

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

Fakulta lesnická a dřevařská

Katedra ochrany lesa a entomologie



Srovnání infekční nákazy neogegariny *Mattesia schwenkei*  
u přerojujících se brouků *Ips typographus*

Bakalářská práce

Vypracovala: Petra Kopřivová

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

2015

### **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma srovnání infekční nákazy neogegariny *Mattesia schwenkei* u přerojujících se brouků lýkožrouta smrkového (*Ips typographus*) vypracovala samostatně pod vedením prof. Ing. Jaroslav Holuša, Ph.D., a použila jen prameny, které uvádím v seznamu použitých zdrojů.

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

V.....dne .....

Podpis autora

# ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Katedra ochrany lesa a entomologie

Fakulta lesnická a dřevařská

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Petra Kopřivová

Hospodářská a správní služba v lesním hospodářství

Název práce

Srovnání infekční nákazy neogregariny *Mattesia schwenkei* u "přerojujících se brouků *Ips typographus*

Název anglicky

Comparison of infection level of neogregarinid *Mattesia schwenkei* in reemerged *Ips typographus* beetles

---

Cíle práce

Srovnat infekční nákazy *Mattesia schwenkei* v dospělých *Ips typographus* odebraných z napadených stromů a brouků přerojujících se

Metodika

- v červenci v Krkonoších se odebere materiál cca 200 brouků z napadených stromů
- deset špalků se založí do fotoeklektorů a odeberou se přerojující se brouci
- veškerý materiál se vyšetří patologicky
- srovnají se infekční nákazy ve vzorcích

## Doporučený rozsah práce

30s.

## Klíčová slova

Ips typographus, Mattesia schwenkei, feromonové lapače, kůrovcové stromy

---

## Doporučené zdroje informací

- BOTTERWEG P. F. 1982: Dispersal and flight behaviour of the spruce bark beetle *Ips typographus* in relation to sex, size and fat content. *Journal of Applied Entomology* 94: 466-489.
- HÄNDEL U., WEGENSTEINER R., WEISER J. & ŽIŽKA Z. 2003: Occurrence of pathogens in associated living bark beetles (Col., Scolytidae) from different spruce stands in Austria. *Journal of Pest Science* 76: 22-32.
- HOLUŠA J., WEISER J. & ŽIŽKA Z. 2009: Pathogens of the spruce bark beetles *Ips typographus* and *Ips duplicatus*. *Central European Journal of Biology* 4: 567-573.
- WEGENSTEINER R. & WEISER J. 2004: Annual variation of pathogen occurrence and pathogen prevalence in *Ips typographus* L. (Col, Scolytidae) from the BOKU University Forest Demonstration Centre. *Journal of Pest Science* 77: 221-228.
- WEGENSTEINER R., DEDRYVER C. A. & PIERRE J. S. 2010: 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* 12: 49-57.
- WEGENSTEINER R. 2004: Pathogens in bark beetles. In: Lieutier F., Day K. R., Battisti A., Gregoire J. C. & Evans H. F. (eds.) *Bark and wood boring insects in living trees in Europe, a synthesis*. Kluwer, Dordrecht, pp. 291-313.
- WEISER J. 2002: Patogenní organismy. In: Skuhřavý V. (ed.): *Lýkožrout smrkový (Ips typographus L.) a jeho kalamity. Der Buchdrucker und seine Kalamitäten*. Agrospoj, Praha, pp. 97-100.
- WERMELINGER B. 2004: Ecology and management of the spruce bark beetle *Ips typographus* a review of recent research. *Forest Ecology and Management* 202: 67-82.

---

## Předběžný termín obhajoby

2015/06 (červen)

## Vedoucí práce

prof. Ing. Jaroslav Holuša, Ph.D.

Elektronicky schváleno dne 19. 2. 2014

**prof. Ing. Jaroslav Holuša, Ph.D.**

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 19. 2. 2014

**prof. Ing. Marek Turčáni, Ph.D.**

Děkan

V Praze dne 11. 04. 2015

## Poděkování

Chtěla bych především poděkovat mému vedoucímu panu prof. Ing. Jaroslavovi Holušovi, Ph.D. za odborné vedení práce, vstřícnost při konzultačních hodinách a za cenné rady, které mi při zpracování bakalářské práce věnoval. Také bych chtěla poděkovat mojí rodině za podporu při studiu.

Petra Kopřivová

**Abstrakt:**

Cílem této práce bylo srovnání infekčních nákaz u lýkožrouta smrkového (*Ips typographus*). Onemocnění bylo srovnáno u mateřských, sesterských a dceřiných brouků. Z Krkonoš byli přivezeni brouci I. smrkového v červnu roku 2013. Část brouků byla odebírána přímo na místě v Krkonoších z napadených a pokácených stromů. Ostatní brouci I. smrkového byli přivezeni ve dřevě. Strom byl již v Krkonoších rozdělen na deset stejných částí a na území ČZU byly kusy dříví vloženy do fotoelektru. V létě roku 2013 byli brouci po 3-4 dnech vybírány do malých lahvíček, které byly uchovávány v mrazícím zařízení. Brouci byli postupně vypitváni v laboratoři za pomoci mikroskopu a malých pinzet. Celkem bylo vypitváno 1037 brouků. Pod velkým mikroskopem byly rozeznány nemoci a paraziti lýkožrouta smrkového.

Objevíme následující parazity Nematoda střevní, Nematoda tělní, Nematoda vajíčka. Dále patetogenní organismy: *Gregarina typographi*, *ItEPV* a *Mattesia schwenkei*. Ve výsledcích byly objeveny tyto hlístovky: *Parasitylenchus dispar*, *Contortylenchus diplogaster* a junivelní střevní a emocoelové *Tylenchyda*.

Výrazně byly zastoupeny hlístovky hemoceolu, *Mattesia schwenkei* a *Parasitylenchus dispar*. Jedná se o nepřímý důkaz, že především *Mattesia schwenkei* ovlivňuje letové schopnosti brouků.

**Klíčová slova:**

*Ips typographus*, *Mattesia schwenkei*, feromonové lapače, kůrovcové stromy

**Abstract:**

The aim of this study was to compare an infectious disease of spruce bark beetle (*Ips typographus*). The disease was compared between parent, F1 and reemerged beetles. Maternal beetles were collected from infested trees in the Giant Mountains. The other tree was divided into ten equal parts, and logs were put into emergence traps. In the summer 2013, beetles were collected each 3-4 days and were stored in a freezer. Beetles were gradually dissected in the laboratory using a microscope and small tweezers. At total 1037 beetles were studied. The major diseases and parasites of bark beetle were recognized under light microscope.

We discovered following intestinal nematode, Nematoda in hemocoel, eggs nematods. Furthermore pathogens *Gregarina typographi*, *ItEPV* and *Mattesia schwenkei* were found. These nematodes *Parasitylenchus dispar*, *Contortylenchus diplogaster* and juvenil *Tylenchyda* were discovered.

Significantly more hemoceolu nematodes, *Mattesia schwenkei* and *Parasitylenchus dispar* were found in reemerged beetles. This is an indication that *Mattesia schwenkei* could affect flying skills of beetles.

**Key words:**

*Ips typographus*, *Mattesia schwenkei*, pheromone traps, bark beetle trees

## **OBSAH**

<b>1 ÚVOD.....</b>	<b>10</b>
<b>2 CÍLE PRÁCE.....</b>	<b>12</b>
<b>3 LITERÁRNÍ PŘEHLED.....</b>	<b>13</b>
<b>3.1 MORFOLOGIE VÝVOJOVÝCH STÁDIÍ – LÝKOŽROUTA SMKOVÉHO (IPS TYPOGRAPHUS) .....</b>	<b>13</b>
3.1.1 POPIS VAJÍČKA.....	13
3.1.2 POPIS LARVY .....	13
3.1.3 POPIS KUKLY.....	14
3.1.4 POPIS DOSPĚLCE.....	14
<b>3.2 ZPŮSOB ŽIVOTA LÝKOŽROUTA SMRKOVÉHO (IPS TYPOGRAPHUS) .....</b>	<b>15</b>
3.2.1 VÝVOJOVÝ CYKLUS – ŽIVOTNÍ CYKLUS.....	16
3.2.2 DENNÍ AKTIVITA .....	17
3.2.3 NÁLETY BROUKŮ NA STROMY.....	17
3.2.4 LETOVÁ AKTIVITA.....	17
3.2.5 DIAPAUZA.....	18
3.2.6 PŘEZIMOVÁNÍ.....	18
3.2.7 POŽERKY.....	19
3.2.8 MATEČNÉ CHODBY .....	19
3.2.9 SESTERSKÉ POKOLENÍ .....	20
<b>3.3 FAKTORY OVLIVŇUJÍCÍ VÝVOJ LÝKOŽROUTA SMKOVÉHO (IPS TYPOGRAPHUS) .....</b>	<b>20</b>
3.3.1 ABIOTICKÉ.....	20
3.3.3.1 SVĚTLO.....	20
3.3.3.2 TEPLOTA .....	21
3.3.3.3 VLHKOST.....	21
3.3.3.4 PROUDĚNÍ VZDUCHU .....	21
3.3.3.5 ELEKTROMAGNETICKÉ A GEOMAGNETICKÉ POLE .....	22
3.3.2 BIOTICKÉ.....	22
3.3.3 PŘIROZENÍ NEPŘÁTELÉ.....	22
<b>3.4 ÚMRTNOST LÝKOŽROUTA SMKOVÉHO (IPS TYPOGRAPHUS) .....</b>	<b>23</b>
3.4.1 VAJÍČKA .....	23
3.4.2 LARVY .....	24
3.4.3 KUKLY.....	25
3.4.4 DOSPĚLCI .....	25



<b>3.5 PATOGENNÍ ORGANISMY LÝKOŽROUTA SMRKOVÉHO</b>	
<b>(IPS TYPOGRAPHUS) .....</b>	<b>25</b>
3.5.1 VIRY .....	26
3.5.2 PROVOCI (PROTOZOA).....	27
3.5.2.1 HROMADINKY (APICOMLEXA) .....	28
3.5.2.2 MĚŇAVKY (RHIZOPODA) .....	28
3.5.3 MICROSPORIDIE (ZYGOMYCETES: MICROSPODIDIA) .....	29
3.5.3.1 CHYTRIDIOPSIS TYPOGRAPHI WEISER .....	29
3.5.4 HOUBY (FUNGI).....	30
<b>3.6 ZPŮSOBY HUBENÍ LÝKOŽROUTA SMKOVÉHO (IPS TYPOGRAPHUS) .....</b>	<b>31</b>
3.6.1 HLÍSTICE.....	31
3.6.2 ZELENÉ ŘASY.....	31
3.6.3 PARAZITOIDI .....	31
<b>4 METODIKA.....</b>	<b>32</b>
<b>5 VÝSLEDKY .....</b>	<b>33</b>
<b>6 DISKUZE .....</b>	<b>40</b>
<b>7 ZÁVĚR.....</b>	<b>42</b>
<b>8 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY .....</b>	<b>43</b>
<b>9 SEZNAM OBRÁZKŮ.....</b>	<b>46</b>
<b>10 SEZNAM TABULEK .....</b>	<b>47</b>

# 1 ÚVOD

Lýkožrout smrkový (*Ips typographus*) patří ve střední Evropě mezi nejvýznamnější škůdce starších smrkových porostů (Skuhravý 2002). Patří mezi největší kůrovce z hlediska velikosti jeho těla (Kindelmann et al. 2012). L. smrkový je řazen mezi agresivní kůrovce. (Pfeffer 1989). Vyskytuje se nejčastěji ve smrkových porostech nad 60let, především na osluněných porostních stěnách (Zahradník, Knížek 2007). Původně byl popsán jako *Dermester typographus* v Linné roku 1758. Ze základních principů bylo nutné nechat jeho rodové označení *Ips*. Francouzský badatel De Geer zavedl označení rodu *Ips* v roce 1775 (Skuhravý 2002).

Rod *Ips* zahrnuje v České republice celkem šest druhů brouků (Zahradník, Knížek 2007). Řadí se do čeledi nosatcovitých (*Curculionidae*) a podčeledi kůrovcovitých (*Scolytinae*). *I. typographus* je malý do hněda zbarvený brouk, dlouhý mezi 4,8-5,5 mm, lesklý a široký přibližně 1,9 mm (Skuhravý 2002). V místních podmínkách má obvykle dvě a někdy až tři generace ročně. Vývoj a počet generací je závislý na počasí na jaře a v létě. Nejvíce jeho vývoj ovlivňuje teplota. Ke konci dubna začíná u *I. typographus* první rojení, kdy brouci vylétávají z kůry stromů a hledají vhodné stromy pro založení nové generace. Při rojení je poměr pohlaví 1:1. Druhé rojení probíhá v létě přibližně od začátku června do začátku srpna. Za příznivých podmínek může začít i třetí rojení, které probíhá okolo konce srpna až do září. U třetí generace zpravidla nedochází k dokončení vývoje brouků (Skuhravý 2002).

*I. typographus* se řadí mezi sekundární škůdce. Napadá čerstvě vytěžené smrkové dříví, polomy a fyziologicky oslabené stromy například imisemi, suchem nebo václavkou. Pokud nemá lýkožrout dostatek potravy, začne napadat i stromy zdravé (Zahradník, Geráková 2010).

L. smrkový je řazen mezi ekonomicky nejvýznamnější škůdce. Napadá hospodářské a přirozené smrkové porosty, v Evropě a Asii. Význam lýkožrouta je spojován s hospodářským pěstováním smrku ztepilého (*Picea abies*). Napadením poškozených stromů začne kůrovec dřevinu postupně rozkládat. Pomáhá tím dynamice lesního ekosystému, koloběhu živin a v první řadě udržení biodiverzity (Wermelinger 2004).

Kůrovec má i své nepřátele, kteří snižují jeho populační hustotu. Jeho přirozenými nepřáteli jsou dravci (predátoři) a cizopasníci (parazitoidi). Dravci napadají převážně kukly a larvy, cizopasníci napadají vnitřní orgány těla, kde dochází k jejich vývoji.

Endoparazitoidi I. smrkového jsou paraziti, kteří cizopasí mimo tělo hostitele (Skuhravý 2002).

U *I. typographus* bylo zjištěno deset onemocnění zahrnující prvoky, viry a mikrosporidie (Skuhravý 2002). Nás zajímala infekční nákaza *Mattesia schwenkei* vyskytující se ve střevech, které zaplní bílými sporami, a její vliv na přerostání *I. typographus*. Infekční nákaza se vyskytuje ve střevech, které zaplní bílými sporami.



Obr. 1 Lýkožrout smrkový (Photo: <http://www.atlaszvirat.cz/lykozrout-smrkovy-303>)

## 2 CÍLE PRÁCE

Cílem této práce je srovnání infekčních hladin nákaz u brouků *I. typographus*. Především srovnání infekční hladiny u *Mattesia schwenkei*. Infekční hladiny se porovnávaly u mateřských, sesterských a dceřiných brouků. Naše hypotéza měla potvrdit, že napadení brouci 1. smrkového nevylétají ze dřeva ven, nýbrž ve dřevě zůstávají a umírají.

### 3 LITERÁRNÍ PŘEHLED

#### 3.1 MORFOLOGIE VÝVOJOVÝCH STÁDIÍ – LÝKOŽROUTA SMRKOVÉHO – (*IPS TYPOGRAPHUS*)

##### 3.1.1 Popis vajíčka

Vajíčko je oválné a drobné. Úměrné velikosti těla samičky. Vajíčka mají měkkou, jemnou a průhlednou skořápku. Na začátku vývoje jsou vajíčka bílá a později se na jejich povrchu objevuje stín zárodku (Pfeffer 1955).



Obr. 2 Vajíčko (<http://www.ceskatelevize.cz/porady/10214729714-kapitolky-o-haveti/209572230550007-kurovec>)

##### 3.1.2 Popis larvy

Larva je druhým vývojovým stadiem kůrovce. Je to beznohá larva bílé barvy s hnědou hlavou. Na lebeční schránce vyrůstají silná, ozubená kusadla prvního páru a pod nimi jsou kusadla páru druhého. Pod druhými páry kusadel se nachází lalok, který je pokrytý silnými ostny. Ve třetím páru se vyvíjí další kusadla, která srůstají ve spodní pysk (Pfeffer 1955).



Obr. 3 Larva (<http://www.invasive.org/browse/subinfo.cfm?sub=888>)

### 3.1.3 Popis kukly

Kukla je bělavé barvy a je volná. Je u ní vidět tvar hotového brouka. Kukla má povrch dosti odlišný. Má devět zadečkových článků. Poslední nese silnější háčky, které míří do stran. Jsou uzpůsobeny pomáhat kukle se opírat o stěnu kolébky, ve které kukla odpočívá (Pfeffer 1955).



Obr.4 Kukla ([www.lykozrout.fld.czu.cz/lykozrout.php](http://www.lykozrout.fld.czu.cz/lykozrout.php))

### 3.1.4 Popis dospělce

Vylíhnutý brouk je již dospělec. Z počátku je nažloutlý a postupně jeho barva přechází do hnědé až černé barvy. Z počátku je brouk velmi křehký. Jsou na něm vidět paličkovitá tykadla a jemné ochlupení na těle (Pfeffer 1955). Dozrávání pohlavních orgánů je spojováno se zralostním (úživným) žírem. Za dobrých podmínek trvá dva až více týdnů (Kindelmann, et al. 2012).



Obr. 5 Dospělec ([www.lykozrout.fld.czu.cz/lykozrout.php](http://www.lykozrout.fld.czu.cz/lykozrout.php))

Kůrovec je malý hnědý někdy až černohnědý lesklý brouk se světle žlutými chloupky. Tykadla má paličkovitá s lomeným švem, které jsou žlutavé barvy. Na paličce jsou znatelné zprohybané švy. (Pfeffer 1955). L. smrkový dorůstá do velikosti okolo 4-5,5mm. V přední části má štít s hrboleky a v zadní části je jemně tečkovaný. Krovky jsou 1,35 krát dlouhé než štít. Jeho krovky mají válcovitý tvar. Mezery mezi řádkami teček jsou hnědé barvy. Prohlubeň sklonu na krovkách je vroubená a na každé straně má čtyři zuby. Třetí zub od shora je největší (Skuhřavý 2002). Horní zub na zadní části krovek je ze čtyř zubů nejmenší. Druhý zub je ztloustlý a třetí z nich je největší. Čtvrtý zub je opět menší. Všechny čtyři zuby mají od sebe stejnou vzdálenost (Pfeffer 1955). Naklade okolo 20-100 vajíček, v průměru jich je 60. Vajíčka jsou oválná, bílá a lesklá. Mají délku v rozmezí 0,6 – 1,0 mm. Z vajíček se vylíhnou beznohé, rohlíčkovitě zahnuté, bělavé larvy se světle hnědou hlavou. Než se zakuklí, mají délku přibližně mezi 5 – 7 mm (Zahradník 2005).

Kukla je volná, bílá a má dva trny na zadečku. Tělo vylíhnutého dospělce je světlé, později přechází do černohnědé barvy. Jeho tělo má tvar válce, které je lesklé a dlouhé v rozmezí 4,0 – 5,5 mm. Dospělé tělo samiček a samečků má paličkovitá tykadla. Uprostřed čela najdeme malý hrbolek a zřídka ochlupené tělíčko. Samečci mají čelo a štít méně ochlupené než samičky a větší středový hrbolek (Zahradník 2005).

### **3.2 ZPŮSOB ŽIVOTA LÝKOŽROUTA SMRKOVÉHO (*IPS TYPOGRAPHUS*)**

Kůrovci se začínají probouzet již od konce dubna do začátku května na svém zimním stanovišti. Jejich stanoviště se nachází ve stromě nebo v hrabance nedaleko napadených stromů. Brouci se začínají rojit tam, kde se vyvinuly. Dospělý jedinci vylétávají ze svých zimovišť a začínají napadat okolí stromy, které jsou chřadnoucí či poražené a nějakým způsobem poškozeny. Kůrovci žijí po většinu svého života pod kůrou stromů, do které jsou zavrtáni. Živý se lýkem ve stromě, čili transportním pletivem stromu a tímto způsobem poškozují strom. Strom po napadení vysokého počtu brouků začne usychat a nakonec uhynie. Většina lidí si myslí, že se strom nebrání. Smrk má několik možností obrany proti škůdci. Ve chvíli, kdy se brouk zavrtá do kůry, naruší tím pryskyřičné kanálky a z nich se na ně začne valit míza. Míza škůdce přilepí a ten zahyne. Pokud jsou stromy zdravé, dokáží odolat i náletu mnoha kůrovců. Když strom napadne několik tisíc jedinců, neubrání se brouků ani ten nejsilnější strom (Skuhřavý

2002). Brouci napadají poškozené nebo poničené lesní smrkové porosty. Stromy vydávají chemické impulsy, podle kterých kůrovec pozná, že je strom poškozený (Zumr 1995).

### 3.2.1 Vývojový cyklus – životní cyklus

Vývoj 1. smrkového závisí na především na teplotě a nadmořské výšce. Ideální teplota při rojení se pohybuje v rozmezí 18-20°C (Skuhravý 2002). Spodní hranice letové aktivity je 16,5°C a optimální teplota se pohybuje v rozpětí 22 – 26°C (Wermelinger 2004). Za optimálních podmínek má lýkožrout dvě až tři generace za rok. *I. typographus* je polygamní druh, to znamená, že jeden sameček oplodní více samiček. Zpravidla oplodní 1-3 samičky. V první fázi hledá sameček ihned po výletu ze stromu vhodný strom, kde by mohl založit další kolonii. Samečci nalétají na strom jako první a samičky je následují. Po náletu na strom se začne kůrovec zavrtávat do kůry a ležícího lýka, kde začíná vytvářet tzv. snubní komůrku. Vyhlodání snubní komůrky trvá zpravidla 3 – 4 dny (Zahradník 2005). Po 2-4 dnech přilétají na strom samičky. V tuto chvíli začíná sexuální atraktant. Samičky jsou přilákávány agregačními feromony, které sameček vypouští. Samečci přilákávají samičky do snubních komůrek, kde je následně oplodní (Pfeffer 1955). Vypouštěním agregačního feromonu přiláká sameček i další samičky. Ti na strom přilétají a začínají si vykousávat své snubní komůrky. Dochází k rozmnožování kůrovce a postupnému úhynu hostitelského stromu (Skuhravý 2002).

Po páření začíná samičky vyhlodávat matečnou chodbu. Chodba je zpravidla rovná s krajovými zářezy. Do zářezů po stranách chodbiček nakládá samička vajíčka. Do jedné matečné chodby naklade samička v průměru až 60 vajíček. Za svůj život naklade samičky až 200 vajíček (Zumr 1995). Vyhlodání matečné chodby a kladení vajíček trvá obvykle 7 – 10 dní.

Z vajíček se líhnou po 6 – 18 dnech malé larvičky. Jak larvy rostou, zvětšují se i jejich chodbičky, které jsou vyplněny trusem od larev. Larvální vývoj trvá za příznivých podmínek cca 7 dní. Pokud jsou podmínky nepříznivé, může trvat jejich vylíhnutí až okolo 40 – 50 dnů. Larvy vyhlodávají postranní chodbičky. Ty jsou umístěny horizontálně ve vzdálenosti 2-10 mm (Skuhravý 2002).

Na jejich konci larva třetího instaru vytváří kukelní komůrku. Po kuklení vylézá z komůrky dospělý jedinec *I. typographus* (Zahradník, Geráková 2010). Vyhnutí dospělci jsou zpočátku bílý a postupně jejich barva přechází do žluté, poté mají tmavou



barvu a pohlavně dozrávají. Prodělávají tzv. žralostní žír přímo na místě, kde se vylíhli nebo ihned po přeletu na jiném místě, jiného stromu. Toto období trvá obvykle 2 – 3 týdny (Zumr 1995).

Vývoj jedince od zavrtání samce až do ukončení žralostního žíru trvá okolo 6 – 10 týdnů za optimálních podmínek (Zahradník, Geráková 2010).

Na jaře samičky mohou založit první nebo i druhou sesterskou generaci. Zakládají ji na stejném stromě nebo přelétnout na jiný strom. Při příznivých podmínkách se populační hustota lýkožrouta výrazně zvyšuje. Poměr pohlaví samiček a samečků je v přírodě 1:1, ale mění se v průběhu kalamit (Skuhravý 2002).

### **3.2.2 Denní aktivita**

*I. typographus* léta za bílého dne. Řadí se k druhům s denní aktivitou. Průběh jeho letu se sleduje na stromových lapáčkách a na feromonových lapačích. Podle průzkumu bylo zjištěno, že brouci začínají vylétávat mezi devátou a jedenáctou hodinou na lapáky. Jejich maximální počet vystoupal mezi dvanáctou a třináctou hodinou. Od třinácté hodiny jejich počty začaly klesat. Prudký pokles nastal kolem hodiny patnácté a končí mezi sedmnáctou a devatenáctou hodinou (Skuhravý 2002).

### **3.2.3 Nálet brouků na stromy**

U l. smrkového nalétají na strom první brouci tzv. průzkumníci. Při náletu na strom dávají přednost stromům poškozeným a oslabeným. Slabé stromy nejsou schopni se ubránit náletu kůrovců. Jedinci, kteří na stromě přežijí, nezahubí-li je míza stromu, produkují agregační feromony přibližně ještě dva dny po náletu (Skuhravý 2002).

Agregační feromony vydávají náznak, že je to vhodné prostředí pro založení další generace. Po zavrtání se do stromu a vykusování chodeb přestávají mít brouci schopnost létat.

U samic se vaječníky přemisťují do míst, kde byla dříve svalová hmota (Skuhravý 2002).

*I. typographus* obývá střední a spodní část stromu, zatím co lýkožrout lesklý (*Pityogenes chalcographus* Linnaeus (1761) obývá špičky stromů. Důvodem je tloušťka kůry, přes kterou se musí lýkožrouti prokousat až k lýku (Skuhravý 2002).

### 3.2.4 Letová aktivita

Vzdálenost letu se u každého brouka liší. Ovlivnění délky letu záleží na mnoha faktorech, například o jakou jde generaci, zda jde o generaci jarní, letní či podzimní. Záleží na tukové zásobě každého jedince, má-li tukovou zásobu či nikoliv. Tuková zásoba je velice důležitá pro přezimování kůrovců (Zumr 1955).

Na jaře vylézají brouci z půdy, kde přezimovali a okamžitě reagují na feromony. Za jeden den je schopen se kůrovec vzdálit až o 750 metrů dále. Mimo les uletí až 8 km (Skuhravý 2002). Přibližně 35,4% kůrovců se chytne do lapačů a lapáků. Lýkožrout je velmi mobilní druh, který nečekaně migruje, a tím pádem je těžší snižovat jeho populační hustotu (Skuhravý 2002).

### 3.2.5 Diapauza

Většina hmyzu vnímá faktory indukující diapauzu. To znamená, že upozorňuje na blížící se příchod zimy a zimního počasí. Brouci jsou o zimním počasí informováni dopředu. Někdy se jedná až o generaci nebo dvě dopředu. U *I. smrkového* je možné zachytit diapauzu 12 hodin před příchodem zimy. Říká se jí krátká pauza (Zahradník 2005).

### 3.2.6 Přezimování

*I. typographus* přezimovávají nejčastěji pod kůrou stojících stromů nebo na padlých kmenech. Kůrovci zimují ve stádiu larvy, kukly a brouka. Nejčastěji přezimuje ve stádiu brouka. Někteří kůrovci přezimují v půdní hrabance ve stádiu brouka.

Tam, kde přezimují kůrovci, záleží na tom, jaký vývoj dokončí. Pokud lýkožrouti dokončí vývoj na počátku zimy, tak brouci opouštějí stromy a zimují v půdní hrabance. Lýkožrouti, kteří dokončí vývoj ve stádiu larvy nebo kukly, přezimují pod kůrou stromů. Malé části z nich se podaří dokončit vývoj až do stádia dospělce. Dospělci opouští strom a zimují v hrabance (Skuhravý 2002).

V hrabance do vzdálenosti jednoho metru zimuje přibližně 10 000 brouků a ploše cca pěti metrů. Brouci zimují do dvou metrů od stromu v hrabance, ze kterého vylétli (Pfeffer 1952). Okolo 40% brouků přezimuje pod padlými stromy, ze kterých vylétli. Ve vzdálenosti od 0,5 metrů zimuje pouze 6% z nich (Zumr 1995).

Nejvíce brouků zimuje jižním směrem od stromu a nejméně na sever. Úmrtnosti brouků v zimě v hrabance je okolo 7%, ale úmrtnost na stromech dosahuje až 70% (Zumr 1995).

Menší úmrtnost je u brouků zimujících v přirozených porostech. Větší mortalita se vyskytuje v pěstovaných kulturách. Do 6 – 10 cm v hrabance zimuje 10% populace. První skupinu místní populaci přezimujících brouků tvoří v průměru 25 – 30% a druhou skupinu tvoří migrující brouci. Pokud teploty dosahují intenzivně okolo -10°C, dochází ke snížení úspěšnosti přezimování u *I. typographus* (Zumr 1995).

### 3.2.7 Požerky

Matečné chodby a larvální chodby vytváří různé obrazce, které nazýváme požerky. Z nich se dá určit původce a stupeň vývoje brouků. Požerky nalezneme po odtrhnutí kůry. Nachází se v lýku. Polygamní druhy mají požerky složité a druhy monogamní mají požerky jednoduché. Chodby mají směr zpravidla kolmo od matečné chodby. Tvar požerků může být svislý, hvězdicovitý nebo vodorovný (Pfeffer 1955).



Obr. 6 Požerky (<http://www.priroda.cz/clanky.php?detail=1225>)

Larvy potřebují pro svůj vývoj větší tehdy silnější vrstvu lýka. Vyskytují se na starších lesních porostech. Čerstvé zavadlé lýko se stává pro larvy 1. smrkového vhodnou potravou, po které rychle rostou. U lýka se nachází houba *Leptographium penicillatum* Grossman (1931). Lýkožrouti smrkový požírají i podhoubí této houby. Rychleji se po jejím požití vyvíjejí. Na jednom požerku odbočuje z matečných chodeb přibližně 100 – 140 larvových chodeb. Je možné najít 40 chodeb nebo také maximálně 300 chodeb. Hustota požerků na jednom stromě závisí na tom, jak je silný nálet kůrovců (Pfeffer 1955).

Mezi další požerky patří požerky ze zralostního žíru. Chodby jsou samostatné, někdy mohou navazovat na tzv. kolébku kukly. Vylíhnutý brouk zde pokračuje v žíru larvy (Pfeffer 1955).

### **3.2.8 Matečné chodby**

Od snubní komůrky vedou horní a dolní matečné chodbičky. Tvar chodeb je typický pro každý druh. Každý druh lýkožroutů má charakteristické požerky. Matečné chodby 1. smrkového jsou rovné, nezprohýbané a svislé. Pokud není lýkožrout příliš rozšířen, jeho matečné chodby jsou delší. *I. typographus* vytváří jednu až tři matečné chodby. Jedna chodba vede nahoru a druhá dolů. Chodby jsou od sebe odchýlené. Larvové chodby z počátku jsou těsně vedle sebe. Křížování chodeb se většinou nestává (Pfeffer 1995).

### **3.2.9 Sesterské pokolení**

K populační dynamice patří tzv. sesterské pokolení. Samice nakladou vajíčka v jednom stromě a poté přelétnou na jiný strom. Mezitím dochází ke krátkému regeneračnímu žíru. Na jiném stromě samička pokračuje v kladení vajíček. Dochází až k třem sesterským pokolením za rok. Sesterská pokolení mají význam především ve vyšších polohách. V nižších polohách nemá prozatím velký význam. Podle výzkumu bylo zjištěno, že až 91% samic založí jedno sesterské pokolení a až 38% samic založení pokolení druhé (Kindelmann et al. 2012).

## **3.3 FAKTORY OVLIVŇUJÍCÍ LÝKOŽROUTA SMRKOVÉHO (*IPS TYPOGRAPHUS*)**

### **3.3.1 Abiotické**

Patří sem faktory klimatické, edafické a klimatické. Pro vývoj hmyzu mají největší význam klimatické faktory. K faktorům klimatickým, které nejvíce ovlivňují brouky, patří zejména světlo, vlhkost a teplota (Křístek, Urban 2013).

#### **3.3.3.1 Světlo**

Světlo je pro hmyz zdrojem orientace. Některé druhy hmyzu se schovávají před přímým sluncem, jiní sluneční svit vyhledávají (Křístek, Urban 2013).

Sluneční světlo ovlivňuje také diapauzu, jak již byla zmíněna výše v textu. Jedná se o přerušení vývoje lýkožroutů. Nejvíce záleží na délce denního světla, ale nikoliv na jeho intenzitě (Křístek, Urban 2013).

### **3.3.3.2 Teplota**

Hlavním zdrojem tepla na zemi je slunce. Teplota je hlavní podmínka rekvizit. Teplota ovlivňuje u lýkožroutů celý jeho vývojový cyklus. Lýkožrouti si nedokážou udržet teplo ze zdrojů vlastních, a proto jsou odkázáni na vnější teplotu. Vývoj a délku života ovlivňuje především teplota prostředí. Pokud dosahují teploty nízkých teplot, dochází k mortalitě lýkožroutů a pokud jsou podmínky příznivé a teplé, dochází k přemnožení kůrovců. Hranice letové aktivity u *I. typographus* je do 15°C.

Teplotní podmínky ovlivňují počty generací do roka. V oblastech hor má *I. typographus* jednu generaci ročně a v oblastech nižší polohy až tři generace do roka (Křístek, Urban 2013).

### **3.3.3.3 Vlhkost**

Voda je hlavním činitelem vlhkosti. Slouží pro rozvod tekutin v těle lýkožroutů a ukládání důležitých látek. Vodu získává hmyz především z potravy, z pokožky z prostředí, z vodních par ze vzduchu.

Hmyz se proti nadměrnému vlhku brání. Na těle lýkožroutů najdeme chlupy a šupiny, které se brání proti vlhkosti. Vlhkost ovlivňuje výskyt entomogenních hub, které hubí kůrovce. Vlhkost tedy ovlivňuje populační hustotu brouků (Křístek, Urban 2013).

### **3.3.3.4 Proudění vzduchu**

V lese je charakteristickým přínosem tepla do lesa. Patří mezi abiotické faktory. V lesních ekosystémech hraje proudění vzduchu důležitou roli hlavně při ovlivňování mikroklimatu, obsahu oxidu uhličitého či antropogenní imise. Vítr přináší tepelné vlny a také chladnější vlny, které mají vliv na brouky. Ti se díky proudění mohou objevovat i na místech, kde bychom je za normálních podmínek nenašli (Křístek, Urban 2013).

### 3.3.3.5 Elektromagnetické a geomagnetické pole

Obě pole ovlivňují nějakým způsobem živočichy. Brouci reagují na tato pole, jako například orientace v prostoru a jeho chování (Křístek, Urban 2013).

### 3.3.2 Biotické

K biotickým faktorům patří potravní faktory. Biotické faktory mají mnoho vlastností, jakou jsou například biochemické, fyziologické a energetické. Feromony patří také k biotickým faktorům, které ovlivňují řadu procesů. Feromony zastávají mnoho funkcí, které se dělí do skupin podle důležitosti (Křístek, Urban 2013).

První skupinou je funkce sexuální, která podává informace samečků o stavu samic. Naopak samičky produkují také feromony, které působí na samičky jako afrodiziakum. Druhou skupinou je funkce agregační. Tato funkce slouží k přivolávání ostatní jedinců, když daný jedinec nalezne potravu. Třetí skupinu tvoří funkce stopovací, ve které jedinci značkují svoji stopu. K funkci čtvrté patří funkce poplašná. Jejím úkolem je upozornit ostatní na blízkost se nebezpečí. Neopomenutelnou funkcí je funkce obranná. V přírodě působí podobně jako repelenty. Další je funkce značkovácí. Brouci vypouštějí feromon, který udává jaká je četnost populace. Tato funkce působí na snížení plodnosti a také na zvýšení úmrtnosti populace. Poslední skupinu tvoří funkce identifikační, podle které ostatní poznají, jaký druh živočichů se vedle nich vyskytuje (Křístek, Urban 2013).

### 3.3.3 Přirození nepřátelé

K přirozeným nepřítelům l. smrkového řadíme dravce, a cizopasníky. Predátoři napadají zpravidla kukly a vajíčka, zatím co cizopasníci se vyskytují v těle dospělých brouků nebo i mimo něj (Skuhřavý 2002).

L. smrkový má nejvíce přirozených nepřátel dravců z řádu ploštic (*Heteroptera*), dlouhošijek (*Radhidoptera*), brouci (*Coleoptera*), (*Diptera*) a (*Hymenoptera*). U *I.typographus* bylo zjištěno 16 predátorů a 11 parazitoidů. (Skuhřavý 2002). Celkový počet predátorů u Lýkožrouta smrkového byl stanoven na 59 predátorů a 19 parazitoidů (Pfeffer 1954).

Nejznámějším dravým nepřítelem *I. typographus* je pestrokrovečník mravenčí (*Thanasimus formicarius* Linnaeus 1758) a také pestrokrovečník *Thanasimus femoralis* Zetterstedt (1828).

Pestrokrovečník mravenčí napadá především dospělými jedinci lýkožrouta. Vyskytuje se ve kmenech stromů, když probíhá rojení brouků. Pestrokrovečník mravenčí klade vajíčka a jejího larvy žijí v chodbách lýkožrouta, které se živí jeho larvami a kuklami. Larvy pestrokrovečnicka mravenčího mají červenožlutou barvu (Skuhravý 2002). Dalším významným predátorem je kornatec dlouhý (*Nemozoma elongatum* Linnaeus 1761). Jeho larvy a dospělí brouci žijí v chodbách lýkožroutů.

K dravcům řadíme i larvy dvoukřídleho hmyzu z rodu *Medetera* a *Lonchaea*. Larvy těchto rodů se živí kuklami a larvami lýkožroutů. Mezi predátory patří i dlouhošíjky a to druh *Raphidia notata* Fabricius (1781).

Vysoká mortalita kůrovců je způsobena prostorovou konkurencí. Larvy se v požercích sobě vyhýbají, ale někdy na sebe narazí a vypukne kanibalismus (Skuhravý 2002).

Parazitoidi regulují populační hustotu kůrovců. Známymi parazity jsou lumčici (*Braniconidae*) a kovověnky (*Pteromalidae*) z nadčeledi chalcidek. Parazit *Coeloides bostrichorum* Giraud (1872) parazituje v 80 – 90% populace. *C. bostrichorum* Gir. se zaměřuje především na rod *Ips*. Druhým známým cizopasníkem je *Dendrosoter middendorffii* Ratzeburg (1848).

Roztoči se vyskytují poměrně často po přezimování na kůrovcích. Nejznámějším druhem je *Iponemus gaebleri* Schaarschmidt (1959) (Skuhravý 2002).

Parazitismus je vyšší v horní části stromu. Po odzrnění jsou jejich nepřáteli vosy. Mezi nepřátele řadíme také hlístice například *Diplogaster striatus* Bütschli (1876) či *Parasitaphelenchus typographi* Fuchs (1930). Velký význam mají tzv. entomopatogenní houby z rodu *Beauveria*. K mikroorganismům řadíme známou hromadinku *Gregarina typographi* Fuchs (1915) nebo haplosporidii *Haplosporidium typographi* Weiser (1954).

### **3.4 ÚMRTNOST LÝKOŽROUTA SMRKOVÉHO (*IPS TYPOGRAPHUS*)**

#### **3.4.1 Vajíčka**

Na úmrtnosti vajíček se podílejí draví brouci. K nejvýznamnějšímu patří pestrokrovečník mravenčí (*Thanasinus formicarius* (L.)). Dále dospělec brouka drabčička *Placusa tachyporoides* Waltl (1838), nebo *Nudobius lentus* Gravenhorst (1806). Známy je také tzv. kořenožrout *Rhizophagus depressus* Fabricius (1792),

*Pityophagus ferrugineus* Linnaeus (1761), *Eपुरaea depressa* Gyllenhal (1654) a *E. pygmaea* Gyllenhal (1808) (Zumr 1995).

### 3.4.2 Larvy

Na mortalitě larev se podílejí různí živočichové. Jsou to především entomofágové, ptáci, hlístice, roztoči a houby. Larvy hubí navzájem i larvy jiného druhu hmyz. Například larvy pestrokrovečnicka mravenčího *Thanasimus formicarius* (L.), larvy mřížokřídleho hmyzu dlouhošíjky *Rhaphidia notata* (F.). K dalšímu dravému hmyzu hubící larvy a dospělé brouky řadíme drabčičky, mrštíky a kořenožrouty (Zumr 1995).

K ptákům patří celá řada datlovitých, kteří napadají larvy a kukly brouků. Vyklovávají je z pod kůry stromů.

Larvy mají různé druhy cizopasníků. Jsou to především blanokřídly např. lumci a lumčici. U dvoukřídleho hmyzu jmenujeme hnidomilky a rýholesklíky. Ti to parazité se vyskytují u larválního vývoje lýkožrouta.

Nejrozšířenějším druhem u lumčičků je druh *Coeloides bostrichoryum* Gir. Jeho larvy se vyskytuje na larvách I. smrkového. Larvy se zakuklují v larválních chodbách lýkožrouta.

Z chalcidek je nejrozšířenější druh kovověnky *Pachyceras xylophagorum* Ratzeburg (1844), *Tomicobia seitneri* Ruschka (1924), *Eurytoma morio* (Boheman (1836), *Rhopalicus tutela* Walker (1836) a *Mesopolobus typographi* Ruschka (1924) (Zumr 1995).

Entomogenní houby jsou nepřátele především larev u I. smrkového, ale vyskytují se u dospělých brouků. Jedná se o druhy hub *Beauveria densa* Picard (1914) a *B. globulifera* Picard (1914). Vyskytují se za vlhkého podzimního počasí. Množí se pod zamokřelou kůrou stromů, kde hubí velice rychle jak larvy, tak kukly a dospělé brouky (Zumr 1995).

Významnými činiteli snižující populační hustotu brouků jsou také červy hlísticovití (*Tylenchus* sp.), prvoci (hromadinky *Gregarina* sp., *Haplosporidia* sp.) a roztoči (*parasitiformes* sp.) (Zumr 1995)



### 3.4.3 Kukly

Na úmrtnosti kukel se podílí entomofágové a ptáci. Vyskytují se v chladném počasí. Vysokou mortalitu způsobí houby *B. globulifera* Pic. a *B. densa* Pic.

Nejvíce mortalitu kukel ovlivňuje vnější teplota, které když klesne po  $-20^{\circ}\text{C}$ , tak přezimujícím brouků způsobuje vysokou úmrtnost (Zumr 1995).

### 3.4.4 Dospělci

Nejvyšší podíl na úmrtnosti dospělých brouků mají obranné mechanismy stromů a jejich přirození nepřátelé. Stromová míza hubí 2/3 samečků, kteří se zavrtají pod kůru stromů, a pak je pryskyřice přilepí, tím pádem kůrovec umírá. Dochází k tomu, když samec nemůže najít poškozené stromy. Při líhnutí brouků je počet samečků a samic 1:1, zatímco při rojení vychází 1 sameček na 3 samičky.

Brouky požírá již zmiňovaný pestrokrovečník mravenčí *Thanasimus formicarius* (L.).

Nepřátelé u brouků jsou shodné s nepřáteli larev a kukel. Jedná se především o cizopasníky kovověnku *Tomicobia Seitneri* Rusch. Samička klade vajíčka pod krovky brouků, pod jejich zadeček. Larvy, které se vylíhnou, zahubí hostitele do 10 dnů. Drobní červi (hlístkové), kteří žijí v tělní dutině brouků. Jsou zpravidla hlavní příčinou omezeného vývoje vajíček v těle samic lýkožroutů. Jedná se o rody *Tylenchus*, *Anguillonema*. Mezi hromadinky řadíme hromadinku *Gregarina* a haplosporidie (*haplosporidia*). Ke gregarinám patří *Gregarina typographi* Fuchs a *Haplosporidium typographi* Weiser (Zumr 1995).

## 3.5 PATOGENNÍ ORGANISMY LÝKOŽROUTA SMRKOVÉHO (*IPS TYPOGRAPHUSUS*)

Každý druh hmyzu má své patogenní organismy. Také u l. smrkového je známo několik patogenních organismů. (Holuša, Lukášová 2012). Patogenní organismy napadají těla kůrovců a působí jim vnitřní onemocnění, které je přenosné. U přemnožených brouků dochází k tzv. intenzivnímu kontaktu lýkožroutů v průběhu zralostního žíru se sporami a cystami patogen (Holuša et al. 2009).

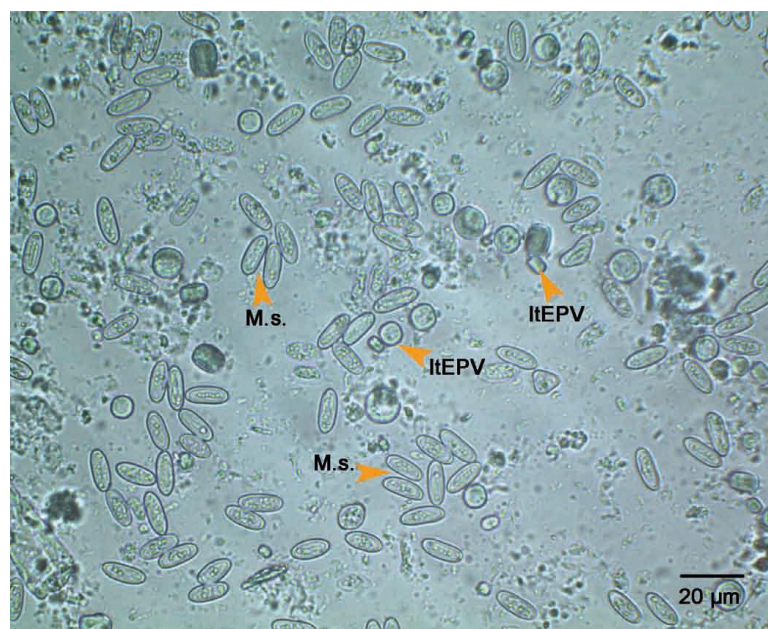
Mezi brouky známe dva druhy přenosů a to horizontální a vertikální Horizontální přenos znamená, že se infekce přenáší z rodičů na potomky. Vertikálním přenosem se

nemoc přenáší z brouka na brouka, například dotykem nebo přes stravu (Holuša, Lukášová 2012).

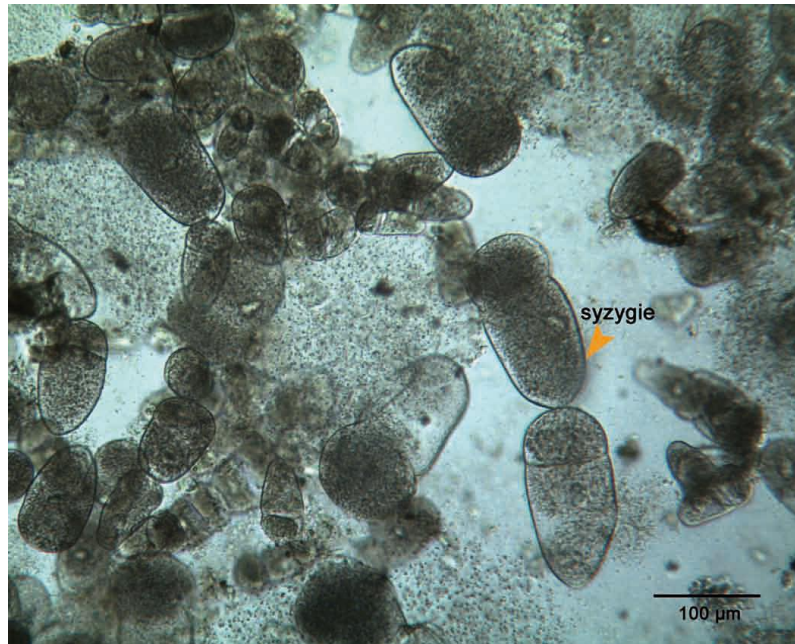
### 3.5.1 Viry

Virová onemocnění lýkožroutů jsou způsobována rozpadem hostitelských tkání, které se mění v kalnou tekutinu. Řadí se k druhově selektivním, specifickým onemocněním. Před úhynem jedince se v tukových buňkách objevuje bílé zbarvení, které způsobují bílkovinové mnohostěny. Patogenní organismy mají vnější příznaky, které poznáme podle toho, že dochází k masivnímu úhynu okolních jedinců v larválním instaru. Dochází k tomu ve vrcholcích větví a listů (Weiser 1966).

U *I. typographus* známe virové onemocnění ItEPV (*Ips typographus* Entomopoxvirus). Vir se objevuje pouze ve střevech brouků. Virus se projevuje vytvářením bílkovinou-světlolomných inklusí, které se nachází ve stěně střeva dospělých brouků (Holuša, Lukášová 2012). Inkluze mají čočkovitý tvar, který obsahuje velké množství virových částic. Ty postupně plní střevo a odchází z těla brouků v jejich trusu (Wegensteiner 2004). V případě vysokého obsahu viru dochází až k perforaci střeva a následnému úhynu brouka (Holuša, Lukášová 2012).



Obr. 7 Sferoidy *ItEPV* a cysty neogregariny *Mattesia schwenkei* (M.s.) v hemolymfě *Ips typographus* (Lukášová, Holuša 2012)



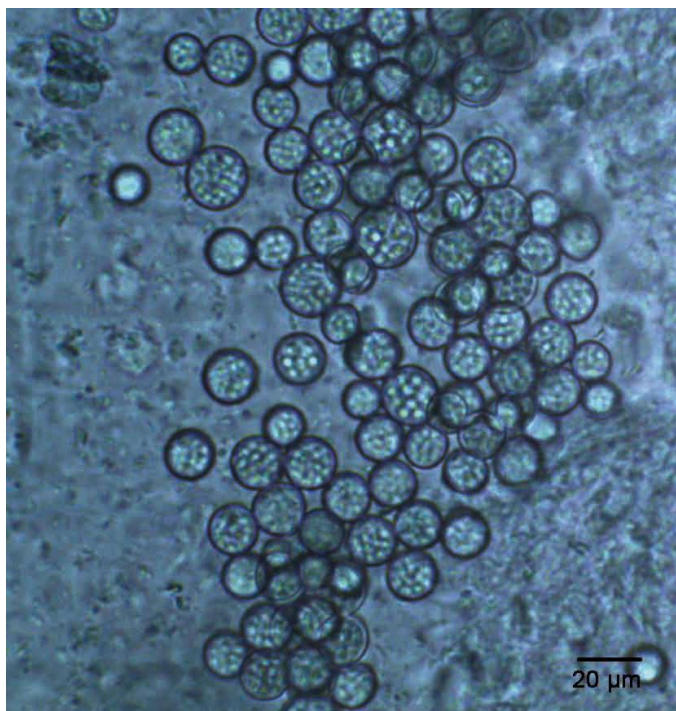
Obr. 8 Stadium trofozoitu, gamontu a syzygie *Gregarina typographi* zaznamenaná u lýkožrouta *Ips typographus* (Lukášová, Holuša 2012)

### 3.5.2 Prvoci (*Protozoa*)

K patogenům patří také prvoci. Jedná se o měňavky, kokcidie a hromadinky (Holuša, Lukášová (2012).



Obr. 9 Gametocysty *Gregarina typographi* v lumenu střeva *Ips typographus* (Lukášová, Holuša 2012)



Obr. 10 Silnostenné cysty *Chytridiopsis typographi* nalezené v mesenteronu *Ips typographus* (Lukášová, Holuša 2012)

### 3.5.2.1 Hromadinky (*Apicomlexa*)

Mezi hromadinky patří tři skupiny *Archigregarinida*, *Neogregarinida* a *Eugregarinida*. Jsou to obligátní paraziti bezobratlých. Hromadinky jsou mikroorganismy, které se vyskytují ve střevech lýkožroutů. Gregariny prodělávají pár stádií, která se od sebe liší. Lýkožrout se infikuje prostřednictvím trusu, který je už nakažený. Brouk se nakazí také od uhynulých brouků nebo prostřednictvím kanibalismu, který se u lýkožroutů vyskytuje při tvorbě žralostního žíru. Z těla brouků se dostává trusem, jako malé kulovité cysty (Holuša, Lukášová 2012). K patogenům řadíme hromadinku *Gregarina typographi* Fuchs, která působí poškození střevní epitelu (Holuša, Lukášová 2012). *G. Typographi* je jediným zástupce gregarin, která byla nalazena v rodu *Ips* (Lukášová, Holuša 2011). Schizogregarina *Menzbiera chalcographi* Weiser (1955) a *Mattesia schwenkei* Purrini (1977) napadají tukové těleso brouků. Člunkovité spory naplní tukové těleso a nakažení jedinci zpravidla umírají pod kůrou stromů (Skuhřavý, Weiser 2002).

### 3.5.2.2 Měňavky (*Rhizopoda*)

Vyskytují se ve střevech brouků. Nejčastěji se objevují rody *Malamoeba scolyti* Purini, 1980 (Holuša, Lukášová 2012). Měňavka se pozná podle velkých vejčitých cyst.



Z těla brouků odcházejí s trusem. Při velkém přemnožení dochází k ucpání trubice. Tento patogen snižuje život brouků až o polovinu (Holuša, Lukášová 2012).

### **3.5.3      *Microsporidie (Zygomycetes: Microsporidia)***

Skupina patří k primitivním houbám. Dříve se mikrosporidie řadily k prvokům. U mikrosporidií je známo 160 rodů a přibližně 1300 druhů. Vyskytují se u zemědělského a lesního hmyzu.

Nákazu jedinci získají z požitku, kdy se jim do těla dostane zlomocí stravy. Stává se to v případě, že má infekce v těle brouka hodně mikrospor (Holuša, Lukášová 2012). Tato infekce má svůj životní cyklus, kde tzv. zralá spora obsahuje vystřelovací aparát. Spora vstříkne obsah ve formě malé buňky do cytoplasmu hostitelské buňky. Tyto buňky se ještě dále dělí a postupně vyplňují cytoplasmu. Podle signálu se aktivuje bílkovinná syntéza, která tvoří stěnu spor a jejich buněčnou stěnu, která se skládá z chitinu, specifických proteinů a mikrosporidií. Dochází k postupnému ukládání do plazmatické membrány stádiem sporontů, které se ještě dále dělí (Holuša, Lukášová 2012).

Z každé buňky vzniká komplexní složení spory a vystřelovacího aparátu. Výsledkem vnitřní diferenciací je jediná buňka, u které je fáze objevující se volně a toto stádium buňky je zodpovědné za šíření patogenu (Holuša, Lukášová 2012).

U *I. typographus* bylo objeveno několik druhů mikrosporidií. Mikrosporidie se vyskytují ve střevě, dále putují do vaječnicků a předávají se larvám (Weiser 2012, Holuša Lukášová 2012).

Mikrosporidie se vyskytují převážně u dospělých brouků, nikoliv u larev. K zániku ohniska dochází u přemnožení brouků pomocí přirozené regulace populace, kde se infekční hladina pohybuje okolo 30% (Holuša, Lukášová 2012).

#### **3.5.3.1      *Chytridiopsis typographi* Weiser**

Známou mikrosporidií je *Chytridiopsis typographi* Weiser (1954), její původní název byl *Haplosporidium typographi* (Holuša, Lukášová 2012). *Ch. typographi* se charakterizuje tvorbou odolných silnostěnných cyst, které obsahují každá okolo 16-32 kulatých spor. Ve sporách je infekční nákaza. Vyskytuje se ve střevech brouků, kde vytváří vřetivá ohniska. K poškození střeva dochází ve vředovitých ohniskách. Tato

infekce může mít dva typy spor a to buď, spory tenkostěnné nebo silnostěnné (Weiser 1966).

O tenkostěnných je známé, že jsou méně odolné na vnější prostředí a šíří nákazu uvnitř brouka. Šíří se vstříknutím sporoplazmy do epitelových buněk střeva jeho původního hostitele. Silnostěnné spory jsou kulovitěho tvaru a jsou vylučovány trusem z těla lýkožroutů. Jejich tvarem připomínají tzv. cystu. Spory vyloučené trusem přežívají v okolním prostředí i několik měsíců. Jejich úkolem je šířit patogeny na další hostitele (Weiser 1966).

*Ch. typographi* má raný vývoj se stádiem vícejaderných mateřských buněk. Každá tato buňka vytváří ve střevech kulatý pupen, který se spojuje s buňkou mateřskou zlomocí límce. Pupen se vyvíjí, oddělí se od mateřské buňky a roste a produkuje buňky stejného tvaru. Buňky se dále vyvíjí, až vytvoří cystu s výtrusy (Weiser 1966, Holuša Lukášová 2012). Nákaza *Ch. typographi* je nespecifický patogen. Nákaza se vyskytuje v různých infekčních nákazách (Holuša et al. 2009).

### 3.5.4 Houby (*Fungi*)

Houby patří mezi sekundární ničitele. Nacházejí se až po úhynu lýkožroutu. K houbovým patogenům řadíme hlavně škůdce *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin (1912) a *Beauveria brongniartii* (Saccardo) Petch (1926). Je dobře viditelné a u jedinců se projevuje hustým bílým povlakem, který se skládá z mycelie a konidie. Jsou tzv. bílé muskardiny. Houby jsou považovány za tzv. náhradu místo chemických pesticidů. Houba je potenciální nástroj pro biologickou kontrolu u více hospodářských škůdců. Častěji u lýkožroutů nalézáme entomopatogenní houbu *Metarhizium anisopliae* (Metschnikoff) Sorokin, 1883 (Weiser 1966).

V České republice je registrovaný preparát Boverol. Tento preparát obsahuje prášek s konidiami entomopatogenní houby *B. Bassiana* Vuill.. Přípravek se používá na hubení mandelinky bramborové, housenkám pilatek, obalečům, ponravám chroustů a larvám v půdě (Lukášová, Holuša 2012).

K další entomogenní houbě patří *Verticillium lecanii* Zimmermann, 1861 (Holuša, Lukášová 2012).

## 3.6 ZPŮSOBY HUBENÍ LÝKOŽROUTA SMRKOVÉHO (IPS TYPOGRAPHUS)

### 3.6.1 Hlístice

Mezi hlístice řadíme rody *Diplogastroides*, *Ditylenchus* a *Ektaphelenchus*. Objevují se pod krovkami brouků, v jejich křídlech nebo v prostorech mezi tělními články (Holuša, Lukášová 2012). Hlístice nejsou smrtelným onemocněním brouků (Weiser 1966).

Malou skupinku patogenů tvoří hlístice (Nematoda), které způsobují ucpání střeva. Jejich určení je složité, jelikož se ve střevech lýkožrouta objeví pouze juvenilní jedinci, které je nutno dochovat (Holuša, Lukášová 2012).

K entomopatogenním hlísticím patří Nematoda: *Heterorhabditidae*, *Mermithisae*, *Steinernematide*. Využívají se proti boji s hmyzem. Vyskytují se nejčastěji ve vlhkém prostředí a v půdě. Do těla kůrovců se dostávají přes tělní otvory. Do brouka vypouštějí bakterie z rodu *Photorhabdus* a *Xenorhabdus* entodotoxiny (Holuša, Lukášová 2012). Hlístice *Parasitylenchus dispar* Fuchs, *Contortylenchus diplogaster*, *Parasitorhabdis obtusa* zástupci rodu *Tylenchus* a Nematoda střevní, tělní a vajíčka (Holuša, Lukášová 2012).

### 3.6.2 Zelené řasy

U l. smrkového byla zjištěna patogenní řasa *Helicosporidium* sp. (Holuša, Lukášová 2012).

### 3.6.3 Parazitoidi

Ve velkém počtu se mohou vyskytovat endoparazitovi z čeledi Pteromalidae a Braconidae. Do této čeledi patří například *Tomicoabia seitneri* Ruschka a *Ropalophorus clavicornis* Wesmael (1835) (Holuša et al. 2012).

## 4 METODIKA

Studium bylo provedeno u Pece pod Sněžkou (50.7006981N, 15.7513047E; 1020 m n.m.) v Krkonoších s dominancí smrkových lesů dne 10. 7. 2013. Ze tří napadených smrku stromů *I. typographus* byly podebrány tři vzorky o ca 60 broucích. Populace byly ve stadiu kladení vajíček.

Čtvrtý strom byl rozřezán na deset výřezů o délce ca 70 cm. Špalky byly vloženy do válcových fotoelektrů. U fotoelektronů jsou proraženy dva otvory, do kterých jsme umístili bílé až průsvitné lahvičky. Horní část fotoelektru jsme přikryli látkovým hadrem a gumičkou ho upevnili.

Brouci opouštějící špalky byli odebíráni každé 3-4 dny. Byli umístěni v mikroskopavkách typu Ependorf o objemu 2 cl, do kterých byla vložena vlhká gáza a vloženi do mrazícího zařízení při teplotě okolo  $-4^{\circ}\text{C}$ . Odběry probíhaly až do konce srpna 2013.

Následující měsíce byli v laboratoři postupně brouci vypitváni za pomoci dvou pinzet a příslušného mikroskopu. Napřed se broukovi utrhly krovky a poté se zatáhl za zadeček, ze kterého bylo vyjmuto střevo. Střevo bylo prohlédnuto pod světleným mikroskopem Arsenal LPE 5013i-T (Arsenal s.r.o., Prague, Czech Republic) při zvětšení 40–400 a byly zaznamenány patogeny a paraziti (det. J.Holuša).

Ze zadní části zadečku byly vyjmuty pohlavní orgány, podle kterých se rozlišovalo, zda se jedná o samečka nebo o samičku.

Infekční nákazy mezi vzorky matečných brouků odebraných v terénu, přerovujícími se brouky a brouky dceřinými byly srovnány za pomoci Mann-Whitneyova U Testu v počítačovém programu Statistica 12.0.



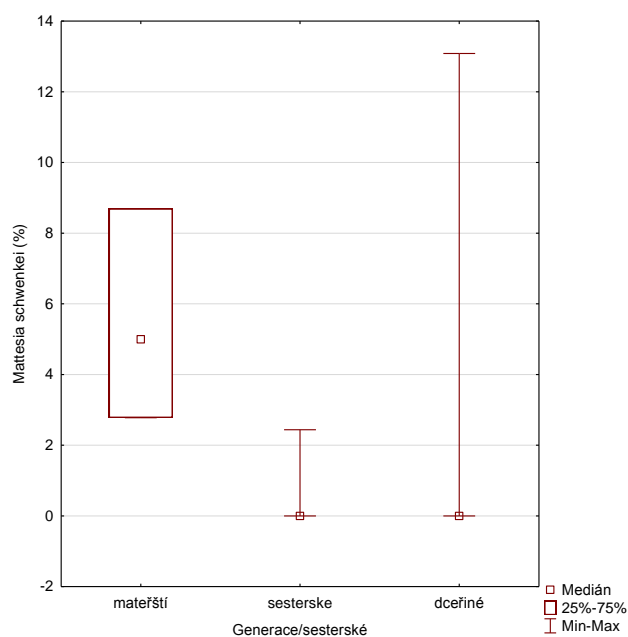
## 5 VÝSLEDKY

U *I. typographus* byly zjištěny patogenní organismy *Gregarina typographi*, ItEPV a *Mattesia schwenkei*. Ve výsledcích byly objeveny tyto hlístovky: *Parasitylenchus dispar*, *Contortylenchus diplogaster* a junivelní střevní a emocoelové *Tylenchida* a vajíčka hlístovek (Tab. 1).

**Tab. 1 Hladiny infekčních nákaz patogenů a parazitů Nematoda střevní, Nematoda tělní, Nematoda vajíčka, *Parasitylenchus dispar*, *Contortylenchus diplogaster*, *Gregarina typographi*, ItEPV a *Mattesia schwenkei* (v procentech).**

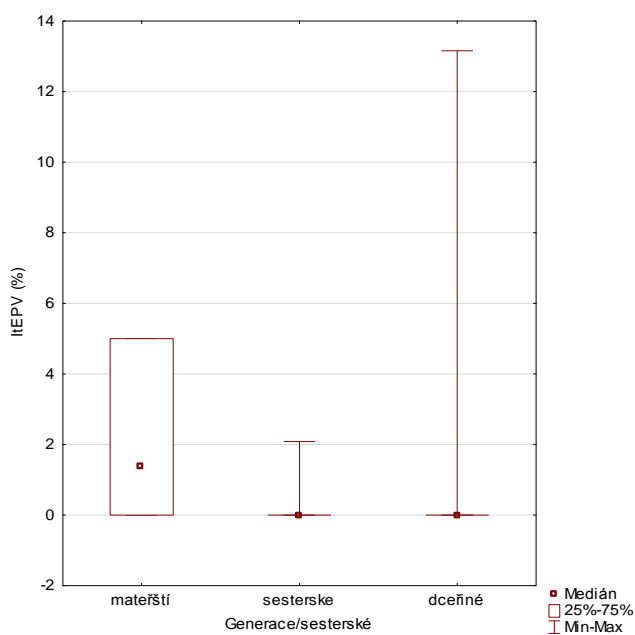
	Nematoda střevní	Nematoda tělní	Nematoda vajíčka	<i>Parasitylenchus dispar</i>	<i>Contortylenchus diplogaster</i>	<i>Gregarina typographi</i>	ItEPV	<i>Mattesia schwenkei</i>	Podíl samic
Strom	20	38,3	25	1,6	3,3	1,6	5	5	78
Strom	13,0	26,0	30,4	4,3	0	0	0	8,6	39
Strom	22,2	26,3	20,8	1,3	2,7	0	1,3	2,7	79
Sesterske	22,9	20,8	10,4	0	6,2	0	2,0	0	54
Sesterske	0,2	0,2	0,05	0	0,1	0	0	0	50
Sesterske	55,2	2,6	0	0	0	0	0	0	60
Sesterske	36,3	9,0	0	0	9,0	0	0	0	36
Sesterske	20,4	15,9	9,0	0	0	0	0	0	52
Sesterske	41,8	13,9	6,9	0	2,3	0	0	0	58
Sesterske	32,4	19,4	5,1	0	0	0	0	0	44
Sesterske	37,5	14,5	4,1	0	2,0	0	2,0	0	56
Sesterske	29,2	19,5	4,8	2,4	0	0	0	2,4	51
Sesterske	23,0	15,3	2,5	2,5	0	0	0	0	41
F1	35,5	20,7	3,7	0,7	3,7	0	0	0	42
F1	34,2	10,5	7,8	0	0	0	0	0	28
F1	66,6	0	0	0	0	0	0	0	66
F1	28,5	14,2	4,7	4,7	0	0	0	0	61
F1	43,9	28,9	3,7	1,8	0,9	0	0	13,0	40
F1	10,5	36,8	7,8	0	2,6	0	13,1	0	15
F1	19,2	34,6	19,2	0	7,6	0	0	0	42
F1	56	4	8	4	8	0	0	0	76
F1	35,5	20,7	3,7	0,7	3,7	0	0	0	42

*M. schwenkei* se vyskytovala zejména u matečných brouků, zatímco v sesterském přerojení, byla zjištěna jen v jednom vzorku, podobně jako u dceřiných brouků (Tab. 1, obr. 11).



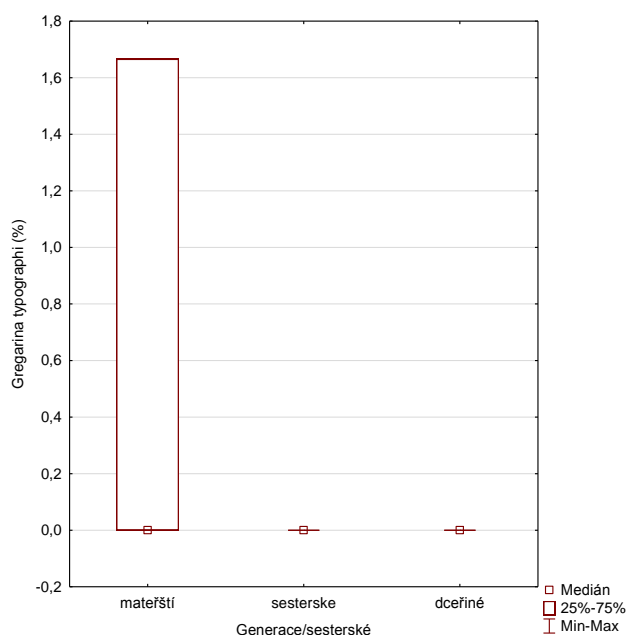
Obr. 11 Infekční hladiny *Mattesia schwenkei* u mateřských, sesterských a dceřiných brouků *Ips typographus*

*ItEPV* se vyskytovala zejména u matečných brouků, zatímco v sesterském přerojení, podobně jako u dceřiných brouků se téměř nevyskytovala a byla objevena pouze u jednoho vzorku (Tab. 1, obr. 12).



Obr. 12 Infekční hladiny ItEPV u mateřských, sesterských a dceřiných brouků *Ips typographus*

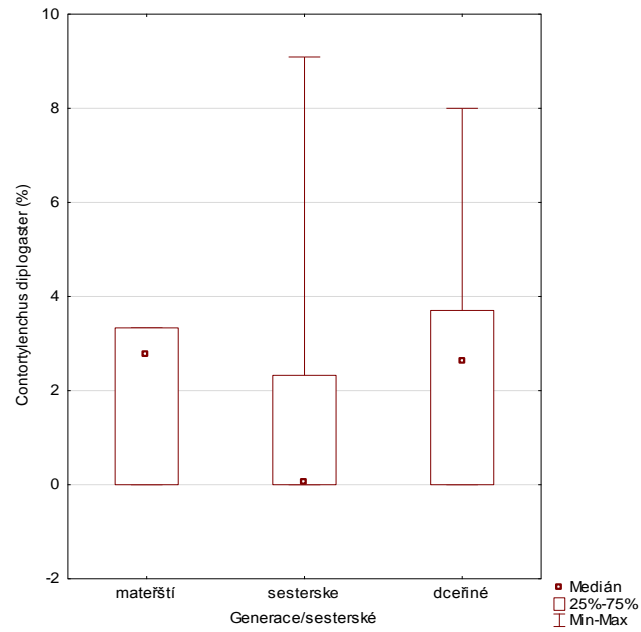
*G. typographi* se vyskytovala u mateřských brouků pouze v jednom vzorku s infekční hladinou 1,6%. Ve výsledku je infekční nákaza na nule jako u sesterských a dceřiných brouků (Tab. 1, obr. 13).



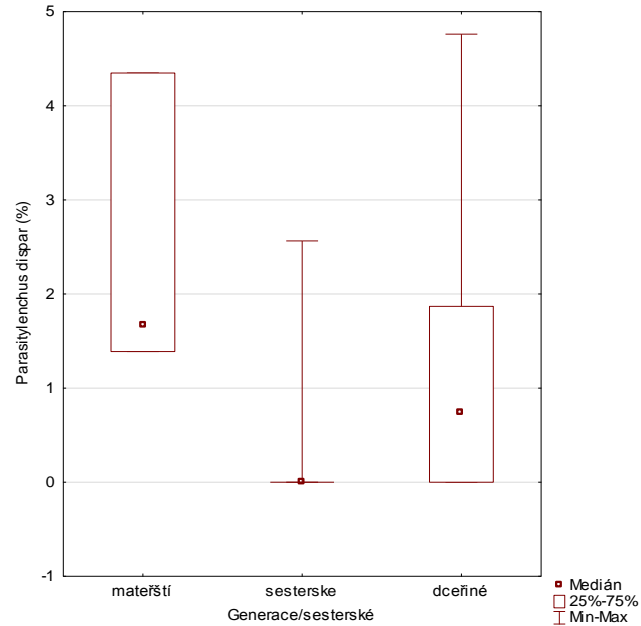
Obr. 13 Infekční hladiny *Gregarina typographi* u mateřských, sesterských a dceřiných brouků *Ips typographus*

*C. diplogaster* se vyskytovala u mateřských brouků u dvou vzorků. U brouků sesterských se vyskytla v rozmezí nejčastěji od 0 do 2,2%, ale jeden vzorek dosáhl výše 9%. U dceřiných brouků se hladina infekční nákazy pohybovala v rozmezí od 0 do 3,9% a jeden vzorek dosáhl 8% hladiny infekční nákazy. Ve výsledku se hladina infekční nákazy pohybovala v rozmezí od 0 do 3,7 % (Tab. 1, obr. 14).

*P. dispar* se vyskytovala zejména u mateřských brouků a to v rozmezí od 1,5 – 4,5%, zatímco v sesterském přerojení byla zjištěna jen ve dvou třech vzorcích vyskytující se od 0 – 2,5%, u dceřiných brouků se hladina infekční nákazy vyskytovala od hodnoty 0 – 5%. Nejvíce se však vyskytovala v rozmezí od 0 – 1,9%. Jeden vzorek dosáhl výše infekční hladiny 4,76% (Tab. 1, obr. 15).

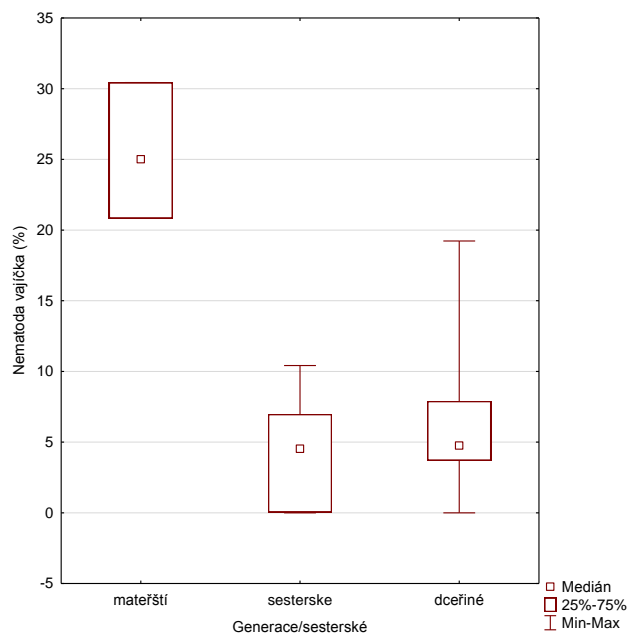


Obr. 14 Infekční hladiny *Contortylenchus diplogaster* u mateřských, sestřských a dceřiných brouků *Ips typographus*



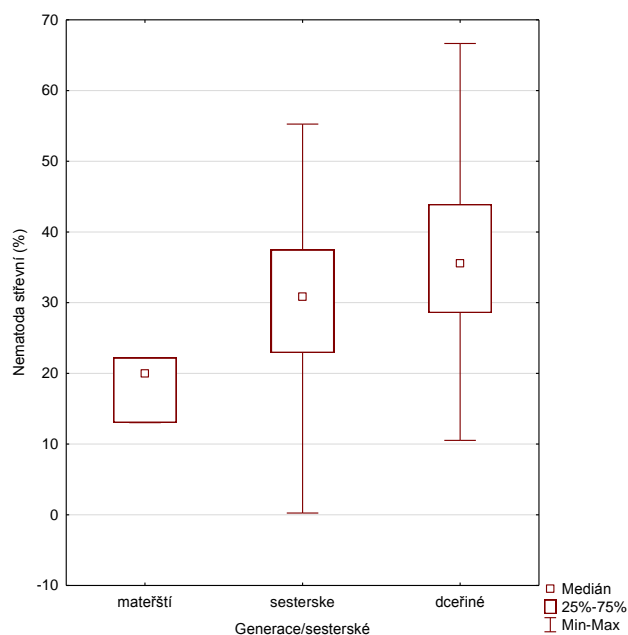
Obr. 15 Infekční hladiny *Parasytylenchus dispar* u mateřských, sestřských a dceřiných brouků *Ips typographus*

Vajíčka hlístovek se vyskytovala zejména u matečných brouků v rozmezí 21 – 30,5%, zatímco v sesterském přerojení, byla zjištěna v rozmezí 0 – 10,1 %, ale nejčastěji se pohybovala okolo 0,1 – 7%, u dceřiných brouků dosáhla hladina infekční nákazy 0 – 19%, nejčastěji se však vyskytovala hladina okolo 4 – 7% brouků (Tab. 1, obr. 16).



Obr. 16 Podíly u mateřských, sesterských a dceřiných brouků *Ips typographus* s vajíčky hlístovek

*Nematoda* střevní se vyskytovaly u mateřských brouků v rozmezí od 12 – 21%. Zatímco v sesterském přerojení byla zjištěna hladina infekční nákazy od 0 – 55%. Nejčastěji se vyskytovala infekční hladina okolo 22 – 38 %. U dceřiných brouků se vyskytovala infekční hladina v rozmezí od 10,5 – 68%, ale nejčastěji se vyskytovala v rozmezí od 28,5 – 42 %. (Tab. 1, obr. 17).



Obr. 17 Infekční hladiny střevních hlístovek u mateřských, sesterských a dceřiných brouků *Ips typographus*

Z napadených stromů máme tři vzorky. V prvním vzorku dosahuje počet samic 78%, v druhém vzorku je počet samic pouze 39% a ve třetím vzorku je počet samic 79%. V šesti vzorcích z deseti odebraných z fotoeklektorů přesahuje podíl samic 50% a u čtyř vzorků je podíl samic menší než 50%. U dvou vzorků byl podíl samic výrazně menší. Podíl samic dosáhl u jednoho vzorku jen 15% a u druhého byl o něco vyšší podíl samic a to 28%. (tab. 1).

Tab. 3 Mediány patogenních organismů (v %)

Patogen nebo parazit?	mateřští	přerojení	dceřiní
<i>Mattesia schwenkei</i>	5	0	0
<i>ItEPV</i>	1,39	0	0
<i>Gregarina typographi</i>	0	0	0
<i>Contortylenchus diplogaster</i>	2,78	0,1	2,63
<i>Parasitylenchus dispar</i>	1,67	0	0,74
Nematoda vajíčka	25	4,52	4,76
Nematoda střevní	20	32,6	35,5
Nematoda tělní	26,8	15,4	20,7

**Tab. 2 Výsledky srovnání infekčních nákaz u mateřských a přerojených brouků *Ips typographus* v roce 2013 (červeně jsou testy významné na hladině  $p < 0,05$ )**

Proměnná	Z	p
Nematoda střevní	-1,77	0,07
Nematoda tělní	2,45	0,01
Nematoda vajíčka	2,45	0,01
<i>Parasitylenchus dispar</i>	2,02	0,04
<i>Contortylenchus diplogaster</i>	0,53	0,59
<i>Gregarina typographi</i>	1,64	0,10
<i>ItEPV</i>	1,34	0,17
<i>Mattesia schwenkei</i>	2,99	0,002

Tabulka 2 ukazuje porovnání nalezených patogenů u brouků matečních a sesterských. Červeně zvýrazněná čísla označují hodnoty, kde bylo zjištěno signifikantně menší podíl nakažených přerojících se brouků *I. typographus*. Jedná se o nemoci *Nematoda* tělní, *Nematoda* vajíčka, *P. dispar* a *M. schwenkei*.

## 6 DISKUZE

U *I. typographus* byly objeveny tyto patogenní organismy *Gregarina typographi*, ItEPV a *Mattesia schwenkei* a tyto hlístovky *Parasitylenchus dispar*, *Contortylenchus diplogaster* a junivelní Tylenchida, střevní i hemocoeloví a vajíčka hlístovek. Objevené patogenní organismy a hlístovky jsou typické pro l. smrkového a objevují se nejčastěji (Weiser 1966, Lukášová, Holuša 2012, Grucmanová, Holuša 2013).

Z našich zjištění se zdá, že *M. schwenkei* ovlivňuje vylétávání brouků při přerojování. Tento patogen napadá tukové těleso lýkožroutů, které se naplní člunkovitými sporami a nakažení jedinci pravděpodobně umírají pod kůrou stromů (Lukášová, Holuša 2012, Weiser 2002). Ven vylétávají pouze čerstvě nakažení jedinci (Skuhřavý 2002). *M. schwenkei* způsobuje vysokou úmrtnost jedinců v průběhu období přezimování pod kůrou stromů a v lesní hrabance. Nákazy byly značně nižší u mateřských brouků, kteří špalky opustili (Grucmanová, Holuša 2013).

Naopak *G. typographi* pravděpodobně neovlivňuje vylétávání brouků l. smrkového a můžeme konstatovat, že *G. typographi* neovlivňuje přerojování brouků. Je nalézána ve střevech brouků, kde nepůsobí poškození, ale může se vyskytovat ve velkém množství. Tím pádem dochází k ucpání střeva (Lukášová a Holuša 2012).

U virového onemocnění ItEPV (*Ips typographus* Entomopoxvirus) bylo sice zjištěno, že sesterští brouci byli méně nakažení tímto patogenem, nicméně výsledky nebyly signifikantní. Minimální vliv tohoto viru shrnují Lukášová a Holuša (2012). Virus byl použit na terénním pokusu v boji proti l. smrkovému. Výsledky testu potvrdili, že v boji proti lýkožroutům nebude virus efektivní (Lukášová, Holuša 2012).

Ve vzorcích jsme objevili parazita *C. diplogaster*, který podle našich výsledků nemá vliv opětovné opouštění kmene brouky lýkožroutů. Onemocnění se projevuje kladením až o polovinu menší snůšky vajíček (Weiser 1966). Dále autor uvádí, že podle výzkumu, který prováděl, žili nemocní brouci stejně dlouho jako ti brouci zdraví.

Dále byla zjištěna hlístovka *P. dispar*, která je častým parazitem l. smrkového (Weiser 1996). V těle samic dochází ke konci vývoje k degeneraci jedince, který se stává nepravidelným vakem, někdy i s larvami uvnitř těla. Ve výslednicích nám vyšlo, že tento parazit má vliv na výlet brouků lýkožrouta smrkového. S tím souvisí i menší podíl přerojených brouků s hemocoelovými junivelními hlístovkami a vajíčkami hlístovek, které mohly patřit právě ke druhu *P. dispar*.



Podíl samic matečných brouků v požercích je zpravidla 1 – 3 samice na jednoho samečka. Podíl samic oproti samcům by měl být vždy vyšší než 50% (Wermelinger 2004), což odpovídá dvěma vzorkům matečných brouků. U sesterského pokolení by se měl počet samic roven 50% a u dceřiného pokolení by měl být podíl samic větší nebo roven 50%), což přibližně odpovídá našim výsledkům, především u přepojujících se brouků.

## 7 ZÁVĚR

V Peci pod Sněžkou byly v roce 2013 zjištěny u *I. typographus* nejběžnější druhy patogenů a hlístovek. Ve vzorcích byly zjištěny patogeny *Gregarina typographi*, ItEPV a *Mattesia schwenkei*. Z parazitů jsme objevili hlístovky *Parasitylenchus dispar*, *Contortylenchus diplogaster* a junivelní *Tylenchida*.

U přerojujících se brouků byly signifikantně méně zastoupeny hlístovky v hemocoelu, *Mattesia schwenkei* a *Parasitylenchus dispar*. Jedná se o nepřímý důkaz, že především *M. schwenkei* ovlivňuje letové schopnosti brouků. Takové zjištění má význam i pro praxi, protože pro populaci *I. typographus* s vysokou nákazou *M. schwenkei* nebude nutno připravovat lapáky pro přerojující se brouky. Ne však pro studovanou lokalitu, protože střední hodnota infekční nákazy mateřských brouků činila jen 5%.

## 8 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

GRUCMANOVA Š., HOLUŠA J., Nematodes Associated with Bark Beetles, with Focus on the Genus *Ips* (Coleoptera: Scolytinae) in Central Europe. vyd. ACTA ZOOLOGICA BULGARICA, roč. 65, č.4. 2013. s. 547-556. ISSN: 0324-0770.

HOLUŠA J., WEISER J., ŽIŽKA Z., Pathogens of the spruce bark beetles *Ips typographus* and *Ips duplicatus*, vyd. Central European Journal of Biology, 2009, roč.4. 567 – 573 s. ISSN 1895-104X

HOLUŠA J., LUKÁŠOVÁ K., ŠINDLÁŘOVÁ Z. Mortalita během vývoje lýkožrouta smrkového (*Ips typographus*) v oblasti s bivoltinní populací a středních populačních hustot [online]. vyd. Praha : Department of Forest Protection and Game Management, Faculty of Forestry and Wood Sciences, Czech University of Life Sciences, Kamýcká 129, CZ-16521 Prague 6-Suchbát, Czech Republic, 2012 [cit. 2015-04-10]. Poslední aktualizace 15.4.2015

Dostupné z: <[http://www.lykozrout.fld.czu.cz/docs/V002/odkazy/2\\_2.pdf](http://www.lykozrout.fld.czu.cz/docs/V002/odkazy/2_2.pdf)>

KINDLMANN P., MATĚJKA K., DOLEŽAL P., Lesy Šumava, lýkožrout a ochrana přírody, vyd. Praha : Karolinum, 2012. 325 s, ISBN 978-80-246-2155-5

KŘÍSTEK J., URBAN J., Lesnická entomologie, vyd. Praha : Academia, 2013. 445 s. ISBN 978-80-200-2237-0

LUKÁŠOVÁ, K. – HOLUŠA, J. Gregarina *typographi* (Eugregarinorida: Gregarinidae) in the bark beetle *Ips typographus* (Coleoptera: Curculionidae): changes in infection level in the breeding system. vyd. *Acta Protozoologica*, 2011, roč. 50, č. 4, s. 311-318. ISSN: 0065-1583.

LUKÁŠOVÁ, K. – HOLUŠA, J. Patogeny lýkožroutů rodu *Ips* (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae). vyd. *Zprávy lesnického výzkumu*, 2012, roč. 57, č. 3, s. 230-240. ISSN: 0322-9688.

LUKÁŠOVÁ, Karolina, HOLUŠA, Jaroslav. Stanovení vlivu infekčních nákaz na populační růst *Ips typographus* (Coleoptera: Scolytinae) hospodářských lesích. [online]. vyd. Praha : Česká zemědělská univerzita, fakulta lesnická a dřevařská, katedra ochrany lesa a myslivosti, 2012. [cit. 2015-04-10]. Poslední aktualizace 15.4.2015  
Dostupné z: <[http://www.lykozrout.fld.czu.cz/docs/V002/odkazy/2\\_8.pdf](http://www.lykozrout.fld.czu.cz/docs/V002/odkazy/2_8.pdf)>

PFEFFER A., Kůrovcovití Scolytidae a jádrohlodovití Platypodidae, vyd. Praha : Academia, 1989. 137 s. ISBN 80-200-0089-5.

PFEFFER A., Fauna ČSR, svazek 6, Kůrovci – Scolytidae [Fauna ČSR, Volume 6, Bark beetles – *Scolytidae*], vyd. Praha : ČSAV, 1955. 324 s.

PFEFFER A., Kůrovec lýkožrout smrkový a boj proti němu, 2. vyd. Praha : Státní zemědělské nakladatelství, 1954. 46 s.

SKUHRAVÝ V., Lýkožrout smrkový *Ips typographus* (L) a jeho kalamity, 1. vyd. Praha : Agrospoj, 2002. 196 s. ISBN 80-7084-238-5

WEGENSTEINER R., Pathogens in bark beetles. In: Lieutier F., Day K., Battisti A., Gregoire J.-C. & Evans H. (eds.) European Bark and Wood Boring Insects in Living Trees, a Synthesis. vyd. Kluwer : Academic Publishers, Dordrecht, 2004. 291 – 313 s.

WEISER J., Nemoci hmyzu, vyd. Praha : Academia, 1966. 554 s.

WEISER J., Patogenní organismy. In Skuhravý V. : Lýkožrout smrkový (*Ips typographus* L.) a jeho kalamity. vyd. Praha : Agrospoj, 2002. 97-100 s.

WERMELINGER B., Ecology and management of the spruce bark beetle *Ips typographus* – a review of recent reserch. Forest Ecology and Management, 2004. 67 - 82, 202 s.

ZAHRADNÍK P., GERÁKOVÁ M., Lýkožrout smrkový – *Ips typographus* (L.). vyd. Jíloviště-Strnady: Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, Lesnická práce 12. 2010. 8 s.

ZAHRADNÍK P., KNÍŽEK M., Kůrovci na jehličnanech, vyd. Jíloviště-Strnady:  
Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, Lesnická práce 4. 2007. 8 s.

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

ZUMR V., Lýkožrout smrkový – bionomie, prevence a metody boje,  
vyd. Písek : Matice lesnická, 1995. 131 s. ISBN 80-900043-2-9

## 9 SEZNAM OBRÁZKŮ

**Obr. 1** Dospělec lýkožrouta smrkového (*Ips typographus*)

**Obr. 2** Vajíčko lýkožrouta smrkového (*Ips typographus*)

**Obr. 3** Kukla lýkožrouta smrkového (*Ips typographus*)

**Obr. 4** Čerstvě vylíhlý brouk lýkožrouta smrkového (*Ips typographus*)

**Obr. 5** Dospělec

**Obr. 6** Požerky

**Obr. 7** Sferoidy ItEPV a cysty neogegariny *Mattesia schwenkei* (M.s.) v hemolymfě *Ips typographus* (foto: K. Lukášová)

**Obr. 8** Stadium trofozoitu, gametu a syzygie *Gregarina typographi* zaznamenaná u lýkožrouta *Ips typographus* (foto: K. Lukášová)

**Obr. 9** Gametocysty cysty *Chytridiopsis typographi* nalezené v mesenteriu *Ips typographus* (foto: K. Lukášová)

**Obr. 10** Silnostěnné cysty *Chytridiopsis typographi* nalezené v mesenteriu *Ips typographus* (foto: K. Lukášová)

**Obr. 11** Infekční hladiny *Mattesia schwenkei* u mateřských, sesterských a dceřiných brouků *Ips typographus* z Krkonoš v roce 2013

**Obr. 12** Infekční hladiny ItEPV u mateřských, sesterských a dceřiných brouků *Ips typographus* z Krkonoš v roce 2013

**Obr. 13** Infekční hladiny *Gregarina typographi* u mateřských, sesterských a dceřiných brouků *Ips typographus* z Krkonoš v roce 2013

**Obr. 14** Infekční hladiny *Contortylenchus diplogaster* u mateřských, sesterských a dceřiných brouků *Ips typographus* z Krkonoš v roce 2013

**Obr. 15** Infekční hladiny *Parasitylenchus dispar* u mateřských, sesterských a dceřiných brouků *Ips typographus* z Krkonoš v roce 2013

**Obr. 16** Infekční hladiny *Nematoda* vajíčka u mateřských, sesterských a dceřiných brouků *Ips typographus* z Krkonoš v roce 2013

**Obr. 17** Infekční hladiny *Nematoda* střevní u mateřských, sesterských a dceřiných brouků *Ips typographus* z Krkonoš v roce 2013

## **10 SEZNAM TABULEK**

**Tabulka č. 1:** Hladiny infekčních nákaz patogenů a parazitů Nematoda střevní, Nematoda tělní, Nematoda vajíčka, Parasytylenchus dispar, Contortylenchus diplogaster, Gregarina typographi, ItEPV a Mattesia schwenkei.

**Tabulka č. 2:** Výsledky srovnání infekčních nákaz u mateřských a sesterských brouků *Ips typographus* z Krkonoš v roce 2013 (testy jsou významné na hladině  $p < 0,05$ )

**Tabulka č. 3:** Mediány patogenních organismů