

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta životního prostředí

Katedra ekologie



DIPLOMOVÁ PRÁCE

**Verifikace fenologického modelu pro lýkožrouta
smrkového (*Ips typographus* L.) v České republice**

Diplomant: Michael Haramul

Vedoucí práce: Ing. Karel Boublík, Ph.D.

© 2016 ČZU v Praze

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Michael Haramul

Regionální environmentální správa

Název práce

Verifikace fenologického modelu pro lýkožrouta smrkového (*Ips typographus*) v České republice

Název anglicky

Verification of fenological model of *Ips typographus* in the Czech Republic

Cíle práce

Na základě odchytů do feromonových lapačů ověřit platnost fenologického modelu Phenips pro *Ips typographus* na území České republiky.

Metodika

1. Metodika: instalace feromonových lapačů typu Theyson ve dvou územích, navnazení feromonovým odparníkem Pheroprax, týdenní odběry od dubna do září, determinace druhů, paralelní měření teplot a slunečního záření, úprava modelu.

2. Harmonogram:

duben 2014 – instalace feromonových lapačů

květen – září 2014 – odběry brouků, měření teplot a slunečního záření

říjen – prosinec 2014 – determinace materiálu

únor – březen 2015 – statistické zpracování

duben 2015 – odevzdání práce

Doporučený rozsah práce

40 str. + přílohy

Klíčová slova

Feromonové lapače, *Ips typographus*, model, teploty

Doporučené zdroje informací

- Baier, P., Pennerstorfer, J., Schopf, A. 2007: PHENIPS-A comprehensive phenology model of *Ips typographus* (L.) (Col., Scolytinae) as a tool for hazard rating of bark beetle infestation. *Forest Ecology and Management*, 249: 171–186.
- Faccoli, M., Stergulc, F. 2004: *Ips typographus* (L.) pheromone trapping in south Alps: spring catches determine damage thresholds. *Journal of Applied Entomology* 128: 307–311.
- Lindelöw A., Schroeder, L.M. 2001. Spruce bark beetle, *Ips typographus* (L.), in Sweden: monitoring and risk assessment. *Journal of Forest Science* 47: 40–42.
- Lobinger, G. 1994: Air temperature as a limiting factor for flight activity of two species of pine beetles, *Ips typographus* (L.) and *Pityogenes chalcographus* (L.) (Col., Coleoptera, Scolytidae). *Anzeiger für Schadlingskunde, Pflanzenschutz und Umweltschutz*, 67: 14–17.
- Logan, J., Bentz, B. 1999: Model analysis of mountain pine beetle (Coleoptera: Scolytidae) seasonality. *Environmental Entomology* 28: 925–934.
- Niemeyer, H., Schroder, T., Watzek, G. 1983. Eine neue Lockstoff – Falle zur Bekämpfung von Rinden – und Holzbrütenden Borkenkäfern. *Der Frost und Holzwirt*. 38: 105–112.
- Schopf, A. 1985: Effect of photoperiod on development and cold hardiness of *Ips typographus* (Col., Scolytidae). *Anzeiger für Schadlingskunde, Pflanzenschutz, Umweltschutz* 58: 73–75.
- Schopf, A. 1989: The effect of photoperiod on the induction of the imaginal diapause of *Ips typographus* (L.) (Col., Scolytidae). *Journal of Applied Entomology*, 107: 275–288.
- Wermelinger, B. 2002: Development and distribution of predators and parasitoids during two consecutive years of an *Ips typographus* (Col., Scolytidae) infestation. *Journal of Applied Entomology* 126: 521–527.
- Wermelinger, B. 2004: Ecology and management of the spruce bark beetle *Ips typographus* – a review of recent research. *Forest Ecology and Management* 202: 67–82.
- Weslien, J., Schroeder, L.M. 1999: Population levels of bark beetles and associated insects in managed and unmanaged spruce stands. *Forest Ecology and Management* 115: 267–275.
-

Předběžný termín obhajoby

2015/16 LS – FŽP

Vedoucí práce

Ing. Karel Boublík, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra ekologie

Elektronicky schváleno dne 5. 3. 2015

prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 5. 3. 2015

prof. Ing. Petr Sklenička, CSc.

Děkan

V Praze dne 17. 04. 2016

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně pod vedením Ing. Karla Boublíka, Ph.D., a že jsem uvedl všechny literární prameny, ze kterých jsem čerpal.

V Praze dne 19.4.2016

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval Ing. Karlovi Boublíkovi, Ph. D. za odborné vedení a pomoc při zpracování mé diplomové práce, za jeho vřelý přístup a obrovskou podporu. Rovněž bych rád poděkoval celé své rodině, své přítelkyni a přátelům za jejich toleranci, podporu a pomoc nejen při zpracování práce, ale po celou dobu mého studia.

Verifikace fenologického modelu pro lýkožrouta smrkového (*Ips typographus* L.) v České republice

Abstrakt

V průběhu měsíců dubna až června 2014 probíhaly odchyty do feromonových lapačů lýkožrouta smrkového (*Ips typographus* L.) a následná verifikace fenologického modelu PHENIPS celkem na dvou studijních plochách v České republice. Jednalo se o studijní plochu Horní Planá v jižních Čechách a Lipník nad Bečvou v Olomouckém kraji. Odchyty byly prováděny v týdenní periodě za použití deskových feromonových lapačů typu Theysohn, které byly opatřeny feromonovými odparníky typu Pheroprax od společnosti Chemipan. Cílem práce bylo verifikovat platnost fenologického modelu PHENIPS pro lýkožrouta smrkového na území České republiky a ověřit, zda je tento model pro území České republiky upotřebitelný. Na konci sezóny 2014 byl za použití fenologického modelu PHENIPS a počtu odchycených jedinců lýkožrouta smrkového určen termín rojení a termín kolonizace hostitelských stromů. U několika lapačů byla pravděpodobně zachycena aktivita sesterské generace.

Klíčová slova: Feromonové lapače, *Ips typographus*, model, teploty

Verification of phenological model of *Ips typographus* in the Czech Republic

Abstract

During the months of April and June 2014 the spruce bark beetle (*Ips typographus* L.) capturing was conducted into the pheromone traps followed by the verification of phenological model PHENIPS altogether at two study locations in the Czech Republic: Horní Planá in the southern Bohemia and Lipník nad Bečvou in the Olomouc region. The trapping was performed weekly with the help of pheromone tabular traps Theysohn which were equipped by pheromone-type evaporators Pheroprax from Chemipan. The aim of the study was to verify the validity of phenological model PHENIPS for the spruce bark beetle in the Czech Republic and verify whether the model is applicable for the Czech Republic. At the end of the 2014 season with the help of phenological models PHENIPS and the number of trapped bark beetle specimen the term of swarming and the term of colonization of host trees were determined. The sister generation activity was probably recorded in the several traps.

Keywords: Pheromone traps, *Ips typographus*, model, temperatures

Obsah

1 Úvod.....	10
2 Cíl práce	12
3 Metodika práce	13
4 Teoretická východiska	18
4.1 Lýkožrout smrkový	18
4.2 Vývojová stádia lýkožrouta smrkového	18
4.2.1 Vajíčko – popis	18
4.2.2 Larva – popis.....	19
4.2.3 Kukla – popis	19
4.2.4 Dospělý brouk – popis	19
4.2.5 Požerek – popis	20
4.2.6 Vývojový cyklus lýkožrouta smrkového	21
4.2.7 Vliv teplot	22
4.3 Areál rozšíření lýkožrouta smrkového	23
4.3.1 Lýkožrout smrkový – význam	24
4.3.2 Hostitelské stromy.....	25
4.3.3 Hledání hostitelského stromu.....	25
4.3.4 Obsazení hostitelského stromu.....	27
4.3.5 Vnitro a mezidruhové vztahy a soupeření.....	28
4.4 Obrana a náchylnost hostitelských dřevin při napadení lýkožroutem smrkovým.....	30
4.4.1 Přirozená rezistence stromu	30
4.4.2 Faktory stresu lesního porostu spojené s napadáním lýkožrouta smrkového.....	31
4.5 Možnosti obrany a ochrany před lýkožroutem smrkovým.....	31
4.5.1 Prevence a obranná opatření	31
4.6 Model PHENIPS	37
4.6.1 Operační systémy pro podporu rozhodování	37
5 Bioregiony studijních lokalit	40
5.1 Lokalita Horní Planá – Šumavský bioregion.....	40
5.1.1 Základní údaje a poloha bioregionu	40
5.1.2 Reliéf a horniny bioregionu	40
5.1.3 Podnebí.....	41
5.1.4 Půdy	41
5.1.5 Biota	41
5.1.6 Současný stav	41
5.2 Lokalita Lipník nad Bečvou – Hranický bioregion.....	42

5.2.1	Základní údaje a poloha bioregionu	42
5.2.2	Reliéf a horniny bioregionu	42
5.2.3	Podnebí.....	42
5.2.4	Půdy	43
5.2.5	Biota	43
5.2.6	Současný stav	43
6	Výsledky	44
6.1	Studijní plocha Horní Planá.....	44
6.2	Komentář finálních výsledků ze studijní plochy Horní Planá.....	55
6.3	Studijní plocha Lipník nad Bečvou	56
6.4	Komentář finálních výsledků ze studijní plochy Lipník nad Bečvou	61
7	Diskuse.....	62
8	Závěr.....	64
9	Seznam použitých literárních zdrojů	65

1 Úvod

Lýkožrout smrkový – (*Ips typographus* L.) je zástupcem třídy hmyzu – (*Insecta*), řádu brouci – (*Coleoptera*), čeledi nosatcovití – (*Curculionidae*), ve které je obsaženo více než 60 000 druhů brouků, a zástupcem podčeledi kůrovci – (*Scolytinae*) (Zumr, 1995 a Skuhravý, 2002).

Brouci rodu *Ips* představují v lesním hospodářství a celkově lesnictví jedny z nejobávanějších škodlivých biotických činitelů. Největší škody působí především ve smrkových hospodářských lesích starších šedesáti let (Zahradník, 2004). Zástupci rodu *Ips* jsou takzvanými sekundárními škůdci, kteří prvotně napadají poškozené, zakrnělé, vadnoucí či jinak indisponované stromy. Jedná se především o polomy či vývraty, které jsou způsobeny silným větrem nebo sněhem. Takto oslabené prostředí je pro lýkožrouta smrkového značně atraktivní a vznikají zde velmi dobré podmínky pro jeho vývoj a případné přemnožení (Skuhravý, 2002 a Zahradník, 2010). V případě, že lýkožrout smrkový nenalezne vhodné prostředí s dostatkem oslabených jedinců stromů, které jsou stresovány například suchem, či polomy, začne kolonizovat i stromy zdravé (Pfeffer, 1955 a Zumr, 1995). Nálet na zdravé stojící stromy je orientován na rozhraní kmene se suchými větvemi a koruny se zelenými větvemi. Na polomech brouk nemá preferovanou část a kolonizuje celý strom (Zahradník, 2010). Atraktivita smrkových polomů je zapříčiněna mnoha faktory, jimiž jsou například expozice stanovišť, stupeň oslunění, míra kořenového spojení s půdou, koncentrace a poloha stromů v porostu (Jakuš, 1998).

V podmínkách střední Evropy dosahuje lýkožrout smrkový dvou až tří pokolení za vegetační sezónu. Toto je ovšem závislé především na teplotních podmínkách a nadmořské výšce konkrétní lokality. První jarní rojení nastává na přelomu dubna a května, časnost rojení je ale taktéž závislá na teplotních podmínkách vzduchu a kůry stromů. V tuto dobu brouk vyhledává a kolonizuje vhodné stromy pro založení nového pokolení. K druhému letnímu rojení může docházet, opět v závislosti na vývoji teplot a celkového počasí, od června do počátku srpna. Případné třetí rojení se vyskytuje na přelomu srpna a září, nicméně toto není zcela obvyklé (Zahradník, 2010).

V současnosti jsou patrný velmi významné pokroky v oblasti operačních systémů, které poskytují podporu při rozhodování o aplikaci opatření v oblasti

ochrany lesů. Jedním z těchto je v praxi již několik let využívaný model PHENIPS, který pomáhá vytvořit model evoluce jednotlivých stádií lýkožrouta smrkového na základě slunečního záření a teploty. Tento model umožňuje předpovídat počátek rojení a jeho následnou kolonizaci hostitelských stromů. Rovněž umožňuje určit vývoj následných generací a případně i sesterského pokolení. Tyto informace jsou podstatné pro lesní hospodáře a manažery, kteří rozhodují o nasazení zařízení na ochranu lesa a jejich rozsahu, ať už za užití metody feromonových lapačů či stromových lapáků (Baier et al., 2007).

2 Cíl práce

Cílem práce je verifikace platnosti fenologického modelu PHENIPS pro *Ips typographus* na území České republiky. Verifikace probíhá na základě odchytů do feromonových lapačů typu Theysohn. Podstatou je srovnání modelu PHENIPS s konkrétními odchty na dvou studijních plochách na území České republiky a zjištění, zda je tento model pro Českou republiku použitelný.

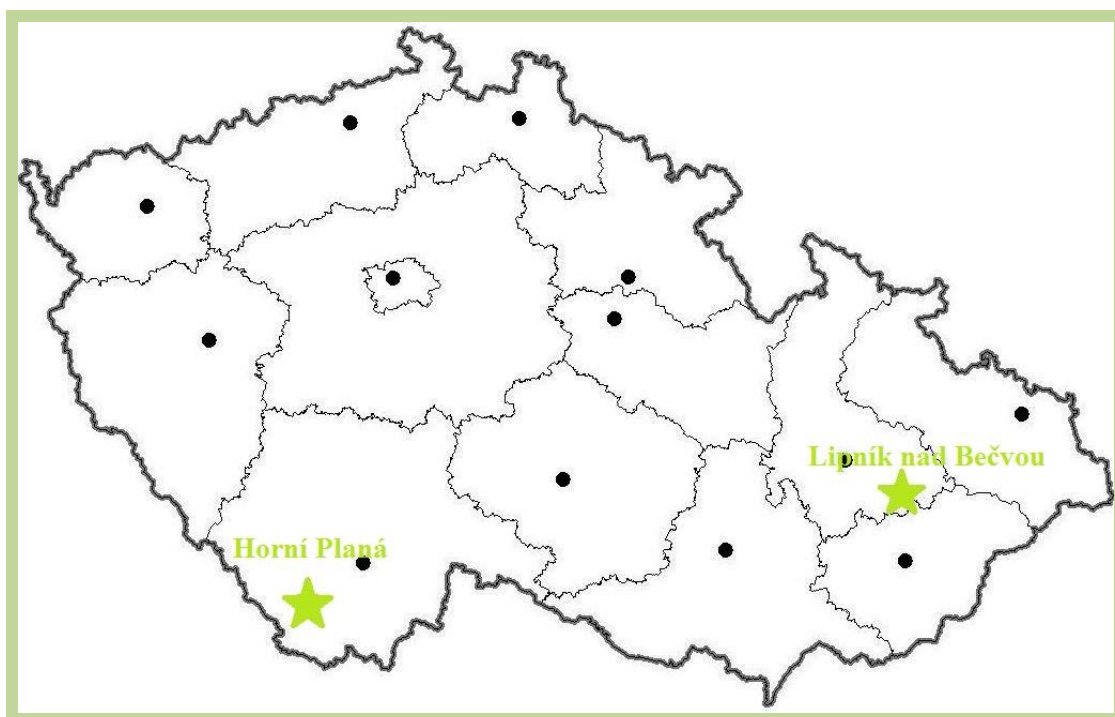
3 Metodika práce

Výběr studijních ploch u obcí Horní Planá v jižních Čechách a Lipník nad Bečvou v Olomouckém kraji proběhl na počátku roku 2014 (Obrázek 1). Konkrétní lokality byly vybrány na základě několika kritérií, jimiž byla:

- dobrá dopravní dostupnost,
- bezpodmínečné sousedství s dospělým smrkovým porostem,
- bezproblémové jednání ze strany nájemců či majitele lesního pozemku,
- přehledný terén.

Konkrétní umístění odchyťových lapačů je zobrazeno na následující mapě:

Obrázek 1: Studijní plochy Horní Planá a Lipník nad Bečvou



Zdroj: vlastní zpracování

Tabulka 1: Charakteristika rozdělení pozemků VLS – Divize Lipník nad Bečvou

Divize Lipník nad Bečvou	
Celková plocha	27 118 ha
Zemědělská půda	2 650 ha
Lesní pozemky	22 975 ha
Vodní plochy	48 ha
Zastavěné plochy	22 ha

Zdroj: VLS, 2016

Tabulka 2: Charakteristika rozdělení pozemků VLS – Divize Horní Planá

Divize Horní Planá	
Celková plocha	19 960 ha
Zemědělská půda	1 022 ha
Lesní pozemky	16 569 ha
Vodní plochy	203 ha
Zastavěné plochy	5 ha

Zdroj: VLS, 2016

Tabulka 3: Přehled rozmístění feromonových lapačů na studijní ploše Horní Planá s udanou nadmořskou výškou

Studijní plocha Horní Planá		
Lapač č.	Dílec	Nadmořská výška
1	60B040	995
2	63A020	977
3	84B020	1085
4	80C010	925
5	19B020	993
6	47K7	911
7	65A2	1119
8	99A2	1170
9	70D1	892
10	90B1	1151

Zdroj: vlastní zpracování

Tabulka 4: Přehled rozmístění feromonových lapačů na studijní ploše Lipník nad Bečvou s udanou nadmořskou výškou

Studijní plocha Lipník nad Bečvou		
Lapač č.	Dílec	Nadmořská výška
1	333B10	623
2	314A09	658
3	337A09	637
4	372A10	615

Zdroj: vlastní zpracování

Na těchto studijních plochách probíhaly odběry odchycených jedinců lýkožrouta smrkového od 14. týdne roku 2014 do 35. týdne roku 2014, kdy byl dne 30. 8. 2014 odchyt brouků do feromonových lapačů ukončen. Odběry odchycených brouků probíhaly v týdenní periodě s možným zkrácením intervalu odběru z důvodu vysokého počtu odchycených jedinců. Zároveň probíhal sběr dat z meteorologických stanic.

K odchytům lýkožroutů smrkových byly využity deskové (štěrbinové) feromonové lapače značky Theysohn© (Obrázek 2). Feromonový lapač je konstruován ze základního korpusu opatřeným štěrbinami, výsuvné odběrné misky opatřené sítky pro odtok vody a trychtýře, který zamezuje možnému útěku brouků z odběrné misky lapače. Plocha lapače je 0,3 m².

Obrázek 2: Feromonový lapač



Zdroj: Fytofarm, 2016

Přednostmi deskových lapačů Theysohn© jsou:

- vysoká odolnost,
- nízká hmotnost,
- snadný odhad množství odchycených brouků,
- vysoká pracovní spolehlivost,
- snadná montáž lapače v terénu,
- možnost opakovaného využití,
- prostorově nenáročný na uskladnění a transport.

Tyto feromonové lapače byly v terénu instalovány ve vzdálenosti 10 – 25 metrů od stěny smrkového dospělého porostu ve výšce přibližně 2 metry (Obrázek 3). K instalaci jednoho kusu lapače bylo zapotřebí dvě dřevěné latě o délce přibližně 2,4 metru. Tyto byly zatlučeny do země a na ně poté upevněn lapač pomocí silného vázacího drátu.

Obrázek 3: Deskový feromonový lapač Theysohn - instalace na studijní lokalitě Horní Planá

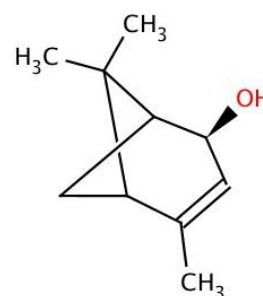


Zdroj: vlastní

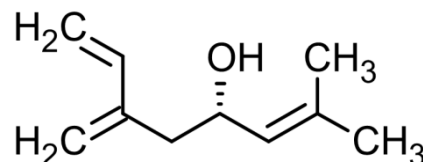
K odchytům lýkožrouta smrkového byly použity feromonové odparníky Pheroprax, které vyrábí společnost Chemipan. Tyto byly pomocí vázacího drátu upevněny dovnitř korpusu každého z lapačů pro navnadění lapače agregačním feromonem. Každý z feromonových odparníků byl zvlášť zabalen v igelitovém obalu a celkově v ochranné atmosféře. Expirační doba těchto feromonových odparníků je 24 měsíců. Před zavěšením v terénu byly uchovávány v chladničce.

Složení feromonového odparníku Pheroprax je:

- (S)-cis-verbenol (Obsah 4,67%),



- Ipsdienol (Obsah 0,69%).



Všichni odchycení lýkožrouti smrkoví byli uchovávaní v plastových odběrových lahvičkách a ponořeni v technickém lihu. Tyto plastové lahvičky byly řádně označeny a rozděleny dle lapačů a studijních ploch, ze kterých byli brouci odchyceni. Následně byli odchycení jedinci v laboratoři spočítáni a počty zaneseny do grafů s výsledky.

4 Teoretická východiska

4.1 Lýkožrout smrkový

Dle Zumra (1995) a Skuhravého (2002) se Lýkožrout smrkový (*Ips typographus*, Linnaeus, 1758) (Obrázek 4) řadí do třídy hmyzu – (*Insecta*), řádu brouků – (*Coleoptera*) čeledi nosatcovitých – (*Curculionidae*), podčeledi kůrovci – (*Scolytinae*). Jeho vývoj probíhá především na smrcích, kde vedle něho probíhá vývoj dalších druhů lýkožroutů rodu *Ips*. Na smrku je možné zaměnit lýkožrouta smrkového pouze se dvěma zástupci rodu *Ips*. Jsou jimi lýkožrout severský (*Ips duplicatus*) a lýkožrout menší (*Ips amitinus*). Tito se obvykle vyskytují na smrcích společně, vyznačují se však menší velikostí.

Obrázek 4: Lýkožrout smrkový (*Ips typographus* L.)



Zdroj: biolib.cz, 2016

4.2 Vývojová stádia lýkožrouta smrkového

4.2.1 Vajíčko – popis

Dle Pfeffera (1955) a Zahradníka (2010) je vajíčko průměrně 0,6 – 1 milimetr dlouhé, bílé, oválné a lesklé. Jeho skořápka je měkká a průhledná. V úvodních stádiích vývoje jsou tyto čistě bílé, dalším postupem času se na jeho povrchu objevuje stín zárodku.

4.2.2 Larva – popis

Podle Pfeffera (1955) a Zahradníka (2010) je larva rohlíčkovitě zahnutá, se silně chitinizovanou hnědavou hlavičkou, bělavá a beznohá. Ihned po vylíhnutí tato dosahuje délky do 2 mm. Dále pak v závěrečném instaru dosahuje délky 5 – 7 mm.

4.2.3 Kukla – popis

Pfeffer (1955) uvádí, že kukla velmi zřetelně vypodobňuje tvar těla budoucího dospělého lýkožrouta smrkového. Je bělavá a dle Zumra (1995) dosahuje velikosti 5 – 6 milimetrů. Struktura povrchu kukly je dle Pfeffera (1955) značně složitá. Štít a zadeček je porostlý krátkými brvami. Dále pak jednotlivé zadečkové články jsou osazeny jemnými hrbolkovitými háčky z nichž devátý článek nese nejsilnější pár háčků, které směřují do stran. Tyto nejsilnější háčky kukla využívá k opěru o stěny kolébky, ve které odpočívá.

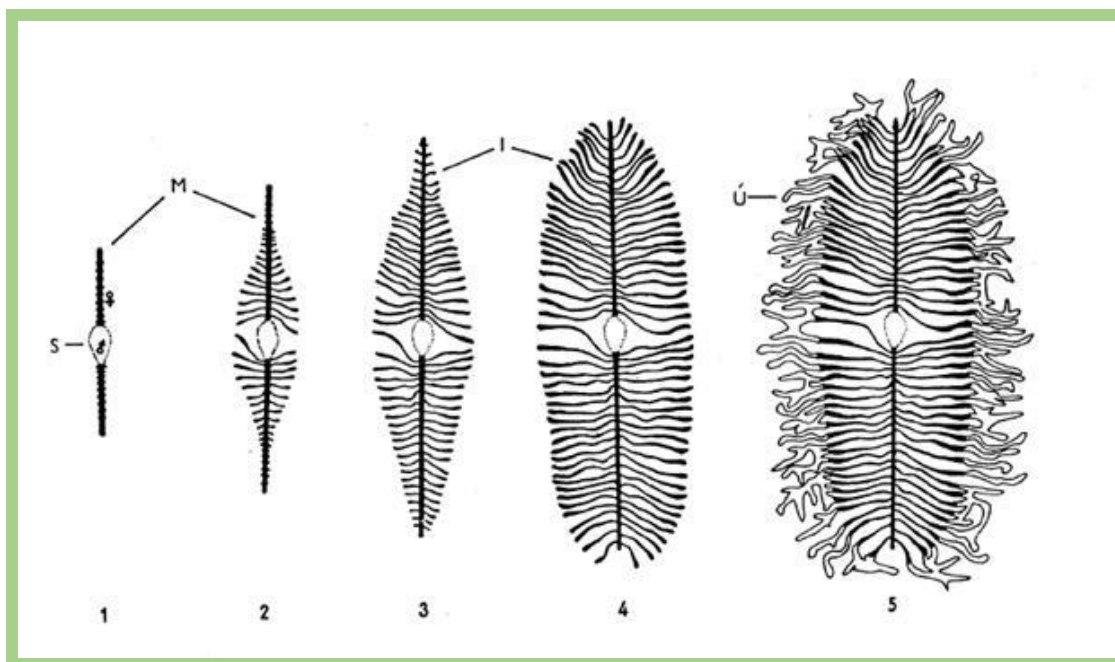
4.2.4 Dospělý brouk – popis

Dospělec lýkožrouta smrkového dosahuje dle Pfeffera (1955) a Zumra (1995) 4,2 – 5,5 milimetrů, má lesklé hnědočerné válcovité tělo. Zadní část krovek je zdobena zřetelnými čtyřmi hrbolky. Skuhravý (2002) dále dodává, že výjimkou nejsou brouci menšího vzrůstu, a to o velikosti okolo 3,9 milimetru. Toto přisuzuje menšímu příjmu potravy v době larválního stádia vývoje. Skuhravý (2002) dále hovoří o postupném vybarvování dospělého z čistě bílé barvy ihned po vylíhnutí, následném žloutnutí a následném tmavnutí až do odstínu tmavě hnědé. Jako první tmavnou krovky, následně pak horní část těla brouka a nakonec spodní část těla. Prohlubeň v zadní části krovek je lesklá s jemným tečkováním černé barvy. Pfeffer (1955) a Zumr (1995) dodávají, že po stranách se nachází čtyři páry zřetelných zubů, z nichž třetí pár zoubků je nejvýraznější a před špičkou rozšířený. Tykadla brouka jsou žlutá. Tykadlová palička je oválná, velká s jasně zprohýbanými švy. Čelo dospělého je hrbolkované s jasným velkým hrbolkem vprostřed předního okraje.

4.2.5 Požerek – popis

Pfeffer (1955) uvádí, že matečné a larvální chodby utváří výrazné obrazce v různých částech rostlin. Tyto označuje jako požerky, které postačují jak k určení druhu kůrovce (požerek je charakteristický každému druhu), tak i k určení stupně vývoje a gradačnímu stavu. Pfeffer (1955) dále dodává, že požerek lýkožrouta smrkového se skládá ze snubní komůrky, která je velká přibližně 5x5 milimetrů a do ní ústí závrtný otvor. Na tuto dále navazuje jedna až pět matečných chodeb, které mají po celé své délce stejnou světlost. Nejčastější četnost, v případě lýkožrouta smrkového, jsou dvě matečné chodby. Tyto jsou nezprohýbané a probíhají ve směru podélné osy kmene stromu. Délka matečných chodeb je značně proměnlivá. Faktory jsou například kvalita lýka, hustota obsazení kmene a podobně. Z těchto vybíhají larvální chodby, které se dále rozšiřují. Tyto jsou na konci zakončeny kolébkami, ve kterých jsou kukly. Zumr (1995) přispívá, že po skončení larválního žíru a po vylíhnutí dospělců za příhodných nitrifikačních podmínek navazují na larvální chodby další neuspořádané chodbičky úživného žíru nově vylíhlých brouků. Matoušek et al. (2012) provedl měření na 2 942 matečných chodeb lýkožrouta smrkového, kterým byla zjištěna střední délka matečné chodby. Tato činila 78 milimetrů. Šíře matečných chodeb se dle Pfeffera (1955) pohybuje v rozpětí 3-3,5 milimetru. Larvální chodby dosahují délky až 6 centimetrů. Zahradník (2007) dodává, že v případě sesterského rojení je požerek význačný tím, že čítá pouze jednu matečnou chodbu a není zřízena snubní komůrka.

Obrázek 5: Vývoj požerku lýkožrouta smrkového



Zdroj: Zumr, 1995

Legenda: 1. Snubní komůrka, 2. a 3. Požerek s rostoucími larvami v chodbách, 4. Požerek v kukelném stádiu, 5. Požerek s larválními chodbami a chodbami úživného žíru vylíhlých brouků.

4.2.6 Vývojový cyklus lýkožrouta smrkového

V době rojení, jak uvádí Martínek (1956, 1961), dochází k vyhledávání nových zdrojů potravy dospělými brouky, aby zabezpečili následný vývoj. Pro lýkožrouta smrkového je nejideálnějším materiálem dříví po zimních vývratech či zlomech, do kterého se v první řadě zavrtávají samčí zástupci lýkožrouta smrkového. V tomto vytvoří nejprve snubní komůrku, přičemž toto trvá přibližně dva až čtyři dny. Tyto komůrky slouží k páření se samicemi, které sameček do snubní komůrky naláká. Nejčastěji se samci podaří do snubní komůrky nalákat dvě až tři samice, není ovšem výjimkou jejich vyšší počet. Po oplodnění samičky začnou vytvářet tzv. mateřské chodby, které jsou rovné a kopírují osu kmene. Tyto jsou šest až dvanáct centimetrů dlouhé a přibližně tři milimetry široké. Mateřské chodby mají po svých bocích zářezy, do kterých jsou samičkou kladena jednotlivá vajíčka. Mateřské chodby lýkožrouta smrkového se liší od chodeb lýkožrouta menšího tím, že jsou rovné a nezprohýbané. Dále od lýkožrouta severského se chodby liší svými rozměry, které jsou v případě lýkožrouta smrkového větší. Celé kladení vajíček proběhne

přibližně za sedm až deset dní. Denně je samička schopna naklást jedno až dvě vajíčka, tyto po naklazení ihned přikrývá drtinkami. Drtinkami rozuměj odpadní dřevěný materiál, který vzniká při vytváření mateřské chodby. Tento přebytečný materiál samička vytlačuje do snubní komůrky, zde jsou vyhazovány samečkem ven mimo kmen. Ve většině případů samičky opatřují mateřské chodby větracími otvory. K naklazení vajíček dochází v jarním rojení tři až osm dní po závrtu, v letním rojení dochází k naklazení vajíček v kratší době, a to již druhý den po závrtu. Dospělci po naklazení vajíček převážně uhynou, ovšem samičky po tzv. regeneračním žíru jsou schopny založit sesterská pokolení. Sesterská pokolení jsou zakládána již na jiném místě. Regenerační žír představuje pouze zisk potravy, nikoli záměr dalšího rozmnožování. Tento tedy probíhá bez vzniku snubní komůrky. Martínek (1956, 1961) uvádí, že samičky jsou schopny založit, v případě dobrých životních podmínek, i tři sesterská pokolení.

Dle Martíňka (1956, 1961) larvy, které se vylíhnou z vajíček přibližně za šest až osmnáct dní, tvoří hlodáním kolmo od mateřské chodby tzv. larvální chodby. Délka larválního vývoje je ovlivňována podnebnými podmínkami. Na konci každé larvální chodby vzniká tzv. kukelní komůrka, na kterou následně navazuje úživný požerek.

Martínek (1961) dále uvádí, že ihned po vylíhnutí mají brouci bílou barvu, která se postupně přeměňuje do žlutých odstínů a následně tmavnou až do tmavých odstínů hnědé. Z podkůry se brouci dostanou tzv. výletovými otvory, které mají oválný tvar. Ihned po vylíhnutí si mladí brouci snaží vyhledat potravu, aby zajistili své pohlavní dospívání. Tento proces se nazývá tzv. úživný žír a v případě dostatku potravy probíhá ve stejném místě jako larvální vývoj (požerek úživného žíru dále navazuje na kukelní komůrku). V případě nedostatku potravy se brouk odebere na jiné místo, aby si úživný žír zajistil. Po pohlavním dospění dochází k hromadnému rojení dospělců. V normálních podmínkách tento vývojový cyklus trvá šest až deset týdnů.

4.2.7 Vliv teplot

Skuhřavý (2002) a Zahradník (2004) se shodují s mnoha odborníky na faktu, že téměř nejvýznamnějším faktorem, který velkou mírou přispívá k rozvoji kalamit

lýkožrouta smrkového, je teplota. Vhodné období pro let lýkožrouta smrkového prodlužuje brzký nástup vyšších teplot v časném jarním období, tím je způsoben vyšší nápad hostitelských dřevin a větší množství nakladených vajíček. Zároveň tyto vyšší teploty v průběhu vegetačního období vývoj vajíček urychlují.

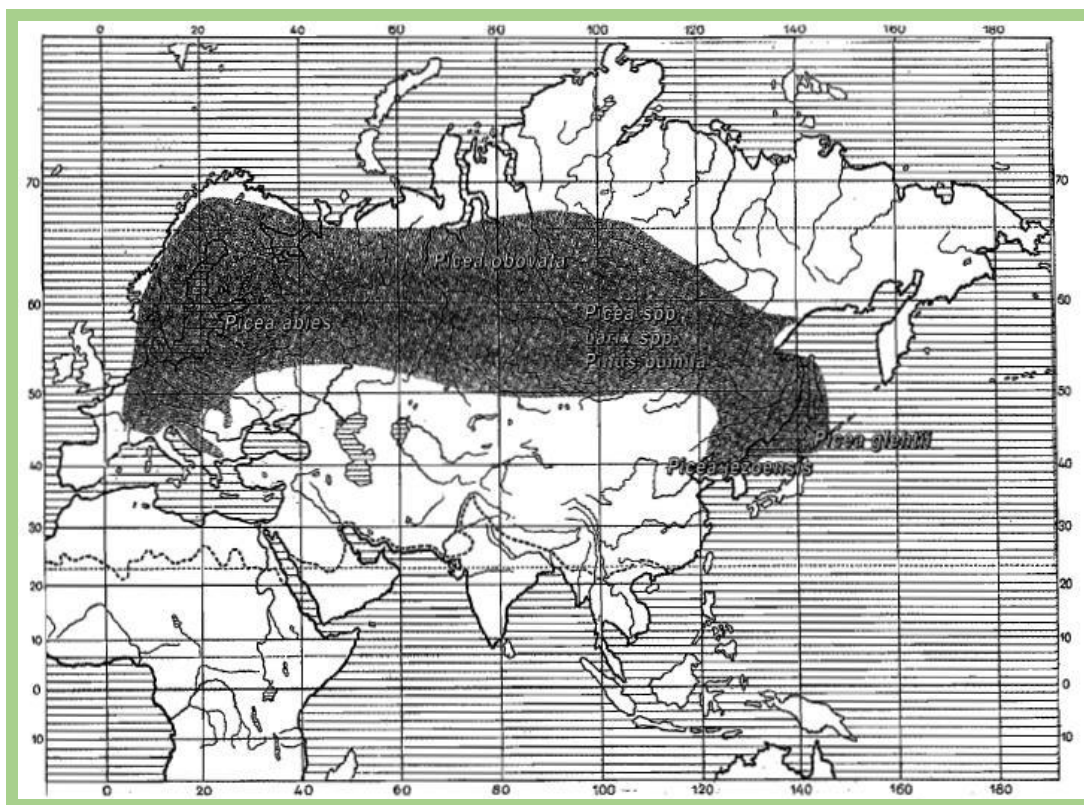
Zumr (1995) dále uvádí, že výzkumem délky trvání vývoje lýkožrouta smrkového v závislosti na vývoji teplot se zabývali mnozí autoři. Všichni se shodují na dobách vývoje pokolení, kdy nejkratší doba vývoje pokolení trvá šest týdnů. Nejdelší doba vývoje pokolení pak trvá deset týdnů. V případě nejkratší doby vývoje toto bylo zjištěno při teplotě 29°C. Naopak desetitýdenní vývoj byl zaznamenán v případě teploty 14°C, tedy při dolní hranici aktivního pohybu jedince.

Skuhravý (2002) k této oblasti dodává, že laboratorními pokusy bylo prokázáno, že brouci, kteří byli udržováni v umělé hibernaci při teplotě -5°C do konce dubna a následně byli vystaveni teplotě 10°C, nutně potřebovali další dva týdny přechodného období, než byli schopni začít létat. Naopak v případě brouků uchovávaných při teplotě 25°C se potvrdil opak, brouci začali létat během několika dnů.

4.3 Areál rozšíření lýkožrouta smrkového

Skuhravý (2002) označuje lýkožrouta smrkového za původně horský druh, nicméně dnes je jeho výskyt běžný na pahorkatinách i v nížinách. Jeho areál výskytu je značně rozsáhlý, kdy tento zahrnuje téměř celou Evropu a Asii. Na západě Evropy tvoří hranici areálu jeho výskytu Pyreneje, které zároveň tvoří hranici mezi Francií a Španělskem. Na východě hranice jeho výskytu sahá až na ostrov Hokkaidó. Severní hranici tvoří v Asii jižní pás tundry okolo 69° rovnoběžky severní šířky. Na jihu tvoří hranici areálu nejsevernější lokality států Číny, Kazachstánu a Mongolska.

Obrázek 6: Areál rozšíření lýkožrouta smrkového (*Ips typographus* L.)



Zdroj: Skuhravý, 2002

4.3.1 Lýkožrout smrkový – význam

Zumr (1995) uvádí, že lýkožrout smrkový žije na úkor rostlin, tedy i dřevin, stejně jako ostatní kůrovci. Pfeffer (1955) dodává, že poškození dřeviny vzniká v průběhu zakládání matečných chodeb a při larválním žíru. Dle Skuhravého (2002) je velmi důležitý rozmnožovací potenciál lýkožrouta smrkového, který podmiňuje míru a rozsah jeho škodlivosti. Je nutné vzít v úvahu počet jedinců lýkožrouta smrkového, kteří jsou schopni zahubit jeden smrk a počet jedinců, kteří jsou schopni se na jednom smrku vyvinout. Lýkožrout smrkový je označován za takzvaného sekundárního škůdce. Tento upřednostňuje v první řadě čerstvě odumřelé stromy, jimiž jsou čerstvé polomy a těžební dříví, dále pak stromy odumírající a oslabené. Zahradník (2010) dále dodává, že při přemnožení a nemožnosti nalézt další vhodný materiál k dalšímu množení, se brouk uchyluje k invazi na stromy oslabené suchem, napadené houbami případně napadá i stromy zdravé. Zumr (1995) toto doplňuje, že tato poškození mohou dosahovat i velkého rozsahu a tím vznikají obrovské hospodářské a ekonomické škody v lesním hospodářství.

Zumr (1995) dále uvádí, že v případě napadení neodkorněného dřeva, polomů, vývratů a při úmyslné těžbě toto způsobuje určité znehodnocení běle. Dřevo pak ztrácí vlivem vývoje lýkožrouta smrkového na jakosti a je následně prodejné pouze v nižších jakostních třídách. Zahradník (2010) je ovšem názoru, že při včasné zpracování dřeva by jeho kvalita ohrožena být neměla.

Knížek et al. (2012) udává rozsah napadeného kůrovcového dříví v České republice za období 2008 – 2011 přibližně 5,6 milionů m³, a to včetně lapáků (v roce 2008 – 1 652 000 m³, v roce 2009 – 1 863 000 m³, v roce 2010 – 1 279 000 m³, a v roce 2011 – 814 000 m³). Na tomto velkém rozsahu škod se velkou mírou podílely větrné orkány Kyrill, který naším územím prošel v roce 2007, a Emma v roce 2008. Tyto orkány zabezpečily vyšší potravní nabídku pro lýkožrouta smrkového a tím přispěly k rapidnímu zvýšení jeho populace. V České republice byla nejsilněji postiženou lokalitou NP Šumava, ve které jsou dodnes patrné škody napáchané kalamitou lýkožrouta smrkového.

4.3.2 Hostitelské stromy

Dle Skuhravého (2002) je v Evropě pro lýkožrouta smrkového živnou dřevinou smrk ztepilý (*Picea abies*). V oblasti západní Sibíře je jí smrk sibiřský (*Picea obovata*), v oblasti východní pak smrk ajanský (*Picea jezoensis*). Dále Skuhravý (2002) dodává, že jeho výskyt je znám v rámci jeho areálu i na dřevinách rodu borovice (*Pinus*) a jedle (*Abies*). V České republice se setkáme s lýkožroutem smrkovým kromě smrku ztepilého na dalších druzích smrku, na modřínu, případně na borovici či jedli.

4.3.3 Hledání hostitelského stromu

Dle Byerse et al. (1988) je lýkožrout smrkový agresivním zástupcem rodu *Ips*, který napadá především smrk ztepilý. V nižším populačním počtu směřuje svůj nálet především na čerstvý polom smrkového dříví, při vyšší populační hustotě kolonizuje i žijící stromy. Hostitelské stromy prvotně vybírají samčí zástupci lýkožrouta smrkového, kteří kolonizaci zahajují. O způsobu vyhledávání hostitelského stromu se stále vedou rozsáhlé odborné diskuse, nicméně je obecně přijímán názor, že samci volí vhodnou hostitelskou dřevinu na základě zrakových

vjemů a dalších atraktantů konkrétního hostitele. Byers (1988) a Schlyter (1987) dále poukazují na fakt, že stále není jednoznačný postup vyhledávání hostitelské dřeviny u lýkožrouta smrkového objasněn, na rozdíl od jiných kůrovců. Původní názory označovaly jako hlavní příčinu náletu lýkožrouta smrkového na hostitelské dřeviny vylučování terpenů, studiemi bylo ovšem zjištěno, že terpenické látky ovlivňují lýkožrouta smrkového buď málo či dokonce vůbec. Byers (1988) a Schlyter (1987) dále dodávají, že terpenické látky smrku nezpůsobují lepší účinky agregačního feromonu lýkožrouta smrkového.

Tømmerås et Mustaparta (1987) uvádějí, že navzdory tomuto bylo zjištěno, že lýkožrouta smrkového silně odpuzují nehostitelské vůně. Toto vede k teorii, že v případě lýkožrouta smrkového může dojít k nalezení vhodného hostitelského stromu ke kolonizaci zcela náhodně v průběhu disperzního letu ihned po vylíhnutí. Vědečtí pracovníci, kteří zastávají tuto teorii, dokládají tyto fakty, že lýkožrout smrkový je schopen se ihned po vylíhnutí rozptýlit v lesním porostu a je schopen uletět vzdálenost až 40 kilometrů od místa svého vylíhnutí. Tento let neprobíhá kontinuálně, je přerušován několika dobami odpočinku. Mezi vědci panuje i názor opačný, ti zastávají názor, že lýkožrout smrkový svůj hostitelský strom náhodně vybírá. Lýkožrout smrkový při svém letu v rámci odpočinkových period zkoumá další možné hostitele, které mají dobrý potenciál k případné kolonizaci. Toto vyhodnocuje na základě chemické informace – tzv. close-range. Toto dokládají mnohé opuštěné otvory v kůře stromů. Uznává se totiž hypotéza, že při přistání na dřevině se lýkožrout smrkový rozhoduje, zdali je onen hostitelský strom vhodný, podle toxicity a složení smrkových terpenů a dále na přítomnosti prozatím blíže neurčeným kladných chemických podnětů. Všeobecně přijatá představa o kolonizaci hostitelských stromů je však rozdílná. Tato říká, že lýkožrout smrkový si vhodný hostitelský strom vybírá náhodně na dálku, a to podle míry působení prvotních atraktantů – tzv. long-range. Teorie náhodného výběru je podpořena faktem, že se doposud nepodařilo jasně prokázat, že atraktivitu hostitelské dřeviny pro lýkožrouta smrkového způsobují smrkové terpeny. Tyto rovněž nezpůsobují vyšší přitažlivost agregačního feromonu. Další spekulace se udávají směrem k prozatím nespecifikovaným těkavým chemickým látkám, které se mohou rovněž na výběru vhodného hostitelského stromu podílet. Mustaparta (1979) a Tømmerås (1985) dále uvádějí, že v historii provedené elektrofyziologické studie jasně poukazují na fakt, že

lýkožrout smrkový má na svých tykadlech četné receptory čichu. Tyto různě reagují na podněty uvolňovaných těkavých látek z hostitelských a nehostitelských dřevin.

4.3.4 Obsazení hostitelského stromu

Turčáni et al. (2009) uvádí, že po vyhledání vhodného hostitelského stromu samčími zástupci lýkožrouta smrkového, začíná tento utvářet tzv. snubní komůrku. Současně začínají produkovat agregační feromon, který slouží k nalákání samic do snubní komůrky a následnému páření. Úspěch kolonizace je dán několika faktory. Důležitá je odolnost konkrétního stromu a dále na hustotě populace lýkožrouta smrkového. Smrk uvolňuje pryskyřici ze svých pryskyřičných kanálků ihned po zavrtání brouků, na množství smrku dostupné pryskyřice závisí přímo jeho obranná schopnost. Pryskyřice je totiž pro lýkožrouta smrkového ve vyšší koncentraci toxická a repelentní, při množství menším představuje minimálně bariéru, která jim brání v dalším postupu žíru. Toxicita je způsobena terpeny a pro různé terpeny je různá. Některé studie uvádějí, že odolnost stromů vůči lýkožroutům je dána obsahem myrcenu a limonenu. V jiných studiích se ovšem podobné závěry neprokázaly. Důvodem byl fakt, že každý zástupce smrku ztepilého má variabilní genofond, a tedy složení pryskyřice je taktéž variabilní. Toto je dáno rozdílnými biotickými i abiotickými podmínkami na různých stanovištích. Pryskyřice, která je uvolňována ihned po napadení stromu broukem, představuje tzv. primární rezistenci. Kromě této je u smrků dokázána sekundární obranná schopnost, která je vyvolána působením patogenu či hmyzu, a to v případě, že dojde k selhání primárnímu obrannému mechanismu či tento nebude dosti efektivní. Tato sekundární rezistence vede k další tvorbě pryskyřičných kanálků a tvorbě terpenů. Tato obrana se může lišit pro každý patogenní organismus. Indukovaná pryskyřice tedy mívá rozdíly v chemickém složení od pryskyřice původní. Teorie uvádí, že strom může vyhodnotit stupeň svého ohrožení a dle tohoto rozhodnout o rozložení zdrojů, a to tak, zda je užije k růstu či obraně. Pokud je jeho obrana značně energeticky náročná, pak se růst konkrétního jedince značně zpomaluje. Veškeré formy obrany přímo závisí na konkrétních biotických a abiotických podmínkách a neméně na samotné fyziologii stromu.

4.3.5 Vnitro a mezidruhové vztahy a soupeření

Jak uvádějí Hedgren et Schroeder (2004) je lýkožrout smrkový kůrovcem, který využívá ke svému životnímu vývoji kolonizaci živých stromů způsobem hromadného náletu. Tento je řízen působením agregačního feromonu. Kolonizace má šanci na úspěch v případě dostatečné denzity brouků, aby byl překonán odolnostní potenciál kolonizované dřeviny.

Thalenhorst (1958) doplňuje fakt, že denzita obsazení kmene silně ovlivňuje velikost mortality potomstva z hlediska konkurence o lýko a kanibalismu larev. Anderbrant (1990) uvádí, že samice tomuto problému čelí dvěma způsoby, a to volbou opuštění matečné chodby a následným zakládáním sesterského pokolení nebo je schopna snížit objem nakladených vajíček. Hedgren et Schroeder (2004) dodávají, že úspěch reprodukce lýkožrouta smrkového je rozdílný v případě naklazení vajíček na stojící živý strom a ležící dříví po vývratu či polomu.

Skuhravý (2002) konstatuje, že vývoj a populační dynamika lýkožrouta smrkového jsou ovlivňovány několika faktory. Hlavním biotickým faktorem je především zdravotní vitalita porostu. Z faktorů abiotických se jedná především o působení patogenů a parazitoidů, mortalitu způsobenou predátory, vnitrodruhovou a mezidruhovou konkurenci a v neposlední řadě vývoj teplot a vydatnost srážek. Míru vlivů těchto faktorů na dynamiku populace lýkožrouta smrkového dle gradačních fází stanovil Thalenhorst (1958).

Thalenhorst (1958) spolu s Anderbrantem (1990) poukazují na základní úvahu, která se týká počtu jedinců, kteří kolonizují jen jeden strom. Dispozice plochy kůry se zmenšuje přímo úměrně se zvyšující se hustotou populace lýkožrouta smrkového. Stejným způsobem ubývá i samicemi nakladených vajíček. Martínek (1956) při svém experimentu na 85 kmenech ve třech ohniscích v oblasti maximálního náletu stanovil, že typické je napadení v počtu 150 – 300 závrťů na 1 m², a to s pravděpodobností 85 % a dále utvoření 300 – 500 matečných chodeb na 1 m², a to s pravděpodobností 72 %. Wermelinger (2004) udává, že optimální počet matečných chodeb je 500 na 1 m². Tato by měla nejnížší možnou mortalitu potomků. Begon et al. (1997) doplňuje, že právě vzrůstající hustota populace ovlivňuje negativně vnitrodruhovou konkurenci a tím dochází ke zvýšení mortality.

Martínek (1961) považuje za nejvýznamnějšího činitele populačního růstu lýkožrouta smrkového počet sesterských rojení. Martínek (1961) dále uvádí, že významné jsou pouze faktory, které jsou spojeny s úspěšností a počtem sesterských pokolení. Zastává názor, že počet sesterských pokolení nezávisí na populační denzitě, ale na klimatických podmínkách. Mezi vědeckými pracovníky panuje nejednotnost v názoru na počet nakladených vajíček jednou samicí. Dle Martínka (1961) při průměrném klimatickém roku ve střední Evropě zakládá první sesterské pokolení přibližně dvě třetiny samic z celkového počtu rodičovských brouků. Druhé sesterské pokolení pak zakládá přibližně jedna třetina samic, které se podílely na založení prvního sesterského pokolení. Počet nakladených vajíček v prvním sesterském rojení je vyšší než při prvním naklazení. Maximální počty vajíček při prvním sesterském rojení se pohybují okolo 120 kusů. Pfeffer (1954) uvádí průměrný počet vajíček na samici lýkožrouta smrkového na 60, a to v závislosti na tom, zda prodělala sesterské rojení. Wermelinger (2004) zase na jednu samici uvádí počet 80 nakladených vajíček. Anderbrant (1990) poukazuje na závislost výše sesterské snůšky a prvního kladení. Zumr (1995) dodává, že počet nakladených vajíček závisí i na nadmořské výšce, kdy s rostoucí nadmořskou výškou se počet nakladených vajíček snižuje. V 500 metrech nad mořem 83 nakladených vajíček, a v 1 200 metrech nad mořem již jen 25 nakladených vajíček.

Martínek (1961) poukazuje, že při sesterském rojení je na konec mateřské chodby kladeno několik vajíček, které se dále nevyvíjejí. Těchto je přibližně 30 %. Thalenhorst (1958) svým měřením plochy požerků a následným vydělením počtem larválních chodeb dospěl k hodnotě $1,4 \text{ cm}^2$, které jsou nutné k výživě jedné larvy. V této plošce je kromě výseku mateřné chodby také zahrnut i neproduktivní prostor mezi larválními chodbami. Švihra (1973) ve své studii dospěl k výsledkům, že v případě hustoty závrtu 1,8 – 2,8 na 1 dm^2 a průměrné hustotě mateřských chodeb 303 – 465 na 1 m^2 dosáhla mortalita larev cca 47 – 74 % v případě vnitrodruhové konkurence. Celková mortalita činila 68 – 85 %.

Dle Thalenhorsta (1958) není přeměna dospělé larvy na kuklu závislá na prostorové konkurenci. Uvádí, že maximum brouků se vyvine při existenci padesáti mateřských chodeb na $1 000 \text{ cm}^2$.

4.4 Obrana a náchylnost hostitelských dřevin při napadení lýkožroutem smrkovým

4.4.1 Přírozená rezistence stromu

Mahaffay (2004) uvádí za nejzásadnější příčinu chřadnutí dřevin v České republice nedostatečný přísun vody a následně nízkou odolnost vůči napadení fytofágy. V tomto případě se jedná především o napadání lýkožroutem smrkovým. Obráným nástrojem v případě smrku ztepilého jsou pryskyřice, které obsahují pro lýkožrouta smrkového toxické terpeny a fenolické látky. Při zavrtání brouka do kmene stromu dochází k uvolnění pryskyřice. Tímto vzniká fyzická bariéra, která znamená odvrácení prvotního náporu brouka. Vedle fyzické bariéry pryskyřice představuje i bariéru toxickou. Rozváděna je pomocí pryskyřičných kanálků a tímto se brání proti napadení, jak uvádí Hulcr (2003). Mahaffay (2004) uvádí, že terpeny představují uhlovodíky, které se utvářejí při syntéze oleopryskyřice.

Mahaffay (2004) dodává, že oleopryskyřice je klasickým produktem fyziologických procesů a ukládá se v xylému. Tyto jsou tvořeny především diterpeny, malým množstvím těžkých monoterpenů a sesquiterpenů. Monoterpeny jsou tvořeny deseti atomy uhlíku, ve kterých je jeden uhlovodíkový řetězec. Sesquiterpeny jsou tvořeny patnácti atomy uhlíků a diterpeny dvacet atomů uhlíku.

Při nedostatečném zásobení organismu stromu vodou a paralelního napadení kůrovcem se strom dostává do biogenního stresu. Toto způsobuje, že strom vypouští toxické oleopryskyřice. Mahaffay (2004) uvádí, že lýkožrout smrkový dokáže z oleopryskyřice využít některé látky, a tyto syntetizovat na agregační nebo antiagregační feromony. Z experimentu dále vyplívá, že monoterpeny (+)- α -pinene, (-)- β -pinene a (+)-3-carene vykazují pro lýkožrouta smrkového vysokou toxicitu. Zároveň ovšem působí jako atraktant. Dále bylo prokázáno, že rozdílné koncentrace monoterpenů způsobují odpuzení lýkožrouta smrkového od dřeviny. Vysoká koncentrace α -pinene představují inhibitory kolonizace, kde oproti tomuto střední koncentrace způsobuje synergismus, při kterém již kůrvec zavrtává a tvoří galerie. Bylo zjištěno, že samičky *Dendroctonus frontalis* Zimmermann mají schopnost rozlišit slabý strom od zdravého, a to díky schopnosti reagovat na vyšší koncentrace produkovaných monoterpenů.

Podle Turtoly et al. (2003) je u smrku ztepilého koncentrace monoterpenů a pryskyřičných kyselin nižší, než u borovice lesní (*Pinus sylvestris*). Ovšem porovnáním hodnot koncentrací monoterpenů u stresovaného a vitálního porostu vědečtí pracovníci nedospěli ke statisticky významným výsledkům.

4.4.2 Faktory stresu lesního porostu spojené s napadáním lýkožrouta smrkového

Zásadním předpokladem pro pozitivní vývoj lýkožrouta smrkového je dle Welmelingera (2004) dostatek potravinových zdrojů. Dalšími faktory jsou pak klimatické podmínky, aplikace zařízení pro odchyt a přirození nepřátelé. Ideální lokality pro přemnožení lýkožrouta smrkového dle Grodzkieho et al. (2004) představují smrkové porosty poškozené sněhem, větrem, znečištěným ovzduším či postiženým suchem. Wichman et Ravn (2001) spatřují jako významný faktor přemnožení lýkožrouta smrkového právě lokality smrkových porostů po větrných kalamitách neboť tyto představují obrovský objem potravních zdrojů v podobě vyvrácených a zlámaných kmenů. Jakuš (1998) poukazuje na fakt, že k vyššímu napadání smrkových porostů lýkožroutem smrkovým dochází po vystavení větším dávkám slunečního záření, a to například při uvolnění zápoje, při poškození větrem, těžbě či defoliaci. Dle Nefa (1994) i nadmořská výška značně ovlivňuje náchylnost dřevin na napadení lýkožroutem smrkovým. Dle Lexera (1995) závisí pravděpodobnost napadení porostu na mnoha faktorech. Uvádí klimatické podmínky, dostupnost vody, infekci kořenovými hnilobami, věk porostu, poměr zastoupení smrku v porostu, orientaci porostu atd.

4.5 Možnosti obrany a ochrany před lýkožroutem smrkovým

4.5.1 Prevence a obranná opatření

Základem pro ochranu smrkových porostů proti lýkožroutovi smrkovému je zákon zakotvený v legislativě České republiky č. 289/1995 Sb., tzv. lesní zákon, a v tomto konkrétně § 32 – Ochrana lesa. Dále je toto rozvedeno v prováděcí vyhlášce Ministerstva zemědělství ČR č. 101/1996 Sb. a dále v její novelizaci, a to ve vyhlášce Ministerstva zemědělství ČR č. 236/2000 Sb. Dalším předpisem, ovšem již jen doporučujícím, je norma ON 48 1000.

Zahradník (2006) upozorňuje na fakt, že základ pro úspěšnou ochranu lesního porostu představuje důkladnou aplikaci preventivních opatření. Jedná se zejména o velmi brzké odstranění a zpracování materiálu, který je pro vývoj a rozmnožování lýkožrouta smrkového atraktivní, a to především materiál po větrném či sněhovém polomu ještě před začátkem jeho rojení. Skuhravý (2002) uvádí dále odstranění veškerého již napadeného dříví lýkožroutem smrkovým ještě před jeho vyrojením, jeho soustředování a hubení pomocí lapáků či feromonových lapačů. Dále i včasnou sanaci vytěženého dříví a v neposlední řadě odstranění oslabených stromů.

Vyhláška Ministerstva zemědělství ČR č. 101/1996 Sb. v § 3, v příloze č. 2 nařizuje instalaci odchytných zařízení na odchyt lýkožrouta smrkového. Toto se provádí buď instalací lapáků, tyto představují pokácený kontrolní smrkový kmen překrytý větvemi, nebo instalací feromonových lapačů, což představují plastové rámy, do kterých je aplikován feromonový odparník pro navnadění brouka. Instalace těchto zařízení se provádí podle následujících kritérií, které stanovuje vyhláška.

- Minimálně 1 ks na každých 5 ha lesního porostu nad 60 let věku a více než 20% zastoupení smrku.
- Při zvýšeném kalamitním stavu se instalují další lapače nebo pokládají další lapáky, a to v poměru 1:8. Tzn. 1 lapač (1 lapák) na osm včas zpracovaných lapáků.
- Dále v poměru 1:1 až 2:1 k počtu nezpracovaných kůrovcových stromů nebo lapáků opuštěných lýkožroutem v předešlém roce.

V závislosti na výši odchytnosti lýkožrouta smrkového se přidávají další lapače, v případě lapáků se kácí v sériích, a to dle postupu jejich napadení.

Zahradník (2010) uvádí tři základní principy, na kterých jsou založena efektivní obranná opatření nejen proti lýkožroutu smrkovému, ale i proti dalším kůrovcům. Tyto principy zahrnují jak preventivní zásahy, tak i kurativní zásahy, tedy vlastní obranu. Jsou jimi:

- bezodkladné zpracování polomového dříví nebo vytěženého dříví, které by mohlo být atraktivním a vhodným pro vývoj a množení lýkožrouta smrkového,

- důsledné a včasné nalézání napadených stromů a jejich včasná a účinná sanace,
- použití lapáků, feromonových lapačů a dalších nástrojů k soustředění a hubení lýkožrouta smrkového v ohniscích žíru a na jiných ohrožených místech.

Vyhláška Ministerstva zemědělství ČR č. 101/1996 Sb. v § 3, v příloze č. 2 stanovuje následující tři stavy:

- Stav základní – charakterizovaný početním stavem lýkožroutů, kdy objem kalamitního základu průměrně přesáhl 1 m³ na 5 ha smrkového porostu, a nedošlo k vytvoření ohnisek žíru.
- Stav zvýšený - charakterizovaný početním stavem lýkožroutů, kdy objem kalamitního základu průměrně přesáhl 1 m³ na 5 ha smrkového porostu, a došlo k vytváření ohnisek žíru. Tento stav predikuje možný vznik přemnožení lýkožrouta.
- Stav kalamitní - charakterizovaný početním stavem lýkožroutů, který působí již rozsáhlé poškození porostů na jeho stěnách, případně i vznik škody uvnitř porostu.

Zahradník (2004) udává, že kalamitní základ charakterizuje objem dřeva, které je napadené lýkožroutem smrkovým v době od 1. 8. do 31. 3. následujícího roku. Toto napadené dříví dále rozčleňuje do tří tříd, a to na včas zpracované kůrovcové dříví, kůrovcové dříví částečně opuštěné a kůrovcové dříví zcela opuštěné. Dále Zahradník (2004) udává metody, které se užívají ke kontrole a zjišťování aktuálního stavu v porostech.

Kontrolní metody:

- pochůzková metoda,
- lapáková metoda,
- metoda feromonových lapačů,
- metoda otrávených lapáků.

Metoda pochůzková

Zahradník (2004) popisuje pochůzkovou metodu jako pozorování projevů a změn ve smrkovém porostu, které mohou mít souvislost s napadením smrkového porostu lýkožroutem smrkovým. Zároveň je potřeba pochůzkovou metodou cílit na smrkové porosty vyšších věkových tříd, tedy od 60 let výše, protože právě lýkožrout smrkový je typickým škůdcem na těchto starších lesních porostech. Nejčastějšími identifikátory napadení stromu jsou drtinky u paty kmene, výskyt závrtů v bazální části kmene nebo barevné změny jehličí v koruně stromu. V případě zjištění napadení je třeba napadený strom bezodkladně asanovat.

Metoda lapáková

Dle Skuhravého (2002) lapáky představují skácené, odvětvené a zdravé smrky, případně jejich části s výčetní tloušťkou minimálně 20 centimetrů, které jsou pro lýkožrouta smrkového značně atraktivní. Lapák se zakryje po celé své délce větvemi, které zapříčiňují ochranu proti rychlému vysychání lýka. Obecně se doporučuje jejich pokládání, neboť tím lze dosáhnout větší účinnosti.

Zumr (1995) dále uvádí, že lapáky se instalují v horách a pahorkatinách každý rok ve smrkovém porostu stáří více než 60 let, pokud je podíl smrku v něm větší než 20 % a zároveň je plocha tohoto porostu větší než 5 ha. Dále pak v porostu, kde byl lýkožrout smrkový zjištěn, nebo v blízkosti takových porostů.

Zahradník (2004) rozděluje lapáky do dvou sérií. Lapáky 1. série slouží k odchytu lýkožroutů jarního rojení. Na přípravu těchto lapáků je nejvhodnější termín únor, nicméně je nutno vzít v úvahu povětrnostní podmínky, nadmořskou výšku a reliéf terénu. Je tedy možné je kácet od října do března. Zumr (1995) dodává, že lapáky se umísťují pro jarní kontrolu především na slunné okraje porostu, a to 2/3 byly lapáky na slunci a 1/3 v polostínu.

Lapáky 2. série dle Zahradníka (2004) slouží k odchycení následující generace lýkožroutů a instalují se přibližně jeden až dva týdny před předpokládaným počátkem letního rojení, což představuje zpravidla červen či počátek července, a to především v závislosti na nadmořské výšce a průběhu počasí. Zumr (1995) dále dodává, že tyto lapáky druhé série se instalují v nižších polohách do širších údolí, k úpatím strání a do okrajů porostu takovým způsobem, aby nebyly na přímém

slunečním záření, obvykle jsou tedy umístěny v polostínu. Naopak v horských oblastech se tyto lapáky instalují na okraje porostu, na místa slunná a ne na dno hlubokých roklí a údolí.

Podle Zahradníka (2010) jsou o lapákách vedeny průběžné evidence, do kterých se uvádí číslo lapáku, datum a místo instalace, data jednotlivých kontrol, datum sanace a stupně napadení za příslušná období. Stupeň napadení lapáku dle Zumra (1995) vyjadřuje hustota náletu, tedy počtem závrtů lýkožrouta smrkového, na ploše 1 dm². V případě, je-li na ploše 10x10 cm 0,5 – 1 závrt, jedná se o střední intenzitu náletu. V případě, je-li na ploše 10x10 cm více než 1 závrt, jedná se o nálet silný. Pokud je na ploše 10x10 cm méně než 0,5 závrtu, jde o napadení slabé, tedy se jedná o výskyt lýkožrouta smrkového v neškodném množství.

Metoda feromonových lapačů

Skuhřavý (2002) označuje jako přelom v používání feromonových lapačů v oblasti ochrany lesa proti lýkožroutovi smrkovému 70. a 80. léta 20. století, a to především díky přesné identifikaci a následné syntetické výrobě agregačních feromonů lýkožrouta smrkového.

Zahradník (2010) uvádí, že feromonové lapače slouží k zachytávání dospělých jedinců lýkožrouta smrkového. Jsou to umělé pasti, ve kterých se používají k nalákání brouků feromonové odparníky. Feromonový odparník představuje synteticky vyrobenou látku, která v sobě obsahuje vysoce koncentrované množství agregačního feromonu daného druhu kůrovce. Tento umožňuje jeho samovolné uvolnění do ovzduší ve vhodném množství tak, aby došlo k navnadění škůdců do potřebného místa. Zumr (1995) dále dodává, že podstata feromonového lapače je ta, že navnaděním agregačními feromony jsou dospělci lýkožrouta smrkového lákáni k lapači. Do tohoto buď narážejí v letu a následně padají do sběrné nádoby nebo na lapači přistanou, prolezou otvory dovnitř lapače a následně padají do sběrné nádoby.

Zahradník (2010) udává několik zásad k instalaci feromonových lapačů, a to bez ohledu na jejich typ:

- vzdálenost mezi nejbližším smrkem a lapačem by neměla klesnout pod méně než 10 metrů a naopak by neměla být vyšší než 25 metrů,

- feromonový lapač musí být volně přístupný a nesmí být zakrytý bušením,
- účinná nárazová plocha lapačů by měla být přibližně v prsní výšce,
- vzdálenosti mezi jednotlivými lapači by měly být zpravidla 20 metrů, v případě kalamitního stavu v oblasti rozsáhlých ohniscích žiru mohou tyto být i menší, nicméně pokles pod 10 metrů již není zcela efektivní a mělo by k němu dojít pouze výjimečně.

Zumr (1995) uvádí, že k rozmístění kontrolních feromonových lapačů dochází nejpozději 14 dní před predikovaným rojením lýkožrouta smrkového. Feromonové odparníky se do lapačů instalují těsně před jeho vyrojením. Ke kontrolám lapačů dochází zcela obdobně jako u lapáků spojené opět s pečlivou evidencí zjištěných hodnot. Ke kontrolám dochází obvykle v intervalech 7 – 14 dní, nicméně v době vrcholného rojení se kontroly provádí v kratších intervalech. Dle Zahradníka (2006) jsou v České republice nejvyužívanějšími typy feromonových lapačů lapač deskový štěrbinový a lapač křížový. Každý z feromonových lapačů je evidovaný, zaznamenává se číslo lapače, lokalita, datum instalace, datum vyvěšení feromonového odparníku, datum výměny feromonového odparníku, datum kontroly a počet odchycených jedinců v jednotlivých datech kontroly.

Dle Zumra (1995) a Zahradníka (2006) je možno zjišťovat počty odchycených brouků lýkožrouta smrkového pomocí takzvané objemové metody. V této platí, že 1 cm³ lýkožroutů obsahuje přibližně 45 imag lýkožrouta smrkového. Zumr (1995) toto dále rozvíjí tím, že pokud po ukončení rojení je odchyceno jedním lapačem méně než 2 000 imag, jedná se o slabý výskyt lýkožrouta smrkového. Pokud je zachyceno 2 000 – 4 000 kusů imag, jedná se o střední výskyt. Pokud je odchyceno více než 4 000 kusů imag na jednom feromonovém lapači, jedná se silný výskyt lýkožrouta smrkového v dané lokalitě.

Otrávené lapáky

Zahradník (2004) dále uvádí metodu otrávených lapáků jako soubor mechanické, chemické a biotické metody pro boj s lýkožroutem smrkovým. Nicméně tuto uvádí jako ekologicky nejméně vhodnou k použití z důvodu, že při její aplikaci dochází k významnému hubení predátorů lýkožrouta smrkového. Otrávený lapák představuje pokácený smrk, který je zároveň odvětven, případně jeho část. Jako

optimální délku Zahradník (2007) uvádí délku 4 metry. Tento je poté opatřen feromonovým odparníkem pro navnadění brouka. Zároveň je lapák celoplošně ošetřen vhodným insekticidem, a to v době těsně před předpokládaným vyrojením lýkožrouta smrkového.

Zumr (1995) dodává, že takto ošetřené lapáky je vhodné umisťovat po dvou až třech kusech při vzdálenosti přibližně 20 metrů. Další nevýhodou je následná kontrola výskytu lýkožrouta, neboť uhynulí brouci po kontaktu s insekticidní látkou následně padají do hrabanky, ve které nejsou lehce viditelní. Zároveň nejsou patrné známky náletu na kůře, lze sledovat pouze pokusy o závrt. Z těchto důvodů je doporučeno užívat voskový papír, který poslouží jako trusník a značně ulehčí vizuální kontrolu. Dle Zahradníka (2004) lze použít i jeden metr dlouhá polena, která se následně sestaví do trojnožek. K těmto se rovněž zavěsí feromonový odparník pro navnadění lýkožrouta smrkového a povrch polen se rovněž ošetří příslušným insekticidem. V průběhu sezony je nutné udržovat účinnost otrávených lapáků. Tohoto se docílí včasným opětovným ošetřením celé plochy lapáku insekticidní látkou a včasnou výměnou feromonového odparníku. Ke stanovení počtu instalovaných otrávených lapáků poslouží stejné zásady jako v případě feromonových lapačů.

4.6 Model PHENIPS

4.6.1 Operační systémy pro podporu rozhodování

Dle Baiera et al. (2007) operační systémy na podporu rozhodování poskytují podporu při aktuálním rozhodování o opatřeních v oblasti ochrany lesa. Z dosavadní rakouské a německé praxe se v současnosti využívá model PHENIPS, který umožňuje vytvořit model vývoje jednotlivých stádií lýkožrouta smrkového v přímé závislosti na slunečním záření a teplotě. Na základě využití modelu PHENIPS můžeme předpovídat začátek rojení lýkožrouta smrkového a jeho následný nálet na hostitelské dřeviny a další vývoj jednotlivých generací, případně sesterských generací. Za použití modelu PHENIPS je tedy možné zjistit nejčasnější možný termín začátku rojení a následný vývoj lýkožrouta smrkového. Tyto informace mohou být tedy velmi důležité pro správné načasování opatření na ochranu lesa, tím se rozumí instalace lapačů, lapáků, termíny sanitární těžby a případná asanace.

Baier et al. (2007) dále uvádí, že vstupními daty do modelu PHENIPS jsou průměrná a maximální denní teplota vzduchu a denní naměřená hodnota slunečního záření. Tyto tři veličiny představují základ pro utvoření soustavy regresivních rovnic, pomocí kterých je pak vypočítána efektivní teplota vzduchu, která je potřebná pro určení začátku rojení lýkožrouta smrkového a následného náletu na hostitelské dřeviny, a efektivní teplota kůry, která je potřebná pro určení vývoje lýkožrouta smrkového po zavrtání se do stromu, pokud tento vývoj probíhá celý pod kůrou.

Ve Švýcarsku byl vyvinut podobný systém. Tento ve spojení s aktuálními a historickými daty z národní sítě meteorologických stanic umožňuje zobrazení aktuální (modelovaný) stav vývoje populací lýkožrouta smrkového na území celého Švýcarska. Dále zároveň na základě spojení modelů předpovědi počasí tento model umožňuje prognózovat vývoj populací lýkožrouta smrkového na celou sezonu při chladném a vlhkém scénáři vývoji počasí nebo při suchém a teplém scénáři vývoji počasí.

Dle Lobingera (1994) algoritmus fenologického modelu PHENIPS je založen na konceptu stupňodní (degree-days). Tento koncept je již historicky používán od roku 1730. Z tohoto vycházejí kritické hodnoty, které jsou odvozené jak z laboratorních pokusů, tak z terénních měření. Dolní hranice představuje 8,3°C a horní hranici pak 38,9°C.

Lobinger (1994) dále uvádí, že počátek letové aktivity nastupuje po naplnění sumou teplot nad teplotu 16,5°C. Tyto se počítají od 1. dubna.

Naplnění sumy teplot: $\Sigma (AT_{\max} - 8.3) \geq 140DD$.

Jak uvádí Wermelinger a Seifert (1998), průměrná teplota lýka určuje rychlost vývoje jednotlivých vývojových stádií lýkožrouta smrkového. Vývoj lýkožrouta je ukončen po naplnění sumy teplot nad 8,3°C, což představuje 557 stupňodní.

Následující tabulka prezentuje závěry jednotlivých autorů:

Tabulka 5: Délka fází vývojových stádií lýkožrouta smrkového ve stupňodních

	Netherer (2001) Dolní Rakousko	Netherer (2001) Vysoké Tatry	Wermelinger a Seifert (1998)	Annala (1969)	Willmann (1951)
Fáze vajíčka	68,76	73,07	52,80	73,50	71,00
Fáze larvy	234,30	202,89	206	198,00	183,00
Fáze kukly	72,24	71,01	58,70	90,00	81,00
Úživný žír	250,20	231,31	239,50	240,67	223,33
Celkem	625,5	578,28	557	602,17	558,33

Zdroj: vlastní zpracování

Zkracování délky dne a nízké noční teploty koncem léta jsou dva hlavní parametry, které indukují diapauzu, fyziologický stav, v němž dospělci lýkožroutů přezimují (Schopf, 1985, 1989; Doležal et Sehnal, 2003). Konec reprodukce nastává po zkrácení dne zhruba na 15hod, tedy přibližně v polovině srpna (Schopf 1985, 1989). Během diapauzy jedinci nepřijímají potravu nebo jen ve velmi malém množství (Hahn et Denlinger, 2007). Redukují se létací svaly a rozvoj tukového tělesa (Doležal et Sehnal 2007). Diapauza je ukončena přibližně v polovině prosince (po mrazech) a po tomto datu se lýkožrouti nacházejí ve stavu tzv. postdiapauzní kviescence, kdy je rozhodujícím stimulem k rojení nárůst teploty (Doležal et Sehnal 2007).

5 Bioregiony studijních lokalit

5.1 Lokalita Horní Planá – Šumavský bioregion

5.1.1 Základní údaje a poloha bioregionu

Dle Culka (1995) je Šumavský bioregion situován na jihozápadě jižních Čech, přesněji na hranici s Horním Rakouskem a Bavorskem. Zabírá geomorfologický celek Šumava a přilehlé okraje Šumavského podhůří. Převážná část, o plošné výměře 2 051 km² bioregionu se nachází na území České republiky.

Culek (1995) dále dodává, že Šumavský bioregion je utvořen rozsáhlou hornatinou na žulách, krystalických břidlicích a syenodioritech. Velmi významné jsou zde jedinečné ledovcové kary a rozsáhlé horské plošiny. V bioregionu převládají především horské biocenózy, které jsou zachované na velkých plochách. Je zde zastoupen 5. – jedlovo bukový až 7. – smrkový vegetační stupeň. Za hranicemi v Bavorsku je zastoupen i 8. – subalpínský, klečový vegetační stupeň. Potencionální vegetací jsou ve vyšších polohách květnaté bučiny, a na severozápadní straně acidofilní horské bučiny. Na nejvyšších vrcholech se vyskytují smrčiny, na sníženinách podmáčené smrčiny a hlavně rašeliniště. Hercynský biotický ráz zde výrazně ovlivňují alpské druhy. Zejména na rašeliništích a karech se vyskytuje řada exklávních a reliktních prvků. Okraje pohoří představují nereprezentativní část s nižším a plošším reliéfem. Významně cenné jsou zde zachované rašeliniště, horské smrčiny, fragmenty subalpínských společenstev a smrkovobukové lesy s javorem. Dále jsou zde zastoupena nejzachovalejší živočišná společenstva hercynských pohoří. Hojně jsou zde rašelinné louky a značná absence orné půdy.

5.1.2 Reliéf a horniny bioregionu

Jak uvádí Culek (1995), Šumavský bioregion je vybudován moldanubickým krystalinikem. Ve střední části je převaha pararuly až migmatity. Dále se ve skupině Boubína vyskytují cordieritické ruly až nebulity. Na jihovýchodě i na severozápadě vystupují dvouslídne ruly až svory. Na jihovýchodní polovině jsou významně zastoupeny kyselé žuly až granodiority – hrubozrnné i jemnozrnné. U Lipenské přehrady jsou pak patrné pruhy krystalických vápenců a živnějších amfibolitů. Na plošinách je patrný výskyt starých třetihorních zvětralin. Podél Vltavy se uplatňují

fluviální písky a štěrky. Charakteristickým prvkem bioregionu je celkem osm 280 až 370 m hlubokých ledovcových karů s jezery. Reliéf má převážně podobu hornatiny, pouze na svahu Bobíku a Královského hvozdu má charakter velehornatiny. Ve sníženinách je zastoupen reliéf charakteru členité vrchoviny. Nejplošší je pak území ve střední části Lipenské přehrady. Nejvyšším bodem bioregionu na území České republiky je Plechý – 1 378 m.

5.1.3 Podnebí

Culek (1995) uvádí, že nejteplejší části bioregionu je část Vltavické brázdy, která leží v mírně teplé oblasti MT 3, její zbývající část leží v chladné oblasti CH 7 a CH 6, nejvyšší oblasti pak v nejchladnější CH 4. Dále je zde patrný rozdíl srážek mezi severozápadní návětrnou částí a jihovýchodní částí, která se nachází ve srážkovém stínu. Velkou úlohu zde hraje utváření reliéfu, výjimkou nejsou teplotní inverze v kotlinách a úvalovitých údolích.

5.1.4 Půdy

Dle Culka (1995) zde výrazně převažují kambizemní podzoly. Tyto pouze v polohách pod 850 m přecházejí do dystrických kambizemí. Ve výšce nad 1 250 m jsou typické podzoly. V ledovcových karech a na skalních výchozech kamenité rankery a litozemě. V údolích jsou zastoupeny organozemní gleje, které dále v údolích přecházejí do úživných slatin a rašelin.

5.1.5 Biota

Dle Culka (1995) jsou potenciální vegetační jednotkou květnaté bučiny, dále pak v severozápadní části podstatnou část zaujímají květnaté jedliny. Stupeň přechodu mezi květnatými bučinami a horskými smrčinami utváří acidofilní horské bučiny. V okolí rašelinišť s podél vodních toků ve vyšších částech jsou vyvinuty podmáčené smrčiny. Suťové lesy pak na primitivních a skeletovitých půdách. Reliktní bory jsou pak na skalách a v průlomových údolích řek.

5.1.6 Současný stav

Nejvýznamnější částí Šumavského národního parku je dle Culka (1995) jeho 1. zóna, která zabezpečuje ochranu jádra bioregionu s přirozeným lesním porostem,

ledovcovými jezery, rašeliništi a primárním bezlesím na prudkých svazích karů. Zastoupení dřevin v bioregionu je uvedeno v následující tabulce.

Tabulka 6: Zastoupení dřevin v Šumavském bioregionu

Sm	Bo	BIKs	Jd	Md	OJh	Bk	Jv	Js	Ol	Bř	OLs
81,7	5,6	1,1/+	2	0,5	0,1	6,2	0,2	0,1	0,6	1,7	0,2

Zdroj: Culek, 1995

5.2 Lokalita Lipník nad Bečvou – Hranický bioregion

5.2.1 Základní údaje a poloha bioregionu

Dle Culka (1995) je Hranický bioregion situován na východě střední Moravy. Nachází se na západní části geomorfologických celků Podbeskydská pahorkatina, Moravská brána, výběžek Nízkého Jeseníku, Hornomoravského úvalu I Vizovické vrchoviny. Jeho plocha dosahuje 997 km².

Culek (1995) dodává, že Hranický bioregion je utvořen pahorkatinou na měkkých sedimentech s vystupujícími kulmovými kopci. Dominuje zde biota 3. dubovo-bukového stupně a dále při západním okraji 2. bukovo-dubového stupně. Charakteristické pro bioregion je absence horských druhů. V současné době zde převažuje orná půda, v lesích jsou hojně zastoupeny dubo-habřiny.

5.2.2 Reliéf a horniny bioregionu

Jak uvádí Culek (1995), Hranický bioregion je vybudován různými souvrstvími karpatského flyše paleogenního až křídového stáří. Tento je tvořen střídáním jílovců a pískovců, popřípadě různými slíinitými horninami. Kromě flyše se na jihovýchod od Přerova uplatňují jíly. U Grygova a Tlumačova se vyskytují vápence. Bioregion je utvořen sníženým reliéfem mezi Nízkým Jeseníkem a Hostýnskými vrchy, většinou je pahorkatinný s širokými nivami. Zvláštností bioregionu je teplicový kras ve vápencích u Hranic s Hranickou propastí a Zbrašovskými jeskyněmi.

5.2.3 Podnebí

Culek (1995) uvádí, že v teplé oblasti T 2 leží nižší západní okraj, největší část území leží v mírně teplé oblasti MT 10, okrajově se vyskytuje i MT 11. MT 7 je

pak na úpatí okolních hor. Podnebí v bioregionu je mírně teplé až teplé a vlhké. Srážky stoupají směrem k jihovýchodu Karpat.

5.2.4 Půdy

Dle Culka (1995) se v okolí Holešova a Přerova vyskytují typické černozemě, převažují zde však hnědozemní černozemě na spraších a slínech a jsou zde zastoupeny i šedozemě. Směrem pak do vyšších poloh převažují typické hnědozemě na spraši, na které navazují směrem k východu fluvizemě, dále pak oglejené luvizemě a na úpatí Karpat oglejené kambizemě na zvětralinách fryšovských břidlic. Většina půd je jílovitá a těžká.

5.2.5 Biota

Dle Culka (1995) se zde vyskytují dubohabrové háje, jen v oblasti Maleníku květnaté bučiny. Nad údolím Bečvy jsou nevelké ostrůvky acidofilních doubrav. V podmáčených sníženinách v nivě Bečvy jsou ojedinělé fragmenty bažinných olšin. Je zde patná absence primárního bezlesí.

5.2.6 Současný stav

Na území Hranického bioregionu je vyhlášeno několik chráněných území. Jimi jsou například Národní přírodní rezervace Hůrka u Hranic, Přírodní park Lhotka u Přerova, Přírodní park Kamenice, Přírodní rezervace Škrabalka, Přírodní rezervace Dvorčák atd. Tato území chrání především přirozenou lesní vegetaci. Zastoupení dřevin v bioregionu je uvedeno v následující tabulce.

Tabulka 7: Zastoupení dřevin v Hranickém bioregionu

Sm	Bo	Jd	Md	OJ	Db	Bk	Hb	Jv	Lp	Js	Tp	Ol	Vr	Bř	Ak	OL
37	5	1,5	5,8	0,2	11	6,7	7	1,6	8	2	1	3	0,3	9	1	0,3

Zdroj: Culek, 1995

6 Výsledky

V následujících grafech jsou shrnuty počty odchycených jedinců *Ips typographus* na dvou zájmových územích, a to Horní Planá a Lipníka nad Bečvou. Pomocí těchto byl dále za použití modelu PHENIPS určen termín rojení a dále kolonizace hostitelských stromů.

6.1 Studijní plocha Horní Planá

Pro konkrétní místa v terénu na studijní ploše Horní Planá v jižních Čechách, na kterých byly umístěny feromonové lapače, byly z databáze vybrány následující informace o hydrolimitech:

Tabulka 8: Nadmořské výšky a hydrolimity pro jednotlivé lesní dílce s umístěnými feromonovými lapači

Dílec	Nadmořská výška	Hydrolimity		
		MKK (SWC)	BSD (PDA)	BV (PWP)
60B040	995	296	250	167
63A020	977	296	250	167
84B020	1085	296	250	167
80C010	925	220	105	74
19B020	993	240	110	82
47K7	911	240	110	82
65A2	1119	220	105	74
99A2	1170	296	250	167
70D1	892	215	102	72
90B1	1151	220	105	74

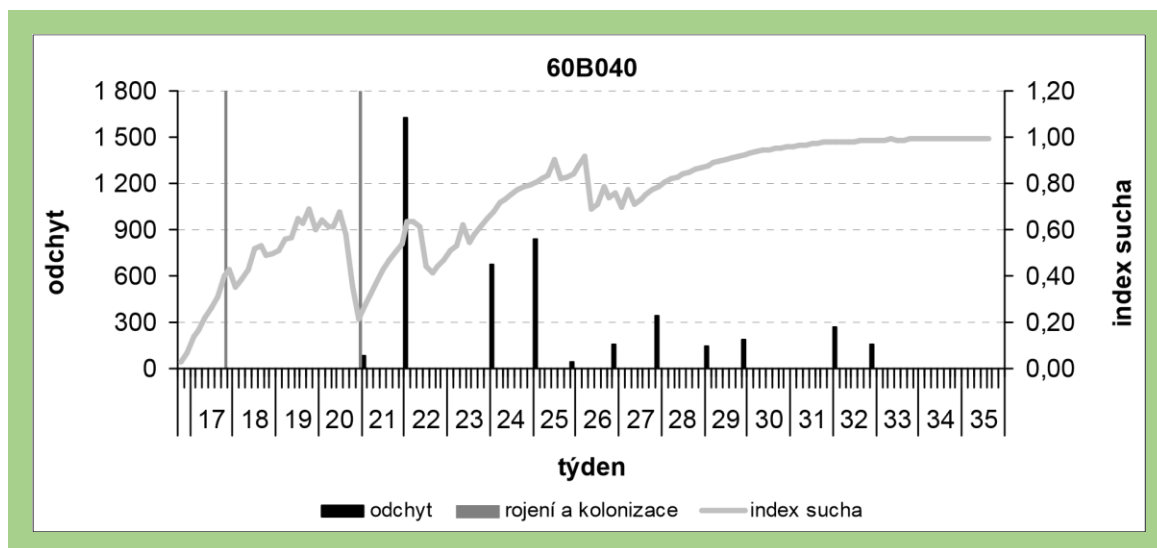
Zdroj: vlastní zpracování

Legenda: MKK (SWC) – maximální kapilární kapacita (Soil Water Content); BSD (PDA) – bod snížené dostupnosti (Point of lowered accessibility); BV (PWP) – bod vadnutí (Permanent Wilting Point).

Těchto bylo užito k výpočtu kumulativního transpiračního deficitu a indexu sucha. Pro potřebu operační předpovědi rizik lýkožroutů smrkových došlo ke spojení výsledků s výstupy submodulů fenologie a odběrů z feromonových lapačů.

Výsledky jednotlivých lesních dílců (porostů), ve kterých byly umístěny feromonové lapače a odchyťování lýkožrouti smrkový, jsou znázorněny grafy na obrázcích 7 – 26.

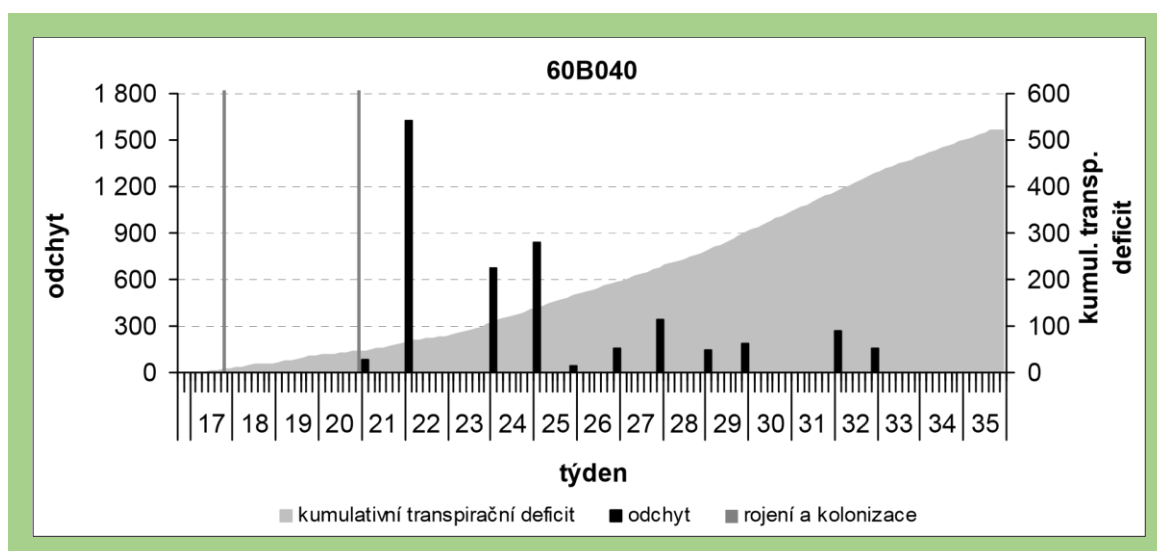
Obrázek 7: Graf odchyťů z feromonového lapače a index sucha na lesním dílci 60B040 v zájmovém území Horní Planá



Zdroj: vlastní zpracování

Legenda: Šedé svislé čáry představují zleva doprava den rojení a kolonizační den dle modelu PHENIPS.

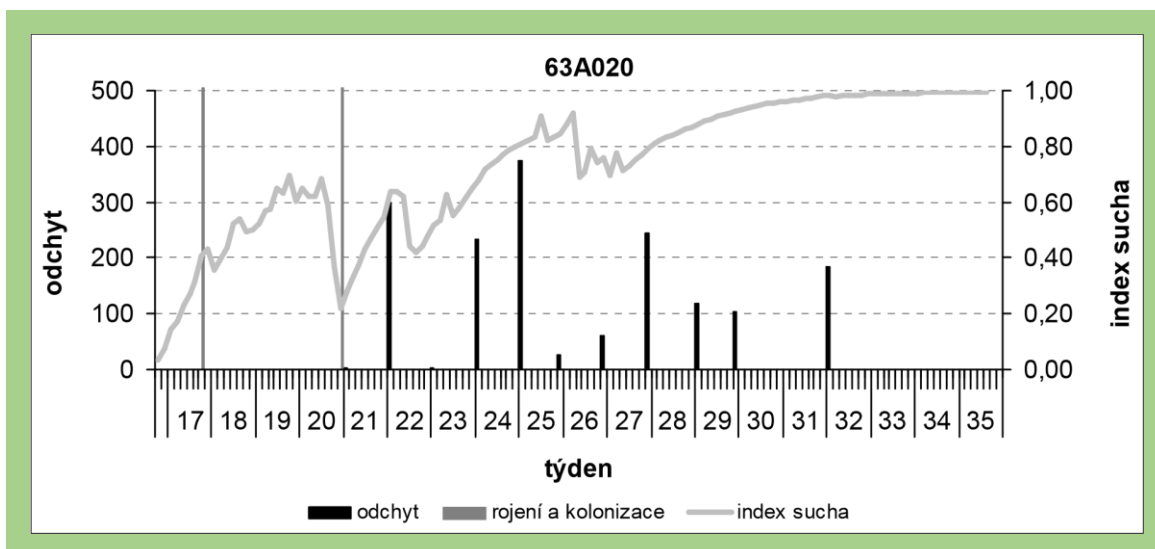
Obrázek 8: Graf odchyťů z feromonového lapače a kumulativní transpirační deficit na lesním dílci 60B040 v zájmovém území Horní Planá



Zdroj: vlastní zpracování

Legenda: Šedé svislé čáry zleva doprava představují den rojení a kolonizační den dle modelu PHENIPS.

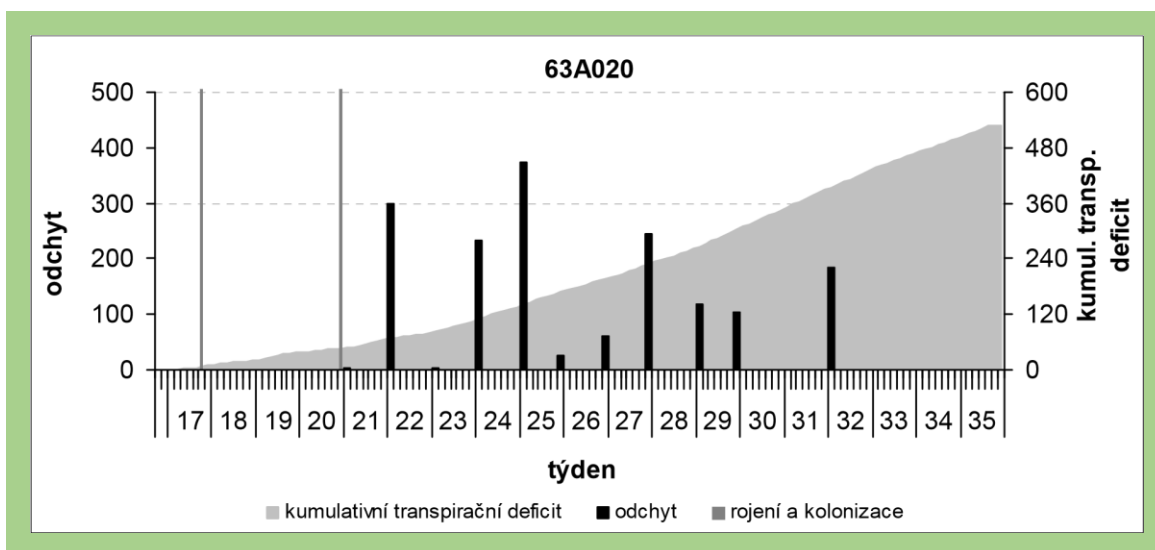
Obrázek 9: Graf odchyťů z feromonového lapače a index sucha na lesním dílci 63A020 v zájmovém území Horní Planá



Zdroj: vlastní zpracování

Legenda: Šedé svíslé čáry představují zleva doprava den rojení a kolonizační den dle modelu PHENIPS.

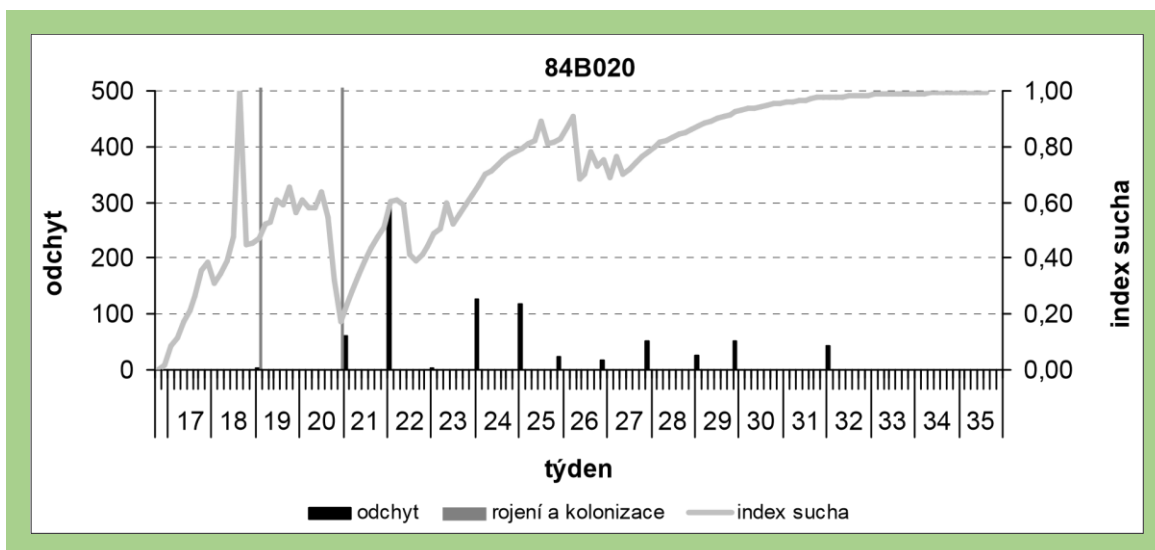
Obrázek 10: Graf odchyťů z feromonového lapače a kumulativní transpirační deficit na lesním dílci 63A020 v zájmovém území Horní Planá



Zdroj: vlastní zpracování

Legenda: Šedé svíslé čáry zleva doprava představují den rojení a kolonizační den dle modelu PHENIPS.

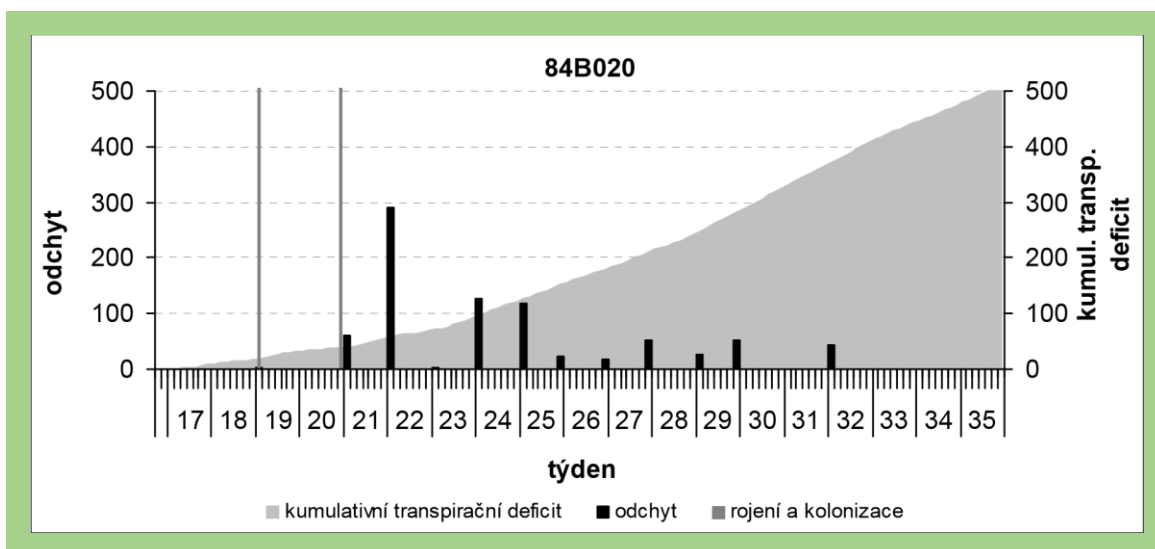
Obrázek 11: Graf odchytů z feromonového lapače a index sucha na lesním dílci 84B020 v zájmovém území Horní Planá



Zdroj: vlastní zpracování

Legenda: Šedé svislé čáry představují zleva doprava den rojení a kolonizační den dle modelu PHENIPS.

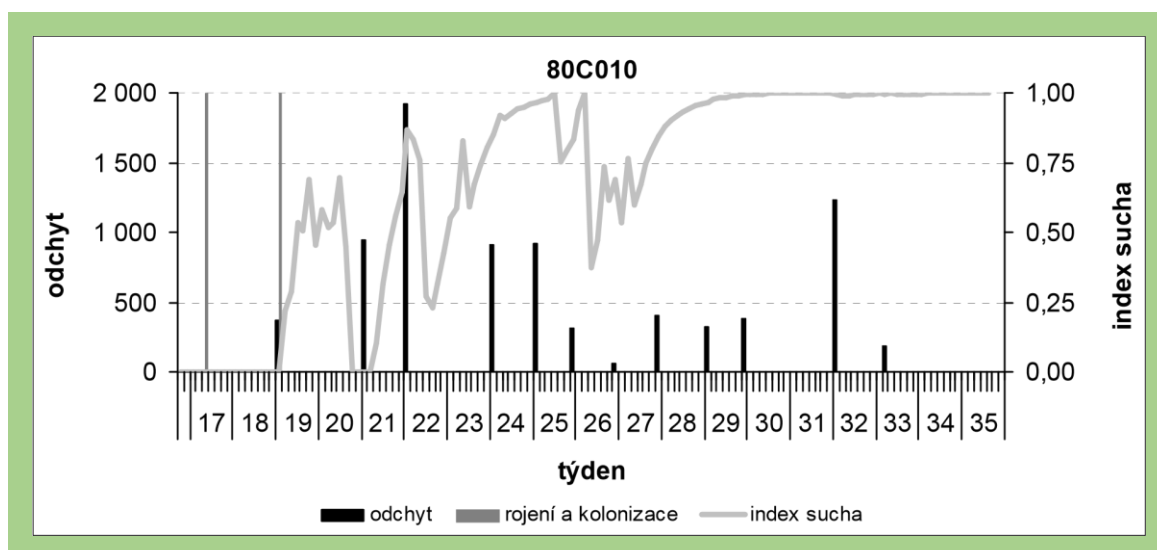
Obrázek 12: Graf odchytů z feromonového lapače a kumulativní transpirační deficit na lesním dílci 84B020 v zájmovém území Horní Planá



Zdroj: vlastní zpracování

Legenda: Šedé svislé čáry zleva doprava představují den rojení a kolonizační den dle modelu PHENIPS.

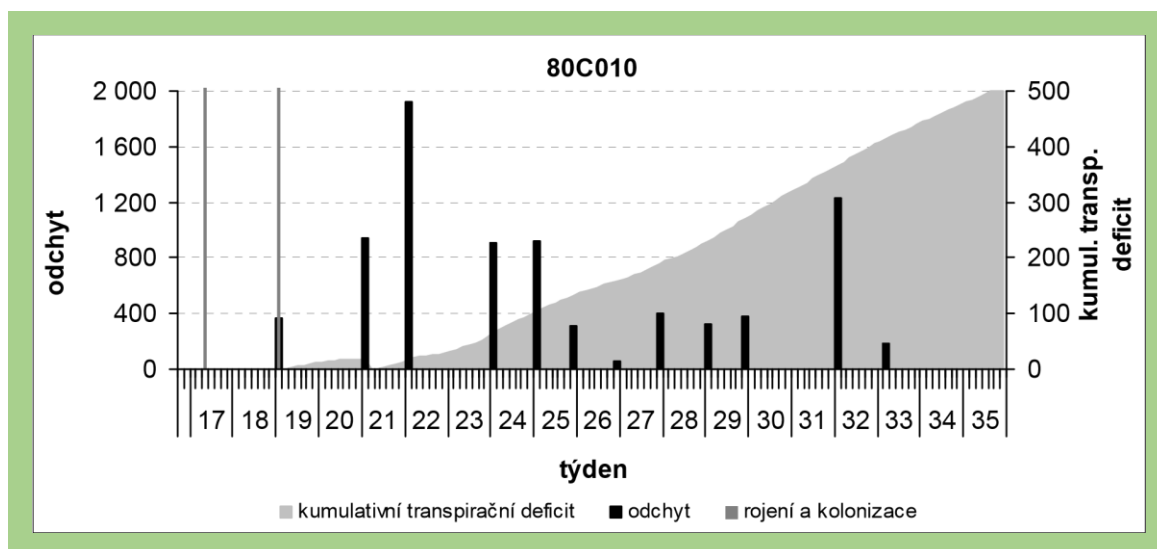
Obrázek 13: Graf odchytů z feromonového lapače a index sucha na lesním dílci 80C010 v zájmovém území Horní Planá



Zdroj: vlastní zpracování

Legenda: Šedé svislé čáry představují zleva doprava den rojení a kolonizační den dle modelu PHENIPS.

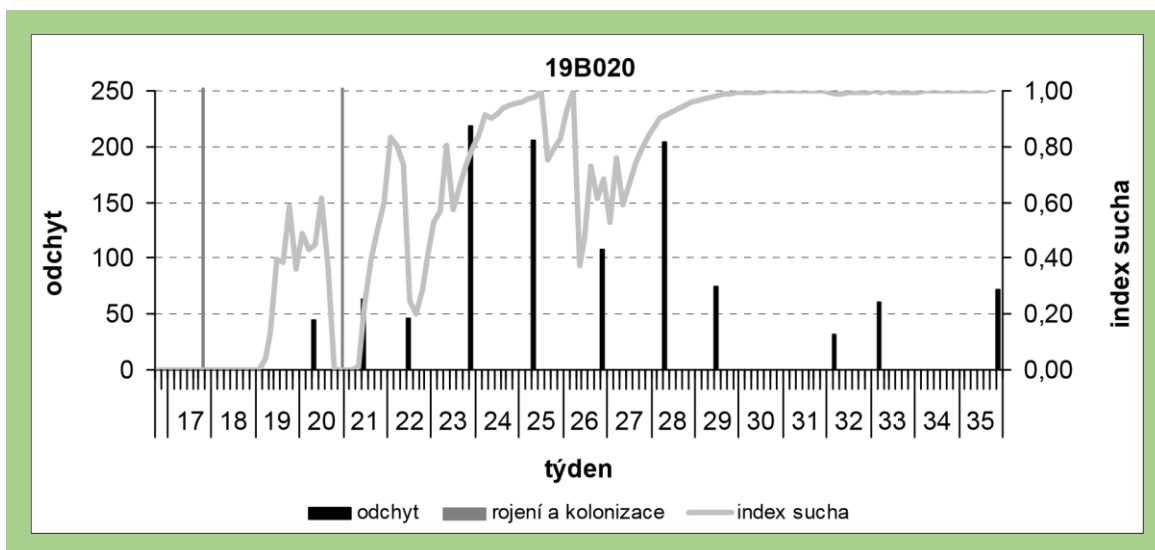
Obrázek 14: Graf odchytů z feromonového lapače a kumulativní transpirační deficit na lesním dílci 80C010 v zájmovém území Horní Planá



Zdroj: vlastní zpracování

Legenda: Šedé svislé čáry zleva doprava představují den rojení a kolonizační den dle modelu PHENIPS.

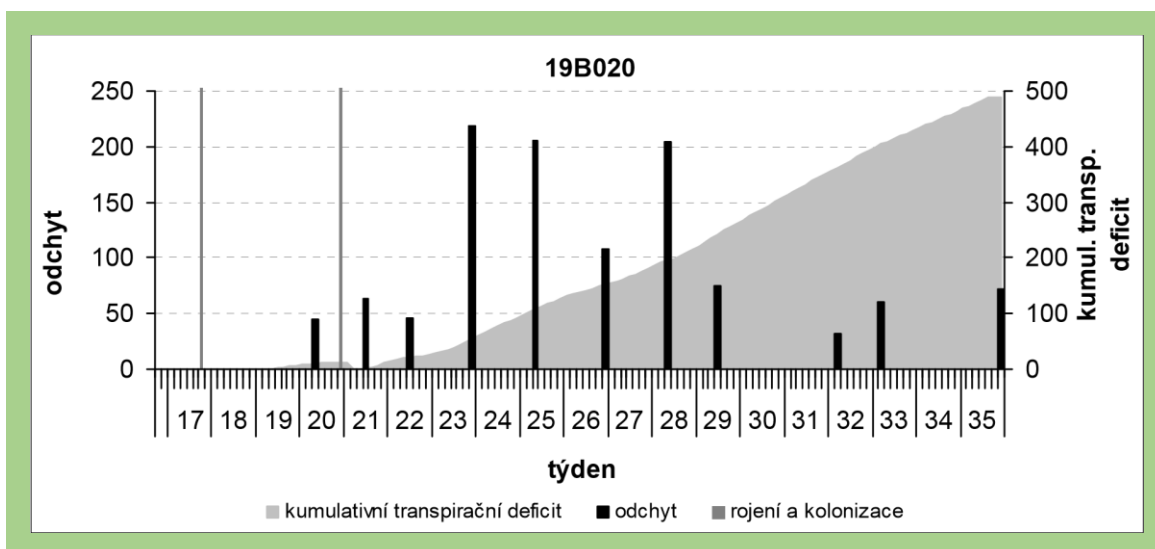
Obrázek 15: Graf odchyťů z feromonového lapače a index sucha na lesním dílci 19B020 v zájmovém území Horní Planá



Zdroj: vlastní zpracování

Legenda: Šedé svislé čáry představují zleva doprava den rojení a kolonizační den dle modelu PHENIPS.

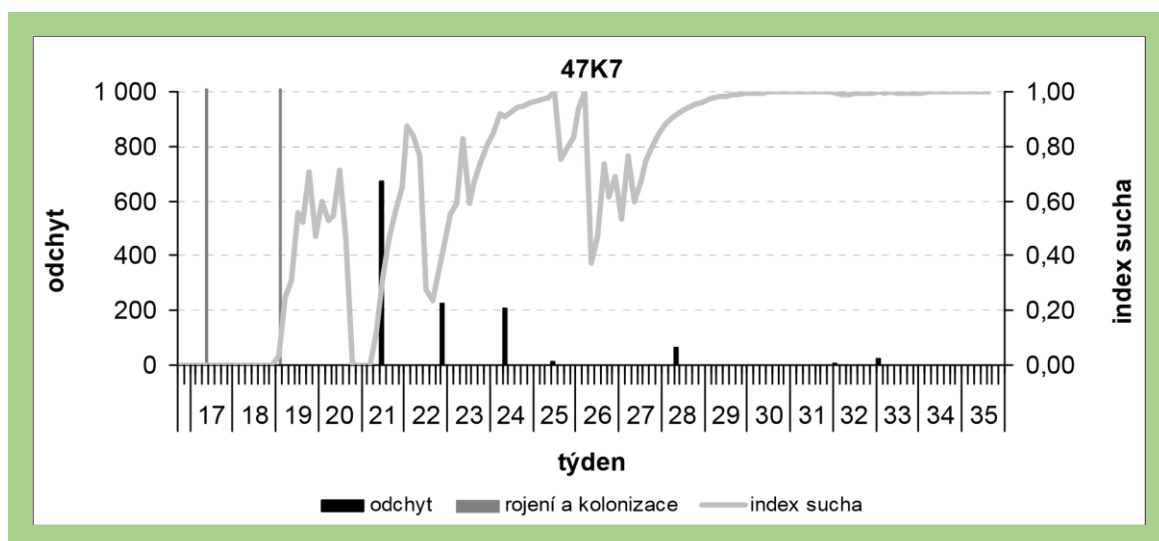
Obrázek 16: Graf odchyťů z feromonového lapače a kumulativní transpirační deficit na lesním dílci 19B020 v zájmovém území Horní Planá



Zdroj: vlastní zpracování

Legenda: Šedé svislé čáry zleva doprava představují den rojení a kolonizační den dle modelu PHENIPS.

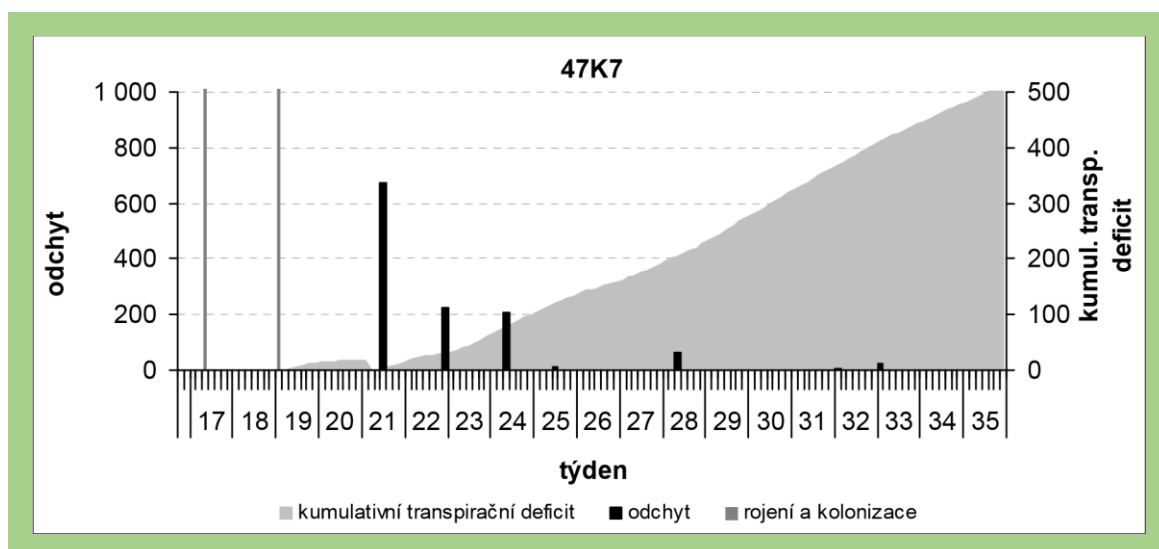
Obrázek 17: Graf odchytů z feromonového lapače a index sucha na lesním dílci 47K7 v zájmovém území Horní Planá



Zdroj: vlastní zpracování

Legenda: Šedé svíslé čáry představují zleva doprava den rojení a kolonizační den dle modelu PHENIPS.

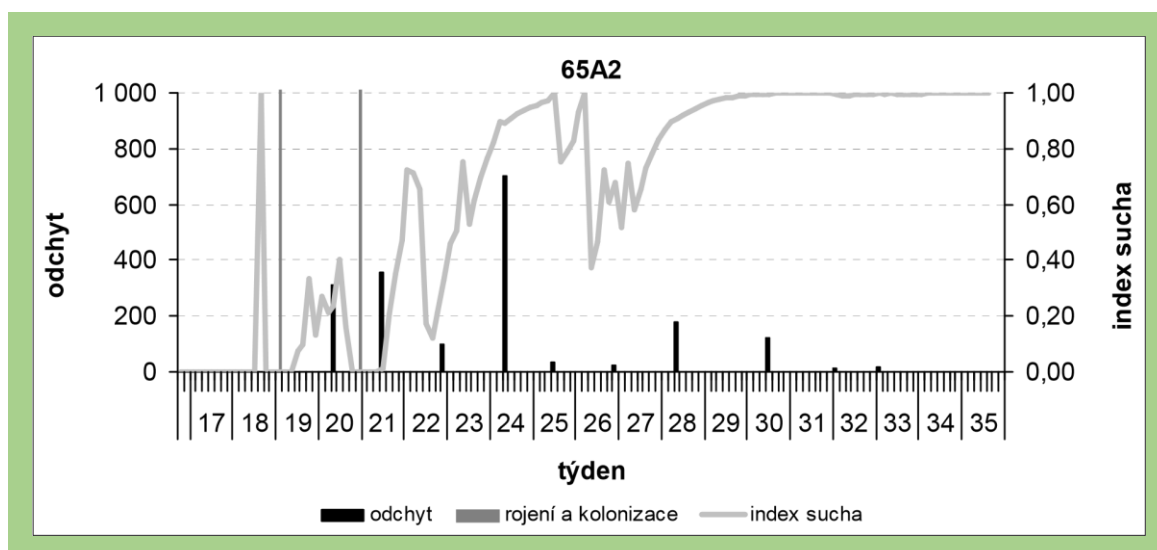
Obrázek 18: Graf odchytů z feromonového lapače a kumulativní transpirační deficit na lesním dílci 47K7 v zájmovém území Horní Planá



Zdroj: vlastní zpracování

Legenda: Šedé svíslé čáry zleva doprava představují den rojení a kolonizační den dle modelu PHENIPS.

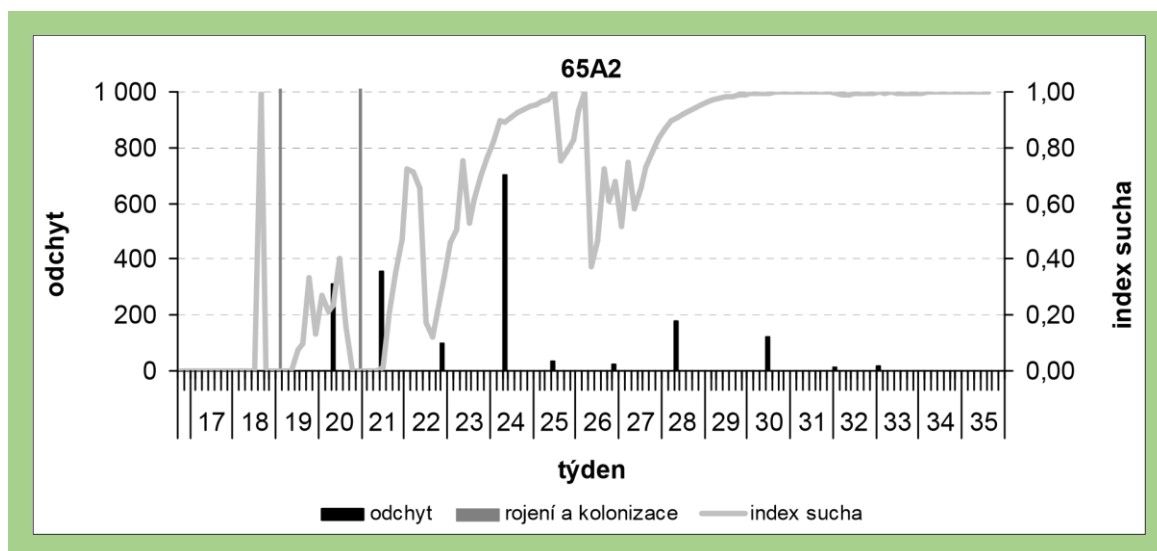
Obrázek 19: Graf odchyťů z feromonového lapače a index sucha na lesním dílci 65A2 v zájmovém území Horní Planá



Zdroj: vlastní zpracování

Legenda: Šedé svislé čáry představují zleva doprava den rojení a kolonizační den dle modelu PHENIPS.

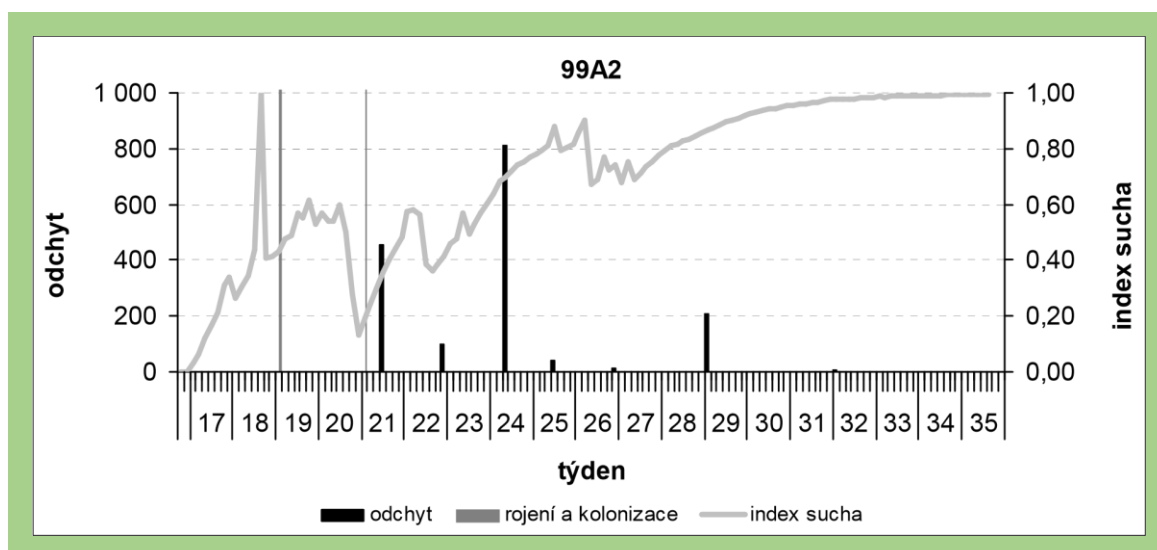
Obrázek 20: Graf odchyťů z feromonového lapače a kumulativní transpirační deficit na lesním dílci 65A2 v zájmovém území Horní Planá



Zdroj: vlastní zpracování

Legenda: Šedé svislé čáry zleva doprava představují den rojení a kolonizační den dle modelu PHENIPS.

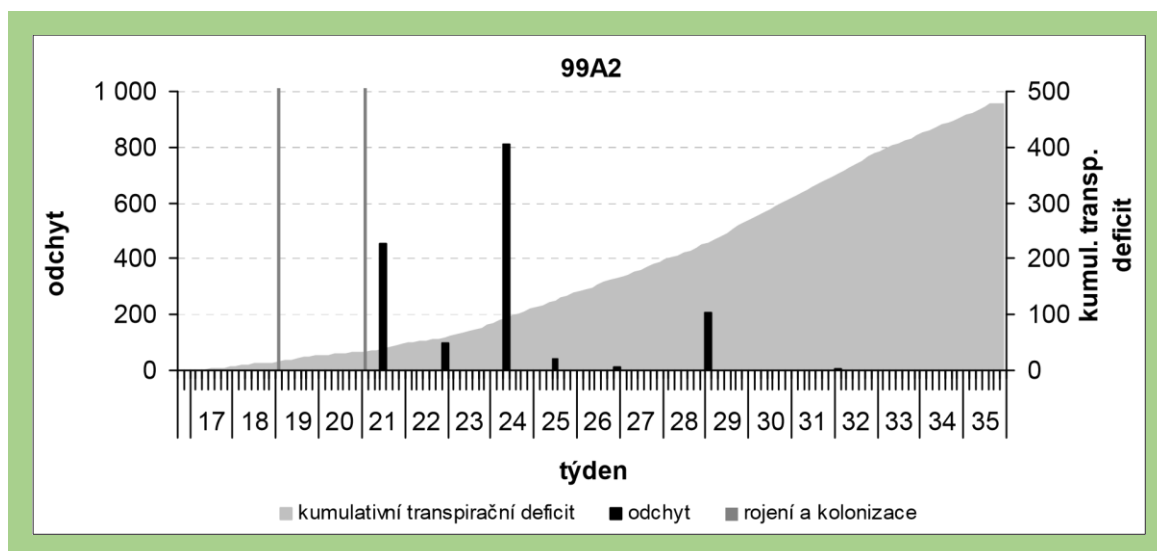
Obrázek 21: Graf odchyťů z feromonového lapače a index sucha na lesním dílci 99A2 v zájmovém území Horní Planá



Zdroj: vlastní zpracování

Legenda: Šedé svíslé čáry představují zleva doprava den rojení a kolonizační den dle modelu PHENIPS.

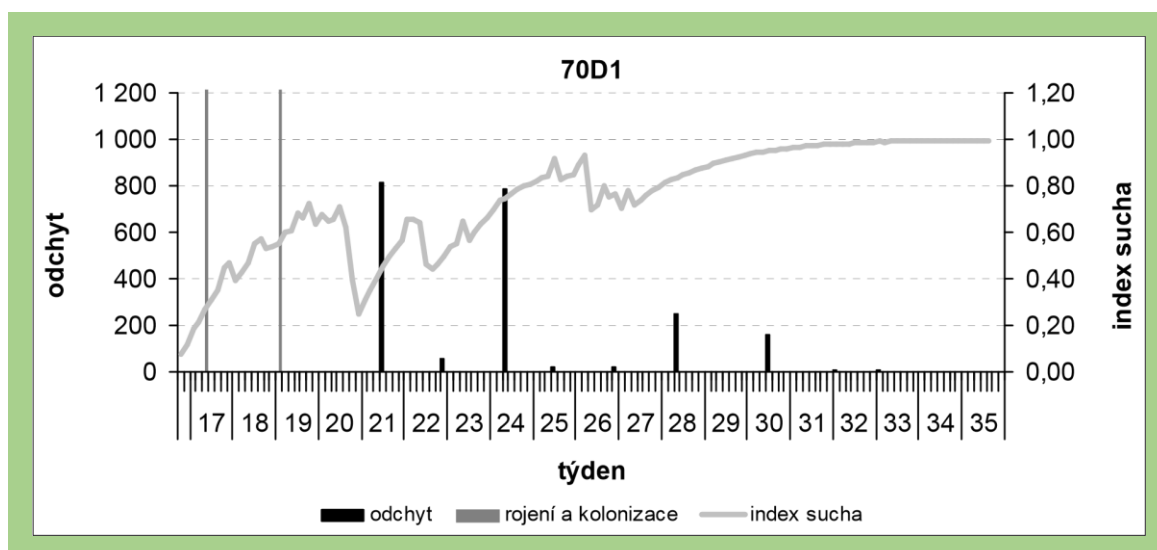
Obrázek 22: Graf odchyťů z feromonového lapače a kumulativní transpirační deficit na lesním dílci 99A2 v zájmovém území Horní Planá



Zdroj: vlastní zpracování

Legenda: Šedé svíslé čáry zleva doprava představují den rojení a kolonizační den dle modelu PHENIPS.

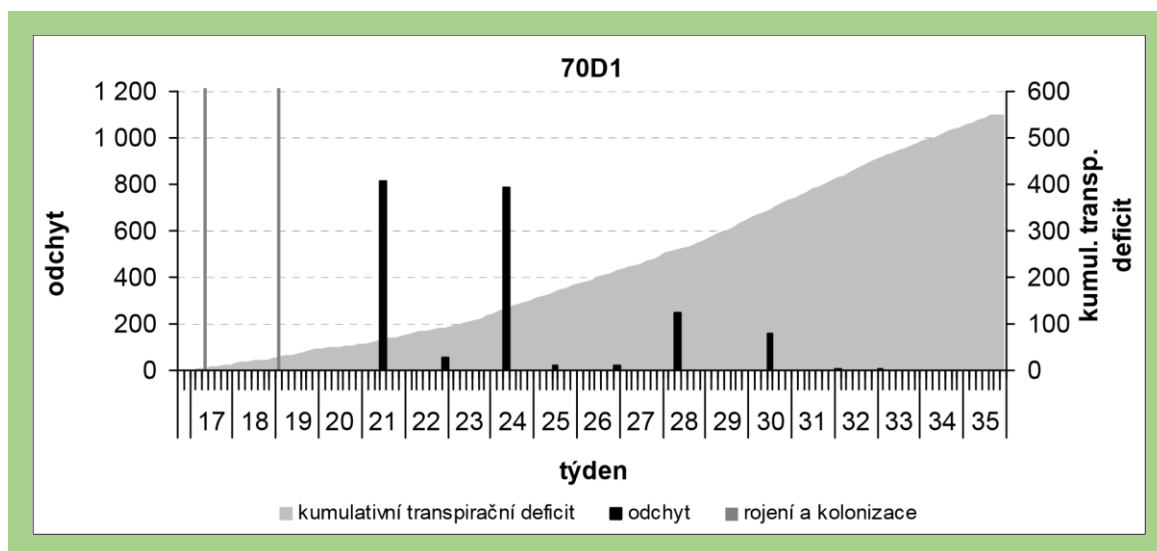
Obrázek 23: Graf odchyťů z feromonového lapače a index sucha na lesním dílci 70D1 v zájmovém území Horní Planá



Zdroj: vlastní zpracování

Legenda: Šedé svislé čáry představují zleva doprava den rojení a kolonizační den dle modelu PHENIPS.

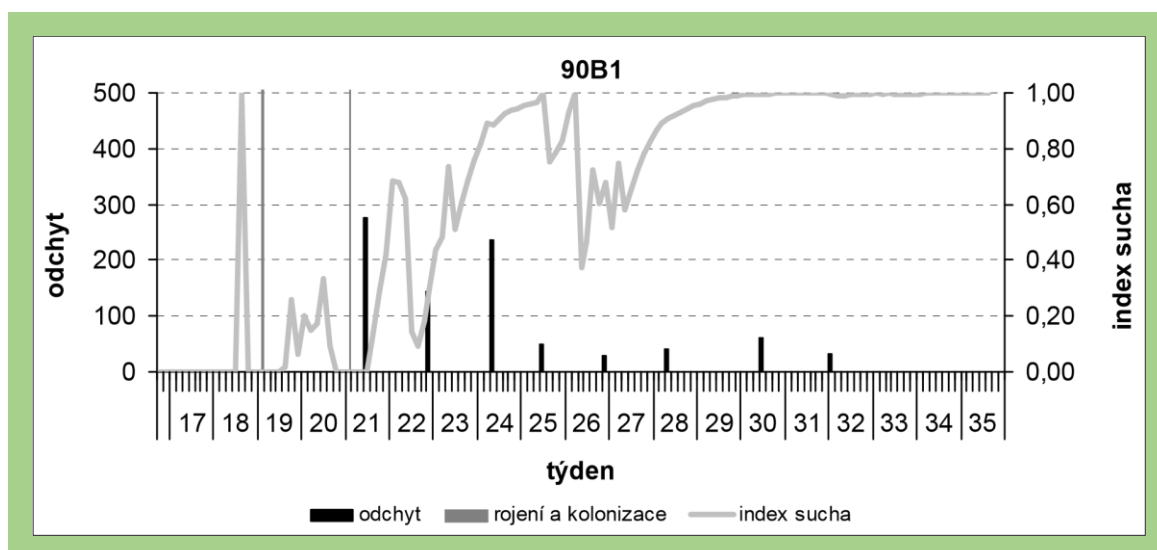
Obrázek 24: Graf odchyťů z feromonového lapače a kumulativní transpirační deficit na lesním dílci 70D1 v zájmovém území Horní Planá



Zdroj: vlastní zpracování

Legenda: Šedé svislé čáry zleva doprava představují den rojení a kolonizační den dle modelu PHENIPS.

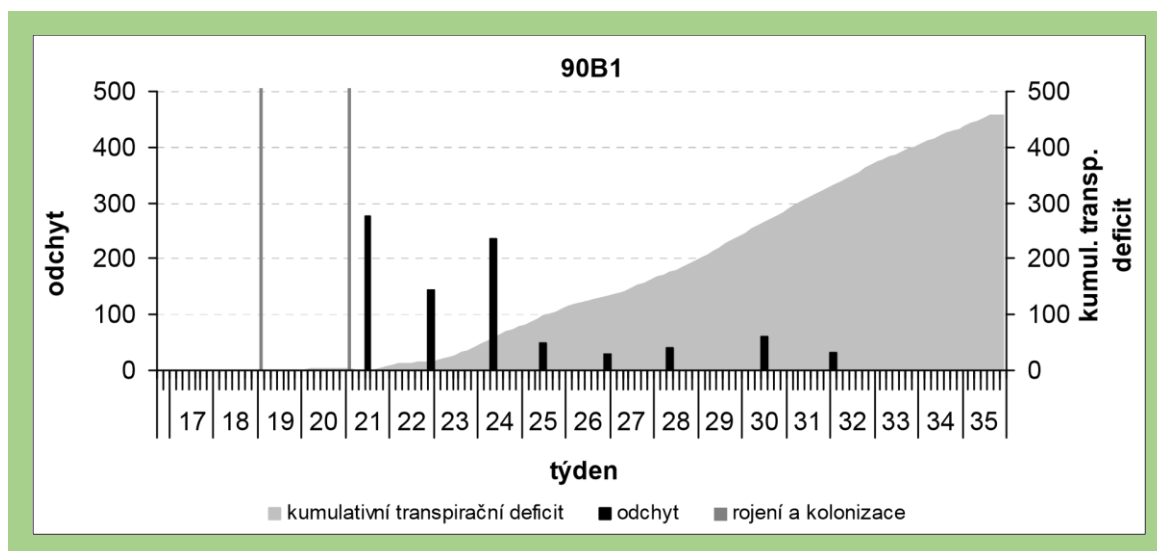
Obrázek 25: Graf odchyťů z feromonového lapače a index sucha na lesním dílci 90B1 v zájmovém území Horní Planá



Zdroj: vlastní zpracování

Legenda: Šedé svislé čáry představují zleva doprava den rojení a kolonizační den dle modelu PHENIPS.

Obrázek 26: Graf odchyťů z feromonového lapače a kumulativní transpirační deficit na lesním dílci 90B1 v zájmovém území Horní Planá



Zdroj: vlastní zpracování

Legenda: Šedé svislé čáry zleva doprava představují den rojení a kolonizační den dle modelu PHENIPS.

6.2 Komentář finálních výsledků ze studijní plochy Horní Planá

Z finálních výsledků, ze studijní plochy Horní Planá, uvedených výše bylo dospěno k následujícím poznatkům:

- Na obrázcích 7, 8, 9, 10, 13 a 14 jsou patrné zřejmě větší píky v letové aktivitě lýkožrouta smrkového, nelze ovšem zcela jednoznačně říci, zda se jednalo stále ještě o samotné rojení, nebo již o sesterskou generaci.
- V několika případech je patrné koincidenční období rojení s nepatrně zvýšeným indexem sucha, což představuje v určitých případech nebezpečí pro okolní stromy v lesním porostu.
- Vypočtené hodnoty kumulativních transpiračních deficitů a indexů sucha se zdají být velmi vysoké vzhledem k vlhké sezóně 2014. Zde se nabízí pravděpodobně možná chyba při měření srážek na meteorologické stanici, ze které byla čerpána data pro korekci v zájmovém území, protože v těchto datech nedošlo k zaznamenání výraznějších srážek v průběhu vegetační sezóny. Druhá meteorologická stanice do počátku července zaznamenala podstatně větší úhrn srážek. Od počátku července byl ovšem výpadek této meteorologické stanice.
- Literatura hodnotí použití modelu PHENIPS jako relativně přesné, toto může být však pravděpodobně způsobeno testováním na populační křivce pocházející z většího množství feromonových lapačů v území, kde odpadá variabilita případného použití několika kusů lapačů, které by byly umístěny ne vždy stejným způsobem.

6.3 Studijní plocha Lipník nad Bečvou

Pro konkrétní místa v terénu na studijní ploše Lipník nad Bečvou v Hranickém bioregionu, na kterých byly umístěny feromonové lapače, byly z databáze vybrány následující informace o hydrolimitách.

Tabulka 9: Nadmořské výšky a hydrolimity pro jednotlivé lesní dílce s umístěnými feromonovými lapači

Dílec	Nadmořská výška	Hydrolimity		
		MKK (SWC)	BSD (PDA)	BV (PWP)
333B10	623	240	110	82
314A09	658	240	110	82
337A09	637	240	110	82
372A10	615	220	105	74

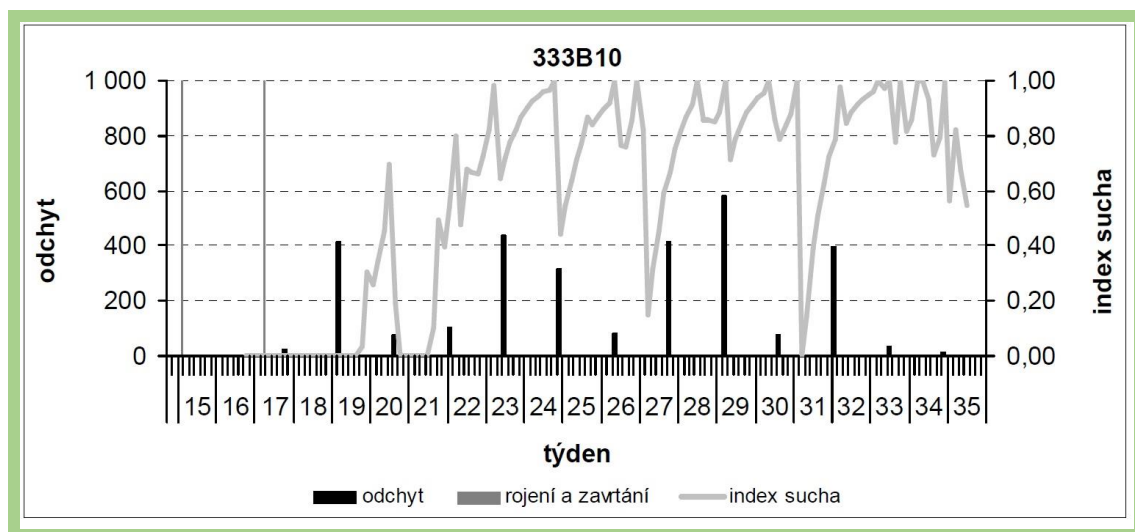
Zdroj: vlastní zpracování

Legenda: MKK (SWC) – maximální kapilární kapacita (Soil Water Content); BSD (PDA) – bod snížené dostupnosti (Point of lowered accessibility); BV (PWP) – bod vadnutí (Permanent Wilting Point).

Těchto bylo užito k výpočtu kumulativního transpiračního deficitu a indexu sucha. Pro potřebu operační předpovědi rizik lýkožroutů smrkových došlo ke spojení výsledků s výstupy submodulů fenologie a odběrů z feromonových lapačů.

Výsledky jednotlivých lesních dílců (porostů), ve kterých byly umístěny feromonové lapače a odchyťování lýkožrouti smrkový, jsou znázorněny grafy na obrázcích 27 – 34.

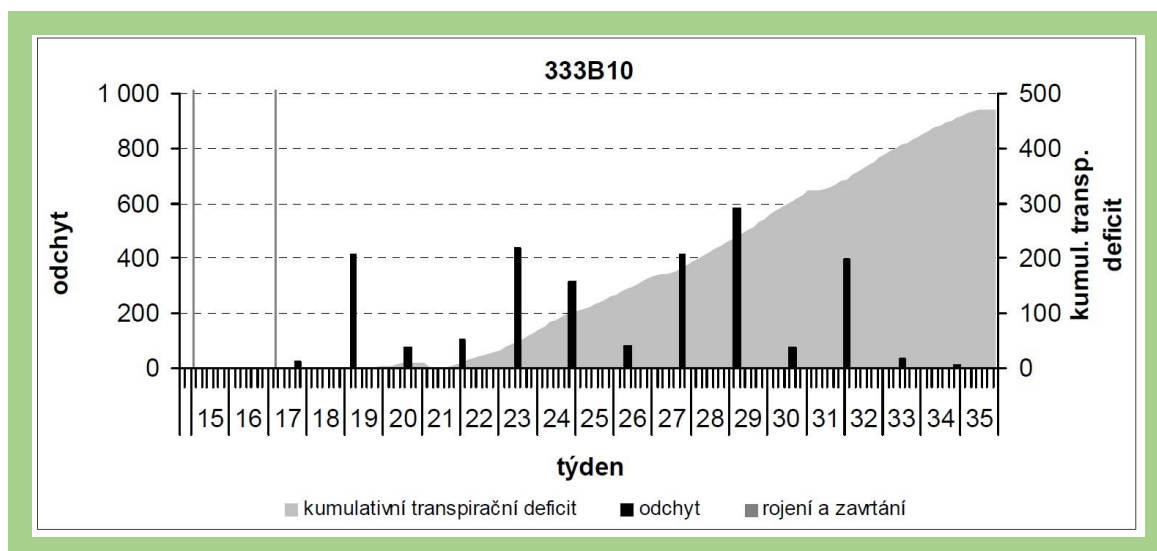
Obrázek 27: Graf odchytů z feromonového lapače a index sucha na lesním dílci 333B10 v zájmovém území Lipník nad Bečvou



Zdroj: vlastní zpracování

Legenda: Šedé svislé čáry představují zleva doprava den rojení a kolonizační den dle modelu PHENIPS.

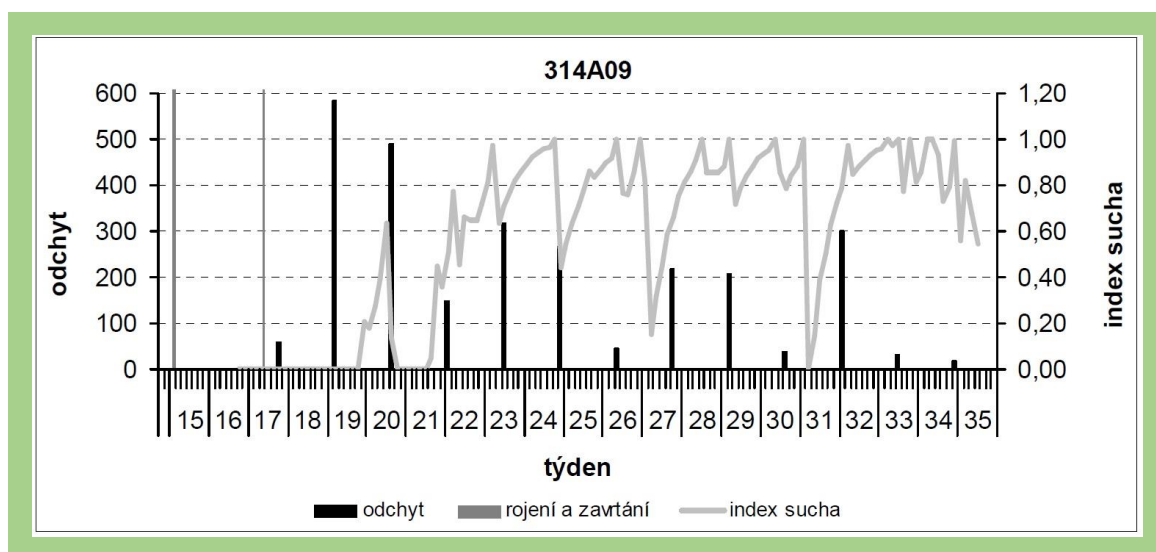
Obrázek 28: Graf odchytů z feromonového lapače a kumulativní transpirační deficit na lesním dílci 333B10 v zájmovém území Lipník nad Bečvou



Zdroj: vlastní zpracování

Legenda: Šedé svislé čáry zleva doprava představují den rojení a kolonizační den dle modelu PHENIPS.

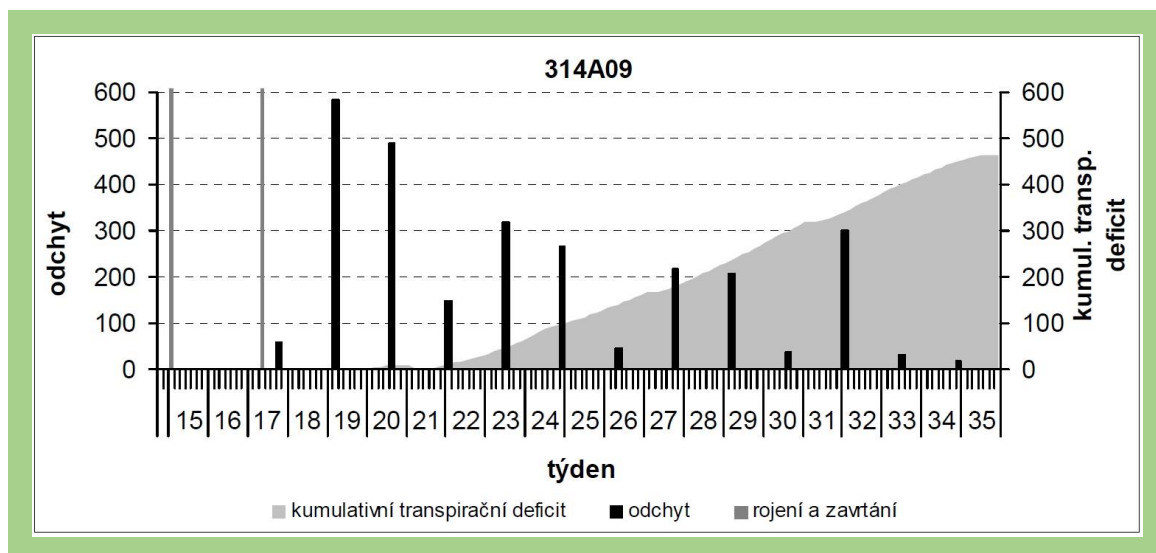
Obrázek 29: Graf odchytů z feromonového lapače a index sucha na lesním dílci 314A09 v zájmovém území Lipník nad Bečvou



Zdroj: vlastní zpracování

Šedé svíslé čáry představují zleva doprava den rojení a kolonizační den dle modelu PHENIPS.

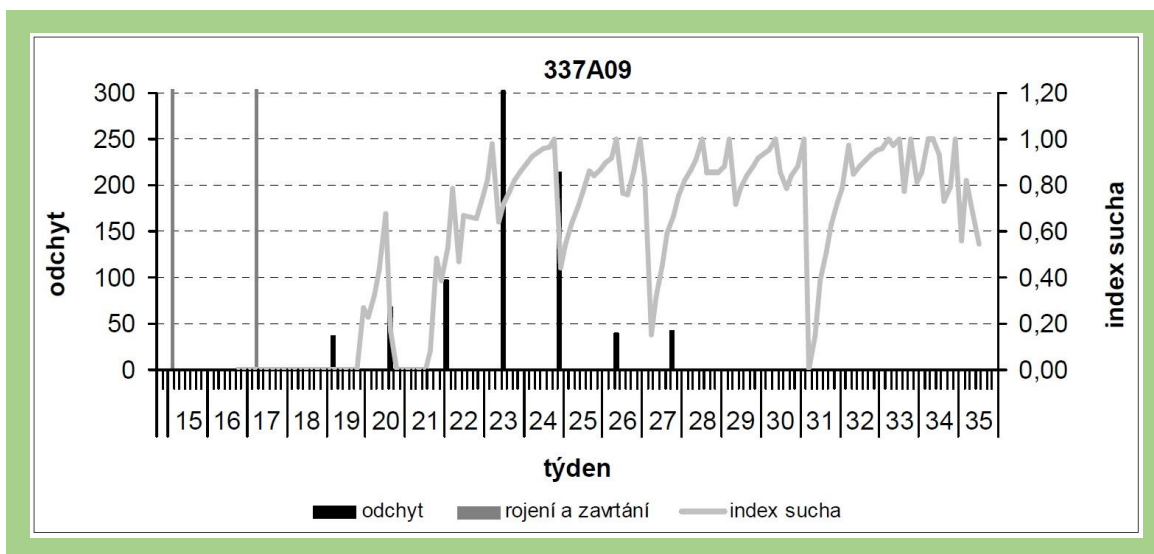
Obrázek 30: Graf odchytů z feromonového lapače a kumulativní transpirační deficit na lesním dílci 314A09 v zájmovém území Lipník nad Bečvou



Zdroj: vlastní zpracování

Legenda: Šedé svíslé čáry zleva doprava představují den rojení a kolonizační den dle modelu PHENIPS.

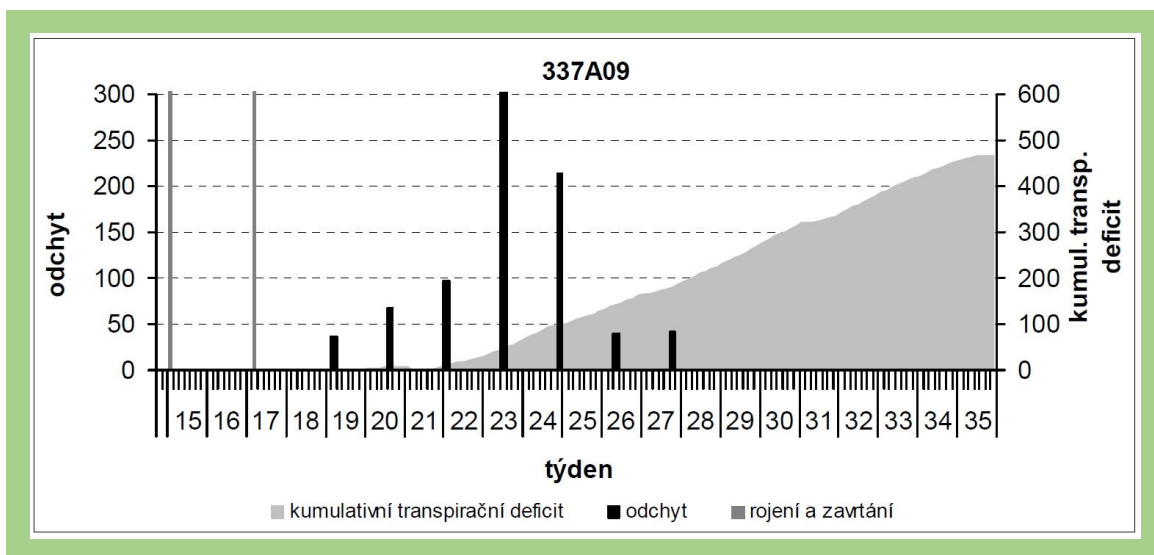
Obrázek 31: Graf odchytů z feromonového lapače a index sucha na lesním dílci 337A09 v zájmovém území Lipník nad Bečvou



Zdroj: vlastní zpracování

Šedé svíslé čáry představují zleva doprava den rojení a kolonizační den dle modelu PHENIPS.

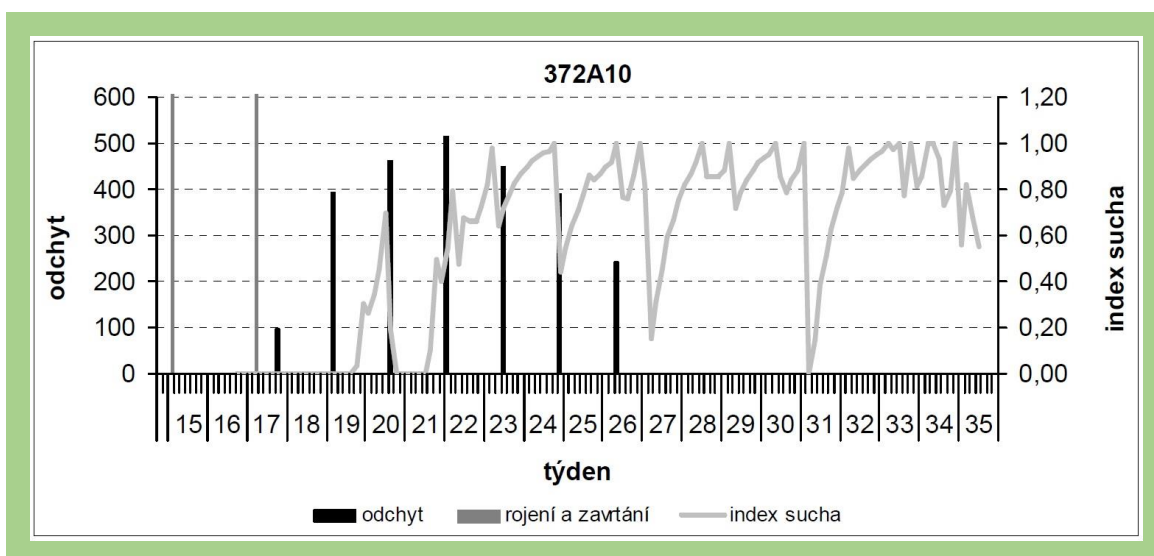
Obrázek 32: Graf odchytů z feromonového lapače a kumulativní transpirační deficit na lesním dílci 337A09 v zájmovém území Lipník nad Bečvou



Zdroj: vlastní zpracování

Legenda: Šedé svíslé čáry zleva doprava představují den rojení a kolonizační den dle modelu PHENIPS.

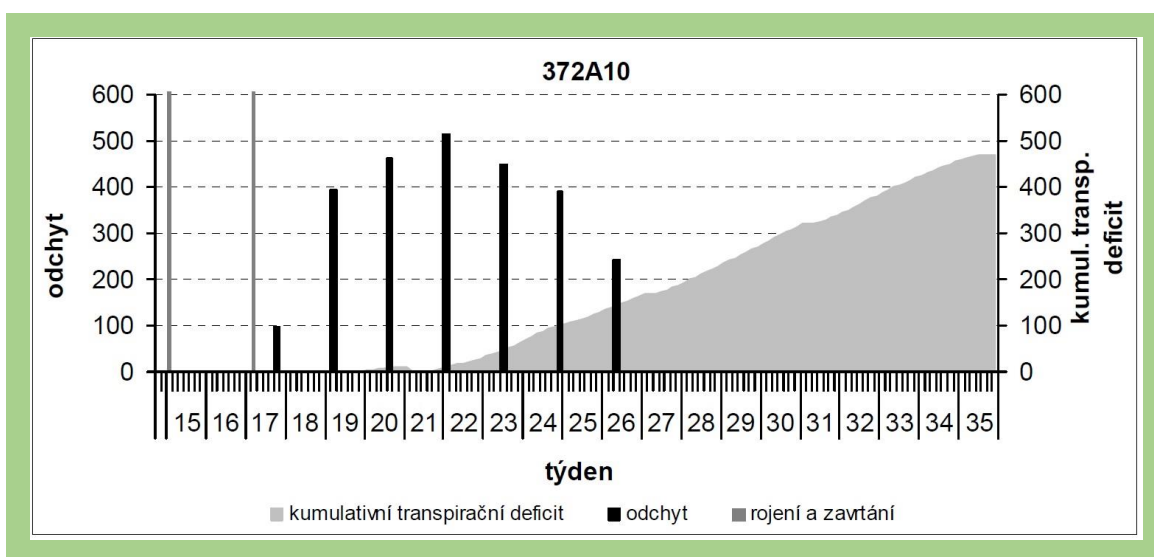
Obrázek 33: Graf odchytů z feromonového lapače a index sucha na lesním dílci 372A10 v zájmovém území Lipník nad Bečvou



Zdroj: vlastní zpracování

Šedé svíslé čáry představují zleva doprava den rojení a kolonizační den dle modelu PHENIPS.

Obrázek 34: Graf odchytů z feromonového lapače a kumulativní transpirační deficit na lesním dílci 372A10 v zájmovém území Lipník nad Bečvou



Zdroj: vlastní zpracování

Legenda: Šedé svíslé čáry zleva doprava představují den rojení a kolonizační den dle modelu PHENIPS.

6.4 Komentář finálních výsledků ze studijní plochy Lipník nad Bečvou

Z finálních výsledků, ze studijní plochy Lipník nad Bečvou, uvedených výše bylo dospěno k následujícím poznatkům:

- Z důvodu malého počtu monitorovacích feromonových lapačů, které byly umístěny pouze na jedné lesní správě v lokalitě Vojenských lesů a statků Lipník nad Bečvou, není možné zpracovat celkový přehled o výši aktivity lýkožrouta smrkového v celém studijním území za rok 2014. Ostatní feromonové lapače, které byly umístěny na dalších lesních správách, neposkytly kvalitní finální data k další práci.
- Na obrázcích 27, 28, 29 a 30 jsou patrné zřejmě větší píky v letové aktivitě lýkožrouta smrkového, nelze ovšem zcela jednoznačně říci, zda se jednalo stále ještě o samotné rojení, nebo již o sesterskou generaci.
- V sezóně 2014 na základě hodnot z modelu PHENIPS byl předpokládán čas rojení a kolonizace ve většině případů dříve, než byl reálný čas zjištěný z monitorovacích feromonových lapačů. Toto bylo způsobeno poměrně vysokými teplotami z počátku roku 2014.
- Vypočtené hodnoty kumulativních transpiračních deficitů a indexů sucha se zdají být velmi vysoké vzhledem k vlhké sezóně 2014. Data pro korekci byly k dispozici z automatické meteorologické stanice jen v období květen až červen 2014. Po zbytek sezóny byla data získávána z klasické meteorologické stanice v dané lokalitě.
- Literatura hodnotí použití modelu PHENIPS jako relativně přesné, toto může být však pravděpodobně způsobeno testováním na populační křivce pocházející z většího množství feromonových lapačů v území, kde odpadá variabilita případného použití několika kusů lapačů, které by byly umístěny ne vždy stejným způsobem.

7 Diskuse

Fenologické modely hrají čím dál větší roli v poznávání ekologie hmyzu a v oblasti ochrany proti biotickým škůdcům (Depinay et al., 2004; Otero et al., 2008; Damos et Savopoulou-Soultani, 2012). V oblasti brouků rodu *Ips*, kteří mají tendence k častému přemnožování, jsou fenologické modely již nepostradatelnými nástroji pro předpověď období rojení a následné kolonizace, což umožňuje včasný zásah lesních hospodářů instalací feromonových lapačů či stromových lapáků případně dalších technologií k odchytu brouků (Baier et al., 2007). Příkladem jsou webové stránky iff-riskanalyses.boku.ac.at, na kterých lze sledovat aktuální stav vývoje lýkožrouta smrkového v německých a rakouských smrčínách dle předpovědi fenologického modelu PHENIPS.

Fenologický model PHENIPS dále umožňuje rozeznat takzvané sesterské generace, které jsou v terénu velmi obtížně rozpoznatelné a na které se často nepřihlíží ve studiích populační dynamiky lýkožroutů (Fahse et Heurich, 2011). Sesterské generace jsou ovšem velmi významné z hlediska celkové početnosti populace (Wermelinger et Seifert, 1999). Simulační modely, které mají za cíl predikovat dynamiku populace lýkožrouta na konkrétním místě s dostatečnou mírou přesnosti, by měly brát sesterské generace v úvahu.

Jednou z finálních informací fenologického modelu PHENIPS je i oblast přežití lýkožrouta v zimním období. V této oblasti fenologický model řekne, do jaké míry se mohou lýkožrouti v diapauze rozvíjet, což je důležité především pro určení pravděpodobnosti, zda jedinci přežijí zimu.

Je obecně předpokládáno, že jedinci lýkožrouta smrkového nejsou předurčeni k tomu přežít zimu, pokud je vyvinuto pouze larvální stádium. Jsou-li jedinci vyvinuti do stádia bílých brouků, svádí nerovnoměrný boj o přežití zimy (Kostal et al., 2011). Aklimatizace na nízké teploty může zvýšit odolnost proti chladu subimaginálních stádií a tím zvýšit šanci dospět a přežít zimu. Relevantní data ovšem pro lýkožrouta smrkového zatím chybí (Terblanche et al., 2011).

V této práci byla přijata možnost ověřit a použít fenologický model PHENIPS pro modelování vývoje lýkožrouta smrkového na studijních plochách Horní Planá v jižních Čechách a Lipník nad Bečvou v Olomouckém kraji. Konkrétně na Šumavě je lýkožrout smrkový považován za jednoho z nejvýznamnějších škodlivých

biotických činitelů. Zde byl ověřován model PHENIPS, který vychází ze tří domněnek:

1. Porovnání z výstupu topoklimatického modelu (průběh průměrných a maximálních denních teplot na lokalitách).
2. Současné měření vzduchu na těchto místech a měření průměrné a maximální teploty kůry.
3. Modelované a skutečné načasování jarního rojení lýkožrouta smrkového a dokončení první generace a počet modelovaných a skutečně pozorovaných generací kůrovce.

V některých případech byly předpovědi mírně nad úrovní skutečně naměřených hodnot. Na několika lesních dílcích obou studijních ploch byla zřejmě zachycena i aktivita sesterské generace, toto ovšem nelze s jistotou potvrdit.

Důvody rozdílů mezi modelovým a skutečným vývojem lýkožrouta smrkového mohou být různé. Velkou roli zde hraje zastínění stromů, které způsobuje snížení přístupu slunečního záření ke kůře. Dalším činitelem snížení teploty kůry je déšť. Toto vše je příčinou zpomalení vývoje brouka (Hardy et al., 2004).

Srážky, se kterými není v modelu PHENIPS počítáno, způsobují často pozorované zpoždění vzniku generací lýkožrouta smrkového. Příkladem je rok 2012, kdy vlivem deštivého počasí nedokončila první generace lýkožroutů svůj očekávaný vývoj v první dekádě července. K dokončení vývoje první generace došlo až v měsíci srpnu.

V neposlední řadě, jak již bylo uvedeno, odchylky mezi modelovými a naměřenými teplotami vzduchových profilů pravděpodobně odrážejí zjištění, že PHENIPS je poměrně citlivý na oteplování během jara a ochlazování v průběhu podzimu (Baier et al., 2007).

I přes tyto drobné odchylky je zřejmé, že fenologický model PHENIPS je při zachycení sezónní dynamiky zcela vyhovující a do budoucna bude tento příslibem pozitivních výsledků v oblasti ochrany lesa.

8 Závěr

Odchyty s odběry lýkožrouta smrkového do deskových feromonových lapačů probíhaly od 17. do 35. týdne roku 2014 na studijní ploše Horní Planá v Jihočeském kraji a od 15. do 35. týdne roku 2014 na studijní ploše Lipník nad Bečvou v Olomouckém kraji.

Na studijní ploše Horní Planá byla na lesních dílcích 60B040, 63A020 a 80C010 byla pravděpodobně zaznamenána aktivita sesterské generace. Toto ovšem nelze s naprostou jistotou potvrdit. Následně byl, na základě hydrolimit, kumulativního transpiračního deficitu, indexu sucha a odchycených jedinců určen termín rojení lýkožrouta smrkového a termín kolonizace hostitelských stromů. Vypočtené hodnoty kumulativního transpiračního deficitu a indexu sucha jsou poměrně vysoké z důvodu pravděpodobně chybných výstupních dat při měření srážek na meteorologické stanici.

Na studijní ploše Lipník nad Bečvou byla na lesních dílcích 333B10 a 314A09 byla pravděpodobně zaznamenána aktivita sesterské generace. Toto ovšem nelze s naprostou jistotou potvrdit. Následně byl, na základě hydrolimit, kumulativního transpiračního deficitu, indexu sucha a odchycených jedinců určen termín rojení lýkožrouta smrkového a termín kolonizace hostitelských stromů. Zde není bohužel možné zpracovat celkový přehled o výši aktivity lýkožrouta smrkového z důvodu malého počtu feromonových lapačů, které byly umístěny pouze na jedné lesní správě.

Na základě výsledků ze studijních lokalit došlo k ověření platnosti a použitelnosti fenologického modelu PHENIPS pro území České republiky. Užívání fenologických modelů v budoucnu jistě přinese pozitivní výsledky v oblasti ochrany lesa. Tyto umožní lesním správcům včasné načasování instalace ochranných opatření v podobě feromonových lapačů či stromových lapáků.

9 Seznam použitých literárních zdrojů

ANDERBRANT O., 1990: Gallery construction and oviposition of the bark beetle *Ips typographus* (Coleoptera: Scolytidae) at different breeding densities. *Ecological Entomology* 15, 1-8.

ANNILA E., 1969: Influence of temperature upon the development and voltinism of *Ips typographus* L. (Coleoptera, Scolytidae). *Ann. Zool. Fennici* 6, 161–208.

BAIER P., PENNERSTORFER J., SCHOPF A., 2007: PHENIPS – a comprehensive menology model of *Ips typographus* (L.) (Col., Scolytinae) as a tool for hazard rating of bark beetle infestation. *Forest Ecol. Manag.* 249, 171–186.

BEGON M., HARPER J. L., TOWNSEND C. R., 1997: *Ekologie jedinci, populace a společenstva*. Univerzita Palackého Olomouc, Olomouc, 949 s.

BYERS J. A., 1988: Host-tree chemistry affecting colonization in bark beetles. *Chemical Ecology of Insects 2*. Chapman and Hall, New York, 154-213.

CULEK M., 1996: *Biogeografické členění České republiky*. Ministerstvo životního prostředí České republiky; Enigma, Praha, 347 s.

DOLEŽAL P., SEHNAL F., 2003: Imaginal diapause in the bark beetle *Ips typographus*. In: McManus, M. L., Liebhold, A. M., *Proceedings: Ecology, Survey and Management of Forest Insects*, USDA Forest Service, Northeastern Research Station, GTR-NE 311, p. 127.

DOLEŽAL P., SEHNAL F., 2007: Effects of photoperiod and temperature on the development and diapause of the bark beetle *Ips typographus*. *Journal of Applied Entomology* 131, 165–173.

FAHSE L., HEURICH M., 2011: Simulation and analysis of outbreaks of bark beetle infestations and their management at the stand level. *Ecol. Model.* 222, 1833 – 1846.

GRODZKI W., MCMANUS M., KNÍŽEK M., MESHKOVA V., MIHALCIUC V., NOVOTNY J., TURČANI M., SLOBODYAN Y., 2004: Occurrence of spruce bark beetles in forest stands at different levels of air pollution stress. *Environmental Pollution* 130 (1), 73–83.

HAHN D. A., DENLINGER D. L., 2007: Meeting the energetic demands of insect diapause: Nutrient storage and utilization. *Journal of Insect Physiology* 53, 760 – 773.

HARDY J. P., MELLOH R., KOENIG G., MARKS D., WINSTRAL A., POMEROY J. W., LINK T., 2004: Solar radiation transmission through conifer canopies. *Agr. Forest Meteorol.* 126, 257–270.

HEDGREN P. O., SCHROEDER L. M., 2004: Reproductive succes of the spruce bark beetle *Ips typographus* (L.) a occurrence of associated species: a comparison between staing beetle-killed trees a cut trees. *Forest Ecology Management* 203, 241-250.

HULCR J., 2003: Kůrovci milácci evoluce. *Spojenecká armáda lýkožroutů a hub proti stromu*. *Vesmír* 82, 692-696.

JAKUŠ R., 1998: Types of bark beetle (Coleoptera: Scolytidae) infestation in spruce forest stands affected by air pollution, bark beetle outbreak and honey fungus (*Armillaria mellea*). *Anzeiger für Schädlingkunde* 71, 41–49.

KOŠTÁL V., DOLEŽAL P., ROZSYPAL J., MORAVCOVÁ M., ZAHRADNÍČKOVÁ H., SIMEK P. 2011: Physiological and biochemical analysis of overwintering and cold tolerance in two Central European populations of the spruce bark beetle. *Ips typographus*. *J. Insect Physiol.* 57, 1136–1146.

KNÍŽEK M., MODLINGER R., 2012: Výskyt lesních škodlivých činitelů v roce 2011 a jejich očekávaný stav v roce 2012. *Strnady, Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti 2012. Zpravodaj ochrany lesa. Supplementum 2012*, 77 s.

LEXER M. J., 1995: Beziehungen zwischen der Anfälligkeit von Fichtenbeständen *Picea abies* (L.) Karst.) für Borkenkäferschäden und Standorts- und Bestandesmerkmalen unter besonderer Berücksichtigung der Wasserversorgung. Dissertation, Universität für Bodenkultur, Wien, 210.

LOBINGER G., 1994: Die Lufttemperatur als limitierender Faktor für die Schwärmaktivität zweier rindenbrütender Borkenkäferarten, *Ips typographus* L. und *Pityogenes chalcographus* L. (Col., Scolytidae). *Anz. Schädlingskd. Pfl.* 67, 14-17.

MAHAFFEY L. A., 2004: *Terpenoids and Their Effects on Conifer Insects*. Colorado State University, Colorado, 97.

MARTÍNEK V., 1956: Číselné vyjádření hustoty náletu kůrovce *Ips typographus* L. na kmenech při přemnožení. *Lesnictví XXIX* (6), 411-425.

MARTÍNEK V., 1961: Problém natality a gradace kůrovce *Ips typographus* L. ve střední Evropě. *Rozpravy ČSAV* 71 (3), 77.

MATOUŠEK P., MODLINGER R., HOLUŠA J., TURČÁNI M., 2012: Faktory ovlivňující počet vajíček kladených lýkožroutem smrkovým *Ips typographus* (L.) (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) na stromových lapácích. *Zprávy lesnického výzkumu*, 57, 2012 (2), 126-132.

MUSTAPARTA H. 1979: Chemoreception in the bark beetles of the genus *Ips*: synergism, inhibition and discrimination of enantiomers. In: Ritter FJ (ed) *Chemical Ecology: Odor Communication in Animals*. Elsevier/N. Holland, Amsterdam, 147-158.

NEF L., 1994: Estimation de la vulnérabilité de pessiers aux attaques d' *Ips typographus* L. à partir de caractéristiques stationnelles. *Silva Belgica*, 101, 7–14.

NETHERER S., PENNERSTORFER J., 2001: Parameters relevant for modelling the potential development of *Ips typographus* (Coleoptera: Scolytidae). *Integr. Pest Manage. Rev.* 6, 177–184.

OTERO M., SCHWEIGMANN N., SOLARI H. G., 2008: A stochastic spatial dynamical model for *Aedes aegypti*. *Bull. Math. Biol.* 70, 1297–1325.

PFEFFER A., 1954: Kůrovec lýkožrout smrkový *Ips typographus* L. a boj proti němu. II. vyd, Praha, 46 s.

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

- SCHLYTER F., BIRERSSON G., BYERS J. A., LOFQVIST J., BERGSTROM G., 1987: Field response of spruce bark beetle, *Ips typographus*, to aggregation pheromone caidates. *Journal of Chemical Ecology*, 13, 701-716.
- SCHOPF A., 1985: Zum Einfluß der Photoperiode auf die Entwicklung und Kälteresistenz des Buchdruckers *Ips typographus* L. (Col., Scolytidae). *Anz. Schadl.* 69, 11–15.
- SCHOPF A., 1989: Die Wirkung der Photoperiode auf die Induktion der Imaginaldiapause von *Ips typographus* (L.) (Col., Scolytidae). *J. Appl. Entomol* 107, 275–288.
- SKUHRAVÝ V., 2002: Lýkožrout smrkový (*Ips typographus* L.) a jeho kalamity (Der Buchdrucker und ihre seine Kalamitäten). *Agrospoj*, Praha, 196.
- ŠVIHRA P., 1973: K populačnej dynamike lýkožrúta smrekového *Ips typographus* L. v oblasti Horehronia. *Vedecké práce VÚLH Zvolen*, 229-258.
- TERBLANCHE J. S., HOFFMANN A. A., MITCHELL K. A., RAKO L., LE ROUX P. C., CHOWN S. L., 2011: Ecologically relevant measures of tolerance to potentially lethal temperatures. *J. Exp. Biol.* 214, 3713–3725.
- THALENHORST W., 1958: Grundzüge der Populationsdynamik des großen Fichtenborkenkäfers *Ips typographus* L. *Schriftenr. Forstl. Fak. Univ. Göttingen* 21, 126.
- TØMMERÅS B. Å., MUSTAPARTA H., 1987: Chemoreception of host volatiles in the bark beetle *Ips typographus*, *Journal of Comparative Physiology A: Neuroethology, Sensory, Neural, a Behavioral Physiology*, 161.
- TØMMERÅS B. Å., 1985: Specialization of the olfactory receptor cells in the bark beetle *Ips typographus* a its predator *Thanasimus formicarius* to bark beetle pheromones and host tree volatiles. *J. Comp. Physiol.*, 157, 335-341.
- TURČÁNI M., HOLUŠA J., KALINOVÁ B., 2009: Studium a optimalizace skutečné efektivity obranných opatření proti lýkožroutu smrkovému v různých gradačních fázích, Neperiodická zpráva za rok 2008 Praha, XII/2009 Výzkumný projekt NAZV- QH81136.
- TURTOLA S., MANNINEN A. M., RIKALA R., KAINULAINEN P., 2003: Drought stress alters the concentration of wood terpenoids in scots pine and norway spruce seedlings. *Journal of Chemical Ecology*, 29, 1981-1995.
- 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 strážce. In *Sbírka zákonů České republiky*. 1996, částka 33, 1124–1127.
- Vyhláška č. 236 ze dne 18. července 2000, 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 strážce. In *Sbírka zákonů České republiky*. 2000, částka 72, 3424–3430.
- WERMELINGER B. 2004: Ecology and management of the spruce bark beetle *Ips typographus* – a review of recent research. *Forest Ecology and Management* 202, 67–82.

WERMELINGER B., SEIFERT M., 1998: Analysis of temperature dependent development of the spruce bark beetle *Ips typographus* (L.) (Col. Scol.). J. Appl. Entomol. 122, 185–191.

WERMELINGER B., SEIFERT M., 1999: Temperature-dependent reproduction of the spruce bark beetle *Ips typographus*, and analysis of the potential population growth. Ecol. Entomol. 24, 103–110.

WICHMANN L., RAVN H. P., 2001: The spread of *Ips typographus* (L.) (Coleoptera, Scolytidae) attacks following heavy windthrow in Denmark analysed using GIS. Forest Ecology and Management 148, 31–39.

ZAHRADNÍK P., 2004: Ochrana smrčín proti kůrovčům. Kostelec nad Černými lesy: Lesnická práce, 39, 7.

ZAHRADNÍK P., 2006: Základy ochrany lesa v praxi. Druhé vydání. Kostelec n. Č. l., Lesnická práce, 128 s.

ZAHRADNÍK P., KNÍŽEK M., 2007: Lýkožrout smrkový (*Ips typographus*). Kostelec n. Č. l., Lesnická práce (příloha) 86, I-VIII.

ZAHRADNÍK P., GERÁKOVÁ M., 2010: Lýkožrout smrkový (*Ips typographus*). Kostelec n. Č. l., Lesnická práce (příloha) 89, I-VIII.

ZUMR V., 1995: Lýkožrout smrkový – biologie prevence a metody boje. Písek, Matice lesnická, 131 s.

Internetové zdroje

BIOLIB, 2010: Lýkožrout smrkový. online: <http://www.biolib.cz/cz/image/id127048/>, cit. 27.10.2015.

DAMOS P., SAVOPOULOU-SOULTANI M., 2012: Temperature-driven models for insect development and vital thermal requirements. Psyche 2012, 123405, online: <http://dx.doi.org/10.1155/2012/123405>, cit. 8.10.2015.

DEPINAY J. M., MBOGO C. M., KILLEEN G, KNOLS B, BEIER J, CARLSON J, DUSHOFF J, BILLINGSLEY P, MWAMBI H, GITHURE J, TOURE A. M., MCKENZIE F. E., 2004: A simulation model of African *Anopheles* ecology and population dynamics for the analysis of malaria transmission. Malaria J. 3, 29. online: <http://dx.doi.org/10.1186/1475-2875-3-29>, cit. 16.9.2015.

FYTOFARM SPOL. S.R.O., 2016: Multiwit BK. online: <http://www.fytofarm.sk/multiwit-bk>, cit. 27.10.2015.

VOJENSKÉ LESY A STATKY ČR, 2016: Horní Planá. online: <https://www.vls.cz/divize/horni-plana>, cit. 27.10.2015.

VOJENSKÉ LESY A STATKY ČR, 2016: Lipník nad Bečvou. online: <https://www.vls.cz/divize/lipnik-nad-becvou>, cit. 27.10.2015.

Seznam obrázků

Obrázek 1: Studijní plochy Horní Planá a Lipník nad Bečvou	13
Obrázek 2: Feromonový lapač	15
Obrázek 3: Deskový feromonový lapač Theysohn - instalace na studijní lokalitě Horní Planá	16
Obrázek 4: Lýkožrout smrkový (<i>Ips typographus</i> L.)	18
Obrázek 5: Vývoj požerku lýkožrouta smrkového	21
Obrázek 6: Areál rozšíření lýkožrouta smrkového (<i>Ips typographus</i> L.)	24
Obrázek 7: Graf odchyťů z feromonového lapače a index sucha na lesním dílci 60B040 v zájmovém území Horní Planá	45
Obrázek 8: Graf odchyťů z feromonového lapače a kumulativní transpirační deficit na lesním dílci 60B040 v zájmovém území Horní Planá.....	45
Obrázek 9: Graf odchyťů z feromonového lapače a index sucha na lesním dílci 63A020 v zájmovém území Horní Planá	46
Obrázek 10: Graf odchyťů z feromonového lapače a kumulativní transpirační deficit na lesním dílci 63A020 v zájmovém území Horní Planá.....	46
Obrázek 11: Graf odchyťů z feromonového lapače a index sucha na lesním dílci 84B020 v zájmovém území Horní Planá	47
Obrázek 12: Graf odchyťů z feromonového lapače a kumulativní transpirační deficit na lesním dílci 84B020 v zájmovém území Horní Planá.....	47
Obrázek 13: Graf odchyťů z feromonového lapače a index sucha na lesním dílci 80C010 v zájmovém území Horní Planá	48
Obrázek 14: Graf odchyťů z feromonového lapače a kumulativní transpirační deficit na lesním dílci 80C010 v zájmovém území Horní Planá.....	48
Obrázek 15: Graf odchyťů z feromonového lapače a index sucha na lesním dílci 19B020 v zájmovém území Horní Planá	49
Obrázek 16: Graf odchyťů z feromonového lapače a kumulativní transpirační deficit na lesním dílci 19B020 v zájmovém území Horní Planá.....	49
Obrázek 17: Graf odchyťů z feromonového lapače a index sucha na lesním dílci 47K7 v zájmovém území Horní Planá	50
Obrázek 18: Graf odchyťů z feromonového lapače a kumulativní transpirační deficit na lesním dílci 47K7 v zájmovém území Horní Planá.....	50
Obrázek 19: Graf odchyťů z feromonového lapače a index sucha na lesním dílci 65A2 v zájmovém území Horní Planá	51
Obrázek 20: Graf odchyťů z feromonového lapače a kumulativní transpirační deficit na lesním dílci 65A2 v zájmovém území Horní Planá.....	51
Obrázek 21: Graf odchyťů z feromonového lapače a index sucha na lesním dílci 99A2 v zájmovém území Horní Planá	52
Obrázek 22: Graf odchyťů z feromonového lapače a kumulativní transpirační deficit na lesním dílci 99A2 v zájmovém území Horní Planá.....	52

Obrázek 23: Graf odchytů z feromonového lapače a index sucha na lesním dílci 70D1 v zájmovém území Horní Planá	53
Obrázek 24: Graf odchytů z feromonového lapače a kumulativní transpirační deficit na lesním dílci 70D1 v zájmovém území Horní Planá.....	53
Obrázek 25: Graf odchytů z feromonového lapače a index sucha na lesním dílci 90B1 v zájmovém území Horní Planá	54
Obrázek 26: Graf odchytů z feromonového lapače a kumulativní transpirační deficit na lesním dílci 90B1 v zájmovém území Horní Planá.....	54
Obrázek 27: Graf odchytů z feromonového lapače a index sucha na lesním dílci 333B10 v zájmovém území Lipník nad Bečvou	57
Obrázek 28: Graf odchytů z feromonového lapače a kumulativní transpirační deficit na lesním dílci 333B10 v zájmovém území Lipník nad Bečvou	57
Obrázek 29: Graf odchytů z feromonového lapače a index sucha na lesním dílci 314A09 v zájmovém území Lipník nad Bečvou.....	58
Obrázek 30: Graf odchytů z feromonového lapače a kumulativní transpirační deficit na lesním dílci 314A09 v zájmovém území Lipník nad Bečvou	58
Obrázek 31: Graf odchytů z feromonového lapače a index sucha na lesním dílci 337A09 v zájmovém území Lipník nad Bečvou.....	59
Obrázek 32: Graf odchytů z feromonového lapače a kumulativní transpirační deficit na lesním dílci 337A09 v zájmovém území Lipník nad Bečvou	59
Obrázek 33: Graf odchytů z feromonového lapače a index sucha na lesním dílci 372A10 v zájmovém území Lipník nad Bečvou.....	60
Obrázek 34: Graf odchytů z feromonového lapače a kumulativní transpirační deficit na lesním dílci 372A10 v zájmovém území Lipník nad Bečvou	60

Seznam tabulek

Tabulka 1: Charakteristika rozdělení pozemků VLS – Divize Lipník nad Bečvou... 14	14
Tabulka 2: Charakteristika rozdělení pozemků VLS – Divize Horní Planá..... 14	14
Tabulka 3: Přehled rozmístění feromonových lapačů na studijní ploše Horní Planá s udanou nadmořskou výškou..... 14	14
Tabulka 4: Přehled rozmístění feromonových lapačů na studijní ploše Lipník nad Bečvou s udanou nadmořskou výškou	15
Tabulka 5: Délka fází vývojových stádií lýkožrouta smrkového ve stupňodních	39
Tabulka 6: Zastoupení dřevin v Šumavském bioregionu.....	42
Tabulka 7: Zastoupení dřevin v Hranickém bioregionu	43
Tabulka 8: Nadmořské výšky a hydrolimity pro jednotlivé lesní dílce s umístěnými feromonovými lapači	44
Tabulka 9: Nadmořské výšky a hydrolimity pro jednotlivé lesní dílce s umístěnými feromonovými lapači	56