

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta lesnická a dřevařská

EXCELENTNÍ TÝM PRO MITIGACI

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

**Letová aktivita kalamitních druhů kůrovců (Coleoptera: Scolytinae)
v závislosti na sumě efektivních teplot**

Miroslav Klinovský

Vedoucí:

Ing. Roman Modlinger, Ph.D.

Konzultant:

Ing. Martin Leiner

Praha 2021

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta lesnická a dřevařská

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Miroslav Klinovský

Lesnictví
Lesnictví

Název práce

Letová aktivita kalamitních druhů kůrovců (Coleoptera: Scolytinae) v závislosti na sumě efektivních teplot.

Název anglicky

Flight pattern of the most important spruce bark beetles (Coleoptera: Scolytinae) according to sum of the degree-days.

Cíle práce

Na základě celosezónního odchyty do feromonových lapačů stanovit letovou křivku pro lýkožrouta smrkového, lýkožrouta severského a lýkožrouta lesklého.
Porovnat změny v počtu odchycených jedinců jednotlivých vybraných druhů kůrovců s vývojem sumy efektivních teplot.

Metodika

Využity budou odběry z feromonových pastí provozovaných ve vegetační sezóně 2020 na Školním lesním podniku v Kostelci nad Černými lesy. Jedná se o šest lokalit, na kterých byla umístěna vždy trojice feromonových lapačů s feromonovým odparníkem Pheroprax, Pheagr IDU a Chalcoprax. Odběry z lapačů probíhaly v cca desetidenním intervalu a zachycení brouci z jednotlivých pastí byli uchováni v 95% ethanolu. V laboratoři proběhne determinace a kvantifikace jedinců lýkožrouta smrkového (*Ips typographus*), lýkožrouta severského (*Ips duplicatus*), a lýkožrouta lesklého (*Pityogenes chalcographus*) přítomných v jednotlivých odběrech. Pro každou z lokalit bude na základě dat z 5-ti meteorologických stanic interpolována teplota a stanoveny sumy efektivních teplot. Využity budou programy PlotOA a PHENIPS. Průběh letové aktivity jednotlivých druhů v čase bude pomocí regresních metod porovnan s vývojem sumy efektivních teplot.

Časový harmonogram:

2020 srpen-říjen rozbor a třídění vzorků, literární rešerše

2020 listopad determinace kůrovců, literární rešerše

2020 prosinec zpracování teplotních měření, úvod

2021 leden analýza dat, metodika

2021 únor-duben výsledky, diskuse, dokončení práce

Doporučený rozsah práce

30 – 50 stran

Klíčová slova

lýkožrout smrkový, lýkožrout severský, lýkožrout lesklý, feromony, suma efektivních teplot

Doporučené zdroje informací

- ANNILA, E. Influence of temperature upon the development and voltinism of *Ips typographus* L. (Coleoptera, Scolytidae). *Annales Zoologici Fennici*, 1969, vol. 6, no. 2, s. 161-207.
- BAIER, P.; PENNERSTORFER J.; SCHOPF A. Phenips – A comprehensive phenology model of *Ips typographus* /L./ /Col., Scolytinae/ as a tool for hazard rating of bark beetle infestation. *Forest Ecology and Management*, 2007, vol. 249, s. 171–186.
- HOLUŠA, J.; LUKÁŠOVÁ, K.; LUBOJACKÝ, J. Comparison of seasonal flight activity of *Ips typographus* and *Ips duplicatus*. *Scientia Agriculturae Bohemica*, 2012, no. 3, s. 109–115.
- PFEFFER, A. Fauna ČSR, svazek 6. Kůrovci – Scolytoidea. 1. vyd. Praha : Nakladatelství ČSAV, 1955. 324 s.
- ZUMR, V. Lýkožrout smrkový – biologie prevence a metody boje. 1. vyd. Písek : Matice lesnická, 1995: 131 s.

Předběžný termín obhajoby

2020/21 LS – FLD

Vedoucí práce

Ing. Roman Modlinger, Ph.D.

Garantující pracoviště

Excelentní tým pro mitigaci

Konzultant

Ing. Martin Leiner

Elektronicky schváleno dne 17. 2. 2021

prof. Ing. Marek Turčáni, PhD.

Vedoucí ústavu

Elektronicky schváleno dne 22. 3. 2021

prof. Ing. Róbert Marušák, PhD.

Děkan

V Praze dne 14. 04. 2021

Prohlášení

Tímto prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracoval samostatně a použil pouze uvedené zdroje informací.

V Liberci, 20. 4. 2021

Poděkování

Na tomto místě bych chtěl poděkovat všem osobám, které se podíleli na vzniku této práce. Zejména panu Ing. Romanu Modlingerovi Ph.D. za soustavné vedení a pomoc se statistickými metodami, Ing. Martinu Leinerovi za pravidelné konzultace obsahu a formy a za pomoc s praktickou částí, na které se též podílel Ing. Zdeněk Rouč, kterému také náleží upřímný dík. V neposlední řadě bych rád poděkoval Ing. Karlu Matějkovi, CSc. a Ing. Danielu Tyšerovi za mapové podklady.

Miroslav Klinovský

OBSAH

PROHLÁŠENÍ	4
PODĚKOVÁNÍ	5
ANOTACE	7
ANNOTATION	8
SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK	9
1 ÚVOD	10
CÍL PRÁCE	11
2 LITERÁRNÍ REŠERŠE	12
2.1 MORFOLOGIE A BIONOMIE LÝKOŽROUTA SMRKOVÉHO	12
2.1.1 Morfologie	12
2.1.2 Bionomie	14
2.2 MORFOLOGIE A BIONOMIE LÝKOŽROUTA SEVERSKÉHO	16
2.2.1 Morfologie	16
2.2.2 Bionomie	17
2.3 MORFOLOGIE A BIONOMIE LÝKOŽROUTA LESKLÉHO	18
2.3.1 Morfologie	18
2.3.2 Bionomie	19
2.4 FENOLOGICKÉ MODELY KŮROVCOVITÝCH	20
2.5 MANAGEMENTOVÉ OPATŘENÍ PROTI KŮROVCOVITÝM	23
2.5.1 Legislativní opatření	23
2.5.2 Způsoby ochrany lesních porostů	24
3 METODIKA	28
3.1 ŠLP KOSTELEČ NAD ČERNÝMI LESY	28
3.2 POSTUP ODCHYTU	29
3.3 LABORATORNÍ ROZBOR	31
3.4 PHENIPS	32
3.5 STATISTICKÉ METODY	34
4 VÝSLEDKY	37
5 DISKUSE	43
6 ZÁVĚR	48
7 LITERATURA	49
SEZNAM PŘÍLOH	54

Anotace

Práce obsahuje přehled morfologie a bionomie kalamitních druhů kůrovců *Ips typographus*, *Ips duplicatus* a *Pityogenes chalcographus*, popis základních obranných metod, legislativy a zabývá se též fenologickými modely pro tyto druhy. Blíže se věnuje životnímu cyklu a zejména pak jednotlivým fázím vývoje ve vztahu k podmínkám prostředí. Dále je zkoumána letová aktivita zmíněných zástupců na území ŠLP Kostelec nad Černými lesy pomocí odchyty do feromonových lapačů během vegetačního období roku 2020, v závislosti na teplotě v rámci vybraných lokalit.

Vývojový cyklus je ovlivňován širokým spektrem vlivů a zejména teplotou, která se mění s nadmořskou výškou. V průběhu vývoje první generace bylo celkem odchyceno 232 562 jedinců během devíti odběrů a maximální odchycený počet byl 10 987 jedinců. Vývoj druhé generace probíhal zhruba od začátku července a do feromonových lapačů bylo během tohoto období zachyceno 59 448 jedinců lýkožrouta. Nejvyšší odchyty byly zaznamenány ve stadiu larvy II. Instaru. Odchyty do feromonových lapačů byly během první a druhé generace výrazně odlišné. Během období první generace dominoval *Ips typographus* avšak v průběhu vývoje druhé generace dominoval především *Pityogenes chalcographus*. Odchyty *Ips duplicatus* měly v čase výrazně sestupnou tendenci.

Klíčová slova:

kůrovci, PHENIPS, feromony, ochrana lesa, letová aktivita

Annotation

This thesis includes an overview of morphology and bionomics of mass species *Ips typographus*, *Ips duplicatus* and *Pityogenes chalcographus* and description of basic protection methods against them, legislation and also describes the phenological models of these beetles. It deals in more detail with the development cycle and especially with individual stages of their development and their relations to environmental conditions. In the study, there is an analysis of flight activity of the mentioned representatives in the area of ŠLP Kostelec nad Černými lesy by trapping into pheromone traps during the vegetation period in 2020 depending on the temperature within selected locations.

The development cycle is influenced by the spectrum of impacts, especially by the temperature, which changes according to altitude. During the development of the first generation, a total of 232,562 individuals were captured during nine samples and the highest number captured was 10,987 individuals. The development of the second generation took place approximately from the beginning of July, and a total of 59,448 bark beetles were captured in pheromone traps during this period. The highest captures were achieved in larval stage of II. instar. Captures in pheromone traps were significantly affected during the first and second generations. During the first generation period, *Ips typographus* dominated, but during the development of the second generation, *Pityogenes chalcographus* dominated. Captures of *Ips duplicatus* during vegetation period had a downward trend.

Key words: bark beetles, PHENIPS, pheromones, forest protection, flight activity

Seznam obrázků a tabulek

Obr. 1: Vývojové fáze lýkožrouta smrkového s detailem tykadla, prohlubně a požerku (NOVÁK et al. 1974).....	13
Obr. 2: Vývojové fáze lýkožrouta lesklého s detailem prohlubně obou pohlaví a požerku (NOVÁK et al. 1974).....	19
Obr. 3: Vymezení území ŠLP Kostelec nad Černými lesy (DVOŘÁK & BROŽÍK 2010).....	28
Obr. 4: Mapa se zájmovými lokalitami (R. Modlinger).....	30
Obr. 5: Přehled nadmořských výšek pastí na jednotlivých lokalitách.....	30
Obr. 6: Lýkožrout smrkový v binokulární lupě (M. Klinovský).....	32
Obr. 7: Hlavní okno aplikace PHENIPS pro výpočet parametrů modelu ze stanice Habr (ŠLP v Kostelci n. Č. l.)	33
Obr. 8: Rozmístění meteorologických stanic pro měření teploty a solární radiace na území ŠLP v Kostelci nad Černými lesy (R. Modlinger)	34
Obr. 9: Přehled vývoje sumy efektivních teplot k napadení stromu (červené linie) a vývoj lýkožrouta (ostatní barevné linie) pro všechny meteorologické stanice na území ŠLP v Kostelci nad Černými lesy uvedené v legendě. Výpočet v programu PHENIPS. Když linie protne hodnotu celého čísla na ose y, došlo k dosažení daného stavu	35
Obr. 10: Predikce termínu napadení stromů lýkožroutem smrkovým (červená linie) a dokončení vývoje generací (černá linie). Výpočet v programu PHENIPS ze stanice Habr (ŠLP v Kostelci n. Č.l.). Když linie protne hodnotu celého čísla na ose y, došlo k dosažení daného stavu.	35
Obr. 11: Predikce dokončení vývoje lýkožrouta smrkového na základě měření meteorologických parametrů ke dni 14. 8. 2020 pomocí programu PHENIPS ze stanice Habr (ŠLP v Kostelci n. Č.l.). Predikci představuje šedivá čerchovaná čára, pravděpodobný termín dokončení vývoje druhé generace zobrazuje žluté pole dialogového okna (26. 8. 2020). Termín napadení stromů lýkožroutem smrkovým je zobrazen červenou linií a suma efektivních teplot pro vývoj černou linií	36
Obr. 12: Model vývoje lýkožrouta smrkového (PHENIPS) v průběhu vegetační sezóny pro jednotlivé data odběrů a lesnické úseky	38
Obr. 13: Průběh maximálních a průměrných teplot dní a úhrn srážek během roku 2020 (M. Klinovský).....	39
Obr. 14: Průměrné roční teploty mezi lety 1961 – 2020 (ČHMÚ)	39
Obr. 15: Počet dospělců lýkožrouta smrkového odchycených na jednotlivých lesních úsecích v porovnání se stupněm vývoje predikovaném modelem PHENIPS. Dokončený vývoj dané generace je značen celým číslem	40
Obr. 16: Počet jedinců lýkožrouta smrkového odchycených do feromonových lapačů	41
Obr. 17: Počet jedinců lýkožrouta smrkového odchycených do feromonových lapačů během první a druhé generace (R. Modlinger)	41
Obr. 18: Procento odchycených zástupců vybraných kalamitních druhů v závislosti na hodnotě PHENIPS.....	42
Obr. 19: Procento odchycených zástupců vybraných kalamitních druhů v závislosti na hodnotě PHENIPS.....	42

1 Úvod

Kůrovcové kalamity představují důležitou biotickou disturbanci, související s přírodním vývojem a dynamikou lesních ekosystémů. Vlivem podmínek prostředí, které svědčí nárůstu populační hustoty evropských kůrovců škodících na smrku, vznikají náhlá ohniska jejich výskytu. Kalamitní druhy pak zapříčiňují masivní útoky na poškozené, umírající či mrtvé stromy, což může mít za následek hromadné vymírání lesů na plochách nedozrnlých rozměrů (BAIER et al. 2007). Některým druhům přestanou vlivem přemnožení stačit k jejich vývoji zavadlé stromy z původních polomů. Proto se nové generace začínají soustřeďovat i na stromy zdravé (PFEFFER 1955).

Typické jsou pro lýkožrouta cyklické gradace, tedy náhlé zvyšování populačních hustot spolu s obdobími s relativně nízkou početností. Mezi důležité faktory, které ovlivňují jeho rozšíření, patří například zdravotní stav hostitelské rostliny. Napadení parazity či houbami narušuje její obranyschopnost. Svou roli hraje též druhová skladba a věková rozrůzněnost porostu (KINDLMANN et al. 2012). V posledních letech lze na téměř celém území České republiky registrovat enormní rozsah kůrovcových kalamit (MODLINGER & TRGALA 2019).

Velký význam zaujímá v této problematice počasí ve smyslu teploty ovzduší. Dále pak silné bouře a větry, které mají za následek plošné poškození porostů (KINDLMANN et al. 2012). Kumulace objemu dřeva v kůře zajišťuje ideální předpoklad pro expanzi podkorního a dřevokazného hmyzu, zejména pak lýkožrouta smrkového, pokud mu k tomu vliv klimatických podmínek napomůže (ZUMR 1995). Zvýšení teploty vzduchu zajišťuje lýkožroutům ideální prostředí pro utvoření více generací během vegetačního období, než je očekáváno. V případě, že má stav zvýšených teplot tendenci se opakovat více let po sobě a to hlavně v jarních měsících, vytváří se ideální podmínky pro nástup kalamity. Časné oteplení na jaře a poté udržení přívětivých letních teplot až do podzimních časů zajišťuje prodloužení optimálního období pro let, tím pádem i pro napadání stromů a kladení vajíček, kdy vysoké teploty ještě zvyšují potenciál efektivního vývoje lýkožrouta (SKUHRAVÝ 2002). Vybral jsem si toto konkrétní téma z důvodu zájmu o ochranu lesa, jelikož kalamitní druhy, jimiž se tato práce zabývá, stále více narušují stabilitu lesního ekosystému, a je proto pro mě jako budoucího lesníka řešení současné a budoucí situace citlivou záležitostí. Navíc jsem vyrůstal v Jizerských horách, které byly za přispění imisí z elektráren a nevhodným hospodařením lýkožroutem značně zasažené, kdy minulá léta naštěstí přinesla částečné zlepšení. Já bych tedy rád poznáním problematiky vývoje a životního cyklu kalamitních druhů převzal poznatky z této práce a případně v budoucnu přispěl k ochraně přírody, zvláště lesních společenstev, abych tak napomohl k zachování této krásné krajiny i pro příští generace.

Cíl práce

Cílem této bakalářské práce je stanovit letovou křivku pro lýkožrouta smrkového, lýkožrouta severského a lýkožrouta lesklého na základě celosezónního odchyty do feromonových lapačů ve vybraných lokalitách v rámci Školního lesního podniku Kostelec nad Černými lesy během roku 2020. Nedílnou součástí cíle je poté porovnat změny v počtu odchycených jedinců jednotlivých vybraných druhů kůrovců s vývojem sumy efektivních teplot a posoudit zjištěné poznatky dle odborné literatury a předchozích experimentů.

2 Literární rešerše

2.1 Morfologie a bionomie lýkožrouta smrkového

2.1.1 Morfologie

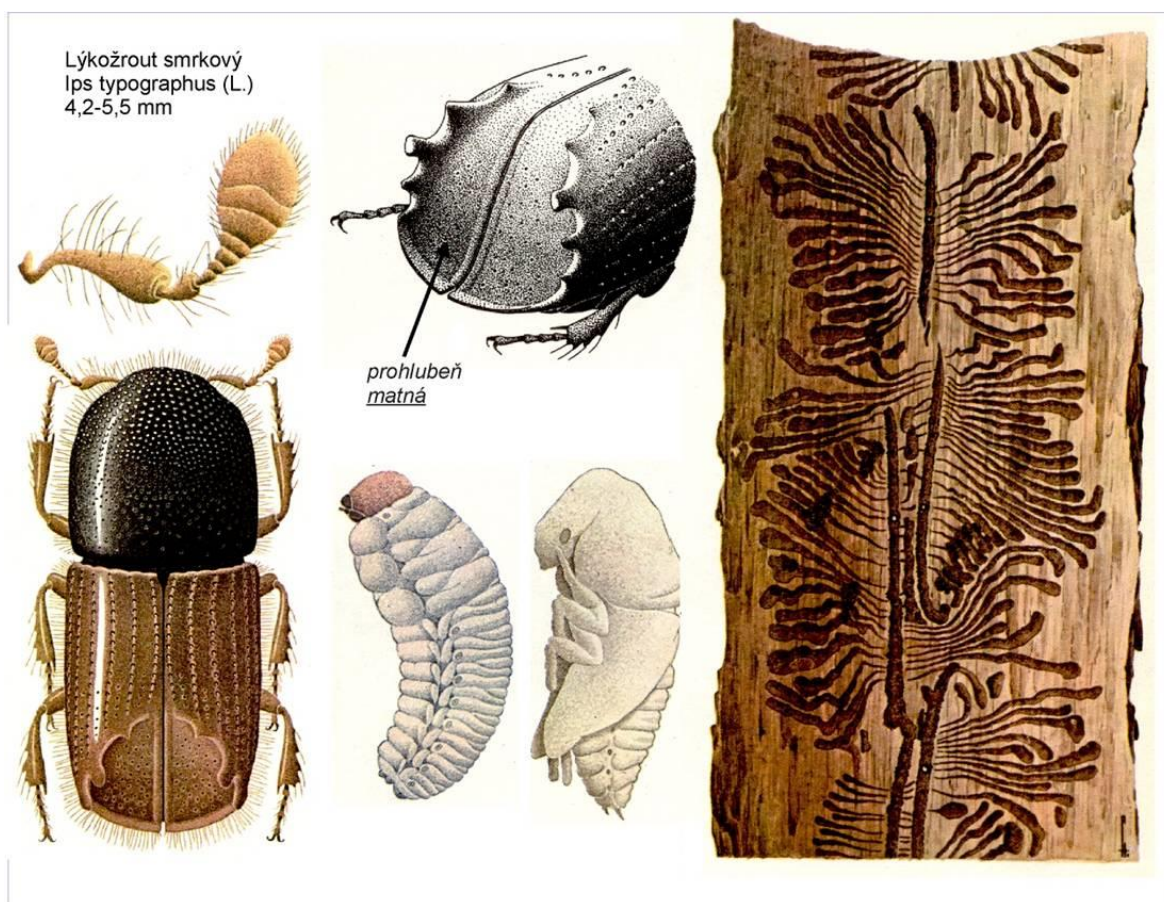
Lýkožrout smrkový – *Ips typographus* (Linnaeus, 1758) je v rámci dopadu na lesní hospodářství řazen mezi nejvýznamnější škůdce (KINDLMANN et al. 2012). SKUHRAVÝ (2002) ho dokonce označil jako nejvážnějšího škůdce v evropských smrkových porostech. V aktuálním taxonomickém pojetí (BIOLIB 2021) jej řadíme do řádu brouci (Coleoptera), čeledi nosatcovití (Curculionidae) a podčeledi kůrovcovitých (Scolytinae). V České republice se vyskytuje zhruba 110 zástupců podčeledi kůrovcovitých (PFEFFER 1955). Z toho pak 6 druhů náleží do rodu *Ips* De Geer, 1775, ve kterém je *I. typographus* zastoupen (PFEFFER & KNÍŽEK 1999). Do poloviny 20. století se u nás vyskytoval jen v horských oblastech nad 800 m n. m. kromě oblasti Brd, ale postupně se rozšířil i do nižších poloh a dnes je jeho areál výskytu prakticky všude, kde roste smrk (ZAHRADNÍK 2010).

Co se týče velikosti, jde o malého brouka, délka těla se pohybuje mezi 4,2 – 5,5 mm (PFEFFER 1955). V přírodě se ale mohou vyskytovat i menší jedinci, jejichž odlišná velikost je způsobena nižším příjmem potravy ve stádiu larvy (SKUHRAVÝ 2002). Po vylíhnutí z kukly mají brouci bílou barvu a následně žloutnou. Postupem vývoje jejich krovky, horní část těla i část dolní ztmavnou do hnědočerného odstínu (SKUHRAVÝ 2002). Tělo i krovky jsou válcovité, na zadní části krovek jsou zřetelné čtyři zoubky (Obr. 1). Čelo je pokryto zrnitými hrbolky, ze kterých nápadně vyčnívá svou velikostí ten uprostřed předního okraje. Tykadla žlutavého zbarvení jsou vybavena bičkem z pěti článků (PFEFFER 1955). Poměrně velká palička na tykadle oválného tvaru má zprohýbané švy (ZUMR 1995), což je důležitým rozlišovacím znakem od dalších druhů rodu. Povrch těla dospělců je lesklý, množství drobných žlutých chloupků však opticky vzbuzuje celkově matný dojem. Právě hustota těchto chloupků napomáhá při odlišování samiček a samců, kdy samci je mají řidší na přední části pronota než samice. Dalším rozlišovacím znakem mohou být rýhy pod ústním ústrojím u samiček. Existují i další znaky, jako třeba velikost třetího zubu na zadních krovkách, který by měl být u samců větší, ale kvůli velké proměnnosti však postrádají tyto znaky záruku určení (SKUHRAVÝ 2002).

I. typographus se zmíněným hladkým a lesklým mezirýžím odlišuje od našich ostatních příbuzných druhů majících na zadní části krovek čtyři zuby, k nimž patří například i *Ips duplicatus* (Sahlberg, 1836) (PFEFFER 1955). Lze si ovšem všimnout i řídkého tečkování. Zoubky lemující matnou prohlubeninu také slouží jako důležité rozeznávací znamení od ostatních druhů. U lýkožrouta smrkového je nejmenší horní zub. Druhý je poté širší u svého kořene, třetí zřetelné

největší a nejdelší, poslední je opět spíše menší. Vzdálenost mezi těmito zoubky je stejná (ZUMR 1995). Oproti tomu se *I. duplicatus* (Sahlb.) vyznačuje výrazně vzdálenějším prvním suturálním párem zubů od ostatních (KNÍŽEK & HOLUŠA 2009). Dalším rozeznávacím znakem je též již zmíněná velikost, kdy je lýkožrout smrkový výrazně větší než ostatní druhy a řadíme ho mezi naše největší kůrovce (KINDLMANN et. al 2012).

Požerky, neboli chodby vytvořené aktivním hlodáním dospělců a larev pod kůrou nebo ve dřevě, se liší svým tvarem, velikostí a uzpůsobením u různých druhů kůrovců. Základem požerku lýkožrouta smrkového je snubní komůrka, ze které vystupuje 2 – 5 matečných chodeb v závislosti na počtu přilákaných samic (Zumr 1995). Při velkém přemnožení může požerek obsahovat pouze jednu matečnou chodbu (Pfeffer 1955). Z matečné chodby příčné larvové chodby, které se postupně rozšiřují až do místa zvaného komůrka, kde se nachází kukly. Za příhodných podmínek navazují na chodby larev nesourodé chodbičky vzniklé vlivem zralostního žíru nově vylíhlých jedinců. Od ostatních druhů se požerek odlišuje směrem matečných chodeb, které vedou ve směru podélné osy kmene. Velikost požerku lýkožrouta smrkového se pohybuje mezi 10 až 30 cm (Zumr 1995; Zahradník & Knížek 2016).



Obr. 1: Vývojové fáze lýkožrouta smrkového s detailem tykadla, prohlubně a požerku (NOVÁK et al. 1974)

2.1.2 Bionomie

Lýkožrout smrkový se vyvíjí zpravidla pod kůrou smrků, ve vzácných případech i pod kůrou jiných jehličnanů, například modřínů nebo borovic (ZAHRADNÍK 2010). Pro vývoj svých larev upřednostňuje silnější vrstvu lýka, proto je typickým škůdcem v porostech starších věkových tříd od 50 let výše. Jedincům se slabší vrstvou lýka se vyhýbá, stejně tak i mladším smrčinám, kde škodí až při rozsáhlém přemnožení (PFEFFER 1955).

I. typographus se vyznačuje polygammím způsobem života, kdy na jednoho samce připadá až několik samiček (SKUHRAVÝ 2002). Poté, co jsou oplodněny, vytváří samičky rovnoběžně s osou kmene matečnou chodbu, do které nakladou vajíčka. Jejich počet se pohybuje kolem 60 (PFEFFER 1954; ZAHRADNÍK 2010), ale může přesáhnout až 80 kusů (WERMELINGER 2004). Během svého života jich pak stihnou naklást asi 20 – 100 (PFEFFER 1955) v závislosti na tom, dokončí-li kladení již při prvním náletu nebo s tím pokračují při sesterském rojení. Maximální „fyziologická“ schopnost jedné samice se podle MARTÍNKA (1961) pohybuje okolo 120 vajíček. Důležitou roli zároveň hraje i nadmořská výška, kdy při jejím poklesu dochází k redukci počtu vajíček. V polohách okolo 1200 m. n. m. jsou samice schopny snůšky čítající 25 kusů, zatímco v 500 m. n. m. počet rapidně stoupá až přes 80 vajíček (ZUMR 1985; ZUMR 1995). Sesterské rojení znamená, že samice opouští svůj původní požerek a po absolvování zralostního žíru naklade vajíčka i na jiném místě (KINDLMANN et al. 2012). Z nakladených vajíček se posléze vylíhnou larvy, které se živí lýkem stromů, přičemž hloubí postranní horizontální chodbičku (PFEFFER 1955). Společně s růstem larev se rozšiřují také chodby. Larvy si po třetím svlékání vytvářejí takzvané kukelní komůrky. Po dokončení kuklení vzniká dospělý jedinec připravený k letu. Úspěch vývoje není stoprocentní, dochází zde k úmrtnosti ve všech fázích, tedy jak ve stádiu vajíček, tak larev, kukel, ale i již vyvinutých brouků, kteří nejsou schopni nalézt cestu pryč z kukelní komůrky. Celkem vývoj trvá mezi šesti až deseti týdny (PFEFFER 1955). Nejvíce času zabere hloubení mateřské chodby a kladení vajíček, trvající asi 7-10 dní (SKUHRAVÝ 2002). Velmi se liší doba larválního vývoje závislejší na teplotních podmínkách. Lze jej dokončit již za 7 dní, za nepřízné počasí se ale může protáhnout až na 50 dnů (ZUMR 1995).

Na území střední Evropy má lýkožrout smrkový v nižších polohách dvě generace ročně, zatímco ve vyšších nadmořských výškách vlivem přírodních podmínek pouze jednu. Díky příhodnému stavu počasí však může stihnout i další generaci navíc (ZAHRADNÍK 2010). Po opuštění zimoviště nedochází ihned k náletům na cílené stromy, ale doba tohoto předělu je různě dlouhá a záleží na více faktorech. K jarnímu rojení, které předchází náletu na příhodné smrkové hostitele, kde je následně založeno nové pokolení, dochází po ohřátí kůry nebo hrabanky na 14 °C. Při 20 °C nabírá rojení značně na síle a při teplotách 29 °C dochází k tepelnému optimu pro lýkožroutův život. V pahorkatinách a v oblastech na úpatí hor začíná koncem dubna a probíhá

během května (PFEFFER 1955; ZUMR 1995). Po dokončení prvního pokolení dochází k letnímu rojení, jehož počátek se liší v závislosti na nadmořské výšce a expozici daného území. ZUMR (1995) určil za hranici přibližně polovinu července. Letní rojení je tedy méně intenzivní a rozložené na delší období (PFEFFER 1955).

Sameček nalétá na cílový strom jako první a hloubí skrze kůru do lýka snubní komůrku, do které následně láká samičku (SKUHRAVÝ 2002). Doba, po kterou sameček hloubí snubní komůrku se pohybuje mezi dvěma až čtyřmi dny. Samičky jsou do lýka lákány pomocí čichových podnětů, konkrétně S-cis-verbenolu a 2-methyl-3-buten-2-olu (BERÁNKOVÁ 2018), které zaregistrují díky speciálnímu senzoru umístěném v paličkách tykadel. Velký pokrok v poznání komunikace lýkožrouta smrkového přinesl objev terpenů a agregačních feromonů (ZUMR 1995). Ty jsou podle SKUHRAVÉHO (2002) evolučním výdobytkem kůrovců sloužícím k prolomení obranných mechanismů stromů. První zmíněná skupina látek se uvolňuje po čerstvém řezu či ze stromů vadnoucích a tím lákají průzkumníky z řad lýkožroutů. Slouží tedy k orientaci brouků v porostu a hlavním terpenem smrků je α -pinen, dále pak β -pinen, kamfen, limonen a další. Agregační feromony, též populačně pohlavní atraktanta, si vytvářejí brouci samotní, konkrétně dané pohlaví, které dorazí k hostiteli jako první a započne napadení a žír. Jejich význam spočívá v agregaci populace na správného hostitele a k dosažení setkání obou pohlaví. Jedná se o sekundární atraktanta, protože vznikají v trávicím traktu rozkládáním těch primárních a jsou přítomny v trusu brouků. (ZUMR 1995).

Primárně tedy *I. typographus* vyhledává čerstvě odumřelé či odumírající stromy. Během přemnožení napadá vlivem nedostatku potravy i stromy oslabené suchem, napadené houbami nebo dokonce i ty zdravé (ZAHRADNÍK 2010). Podobně jako ostatní druhy i lýkožrout smrkový má své preference ohledně částí stromu, na které nalétá přednostně a kde dochází k dalšímu vývoji. Prvním náletem zasahuje do místa nasazení koruny. Je to z důvodu přítomnosti hladké kůry s relativně příznivou tloušťkou lýka (ZUMR 1985). Následně obsazuje kmen ve směru dolů, méně pak ve směru k vrcholu koruny. Ležícího dřeva je primárně napadáno na horní straně oblíny, při silném výskytu jsou náletem zasaženy i ostatní části, jen v místě kontaktu s půdou zůstává kmen nenapadený (ZUMR 1995; PFEFFER 1954).

Zimu přečkává převážně ve stádiu brouků, zatímco menší část populace je schopna zimovat ve formě larev a kukel (PFEFFER 1955). Zimuje pod kůrou stojících nebo padlých stromů na pozici, kde se vylíhl nebo v místech zralostního žíru. Často lýkožrout přezimuje v opadané kůře na zemi (ZAHRADNÍK 2010; KINDLMANN et al. 2012). Poměr brouků přezimujících pod kůrou stromů a v hrabance se pohybují mezi 4% až 80% ve prospěch hrabanky, a závisí na stupni dokončení vývoje populace (SKUHRAVÝ 2002). Průběh zimních teplot je důležitý pro

mortalitu přezimujících jedinců, kdy teploty pod $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ výrazně zvyšují mortalitu (FACCOLI 2002).

Prvním znakem, podle kterého lze poznat napadení stojících stromů lýkožroutem smrkovým je ronění pryskyřice v místech náletu pionýrských samců tohoto druhu. To však může mít i jinou příčinu, proto je důležité tento znak kombinovat s detekcí přítomnosti závrťových otvorů (ZAHRADNÍK 2010). Tyto otvory jsou nápadné, mohou však být skryty pod kůrou a bývají v průměru 2 – 2,5 mm široké (LUBOJACKÝ et al. 2018). PFEFFER (1955) označil za nejspolehlivější symptom, který je důležitý pro včasné zjištění napadených stromů, hnědavou drť, takzvané „drtinky“. Ta se vytváří vlivem hlodání lýkožroutů v lýku a následně se objevuje na kůře uvízlá za jejími šupinkami, ale zpravidla se kumuluje v místech kořenových náběhů a kolem paty stromu. Další indicií vedoucí k odhalení napadení může být změna barvy jehličí, případně jeho opad (MODLINGER et al. 2015).

2.2 Morfologie a bionomie lýkožrouta severského

2.2.1 Morfologie

Lýkožrout severský - *Ips duplicatus* (Sahlberg, 1836) je dalším zástupcem rodu *Ips* na našem území (KNÍŽEK & HOLUŠA 2007). Je druhem, který původně zaujímal boreální areál, tedy část Fennoskandinávie, Sibiř a východní Asii (WERMELINGER et al. 2020) a jeho výskyt je nyní zaznamenán v 15 zemích EU (BECKER et al. 2020). V České republice škodí zejména na Moravě a ve Slezsku (ZAHRADNÍK & KNÍŽEK 2016). Je považován za sekundárního škůdce. Doprovází jiné druhy kůrovců, se kterými působí společně. Někteří vědci uvádějí jeho samostatné dopady na hostitele jako nepřilíš škodlivé (BECKER et al. 2020).

Podle PFEFFERA (1955) patří mezi drobné druhy, jeho velikost se většinou pohybuje v rozmezí 3,5 – 4,0 mm (PFEFFER 1955). Zatímco KNÍŽEK & HOLUŠA (2007) uvádí mnohem větší rozpětí velikosti dospělce 2,8 – 4,5 mm. Jeho čelo je stejně jako u *I. typographus* zrnitě hrbolekované, hrbolek nacházející se uprostřed předního okraje bývá drobný a lesklý. Tykadlová palička je opatřena lomenými švy. Mezirýží je pokryté tečkami a lesklé, stejně jako prohlubenina na zadní části zkosených krovek. Tu opět lemují dva páry zoubků po čtyřech, které se liší svou vzájemnou vzdáleností, kdy je druhý zoubek se třetím vzájemně přiblížený a prostor mezi nimi vyvýšený, což je důležitý znak k rozeznání od ostatních druhů, jak již bylo zmíněno (PFEFFER 1955). Barva je černohnědá až černá, takže je tmavší než lýkožrout smrkový (KNÍŽEK & HOLUŠA 2007).

Požerak může být jednoramenný až pětiramenný, většinou však obsahuje dvě nebo tři ramena (KNÍŽEK & HOLUŠA 2007). Ve středu požerku se nachází závrťový otvor a snubní komůrka, kterou nelze na kůře rozeznat. Záleží též na hustotě osídlení daného stromu. Při nižších počtech jsou matečné chodby dlouhé 9 – 13 cm, zatímco při značném napadení dochází k redukci délky na 5 – 7 cm (HOLUŠA et al. 2006). Stejně jako bionomie i požerak je podobný tomu u *I. typographus*, ale matečné chodby jsou o trochu kratší (PFEFFER 1955) a závrťové otvory jsou menší (LUBOJACKÝ et al. 2018). Celkově je tedy menší a to i z důvodu rozdílu velikostí obou brouků (KNÍŽEK & HOLUŠA 2007).

2.2.2 Bionomie

Podle HOLUŠI et al. (2006) je bionomie a etologie lýkožrouta severského podobná lýkožroutu smrkovému, avšak *I. duplicatus* se objevuje výše na kmeni. Jeho vývoj probíhá pod kůrou smrků ztepilých a výjimečně i borovic během kalamitním stavu. Příležitostně napadá modřín v oblastech Sibíře (WERMELINGER et al. 2020). KAŠÁK & FOIT (2015) zaznamenali jeho výskyt během zvýšeného populačního stavu dokonce na douglasce, pokud byl na stanovišti nedostačující objem smrkového dříví.

Poté, co sameček vyhloubí závrťový otvor a snubní komůrku, začne k sobě lákat samičku pomocí agregačního feromonu. Hlavní složkou této látky je ipsdienol a E-myrcenol a naláká asi 1 – 5 samiček (JEGER et al. 2017). Přilákané samičky hlodají matečné chodby lemované připravenými zářezy, do kterých kladou jednotlivá vajíčka. Průměrný počet bývá 60 kusů (KNÍŽEK & HOLUŠA 2007). Z vajíček se po uplynutí jednoho až dvou týdnů líhnou larvy. Délka jejich vývoje je závislá na lokálních stanovištních podmínkách a vlivu počasí. Po zakuklení trvá přibližně 10 dní, než se vylíhnou noví brouci (HOLUŠA et al. 2006). Ti pak během dvoutýdenního zralostního žíru pohlavně dospívají. Celkově trvá vývoj 6 – 8 týdnů (KNÍŽEK & HOLUŠA 2007).

V našich podmínkách nejčastěji dosahuje dvou generací za rok, přičemž k jarnímu rojení dochází na začátku května, případně už na přelomu dubna a května. Letní rojení probíhá zhruba od poloviny července (KNÍŽEK & HOLUŠA 2007). Naopak v severských oblastech podle PFEFFERA (1955) dosahuje během roku jen jednoho pokolení. V případě, že je během léta velké sucho a teplo, je schopen založit i třetí generaci během srpna, případně září. Mimo to u něj probíhá i sesterské rojení (KNÍŽEK & HOLUŠA 2007). Vývoj jedné generace trvá přibližně dva měsíce (WERMELINGER et al. 2020).

Lýkožrout severský preferuje středně staré porosty, jejichž věk je 40 – 70 let (PFEFFER 1955). Tloušťka kmene v místě napadení bývá mezi 6 – 35 cm, nejčastěji ale 6 – 15 cm (HOLUŠA et al. 2006). Kromě vrchních částí kmene napadá též silnější větve, při přemnožení je však schopný kolonizovat celou plochu stromu (JEGER et al. 2017). Občas se též vyskytne na

mladších a slabších stromech ve spodní části kmene. Vybírá si pouze stojící stromy a nezáleží, jestli oslabené nebo zdravé (ZAHRADNÍK & KNÍŽEK 2016).

Zimuje jako dospělec převážně v hrabance, ale je schopen i přezimování pod kůrou v případech, kdy je jeho celkový vývoj nedokončený před začátkem zimy z důvodu nízkých teplot na konci podzimu (WERMELINGER et al. 2020).

Projevy napadení lýkožroutem severským jsou při pozemním šetření stěží odhalitelné, jelikož vytvářené drtinky jsou roznášeny do okolí a jehličí, které mění barvu a opadá bývá situováno jen v části koruny a navíc zde hraje roli i výška, ve které se *I. duplicatus* primárně vyskytuje (LUBOJACKÝ et al. 2018).

2.3 Morfologie a bionomie lýkožrouta lesklého

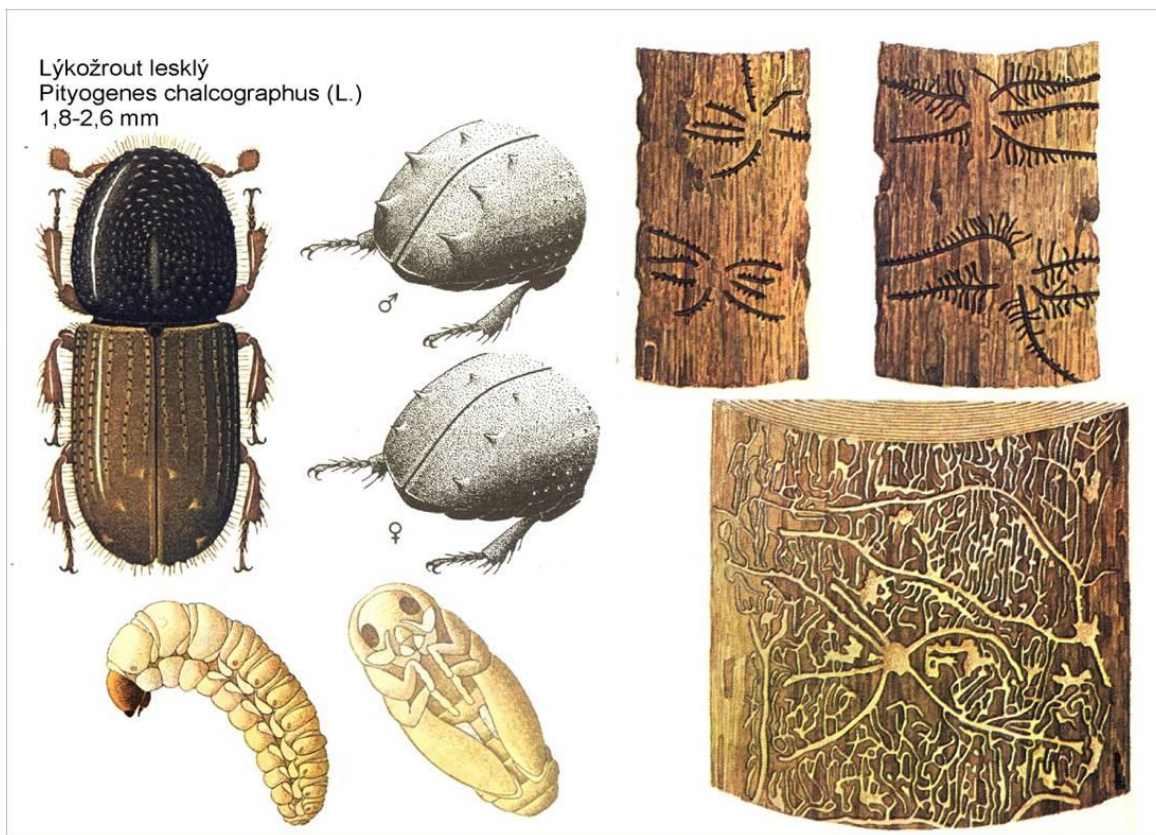
2.3.1 Morfologie

Lýkožrout lesklý – *Pityogenes chalcographus* (Linnaeus, 1761) patří též do řádu brouků (Coleoptera), podčeledi kůrovcovitých (Scolytinae) a je jedním ze sedmi zástupců tohoto rodu v České republice (ZAHRADNÍK 2007). L. lesklý se vyskytuje v celé Evropě, na Sibiři a v Japonsku (PFEFFER 1955). V Evropě se jeho populace geneticky dělí na severovýchodní a středoevropskou, které jsou od sebe odděleny přirozenými bariérami (AVTZIS et al. 2008).

Podle PFEFFERA (1955) je velikostní rozpětí tohoto kůrovce 1,6 – 2,8 mm. Válcovité tělo má hnědočernou barvu (ZAHRADNÍK 2007). Jeho štít je dále hrbovkovaný na předním okraji, vzadu s nepříliš hustým tečkováním. Tečky pokrývají v malém počtu i krovky a společně tvoří řádky. Uprostřed štítu má hladký a lesklý kýl a stejné atributy má i jeho mezirýží. Na konci krovek se nalézají prohlubenina vedoucí podél švu, na jejíž stranách se tyčí tři zoubky (PFEFFER 1955; ZAHRADNÍK 2007). Ty jsou tvarem kuželovité a ostré u samců, zatímco u samic jsou těžko rozpoznatelné. V obou případech jsou vzájemně stejně vzdáleny. Dalším rozpoznávacím znakem mezi pohlavími je čelo, které mají samci ploché. Oproti tomu samicím čelem vede mezi očmi hluboká prohlubenina. Od předešlých druhů se liší zejména velikostí a dále absencí čtvrtého zoubku (Obr. 2) (PFEFFER 1955).

Důležitým poznávacím znakem, podle kterého lze požerec rozeznat od ostatních, je jeho hvězdicový tvar (ZAHRADNÍK & KNÍŽEK 2016). Tvoří ho malá snubní komůrka umístěná v kůře stromů, kde se nachází i kolébky. Snubní komůrka je po odloupení lýka nezřetelná. Dále jsou jeho součástí stočené matečné chodby. Jejich počet odpovídá množství oplodněných samic, ale nejčastěji je jejich počet od tří do šesti (PFEFFER 1955). Tyto chodby měří až 4 centimetry

(ZAHRADNÍK & KNÍŽEK 2016) a jejich průměr se pohybuje kolem jednoho milimetru (PFEFFER 1955).



Obr. 2: Vývojové fáze lýkožrouta lesklého s detailem prohlubně obou pohlaví a požerku (NOVÁK et al. 1974)

2.3.2 Bionomie

U lýkožrouta lesklého se náletu na cílový strom ujímá jako první samčí průzkumník. Stejně jako u předchozích zástupců začíná cyklus hloubením snubní komůrky. Sameček následně využívá svého agregačního feromonu, v tomto případě je hlavní složkou této látky takzvaný chalcogran, k nalákání potencionálních družek. Těch se mu obvykle podaří přilákat 3 – 6, někdy až 8 (ZAHRADNÍK 2007). HEDGREN (2004) uvádí možnost kopulace samečka dokonce s 9 samičkami. Ty následně hlodají skrze lýko matečné chodby mající hvězdicovitý tvar. Po stranách vytvářejí drobné zářezy sloužící k uložení nakladených vajíček. Ty jsou kladeny v průběhu přibližně jednoho týdne a jejich počet se pohybuje mezi 10 – 26 kusy (ZAHRADNÍK 2007). Larvy se líhnou postupně dle pořadí vzniku vajíček. Po vylíhnutí počínají s hloubením larvových chodeb, které bývají značně husté s délkou 2 – 4 cm. Po zakuklení si vytvářejí komůrky, které jsou k nalezení v kůře stromů (PFEFFER 1955). Celkově tento vývoj trvá 6 – 10 týdnů (ZAHRADNÍK & KNÍŽEK 2016).

Jarní rojení se odehrává v průběhu dubna v nižších nadmořských výškách, zatímco v horských oblastech začíná až během května. Na konci června se pak začínají objevovat noví brouci. Jejich úkolem je založit druhou generaci, tedy letní pokolení (PFEFFER 1955). Pokud panují během doby jeho aktivity příhodné podmínky, je lýkožrout lesklý v nížinách schopný vytvoření celkově i tří generací, ve vyšších nadmořských výškách jen dvou. Naopak při nepříznivém počasí a to zejména během jarních měsíců, zakládá o jedno pokolení méně (ZAHRADNÍK 2007).

K náletu si v našich podmínkách vybírá smrky až po horní hranici lesa, kde napadá i borovici kleč (PFEFFER 1955). Jelikož se označuje za sekundárního a fyziologického škůdce (ZAHRADNÍK 2007), často se vyskytuje v odpadovém dříví z těžby nebo odumřelém vlivem abiotických faktorů. Upřednostňuje dříví se slabším průměrem, především větve a vrcholky kmenů (HEDGREN 2004). Vzácně se objevuje i na stromech větších dimenzí. Proto je jeho největší koncentrace výskytu zaznamenávána v tyčkovinách a tyčovínách. Při silném přemnožení nalétá na okolní stromy, které jeho vlivem postupně odumírají (ZAHRADNÍK 2007) a v těchto místech vznikají takzvané kotlíkové světliny (PFEFFER 1955). Zimu přečkává ve stádiu dospělce, nebo jako kukla z druhé generace. Třetí možností je pak přezimování formou larev druhého či třetího pokolení (PFEFFER 1955).

Symptomy, projevující se na stromech v místech napadení lýkožroutem lesklým, jsou podobné těm u *I. typographus*. Jedná se tedy o ronění pryskyřice, přítomnost závrťových otvorů s rozdílem jejich menšího průměru a drobnějších drtinek (ZAHRADNÍK 2007). ve srovnání s lýkožroutem smrkovým je drtinek méně (LUBOJACKÝ ET AL. 2018).

2.4 Fenologické modely kůrovcovitých

Fenologické modely jsou důležitou součástí ekologie hmyzu a jeho managementu. Studují ovlivňování průběhu životních cyklů teplotou, její vliv na vývoj a populační dynamiku. Vznikly díky laboratorním experimentům a za pomoci četných výzkumů v terénu (BENTZ & JÖNSSON 2015). U kůrovcovitých umožňují, vzhledem k jejich náchylnosti k přemnožení, předpovědět dobu rojení, rozpoznat v terénu hůře určitelná sesterská rojení potřebná pro úplnost výzkumu populační dynamiky, určit rozsah generací zahajujících diapauzu a také pomáhají řešit dopady vlivu klimatické změny (BEREC et al. 2013).

Modelem vyvíjeným na území Národního parku Kalkalpen v Rakousku, sloužícím pro predikci sezónního vývoje lýkožrouta smrkového v prostoru a čase je takzvaný PHENIPS (BAIER et al. 2007). Je to fenologický model řešící jeho životní cyklus komplexně (HLÁSNY et al. 2011), pomocí kterého lze simulovat fenologii v závislosti na teplotě a generačního

vývoje lýkožrouta smrkového (BAIER et al. 2009). Podle BAIERA et al. (2007) bylo v minulosti provedeno více výzkumů zaměřených na vztah teploty a reprodukčního úspěchu lýkožrouta smrkového, kdy u něj tyto studie odhalily vývojový vzorec, který je svými proporcemi komplikovanější kvůli vyššímu počtu generací na většině území Střední Evropy společně s fotoperiodicky řízeným sesterským rojením a diapauzou než například u podobně agresivního druhu *Dendroctonus ponderosae* (Hopkins, 1902) pocházejícího z USA. Předchozí snahy o vyvinutí spolehlivého modelu pro fenologii byly limitovány absencí důležitých aspektů, jako je například doba vzniku a množství sesterských pokolení. Také se často počítalo pouze se dvěma sesterskými generacemi pro jedno vegetační období (DOLEŽAL & DAVIDKOVÁ 2018).

PHENIPS všechny předchozí nedostatky zahrnuje a je proto v současnosti nejdokonalějším modelem, jehož přesnost poměrně dobře reflektuje reálná data (DOLEŽAL & DAVIDKOVÁ 2018). Generuje výsledek teploty kůry, ke kterému se lze dopracovat pomocí digitálního výškového modelu užívaného k interpolaci slunečního záření a teploty vzduchu (BAIER et al. 2007). Využitím lokální topografie a vlivu místních podmínek se tento fenologický model pro *I. typographus* liší od ostatních (HOLUŠA et al. 2012). PHENIPS vychází z nelineární funkce pro výpočet sumy efektivních teplot (WERMELINGER & SEIFERT 1998). K tomu byly zahrnuty předpovědi vývojových procesů lýkožrouta smrkového, tedy zahájení jarního rojení, stav napadení stromu následující po jarním rojení, doba trvání vývoje jedné generace vně stromu, reprodukce formou sesterské generace a vývojový stupeň, do kterého se dostaly neúplně dokončené generace (BEREC et al. 2013). Ověření poté probíhá porovnáním naměřené teploty kůry společně s letovou aktivitou a vývojovým stupněm brouků uvnitř obranných opatření. Tyto aspekty se měří v různých nadmořských výškách a důraz se též klade na hledisko svažitého terénu s předpovídanými fenologickými procesy dle modelu (BAIER et al. 2007).

Zjednodušeně tedy tento model určením maximální denní teploty vzduchu predikuje den nástupu hmyzího napadení a průměrná hodnota teploty kůry vypovídá o rychlosti dosažení jednotlivých vývojových stádií lýkožrouta během životního cyklu (HLÁSNÝ et al. 2011). Při studii v praxi lze využít digitální výškový model spolu s hodnotami teploty vzduchu naměřených na několika meteorologických stanic v okolí, které nám pomocí regresní analýzy pomohou určit průměrné a maximální denní teploty v zájmové lokalitě (BAIER et al. 2007). Proto je nutné znát nadmořskou výšku a sumu slunečního záření během dne. K té se dopočítáme tak, že se vezmou v potaz nejčastěji tři dané denní součty záření slunce z referenčních stanovišť a sečtené denní hodnoty potenciačního slunečního záření v části lesa zároveň s hodnotami na referenční stanici (BEREC et al. 2013).

Výstupní data pak slouží jako základní podklady hodnotící nebezpečí napadení kůrovcem v zájmové lokalitě. Zejména v hospodářských lesích s převahou smrku je hodnocení rizika

důležitou součástí managementu jejich správy. Podle zjištění míry ohrožení pak lze určit zóny, na kterých je primárně nutné činit kontrolní a obranná opatření kvůli ochraně okolních smrkových lesů hospodářských či jiných významů. PHENIPS tedy společně se systémy hodnocení rizik založenými na znalostech o lokálních podmínkách napomáhá určit zranitelné lesní oblasti a lokality (BAIER et al. 2007).

Model PHENIPS nemusí být využit pouze pro studii týkající se lýkožrouta smrkového. Pokud známe podstatné údaje, lze jej pomocí drobných změn uzpůsobit i pro práci s ostatními druhy, kterými se tato práce zabývá. Optimalizace pro lýkožrouta severského by mohla být jednodušší díky podobnosti vývoje a jejich shodnému začátku rojení (DOLEŽAL & DAVÍDKOVÁ 2018). Avšak jak již bylo zmíněno, přesná kontrola jeho výskytu je náročnější a letová aktivita těchto dvou na základě výzkumu kolísá, přesto je jejich fenologický model téměř shodný (HOLUŠA et al. 2012). Svě verze se nedávno dočkal i lýkožrout lesklý, který byl zkoumán na území Slovinska, z čehož vznikl model CHAPY (OGRIS et al. 2020).

Pro svůj vývoj a letovou aktivitu vyžadují kůrovcovití překročení určitého teplotního prahu (BEREC et al. 2013) a zároveň není důležitá teplota pouze jednoho konkrétního dne, ale také vývoj denních teplot při vegetační periodě. Poté, co suma daných teplot dosáhne určité hodnoty, dochází k plynulému letu brouka. Tento součet se označuje jako suma efektivních teplot (ZUMR 1995). K vývoji dochází až s minimální teplotou 8,3 °C (WERMELINGER 2004). Brouci začínají být aktivní při zahřátí kůry na 14 °C (SKUHRAVÝ 2002). Podle ZUMRA (1995) došlo po dosažení průměrné maximální denní teploty 16 °C a sumy efektivních teplot 139,6 k opuštění zimoviště a započetí jarního rojení. Podle dřívějšího výzkumu, který probíhal na začátku 80. let 20. století lýkožrout opouštěl zimní stanoviště poté, co průměrná suma efektivních teplot půdy nabyla hodnoty 117,5 a průměrná denní teplota půdy atakovala hranici 15,5 °C. Zároveň byly měřeny poměry pro vylétávání brouků uvnitř lýka na zavěšených polenech (suma efektivních teplot průměrně 120 a maximální denní teplota v lýku v průměru 24,7 °C) vně a na okraji porostu (ZUMR 1985). Nyní autoři považují za směrodatný teplotní limit vzduchu 16,5 °C pro počátek napadení cílového hostitele (BAIER et al. 2007; BEREC et al. 2013; HLÁSNÝ et al. 2011). Vezmeme-li v potaz již zmiňovanou délku vývoje lýkožrouta smrkového dle SKUHRAVÉHO (2002) 6 – 10 týdnů, což činí celkem 334,2 stupňodní a přičteme jejich hodnotu 222,7 (MATOUŠEK 2012) zjištěnou během úživného žíru, dostaneme se k celkovému součtu 557 stupňodní (WERMELINGER 2004).

2.5 Managementové opatření proti kůrovcovitým

2.5.1 Legislativní opatření

V současnosti je vlastník lesa povinen dodržovat pravidla týkající se ochrany lesa zejména v § 32 zákona č. 289/1995 Sb., o lesích a o změně a doplnění některých zákonů („lesní zákon“). V tomto dokumentu se lze například dočíst, že osoba definována jako vlastník lesa je povinna ze zákona činit opatření, která slouží k prevenci a zabránění působení škodlivých účinků na jeho les a to především aktivním vyhledáváním, vedením záznamů o výskytu a zjišťováním rozsahu škod působených škodlivými činiteli. Dále je zde zakotvena povinnost vlastníka lesa informovat odpovědný orgán státní správy lesů, pokud dojde k zjištění stavu zvýšené populační hustoty hmyzích škůdců a současně zajistit opatření vedoucí k zabránění jeho přemnožení. Příslušný státní orgán má právo nařídít vlastníkovi lesa provádět pouze nahodilou těžbu v daném rozsahu a při splnění časového plánu, rozhodnout o ochranných zásazích potřebným k omezení reprodukce či hubení škodlivých organismů nebo prokazatelně označovat a evidovat vytěžené dřevo.

Vyhláškou vydanou Ministerstvem zemědělství, která podrobněji rozvádí zmíněný zákon, je konkrétně navazující vyhláška č. 101/1996 Sb., kterou změnila vyhláška č. 236/2000 Sb., v aktuálním znění vyhlášky č. 76/2018 Sb. V poslední uvedené vyhlášce je také popsáno, že pokud dojde k nečekaným událostem, jako je například náhlé přemnožení škůdců nebo vznik kalamity vlivem sněhu či větru, je následně vlastník lesa povinen okamžitě zasáhnout a docílit odstranění následků nebo je alespoň zmírnit.

Dalším dokumentem je technická norma ČSN 48 1000. Ta se zabývá prevencí výskytu kalamitních škůdců smrkových porostů, konkrétně lýkožrouta smrkového, lýkožrouta severského a lýkožrouta lesklého a také jejich kontrolou a celkovou obranou proti nim.

Počet odchytových zařízení a určení způsobu kontroly pro ochranu porostů se stanovuje na základě kalamitního základu, neboli objemu kůrovcového dříví udávaném v m³, které je zpracováno během časového úseku od 1. srpna do 31. března následujícího roku. Pojmem kůrovcové dříví se označují ležící stromy napadené lýkožroutem, ve kterých se dosud nachází lýkožrout v kterémkoli stádiu vývoje, nebo je jím čerstvě opuštěno. Populační stav zmíněných hmyzích škůdců dělí vyhláška č. 76/2018 Sb. na základní, zvýšený a kalamitní.

Jako základní početní stav lýkožroutů se označuje situace, kdy je celkový objem kůrovcového dříví z minulého roku v průměru nižší než 1 m³ na plochu 5 ha smrkových porostů a nevytvořily se přitom ohniska jejich výskytu. Nehrozí při něm v jednom roce přemnožení škůdce, které by způsobilo významné hospodářské škody na lesním majetku.

Při zvýšeném stavu počtu lýkožrouta dosahuje nebo převyšuje objem kůrovcového dříví v průměru 1 m³ na 5 ha smrkového porostu a zároveň ho není více než 5 m³ na 5 ha. V tomto případě naopak dochází k vytvoření ohnisek lýkožrouta. Tento stav bývá předzvěstí dosažení jeho kalamitního přemnožení.

Kalamitní početní stav druhů lýkožrouta je charakteristický průměrným objemem kůrovcového dříví dosahujícím nebo přesahujícím 5 m³ na 5 hektarů porostu smrku. Nyní již dochází k rozsáhlé hospodářské újmě a lesním škodám ve stěnách, tvoření ohnisek uvnitř porostu, po čemž může dojít až k plošnému napadení.

ČSN 48 1000 rozděluje pro zájmové druhy stupně odchyty dané počtem zachycených jedinců pomocí feromonových lapačů či otrávených lapáků na slabý, střední a silný stupeň odchyty. U lýkožrouta smrkového se jedná o slabý stupeň, je-li zachycený počet nižší než 1000, střední je definován rozmezím 1000 – 4000 a počet překračující tuto hranici je pak označován za silný stupeň odchyty. Pro lýkožrouta severského jsou hranice odlišné a jedná se o slabý stupeň odchyty, pokud je zachyceno do 300 jedinců, střední 300 – 1000, cokoliv nad 1000 kusů je označováno jako silný stupeň odchyty. U lýkožrouta lesklého se jedná o slabý stupeň odchyty do 10000 chycených jedinců, 10000 – 50000 je definováno středním stupněm odchyty a silný stupeň odchyty zahrnuje více jak 50000 zástupců tohoto druhu.

Podle opatření obecné povahy, které zavedl právní předpis č. 17110/2020, není během kalamitního stavu vlastník lesa povinen v lesích na území České republiky, vyjímaje lesů na území národních parků včetně jejich obranných pásem, používat jako obranné opatření lapače a lapáky. Avšak povinnost aktivně vyhledávat kůrovcové stromy, včas je vytěžit a vhodně asanovat nadále zůstává v platnosti. Vzhledem k velkému rozsahu současného napadení lesů v katastrálních územích postrádají tato obranná opatření, co se týče problematiky efektivity ochrany lesů podstatný význam. Lze tedy na těchto územích od jejich aplikace upustit.

2.5.2 Způsoby ochrany lesních porostů

Kontrola napadení hmyzími škůdci je vykonávána ve všech smrkových porostech se stářím přesahujícím 50 let a také v porostech smíšených, ve kterých je smrk zastoupen minimálně 20 % z celkové druhové skladby (ZAHRADNÍK 2005).

Kontrola výskytu lýkožrouta smrkového se podle vyhlášky 76/2018 Sb. při základním stavu zajišťuje pomocí odchyťových zařízení. Ty je potřeba umístit před rojením v počtu minimálně jeden kus na každých 20 hektarů smrkového porostu staršího 50 let s minimálním zastoupením smrku 20%. Zároveň je důležité po celý rok vyhledávat kůrovcové stromy, které je potřeba zavčas

a vhodně asanovat. Během zvýšeného stavu populace lýkožrouta smrkového se též využívají odchyťová zařízení, jejichž počet se pro jarní rojení odvodí z kalamitního základu. Rovná se 1/10 objemu včas zpracovaného kůrovcovitého dříví.

Vyhláška č. 76/2018 Sb. určuje postupy i pro ostatní druhy. Pochůzková metoda slouží zejména k registraci výskytu lýkožrouta severského, ale též všech zástupců, kterým se tato práce věnuje a její důležitou součástí jsou také feromonové lapače. Stejně jako u lýkožrouta smrkového se za účelem ochrany označují stromy napadené, které je potřeba následně asanovat.

Management zjišťování populační hustoty, kontroly a boje proti lýkožroutu lesklému se dle vyhlášky č. 76/2018 Sb. velmi podobá tomu u lýkožrouta smrkového. Odlišností je využití tenčích stromů, či vršků těch silnějších. Pro oba tyto druhy však mohou být využity stejné lapáky. Opět je významným faktorem správná a včasná asanace napadeného dříví, při které se místo jeho odkorňování postupuje pálením za dodržení protipožárních předpisů.

Pro ochranu lesních porostů před lýkožroutem jsou velmi důležitá preventivní opatření, která spočívají v hledání, označení, následné evidenci a zejména ve zpracování a vyklizení atraktivního materiálu pro jeho vývoj z porostu (MODLINGER et al. 2015). Tímto materiálem se rozumí hlavně polomové dříví a zbytky vzniklé těžbou. U lýkožrouta smrkového jde především o kmeny stromů, zatímco lýkožrout lesklý cílí spíše na vršky a klest. Co se týče lýkožrouta severského, je tato problematika komplikovanější, protože preferuje oslabené stojící stromy. Soustředování atraktivního materiálu na skládky a pryč z porostu by mělo být prováděno v zimním období ideálně do konce března v polohách s nadmořskou výškou do 800 m n.m. Ve vyšších polohách se tento termín liší o měsíc, tedy nejpozději do konce dubna (MODLINGER et al. 2015).

Během vyhledávání kůrovcem napadených stromů pochůzkovou metodou na jaře a během léta nám k jejich určení napomáhá odlišné zbarvení jehličí, které rezaví či následně opadáva (KULA 2014). ČSN 48 1000 též definuje význam pojmu kůrovcová souš, což je strom, který odumřel vlivem působení žíru kůrovců a není již vhodný k dalšímu vývoji lýkožrouta. Veřejná vyhláška 17110/2020 udává, že během kalamitního stavu se až do 31. prosince 2022 na kůrovcové souše nevztahuje povinnost primárně zpracovat nahodilou těžbu z důvodu všeobecného nedostatku těžebních kapacit a jejich zanedbatelného významu v množení kůrovce s následnou hrozbou kalamit. Je proto možné tyto souše zanechat na území pozemků určených k plnění funkce lesa až do doby uvolnění zpracovatelských kapacit, avšak je třeba klást důraz na uvedený termín. S nástupem doby rojení je potřeba kontrolovat zejména místa, na kterých byl kůrovec zaznamenán během minulého roku a na osluněných stěnách porostu vzniklých těžbou (ZAHRADNÍK & KNÍŽEK 2016). V té době je detekce snazší díky přítomnosti drtinek. Pokud strom leží, kumulují se na něm do hromádek (ZUMR 1995). Napadené jedince je nutné okamžitě označit, zpracovat

a v pravidelných intervalech kontrolovat a značit i ty okolní, jinak riskujeme, že postupem času znaky napadení zmizí. V létě je kvůli neucelenosti náletu určení dle drtinek náročnější (KULA 2014).

Známou kontrolní metodou je takzvaný lapák (KULA 2014). Lze ho vytvořit tak, že se nejprve pokácí strom, jehož větve se ořežou, aby byla odhalena celá plocha stromu, díky čemuž se pak zvětšuje náletový prostor. Často se ještě pokryje větvemi z důvodu snahy o zpomalení korního vysychání. Je také možné použít dříví ze skládek nebo stromy z polomů (ZAHRADNÍK & KNÍŽEK 2016), kdy polomy mohou plnit funkci lapáku v místech těžko přístupných (MODLINGER et al. 2015). Při tomto procesu lze aplikovat i stromy neodvětvené, jejichž větve v korunách udržují prostor mezi stromem a zemí a zároveň díky nim dochází k rychlejšímu zavádání kmene, jelikož jehličí má schopnost transpirovat vodu i po pokácení. Na neodvětvené stromy lýkožrout nalétá přednostně (ZUMR 1995). Pro tento účel se kácí stromy 8 týdnů před očekávanou dobou rojení lýkožrouta smrkového. Lapáky se po základním opracování rozdělí do dvou kontrolních sérií. Ty z první série určené pro zachycení jarní rojení se umísťují do míst porostních okrajů a z jejich celkového počtu se vyjmou 2/3, které se položí na slunná místa. Ostatní z nich se pak kladou do stínu. Druhá série, sloužící pro zachycení letního rojení, se aplikuje dva týdny před očekávaným začátkem letního rojení (MODLINGER et al. 2015). Po nastražení je potřeba lapáky pravidelně kontrolovat, kvůli případnému přiměřenému navýšení množství těchto zařízení. K tomu dochází, je-li na lapácích první série zjištěn silný stupeň napadení (KULA 2014), tedy dle ČSN 48 1000 více jak jeden závrt na 1 dm². Během tohoto procesu je též nutné sledovat stav lýkožroutů pod kůrou z důvodu následné asanace. Lapáky druhé série se začínají připravovat krátce před začátkem letního rojení (ZAHRADNÍK & KNÍŽEK 2016). Ty se manipulují do polostínu a případně se mohou situovat i vně porostů. V horských oblastech jsou naopak cíleny do osluněných úseků (MODLINGER et al. 2015). Nejvhodnější je použít stromy, které během růstu neztratily látky asimilačního aparátu působením biotických a abiotických faktorů. Účinné je využití úrovnových smrků, jejichž výčetní tloušťka není menší než 20 cm (ZUMR 1995). Brouci jsou do lapáků lákáni díky přítomnosti již zmiňovaných primárních atraktant, které jsou uvolňovány během procesu zavádání lýka (MODLINGER et al. 2015). Hotové lapáky se očíslovají a vede se jejich záznam. Kontrola stavu napadení lýkožroutem se dle ČSN 48 1000 provádí pravidelně v rozmezí 7-10 dní do doby, kdy je lapák asanován a jejich stupeň napadení se pak určuje dle počtu závrtů na 1 dm⁴. Pokud se zde nachází do 0,5 závrtů, jedná se o slabý stupeň napadení. Střední stupeň obsahuje 0,5 – 1 závrt a silný se definuje množstvím větším než jeden závrt na dm⁴. Jedním z problémů zůstává, že lýkožrout severský jako jediný ze zmíněných druhů nejeví o lapáky zájem (ZAHRADNÍK & KNÍŽEK 2016).

Možností pro ochranu lesních porostů jsou též otrávené lapáky, které jsou specifickou modifikací předchozí metody (ZAHRADNÍK & KNÍŽEK 2016). Postup přípravy je následující. Jako

základ lze použít vývrát nebo zlom z minulé zimy. Případnou variantou může být pokácení zdravého stromu, jehož výčetní tloušťka je mezi 22 – 30 centimetry v úrovni prsou (ZUMR 1995). Častou formou jsou trojnožky, sestavené z tří čerstvých polen jejichž délka je 1 – 1,5 metrů (MODLINGER et al. 2015) a tloušťka přibližně 12 cm (ZUMR 1995). KULA (2014) uvádí jejich minimální tloušťku jako 15 centimetrů. Je tedy možné upotřebit celé kmeny či sortimenty jednotlivě, po dvojicích, avšak forma trojnožek je v lesnické praxi tou nejvyužívanější (ZAHRADNÍK & KNÍŽEK 2016). Na výřezy se nanese insekticidní směs ze skupiny pyretroidů v souladu se seznamem povolených přípravků, která brouky neodrazuje od náletu. Po zaschnutí se zařízení opatří feromonovou návnadou, která nahrazuje agregační feromon brouka, protože je otráven dřívě, než je schopen ho vypouštět. Tu je vhodné umístit na zastíněnou část výřezu, tak aby se neporušila a zároveň visela volně dolů. U trojnožek se feromonová návnada větší pod její vrchol (ZUMR 1995). Četnost otrávených lapáků se odvozuje z kalamitního základu. Metoda otrávených lapáků se praktikuje pouze při zvýšeném a kalamitním stavu přemnožení v místech hůře přístupných, kde není možnost pravidelné kontroly. Zásadou žádoucího účinku je umístit otrávený lapák minimálně 10 m od nejbližšího zdravého stromu (MODLINGER et al. 2015).

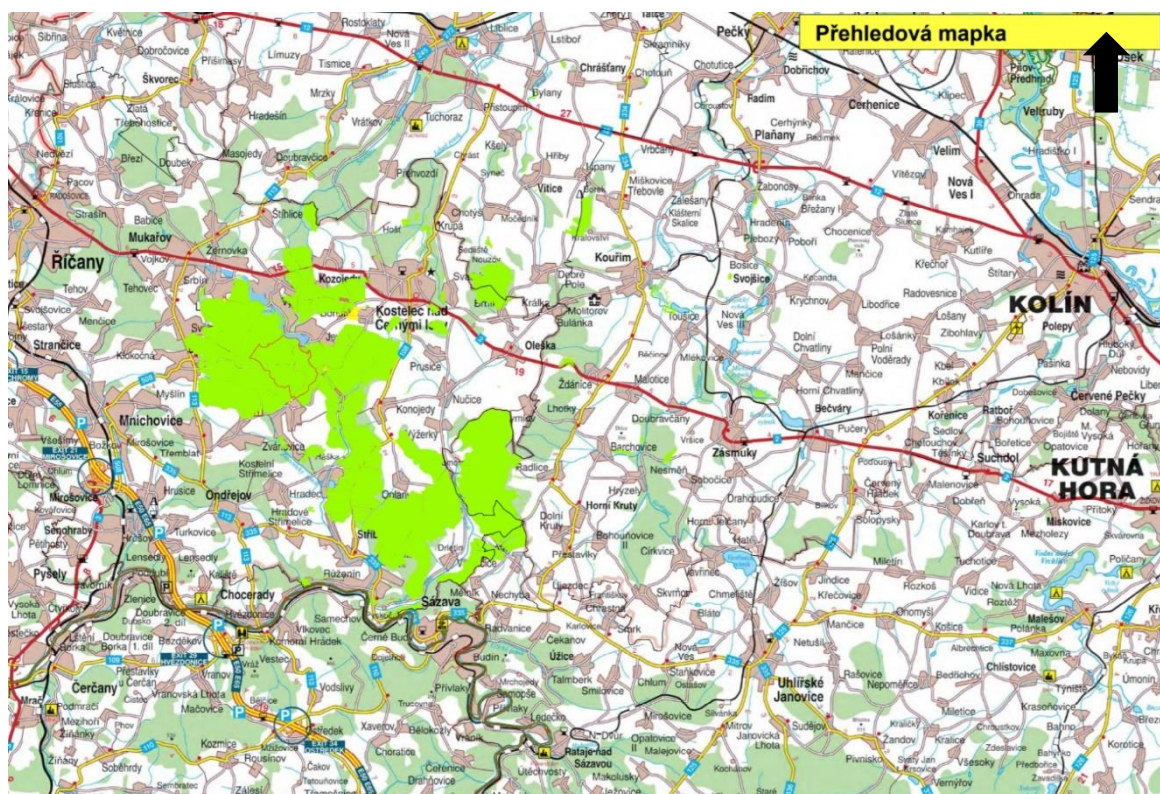
Další obranou a kontrolní metodou jsou feromonové lapače. Jedná se o běžně používaný typ obranného opatření pro odchyt a monitoring výskytu podkorního hmyzu (GALKO et al. 2013). Vně lapačů se nejčastěji aplikuje syntetická návnada obsahující agregační feromony daného kůrovce, které se vypařují a tím vábí škůdce ku lapači. (ZUMR 1995). V dnešní době se v praxi využívá vícero směsí látek a jedná se například o produkty Chalcoprax A, Pheagr IDU či IT Ecolure (ZAHRADNÍKOVÁ & ZAHRADNÍK 2019). Lapače lze rozlišit na dva typy nárazové a dosedací. První zmíněný funguje tak, že přivábení brouci narazí do bariéry a následně spadnou do záchytného prostoru. Na povrch dosedacího typu brouk sám přistává, putuje skrze připravené mezírky dovnitř, kde se ocitne v záchytné nádobce (KULA 2014). V dnešní době se u nás používají převážně dva druhy, konkrétně nárazové štěrbínové a nárazové křížové (ZAHRADNÍK & KNÍŽEK 2016). Nejvyužívanější je typ Theysohn, který patří mezi nárazové štěrbínové lapače (MODLINGER et al. 2015). Feromonové lapače se instalují v místech, na kterých bylo zaznamenáno kůrovcové ohnisko, kde byl dřívě zaznamenán výskyt, na nových kalamitních holinách či v okolí okraje porostu (ZAHRADNÍK & KNÍŽEK 2016), přičemž od něj nejsou dále než 25 m a zároveň je důležité dodržovat striktní vzdálenost minimálně 10 m od nejbližšího živého smrku s přibližnou výčetní tloušťkou 20 cm, jinak může dojít k ohrožení stromů v porostu (MODLINGER et al. 2015). Kontrola se provádí v časovém intervalu 7 – 14 dní (ZAHRADNÍK & KNÍŽEK 2016). Staví se buď jednotlivě, při plošném rozšíření kůrovce i do bariér jedné či více linií podél porostních stěn. Návnada se umísťuje těsně před začátkem rojení. Mění se dle pokynů výrobce (MODLINGER et al. 2015). Chycené jedince následně sčítáme a hubíme. Při

vyšší kumulaci lze použít přepočít, kdy se 1 ml brouků rovná buď 35 lýkožroutům smrkovým, 42 lýkožroutům severským nebo 550 lýkožroutům lesklým (ZAHRADNÍK & KNÍŽEK 2016).

3 Metodika

3.1 ŠLP Kostelec nad Černými lesy

Město Kostelec nad Černými lesy se rozléhá v okrese Praha-východ a je vzdálené přibližně 25-50 kilometrů jihovýchodně od Prahy (REMEŠ & PODRÁZSKÝ 2006). V Kostelci n. Č. 1. se nachází účelově využívaný školní lesní podnik (ŠLP), jehož provozovatelem je Česká zemědělská univerzita v Praze. Vznik ŠLP sahá do roku 1935, ovšem dnešní podoba (Obr. 3) vychází z úprav provedených v 90. letech 20. století, kdy docházelo k uplatnění restitučních nároků vlastnictví (TESAŘ 2006). Současná výměra území ve správě univerzity činí přibližně 7000 ha lesní půdy (REMEŠ 2006), z toho 5897,36 hektarů je pozemkem určeným k plnění funkce lesa (DVOŘÁK & BROŽÍK 2010).



Obr. 3: Vymezení území ŠLP Kostelec nad Černými lesy (DVOŘÁK & BROŽÍK 2010)

Z hlediska geomorfologického členění se ŠLP z většiny rozkládá na ploše podsoustavy Střebožské pahorkatiny a na severu z malé části na Polábí (PODRÁZSKÝ et al. 2005). Lesní porosty zahrnuté v podniku jsou rozděleny do dvou přírodních lesních oblastí (PLO), konkrétně z 99,4%

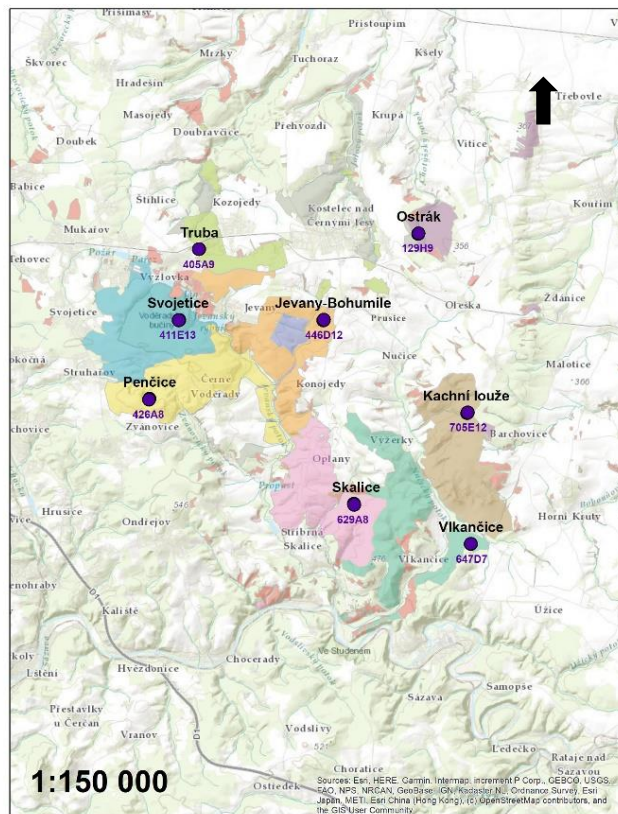
do PLO 10 Středočeská pahorkatina a zbytek zaujímá PLO 17 Polabí. První zmíněná majoritní oblast se poté rozděluje na tři podoblasti, z nichž 10a – Středočeský pluton pokrývá její převážnou část. S geologií související pedologické poměry zajišťují příznivé fyzikální i živinné podmínky. Převažujícím půdním typem je kambizem s přívlastky oligotrofní, mezotrofní a v menším rozsahu též eutrofní (DVOŘÁK & BROŽÍK 2010).

Ohledně přírodních podmínek se ŠLP dle klimatické charakteristiky zařazuje do mírně teplé oblasti (PODRÁZSKÝ et al. 2005) což znamená, že zde součet letních dnů nedosahuje počtu 50. Jako letní dny se označují dny, kdy teplota dosahuje hodnot 25 °C a více (DVOŘÁK & BROŽÍK 2010), Téměř po celé oblasti panují průměrné roční teploty v rozmezí 7,5 – 8,5 °C (TESAŘ 2006), 7,0 – 7,5 °C (DVOŘÁK & BROŽÍK 2010). Během vegetační doby, která trvá přibližně 150 – 160 dní (TESAŘ 2006) pak teplota kolísá mezi 13 – 13,8 °C (DVOŘÁK & BROŽÍK 2010). Množství srážek se snižuje s klesající nadmořskou výškou, tedy v pahorkatinné části území prší více než na plošinaté. Průměrný roční úhrn srážek poté dosahuje 600 – 650 mm (DVOŘÁK & BROŽÍK 2010), 665 mm - meteorologická stanice Ondřejov (REMEŠ 2006). Z toho 65% spadne během vegetační doby, tudíž je jejich rozložení během roku příznivé (TESAŘ 2006).

Téměř polovina popisovaného území patří do 3. lesního vegetačního stupně (LVS) dubobukový. Zbylou plochu zaujímá z 20% 2. vegetační stupeň bukodubový a 4. – bukový. V nejvyšších polohách lze zaznamenat 5. LVS jedlobukový, naproti tomu nejnižším částem a především pak exponovaným a extrémním stanovištím dominuje 1. LVS s označením dubový. Na oddělených plochách, které jsou ovlivněny skalními výchozy či pozůstatky hornin z třetihor společně se sedimenty křídly, písku a hadce je možné zaznamenat i 0. LVS (stupeň borů). Cílová druhová skladba obsahuje kromě základních dřevin jako smrk nebo borovice, případně buk s dubem i meliorační a zpevňující druhy stromů, které tvoří příměs celkové skladby (DVOŘÁK & BROŽÍK 2010). Celkově převažuje s 49,8% smrk, následovaný 18,2% podílem borovice. Buk lesní tvoří přibližně 11,7% a duby zaujímají 8,9% lesní půdy. 7% se poté dělí mezi modřín opadavý, jedli bělokorou, habr obecný a olši lepkavou. V rámci ŠLP se jedná o lesy zvláštního určení (TESAŘ 2006).

3.2 Postup odchytu

Pro náš výzkum, který se uskutečnil v průběhu vegetační sezóny 2020 na území ŠLP v Kostelci n. Č. l., byly umístěny feromonové lapače na osmi lokalitách. Na každém z lesnických úseků ŠLP jedna lokalita. Přesné umístění feromonových lapačů na jednotlivých lesnických úsecích (konkrétně Truba, Ostrák, Svojetice, Jevany-Bohumile, Penčice, Kachní louže, Stříbrná Skalice a Vlkančice), je vyznačeno na Obr. 4.



Obr. 4: Mapa se zájmovými lokalitami (R. Modlinger)

Na každou z těchto lokalit bylo umístěno po třech feromonových lapačích, každý z nich byl opatřen návnadou specializovanou na konkrétní druh kůrovce. Pro tento účel byly využívány lapače typu Theysohn zmíněné již v teoretické části. Uvnitř těchto zařízení byly umístěny feromonové odparníky s názvy Pheroprax, které jsou určeny pro lýkožrouta smrkového, Pheagr IDU pro lýkožrouta severského a Chalcoprax pro lýkožrouta lesklého. Ty se vyvěsily 10. 4. 2020 k jejich obměně došlo 7. 7. 2020. V pravidelném přibližně desetidenním intervalu byla poté prováděna kontrola a odběr zachycených brouků. Nadmořská výška se na území ŠLP pohybuje mezi 210 a 528 m. n. m. (REMEŠ 2006).

Lesní útvar	Truba	Stříbrná skalice	Kachní louže	Svojetice	Penčice	Bohumile	Ostrák	Vlkaničice
Nadmořská výška (m. n. m.)	406,64	400,97 397,36	442,49 444,69	455,10	496,10 500,06	411,68 413,44	343,40 345,58	351,65

Obr. 5: Přehled nadmořských výšek pastí na jednotlivých lokalitách

3.3 Laboratorní rozbor

Po odběru z feromonových lapačů byli brouci z důvodu vhodného uchování a konzervace přesunuti do plastových laboratorních nádob obsahujících roztok 95% ethanolu. Každá lahvička byla poté označena jménem odebírající osoby, datem odběru a druhem, pro který byla daná past určena. Tyto kroky sloužily k přehledné evidenci vzorků. Po splnění předchozího postupu byly vzorky připraveny k rozdělení na základě determinace jednotlivých druhů dle PFEFFERA (1955). Laboratorní nádoby byly postupně analyzovány jedna po druhé. K rozlišení jednotlivých druhů kůrovců sloužily poznatky týkající se jejich morfologie. Ta byla pro odlišované druhy popsána již na začátku řešeršní části této práce. Její postup byl následující. Nejdříve byly brouci z každé jedné nádoby vyjmuti, aby následně došlo k jejich sušení. Pro tento účel byly využity Petriho misky a doba vysychání vzorků byla stanovena na přibližně dva dny dle příslušné teploty v místnosti. Po vysušení byli brouci vyjmuti z Petriho misky a byly přesunuti do větší nádoby z důvodu snadnější manipulace. V praxi pak rozdělení probíhalo tak, že se nejdříve vybraly všechny preparáty lýkožrouta smrkového, jelikož jeho výrazná velikost je oproti ostatním sledovaným druhům rozeznatelná pouhým okem. Menší brouci nedosahující těchto rozměrů, avšak jsou to též možní zástupci tohoto druhu, a proto byli dáni stranou z důvodu následného odlišení lýkožrouta smrkového od lýkožrouta severského. K tomu docházelo za pomoci binokulární lupy značky Olympus, typ 110AL1.5X WD61 a obvyčejné stolní lampy bylo třeba rozlišit všechny zástupce lýkožrouta lesklého, což byl opět jednodušší úkol z důvodu výrazně menší velikosti v porovnání s ostatními sledovanými druhy, ale i přesto byli brouci důkladně zkoumáni pro správnou determinaci. K manipulaci s brouky byla použita pinzeta. Po dokončení rozdělení jednotlivých druhů byli brouci postupně sypáni do odměrných válců, kdy 1 ml odpovídal 35 zástupcům lýkožrouta smrkového, 42 broukům lýkožrouta severského a 550 jedincům lýkožrouta lesklého (ZAHRADNÍK & KNÍŽEK 2016)

Pro každou z šesti zájmových lokalit jsme s pomocí dat získaných ze zdejších meteorologických stanic určili teploty interpolací. Když byl tento postup dokonán, umožnilo nám to speciálním výpočtem odvodit a stanovit sumy efektivních teplot.

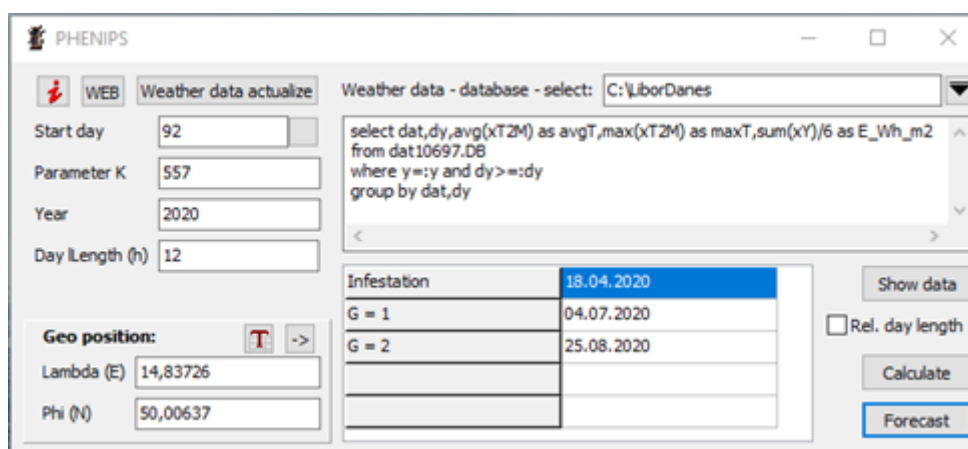


Obr. 6: Lýkožrout smrkový v binokulární lupě (M. Klinovský)

3.4 Phenips

Vstupními daty pro fenologický model PHENIPS dle BAIERA et al. (2007) byla průměrná a maximální teplota vzduchu [$^{\circ}\text{C}$], a denní suma solárního záření [$\text{Wh}\cdot\text{m}^{-2}$]. Tyto údaje byly získávány z šesti meteorologických stanic umístěných v zájmovém území (Obr. 8). Nakonec však byla využita data pouze ze stanic Truba, Habr a Louňovice, jelikož ostatní stanice byly umístěny ve stínu, což by mohlo zkreslovat výsledné parametry. Meteorologické stanice pokrývaly rozpětí nadmořských výšek 345 – 490 m n. m., záznam vybraných veličin probíhal v intervalu 10 minut. Naměřené hodnoty jsou dostupné bezprostředně díky napojení stanice na 3G signál a možnost uploadu dat prostřednictvím FTP protokolu. Pro zpracování naměřených dat v reálném čase byl ve spolupráci se společností IDS vyvinut program PHENIPS. Pomocí tohoto programu lze predikovat počátek rojení, resp. období v kterém lýkožrout smrkový začíná atakovat stromy, predikovat dokončení vývoje jednotlivých generací lýkožrouta smrkového. Na Obr. 7 je zobrazeno hlavní okno aplikace, v kterém lze pomocí SQL dotazu nastavit zdroj dat a proměnných modelu. Dále je zde potřeba definovat parametry modelu: Start day – pořadové číslo dne od něhož bude prováděn výpočet model (např. dle BAIERA et al. (2007) 1. duben), Parametr K – limitní suma efektivních teplot pro dokončení požadované fáze vývoje, v našem případě 1. generace, podle BAIERA et al. (2007) 557 dd nad $8,3^{\circ}\text{C}$, Day length – limitní délka dne po jejímž dosažení nastávají fyziologické procesy vedoucí k diapauze lýkožrouta smrkového, parametr dle BAIER et al. (2007)

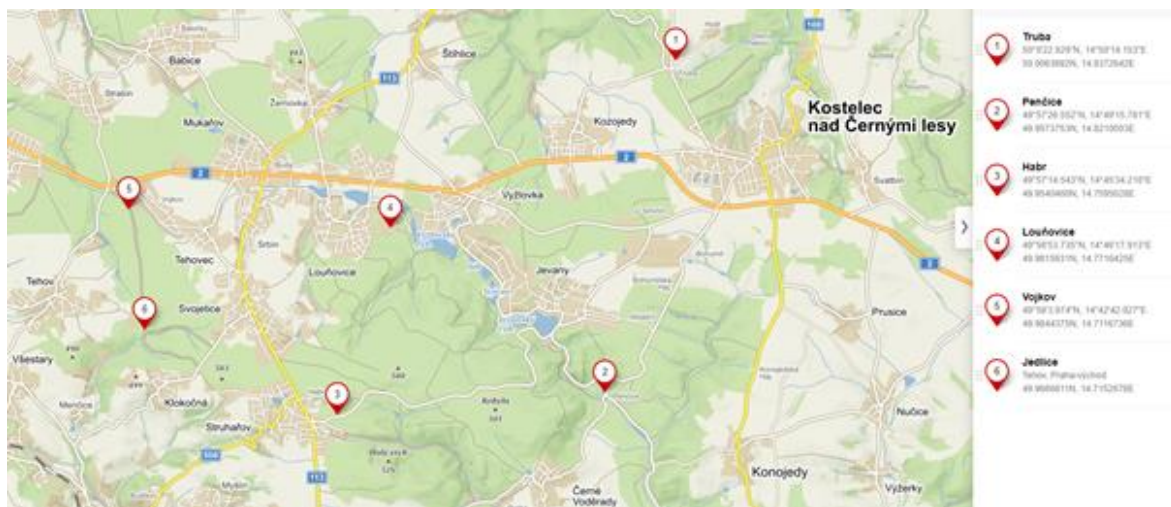
nebo DOLEŽAL & SEHNAL (2007). V rádcích výsledkového okna (Obr. 7) jsou zobrazeny předpokládané termíny počátku napadení (Infestation – 23. 4. 2020), dokončení 1. nebo 2. generace ($G = 1 - 4. 7. 2020$ a $G = 2 - 25. 8. 2020$) konkrétně pro meteorologickou stanici Habr. Pro zobrazení diagramu vývoje (Obr. 9) slouží tlačítko „Show data“. Červená linie zobrazuje vývoj sumy efektivních teplot pro napadení stromů lýkožroutem smrkovým. Na ose y jsou zobrazeny hodnoty v relativní škále. Když linie protne hodnotu 1, došlo k dosažení daného stavu. Černá linie je kumulativním součtem sumy efektivních teplot pro dokončení vývoje jedné generace lýkožrouta smrkového, dokončení vývoje dané generace odpovídá celému číslu na ose y. Datum dosažení daného stavu se odečte z osy x. Příklad z Obr. 9 byl vypočten pro limitní délku dne 12 hodin, avšak fyziologické změny pro nástup diapauzy mohou nastávat již při délce dne 14,5 h (DOLEŽAL & SEHNAL, 2007). Tomu odpovídá datum 14. 8. (vypočteno pro oblast ŠLP). Přehled vývoje sumy efektivních teplot k napadení stromu a vývoj lýkožrouta pro všechny meteorologické stanice je patrný na Obr. 10. Zobrazené predikce ukazují na relativně velké rozdíly sumy efektivních teplot mezi jednotlivými stanicemi jak pro termín napadení stromů (mezi nejteplejší a nejméně teplejší stanicí cca týden), tak i mezi dokončením vývoje (cca dva týdny). Program PHENIPS rovněž umožňuje prognózu dokončení vývoje. Příklad předpovědi je uveden na Obr. 11. Předpověď byla vytvořena pro vývoj lýkožrouta smrkového po 14. 8., použity byly meteorologické údaje ze stanice Habr, naměřené do tohoto dne. Předpověď vychází z předpokladu, že v následujícím období bude pokračovat lineární trend vyjádřený polynomem prvního nebo druhého stupně. V okně Forecast je třeba nastavit parametry předpovědi, zejména délku intervalu periody, stupeň polynomu regrese a limitní hodnotu na ose y, které má být dosaženo. Program následně vytvoří graf s predikcí vývoje sumy efektivních teplot a vrátí datum pro dosažení zadané limitní hodnoty, v tomto konkrétním příkladu 26. 8. (Obr. 11).



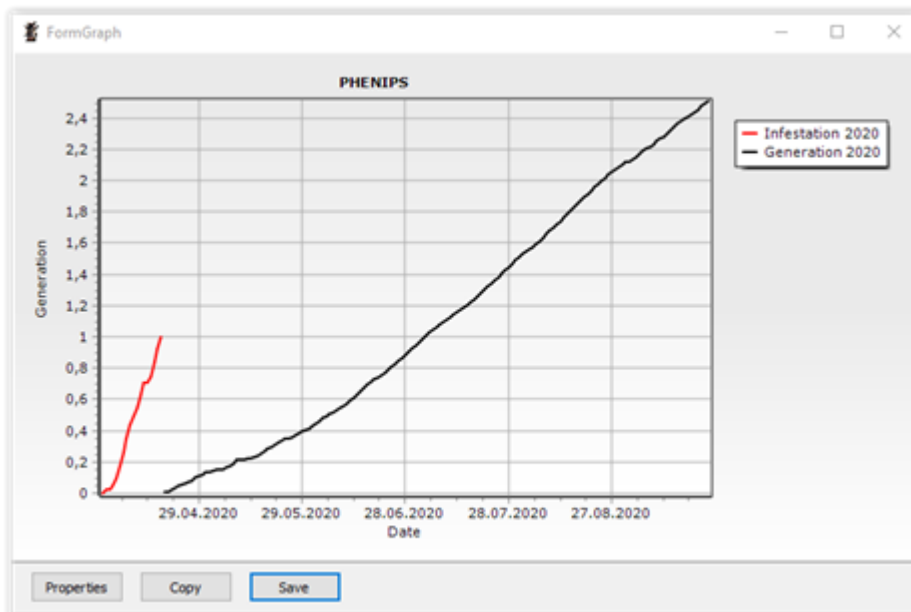
Obr. 7: Hlavní okno aplikace PHENIPS pro výpočet parametrů modelu ze stanice Habr (ŠLP v Kostelci n. Č. 1.)

3.5 Statistické metody

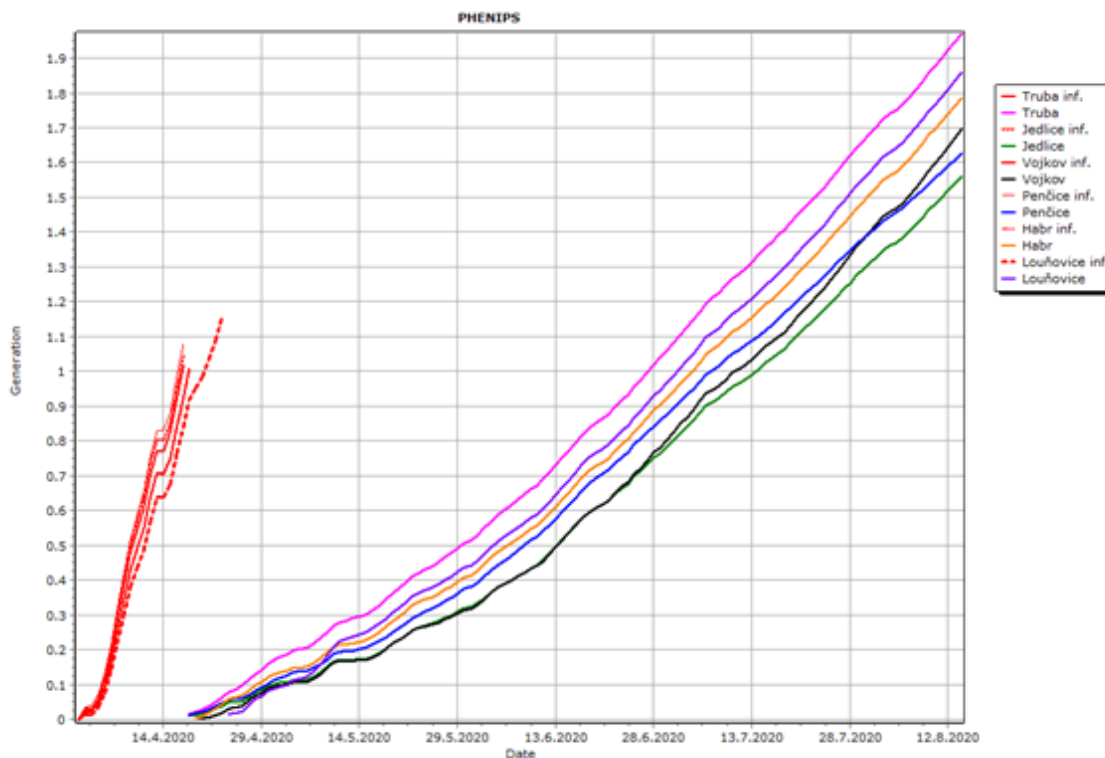
Ke statistickému vyhodnocení byl využit generalizovaný lineární model se smíšenými efekty (GLMM). Použití tohoto modelu bylo vyvoláno uspořádáním pokusu, kdy se trojice lapačů vyskytovala na stejné lokalitě, a jednotlivé sběry uskutečněné během vegetační sezóny pocházely z těchto pastí, nikoliv náhodně z území ŠLP. Jednalo se tedy o typické nested uspořádání pokusu (PEKÁR & BRABEC 2012). Závisle proměnnou byl počet odchycených lýkožroutů, nezávislými proměnnými pak vývojové stadium podle modelu PHENIPS, ve kterém by se měl lýkožrout smrkový nacházet v okolních porostech, a generace lýkožrouta. Obě nezávislé proměnné byly kategorického charakteru. Závisle proměnná byla četnostního charakteru, a proto bylo v prvním modelu použito Poissonovo rozdělení. Díky značné overdispersion, která byla neúspěšně korigována quasipoisson rozdělením (PEKÁR & BRABEC 2009), bylo nutné použít negativně binomické rozdělení (NB). K analýze generalizovaného lineárního modelu se smíšenými efekty s negativně binomickým rozdělením (GLMM NB) bylo použito package *glmmTMB* (BROOKS et al. 2017). Statistické analýzy byly provedeny v prostředí software R verze 4.0.2 (R CORE TEAM 2020).



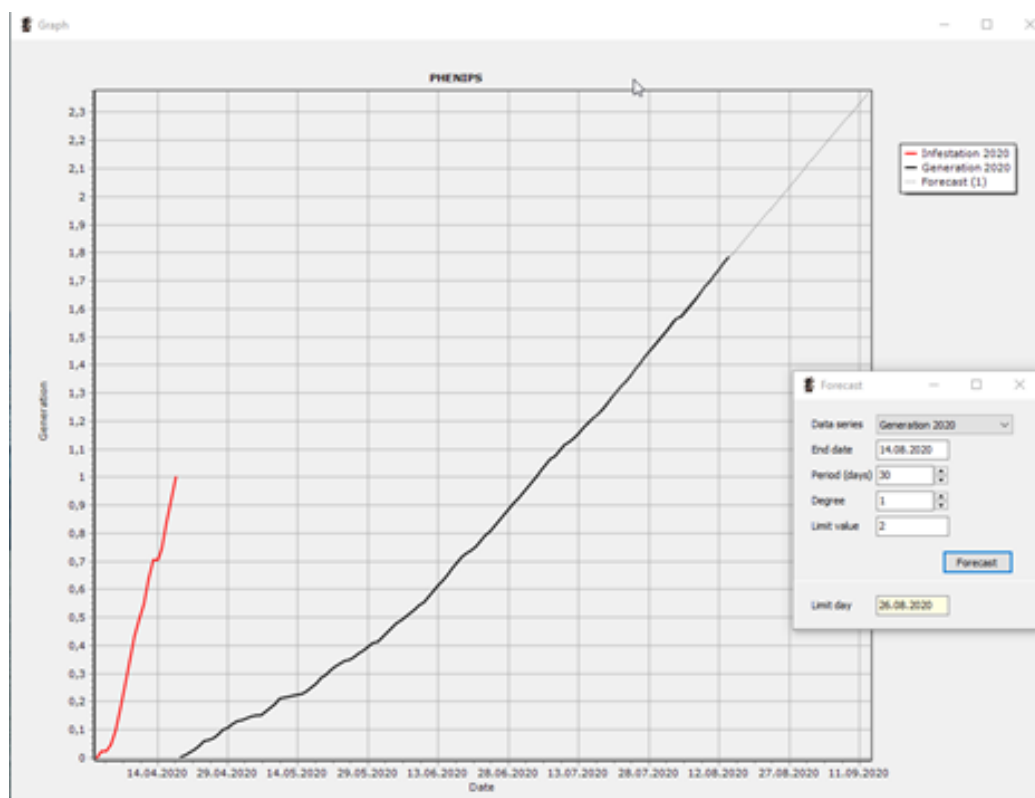
Obr. 8: Rozmístění meteorologických stanic pro měření teploty a solární radiace na území ŠLP v Kostelci nad Černými lesy (R. Modlinger)



Obr. 10: Predikce termínu napadení stromů lýkožroutem smrkovým (červená linie) a dokončení vývoje generací (černá linie). Výpočet v programu PHENIPS ze stanice Habr (ŠLP v Kostelci n. Č.l.). Když linie protne hodnotu celého čísla na ose y, došlo k dosažení daného stavu.



Obr. 9: Přehled vývoje sumy efektivních teplot k napadení stromu (červené linie) a vývoj lýkožrouta (ostatní barevné linie) pro všechny meteorologické stanice na území ŠLP v Kostelci nad Černými lesy uvedené v legendě. Výpočet v programu PHENIPS. Když linie protne hodnotu celého čísla na ose y, došlo k dosažení daného stavu



Obr. 11: Predikce dokončení vývoje lýkožrouta smrkového na základě měření meteorologických parametrů ke dni 14. 8. 2020 pomocí programu PHENIPS ze stanice Habr (ŠLP v Kostelci n. Č.l.). Predikci představuje šedivá čerchovaná čára, pravděpodobný termín dokončení vývoje druhé generace zobrazuje žluté pole dialogového okna (26. 8. 2020). Termín napadení stromů lýkožroutem smrkovým je zobrazen červenou linií a suma efektivních teplot pro vývoj černou linií

4 Výsledky

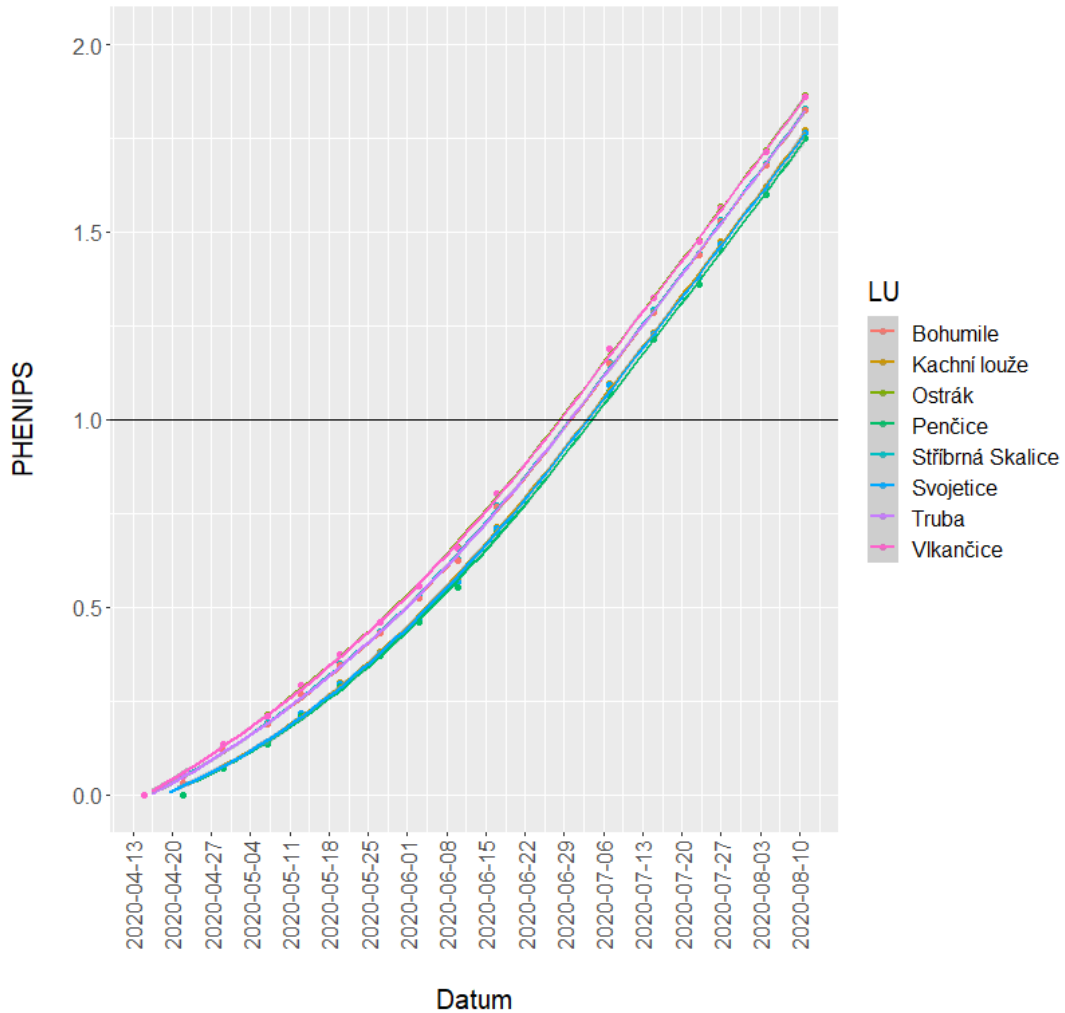
Před počátkem rojení bylo do lapačů s návnadou Pheroprax A odchyceno celkem 10 193 jedinců lýkožrouta smrkového. Jednalo se o odchyt do osmi pastí v cca dvou odběrech. Maximální počet jedinců odchycený v tomto období do jednoho lapače byl 2 415 ks. V průběhu vývoje první generace bylo celkem odchyceno 232 562 jedinců během devíti odběrů a maximální odchycený počet byl 10 987 jedinců. Vývoj druhé generace probíhal zhruba od začátku července a do feromonových lapačů bylo během tohoto období zachyceno 59 448 jedinců lýkožrouta, s maximem 5 495 ks.

Nástup období rojení a fáze vývoje lýkožrouta neprobíhala na všech lokalitách stejně. Nejrychlejší vývoj byl vypočten pro lesnický úsek Bohumile, nejpomalejší byl na úseku Penčice (Obr. 12). Maximální rozdíl v dokončení vývoje první generace mezi lesnickými úseky byl 14 dní. Odchyty do jednotlivých feromonových pastí vztažené k postupu vývoje je zachycen na Obr. 15. Mezi lesnickými úseky je poměrně značný rozdíl. Společným znakem je relativně vysoký odchyt v počáteční fázi vývoje, který spline funkce nezachytila. Určitou výjimku představuje lesnický úsek Vlkančice, kde je velmi výrazný trend postupného zvyšování počtu odchycených brouků. Odchyty na lesnickém úseku Vlkančice tvoří výraznou jednovrcholovou křivku. Podobný trend je patrný i v případě lesnických úseků Bohumile, Stříbrná Skalice a Truba. Druhým typem průběhu odchytů v závislosti na vývoji lýkožrouta, je pozvolný pokles četnosti s postupem vegetační sezóny. Tento typ je reprezentovaný zejména lesnickými úseky Svojetice a Penčice (Obr. 15).

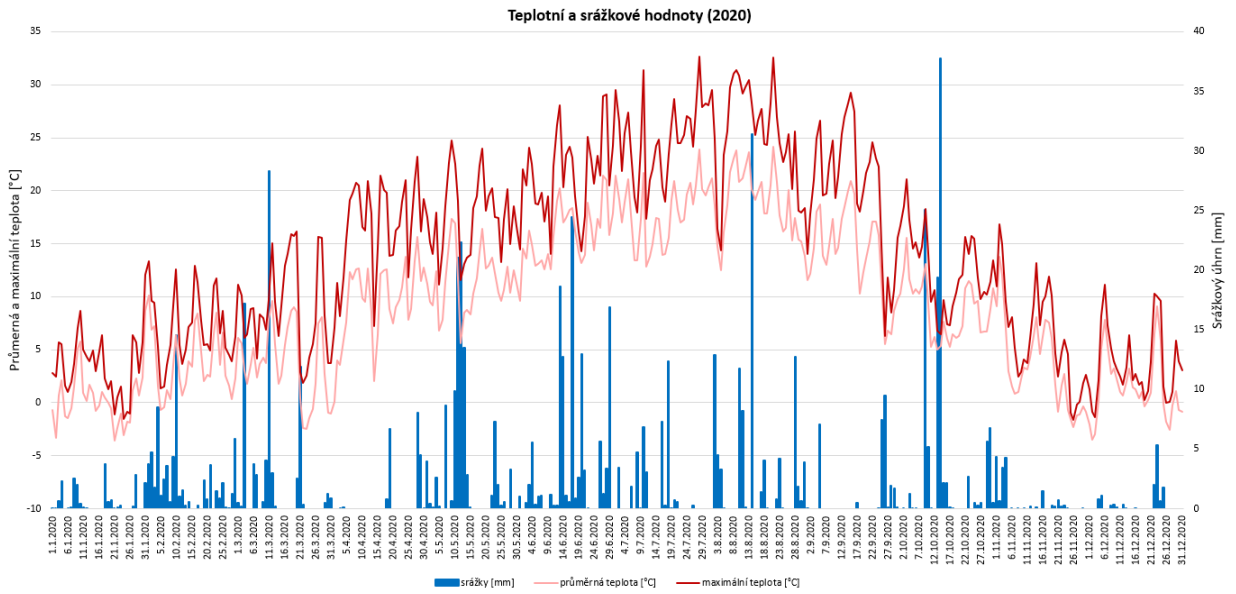
Při seskupení vývoje lýkožrouta (predikovaného pomocí modelu PHENIPS), podle převládajícího vývojového stadia, byly zaznamenány nejvyšší odchty ve stadiu larvy II. instaru (Obr. 16). Avšak z předchozích grafů na Obr. 15, je jasně patrný rozdíl v dynamice odchytů během první a druhé generace. Ještě výrazněji je rozdíl v počtu odchycených lýkožroutů zřetelný na Obr. 17. Z celkového hlediska byly odchty během první a druhé generace významně odlišné (GLMM NB; $N=118$; $df=9$; $p < 0,001$). Rozdílný odchyt byl mezi první a druhou generací ve stadiu vajíčka (GLMM NB; contrast t test $p < 0,05$) a kukly (GLMM NB; contrast t test $p < 0,001$). V případě larev I, II a III instaru nebyly rozdíly mezi odchtem v první a druhé generaci signifikantně odlišné.

V procentech odchycených jedinců byly jejich počty téměř vyrovnané (Obr. 18). Je možné pozorovat slabou dominanci v počtu jedinců *Ips typographus* a *Ips duplicatus* v průběhu první generace, avšak v průběhu vývoje druhé generace dominoval především *Pityogenes chalcographus*, zejména na lesním úseku Ostrák, ale taktéž v celkovém zhodnocení odchytů v závislosti na hodnotě PHENIPS. V celkovém srovnání kalamitních druhů v závislosti na hodnotě PHENIPS je patrný rozdíl v počtu odchycených jedinců v průběhu první generace, kdy s časem vývoje měly odchty

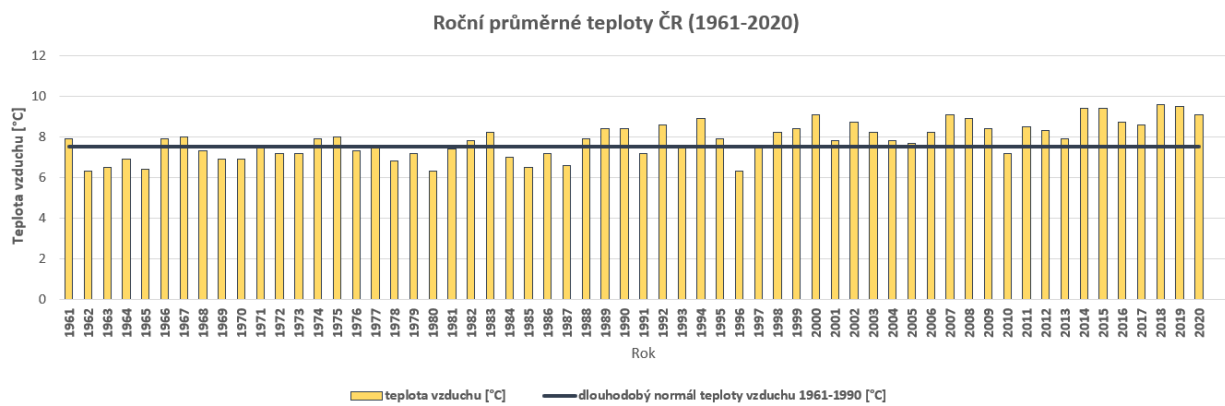
Ips duplicatus sestupnou tendenci, zástupci *Ips typographus* si drželi konstantní četnosti, přičemž v průběhu druhé generace začali lehce klesat, naopak v průběhu druhé generace byl rostoucí trend jedinců *Pityogenes chalcographus* (Obr. 19).



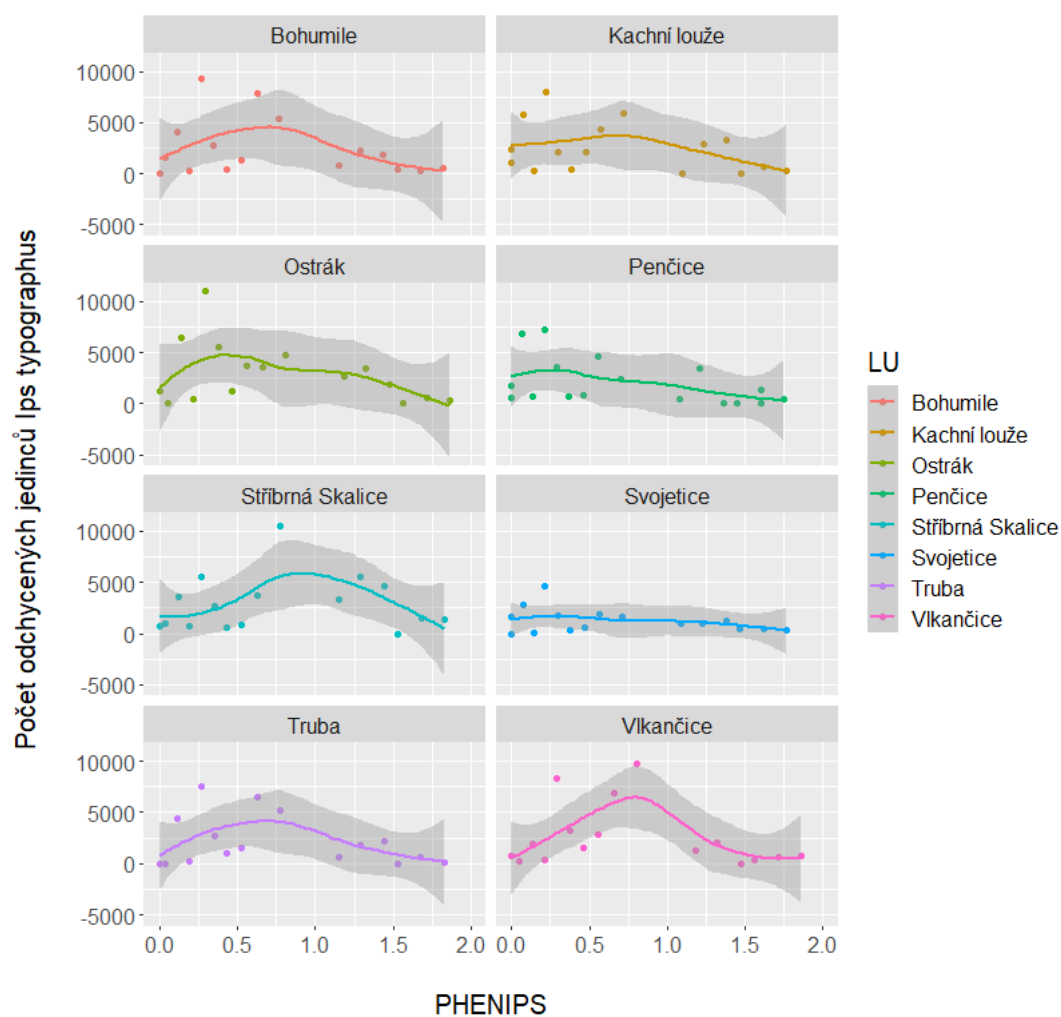
Obr. 12: Model vývoje lýkožrouta smrkového (PHENIPS) v průběhu vegetační sezóny pro jednotlivé data odběrů a lesnické úseky



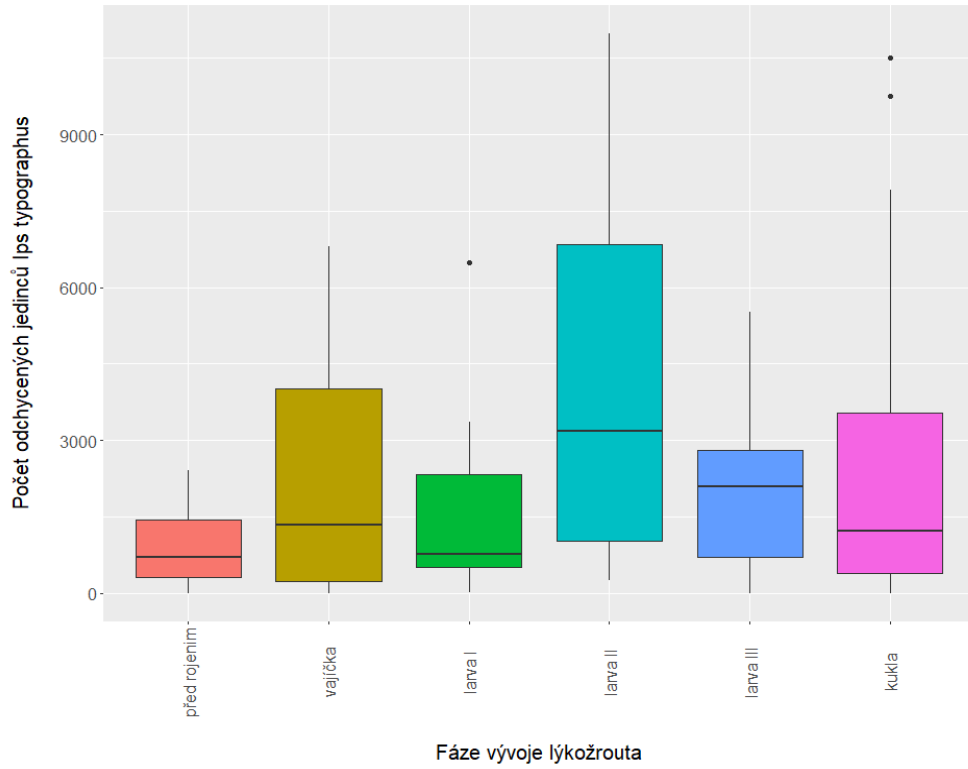
Obr. 13: Průběh maximálních a průměrných teplot dní a úhrn srážek během roku 2020 (M. Klinovský)



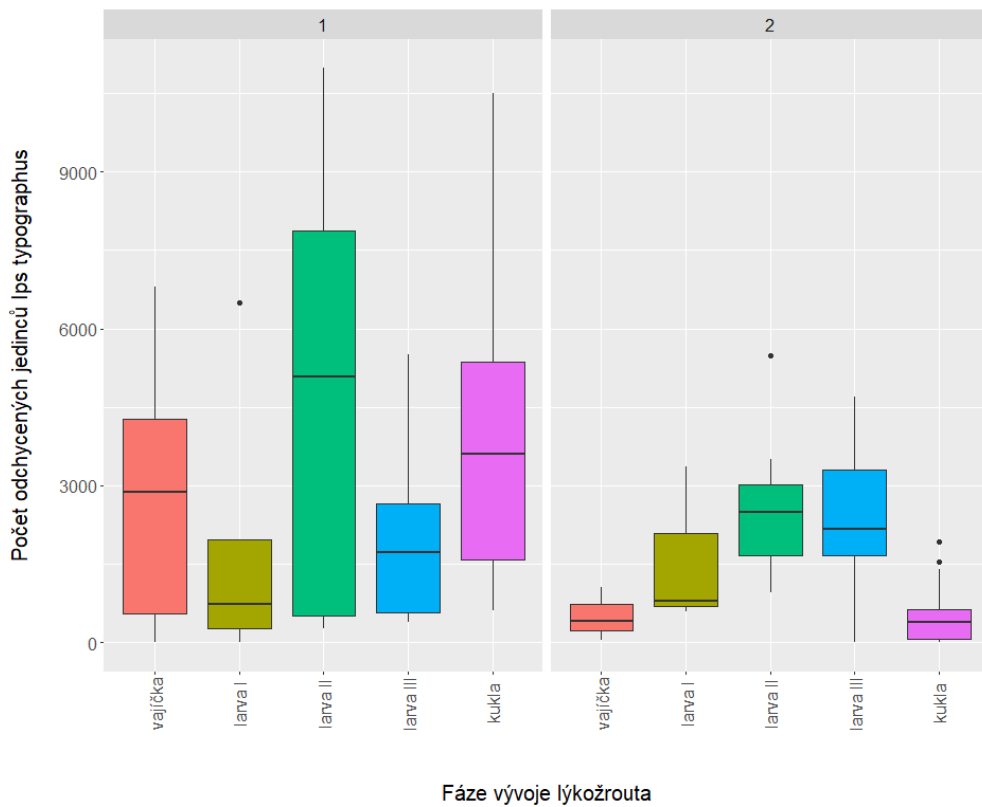
Obr. 14: Průměrné roční teploty mezi lety 1961 – 2020 (ČHMÚ)



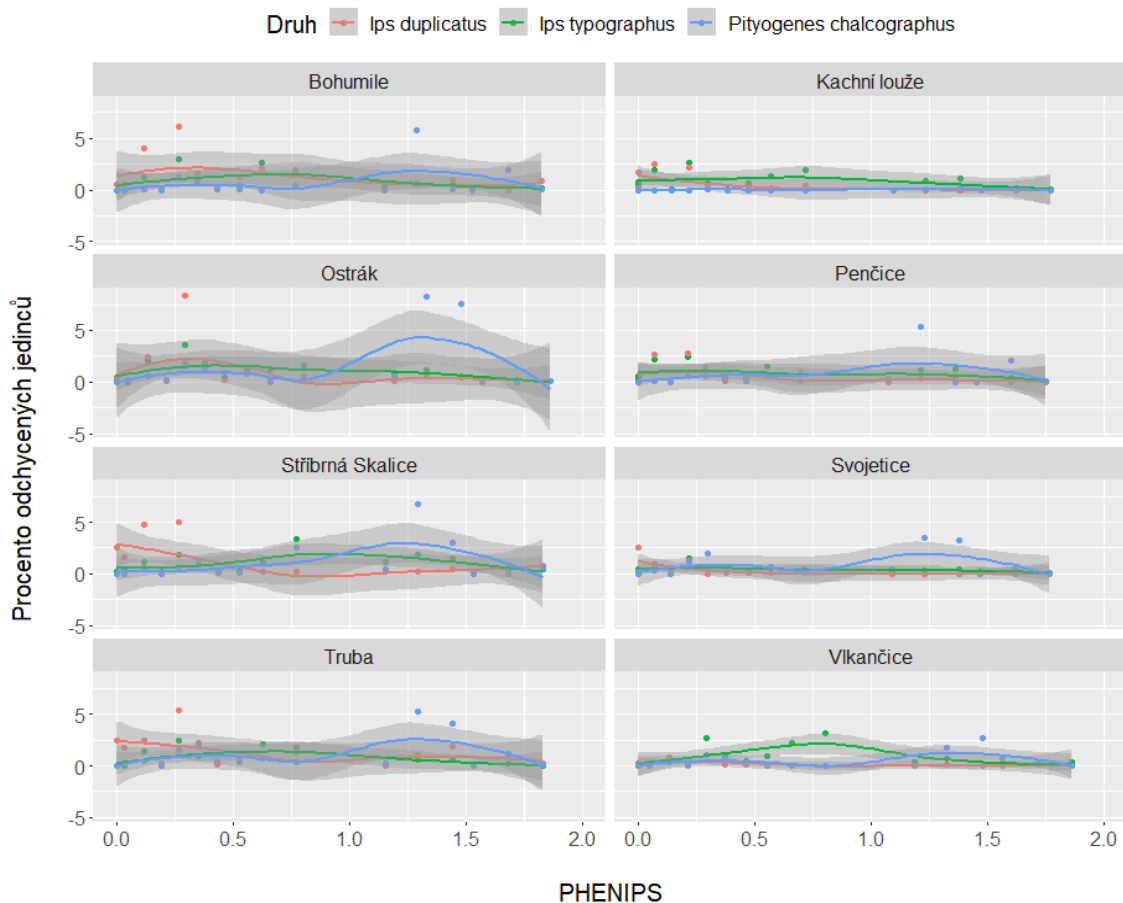
Obr. 15: Počet dospělců lýkožrouta smrkového odchycených na jednotlivých lesních úsecích v porovnání se stupněm vývoje predikovaném modelem PHENIPS. Dokončený vývoj dané generace je značen celým číslem



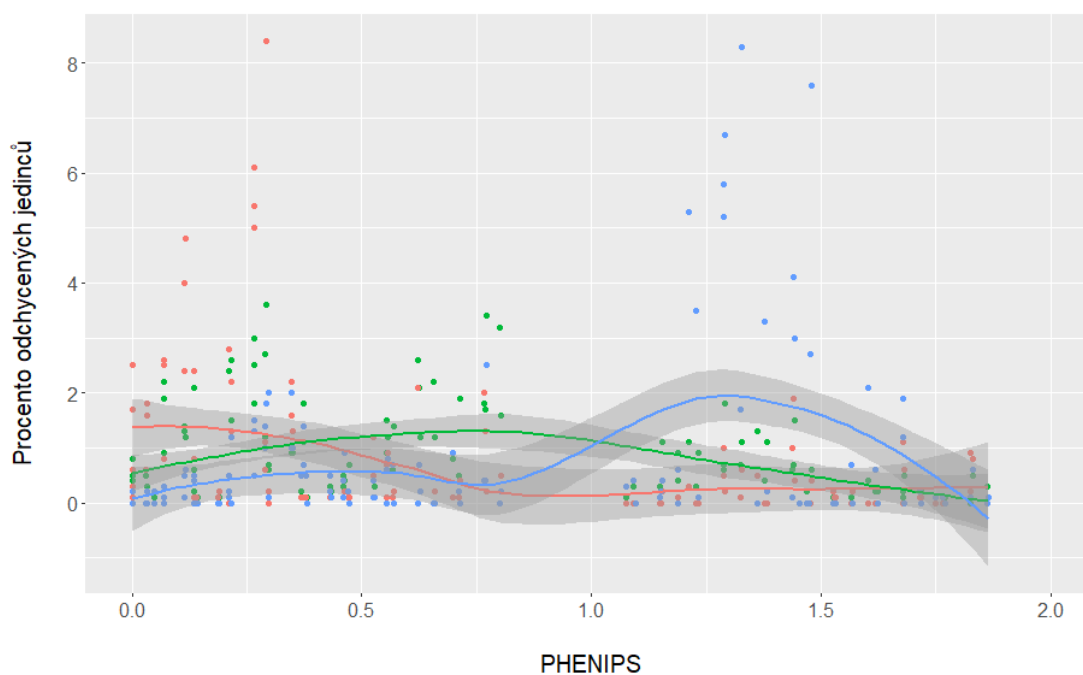
Obr. 16: Počet jedinců lýkožrouta smrkového odchycených do feromonových lapačů



Obr. 17: Počet jedinců lýkožrouta smrkového odchycených do feromonových lapačů během první a druhé generace (R. Modlinger)



Obr. 18: Procento odchycených zástupců vybraných kalamitních druhů v závislosti na hodnotě PHENIPS



Obr. 19: Procento odchycených zástupců vybraných kalamitních druhů v závislosti na hodnotě PHENIPS

5 Diskuse

Odchyty lýkožrouta smrkového zaznamenané v rámci sledovaného období mnohonásobně přesahují hodnoty považované za základní stav, kdy docházelo dle ČSN 48 1000 k silnému odchytu do feromonových lapačů, který je podmíněn počtem více než 4000 přítomných brouků na jeden lapač při jarním rojení. Průměr zachycených brouků na jeden lapač ze všech 8 lokalit činil 32390 kusů, tedy téměř osminásobný přesah horní hranice. Stav početnosti lýkožrouta smrkového na ŠLP se tedy vymyká kontrole. Odchylka v odchytu mezi stanovišti nebyla příliš zásadní, výrazné překročení silného stupně odchytu bylo zaznamenáno na všech lokalitách.

Z 8 pastí zaměřených na lýkožrouta severského z daných lokalit vychází průměr během jarního rojení na 282 jedinců. Dle ČSN 48 1000 by tento počet naplňoval podmínku slabého stupně odchytu, který je dán maximem 300 zástupců tohoto druhu na jeden feromonový lapač. Průměr v tomto případě zkresluje, jelikož docházelo k rozdílům mezi stanovišti, kdy byl v polovině z nich dosažen střední stupeň odchytu. Lze tedy říct, že populační stav lýkožrouta severského v zájmových oblastech není tak významný jako v prvním případě, avšak je třeba nadále kontrolovat jeho zastoupení a případně účinně zasáhnout.

Co se týče lýkožrouta lesklého, průměr odchycených kusů na jeden feromonový lapač z celkové oblasti sledované během tohoto experimentu vyšel na 58335. To splňuje podstatu silného stupně odchytu, který je dán normou ČSN 48 100, kde je uvedeno, že k němu dochází po překročení hodnoty 50000 jedinců. Tímto stavem je zasaženo 5 z 8 lokalit a to zcela výrazně, dvě stanoviště tuto hranici atakují a naopak v lesním úseku Kachní louže byl součet pro jarní rojení pouhých 1787 jedinců. To by mohlo být způsobeno výskytem dříví silnějších dimenzí, nebo slabším lokálním rozšířením tohoto druhu. Celkově však lze usoudit, že stav populace lýkožrouta lesklého na území ŠLP je značný a stejně jako u lýkožrouta smrkového je důležité pokračovat v opatřeních nutných k redukci jeho početnosti.

Vyhláška č. 76/2018 informuje, že ke kalamitnímu stavu dochází při dosažení nebo překročení průměru objemu kůrovcového dříví 5 m³ na 5 ha. Na Obr. č. 20 je zřetelné, že podmínka tohoto stavu byla na daných stanovištích naplněna. Dochází tedy k významnému hospodářskému poškození lesních porostů, riziku jejich rozvrácení a ohrožení plnění funkcí lesa. Při přemnožení lýkožrouta smrkového lze tedy očekávat, že nenalézá dostatek materiálu pro formování dalších generací, proto je nutné předpokládat napadení i zcela zdravých stromů (ZAHRADNÍK & KNÍŽEK 2007). Kůrovcových kalamit na našem území proběhlo již mnoho a v současnosti lze kalamitní stav lýkožrouta zaznamenat v různých oblastech České republiky (ZAHRADNÍK & ZAHRADNÍKOVÁ 2019).

Příčin momentálního stavu a situace předešlých let je vícero. Stresové vlivy utvářejí prostředí pro kulminaci poškození způsobeného lýkožrouty. Během novodobé historie se řada autorů zabývala příčinou růstu populační hustoty lýkožrouta smrkového, avšak ve svých závěrech se často významně rozcházejí (SKUHRAVÝ 2002). Jedním z těchto autorů byl ku příkladu MARTÍNEK (1961), který tento úkaz přisuzoval počtu sesterských rojení závislému na klimatických podmínkách. Naopak ANDERBRANT (1990) pokládá za nejvýznamnější naopak denzitu. Dle (DVOŘÁK & BROŽÍK 2010) je dlouhodobým škodlivým faktorem v daných oblastech ŠLP sucho a v posledních pěti letech zejména negativně působící přísušky během podzimu, tzn. náhlé vzrůsty teplot zároveň s nestejnou distribucí srážek (NOVÁK & DUŠEK 2014). Teplé počasí má pozitivní vliv na rojení kůrovců, naopak sychravé a chladné počasí je schopno jej naopak přerušit (ZUMR 1995). Zájmové oblasti, v nichž probíhal tento výzkum, navíc náleží do lesních vegetačních stupňů, ve kterých smrk nezaujímal dominantní podíl v přirozené druhové skladbě lesů (MUSIL & HAMERNÍK 2007). Vlivem jeho introdukce se sice zlepšuje hospodářský výnos díky vyššímu tempu růstu, relativně příznivé ceně dříví oproti jiným dřevinám a snadnější správě, avšak stinnou stránkou tohoto trendu jsou současně i negativní dopady, jako je snížená ekologická stabilita lesních ekosystémů, což má za následek navýšení škod vlivem biotických a abiotických činitelů (REMEŠ 2006).

Dle naměřených hodnot z lokálních meteorologických stanic dosáhly teploty vzduchu v roce 2020 nejnižších hodnot 21. ledna, kdy přístroje vykazovaly průměrnou denní teplotu $-3,58$ °C. Byla tedy podle FACCOLIHO (2002) předpokladu hraniční hodnoty pro přezimování lýkožrouta smrkového -10 °C zřetelně vyšší, proto lze přepokládat, že během zimních dnů nedocházelo k výrazné mortalitě, což může být též aspekt vedoucí k zvýšené populační dynamice tohoto druhu z důvodu masivnějšího jarního rojení. Životní cyklus je negativně ovlivňován také chladnými dny během jara. Zvýšená vlhkost může zapříčinit vyšší riziko vzniku plísní v prostorách požerku lýkožrouta, které mají za následek znepríjemnění podmínek pro vývoj. V případě, že je narušena odolnost dřevin těmito plísněmi společně s některým z dalších faktorů majících nežádoucí vliv na zdravotní stav stromů, vzniká ideální prostředí pro šíření houbových patogenů (KULA 2014). Dle dat z ČHMÚ 2021 ve srovnání s daty od roku 1961 byl duben 2020 srážkově velmi podprůměrný, tudíž riziko vzniku plísní bylo eliminováno, což mohlo podpořit rozvoj populace lýkožroutů. Dle zkoumání vývoje lýkožrouta severského, které prováděla HODANOVÁ (2018) pomocí takzvané sendvičové metody, docházelo k úmrtnosti vlivem houbových patogenů až u 44,23 % kukel. Další poznatek v kontextu počasí a vývoje jest tvrzení PFEFFERA (1955), že pokud panuje během dubna velmi teplé počasí, urychlí se doba vývoje lýkožrouta smrkového o 7 – 10 dní. Z veřejně dostupných meteorologických dat týkajících se průměrných ročních teplot během posledních 60 let v Praze a Středočeském kraji, lze vydedukovat, že teploty z uplynulých tří let výrazně překročily hranici dlouhodobé teplotního normálu, který je určen hodnotou 8,1 °C.

Konkrétně je to nejvýraznější vzestup průměrné hodnoty o 5,2 °C v roce 2018, dále o 1,9 °C ve 2019 a konečně o celé 2 °C během námi sledovaného roku 2020 (ČHMÚ 2021). To mohlo dle tvrzení PFEFFERA (1955) podpořit urychlený vývoj lýkožroutů. Ve výsledku je možné formulovat, že společně s příchodem slunných teplých dnů na jaře lze očekávat i dřívější rojení lýkožrouta (PFEFFER 1955). To obvykle začíná nerovnoměrně a tyto výkyvy mají jádro v problematice expozice a nadmořské výšky (ZUMR 1995). Podle PFEFFERA (1955) je jarní rojení lýkožrouta smrkového vždy hromadnější než to letní, což souhlasí s prezentovanými výsledky.

Na lokalitách, kde docházelo odchyty, byl zaznamenán relativně značný rozdíl mezi počátkem rojení. Termín rojení je dán sumou efektivních teplot 140 stupňodnů (BAIER 2007). Rozdíly v dosažených sumách na jednotlivých lokalitách byl dán zejména nadmořskou výškou. Mezi další faktory, které mohou významně přispět k diferenci lokalit patří expozice (PFEFFER 1955), výskyt mrazových kotlin, kde dochází k velkým výkyvům minimálních teplot (JŮZA 2016), nebo další specifické podmínky. Na přelomu dubna a května došlo k výraznému ochlazení, což důsledným způsobem ovlivnilo průběh jarního rojení všech zástupců, kdy odchvy na začátku června byly i mnohonásobně nižší než při předešlém odběru.

Nejrychlejší vývoj byl zaznamenán v lesnických úsecích Ostrák a Vlkančice, které jsou zároveň nejnižší položené. Konkrétní hodnota nadmořské výšky je v prvním případě přibližně 344 m a v druhém případě o 7 m vyšší. K završení cyklu první generace zde došlo shodně 28. června 2020. Následovaly lokality Skalice, Truba a Bohumile, kde nadmořská výška dosahuje cca 400 m, kdy rozdíl mezi nejvýše a nejnižší položenou lokalitou z těchto tří činí 16 m. Na dvou stanovištích byl vývoj první generace dokončen ke dni 3.7. 2020. Jedná se o úseky Kachní louže (442 m. n. m.) a Svojetice (455,10 m. n. m.). V nejvýše položených Pěčnicích, kde lze zaznamenat nadmořskou výšku kolem 496 m, se vývoj zpozdil o jeden den, došlo k němu tedy 4. července 2020. To by se dalo považovat za důkaz vlivu teploty na rychlost vývoje lýkožrouta smrkového, který byl v nejnižší položené lokalitě nejrychlejší a místě odchvy s nejvyšší nadmořskou výškou naopak nejrychlejší. Rozdíl mezi těmito místy činí asi 153 m. n. m. Vezmeme-li v potaz vertikální teplotní gradient 0,65 °C na 100 metrů (VENCLOVÁ 2016), maximální rozdíl teplot pak vychází na celý 1 °C. To už je poměrně výrazný statistický rozdíl a lze jím podložit vliv nadmořské výšky a teploty na rychlost vývojového cyklu lýkožrouta smrkového, kdy byla doba dosažení finální fáze vývoje seřazena postupně dle měnící se nadmořské výšky, pokud pomineme drobné rozdíly na lokalitách se shodnými dny ukončení první generace.

Zmíněná nadmořská výška tedy úzce souvisí s ostatními faktory. Ačkoliv je lýkožrout smrkový původně horským druhem (KINDLMANN et al. 2012), jeho postupné rozšíření do nižších poloh stále nabírá na intenzitě a to z důvodu příhodných podmínek pro vznik více pokolení během vegetačního období. První brouci druhého pokolení se v našem experimentu začali objevovat

začátkem července, kdy ZUMR (1995) označuje za předěl polovinu července. Dle KNÍŽKA & HOLUŠI (2007) je i pro lýkožrouta severského přibližná hranice 15.7., tedy výrazně později než námi zjištěný začátek měsíce. To by mohlo být též vysvětleno růstem teploty vzduchu v posledních letech, což zajišťuje časnější jarní rojení, které následně ovlivní také začátek letního nebo i odlišnou nadmořskou výškou, ve které probíhal experiment na podložení těchto tvrzení. U lýkožrouta lesklého začíná dle PFEFFERA (1955) vývoj druhé generace počátkem července, což se shoduje s výslednými hodnotami. Podle ZAHRADNÍKA & ZAHRADNÍKOVÉ (2019) ve výzkumu rojení lýkožrouta během roku 2019, do kterého se zapojilo mnoho respondentů a probíhal v 67 okresech, docházelo k počátku formování druhého pokolení lýkožrouta smrkového ve Středočeském kraji v nižších polohách (cca do 600 m. n. m.) během 27. týdne, což je období od 1. do 7. července. Tento horizont se téměř shoduje s našimi výsledky. Ve vyšších polohách rojení v té době ještě nebylo zaznamenáno. Projekt se konal i během námi sledovaného roku 2020. Podle (KŮROVCOVÉ INFO 2021) část výzkumu vztažená ke Středočeskému kraji probíhala v nadmořských výškách 100 – 899 m. Účastníci zaznamenali jarní rojení již v 16. týdnu, tedy během dnů 13. – 19. 4., což odpovídá našim výstupům. Průměrný odchyt byl pak cca 1 – 3,5 tisíc, což souhlasí s našimi závěry, ovšem pouze pro lýkožrouta smrkového. Pokud bychom zahrnuli odchvy lýkožrouta lesklého, nejspíše by pak počet přesáhl průměrnou hodnotu. Dle jejich výsledků pak došlo v průběhu 25. týdne (15. – 21. 6.) k zřetelnému navýšení odchytů. To ovšem nekorresponduje s naším zjištěním. Během daného týdne došlo na našem území k lehkému nárůstu u cca tři stanovišť, u zbylých byl trend spíše klesající. To lze přisuzovat nejspíše odlišným stanovištním podmínkám. Mezi dny 10. – 15. července naše meteorologické stanice zachytily značný přísun srážek, avšak následný počet odchycených jedinců z pastí neklesal, měl spíše rostoucí tendenci. Výrazné srážky pak území zasáhly i polovině června, avšak opět nezapříčinily pokles odchycených jedinců. Srážky tak během roku 2020 zřejmě neměly zásadní vliv na průběh letové aktivity kůrovců.

V rámci studie odchycených jedinců druhu lýkožrouta smrkového bylo zjištěno, že nejvyšší odchyt byl zaznamenán ve formě larev II. Instaru, což není typické, jelikož k sesterskému přerojení dochází až po dosažení stavu III. Instaru (BAIER et al. 2007) Z toho vyplývá, že k němu docházelo dříve. To mohlo být zapříčiněno v důsledku populačního růstu. Maximální odběr během jedné kontroly při jarním rojení byl 2415 ks. DAVÍDKOVÁ (2012) odchytla v roce 2010 na Šumavě do feromonových lapačů typu Theysohn v nadmořské výšce 600 m. n. m. během prvního pokolení maximum 1500 jedinců lýkožrouta smrkového, ovšem během jejího výzkumu probíhala kontrola v intervalu 7 dnů na rozdíl od 10 dnů použitých pro účely této práce. I tak by nejspíše námi uskutečněný odchyt výrazně přesáhl ten její, což lze přisuzovat panujícím horským podmínkám na Šumavě, či možným nižším teplotám v této oblasti.

Procentuální zastoupení jednotlivých druhů je poměrně vyrovnané, kdy křivky nevykazují značné výkyvy v celkovém množství. Během první generace, co se počtu týče, lehce převažovali zástupci lýkožrouta smrkového, drží si konstantní přírůst i během druhého pokolení. Nižší počet jedinců lýkožrouta severského během jara oproti smrkovému může být způsoben aspektem, že je tento druh schopný přezimovat pouze ve formě dospělé (HOLUŠA et al. 2012), zároveň jeho počet s příchodem druhé generace začal lehce klesat. Lýkožrout lesklý však po dokončení první generace překlenul předchozí rozdíl a dosáhl tak nejvyššího množství. Náhlý vzrůst početnosti tohoto druhu oproti ostatním by mohl být vysvětlen počátkem formování třetí generace. Letové křivky lýkožrouta smrkového a lýkožrouta severského se kromě lesních úseků Stříbrná Skalice a Vlkančice s výjimkou drobných výkyvů téměř shodují. Ve zmíněných dvou lokalitách mohou hrát důležitou roli rozdílné podmínky stanoviště nebo mohly být odchylky zapříčiny vrcholným stádiem letové aktivity přezimující a letní generace či vznikem sesterského přerojení. Dle HOLUŠI et al. (2012) se fenologické modely pro *I. typographus* a *I. duplicatus* statisticky výrazně neliší z důvodu jejich podobného vývoje a téměř shodného počátku rojení.

Kromě teploty, srážek, nadmořské výšky a specifických stanovištních podmínek je rojení též ovlivněno vlivem větru (ZUMR 1995). Vichřice v letech 2007 a 2008 významně narušily stav lesů ŠLP. Z celkového počtu stromů je zde 7% trvale napadeno kůrovcem, avšak dodržováním obranných postupů se zatím daří předejít výraznějšímu poškození lesů. Od doby zmíněných vichřic je ale jeho početní stav na vzestupu (DVOŘÁK & BROŽÍK 2010).

6 Závěr

Kalamitní druhy kůrovců představují významný současný a zcela jistě i budoucí problém lesnické praxe. Zejména pak lýkožrout smrkový, který díky stále příhodnějším podmínkám začíná mnohem více ovlivňovat přežívání naší hlavní hospodářské dřeviny – smrku ztepilého. Na území ŠLP Kostelec nad Černými lesy v současnosti dochází ke kalamitnímu stavu lýkožrouta, což vede k rozsáhlým škodám na lesním majetku.

Klimatické a místní vlivy na zkoumaných lokalitách velice silně ovlivnily nástup rojení a fáze vývoje lýkožrouta. Letové křivky daných zástupců se však v rámci zvolených oblastí příliš nelišily, výraznou odchylku s postupem vegetační sezóny vykazoval lýkožrout lesklý, který zřejmě započal formování třetí generace. V průběhu vývoje první generace bylo celkem odchyceno 232 562 kůrovců během devíti odběrů a maximální odchycený počet byl 10 987 jedinců. Vývoj druhé generace probíhal přibližně od začátku července a do feromonových lapačů bylo během tohoto období zachyceno 59 448 jedinců lýkožrouta. Nejvyšší odchvy byly zaznamenány ve stadiu larvy II. instaru. Odchyty do feromonových lapačů se během vývoje první a druhé generace výrazně lišily. V průběhu vývoje první generace dominoval *Ips typographus* avšak při vývoji druhé generace dominoval především *Pityogenes chalcographus*. Odchyty *Ips duplicatus* měly v závislosti na čase výrazně sestupnou tendenci.

7 Literatura

ANDERBRANT, O. Gallery construction and oviposition of the bark beetle *Ips typographus* (Coleoptera: Scolytidae) at different breeding densities. *Ecological Entomology*, 1990, vol. 15, no. 1, s. 1–8. ISSN 0307-6946.

AVTZIS, D.N.; ARTHOFER, W.; STAUFFER, C. Sympatric occurrence of diverged mtDNA lineages of *Pityogenes chalcographus* (Coleoptera, Scolytinae) in Europe. *Biological Journal of the Linnean Society*, 2008, vol. 94, no. 2, s. 331-340.

BAIER, P.; PENNERSTORFER, J.; SCHOPF, A. PHENIPS – A comprehensive phenology model of *Ips typographus* (L.) (Col. Scolytinae) as a tool for hazard rating of bark beetle infestation. *Forest Ecology and Management*, 2007, vol. 249, s. 171-186.

BAIER, P.; PENNERSTORFER, J.; SCHOPF, A. Online-monitoring of the phenology and the development of *Ips typographus* (L.) (Col., Scolytinae). *Mitteilungen der Deutschen Gesellschaft für Allgemeine und Angewandte Entomologie*, 2009, vol. 17, s. 155–158.

BECKER, M.; KÖNIG, S.; HOPPE, B. A simple PCR-based approach for rapid detection of *Ips typographus* and *Ips duplicatus* in the presence of (associated) symbionts and parasites. *Journal of Plant Diseases and Protection*, 2020. vol. 127. s. 1-8. ISSN 1861-3829.

BENTZ, B.; JÖNSSON, A., M. *Modeling Bark Beetle Responses to Climate Change*. – In: Vega, F.; Hofstetter, R. (eds). *Bark beetles: biology and ecology of native and invasive species*. Elsevier Academic Press, 2015, s. 533-553. ISBN 978-0-1241-7156-5.

BEREC, L.; DOLEŽAL, P.; HAIS, M. Population dynamics of *Ips typographus* in the Bohemian Forest (Czech Republic): Validation of the phenology model PHENIPS and impacts of climate change, *Forest Ecology and Management*, 2013, vol. 292, s. 1-9, ISSN 0378-1127.

BROOKS, M. E.; KRISTENSEN, K.; VAN BENTHEM, K. J.; MAGNUSSON, A.; BERG, C. W.; NIELSEN, A.; SKAUG, H. J.; MÄCHLER, M.; BOLKER, B. M. glmmTMB balances speed and flexibility among packages for zero-inflated generalized linear mixed modeling, *The R Journal*, 2017, vol. 9, no. 2, s 378–400.

ČESKO. Ministerstvo zemědělství. Vyhláška č. 101 ze dne 28. března 1996, kterou se stanoví podrobnosti o opatřeních k ochraně lesa a vzor služebního odznaku a vzor průkazu lesní stráže. Dostupné z WWW: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/1996-101>

ČESKO. Ministerstvo zemědělství. Vyhláška č. 17110/2020 ze dne 2. dubna 2020, kterou se stanoví podrobnosti o opatřeních obecné povahy. Dostupné z WWW: <<http://eagri.cz/public/web/mze/lesy/lesnictvi/pestovani-a-ochrana-lesu/kurovcova-kalamita/informace-k-ooop1a2.html>>.

ČESKO. Ministerstvo zemědělství. Vyhláška č. 76 ze dne 11. května 2018, kterou se mění vyhláška Ministerstva zemědělství č. 101/1996 Sb., kterou se stanoví podrobnosti o opatřeních k ochraně lesa a vzor služebního odznaku a vzor průkazu lesní stráže. Dostupné z WWW: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2018-76>>.

ČESKO. Vláda. Zákon č. 289 ze dne 3. listopadu 1995 o lesích a o změně a doplnění některých zákonů (lesní zákon). Dostupné z WWW: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/1995-289>

ČESKO. Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti. Česká technická norma. Ochrana lesa proti kůrovcům na smrku ČSN 48 100. Český normalizační institut, 2005.

DAVÍDKOVÁ, M. Populační dynamika lýkožrouta smrkového (*Ips typographus* (L.)) na vybraných lokalitách Šumavy. Bakalářská práce. PRF-JCU, České Budějovice, 2012, 52 s.

DOLEŽAL, P.; DAVÍDKOVÁ, M. Vybrané aspekty bionomie lýkožrouta severského a jejich význam v ochraně lesa, Závěrečná zpráva projektu, 2018, 124 s.

DOLEŽAL, P.; SEHNAL F. Effects of photoperiod and temperature on the development and diapause of the bark beetle *Ips typographus*. *Journal of Applied Entomology*, 2007, s. 165-173.

DVOŘÁK, T.; BROŽÍK, V. ŠLP Kostelec nad Černými lesy - Textová část lesního hospodářského plánu 2011-2020, *Lesprojekt Stará Boleslav*, 2010, 335 s.

FACCOLI, M. Winter mortality in sub-corticolous populations of *Ips typographus* (Coleoptera, Scolytidae) and its parasitoids in the south-eastern Alps. *Anzeiger Fur Schadlingskunde – Journal of Pest Science*, 2002, vol. 75, no. 6, s. 62-68.

GALKO, J.; RELL, S.; NIKOLOV, CH.; GUBKA, A.; VAKULA, J. Pheromone traps for monitoring population density of bark beetles – comparison, practical information. Národné lesnícké centrum – Lesnícky výskumný ústav Zvolen, 2013, 1 s.

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 beetlekilled trees and cut trees. *Forest Ecology and Management*, 2004, vol. 203, no.1–3, s. 241–250.

HLÁSNÝ, T.; HOLUŠA, J.; TURČÁNI, M. Očekávaná změna počtu generací lýkožrouta smrkového (*Ips typographus*) v přírodní lesní oblasti (PLO) Hostýnsko-vsetínské vrchy a Javorníky v období 2021–2050 oproti období 1961–1990. Soubor map, Praha, 2011.

HODANOVÁ, J. Rychlost vývoje u lýkožrouta severského, *Ips duplicatus* (Sahlberg). Bakalářská práce. PRF-JCU, České Budějovice, 2018, 42 s.

HOLUŠA, J.; LUKÁŠOVÁ, K.; LUBOJACKÝ, J. Comparison of seasonal flight activity of *Ips typographus* and *Ips duplicatus*. *Scientia agriculturae bohemica*, 2012, vol. 143, no. 3, s.109-115.

HOLUŠA, J.; VOIGTOVÁ, P.; KULA, E.; KRÍSTEK, Š. Výskyt lýkožrouta severského (*Ips duplicatus* Sahlberg, 1836) (Coleoptera: Scolytidae) na LS Bruntál LČR, s. p., v roce 2004–2005. *Zpravodaj ochrany lesa* 13, 2006, 46 s. ISSN 1211-9342

JEGER, M.; BRAGARD, C.; CAFFIER, D.; CANDRESSE, T.; CHATZIVASSILIOU, E.; et al. Pest categorisation of *Ips duplicatus*. *EFSA Journal*, 2017, ISSN 18314732. Dostupné z: doi:10.2903/j.efsa.2017.5040

JŮZA, P. *Prostorová proměnlivost maximální a minimální teploty vzduchu v nižších polohách Ústeckého kraje*. 1. vyd. Meteorologické zprávy : Praha, 2016, s. 121-127.

KINDLMANN, P.; MATĚJKA, K.; DOLEŽAL, P. *Lesy Šumavy, lýkožrout a ochrana přírody*. 1. vyd. Praha : Karolinum, 2012. 325 s. ISBN 978-80-246-2155-5.

KNÍŽEK, M.; HOLUŠA, J. Lýkožrout severský *Ips duplicatus* (Sahlberg). *Lesnická práce*, 2007, no. 4, s. I-IV

KULA, E. Ochrana lesa ve středoevropských podmínkách 1. část lýkožrout smrkový (*Ips typographus* L.) kalamitní škůdce smrkových ekosystémů střední Evropy. Brno, 2014. 69 s.

LEINER, M.: *Reprodukční úspěch lýkožrouta smrkového Ips typographus (L.) na polomech. Diplomová práce. FLD ČZU, Praha 2020. 62 s*

LUBOJACKÝ, J.; KNÍŽEK, M.; LIŠKA, J. Symptomy napadení stromů kůrovci ve smrkových porostech [online]. *Lesnická práce*, 2018, s. 1-4.

MARTÍNEK, V. Problém natality a gradace kůrovce *Ips typographus* L. ve střední Evropě. *Rozpravy ČSAV*, 1961, vol. 71, s. 1–77.

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

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

MODLINGER, R.; TRGALA, K. *Možné příčiny a důsledky kůrovcové kalamity v lesích ČR s ohledem na specifika při zpracování kalamitního dříví. 1. vydání. Praha : ČZU Praha, 2019. 39 s. ISBN 978-82-213-2942-3.*

MUSIL, I.; HAMERNÍK, J. *Jehličnaté dřeviny, Lesnická dendrologie I. 1. vyd. Praha : Academia, 2007. 352 s. ISBN 978-80-200-1567-9.*

NOVÁK, J.; DUŠEK, D. Chřadnutí smrku v oblasti severní a střední Moravy. In Sborník přednášek odborného semináře. Opočno : VÚLHM, 2014. 56 s. ISBN 978-80-7417-079-9.

NOVÁK V., HROZINKA F., STARÝ B. ATLAS hmyzích škůdců lesních dřevin. SZN Praha 1974, 127 s.

OGRIS, N.; FERLAN, M.; HAUPTMAN, T.; PAVLIN, R.; KAVČIČ, A.; JURC, M.; DE GROOT, M. Sensitivity analysis, calibration and validation of a phenology model for *Pityogenes chalcographus* (CHAPY). *Ecological Modelling*, 2020, Vol. 430, 13 s.

PEKÁR, S.; BRABEC, M. Moderní analýza biologických dat 1, 1st ed. Scientia, Praha, Czech Republic, 2009, 225 s. ISBN 978-80-86960-44-9.

PEKÁR, S.; BRABEC, M. Moderní analýza biologických dat 2, Lineární modely s korelacemi v prostředí R. 1st ed. Masarykova univerzita, Brno, 2012, 256 s. ISBN 978-80-210-5812-5.

PFEFFER, A. *Fauna ČSR*, svazek 6. Kůrovci – Scolytoidea. 1. vyd. Praha : Nakladatelství ČSAV, 1955. 324 s.

PFEFFER, A. *Kůrovec lýkožrout smrkový a boj proti němu. 2. vyd. Praha : SZN, 1954. 46 s.*

PFEFFER, A.; KNÍŽEK, M. 1999: Scolytidae. In: Jelínek J. (eds) Check-list of Czechoslovak Insects IV. Folia Heyrovskyana, Supplementum 1., Praha, 153-158 s.

PODRÁZSKÝ, V.; REMEŠ, J.; KRATOCHVÍL, J. Vývoj půdního chemizmu ve smrkových lesních ekosystémech na území ŠLP Kostelec nad Černými lesy. *Zprávy z lesnického výzkumu*, 2006, vol. 50, no. 3, s. 200-203. ISSN 0322-9688.

R CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2020, available from WWW: <https://www.R-project.org/>

REMEŠ, J. Transformation of even-aged spruce stands at the School Forest Enterprise Kostelec nad Černými lesy: Structure and final cutting of mature stand. *Journal of Forest Science*, 2006, vol. 52, no. 4, s. 158-171. ISSN 1212-4834.

REMEŠ, J.; PODRÁZSKÝ, V. Fertilization of spruce monocultures on the School Training Forest territory in Kostelec nad Černými lesy. *Journal of Forest Science*, 2006, vol. 52, no. 1, s. 73-78. ISSN 1212-4834.

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

TESAŘ, V. Lesnické sdružení ProSilva v Evropě a Česku. In: Pro silva bohemia deset let přestavby pasečného lesa. *Lesnická práce*, 2006, s. 1-68. ISBN 978-80-87154-13-7.

WERMELINGER, B. Ecology and management of the spruce bark beetle *Ips typographus* – a review of recent research. *Forest Ecology and Management*, 2004, vol. 202, no. 1–3, s. 67–82. E-ISSN 1872-7042.

WERMELINGER, B.; MATHIS D.S.; SCHNEIDER, D.; KNÍŽEK, M.; FORSTER, B. Tracking the spread of the northern bark beetle (*Ips duplicatus* [Sahlb.]) in Europe and first records from Switzerland and Liechtenstein. *Alpine Entomology*, 2020, no. 4, s. 179-184. ISSN 2535-0889.

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, s. 186-191.

ZAHRADNÍK, P. Lýkožrout smrkový *Ips typographus* (L.). *Lesnická práce*, 2010, no. 12, s. II–VIII.

ZAHRADNÍK, P. *Základy ochrany lesa v praxi*. 1. vyd. Strnady : VÚLHM, 2005. 128 s. ISSN 80-86461-61-0.

ZAHRADNÍK, P.; ZAHRADNÍKOVÁ, M. Vyhodnocení prvního rojení lýkožrouta smrkového. *Lesnická práce*, 2019, no. 4, s. 41-43.

ZAHRADNÍK, P.; ZAHRADNÍKOVÁ, M. Kůrovcová kalamita z historického pohledu a možnosti řešení. Strnady : VÚLHM, 2019, 8 s.

ZAHRADNÍK, P.; KNÍŽEK, M. Lýkožrouti na smrku a sucho. *Lesnická práce*, 2016, no. 3, s. I-VIII.

ZAHRADNÍK, P. Lýkožrout lesklý *Pityogenes chalcographus* (L.). *Lesnická práce*, 2007, no.4, s. I-IV.

ZAHRADNÍKOVÁ, M.; ZAHRADNÍK P. Metodická příručka integrované ochrany rostlin pro lesní porosty: Seznam povolených přípravků a dalších prostředků na ochranu lesa. 2019, 136 s.

ZUMR, V. *Biologie a ekologie lýkožrouta smrkového (Ips typographus) a ochrana proti němu.* Academia. Praha. 1985, 116 s.

ZUMR, V. *Lýkožrout smrkový – biologie prevence a metody boje.* 1. vyd. Písek : Matice lesnická, 1995, 131 s. ISBN 80-900043-2-9.

Internetové odkazy:

<https://www.biolib.cz/cz/formsearch/?action=execute&searcharea=1&string=ips+typographus>

<https://www.kurovcoveinfo.cz/>

<https://www.chmi.cz/historicka-data/pocasi/zakladni-informace?fbclid=IwAR2CVQI8Ebe3V9Hxs7L29wWQXSz4G5KwpzybiDqU0UuLgiRHWm7AaxJllyE>

Zdroje obrázků:

<https://www.chmi.cz/historicka-data/pocasi/zakladni-informace?fbclid=IwAR2CVQI8Ebe3V9Hxs7L29wWQXSz4G5KwpzybiDqU0UuLgiRHWm7AaxJllyE>

Seznam Příloh

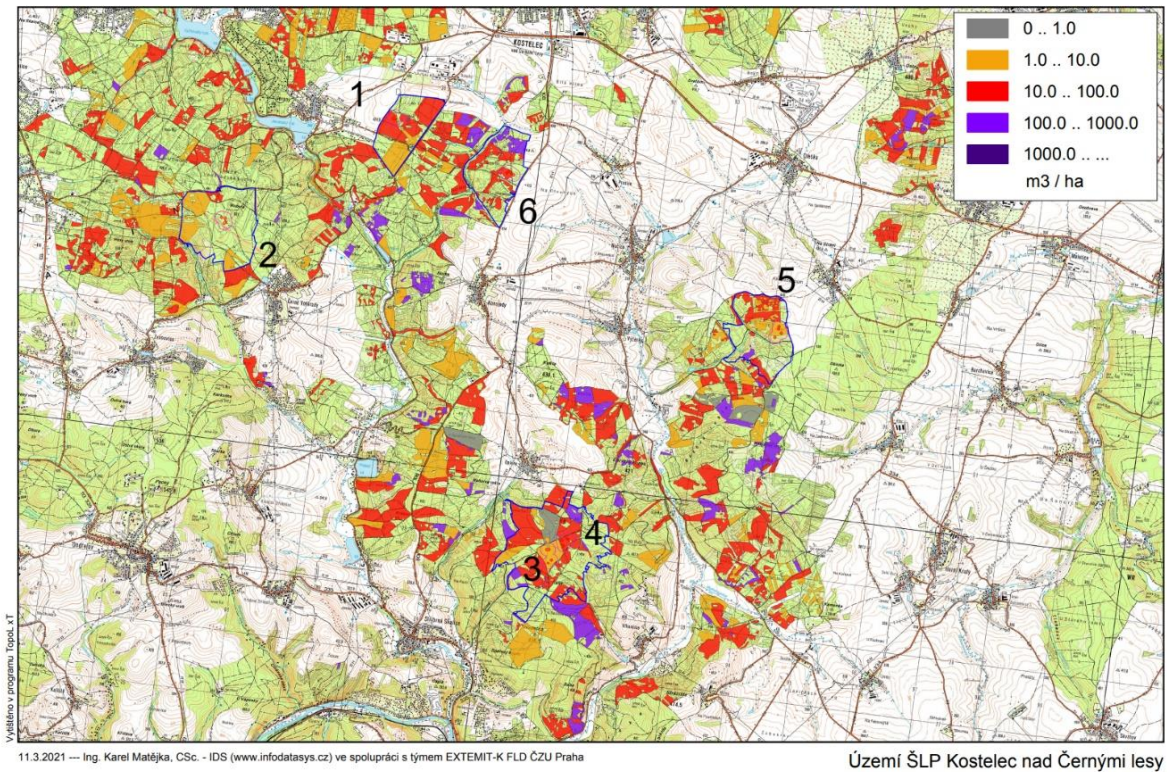
Příloha 1 – Těžební mapa

Příloha 2 – Graf počtu jedinců dle vývojového stádia

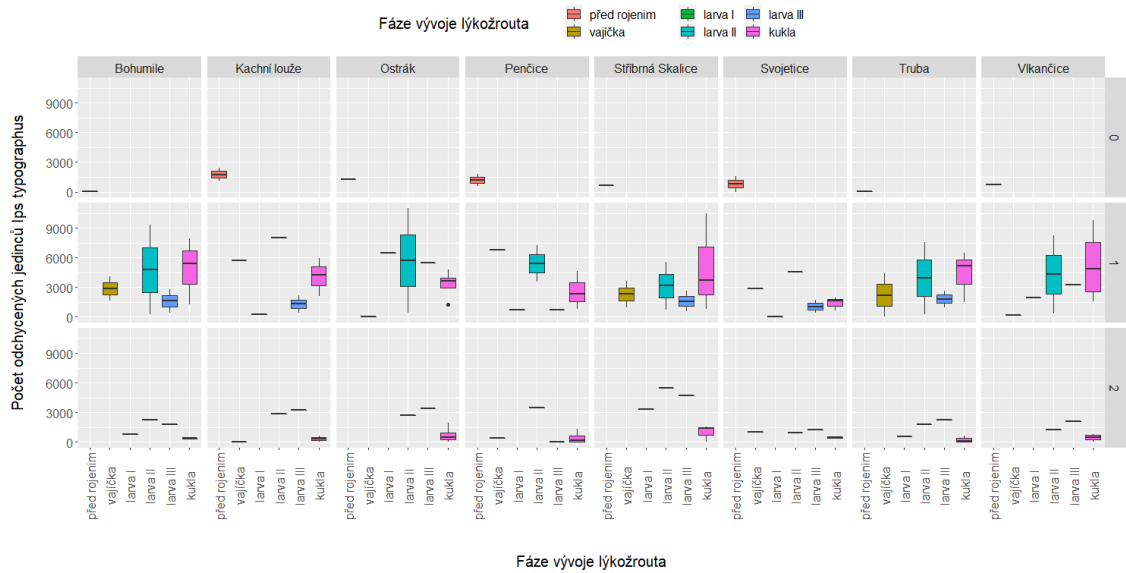
Příloha 3 – Sušení vzorků

Příloha 1 - (K. Matějka a EXTEMIT-K)

Kůrovcová těžba IV-XII 2020



Příloha 2 – Graf počtu jedinců dle vývojového stádia



Příloha 3 – Sušení vzorků

