé modříny ve smíšených lesích a smíšení není dokonalou prevencí.

Jakou formou je zajištěna vyvážená bilance organické hmoty v půdě a podpořena její biologická aktivita?

Spadá do oblasti pěstování lesa a pro doporučení předložené metodiky je irrelevantní.

Jaké formy mechanických opatření jsou využívány pro prevenci výskytu ŠO?

Proti lýkožroutu modřínovému platí stejná krucální preventivní opatření před vznikem ohnisek v oblastech výskytu tohoto druhu. Hlavním opatřením je včasné odstranění veškerého materiálu napadeného lýkožroutem modřínovým z lesa před výletem dceřiné generace, doporučujeme také štěpkování a pálení klestu za dodržení všech bezpečnostních opatření včetně ohlášení plánovaného pálení místně příslušnému Hasičskému záchrannému sboru kraje na <https://paleni.izscr.cz/>. V případě zjištění výskytu lýkožrouta modřínového by mělo být přistoupeno k odstranění veškerého atraktivního dříví a těžebních zbytků z porostu.

Jakým způsobem je řešena problematika zhutnění podorničního profilu v rámci IOR?

Tento bod není relevantní pro lesní porosty.

Jaká protierozní opatření jsou využívána pro podporu IOR?

Veškerá těžební činnost a vyvážení dříví technologiemi by měly být prováděny šetrně, aby nedocházelo ke vzniku těžebně dopravní eroze: porušování povrchu půdy pojezdem strojů nebo vlečeným dřívím s následnou vodní erozí.

Jaká opatření byla použita pro podporu užitečných organizmů?

V rámci předložené metodiky není relevantní, souvisí s pěstebními opatřeními a úpravou krajiny.

Mezi obecná doporučení lze zahrnout podporu datlovitých ptáků a mravenců jako bioregulátorů početnosti larev podkorního hmyzu. Vhodným postupem je ponechání dostatečného množství mrtvých a odumírajících stromů v různých fázích rozkladu (ideálně od průměru 19 cm), které poskytují datlovitým vhodná místa k tvorbě dutin, hnízdění a námluvám. Pro další druhy datlovitých není nezbytné zásadně měnit způsoby hospodaření, ponechány mohou být i stromy nevhodné k dalšímu hospodářskému využití. Podpora kolonií mravenců spočívá v ochraně stávajících hnízd a prosvětlování porostů včetně odstraňování buřeně. Dalším obecným doporučením je dále upřednostňovat heterogenní lesy s různou věkovou třídou stromů a omezovat používání pesticidů.

5.2.2 Používání odolných odrůd zdravého a ošetřeného osiva/sadby

Bylo použito osivo/sadba odolných a tolerantních odrůd?

Doporučujeme využití vhodných proveniencí modřínu pro dané stanoviště při dodržení pravidel a zásad pro přenos sadebního materiálu (vyhláška č. 139/2004 Sb.).

Bylo použito na zdravotní stav testované osivo/sadba?

Bod spadá do oblasti zakládání lesa. Doporučujeme doložit původ sadebního materiálu, pokud jsou takové doklady k dispozici. Zejména certifikace nebo provenience vysazených sazenic. Při vysazování nových porostů modřínu je nezbytné vybírat kvalitní osivo a sadbu.

Bylo použito ošetřené osivo/sadba?

Tento bod není relevantní, protože lýkožrout modřínový napadá modřín s průměrem kmene od 3 cm, respektive minimálně dvouleté sazenice modřínu.

5.2.3 Výživa rostlin a vyvážená bilance živin v půdě

Jakým způsobem je zajištěna dostatečná výživa rostlin a vyrovnaná bilance živin?

Odpovídá výměnná půdní reakce půdy potřebám pěstovaných plodin?

Tento okruh spadá do problematiky pěstování lesních porostů, hlavním doporučením je tedy pěstování modřínů na vhodných stanovištích.

5.2.4 Monitoring a prognóza výskytu škodlivých organizmů

Byly využity, při rozhodování o ošetření, konkrétní informace o výskytu ŠO (škodlivého organismu)?

Jedná se o nejdůležitější krok v rámci rozhodování o přímých opatřeních proti lýkožroutu modřínovému. Jako hlavní činnost v tomto kroku je pravidelná kontrola a monitoring výskytu v porostech všech věkových tříd a na vytěženém dříví dle přítomnosti ronění pryskyřice, přítomnosti drtinek, barevných změn jehličí a přítomnosti požerků a všech vývojových stadií lýkožrouta modřínového v ohrožených porostech. Tyto činnosti musí být dobře evidovány.

Na lokalitách, kde se lýkožrout modřínový vyskytuje, nebo byl v minulosti lokálně přemnožen, je vhodné instalovat feromonové lapače, ideálně však v březnu (viz výše). Detekce počátku letové aktivity indikuje počátek vizuální kontroly v porostech.

Rovněž doporučujeme využít poradenství bezplatně poskytované Lesní ochrannou službou.

Prahové/kritické počty pro lýkožrouta modřínového na odchytových zařízeních nejsou k dispozici.

5.2.5 Přímé metody nechemické ochrany

Byly využity nechemické metody ochrany?

Jelikož biologická ochrana proti lýkožroutu modřínovému není k dispozici, patří mezi přímé nechemické metody ochrany proti tomuto druhu včasné zpracování

veškerého potencionálního ležícího dříví vhodného pro vývoj druhu a již napadeného materiálu, mechanické odkornění napadených kmenů, štěpkování a pálení klestu nad 3 cm v průměru.

5.2.6 Výběr a použití přípravků na ochranu rostlin

Byly při aplikacích použity přípravky s nízkým rizikem vlivu na necílové organismy, lidské zdraví a životní prostředí, nebo byly použity přípravky v nezbytném rozsahu?

Insekticidy (pyrethroidy) využívané k ošetření napadeného dříví a insekticidní sítě Storanet by měly být využity pouze v nezbytném rozsahu. Je vhodné preferovat insekticidní sítě, protože úlet účinné látky je proti klasickému postřiku nulový a koncentrace pyrethroidů v mikrokapsulích obsažených v síti je mnohem nižší. Doporučujeme se však chemickému ošetření vyhnout a využívat pouze v ojedinělých případech pro asanaci modřínového dříví s pokročilými vývojovými stadii lýkožrouta modřínového (kukla, imago).

5.2.7 Použití přípravků na ochranu rostlin v souladu s antirezistentní strategií

Byly uplatněny při ochranných opatření proti škodlivým organismům antirezistentní strategie?

V souvislosti s ochranou lesa proti lýkožroutu modřínovému není tento bod relevantní. Chemické přípravky, které jsou v současnosti registrovány k aplikaci proti kůrovcům, jsou pouze pyrethroidy obsahující účinné látky alfa-cypermethrin nebo deltamethrin. Není možné zásadní střídání přípravků, neboť neexistují alternativní chemické a registrované látky účinné na kůrovcovité brouky.

5.2.8 Ověření úspěšnosti provedených opatření

Bylo provedeno ověření úspěšnosti opatření?

Pokud bude přistoupeno k chemickému ošetření nebo použití pesticidů, musí být provedeno hodnocení úspěšnosti. Především je potřeba zjistit mortalitu l. mod-

řínového a jeho vývojových stadií, ať už pod otrávenými trojnožkami (kontrolní rámy a plachty) nebo po chemickém ošetření napadené dřevní hmoty. Kontrola by měla být prováděna u veškeré ošetřené hmoty, lze doporučit část ošetřené hmoty zabalit do netkané textilie, která usnadní detekci unikajících jedinců opouštějící místo vývoje. Doporučujeme kontrolu provádět v dostatečném odstupu od aplikace a výsledky pozorování důsledně zaznamenávat. Do záznamů by měly být zahrnuty také poznámky o aktuálních klimatických podmínkách a možné příčiny neefektivní aplikace (např. nevhodná doba aplikace vzhledem k vývojovému cyklu apod.).

5.2.9 Vzdělávání a přenos informací v oblasti IOR

Zúčastnil se pěstitel v aktuálním roce školení či semináře s problematikou IOR?

Doporučujeme pro naplnění tohoto bodu pravidelná každoroční školení, semináře nebo odborné přednášky zaměřené na problematiku IOR (např. semináře pořádané Lesní ochrannou službou, univerzitami nebo velkými vlastníky lesů). Účast na těchto akcích je vždy v dotazníku v rámci příslušného roku bodována. Je preferována přítomnost alespoň jednoho nezávislého přednášejícího.

6 EKONOMICKÉ ASPEKTY UPLATNĚNÍ

V případě aplikace uvedené metodiky nelze jednoznačně kalkulovat a uvádět ekonomické aspekty uplatnění. V případě její důsledné aplikace nedochází kromě štěpkování k ekonomickým ztrátám nad rámec běžného hospodaření. Je nutno si uvědomit, že je nutno štěpkovat všechny těžební zbytky, což představuje částku řádově několik desítek tisíc Kč na ha nebo několik stovek Kč na m³.

U feromonových lapačů (pokud pomineme kontrolu, nákup či odpisy lapače) náklady zahrnují instalaci lapače na dva kůly nebo kovový stojan, kontroly v desetidenních intervalech (květen–srpen) a nákup feromonové návnady (2 ks). Ceny odparníků Cembräwit činí řádově 400–500 Kč za odparník, což je více než při užívání feromonových odparníků proti lýkožroutům na smrku.

Pokládání lapáků zahrnuje kácení, odvětvení, kontroly v desetidenním intervalu (květen–srpen), odvoz nebo odkornění.

7 DEDIKACE

Metodika byla zpracována v rámci řešení výzkumného projektu Ministerstva zemědělství ČR NAZV QK1920433.

8 LITERATURA

8.1 Použitá literatura

- Alder, D.; Marsden, S. Characteristics of feeding-site selection by breeding green woodpeckers *Picus viridis* in a UK agricultural landscape. *Bird Study* **2010**, *57*, 100–107.
- Anderbrant, O. Survival of parent and brood adult bark beetles, *Ips typographus*, in relation to size, lipid content and re-emergence or emergence day. *Physiological Entomology* **1988**, *13*, 121–129.
- Anderbrant, O. Gallery construction and oviposition of the bark beetle *Ips typographus* (Coleoptera: Scolytidae) at different breeding densities. *Ecological Entomology* **1990**, *15*, 1–8.
- Anderbrant, O.; Schlyter, F.; Birgersson, G. Intraspecific competition affecting parents and offspring in the bark beetle *Ips typographus*. *Oikos* **1985**, *45*, 89–98.
- Arač, K.; Pernek, M. Occurrence and spreading of the large larch bark beetle (*Ips cembrae*) in Croatia and possibilities of monitoring by using pheromone traps. *Šumarski list* **2014**, *138*, 145–154.
- Balogun, R.A. The life-history and habits of the larch bark beetle, *Ips cembrae* (Coleoptera: Scolytidae), in the north-east of Scotland. *Canadian Entomologist* **1970**, *102*, 226–239.
- Bevan, D. Forest insects. A Guide to Insects Feeding on Trees in Britain. Forestry Commission, Handbook 1, London, HMSO, **1987**, 153 p.
- Bjørnson, S.; Schütte, C. Pathogens of mass-produced natural enemies and pollinators. In: van Lenteren JC (ed) Quality control and production of biological control agents: theory and testing procedures. CABI Publishing, Wallingford, UK, **2003**, pp 133–165.
- Bombosch, S. Zur Epidemiologie des Buchdruckers (*Ips typographus* L.). In: Die Grosse Borkenkäferkalamität in Sudwestdeutschland 1944–1951. Wellenstein, G. (Ed.). Forstschutzstelle Sudwest, Ringingen, Germany, **1954**, pp. 39–83.
- Bombosch, S.; Engler, I.; Gossenauer, H.; Hemmann, B. On the role of pheroprax influencing the settlement of *Ips typographus* on spruce. *Zeitschrift für angewandte Entomologie* **1985**, *100*, 458–6.

- Botterweg, P.F. The effect of attack density on size, fat content and emergence of the spruce bark beetle *Ips typographus* L. *Zeitschrift für Angewandte Entomologie* **1983**, 96, 47–55.
- Byers, J.A. Influence of sex, maturity and host substances on pheromones in the guts of the bark beetles, *Ips paraconfusus* and *Dendroctonus brevicornis*. *Journal of Insect Physiology* **1983**, 29(1), 5–13.
- Byers, J.A. Chemical ecology of bark beetles. *Experientia* **1989**, 45, 271–283.
- Byers, J.A. Chemical ecology of bark beetles in a complex olfactory landscape. In *Bark and wood boring insects in living trees in Europe, a synthesis*. Edited by F. Lieutier, K.R. Day, A. Battisti, J.-C. Grégoire, and H.F. Evans. Springer, Dordrecht, **2004**, 89–134.
- Chénier, J.; Philogène, B. Field responses of certain forest Coleoptera to conifer monoterpenes and ethanol. *Journal of Chemical Ecology* **1989**, 15, 1729–1745.
- Christiansen, E.; Bakke A. The spruce bark beetle of Eurasia. In: Berryman A. A. (ed.) *Dynamics of Forest Insect Populations*. Plenum Press, New York, **1988**, 479–503.
- ČSN 48 1000. Ochrana lesa proti kůrovcům na smrku. Praha, Český normalizační institut, **2005**, 8 s.
- de Jong, M.C.M.; Grijpma, P. Competition between larvae of *Ips typographus*. *Entomologia Experimentalis et Applicata* **1986**, 41, 121–133.
- de Jong, M.C.M.; Sabelis, M.W. How bark beetles avoid interference with squatters: an ESS for colonization by *Ips typographus*. *Oikos* **1988**, 51, 88–96.
- Dippel, C.; Heidger, C.; Nicolai, V.; Simon, M. The influence of four different predators on bark beetles in European forest ecosystems (Coleoptera: Scolytidae). *Entomologia Generalis* **1997**, 21, 161–175.
- Duelli, P.; Zahradnik, P.; Knizek, M.; Kalinova, B. Migration in spruce bark beetles (*Ips typographus* L.) and the efficiency of pheromone traps. *Journal of Applied Entomology* **1997**, 121, 297–303.
- Elsner, G. Relationships between cutting time in winter and breeding success of *Ips cembrae* in larch timber. *Mitteilungen der Deutschen Gesellschaft für allgemeine und angewandte Entomologie* **1997**, 11, 653–657.
- Faccoli, M.; Bernardinelli, I. Breeding performance of the second generation in some bivoltine populations of *Ips typographus* (Coleoptera Curculionidae) in the south-eastern Alps. *Journal of Pest Science* **2011**, 84, 15–23.

- Fayt, P.; Machmer, M.M.; Steeger, C. Regulation of spruce bark beetles by woodpeckers – a literature review. *Forest Ecology and Management* **2005**, *206*, 1–14.
- Feicht, E. Frequency, species composition and efficiency of *Ips typographus* (Col., Scolytidae) parasitoids in infested spruce forests in the national Park “Bavarian Forest” over three consecutive years. *Journal of Pest Science* **2006**, *79*, 35–39.
- Flower, C.E.; Long, L.C.; Knight, K.S.; Rebbeck, J.; Brown, J.S.; Gonzalez-Meler, M.A.; Whelan, C.J. Native barkforaging birds preferentially forage in infected ash (*Fraxinus* spp.) and prove effective predators of the invasive emerald ash borer (*Agrilus planipennis* Fairmaire). *Forest Ecology and Management* **2014**, *313*, 300–306.
- Forsse, E. Flight duration in *Ips typographus* L.: insensitivity to nematode infection. *Journal of Applied Entomology* **1987**, *104*, 326–328.
- Forsse, E.; Solbreck, C. Migration in the bark beetle *Ips typographus* L.: duration, timing and height of flight. *Zeitschrift für angewandte Entomologie* **1985**, *100*, 47–57.
- Francke, W.; Vité, J.P. Oxygenated terpenes in pheromone systems of bark beetles. *Zeitschrift für Angewandte Entomologie* **1983**, *96*, 146–156.
- Grégoire, J.C.; Evans, H.F. 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. Dordrecht, Kluwer, **2004**, p. 19–37.
- Grodzki, W. Some reactions of *Ips typographus* (L.) (Col.: Scolytidae) to changing breeding conditions in a forest decline area in the Sudeten Mountains, Poland. *Journal of Pest Science* **2004**, *77*, 43–48.
- Grodzki W. Kornik modrzewiowiec *Ips cembrae* (Heer) (Coleoptera, Curculionidae, Scolytinae) w młodnikach i starszych drzewostanach modrzewiowych południowej Polski. *Leśne Prace Badawcze* **2009**, *70*, 355–361.
- Grodzki, W. *Ips cembrae* Heer. (Col.: Curculionidae, Scolytinae) in young larch stands – a new problem in Poland. *Forstschutz Aktuell* **2008**, *44*, 8–9.
- Grodzki, W. Possibility of the reduction of *Ips cembrae* (Heer) (Coleoptera, Curculionidae, Scolytinae) populations in larch stands in southern Poland. *Sylvan* **2010**, *154*, 160–167.
- Grodzki, W. On the vertical distribution of *Ips duplicatus*, *I. cembrae* and some bark and longhorn beetles (col.: Curculionidae, Scolytinae; col.: Cerambycidae) in

- the Tatra national Park in Poland. *Folia Forestalia Polonica, Series A* **2020**, 62, 68–77.
- Grodzki, W.; Kosibowicz, M. Materiały do poznania biologii kornika modrzewiowca *Ips cembrae* (Heer) (Col., Curculionidae, Scolytinae) w warunkach południowej Polski. *Sylwan* **2009**, 153(9), 587–593.
- Grucmanová, Š.; Holuša, J.; Trombik, J.; Lukášová, K. Large larch bark beetle *Ips cembrae* (Coleoptera: Curculionidae, Scolytinae) in the Czech Republic: analysis of population development and catches in pheromone traps. *Lesnícky časopis (Forestry Journal)* **2014**, 60, 143–149.
- Hedgren, P.O.; Schroeder, L.M. Reproductive success of the spruce bark beetle *Ips typographus* (L.) and occurrence of associated species: a comparison between standing beetle-killed trees and cut trees. *Forest Ecology and Management* **2004**, 203, 241–250.
- Hedqvist, K.J. Die Feinde der Borkenkäfer in Schweden, 1. Erzwespen (Chalcidoidea). *Studia Forestalia Sueciae* **1963**, 11, 1–176.
- Hedqvist, K.J. Bark beetle enemies in Sweden 2. Braconidae (Hymenoptera). *Entomologica Scandinavia Supplement* **1998**, 52, 1–86.
- Hilszczański, J.; Gibb, H.; Bystrowski, C. Insect natural enemies of *Ips typographus* (L.) (Coleoptera, Scolytinae) in managed and unmanaged stands of mixed lowland forest in Poland. *Journal of Pest Science* **2007**, 80, 99–107.
- Hlásny, T.; Krokene, P.; Liebhold, A.; Montagné-Huck, C.; Müller, J.; Qin, H.; Raffa, K.; Schelhaas, M.J.; Seidl, R.; Svoboda, M. Living with Bark Beetles: Impacts, Outlook and Management Options; From Science to Policy 8; European Forest Institute: Joensuu, Finland, **2019**.
- Hoffard, W.H.; Coster, J.E. Endoparasitic nematodes of *Ips* bark beetles in Eastern Texas. *Environmental Entomology* **1976**, 5, 128–132.
- Hofstetter, R.W.; Moser, J.C.; Mc Guire, R. Observations on the mite *Schizosthetus lyriformis* (Acari: Parasitidae) preying on bark beetle eggs and larvae. *Entomological News* **2009**, 120, 397–400.
- Holuša, J.; Kula, E.; Wewiora, F.; Lukášová, K. Flight activity, within the trap tree abundance and overwintering of the larch bark beetle (*Ips cembrae*) in Czech Republic. *Šumarski list* **2014**, 1–2, 19–27.
- Holuša, J.; Lukášová, K. Pathogen's level and parasitism rate in *Ips typographus* at high population densities: importance of time. *Journal of Applied Entomology* **2017**, 114, 768–779.

- Hopping, G.R. Notes on the seasonal development of *Medetera aldrichii* Wheeler (Diptera, Dolichopodidae) as a predator of the Douglas fir bark-beetle, *Dendroctonus pseudotsugae* Hopkins. *Canadian Entomologist* **1947**, 79, 150–153.
- Hougaardy, E.; Grégoire, J.C. Bark beetle parasitoid population surveys following storm damage in spruce stands in the Vosges region (France). *Integrated Pest Mananagement Reviews* **2001**, 6, 163–168.
- Hulcr, J.; Pollet, M.; Ubik, K.; Vrkoč, J. Exploitation of kairomones and synomones by *Medetera* spp. (Diptera: Dolichopodidae), predators of spruce bark beetles. *European Journal of Entomology* **2005**, 102, 655–662.
- Hutka, D. Nowe oblicze kornika modrzewiowca. *Trybuna Leśnika* **2006**, 4, 10–11.
- Jeger, M.; Bragard, C.; Caffier, D.; Candresse, T.; Chatzivassiliou, E.; Dehnen-Schmutz, K.; Gilioli, G.; Miret, J.A.J.; MacLeod, A.; Navarro, M.N.; 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. Pest categorisation of *Ips cembrae*. *EFSA Journal* **2017**, 15(11), 5039.
- Johansson, T.; Gibb, H.; Hjältén, J.; Pettersson, R. B.; Hilszczański, J.; Alinvi, O.; Ball, J.P.; Danell, K. The effects of substrate manipulations and forest management on predators of saproxylic beetles. *Forest Ecology and Management* **2007**, 242, 518–529.
- Jung, P.; Rohde, M.; Lunderstadt, J. Induzierte Resistenz im Leitgewebe der Europäischen Larche *Larix decidua* Mill. nach Befall durch den Grossen Larchenborkenkäfer *Ips cembrae* Heer (Col.: Scol.). *Journal of Applied Entomology* **1994**, 117, 427–433.
- Kaya, H. K. Nematode parasites of bark beetles. In: Nickle, W. R. (ed.) *Plant and Insect Nematodes*. Marcel Dekker, Inc, New York, **1984**, 727–754.
- Kenis, M.; Wermelinger, B.; Grégoire, J.C. Research on parasitoids and predators of Scolytidae – a review. 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, the Netherlands, **2004**, 237–290.
- Kiełczewski, B.; Bałazy, S. Zagadnienie drapieżnictwa roztoczy (Acarina) na jajach korników (Scolytidae, Coleoptera). *Ekologia Polska* **1966**, 12, 161–163.
- Kinn, D.N. The life cycle and behavior of *Cercoleipus coelonotus* (Acarina: Mesostigmata): including a survey of phoretic mite associates of California Scolytidae. University of California Press, **1971**, 66 s.

- Kinn, D.N. Life cycle of *Dendrolaelaps neodisetus* (Mesostigmata: Digamasellidae), a nematophagous mite associated with pine bark beetles (Coleoptera: Scolytidae). *Environmental Entomology* **1984**, 13, 1141–1144.
- Kinn, D.N.; Witcosky, J.J. Variation in southern pine beetle attack height associated with phoretic uropodid mites. *Canadian Entomologist* **1978**, 110, 249–252.
- Kirisits, T.; Grubelnik, R.; Führer, E. Die ökologische Bedeutung von Bläuepilzen für rindenbrütende Borkenkäfer. *FBVA Berichte* **2000**, 111, 117–137.
- Kirisits, T. Der Große Lärchenborkenkäfer (*Ips cembrae*) als Überträger von Bläuepilzen. *Forstschutz Aktuell* **2004**, 32, 19–20.
- Komonen, A.; Schroeder, M.L.; Weslien, J. *Ips typographus* population development after a severe storm in a nature reserve in southern Sweden. *Journal of Applied Entomology* **2011**, 135(1–2), 132–141.
- Knížek, M. Lýkožrout modřínový *Ips cembrae* (Heer). *Lesnická práce* **2006**, 12, (Příloha): I–IV.
- Knížek, M.; Zahradník, P. Podkorní hmyz. In: Kapitola, P., Knížek, M., Baňář, P. (eds.): Výskyt lesních škodlivých činitelů v roce 2003 a jejich očekávaný stav v roce 2004. *Zpravodaj ochrany lesa. Supplementum, VÚLHM Jiloviště – Strnady* **2004**, 80, 30–39.
- Kohnle, U.; Vité, J. P.; Erbacher, C.; Bartels, J.; Francke, W. Aggregation response of European engraver beetles of the genus *Ips* mediated by terpenoid pheromones. *Entomologia Experimentalis et Applicata* **1988**, 49, 43–53.
- Krehan, H. Data sheet: *Ips cembrae* (Großer Lärchenborkenkäfer). *Forstschutz Aktuell* **2004**, 32, 9.
- Krehan, H.; Cech, T.L. Larch damage in Upper Styria. An example of the complex effects of damage agents. *Forstschutz Aktuell* **2004**, 32, 4–8.
- Krehan, H.; Steyer, G. Borkenkäfer-Monitoring und Borkenkäfer-kalamität 2004. *Forstschutz Aktuell* **2005**, 33, 12–14.
- Krüger, K.; Mills, N.J. Observations on the biology of three parasitoids of the spruce bark beetle, *Ips typographus* (Col., Scolytidae), *Coeloides bostrichorum*, *Dendrosoter middendorffii* (Hym., Braconidae) and *Rhopalicus tutela* (Hym., Pteromalidae). *Journal of Applied Entomology* **1990**, 110, 281–291.
- Lawson, S.A.; Furuta, K.; Katagiri, K. Effect of natural enemy exclusion of *Ips typographus japonicus* Nijima (Col., Scolytidae). *Journal of Applied Entomology* **1997**, 121, 89–98.

- Lieutier, F. Weight variations of adipose tissue and ovaries and variations in the length of oocytes in *Ips sexdentatus* Boern. (Coleoptera: Scolytidae); relation to parasitism by nematodes. *Annales de parasitologie humaine et comparee* **1982**, 57, 407–418.
- Lieutier, F. Parasitism of *Ips sexdentatus* (Insecta: Scolytidae) by *Parasitorhabditis ipsophila* (Nematoda: Rhabditidae). *Annales de parasitologie humaine et comparee* **1984**, 59, 507–520.
- Lindgren, B.S.; Borden, J.H.; Chong, L.; Friskie, L.M.; Orr, D.B. Factors influencing the efficiency of pheromone-baited traps for three species of ambrosia beetles (Coleoptera: Scolytidae). *Canadian Entomologist* **1983**, 115, 303–313.
- Linnakoski, R.; Jankowiak, R.; Villari, C.; Kirisits, T.; Solheim, H.; De Beer, Z.W.; Wingfield, M.J. The *Ophiostoma clavatum* species complex: a newly defined group in the Ophiostomatales including three novel taxa. *Antonie Van Leeuwenhoek* **2016**, 109, 987–1018, doi:10.1007/s10482-016-0700-y
- Lubojacký, J.; Holuša, J. Comparison of spruce bark beetle (*Ips typographus*) catches between treated trap logs and pheromone traps. *Šumarski list* **2011**, 135 (5–6), 233–242.
- Lubojacký, J.; Holuša, J. Comparison of lure-baited insecticide-treated tripod trap logs and lure-baited traps for control of *Ips duplicatus* (Coleoptera: Curculionidae). *Journal of Pest Science* **2013**, 86 (3), 483–489.
- Luitjes, J. *Ips cembrae*, a new noxious forest insect in the Netherlands. *Nederlands Bosbouw Tijdschrift* **1974**, 46, 244–246.
- Marini, L.; Ayres, M.P.; Battisti, A.; Faccoli, M. Climate affects severity and altitudinal distribution of outbreaks in an eruptive bark beetle. *Climatic Change* **2012**, 115, 327–341.
- Massey, C.L. Nematode parasites and associates of the California five-spined engraver, *Ips confusus* (Lec.). *Proceedings of the Helminthological Society of Washington* **1960**, 27, 42–44.
- Massey, C.L. Biology and taxonomy of nematode parasites and associates of bark beetles in the United States. US Government Printing office, Washington, **1974**.
- Matras, J.; Pâques, L. EUFORGEN Technical Guidelines for Genetic Conservation and Use for European Larch (*Larix Decidua*); Bioversity International: Rome, Italy, **2008**.
- Michalski, J.; Mazur, A. Korniki. Praktyczny przewodnik dla leśników. Wydawnictwo Świat, 188, Warszawa, **1999**.

- Mikusinski, G. Population trends in black woodpecker in relation to changes and characteristics of European forests. *Ecography* **1995**, 18, 363–369.
- Mills, N.J. The natural enemies of scolytids infesting conifer bark in Europe in relation to the biological control of *Dendroctonus* spp. in Canada. *Biocontrol News and Information* **1983**, 4, 305–328.
- Mills, N.J. Some observations on the role of predation in the natural regulation of *Ips typographus* populations. *Zeitschrift für angewandte Entomologie* **1985**, 99, 209–215.
- Nuorteva, M. Zur Kenntnis der parasitischen Hymenopteren der Borkenkäfer Finnlands. *Annales Entomologici Fennici* **1957**, 23, 118–121.
- Nuorteva, M. Untersuchungen über einige in den Frassbildern der Borkenkäfer lebende *Medetera*-Arten (Dipt., Dolichopodidae). *Suomen Hyönteistieteellinen Aikakauskirja* **1959**, 25, 192–210.
- OEPP/EPPO. *Ips cembrae* and *Ips subelongatus*. Bulletin OEPP/EPPO **2005**, 35, 445–449.
- Ogibin, B.N. Effect of population density on fertility in *Ips typographus* L. *Ekologiya* **1973**, 5, 66–72.
- Öhrn, P.; Långström, B.; Lindelöw, Å.; Björklund, N. Seasonal flight patterns of *Ips typographus* in southern Sweden and thermal sums required for emergence. *Agricultural and Forest Entomology* **2014**, 16, 147–157, doi.org/10.1111/afe.12044
- Økland, B.; Berryman, A. Resource dynamic plays a key role in regional fluctuations of the spruce bark beetles *Ips typographus*. *Agricultural and Forest Entomology* **2004**, 6, 141–146.
- Økland, B.; Bjørnstad, O.N. A resource depletion model of forest insect outbreaks. *Ecology* **2006**, 87, 283–290.
- Økland, B.; Christiansen, E. Analysis of data from large-scale trapping of *Ips typographus* 1979–2000. *Aktuelt Fra Skogforsk* **2001**, 7(1), 1–10.
- Overgaard, N.A. Control of the southern pine beetle by woodpeckers in central Louisiana. *Journal of Economic Entomology* **1970**, 63, 1016–1017.
- Pâques, L.; Foffová, E.; Heinze, B.; Lelu-Walter, M.A.; Liesebach, M.; Philippe, G. Larches (*Larix* sp.). In *Forest Tree Breeding in Europe. Managing Forest Ecosystems*. Dordrecht, Springer, **2013**, Volume 25.
- Pavlin, R. The catch of the larch bark beetle *Ips cembrae* (Heer) with pheromone traps in Slovenia. *Journal of Forest Science* **2001**, 47 (Special Issue 2), 143–146.

- Pettersson, E.M.; Sullivan, B.T.; Anderson, P.; Berisford, C.W.; Birgersson, G. Odor perception in bark beetle parasitoid *Roptrocercus xylophagorum* (Ratzeburg) (Hymenoptera: Pteromalidae) exposed to host associated volatiles. *Journal of Chemical Ecology* **2000**, *26*, 2507–2525.
- Pfeffer A. Kůrovec lýkožrout smrkový a boj proti němu. Lesnická knihovna 12. Praha, Brázda, **1952**, 45 s.
- Pfeffer, A. Kůrovcovití – Scolytoidea (řád brouci – Coleoptera). Fauna ČSR, sv. 6, Praha, NČSAV, **1955**, 324 s.
- Pfeffer, A. Kůrovcovití Scolytidae a jádrohlodovití Platypodidae. Praha, Academia, **1989**, 138 p.
- Pfeffer, A. Zentral- und westpaläarktische Borken- und Kernkäfer (Coleoptera: Scolytidae, Platypodidae). Basel, Pro Entomologia, **1995**, 310 s.
- Pfeffer, A.; Knížek, M. Coleoptera: Curculionoidea 2 (Scolytidae and Platypodidae). In: Rozkošný, R., Knížek, M. (eds.): Terrestrial Invertebrates of the Pálava Biosphere Reserve of UNESCO, III, Folia Facultatis Scientiarum Naturalium Universitatis Masarykianae Brunensis. *Biologia* **1996**, *94*, 601–607.
- Postner, M. *Ips cembrae*. In: Schwenke, W., (ed.): Die Forstschädlinge Europas. II. Band. Käfer. Hamburg, Paul Parey, **1974**, p. 458–459.
- Ramisch, H. Host location by *Trypodendron domesticum* and *Trypodendron lineatum* (Coleoptera: Scolytidae). *Zeitschrift für Angewandte Zoologie* **1986**, *73*, 159–198.
- Rebenstorff, H.; Francke, W. The large larch bark beetle: monitoring with attractants. *Allgemeine Forst- und Jagdzeitung* **1982**, *37*, 450.
- Redfern, D. B. The roles of the bark beetle *Ips cembrae*, the woodwasp *Urocerus gigas* and associated fungi in dieback and death of larches. In: Wilding, N., N. M. Collins, P. M. Hammond, J. F. Webber, (eds.), Insect fungus interactions, 14th symposium of the Royal Entomological Society of London in collaboration with the British Mycological Society. Academic Press, **1989**, 195–204.
- Renwick, J.A.A.; Dickens, J.C. Control of pheromone production in the bark beetle, *Ips cembrae*. *Physiological Entomology* **1979**, *4*, 377–381.
- Rohde, M. Physiological investigations into susceptibility, defence reactions and resistance, in relations between larch and the larch bark beetle (*Ips cembrae*). *Mitteilungen der Deutschen Gesellschaft für Allgemeine und Angewandte Entomologie* **1995**, *10*, 51–54.

- Rohde, M.; Waldmann, R.; Lunderstandt, J. Induced defence reaction in the phloem of spruce (*Picea abies*) and larch (*Larix decidua*) after attack by *Ips typographus* and *Ips cembrae*. *Forest and Ecology Management* **1996**, 86, 51–59.
- Rühm, W. Die nematoden der ipiden. Parasitologische schriftenreihe 6. Fischer, Jena, **1956**.
- Ryall, K.L.; Fahrig, L. Response of predators to loss and fragmentation of prey habitat: A review of theory. *Ecology* **2006**, 87, 1086–1093.
- Sachtleben, H. Die parasitischen Hymenopteren des Fichtenborkenkäfers *Ips typographus* L. *Beitrage zur Entomologie* **1952**, 2, 137–189.
- Sallé, A.; Baylac, M.; Lieutier, F. Size and shape changes of *Ips typographus* L. (Coleoptera: Scolytinae) in relation to population level. *Agricultural and Forest Entomology* **2005**, 7, 297–306.
- Samaniego, L.; Thober, S.; Kumar, R.; Wanders, N.; Rakovec, O.; Pan, M.; Zink, M.; Sheffield, J.; Wood, E.F.; Marx, A. Anthropogenic warming exacerbates European soil moisture droughts. *Nature Climate Change* **2018**, 8, 421–426.
- Samson, P.R. The biology of *Roptrocercus xylophagorum* (Hym., Torymidae), with a note on its taxonomic status. *Entomophaga* **1984**, 29, 287–298.
- Schebeck, M.; Schopf, A. Temperature-dependent development of the European larch bark beetle, *Ips cembrae*. *Journal of Applied Entomology* **2017**, 141, 322–328.
- Schimitschek, E. Der achtzahnige Larchenborkenkäfer *Ips cembrae* Heer, Zur Kenntnis seiner Biologie und Ökologie sowie seines Lebensvereins. *Journal of Applied Entomology* **1931**, 17, 253–344.
- Schlyter, F.; Anderbrant, O. Competition and niche separation between two bark beetles: existence and mechanisms. *Oikos* **1993**, 68, 437–447.
- Schneider, H. J. Experience in the control of the large larch bark beetle in stands of low vitality. *Allgemeine Forst Zeitschrift* **1977**, 32, 1115–1116.
- Schremmer, F. Beobachtungen über den Triebfrass des achtzahnigen Larchenborkenkäfers (*Ips cembrae* Heer) im Wienerwald. (Observations of shoot excavations of *I. cembrae* in the Wienerwald). *Zeitschrift für angewandte Entomologie* **1955**, 38(2), 217–233.
- Schwerdtfeger, F. Die Waldkrankheiten: Lehrbuch der Forstpathologie und des Forstschutzes, 4th ed.; Paul Parey: Hamburg/Berlin, Germany, **1981**.
- Smejkal, J. Generel rekonstrukcí porostů náhradních dřevin v imisní oblasti východního Krušnohoří. Jablonec nad Nisou, Lesprojekt, **1994**, 90 s.

- Stauffer, C.; Kirisits, T.; Nussbaumer, C.; Pavlin, R.; Wingfield, M.J. Phylogenetic relationships between the European and Asian eight spined larch bark beetle populations (Coleoptera, Scolytidae) inferred from DNA sequences and fungal associates. *European Journal of Entomology* **2001**, 98 (1), 99–105.
- Stoakley, J. T.; Bakke, A.; Renwick, J.A.A.; Vité, J.P. The aggregation pheromone system of the larch bark beetle, *Ips cembrae* Heer *Zeitschrift für angewandte Entomologie* **1978**, 86, 174–177.
- Stratmann, J. Borkenkäferkalamität 2003 was haben wir gelernt, sind wir für 2004 gerüstet? *Forst und Holz* **2004**, 59, 166–169.
- Sullivan, B.T.; Seltmann, K.C.; Berisford, C.W. A simple continuous-rearing technique for the bark beetle parasitoid, *Roptrocerus xylophagorum* (Ratzeburg). *Journal of Entomological Science* **1999**, 4, 260–264.
- Suzuki, S.; Imada, H. Effect of temperatures on the developmental period of *Ips cembrae* (Heer) (Coleoptera: Scolytidae). *Journal of the Japanese Forestry Society* **1993**, 75(6), 538–540.
- Šrot, M. Někteří nové poznatky o zakládání sesterského pokolení lýkožrouta modřínového (*Ips cembrae* Heer.) v CSR. Some recent findings on the establishment of the sister generation of the larch bark beetle (*Ips cembrae* Heer.) in Czechoslovakia. *Lesnictví* **1976**, 22(12), 979–996.
- Švestka, M.; Hochmut, R.; Jančařík, V. Praktické metody v ochraně lesa. Kostelec nad Černými lesy, Lesnická práce, **1996**, 309 s.
- Takov, D.; Doychev, D.; Linde, A.; Draganova, S.; Pilarska, D. Pathogens of bark beetles (Coleoptera: Curculionidae) in Bulgarian forests. *Phytoparasitica* **2011**, 39, 343–352.
- Thalenhorst, W. Grundzüge der Populationsdynamik des großen Fichtenborkenkäfers *Ips typographus* L. Schriften aus der Forstlichen Fakultät der Universität Göttingen, **1958**, 21, 1–126.
- Thong, C.H.S.; Webster, J.M. Effects of the bark beetles nematode, *Contortylenchus reversus* on gallery construction, fecundity and egg viability of the douglas fir beetle *Dendroctonus pseudotsugae* (Coleoptera: Scolytidae). *Journal of Invertebrate Pathology* **1975**, 26, 235–238.
- Terasaki, Y.; Yosida, N.; Fukuyama, K.; Furuta, K. Response of *Larix leptolepis* to inoculated *Ips cembrae*. *Bulletin of the Tokyo University Forests* **1987**, 77, 19–30.
- Török, J. Food resource partitioning between two *Dendroctonus* species during the breeding season. *Opuscula Zoologica Budapest* **1988**, 23, 197–202.

- Trenberth, K.E.; Dai, A.; van der Schrier, G.; Jones, P.D.; Barichivich, J.; Briffa, K.R.; Sheffield, J. Global warming and changes in drought. *Natural Climate Change* **2014**, *4*, 17–22.
- Vakula, J.; Zúbrik, M.; Kunca, A. Nové metody ochrany lesa. NLC, Zvolen, **2015**, 292 s.
- Vanická, H.; Holuša, J.; Resnerová, K.; Ferenčík, J.; Potterf, M.; Věle, A.; Grodzki, W. Interventions have limited effects on the population dynamics of *Ips typographus* and its natural enemies in the Western Carpathians (Central Europe). *Forest Ecology and Management* **2020**, 470–471.
- Warzee, N.; Gilbert, M.; Grégoire, J.C. Predator/prey ratios: a measure of bark beetle population status influenced by stand composition in different French stands after the 1999 storms. *Annals of Forest Science* **2006**, *63*, 301–308.
- Watzek, G.; Niemeyer, H. Verminderung der Borkenkäfergefahr durch Harvesterntechnik und Arbeitsorganisation. *Forst Holz* **1996**, *51*, 247–250.
- Wegensteiner, R. Pathogens in bark beetles. 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, Dordrecht, **2004**, 291–313.
- Wegensteiner, R.; Dedryver, C.A.; Pierre, J.S. The comparative prevalence and demographic impact of two pathogens in swarming *Ips typographus* adults: a quantitative analysis of long term trapping data. *Agricultural and Forest Entomology* **2010**, *12*, 49–57.
- Weiser, J. Patogenní organismy. Lýkožrout smrkový (*Ips typographus* L.) a jeho kalamity. In: Der Buchdrucker und seine Kalamitäten. Skuhrový, V. (ed.) Praha, Agrospoj, **2002**, 97–100.
- Weiser, J.; Mráček, Z. Parasitic nematodes of the insects. Praha, Academia, **1988**.
- Wenk M. Lärchenborkenkäfer (*Ips cembrae*). Waldschutz-Merkblatt 54. Ministerium für Infrastruktur und Landwirtschaft des Landes Brandenburg. Publishers Werbeagentur Medien und Verlag GmbH, **2010**, 34 s.
- Wermelinger, B. Development and distribution of predators and parasitoids during two consecutive years of an *Ips typographus* (Col., Scolytidae) infestation. *Journal of Applied Entomology* **2002**, *126*, 521–527.
- Wermelinger, B. Ecology and management of the spruce bark beetle *Ips typographus* – a review of recent research. *Forest Ecology and Management* **2004**, *202*, 67–82.
- Wermelinger, B.; Seifert, M. Analysis of the temperature dependent development of the spruce bark beetle *Ips typographus* (L.) (Col., Scolytidae). *Journal of Applied Entomology* **1998**, *122*, 185–191.

- Weslien, J. Interaction within and between species at different densities of bark beetle *Ips typographus* and its predator *Thanasimus formicarius*. *Entomologia Experimentalis et Applicata* **1994**, 71, 133–143.
- Weslien, J.; Schroeder Yamaguchi, T.; Sasaki, K.; Matsuzaki, S. Reaction of Japanese larch inoculated with *Ceratocystis piceae*. Annual Report of the Hokkaido Research Center, Forestry and Forest Products Research Institute, **1989**, p. 75–79.
- Westhuizen van der, K.; Wingfield, M.; Yamaoka, Y.; Kemp, G. H. J.; Crous, P.W. A new species of *Ophiostoma* with a *Leptographium* anamorph from larch in Japan. *Mycological Research* **1995**, 99, 1334–1338.
- Wirth, S.F.; Weis, O.; Pernek, M. A comparison of phoretic mites associated with bark beetles *Ips typographus* and *Ips cembrae* from Central Croatia. *Šumarski List* **2016**, 11–12, 561–572.
- Yamaoka, Y.; Wingfield, M.J.; Ohsawa, M.; Kuroda, Y. Ophiostomatoid fungi associated with *Ips cembrae* in Japan and their pathogenicity to Japanese larch. *Mycoscience* **1998**, 39(4), 367–378.
- Zahradník, P.; Holuša, J.; Janauer, V.; Jurásek, A.; Kacálek, D.; Novák, J.; Pešková, V.; Slodičák, M.; Šrámek, V.; Zahradníková, M. Metodická příručka integrované ochrany rostlin pro lesní porosty. Lesnická práce, Kostelec nad Černými lesy, **2014**, 335 s.
- Zahradníková, M.; Zahradník, P. Ochrana skládek dřeva před napadením lýkožroutem smrkovým – *Ips typographus* (L.) (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae). Certifikovaná metodika. Lesnický průvodce, **2015**, 7/2015, 1–20.
- Zákon č. 299/2017 Sb., kterým se mění zákon č. 326/2004 Sb., o rostlinolékařské péči a o změně některých souvisejících zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a další související zákony. Datum účinnosti zákona 1. 12. 2017.
- Zhang, Q.H.; Birgersson, G.; Schlyter, F.; Chen-Guo, F. Pheromone components in the larch bark beetle, *Ips cembrae*, from China: quantitative variation among attack phases and individuals. *Journal of Chemical Ecology* **2000**, 26(4), 841–858.
- Zhang, Q.H.; Byers, J.A.; Schlyter, F. Optimal attack density in the larch bark beetle, *Ips cembrae* (Coleoptera: Scolytidae). *Journal of Applied Ecology* **1992**, 29(3), 672–678.
- Zhang, Q.H.; Schlyter, F.; Chen, G.; Wang, Y. Electrophysiological and behavioral responses of *Ips subelongatus* to semiochemicals from its hosts, non-hosts, and conspecifics in China. *Journal of Chemical Ecology* **2007**, 33(2), 391–404.

Zúbrik, M.; Kunca, A.; Novotný, J. Hmyz a huby. Zvolen, Národné lesnícke centrum **2008**, 178 s.

Zumr, V. Hibernation of spruce bark beetle *Ips typographus* (Col.; Scolytidae) in soil litter in natural and cultivated picea stands. *Acta Entomologica Bohemoslovaca* **1982**, 79, 166–39.

8.2 Publikace, které předcházely metodice

Grucmanová, Š.; Holuša, J.; Čermák, V.; Nermuť, J. Nematodes associated with *Ips cembrae* (Coleoptera: Curculionidae): comparison of generations, sexes and sampling methods. *Journal of Applied Entomology* **2016**, 140, 395–403, doi:10.1111/jen.12269.

Grucmanová, Š.; Holuša, J.; Trombik, J.; Lukášová, K. Large larch bark beetle *Ips cembrae* (Coleoptera: Curculionidae, Scolytinae) in the Czech Republic: analysis of population development and catches in pheromone traps. *Forestry Journal* **2014**, 60, 143–149, doi:10.2478/forj-2014-0015.

Holuša, J.; Lukášová, K.; Wegensteiner, R.; Grodzki, W.; Pernek, M.; Weiser, J. Pathogens of the bark beetle *Ips cembrae*: microsporidia and gregarines also known from other *Ips* species. *Journal of Applied Entomology* **2013**, 137, 181–187, doi:10.1111/j.1439-0418.2012.01717.x.

Holuša, J.; Kula, E.; Wewiora, F.; Lukášová, K. Flight activity, within the trap tree abundance and overwintering of the larch bark beetle (*Ips cembrae*) in Czech Republic. *Šumarski list* **2014**, 138, 19–27.

Jankowiak, R.; Strzałka, B.; Bilański, P.; Kacprzyk, M.; Lukášová, K.; Linnakoski, R.; Matwiejczuk, S.; Misztela, M.; Rossa, R. Diversity of Ophiostomatales species associated with conifer-infesting beetles in the Western Carpathians. *European Journal of Forest Research* **2017**, 136, 939–956, doi:10.1007/s10342-017-1081-0.

Kula, E. Synusie of spruce bark beetle parasites at forest district Chuchelná. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis, C* **1986**, 55, 103–143.

Resnerová, K.; Holuša, J.; Surový, P.; Trombik, J.; Kula, E. Comparison of *Ips cembrae* (Coleoptera: Curculionidae) capture methods: small trap trees caught the most beetles. *Forests* **2020**, 11, 1275; doi:10.3390/f11121275

APPLICATION OF THE PRINCIPLES OF INTEGRATED PEST MANAGEMENT AGAINST LARGE LARCH BARK BEETLE (*IPS CEMBRAE* (HEER, 1836))

Summary

Preventive measures against *Ips cembrae* are based on the thorough removal of wood and branches suitable for the development of this species. This means the processing of all infested wood and the transport of wood from the forest before new-generation beetles leave the wood. Because *I. cembrae* can develop even in thin material with diameter thicker than 3 cm (treetops and branches), it is also necessary to ensure the remediation of residues by burning or chipping. This is necessary to apply at increased population densities (discovery of abandoned infested trees) throughout the year (from March) due to the early onset of flight activity and almost continuous activity of adults.

Control measures should be applied in larch stands of all ages, especially in weakened forest stands, mainly in periods of drought. Infested larches are searched visually according to sawdusts and drops of resin on the trunk. Sawdusts fallen out from entry holes are often heavily impregnated with resin, and therefore are caught on bark scales of the stem and trunk flares. Resin is leaking very densely on the trunk of vital trees infested by bark beetles but is weak on weakened trees or in the case of a mass attack of bark beetles.

The barrier traps with pheromone lures are very suitable to estimate the beginning of *I. cembrae* flight activity. However, traps must be placed in the forests at the latest in March because *I. cembrae* could be active very early at the beginning of spring. Pheromone traps likely attract beetles from great distances, therefore we estimate using of one trap per every 100 ha. Thus, it is better to use this method than trap trees that catch beetles only occasionally in epidemic population.

In epidemic populations of *I. cembrae* we can also use trap trees to signal flight activity. Trap trees also capture larger numbers of beetles than other capture devices and can thus help slow population growth at the beginning of the season. We prepare the trap tree in February. The signal of the trunk's attack is piles of brown crumbs around the entry holes.

The most effective control method against *I. cembrae* is a thorough search and timely remediation of all infested material. The basis is not only to find infested

trees but also to eliminate cut-off strong branches and tops of trees, on which the larch tree can also multiply. It is possible that the overwintering beetles completely escape attention because they can begin to fly early and can reproduce before the beginning of the vegetation season. Infested trees must be searched continuously because the *I. cembrae* imagoes are active throughout the growing season. The highest risk of attack occurs from the beginning of June and lasts until mid-July when a offspring generation appears. Trees infested with bark beetles are easy to find because they are infested from the upper part of the trunk and crumbs gather at the base of the tree. Capture measures do not represent a real control method that could lead to suppressing an outbreak.

SEZNAM OBRÁZKŮ

- Obr. 1: Evidovaný objem modřínového kůrovcového dříví vytěženého v České republice v letech 1996-2019 (data LOS).
- Obr. 2: Imago lýkožrouta modřínového. Foto: H. Vanická
- Obr. 3: Závrťový otvor lýkožrouta modřínového s hnědými drtinkami na stromovém lapáku. Foto: K. Resnerová
- Obr. 4: Detail tykadlové paličky lýkožrouta modřínového z rastrovacího mikroskopu. Foto: H. Vanická
- Obr. 5: Detail zádě krovek lýkožrouta modřínového z rastrovacího mikroskopu. Foto: H. Vanická
- Obr. 6: Požerek lýkožrouta modřínového v lýku na kmeni v počáteční fázi vývoje s matečnými chodbami a vajíčky. Foto: K. Resnerová
- Obr. 7: Požerek lýkožrouta modřínového v lýku na borce v pokročilé fázi vývoje s matečnými a larválními chodbami. Foto: K. Resnerová
- Obr. 8: Srovnání detailů determinačních znaků u nejběžnějších kůrovců rodu *Ips*.
- Obr. 9: Objemy vytěženého dříví napadeného *Ips cembrae* v jednotlivých okresech vztahených k ploše modřínových lesů v ($\text{m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$) v období let 1994–2019.
- Obr. 10: Porostní plocha modřínu *Larix* sp. na území obcí s rozšířenou působností. Zdroj: ÚHUL, 2019 (orig. J. Špoula).
- Obr. 11: Ležící modřínový lapák připravený pro odchyt lýkožrouta modřínového. Foto: E. Kula.
- Obr. 12: Vztah mezi počtem odchycených *I. cembrae* (body) na lapácích a objemem stromového lapáku. Upraveno podle Resnerová et al. 2020.
- Obr. 13: Srovnání jednotlivých metod určených k odchycení přezimujících imag lýkožrouta modřínového. Upraveno podle Resnerová et al. 2020.
- Obr. 14: Závrťové otvory lýkožrouta modřínového s hnědými drtinkami na těžebním odpadu. Foto: E. Kula



Výzkumný ústav
lesního hospodářství
a myslivosti, v. v. i.

www.vulhm.cz

LESNICKÝ PRŮVODCE 2/2021