Č E S K Á Z E M Ě D Ě L S K Á U N I V E R Z I T A

V P R A Z E

ING. PAVEL MATOUŠEK

Disertační práce

POPULAČNÍ DYNAMIKA LÝKOŽROUTA SMRKOVÉHO (*IPS TYPOGRAPHUS* L.) V RŮZNÝCH GRADAČNÍCH FÁZÍCH: PLODNOST NA KLASICKÝCH LAPÁCÍCH

Population dynamics of spruce bark beetle (*Ips typographus* L.) in different gradation stages: fertility on the classic trap trees

Praha, 2012

Č E S K Á Z E M Ě D Ě L S K Á U N I V E R Z I T A
V P R A Z E

ING. PAVEL MATOUŠEK

Disertační práce

POPULAČNÍ DYNAMIKA LÝKOŽROUTA SMRKOVÉHO (*IPS TYPOGRAPHUS* L.) V RŮZNÝCH GRADAČNÍCH FÁZÍCH: PLODNOST NA KLASICKÝCH LAPÁCÍCH

Školitel: prof. Ing. Marek Turčáni, Ph.D.

Poděkování

Děkuji svému školiteli, panu prof. Ing. Marku Turčánimu, Ph.D., za metodické vedení a za možnost podílet se na výzkumných projektech. Velké poděkování patří Ing. Romanu Modlingerovi za pomoc nejen při statistickém zpracování údajů. Velmi děkuji doc. Ing. Jaroslavu Holušovi, Ph.D. za odborné konzultace.

Dík patří i všem kolegům za pomoc při terénních a kancelářských pracích. V neposlední řadě děkuji své rodině a kolegům v zaměstnání za trpělivost, podporu a pochopení. Bez podpory všech jmenovaných i nejmenovaných by tato práce nemohla vzniknout.

Abstrakt

Práce stručně syntetizuje nastudované literární zdroje o charakteristice lýkožrouta smrkového, jeho taxonomickém postavení, morfologii, rozšíření a o významu pro lesní hospodářství. Podrobněji přináší přehled informací obecně o populační dynamice a následně pak o faktorech ovlivňujících populační dynamiku (vnějších a vnitro populačních zdrojích mortality lýkožrouta smrkového) a o plodnosti na klasických lapácích.

V práci je analyzováno 3 701 měření populačních parametrů lýkožrouta smrkového *Ips typographus* (počet nakladených vajíček, délka matečných chodeb, hustota rodinných požerků) z 258 stromových lapáků a 732 vzorků kůry ve třech studovaných oblastech v letech 2008-2009. Střední matečná chodba měla délku 80 mm a zjištěná střední snůška nakladená jednou samicí činila 36 vajíček. Hustota obsazení kmene se pohybovala v rozpětí 6 – 330 rodinných požerků na m^2. Mezi počtem rodinných požerků na m^2 a množstvím nakladených vajíček byla nalezena statisticky významná negativní korelace. Délka matečné chodby a počet nakladených vajíček jsou statisticky významně pozitivně korelovány. Jelikož počet rodinných požerků na m^2 a délka matečné chodby spolu nekorelovaly, byl splněn předpoklad pro vytvoření vícerozměrného lineárního regresního modelu. Byla nalezena regresní rovnice $y = 11,83 + 0,35^* x_1 – 0,04^* x_{2;}$ kde x_1 je délka chodby, x_2 počet rodinných požerků na m^2 a y množstvím nakladených vajíček.

Klíčová slova: *Ips typographus*, počet vajíček, stromové lapáky, závislost na hustotě, kladení, reprodukce, požerek

Abstract

Paper briefly syntethyses studied literature sources about: description of *Ips typographus*, its taxonomical position, morphology, distribution a about significance for forestry. More precisely it brings rewiev of general information about the population dynamics, a subsequently about factors influencing the population dynamics (intra a inter-population sources of mortality of *Ips typographus*) and fertility on classic trap trees.

3701 measurements of population parameters of the spruce bark beetle *Ips typographus* are analysed (number of deposited eggs, length of maternal galleries, density of family galleries) from 258 tree traps and 732 bark samples. The measuring was realised in three surveyed regions in the years 2008 – 2009. The medium maternal gallery was 80 mm long and the established average egg-laying by one female was 36 eggs. The density of trunk occupancy varied from 6 – 330 family galleries per m². Statistically significant negative correlation between the number of family galleries per m² and the number of deposited eggs was found. Statistically, there is a significantly positive correlation of the length of the maternal gallery and the number of deposited eggs. As the number of family galleries per m² and the length of the maternal gallery did not correlate with each other, the condition for creating a multidimentional linear regressive model was met. A regressive equation

$y = 11{,}83 + 0{,}35 * x_1 - 0{,}04 * x_2$ was found, where x1 = gallery length, x2 = number of family galleries and y = number of deposited eggs.

Key words: *Ips typographus*, number of eggs, trap trees, density dependent, oviposition, reproduction, gallery

Obsah

1. ÚVOD 9

2. CÍLE DISERTAČNÍ PRÁCE 11

3. LITERÁRNÍ PŘEHLED 12

3.1 Obecné informace o lýkožroutu smrkovém 12

3.1.1 Vývoj lýkožrouta smrkového 12

3.1.2 Rozšíření lýkožrouta smrkového 16

3.1.3 Živné dřeviny 16

3.1.4 Vyhledávání hostitelské dřeviny 16

3.2 Hospodářský význam, monitoring, kontrola 19

3.2.1 Hospodářský význam a škody způsoben lýkožroutem smrkovým 21

3.2.2 Kontrola a ochrana 23

3.2.3 Klasické lapáky 26

3.2.4 Problematika lýkožrouta v chráněných územích 31

3.3 Populační dynamika 32

3.3.1 Charakteristika populační dynamiky 35

3.3.1.1 Populační hustota 36

3.3.1.2 Parametry fluktuační a populační dynamiky 37

3.3.2 Faktory ovlivňující populační dynamiku lýkožrouta smrkového 39

3.3.2.1 Přírodní podmínky 40

3.3.2.1.1. Teplota 40

3.3.2.1.2 Srážky 40

3.3.2.1.3 Přirozená obrana stromu 41

3.2.2.1.4 Kvalita potravy 43

3.3.2.2 Stav populace lýkožrouta smrkového 43

3.3.2.3.1 Plodnost samiček 45

3.3.2.3.2 Zdravotní stav 45

3.3.2.3.3 Vnitro a mezidruhová kompetice 46

3.3.2.3.3 Vnitrodruhová konkurence 46
3.3.2.3.4 Mezidruhová konkurence 47
3.3.2.3.5 Mortalita vajíček 47
3.3.2.3.6 Mortalita larev 48
3.3.2.3.7 Mortalita kukel 50
3.3.2.3.8 Mortalita dospělců 51
4. MATERIÁL A METODIKA 51
4.1 Výběr ploch 52
4.2 Studované lokality a přírodní podmínky v ČR 53
4.2.1 NPŠ 54
4.2.2 VLS Planá 55
4.2.3 VLS Lipník 55
4.3 Analyzované roky 56
4.3.1. Rok 2008 56
4.3.2 Rok 2009 57
4.4 Vyhodnocování zjištěných údajů 58
4.5 Statistické analýzy 60
4.5.1 Regresní analýza 60
4.5.2 Neuronové sítě 60
5. VÝSLEDKY 63
5.1 Stav lýkožrouta smrkového v ČR 63
5.2 Stav lýkožrouta smrkového v NPŠ 65
5.3 Počty analyzovaných vzorků 76
5.4 Denzita rodičovských požerků *Ips typographus* na m^2 77
5.5 Natalita IT v roce 2008 a 2009 v jednotlivých územích 82
5.6 NPŠ 85
5.6.1 Hustoty rodin *Ips typographus* na 1 m^2 85
5.6.2 Počet vajíček na rodinu v jednotlivých sekcích 86
5.6.3 Délky matečných chodeb 88
5.6.4 Hustoty lýkožrouta lesklého na 1 m^2 89

5.7 VLS Planá ... **91**
5.7.1 Hustoty rodin *Ips typographus* na 1 m^2 ... 91
5.7.2 Počet vajíček na rodinu v jednotlivých sekcích ... 92
5.7.3 Délky matečných chodeb ... 93
5.7.4 Hustoty lýkožrouta lesklého na 1 m^2 ... 95
5.8 VLS Lipník ... **97**
5.8.1 Hustoty rodin *Ips typographus* na 1 m^2 ... 97
5.8.2 Počet vajíček na rodinu v jednotlivých sekcích ... 98
5.8.3 Délky matečných chodeb ... 100
5.8.4 Hustoty lýkožrouta lesklého na 1 m^2 ... 101
5.9 Oblasti ... **103**
5.9.1 Hustoty rodin *Ips typographus* na 1 m^2 ... 103
5.9.2 Počty vajíček na rodinu ... 105
5.9.3 Délky matečných chodeb ... 107
5.9.4 Hustoty lýkožrouta lesklého na 1 m^2 ... 109
5.10 Sekce ... **111**
5.10.1 Hustoty rodin *Ips typographus* na 1 m^2 ... 111
5.10.2 Počty vajíček na rodinu ... 113
5.10.3 Délky matečných chodeb ... 116
5.10.4 Hustoty lýkožrouta lesklého na 1 m^2 ... 118
5.9 Regresní závislosti vybraných populačních parametrů ... **121**
5.10 Predikce počtu kladených vajíček pomocí neuronové sítě ... **123**
6. DISKUSE ... **128**
7. ZÁVĚR ... **135**
8. CITOVANÁ LITERATURA ... **137**
9. SEZNAM OBRÁZKŮ ... **155**
10. SEZNAM TABULEK ... **158**
11. PŘÍLOHY ... **160**
12. SEZNAM ČLÁNKŮ ... **171**

1. Úvod

Lýkožrout smrkový *Ips typographus* (L.) je neodmyslitelnou složkou každého ekosystému smrkového lesa. Jako průkopník kolonizuje umírající a mrtvé stromy, a tím spouští rozklad kůry a dřeva (WERMELINGER, 2004). Je jedním z nejvážnějších škůdců smrku ztepilého (*Picea abies* (L.) Karts.) v celé Eurasii. Vlastní průběh kalamitního přemnožení závisí na celé řadě faktorů, zejména na teplotě, srážkách, zdravotním stavu stromu a přirozených nepřátelích kůrovců (SKUHRAVÝ, 2002).

Z hlediska způsobu poškození je lýkožrout smrkový fyziologický škůdce. Jeho význam je spojen se zdravotním stavem porostů, s dostupným materiálem pro jeho namnožení a s průběhem počasí. Časný nástup jara i abnormálně teplé a dlouhé léto urychluje jeho vývoj a ve svém důsledku může zmnožit i počet generací (ZAHRADNÍK a KNÍŽEK, 2000). Při nižších populačních hustotách je považován za sekundárního škůdce, který upřednostňuje polomové stromy nebo porosty oslabené suchem či polutanty (ZUMR, 1995; SKUHRAVÝ, 2002). Často v takovémto vhodném substrátu dochází k zvýšení početnosti a rychlému nástupu gradace. Při přemnožení, když nenalézá dostatek vhodného materiálu pro založení potomstva, napadá i zdravé stromy (ZAHRADNÍK a KNÍŽEK, 2000) a stává se škůdcem primárním (KŘÍSTEK, 1995).

Přemnožení jsou obvykle způsobena nejčastěji extrémními podmínkami počasí. Rozsáhlé polomy ve smrkových lesích téměř nevyhnutelně způsobují následné přemnožení lýkožroutů. Populace se nejprve vyvinou ve spadlém kmeni a poté brouci napadají živé stromy podél hranic sousedního území a jinde v blízkém lese. Silný vítr, způsobující rozsáhlé polomové oblasti, rovněž zapříčiňuje rozptýlené polomy v okolí a patrně také vytváří významný tlak na zbývající stojící stromy (WERMELINGER, 2004).

První zmínky o lýkožroutu smrkovém sahají již do 17. století. V 18. a 19 století jsou pak zprávy o jeho kalamitním přemnožení v původních lesích střední Evropy. První výskyt kůrovce byl však zaznamenán již v roce 1473 v Německu. Ve 20. století nalezl příhodné podmínky pro svůj vývoj ve smrkových monokulturách, jimiž byly nahrazeny či postupně změněny původní smíšené lesy. Ze střední Evropy jsou doposud známy následně zmíněné velké kalamity. V letech 1868-1878 zachvátila kalamita část Bavorska, Rakouska a především oblast, která se rozprostírá v jihozápadní části dnešní České republiky (SKUHRAVÝ, 2002). Nejvážnější situace byla v první polovině minulého století (v letech 1942-1953), kdy důsledky válečných škod a sucha byly příčinou vzniku velké kůrovcové kalamity, jíž padlo za oběť několik milionů m^3 jehličnatého dříví. Druhá katastrofální kalamita následovala

o několik let později a zachvátila Německo a střední Evropu (KUDELA 1946, 1980). Ve smrkovo-listnatých lesích středního Ruska a Sibiře zaujímají kalamity lýkožrouta smrkového rozsah i 10 000 ha. (SKUHRAVÝ, 2002). Během pravidelných přemnožení v posledních dvou stoletích způsobil lýkožrout smrkový katastrofální škody i ve střední a severní Evropě (ANNILA, 1969).

2. Cíle disertační práce

- Komplexní shromáždění aktuálních literárních poznatků o zjištění populační dynamiky lýkožrouta smrkového a dalších poznatků důležitých pro řešení problematiky.
- syntéza existujících poznatků, které mohou vnést více světla do procesů, které ovlivňují reprodukční úspěch lýkožrouta smrkového v závislosti na environmentálních proměnných, a to bude nevyhnutelné pro úspěšné řešení problematiky.
- Shromáždění aktuálních informací o stavu lýkožrouta smrkového v NP Šumava i celé ČR.
- Založení modelových pokusných ploch na území ČR.
- Vedení experimentů podle připravené metodiky za účelem získání potřebných dat pro zjišťování role kompetice na klasických lapácích.
- Shromáždění získaných dat s využitím vhodného software (např. Excel), aby byla následně možná jejich statistická analýza a jejich zpracování statistickými programy (např. Statistica).
- Zjištění populační dynamiky lýkožrouta smrkového v různých gradačních fázích a jeho plodnost na klasických lapácích.

3. Literární přehled

3.1 Obecné informace o lýkožroutu smrkovém

O lýkožroutu smrkovém již bylo v odborné literatuře napsáno velmi mnoho prací, pouze výčet celkové lesnické literatury o kůrovcích by byl velmi dlouhý. Je možno odhadnout, že celkově bylo publikováno přibližně 35 až 40 tisíc prací. Přibližně 27 tisíc citací obsahují bibliografie WOODA a BRIGHTA (1987, 1992) a BRIGHTA a SKIDMORA (1997, 2002). Pro naše území jsou v současnosti nejvýznamnějšími lesnickými pracemi díla PFEFFERA (1954, 1955); DOMINIKA a STARZYKA (1989, 2004); ŠVESTKY a kol., (1996); KOLKA a STARZYKA (1996); KŘÍSTKA a kol., (2002); KŘÍSTKA a URBANA (2004); ZAHRADNÍKA (2006a, 2006b). Kromě těchto souhrnných prací byla publikována řada úžeji zaměřených studií, například ZUMR (1995) a SKUHRAVÝ (2002). Značný počet publikací o kůrovcích je věnován jejich chemické komunikaci, jak z oblasti základního výzkumu, např. BYERS a kol., (1990), tak z oblasti aplikované vědy, např. ZAHRADNÍK (2006). Obdobně je častým předmětem studia vztah kůrovců a dalších organizmů, např. WEGENSTEINER a kol., (1996). Druhy kůrovcovitých lze také řadit z pohledu hospodářské významnosti. Z celkového počtu u nás žijících druhů se přibližně jedna třetina projevuje škodlivě. V širším měřítku, např. v rámci Evropy, by se takto dalo uvažovat přibližně o jedné pětině známých druhů (KNÍŽEK a BEAVER, 2004).

3.1.1 Vývoj lýkožrouta smrkového

Vývoj potomstva není v důsledku dlouhého kladení vajíček časově jednotný. V jednom požerku se tak nachází současně vajíčka, larvy a kukly. Vliv teploty na vývoj lýkožroutů byl detailně analyzován až v poslední době (COELN a kol., 1996; WERMELINGER a SEIFERT, 1998). Minimální teplota pro vývoj je 6 - 8,3 °C (WERMELINGER, 2004).

Stadium vajíčka trvá nejméně 6 – 18 dnů. Lýkožrout v této fázi nikdy nepřezimuje. Samička klade postupně 1 – 2 vajíčka za den a za svůj život naklade 20 – 100 vajíček, která pak ukládá v matečních chodbách do jednotlivých zářezů, jež jsou od sebe vzdáleny 1 – 10 mm (ZUMR, 1995). Produkce vajíček také závisí na teplotě s dolní prahovou hodnotou 11,4 °C (WERMELINGER a SEIFERT, 1998, 1999). WERMELINGER (2004) udává jako optimální teplotu pro kladení a vývoj vajíčka 29 – 30 °C.

Larvy se líhnou z vajíček po 16 – 18 dnech a délka vývoje se pohybuje mezi 6 - 50 dny podle toho, v jakém pořadí byla kladena. V dospělosti měří larva 5 – 7 mm. Vyhlodávaná

chodba probíhá rovně a kolmo na směr matečné chodby a s postupujícím stářím larvy se chodba trychtýřovitě rozšiřuje. Larvové chodby v jednotlivých požercích na kmeni se nekříží. Nejdelší larvální chodby nalezneme nejblíže u snubní komůrky (ZUMR, 1995). Na požerku současně najdeme jak kuklící se larvy, tak larvy mladších instarů i vajíčka. Až ke konci vývinu se délky larvových chodeb, které jsou 3 – 6 cm dlouhé, pozvolna vyrovnávají a požerek nabývá charakteristického vzhledu (QUASCHIK, 1953).

Ve stadiu kukly se lýkožrout smrkový nachází 6 – 17 dnů (ZUMR, 1995). SKUHRAVÝ (2002) vypočítal, že tvorba mateřské chodby a kladení vajíčka trvá 7 – 10 dnů, délka larválního vývoje může v optimálních podmínkách proběhnout za 7 dnů, ale může se protáhnout až na 40 – 50 dnů. Průměrná délka období kukly je 8 dnů. Zralostní žír trvá za normálního počasí 2 – 3 týdny. Celkový vývoj první generace lýkožrouta trvá 7 – 10 týdnů. Brouci žijí 2 – 3 měsíce, jednotlivě i déle (KŘÍSTEK a kol., 2002). Jedna matečná chodba obsahuje v průměru 50 vajíček, která bývají od sebe vzdálena 2 – 10 mm (SKUHRAVÝ, 2002).

Brouci nové generace brzy po vylíhnutí začnou vykusovat nepravidelnou lalokovitou chodbu vycházející z kolébky. Při tomto zralostním žíru pohlavně dospívají, toto období trvá 2 – 3 týdny (ZUMR, 1985). Za vysoké populační hustoty lýkožrouta je v požercích hustá spleť larválních chodeb, proto vylíhlí brouci odlétají k zralostnímu žíru na jiná místa.

Jedním z hlavních činitelů určujících jeho životní projevy je teplota. Chladovou strnulost určil CHARARAS (1962) a VITEH (1952) toto upřesnil na teploty v rozmezí 0 – 7 °C. Brouci po přezimování v půdě nebo pod kůrou opouštějí zimoviště v rozmezí teplot 18 – 20 °C a po několikadenní fázi dospívání jsou připraveni k náletu na stromy (SKUHRAVÝ, 2002). Jeho aktivita se projevuje v rozmezí 14 - 39 °C. Při teplotě nad 40 °C opět upadá do strnulostí fáze a při teplotách nad 50 °C hyne (CHARARAS, 1962). S využitím lineárního vztahu mezi vývojovými parametry a teplotou byla spočtena dolní prahová hodnota vývoje (tj. minimální teplota potřebná pro vývoj) na 8,3 °C. S využitím nelineárního modelu se prahová hodnota pohybovala kolem 6 °C. Teplotní suma pro celkový vývoj se pohybuje v rozsahu od 334 denních stupňů (WERMELINGER a SEIFERT, 1998) do 365 denních stupňů (WERMELINGER, 2004).

Největší počet přezimujících brouků se nachází ve stádiu dospělce. Pouze malá část přezimuje ve stavu larvy nebo kukly. 90% dospělců přezimuje pod kůrou napadených smrků a pouze 2 – 6% v hrabance pod stojícím nebo napadeným stromem. U ležících smrkových kmenů přezimují v hrabance 2 – 4% jedinců vylíhlých z tohoto kmene (PFEFFER, 1955; ZUMR, 1982b). Podrobnějšími údaji o přezimování brouků se zabývalo mnoho autorů. Nejdůležitější práce, které se zabývají tímto tématem, pochází od autorů BIERMANN (1977); POSTNER

(1974); SCHNEIDE a ORELI (1947); ZUMR (1982); KLIMECZEK (1989); PFEFFER (1954); KLIMECZEK (1989) ve své práci zjistil, že největší množství přezimujících brouků bylo zjištěno v jižním směru, poté ve směru východním, dále směrem západním a nejméně bylo nalezeno na severní straně. ZAHRADNÍK (2006a) uvádí, že v hrabance zimuje nejvýše 10% populace kůrovců.

Nejvíce dospělců lýkožrouta přezimuje pod kmenem ležících stromů (cca 80%). Se zvětšující se vzdáleností od kmene klesá i počet přezimujících imag. Do vzdálenosti 0,5 m přezimuje 13%, do 1,0 m přezimuje 4% imag. U stojícího stromu přezimuje cca 66% imag do vzdálenosti 0,5 m. Ve vzdálenosti do 1,0 m přezimuje 15%, do 1,5 m 11%, do 2,0 m 5% do 2,5 m 2% a do vzdálenosti 3,0 m pouze 1% (ZUMR, 1982b). V hrabance jsou přezimující brouci napadáni cizopasnými hlísticemi. Tyto hlístice brouky nezahubí, ale pouze oslabí. V kvantitativním smyslu jde pouze o zlomek počtu brouků, kteří vyletí z hrabanky (NOVÁK, 1953).

První generace brouků se podle nadmořské výšky a průběhu počasí rojí od poloviny dubna a v průběhu května. Druhá generace je závislá na ukončení vývinu prvního pokolení a probíhá od poloviny června v nížinách do konce srpna na horách (ZUMR, 1982). Za výhodných klimatických podmínek může dojít i k rojení brouků třetího pokolení. Většinou však vývoj třetí generace nedokončí a zimují ve stadiu larev nebo kukel. Pokud nezačne rojení na jaře v květnu s předcházejícím obdobím několika teplých dnů, jsou vytvořeny nejlepší podmínky pro založení sesterských pokolení. Naopak jestliže rojení nezačne před měsícem červnem (např. v horách), založení sesterského pokolení je poměrně redukováno (ZUMR, 1985). Samička lýkožrouta smrkového může i třikrát pokračovat v kladení vajíček a celkově 91% samiček začíná první sesterské pokolení a 38% druhé sesterské pokolení (ZUMR, 1985).

V přírodě se většinou líhne stejné množství samců a samic. V Bavorsku bylo zjištěno, že se poměr pohlaví v průběhu kalamit mění. Na počátku kalamity převažují samice (1:1,89). Od čtvrtého do sedmého roku se zvyšuje podíl samců (1:0,89), (LOBINGER, 1996). Po přezimování brouci ihned reagují na feromon a během jednoho dne se mohou rozptýlit až do vzdálenosti 750 m. Pokud nejsou lákány feromony, je jejich rozptýlení v porostu rovnoměrné. Mimo les jsou schopni brouci letět i na vzdálenost 8 km (BOTTERWEG, 1983). Dalším důkazem tohoto jevu je skutečnost, že tisíce neoznačených lýkožroutů bylo chyceno v borovém lese vzdáleném 6 km od nejbližšího místa výskytu smrku. Dále bylo zjištěno, že přezimující generace se rozptyluje ve větším rozsahu než letní generace (FURUTA a kol., 1996).

Riziko napadení je také závislé na např. hustotě brouků, a co je nejdůležitější - na přístupnosti stromů. Za podmínek epidemie bylo zjištěno, že se 90% nových zamoření objevilo ve vzdálenosti do 100 m od místa starého útoku (WICHMANN a RAVN, 2001). Pokud se přístupné stromy nacházejí ve vzdálenosti od sebe větší než 100 m, ztráty rozptylu mezi brouky by mohly zamezit rozšíření zamoření (BECKER a SCHRŐTER, 2000).

Letové cesty lýkožroutů, jejich rozptyl a jejich reakce na feromonové pasti byly BYERSEM (1996, 2000) modelovány na počítačové simulaci. K hromadnému útoku na smrkové porosty využívá agregačního feromonu, který usměrňuje jeho nálet. Lety se mohou rozšířit do vzdálenosti desítek kilometrů (FORSSE a SOLBRECK, 1985). Má-li být napadení stromu úspěšné, musí být denzita brouků dostatečná k překonání odolnostního potenciálu stromu (RAFFA a BERRYMAN, 1983). K náletu na tyto stromy využívá lýkožrout smrkový denní hodiny. Na lapáky začínali první brouci naletovat mezi 9 a 11 hodinou. Maxima bylo dosaženo mezi 12 a 13 hodinou. Po 15 hodině začala intenzita náletů prudce klesat a končila mezi 17 a 19 hodinou (KUHN, 1949). Na feromonové lapače začal nálet před 10 hodinou, maximum bylo mezi 12 a 14 hodinou, ale brouci létali až do 21 hodin (FUNKE a PETERHAGEN, 1991). Samozřejmě to vše bylo ovlivněno teplotou – minimální teplota vzduchu pro let byla 16,5 ^{0}C a optimální teplota se pohybovala mezi 22 ^{0}C a 26 ^{0}C (FUNKE a PETERHAGEN, 1991; LOBINGER, 1995). Letová aktivita dosahovala horního limitu u 30 ^{0}C (LOBINGER, 1995). Studie v Bavorském lese potvrdily, že pro úspěšný útok na živé stromy na jaře jsou potřeba minimálně čtyři teplé dny v řadě za sebou s teplotami nad limitem rojení (WEISSBACHER, 1999). Obecně lze říci, že na lapáky i lapače nalétává obdobně (ZUMR, 1983; SKUHRAVÝ, 2002).

Po vyhlodání snubní komůrky v kůře uvolní samec agregační feromon, čímž přiláká samičky. Může se spářit až s pěti samicemi (obvykle 1 - 3). Po spáření každá samice vyhloubí ze snubní komůrky jednu matečnou chodbu ve směru podélné osy kmene. Po stranách této chodby klade samička vajíčka do vyhlodaných vrubů (ZUMR, 1995). Množství položených vajíček je úměrné délce chodby (ANDERBRANT, 1990). Po vylíhnutí larva konzumuje lýko, čímž vytváří larvální chodbu přibližně kolmou k chodbě matečné. Na konci mateřské chodby vytváří larva kukelní komůrku. Na přežívání potomstva závisí míra obsazení kmene. Díky vznikající konkurenci o lýko dochází i ke kanibalismu larev (THALENHORST, 1958). Lýkožrout smrkový tuto situaci řeší snížením počtu kladených vajíček (ANDERBRANT, 1990) nebo častěji opuštěním matečné chodby a založením sesterského pokolení (MARTÍNEK, 1961). Značný podíl rodičovských brouků může znovu založit druhé potomstvo na jiném stromu (BAKKE a kol., 1977).

3.1.2 Rozšíření lýkožrouta smrkového

Lýkožrout smrkový obývá obrovský areál rozšíření zahrnující Evropu a Asii. Je to původně horský druh, dnes však běžně žijící v pahorkatinách i nížinách (SKUHRAVÝ, 2002). V celé Evropě došlo za posledních 200 let k obrovskému přemnožení lýkožrouta smrkového. Kromě kalamit z Německa, Rakouska, Česka, Švédska a Norska se také značně rozšířil ve Francii, Švýcarsku, severní Itálii, v Srbsku, Bosně a Hercegovině, Rumunsku, dále na Ukrajině, v pobaltských republikách, na severu Evropy v rozsáhlé oblasti smrkovo-listnatých lesů Ruska od 55˚ do 63˚ severní šířky, v Pouralí a v západní a východní části Sibiře (SKUHRAVÝ, 2002). Nejzápadnějším místem jeho výskytu jsou Pyreneje na španělsko-francouzských hranicích, nejvýchodnější hranicí je japonský ostrov Hokkaidó. Severní hranice rozšíření v Asii tvoří jižní oblast arktické tundry na 68˚ - 69˚ stupni severní šířky, jižní hranice areálu probíhá nejsevernějším Kazachstánem, Mongolskem a severní Čínou (SKUHRAVÝ, 2002).

3.1.3 Živné dřeviny

Hlavní živnou dřevinu tvoří v Evropě smrk ztepilý (*Picea abies*), na západní Sibiři smrk sibiřský (*Picea obovata*), na východě pak *Picea jezoensis* a další. V rámci areálu je rozšířeno velké množství druhů rodů *Picea*, *Pinus* a *Abies.* Taktéž v Evropě, včetně České republiky, se objevuje i na původních i introdukovaných druzích smrku, na modřínu, někdy i na borovici nebo jedli (SKUHRAVÝ, 2002). V eurosibiřské oblasti se vyskytuje převážně na dřevinách rodu *Picea, Pinus* a *Abies* (ZUMR, 1985).

3.1.4 Vyhledávání hostitelské dřeviny

Lýkožrout smrkový je nejagresivnější druh kůrovce napadající smrk ztepilý (*Picea abies).* V malých populačních hustotách kolonizuje čerstvě polámané smrkové dřevo, ve vyšších napadá i žijící stromy. Kolonizaci zahajují jednotliví samci, kteří vybírají hostitele. Způsob vyhledání vhodného hostitele ke kolonizaci je předmětem dlouhotrvající odborné diskuze (BYERS a kol., 1988). Je známo, že agregační feromony lýkožrouta smrkového obsahují terpenoidy, které jsou biosyntetizovány ze složek pryskyřice stromu. Tyto vnitrodruhové informační chemikálie jsou mnohem přitažlivější než těkavé složky vypouštěné jehličnatými stromy (WERMELINGER, 2004). Kůrovci jsou přitahováni agregačními feromony,

pokud je dostupný vhodný substrát pro rozmnožování. Nicméně existuje rovněž důkaz, že lýkožrout produkuje repelentní feromony, pokud je substrát pro rozmnožování nevhodný (FRANCKE a kol., 1995).

Dřívější práce již ukázaly, že energetické rezervy lýkožrouta potřebují být vyčerpány před tím, než budou brouci odpovídat na feromony (GRIES, 1985). Podobně NEMEC a kol., (1993) zjistil, že brouci, kteří nevykazují odezvu na feromon, mají vyšší hmotnost než ti, kteří jsou k návnadě přitahováni. Brouci přitahováni k feromonovým pastem se lišili v hodnotách glykogenu a proteinu, 30% z nich mělo vysoké hodnoty glykogenu a nízké hodnoty proteinu a bylo předpokládáno, že pocházejí z místních populací a u 70 % se předpokládalo, že jsou to migranti (vysoké hladiny proteinu). PAINE a kol., (1997) zjistil, že lýkožrouti produkují agregační feromony pouze do chvíle, kdy je dosaženo limitu odolnosti hostitele (vyjádřeno v počtu útoků na jednotku plochy), tj. do té doby, dokud pryskyřicový systém hostitele zůstává aktivní.

V obecné rovině je všeobecně přijímán názor, že kůrovci vyhledávají hostitelský strom na základě hostitelských atraktantů a zrakových podnětů. Na rozdíl od mnoha druhů kůrovců však způsob vyhledávání hostitele u lýkožrouta smrkového není jednoznačně objasněn. Navzdory převládajícímu obecnému názoru, že jsou to hostitelské terpeny, které lýkožrouta smrkového k hostiteli navádějí, bylo překvapivě prokázáno, že tento druh je málo nebo vůbec hlavními terpenickými látkami atrahován (BYERS, 1988; SCHLYTER, 1987a). Hlavní smrkové terpeny také nezvyšují atraktivitu agregačního feromonu lýkožrouta smrkového.

Naproti tomu bylo zjištěno, že lýkožrout smrkový je velmi odpuzován nehostitelskými vůněmi. Tato fakta vedla k formulaci hypotézy, že lýkožrout smrkový může nalézt vhodný strom ke kolonizaci víceméně náhodně během dispersního letu po vylíhnutí. Zastánci této teorie svůj názor opírají o následující fakta: bylo prokázáno, že po vylíhnutí se lýkožrout smrkový rozptyluje v lesním porostu a může doletět až 40 km od místa vylíhnutí. Experimenty v letových komorách prokázaly, že dispersní let jednotlivců není kontinuální, ale je přerušován periodami odpočinku. Zastánci "teorie náhodného výběru" soudí, že během odpočinkových period mohou kůrovci navštívit i několik potenciálně vhodných hostitelských stromů a vyhodnotit jejich potenciál pro případnou kolonizaci na základě chemických (tzv. "close-range") informací. Po přistání na strom závisí rozhodnutí lýkožrouta o vhodnosti stromu pro kolonizaci na složení resp. toxicitě smrkových terpenů a na přítomnosti blíže nespecifikovaných pozitivních chemických a taktilních podnětů. Popsaný způsob vyhledávání hostitelského stromu je velmi odlišný od všeobecně vžité představy, že lýkožrout si vybírá stromy vhodné pro kolonizaci na základě přítomnosti na dálku působících (long-range)

specifických primárních atraktantů. “Teorii náhodného výběru” podporuje fakt, že navzdory poměrně velkému úsilí se doposud nepodařilo přesvědčivě prokázat, že hlavní terpeny smrku jsou pro lýkožrouta atraktivní. Hlavní terpeny smrku také nezvyšují atraktivitu agregačního feromonu (TURČÁNI a kol., 2008). Jakkoliv jsou uvedená data přesvědčivá, existenci primárních atraktantů nevylučují. Teoreticky je možné spekulovat o možnosti, že se na vyhledávání hostitelského stromu podílejí doposud neznámé těkavé látky (TØMMERÅS a MUSTAPARTA, 1987). Elektrofyziologické studie provedené zmíněnými autory jasně ukazují, že na tykadlech lýkožrouta smrkového existují četné čichové receptory, které specificky reagují na těkavé látky uvolňované z kůry hostitelských i nehostitelských stromů (Mustaparta, 1979; TØMMERÅS, 1985). To podporuje domněnku, že hostitelské vůně jsou i pro lýkožrouta významným chemickým stimulem.

Jakkoliv jsou uvedená data přesvědčivá, existenci primárních atraktantů nevylučují. Teoreticky je možné spekulovat o možnosti, že se na vyhledávání hostitelského stromu podílejí doposud neznámé těkavé látky (TØMMERÅS a MUSTAPARTA, 1987). Elektrofyziologické studie provedené zmíněnými autory jasně ukazují, že na tykadlech lýkožrouta smrkového existují četné čichové receptory, které specificky reagují na těkavé látky uvolňované z kůry hostitelských i nehostitelských stromů (MUSTAPARTA 1979; TØMMERÅS 1985). To podporuje domněnku, že hostitelské vůně jsou i pro lýkožrouta smrkového významným chemickým stimulem.

Několik experimentů z 80. let minulého století ukazuje, že lýkožrout smrkový je v přírodě atrahován smrkovými polínky (RUDINSKY a kol., 1971; AUSTARÅ a kol., 1986). Další elektrofyziologické experimenty na tykadlech lýkožrouta smrkového ukázaly, že mnohé čichové receptory reagující na přirozenou vůni kůry nereagují na hlavní komponenty extraktů kůry a vzorků těkavých látek kůry zachycených na absorbenty (TØMMERÅS a MUSTAPARTA, 1987). Z 15 čichových receptorů lýkožrouta smrkového, které reagovaly na hostitelské vůně, jenom dva zareagovaly na dvě látky přítomné ve stopových množstvích v extraktech (TØMMERÅS a MUSTAPARTA, 1987). Tyto látky nebyly chemicky identifikovány. S výjimkou TØMMERÅSE a MUSTAPARTY (1987) se problematikou primárních atraktantů na podobné úrovni dosud nikdo další nezabýval.

Po zvolení hostitelského stromu začínají samci tvořit snubní komůrku a produkují agregační feromon, který láká samice k páření a obě pohlaví k další kolonizaci. Úspěšná kolonizace stromu závisí na populační hustotě kůrovců a na odolnosti stromu. Odolnost smrků je tradičně korelována s obsahem pryskyřice, která se uvolňuje z pryskyřičných kanálků během zavrtávání kůrovců do kůry. Lepkavá pryskyřice představuje fyzickou bariéru,

která brání postupu hlodajících kůrovců. Ve vyšších koncentracích jsou pryskyřičné terpeny pro lýkožrouta toxické a repelentní. Toxicita je různá pro různé terpeny a v některých studiích byla rezistence stromů vůči kůrovcům korelována s vysokým obsahem myrcenu a limonenu. V jiných studiích se však podobné korelace nepodařilo prokázat, a to především protože složení pryskyřice smrků je extrémně variabilní díky genetické a fenotypické variabilitě, která odráží "zkušenost jednotlivých stromů" resp. specifické rozdíly ve fyziologii dané odlišnými biotickými a abiotickými podmínkami stanoviště (TURČÁNI a kol., 2009).

Pryskyřice, která se uvolňuje z pryskyřičných zásob bezprostředně po poranění nebo vniknutí patogenu představuje tzv. primární resp. konstitutivní rezistenci. Kromě toho byla u smrků popsána ještě sekundární schopnost obrany vyvolaná patogenem nebo hmyzem v případě, že primární obranný systém selhal nebo nebyl dostatečně efektivní. Tato sekundární nebo indukovaná obrana je mediována endogenními fytohormony a vede k tvorbě dalších pryskyřičných kanálků a další produkci terpenů. Indukovaná obrana může být specifická pro konkrétní patogenní organismus a indukovaná pryskyřice může mít rozdílné chemické složení od konstitutivní. Obecně se soudí, že se hierarchický systém rezistence vyvinul s ohledem na energetickou náročnost a limitované zdroje uhlíku pro syntézu terpenů. Podle teorie má strom možnost "volby" alokace zdrojů do růstu nebo do obrany podle toho, zda je nebo není ohrožen. Pokud ohrožen není, roste, pokud je ohrožen, využije všechny dostupné zdroje k obraně. Všechny formy rezistence samozřejmě souvisí s fyziologií stromu a dalšími biogenními a abiogenními faktory (TURČÁNI a kol., 2008).

3.2 Hospodářský význam, monitoring, kontrola

Ačkoli jsou kůrovci obecně vnímáni jako škodlivý hmyz, jen velmi malá část ze svrchu zmíněného celkového počtu druhů má natolik agresivní životní strategii, že je schopna napadat živé stromy a způsobit jejich zánik. Tyto druhy ovšem mají značný ekonomický význam, a to zvláště v jehličnatých lesích severního boreálního a mírného pásu (TURČÁNI a kol., 2009).

Tradiční pojetí pěstování uvádí, že v hospodářských lesích s krátkými vývojovými cykly a pravidelnými probírkami je snazší udržet populaci kůrovce pod kontrolou. Na druhé straně právě vlivem probírek, vytvářejících vzdušnější a relativně otevřený prostor, se může utvořit mikroklima příznivější pro vývoj některých primárních kůrovců, jako je lýkožrout smrkový, který při přemnožení napadá i zdravé stromy (MARTIKAINEN a kol., 1999). Na základě této studie se zmíněný problém zvláště ve smrkových monokulturách naplno

projevuje schopností jednoho či dvou druhů kůrovců gradovat a způsobit tak velké hospodářské škody. V takových lesích je značně změněna struktura porostu a tím podíl umírajícího a odumřelého dřeva jako zdroje rozmnožování různých skupin hmyzu. Naproti tomu v lesích přírodě blízkých je možné se setkat s velkou druhovou rozmanitostí, která má tendenci stlačovat hustotu populace jednoho druhu tak, aby byla v rovnováze s ostatními. Tam, kde se nachází rozmanitost druhů poškozujících dřevo, vyskytuje se i biodiverzita jejich přirozených nepřátel – predátorů a parazitoidů (MARTIKAINEN a kol., 1999).

Podle studie MARTIKAINENA (1999) je za normálních, negradačních podmínek zastoupení lýkožrouta smrkového pouhé 1 % z celkového počtu druhů přítomných v ekosystému lesa přírodě blízkého, přičemž většina jedinců nové generace lýkožroutů pochází z lokální populace (jen malé procento přilétnuvších brouků). Za situace, kdy je takový lesní ekosystém vystaven neustálému, ale nízkému útoku kůrovce, mají jeho přirození nepřátelé čas se adaptovat a připravit na novou kůrovcovou populaci (MARTIKAINEN a kol., 1999). Z podobné studie, kterou provedl WESLIEN (1992), vyplývá, že někteří antagonisté kůrovce byli ve větší míře nalezeni v lese přírodě blízkém, tudíž zřejmě citliví na některé pracovní operace, prováděné v obhospodařovaném lese.

V dnešní době, kdy mnoho lesních celků prošlo a prochází rozsáhlými a nekončícími gradacemi kůrovce, je takřka nemožné aplikovat výše zmíněné principy pěstování. Populace kůrovce, jmenovitě lýkožrouta smrkového, svými počty v některých oblastech značně převyšuje populace jeho přirozených nepřátel. Lýkožrout smrkový má dvě velké predispozice k přemnožení: 1) efektivní agregační feromony, 2) symbiotické houby napomáhající k překonání obranných mechanismů stromu (GRODZKI a kol., 2004). K těmto schopnostem se ještě přidávají další faktory, jako je nízká hladina spodní vody, větrné smršť nebo znečištění ovzduší, resp. obsah ozónu v ovzduší – v oblastech s vyšším obsahem ozónu bylo odchyceno větší množství brouků. Prokazatelně ovšem neexistuje úměra mezi obsahem ozónu v ovzduší a stupněm napadení kůrovcem, avšak obecně platí, že znečištění je jeden z faktorů napomáhajících defoliaci a snižujících vitalitu stromu, což vede ke zmenšené obranyschopnosti (GRODZKI a kol., 2004).

Kontrola lýkožrouta smrkového se provádí vizuálně ve všech smrkových porostech starších 40 - ti let, v případech kalamitního přemnožení i v prostorách mladších. Brouci napadají horní část koruny, takže není možné zjistit u stojících stromů závrtové otvory ani drtinky a barevné změny koruny stromů, které byly napadeny jako zdravé, se projevují v řadě případů příliš pozdě, zpravidla v době, kdy jsou brouci před vylétnutím po ukončeném

vývoji nebo již vylétli. Velmi často se barevné změny neprojeví ani do této doby, a tak jediným symptomem napadeného stromu je opadávající kůra.

Existují rozličné strategie pro minimalizaci ztrát smrků v důsledku lýkožrouta smrkového. Feromonové pasti mohou být užitečné při ochraně citlivých hranic oblastí a při monitorování. Nicméně záchyty v pastích jsou nejen ukazatelem hojnosti lýkožrouta, ale také přitažlivosti pastí vztažených k blízkým zdrojům feromonu a kairomonu. Antiagregační feromony nebo techniky přerušování páření jsou stále v raném stadiu vývoje. Nicméně je sporné, zda by takovéto techniky mohly být aplikovatelné a efektivní v širokém rozsahu. Jejich dopad na ekosystém je ještě potřeba vyhodnotit (WERMELINGER, 2004).

3.2.1 Hospodářský význam a škody způsoben lýkožroutem smrkovým

V německém Národním parku Bavorský les bylo od roku 1992 do roku 2000 zničeno 1,2 – 1,7 mil. smrků na 3700 ha. Tato dlouhodobá gradace byla spuštěna zřejmě kombinací nedostatečného zásobování vodou, polomy a nadprůměrnými teplotami. (NŰSSLEIN a kol., 2000; HEURICH a kol., 2001).

Během kůrovcové kalamity na území NP Šumava bylo v letech 1995 až 1999 asanováno a vyvezeno přes milion m³ dřevní hmoty (KREJČÍ, 2000). Hlavním výsledkem této kalamity, která byla způsobena činností lýkožrouta smrkového, je minimálně 5400 hektarů mrtvého lesa a holin (ZATLOUKAL, 2002). Šumava rozhodně není se svými problémy jediná - například v Německu v roce 1992 bylo kvůli napadení lýkožroutem smrkovým asanováno 10 mil. m³ smrku, v Belgii 250 tis. m³; ve Francii v letech 1992 a 1994 téměř 500 tis. m³ (BAWBILT, 2000). Neutuchající obrovské škody způsobené lýkožroutem smrkovým nám jednoznačně dokazují, že dnes užívané prostředky ochrany lesa nejsou tak efektivní, jak by si lesní hospodáři přáli.

Některé druhy predátorů navíc účinně hubí nejen lýkožrouta smrkového, ale jakékoliv přemnožené lýkožrouty na rozdíl od druhově specifických feromonových lapačů. Skutečně účinně však potlačují hmyzí predátoři lýkožrouta jen v případě jeho latentního výskytu. V případě gradace se jejich reprodukční rychlost opožďuje za reprodukcí lýkožrouta a nástup gradace tak nedokáží ovlivnit (TURCHIN a kol., 1999; WERMELINGER, 2002). Je také třeba znovu zdůraznit, že výše uvedené se týká predátorů v přirozeném lese. Z dosud málo známých důvodů se jim nedaří v kulturních smrčinách (NICOLAI, 1995).

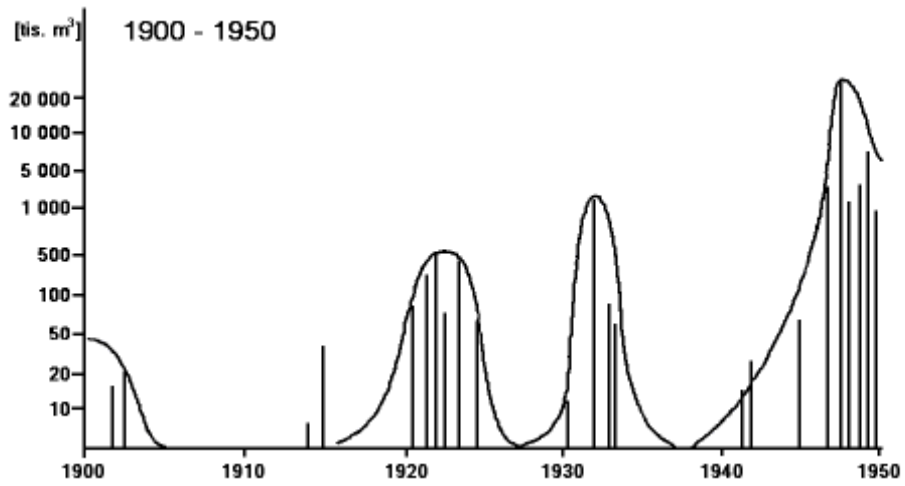
Tab. 1 Zdůraznění kůrovcových těžeb v jednotlivých středoevropských státech

Objem	2006 (mil. m^3)	2007 (mil. m^3)	2008 (mil. m^3)	2009 (mil. m^3)
ČR	1	2	2,4	2,6
SK	1,2	2,5	4,3	4-4,5**
PL*	0,6	12	1,2	0,8
A	2,3	2	1,9	2,3
D (Bav.)	3	2	1,9	1,5-2**
D (Sas.)	0,1	0,05	0,1	0,05

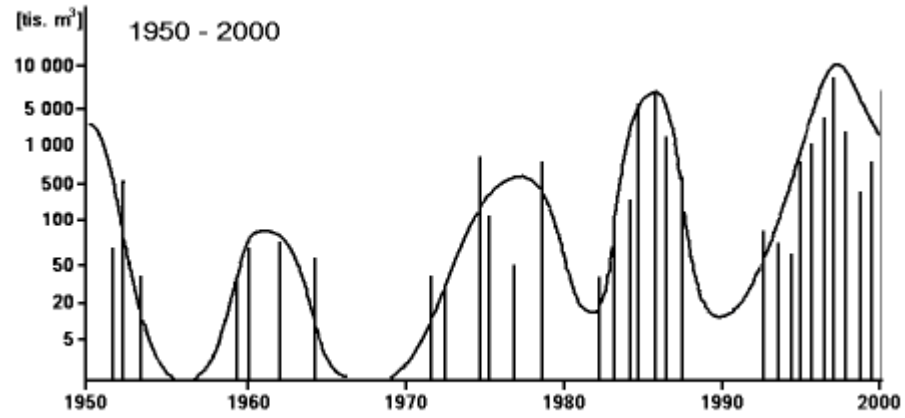
* údaje se týkají jižních oblastí Polska, ** přibližný údaj (LIŠKA a KNÍŽEK, 2010)

V poslední dekádě 20. století byla střední Evropa poznamenána orkány „Vivian, Wiebke“ na přelomu února, března roku 1990 a vichřicí „Lothar“ v prosinci roku 1999. Obě události byly katastrofální a způsobily rozšíření evropského lýkožrouta smrkového v zasažených smrkových lesích (ENGESSER a kol., 2002; FLOT a kol., 2002; SCHRŐTER a kol., 2002). V první dekádě 21. století zanechal nejvýraznější škody v lesích orkán Kyrill (2007) a vichřice Emma (2008). Orkán Kyrill se prohnal velkou částí evropského kontinentu v noci z 18. na 19. ledna 2007. Bylo zasaženo rozsáhlé území od Velké Británie, přes Francii, Nizozemí, Německo, Dánsko, Polsko a Českou republiku, až po Ukrajinu a Rusko.

Nárůst kůrovcových těžeb v jednotlivých zemích ukazuje (**Tab. 1**)**.** Orkán srazil k zemi v českých lesích téměř 10 mil. m^3 dřeva. Nejvíce - 4 mil. m^3 strhl vítr na jihu Čech. V celé Evropě rozsah kalamity překonal hranici 50 milionů m^3 (podle odhadu evropského svazu státních lesů EUSTAFOR 53,85 milionů m^3). Živlu padlo za oběť asi 100 miliónů stromů. Vichřice Emma zaútočila na Českou republiku v noci z 2. na 3. března 2008. Škody na lesích byly zhruba třetinové než po orkánu Kyrill (www.wetteronline.de). Průběh kalamit IT s množstvím napadeného dříví v Evropě za posledních 100 let zobrazuje (**Obr. 1** a **2**).



Obr. 1 Průběh kalamit IT v Evropě od roku 1900 do 1950 (Skuhravý 2002)



Obr. 2 Průběh kalamit IT v Evropě od roku 1950 do 2000 (Skuhravý 2002)

3.2.2 Kontrola a ochrana

Ochrana proti kůrovcům spočívá v kombinaci preventivních, kontrolních a obranných opatření, která vedou k udržení populací těchto organismů v hospodářsky únosných mezích. Účinnost obrany závisí rovněž na charakteru porostů, ve kterých se kůrovci přemnožují. Ve smrkových monokulturách musí být uplatňována opatření mnohem pravidelnější a intenzivnější než ve smíšených, přírodě bližších listnato-jehličnatých porostech (GÖTHLIN a kol., 2000).

Základem úspěšné ochrany proti lýkožroutu je, stejně jako v minulosti, důsledné vyhledávání a včasná a účinná asanace kůrovcem napadeného dříví. Klasickým způsobem asanace napadených kmenů bylo donedávna ruční odkornění klasickým škrabákem. Jistou změnu ve způsobu asanace přineslo široké využívání insekticidů (DEDEK a PAPE, 1990; BOMBOSCH a kol., 1992; BOMBOSCH a DEDEK, 1994). V případě kůrovců lze aplikovat pouze

insekticidy s téměř výlučně požerovým, méně kontaktním účinkem a nízkou selektivitou. Jejich použití je tak ve většině případů nežádoucí a zvlášť omezené použití pak nachází v chráněných územích. Povoleno je používat pouze schválené přípravky uvedené v aktuálním „Seznamu povolených přípravků na ochranu rostlin“ (TURČÁNI a kol., 2009).

Dalším pomocníkem ochrany lesů proti kůrovcům se staly agregační feromony s lapači, které částečně nahrazují lapáky. Klasickou návnadou je směs základního komponentu agregačního feromonu lýkožrouta, S-cis-verbenolu, s některou z dalších složek feromonu (2-metyl-3-buten-2-ol nebo ipsdienol). Řada studií však ukazuje, že lýkožrout smrkový se neorientuje jen podle vlastního feromonu, nýbrž podle mnoha dalších látek. Zvlášť důležité jsou těkavé produkty stromů a to buď stromů hostitelského smrku - ty zvyšují atraktivitu feromonu, nebo nehostitelských stromů, které atraktivitu feromonu snižují (HULCR, 2004; REDDEMANN a SCHOPF, 1996; ZHANG a kol., 1999).

Jejich značnou výhodou je ušetření zdravých stromů, které je potřeba na lapáky pokácet, což může do značné míry posloužit i ke zvýšení statické stability porostních stěn. Hodnocením jejich vlivu na fluktuační dynamiku se zabývali autoři v několika studiích (JAKUŠ a BLAŽENEC, 2002), ale jednoznačné definování jejich efektivity zatím chybí (LOBINGER, 1995).

Není proto divu, že podrobné výzkumy standardních feromonových návnad prokázaly jejich nízkou efektivitu. Například podle ZAHRADNÍKA a kol., (1993) není možné s použitím těchto přípravků odchytit více než 10 % lokální populace lýkožrouta smrkového. Ani při velmi vysoké hustotě lapačů nelze odchytit více než 35 % jedinců (DUELLI a kol., 1997). Navíc většinu z odchycených lýkožroutů tvoří geneticky netypičtí a málo plodní jedinci (BERNHARD a GRUPPE, 2000).

Feromonové pasti jsou především užívány ke kontrole, jelikož jejich účinnost při obraně je sporná. I při vysoké hustotě lapačů je odchyceno maximálně 10 % populace (WESLIEN a LINDELÖW, 1990; LOBINGER a SKATULLA, 1996). Otázkou zůstává, zda použití feromonových lapačů, byť jen ke kontrole, může mít na komplexy smrkového lesa dokonce negativní účinky. Nejdůležitějším prostředkem pro boj s lýkožroutem smrkovým, alespoň prozatím stále zůstávají klasické lapáky.

Používání nedostatečně funkčních feromonových přípravků jako prevence představuje z dlouhodobého hlediska riziko. Na mnoha příkladech různých lesních škůdců se ukazuje, že rychlé ekologické adaptace (např. přeskoky na nové hostitele, změny v čichové orientaci, změny zbarvení) jsou běžnou realitou (WATT a kol., 1997). Je tedy jen otázkou času, kdy masové používání feromonových lapačů vyselektuje biotyp lýkožrouta smrkového, který

nebude na tyto umělé a nekompletní signály reagovat. Značná variabilita již byla prokázána jak v produkci feromonů (SCHLYTER a IRGERSSON, 1989), tak v jejich atraktivitě u některých kůrovců (LANIER a kol., 1972).

NUORTEVA (1968) ukázal, že metody efektivnější než feromonové lapače, například asanace stromů v napadených porostech, jsou bohužel často nebezpečné pro lesní biotop. Zavedení tzv. čistého managementu v přirozeném lese může mít jen minimální vliv na populaci lýkožrouta, ale drasticky decimuje populace jeho přirozených nepřátel. Naopak některým druhům lýkožroutů asanace svědčí a jejich populace rostou (např. lýkožrout lesklý *Pityogenes chalcographus*) (GRODZKI, 1997). Časté užívání asanací navíc často vede k rozvolňování porostu a utváření exponovaných porostních stěn, což paradoxně může způsobit další zrychlení gradace škůdce. Přes všechna tato negativa však dosud nemáme lepší způsob ochrany hospodářského lesa, než je racionální a citlivá asanace (TURČÁNI a kol., 2009).

Také metody využívající pesticidy (otrávené lapáky apod.) mívají mnohem větší dopad na přirozené nepřátele lýkožroutů než na lýkožrouty samotné (ØKLAND a kol., 1996, WERNER a kol., 1983). Vedle těchto klasických metod jsou studovány i možnosti využití entomopatogenních hub, virů, popřípadě antiagregačních feromonů (VAUPEL a ZIMMERMANN, 1996; KREUTZ, 2001) a „Metoda sterilního hmyzu“ (TURČÁNI a VAKULA, 2008). Výsledky těchto strategií z hlediska praktického použití přinášejí v mnohých případech zatím nejednoznačné výsledky. Vedle známých a provozně aplikovaných postupů jsou vyhledávány další nové metody ochrany proti kůrovcům, které by se mohly aplikovat jen za určitých podmínek, a to jak v chráněných územích v částech s nižším stupněm ochrany, tak v běžných hospodářských lesích.

WERMELINGER (2004) shrnuje ve své práci výsledky mnoha autorů a tvrdí, že zhruba 30 % místní populace reaguje okamžitě po vylétnutí na feromon umístěný v odparníku, zatímco 50% směřuje dále než 500 m od místa vylétnutí. Tento fakt dokládá i zjištění, že tisíce označených brouků bylo chyceno v borovém lese 6 km od nejbližšího smrkového porostu (WERMELINGER, 2004).

Z hlediska povětrnostních podmínek hraje velmi významný vliv vítr. Aktivní let dospělců je možný do rychlosti 2 $m.s^{-1}$ (ZUMR, 1985). Pasivní pohyb je způsobován vzdušnými proudy, kdy za teplých bezvětrných dnů jsou dospělci často strženi a zaneseni o několik kilometrů dál od ohniska napadení.

3.2.3 Klasické lapáky

Klasickým lapákem se rozumí zdravý, odvětvený smrk nebo jeho část o výčetní tloušťce min. 20 cm. Cílem řízení kůrovců je minimalizace útoků na živé stromy. Opatření, která se nejběžněji používají pro tento účel, jsou odklízení polomů, zdravotní těžba zamořených stromů a instalace lapacích zařízení (WERMELINGER, 2004).

Lýkožrout smrkový jednoznačně preferuje strom silnějších dimenzí. Jestliže ESCHERICH (1923); KRÄMER (1953); POSTNER (1974) a další popsali rozdíly ve vertikálním rozložení kůrovců na kmeni, jejich poznatky jednoznačně korelují se sílou lýka a kůry. Nejedná se o polohu na kmeni, ale o sílu lýka, které může být ovlivněno různými stresovými faktory (houby, sucho, imise, světlostní poměry). Přestože některé malé druhy by mohly využít silnějšího lýka (*P. pityographus*), zůstávají ve vymezeném prostoru kmene a jejich postavení musí být závislé na dalších parametrech. Nelze vyloučit i diferencované složení lýka v profilu kmene, které k zastoupení druhů přispívá (KULA, 2007).

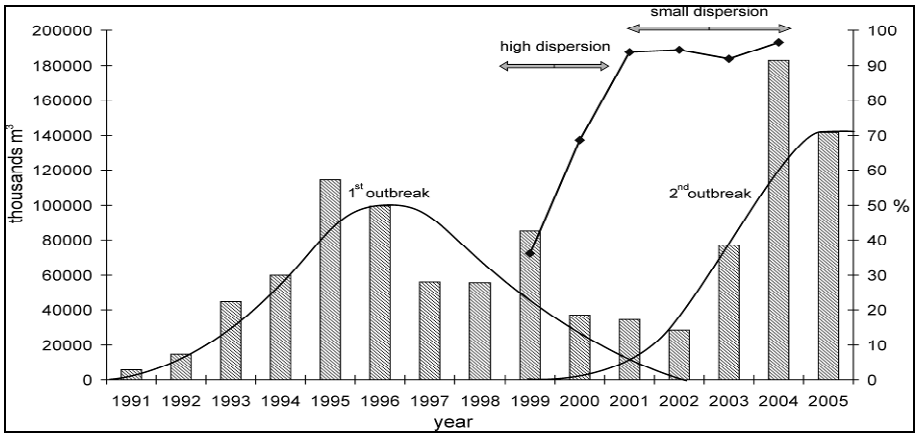
Ve stavu latence (stejně jako při přemnožení) se výskyt lýkožrouta smrkového kontroluje v porostech s alespoň 20% výskytem smrku, které jsou starší než 60 let (při kalamitním výskytu i v mladších porostech), při pravidelných pochůzkách a také pomocí lapáků a lapačů. Lapáky jsou nejznámějším a doposud nejúčinnějším způsobem kontroly a obrany proti lýkožroutu smrkovému. Jsou to pokácené stromy, kterým se nechává kůra. Lapáky I. série připravují v případě příznivých povětrnostních podmínek od konce února, nejpozději však do 30. 4. běžného roku. Lapáky II. a III. série se pokládají nejpozději jeden týden před asanací předešlé série. K přípravě lapáků je nejlepší využít čerstvé zlomy, vývraty a odřené stromy.

Počet lapáků I. série určených k obraně se vypočte z kalamitního základu a rovná se 1/8 včas zpracovaných stromů napadených lýkožroutem v daném ohnisku žíru. K tomu se přidá počet lapáků rovnající se jedno až dvojnásobku počtu kůrovcových stromů lýkožroutem již částečně nebo zcela opuštěných.

Lapáky, které byly používány i před tím, než se feromonové pasti staly komerčně dostupnými, prokázaly, že jsou 14 krát účinnější při chytání lýkožroutů než lapače (DRUMONT a kol., 1992). V Belgii jsou lapáky s nástrahovými feromony a ošetřené insekticidy stále běžné. Tento druh pastí zachytil až 30 krát více brouků než široce rozšířená past Theyson (RATY a kol., 1995), hlavně když byla návnada chráněna před sluncem. Bylo rovněž popsáno rozsáhlé využití lapáků na ochranu polomového dříví, s množstvím lapáků závisejícím na počtu stromů napadených v předcházejícím roce (GRÉGOIRE a kol., 1995).

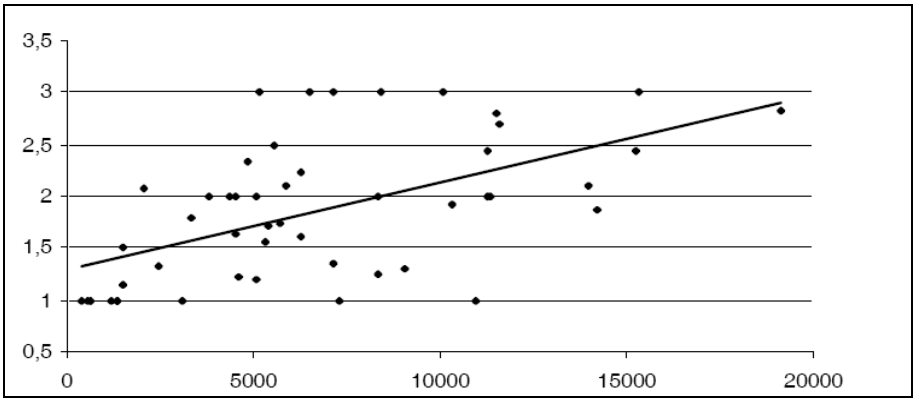
FACCOLI a STERGULC (2004) uvádějí, že existuje statisticky signifikantní závislost mezi průměrnými odchyty do jednoho lapače a ročními škodami lýkožrouta smrkového. Podobně WESLIEN a kol., (1989) nebo LINDELÖW a SCHROEDER (2000) upozorňují na silnou lineární závislost mezi odchyty do lapačů a množstvím odumřelých stromů v důsledku napadení lýkožroutem smrkovým. Proti hovoří slova WESLIENA (1992) a LINDELÖWA a SCHROEDERA (2001) podle kterých vysoké odchyty do lapačů nemusí nutně korelovat s mírou napadení stromů, avšak nízké odchyty obvykle znamenají, že by mohly nastat jen malé škody.

Tyto literární údaje jsou pravděpodobně do značné míry ovlivněny migračním potenciálem kůrovce, který se v průběhu gradačního cyklu mění. Při analýze populací na severovýchodním Slovensku (z důvodu lepší dostupnosti prostorově distribuovaných dat) bylo zjištěno, že migrace kůrovce je před, na začátku a při přemnožení následující (**Obr. 4**): konec latence a začátek přemnožení je charakterizovaný vysokou mírou disperze, naopak po vzniku ohnisek se přesuny populací v prostoru zmenší (TURČÁNI a kol., 2009).



Obr. 3 Modelové znázornění gradace v průběhu gradačního cyklu kůrovce při nově vznikající gradaci a suma napadení dřevní hmoty v tis. m^3 (TURČÁNI a kol., 2009).

Z uvedeného je zřejmé, že problém vztahu odchytů do feromonových lapačů se skutečným napadením lesních porostů se může s časem měnit a není možné aplikovat modely, které by tento fakt nezohledňovaly.



Obr. 4 Srovnání průměrného odchytu do feromonových lapačů (os x) s průměrným napadením klasických lapáků na stejných lokalitách ve fázi malé míry migrace (n = 49, Cc = 0.56**), (TURČÁNI a kol., 2009).

Příklad vztahu mezi napadením klasických lapáků a průměrnými odchyty do feromonových lapačů znázorňuje obrázek (**Obr. 5**). Z něho je patrné, že ve fázi stabilizované populace nevyhledávající nové potravní zdroje může být vztah mezi průměrnými odchyty a napadením klasických lapáků celkem těsný (TURČÁNI a kol., 2009).

Ochrana proti kůrovcům spočívá v kombinaci preventivních, kontrolních a obranných opatření (GÖTHLIN a kol., 2000), které ve svém důsledku vedou k udržení populací těchto organismů v hospodářsky únosných mezích. Účinnost obrany závisí rovněž na charakteru porostů, ve kterých se kůrovci přemnožují. Ve smrkových monokulturách musí být uplatňovaná opatření mnohem pravidelnější a intenzivnější než ve smíšených přírodě bližších listnato-jehličnatých porostech.

Volba jednotlivých metod, postupů a prostředků ochrany proti kůrovcům závisí nejen na jejich finanční náročnosti, ale i na míře s jakou negativně ovlivňují lesní ekosystém. Souhrn těchto vlastností pak rozhoduje o volbě jednotlivých metod především v závislosti na tom, v jakém stupni ochrany přírody se stanoviště nachází.

Základem úspěšné ochrany proti kůrovcům je stejně jako v minulosti důsledné vyhledávání a včasná a účinná asanace kůrovcem napadeného dříví. Klasickým způsobem asanace napadených kmenů bylo donedávna ruční odkornění klasickým škrabákem.

Dosavadní účinná obranná opatření se řídí třemi základními principy:

- zpracování veškerého dřeva, vhodného pro vývoj a množení lýkožrouta smrkového,
- včasné odstranění veškerého dřeva už napadeného lýkožroutem smrkovým před dokončením vývoje,
- soustředěné hubení v ohniscích žíru (lapáky, feromonové lapače).

Kontrolní metody (kontrola výskytu, zjišťování populačních hustot)

Tab. 2 Stupně odchytu na klasických lapácích

Stupeň odchytu	**Stupeň obsazení stromových lapáků**
Slabý stupeň napadení	do 0,5 závrtu / 1dm^2
Střední stupeň napadení	0,5-1,0 závrt / 1dm^2
Silný stupeň napadení	více než 1,0 závrt / 1 dm^2

Lapáky 1. Série se připravují nejpozději v březnu. Při základním stavu lýkožrouta smrkového (to znamená, vytěží-li se méně než 1m^3 na 5 ha smrkových porostů starších 60 - ti let a nedochází-li k výskytu ohnisek) se kontrola provádí pochůzkami. (**Tab. 3**) Při vyšším stavu se ke kontrole používají stromové lapáky anebo feromonové lapače, a to průměrně v počtu 1 ks na 5 ha smrkových porostů starších 60 let včetně smíšených porostů, kde je zastoupení smrku vyšší než 20%. Umisťují se na nejohroženější místa (tzn. tam, kde je výskyt lýkožrouta smrkového nejpravděpodobnější - nejčastěji jsou to odkryté osluněné porostní stěny (okraje pasek).

Pro zachycení sesterských pokolení a dalších vln rojení se podle zjištěného stavu volí následující počet lapáků (tzv. lapáky II. a III. série) nebo lapačů: při slabém a středním stupni se jejich počet snižuje na polovinu, při silném stupni zůstává jejich počet stejný i pro zachycení druhého rojení.

Vyšší počet se klade v případech, byly-li napadeny stojící stromy nebo nalezeno kůrovcové dříví (např. vývraty, neodvezená kulatina, apod.), ve kterém kůrovec dokončil vývoj (ze kterého již „vylétl“), a to v poměru 1:1 až 1:2, což znamená, že se ke kontrolním lapákům přidá stejný nebo dvojnásobný počet oněch „vylétlých“ kmenů.

Počet potřebných lapáků nebo lapačů pro první sérii lze vypočítat také podle tzv. kalamitního základu. Kalamitní základ je množství kůrovcového dříví vytěženého v období od 1. srpna do 31. března. Tento objem dříví vydělíme průměrnou hmotnatostí (vyjde nám zde, kolik to bylo stromů) a dále osmi, což dá počet lapáků nebo lapačů.

$$\text{Počet lapáků} = \frac{\text{Kalamitní základ (m}^3\text{) : Průměrná hmotnatost (m}^3\text{)}}{8}$$

Metody obrany proti přemnožení lýkožrouta smrkového

Preventivní ochrana

- Vyhledávání, vyznačování, vytěžení, včasná asanace kůrovcových stromů - provádí se po celý rok, pozornost je třeba věnovat místům, kde se lýkožrout smrkový již vyskytnul, stěnám pasek, porostním stěnám a stromům v blízkosti feromonových lapačů.
- Zpracování veškerého kalamitního dříví vhodného pro rozvoj kůrovce nejpozději do konce června téhož roku. Včasný odvoz zpracovaného dřeva z lesa. Dojde-li k jeho napadení na skládkách, je nutné jej buď odkornit nebo ošetřit insekticidy. Odstranění (spálení, rozštěpkování) veškerých zbytků po těžbě rovněž do konce června.

Přímá obrana

- Pomocí stromových lapáků: pro kontrolu klademe jeden lapák na 5 ha smrkových porostů (včetně těch, které mají zastoupení smrku 20% a vyšší) starších 60 - ti let.
- Pokud je po jarním rojení kůrovce zjištěno napadení slabé nebo střední, snižuje se jejich počet kladených v druhé sérii na polovinu série první.
- Při silném napadení se klade pro druhou sérii stejný počet lapáků, jako byl v první sérii.
- Pro zachycení sesterských pokolení (po první nebo druhé vlně rojení) se při zjištění středního napadení klade 1/10 první série, při silném napadení 1/5 první série.
- Lapáky třetí série (pro zachycení druhého rojení) se kladou podle stejných zásad.
- Pokud byly zjištěny vylétlé kůrovcové stromy nebo lapáky, klade se za každý takový případ jeden lapák.
- Počet potřebných feromonových lapačů nebo otrávených lapáků se stanovuje podle stejných zásad.

Lapáky nebo feromonové lapače musí být instalovány nejméně čtrnáct dní před předpokládaným počátkem rojení lýkožrouta smrkového (prakticky do 15. dubna v nižších polohách). O lapácích a lapačích se vede evidence a uvádějí se následující data: číslo lapáku, číslo série, datum kontroly (musí se provádět v pěti až desetidenním intervalu), zjištěné napadení lapáku (počet závrtů/dm^2), datum asanace lapáku.

3.2.4 Problematika lýkožrouta v chráněných územích

Lesy, ve kterých se nehospodaří, nemusí mít nezbytně vyšší populační stavy kůrovce oproti lesům hospodářským. Některé studie např. (SCHLYTER a LUNDGREN, 1993) ukazují, že denzita kůrovce je v neobhospodařovaných lesích stejná, nebo dokonce nižší než v okolních hospodářských lesích. Nicméně po narušení většího rozsahu jako lesní požáry nebo větrné kalamity populace kůrovců v těchto lesích velmi rychle vzrůstá až ke kalamitním stavům (SCHLYTER a LUNDGREN, 1993).

Velké kůrovcem napadené plochy ohrožují okolní porosty do vzdálenosti až 500 m (SCHRÖTER, 1999; WICHMANN a RAVN, 2001). Hospodářské lesy sousedící s chráněnými územími mají vyšší riziko ohrožení kůrovcem (BECKER, 1999). Nicméně nejsou ohroženy výlučně migrací kůrovců z těchto chráněných území. Pokud je např. větrnou kalamitou spuštěno přemnožení kůrovce v rezervacích, pravděpodobně také okolní porosty jsou kalamitou oslabeny, a pak jsou tedy tyto porosty více náchylné k namnožení i lokálních populací kůrovce (WERMELINGER, 2004).

V některých případech (např. v Národním parku Bavorský les) byly vytvořeny fytosanitární ochranné zóny (tzv. buffer zone) kolem rezervací, ve kterých kůrovec gradoval. Obrana proti kůrovci v těchto pásech není jednouchá díky velikosti těchto ploch, které musí být neustále monitorovány a do nichž neustále brouci z rezervací nalétávají. Prakticky se jako účinné jeví zřízení zóny o velikosti mezi 100 m (NIEMEYER a kol., 1995) a 1500 m (HEURICH a kol., 2001). Tyto zóny v podmínkách ČR chybí nebo jsou zřizovány až v poslední době.

Dlouhodobě udržitelnou strategií snižování rizika útoků lýkožrouta smrkového v obhospodařovaných smrkových lesích je snižování zastoupení smrků a tvorba různorodých oblastí. Několikadruhové lesy jsou často méně náchylné k útokům kůrovců. Může to být dáno zastoupením nižšího množství a méně náchylných hostitelských stromů, vlivem přirozených nepřátel nebo těkavých látek nehostitelských stromů, interferujících s feromonovou komunikací kůrovců (BYERS a kol., 1998; ZHANG a kol., 1999).

V latentní fázi je hustota populace lýkožrouta smrkového nižší v neobhospodařovaném lese než v lese hospodářském, což potvrdili např. SCHLYTER a LUNDGREN (1993). Druhým faktorem, omezujícím možnost gradace lýkožrouta v druhově smíšeném a věkově rozrůzněném lese, jsou přirození nepřátelé lýkožrouta. Mnohé výzkumy ukazují, že právě ti bývají přirozeným klíčovým faktorem v populační dynamice kůrovců (BEAVER a kol., 1977; TURCHIN a kol., 1999).

3.3 Populační dynamika

Populační dynamiku lýkožrouta smrkového ovlivňuje řada faktorů. Z abiotických jsou to zejména teplota a srážky, z biotických zdravotní stav porostů, vnitrodruhová a mezidruhová konkurence, mortalita způsobená predátory, parazitiody a patogeny (SKUHRAVÝ, 2002).

Jedním ze základních východisek úvah o populační dynamice lýkožrouta smrkového je množství jedinců kolonizujících jeden strom. Na základě studia 85 kmenů ze tří ohnisek, v místě s maximální hustotou náletu stanovil MARTÍNEK (1956a) za typické napadení v rozmezí 150 -300 závrtů na 1 m^2 (s pravděpodobností 85%) a 301 až 500 matečných chodeb na 1 m^2 (s pravděpodobností 72%). Za optimální hustotu však WERMELINGER (2004) považuje 500 matečných chodeb na m^2. Tato hustota by měla zaručovat nejvyšší počet přeživších potomků. Obecně platí, že se vrůstající hustotou roste i vliv vnitrodruhové konkurence na mortalitu (BEGON a kol., 1997). Plocha kůry, která je k dispozici jednotlivým rodinám lýkožrouta se zmenšuje se stoupající hustotou, stejně významně ubývá i počet nakladených vajíček mateřskými samicemi (THALENHORST, 1958; ANDERBRANT, 1990).

Populační dynamiku chápeme jako dynamický proces zahrnující změny struktury populace, tj. disperze, abundance a dále např. změny věkové struktury, poměru pohlaví, plodnosti, konstituce, zdravotního stavu a mortality. Zahrnuje tedy nejen změny populace, ale i jejich příčiny, které mohou být endogenního nebo exogenního charakteru. Populační dynamika se tedy charakterizuje jako soubor kvalitativních a kvantitativních znaků populace na základě poznání, na kterém je možné vytvářet prognózy o dalším vývoji populace, a je možné uměle ovlivňovat vývoj populační dynamiky, a tak zabránit možnému poškození lesních porostů.

Velikost populací lýkožrouta smrkového je dána únosnou kapacitou materiálu vhodného k rozmnožování a vývoji potomstva, přičemž příznivý substrát mohou představovat buď oslabené stromy, které mohou být zahubeny, když jsou brouci dostatečně početní nebo když je dostupné čerstvě odumřelé dřevo, např. dříví po větrných polomech (CHRISTIANSEN, a kol., 1988; ØKLAND a BERRYMAN, 2004). ØKLAND a BJØRNSTAD (2003) a ØKLAND a BERRYMAN (2004) uvádějí, že v jejich analýzách představuje množství dříví z větrných polomů hlavní faktor, který nejvíce ovlivňuje populační dynamiku lýkožrouta smrkového, z čehož vyplývá, že rozsáhlé větrné polomy mohou být velice významnou příčinou a řídícím činitelem přemnožení lýkožrouta smrkového.

Dynamika populačního růstu u lýkožrouta smrkového je řízena prostřednictvím mechanismů negativní zpětné vazby, jako je např. vnitrodruhová konkurence. Bylo prokázáno, že počet larev klesá s rostoucí hustotou mateřských chodeb (ANDERBRANT, 1990; SCHOPF a KÖHLER, 1995). Jinou negativní zpětnou vazbou může být vliv přirozených nepřátel, jejichž počet se v průběhu přemnožení zvyšuje (WERMELINGER, 2002). Vývoj potomstva není v důsledku dlouhého kladení vajíček časově jednotný. V jednom požerku se tak mohou nacházet současně vajíčka, larvy a kukly (ZUMR, 1995). FACCOLI a STERGULC (2004) uvádějí, že existuje vysoká korelační závislost mezi průměrnými odchyty do jednoho lapače a ročními škodami, mezi odchyty na jaře (od května do poloviny června) a celkovými odchyty (od května do srpna) a mezi odchyty na jaře (od května do poloviny června) a každoročním poškozením. Statisticky signifikantní závislost mezi jarními odchyty a poškozením porostů lýkožroutem smrkovým umožňuje spolehlivě stanovit limit výše poškození porostů (asi 5000 brouků/lapač, během jarního rojení v oblasti jižních Alp). Pro srovnání WESLIEN (1992) uvádí hranici 10 000 brouků na lapač pro Švédsko a ve stejné zemi LINDELÖW a SCHROEDER (2001) doporučují používat ještě vyšší odchyty (15 000 brouků na lapač). Silná lineární závislost byla pozorována mezi odchyty do lapačů a množstvím odumřelých stromů v důsledku napadení lýkožroutem smrkovým (WESLIEN a kol., 1989; LINDELÖW a SCHROEDER, 2000). Na druhou stranu však podle některých autorů vysoké odchyty do lapačů nemusí nutně korelovat s mírou napadení stromů, ale nízké odchyty obvykle znamenají, že by mohly nastat jen malé škody (WESLIEN, 1992; LINDELÖW a SCHROEDER, 2001).

Za činitel, který nejvýznamnějším způsobem ovlivňuje populační růst lýkožrouta smrkového, považuje MARTÍNEK (1961) počet sesterských rojení. Za významné pak považuje pouze ty faktory, které ovlivňují úspěšnost a množství sesterských pokolení. Počet sesterských přerojování je podle něj klimaticky podmíněn a nezávisí na populační hustotě. ANDERBRANT (1990) považuje intenzitu sesterského přerojování na denzitě za závislou. Za klimaticky průměrných let přistupuje podle MARTÍNKA (1961) ve střední Evropě k prvé sesterské snůšce 2/3 samic původního počtu rodičovských brouků, druhou sesterskou snůšku pak prodělá 1/3 samic z těch, které kladly při prvním sesterském přerojení.

V názorech na počet vajíček vykladených jednou samicí panuje v odborné literatuře značná nejednotnost. V závislosti na tom, zda samice prodělala sesterské rojení, uvádí PFEFFER (1954) počet vajíček v rozmezí 20 - 100 kusů a průměrný počet stanovil na 60 vajíček. MARTÍNEK (1956b) udává maximální počet vajíček u prvního sesterského rojení ve výši 122 kusů, počet vajíček během prvního sesterského rojení je podle Martínka

(1961) vždy vyšší než při prvním kladení. ANDERBRANT (1990) považuje velikost sesterské snůšky za závislou na výši prvního kladení. Podle ZUMRA (1995) klesá počet kladených vajíček s nadmořskou výškou a pohybuje se mezi 25 (1200 m.n.m.) až 83 (500 m.n.m.). WERMELINGER (2004) uvádí velikost snůšky až do 80 vajíček na samici.

Produkci vajíček v závislosti na hustotě obsazení kmene se pokusil matematicky vyjádřit THALENHORST (1958) vzorcem: $Y = b - a \cdot \left(\sqrt{x}\right)$

Y - produkce potomstva každé samičky,

b - zamýšlená produkce,

a - koeficient rušení,

x - hustota mateřských chodeb na 1000cm^2.

Koeficient rušení (a) nabývá dvou výrazně odlišných hodnot. Pro první matečnou chodbu okolo 3, při zahrnutí sesterského rojení 9,5. Zamýšlenou produkci (b) můžeme definovat jako počet nakladených vajíček bez vlivu prostorové konkurence, v konkrétních podmínkách substrátu.

Pro první mateřskou chodbu samice THALENHORST (1958) uvádí zamýšlenou produkci v rozmezí 35 - 50 vajíček, tyto hodnoty se zvyšují zahrnutím sesterského přerojování až na 89,3 kusů. Počet kladených vajíček se snižující hustotou zvyšuje do určitého okamžiku a poté zůstává na stejné výši. Dostáváme tak hraniční bod, ve kterém již populační hustota nemá vliv na počet kladených vajíček.

Kmeny s takto nízkou hustotou neměl THALENHORST (1958) ani BOMBOSCH (1954) při použití publikovaných i nepublikovaných údajů k dispozici, takže tyto závěry nemohl ověřit. Při extrémně vysokých populačních hustotách, kdy bychom mohli očekávat počet vykladených vajíček blížících se nule, byla vaječná snůška zjištěná THALENHORSTEM (1958) vždy vyšší, než jím sestavený model předpokládal. Je to z toho důvodu, že jednotlivé požerky nejsou na ploše rovnoměrně rozmístěny, vždy se v rámci obvodu kmene nacházejí místa s vyšší a nižší hustotou. Za druhé všechny samičky nezačínají klást ve stejnou dobu. Část samic položí určité množství vajíček dříve, než hustota dosáhne vysokých hodnot.

ANDERBRANT (1990) při svém pokusu s poleny o různé hustotě obsazení zjistil, že samice vykladly 50% všech vajíček během 2 - 4 dnů. K výraznému vlivu hustoty obsazení kmene na velikost vaječné snůšky dospěl i ŠVIHRA (1973). Ten udává počty průměrně nakladených vajíček podle stupňů napadení stanovených MARTINKEM (1956a). Je zarážející, že MARTÍNEK (1961) vliv hustoty na množství kladených vajíček považuje za určující pouze při velmi silném obsazení kůry (nad 4 požerky na dm^2). Výskyt takto silného napadení však

pokládá dle své předchozí práce (MARTÍNEK 1956a) za nepravděpodobný. Při nižší a střední hustotě požerků dle MARTÍNKA (1956a), nepovažuje MARTÍNEK (1961) denzitu za určující činitel ovlivňující velikost vaječné snůšky. Již při hustotě cca 3 požerky na 1 dm^2 rozhoduje dle MARTÍNKA (1961) o počtu kladených vajíček především vhodnost substrátu k vývoji nebo extrémní klimatické vlivy, jakými jsou např. náhlé ozáření či náhlé přílišné zavlhčení. K těmto tvrzením však MARTÍNEK (1961) neposkytuje konkrétní údaje, podle kterých k takovým závěrům dospěl. Míru kladení závislou na hustotě potvrzuje i ANDERBRANT (1990).

Při porovnání požerků brouků, kteří obsadili živé stojící stromy, bylo shledáno v průměru více vajíček (a = 31; b = 43) než u těch z ležících odříznutých stromů (a = 2,7; b = 37). (THALENHORST, 1958). Je zřejmé, že „produkční připravenost“ není předem dána a je ovlivňována kvalitou substrátu. HEDGREN a SCHROEDER (2004) však došli při porovnání stojících a pokácených stromů k opačným závěrům, celková vaječná snůška byla vyšší na odříznutých ležících stromech (522 proti 460 ti na m^2).

BOMBOSCH (1954) poukazoval na závislost produkce vajíček vzhledem k stáří ohniska. Podle jeho údajů se THALENHORSTOVI (1958) nepodařilo plně tento vztah prokázat, rozdíl hodnot koeficientu rušení byl příliš malý. Nelze ale upřít populaci lýkožrouta smrkového v mladém ohnisku vyšší zamýšlenou produkci (b = 47,3) proti broukům ve starém ohnisku (b = 34). Vzhledem k absenci údajů se THALENHORSTOVI (1958) nepodařilo stanovit, zda existují rozdíly v produkční připravenosti mezi jarní a letní generací. Kromě toho upozorňuje na možný vliv teploty na velikost snůšky.

3.3.1 Charakteristika populační dynamiky

Průběh přemnožení závisí do značné míry na chodu počasí, opakovaných přísušcích, dalších větrných polomech nebo jiných stresorech, jakož i na dostupnosti a náchylnosti hostitelských stromů (WERMELINGER, 2004). Riziko přemnožení je tak závislé nejen na velikosti populace, ale také na stresu z dlouho trvajícího sucha, které může být důležité pro začátek přemnožení tím, že je k dispozici více stromů náchylných k napadení (BERRYMAN, 1982; WORRELL, 1983). Ke kůrovcovým kalamitám v Norsku (v roce 1850 a 1970) předcházelo dlouhé období výrazného sucha (WORRELL, 1983). Některé studie však naznačují, že i když sucho zvyšuje riziko napadení, může mírné sucho způsobit, že se stromy stanou dokonce více odolné proti útokům kůrovců (DUNN a LORIO, 1993). Ve Slezské nížině byla potvrzena statisticky významná závislost mezi délkou období sucha a výší nahodilé těžby

cross-korelační funkcí v roce n+1, což ukazuje pravděpodobný významný vliv průběhu počasí v roce předcházejícím na výši nahodilé těžby v roce následujícím (STANOVSKÝ, 2002).

3.3.1.1 Populační hustota

Stoupne-li populační hustota, zvětší se možnost jeho setkání s dravci. Ti pak zahubí větší počet členů zvětšující se populace. Zvýšení populační hustoty určitého hmyzího druhu vyvolává také jinou odezvu u jeho pronásledovatelů. První je numerická reakce okamžitá. Dochází k ní tak, že se oponenti přesouvají do oblasti přemnožení hmyzu. Je to běžné u přelétavých hmyzožravých ptáků. Druhá forma numerické reakce spočívá ve využití přemnoženého hmyzu predátory a parazitoidy ke zvyšování vlastní populační hustoty. Nazývá se opožděnou numerickou reakcí. Projevuje se to tak, že zvýšená nabídka přemnoženého hmyzu dává možnost buď lepší výživy predátorům, nebo více příležitostí uplatnit všechna vytvořená vajíčka parazitoidům. Konec přemnožení fytofágů často způsobí nedostatek potravy po holožíru nebo infekční choroba. Pak končí i přemnožení oponentů, kteří jsou na populaci uvažovaného druhu vázáni. Lýkožrout smrkový osidluje vždy hromadně kmen tam, kde nalézá vhodné podmínky pro rozmnožování. Hromadný nálet je podmíněn signalizující látkou, kterou uvolňují samečci zavrtávající se pod kůru (ZUMR, 1985).

Nejprve obsazuje stromy v polomech, posléze brouci atakují sousedící porostní okraje a okolní porosty (WERMELINGER, 2004). JAKUŠ a kol., (2003) pozorovali, že lýkožrout smrkový migruje v počátečních fázích přemnožení na delší vzdálenost, což je důsledkem široké nabídky zdrojů (stresovaných stromů, které přečkaly ničivý vítr). Nejčastější formou napadení porostů jsou menší ohniska a rozsevy, které se později spojují v rozsáhlé souvisle napadené plochy (FAIMAN, 1996). Nová ohniska podle WICHMANNA a RAVNA (2001) vznikají do vzdálenosti 500 m od míst starého napadení. Stoupající riziko výskytu napadených stojících stromů se zvyšujícím se množstvím polomů nebylo naším šetřením prokázáno, což souhlasí se závěry PELTONENA (1999), který ovšem studoval závislost mortality stromů na porostních okrajích vzniklých odtěžením porostu. Při nízkém počtu vyvrácených stromů prokázali menší ohrožení okolních porostů i ERIKSSON a kol., (2007). Se zvyšujícím se množstvím polomů však ohrožení okolních porostů stoupá. Velmi důležitým faktorem, rozhodujícím o následné gradaci, je populační hustota lýkožrouta smrkového v okolních porostech (ERIKSSON a kol., 2008). Množství polomových stromů, které může ročně vzniknout a být obsazeno lýkožroutem smrkovým bez rizika vzniku přemnožení, uvádí pro středoevropské podmínky ve své práci SKUHRAVÝ (2002). Toto množství stanovuje

na cca 10 stromů/ha (především stromů slabších dimenzí). Ve smrkových porostech blízkých přírodnímu stavu může být podle MRKVY (1997) ponecháno 10 – 15 jednotlivě rozmístěných stromů nebo skupina o maximální výměře 2 – 3 ary. Ovšem v případě epizody sucha (deficit více než 100 % normálu po dobu 3 měsíců) navrhuje množství ponechaných stromů korigovat. V severní Evropě (Finsku) je za množství, které nezpůsobí vznik přemnožení, považováno 20 stromů (ERIKSSON a kol., 2007, 2008).

Rychlost a rozsah šíření lýkožrouta smrkového byl mnohokrát popsán, z poslední doby jsou nejnázornější případy známy z oblasti masivu Šumavy či slovenských Vysokých Tater (SKUHRAVÝ, 2002; KUNCA a ZÚBRIK, 2006; ZACH a kol., 2008). Nejprve jsou obsazeny stromy v polomech, posléze brouci atakují sousedící porostní okraje a okolní porosty (WERMELINGER, 2004). JAKUŠ a kol., (2003) pozorovali, že lýkožrout smrkový migruje v počátečních fázích přemnožení na delší vzdálenost, což je důsledkem široké nabídky zdrojů (stresovaných stromů, které přečkaly ničivý vítr). Nejčastější formou napadení porostů jsou menší ohniska a rozsevy, které se později spojují v rozsáhlé souvisle napadené plochy (FAIMAN, 1996). Nová ohniska podle WICHMANNA a RAVNA (2001) vznikají do vzdálenosti 500 m od míst starého napadení.

3.3.1.2 Parametry fluktuační a populační dynamiky

Populační dynamika v měřítku řádově desítek let má obvykle zcela nepravidelné výkyvy fluktuace, ale může se vyznačovat i pravidelným kolísáním, tzv. populačními cykly. Jsou – li změny v početnosti lýkožrouta sledovány během období několika let, jedná se o fluktuaci. Fluktuace u lýkožrouta závisí na nahromadění vhodné potravy ve formě větrných polomů a v dostatečném množství. Nezávisí na počasí a vlastní oscilaci (ZUMR, 1985).

Dle zásad integrované ochrany lesa je mnohem účinnější ovlivňování vývoje populace v jak předgradačním období, tak v průběhu gradace, kdy se stává obranný zásah nevyhnutelný. Ovládání populací spočívá hlavně ve zhoršování podmínek potřebných pro život škůdců. Může se to odehrát buď změnou dřevinného složení, nebo podporováním pro škůdce nepřátelských organizmů v jeho životním prostředí. Důsledkem je zmírnění nárůstu populační hustoty škůdců a snížení jeho nepříznivého vlivu na ekosystém. Aby bylo možné postupovat v rámci uvedených zásad, musíme dokonale poznat některé důležité parciální veličiny, charakterizující populační dynamiku. Mezi nejdůležitější patří poznání abundance a disperze populací škůdců na území, která obývají.

Jakým směrem se bude početnost populace ubírat, tedy zda poroste, poklesne nebo zůstane početně stabilizovaná, určují zejména následně jmenované populační charakteristiky. Jsou to natalita, mortalita a disperze, která sestává z emigrací a imigrací. Teoretickým základem pro pochopení populační dynamiky a dalších jevů s ní souvisejících jsou tzv. růstové modely. Z těchto modelů odvozujeme dva nejznámější typy životních strategií, r- a K-strategii. Obývá-li populace vhodné prostředí s dostatkem zdrojů a bez omezujících vlivů, má přirozenou tendenci k rychlému početnímu růstu. Parametry tohoto růstu jsou velikost populace a vnitřní rychlost růstu této populace, tzv. biotický potenciál. Biotický potenciál zahrnuje množství potomků vyprodukovaných v jednom rozmnožovacím období jednou samičkou. Typickým příkladem r – stratéga je lýkožrout smrkový. Rezistenci prostředí - souhrn regulačních faktorů populačního růstu, lze z velké části chápat také jako odezvu okolí na růst populace. Jejich význam vzrůstá s rostoucí početností populace. Teoreticky nejvyšší je ve chvíli, kdy početnost populace dosahuje nebo dokonce přesahuje nejvyšší (limitní) početnost, kterou může příslušné území v daném okamžiku uživit. Právě takto je definována nosná kapacita prostředí pro určitou populaci v okamžitých podmínkách prostředí. Nosná kapacita prostředí není neměnnou konstantou, nýbrž kolísá v prostoru a čase. Existují jak oblastní rozdíly v nosné kapacitě prostředí, tak i sezónní proměnlivost (BEGON a kol., 1997). Nedostatek potravy je jedním z faktorů, které způsobují zhroucení populace, k němuž dochází na konci gradace (HOCHMUT, 1962).

Cílem studia populačních cyklů obvykle není popisovat a vysvětlovat změny početnosti během roku, ale analyzovat příčiny pravidelných početních změn populací z roku na rok – jejich nárůstu a ubývání v průběhu let, které se ve více či méně pravidelných intervalech opakují. Podle charakteru gradace neboli dosahování vrcholné početní fáze rozlišujeme tři základní typy populačních cyklů:

(1) Druhy s latentní (skrytou) gradací se vyznačují dlouhodobě nízkou početností nedosahující nosné kapacity prostředí (K); gradaci mívají nenápadnou s mírným přesahem K. Tento typ je charakteristický pro tzv. nekalamitní hmyz.

(2) Permanentní typ se vyznačuje dlouhodobou až trvalou početností nad K pouze s dočasným poklesem pod tuto hodnotu.

(3) Temporární typ vykazuje velké kolísání početnosti s nápadnými gradacemi.

THALENHORST (1958) stanovil míru vlivu jednotlivých faktorů na populační dynamiku lýkožrouta smrkového podle gradačních fází (latentní, extenzivní a intenzivní).

Při latentní fázi se nejvýrazněji uplatňuje mezidruhová prostorová konkurence (cca 45 %), následuje vaječná mortalita (cca 25 %), mortalita kukel a mladých brouků

(cca 10 %), vnitrodruhová prostorová konkurence (cca 7 %), predátoři (cca 2 %) a vliv parazitoidů (cca 1 %). Podíl larev, které se vyvinuly až do stadia dospělosti, je ve fázi latence cca 8 %.

V extenzivní fázi se poměry mortality vlivem jednotlivých faktorů výrazně mění a dominantní roli hraje vnitrodruhová prostorová konkurence (cca 36 %) – při použití SCHEDLOVÝCH (1936) údajů až cca 68 %, dále pak má výraznější vliv také mortalita kukel a mladých brouků (cca 16 %), následují vaječná mortalita a mortalita připisovaná na vrub predátorů ve shodné výši cca 10 %, stále na nízké úrovni se udržuje mortalita vlivem parazitoidů (cca 2 %), mezidruhová prostorová konkurence se v této gradační fázi jako mortalitní faktor neuplatňovala. Podíl larev, které se vyvinuly až do stadia dospělosti, činil cca 20 %.

V intenzivní fázi je stále nejsilnějším mortalitním faktorem vnitrodruhová prostorová konkurence (cca 37 % resp. 50 %), významně se zvýšil podíl predátorů (cca 20 % resp. 27 %), mírně vzrostla ještě vaječná mortalita (cca 13 % resp. 16 %), v údajích z polomové hmoty z roku 1946 byla poměrně výrazná mortalita kukel a mladých brouků (cca 10 %), vliv parazitoidů se pohyboval stále na minimální výši cca 2 % resp. 1%. Podíl larev, které dokončily vývoj, se snížil na cca 18 % resp. 8 %.

Z THALENHORSTOVÝCH (1958) závěrů vyplývá, že nejvýznamnější mortalitní faktor je vnitrodruhová prostorová konkurence. MARTÍNEK (1961) považuje roli vnitrodruhové kompetice za přeceňovanou. Další zápornou zpětnou vazbou může být vliv přirozených nepřátel, který se s přibývajícím časem zvyšuje (WERMELINGER, 2002).

3.3.2 Faktory ovlivňující populační dynamiku lýkožrouta smrkového

Mezi faktory ovlivňující populační dynamiku lýkožrouta smrkového patří: teplota, vlhkost (krátkodobé a dlouhodobé srážky), vítr (a následky - polomy sněhem a námrazou), vitalita smrků, stanovištní a půdní poměry, složení lesních porostů (monokultura, hustota porostu, stáří), dále přítomnost škůdců a chorob, mezidruhové a vnitrodruhové vztahy mezi lýkožrouty, fáze vývoje, v níž se populace lýkožrouta nachází (základní stav nebo nárůst populační hustoty), biotičtí činitelé, zdravotní stav lesa, globální vlivy na lesy, imise a chřadnutí lesů.

Důsledkem některých z těchto faktorů je snížení vitality stromů, projevující se minimálním přírůstem, ztrátou jehličí, poškozením kořenového vlášení, postupným

snížením a ztrátou odolnosti a celkovým chřadnutím stromů či celých porostů. (SKUHRAVÝ, 2002).

3.3.2.1 Přírodní podmínky

K přírodním podmínkám, které nejvíce ovlivňují populační dynamiku náleží: teplota, srážky, přirozená obrana stromu a kvalita potravy.

3.3.2.1.1. Teplota

Ve svých studiích ANNILA (1969); ZUMR (1982); ANDERBRANT (1986); BAIER a kol. (2002) určili teplotu vzduchu jako dominantní faktor podmiňující vývoj a reprodukční cyklus. ANNILA (1969) navrhl obecně akceptované limity, které dále publikovali WERMELINGER a SEIFERT, (1998) a LANGE a kol. (2006). Další obsáhlý výzkum teplotních limitů lýkožrouta smrkového realizoval BAIER a kol. (2007). Autoři předpokládali začátek aktivity na jaře při 16,5 °C za předpokladu, že od 1. dubna bylo nakumulováno 140 stupňodní (dd, *degree-days*) nad tuto teplotu. Na rozdíl od jiných prací pro napočítávaní dd použili nelineární funkci, při které inflexní body byly při teplotách 8,3 a 38,9 °C. Ukončení reprodukční aktivity bylo pozorováno při délce denního svitu kratšího než 14,5 hodiny. Na území Čech tomu odpovídá 22. srpen. Na Slovensku komplexní studii s tímto zaměřením realizovali HLÁSNÝ a TURČÁNI (2009). Délku celého vývoje brouka od nakladení vajíčka po založení další generace definoval WERMELINGER a SEIFERT (1998) jako sumu efektivních teplot o velikosti 557 dd. Vývoj od vajíčka po téměř dospělé imago trvá po dobu nasčítání 334,2° dd, dalších 222,8° dd připadá na úživný žír.

3.3.2.1.2 Srážky

Smrk ztepilý je strom spíše přizpůsobený vyšší vlhkosti, a tím je méně náchylný na nápor lýkožrouta smrkového (SKUHRAVÝ, 2002). Sucho je považováno za jednu z hlavních příčin rozmnožení lýkožrouta smrkového. Často může dojít k napadení porostů po náhlém stresu ze sucha (MASLOV, 2002).

Stres v důsledku nízkých srážek ovlivňuje růst a snižuje tlak (turgor) uvnitř stromu, a tím obranyschopnost stromů proti útokům lýkožrouta smrkového (SKUHRAVÝ, 2002). Vodní deficit vyvolává v rostlině stres, který může postihnout všechny její funkce. Při vysychání se postupně zhoršuje příjem vody kořenovým systémem, což vede ke snižování jejího obsahu

v rostlině a k charakteristickým stresovým symptomům (LUŠTINEC a ŽĎÁRSKÝ, 2003). Hodnota vodního potenciálu půdy, při které není rostlina schopna udržet pozitivní turgor, je prahovou hodnotou resistence rostliny (LUŠTINEC a ŽDÁRSKÝ, 2003).

Chladné, teplotně podprůměrné jaro má negativní vliv na populace lýkožrouta smrkového. Při zvýšené vlhkosti mohou růst v chodbách plísně, které škodí všem vývojovým stádiím. Zhoršením zdravotního stavu lesních dřevin, snížením jejich odolnosti a nedostatkem srážek má za následek rozvoj houbových patogenů (TURČÁNI a kol., 2009).

3.3.2.1.3 Přirozená obrana stromu

Jehličnany mají efektivní obranný systém (starý nejméně 45 mil. let), který odpuzuje nebo zabíjí herbivory a brání průniku patogenů fyzicky a chemicky (BONELLO a kol., 2006). Anatomie kůry a fyziologické podmínky potenciálního hostitelského stromu jsou rozhodujícími faktory pro úspěch útoku kůrovců. Živé stromy disponují obrannými mechanismy na několika úrovních, aby zabránily útoku kůrovců z úspěšně založených ohnisek žíru. Tyto mechanismy byly studovány detailně za laboratorních podmínek i v terénu (BAIER, 1996 a, b; ROHDE a kol., 1996; LIEUTIER a kol., 1997).

První úroveň obrany nastává, když je uschovaná pryskyřice vypuštěna při pokusu o penetraci kůry (PAINE a kol., 1997). Pryskyřice obsahuje pro kůrovce toxické terpenoidy a fenolické látky. Při zavrtávání kůrovce dochází k výronu tzv. druhotné pryskyřice, která má za následek zastavení prvního náporu kůrovce (MAHFFEY, 2004). Pryskyřice proudící pod tlakem v pryskyřičných kanálcích vytváří mechanické a zároveň toxické bariéry, kterými se brání proti napadení (HULCR, 2003). Terpeny jsou uhlovodíky vytvářené při syntéze oleopryskyřice (MAHFFEY, 2004). Oleopryskyřice se hromadí v xylému jako běžný produkt fyziologických procesů. Oleopryskyřice obsahují především diterpeny (pryskyřičné kyseliny), malé množství těkavých monoterpenů a sesquiterpenů. Monoterpeny se skládají z deseti atomů uhlíku, kde jeden je hlavní uhlovodíkový řetězec. Sesquiterpeny jsou vytvářeny z patnácti atomů uhlíku a diterpeny obsahují dvacet atomů uhlíku (MAHFFEY, 2004). Smrky s tlustou kůrou a hustou pryskyřičnou sítí jsou úspěšnější v odpuzování pokusů o navrtání kůry než stromy s tenkou kůrou a malým množstvím pryskyřice (NIHOUL a NEF, 1992; BAIER, 1996a). Stromy ve smíšených oblastech mají vyšší primární tok pryskyřice než stromy v čistě smrkových oblastech (BAIER a kol., 2002).

Druhá úroveň obrany stromů zahrnuje změnu lokálního metabolismu kolem vstupního otvoru. Jsou produkovány obranné chemikálie, jako např. prokyanidin, což zhorší kvalitu potravy a tím pádem i založení ohniska žíru.

Třetí obranná úroveň je systémová změna metabolismu celého stromu, která vede k produkci menšího množství uhlovodíků a více bílkovin, které jsou potřeba pro obranu. Toto zhoršení kvality potravy je na překážku založení dalších hnízd brouků.

V poslední čtvrté obranné fázi stromu, kdy je hustota útoků vysoká, nastává reakce poranění tam, kde nově vzniká tkáň peridermu a pryskyřičné kanálky. Obecně se předpokládá, že stromy s výrazným růstem jsou méně náchylné proti napadení kůrovcem. Růst a obranné mechanismy mohou však soutěžit o zdroj energie (HERMS a MATTSON, 1992). Zvýšený růst může způsobit snížení obranných mechanismů stromu. Asimiláty, které jsou důležité pro tvorbu obraných chemických látek, jsou limitované růstem (COLEY a kol., 1985; GERSHENZON, 1994).

Bilance vodního režimu v lesních ekosystémech je důležitým lokálním i globálním faktorem. Transport vody v lesních ekosystémech probíhá na základě transpirace. Hlavní příčinou chřadnutí dřevin v ČR je nedostatek vody a následná nízká rezistence proti napadení především lýkožroutem smrkovým.

Stromy orientované na jih a ve slunném prostředí jsou napadány přednostně, hlavně po náhlém zvýšení hodnot slunečního záření (LOBINGER a SKATULLA, 1996; JAKUŠ, 1998b). Bylo zjištěno, že vyšší rozměry smrkových stromů v oblasti zvyšují útok kůrovců, stromy starší 100 let jsou nejcitlivější (BECKER a SCHRŐTER, 2000). Na toto téma bylo provedeno několik analýz rizik, aby byly určeny faktory ovlivňující citlivost oblastí. Vícenásobné regresní analýzy naznačily, že nadmořská výška a kořenové živiny, jako jsou dusík, fosfor a hořčík, mají významný vliv na míru útoků lýkožrouta smrkového (NEF, 1994; DUTILLEUL a kol., 2000). LEXER (1995, 1997) zjistil, že pravděpodobnost útoku závisí hlavně na vodních zdrojích, rozměrech hranic oblasti vystavené na jih a západ, na rozměrech stromů ztrouchnivělých uvnitř, na stáří oblasti, na trendu radiálního růstu a na rozměrech jehličnanu.

Odumírání zamořených stromů není pouze výsledkem napadení lýkožrouty, ale také hub, přidružených k broukům, jakými jsou druhy *Ophiostoma* a *Ceratocystis* (PAINE a kol., 1997; LIEUTIER, 2002). V nedávné době byly rozsáhle shrnuty mechanismy resistence jehličnanů, odpovídající kolonizační strategii různých druhů kůrovců a proces odumírání stromu (LIEUTIER, 2002).

3.2.2.1.4 Kvalita potravy

Na rychlost vývoje lýkožrouta má vliv i potrava, a to ve smyslu kvalitativním i kvantitativním. U kvantity jsou malé přechody z dostatku do nedostatku. Nevhodná kvalita potravy působí mortalitu nebo obdobně jako hladovění snižuje jeho odolnost vůči infekci patogenů. U polyfágního nebo i oligofágního hmyzu ovlivňuje druh potravy vitalitu, plodnost, ale také úmrtnost. Optimální podmínky mu poskytují vyvrácené smrky, na zemi ležící části zlomů, nebo pokácené, ale neodkorněné kmeny.

Ve všech uvedených případech způsob zavadání lýka skýtá optimální jakost potravy, která je navíc zde v nadbytku. Není-li v lese polomů anebo dostatek chřadnoucích smrků (např. při náporu václavky apod.), napadá pak lýkožrout i stromy zcela zdravé. Zde však se smrky brání výronem pryskyřice, a tak první vlna náporu lýkožrouta zpravidla neuspěje. Tím se vývoj lýkožrouta zpomaluje (ZUMR, 1985).

Na přežívání potomstva závisí míra obsazení kmene. Díky vznikající konkurenci o lýko a snižující se množství potravy dochází i ke kanibalizmu larev (THALENHORST, 1958). Lýkožrout tuto situaci řeší snížením počtu kladených vajíček (ANDERBRANT, 1990) nebo častěji opuštěním matečné chodby a založením sesterského pokolení (MARTÍNEK, 1961).

3.3.2.2 Stav populace lýkožrouta smrkového

Lýkožrout smrkový je při nižších populačních hustotách považován za sekundárního škůdce, který UPŘEDNOSTŇUJE polomové stromy nebo porosty oslabené suchem či polutanty (ZUMR1995, Skuhravý 2002). Takový substrát je pro vývoj lýkožrouta smrkového velmi vhodný, často pak dochází k enormnímu zvýšení jeho početnosti a nástupu gradace. Poté se stává škůdcem primárním, který napadá i zdravé stromy (MODLINGER a kol., 2009).

KŘÍSTEK (1995) uvádí termín fakultativně primární škůdce. Vlastní průběh kalamitního přemnožení závisí na celé řadě faktorů, zejména na teplotě, srážkách, zdravotním stavu smrkových porostů nebo přirozených nepřátelích kůrovců (SKUHRAVÝ, 2002). Význam lýkožrouta smrkového je spojen především s hospodářským pěstováním smrku ztepilého mimo přirozený (horský) areál výskytu. Lýkožrout smrkový nebyl v minulosti rozšířen na celém území Česka. V mnoha oblastech vnitřních Čech chyběl, jeho absenci na Křivoklátsku či v Brdech ještě na začátku 20. století uvádí např. KOMÁREK (1925). Zmiňovaná území středních Čech osídlil patrně až během druhé světové války. V pohraničních pohořích Česka byl však jeho výskyt přirozený a zvláště v jižních Čechách sahalo rozšíření podle Komárka (1925) či KUDELY (1946) i hluboko do podhůří (Třeboňsko,

Vitorazsko). V současné době se již lýkožrout smrkový nachází na celém území ČR. Nejvýraznějšími škodami se však projevuje v oblasti jihozápadních Čech a na severní Moravě a ve Slezsku.

S přemnožením lýkožrouta smrkového se tradičně řeší ohrožení smrkových porostů. Proto jsou dobře propracované kontrolní i obranné postupy, kterými je možné gradacím předcházet a zvládat je (KULA, 2004). MARTÍNEK (1956) stanovil stupně napadení kmenů podle maximální hustoty závrtů, ČSN 48 100 udává stupně napadení podle počtu závrtů na lapácích. Pokácené a odvětvené stromy mají však odlišnou nutriční hodnotu a kapacitu pro lýkožrouta smrkového než stromy částečně spojené kořenovým systémem s půdou a hustota jejich obsazení je pak odlišná (HEDGREN a SCHROEDER, 2004).

Střet mezi kůrovcem a obrannými mechanismy stromu je vymezen tzv. „prahem úspěšného útoku“ a úzce spojen se zdravotním stavem stromu. S dostatečným množstvím potravy nebo poklesem hodnoty „prahu úspěšného napadeni“ jako odrazu faktorů snižujících vitalitu stromu (sucho, požár, blesk, hniloba, listožravý hmyz, stárnutí a imise) se mohou stát ze sekundárních kůrovců agresivní primární kůrovci (CHRISTIANSEN a kol., 1987; KULA a ZABECKI, 1997a, 1997b, 1999a, 1999b). ERIKSSON a kol.,(2007) prokázal menší ohrožení okolních porostů při nízkém počtu vyvrácených stromů. Se zvyšujícím se množstvím polomů však ohrožení okolních porostů stoupá.

Velmi důležitým faktorem, rozhodujícím o následné gradaci, je populační hustota lýkožrouta smrkového v okolních porostech (ERIKSSON a kol., 2008). Množství polomových stromů, které by mohlo ročně vzniknout a mohlo by být obsazeno lýkožroutem smrkovým bez rizika vzniku přemnožení, uvádí pro středoevropské podmínky ve své práci SKUHRAVÝ (2002). Toto množství stanovuje na cca 10 stromů/ha (především stromů slabších dimenzí). Ve smrkových porostech blízkých přírodnímu stavu může být podle MRKVY (1997) ponecháno 10 – 15 jednotlivě rozmístěných stromů nebo skupina o maximální výměře 2 – 3 ary. Ovšem v případě epizody sucha (deficit více než 100 % normálu po dobu 3 měsíců) navrhuje množství ponechaných stromů korigovat. V severní Evropě (Finsku) je za množství, které nezpůsobí vznik přemnožení, považováno 20 stromů (ERIKSSON a kol., 2007, 2008).

V období latence při nízké populační hustotě kůrovců je disperze kůrovcových souší v porostu zpravidla nerovnoměrně rozptýlená s tím, že je vysoce preferován materiál oslabený přísuškem nebo i poraněním (vývraty, zlomy, těžební zbytky). Se zvyšující se hustotou kůrovců (zvláště *I. typographus*, *P. chalcographus* L.) jsou atakovány stromy živé, rozmístění je soustředěné. Odchylky od těchto zásad nelze vyloučit (KULA, 2004). Podmínky základního stavu vytváří předpoklady pro stanovení obecnějších zákonitostí v chování jednotlivých druhů

kambioxylofágů v konkurenčním prostředí celé fauny kmene a větví. Kůrovcová ohniska v oblasti se základním stavem vznikají často z atypické příčiny (blesk), (KULA a ZABECKI, 1997a, 1997b).

Populacemi lýkožrouta smrkového se podrobně zabývali např. PFEFFER (1955), ZUMR (1985), kteří popisují faunu kůrovců smrku s jejich prostorovým rozmístěním ve vertikálním profilu a zároveň si všímali změn v kompozici fauny v závislosti na lesních vegetačních stupních a skupinách lesních typů. Pro rozmístění kůrovců na smrkovém kmenu a v koruně nelze kategoricky stanovit hranice vymezující, kde jeden druh začíná a jiný končí. Mezi faktory, ovlivňující rozptýlení se řadí věk stromu, vzrůstové podmínky stanoviště, které ovlivňují kvalitu lýka a borky (PRICE, 1975; GRUNWALD, 1986), teplotní a vlhkostní poměry mikroklimatu dané expozicí stojících stromů, ale i stádium procesu odumírání a délka odumření stromu, predispozice napadení stromu (KANGAS, 1952; SCHWERDFEGER, 1955), období rojení, počet generací do roka (BAKKE a kol., 1977), role feromonů (WOOD, 1982), počasí zvláště v průběhu rojení.

3.3.2.3.1 Plodnost samiček

Plodnost u samiček je závislá na několika faktorech. Jedním z nich je sexuální index a absolutní reprodukční činitel – počet vajíček jedné samičky při optimálních podmínkách. Je určován konstitucí a okamžitým stavem samičky. Velikost snůšky je ovlivňována klimatickými faktory, kvalitou potravy, cizopasníky a současným stavem gradace (ZUMR, 1985). Za příznivých klimatických podmínek může mít lýkožrout smrkový i 3 pokolení do roka.

3.3.2.3.2 Zdravotní stav

Dominantní příčinou chřadnutí dřevin v ČR je nedostatek vody a následná nízká rezistence proti napadení fytofágy, v našem případě se jedná především o lýkožrouta smrkového. Strom sám o sobě má několik obranných strategií. Jednou z obraných metod je pryskyřice obsahující pro kůrovce toxické terpenoidy a fenolické látky. Při zavrtávání kůrovce dochází k výronu tzv. druhotné pryskyřice, která má za následek zastavení prvního náporu kůrovce (MAHFFEY, 2004). Pryskyřice proudící pod tlakem v pryskyřičných kanálcích vytváří mechanické a zároveň toxické bariéry, kterými se brání proti napadení (HULCR, 2003).

3.3.2.3.3 Vnitro a mezidruhová kompetice

Lýkožrouti patří mezi druhy kůrovců, kteří ke svému vývoji kolonizují živé stromy hromadným náletem, řízeným prostřednictvím agregačního feromonu. Proto, aby bylo napadení úspěšné, musí být denzita brouků dostatečná k překonání odolnostního potenciálu stromu (RAFFA a BERRYMAN, 1983). Můžeme tedy hovořit o vnitrodruhové kooperaci (JAROŠÍK, 2005). Růst hustoty obsazení kmene však ovlivňuje míru přežívání potomstva díky stoupající konkurenci o lýko a kanibalismu larev (THALENHORST, 1958). Interakce nabývá negativní charakter, který se vedle mortality může projevovat nižší velikostí dospělců (BOTTERWEG, 1983) a následně modifikovaným chováním jedinců při výběru hostitelského stromu (ANDERBRANT, 1986). Samice lýkožrouta smrkového řeší tuto situaci časnějším opuštěním matečné chodby a založením sesterského pokolení, ale také snížením počtu kladených vajíček (ANDERBRANT, 1990). Reprodukční úspěch lýkožrouta smrkového je ovšem odlišný probíhá-li kladení na stojících živých stromech či na ležících pokácených stromech (HEDGREN a SCHROEDER, 2004), případně na stromech vyvrácených, ale stále částí kořenů spojených s půdou (ERIKSSON a kol., 2008).

3.3.2.3.3 Vnitrodruhová konkurence

Vnitrodruhová konkurence o zdroje a prostor je velmi významným a nezbytným jevem uplatňujícím se v rámci každé populace. Na rozdíl od kompetice mezidruhové existuje silná či slabší vnitrodruhová kompetice v každé populaci, neboť všichni její členové sdílejí společný prostor a uplatňují stejné ekologické nároky. Vnitrodruhová kompetice se řídí několika základními principy:

1. Zdroj, o který se soutěží, musí být alespoň občas nedostatkový.
2. Kompetující jedinci jedné populace nejsou díky přirozené genetické variabilitě zcela totožní.
3. Vliv konkurence na jedince je tím větší, čím více konkurentů je ve hře (důsledkem toho je populace závislá na hustotě; pravděpodobnost smrti stoupá se zvyšující se denzitou).
4. Konkurence způsobuje zhoršené přežívání a/nebo plodnost, což jsou dvě charakteristiky určující reprodukční výstup každého jedince (natalitu populace).

Lýkožrout osidluje napadené kmeny až do určité hustoty. V počátku gradace, při slabém napadení převažují požerky tří a víceramenné s dlouhými matečnými chodbami, a tedy i s větším počtem nakladených vajíček. Při silném a velmi silném napadení,

tj. při velké hustotě požerků převládají požerky dvouramenné a s krátkými matečnými chodbami, a tedy i s menším počtem nakladených vajíček (ZUMR, 1985). K obdobným výsledkům přišli i ANDERBRANT (1990), WESLIEN (1994). Optimální hustota je zhruba 500 mateřských galerií na metr čtvereční (SCHOPF a KŐHLER, 1995). Při přemnožení signalizují tento stav nalétnutí brouci antiagregačním feromonem (ZUMR, 1985).

Obecně platí, že se vrůstající hustotou roste i vliv vnitrodruhové konkurence na mortalitu (BEGON a kol., 1997). Plocha kůry, která je k dispozici jednotlivým rodinám lýkožrouta, se zmenšuje se stoupající hustotou, stejně významně ubývá i počet nakladených vajíček mateřskými samicemi (THALENHORST, 1958; ANDERBRANT, 1990).

3.3.2.3.4 Mezidruhová konkurence

Na smrku hraje v současné době významnou úlohu vedle lýkožrouta smrkového i lýkožrout severský. Vedle nich a s nimi napadají vhodné oslabené smrky lýkožrout menší, *Ips amitinus* (EICHHOFF 1871), a na tenčích částech dříví se připojuje obvykle i drobný lýkožrout lesklý, *Pityogenes chalcographus* (LINNAETUS 1761). Tyto druhy se setkávají v chodbách, které dozrálí brouci vyhloubí během úživného žíru, a zde dochází také k předávání infekcí. Zastoupení jednotlivých nákaz v daném společenstvu a funkce jednotlivých hostitelů při přenosu nákaz je velmi málo známo, ale ukázalo se, že různá společenstva brouků v uzavřených lesních celcích mají pestrá složení patogenů, která se v jiných neopakují.

I když lýkožrout smrkový je schopen samostatně napadnout a usmrtit strom, nevystupuje zpravidla samostatně, ale s dalšími fakultativně primárními škůdci (*Pityogenes chalcographus* (L.), *Ips amitinus* (Eichh.), *Ips duplicatus* (Sahl.)), čímž se zvyšuje agresivita a současně mezidruhová konkurence. Součástí synuzie jsou i druhy temporálně sekundární, které sice neohrožují zdravý strom (*Hylurgops palliatus* (Gyll.)), ale představují potravní konkurenty, kteří urychlují vyčerpání disponibilního potravního prostoru stromu. (KULA, 2007).

3.3.2.3.5 Mortalita vajíček

THALENHORST (1958) uvádí mortalitu vajíček ve výši 10-15 %, ale dále uvádí, že tato mortalita je nezávislá na denzitě lýkožrouta smrkového. ŠVIHRA (1973) ve své práci posunuje dolní hranici mortality na 5 %. MARTÍNEK (1961) upozorňuje, že v sesterských rojeních

je kladeno větší množství (30 %) vajíček (často ve skupince na konci mateřské chodby), která se dále nevyvíjejí. Dle ZUMRA (1985) a FLEISCHNERA (1975) mají největší vliv na úmrtnost vajíček entomofágové. Např. larvy pestrokrovečníka mravenčího, dospělci drabčíka, kořenožrouti a další.

3.3.2.3.6 Mortalita larev

K posouzení závislosti mortality larev na populační hustotě je zapotřebí znát nezbytnou plochu nutnou pro vývoj jedné larvy od vylíhnutí po zakuklení. KARPIŃSKY (1935) uvádí pro vývoj jedné larvy plochu 1 cm^2. Na základě proměření plochy přehledných požerků a vydělením počtem příslušných larválních chodeb došel THALENHORST (1958) k hodnotě 1,4 cm^2 nutných pro výživu jedné larvy. V této ploše jsou kromě části matečné chodby připadající na jednu larvu zahrnuty i neproduktivní prostory mezi jednotlivými larválními chodbami. THALENHORST (1958) upozorňuje, že při nadbytku prostoru mohou být larvy poněkud marnotratné a zaujímají i 3 cm^2. Z hlediska plochy, která připadá na jednu larvu, nebyl THALENHORSTEM (1958) shledán rozdíl mezi larválními chodbami delšími a zároveň užšími proti larválním chodbám širším, ale kratším. Stejně jako v případě vaječné snůšky narážíme u plochy nutné pro vývoj jedné larvy na problém rovnoměrného rozmístění požerků. Rovněž dříve vylíhlé (nakladené) larvy mohou provozovat plýtvavý žír na úkor svých sourozenců. Jako maximum plýtvavého žíru larev byl THALENHORSTEM (1958) zjištěn trojnásobek minimální plochy, tedy 4,2 cm^2.

Závislost mortality larev je ovlivňována podle toho, zda určitá prostorová hustota pramení z vyšší přítomnosti mateřských chodeb a menší vaječné snůšky, nebo naopak z nižší početnosti matečných chodeb, ale vyšší produkce larev resp. vajíček. V prvním případě tvoří mateřské chodby v podstatně hojnější míře překážku než ve druhém případě, ve kterém jsou většinou tak daleko od sebe, že vývoj larev ruší relativně málo.

Podle THALENHORSTOVA (1958) modelu teoretické mortality larev vycházející z těchto předpokladů:

1) Funkce nejnižší úmrtnosti: kdyby každé larvě byla nabídnuta minimální plocha 1,4 cm^2, mortalita podmíněná prostorovou konkurencí by byla nulová a vývoj by dokončily všechny larvy. Při dvojnásobné denzitě by se 50 % larev podařilo vyvinout ke zralosti, zbývajících 50 % by nemělo vůbec žádný prostor k dispozici a hned po vylíhnutí by uhynuly. Tato funkce je platná pro plochu 1,4 až 0 cm^2 připadající na jednu larvu.

2) Funkce zahrnující celkovou mortalitu: n % larev se prodlužováním svých chodbiček vyvíjí až ke kukelní kolébce, zbývající m (=100 - n) % zahyne během žíru pro nedostatek místa. V tom případě by si populace 100 larev dělala nárok na 100 $_x$ 1,4 cm^2 – m $_x$ 0,2 cm^2 (na každou kukelnou kolébku je dosazeno 0,2 cm^2).
3) Funkce plýtvání: je protiváhou funkce nejmenší úmrtnosti. Každé larvě vyvinuté až k zakuklení byl přiřazen prostor o velikosti trojnásobku minimální plochy potřebné pro vývoj jedné larvy.

Zakreslením těchto tří funkcí do grafikonu vytvořil THALENHORST (1958) mnohoúhelník teoretických hodnot mortality při různých disponibilních prostorech. Do tohoto schématu pak začal vnášet zjištěné hodnoty mortality při známých denzitách z revidovaných kůrovcových stromů. Ve všech případech se údaje zjištěné z terénních pokusů vyskytovaly uvnitř mnohoúhelníku ohraničeným výše zmiňovanými funkcemi. Srovnáním skutečné larvální mortality zjištěné z požerků a změřené nabídky prostoru pro vývoj došel THALENHORST (1958) k závěru, že reálná úmrtnost je ve všech případech vyšší, než by odpovídalo teoretickému úspornějšímu využití plochy. Jedním z důvodů je již výše uvedený vývojový náskok části larev z dříve pokladených vajíček. Dalším důvodem zvýšené mortality je častější setkávání larev z různých líhništních systémů při stoupající hustotě požerků. Tím je dosaženo 100% mortality již při nabídce plochy 0,2 - 0,3 cm^2 na larvu, ačkoliv podle funkce nejmenší úmrtnosti by se mohlo teoreticky vyvíjet ještě 15 – 20 % larev (THALENHORST, 1958). Závislost denzita-mortalita je také ovlivňována podle toho, zda určitá prostorová hustota pramení z vyšší přítomnosti mateřských chodeb a menší vaječné snůšky, nebo naopak z nižší početnosti matečných chodeb, ale vyšší produkce larev resp. vajíček. V prvním případě tvoří mateřské chodby v podstatně hojnější míře překážku než ve druhém případě, ve kterém jsou většinou tak daleko od sebe, že vývoj larev ruší relativně málo. Při malém počtu larválních chodeb (první případ) je úmrtnost larev proti očekávání teoretického modelu vyšší. Pro zpřesnění navržené funkce tedy THALENHORST (1958) stanoví opravný faktor $Y = 8 - 0{,}5x$, který se přidává nebo odečítá od výše mortality. Proměnná x zde představuje počet larválních chodbiček na příslušnou mateřskou chodbu. Nakonec musí být výsledná funkce upravena podle tloušťky kůry. Životní prostor larev se tak v modelovém vyjádření stane trojrozměrným, čímž se zohlední fakt, že od určité tloušťky lýka mohou larvy vést své chodby nejen vedle sebe, ale i nad sebou (THALENHORST, 1958).

Mortalitou larev podle hustoty obsazení kmene se zabýval také ŠVIHRA (1973) a dospěl k podobným závěrům jako THALENHORST (1958). Pokud hustota závrtů kolísala průměrně mezi 1,8 - 2,8 na 1 dm^2 a průměrná hustota mateřských chodeb činila 303 - 465

na m^2, dosahovala mortalita larev vlivem vnitrodruhové konkurence cca 47 – 74 % (celková mortality byla 68 -85 %). ŠVIHRA (1973) rovněž statisticky prokázal, že jakmile je hustota závrtů nižší než 1,5 na $1dm^2$ nebo počet matečných chodeb na 1 m^2 klesne pod 300, stává se interspecifická konkurence náhodným faktorem mortality larev. Při porovnání stojících a pokácených stromů dospěli HEDGREN a SCHROEDER (2004) k překvapivému zjištění, a to že při srovnatelných hustotách obsazení byl reprodukční úspěch na živých stojících stromech vyšší (3,4 v porovnání s 1,7 dcer na samici), počty nakladených vajíček však byly v opačném poměru. Projevila se zde tedy významná mortalita vlivem vlastností substrátu. Ovšem jistou roli zde mohou hrát i klimatické resp. teplotní podmínky, jelikož všechny pokácené stromy byly umístěny u jižně orientovaných okrajů, směrem do volného prostoru.

Bylo prokázáno, že počet larev klesá s rostoucí hustotou mateřských chodeb (ANDERBRANT, 1990; SCHOPF a KÖHLER, 1995). Na mortalitě kukel se rovněž podílí různí entomofágové, ptáci, houby, plísně a roztoči (ZUMR, 1985). Mezi nejdůležitější faktory ovlivňující úmrtnost u larev lýkožrouta smrkového patří dravé mouchy rodu *Medetera* (SCHOPF a KŐHLER, 1995; LAWSON a kol., 1996; WERMELINGER, 2002), přestože jejich larvální spotřeba činí pouze 5 - 10 larev kůrovců (DIPPEL a kol., 1997). Jejich nízká nenasytnost může být kompenzována jejich vysokým výskytem.

3.3.2.3.7 Mortalita kukel

Přeměna dospělé larvy v kuklu a mladého brouka je nezávislá na prostorové konkurenci (THALENHORST, 1958). Na základě známého počtu larev při různých denzitách a příslušné mortalitě se maximum mladých brouků vyvine při 50 matečných chodbách na 1000 cm^2 (THALENHORST, 1958). Je otázkou, zda existuje závislost mezi produkcí vajíček mladými brouky a hustotou, při které se jako larvy vyvíjely. Při latentní fázi mortalita kukel a mladých brouků dosahuje cca 10 %. Při extenzivní fázi dosahuje mortalita kukel a mladých brouků cca 16 % (THALENHORST, 1958).

Při teplotách pod - 20 °C jsou ztráty na přezimujících kuklách vysoké. Dle pozorování ZUMRA (1985) bylo při analýzách 35 kmenů zjištěna z celkového počtu lýkožroutů 20,1 % mortalita kukel. V požercích zůstalo živých pouze 2,4 % kukel. Úmrtnost populace na stojících stromech hlavně u kukel a larev dosahuje až 70 %, dále (ZUMR, 1985) uvádí, že na úmrtnosti kukel se rovněž podílí ptáci a v obdobích s větší vlhkostí působí velkou úmrtnost kukel různé druhy plísní.

3.3.2.3.8 Mortalita dospělců

Největší ztráty u dospělců, hlavně u samečků, nastávají vlivem obranných reakcí stromů a pak přirozenými nepřáteli. (ZUMR, 1985). Úmrtnost v průběhu zimy může být přičítána jak biotickým, tak i abiotickým faktorům (WERMELINGER, 2004).

Naletují-li samečci z nedostatku zavadajících stromů či polomů na stromy zdravé, dochází k jejich největšímu úhynu. Strom se brání výronem pryskyřice v místě závrtu brouka, a tím samečky zahubí, polovinu až 2/3 samečků v této fázi zakládání pokolení hyne. Zatímco při líhnutí brouků v požercích se objevuje 50 % samečků a 50 % samiček, pak při zakládání nového pokolení se v požerku objevuje jeden sameček s dvěma až třemi samičkami. FACCOLI (2002) vypočetl stupeň úmrtnosti na zhruba kolem 50% u lýkožrouta smekového přezimujících ve spadlých stromech, když teplota vzduchu klesla pod – 10 °C. V půdě dosahuje úmrtnost brouků kolem 7 % (KLIMECZEK, 1989).

Při asanaci a použití odkorňovacích strojů byla zjištěna 93 % úmrtnost brouků. Při vysokých hustotách je toto považováno stále za příliš nízké procento (DUBBEL, 1993).

Pokud by se měla udržet populační hustota na stejné výši i v následujícím roce, musí být mortalita 98 % populace. Jestliže se množivost lýkožrouta sníží, může to vést k pádu generace, ale jestliže se jen nepatrně zvýší, gradace prudce stoupá (SKUHRAVÝ, 2002).

4. Materiál a metodika

Česká technická norma (ČSN 48 1000) určuje způsoby prevence, kontroly výskytu a obrany proti lýkožroutu smrkovému (ve smyslu vyhlášky MZe ČR č. 101/1996 Sb., ve znění vyhlášky č. 236/2000 Sb., § 3 je lýkožrout smrkový stanoven kalamitním škůdcem). Lapák je v normě definován jako: evidovaný, zkrácený, zdravý, zpravidla odvětvený úrovňový smrk nebo jeho část, atraktivní pro lýkožrouta, připravený pro kontrolu a hubení lýkožroutů. Lapáky se umisťují do ohnisek žíru, kde se kontroluje stupeň napadení a stádium vývoje kůrovců.

Předkládané údaje reprezentují souhrnné výsledky získané v lokalitách Národního parku Šumava (dále NPŠ), Vojenských lesyů a statků ČR, s.p., divize Horní Planá (dále VLS Planá) a Vojenských lesyů a statků ČR, s.p., divize Lipník nad Bečvou (dále VLS Lipník) během let 2008 a 2009. Na studijních lokalitách byly předem připraveny stromové lapáky a ve většině případů vyhodnocení reprodukčních parametrů proběhlo v aktivních kůrovcových

ohniscích. Na lokalitách byly odebrány čtyři výřezy ve vzdálenostech podle metodiky popsané v této kapitole.

4.1 Výběr ploch

Modelová území byla založena ve dvou regionech: střední Morava (nižší nadmořská výška), (lokalita Potštát, VLS Lipník) a NPŠ (vyšší nadmořská výška). V případě Šumavy byla modelová území dvě. Jedno se nachází v hospodářských lesích bez zvláštního režimu ochrany přírody (Nová Pec – VLS Planá), zatímco druhé se nalézá v porostech hraničících s bezzásahovými režimy (Prášily - NPŠ), aby bylo možno porovnat jejich vývoj v nejbližším období (**Obr.95**).

Další výběr lokalit byl proveden v součinnosti s personálem VLS, kdy bylo na základě kůrovcových těžeb z roku 2007 vybráno 6 lokalit s vysokou, střední a nízkou intenzitou výskytu kůrovce. Pro každou intenzitu byly vybrány dvě plochy. Postup byl identický i v NPŠ a na Libavé. Lapáky byly připraveny po dohodě s lesnickým provozem, následně byl každý lapák popsán a označen, aby při odběru vzorků nedocházelo k záměně.

V roce 2007 bylo u VLS Planá hlášeno dle tiskopisu L116 2507 m^3 kůrovcového dříví. Po vichřici Kyrill se však kůrovec značně namnožil a v roce 2008 bylo evidováno 18259 m^3 kůrovcového dříví. V roce 2009 to bylo již 45628 m^3 kůrovcového dříví. VLS Planá uvedla na témže formuláři v roce 2007 9389 m^3 kůrovcového dříví. V roce 2008 bylo evidováno pouze 5586 m^3 a v roce 2009 již 10051 m^3 kůrovcového dříví. Nejvyšší počty kůrovcového dříví bylo evidováno v NPŠ. V roce 2007 to bylo 105777 m^3, v roce 2008 130449 m^3 a v roce 2009 již 299003 m^3 kůrovcového dříví.

Výzkum populační dynamiky lýkožrouta smrkového probíhal během let 2008 a 2009 na 29 lokalitách v oblasti Šumavy a Oderských vrchů. Na Šumavě byly lokality umístěny v lesních porostech ve správě vojenských lesů a statků divize Horní Planá, (v roce 2008 – 6 lokalit; 2009 – 5 lokalit) a správy národního parku Šumava, (v obou letech 6 lokalit). Výzkumné plochy v Oderských vrších náležely do působnosti vojenských lesů a statků divize Lipník nad Bečvou (v obou letech 3 lokality). Umístění jednotlivých lokalit prostřednictvím geografických souřadnic je uvedeno v (**Tab. 4, 5, 6**).

Výzkumné plochy byly dále vybrány za účelem pokrytí co nejširšího spektra populačních hustot. Proto byly zařazeny do kategorií napadení: slabé, střední a silné. Na všech šumavských lokalitách byly z důvodů dlouhotrvajícího přemnožení v celé oblasti (cf. KNÍŽEK a kol., 2012) zvoleny vyšší hraniční kritéria pro jednotlivé kategorie (slabé –

do 0,5 m^3; střední – od 0,5 m^3 do 3 m^3 a silné – nad 3 m^3). V oblasti VLS Lipník kde se populace lýkožrouta smrkového nacházela dlouhodobě v základním či mírně zvýšeném stavu (viz. ČSN 48 1000), byly použity hranice kategorií nižší (slabé – do 0,2 m^3; střední – od 0,2 m^3 do 1 m^3 a silné – nad 1 m^3).

V roce 2008 po orkánu Kyrill se situace na Šumavě v důsledku přemnožení lýkožrouta smrkového změnila a díky desetitisícům m^3 spadlého dřeva se populace rozrostla. Všechny šumavské pokusné plochy musely být zařazeny do režimu s vysokou četností.

Pro zachycení přezimující generace bylo v roce 2008 na každé lokalitě připraveno 10 stromových lapáků. Série lapáků byly nakáceny směrem do porostu v rozstupech 10 m, aby se zabránilo vzájemnému ovlivnění a byly zakryty větvemi. V případě VLS Lipník bylo na každé lokalitě připraveno 5 lapáků ve dvou opakováních a to cca 100 m od sebe, zpravidla na opačné straně lesního porostu či paseky. Lapáky byly exponovány 3 měsíce, po obsazení lýkožroutem smrkovým byl průběžně sledován stupeň vývoje. V roce 2009 bylo v jarním období takto připraveno na každé lokalitě 5 stromových lapáků.

Každý lapák byl popsán a označen, aby při odběru vzorků nedocházelo k záměně. Po jejich nalétnutí a těsně před výletem nových brouků byly odebrány vzorky, ze kterých se postupně hodnotila role jednotlivých faktorů mortality.

4.2 Studované lokality a přírodní podmínky v ČR

Velkou část území České republiky zaujímá hercynský Český masiv, tvořený převážně pahorkatinami a vrchovinami. Nížinné a rovinné partie představuje Česká tabule. Celou oblast obklopují pohoří: Novohradské hory, Šumava, Český les, Krušné, Lužické a Jizerské hory, Krkonoše, Orlické hory a Jeseníky. Největším krajinným celkem je Českomoravská vrchovina ve vnitrozemí. Východní část Moravy patří k systému Karpat.

Mírné klima státu podléhá oceánickým i kontinentálním vlivům. Je charakterizováno západním prouděním a velkou proměnlivostí. Silně jej ovlivňují nadmořská výška a poloha. Průměrné lednové teploty se pohybují od -7 °C na horách po 0 °C v nížinách, červencové pak od 7 °C v nejvyšších partiích hor po 20 °C v Praze a na jižní Moravě. Rozpětí absolutních teplot dosahuje -42 °C až +40 °C.

Česká republika je hlavním evropským předělem mezi mořem Severním (Labe), Baltickým (Visla) a Černým (Morava, která vtéká do Dunaje). Na tomto území je k dispozici pouze voda, která zde spadne v podobě atmosférických srážek. Srážky se pohybují v rozmezí

400 - 1500 mm za rok. Přitom 2/3 srážek spadnou na území lesů. Většina lesů je v horách (35 %) a pahorkatinách (60 %), celkem 95 %.

Jedním ze základních nedostatků českých lesů je převaha jehličnanů, zejména smrku a borovice. V letech 1950 - 1990 se podíl listnáčů zvýšil z 12,5 % na 22 %. Od roku 1990 se zvýšil podíl listnáčů z 19 % na 36 %. Ročně se obnovuje kolem 26 tis. ha lesů, což představuje asi 1 % celkové jejich rozlohy. Podíl přirozené obnovy se postupně zvyšuje a dosahuje v průměru asi 15 %. Zastoupení dřevin v současnosti: jehličnaté 76,6 %, z toho smrk 54 %, jedle 0,9 %, borovice 17,5 %, modřín 3,5 %. Listnáče 23,4 %, z toho buk 5,6 %, dub 6,1 %, bříza 3,0 %, habr 1,2 %, jasan 1,0 %, javor 0,7 %, lípa 0,9 %, olše 1,5 %, topoly 0,5 % (www.mezistromy.cz).

4.2.1 NPŠ

Podnebně patří Šumava do chladné oblasti. Převažuje zde oceánský charakter s chladnějším jarem a teplejším podzimem. Nachází se na přechodu přímořského a vnitrozemského podnebí. Průměrné roční teploty jsou závislé na nadmořské výšce. Od 6,0º C (750 m) do 3,0º C (1300 m). Území je srážkově bohaté - průměrné roční srážky jsou od 800 mm do 1600 mm. Vegetační období trvá cca 100 – 140 dnů s průměrnou teplotou 10,7º C, ledových dnů bývá 40 – 70, mrazových dnů bývá 140 – 170 v závislosti na nadmořské výšce (MALKOVSKÝ 2005). Vybrané lokality zobrazuje (**Tab. 3**).

Tab. 3 Lokality s GPS souřadnicemi

NPŠ			
Stupeň napadení (2007)	**Lokalita**	**GPS**	**m n.m.**
slabé	3	49°7'55.727"N, 13°16'1.277"E	900-1000
slabé	4	49°8'20.138"N, 13°15'47.790"E	900-1000
střední	2	49°8'18.341"N, 13°19'19.110"E	900-1000
střední	5	49°8'3.786"N, 13°15'28.620"E	900-1000
silné	1	49°7'56.407"N, 13°19'16.297"E	900-1000
silné	6	49°6'33.477"N, 13°24'30.071"E	900-1000

4.2.2 VLS Planá

Divize VLS Horní Planá obhospodařuje pozemky v předhůří Šumavy. Nachází v JZ části Šumavy u Lipenské nádrže. Téměř jedna třetina vojenského újezdu leží v CHKO Šumava. Území zaujímá 219,49 km², v nadmořské výšce 540 m až 1232 m. Nejvyšším vrcholem daného území je Lysá (1228 m n. m.). Klima je různorodé, především v závislosti na nadmořské výšce. Nejvlhčí a nejchladnější jsou vysoké návětrné polohy vrchů v západní části, zatímco střed a východ území leží ve srážkovém stínu a je ovlivněn föhnovým efektem (výroční zpráva VLS 2008). Vybrané lokality zobrazuje (**Tab. 4**).

Tab. 4 Lokality s GPS souřadnicemi

VLS Planá			
Stupeň napadení (2007)	**Lokalita**	**GPS**	**m n.m.**
slabé	5	48°46'35.208"N, 13°57'48.570"E	760
slabé	6	48°46'54.918"N, 13°57'21.995"E	760
střední	1	48°45'29.134"N, 14°0'18.594"E	775
střední	3	48°46'4.736"N, 13°58'10.706"E	785
silné	2	48°45'49.854"N, 13°58'26.882"E	820
silné	4	48°45'49.345"N, 13°58'9.796"E	790

4.2.3 VLS Lipník

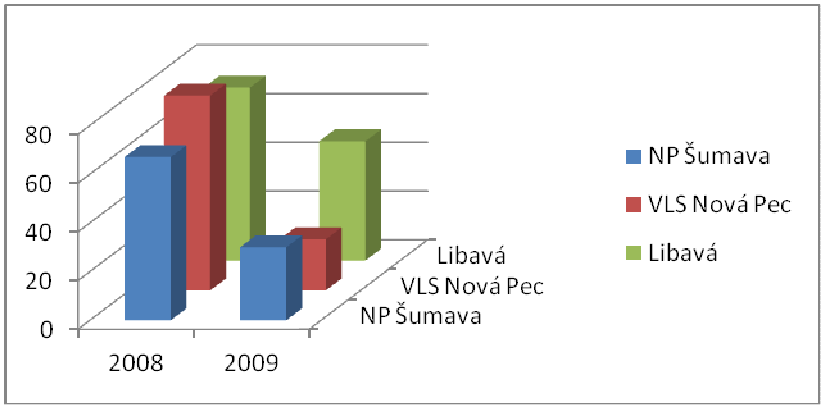
Vojenský újezd Lipník se nachází v Olomouckém kraji, v oblasti Nízkého Jeseníku, jehož východní část se nazývá Oderské vrchy. Podloží je převážně břidličnaté. Mírně zvlněná vysočina má průměrnou nadmořskou výškou okolo 500 m n. m. Absolutní minimální a maximální teploty, které zde byly naměřeny, dosahují hodnoty + - 35 °C. Mrazové dny se vyskytují od října května a bývá jich přibližně 132. Průměrná denní teplota ve vegetačním období od dubna do září je 12 °C. Roční úhrn srážek dosahuje v průměru 863 mm. Jedná se tedy o oblast mírně teplou a vlhkou (www.vojenskyujezdlibava.cz). Vybrané lokality zobrazuje (**Tab. 5**).

Tab. 5 Lokality s GPS souřadnicemi

VLS Lipník			
Stupeň napadení (2007)	**Lokalita**	**GPS**	**m n.m.**
slabé	Potštát	49°41'21"N, 17°37'11"E	610
střední	Hlubočky	49°38'17.613"N, 17°30'1.976"E	660
silné	Staré Oldřůvky	49°44'34.154"N, 17°37'42.65"E	500

4.3 Analyzované roky

V rámci projektu NAZV QH 81136 Bylo v letech 2008 a 2009 analyzováno 317 stromů. Z celkového množství bylo 258 klasických lapáků, 51 stojících navnazených stromů feromonovými odparníky a 8 lapáku pro zachycení sesterského rojení. (Rozdělení dle **Obr. 5**).



Obr. 5 Celkové počty analyzovaných stromů

4.3.1. Rok 2008

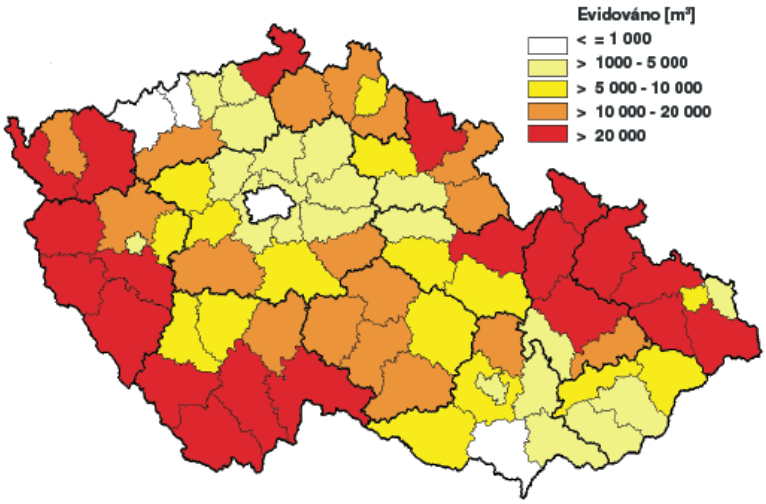
V roce 2008 bylo na sledovaných lokalitách personálem pokáceno a analyzováno 167 klasických lapáků. Rozdělení a počty klasických lapáků v jednotlivých lokalitách zobrazuje (**Tab. 6)**. Na každém území bylo vybráno 6 lokalit a na každé bylo pokáceno 10 lapáků.

Na lokalitách v NPŠ bylo takto analyzováno 47 stromů. Průměrná délka klasického lapáku byla 27 m, průměr kmene (měřeno ve výšce 1,3 m) byl 32 cm. Na lokalitách VLS Planá bylo analyzováno 60 stromů. Průměrná délka klasického lapáku byla 28 m a průměr kmene (měřeno ve výšce 1,3 m) byl 32 cm. V lokalitách VLS Lipník bylo

analyzováno 60 klasických lapáků. Jejich průměrná délka byla 25 m a průměr kmene (měřeno ve výšce 1,3 m) byl 30 cm. Evidované kůrovcové dříví v roce 2008 zobrazuje (**Obr. 6**).

Tab. 6 Celkové počty lapáků za rok 2008

	NPŠ	VLS Horní Planá	VLS Lipník
klasický lapák	47	60	60



Obr. 6 Evidované kůrovcové dříví ve smrkových porostech (Zelená zpráva 2008*)*

V rámci teplot byl rok 2008 teplotně mírně nadnormální (**Tab.79**). Leden a únor byl teplotně nadprůměrný. Měsíce květen a červen byly mírné podprůměrné. Srážkově byl tento rok mírně podprůměrný (**Tab. 80**).

4.3.2 Rok 2009

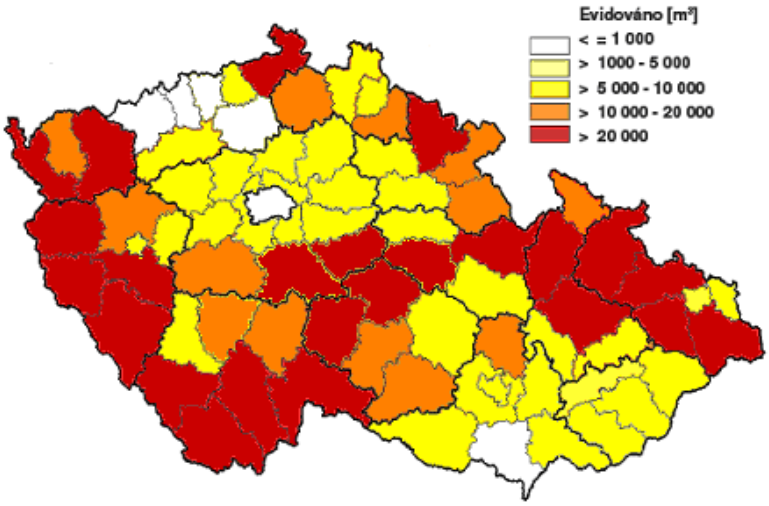
V roce 2009 bylo analyzováno celkem 81 klasických lapáků. Rozdělení klasických lapáků do jednotlivých lokalit zobrazuje (**Tab. 7**).

V lokalitách NPŠ bylo analyzováno 30 klasických lapáků. Průměrná délka lapáku byla 26 m a průměr kmene (měřeno ve výšce 1,3 m) byl 27 cm. Na stejných lokalitách u VLS Planá bylo vyšetřeno a následně analyzováno 21 klasických lapáků. Průměrná délka lapáků byla 30 m a průměr kmene (měřeno ve výšce 1,3 m) byl 34 cm. U VLS Lipník bylo analyzováno 30 klasických lapáků. Průměrná délka lapáku byla 23 m a průměr kmene

(měřeno ve výšce 1,3 m) byl 29 cm. Evidované kůrovcové dříví v roce 2009 zobrazuje (**Obr. 7**).

Tab. 7 Celkové počty lapáků za rok 2009

	NPŠ	VLS Horní Planá	VLS Lipník
klasický lapák	30	21	30



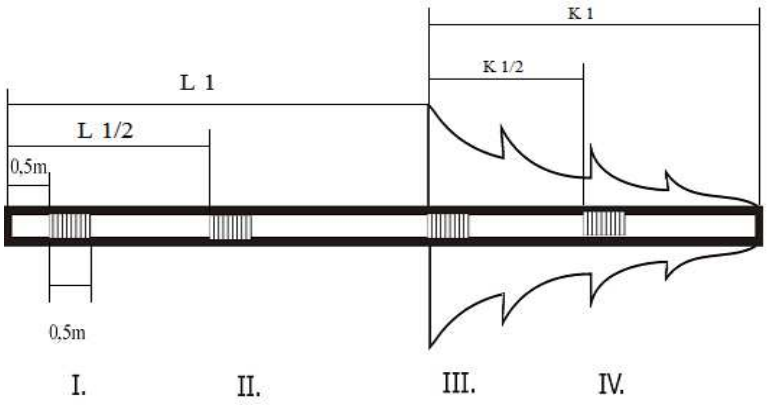
Obr. 7 Evidované kůrovcové dříví ve smrkových porostech (Zelená zpráva 2009)

V rámci teplot byl rok 2009 teplotně mírně nadnormální (**Tab. 79**). Leden byl teplotně podprůměrný. Měsíc duben byl teplotně vysoce nadnormální o 4,7 °C. Srážkově byl tento rok podprůměrný (**Tab. 80**).

4.4 Vyhodnocování zjištěných údajů

Pro studium atributů populace lýkožrouta smrkového byly na každém revidovaném kmeni vyznačeny čtyři sekce, dle metodiky GRODZKÉHO (1997). První sekce (I.) byla umístěna ve vzdálenosti 0,5 m od paty stromu, II. sekce v poloviční vzdálenosti mezi patou a začátkem koruny, III. sekce na začátku koruny a IV. sekce ve středu koruny (**Obr. 8**). Každý vzorek představoval pás kůry s šířkou rovnající se polovině obvodu kmene v místě odběru a délkou cca 0,5 m. Jednotlivé pláty kůry byly od kmene odděleny pomocí sekery pokud možno v celistvém páse. Údaje o zjištěných druzích podkorního hmyzu (druh kůrovce a počet jeho

rodin na vzorku, stadium vývoje), v případě lýkožrouta smrkového pak i populační parametry, kterými byly počty jejich vajíček a stadium (vajíčko, larva, kukla, imago). Vše se zapsalo do terénního zápisníku. Před samotným odkorněním se změřil střední průměr každé sekce (TURČÁNI a kol., 2008).



Obr. 8 Schéma umístění studovaných sekcí na kmeni (podle TURČÁNI a kol., 2006)

Postup při počítání parametrů byl následující: každé odkorněné části byla změřena, její délka, šířka, vzdálenost od paty stromu a sekce, které byly ihned zapsány do předem připraveného zápisníku, který uvádí **Obr. 94**. Po té následovala determinace druhů kůrovců a spočítání všech rodin nacházejících se na odsekané části kůry. U ostatních kůrovců se zaznamenal počet rodin vyskytujících se v námi odebrané sekci. U lýkožrouta smrkového se dále zjišťovaly počty matečných chodeb u jednotlivých rodin, jejich délka. Počet vajíček, které byly samičkou vykladeny v jednotlivých chodbičkách, stádium, ve kterém se zjištěný stav nacházel V, L_1, L_2,L_3, K (vajíčko, larva, kukla) a délka 10 nejdelších larválních chodeb z rodiny. Tyto zdlouhavé práce probíhaly dle počasí, buď přímo v terénu, nebo po zamrazení jednotlivých kůr (aby nedošlo k zapaření a znehodnocení materiálu) v kanceláři.

K analýze byly použity všechny analyzované požerky i s nižším počtem vajíček. Stanovené množství 20 vajíček je spodní hranicí rozsahu vaječné snůšky uváděnou např. PFEFFER (1954), stejné množství vajíček je považováno MILLSEM (1986) za minimální počet, u kterého lze považovat mateřský požerek za kompletní. Nižší množství vajíček může být znakem fyziologicky defektního jedince nebo neobvyklého kladení vlivem parazitace např. kovověnkou *Tomicobia seitneri* (Rushka, 1924) či hlísticemi (*Nematoda*).

4.5 Statistické analýzy

Statistické vyhodnocení výsledků bylo provedeno pomocí software NCSS 7.1, Statistica 10 a QC Expert 3.1. K ověření normality rozdělení byl použit Shapiro-Wilkův test (HINTZE 2007). Porovnání oblastí, sekcí a populačních parametrů se uskutečnilo pomocí Kruskal-Wallisova testu (K-W), v případě délky chodeb bylo možné použít analýzu rozptylu (ANOVA) resp. vícenásobné porovnávání Tukey-Kramerovým testem. Pro vybrané populační parametry byl metodou nejmenších čtverců vytvořen lineární a vícenásobný regresní model, postupem dle MELOUNA a MILITKÉHO (2004). Pro porovnání oblastí a sekcí byly použity střední hodnoty populačních parametrů příslušné sekce. K tvorbě regresních modelů byly použity střední hodnoty populačních parametrů vyskytujících se při stejné hustotě rodinných požerků na m^2. Data nebyla transformována.

Poloha mediánu je značena čtvercem uvnitř obdélníku, jehož plocha vyjadřuje 50 % dat příslušné proměnné. Dolní resp. horní okraj obdélníku tvoří 25 % resp. 75 % dat.

Při zjišťování hustoty lýkožrouta lesklého je poloha mediánu značena příčnou linií uvnitř obdélníku. Body překračující 1,5 násobek interkvartilového rozpětí jsou značeny zeleně, červeně jsou značeny body, které překračují trojnásobek interkvartilového rozpětí.

4.5.1 Regresní analýza

Regresní analýzou odhadujeme hodnotu jisté náhodné veličiny (takzvané závisle proměnné), na základě znalosti jiných veličin (nezávisle proměnných). V našem případě závislost počtu nakladených vajíček na délce matečné chodby a hustotě rodinných požerků. Slouží k detailnímu pochopení závislosti mezi dvěma nebo více číselnými proměnnými. Metoda nejmenších čtverců shodně odhadne regresní přímku.

Podstatou řešení regrese je stanovit nejlepší regresní model, který bude popisovat závislost y na x, stanovit nejlepší odhady parametrů, statistickou významnost modelu, určit, zda nalezený model přispěje ke zpřesnění odhadu závisle proměnné oproti použití pouhého průměru (MELOUN a MILITKÝ 2004).

4.5.2 Neuronové sítě

Jeden z důvodů proč se neuronové sítě používají je jejich schopnost předpovídat. Jejich výhoda spočívá v automatickém naučení závislostí pouze z naměřených dat bez nutnosti doplňování dalších informací (jako například charakteru závislosti u regrese).

Neuronová síť si natrénuje data z minulosti s nadějí, že objeví skryté závislosti a bude schopna jich využít pro předpovídání do budoucnosti. Předpovídání je vytváření tvrzení o něčem, co bude, většinou na základě informací z minulosti a ze současnosti. (ANONYMUS, 2008).

Neuronová síť, je orientovaný graf s ohodnocenými hranami kde rozeznáváme uzly vstupní, výstupní a skryté, a kde hrany reprezentují tok signálu. Hrany jsou ohodnoceny parametrem zpracování signálu, který je nazýván vahou. (SOFTWAROVÉ NOVINY, 6/98). Dále jsou definovány jako nedeklarativní systémy umělé inteligence. Nedeklarativní jsou v tom smyslu, že nemusíme předem definovat pravidla, kterými se neuronová síť řídí. Pravidla řešení se stanovují až během učení (KUPKA, 2011). Pro modelování vztahu mezi vícerozměrnými vstupními a výstupními proměnnými. NN lze obecně považovat za vícenásobný nelineární regresní model (KUPKA, 2010).

Za počátek vzniku metody NN je považován rok 1943, kdy byl W. McCullochem a W. Pittsem vytvořen jednoduchý matematický modelu neuronu (ŠÍMA & NERUDA, 1996). Umělý neuron má *n* vstupů, které představují spojení s ostatními (předcházejícími) neurony. Každý vstup je hodnocen kladnými nebo zápornými synaptickými vahami *w*. Součet váženého vstupního signálu tvoří vnitřní potenciál neuronu ξ a v případě překročení prahové hodnoty *h*, je pomocí aktivační funkce indukován výstupní signál. Aktivační funkce mají nejčastěji sigmoidní charakter a poskytují diskrétní nebo spojité výstupy (MODLINGER, 2012).

Matematicky lze funkci neuronu zjednodušit vztahem

$$y = \sigma\left(\sum_{j=1}^{m} w_j x_j\right)$$

kde *y* je úroveň výstupního signálu, *xj* jsou úrovně signálů přicházejících z okolí, *wj* jsou váhy představující účinnost synaptického spojení vstupních axonů a *m* je počet vstupních signálů (proměnných). Funkce σ se nazývá aktivační funkce neuronu a její tvar ovlivňuje některé vlastnosti modelu neuronu. Pokud by σ byla konstanta $\sigma \neq 0$, představoval by tento vztah lineární regresní model (KUPKA, 2011).

Jeden neuron je schopen řešit pouze velmi omezené úlohy, proto k řešení složitějších úloh je třeba spojovat neurony do sítí. Počet neuronů a jejich vzájemné propojení určuje tzv. architekturu (topologii) neuronových sítí (MODLINGER, 2012).

NN se v čase vyvíjí, mění se propojení a stav neuronů, adaptují se váhy. Hovoříme o dynamice NN a můžeme jí rozdělit do tří pracovních režimů: organizační (změna

topologie), aktivní (změna stavu) a adaptivní (změna konfigurace). Architektura vícevrstevné sítě by měla odpovídat složitosti řešeného problému. Malá síť nemůže řešit komplikovaný problém a naopak bohatá síť může až příliš zohledňovat tréninkové vzory a ve výsledku špatně generalizovat (MODLINGER, 2012).

Umělá neuronová síť funguje tak, že vytváří spojení mezi mnoha různými procesními prvky, z nichž každý je analogický se samostatným neuronem v biologickém mozku. Tyto neurony mohou být fyzicky konstruovány nebo simulovány digitálním počítačem. Každý neuron dostává mnoho vstupních signálů. Poté, na základě vnitřního vyvažovacího systému, produkuje jednotlivý výstupní signál, který je typicky zasílán jako vstup jinému neuronu. (KUPKA 2008).

Podíl vstupních dat určených k učení sítě byl zvolen na 70%. Jelikož výběr části dat pro cross-validaci je proveden generátorem náhodných čísel, a je tedy stejně jako počáteční nastavení hodnot iteračního algoritmu při každém výpočtu odlišné, bylo nutné provést učení pro danou architekturu sítě opakovaně (MODLINGER, 2012).

K predikci byla zvolena skupinu prediktorů – nezávisle proměnných, která mohla mít vliv na závisle proměnné. Jako prediktory byly zvoleny Oblast, Sekce, Hustota, Chodba a lýkožrout lesklý.

5. Výsledky

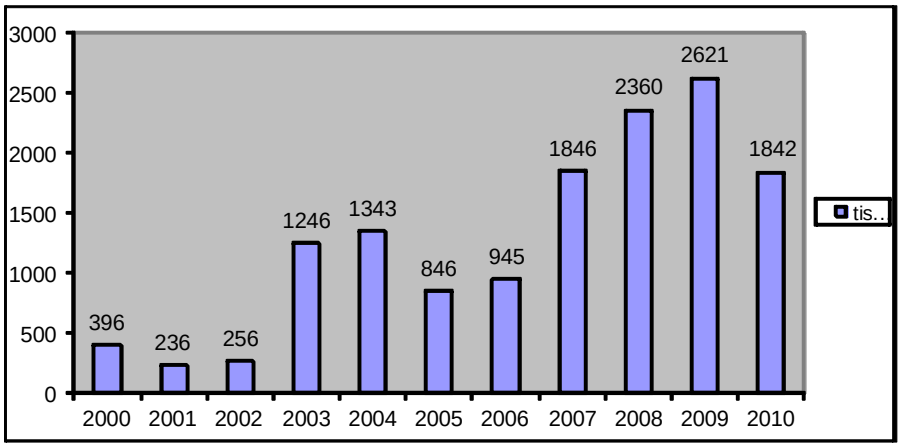
5.1 Stav lýkožrouta smrkového v ČR

Na současný nadměrný výskyt lýkožrouta smrkového v našich lesích mělo zásadní vliv počasí uplynulých let. Zlomový rok a nástup gradace nastal již v zimním počasí v období 2006/2007, dále došlo k velkému zničení porostu orkánem Kyrill (2007), velmi teplý rok 2007, další poškození porostů vichřicí Emma (2008). I rok 2009 je možno z pohledu ochrany lesa označit za období méně příznivé. Povětrnostní podmínky byly již celkově vyrovnanější oproti minulým rokům.

Působením biotických škodlivých činitelů bylo dle evidence v roce 2008 poškozeno cca 1,8 mil. m^3, v roce 2009 dokonce cca 2 mil. m^3. V roce 2010 bylo poškozeno přibližně 1,4 mil. m^3 dřevní hmoty (LUBOJACKÝ a kol., 2012). Dopočte-li se evidovaný objem na celkovou rozlohu lesa v ČR, dostává se tato hodnota ke 2,6 mil. m^3 kůrovcového dříví, jak uvádí (**Obr. 9**). Při započtení hodnoty napadené na území národních parků, objem kůrovcového dříví dosahuje 3 mil m^3, což je nejvyšší roční množství zaznamenané za posledních 50 let.

Z regionálního hlediska je stále nejvážnější situace v oblasti jižních a jihozápadních Čech (v krajích Jihočeském a Plzeňském evidováno celkem 407 tis. m^3, tj. více než 50 % celorepublikově evidovaného kůrovcového dříví) a v prostoru severní Moravy a Slezska (v kraji Moravskoslezském evidováno 103 tis. m^3). Ke zlepšení situace v roce 2011 přispělo jak včasné a účinné provádění obranných opatření, tak také relativně příznivý průběh počasí. Letová aktivita l. smrkového začala v roce 2011 již v polovině dubna (LUBOJACKÝ a kol., 2012).

Obdobně jak v předcházejících letech byly na našem území zaznamenány v nižších polohách pouze dvě generace, ve vyšších prakticky jen jedna, protože druhá generace byla velmi oslabená. Příznivě se projevila také praktická absence velkoplošných živelných kalamit. Z (**Obr. 9**) je evidentní nárůst nahodilých těžeb v roce 2007, kdy celou ČR poškodil orkán Kyrill.



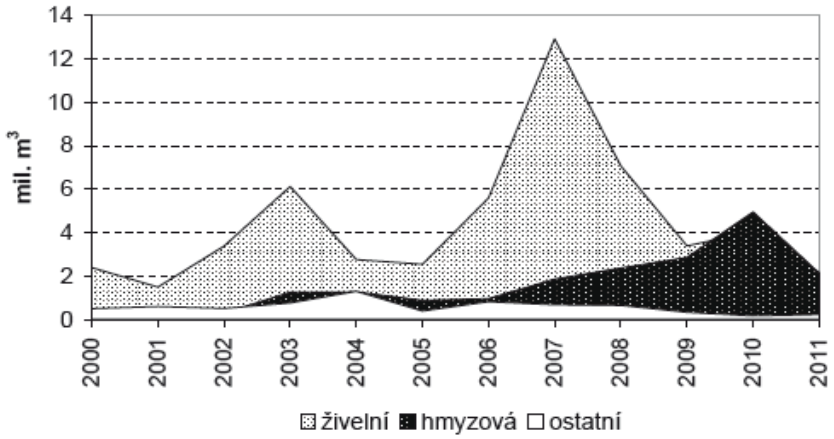
Obr. 9 Evidované kůrovcové dříví ve smrkových porostech v tis. m^3 (ANONYMUS, 2010)

Každý rok se v lesích ČR vytěží cca 16 mil. m3 dřeva. Z celkového vytěženého objemu dříví je cca 80% jehličnatého dříví. Nahodilá těžba se pohybuje v rozmezí 70-40% na celkové těžbě. Napadením hmyzími škůdci bývá kolem 2 mil. m3 dříví za rok. Nejvyšší podíl na tomto dřevu má lýkožrout smrkový. (**Tab. 8**).

Tab. 8 Těžba dřeva podle druhů dřevin (zdroj ČSÚ)

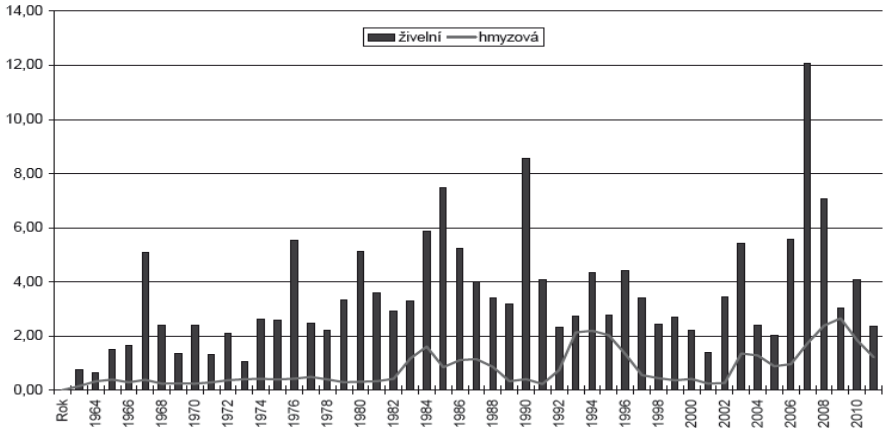
Těžba dřeva podle druhů dřevin (v m^3 bez kůry)	**2007**	**2008**	**2009**	**2010**
celková těžba dřeva (v m^3 bez kůry)	18 508 294	16 187 295	15 502 319	16 736 274
smrk, jedle, douglaska	15 838 025	13 040 877	12 254 278	12 396 949
nahodilá těžba (z těžby dřeva celkem)	14 885 256	10 748 778	6 628 193	6 458 564
hmyzí	1 555 503	2 314 909	2 624 203	1 787 624

Vzrůstající objem nahodilých těžeb způsobený hmyzem zobrazuje (**Obr. 10**). Dominantní roli sehrál jako již každoročně podkorní hmyz na jehličnanech (smrku), jenž způsobil více než 90 % celkového poškození. (KNÍŽEK a kol. 2010). V roce 2011 bylo evidováno celkově cca 0,82 mil. m^3 kůrovcového dříví (LUBOJACKÝ a kol., 2012).



Obr. 10 Celkový objem nahodilých těžeb v mil m^3 ve sledovaném období (Lubojacký a kol., 2012).

Pro české lokality je však třeba zmínit, že valná většina kůrovcového smrkového dříví v roce 2011 byla evidována na území NPŠ (**Obr. 11**) (LUBOJACKÝ a kol., 2012).



Obr. 11 Vývoj nahodilých těžeb v mil m^3 způsobených živelnými vlivy a biotickými činiteli (Lubojacký a kol., 2012).

5.2 Stav lýkožrouta smrkového v NPŠ

Z historického pohledu došlo k zásadním změnám druhové skladby lesů v prostoru Šumavy již koncem 18. století. V důsledku rozvoje zejména sklářského průmyslu mizel z porostů buk, následně pak i jedle a další vtroušené dřeviny, takže dominantní dřevinou se stal smrk. Významným faktorem, který změnil věkovou a prostorovou stavbu šumavských

porostů byly dvě rozsáhlé disturbance způsobené větrem a následně pak i kůrovcem (ZAHRADNÍK, 2012).

První větrné polomy, o kterých se díky lesníkům dochovaly záznamy, postihly část šumavských lesů již v průběhu 18. století. Údaje o jejich rozsahu jsou však útržkovité a ne zcela přesné. Např. v roce 1710 bylo na vimperském panství několik tisíc stromů pokácených větrem; obdobné kalamity se v průběhu 18. století opakovaly, následovalo i přemnožení kůrovců. Větrné i kůrovcové kalamity následovaly i v 19. století. První větší byla na Vimpersku a Volarsku v letech 1834 – 1839, kdy padlo cca 40 tis. m^3 a následně bylo kůrovcem napadeno dalších cca 300 tis. m^3. Druhá, známější a rozsáhlejší literárně zpracovaná K. Klostermannem, proběhla v letech 1868 – 1870, a to od Vimperka až po Volary (JELÍNEK, 1988). Údaje o rozsahu této kalamity značně kolísají, a to od 1,1 mil. m^3 až po 7 mil. m^3. Tyto rozdíly jsou způsobeny jednak v časovém vymezení, jednak i v prostorovém vymezení. Nejčastěji používaná hodnota je 4 mil. m^3 (VINŠ a kol., 1999). Silně postižena byla i oblast v okolí Modravy, kde začala současná kůrovcová gradace. Důsledky těchto událostí mohou být i jednou z příčin současného stavu (ZAHRADNÍK, 2012).

Na Šumavě v letech 1872-1875 bylo lýkožroutem smrkovým napadeno 100100 ha lesa. K zvládnutí této kalamity bylo zaměstnáno 7000 domácích a 1400 italských dělníků. Na jednom stromě bylo nalezeno 80000 dospělců l. smrkového. Pro zachycení takto rozsáhlé kalamity bylo poraženo 300000 smrků, které byly použity jako lapáky (KLAPÁLEK, 1908).

Počátky současného problému lze spatřit v letech 1983 a 1984. V Národním parku Bavorský les, který existoval již téměř 15 let, padlo větrem v r. 1983 cca 30 tis. m^3 (87 ha) a v r. 1984 dalších cca 30 tis. m^3 (86 ha). V této době bylo přijato rozhodnutí o vytvoření bezzásahového území (na rozloze cca 5,5 tis. ha), takže přibližně polovina těchto polomů nebyla zpracována (ZAHRADNÍK, 2012).

V roce 1985 bylo v NPŠ zpracováno 2 385 m^3, v následujícím roce byly práce zastaveny, v r. 1987 bylo zpracováno 613 m^3, v r. 1988 již cca 15 tis. m^3, a v r. 1989 dalších cca 14 tis. m^3. Tato hmota již byla napadena kůrovcem. Tehdy zbývalo zpracovat poslední 4 tis. m^3 a situace by byla na krátkou dobu vyřešena. Nebezpečí ale číhalo za hranicemi, kde se kůrovec neomezeně množil (ZAHRADNÍK, 1998).

NPŠ byl vyhlášen nařízením vlády č. 163 ze dne 20. 3. 1991 na rozloze 68 064 ha, z toho 49,4 % v Jihočeském kraji a 50,6 % v kraji Plzeňském. Lesní pozemky zaujímají 79,6 % plochy. NPŠ sousedí s NP Bavorský les na německé straně hranic a dále s lesními správami Kvilda, Modrava a Srní. Do poloviny roku 1993 hospodařily v lesích státní

organizace. Od druhé poloviny roku přešlo zákonem 114/1992 Sb. o ochraně přírody a krajiny hospodaření v lesích na správu NPŠ (www.nps.cz).

V r. 1995 došlo k prudkému nárůstu napadení smrkových porostů a také k nárůstu těžeb. Ke kulminaci těžby kůrovcového dříví došlo v následujícím roce a až do r. 2001 byly těžby značně vysoké, i když docházelo k jejich postupnému snižování. Postupně klesal i rozsah napadených a odumřelých porostů v bezzásadovém území. V letech 2002 a 2003 byl kůrovec již prakticky pod kontrolou (ZAHRADNÍK, 2012).

Po kalamitě Kyrill v dubnu roku 2007 ministr životního prostředí Bursík ve správním řízení rozhodl o ponechání nezpracovaného kalamitního dříví i na části druhých, doposud zásahových zón. Bylo tedy rozhodnuto ponechat na území NPŠ asi 145 000 m^3 kalamitního dříví bez asanace. To byla asi 1/5 z celkového množství dříví poškozeného orkánem Kyrill (ANONYMUS, 2010).

Došlo tedy k prudkému nárůstu objemu napadených stromů v bezzásahovém území, prakticky s minimálními těžbami v porostech, kde to bylo umožněno. V následujícím roce 2008 dosáhl objem napadených stromů v bezzásahovém území rekordní výše a také těžba v zásahových územích dosáhla s výjimkou „rekordního“ roku 1996 nejvyšší historické úrovně. To byl počátek zvratu. V roce 2009 bylo v bezzásahovém území napadeno tolik stromů, kolik jich nebylo napadeno od doby vyhlášení národního parku a rovněž objem vytěženého dříví v zásahových územích se o více než jednu třetinu zvýšil vůči nejkritičtějšímu roku 1996. Rok 2010 znamenal další nárůst kůrovcového dříví, i když jen mírný, a to v zásahovém i bezzásahovém území (ZAHRADNÍK, 2012).

V r. 2010 bylo evidováno 488 tis. m^3 nově napadených smrků v bezzásahovém území a v zásahovém území bylo vytěženo dalších 347 tis. m^3 napadených kůrovcových stromů. (**Obr. 12**) Při těžbě bylo použito přibližně 100 harvestorů. Těžba na základě 115 výjimek proběhla i v bezzásahovém území, kde bylo vytěženo zhruba 7,5 tis. m^3 kůrovcových stromů. V obraně bylo dále použito cca 4 tis. otrávených lapáků (trojnožek), desetitisíce feromonových lapačů. Ošetřeno insekticidy bylo přibližně 100 m^3 kůrovcového dříví. V roce 2011 bylo evidováno cca 350 tis. m^3 nově napadených smrků v bezzásahovém území a v zásahovém území bylo vytěženo dalších téměř 250 tis. m^3 napadených kůrovcových stromů. V obraně bylo použito 5,6 tis. otrávených lapáků (trojnožek) a 6 tis. Feromonových lapačů (ANONYMUS, 2011).

Zonace v NPŠ

NP se člení do tří zón vymezených s ohledem na stupeň ochrany.

Do l. zóny se zařazují území s nejvýznamnějšími přírodními hodnotami, zejména přirozené nebo málo pozměněné ekosystémy. Cílem je uchování či obnova samořídících funkcí ekosystémů.

Do 2. zóny se zařazují území s výraznými přírodními hodnotami, člověkem převážně pozměněné ekosystémy. Cílem je udržení přírodní rovnováhy a postupné přiblížení lesních ekosystémů přirozeným společenstvům.

Do 3. zóny se zařazují území člověkem značně pozměněných ekosystémů. Dle plánu péče NPŠ je plošné zastoupení zón následující:

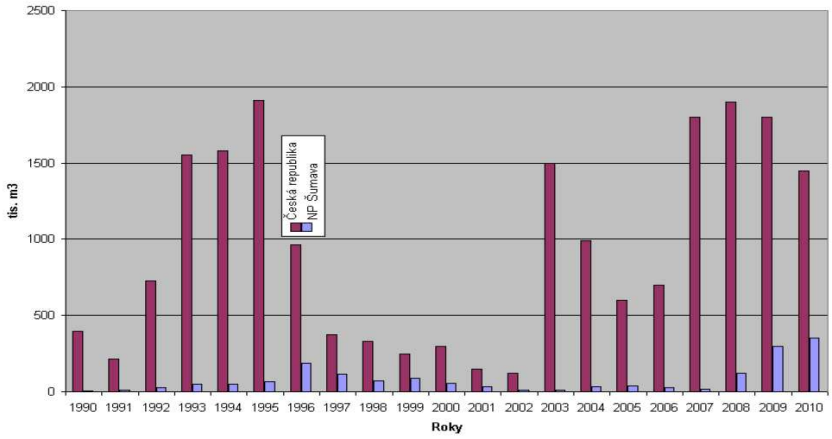
I. zóna nejhodnotnější, přírodě nejbližší ekosystémy. V roce 1999: 8 807 ha (12,94 %), cíl k r. 2030: nejméně 50 %.

II. A blízká přírodní-přechodná. V roce 1999: 10 904 ha (16,02 %).

II. B řízená přírodní-přechodná. V roce 1999: 31 350 ha (46,06 %).

II. C řízená přírodní – trvalá. V roce 1999: 13 631 ha (20,03 %), cíl k r. 2030: do 40 %.

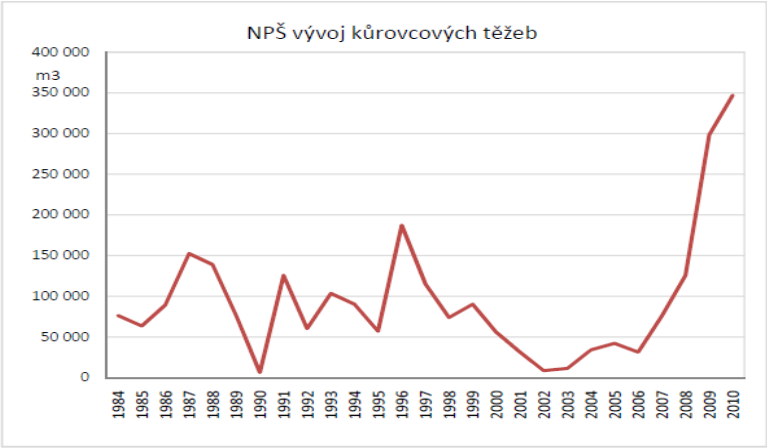
III. rozvojová. V roce 1999: 3 372 ha (4,95 %), cíl k r. 2030: do 10 %.



Obr. 12 Objem evidovaného smrkového kůrovcového dříví v tis. m^3 (www.nps.cz)

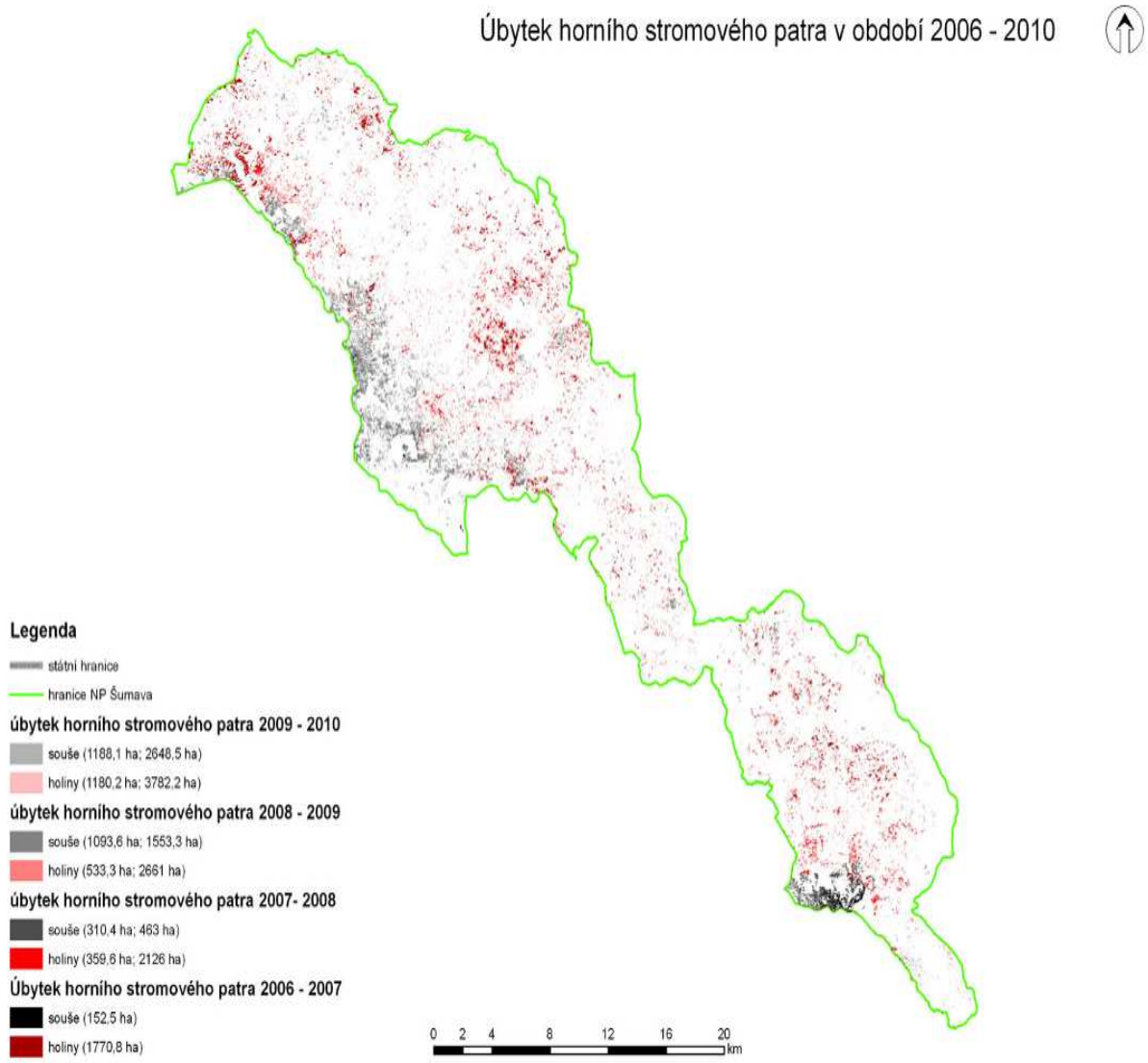
Tab. 9 Kůrovcové dříví v NPŠ ve smrkových porostech v m^3

Rok	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Množství (m3)	31467	10896	13276	35166	38343	26673	14790	119603	299000	347000	239027



Obr. 13 Vývoj kůrovcových těžeb v m^3 (www.nps.cz)

V současné době je na lesní půdě NPŠ zhruba 5 000 ha souší a 9 000 ha holin, což dohromady představuje 25% lesních porostů na území NPŠ. (STRÁSKÝ, 2012). Nahodilé kůrovcové těžby a souše zobrazuje (**Obr. 13**). Plocha souší se zvětšila v roce 2010 o 1 188 ha a v roce 2011 o 812 ha, tedy o třetinu méně. O třetinu méně než v roce 2010 vzrostla rovněž plocha holin. Jestliže v roce 2010 bylo vytěženo převážně z důvodu asanace kůrovce 347 tis. m^3, pak v roce 2011 to bylo 236 tis. m^3 (STRÁSKÝ, 2012). Úbytek stromového patra zobrazuje (**Obr. 14**) a objemy evidovaného kůrovcového dříví ukazuje (**Tab. 9 a 10**).



Obr. 14 Úbytek horního stromového patra (www.nps.cz)

Tab. 10 Struktura kůrovcové kalamity v NPŠ (Zdroj: Úhúl)

	rok	hmyzí asanace	přírůstek kůrovcového dříví	
			stojící kůrovcové stromy a souše	ležící polomové dříví
	1984	76 419	0	
	1985	63 579	0	
	1986	89 352	0	
	1987	152 392	0	
	1988	138 968	0	
	1989	76 418	0	
vznik NP	1990	6 453	0	
	1991	125 879	?	
	1992	60 459	?	
	1993	103 626	?	
	1994	90 327	15 430	
	1995	57 052	15 430	
	1996	187 351	47 675	
	1997	115 013	44 326	
	1998	74 027	57 618	
	1999	90 377	21 576	
	2000	55 774	13 556	
	2001	31 467	6 500	
	2002	8 758	5 645	
	2003	11 368	15 652	
	2004	34 129	19 394	
	2005	42 138	19 750	
	2006	31 424	17 500	
	2007	76 085	165 536	115 279
	2008	125 657	146 046	
	2009	298 108	215 159	
	2010	347 000	150 000	
	suma za trvání NP	1 966 019	1 092 071	
	Ø za trvání NP	98 301	?	
	Ø 1984-1990	86 226	0	

info OPRL PLO 13 (zdroj LHE)

info NP (zdroj LHE)

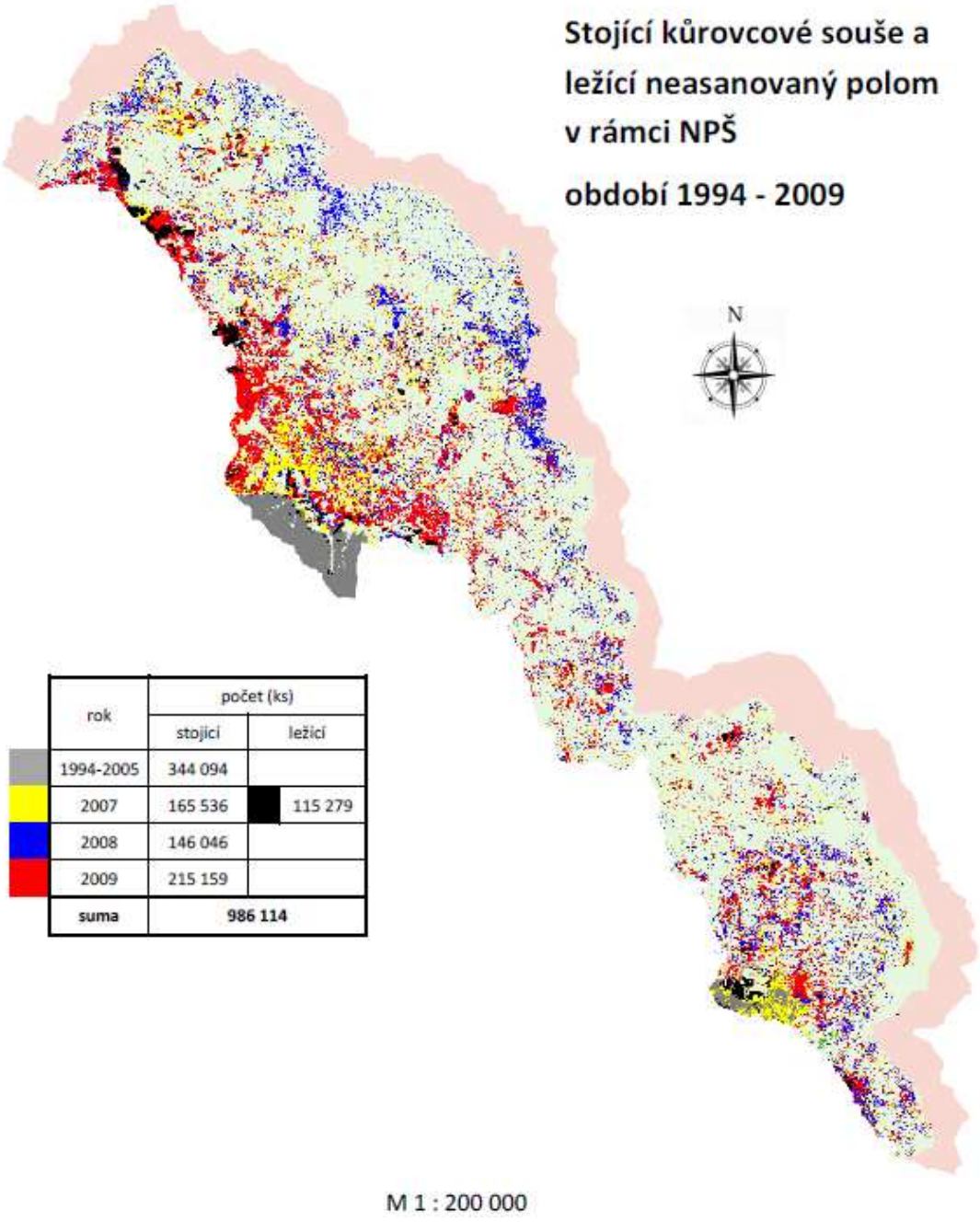
info UHUL (zdroj ortofota)

info NP, ověřováno UHUL - odlišné výsledky (není zahrnuto cca 20 %)

odhad

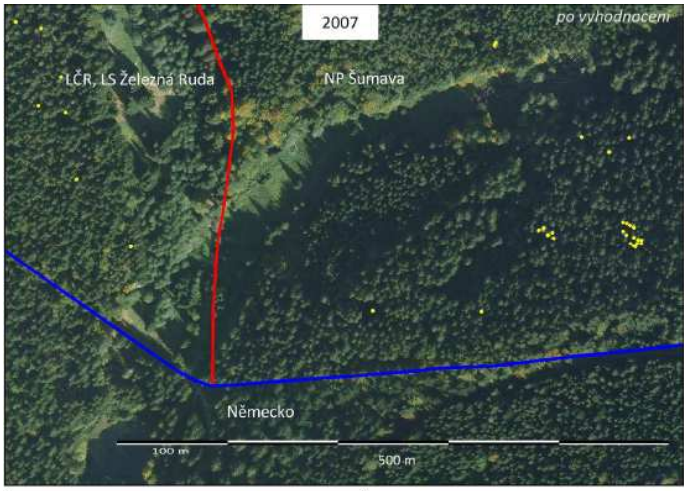
Atraktivní nika zjištěna k 1. 1. 2011 činí v rámci celého NPŠ činí 12 598 032 m^3, z toho se 2 744 362 m^3 (21,8 %) nachází v lokalitách bezzásahovosti, kde se proti kůrovci neprovádí žádná obranná opatření. Plochy bezzásahovosti zůstávají ohnisky pokračující kůrovcové kalamity a fungují jako generátor vysokých nahodilých kůrovcových těžeb

v zásahových lokalitách NP. Normální nárůst kůrovcových těžeb v důsledku průvodních jevů větrné kalamity Kyrill vyvrcholil v lesích sousedních vlastníků v roce 2009, od kdy dochází k jejich zásadnímu poklesu. Na rozdíl od lesů sousedních vlastníků dochází v lesích NPŠ od roku 2007 k permanentnímu nárůstu kůrovcových těžeb, které v roce 2010 dosáhly rekordní úrovně (347 000 m^3) za celou dobu existence NPŠ (BALEK a kol., 2010).

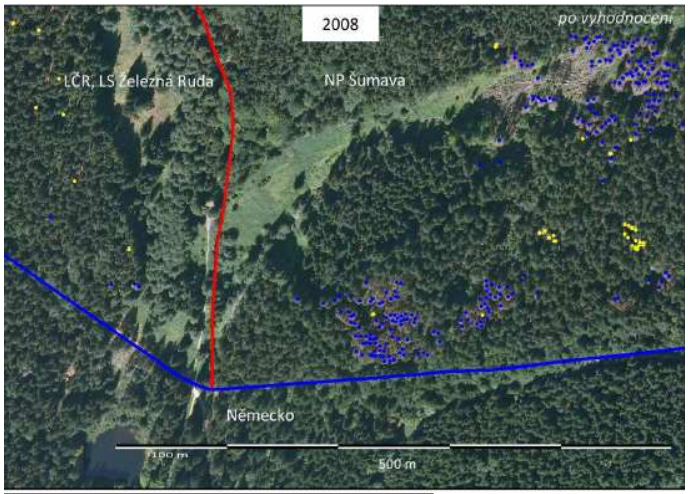


rok	počet (ks)	
	stojící	ležící
1994-2005	344 094	
2007	165 536	115 279
2008	146 046	
2009	215 159	
suma	**986 114**	

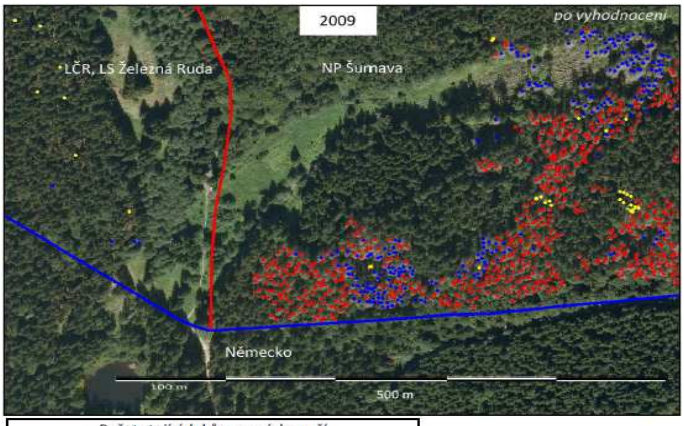
Obr. 15 Stojící kůrovcové souše a neasanovaný polom (zdroj: Úhúl)



Počet stojících kůrovcových souší			
Rok	LČR, LS Ž. Ruda	NPŠ	poznámka
2007	7	26	*výchozí stav*



Počet stojících kůrovcových souší			
Rok	LČR, LS Ž. Ruda	NPŠ	poznámka
2007	7	26	*výchozí stav*
2008	4	239	*přírůstek*
suma	11	265	



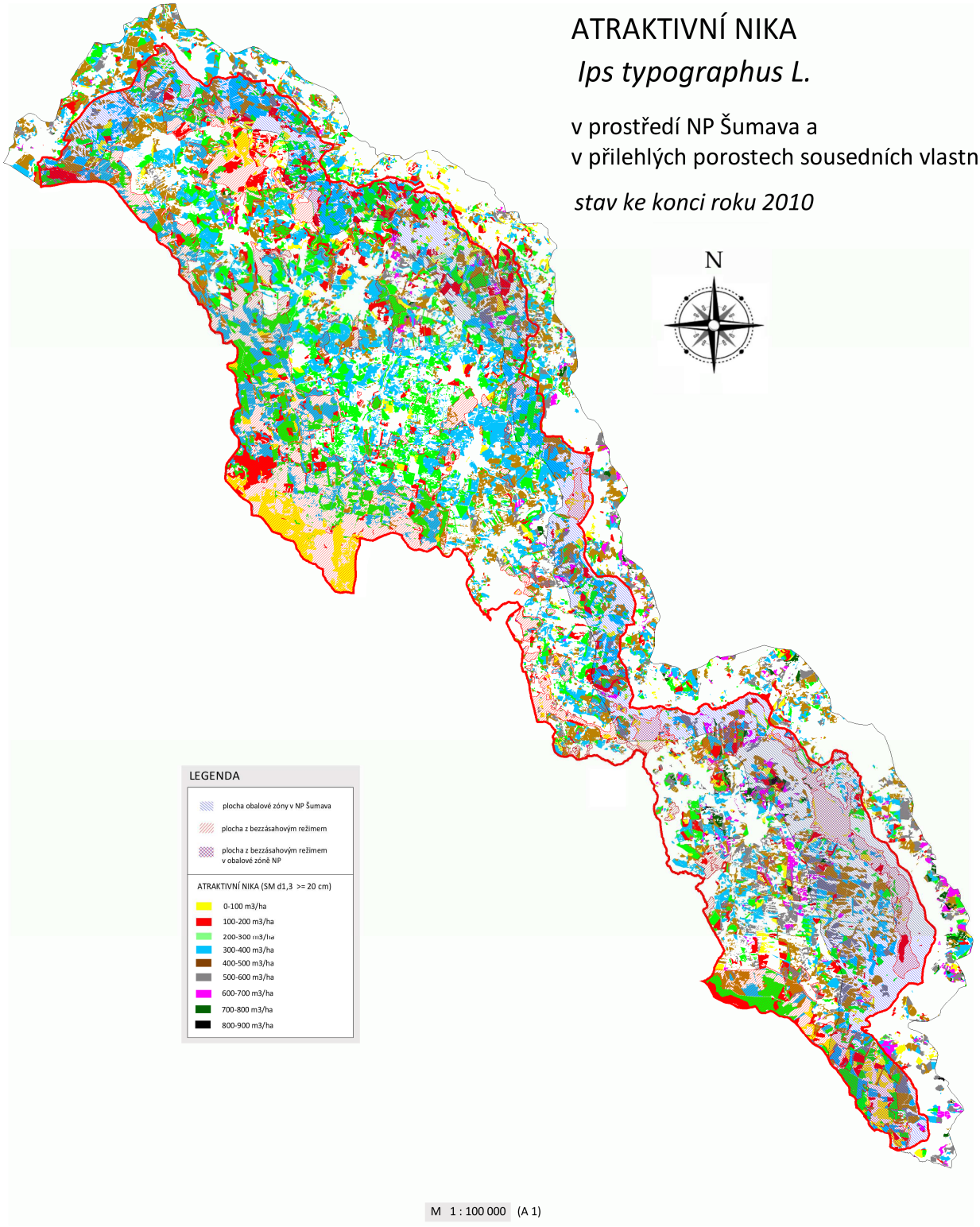
Počet stojících kůrovcových souší			
Rok	LČR, LS Ž. Ruda	NPŠ	poznámka
2007	7	26	*výchozí stav*
2008	4	239	*přírůstek*
2009	0	602	*přírůstek*
suma	11	867	

Obr. 16 Rozdíl počtu kůrovcových souší v jednotlivých letech v NPŠ a LČR, s.p. (zdroj: Úhúl)

Při hranici s LS Železná Ruda z 32 kůrovcových stromů v létě 2007 bylo napadeno během sezóny 2008 a části sezóny 2009 dalších 845 stromů (**Obr. 16**). Tato dynamika je naprosto mimořádná a proto je nutno prognózovat další narůst kalamity. (BALEK a kol., 2010).

Podél vnitrozemské hranice NPŠ (dlouhé 122 km) neexistuje žádná pufrační zóna. Naopak v obalové zóně uvnitř NPŠ je 1 973 hektarů lesa v bezzásahovém režimu. V zásahových zónách podíl nahodilé kůrovcové těžby dlouhodobě naplňuje definici kalamitního stavu, při kterém dochází k dalekosáhlým přímým i nepřímým škodám na lesích. Dle zveřejněných údajů dosahují kůrovcové těžby realizované v rámci území v přímé správě SNP Šumava v posledních 10 letech v průměru podílu 48 %. Tento podíl záhy po orkánu Kyrill gradoval na současných 84 % z celkového objemu těžby za rok 2011 ve výši 285000 m^3. Budoucí vývoj v zásahových zónách bude i nadále určován stavem v bezzásahových zónách. Na základě dosud zjištěných výsledků lze konstatovat, že v bezzásahových zónách dochází meziročně k nárůstu počtu nových kůrovcových souší cca o 36-54 %. Ohniska gradace se dále uplatňují s ohledem na lokální výskyt atraktivní niky (**Obr. 17**). Pokud je potravní zdroj v příslušné části bezzásahového území vyčerpán, tak dochází ke zvýšenému tlaku na okolní zásahová území (KLEWAR, 2012).

Dynamika šíření lýkožrouta smrkového v NPŠ je běžná vznikem drobných kůrovcových ohnisek hluboko před „frontou“. Tato ohniska vznikají zásadně na osluněných smrkových stěnách (v případě, že vzniknou uvnitř porostu, tak se jedna o napadení předrůstavé skupiny smrků nebo o vyvýšené osluněné místo v porostu, téměř vždy na jižní až západní expozici. Lze říci, že v době letního rojení jsou osluněné smrkové stěny hendikepovány vysokou transpirací a jejich koruny vyčnívají z korunové úrovně porostu a proto kůrovci, pasivně unášeni větrem, se na nich zachytávají a tím se vytváří „předsunutá“ kůrovcová ohniska v kilometrových vzdálenostech. Tato ohniska se po té rozšiřují a spojují se (BALEK a kol. 2010).



Obr. 17 Atraktivní nika pro lýkožrouta smrkového (zdroj: Úhúl)

5.3 Počty analyzovaných vzorků

V letech 2008 a 2009 bylo celkem odebráno 992 vzorků kůry, pro vyhodnocení populačních parametrů lýkožrouta smrkového bylo možné z celkového počtu využít pouze 732 kůr. V těchto kůrách bylo nalezeno 8 128 rodin, z toho 4 493 rodin bylo podrobně změřeno a zaznamenáno (**Tab. 11**).

Tab. 11 Počty analyzovaných vzorků v jednotlivých oblastech

Oblast	Rok	Počet odebraných kůr	Počet analyzovaných kůr	Celkový počet rodin	Počet rodin, kde byla počítána vajíčka
1 sekce					
NPŠ	2008	44	34	364	186
	2009	27	11	129	51
Planá	2008	55	40	525	265
	2009	21	12	110	48
Libavá	2008	71	45	778	323
	2009	29	9	262	166
Za sekci		**247**	**151**	**2168**	**1039**
2 sekce					
NPŠ	2008	44	39	564	246
	2009	29	25	261	126
Planá	2008	55	46	455	275
	2009	21	18	158	82
Libavá	2008	69	58	814	456
	2009	30	14	260	206
Za sekci		**248**	**200**	**2512**	**1391**
3 sekce					
NPŠ	2008	48	39	416	206
	2009	28	26	166	89
Planá	2008	55	49	476	271
	2009	21	17	158	56
Libavá	2008	68	62	670	436
	2009	30	13	199	157
Za sekci		**250**	**206**	**2085**	**1215**
4 sekce					
NPŠ	2008	47	30	245	116
	2009	26	10	50	20
Planá	2008	55	45	330	199
	2009	21	16	108	42
Libavá	2008	68	61	530	385
	2009	30	13	100	86
Za sekci		**247**	**175**	**1363**	**848**
Celkem zpracováno		**992**	**732**	**8128**	**4493**

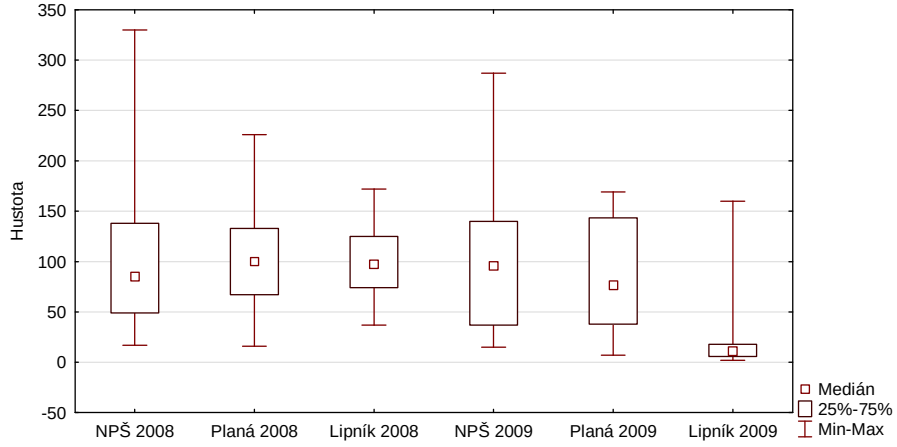
5.4 Denzita rodičovských požerků lýkožrouta smrkového na m^2

Relativně nejvyšší početnost lýkožrouta smrkového byla zjištěna v roce 2008 na lokalitě VLS Planá naopak nejnižší byla v roce 2009 v lokalitě VLS Lipník (**Tab. 12**).

Tab. 12 Početnost lýkožrouta smrkového v jednotlivých lokalitách

Lokality	**Medián hustoty rodin na** (m^2)
Lipník 2008	98
Lipník 2009	11
NPŠ 2008	85
NPŠ 2009	96
Planá 2008	100
Planá 2009	77

V počtu rodin připadajících na plochu 1 m^2 byly mezi studovanými lokalitami zjištěny statisticky významné rozdíly (**K-W: DF = 5; N = 198; p < 0,05, Obr. 18**). Poloha mediánu počtu rodin (**Obr. 18**) ukazuje rozdíl zejména v případě lokality VLS Lipník v roce 2009. Odlišnost této lokality (v daném roce) od všech ostatních, byla prokázána i při vícenásobném porovnávání (**K-W Dunn´s test: z > *2.6383***; **Tab. 13**). U ostatních lokalit však rozdíly nebyly průkazné a z hlediska populační hustoty je lze považovat za podobné.



Obr. 18 Hustota lýkožrouta smrkového na m^2 v jednotlivých letech

Kruskal-Wallis Multiple-Comparison Z-Value Test (Dunn's Test)

Tab. 13 Vícenásobné porovnání hodnot (hustota, roky)

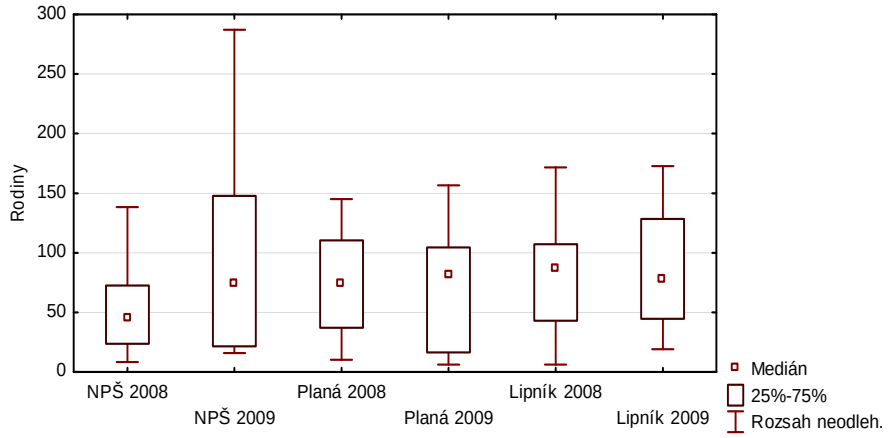
Hustota	Lipník 2008	Lipník 2009	NPŠ 2008	NPŠ 2009	Planá 2008	Planá 2009
Lipník 2008	0.0000	5.3665	0.5292	0.5439	0.0719	0.9589
Lipník 2009	5.3665	0.0000	5.5036	4.9698	6.2666	4.0600
NPŠ 2008	0.5292	5.5036	0.0000	0.0694	0.7281	0.5762
NPŠ 2009	0.5439	4.9698	0.0694	0.0000	0.7105	0.4759
Planá 2008	0.0719	6.2666	0.7281	0.7105	0.0000	1.1525
Planá 2009	0.9589	4.0600	0.5762	0.4759	1.1525	0.0000

Regular Test: Medians significantly different if z-value > 1.9600

Bonferroni Test: Medians significantly different if z-value > 2.6383

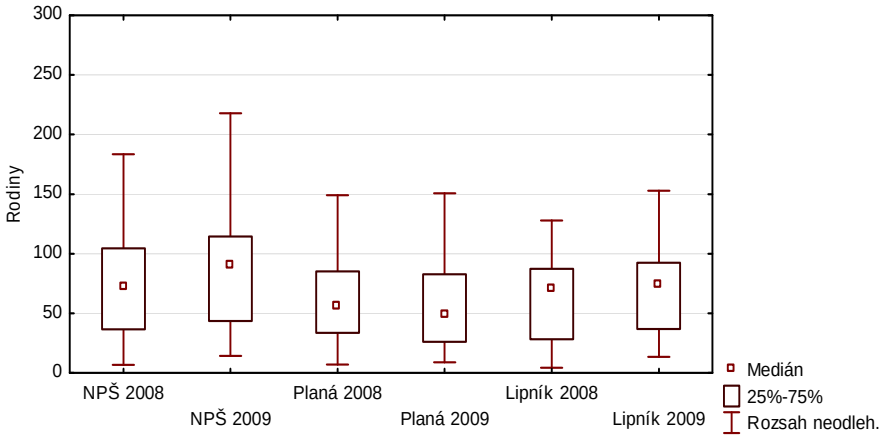
Tab. 14 Střední hodnoty obsazenosti rodin přepočtené na 1 m^2

Lokalita	Střední hodnota obsazenosti IT na 1m^2			
	1. Sekce	2. Sekce	3. Sekce	4. Sekce
NPŠ 2008	61	82	72	80
NPŠ 2009	94	92	74	76
Planá 2008	75	65	70	72
Planá 2009	70	65	74	64
Lipník 2008	80	66	63	68
Lipník 2009	88	71	64	38



Obr. 19 Průměrné počty rodin na m^2 v analyzovaných kůrách v prvních sekcích

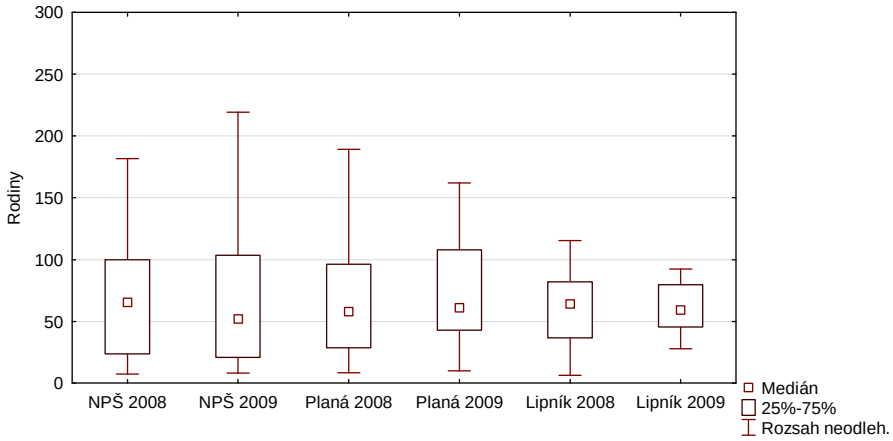
V prvních sekcích bylo v roce 2008 v NPŠ analyzováno 34 kůr. Po přepočtení na plochu byla obsazenost 11 rodin lýkožrouta smrkového na kůru, což odpovídá 61 rodinám na m^2. Medián odpovídal 45 rodinám. V roce 2009 byla obsazenost 12 rodin lýkožrouta smrkového na kůru. Tyto rodiny se nacházely na 11 kůrách první sekce. Což odpovídá 94 rodinám na m^2. Medián odpovídal 73 rodinám. V roce 2008 na lokalitách VLS Planá bylo analyzováno 40 kůr. Po přepočtení, byla obsazenost 13 rodin lýkožrouta smrkového na kůru. Což odpovídá 75 rodinám na m^2. Medián také odpovídal 75 rodinám. V roce 2009 bylo detailně analyzováno 12 kůr. Obsazenost byla 9 rodin na kůru. Což je 70 rodin na m^2. Medián odpovídal 82 rodinám. V roce 2008 bylo na lokalitách VLS Lipník analyzováno 45 kůr. Po přepočtení na plochu byla obsazenost 17 rodin lýkožrouta smrkového na kůru, což je 80 rodin na m^2. Medián odpovídal 87 rodinám. V roce 2009 bylo analyzováno 9 kůr. Po přepočtení na plochu byla obsazenost 16 rodin lýkožrouta smrkového na kůru, což odpovídá 88 rodinám na m^2. Medián odpovídal 78 rodinám. (**Tab. 14, Obr. 19**)



Obr. 20 Průměrné počty rodin na m^2 v analyzovaných kůrách v druhé sekci

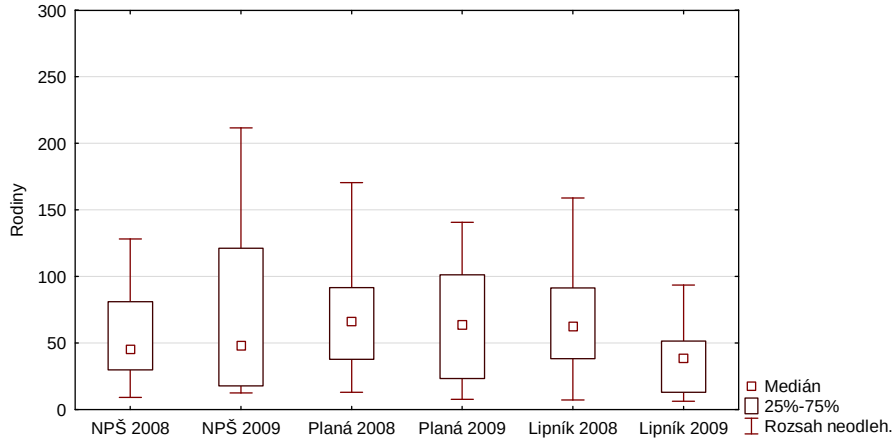
Ve druhých sekcích bylo v roce 2008 v NPŠ analyzováno 39 kůr. Po přepočtení na plochu byla obsazenost 14 rodin lýkožrouta smrkového na kůru, což odpovídá 82 rodinám na m^2. Medián odpovídal 72 rodinám. V roce 2009 byla obsazenost 10 rodin lýkožrouta smrkového na kůru, což je 92 rodin na m^2. Tyto rodiny se nacházely na 25 kůrách první sekce. Medián odpovídal 91 rodinám. V roce 2008 na lokalitách VLS Planá bylo v druhých sekcích analyzováno 46 kůr. Po přepočtení jednotlivých rodin na plochu, byla obsazenost 10 rodin lýkožrouta smrkového na kůru. Což je 65 rodin na m^2. Medián odpovídal 56 rodinám. V roce 2009 bylo analyzováno 18 kůr. Obsazenost byla 9 rodin na kůru. Což odpovídá 65 rodinám na m^2. Medián odpovídal 48 rodinám. V roce 2008

bylo na lokalitách VLS Lipník analyzováno 58 kůr. Po přepočtení na plochu byla obsazenost 13 rodin lýkožrouta smrkového na kůru, což odpovídá 66 rodinám na m^2. Medián odpovídal 70 rodinám. V roce 2009 bylo analyzováno 14 kůr. Po přepočtení na plochu byla obsazenost 11 rodin lýkožrouta smrkového na kůru, což je 71 rodin na m^2. Medián odpovídal 75 rodinám. (**Obr**. **20**)



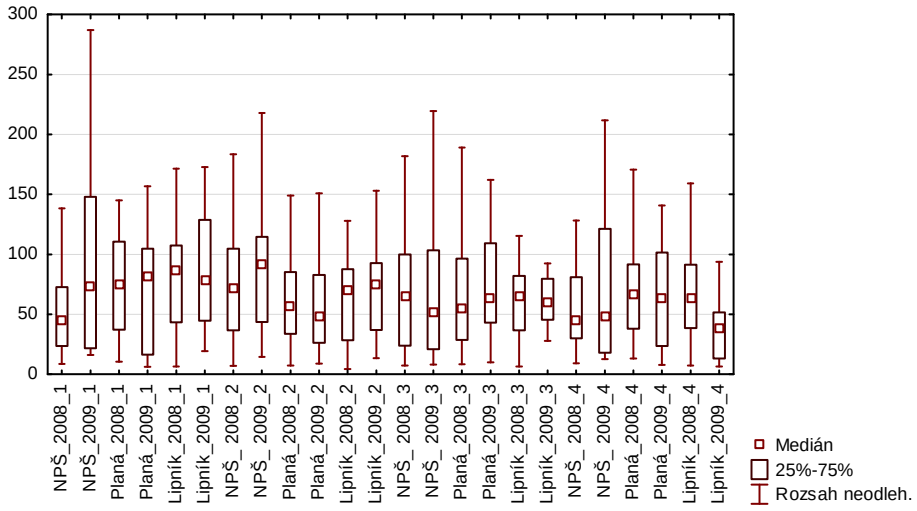
Obr. 21 Průměrné počty rodin na m^2 v analyzovaných kůrách ve třetí sekci

Ve třetích sekcích bylo v roce 2008 v NPŠ analyzováno 39 kůr. Po přepočtení na plochu byla obsazenost 11 rodin lýkožrouta smrkového na kůru, což odpovídalo 72 rodinám na m^2. Medián odpovídal 65 rodinám. V roce 2009 byla obsazenost 6 rodin lýkožrouta smrkového na kůru, což odpovídá 74 rodinám na m^2. Tyto rodiny se nacházely na 26 kůrách první sekce. Medián odpovídal 52 rodinám. V roce 2008 bylo v lokalitách VLS Planá analyzováno 49 kůr. Po přepočtení jednotlivých rodin na plochu, byla obsazenost 10 rodin lýkožrouta smrkového na kůru. Což odpovídá 70 rodinám na m^2. Medián odpovídal 58 rodinám. V roce 2009 bylo analyzováno 17 kůr. Obsazenost byla 9 rodin na kůru. Což odpovídá 74 rodinám na m^2. Medián odpovídal 61 rodinám. V roce 2008 na lokalitách VLS Lipník analyzováno 62 kůr. Po přepočtení na plochu byla obsazenost 10 rodin lýkožrouta smrkového na kůru, což odpovídá 63 rodinám na m^2. Medián odpovídal 64 rodinám. V roce 2009 bylo analyzováno 13 kůr. Po přepočtení na plochu byla obsazenost 9 rodin lýkožrouta smrkového na kůru, což odpovídá 64 rodinám na m^2. Medián odpovídal 59 rodinám. (**Obr. 21**).



Obr. 22 Průměrné počty rodin na m^2 v analyzovaných kůrách ve čtvrté sekci

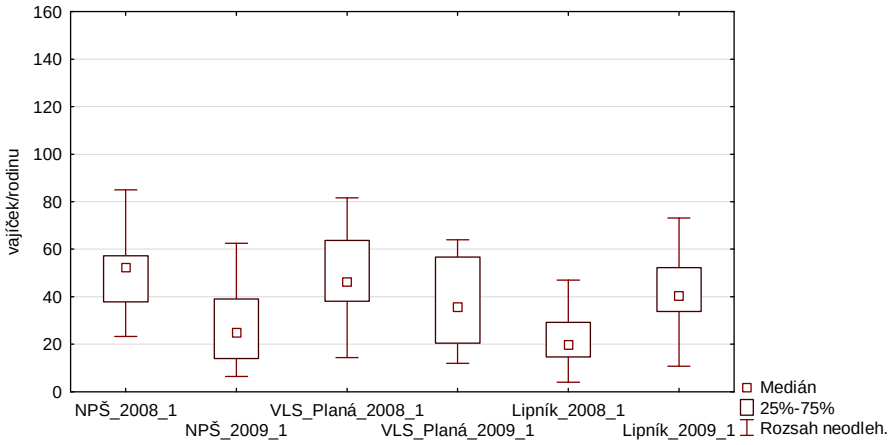
Ve čtvrtých sekcích bylo v roce 2008 v NPŠ analyzováno 30 kůr. Po přepočtení na plochu byla obsazenost 8 rodin lýkožrouta smrkového na kůru, což odpovídá 80 rodinám na m^2. Medián odpovídal 45 rodinám. V roce 2009 byla obsazenost 5 rodin na kůru, což odpovídá 76 rodinám na m^2. Tyto rodiny se nacházely na 10 kůrách první sekce. Medián odpovídal 48 rodinám. V roce 2008 na lokalitách VLS Planá bylo analyzováno 45 kůr. Po přepočtení jednotlivých rodin na plochu, byla obsazenost 7 rodin na kůru. Což odpovídá 72 rodinám na m^2. Medián také odpovídal 66 rodinám. V roce 2009 bylo analyzováno 16 kůr. Obsazenost byla 7 rodin na kůru. Což odpovídá 64 rodinám na m^2. Medián také odpovídal 64 rodinám. V roce 2008 na lokalitách VLS Lipník analyzováno 61 kůr. Po přepočtení na plochu byla obsazenost 8 rodin lýkožrouta smrkového na kůru, což odpovídá 68 rodinám na m^2. Medián odpovídal 63 rodinám. V roce 2009 bylo analyzováno 13 kůr. Po přepočtení na plochu byla obsazenost 4 rodiny lýkožrouta smrkového na kůru, což odpovídá 38 rodinám na m^2. Medián odpovídal 39 rodinám. (**Obr. 22**).



Obr. 23 Průměrná obsazenost lýkožrouta smrkového na m^2

V roce 2008 bylo v prvních sekcích nejvíce rodin lýkožrouta smrkového nalezeno v lokalitě NPŠ. Po přepočtu na 1m^2 obsazenost dosahuje 94 rodin. Naopak nejméně obsazená sekce byla v lokalitě Planá v roce 2009, kde obsazenost přepočtená na 1m^2 dosahuje 75 rodin. V druhých sekcích bylo nejvíce rodin lýkožrouta smrkového nalezeno v lokalitě NPŠ v roce 2009. Po přepočtu na 1m^2 obsazenost dosahuje 92 rodin. Naopak nejméně obsazená sekce byla v lokalitě Planá v roce 2008, kde obsazenost přepočtená na 1m^2 dosahuje 65 rodin. Ve třetí sekci byla obsazenost na 1m^2 velice vyrovnaná. Což svědčí o tom, že lýkožrout smrkový nejraději vyhledává rozhraní suchých a zelených větví. Nejvíce rodin lýkožrouta smrkového nalezeno v lokalitě Planá v roce 2009. Po přepočtu na 1m^2 obsazenost dosahuje 74 rodin. Naopak nejméně obsazená sekce byla v lokalitě Lipník v roce 2008, kde obsazenost přepočtená na 1m^2 dosahuje 63 rodin. Ve čtvrté sekci bylo nejvíce rodin lýkožrouta smrkového nalezeno v lokalitě NPŠ v roce 2008. Po přepočtu na 1m^2 dosahuje obsazenost 80 rodin. Naopak nejméně obsazená sekce byla v lokalitě Lipník v roce 2009, kde obsazenost přepočtená na 1m^2 dosahuje 38 rodin (**Obr. 23**).

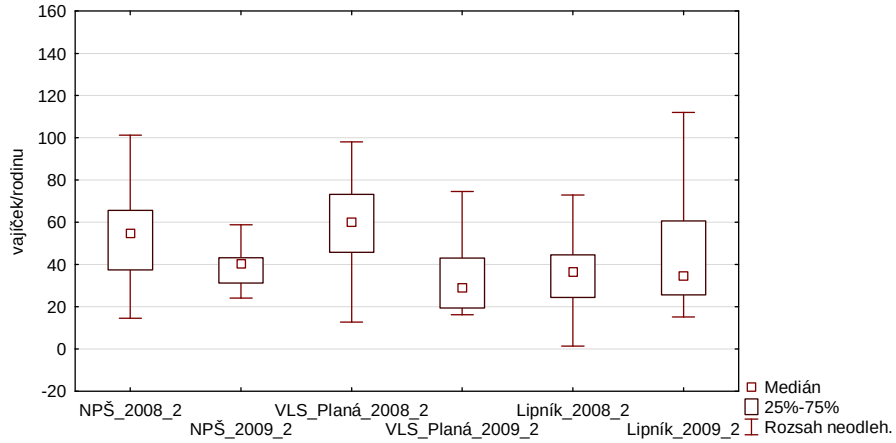
5.5 Natalita lýkožrouta smrkového v roce 2008 a 2009 v jednotlivých územích



Obr. 24 Počet vajíček na rodinu v prvních sekcích

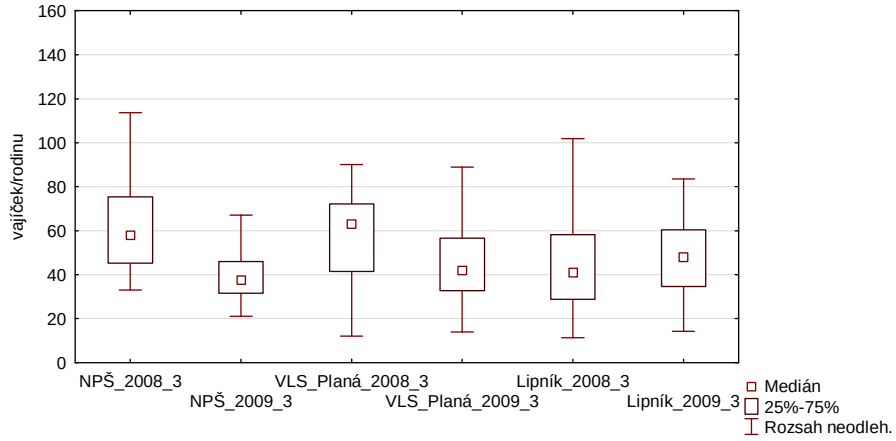
V roce 2008 se nacházelo v NPŠ v prvních sekcích po přepočtení 52 vajíček na rodinu, medián byl také 52 vajíček. V roce 2009 to bylo 29 vajíček na rodinu, medián byl také 25 vajíček. V roce 2008 se nacházelo ve VLS Planá v prvních sekcích po přepočtení 50 vajíček na rodinu, medián byl 46 vajíček. V roce 2009 to bylo 37 vajíček na rodinu,

medián byl 36 vajíček. V roce 2008 se nacházelo ve VLS Lipník v prvních sekcích po přepočtení 23 vajíček na rodinu, medián byl 20 vajíček. V roce 2009 to bylo 42 vajíček na rodinu, medián byl 40 vajíček. Zjištěné údaje zobrazuje (**Obr. 24**).



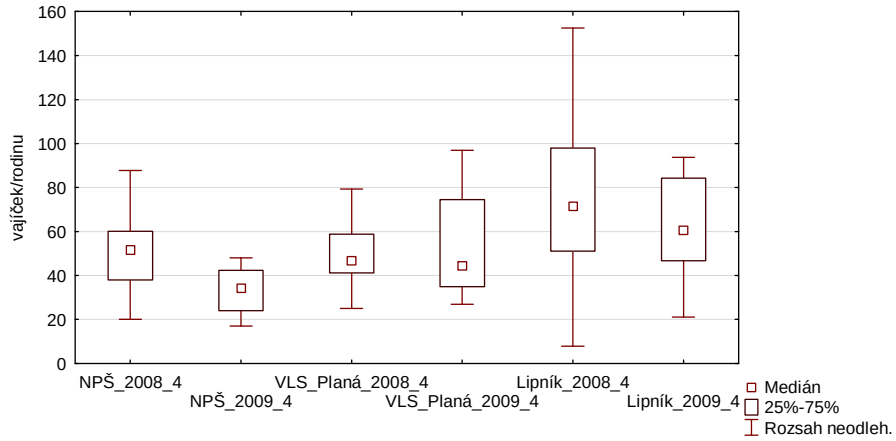
Obr. 25 Počet vajíček na rodinu v druhých sekcích

V roce 2008 se nacházelo v NPŠ v druhých sekcích po přepočtení 54 vajíček na rodinu, medián byl 55 vajíček. V roce 2009 to bylo 42 vajíček na rodinu, medián byl 40 vajíček. V roce 2008 se nacházelo ve VLS Planá v druhých sekcích po přepočtení 64 vajíček na rodinu, medián byl 60 vajíček. V roce 2009 to bylo 32 vajíček na rodinu, medián byl 29 vajíček. V roce 2008 se nacházelo ve VLS Lipník v druhých sekcích po přepočtení 37 vajíček na rodinu, medián byl 36 vajíček. V roce 2009 to bylo 42 vajíček na rodinu, medián byl 35 vajíček. Zjištěné údaje zobrazuje (**Obr. 25**).



Obr. 26 Počet vajíček na rodinu ve třetích sekcích

V roce 2008 se nacházelo v NPŠ ve třetích sekcích 61 vajíček na rodinu, medián byl 58 vajíček. V roce 2009 to bylo 40 vajíček na rodinu, medián byl 38 vajíček. V roce 2008 se nacházelo ve VLS Planá ve třetích sekcích po přepočtení 61 vajíček na rodinu, medián byl 63 vajíček. V roce 2009 to bylo 46 vajíček na rodinu, medián byl 42 vajíček. V roce 2008 se nacházelo ve VLS Lipník ve třetích sekcích po přepočtení 45 vajíček na rodinu, medián byl 41 vajíček. V roce 2009 to bylo 48 vajíček na rodinu, medián byl 35 vajíček. (**Obr. 26**).



Obr. 27 Počet vajíček na rodinu ve čtvrtých sekcích

V roce 2008 se nacházelo v NPŠ ve čtvrtých sekcích po přepočtení 54 vajíček na rodinu, medián byl 52 vajíček. V roce 2009 to bylo 33 vajíček na rodinu, medián 34 byl vajíček. V roce 2008 se nacházelo ve VLS Planá ve čtvrtých sekcích po přepočtení 51 vajíček na rodinu, medián byl 47 vajíček. V roce 2009 to bylo 54 vajíček na rodinu, medián byl 45 vajíček. V roce 2008 se nacházelo ve VLS Lipník ve čtvrtých sekcích po přepočtení 75 vajíček na rodinu, medián byl 72 vajíček. V roce 2009 to bylo 71 vajíček na rodinu, medián byl 61 vajíček. (**Obr. 27**).

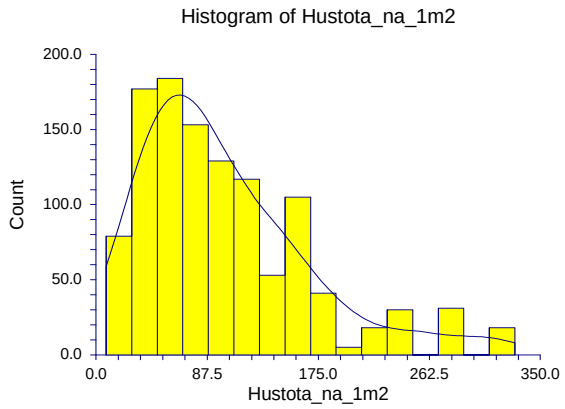
5.6 NPŠ

K ověření normality dat byl u všech dat použit Shapiro-Wilkův test, který je pro tyto účely obvykle doporučován (HEBÁK a kol., 2007; MODLINGER, 2012). Pro všechny proměnné byla zamítnuta nulová hypotéza o shodě experimentálních dat s normálním rozdělením.

5.6.1 Hustoty rodin lýkožrouta smrkového na 1 m^2

Střední hodnota hustoty rodin v NPŠ připadajících na plochu 1 m^2 lýkožrouta smrkového (**S-W: p < 0,05; medián; Obr. 28, Tab. 16**) byla v prvních sekcích 70 rodin, ve druhých sekcích 90 rodin, ve třetích sekcích 70 rodin a ve čtvrtých sekcích 79 rodin. Střední hodnota hustoty rodin na 1 m^2 v celém NPŠ odpovídala hodnotě 84 rodin.

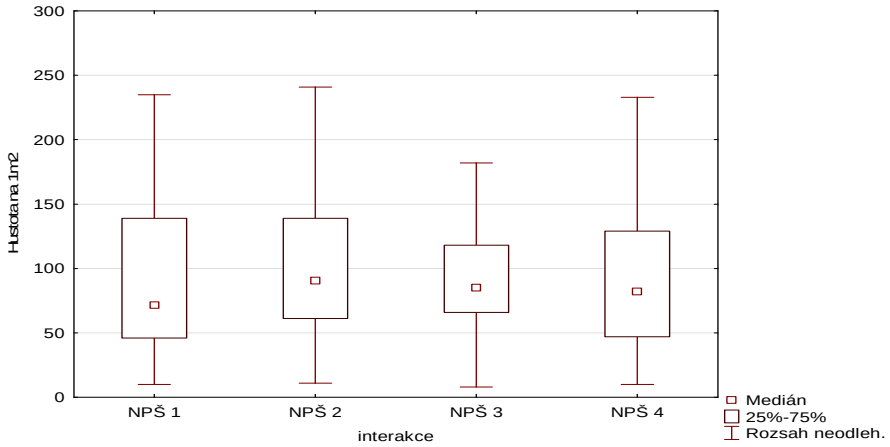
V počtu rodin připadajících na plochu 1 m^2 byly mezi studovanými sekcemi zjištěny statisticky významné rozdíly (**K-W: DF = 3, N = 1140, p > 0,05, Obr. 29**). Poloha mediánu počtu rodin ukazuje rozdíl zejména mezi první a druhou sekcí . Odlišnost těchto sekcí od všech ostatních, byla prokázána i při vícenásobném porovnávání (**K-W Dunn´s test: z > *1.9600***; **Tab. 16**). U ostatních sekcí však rozdíly nebyly průkazné a z hlediska populační hustoty je lze považovat za podobné.



Obr. 28 Histogram hustoty lýkožrouta smrkového na 1 m^2

Tab. 15 Test normality

Test Name	Test Value	Prob Level	10% Critical Valie	5 % Critical Valie	Decision (5%)
Shapiro-Wilk W	0.8899818	0			Reject normality
Kolmogorov-Smirnov	0.118376		0.026	0.028	Reject normality
Parameter	**Mean**	**Median**	**Geometric Mean**	**Harmonic Mean**	**Sum**
Value	101.4781	84	81.51872	62.41705	115685
95% LCL	97.57811	77	78.29844	59.2154	111239
95% UCL	105.378	90	84.87146	65.9847	120131
Count	1140				



Obr. 29 Hustota rodin lýkožrouta smrkového na 1m^2 v NPŠ**.**

Kruskal-Wallis Multiple-Comparison Z-Value Test (Dunn's Test)

Tab. 16 Hustota rodin lýkožrouta smrkového na 1m^2 v NPŠ

Hustota na 1m^2	*NPŠ 1*	*NPŠ 2*	*NPŠ 3*	*NPŠ 4*
NPŠ 1	*0.0000*	*2.5434*	*1.1943*	*0.7013*
NPŠ 2	*2.5434*	*0.0000*	*1.5311*	*1.5582*
NPŠ 3	*1.1943*	*1.5311*	*0.0000*	*0.3378*
NPŠ 4	*0.7013*	*1.5582*	*0.3378*	*0.0000*

Regular Test: Medians significantly different if z-value > 1.9600

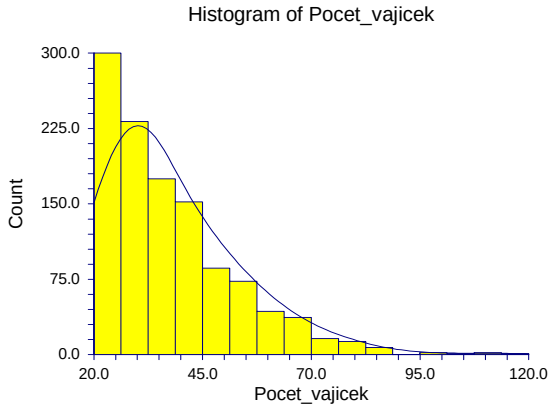
Bonferr oni Test: Medians significantly different if z-value > 2.6383

5.6.2 Počet vajíček na rodinu v jednotlivých sekcích

Střední hodnota počtu vajíček připadajících na 1 rodinu lýkožrouta smrkového (**S-W: p < 0,05; medián; Obr. 30, Tab. 17**) byla v prvních sekcích 35 vajíček, ve druhých sekcích 33 vajíček, ve třetích sekcích 34 vajíček a ve čtvrtých sekcích 35vajíček. Počet vajíček připadajících na 1 rodinu v NPŠ odpovídal hodnotě 34 vajíček.

V počtu vajíček na rodinu v jednotlivých sekcích byly mezi studovanými lokalitami zjištěny statisticky významné rozdíly (**K-W: DF = 3, N = 1140, p > 0,05, Obr. 31**). Poloha mediánu počtu rodin ukazuje zejména na rozdíl mezi druhou a třetí sekcí. Odlišnosti počtů vajíček v této lokalitě od všech ostatních, byly prokázány i při vícenásobném porovnávání

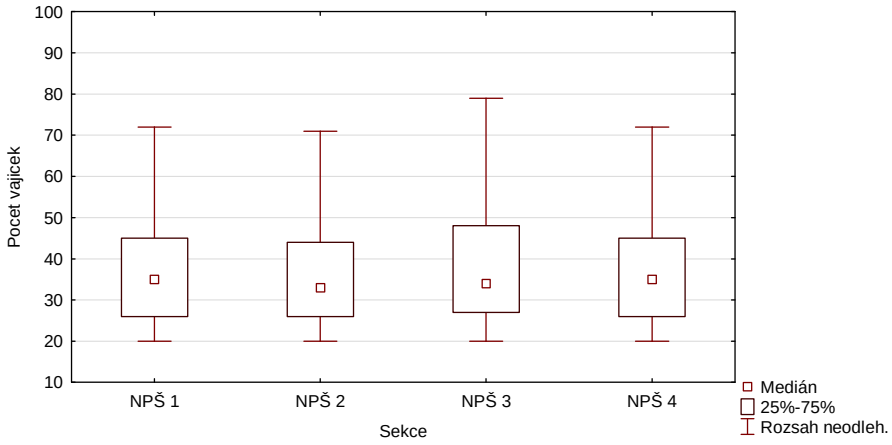
(**K-W Dunn´s test: z *1.9600***; **Tab. 18**). U ostatních sekcí však rozdíly v počtu vajíček nebyly průkazné a z hlediska populační hustoty je lze považovat za podobné.



Obr. 30 Histogram počtu vajíček

Tab. 17 Test normality

Test Name	Test Value	Prob Level	10% Critical Valie	5 % Critical Valie	Decision (5%)
Shapiro-Wilk W	0.8886662	0			Reject normality
Kolmogorov-Smirnov	0.1212836		0.026	0.028	Reject normality
Parameter	**Mean**	**Median**	**Geometric Mean**	**Harmonic Mean**	**Sum**
Value	37.73948	34	35.19667	33.06807	43023
95% LCL	36.8618	33	34.45955	32.43321	42022.46
95% UCL	38.61714	35	35.94956	33.72828	44023.54
Count	1140				



Obr. 31 Počet vajíček lýkožrouta smrkového v jednotlivých sekcích v NPŠ

Kruskal-Wallis Multiple-Comparison Z-Value Test (Dunn's Test)

Tab. 18 Počet vajíček lýkožrouta smrkového v jednotlivých sekcích v NPŠ

Počet vajíček	*NPŠ 1*	*NPŠ 2*	*NPŠ 3*	*NPŠ 4*
NPŠ 1	*0.0000*	*1.0105*	*0.6803*	*0.2760*
NPŠ 2	*1.0105*	*0.0000*	*2.0136*	*1.16*
NPŠ 3	*0.6803*	*2.0136*	*0.0000*	*0.3288*
NPŠ 4	*0.2760*	*1.16*	*0.3288*	*0.0000*

Regular Test: Medians significantly different if z-value > 1.9600

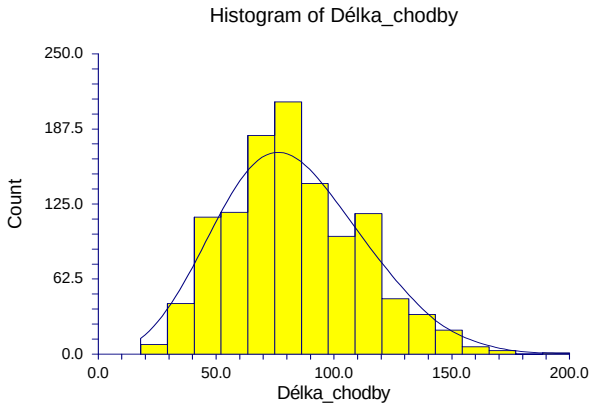
Bonferroni Test: Medians significantly different if z-value > 2.6383

5.6.3 Délky matečných chodeb

Střední hodnota délky matečných chodeb v NPŠ (**S-W: p < 0,05; medián; Obr. 32, Tab. 19**). byla v prvních sekcích 79 mm, ve druhých sekcích 80 mm, ve třetích sekcích 82 mm a ve čtvrtých sekcích 83 mm. Střední hodnota délky matečných chodeb v NPŠ odpovídala délce 83 mm.

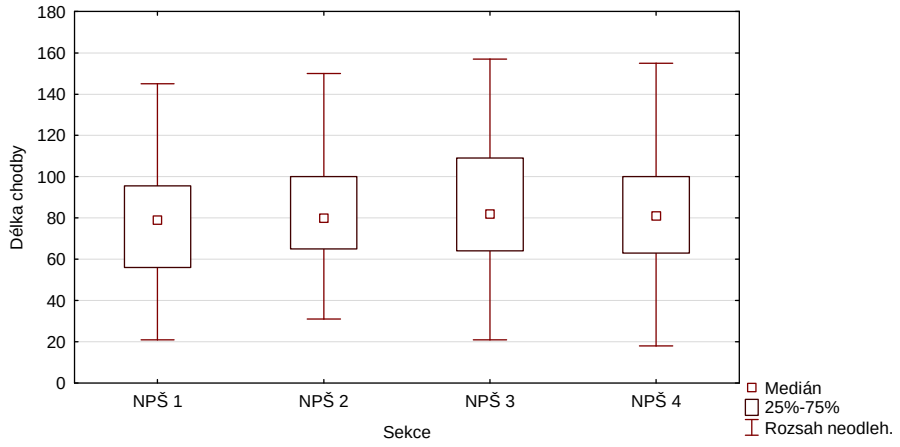
V délkách matečných chodeb nebyly mezi studovanými sekcemi zjištěny statisticky významné rozdíly (**K-W: DF = 3, N = 1140, p > 0,05, Obr. 33**). Poloha mediánu délky matečných chodeb ukazuje, že nebyl průkazně zjištěn statisticky signifikantní rozdíl mezi jednotlivými sekcemi. (**K-W Dunn´s test: z > *1.9600*; Tab. 20**). Z hlediska délek matečných chodeb lze sekce považovat za podobné.

Tab. 19 Test normality



Test Name	Test Value	Prob Level	10% Critical Valie	5 % Critical Valie	Decision (5%)
Shapiro-Wilk W	0.9852752	2.525978E-09			Reject normality
Kolmogorov-Smirnov	0.0542571		0.026	0.028	Reject normality
Parameter	**Mean**	**Median**	**Geometric Mean**	**Harmonic Mean**	**Sum**
Value	83.02631	80	78.18012	73.05997	94650
95% LCL	81.40416	79	76.57565	71.37413	92800.74
95% UCL	84.64848	83	79.81821	74.82737	96499.26
Count	1140				

Obr. 32 Histogram délky chodby



Obr. 33 Délka matečných chodeb lýkožrouta smrkového v jednotlivých sekcích v NPŠ

Kruskal-Wallis Multiple-Comparison Z-Value Test (Dunn's Test)

Tab. 20 Délka matečných chodeb lýkožrouta smrkového v jednotlivých sekcích v NPŠ

Délka chodby	*NPŠ 1*	*NPŠ 2*	*NPŠ 3*	*NPŠ 4*
NPŠ 1	*0.0000*	*0.8325*	*1.9447*	*1.4142*
NPŠ 2	*0.8325*	*0.0000*	*1.3896*	*0.8407*
NPŠ 3	*1.9447*	*1.3896*	*0.0000*	*0.2492*
NPŠ 4	*1.4142*	*0.8407*	*0.2492*	*0.0000*

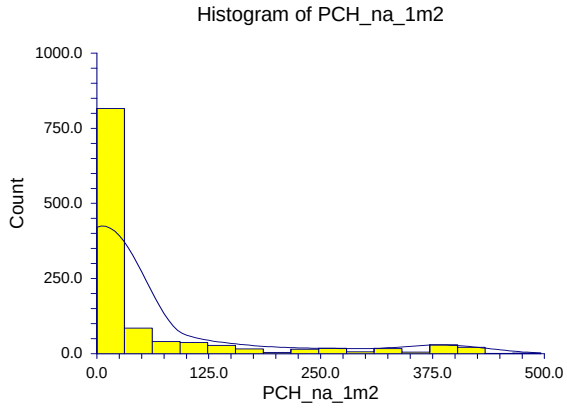
Regular Test: Medians significantly different if z-value > 1.9600

Bonferroni Test: Medians significantly different if z-value > 2.6383

5.6.4 Hustoty lýkožrouta leského na 1 m^2

Střední hodnota hustoty rodin lýkožrouta lesklého v NPŠ připadajících na plochu 1 m^2 (**S-W: p < 0,05; medián; Obr. 34, Tab. 21**) byla v prvních sekcích 0 rodin, ve druhých sekcích 0 rodin, ve třetích sekcích 0 rodin a ve čtvrtých sekcích 46 rodin. Střední hodnota hustoty rodin na 1 m^2 v celém NPŠ odpovídala hodnotě 0 rodin na 1 m^2.

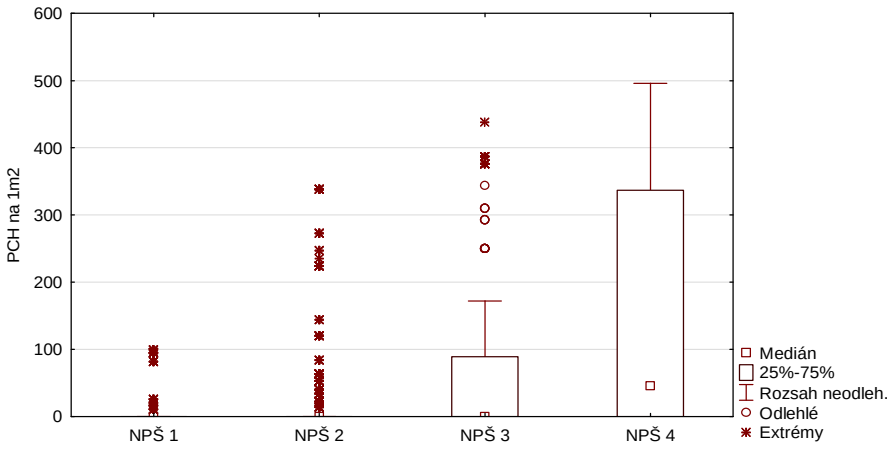
V počtu rodin lýkožrouta lesklého připadajících na plochu 1 m^2 byly mezi studovanými lokalitami zjištěny statisticky významné rozdíly (**K-W: DF = 3, N = 1140, p > 0,05, Obr. 35**). Poloha mediánu počtu rodin ukazuje statisticky signifikantní rozdíly. Statisticky se významně od první sekce liší třetí a čtvrtá sekce. Druhá sekce se liší od třetí a čtvrté sekce. Třetí a čtvrtá sekce se liší od všech ostatních sekcí. Odlišnost těchto sekcí od všech ostatních, byla prokázána i při vícenásobném porovnávání (**K-W Dunn´s test: z > *1.9600***; **Tab. 22**). U ostatních sekcí však rozdíly nebyly průkazné a z hlediska populační hustoty je lze považovat za podobné.



Obr. 34 Histogram hustoty lýkožrouta lesklého na 1 m ^{2}

Tab. 21 Test normality

Test Name	Test Value	Prob Level	10% Critical Valie	5 % Critical Valie	Decision (5%)
Shapiro-Wilk W	0.5499477	0			Reject normality
Kolmogorov-Smirnov	0.3215684		0.026	0.028	Reject normality
Parameter	**Mean**	**Median**	**Geometric Mean**	**Harmonic Mean**	**Sum**
Value	51.4614	0	82.57112	47.30991	58666
95% LCL	45.28199	0	74.24925	42.79994	51621.48
95% UCL	57.64081	0	91.82571	52.88229	65710.52
Count	1140				



Obr. 35 lýkožrout lesklý na m^2 v jednotlivých sekcích v NPŠ

Kruskal-Wallis Multiple-Comparison Z-Value Test (Dunn's Test)

Tab. 22 *Pityogenes chalcographus* na m^2 v jednotlivých sekcích v NPŠ

PCH na 1m²	*NPŠ 1*	*NPŠ 2*	*NPŠ 3*	*NPŠ 4*
NPŠ 1	*0.0000*	*1.5337*	*6.6371*	*10.9699*
NPŠ 2	*1.5337*	*0.0000*	*6.2770*	*11.0863*
NPŠ 3	*6.6371*	*6.2770*	*0.0000*	*5.9377*
NPŠ 4	*10.9699*	*11.0863*	*5.9377*	*0.0000*

Regular Test: Medians significantly different if z-value > 1.9600

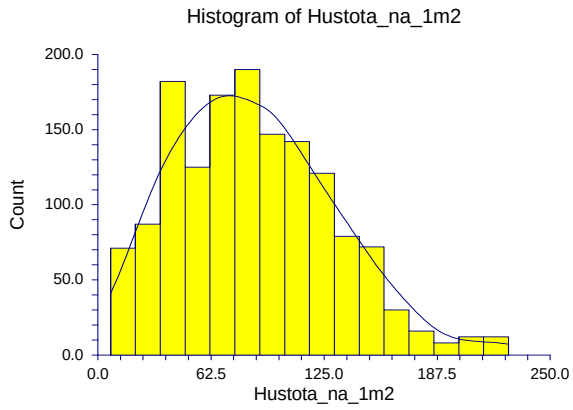
Bonferroni Test: Medians significantly different if z-value > 2.6383

5.7 VLS Planá

5.7.1 Hustoty rodin lýkožrouta smrkového na 1 m^2

Střední hodnota hustoty rodin ve VLS Planá připadajících na plochu 1 m^2 lýkožrouta smrkového (**S-W: p < 0,05; medián; Obr. 36, Tab. 23**) byla v prvních sekcích 69 rodin, ve druhých sekcích 67 rodin, ve třetích sekcích 90 rodin a ve čtvrtých sekcích 84 rodin. Střední hodnota hustoty rodin na 1 m^2 ve VLS Planá odpovídala hodnotě 82 rodin.

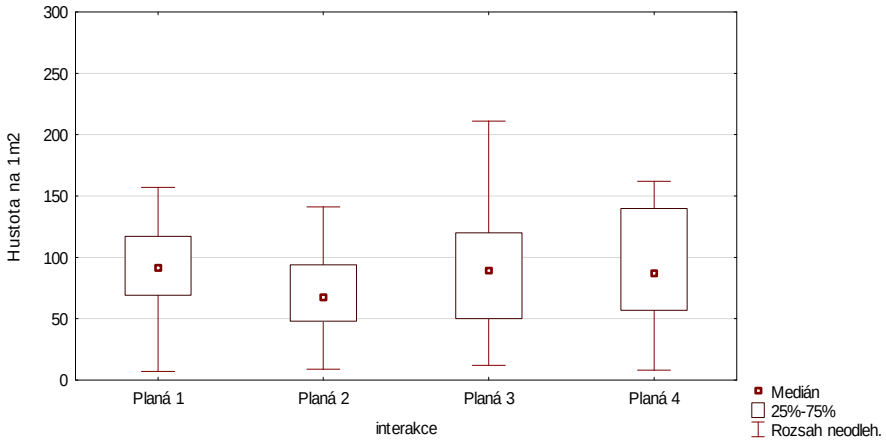
V počtu rodin připadajících na plochu 1 m^2 byly mezi jednotlivými sekcemi zjištěny statisticky významné rozdíly (**K-W: DF = 3, N = 1467, p > 0,05, Obr. 37**). Poloha mediánu počtu rodin ukazuje rozdíl mezi jednotlivými sekcemi. Statisticky se významně od první sekce liší druhá a třetí. Druhá sekce se liší od všech sekcí. Třetí se liší od první a druhé. A čtvrtá se liší od druhé. Odlišnost těchto sekcí od všech ostatních, byla prokázána i při vícenásobném porovnávání (**K-W Dunn´s test: z > *1.9600***; **Tab. 24**). U ostatních sekcí však rozdíly nebyly průkazné a z hlediska populační hustoty je lze považovat za podobné.



Tab. 23 Test normality

Test Name	Test Value	Prob Level	10% Critical Valie	5 % Critical Valie	Decision (5%)
Shapiro-Wilk W	0.9724147	3.330669E-16			Reject normality
Kolmogorov-Smirnov	5.945336E-02		0.023	0.025	Reject normality
Parameter	**Mean**	**Median**	**Geometric Mean**	**Harmonic Mean**	**Sum**
Value	86.45262	82	73.83354	58.81773	126826
95% LCL	84.20149	80	71.55157	56.2213	123523.6
95% UCL	88.70376	86	76.18829	61.6656	130128.4
Count	1467				

Obr. 36 Histogram hustoty na 1 m^2



Obr. 37 Hustota rodin lýkožrouta smrkového na 1m^2 ve VLS Planá

Kruskal-Wallis Multiple-Comparison Z-Value Test (Dunn's Test)

Tab. 24 Hustota rodin lýkožrouta smrkového na 1m^2 ve VLS Planá

Hustota na 1m^2	*Planá 1*	*Planá 2*	*Planá 3*	*Planá 4*
Planá 1	*0.0000*	*7.4113*	*2.0872*	*0.9070*
Planá 2	*7.4113*	*0.0000*	*5.4065*	*5.5708*
Planá 3	*2.0872*	*5.4065*	*0.0000*	*0.9214*
Planá 4	*0.9070*	*5.5708*	*0.9214*	*0.0000*

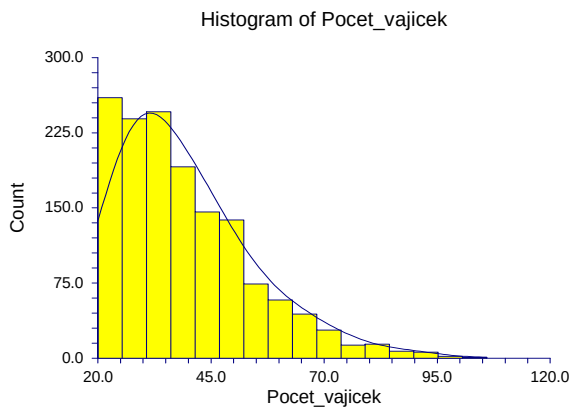
Regular Test: Medians significantly different if z-value > 1.9600

Bonferroni Test: Medians significantly different if z-value > 2.6383

5.7.2 Počet vajíček na rodinu v jednotlivých sekcích

Střední hodnota počtu vajíček připadajících na 1 rodinu lýkožrouta smrkového (**S-W: p < 0,05; medián; Obr. 38, Tab. 25**). byla v prvních sekcích 33 vajíček, ve druhých sekcích 38 vajíček, ve třetích sekcích 38 vajíček a ve čtvrtých sekcích 36vajíček. Počet vajíček připadajících na 1 rodinu ve VLS Planá odpovídal hodnotě 36 vajíček.

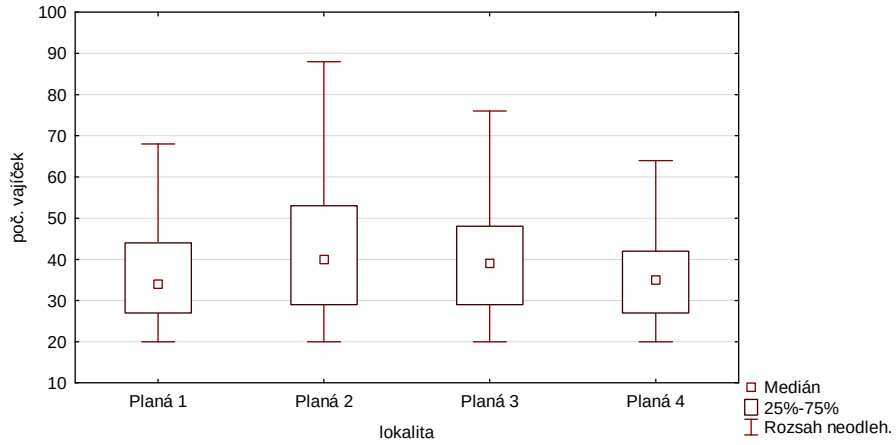
V počtu vajíček na rodinu v jednotlivých sekcích byly mezi studovanými lokalitami zjištěny statisticky významné rozdíly (**K-W: DF = 3, N = 1467, p > 0,05, Obr. 39**). Poloha mediánu počtu vajíček ukazuje zejména na statisticky signifikantní rozdíl, kde se od první liší druhá a třetí sekce. Druhá sekce se liší od první a čtvrté. Třetí se liší od první, a čtvrtá sekce se liší od druhé sekce. Odlišnosti počtů vajíček v této lokalitě od všech ostatních, byly prokázány i při vícenásobném porovnávání (**K-W Dunn´s test: z *1.9600*; Tab. 26**). U ostatních sekcí však rozdíly v počtu vajíček nebyly průkazné a z hlediska populační hustoty je lze považovat za podobné.



Obr. 38 Histogram počtu vajíček

Tab. 25 Test normality

Test Name	Test Value	Prob Level	10% Critical Valie	5 % Critical Valie	Decision (5%)
Shapiro-Wilk W	0.9167891	0			Reject normality
Kolmogorov-Smirnov	0.1014449		0.023	0.025	Reject normality
Parameter	**Mean**	**Median**	**Geometric Mean**	**Harmonic Mean**	**Sum**
Value	39.18473	36	36.73851	34.60028	57484
95% LCL	38.42893	35	36.07917	34.01336	56375.24
95% UCL	39.94053	37	37.40989	35.20782	58592.76
Count	1467				



Obr. 39 Počet vajíček lýkožrouta smrkového v jednotlivých sekcích ve VLS Planá

Kruskal-Wallis Multiple-Comparison Z-Value Test (Dunn's Test)

Tab. 26 Počet vajíček lýkožrouta smrkového v jednotlivých sekcích ve VLS Planá

Počet vajíček	*Planá 1*	*Planá 2*	*Planá 3*	*Planá 4*
Planá 1	*0.0000*	*4.3670*	*3.2266*	*1.0467*
Planá 2	*4.3670*	*0.0000*	*1.0818*	*2.7500*
Planá 3	*3.2266*	*1.0818*	*0.0000*	*1.7865*
Planá 4	*1.0467*	*2.7500*	*1.7865*	*0.0000*

Regular Test: Medians significantly different if z-value > 1.9600

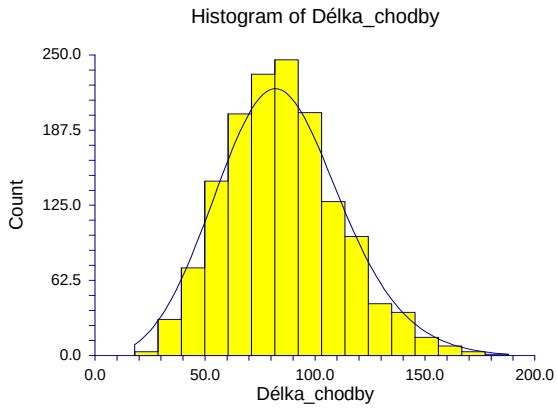
Bonferroni Test: Medians significantly different if z-value > 2.6383

5.7.3 Délky matečných chodeb

Střední hodnota délky matečných chodeb ve VLS Planá (**S-W: p < 0,05; medián; Obr. 40, Tab. 27**). byla v prvních sekcích 80 mm, ve druhých sekcích 85 mm, ve třetích sekcích 89 mm a ve čtvrtých sekcích 80 mm. Střední hodnota délky matečných chodeb ve VLS Planá odpovídala délce 84 mm.

V délkách matečných chodeb v jednotlivých sekcích byly mezi studovanými lokalitami zjištěny statisticky významné rozdíly (**K-W: DF = 3, N = 1467, p > 0,05, Obr. 41**). Poloha mediánu délky matečných chodeb ukazuje na rozdíl mezi jednotlivými sekcemi. Statisticky se od první sekce liší druhá a třetí sekce. Druhá sekce se liší od první a čtvrté. Třetí se liší od první a čtvrté sekce. Čtvrtá se liší od druhé a třetí sekce. Odlišnosti

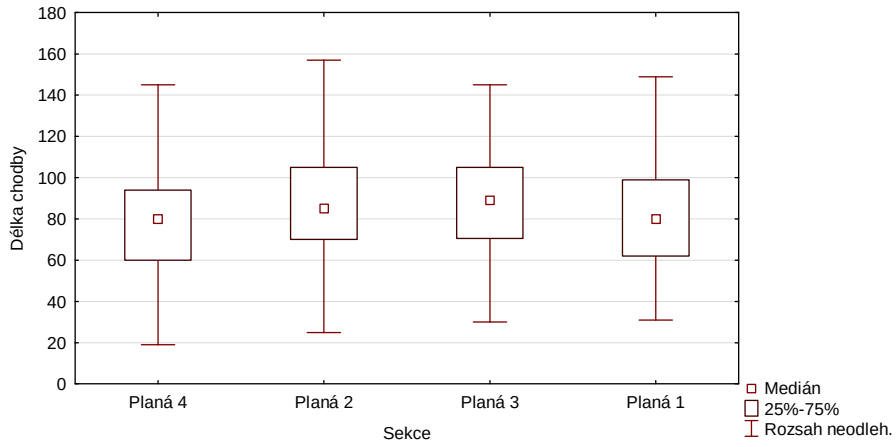
délky matečných chodeb byly prokázány i při vícenásobném porovnávání (**K-W Dunn´s test: z *1.9600***; **Tab. 28**). U ostatních sekcí však rozdíly v délkách matečných chodeb nebyly průkazné a z hlediska populační hustoty je lze sekce považovat za podobné.



Obr. 40 Histogram délky chodby

Tab. 27 Test normality

Test Name	Test Value	Prob Level	10% Critical Valie	5 % Critical Valie	Decision (5%)
Shapiro-Wilk W	0.9899106	1.591281E-08			Reject normality
Kolmogorov-Smirnov	4.517953E-02		0.023	0.025	Reject normality
Parameter	**Mean**	**Median**	**Geometric Mean**	**Harmonic Mean**	**Sum**
Value	85.16701	84	81.08974	76.71951	124940
95% LCL	83.84328	82	79.7625	75.30026	122998.1
95% UCL	86.49074	85	82.43906	78.19328	126881.9
Count	646				



Obr. 41 Délka matečných chodeb lýkožrouta smrkového v jednotlivých sekcích ve VLS Planá

Kruskal-Wallis Multiple-Comparison Z-Value Test (Dunn's Test)

Tab. 28 Délka matečných chodeb v jednotlivých sekcích ve VLS Planá

Délka chodby	*Planá 1*	*Planá 2*	*Planá 3*	*Planá 4*
Planá 1	*0.0000*	*4.4937*	*4.9043*	*1.1387*
Planá 2	*4.4937*	*0.0000*	*0.5559*	*2.7657*
Planá 3	*4.9043*	*0.5559*	*0.0000*	*3.1760*
Planá 4	*1.1387*	*2.7657*	*3.1760*	*0.0000*

Regular Test: Medians significantly different if z-value > 1.9600

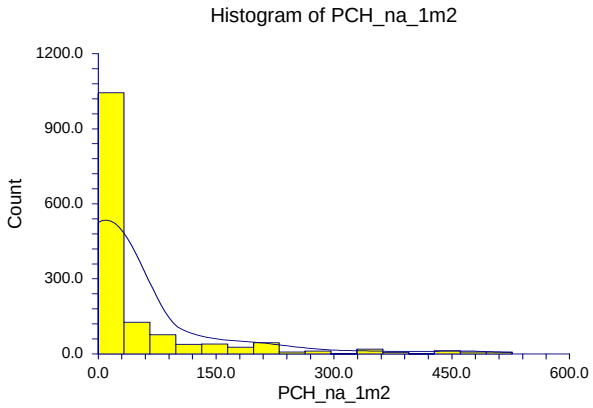
Bonferroni Test: Medians significantly different if z-value > 2.6383

5.7.4 Hustoty lýkožrouta lesklého na 1 m^2

Střední hodnota hustoty rodin lýkožrouta lesklého ve VLS Planá připadajících na plochu 1 m^2 (**S-W: p < 0,05; medián; Obr. 42, Tab. 29**) byla v prvních sekcích 0 rodin, ve druhých sekcích 0 rodin, ve třetích sekcích 23 rodin a ve čtvrtých sekcích 0 rodin. Střední hodnota hustoty rodin na 1 m^2 v celém NPŠ odpovídala hodnotě 0 rodin na 1 m^2.

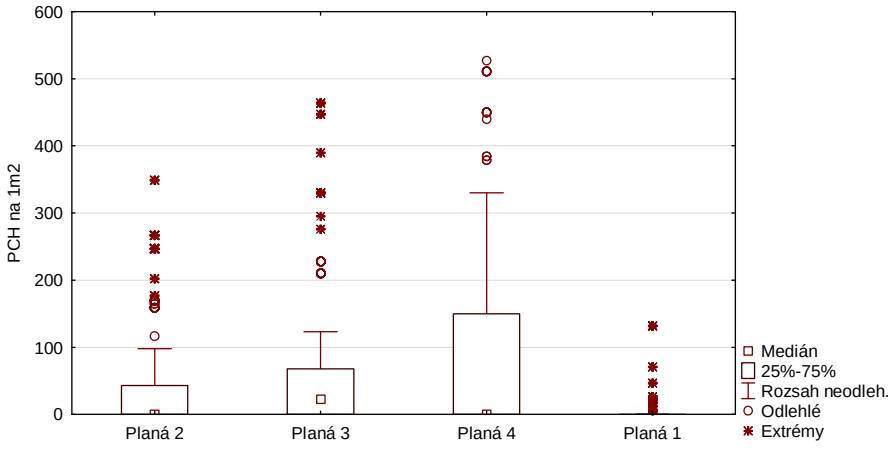
V počtu rodin připadajících na plochu 1 m^2 byly mezi studovanými lokalitami zjištěny statisticky významné rozdíly (**K-W: DF = 3, N = 1467, p > 0,05, Obr. 43**). Poloha mediánu počtu rodin ukazuje statisticky signifikantní rozdíly. Statisticky se významně první a druhá sekce odlišuje od všech ostatních sekcí. Třetí sekce se liší od první a druhé sekce. Čtvrtá sekce se odlišuje od první a druhé sekce. Odlišnost těchto sekcí od všech ostatních, byla prokázána i při vícenásobném porovnávání (**K-W Dunn´s test: z > *1.9600*; Tab. 30**). U ostatních sekcí však rozdíly nebyly průkazné a z hlediska populační hustoty je lze považovat za podobné.

Tab. 29 Test normality



Test Name	Test Value	Prob Level	10% Critical Valie	5 % Critical Valie	Decision (5%)
Shapiro-Wilk W	0.5693709	0			Reject normality
Kolmogorov-Smirnov	0.3075771		0.023	0.025	Reject normality
Parameter	**Mean**	**Median**	**Geometric Mean**	**Harmonic Mean**	**Sum**
Value	46.02999	0	56.03588	30.14833	67526
95% LCL	41.32654	0	51.28012	27.71507	60626.04
95% UCL	50.73344	0	61.2327	33.04996	74425.96
Count	1467				

Obr. 42 Histogram hustoty lýkožrouta lesklého na 1 m^2



Obr. 43 lýkožrout lesklý na m^2 v jednotlivých sekcích ve VLS Planá

Kruskal-Wallis Multiple-Comparison Z-Value Test (Dunn's Test)

Tab. 30 lýkožrout lesklý na m^2 v jednotlivých sekcích ve VLS Planá

PCH na 1m²	*Planá 1*	*Planá 2*	*Planá 3*	*Planá 4*
Planá 1	*0.0000*	*6.7549*	*12.7894*	*9.6171*
Planá 2	*6.7549*	*0.0000*	*6.5434*	*4.0613*
Planá 3	*12.7894*	*6.5434*	*0.0000*	*1.5114*
Planá 4	*9.6171*	*4.0613*	*1.5114*	*0.0000*

Regular Test: Medians significantly different if z-value > 1.9600

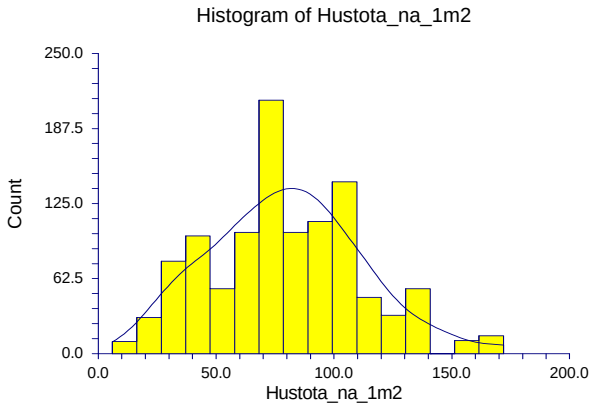
Bonferroni Test: Medians significantly different if z-value > 2.6383

5.8 VLS Lipník

5.8.1 Hustoty rodin lýkožrouta smrkového na 1 m^2

Střední hodnota hustoty rodin ve VLS Lipník připadajících na plochu 1 m^2 lýkožrouta smrkového (**S-W: p < 0,05; medián; Tab. 31, Obr. 44**) byla v prvních sekcích 95 rodin, ve druhých sekcích 84 rodin, ve třetích sekcích 71 rodin a ve čtvrtých sekcích 76 rodin. Střední hodnota hustoty rodin na 1 m^2 ve VLS Lipník odpovídala hodnotě 77 rodin.

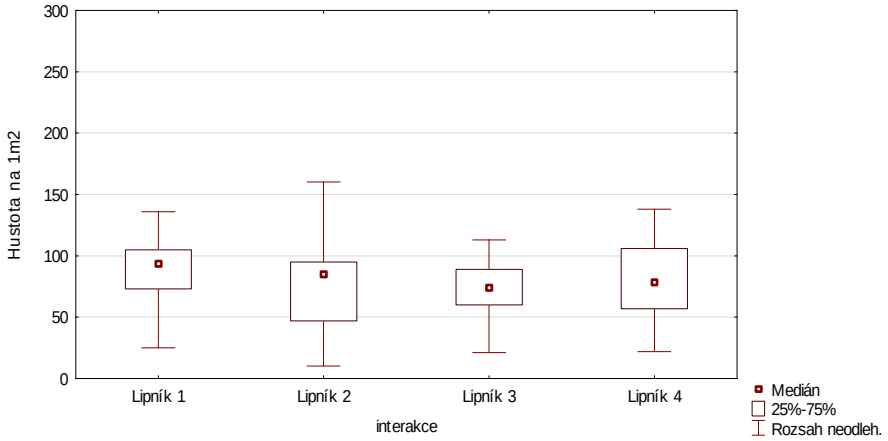
V počtu rodin připadajících na plochu 1 m^2 byly mezi studovanými lokalitami zjištěny statisticky významné rozdíly (**K-W: DF = 3, N = 1094, p > 0,05, Obr. 45**). Poloha mediánu počtu rodin ukazuje rozdíl mezi jednotlivými sekcemi. Statisticky se významně od první sekce liší druhá, třetí a čtvrtá sekce. Druhá sekce se liší od první a třetí sekce. Třetí sekce se liší od všech ostatních sekcí a čtvrtá sekce se liší od první a třetí sekce. Odlišnost těchto sekcí od všech ostatních, byla prokázána i při vícenásobném porovnávání (**K-W Dunn´s test: z *1.9600***; **Tab. 32**). U ostatních sekcí však rozdíly nebyly průkazné a z hlediska populační hustoty je lze považovat za podobné.



Obr. 44 Histogram hustoty rodin na 1 m^2

Tab. 31 Test normality

Test Name	Test Value	Prob Level	10% Critical Valie	5 % Critical Valie	Decision (5%)
Shapiro-Wilk W	0.9889917	2.590034E-07			Reject normality
Kolmogorov-Smirnov	4.244113E-02		0.026	0.028	Reject normality
Parameter	**Mean**	**Median**	**Geometric Mean**	**Harmonic Mean**	**Sum**
Value	70.45155	70	65.8962	60.9028	77074
95% LCL	68.99988	68	64.425	59.32641	75485.87
95% UCL	71.90323	70	67.401	62.56525	78662.13
Count	1094				



Obr. 45 Hustota rodin lýkožrouta smrkového na 1m^2 ve VLS Lipník

Kruskal-Wallis Multiple-Comparison Z-Value Test (Dunn's Test)

Tab. 32 Hustota rodin lýkožrouta smrkového na 1m^2 ve VLS Lipník

Hustota na 1m^2	*Lipník 1*	*Lipník 2*	*Lipník 3*	*Lipník 4*
Lipník 1	*0.0000*	*5.3115*	*11.2607*	*6.9838*
Lipník 2	*5.3115*	*0.0000*	*5.4790*	*1.6706*
Lipník 3	*11.2607*	*5.4790*	*0.0000*	*3.6799*
Lipník 4	*6.9838*	*1.6706*	*3.6799*	*0.0000*

Regular Test: Medians significantly different if z-value > 1.9600

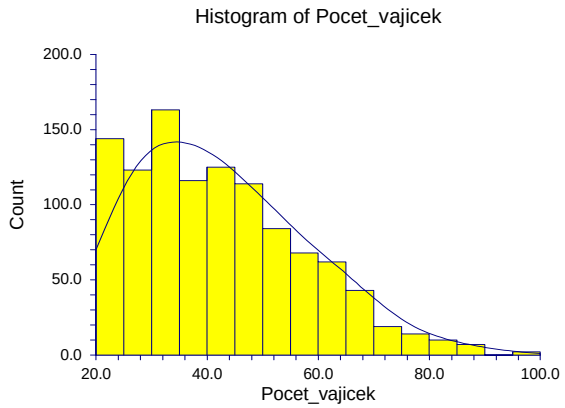
Bonferroni Test: Medians significantly different if z-value > 2.6383

5.8.2 Počet vajíček na rodinu v jednotlivých sekcích

Střední hodnota počtu vajíček připadajících na 1 rodinu lýkožrouta smrkového (**S-W: p < 0,05; medián; Obr. 46, Tab. 33**). byla v prvních sekcích 37 vajíček, ve druhých sekcích 38 vajíček, ve třetích sekcích 43 vajíček a ve čtvrtých sekcích 45vajíček. Počet vajíček připadajících na 1 rodinu ve VLS Lipník odpovídal hodnotě 41 vajíček.

V počtu vajíček na rodinu v jednotlivých sekcích byly mezi studovanými lokalitami zjištěny statisticky významné rozdíly (**K-W: DF = 3, N = 1094, p > 0,05, Obr. 47**). Poloha mediánu počtu vajíček na rodinu ukazuje zejména na statisticky signifikantní rozdíl,

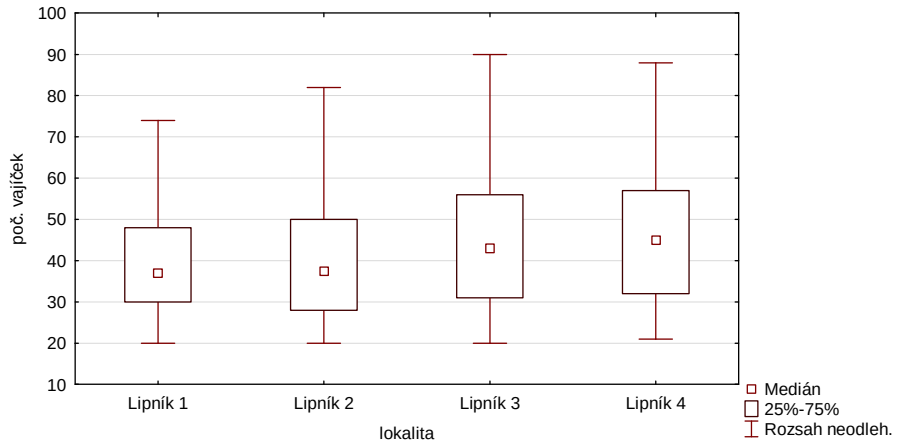
kdy se od první sekce liší třetí a čtvrtá sekce. Od druhé sekce se liší třetí a čtvrtá. Třetí se liší od první a druhé a čtvrtá sekce se liší od první a druhé sekce. Odlišnosti počtů vajíček v této lokalitě od všech ostatních, byly prokázány i při vícenásobném porovnávání (**K-W Dunn´s test: z *1.9600***; **Tab. 34**). U ostatních sekcí však rozdíly v počtu vajíček nebyly průkazné a z hlediska populační hustoty je lze považovat za podobné.



Obr. 46 Histogram hustoty rodin na 1 m^2

Tab. 33 Test normality

Test Name	Test Value	Prob Level	10% Critical Valie	5 % Critical Valie	Decision (5%)
Shapiro-Wilk W	0.9570728	0			Reject normality
Kolmogorov-Smirnov	8.570377E-02		0.026	0.028	Reject normality
Parameter	**Mean**	**Median**	**Geometric Mean**	**Harmonic Mean**	**Sum**
Value	42.60878	41	39.95034	37.44228	46614
95% LCL	41.69775	39	39.10435	36.65251	45617.34
95% UCL	43.5198	42	40.81463	38.26684	47610.66
Count	1094				



Obr. 47 Počet vajíček lýkožrouta smrkového v jednotlivých sekcích ve VLS Lipník

Kruskal-Wallis Multiple-Comparison Z-Value Test (Dunn's Test)

Tab. 34 Počet vajíček lýkožrouta smrkového v jednotlivých sekcích ve VLS Lipník

Počet vajíček	*Lipník 1*	*Lipník 2*	*Lipník 3*	*Lipník 4*
Lipník 1	*0.0000*	*0.5201*	*2.8473*	*3.3493*
Lipník 2	*0.5201*	*0.0000*	*2.1951*	*2.7091*
Lipník 3	*2.8473*	*2.1951*	*0.0000*	*0.6284*
Lipník 4	*3.3493*	*2.7091*	*0.6284*	*0.0000*

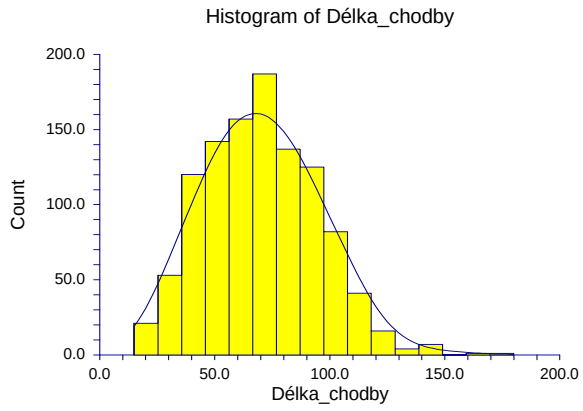
Regular Test: Medians significantly different if z-value > 1.9600

Bonferroni Test: Medians significantly different if z-value > 2.6383

5.8.3 Délky matečných chodeb

Střední hodnota délky matečných chodeb ve VLS Lipník (**S-W: p < 0,05; medián; Obr. 48, Tab. 35**). byla v prvních sekcích 70 mm, ve druhých sekcích 65,5 mm, ve třetích sekcích 72 mm a ve čtvrtých sekcích 71 mm. Střední hodnota délky matečných chodeb ve VLS Lipník odpovídala délce 70 mm.

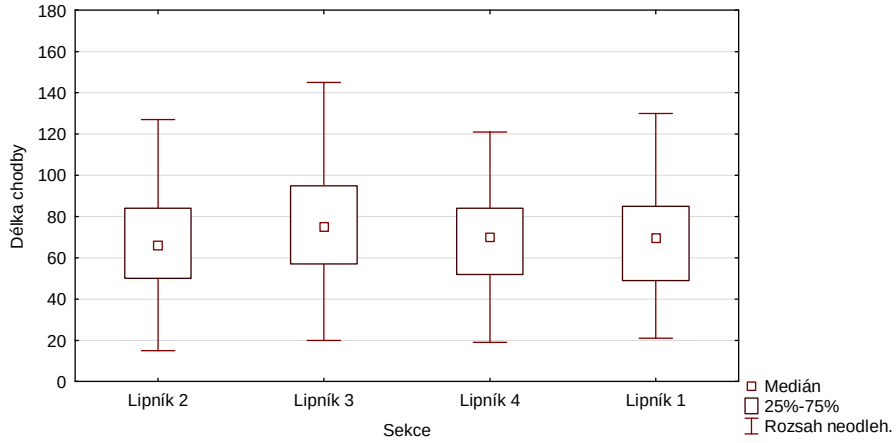
V délkách matečných chodeb v jednotlivých sekcích byly mezi studovanými lokalitami zjištěny statisticky významné rozdíly (**K-W: DF = 3, N = 1094, p > 0,05, Obr. 49**). Poloha mediánu délky matečných chodeb ukazuje zejména na rozdíl mezi druhou a třetí sekcí. Odlišnosti délky matečných chodeb byly prokázány i při vícenásobném porovnávání (**K-W Dunn´s test: z *1.9600***; **Tab. 36**). U ostatních sekcí však rozdíly v délkách matečných chodeb nebyly průkazné a z hlediska populační hustoty je lze sekce považovat za podobné.



Obr. 48 Histogram délky chodeb

Tab. 35 Test normality

Test Name	Test Value	Prob Level	10% Critical Valie	5 % Critical Valie	Decision (5%)
Shapiro-Wilk W	0.9889917	2.590034E-07			Reject normality
Kolmogorov-Smirnov	4.244113E-02		0.026	0.028	Reject normality
Parameter	**Mean**	**Median**	**Geometric Mean**	**Harmonic Mean**	**Sum**
Value	70.45155	70	65.8962	60.9028	77074
95% LCL	68.99988	68	64.425	59.32641	75485.87
95% UCL	71.90323	70	67.401	62.56525	78662.13
Count	1094				



Obr. 49 Délka matečných chodeb lýkožrouta smrkového v jednotlivých sekcích ve VLS Lipník

Kruskal-Wallis Multiple-Comparison Z-Value Test (Dunn's Test)

Tab. 36 Délka matečných chodeb lýkožrouta smrkového v jednotlivých sekcích ve VLS Lipník

Délka chodby	*Lipník 1*	*Lipník 2*	*Lipník 3*	*Lipník 4*
Lipník 1	*0.0000*	*0.8377*	*1.8565*	*0.9676*
Lipník 2	*0.8377*	*0.0000*	*2.5893*	*1.7125*
Lipník 3	*1.8565*	*2.5893*	*0.0000*	*0.7877*
Lipník 4	*0.9676*	*1.7125*	*0.7877*	*0.0000*

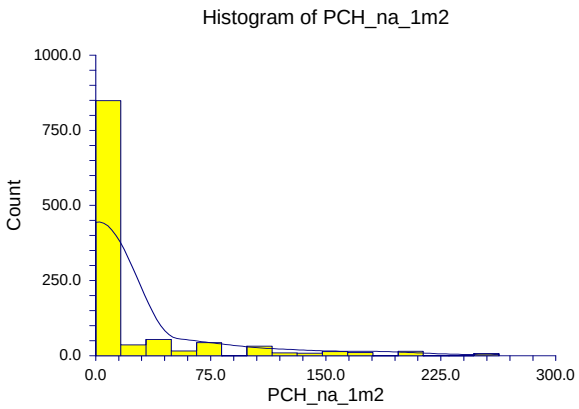
Regular Test: Medians significantly different if z-value > 1.9600

Bonferroni Test: Medians significantly different if z-value > 2.6383

5.8.4 Hustoty lýkožrouta lesklého na 1 m^2

Střední hodnota hustoty rodin lýkožrouta lesklého ve VLS Lipník připadajících na plochu 1 m^2 (**S-W: p < 0,05; medián; Obr. 50, Tab. 37**) odpovídala ve všech sekcích hodnotě 0 rodin na 1 m^2.

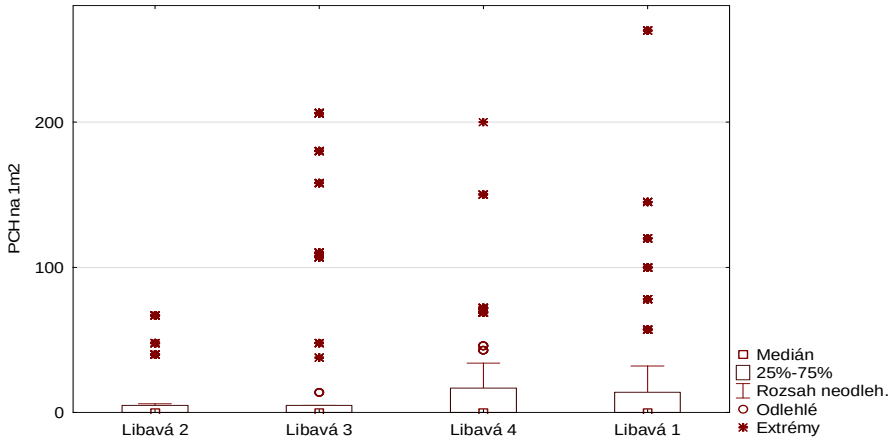
V počtu rodin připadajících na plochu 1 m^2 byly mezi studovanými lokalitami zjištěny statisticky významné rozdíly (**K-W: DF = 3, N = 1094, p > 0,05, Obr. 51**). Poloha mediánu počtu rodin ukazuje statisticky signifikantní rozdíly. Statisticky se významně mezi sebou liší druhá a čtvrtá sekce. Odlišnost těchto sekcí od všech ostatních, byla prokázána i při vícenásobném porovnávání (**K-W Dunn´s test: z > *1.9600***; **Tab. 38**). U ostatních sekcí však rozdíly nebyly průkaznéa z hlediska populační hustoty je lze považovat za podobné.



Tab. 37 Test normality

Test Name	Test Value	Prob Level	10% Critical Valie	5 % Critical Valie	Decision (5%)
Shapiro-Wilk W	0.5093113	0			Reject normality
Kolmogorov-Smirnov	0.3816229		0.026	0.028	Reject normality
Parameter	**Mean**	**Median**	**Geometric Mean**	**Harmonic Mean**	**Sum**
Value	20.46984	0	43.07235	21.89699	22394
95% LCL	17.68885	0	37.98548	19.14702	19351.6
95% UCL	23.25082	0	48.84044	25.56938	25436.4
Count	1094				

Obr. 50 Histogram hustoty rodin lýkožrouta lesklého na 1 m^2



Obr. 51 lýkožrout lesklý na m^2 v jednotlivých sekcích ve VLS Lipník

Kruskal-Wallis Multiple-Comparison Z-Value Test (Dunn's Test)

Tab. 38 lýkožrout lesklý na m^2 v jednotlivých sekcích ve VLS Lipník

PCH na 1m²	*Lipník 1*	*Lipník 2*	*Lipník 3*	*Lipník 4*
Lipník 1	*0.0000*	*1.1367*	*0.7617*	*1.3796*
Lipník 2	*1.1367*	*0.0000*	*1.8427*	*2.3874*
Lipník 3	*0.7617*	*1.8427*	*0.0000*	*0.6442*
Lipník 4	*1.3796*	*2.3874*	*0.6442*	*0.0000*

Regular Test: Medians significantly different if z-value > 1.9600

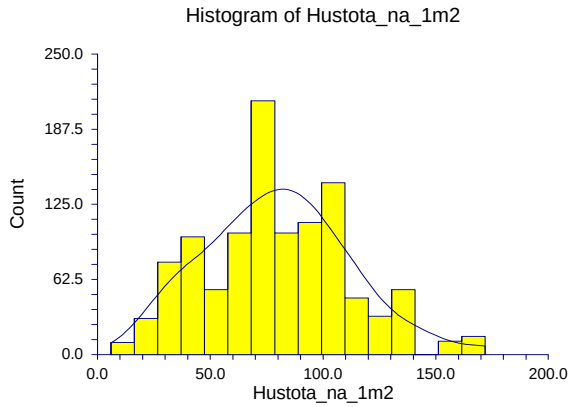
Bonferroni Test: Medians significantly different if z-value > 2.6383

5.9 Oblasti

5.9.1 Hustoty rodin lýkožrouta smrkového na 1 m^2

Střední hodnota počtu rodin připadajících na plochu 1 m^2 lýkožrouta smrkového byla na lokalitě Lipník 77 rodin (**S-W: p < 0,05; medián; Obr. 52, Tab. 39**). V oblasti NPŠ odpovídala 84 rodin (**S-W: p < 0,05; medián; Obr. 53, Tab. 40**)a v oblasti VLS Planá 82 rodin (**S-W: p < 0,05; medián; Obr. 54, Tab. 41**).

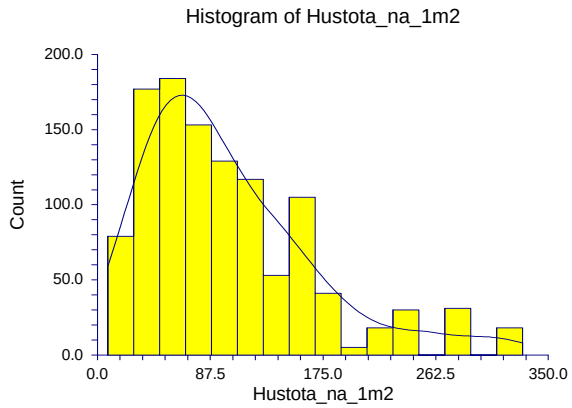
V počtu rodin připadajících na plochu 1 m^2 byly mezi studovanými oblastmi zjištěny statisticky významné rozdíly (**K-W: DF = 2, N = 3701, p > 0,05, Obr. 55**). Poloha mediánu počtu rodin ukazuje, že se statisticky významně od sebe liší všechny lokality. Odlišnost oblastí od všech ostatních, byla prokázána i při vícenásobném porovnávání (**K-W Dunn´s test: z > *2.6383***; **Tab. 42**).



Obr. 52 Histogram hustoty rodin ve VLS Lipník na 1 m^2

Tab. 39 Test normality

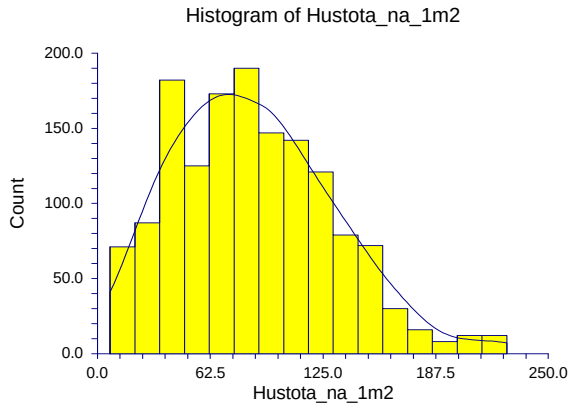
Test Name	Test Value	Prob Level	10% Critical Valie	5 % Critical Valie	Decision (5%)
Shapiro-Wilk W	0.9854164	5.37209E-09			Reject normality
Kolmogorov-Smirnov	5.274386E-02		0.026	0.028	Reject normality
Parameter	**Mean**	**Median**	**Geometric Mean**	**Harmonic Mean**	**Sum**
Value	79.7404	77	72.26059	62.3392	87236
95% LCL	77.84229	76	70.22109	59.47844	85159.47
95% UCL	81.63851	78	74.35931	65.48905	89312.53
Count	1094				



Obr. 53 Histogram hustoty rodin v NPŠ na 1 m^2

Tab. 40 Test normality

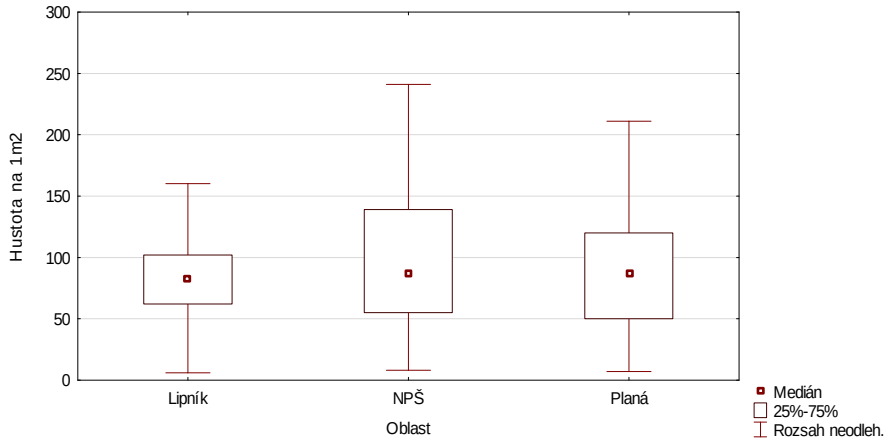
Test Name	Test Value	Prob Level	10% Critical Valie	5 % Critical Valie	Decision (5%)
Shapiro-Wilk W	0.8899818	0			Reject normality
Kolmogorov-Smirnov	0.118376		0.026	0.028	Reject normality
Parameter	**Mean**	**Median**	**Geometric Mean**	**Harmonic Mean**	**Sum**
Value	101.4781	84	81.51872	62.41705	115685
95% LCL	97.57811	77	78.29844	59.2154	111239
95% UCL	105.378	90	84.87146	65.9847	120131
Count	1140				



Tab. 41 Test normality

Test Name	Test Value	Prob Level	10% Critical Valie	5 % Critical Valie	Decision (5%)
Shapiro-Wilk W	0.9724147	3.330669E-16			Reject normality
Kolmogorov-Smirnov	5.945336E-02		0.023	0.025	Reject normality
Parameter	**Mean**	**Median**	**Geometric Mean**	**Harmonic Mean**	**Sum**
Value	86.45262	82	73.83354	58.81773	126826
95% LCL	84.20149	80	71.55157	56.2213	123523.6
95% UCL	88.70376	86	76.18829	61.6656	130128.4
Count	1140				

Obr. 54 Histogram hustoty rodin ve VLS Planá na 1 m^2



Obr. 55 Hustoty lýkožrouta smrkového na 1 m^2 v jednotlivých oblastech

Kruskal-Wallis Multiple-Comparison Z-Value Test (Dunn's Test)

Tab. 42 Hustoty lýkožrouta smrkového na 1 m^2 v jednotlivých oblastech

Hustota na 1m²	*Lipník*	*NPŠ*	*Planá*
Lipník	*0.0000*	*5.2287*	*2.6392*
NPŠ	*5.2287*	*0.0000*	*2.9348*
Planá	*2.6392*	*2.9348*	*0.0000*

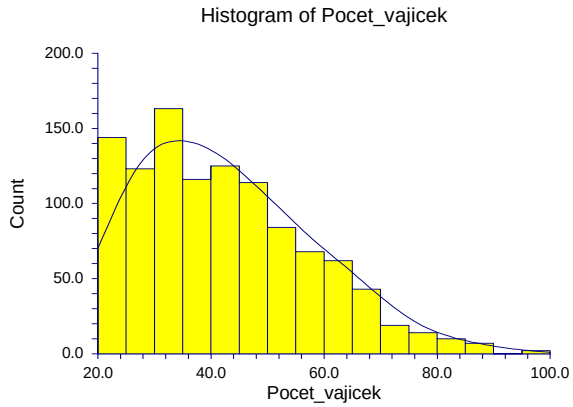
Regular Test: Medians significantly different if z-value > 1.9600

Bonferroni Test: Medians significantly different if z-value > 2.3940

5.9.2 Počty vajíček na rodinu

Střední hodnota počtu vajíček připadajících na 1 rodinu lýkožrouta smrkového byla na lokalitě Lipník 41 vajíček (**S-W: p < 0,05; medián; Obr. 56, Tab. 43**). V oblasti NPŠ odpovídala 34 vajíčkům (**S-W: p < 0,05; medián; Obr. 57, Tab. 44**)a v oblasti VLS Planá 36 vajíček (**S-W: p < 0,05; medián; Obr. 58, Tab. 45**).

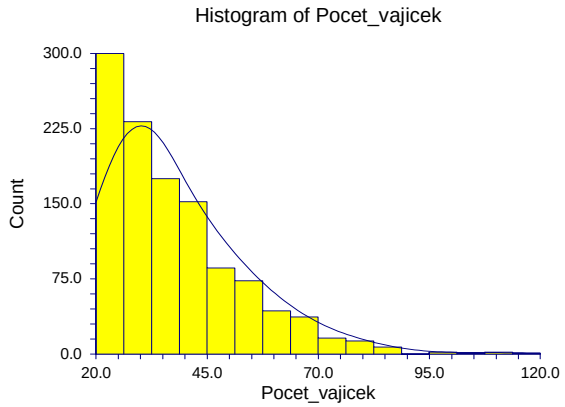
V počtu vajíček na rodinu byly mezi studovanými oblastmi zjištěny statisticky významné rozdíly (**K-W: DF = 2, N = 3701, p > 0,05, Obr. 59**). Rozdíl v poloze mediánu počtu vajíček připadajících na rodinu je dobře patrný na Statisticky významná odlišnost mezi lokalitami byla prokázána i při vícenásobném porovnávání (**K-W Dunn´s test: z *1.9600*; Tab. 46**).



Obr. 56 Histogram počtu vajíček ve VLS Lipník

Tab. 43 Test normality

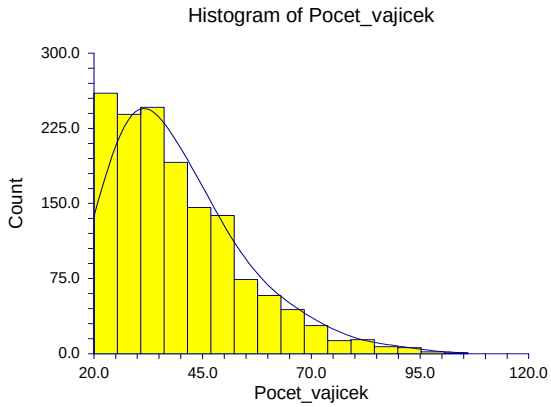
Test Name	Test Value	Prob Level	10% Critical Valie	5 % Critical Valie	Decision (5%)
Shapiro-Wilk W	0.9570728	0			Reject normality
Kolmogorov-Smirnov	8.570377E-02		0.026	0.028	Reject normality
Parameter	**Mean**	**Median**	**Geometric Mean**	**Harmonic Mean**	**Sum**
Value	42.60878	41	39.95034	37.44228	46614
95% LCL	41.69775	39	39.10435	36.65251	45617.34
95% UCL	43.5198	42	40.81463	38.26684	47610.66
Count	1094				



Obr. 57 Histogram počtu vajíček v NPŠ

Tab. 44 Test normality

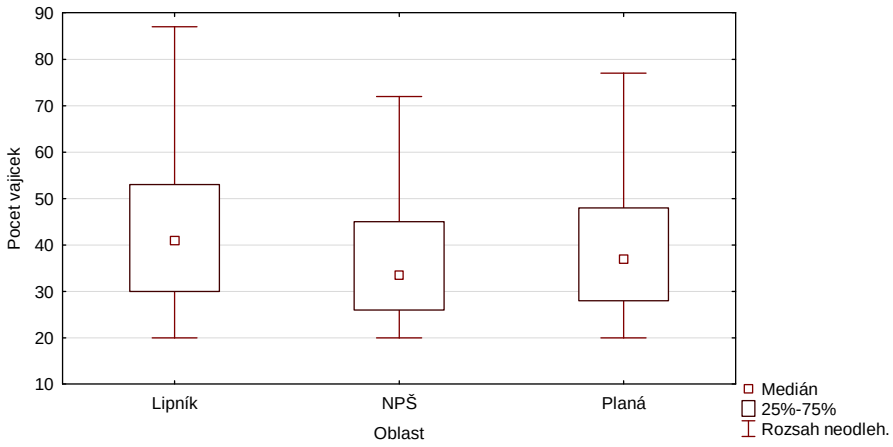
Test Name	Test Value	Prob Level	10% Critical Valie	5 % Critical Valie	Decision (5%)
Shapiro-Wilk W	0.8886662	0			Reject normality
Kolmogorov-Smirnov	0.1212836		0.026	0.028	Reject normality
Parameter	**Mean**	**Median**	**Geometric Mean**	**Harmonic Mean**	**Sum**
Value	37.73948	34	35.19667	33.06807	43023
95% LCL	36.8618	33	34.45955	32.43321	42022.46
95% UCL	38.61714	35	35.94956	33.72828	44023.54
Count	1140				



Tab. 45 Test normality

Test Name	Test Value	Prob Level	10% Critical Valie	5 % Critical Valie	Decision (5%)
Shapiro-Wilk W	0.9167891	0			Reject normality
Kolmogorov-Smirnov	.1014449		0.023	0.025	Reject normality
Parameter	**Mean**	**Median**	**Geometric Mean**	**Harmonic Mean**	**Sum**
Value	39.18473	36	36.73851	34.60028	57484
95% LCL	38.42893	35	36.07917	34.01336	56375.24
95% UCL	39.94053	37	37.40989	35.20782	58592.76
Count	1467				

Obr. 58 Histogram počtu vajíček ve VLS Planá



Obr. 59 Počet vajíček lýkožrouta smrkového v jednotlivých oblastech

Kruskal-Wallis Multiple-Comparison Z-Value Test (Dunn's Test)

Tab. 46 Počet vajíček lýkožrouta smrkového v jednotlivých oblastech

Počet vajíček	*Lipník*	*NPŠ*	*Planá*
Lipník	*0.0000*	*8.6169*	*5.9522*
NPŠ	*8.6169*	*0.0000*	*3.2147*
Planá	*5.9522*	*3.2147*	*0.0000*

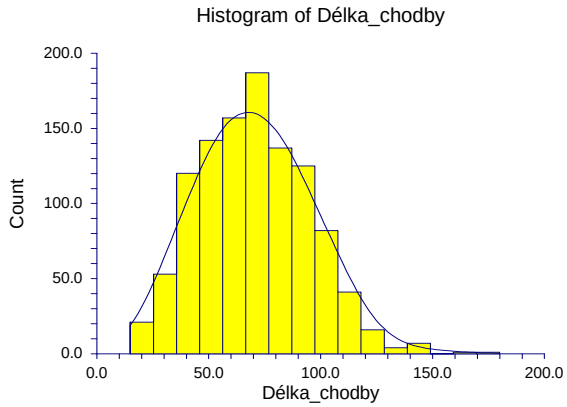
Regular Test: Medians significantly different if z-value > 1.9600

Bonferroni Test: Medians significantly different if z-value > 2.3940

5.9.3 Délky matečných chodeb

Střední hodnota délky matečných chodeb lýkožrouta smrkového byla na lokalitě Lipník 70 mm (**S-W: p < 0,05; medián; Obr. 60, Tab. 47**). V oblasti NPŠ odpovídala 80 mm (**S-W: p < 0,05; medián; Obr. 61, Tab. 48**) a v oblasti VLS Planá 84 mm (**S-W: p < 0,05; medián; Obr. 62, Tab. 49**).

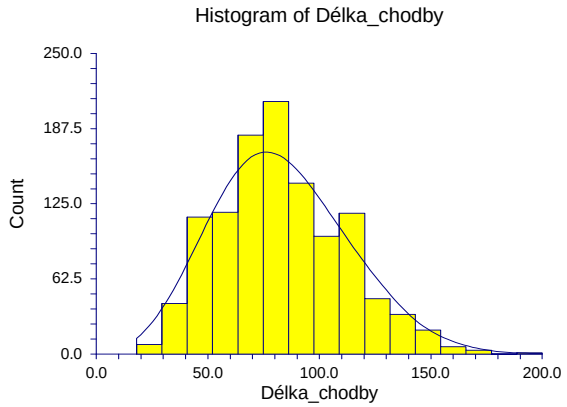
V délkách matečných chodeb v jednotlivých sekcích byly mezi studovanými oblastmi zjištěny statisticky významné rozdíly (**K-W: DF = 2, N = 3701, p > 0,05, Obr. 63**). Poloha mediánu délky matečných chodeb ukazuje, že statisticky se významně od sebe liší všechny lokality. Odlišnosti délky matečných chodeb byly prokázány i při vícenásobném porovnávání (**K-W Dunn´s test: z *1.9600***; **Tab. 50**).



Obr. 60 Histogram délky chodby ve VLS Lipník

Tab. 47 Test normality

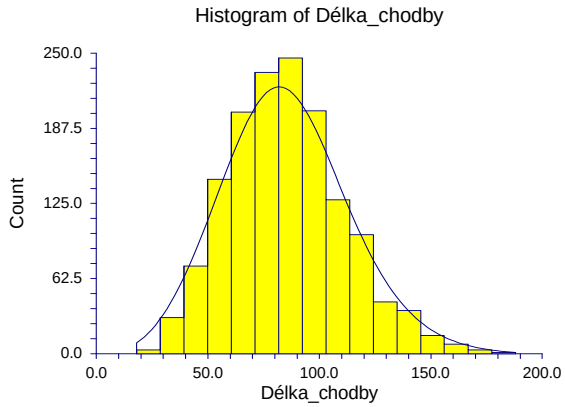
Test Name	Test Value	Prob Level	10% Critical Valie	5 % Critical Valie	Decision (5%)
Shapiro-Wilk W	0.9889917	2.590034E-07			Reject normality
Kolmogorov-Smirnov	4.244113E-02		0.026	0.028	Reject normality
Parameter	**Mean**	**Median**	**Geometric Mean**	**Harmonic Mean**	**Sum**
Value	70.45155	70	65.8962	60.9028	77074
95% LCL	68.99988	68	64.425	59.32641	75485.87
95% UCL	71.90323	70	67.401	62.56525	78662.13
Count	1094				



Obr. 61 Histogram délky chodby v NPŠ

Tab. 48 Test normality

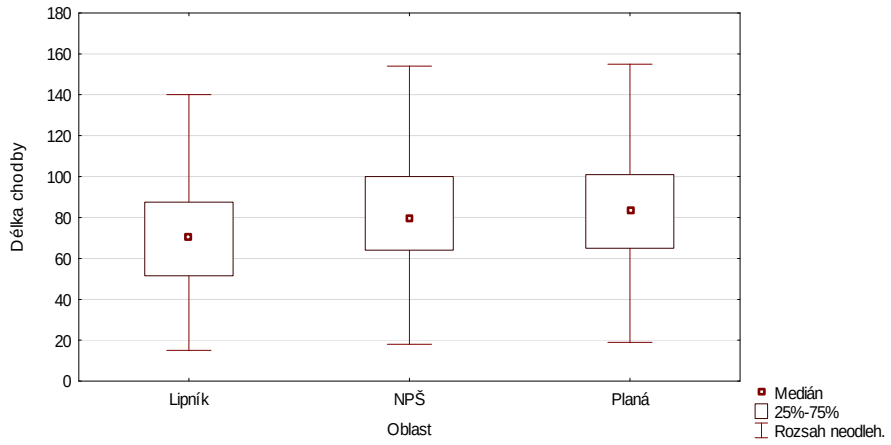
Test Name	Test Value	Prob Level	10% Critical Valie	5 % Critical Valie	Decision (5%)
Shapiro-Wilk W	0.9852752	2.525978E-09			Reject normality
Kolmogorov-Smirnov	0.0542571		0.026	0.028	Reject normality
Parameter	**Mean**	**Median**	**Geometric Mean**	**Harmonic Mean**	**Sum**
Value	83.02631	80	78.18012	73.05997	94650
95% LCL	81.40416	79	76.57565	71.37413	92800.74
95% UCL	84.64848	83	79.81821	74.82737	96499.26
Count	1094				



Tab. 49 Test normality

Test Name	Test Value	Prob Level	10% Critical Valie	5 % Critical Valie	Decision (5%)
Shapiro-Wilk W	0.9899106	1.591281E-08			Reject normality
Kolmogorov-Smirnov	4.517953E-02		0.023	0.025	Reject normality
Parameter	**Mean**	**Median**	**Geometric Mean**	**Harmonic Mean**	**Sum**
Value	85.16701	84	81.08974	76.71951	124940
95% LCL	83.84328	82	79.7625	75.30026	56375.24
95% UCL	86.49074	85	82.43906	78.19328	126881.9
Count	1467				

Obr. 62 Histogram délky chodby ve VLS Planá



Obr. 63 Délka matečných chodeb lýkožrouta smrkového v jednotlivých oblastech

Medián délky matečných chodeb v oblasti VLS Lipník byl 70 mm. V NPŠ byl medián délky matečných chodeb 80 mm a medián délky matečných chodeb v oblasti VLS Planá byl 84 mm.

Kruskal-Wallis Multiple-Comparison Z-Value Test (Dunn's Test)

Tab. 50 Délka matečných chodeb lýkožrouta smrkového v jednotlivých oblastech

Délka chodby	*Lipník*	*NPŠ*	*Planá*
Lipník	*0.0000*	*10.4366*	*13.5904*
NPŠ	*10.4366*	*0.0000*	*2.5626*
Planá	*13.5904*	*2.5626*	*0.0000*

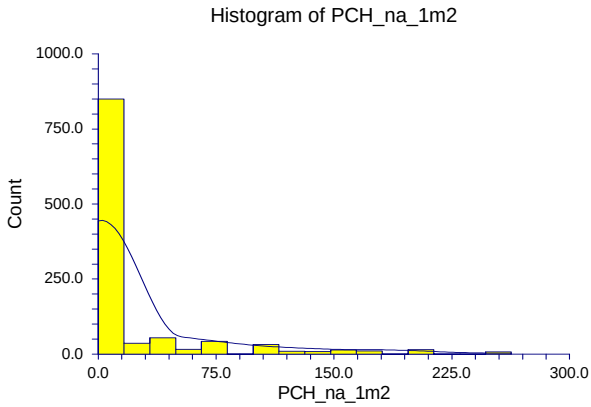
Regular Test: Medians significantly different if z-value > 1.9600

Bonferroni Test: Medians significantly different if z-value > 2.3940

5.9.4 Hustoty lýkožrouta lesklého na 1 m^2

Střední hodnota počtu rodin lýkožrouta lesklého připadajících na plochu 1 m^2 byla na lokalitě Lipník 0 rodin (**S-W: p < 0,05; medián; Obr. 64, Tab. 51**). V oblasti NPŠ 0 rodin (**S-W: p < 0,05; medián; Obr. 65, Tab. 52**) a v oblasti VLS Planá také 0 rodin (**S-W: p < 0,05; medián; Obr. 66, Tab. 53**).

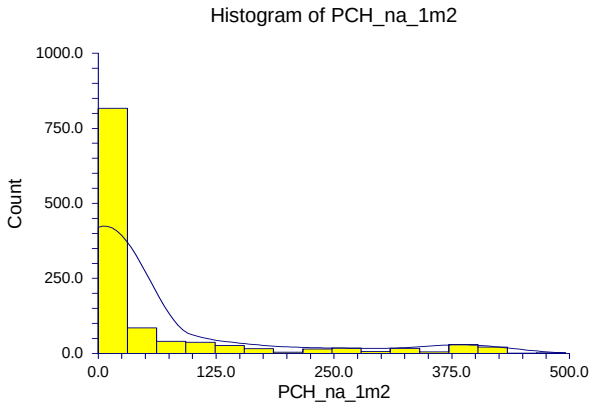
V počtu rodin připadajících na plochu 1 m^2 byly mezi studovanými oblastmi zjištěny statisticky významné rozdíly (**K-W: DF = 2, N = 3701, p > 0,05, Obr. 67**). Poloha mediánu počtu rodin ukazuje statisticky signifikantní rozdíly. Statisticky se významně od sebe liší všechny lokality. Odlišnost těchto sekcí od všech ostatních, byla prokázána i při vícenásobném porovnávání (**K-W Dunn´s test: z > *1.9600*; Tab. 54**).



Tab. 51 Test normality

Test Name	Test Value	Prob Level	10% Critical Valie	5 % Critical Valie	Decision (5%)
Shapiro-Wilk W	0.9899106	0			Reject normality
Kolmogorov-Smirnov	4.517953E-02		0.023	0.025	Reject normality
Parameter	**Mean**	**Median**	**Geometric Mean**	**Harmonic Mean**	**Sum**
Value	20.46984	0	43.07235	21.89699	22394
95% LCL	17.68885	0	37.98548	19.14702	19351.6
95% UCL	23.25082	0	48.84044	25.56938	25436.4
Count	1094				

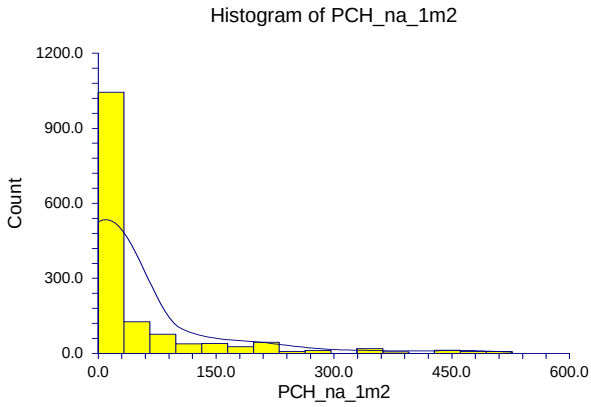
Obr. 64 Histogram hustoty rodin lýkožrouta lesklého ve VLS Lipník na 1 m^2



Tab. 52 Test normality

Test Name	Test Value	Prob Level	10% Critical Valie	5 % Critical Valie	Decision (5%)
Shapiro-Wilk W	0.5499477	0			Reject normality
Kolmogorov-Smirnov	0.3215684		0.026	0.028	Reject normality
Parameter	**Mean**	**Median**	**Geometric Mean**	**Harmonic Mean**	**Sum**
Value	51.4614	0	82.57112	47.30991	58666
95% LCL	45.28199	0	74.24925	42.79994	51621.48
95% UCL	57.64081	0	91.82571	52.88229	65710.52
Count	1140				

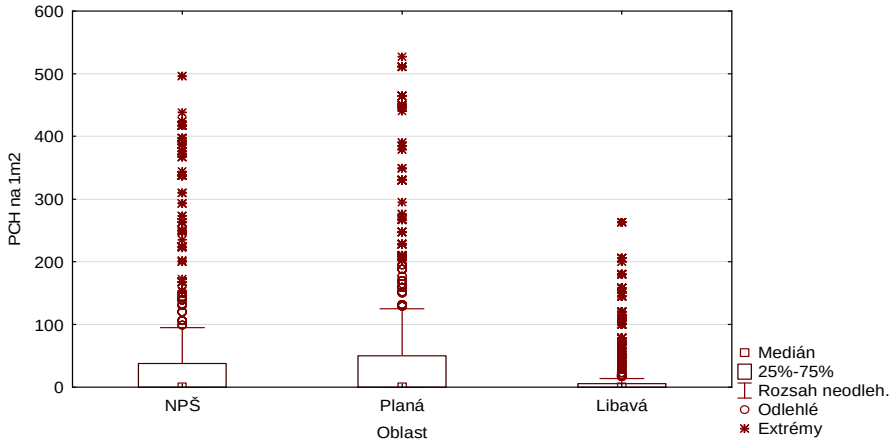
Obr. 65 Histogram hustoty rodin lýkožrouta lesklého v NPŠ na 1 m^2



Tab. 53 Test normality

Test Name	Test Value	Prob Level	10% Critical Valie	5 % Critical Valie	Decision (5%)
Shapiro-Wilk W	0.5499477	0			Reject normality
Kolmogorov-Smirnov	0.3215684		0.026	0.028	Reject normality
Parameter	**Mean**	**Median**	**Geometric Mean**	**Harmonic Mean**	**Sum**
Value	46.02999	0	56.03588	30.14833	67526
95% LCL	41.32654	0	51.28012	27.71507	60626.04
95% UCL	50.73344	0	61.2327	33.04996	74425.96
Count	1467				

Obr. 66 Histogram hustoty rodin lýkožrouta lesklého ve VLS Planá na 1 m^2



Obr. 67 lýkožrout lesklý na m^2 v jednotlivých lokalitách

Kruskal-Wallis Multiple-Comparison Z-Value Test (Dunn's Test)

Tab. 54 lýkožrout lesklý na m^2 v jednotlivých lokalitách

PCH na 1m²	*Lipník*	*NPŠ*	*Planá*
Lipník	*0.0000*	*5.2700*	*8.4988*
NPŠ	*5.2700*	*0.0000*	*2.9495*
Planá	*8.4988*	*2.9495*	*0.0000*

Regular Test: Medians significantly different if z-value > 1.9600

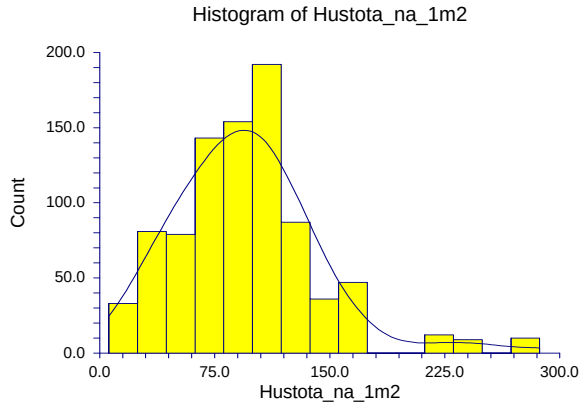
Bonferroni Test: Medians significantly different if z-value > 2.3940

5.10 Sekce

5.10.1 Hustoty rodin lýkožrouta smrkového na 1 m^2

Střední hodnota počtu rodin připadajících na plochu 1 m^2 lýkožrouta smrkového byla v prvních sekcích 92 rodin (**S-W: p < 0,05; medián; Obr. 68, Tab. 55**). V druhých sekcích 79 rodin (**S-W: p < 0,05; medián; Obr. 69, Tab. 56**). Ve třetích sekcích 75 rodin (**S-W: p < 0,05; medián; Obr. 70, Tab. 57**) a ve čtvrtých sekcích 78 rodin (**S-W: p < 0,05; medián; Obr. 71, Tab. 58**).

V počtu rodin připadajících na plochu 1 m^2 byly mezi studovanými sekcemi zjištěny statisticky významné rozdíly (**K-W: DF = 3, N = 3701, p** > **0,05, Obr. 72**). Poloha mediánu počtu rodin ukazuje rozdíl mezi jednotlivými sekcemi. Statisticky se první sekce významně liší od ostatních sekcí. Odlišnost těchto sekcí od všech ostatních, byla prokázána i při vícenásobném porovnávání (**K-W Dunn´s test: z > *1.9600***; **Tab. 59**). U ostatních sekcí však rozdíly nebyly průkazné a z hlediska populační hustoty je lze považovat za podobné.

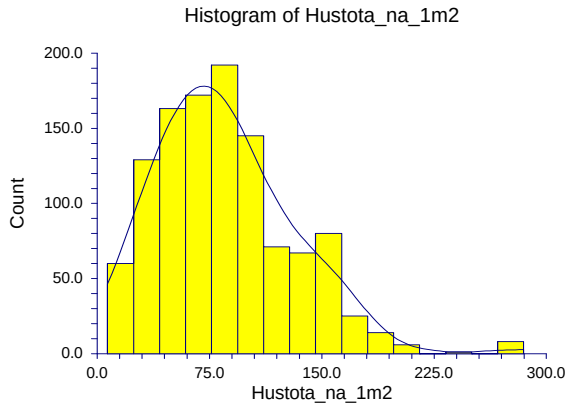


Obr. 68 Histogram hustoty rodin v prvních sekcích na 1 m^2

Tab. 55 Test normality

Test Name	Test Value	Prob Level	10% Critical Valie	5 % Critical Valie	Decision (5%)
Shapiro-Wilk W	0.9286855	0			Reject normality
Kolmogorov-Smirnov	8.827399E-02		0.029	0.031	Reject normality

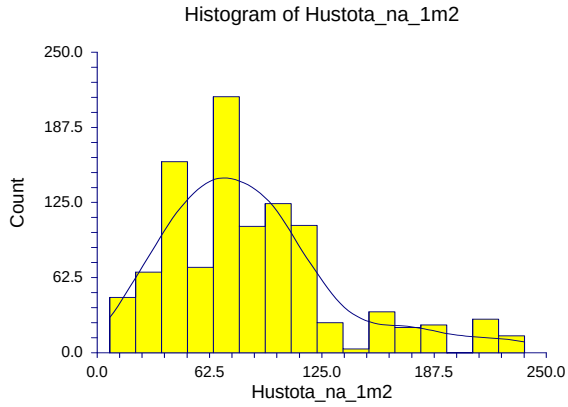
Parameter	Mean	Median	Geometric Mean	Harmonic Mean	Sum
Value	95.56285	92	83.7514	69.10725	84382
95% LCL	92.4744	91	80.74344	65.12766	81654.9
95% UCL	98.65131	95	86.87143	73.60484	87109.1
Count	883				



Tab. 56 Test normality

Test Name	Test Value	Prob Level	10% Critical Valie	5 % Critical Valie	Decision (5%)
Shapiro-Wilk W	0.9451311	0			Reject normality
Kolmogorov-Smirnov	8.888242E-02		0.026	0.028	Reject normality
Parameter	**Mean**	**Median**	**Geometric Mean**	**Harmonic Mean**	**Sum**
Value	84.93557	79	72.72513	59.1321	96232
95% LCL	82.32379	77	70.24242	56.38683	93272.86
95% UCL	87.54735	82	75.2956	62.15837	99191.14
Count	1133				

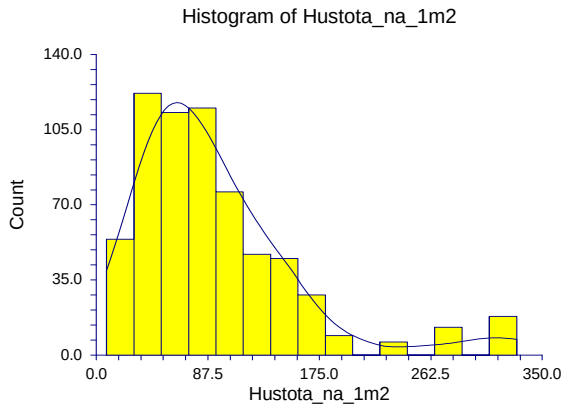
Obr. 69 Histogram hustoty rodin ve druhých sekcích na 1 m^2



Tab. 57 Test normality

Test Name	Test Value	Prob Level	10% Critical Valie	5 % Critical Valie	Decision (5%)
Shapiro-Wilk W	0.9206014	0			Reject normality
Kolmogorov-Smirnov	0.1057141		0.027	0.029	Reject normality
Parameter	**Mean**	**Median**	**Geometric Mean**	**Harmonic Mean**	**Sum**
Value	85.39846	75	72.54362	58.09356	88729
95% LCL	82.52256	74	69.90121	55.03365	85740.94
95% UCL	88.27436	79	75.28591	61.51376	91717.06
Count	1039				

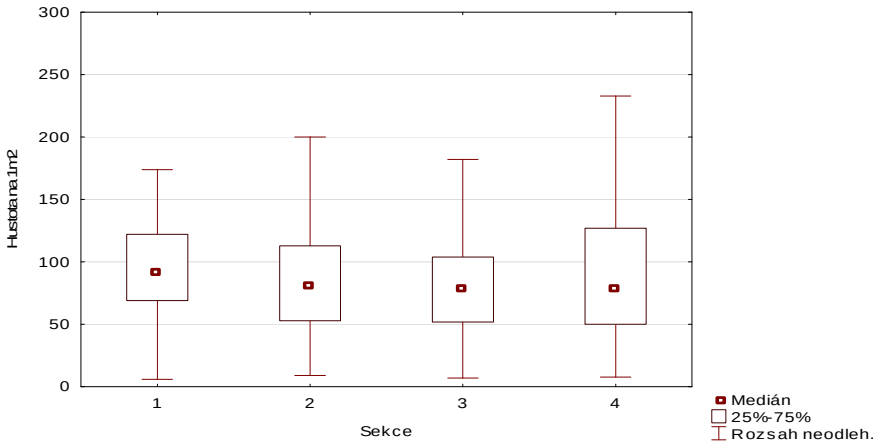
Obr. 70 Histogram hustoty rodin ve třetích sekcích na 1 m^2



Tab. 58 Test normality

Test Name	Test Value	Prob Level	10% Critical Valie	5 % Critical Valie	Decision (5%)
Shapiro-Wilk W	0.8252324	0			Reject normality
Kolmogorov-Smirnov	0.1587724		0.033	0.036	Reject normality
Parameter	**Mean**	**Median**	**Geometric Mean**	**Harmonic Mean**	**Sum**
Value	93.50465	78	75.39053	59.09161	60404
95% LCL	88.45683	73	71.57693	55.39339	57143.11
95% UCL	98.55247	80	79.40733	63.31896	63664.89
Count	646				

Obr. 71 Histogram hustoty rodin ve čtvrtých na 1 m^2



Obr. 72 Hustoty lýkožrouta smrkového na 1 m^2 v jednotlivých sekcích za oba analyzované roky

Kruskal-Wallis Multiple-Comparison Z-Value Test (Dunn's Test)

Tab. 59 Hustoty na lýkožrouta smrkového 1 m^2 v jednotlivých sekcích za oba analyzované roky

Hustota na 1m^2	*1*	*2*	*3*	*4*
1	*0.0000*	*5.6701*	*6.0236*	*4.4608*
2	*5.6701*	*0.0000*	*0.4929*	*0.4782*
3	*6.0236*	*0.4929*	*0.0000*	*0.8932*
4	*4.4608*	*0.4782*	*0.8932*	*0.0000*

Regular Test: Medians significantly different if z-value > 1.9600

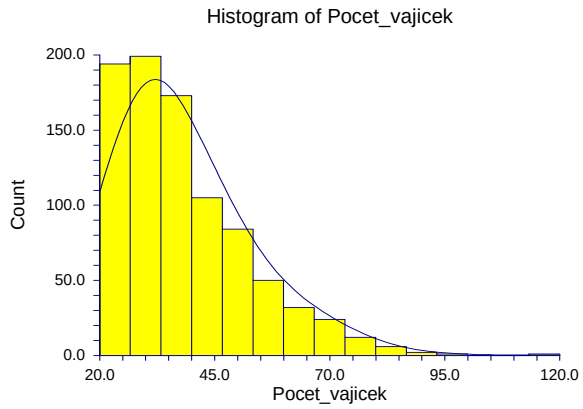
Bonferroni Test: Medians significantly different if z-value > 2.6383

5.10.2 Počty vajíček na rodinu

Střední hodnota počtu vajíček připadajících na 1 rodinu lýkožrouta smrkového byla v prvních sekcích 35 vajíček (**S-W: p < 0,05; medián; Obr. 73, Tab. 60**). V druhých sekcích 36 vajíček (**S-W: p < 0,05; medián; Obr. 74, Tab. 61**). Ve třetích sekcích 38 vajíček (**S-W: p < 0,05; medián; Obr. 75, Tab. 62**) a ve čtvrtých sekcích 37 vajíček (**S-W: p < 0,05; medián; Obr. 76, Tab. 63**).

V počtu vajíček na rodinu v jednotlivých sekcích byly mezi studovanými oblastmi zjištěny statisticky významné rozdíly (**K-W: DF = 3, N = 3701, p > 0,05, Obr. 77**). Poloha mediánu počtu vajíček na rodinu ukazuje, že statisticky se významně od první sekce liší třetí a čtvrtá. Druhá sekce se liší od třetí. Třetí sekce se liší od první a druhé. Čtvrtá sekce se liší

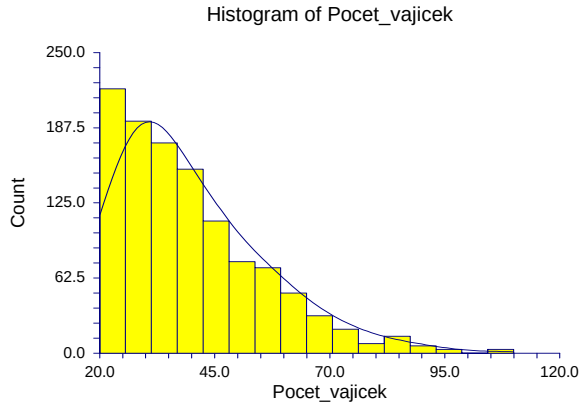
od první sekce. Odlišnosti počtů vajíček v této lokalitě od všechostatních, byly prokázány i při vícenásobném porovnávání (**K-W Dunn´s test: z *1.9600*; Tab. 64**). U ostatních sekcí však rozdíly nebyly průkazné a z hlediska populační hustoty je lze považovat za podobné.



Obr. 73 Histogram počtu vajíček v první sekci

Tab. 60 Test normality

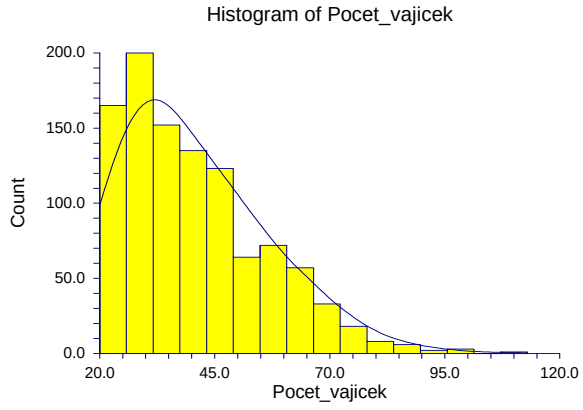
Test Name	Test Value	Prob Level	10% Critical Valie	5 % Critical Valie	Decision (5%)
Shapiro-Wilk W	0.9147478	0			Reject normality
Kolmogorov-Smirnov	0.1032793		0.029	0.031	Reject normality
Parameter	**Mean**	**Median**	**Geometric Mean**	**Harmonic Mean**	**Sum**
Value	38.28652	35	35.95866	33.92078	33807
95% LCL	37.3447	34	35.14034	33.1914	32975.37
95% UCL	39.22835	37	36.79604	34.68294	34638.63
Count	883				



Obr. 74 Histogram počtu vajíček ve druhé sekci

Tab. 61 Test normality

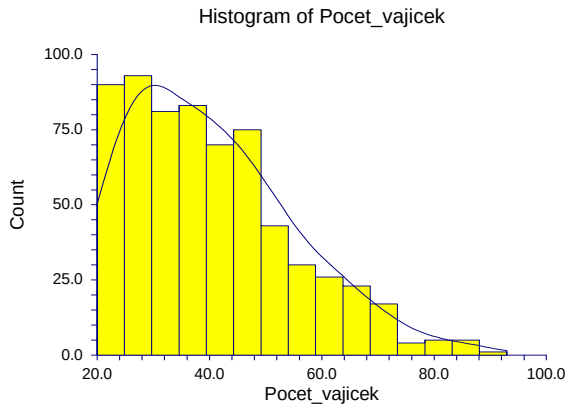
Test Name	Test Value	Prob Level	10% Critical Valie	5 % Critical Valie	Decision (5%)
Shapiro-Wilk W	0.9112678	0			Reject normality
Kolmogorov-Smirnov	0.1187214		0.026	0.028	Reject normality
Parameter	**Mean**	**Median**	**Geometric Mean**	**Harmonic Mean**	**Sum**
Value	39.68049	36	36.94101	34.57682	44958
95% LCL	38.76101	35	36.14829	33.88094	43916.22
95% UCL	40.59998	37	37.75111	35.30187	45999.78
Count	1133				



Obr. 75 Histogram počtu vajíček ve třetí sekci

Tab. 62 Test normality

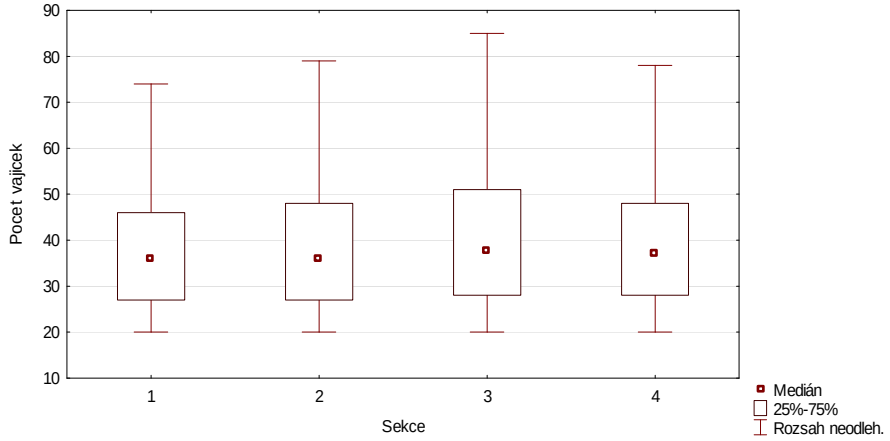
Test Name	Test Value	Prob Level	10% Critical Valie	5 % Critical Valie	Decision (5%)
Shapiro-Wilk W	0.9318705	0			Reject normality
Kolmogorov-Smirnov	9.903194E-02		0.027	0.029	Reject normality
Parameter	**Mean**	**Median**	**Geometric Mean**	**Harmonic Mean**	**Sum**
Value	40.70549	38	38.03905	35.65659	42293
95% LCL	39.76567	36	37.20261	34.90694	41316.53
95% UCL	41.6453	39	38.8943	36.43914	43269.47
Count	1039				



Tab. 63 Test normality

Test Name	Test Value	Prob Level	10% Critical Valie	5 % Critical Valie	Decision (5%)
Shapiro-Wilk W	0.9420357	3.552714E-15			Reject normality
Kolmogorov-Smirnov	8.484721E-02		0.033	0.036	Reject normality
Parameter	**Mean**	**Median**	**Geometric Mean**	**Harmonic Mean**	**Sum**
Value	40.3452	38	37.85773	35.58599	26063
95% LCL	39.21161	36	36.83234	34.65454	25330.7
95% UCL	41.47879	40	38.91168	36.56889	26795.3
Count	646				

Obr. 76 Histogram počtu vajíček ve čtvrté sekci



Obr. 77 Počet vajíček lýkožrouta smrkového v jednotlivých sekcích

Kruskal-Wallis Multiple-Comparison Z-Value Test (Dunn's Test)

Tab. 64 Počet vajíček lýkožrouta smrkového v jednotlivých sekcích

Počet vajíček	*1*	*2*	*3*	*4*
1	*0.0000*	*1.4075*	*3.2911*	*2.8262*
2	*1.4075*	*0.0000*	*2.0360*	*1.6864*
3	*3.2911*	*2.0360*	*0.0000*	*0.0861*
4	*2.8262*	*1.6864*	*0.0861*	*0.0000*

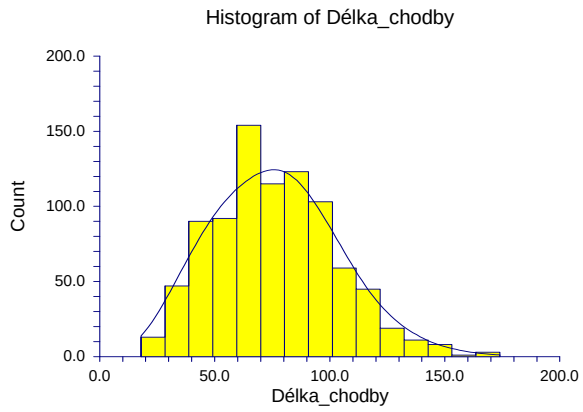
Regular Test: Medians significantly different if z-value > 1.9600

Bonferroni Test: Medians significantly different if z-value > 2.6383

5.10.3 Délky matečných chodeb

Střední hodnota délky matečných chodeb lýkožrouta smrkového byla by v prvních sekcích 75 mm (**S-W: p < 0,05; medián; Obr. 78, Tab. 65**). V druhých sekcích 80 mm (**S-W: p < 0,05; medián; Obr. 79, Tab. 66**). Ve třetích sekcích 80 mm (**S-W: p < 0,05; medián; Obr. 80, Tab. 67**) a ve čtvrtých sekcích 76 mm (**S-W: p < 0,05; medián; Obr. 81, Tab. 68**).

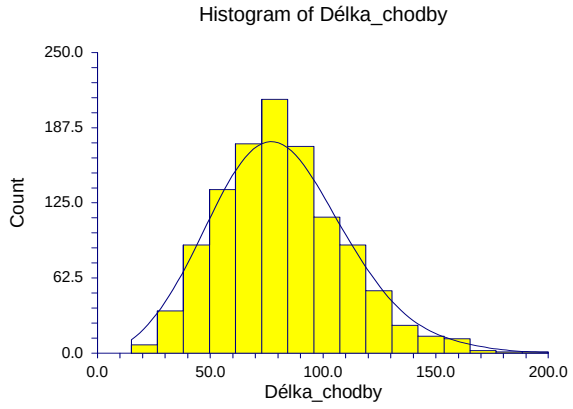
V délkách matečných chodeb v jednotlivých sekcích byly mezi studovanými sekcemi zjištěny statisticky významné rozdíly (**K-W: DF = 3, N = 3701, p > 0,05, Obr. 82**). Poloha mediánu délky matečných chodeb ukazuje zejména statisticky významné na rozdíly, kde se první sekce liší od druhé a třetí sekce. Druhá sekce se liší od první a čtvrté. Třetí se liší od první a čtvrté sekce. Čtvrtá sekce se liší od druhé a třetí sekce. Odlišnosti délky matečných chodeb byly prokázány i při vícenásobném porovnávání (**K-W Dunn´s test: z *1.9600***; **Tab. 69**). U ostatních sekcí však rozdíly v délkách matečných chodeb nebyly průkazné a z hlediska populační hustoty je lze sekce považovat za podobné.



Obr. 78 Histogram délky chodeb v první sekci

Tab. 65 Test normality

Test Name	Test Value	Prob Level	10% Critical Valie	5 % Critical Valie	Decision (5%)
Shapiro-Wilk W	0.9867653	3.734438E-07			Reject normality
Kolmogorov-Smirnov	4.177038E-02		0.029	0.031	Reject normality
Parameter	**Mean**	**Median**	**Geometric Mean**	**Harmonic Mean**	**Sum**
Value	76.19592	75	71.31152	66.09113	67281
95% LCL	74.43938	72	69.55943	64.26023	65729.98
95% UCL	77.95246	77	73.10773	68.02942	68832.02
Count	883				

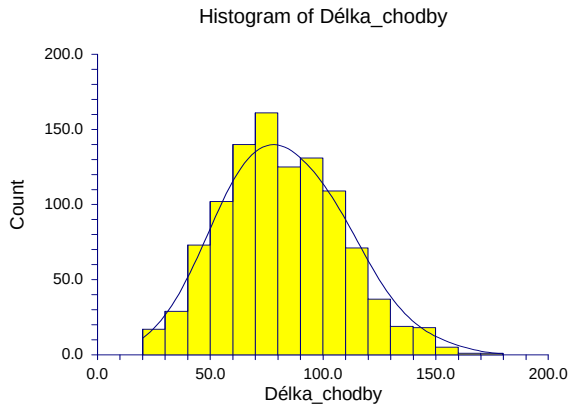


Tab. 66 Test normality

Test Name	Test Value	Prob Level	10% Critical Valie	5 % Critical Valie	Decision (5%)
Shapiro-Wilk W	0.9837308	6.073546E-10			Reject normality
Kolmogorov-Smirnov	5.638169E-02		0.026	0.028	Reject normality
Parameter	**Mean**	**Median**	**Geometric Mean**	**Harmonic Mean**	**Sum**
Value	81.48279	80	76.70067	71.56553	92320
95% LCL	79.88058	77	75.11333	69.85409	90504.7
95% UCL	83.085	81	78.32153	73.36294	94135.3
Count	1133				

Obr. 79 Histogram délky chodeb ve druhé sekci

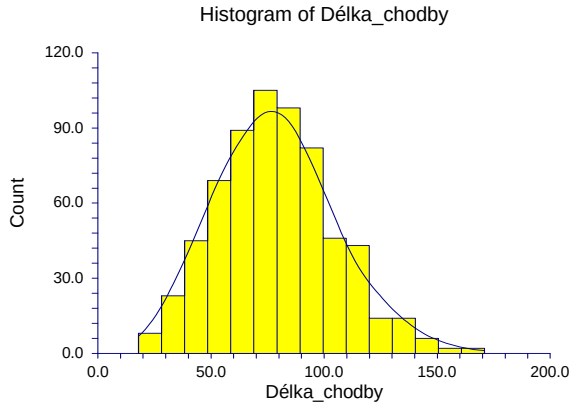
Tab. 67 Test normality



Test Name	Test Value	Prob Level	10% Critical Valie	5 % Critical Valie	Decision (5%)
Shapiro-Wilk W	0.993147	1.008237E-04			Reject normality
Kolmogorov-Smirnov	4.896995E-02		0.027	0.029	Reject normality
Parameter	**Mean**	**Median**	**Geometric Mean**	**Harmonic Mean**	**Sum**
Value	83.12031	80	78.53458	73.43353	86362
95% LCL	81.49846	80	76.87737	71.61272	84676.9
95% UCL	84.74216	84	80.22752	75.34934	88047.1
Count	1039				

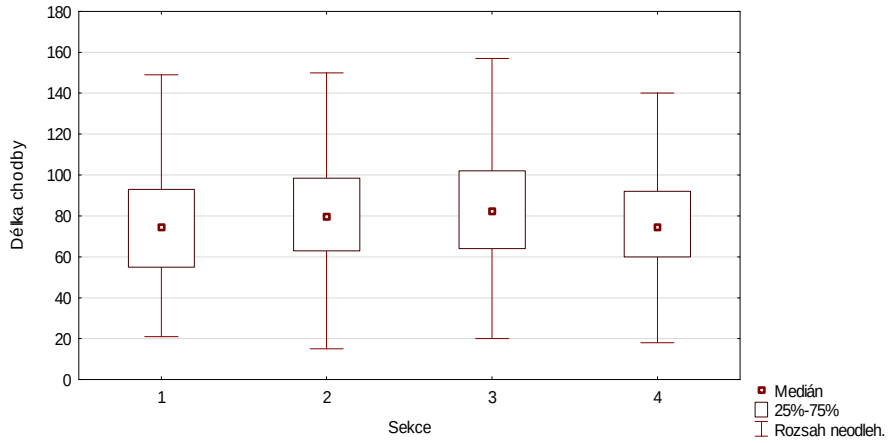
Obr. 80 Histogram délky chodeb v třetí sekci

Tab. 68 Test normality



Test Name	Test Value	Prob Level	10% Critical Valie	5 % Critical Valie	Decision (5%)
Shapiro-Wilk W	0.9889516	8.683711E-05			Reject normality
Kolmogorov-Smirnov	5.169291E-02		0.033	0.036	Reject normality
Parameter	**Mean**	**Median**	**Geometric Mean**	**Harmonic Mean**	**Sum**
Value	78.48452	76	74.02814	69.10985	50701
95% LCL	76.49853	75	72.02732	66.91805	49418.05
95% UCL	80.47051	80	76.08455	71.45009	51983.95
Count	646				

Obr. 81 Histogram délky chodeb ve čtvrté sekci



Obr. 82 Délka matečných chodeb lýkožrouta smrkového v jednotlivých sekcích ve všech lokalitách

Kruskal-Wallis Multiple-Comparison Z-Value Test (Dunn's Test)

Tab. 69 Délka matečných chodeb lýkožrouta smrkového v jednotlivých sekcích ve všech lokalitách

Délka chodby	*1*	*2*	*3*	*4*
1	*0.0000*	*4.0508*	*5.6310*	*1.6381*
2	*4.0508*	*0.0000*	*1.7669*	*1.9681*
3	*5.6310*	*1.7669*	*0.0000*	*3.4513*
4	*1.6381*	*1.9681*	*3.4513*	*0.0000*

Regular Test: Medians significantly different if z-value > 1.9600

Bonferroni Test: Medians significantly different if z-value > 2.6383

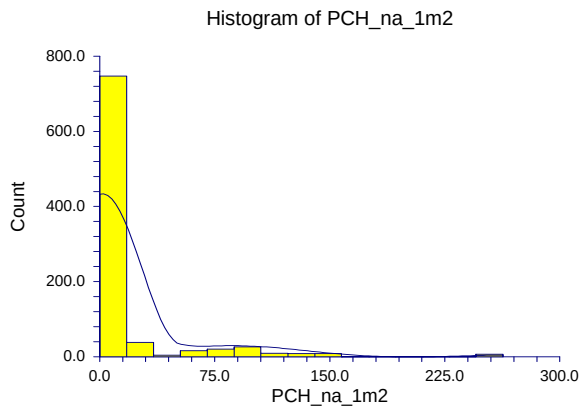
5.10.4 Hustoty lýkožrouta lesklého na 1 m^2

Střední hodnota rodin lýkožrouta lesklého připadajících na plochu 1 m^2 byla ve všech sekcích rovna hodnotě 0 rodin (**S-W: p < 0,05; medián; Obr. 83-86, Tab. 70 - 73**).

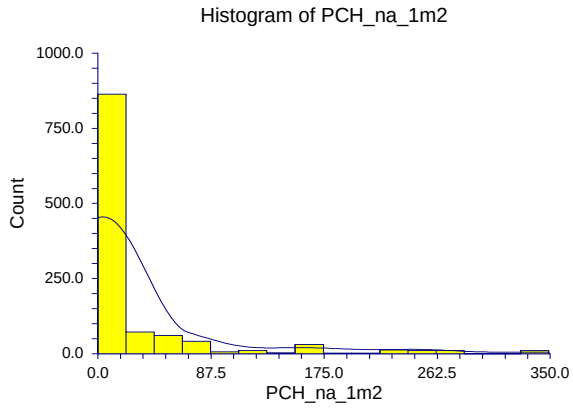
V počtu rodin připadajících na plochu 1 m^2 byly mezi studovanými oblastmi zjištěny statisticky významné rozdíly (**K-W: DF = 3, N = 3701, p > 0,05, Obr. 87**). Poloha mediánu počtu rodin ukazuje statisticky signifikantní rozdíly. Statisticky se významně první a druhé sekce odlišují od všech ostatních sekcí. Třetí sekce se liší od první a druhé sekce. Čtvrtá sekce se také statisticky liší od první a druhé sekce. Odlišnost těchto sekcí od všech ostatních, byla prokázána i při vícenásobném porovnávání (**K-W Dunn´s test: z > *1.9600***; **Tab. 74**). Mezi třetí a čtvrtou sekcí rozdíly hustoty na plochu nebyly průkazné a z hlediska populační hustoty je lze sekce považovat za podobné.

Tab. 70 Test normality

Test Name	Test Value	Prob Level	10% Critical Valie	5 % Critical Valie	Decision (5%)
Shapiro-Wilk W	0.4256178	0			Reject normality
Kolmogorov-Smirnov	0.4136348		0.029	0.031	Reject normality
Parameter	**Mean**	**Median**	**Geometric Mean**	**Harmonic Mean**	**Sum**
Value	13.70668	0	36.40423	21.6292	12103
95% LCL	11.24943	0	31.45425	18.9512	9933.251
95% UCL	16.16393	0	42.13319	25.1886	14272.75
Count	883				



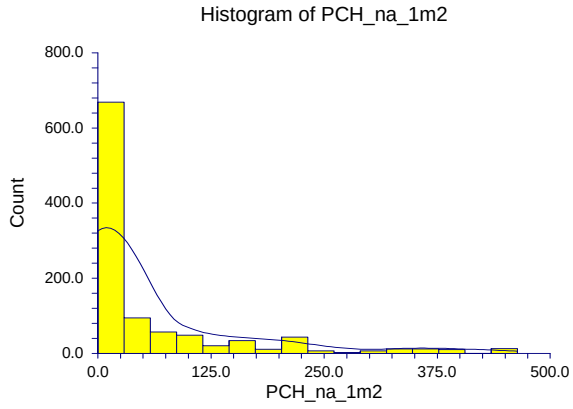
Obr. 83 Histogram hustoty rodin lýkožrouta lesklého v prvních sekcích na 1 m^2



Tab. 71 Test normality

Test Name	Test Value	Prob Level	10% Critical Valie	5 % Critical Valie	Decision (5%)
Shapiro-Wilk W	0.497965	0			Reject normality
Kolmogorov-Smirnov	0.3459378		0.026	0.028	Reject normality
Parameter	**Mean**	**Median**	**Geometric Mean**	**Harmonic Mean**	**Sum**
Value	26.10591	0	46.21559	23.8595	29578
95% LCL	22.56908	0	41.02243	21.13633	25570.77
95% UCL	29.64275	0	52.06618	27.38812	33585.23
Count	1133				

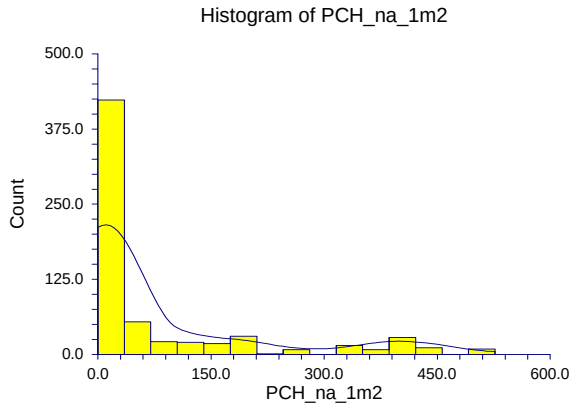
Obr. 84 Histogram hustoty rodin lýkožrouta lesklého ve druhých sekcích na 1 m^2



Tab. 72 Test normality

Test Name	Test Value	Prob Level	10% Critical Valie	5 % Critical Valie	Decision (5%)
Shapiro-Wilk W	0.6335233	0			Reject normality
Kolmogorov-Smirnov	0.284123		0.027	0.029	Reject normality
Parameter	**Mean**	**Median**	**Geometric Mean**	**Harmonic Mean**	**Sum**
Value	55.34456	0	68.17843	37.84977	57503
95% LCL	49.41777	0	61.98688	33.95383	51345.06
95% UCL	61.27136	11	74.98843	42.75565	63660.94
Count	1039				

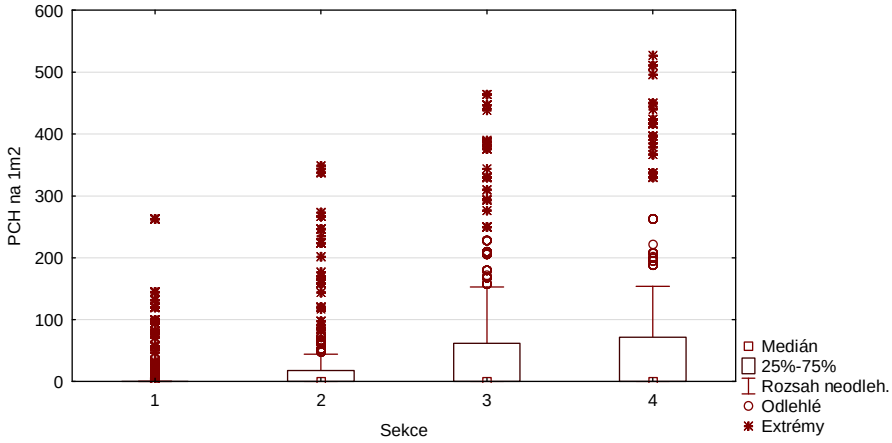
Obr. 85 Histogram hustoty rodin lýkožrouta lesklého ve třetích sekcích na 1 m^2



Tab. 73 Test normality

Test Name	Test Value	Prob Level	10% Critical Valie	5 % Critical Valie	Decision (5%)
Shapiro-Wilk W	0.6401412	0			Reject normality
Kolmogorov-Smirnov	0.2816094		0.033	0.036	Reject normality
Parameter	**Mean**	**Median**	**Geometric Mean**	**Harmonic Mean**	**Sum**
Value	76.47369	0	86.29379	45.16034	49402
95% LCL	66.34653	0	75.76514	40.03042	42859.86
95% UCL	86.60085	13	98.28555	51.79832	55944.14
Count	646				

Obr. 86 Histogram hustoty rodin lýkožrouta lesklého ve čtvrtých sekcích na 1 m^2



Obr. 87 lýkožrout lesklý na m^2 v jednotlivých sekcích

Kruskal-Wallis Multiple-Comparison Z-Value Test (Dunn's Test)

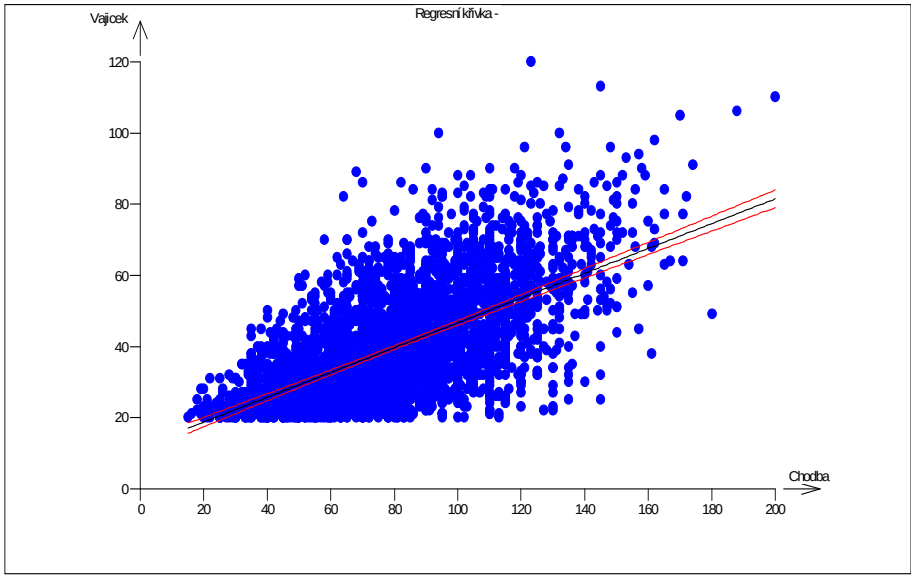
Tab. 74 lýkožrout lesklý na m^2 v jednotlivých sekcích

PCH na 1m²	*1*	*2*	*3*	*4*
1	*0.0000*	*4.3407*	*12.4199*	*12.1139*
2	*4.3407*	*0.0000*	*8.6980*	*8.7691*
3	*12.4199*	*88.6980*	*0.0000*	*1.1717*
4	*12.1139*	*8.7691*	*1.1717*	*0.0000*

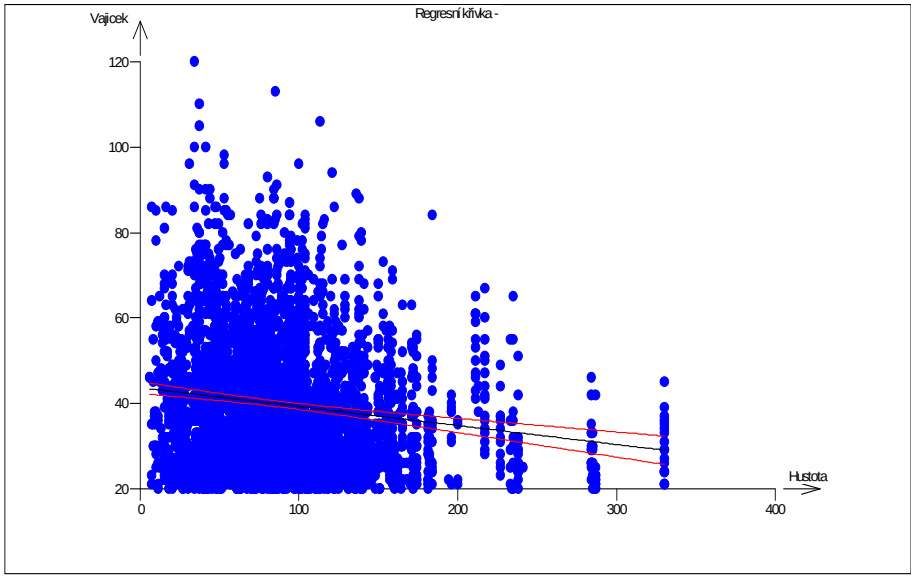
Regular Test: Medians significantly different if z-value > 1.9600

Bonferroni Test: Medians significantly different if z-value > 2.6383

5.11 Regresní závislosti vybraných populačních parametrů



Obr. 88 Závislost počtu nakladených vajíček na délce matečné chodby ($y = 11,83 + 0,35*x_1$; $R^2 = 0,38$)



Obr. 89 Závislost počtu nakladených vajíček na hustotě rodinných požerků ($y = 43,71 – 0,04*x_2$; $R^2 = 0,02$)

Mezi počtem rodinných požerků na m^2 a množstvím nakladených vajíček byla nalezena statisticky významná korelace (Spearman R = 0,15; $p < 0,05$). Přestože délka

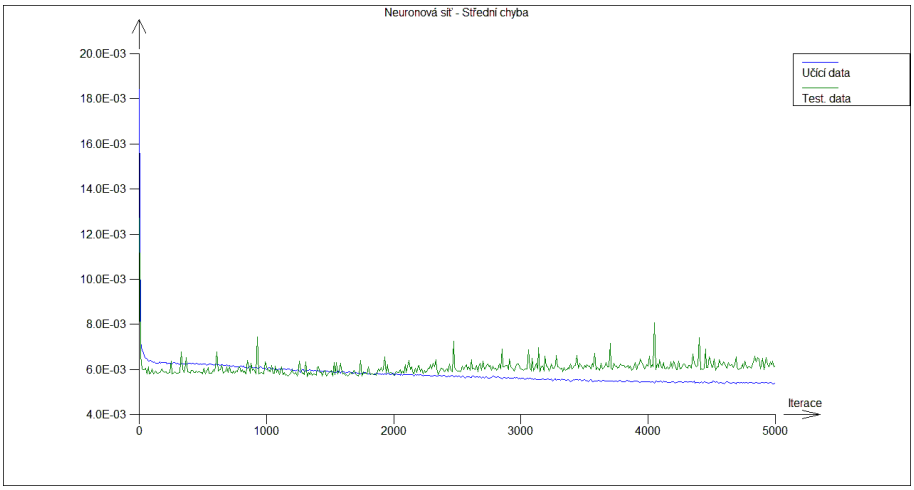
matečných chodeb nekorelovala s počtem rodinných požerků, byla délka matečné chodby a počet nakladených vajíček statisticky významně pozitivně korelován (Spearman R = 0,62; $p < 0,05$). Vztah mezi těmito dvěma parametry vykazoval lineární průběh, a proto byla vytvořena regresní rovnice $y = 11,83 + 0,35*x_1$; kde y je počet vajíček a x_1 délka chodby (variabilita vysvětlená modelem $R^2 = 0,38$; **Obr. 88**). Vztah mezi počtem rodinných požerků na m^2 (x_2) a množstvím nakladených vajíček (y) nabýval rovněž lineárního charakteru, s regresní rovnicí $y = 43,71 – 0,04*x_2$ (variabilita vysvětlená modelem $R^2 = 0,02$; **Obr. 89**). Jelikož počet rodinných požerků na m^2 a délka matečné chodby spolu nekorelovaly, byl splněn předpoklad pro vytvoření vícerozměrného lineárního regresního modelu. Byla nalezena regresní rovnice

$$y = 11,83 + 0,35* x_1 – 0,04* x_2$$

s variabilitou vysvětlenou modelem $R^2 = 0,38$; $p < 0,05$.

5.12 Predikce počtu kladených vajíček pomocí neuronové sítě

Cílem učení neuronové sítě bylo nastavit síť tak, aby dávala přesné výsledky. Křivka (**Obr. 91**) svědčí o dobré kvalitě modelu, který bude dobře predikovat z neznámých dat, obě křivky ukazují zlepšování jak modelu, tak i predikce validačních dat. Je zde tedy velmi dobrá predikční schopnost.



Obr. 90 Graf učícího procesu (QCExpert 3.2.)

Křivka zaznamenává pokles součtu čtverců rozdílů predikce a skutečných hodnot v závislosti na počtu interací. Blízkost křivek trénovacích a testovacích dat dává tušit dobrou predikční schopnost modelu, což je patrné i z grafu predikce (**Obr. 90**).

Neuronová síť s architekturou byla pro predikci počtu vajíček shledána statisticky významnou. Hodnota F-kritéria, stejně jako číselná podoba vah jednotlivých neuronů je uvedena v (**Tab. 76**).

Tab. 75 Protokol o průběhu učení neuronové sítě

Neuronová síť

Název úlohy :	Vaj_9_NN_10_10_s1				
Data:	Všechna				
Nezávisle proměnné :	Oblast	Sekce	Hustota	Chodba	PCH
Typ transformace :	(X-MIN)/(MAX-MIN)	(X-MIN)/(MAX-MIN)	(X-MIN)/(MAX-MIN)	(X-MIN)/(MAX-MIN)	(X-MIN)/(MAX-MIN)
a =	0	0	0	0	0
Závisle proměnné :	Vajicek				
Typ transformace :	(X-MIN)/(MAX-MIN)				
a =	0				
Vrstva	Neuronů				
1.	5				
2. (Skrytá)	10				
3. (Skrytá)	10				
4.	1				
Strmost sigmoidy :	1				
Moment :	0,9				
Rychlost učení :	0,1				
Ukončit pri chybě < :	0,05				
Procent dat pro učení (%) :	70				
Podmínky ukončení optimalizace					
Počet iterací :	5000				
Výpočet					
Počet iterací :	5000				
Maximální chyba pro učící data :	0,122032409				
Střední chyba pro učící data :	0,005415508				
Maximální chyba pro testovací data :	0,184608658				
Střední chyba pro testovací data :	0,006166463				
Celkový součet čtverců :	852538,8019				
Reziduální součet čtverců :	406213,7803				
Vysvětlený součet čtverců :	446325,0216				
F-statistika :	24,46951632				
F-krit :	1,19162147				
P-hodnota :	0				
Model je významný					

Váhy

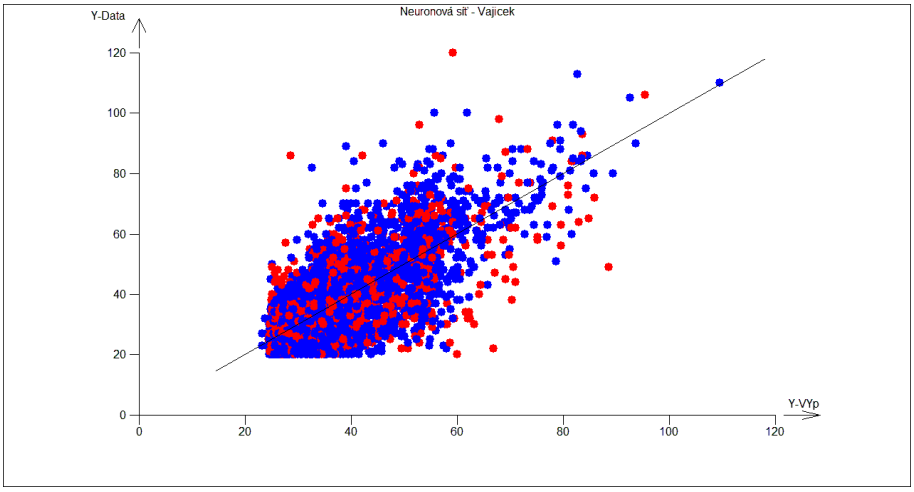
Vrstva / Neuron	1. Váha	2. Váha	3. Váha	4. Váha	5. Váha	6. Váha	7. Váha	8. Váha	9. Váha	10. Váha	
2 / 1	4,184553659	1,319525881	7,387289728	-7,328794412	0,484039329						7,049473126
2 / 2	-4,092664608	5,134236303	2,517298731	11,73825302	6,006871465						2,111888234
2 / 3	-5,913140222	-2,583582239	2,45005494	-9,078818086	9,220844004						3,88688533
2 / 4	-3,233012682	-10,72222781	-9,594511597	5,302522519	8,202404911						-7,601101306
2 / 5	7,709938268	1,233152522	-0,665029337	21,3192759	4,418029787						0,416832918
2 / 6	-2,113101658	9,616903886	6,007016637	-5,083210474	7,519360878						0,898163569
2 / 7	-6,689489583	17,61220865	-1,235893784	-0,692722857	15,96487739						2,6870212
2 / 8	-0,834234755	0,464237503	0,376867546	-6,733344517	0,4913411						-1,640462022
2 / 9	3,47396156	2,400515531	-6,938215256	9,33209831	5,508341549						-3,016232053
2 / 10	8,774664835	-4,658870979	-0,171087982	19,49285544	1,554395886						3,307702889
3 / 1	7,166396511	3,128307305	1,832713535	5,230344861	0,457924264	0,845334825	-1,474915624	4,836351546	-3,513297644	2,606830585	-12,5460958
3 / 2	7,515962765	-1,480665112	7,060223525	-1,015119014	-10,7580319	-7,907486777	0,5513688	-2,430207079	3,678179093	-0,537077574	-5,882238421
3 / 3	-3,04311288	-2,990638591	-1,967258131	-3,304074075	0,445593758	0,14686452	-1,708611615	3,465005347	-3,114675584	-2,458100685	0,229621939
3 / 4	-4,031709942	-4,743206006	2,444343338	5,577942351	-0,403116059	0,207545374	-2,240896166	-7,674055011	-2,157364063	0,257672771	-3,598354661
3 / 5	-1,673655955	0,253518049	-0,610616466	-0,545122887	0,370972624	-0,463723348	-0,457082583	-1,321887905	-0,630334168	0,145114325	-3,581960771
3 / 6	-8,355152938	10,41140112	-7,630146332	-1,41128117	-3,74625107	-0,602539497	-2,856345529	-6,627153403	6,284882355	-0,499566625	-8,587114072
3 / 7	-4,815982014	0,016983422	-0,414974443	-3,824821013	1,945769155	-0,033567652	-2,851446082	-0,21802477	1,298836226	-1,928376251	0,219143573
3 / 8	-2,909550677	1,470752598	2,630450377	-0,664496102	8,3729538	8,016190051	-11,82988935	-2,92541206	-5,532915433	-5,540253973	-1,214823256
3 / 9	-4,188935076	-5,688366184	-0,529837803	1,620067101	3,566958105	5,75390467	3,90930263	1,167641462	1,0333492	-1,057756111	-3,04442821
3 / 10	-6,749100737	-11,01177039	11,42957811	2,073547684	0,786537386	8,144116415	-1,877817492	-7,090872182	7,520976769	12,45957733	-13,2931788
4 / 1	-1,655278193	-0,797091515	-2,265279385	-1,633887565	-0,515564232	2,968892383	-1,792986628	2,268788312	-1,126929208	1,949411691	-0,532632041

Relativní vliv

Oblast	47,01876183
Sekce	55,74546131
Hustota	37,34326554
Chodba	96,10189553
PCH	59,3705063

Relativní predikovatelnost

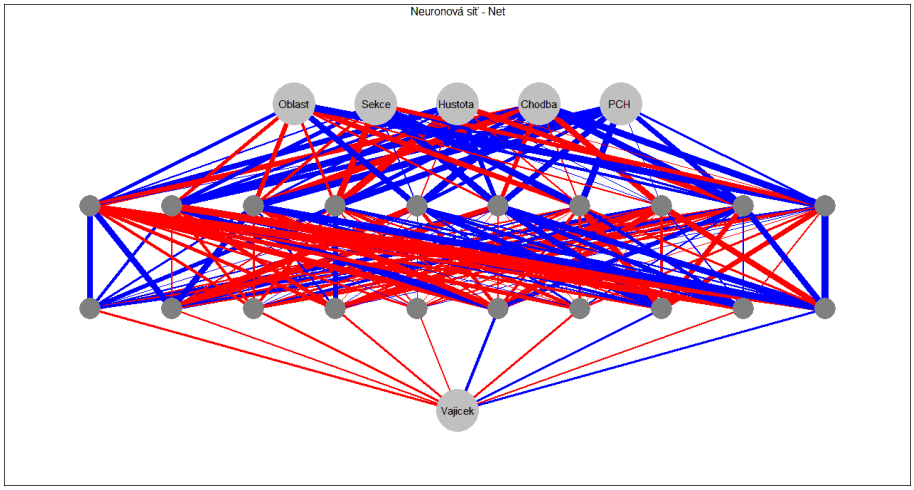
Vajicek	16,97410911



Obr. 91 Predikce neuronové sítě (QCExpert 3.2.)

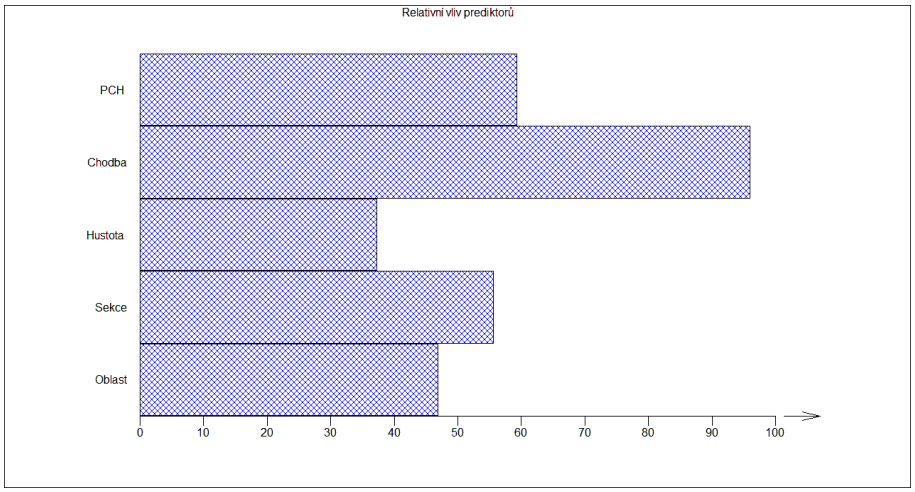
Bylo vybráno 70% učících se dat. Takto vybraná data se shodovala se skutečnou odezvou, svědčilo to o schopnosti sítě predikovat správně odezvu i pro data, která předtím "neviděla". Červené body představují predikci dat, která byla použita na validaci sítě. Byl nalezen model, který dobře predikoval tuto nezávisle proměnnou (**Obr. 91**).

Neuronová síť s nejnižším reziduálním součtem čtverců byla složena ze dvou skrytých vrstev, první i druhá vrstva byla složena z 10 neuronů. Architektura nejlepší sítě je vyjádřena na (**Obr. 92**). Tloušťka je úměrná absolutní velikosti příslušné váhy, tedy intenzity toku informace směrem dolů. Tloušťka synapsí znázorňuje absolutní velikost odpovídající váhy a tím také množství informace, která teče mezi dvěma neurony. Podle tloušťky synapse se tak dá usuzovat na významnost nezávisle proměnné (vychází z ní tlusté synapse) a také na kvalitu predikce jednotlivých závisle proměnných (vchází do ní tlusté synapse). Barva synapsí určuje pouze znaménko váhy (červená = záporná váha, modrá = kladná váha) (KUPKA, 2008).



Obr. 92 Architektura neuronové sítě (QCExpert 3.2.)

Tloušťka čar v neuronové síti indikuje intenzitu informačního toku, umožňuje tak diagnostiku jak vhodnosti určité sítě, tak i významnost jednotlivých vstupních proměnných. Výpočet sítě probíhal přes 10 000 iterací.



Obr. 93 Relativní vliv prediktorů (QCExpert 3.2.)

Z grafu je zjevné, že nejvyšší vliv na počet vajíček v klasickém lapáku má délka chodby. Po té počet rodin lýkožrout lesklý v těsném závěsu za sekcí. Méně důležitou roli na počet vajíček v tomto hraje oblast a hustota IT (**Obr. 93**).

5.13 Shrnutí výsledků

Zjištěná střední snůška nakladená jednou samicí činila 36 vajíček. Hustota obsazení kmene se pohybovala v rozpětí 6 – 330 rodinných požerků na m^2 (**Tab.75**).

Z hlediska hustoty obsazení kmene se jednotlivé oblasti významně lišily (vícenásobné porovnání **K-W: DF = 2, N = 3701, p < 0,05**), statisticky se od sebe významně lišily i délky chodeb v jednotlivých oblastech (vícenásobné porovnání **K-W: DF = 11, N = 3701, p > 0,05**), stejně tak se lišila mezi jednotlivými oblastmi i hustota na $1m^2$ (vícenásobné porovnání **K-W: DF = 11, N = 3701, p > 0,05**).

Sekce I. - IV. se v hustotě obsazení, počtu vajíček i délek matečných chodeb vzájemně liší (vícenásobné porovnání **K-W: DF = 3, N = 3701, p > 0,05**).

Tab. 76 Základní charakteristiky souborů počtu rodin, nakladených vajíček a délek matečných chodeb podle sekcí ve studovaných oblastech.

Oblast	Sekce	Počet rodin na m^2			Nakladená vajíčka			Délka matečné chodby		
		medián	**min**	**max**	**medián**	**min**	**max**	**medián**	**min**	**max**
NPŠ	I.	70	10	287	35	22	59	79	32	115
	II.	90	11	285	33	21	68	80	42	133
	III.	70	8	238	34	22	63	82	47	135
	IV.	79	10	330	35	22	78	83	40	142
	za oblast	**84**	**8**	**330**	**34**	**21**	**78**	**80**	**32**	**142**
VLS Planá	I.	69	7	227	33	22	64	80	46	122
	II.	67	9	141	38	22	72	85	44	128
	III.	90	12	211	38	26	55	89	51	121
	IV.	84	8	196	36	21	60	80	46	135
	za oblast	**82**	**7**	**227**	**36**	**21**	**72**	**84**	**44**	**135**
VLS Lipník	I.	95	6	172	37	22	54	70	37	92
	II.	84	10	160	38	24	61	65,5	49	95
	III.	71	7	113	43	22	65	72	35	108
	IV.	76	22	138	45	21	64	71	23	96
	za oblast	**77**	**6**	**172**	**41**	**21**	**65**	**70**	**23**	**108**
Celkem		**80**	**6**	**330**	**36**	**21**	**78**	**80**	**23**	**142**

6. Diskuse

Populační dynamiku lýkožrouta smrkového ovlivňuje množství faktorů, které lze jako komplex velmi obtížně kvantifikovat. Mezi nejvýznamnější patří teplota, srážky, vítr, sníh, námraza, vitalita stromu, stanovištní a půdní poměry, imise, intra a interspecifické vztahy nebo přirození nepřátelé (ANDERBRANT a kol., 1985; ANDERBRANT, 1990; KRUGER A MILLS, 1990; WERMELINGER a SEIFERT, 1998; SKUHRAVÝ, 2002; SAUVARD, 2004; JÖNSSON a kol., 2007; RAFFA a kol., 2008).

Předkládané výsledky představují 3 701 měření souvisejících populačních parametrů lýkožrouta smrkového pocházejících z 258 klasických lapáků a 742 vzorků kůry. Svým rozsahem tento soubor mnohonásobně převyšuje základní vstupní data použitá jinými autory (BOMBOSCH, 1954; MARTÍNEK, 1956b; THALENHORST, 1958; KALANDRA, 1960; MARTÍNEK, 1961; ŠVIHRA, 1973; MILLS, 1986; ANDERBRANT, 1990). Zjištěný střední počet nakladených vajíček (36) je proti očekávání nižší a pohybuje se ve spodní části rozpětí uváděného i ostatními autory (PFEFFER, 1954; THALENHORST, 1958; ZUMR, 1995). Maximální střední hodnoty nedosahovaly 80 vajíček uváděných WERMELINGEREM (2004), avšak jednotlivé měřené snůšky tuto hranici v některých případech překračovaly. Zjištěná střední délka matečných chodeb (80 mm) byla poněkud vyšší, než uvádí HEDGREN a SCHROEDER (2004).

V názorech na počet vajíček vykladených jednou samicí panuje v odborné literatuře značná nejednotnost. V závislosti na tom, zda samice prodělala sesterské rojení, uvádí PFEFFER (1954) počet vajíček v rozmezí 20 - 100 kusů a průměrný počet stanovil na 60 vajíček. MARTÍNEK (1956b) udává maximální počet vajíček u prvního sesterského rojení ve výši 122 kusů, počet vajíček během prvního sesterského rojení je podle MARTÍNKA (1961) vždy vyšší než při prvním kladení. ANDERBRANT (1990) považuje velikost sesterské snůšky za závislou na výši prvního kladení. Podle ZUMRA (1995) klesá počet kladených vajíček s nadmořskou výškou a pohybuje se mezi 25 (1200 m.n.m.) až 83 (500 m.n.m.). WERMELINGER (2004) uvádí velikost snůšky až do 80 vajíček na samici. SKUHRAVÝ (2002) udává 50 vajíček na matečnou chodbu. THALENHORST (1958) uvádí počet nakladených vajíček bez vlivu prostorové konkurence pro první mateřskou chodbu v rozmezí 35-50 kusů, včetně sesterského přerojení lze uvažovat až o cca 90 vajíčkách.

BOMBOSCH (1954) hodnotil počet vajíček vykladených jednou samicí na 1 m^2 kůry. Zjistil, že v 1m^2 se 150 matečnými chodbami je vykladeno téměř 60 vajíček, kdežto v 1 m^2 s 950 matečných chodbách je průměrně jen necelých 30 vajíček. MART a kol. (1986) uvádí

vztah mezi délkou larválních chodeb a váhou kukly: čím je delší chodba, tím těžší je kukla. Z toho lze odvodit vliv přijaté potravy na zdravotní stav dospělce a nepřímo pak vliv hustoty požerků a larválních chodeb na jednotce plochy na kvalitu populace (SKUHRAVÝ, 2002).

Samice lýkožrouta smrkového může řešit vzrůstající kompetici o lýko časnějším opuštěním matečné chodby a založením sesterského pokolení (MARTÍNEK, 1961). S méně dlouhou dobou pobytu samice lýkožrouta smrkového v požerku a tím i kratší matečnou chodbou, souvisí i nižší počet kladených vajíček pozorovaný mnoha autory (THALENHORST, 1958; MILLS, 1986; ANDERBRANT, 1990). Těsný lineární vztah mezi délkou chodby a počtem kladených vajíček vyjádřil ANDERBRANT (1990) rovnicí $y = 0{,}53x - 1{,}5$, kde y je počet vajíček a x délka matečné chodby.

Plocha kůry, která je k dispozici jednotlivým rodinám lýkožrouta se zmenšuje se stoupající hustotou, stejně významně ubývá i počet nakladených vajíček mateřskými samicemi (THALENHORST, 1958; ANDERBRANT, 1990). K výraznému vlivu hustoty obsazení kmene na velikost vaječné snůšky dospěl i ŠVIHRA (1973). Ten udává počty průměrně nakladených vajíček podle stupňů napadení stanovených MARTINKEM (1956a). MARTÍNEK (1961) vliv hustoty na množství kladených vajíček považuje za určující pouze při velmi silném obsazení kůry (nad 4 požerky na dm^2). Výskyt takto silného napadení však pokládá dle své předchozí práce (MARTÍNEK 1956) za nepravděpodobný. Při nižší a střední hustotě požerků dle MARTÍNEK (1956), nepovažuje MARTÍNEK (1961) denzitu za určující činitel ovlivňující velikost vaječné snůšky. Již při hustotě cca 3 požerky na $1dm^2$ rozhoduje dle MARTÍNKA (1961) o počtu kladených vajíček především vhodnost substrátu k vývoji nebo extrémní klimatické vlivy, jakými jsou např. náhlé ozáření či náhlé přílišné zavlhčení. K těmto tvrzením však MARTÍNEK (1961) neposkytuje konkrétní údaje, podle kterých k takovým závěrům dospěl. Míru kladení závislou na hustotě potvrzuje i ANDERBRANT (1990).

Zachycené rozpětí hustoty obsazení kmene na hodnocených vzorcích (6 - 330 rodin na m^2) je relativně nízké. Za optimální denzitu považuje WERMELINGER (2004) zhruba 500 matečných chodeb na m^2, tzn. 250 rodin na m^2 při průměrně dvou matečných chodbách na požerek. Zaznamenaný medián počtu rodin na m^2 (78 rodin) pak jednoznačně ukazuje na vyšší četnost vzorků slabě napadených. Do kategorie nízkého stupně obsazení je nutné zařadit hodnocené údaje i při použití maximálních denzit podle MARTÍNKA (1956a).

Slabší obsazení pokusných kmenů se zřejmě odrazilo i na méně těsném vztahu mezi počtem rodinných požerků na m^2 a počtem nakladených vajíček. Díky absenci vyšších populačních hustot měla křivka spíše lineární charakter, ačkoliv lze předpokládat její

konkávní tvar. Značná rozkolísanost počtu kladených vajíček při stejné hustotě vede k úvahám o výrazné roli kvality substrátu, zejména v případě stromových lapáků. Délka matečné chodby nebyla na hustotě závislá, což není v přímém rozporu se závěry jiných autorů, jelikož tento vztah nebyl shledán v žádné z dostupných výzkumných prací příliš těsný (cf. ANDERBRANT 1990).

Pozitivní korelace mezi délkou matečné chodby a počtem nakladených vajíček vytvořená z širšího základního souboru měření nebyla tak těsná jako v případě ANDERBRANTA (1990), jehož rovnicí bylo vysvětleno 76 % variability. Mezi oběma rovnicemi je základní rozdíl v pozici absolutního členu, kdy v regresní rovnici (**Obr.88**), představuje 11,83 minimální vzdálenost v mm, která je nutná k pokladení 20 vajíček. Při použití stejných vstupních dat dává rovnice podle ANDERBRANTA (1990) poněkud vyšší počet nakladených vajíček (medián reziduí 4 vajíčka).

Vícenásobný lineární regresní model zahrnující kromě délky matečné chodby i hustotu obsazení kmene, vykazuje na základě koeficientu determinace (R^2) relativně nejlepší schopnost v predikci množství nakladených vajíček. Charakterem podobný vztah THALENHORSTA (1958), přikládá větší váhu hustotě obsazení kmene. Aplikace toho vztahu na experimentální data, při zachování THALENHORSTEM (1958) navrhovaného rozpětí hodnot koeficientu rušení 2,7 – 3,1 a zamýšlené produkce 35 – 50, vedla k nižším počtům nakladených vajíček. Model dle THALENHORSTA (1958) by při minimalizaci čtverců odchylek nabýval pro získaná data koeficientu rušení 1,3 a zamýšlené produkce 40 vajíček. Takto nízký koeficient rušení znovu ukazuje na převažující slabé obsazení kmenů zastoupených v experimentu.

Stejně jako v případě regresních analýz, lze prostřednictvím neuronové sítě pokládat za nejvýznamnější faktor ovlivňující výši vaječné snůšky "délku matečné chodby". Avšak populační hustota byla vyhodnocena jako faktor s nejmenším vlivem, což souvisí jistě s relativně nižším obsazením studovaných kmenů. Navržená neuronová síť by proto mohla dobře predikovat právě při slabých a středních populačních hustotách. Kvalitu predikce neuronové sítě by bylo vhodné ověřit na vzorku pocházejícím i z jiných oblastí. Během pokusů uskutečněných v letech 2008 a 2009 s klasickými stromovými lapáky, nebylo možné zjistit plodnost lýkožrouta smrkového v různých gradačních fázích. V roce 2008 byly vybrány lokality na základě kůrovcových těžeb z roku 2007 s rozdělením stupně na slabé, střední a silné napadení, za účelem pokrytí co nejširšího spektra populačních hustot. Avšak v důsledku nárůstu početnosti lýkožrouta smrkového takřka na všech studovaných lokalitách (s výjimkou lokality Lipník), došlo k unifikaci populačních hustot. Proto všechny pokusné plochy musely

být zařazeny do režimu se stejnou četností. Těžkosti při realizací výzkumu spočívali i v komunikaci s lesním personálem, kdy stálo velké úsilí zajistit, aby byly lapáky položeny v následujícím roce na stejných místech. Přes ujištění vedoucích provozních pracovníků docházelo také k případům, kdy lapáky určené k analýze byly vyvezeny dříve, než byly vyhodnoceny.

Dynamika populací je řízena také prostřednictvím mechanizmů záporné zpětné vazby, jako je např. vnitrodruhová konkurence. Bylo prokázáno, že počet larev klesá s rostoucí hustotou mateřských chodeb (ANDERBRANT, 1990; SCHOPF a KÖHLER, 1995). Další zápornou zpětnou vazbou může být vliv přirozených nepřátel, který se s přibývajícím časem zvyšuje (WERMELINGER, 2002).

Průběh přemnožení lýkožrouta smrkového závisí do značné míry na průběhu počasí, opakovaných přísušcích, dalších větrných polomech nebo jiných stresorech, stejně jako na dostupnosti a nízké obranyschopnosti hostitelských stromů (WERMELINGER, 2004). Riziko přemnožení proto nezávisí jen na velikosti populace, ale také na stresu způsobeném dlouho trvajícím suchem, které může představovat primární podnět pro začátek přemnožení tím, že je pro škůdce k dispozici více oslabených stromů náchylných k napadení (BERRYMAN, 1982; WORRELL, 1983). Na druhou stranu však existují studie, podle nichž mírné sucho může způsobit zvýšení odolnosti stromů proti poškození v důsledku napadení kůrovci (DUNN a LORIO, 1993).

Pokud by se měla udržet populační hustota na stejné výši i v následujícím roce, musí být mortalita 98 % populace. Jestliže se množivost lýkožrouta sníží, může to vést k pádu generace, ale jestliže se jen nepatrně zvýší, gradace prudce stoupá (SKUHRAVÝ, 2002).

GONZALEZ a kol., (1996) zjistil, že jeden plně obsazený strom obsahuje 2 000 až 10 000 brouků a (takový strom nazývá zdrojem nového pokolení), následně vypočítal, že na jednom stromě se vylíhne 35 000 až 72 000 jedinců, a to po zahrnutí mortalitních faktorů během vývoje. Ve spodní části kmene je soustředěno přibližně 15 % brouků, ve střední části 65 % a v horní části 20 %. CHRISTIANSEN (1985) a MULOCK a CHRISTANSEN (1986) uvádějí, že 150 až 200 nalétnutých samců je schopno zahubit zdravý strom. WESLIEN a REGNANDER (1990) zvýšili počet na 400 až 1000 jedinců. MARTÍNEK (1956b) z rozboru 85 kmenů zjistil, že maximální hustota napadení kmene na 1 m^2 se nejčastěji vyskytuje v rozmezí 150 až 300 závrtů. Z toho následně stanovil, že se na kmeni může vyvinout 300 000 až 400 000 brouků. WESLIEN a REGNANDER (1990) zjistili na 1m^2 průměrně 499 matečných chodeb. ZUMR (1985) na 1 m kmene nalezl 20 – 50 závrtů, což při jeho průměrném počtu 50 vajíček znamená

40 000 až 100 000 brouků v následné generaci. KALANDA (1960) zjistil na 1 m^2 756 (74 – 1 455) a 1023 (105-1 831) lýkožroutů.

Vezmeme-li v úvahu průměrný povrch kmene lapáku v NPŠ, na kterém se může lýkožrout množit, počítaný do hmoty hroubí (7 cm), pak v NPŠ měl průměrný, podložený lapák 19,93 m^2 volné plochy pro úspěšný vývoj lýkožrouta smrkového. Při mediánu 84 rodin na m^2 se může na jednom lapáku vyvinout 1 674 rodin. Při průměrném počtu 34 vajíček na rodinu, může se v ideálním případě v NPŠ vyvinout na jednom lapáku 56 920 nových jedinců lýkožrouta smrkového. Na lokalitách VLS Planá měl průměrný lapák 20,67 m^2. Medián rodin se rovnal 82. Na jednom lapáku se tedy mohlo vyvinout 1 695 rodin s průměrným počtem 36 vajíček na rodinu. Na jednou lapáku mohlo vzniknout 61 020 nových jedinců IT. Průměrný povrch kmene v lokalitách VLS Lipník byl 17,67 m^2. Při mediánu 41 vajíček a 77 rodin na m^2 se může vyvinout na jednom lapáku 55 784 nových jedinců lýkožrouta smrkového.

FLEISCHNER (1975) uvádí, že potomstvo jednoho rodičovského páru při průměrném počtu 60 vajíček má ve třetí generaci 54 000 jedinců. V přepočtu na jeden celý strom pak uvádí při předpokládaném počtu 21 000 párů, následnou generaci v počtu 1 260 000 jedinců při extrémních podmínkách bez zřetele na mortalitu. PFEFFER (1932) při gradaci lýkožrouta smrkového zjistil na metrové sekci kmene až 127 závrtů, na celém kmeni až 1945 závrtů. To představuje, při průměrném počtu 60 vajíček na samici, bez přihlédnutí k mortalitě, více než 230 000 brouků v následující generaci.

THALENHORST (in KLIMETZEK a VITÉ, 1989) studoval mortalitu lýkožrouta smrkového v různých fázích vývoje a za různých podmínek a prokázal vysokou úmrtnost v populaci. Z původního počtu vykladených vajíček přežívá pouze 7 – 22 % brouků. Vliv parazitoidů hodnotil jako velmi nízký (2 %), a to jak v latenci, tak gradaci a velký význam přikládal predátorům snižujícím populaci až o 25 %. Za nejvýznamnější mortalitní faktor považoval intraspecifickou a interspecifickou konkurenci. KARPIŃSKY (1935) zjistil mortalitu lýkožrouta smrkového během vývoje ovlivněnou různými faktory ve výši 96,32 až 98,82 %. NIEMEYER (1987a) studoval preimaginální stádia a při počtu 30 000 až 40 000 larev na stromě zjistil 50 – 75 % mortalitu.

ZUMR (1985) na modelových územích v oblasti jižních Čech nalezl v kůře a lýku o tloušťce do 3 mm 3,5 % lýkožroutů, v tloušťce od 4 do 10 mm 87,4 % a o tloušťce od 11 do 14 mm 9,1 % lýkožroutů z celkového počtu zjištěných jedinců. V Karpatech GIRIC (1975) zjistil nejvíce lýkožroutů (77,2 %) v kůře a lýku smrků o tloušťce od 3 do 6 mm. O tloušťce od 1 do 2 mm 8,7 % a o tloušťce od 7 do 11 mm 14,1 % lýkožroutů.

Vylétnutý lapák představuje potravní zdroj lýkožrouta smrkového, který byl beze zbytku využit k další populační gradaci. V místě pokácení a následnému ponechání dochází k dočasnému zániku ekologické niky a s největší pravděpodobností dojde k vytvoření kůrovcového kola. Ekologická nika bude následně obnovena v horizontu 60 - ti let za předpokladu současného trvání lesního společenstva s podílem smrku (BALEK a kol., 2010).

Naklade-li např. jeden rodičovský pár 100 vajíček, z nichž se vylíhne 100 jedinců, kteří však během roku postupně hynou, tak do následujícího roku přezimuje opět jeden rodičovský pár. Ten dá v následujícím roce opět vzniknout 100 vajíčkům a cyklus se opakuje. Jestliže místo 98 % úmrtnosti dojde jen k 96 % nebo jen k 90 % úmrtnosti během 2 – 3 let, přechází lýkožrout do gradační fáze. Až vlivem nepříznivých faktorů, jako jsou choroby, predátoři a parazité, ale také povětrnostních podmínek, dochází k prudkému pádu – retrogradaci. Po něm následuje období klidu – latence (SKUHRAVÝ, 2002).

V Oblasti NPŠ byl medián roven 84 závrtům na m^2 = 0,8 závrtům na dm^2. V oblasti VLS Planá to bylo 82 závrtů na m^2 = 0,8 závrtům na dm^2 a v oblasti VLS Lipník bylo 77 závrtů na m^2 = také 0,8 závrtům na dm^2. ČSN udává za slabý stupeň napadení 0,5 počtu závrtů na dm^2. Střední 0,5 – 1,0 závrt na dm^2. A silný stupeň napadení více jak jeden závrt na dm^2. Na všech lokalitách byl tedy střední stupeň napadení.

Při použití mediánu byl ve všech oblastech nalezen střední stupeň odchytu. Avšak ČSN dále udává, že stupeň obsazení lapáků se vyjadřuje počtem závrtů v nejhustěji napadené části kmene, zjištěné z 20 dm^2 souvislého povrchu kůry na jednom kmeni. V tomto případě byla nejvyšší početnost zjištěna v NPŠ, a to 330 závrtů na m^2, což odpovídá více jak trojnásobku silného stupně napadení. VLS Planá i VLS Lipník s max. počtem 227 a 172 závrtů na m^2 taktéž spadají do silného stupně napadení.

Lapáky jsou již dlouho používanými obranným opatřením proti lýkožroutu smrkovému, které ale v podmínkách velkoplošného a masivního přemnožení nedosahují vysoké efektivity. Důvodů je několik. V první řadě, populace dosahuje takových četností, že požadavky na vhodnost stromů u lýkožrouta klesají. Každý strom může napadnout tak velký počet brouků, že nedokáže odolat ani strom s funkčním obranným systémem. Proto lapáky nejsou v této situaci tak výrazně preferovány jako v případě nízké četnosti lýkožrouta. Jejich dalším nedostatkem je, že mají omezenou kapacitu a v konečném důsledků, je jejich použití omezeno i z hlediska časové náročnosti při přípravě, kontrole a zpracování v podmínkách velkých objemů těžeb (TURČÁNI, 2011).

Námi naměřené hustoty jsou nižší, než uvádějí autoři např. THALENHORST (1958), MARTÍNEK (1961), ŠVIHRA (1973), MILLS (1986) a ANDERBRANT (1990) Důvod lze spatřovat

v tom, že položený lapák se již nebrání a samice mohou vylučovat antiagregační feromon, aby si ubránily své území, potřebné k rozvoji všech nakladených vajíček. Na rozdíl od stojícího stromu, kde je potřeba vyšší denzita kůrovců k zničení odolnostního potenciálu stromu, pak kůrovci naopak využívají agregační feromon.

Při vysokých populačních hustotách se obsazení lapáků výrazně liší. V NPŠ, kde je situace s lýkožrouty nejvážnější, bylo obsazení kmene počtem rodin nejvyšší, avšak počet nakladených vajíček byl nejnižší. Oproti tomu ve VLS divizi Lipník nad Bečvou byla situace s lýkožrouty nejméně vážná a také zde byl počet rodin na m^2 nejnižší, ale bylo naměřeno nejvíce vajíček v jedné rodině. Pokud by se tedy zde rychle nezasáhlo proti kůrovcům, vznikla by během několika let kůrovcová kalamita. Z tohoto lze usoudit, že k zastavení šíření populace lýkožroutů, je potřeba obranná opatření provádět ve vyšším počtu než určuje ČSN 48 1000.

Jednoduchý návod na likvidaci lýkožrouta smrkového – přeměnit smrkové monokultury na smíšené lesy, nemusí mít vždy úspěch. Svědčí o tom obrovské kalamity lýkožrouta smrkového ve smrkovo-listnatých lesích středního Ruska, zatímco v čistých smrkových lesích jižní tajgy je jeho význam podstatně nižší (SKUHRAVÝ, 2002)

Smrky se proti lýkožroutu brání vylučováním pryskyřice. Za "normálních" okolností jsou lýkožrouti schopni napadat pouze uhynulé stromy. Malé zvýšení populace je vyrovnáno negativní zpětnou vazbou - nedostatkem potravy. Pokud dojde k zvýšení populace, nastoupí další efekt. Lýkožrout, který napadne strom, vylučuje feromony lákající k útoku další brouky. Jakmile bude brouků v okolí určitá hustota, dokáží nakonec zlikvidovat i původně zdravý strom. Lýkožrouti mají dostatek potravy, kladná zpětná vazba vede k jejich nárůstu. V určitý okamžik začne další růst populace regulovat opět záporná zpětná vazba - nebude se dostávat už žádných stromů (JAROŠÍK, 2005).

V NPŠ jsou stále desítky hektarů bezzásahových smrkových porostů, kde se může lýkožrout bez lidského omezení množit, proto zde v současné době nehrozí záporná zpětná vazba. Dříve nebo později budou všechny bezzásahové zóny bez smrků starších 60 – ti let.

7. Závěr

Na všech lokalitách byly zkoumány rozdíly mezi jednotlivými oblastmi, sekcemi, počtem nakladených vajíček, délkách mateřských chodeb, hustot IT na 1 m^2 a vliv počtu lýkožrouta lesklého na 1 m^2. Na všech sekcích byly tedy determinovány druhy podkorního hmyzu. U lýkožrouta smrkového byly zjišťovány počty rodin, délky matečných chodeb, počty vajíček a určeno stádium vývoje. Dále byla změřena délka lapáku, na každé sekci jeho průměr. Z každé kůry byl zaznamenán přesný počet všech rodin a u 10 z nich byly zjišťovány metrické údaje.

K analýze byly použity všechny analyzované požerky i s nižším počtem vajíček. Stanovené množství 20 vajíček je spodní hranicí rozsahu vaječné snůšky uváděnou např. PFEFFER (1954), stejné množství vajíček je považováno MILLSEM (1986) za minimální počet, u kterého lze považovat mateřský požerek za kompletní. Nižší množství vajíček může být znakem fyziologicky defektního jedince nebo neobvyklého kladení vlivem parazitace.

V práci byly shromážděny a sjednoceny aktuální literární poznatky o zjištěné populační dynamice lýkožrouta smrkového, které ovlivňují reprodukční úspěch. Tři modelové pokusné plochy byly založeny v lokalitách NPŠ, VLS Planá a VLS Lipník. Stav lýkožrouta smrkového ji i nadále nejvážnější v NPŠ. V ostatních oblastech ČR lýkožrout smrkový vážnější problémy nezpůsobuje.

Shromážděná data byla statisticky vyhodnocena pomocí software NCSS 7.1, Statistica 10 a QC Expert 3.1. K ověření normality rozdělení byl použit Shapiro-Wilkův test. Porovnání oblastí, sekcí a populačních parametrů se uskutečnilo pomocí Kruskal-Wallisova testu. Pro vybrané populační parametry byl metodou nejmenších čtverců vytvořen lineární a vícenásobný regresní model. Pro porovnání oblastí a sekcí byly použity střední hodnoty populačních parametrů příslušné sekce. Experimenty byly provedeny podle připravené metodiky za účelem získání potřebných dat pro zjišťování role kompetice na klasických lapácích. Z vykonaných analýz rozsáhlých souborů dat byly zjištěny statisticky signifikantní rozdíly mezi jednotlivými oblastmi na klasických lapácích.

Nejvyšší hustoty rodin lýkožrouta smrkového i lýkožrouta lesklého na 1 m^2 na klasických lapácích byly zjištěny v lokalitách NPŠ. Nejnižší hustoty byly naopak v lokalitách VLS Lipník. Nejvyšší vliv na počet nakladených vajíček vykladených samicí lýkožrouta smrkového má délka matečné chodby, po té množství lýkožrouta lesklého, sekce, na které byla analýzy provedena. Již méně ovlivňuje počet nakladených vajíček oblast a hustota IT.

Nejvyšší počet nakladených vajíček byl zaznamenán v lokalitách VLS Lipník a naopak nejnižší hustoty byly v lokalitách NPŠ. Nejdelší délky larválních chodeb byly naměřeny na lapácích v lokalitách VLS Planá. Jednotlivé lokality se mezi sebou statisticky lišily.

Reprodukční úspěch IT ve studovaných oblastech byl poměrně nízký. Tento stav byl zapříčiněn především nižším počtem nakladených vajíček a prostorovou konkurencí. Nicméně počet brouků, který by opustili klasické lapáky, je značný a škody, které by nastaly, pokud by se položené lapáky nepokládaly by byly mnohonásobně vyšší. Biotické faktory ovlivňující růst nebo pokles populačních hustot nejsou u IT stále přesvědčivě vysvětleny.

Přínosem práce je zjištění o některých významných faktorech plodnosti na klasických lapácích, které se pak následně mohou promítnout do doporučení pro lesní provoz, anebo prostřednictvím Lesní ochranné služby do práce státní správy v lesním hospodářství.

Výzkum v této oblasti se nedělal samoúčelně. Zahrnutí získaných výsledků do managementového procesu ovládání populací lýkožrouta smrkového se dělal pro zlepšení plánování obranných opatření s cílem optimalizace celého systému. Definování optimální síly obranných opatření a současné využití poznatků získaných studiem plodnosti na klasických lapácích může v praxi významným způsobem ovlivnit využití strategie prevence před přemnožením IT a následné minimalizaci škod v lesních.

Vzhledem k významu a rozsahu škod působených lýkožroutem smrkovým ve smrkových porostech celého euroasijského areálu je nutné včas předvídat počátek gradace, která předchází nebezpečnému přemnožení. Včasné varování umožní naplánovat a aplikovat optimální množství obranných opatření v přiměřeném množství a dostatečné účinnosti, která zabrání kalamitnímu zvyšování početnosti lýkožrouta smrkového hned při prvních náznacích přemnožení, aniž by se neúnosně zvyšovala pracnost.

Obranné opatření formou klasických lapáků dle ČSN se jeví jako nedostatečné a je potřeba buď počty lapáků na exponovaných stanovištích navýšit nebo doplnit feromonovými lapači.

Protože uvedená práce je součástí řešení projektu: „Studium a optimalizace skutečné efektivity obranných opatření proti lýkožroutu smrkovému v různých gradačních fázích“ (výzkumný projekt MZe – NAZV QH81136), získání informací o plodnosti IT na klasických lapácích je z hlediska splnění cílů projektu důležité.

8. Citovaná literatura

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

ANDERBRANT, O., SCHLYTER F., BIRGERSSON, G,. 1985. Intraspecific competition affecting parents and offspring in the bark beetle *Ips typographus*. Oikos, 45: 89-98.

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

ANONYMUS, 2008: Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky v roce 2008, Ministerstvo zemědělství Těšnov 17, 117 05 Praha 1, ISBN 978-80-7084-861-6

ANONYMUS, 2009: Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky v roce 2009, Ministerstvo zemědělství Těšnov 17, 117 05 Praha 1, ISBN 978-80-7084-861-6

ANONYMUS, 2010: Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky v roce 2010, Ministerstvo zemědělství Těšnov 17, 117 05 Praha 1, ISBN 978-80-7084-861-6

AUSTARÅ, Ø., BAKKE, A., MIDTGAARD, F., 1986: Responses in Ips typographus to logging waste odours a synthetic pheromones. Z. angew. Entomol. 101: 194-198.

BAIER, P., PENNERSTORFER J., SCHOPF A. 2007: PHENIPS – A comprehensive phenology model of *Ipstypographus* (L.) (Col. Scolytinae) as a tool for hazard rating of bark beetle infestation. ForestEcology and Management 249, 171-186.

BAIER, P., FÜHRER, E., KIRISITS, T., ROSNER, S., 2002: Defence reactions of Norway spruce against bark beetles and the associated fungus Ceratocystis polonica in secondary pure and mixed species stas. Forest Ecology a Management 159: 73-86.

BAIER, P., 1996a: Auswirkungen von Vitalitaat und Brutbaum-Qualitat der Europaischen Fichte, Picea abies, auf die Entwicklung der Borkenkafer-Art *Ips typographus (Coleoptera: Scolytidae)*. Entomol. Gener. 21: 27–35.

BAKKE, A., 1988: The recent *Ips typographus* outbreak in Norway - experiences from a control program. Holarctic Ecology, 134: 515-519.

BAKKE, A., AUSTRA, D., PETTERSEN, H., 1977: Seasonal flight aktivity a attack pattern of *Ips typographus* in Norway under epidemic conditions. Meddr. Norsk. Inst. Skogforsk., 33.6: 256-268

BALEK, J., BOUŠE, J., ČERMÁK, P., DRMOTA, L., HAMBERGEROVÁ, E., KAJŠAROVÁ, Z., KLEWAR, M., KOKOVÁ, K., LEHEČKA, J., LEITNER, L., NEHYBOVÁ, A., PEJŘIL, P., VYSLYŠEL, K., 2010: Zpráva o stavu řešení a výsledcích činnosti „Zhodnocení šíření lýkožrouta

smrkového z NP Šumava do sousedních lesních porostů ČR“. Ústav pro hospodářskou úpravu lesů, Brandýs nad Labem, p. 4-55.

BAWBILT, 2000: Bark And Wood Boring Insects in Living Trees; http://www.bio.ic.ac.uk/bawbilt/welcome.htm

BEAVER, R., 1977: Bark and ambrosia beetles in tropical forests.; BIOTROP Special Publication, 2: 133-149

BECKER, T., 1999: Zunehmender Borkenkaferbefall in zwei fichtenreichen Bannwäldern Baden-Wurttembergs. In: WULF, A., BERENDES, K. H., (Eds.), Forstschutzprobleme in Nationalparken und Naturschutzgebieten. Mitt. Biol. Bundesanst. La- Forstw., Berlin, vol. 362: 80–100.

BECKER, T., SCHROTER, H., 2000: Ausbreitung von rindenbrutenden Borkenkafern nach Sturmschaden. Allg. Forstztg., 55: 280–282.

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

BERNHARD, H., a GRUPPE, A. 2000: Are beetles caught in pheromone traps representative for a population of the bark beetle *Ips typographus* L.; Mittelungen der Deutschen Gesselschaft fuer allgemeinde und angewate Entomologie, 12: 1-6

BERRYMAN, A., 1982: Biological control, thresholds, and pest outbreaks. Environmental Entomology, 11: 544–549.

BIERMANN, G., 1977: Hibernation of Ips typographus in soil litter (*Coleoptera, Scolytiade*). Z. angel. Entomol., 84: 59 - 74

BOMBOSCH, S., DEDEK, W., 1994: Integrierter Pfl anzenschutz gegen *Ips typographus* (L.). Kombination von Pheromonen und dem systemischen Insektizid Methamidophos (IPIDEX). Z. Pfl krankh. Pfl schutz., vol. 101: s. 508-518.

BOMBOSCH, S., DEDEK, W., PAPE, J., 1992: Zum Saftstromverfahren mit IPIDEX. Allg. Forst. Z. Waldwirtsch. Umweltvorsorge, vol. 47: s. 360-362.

BOMBOSCH S. 1954. Zur Epidemiologie des Buchdruckers (*Ips typographus* L.). 239-283. In: Wellenstein, G.,: Die Große Borkenkäferkalamität in Südwestdeutschland 1944-1951. Selbstverlag der Forstschutzstelle Südwest, Ringingen: 496 s.

BONELLO, P., T. R., GORDON, D. A., HERMS, D. L., WOOD, S. L, ERBILGIN, N., 2006: Nature and ecological implications of pathogen-induced systemic resistance in conifers: A novel hypothesis. Physiol. Mol. Plant Pathol., 68: 95-104.

BOTTERWEG, P. F., 1983: The effect of attack density on size, fat content a emergence of the spruce bark beetle *Ips typographus* L. Zeitschrift für angewate Entomologie, 96: 47- 55.

BRIGHT, D. E., SKIDMORE, R. E., 1997: A Catalog of *Scolytidae a Platypodidae* (*Coleoptera*), Supplement 1 (1990–1994). NRC Research Press, Ottawa, vii + 368 pp.

BRIGHT, D. E., SKIDMORE, R. E., 2002: A Catalog of *Scolytidae a Platypodidae (Coleoptera),* Supplement 2 (1995–1999). NRC Research Press, Ottawa, viii + 523 pp.

BYERS J.A., ZHANG Q.H., SCHLYTER F. AND BIRGERSSON G. 1998: Volatiles from nonhost biích trees inhibic pheromone response in spršce bark beetles. Naturwisschaften, 85: 557-561.

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

BYERS, J. A., 2000: Wind-aided dispersal of simulated bark beetles flying through forests. Ecological Modelling, 125: 231–243.

BYERS J. A., 1996: An encounter rate model of bark beetle populations searching at raom for susceptible host trees. Ecological Modelling, 91: 57–66.

BYERS, J. A., SCHLYTER, F., BIRGERSSON, G., FRANCKE, W., 1990: E-myrcenol in *Ips duplicatus:* An aggregation pheromone component new for bark beetles. Experientia, 46: 1209-1211.

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

COELN, M., NIU, Y., FUHRER, E., 1996: Entwicklung von Fichtenborkenkafern in Abhangigkeit von thermischen Bedingungen verschiedener montaner Waldstufen *(Coleoptera: Scolytidae).* Entomol. Gener., 21: 37–54.

COLEY, P. D., BRYANT, J. P, CHAPIN, F. S., 1985: Resource availibility a plant anti-herbivore defense. Science, 230: 895-899.

DEDEK, W., PAPE, J., 1990: Umweltschonendes Abschöpfen von Borkenkäfern in der DDR. Allg. Forst. Z. Waldwirtsch. Umweltvorsorge, vol. 45: 357-359.

DIPPEL, C., HEIDGER, C., NICOLAI, V., SIMON, M., 1997: The influence of four different predators on bark beetles in European forest ecosystems (*Coleoptera: Scolytidae*). Entomol. Gener., 21: 161–175.

DOMINIK, J., STARZYK, J. R., 1989: Owady niszczace drewno. Panstwowe Wydawnictwo Rolnicze i Lesne, Warszawa, 524 pp.

DOMINIK, J., STARZYK, J. R., 2004: Owady uszkodzajace drewno. Panstwowe Wydawnictwo Rolnicze i Lesne, Warszawa, 550 pp., 200 photos.

DRUMONT, A., GONZALES, R., de WINDT, N., GREGOIRE, J. C., de PROFT, M., SEUTIN, E., 1992: Semiochemicals a the integrated management of *Ips typographus* (L.) *(Col., Scolytidae)* in Belgium. J. Appl. Entomol., 114: 333–337.

DUBBEL, V., 1993: Uberlebensrate von Fichtenborkenkafern bei maschineller Entrindung. Allg. Forst. Z. Waldwirtsch. Umweltvorsorge, 48: 359–360.

DUELLI, P., ZAHRADNÍK, P., KNÍŽEK, M., Kalinová, B., 1997: Migration in spruce bark beetles *(Ips typographus* L.*)* a the efficiency of pheromone traps. Journal of Applied Entomology, 121: 297–303.

DUNN, J. P., LORIO, P. L., 1993: Modified water regimes affect photosynthesis, xylem water potential, cambial growth, a resistance of juvenile *Pinus taeda* L. to *Dendroctonus* frontalis *(Coleoptera: Scolytidae).* Environmental Entomology, 22: 948-957.

DUTILLEUL, P., NEF, L., FRIGON, D., 2000: Assessment of site characteristics as predictors of the vulnerability of Norway spruce *(Picea abies Karst.)* stas to attack by *Ips typographus* L. *(Col., Scolytidae).* Journal of Applied Entomology, 124: 1–5.

ENGESSER, R., FORSTER, B., MEIER, F., ODERMATT, O., 2002: Waldschutzsituation 2001 in der Schweiz. Allg. Forst Z. /Wald, 57: 365–366.

ERIKSSON, M., 2007: The bark beetle *Ips typographus (*L*)* on patches of dead or dying host trees: Estimating the colonization success and the risk of consequential tree death. PhD. Thesis University of Joensuu, Finla.

ERIKSSON, M., NEUVONEN, S., ROININEN, H., 2008: *Ips typographus (*L.*)* attack on patches of felled trees „Wind-felled“ vs, cut trees and risk of subsequent mortality. For. Ecol. Manag., 255: 1336-1341.

ESCHERICH, K., 1923: Die Forstinsekten Mitteleuropas. Bd. 2: *Coleoptera,* Berlin, Paul Parey.

FACCOLI, M. a STERGULC, F., 2004: *Ips typographus (*L.*)* pheromone trapping in south Alps: spring catches determine damage thresholds. Blackwell Verlag, Berlin., 128 (4): 307–311.

FACCOLI, M., 2002: Winter mortality in sub-corticolous populations of *Ips typographus (Coleoptera, Scolytidae)* and its parazitoids in the south-eastern Alps. Anzeiger Fur Schadlingskunde-Journal of Pest Science, 75: 62-68.

FAIMAN, Z., 1996: Monitoring kůrovce prostředky dálkového průzkumu Země. Lesnická Práce, 75: 11 – 13.

FLEISCHNER A., 1975: Lýkožrouti čili korovci (Bostrychus typographus L.) v Šumavě a jejich nepřátelé. Vesmír 4:97 – 99, 111 – 114, 128 – 129.

FLOT, J. L., POIROT, J., REUTER, J. C., DEMANGE-JAOUEN, A., 2002: La sante des forets dans le nord-est, bilan 2001. Dep. santedes foretse chelon Techn. Interreg. Nord-Est. Inform. Techn., Nancy Cedex, vol. 38.

FORSSE, E., SOLBRECK, CH., 1985: Migration in the bark beetle *Ips typographus* L: durativ, timing a height of flight. Z. Angew. Ent., 100: 47 – 57.

FRANCKE, W., BARTELS, J., MEYER, H., SCHRODER, F., KOHNLE, U., BAADER, E., VITE, J. P., 1995: Semiochemicals from bark beetles: new results, remarks, a reflections. J. Chem. Ecol., 21: 1043–1063.

FUNKE, W., PETERSHAGEN, M., 1991: Zur Orientierung und zur Flugaktivitat von *Ips typographus* L. und *Trypodendron lineatut Ol. (Scolytidae).* In: WULF, A., KEHR, R., (Eds.), Borkenkafer- Gefahren nach Sturmschaden: Moglichkeiten und Grenzen einer integrierten Bekampfung. Mitt. Biol. Bundesanst. Law. Forstw., Berlin, vol., 267: 94–100.

FURUTA, K., IGUCHI, K., LAWSON, S., 1996: Seasonal difference in the abundance of the spruce beetle *(Ips typographus japonicus Niijima) (Col., Scolytidae)* within a outside forest in a bivoltine area. Journal of Applied Entomology, 120: 125–129.

GAUSS, R., 1954: Der Ameisenbuntenkäfer *Thanasimus (Clerus) formicarius Latr*. Als Borkenkäferfeind, pp. 471-429 In: G. Wellenstein, Die grossen Borkenkäferkalamität in Südwestdeutschla 1944-1951; Ringingen

GERSHENZON, N. I., GOKHBERG, M. B., 1994: On the Origin of ULF Magnetic Disturbances Prior to the Loma Prieta Earthquake. Izvestiya Russia Akademii Nauk, Physics of the Solid Earth, 2: 19-24.

GIRIC A., 1975: Osnovy biologičekoj borbi s korojedom-typografom (*Ips typographus, Coleoptera, Ipiadae).* Nakl. Vyšša škola. Lvov. 153 stran.

GONZALEZ, R., GRÉGOIRE, J. C., DRUMONT, A., DE WINDT, N., 1996: A sampling technique to estimste within-tree populations of preemergent *Ips typographus (Col., Scolytidae).* J. Appl. Ent., 120: 569-576.

GÖTHLIN, E., SCHROEDER, L. M., LINDELÖW, A., 2000: Attacks by *Ips typographus a Pityogenes chalcographus* on windthrown spruces *(Picea abies)* during the two years following a storm felling. Sca. J. For. Res., vol. 15, s. 542-549.

GRÉGOIRE, J. C., RATY L., DRUMONT, A., DE WINDT, N., 1995: Mass traping of the spruce bark beetle *Ips typographus* L.: traps or trap trees. Forest Ecology a Management, 78: 191-205

GRÉGOIRE, JC, EVANS, HF., 2004: Damage a control of BAWBILT organisms - an overview. In: LIEUTIER F, DAY KR, LANGSTROM B (eds) Bark and wood boring insects in living trees in Europe, a synthesis, Kluwer Academic Publishers, Netherlas pp. 19-37.

GRIES, G., 1985: Zur Frage der Dispersion des Buchdruckers *(Ips typographus* L.*).* Z. Ang. Entomol., 99: 12–20.

GRODZKI W. 1997. Changes in the occurence of bark beetles on Norway spruce in a forest decline area in the Sudety Mountains in Poland. In: GRÉGOIRE J. C., LIEBHOLD A. M.,

GRODZKI, W., 1997: *Pityogenes chalcographus (Coleoptera, Scolytidae)* - an indicator of man-made changes in Norway spruce stas; Biologia Bratislava, 52(2): 217-220

GRODZKI, W., MCMANUS, M., KNÍŽEK, M., MESHKOVA, V., MIHALCIUC, V., NOVOTNY, J., TURČANI, M., SLOBODYAN, Y., 2004: Occurence of spruce bark beetles in forest stas at different levels of air pollution stress. Environmental Pollution, 130: 73-83.

HEBÁK P., HUSTOPECKÝ J., JAROŠOVÁ E., PECÁKOVÁ I. 2007: Vícerozměrné statistické metody [1]. Praha, Informatorium: 253 s.

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

HERMS, D. A., MATTSON, W. J., 1992: The dilemma of plants: to grow or defend. Quarterly Review of Biology, 67: 283-335.

HEURICH, M., REINELT, A., FAHSE, L., 2001: Die Buchdruckermassenvermehrung im Nationalpark BayerischerWald. In: HEURICH, M., (Ed.), Waldentwicklung im Bergwald nach Windwurf und Borkenka¨ferbefall. Bayer. Staatsforstverwaltung Wiss. Reihe, Grafenau, vol. 14: 9–48.

HINTZE J. L. 2007. NCSS Help System. Kaysville, NCSS: 2823 s.

HLÁSNY, T., TURČÁNI, M., 2009: Insect pests as climate change driven disturbances in forest ecosystems. In: Střelcová K. a kol.,(ed.): Bioclimatology a Natural Hazards. Springer, Dordrecht: 165–176.

HOCHMUT, R., 1962: Současné světové teorie populační dynamiky hmyzu a jejich význam v ochraně lesů, Lesnictví 7/1962

HULCR, J., 2004: Interakce populací lýkožrouta smrkového *Ips typographus* L. a jeho predátorů zprostředkované semiochemikáliemi; magisterská dipl. práce, Biologická fakulta Jihočeké univerzity v Českých Budějovicích

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

HULCR, J., 2001: Přirození regulátoři lýkožrouta smrkového *(Ips typographus* L.*)* na Šumavě; bakalářská dipl. práce, Biologická fakulta Jihočeké univerzity v Českých Budějovicích.

CHARARAS, C., 1962: Étude biologiue des *scolytides* des coniferes. Paris: Le Chevalier, 556 pp.

CHRISTIANSEN, E., 1985: *Ips*/Ceratocystis – infection of Norway spurce. What is deadly dosage? Z. Angew. Ent. 99: 6-11.

CHRISTIANSEN, E., BAKKE, A., 1988: Dynamics of Forests Insect Populations (ed. by A. A. BERRYMAN). Plenum Press, New York, NY., 479–503.

CHRISTIANSEN E., WARING R.H. and BERRYMAN A. A. 1987: Resistance of conifers to bark beetle attack: searching for general relationships. For. Ecol. Manag. 22, 89–106.

JAKUŠ, R., GRODZKI, W., JEŽIK, M., JACHYM, M., 2003: Definition of spatial patterns of bark beetle *Ips typographus (L.)* outbreak spreading in Tatra Mountains (Central Europe), using GIS. In: MCMANUS, M., LIEBHOLD, A., (Eds.), Ecology, Survey a Management of Forests Insects, Proceedings of the conference, USDA Forest Service, GTR NE-311: 25-32.

JAKUŠ, R., BLAŽENEC, M., 2002: Influence of proportion of (4S)-cisverbenol in pheromone bait on *Ips typographus (Col., Scolytidae)* catch in pheromone trap barrier and in single traps. J. Appl. Entomol., vol. 126, s. 306-311.

JAKUŠ, R., 1998b: Types of bark beetle *(Coleoptera: Scolytidae)* infestation in spruce forest stas affected by air pollution, bark beetle outbreak a honey fungus (*Armillaria mellea*). Anz. Schadl. kd. Pflanzenschutz Umweltschutz, 71, 41–49.

JAROŠÍK, V., 2005: Růst a regulace populací, Academia, Praha 2005.

JORDAL, B. H., Normark, B. B., Farrell, B. D., 2000: Evolutionary radiation of an inbreeding haplodiploid beetle lineage *(Curculionidae, Scolytinae).* Biological Journal of the Linnean Society, 71: 483-499.

KALANDRA A., 1960. Příspěvek ke grafologii kůrovce smrkového *Ips typographus* L. Lesnictví, 33: 345-364.

KALINA, T., 1970: Corconiochrysis noetivaga gen. Et sp. N. *(Chrysophyoeae).* – Preslia, Praha, 42: 297 – 302.

KANGAS, E., 1952: Über die Brutstättenwahl von Dendroctonus micans Kug. *(Col., Scolytidae)* auf Fichten. Ann. Ent. Fenn., 18: 154 - 170.

KARPIŃSKY, J. J., 1935: Przyczyny organiczajace rozmnazanie sie kornikov drukarzy *(Ips typographus* L. *a Ips duplicatus* Sahlb.*)* w lese pierwotnym. IBL Warszawa, Rozprawy a sprawozdanie, Nr. 15: 86 s.

KLAPÁLEK, F., 1908: Ze života hmyzu. Nakladatelství I.L Kober, Praha str. 361-363.

KLIMECZEK, D., VITTÉ, J. P., 1989: Tierische Schadlinge. Pp. 40 -133. In: Dchmidt – Vogt H. (ed.): Die Fichte. Ba II/2. Krankheiten, Schaden, Fichtens terben. Hamburg und Berlin: P. Parey, 608 pp.

KNÍŽEK M., LIŠKA J., MODLINGER R., 2012. Mass outbreak of Ips typographus (Coleoptera, Curculionidae: Scolytinae) in Šumava National Park. In: DELB, H., and PONTUALI, S. (eds.): Biotic Risks and Climate Change in Forests. Proceedings of the Working Party 7.03.10

Methodology of Forest Insect and Disease Survey in Central Europe, 10th Workshop. Freiburg, Germany September 20th-23rd 2010, 198 s. - Berichte Freiburger Forstliche Forschung Heft 89, FVA: 75-79.

KNÍŽEK, M., BEAVER, R., 2004: Taxonomy a systematics of bark a ambrosia beetles. In Lieutier F., Daz K. R., Battisti A., Grégoire J.-C., Evans H. F. (eds) Bark a Wood Boring Insects in Living Trees in Europe, a S ynthesis. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Boston, London, p. 41-54.

KNÍŽEK, M., 2004a: Fauna Europaea: *Scolytinae.* In Alonso – Zarazaga M. A. (ed.) Fauna Europaea: Curculionidae. Fauna Europaea version 1.1, http://www.faunaeur.org.

KOLK, A., STARZYK, J. R., 1996: The Atlas of Forest Insect Pests: Monochamus sartor. Translation by Dr L. Sukovata a information available through the University of Georgia at (Accessed 23/11/2007).

KOMÁREK, J., 1925: Studie o kůrovci smrkovém *(Ips typographus)* [A study on spruce bark beetle (*Ips typographus*)]. Lesnická práce, 4 (zvláštní otisk), 10 pp. (in Czech).

KRÄMER, G. D., 1953: Die kritischen Grenzen der Brutbaumdisposition für Borkenkäferbefall an Fichte (*Picea excelsa* L.). Z. ang. Ent., 34: 463-512.

KREJČÍ, F., 2000: Posouzení lesního hospodářství NP Šumava v letech 1991-1999 - Park servis Šumava, s. r. o.; Lesnická práce 79 (12): 555

KREUTZ, J., 2001: Möglichkeiten einer biologischen Bekämpfung des Buchdruckers, *Ips typographus* L. *(Col., Scolytidae),* mit insektenpathogenen Pilzen in Kombination mit Pheromonfallen. Dissertation Naturwiss.-techn. Fakultät III, Universität des Saarlaes, Saarbrücken.

KŘÍSTEK, J., 2002: Ochrana lesů a přírodního prostředí. Písek: Matice lesnická. 386 s. ISBN 80-86271-08-0.

KŘÍSTEK, J., 1995: Škůdce primární [Primary pest], p. 415. In: Lesnický naučný slovník, Ministerstvo zemědělství, Praha, 683 pp.

KUDELA, M., 1946: Hmyzové kalamity v ČSR na jehličnatých dřevinách v letech 1918 – 1945. Sborník ČSAZ, 19: 330 -340.

KUDELA, M., 1980: Vliv kalamit na stav lesů v minulosti. Památ. A Přír. 5: 228 – 233.

KUHN, W., 1949: Das Massenauftreten des achtzahnigen Fichtenborkenkafers *Ips typographus* L. nach Untersuchungen in schweizerischen Waldungen 1946 bis 1949. Mitt. Schweiiz. Anst. Forstl. Versuchswessen, 26: 245 – 330.

KULA, E., ZABECKI, W., 1997a: Blesk a kůrovcová ohniska. Lesnická Práce, 7: 254-255.

KULA, E., ZABECKI, W., 1997b: Lightning-stroken areas as the centres of bark-beetle-infested patches within spruce stas. Sylwan, CXLI (8): 89-97.

KULA, E., ZABECKI, W., 1999a: Kambioxylofágní fauna smrků stresovaných václavkou a kořenovníkem vrstevnatým. J. FOR. SCI., 45(10): 457-466.

KULA, E., ZABECKI, W., 1999b: Nika kambioxylofágů na smrcích stresovaných kořenovými houbovými patogeny. J. FOR. SCI., 45 (8): 348-357.

KULA, E., 2004: Význam kambioxylofágní fauny smrku v oblasti s dlouhodobým základním stavem lýkožrouta smrkového, Výzkumný úkol NAZV-46001.

KULA, E., ZABECKI, W., 2007: Vliv porostních a stanovištních faktorů na kambioxylofágní faunu smrku, Výzkumný úkol NAZV-46001.

KUNCA, A., ZÚBRIK, M., 2006: Vetrová kalamita z 19. novembra 2004 [Windstorm damage from November 19, 2004]. Národné lesnícke centrum, Zvolen, 40 pp.

KUPKA, K., 2011: Vícerozměrná analýza a prediktivní metody, TriloByte Statistical Software 2011, Pardubice, str. 77.

KUPKA K., 2010: QCExpert, ADSTAT – Uživatelský manuál, verze 3.2. Staré Hradiště, Trilobyte: 310 s.

KUPKA, K., 2008: Uživatelský manuál *QC.Expert*™, TriloByte Statistical Software 2008, Pardubice, str. 166.

LANGE, H., ØKLAND, B., KROKENE, P., 2006: Thresholds in the life cycle of the spruce bark beetle underclimate change, Interjournal for Complex Systems, 1648.

LANIER, G. N., 1972: Biosystematics of the genus *Ips (Coleoptera: Scolytidae)* in North America. Hopping's groups IV a X. Canadian Entomologist 104: 361-388.

LAWSON, S. A., FURUTA, K., KATAGIRI, K., 1996: The effect of host tree on the natural enemy complex of *Ips typographus japonicus Niijima (Col., Scolytidae)* in Hokkaido, Japan. J. Appl. Entomol., 120: 77–86.

LEXER, M. J., 1995: Beziehungen zwischen der Anfalligkeit von Fichtenbestaen *(Picea abies* (L.) Karst.*)* fu r Borkenkaferscha- den und Staorts- und Bestaesmerkmalen unter besonderer Berucksichtigung der Wasserversorgung. Dissertation Universitat fur Bodenkultur, Wien.

LEXER, M. J., 1997: Risikoanalyse und Ableitung waldbaulicher Massnahmen zur Beeinflussung des Borkenkaferrisikos in Fichtenbestaen. FBVA (Forstl. Bundesvers.anst.). Berichte, 95: 79–89.

LIE, R., BAKKE A., 1981: Practical results from the mass-trapping of *Ips typographus* in Scainavia, pp. 175-183 In: Mitchell E. R., Management of Insect Pests with Semiochemicals - Concepts a Practice; PlenumPress, New York.

LIEUTIER F., BRINNOAS F., SAUVARD D., GALET C., YART A., BRUNET M., CHRISTIANSEN E., SOLHEIN H., BERRYMAN A., 1997: Phenolie compounds as predictors of Norway spurce resistence to bark beetles. USDA, Forest Service. General Technical Report, NE 236: 215 – 2163.

LIEUTIER F., 2002: Mechanisms of resistance in conifers a bark beetle attack strategies. In: WAGNER, M. R., CLANCY, K. M., LIEUTIER, F., PAINE, T. D. (Eds.), Mechanisms a Deployment of Resistance in Trees to Insects, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, pp. 31–77.

LINDELÖW, A., SCHROEDER M., 2000: Overvaking av Grambarkborre *(Ips tapographus)* Med Feromonfallor ag Betade Trad 1995-200. Prelimiar Rapport. Swedish University of Agriculture, Uppsala, Sweden.

LINDELÖW, A., SCHROEDER, M., 2001: Spruce bark beetle, *Ips typographus (*L.*),* in Sweden: monitoring a risk assessment. J. For. Sci. 47, 40–42.

LIŠKA, J., KNÍŽEK, M., 2010: Škodliví činitelé v lesích Česka 2009/2010. Sborník referátů z celostátního semináře, Průhonice 13. 4. 2010. VÚLHM, v.v.i., Jíloviště-Strnady, p xx

LOBINGER, G., SKATULLA, U., 1996: Untersuchungen zum Einfluss von Sonnenlicht auf das Schwärmverhalten von Borkenkäfern. Anz. Schädl. kd. Pflanzenschutz Umweltschutz., 69: 183-185.

LOBINGER, G., 1996: Variations in sex ratio during an outbreak of *Ips typographus (Coleoptera, Scolytiadae)* in Southern Bavaria. Anz. Schadl. – Kde, Pfl – Umweltschutz, 69: 51 – 53.

LOBINGER, G., 1995: Einsatzmöglichkeiten von Borkenkäferfallen. Allg. Forst. Z. Waldwirtsch. Umweltvorsorge, 1995, vol. 50: s. 198-201.

LUBOJACKÝ, J., 2012: Škodliví činitelé v lesích Česka 2010/2011. Sborník referátů z celostátního semináře, Průhonice 13. 4. 2010. VÚLHM, v.v.i., Jíloviště-Strnady, p xx

LUŠTINEC, J., ŽÁRSKÝ, V., 2003: Úvod do fyziologie vyšších rostlin. Karolinum, Praha, 262 pp.

MALKOVSKÝ, Z. 2005: Možnosti použití šetrných těžebních technologií v lesích zvláštního určení, např. v Šumavském národním parku, Disertační práce, Praha, 2005, 30-31.

MART C.M., DE JONG & GRIJPMA P., 1986: Competition betwen larvae of Ips typographus. *Ent. Exp. Appl*. 41: 121 – 133.

MARTIKAINEN, P., SIITONEN, J., KAILA, L., PUNTTILA, P., RAUH, J., 1999: Bark beetles (*Coleoptera, Scolytidae)* a associated beetle species in mature managed a old-growth boreal forests in southern Finla. Forest Ecology a Management, 116: 233-245.

MARTÍNEK V. 1956a. Číselné vyjádření hustoty náletu kůrovce *Ips typographus* L. na kmenech při přemnožení. Lesnictví, 29: 411-425.

MARTÍNEK V. 1956b. Příspěvek k osvětlení problému sesterského pokolení u kůrovce *Ips typographus* L. Lesnictví, 29: 615-643.

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

MASLOV, A.D., 2002: Massovye razmnozheniya koroeda tipografa: khronika i osnovnye zakonomernosti. Proc. Moscow State For. Univ. (in print)

MELOUN M., MILITKÝ J. 2004. Statistická analýza experimentálních dat. Praha, Academia: 953 s.

MILLS, N. J., 1994: Parazitoid guilds: Defining the structure of the parazitoid communities of Endopterygote insect hosts. Environmental Entomology, 23: 83-1066.

MILLS, N. J., KRUGER, K., SCHLUP, J., 1991: Short-range host location mechanisms of bark beetle parazitoids. J. Appl. Entomol., 111: 33–43.

MILLS N. J. 1986. A preliminary analysis of the dynamics of within tree population of Ips typographus (L.) (Coleoptera:Scolytidae). Journal of Applied Entomology, 102: 402-416.

MODLINGER, R., HOLUŠA J., LIŠKA J., KNÍŽEK M., 2009: Population of spruce bark beetle *Ips typographus (*L.*)* in the Žofínský Prales nature reserve (Novohradské Hory Mts., Czech Republic), Silva Gabreta vol. 15 (2) p. 143–154.

MODLINGER, R., 2012: Predikce výskytu lesních škodlivých činitelů pomocí vícerozměrných statistických metod, Závěrečná práce, Licenční studium Archimedes. Pardubice, pp 8-17.

MRKVA, R., 1997: Management chráněných území z hlediska ochrany lesa. Pp. 19 – 23. In: Sborník referátů celostátní konference „Kůrovcová kalamita: příčiny, rozsah, ochrana“, Brno, 17 února 1994: Vysoká škola zemědělská, 188 pp.

MULOCK, P., CHRISTIANSEN, E., 1986: The treshold of sucessful attack by *Ips typographus* on *Picea abies*: a field experiment. Forest Ecol, Mgmt., 14: 125-132.

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. Holla, Amsterdam, pp 147-158.

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

NEMEC, V., ZUMR, V., STARY, P., 1993: Studies on the nutritional state and the response to aggregation pheromones in the bark beetle, *Ips typographus (*L.*) (Col., Scolytidae).* J. Appl. Entomol., 116: 358–363.

NICOLAI, V., 1995: Bark beetles a their natural enemies at lowla stas of beech forests a of spruce forests in Central Europe, Zool. Beitr. 37 (1996), pp. 135–156.

NIEMEYER, H., 1987a: Erfanrungen mit der Bekämtung rindenbrutender Boorkenkäfer. *Alg. Fortstzg*. 98: 29 – 31.

NIEMEYER, H., ACKERMANN, J., WATZEK, G., 1995: Eine ungestörte Massenvermehrung des Buchdruckers *(Ips typographus)* im Hochharz. Forst Holz, 50: 239–243.

NIHOUL, P., NEF, L., 1992: Caracteristiques anatomiques de l'ecorce de l'epicea commun Picea abies Karst. et intensite des attaques *Ips typographus* L. *(Col., Scolytidae).* J. Appl. Entomol., 114: 26–31.

NOVÁK, V., MARTÍNEK, V., 1953: Zimování kůrovce. Lesnická práce, 32: 28 – 33.

NUNBERG, M., 1954: Klucze do oznaczania owadov Polski. XIX. Coleoptera – Scolytidae, Platypodidae: Warszawa: 1 – 106.

NUORTEVA, M. K, NUORTEVA, P., 1968: The infestation of timber by bark Beatles *(Col., Scolytiade)* and thein enemines in different zones of the Finnish south – western archipelago. Ann. Ent. Fenn., 34: 56 – 65.

ØKLAND, B., BERRYMAN, A., 2004: Resource dynamic plays a key role in regional fluctuations of the spruce bark beetles *Ips typographus*. Agric. For. Entomol., 6: 141–146.

ØKLAND, B., BJØRNSTAD, O. N., 2003: Synchrony a geographical variation of the spruce bark beetle *(Ips typographus)* during a non-epidemic period. Popul. Ecol., 45: 213–219.

ØKLAND, B., BAKKE, A., Hagvar, S. and Kvamme, T., 1996: What Factors Influence the Diversity of Saproxylic Beetles? A Multiscaled Study From a Spruce Forest in Southern Norway; Biodiversity a Conservation, 5(1): 75-100

PAINE, T. D., RAFFA, K. F., HARRINGTON, T. C., 1997: Interactions Among Scolytid Bark Beetles, Their Associated Fungi, and Live Host Conifers. Annual Review of Entomology, 42: 179-206.

PELTONEN, M., 1999: Windthrow a dead-staing trees as bark beetle breeding material at forest-clearcut edge. Scainavian Journal of Forest Research, 14 505–511.

PFEFFER, A., KNÍŽEK, M., 1996: *Coleoptera:* Curculionoidea 2 (*Scolytidae a Platypodidae*). In ROZKOŠNÝ R., VAŇHARA J. (eds) Terrestrial invertebrates of the Pálava biosphere reserve of UNESCO, II. Folia Facultatis Scientiarium Naturalium Universitatis Masarykianae Brunensis, Biologia, 94: 601-607.

PFEFFER, A., 1995: Zentral – und westpalaarktische Borken – und Kern kafer. Basel: Pro Entomologica, 310 pp.

PFEFFER, A., KNÍŽEK, M., 1989: Problematika kůrovců introdukovaných do Evropy. Lesnická Práce, 68: 311-312.

PFEFFER, A., KNÍŽEK, M., 1993: *Scolytidae.* In Jelínek J. (ed.). Check-list of Czechoslovak Insects IV (*Coleoptera*). Folia Heyrovskyana, Supplementum I, p. 153-158.

PFEFFER, A., 1955: Fauna ČSR. Kůrovci – *Scolytoidae.* Nakl. ČSAV. Praha 324 stran.

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

POSTNER, M., 1974: *Scolytiade (=Ipiadae*) – Borkenkafer. Pp. 334 – 482. In: Schvenke W. (ed.): Die Forstschaddlinge Europas. 2. Teil: KAfer. Hamburg, Berlin: P. Parey, viii + 500 pp.

PRICE P. W., 1975: Insect ecology. New York, Wiley a Sons.

RAFFA K.F., AUKEMA B.H., BENTZ B.J., CARROLL A.L, HICKE J.A., TURNER M.G. and ROMME W.H. 2008: Cross-scale drivers of natural disturbances prone to anthropogenic amplification: the dynamics of bark beetle eruptions. Bioscience, 58: 501-517.

RAFFA, K. F., BERRYMAN, A. A., 1983: The role of host plant resistance in the colonization behavior and ecology of bark beetles (*Coleoptera: Scolytidae*). Ecol. Monog., 53: 27-49.

RATY, L., DRUMONT, A., DE WINDT, N., GREGOIRE, J. - C., 1995.: Mass trapping of the spruce bark beetle *Ips typographus* L.: traps or trap trees? For. Ecol. Manag., 78: 191–205.

REDDEMANN, J., SCHOPF, R., 1996: Zur Bedeutung von Monoterpenen bei der Aggregation des Buchdruckers *Ips typographus (Coleoptera: Scolytidae: Ipinae).* Entomol. Gen., 21: 69–80.

ROHDE, M., WALDMANN, R., LUNDERSTADT, J., 1996: Induced defence reaction in the phloem of spruce (*Picea abies*) a larch (*Larix decidua*) after attack by *Ips typographus and Ips cembrae*. For. Ecol. Manag., 86, 51–59.

RUDINSKY, J. A., NOVÁK, V., ŠVIHRA, P., 1971: Attraction of the bark beetle *Ips typographus* L. to terpenes and male produced pheromone. Z. Angew Entomol., 67: 179-188.

SCHEDL, K. E., 1936: Die Bekämpfung der Fichtenborkenkäfer und Erfahrungen aus der Sturmkatastrophe im Regierungsbezirk Wiesbaden. Mitt. Forstwitsch u. Forstwiss., 7: 521-557.

SCHLYTER, F., LUNDGREN, U., 1993: Distribution of bark beetle a its predátor within a outsider old growth forest reserve: no increase of hazard Nera reserves. Sca. J. For. Res., 8: 246 – 256.

SCHLYTER, F., BIRGERSSON, G., and LEUFVÉN, A., 1989: Inhibition of attraction to aggregation pheromone by verbenone a ipsenol. Journal of Chemical Ecology, 15: 2263-2277.

SCHLYTER, F., BIRERSSON, G., BYERS, J. A., LOFQVIST, J., and BERGSTROM, G., 1987a: Field response of spruce bark beetle, *Ips typographus*, to aggregation pheromone caidates. Journal of Chemical Ecology, 13: 701-716.

SCHOPF, R., KÖHLER U., 1995: Untersuchungen zur Populationsdynamik der Fichtenborkenkäfer im Nationalpark Bayerischer Wald. Nationalpark Bayerischer Wald - 25 Jahre auf dem Weg zum Naturwald. Nationalparkverwaltung Bayerischer Wald, Neuschönau, 88–110.

SCHRÖTER, H., 1999: Ausbreitung des Borkenkäferbefalls in Bannwäldern Baden-Wurttembergs, 1999. In: WULF, A., BERENDES, K.H., (Eds.), Forstschutzprobleme in Nationalparken.

SKUHRAVÝ, V., 2002: Lýkožrout smrkový (*Ips typographus* L.) a jeho kalamity (Der Buchdrucker und ihre seine Kalamitäten). Agrospoj, Praha, 196 s.

STRÁSKÝ, J., 2012: NÁRODNÍ PARK ŠUMAVA – produkt, nebo oběť doby? 1. Vydání. Fortuna 2012, 42 pp.

STEPHEN F. M., DAY K. R., Salom S. M. (eds.): Integrating cultural tactics into the management of bark beetle and reforestation pest. Proceedings Vallombrosa, Italy, 1. -3. Sep 1996, 236 s. - USDA Forest Service General Technical Report, NE: 105-111.

ŠÍMA J., NERUDA R. 1996: Teoretické otázky neuronových sítí. Praha, Matfyzpress: 390 s.

ŠVESTKA, M., HOCHMUT, R., Jančařík, V., 1996: Praktické metody v ochraně lesa. 1. vyd., Kostelec nad Černými lesy: Lesnická práce, 1996. 309 pp. ISBN 80-902033-1-0.

ŠVIHRA, P., 1973: K populačnej dynamike lýkožrúta smrekového *Ips typographus* L. v oblasti Horehronia. Vedecké práce VÚLH Zvolen: 229-258.

STANOVSKÝ, J., 2002: The infl uence of climatic factors on the health condition of forests in the Silesian Lowland. J. For. Sci., 48: 451–458.

THALENHORST, W., 1958: Grundzüge der Populationsdynamik des großen Fichtenborkenkäfers *Ips typographus* L. Schriftenr. Forstl. Fak. Univ. Göttingen 21, 126 s.

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 (5).

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., ČAPEK, M., 2000: The results of study of parazitoids a insect predators of bark beetles in native Scotch pine (*Pinus sylvestris* L.) stas in Slovensky raj Mts. Forestry Journal, 46: 92-381.

TURČÁNI, M., VAKULA, J., HLÁSNY, T., 2006: Analýza populácií podkôrnych škodcov na Kysuciach, prognóza ďalšieho vývoja a rámcový návrh opatrení [The analysis of under bark pests in the Kysuce district, forecast of future development a management]. In: Aktuálne problémy v ochrane lesa 2006. Lesnícky výzkumný ústav, Zvolen, pp. 84–93.

TURČÁNI, M., VAKULA, J., 2008: The influence of irradiation on the behaviour a reproduction success of eight toothed bark beetle (*Ips typographus* L., 1758). Journal of Forest Research. Volume 53, No. 10, s. 31-37.

TURČÁNI, M., HOLUŠA, J, KALINOVÁ, B., HLÁSNY, T., ČÍŽKOVÁ, D., ŠRŮTKA, P., NAKLÁDAL, O., MARUŠÁK, R., MODLINGER, R., MATOUŠEK, P., MAŠÁNKOVÁ, K., KOVÁŘOVÁ, I., ZAJÍČKOVÁ, L., PŮŽA, V., ZAHRADNÍK, P., 2008: Studium a optimalizace skutečné efektivity obranných opatření proti lýkožroutu smrkovému v různých gradačních fázích, Periodická zpráva za rok 2008, Praha, XII/2008 Výzkumný projekt NAZV- QH81136.

TURČÁNI, M., HOLUŠA, J, KALINOVÁ, B., HLÁSNY, T., NAKLÁDAL, O., MODLINGER, R., MATOUŠEK, P., MAŠÁNKOVÁ, K., ZAJÍČKOVÁ, L., KOVÁŘOVÁ, I., NÁDRASKÁ, M., KRUPA, M., LUKÁŠOVÁ, K., LUBOJACKÝ, J., PŮŽA, V., ZAHRADNÍK, P., 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.

TURČÁNI, M., 2011: Management lesa v souvislosti s gradací populace lýkožrouta smrkového na příkladu Šumavy. - infodatasys.cz, Praha, 3 p.

TURCHIN, P., TAYLO,r A. D., and REEVE, J. D., 1999: Dynamical Role of Predators in Population Cycles of a Forest Insect: an Experimental Test; Science 285(5430): 1068-1071

VAUPEL, O., ZIMMERMANN, G., 1996: Orientierende Versuche zur Kombination von Pheromonfallen mit dem Insektenpathogenen Pilz Beauveria bassiana (BALS.) VUILL. gegen die Borkenkäferart *Ips typographus* L. *(Col., Scolytidae).* Anz. Schädlkd. Pfl anzenschutz Umweltschutz, vol. 69, s. 175-179.

VINŠ, B., 1999: Ochrana přírody a péče o les v Národním parku Šumava. Praha: Ministerstvo životního prostředí, 56 pp.

WATT, A. D., STORK, N. E., HUNTER, M. D., 1997: Forest a Insects; Chapman a Hall, London

WEGENSTEINER, R., WEISER, J., 1996: Occurrence of Chytridiopsis typographi (Microspora, Chytridiopsida) in *Ips typographus* L. *(Col., Scolytidae)* field population a in a laboratory stock, J. Appl. Entomol., 120: 595-602.

WEISSBACHER, A., 1999: Borkenkafer im Nationalpark Bayerischer Wald. LWF-aktuell Nr. 19, 13–17.

WERMELINGER, B., 2004: Ecology a management of the spruce bark beetle *Ips typographus* – a review of recent research. For. Ecol. Management, 202: 67-82.

WERMELINGER, B, SEIFERT, M., 1998: Analysis of the temperature dependent development of spruce bark beetle *Ips typographus L.* (*Coleoptera, Scolitidae*). J. Appl. Ent., 122: 185-191.

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

WERNER, R. A., HASTINGS, F. L., and AVERILL, R., 1983: Laboratory a field evaluation of insecticides against the spruce bark beetle (*Coleoptera, Scolytidae*) a parazites a predators in Alaska; 76, 1144-1147; Journal of Economical Entomology, 76: 1144-1147.

WESLIEN, J., SCHROEDER, L. M., 1999: Population levels of bark beetles and associated insects in managed a unmanaged spruce stas. Forest Ecology a Management, 115: 267-275.

WESLIEN J. 1994: Interactions within and between species at different densities of the bark beetle Ips typographus and its predátor Thanasimus formicarius. Entomol. Exp. Appl., 71: 133-143.

WESLIEN, J., 1992: Monitoring *Ips typographus (*L.*)* populations a forecasting damage. J. Appl. Entom., 114: 338–340.

WESLIEN, J., LINDELÖW, Å., 1990: Recapture of marked spruce bark beetles *(Ips typographus)* in pheromone traps using area-wide mass trapping. Can. J. For. Res., 20: 1786-1790.

WESLIEN, J., ANNILA, E., BAKKE, A., BEJER, B., EIDMANN, H. H., NARVESTAD, K., NIKULA, A., RAVN, H. P., 1989: Estimating risks for the spruce bark beetle *(Ips typographus (*L.*))* damage using pheromone-baited traps a trees. Sca. J. For. Res., 4: 87–98.

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 a Management, 148: 31–39.

WOOD, S. L., 2007: Bark and ambrosia beetles of South America (*Coleoptera, Scolytidae*). Brigham Young University, Provo, Utah, 900 pp.

WOOD, S. L., BRIGHT, D. E., 1992: A Catalog of *Scolytidae and Platypodidae (Coleoptera)*, Part 2: Taxonomic Index. Great Basin Naturalist Memoirs (13). Brigham Young University, Provo, Utah, 1553 pp.

WOOD, D. L., 1982: The role of pheromones, kairomones and allomones in the host selection a colonization behaviour of bark Beatles. Ann Rev. Entomol., 27: 411 – 446.

WORRELL, R., 1983: Damage by the spruce bark beetle in south Norway 1970 - 80: a survey, and factors affecting its occurrence. Medd Norsk Inst Skogforsk, 38: 1–34.

ZAHRADNÍK, P., 2012: NÁRODNÍ PARK ŠUMAVA – produkt, nebo oběť doby? 1. Vydání. Fortuna 2012, 47 pp.

ZAHRADNÍK, P., KNÍŽEK, M., 2000: Lýkožrout smrkový – *Ips typographus* (L.), Lesnická práce, 10: 8 pp.

ZAHRADNÍK, P., 2006a: Základy ochrany lesa v praxi. 2. vydání. Lesnická Práce, Kostelec n. Č. L., 128 pp.

ZAHRADNÍK, P., 2006b: Aplikace přípravků na ochranu lesa. 2. vydání. Lesnická Práce, Kostelec n. Č. L., 76 pp.

ZAHRADNÍK, P., LIŠKA, J., ŽDÁREK, J., 1993: Feromony hmyzu v ochraně lesa. Praha: Ministerstov zemědělství, 56 pp.

ZACH, P., KRŠIAK, B., KULFAN, J., 2008: Vetrové kalamity v smrekových lesoch a premnoženia lýkožrúta smrekového *Ips typographus L.* [Windthrow disturbance in Norway spruce forest a Ips typographus outbreaks]. Ústav ekologie lesa SAV (E-ekológia lesa, odborné ekologické publikácie, 2) http://www.savzv.sk.

ZATLOUKAL, V., 2002: Background Material for the Visit of an IUCN Mission to the Šumava National Park.

ZHANG, Q. H., SCHLYTER, F., AERSON, P. 1999: Green leaf volatiles interrupt pheromone response of spruce bark beetle *Ips typographus*. Journal of Chemical Ecology 25: 2847–2861.

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

ZUMR V. 1982a: Hibernation of spurce bark beetla, Ips typographus (Coleoptera, Scolytidae) in soil littre in natural and cultivated Picea – stands. Acta Ent.. Bohemoslov- 79: 101 – 166.

ZUMR V. 1982b: Podklady pro prognózu rojení hlavních druhů kůrovců (Celeoptery, Scolytidae) na smrku ztepilém (Picea excelsa L.). Sborn. ČSAZV, LEsnictví 28: 941 – 960.

ZUMR V. 1983: Letová aktivita lýkožrouta smrkového Ips typographus (L.) v otevřené krajině. Lesnictví 36: 441 – 450.

ZUMR V. 1992: Dispersal of the spruce bark beetle *Ips typographus* (L.)(Col., Scolytidae) in spruce woods. Journal of Applied Entomology 114, 348-352.

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

SOFTWAROVÉ NOVINY 6/98: noviny o počítačích pro každého. Slušovice:agrokombinát 1992-2005. ISSN 1210-8472

VYHLÁŠKA č.395/1992 Sb., kterou se provádějí některá ustanovení zákona České národní rady č.114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny.

ČSN 48 1000: Ochrana lesa proti kůrovcům na smrku. Český normalizační institut, Praha, vydáno 1.3.2005, 8 pp.

Internetové odkazy:

http://www.wetteronline.de/

http://gnosis9.net/view.php?cisloclanku=2007010010

http://www.climips.cz

http://www.npsumava.cz/download.php?dkategorie=700

http://www.mezistromy.cz/cz/les/les-jako-ekosystem/prirodni-podminky-v-cr

http://portal.chmi.cz

http://www.vojujezdlibava.cz/vismo/dokumenty2.asp?u=9342&id_org=9342&id=3381

http://lsd.spsejecna.net/web/beranek/I3B/Du%C5%A1ekJakub_Neuronov%C3%A9%20s%C3%ADt%C4%9B.pdf

9. Seznam obrázků

OBR. 1 PRŮBĚH KALAMIT IT V EVROPĚ OD ROKU 1900 DO 1950 (SKUHRAVÝ 2002) 23
OBR. 2 PRŮBĚH KALAMIT IT V EVROPĚ OD ROKU 1950 DO 2000 (SKUHRAVÝ 2002) 23
OBR. 3 MODELOVÉ ZNÁZORNĚNÍ GRADACE V PRŮBĚHU GRADAČNÍHO CYKLU KŮROVCE PŘI NOVĚ VZNIKAJÍCÍ GRADACI A SUMA NAPADENÍ DŘEVNÍ HMOTY V TIS. M^3 (TURČÁNI A KOL., 2009). 27
OBR. 4 SROVNÁNÍ PRŮMĚRNÉHO ODCHYTU DO FEROMONOVÝCH LAPAČŮ (OS X) S PRŮMĚRNÝM NAPADENÍM KLASICKÝCH LAPÁKŮ NA STEJNÝCH LOKALITÁCH VE FÁZI MALÉ MÍRY MIGRACE (N = 49, CC = 0.56**), (TURČÁNI A KOL., 2009). 28
OBR. 5 CELKOVÉ POČTY ANALYZOVANÝCH STROMŮ 56
OBR. 6 EVIDOVANÉ KŮROVCOVÉ DŘÍVÍ VE SMRKOVÝCH POROSTECH (ZELENÁ ZPRÁVA 2008) 57
OBR. 7 EVIDOVANÉ KŮROVCOVÉ DŘÍVÍ VE SMRKOVÝCH POROSTECH (ZELENÁ ZPRÁVA 2009) 58
OBR. 8 SCHÉMA UMÍSTĚNÍ STUDOVANÝCH SEKCÍ NA KMENI (PODLE TURČÁNI A KOL., 2006) 59
OBR. 9 EVIDOVANÉ KŮROVCOVÉ DŘÍVÍ VE SMRKOVÝCH POROSTECH V TIS. M^3 (ANONYMUS, 2010) 64
OBR. 10 CELKOVÝ OBJEM NAHODILÝCH TĚŽEB V MIL M^3 VE SLEDOVANÉM OBDOBÍ (LUBOJACKÝ A KOL., 2012). 65
OBR. 11 VÝVOJ NAHODILÝCH TĚŽEB V MIL M^3 ZPŮSOBENÝCH ŽIVELNÝMI VLIVY A BIOTICKÝMI ČINITELI (LUBOJACKÝ A KOL., 2012). 65
OBR. 12 OBJEM EVIDOVANÉHO SMRKOVÉHO KŮROVCOVÉHO DŘÍVÍ V TIS. M^3 (WWW.NPS.CZ) 68
OBR. 13 VÝVOJ KŮROVCOVÝCH TĚŽEB V M^3 (WWW.NPS.CZ) 69
OBR. 14 ÚBYTEK HORNÍHO STROMOVÉHO PATRA (WWW.NPS.CZ) 70
OBR. 15 STOJÍCÍ KŮROVCOVÉ SOUŠE A NEASANOVANÝ POLOM (ZDROJ: ÚHÚL) 72
OBR. 16 ROZDÍL POČTU KŮROVCOVÝCH SOUŠÍ V JEDNOTLIVÝCH LETECH V NPŠ A LČR, S.P. (ZDROJ: ÚHÚL) 73
OBR. 17 ATRAKTIVNÍ NIKA PRO LÝKOŽROUTA SMRKOVÉHO (ZDROJ: ÚHÚL) 75
OBR. 18 HUSTOTA LÝKOŽROUTA SMRKOVÉHO NA M^2 V JEDNOTLIVÝCH LETECH 77
OBR. 19 PRŮMĚRNÉ POČTY RODIN NA M^2 V ANALYZOVANÝCH KŮRÁCH V PRVNÍCH SEKCÍCH 78
OBR. 20 PRŮMĚRNÉ POČTY RODIN NA M^2 V ANALYZOVANÝCH KŮRÁCH V DRUHÉ SEKCI 79
OBR. 21 PRŮMĚRNÉ POČTY RODIN NA M^2 V ANALYZOVANÝCH KŮRÁCH VE TŘETÍ SEKCI 80
OBR. 22 PRŮMĚRNÉ POČTY RODIN NA M^2 V ANALYZOVANÝCH KŮRÁCH VE ČTVRTÉ SEKCI 81
OBR. 23 PRŮMĚRNÁ OBSAZENOST LÝKOŽROUTA SMRKOVÉHO NA M^2 81
OBR. 24 POČET VAJÍČEK NA RODINU V PRVNÍCH SEKCÍCH 82
OBR. 25 POČET VAJÍČEK NA RODINU V DRUHÝCH SEKCÍCH 83
OBR. 26 POČET VAJÍČEK NA RODINU VE TŘETÍCH SEKCÍCH 83
OBR. 27 POČET VAJÍČEK NA RODINU VE ČTVRTÝCH SEKCÍCH 84
OBR. 28 HISTOGRAM HUSTOTY LÝKOŽROUTA SMRKOVÉHO NA 1 M^2 85
OBR. 29 HUSTOTA RODIN LÝKOŽROUTA SMRKOVÉHO NA 1M^2 V NPŠ. 86
OBR. 30 HISTOGRAM POČTU VAJÍČEK 87
OBR. 31 POČET VAJÍČEK LÝKOŽROUTA SMRKOVÉHO V JEDNOTLIVÝCH SEKCÍCH V NPŠ 87
OBR. 32 HISTOGRAM DÉLKY CHODBY 88
OBR. 33 DÉLKA MATEČNÝCH CHODEB LÝKOŽROUTA SMRKOVÉHO V JEDNOTLIVÝCH SEKCÍCH V NPŠ 88
OBR. 34 HISTOGRAM HUSTOTY LÝKOŽROUTA LESKLÉHO NA 1 M^2 89
OBR. 35 LÝKOŽROUT LESKLÝ NA M^2 V JEDNOTLIVÝCH SEKCÍCH V NPŠ 90
OBR. 36 HISTOGRAM HUSTOTY NA 1 M^2 91
OBR. 37 HUSTOTA RODIN LÝKOŽROUTA SMRKOVÉHO NA 1M^2 VE VLS PLANÁ 91
OBR. 38 HISTOGRAM POČTU VAJÍČEK 92

OBR. 39 POČET VAJÍČEK LÝKOŽROUTA SMRKOVÉHO V JEDNOTLIVÝCH SEKCÍCH VE VLS PLANÁ 93
OBR. 40 HISTOGRAM DÉLKY CHODBY 94
OBR. 41 DÉLKA MATEČNÝCH CHODEB LÝKOŽROUTA SMRKOVÉHO V JEDNOTLIVÝCH SEKCÍCH VE VLS PLANÁ 94
OBR. 42 HISTOGRAM HUSTOTY LÝKOŽROUTA LESKLÉHO NA 1 M^2 95
OBR. 43 LÝKOŽROUT LESKLÝ NA M^2 V JEDNOTLIVÝCH SEKCÍCH VE VLS PLANÁ 95
OBR. 44 HISTOGRAM HUSTOTY RODIN NA 1 M^2 97
OBR. 45 HUSTOTA RODIN LÝKOŽROUTA SMRKOVÉHO NA 1M^2 VE VLS LIPNÍK 98
OBR. 46 HISTOGRAM HUSTOTY RODIN NA 1 M^2 99
OBR. 47 POČET VAJÍČEK LÝKOŽROUTA SMRKOVÉHO V JEDNOTLIVÝCH SEKCÍCH VE VLS LIPNÍK 99
OBR. 48 HISTOGRAM DÉLKY CHODEB 100
OBR. 49 DÉLKA MATEČNÝCH CHODEB LÝKOŽROUTA SMRKOVÉHO V JEDNOTLIVÝCH SEKCÍCH VE VLS LIPNÍK 101
OBR. 50 HISTOGRAM HUSTOTY RODIN LÝKOŽROUTA LESKLÉHO NA 1 M^2 102
OBR. 51 LÝKOŽROUT LESKLÝ NA M^2 V JEDNOTLIVÝCH SEKCÍCH VE VLS LIPNÍK 102
OBR. 52 HISTOGRAM HUSTOTY RODIN VE VLS LIPNÍK NA 1 M^2 103
OBR. 53 HISTOGRAM HUSTOTY RODIN V NPŠ NA 1 M^2 103
OBR. 54 HISTOGRAM HUSTOTY RODIN VE VLS PLANÁ NA 1 M^2 104
OBR. 55 HUSTOTY LÝKOŽROUTA SMRKOVÉHO NA 1 M^2 V JEDNOTLIVÝCH OBLASTECH 104
OBR. 56 HISTOGRAM POČTU VAJÍČEK VE VLS LIPNÍK 105
OBR. 57 HISTOGRAM POČTU VAJÍČEK V NPŠ 105
OBR. 58 HISTOGRAM POČTU VAJÍČEK VE VLS PLANÁ 106
OBR. 59 POČET VAJÍČEK LÝKOŽROUTA SMRKOVÉHO V JEDNOTLIVÝCH OBLASTECH 106
OBR. 60 HISTOGRAM DÉLKY CHODBY VE VLS LIPNÍK 107
OBR. 61 HISTOGRAM DÉLKY CHODBY V NPŠ 107
OBR. 62 HISTOGRAM DÉLKY CHODBY VE VLS PLANÁ 108
OBR. 63 DÉLKA MATEČNÝCH CHODEB LÝKOŽROUTA SMRKOVÉHO V JEDNOTLIVÝCH OBLASTECH 108
OBR. 64 HISTOGRAM HUSTOTY RODIN LÝKOŽROUTA LESKLÉHO VE VLS LIPNÍK NA 1 M^2 109
OBR. 65 HISTOGRAM HUSTOTY RODIN LÝKOŽROUTA LESKLÉHO V NPŠ NA 1 M^2 109
OBR. 66 HISTOGRAM HUSTOTY RODIN LÝKOŽROUTA LESKLÉHO VE VLS PLANÁ NA 1 M^2 110
OBR. 67 LÝKOŽROUT LESKLÝ NA M^2 V JEDNOTLIVÝCH LOKALITÁCH 110
OBR. 68 HISTOGRAM HUSTOTY RODIN V PRVNÍCH SEKCÍCH NA 1 M^2 111
OBR. 69 HISTOGRAM HUSTOTY RODIN VE DRUHÝCH SEKCÍCH NA 1 M^2 112
OBR. 70 HISTOGRAM HUSTOTY RODIN VE TŘETÍCH SEKCÍCH NA 1 M^2 112
OBR. 71 HISTOGRAM HUSTOTY RODIN VE ČTVRTÝCH NA 1 M^2 112
OBR. 72 HUSTOTY LÝKOŽROUTA SMRKOVÉHO NA 1 M^2 V JEDNOTLIVÝCH SEKCÍCH ZA OBA ANALYZOVANÉ ROKY 113
OBR. 73 HISTOGRAM POČTU VAJÍČEK V PRVNÍ SEKCI 114
OBR. 74 HISTOGRAM POČTU VAJÍČEK VE DRUHÉ SEKCI 114
OBR. 75 HISTOGRAM POČTU VAJÍČEK VE TŘETÍ SEKCI 114
OBR. 76 HISTOGRAM POČTU VAJÍČEK VE ČTVRTÉ SEKCI 115
OBR. 77 POČET VAJÍČEK LÝKOŽROUTA SMRKOVÉHO V JEDNOTLIVÝCH SEKCÍCH 115
OBR. 78 HISTOGRAM DÉLKY CHODEB V PRVNÍ SEKCI 116
OBR. 79 HISTOGRAM DÉLKY CHODEB VE DRUHÉ SEKCI 117
OBR. 80 HISTOGRAM DÉLKY CHODEB V TŘETÍ SEKCI 117
OBR. 81 HISTOGRAM DÉLKY CHODEB VE ČTVRTÉ SEKCI 117
OBR. 82 DÉLKA MATEČNÝCH CHODEB LÝKOŽROUTA SMRKOVÉHO V JEDNOTLIVÝCH SEKCÍCH VE VŠECH LOKALITÁCH 117
OBR. 83 HISTOGRAM HUSTOTY RODIN LÝKOŽROUTA LESKLÉHO V PRVNÍCH SEKCÍCH NA 1 M^2 118

OBR. 84 HISTOGRAM HUSTOTY RODIN LÝKOŽROUTA LESKLÉHO VE DRUHÝCH SEKCÍCH NA 1 M^2 119
OBR. 85 HISTOGRAM HUSTOTY RODIN LÝKOŽROUTA LESKLÉHO VE TŘETÍCH SEKCÍCH NA 1 M^2 119
OBR. 86 HISTOGRAM HUSTOTY RODIN LÝKOŽROUTA LESKLÉHO VE ČTVRTÝCH SEKCÍCH NA 1 M^2 119
OBR. 87 LÝKOŽROUT LESKLÝ NA M^2 V JEDNOTLIVÝCH SEKCÍCH 120
OBR. 88 ZÁVISLOST POČTU NAKLADENÝCH VAJÍČEK NA DÉLCE MATEČNÉ CHODBY ($Y = 11,83 + 0,35*X_1$; $R^2 = 0,38$) 121
OBR. 89 ZÁVISLOST POČTU NAKLADENÝCH VAJÍČEK NA HUSTOTĚ RODINNÝCH POŽERKŮ ($Y = 43,71 – 0,04*X_2$; $R^2 = 0,02$) 121
OBR. 90 GRAF UČÍCÍHO PROCESU (QCEXPERT 3.2.) 123
OBR. 91 PREDIKCE NEURONOVÉ SÍTĚ (QCEXPERT 3.2.) 125
OBR. 92 ARCHITEKTURA NEURONOVÉ SÍTĚ (QCEXPERT 3.2.) 125
OBR. 93 RELATIVNÍ VLIV PREDIKTORŮ (QCEXPERT 3.2.) 126
OBR. 94 TERÉNNÍ ZÁPISNÍK PRO EVIDENCI PARAMETRŮ NAMĚŘENÝCH V TERÉNU 164
OBR. 95 LOKALITY S POKUSNÝMA PLOCHAMI 164
OBR. 96 LOKALIZACE PLOCH V NP ŠUMAVA 165
OBR. 97 LOKALIZACE PLOCH VE VLS HORNÍ PLANÁ 165
OBR. 98 LOKALIZACE PLOCH VE VLS LIPNÍK 166
OBR. 99 LOKALITA 1 - VLS HORNÍ PLANÁ 166
OBR. 100 KŮRA PŘIPRAVENÁ K ANALÝZE 167
OBR. 101 ZJIŠŤOVÁNÍ PARAMETRŮ PŘÍMO V TERÉNU (VLS LIPNÍK) 167
OBR. 102 ZJIŠŤOVÁNÍ PARAMETRŮ PŘÍMO V TERÉNU (VLS HORNÍ PLANÁ) 168
OBR. 103 ASANACE ANALYZOVANÝCH STROMŮ 168
OBR. 104 ZJIŠŤOVÁNÍ POČTU A DÉLEK CHODEB V KANCELÁŘI 169
OBR. 105 VZORKY USKLADNĚNÉ V CHLADICÍCH BOXECH 169
OBR. 106 ZJIŠTOVÁNÍ POČTU A DÉLEK CHODEB V KANCELÁŘI 170

10. Seznam Tabulek

TAB. 1 ZDŮRAZNĚNÍ KŮROVCOVÝCH TĚŽEB V JEDNOTLIVÝCH STŘEDOEVROPSKÝCH STÁTECH 22
TAB. 2 STUPNĚ ODCHYTU NA KLASICKÝCH LAPÁCÍCH 29
TAB. 3 LOKALITY S GPS SOUŘADNICEMI 54
TAB. 4 LOKALITY S GPS SOUŘADNICEMI 55
TAB. 5 LOKALITY S GPS SOUŘADNICEMI 56
TAB. 6 CELKOVÉ POČTY LAPÁKŮ ZA ROK 2008 57
TAB. 7 CELKOVÉ POČTY LAPÁKŮ ZA ROK 2009 58
TAB. 8 TĚŽBA DŘEVA PODLE DRUHŮ DŘEVIN (ZDROJ ČSÚ) 64
TAB. 9 KŮROVCOVÉ DŘÍVÍ V NPŠ VE SMRKOVÝCH POROSTECH V M^3 68
TAB. 10 STRUKTURA KŮROVCOVÉ KALAMITY V NPŠ (ZDROJ: ÚHÚL) 71
TAB. 11 POČTY ANALYZOVANÝCH VZORKŮ V JEDNOTLIVÝCH OBLASTECH 76
TAB. 12 POČETNOST LÝKOŽROUTA SMRKOVÉHO V JEDNOTLIVÝCH LOKALITÁCH 77
TAB. 13 VÍCENÁSOBNÉ POROVNÁNÍ HODNOT (HUSTOTA, ROKY) 78
TAB. 14 STŘEDNÍ HODNOTY OBSAZENOSTI RODIN PŘEPOČTENÉ NA 1 M^2 78
TAB. 15 TEST NORMALITY 85
TAB. 16 HUSTOTA RODIN LÝKOŽROUTA SMRKOVÉHO NA $1M^2$ V NPŠ 86
TAB. 17 TEST NORMALITY 87
TAB. 18 POČET VAJÍČEK LÝKOŽROUTA SMRKOVÉHO V JEDNOTLIVÝCH SEKCÍCH V NPŠ 87
TAB. 19 TEST NORMALITY 88
TAB. 20 DÉLKA MATEČNÝCH CHODEB LÝKOŽROUTA SMRKOVÉHO V JEDNOTLIVÝCH SEKCÍCH V NPŠ 89
TAB. 21 TEST NORMALITY 89
TAB. 22 *PITYOGENES CHALCOGRAPHUS* NA M^2 V JEDNOTLIVÝCH SEKCÍCH V NPŠ 90
TAB. 23 TEST NORMALITY 91
TAB. 24 HUSTOTA RODIN LÝKOŽROUTA SMRKOVÉHO NA $1M^2$ VE VLS PLANÁ 92
TAB. 25 TEST NORMALITY 92
TAB. 26 POČET VAJÍČEK LÝKOŽROUTA SMRKOVÉHO V JEDNOTLIVÝCH SEKCÍCH VE VLS PLANÁ 93
TAB. 27 TEST NORMALITY 94
TAB. 28 DÉLKA MATEČNÝCH CHODEB V JEDNOTLIVÝCH SEKCÍCH VE VLS PLANÁ 94
TAB. 29 TEST NORMALITY 95
TAB. 30 LÝKOŽROUT LESKLÝ NA M^2 V JEDNOTLIVÝCH SEKCÍCH VE VLS PLANÁ 96
TAB. 31 TEST NORMALITY 97
TAB. 32 HUSTOTA RODIN LÝKOŽROUTA SMRKOVÉHO NA $1M^2$ VE VLS LIPNÍK 98
TAB. 33 TEST NORMALITY 99
TAB. 34 POČET VAJÍČEK LÝKOŽROUTA SMRKOVÉHO V JEDNOTLIVÝCH SEKCÍCH VE VLS LIPNÍK 100
TAB. 35 TEST NORMALITY 100
TAB. 36 DÉLKA MATEČNÝCH CHODEB LÝKOŽROUTA SMRKOVÉHO V JEDNOTLIVÝCH SEKCÍCH VE VLS LIPNÍK 101
TAB. 37 TEST NORMALITY 102
TAB. 38 LÝKOŽROUT LESKLÝ NA M^2 V JEDNOTLIVÝCH SEKCÍCH VE VLS LIPNÍK 102
TAB. 39 TEST NORMALITY 103
TAB. 40 TEST NORMALITY 103
TAB. 41 TEST NORMALITY 104
TAB. 42 HUSTOTY LÝKOŽROUTA SMRKOVÉHO NA 1 M^2 V JEDNOTLIVÝCH OBLASTECH 104
TAB. 43 TEST NORMALITY 105

TAB. 44 TEST NORMALITY 105
TAB. 45 TEST NORMALITY 106
TAB. 46 POČET VAJÍČEK LÝKOŽROUTA SMRKOVÉHO V JEDNOTLIVÝCH OBLASTECH 106
TAB. 47 TEST NORMALITY 107
TAB. 48 TEST NORMALITY 107
TAB. 49 TEST NORMALITY 108
TAB. 50 DÉLKA MATEČNÝCH CHODEB LÝKOŽROUTA SMRKOVÉHO V JEDNOTLIVÝCH OBLASTECH 108
TAB. 51 TEST NORMALITY 109
TAB. 52 TEST NORMALITY 109
TAB. 53 TEST NORMALITY 110
TAB. 54 LÝKOŽROUT LESKLÝ NA M^2 V JEDNOTLIVÝCH LOKALITÁCH 110
TAB. 55 TEST NORMALITY 111
TAB. 56 TEST NORMALITY 112
TAB. 57 TEST NORMALITY 112
TAB. 58 TEST NORMALITY 112
TAB. 59 HUSTOTY NA LÝKOŽROUTA SMRKOVÉHO 1 M^2 V JEDNOTLIVÝCH SEKCÍCH ZA OBA ANALYZOVANÉ ROKY 113
TAB. 60 TEST NORMALITY 114
TAB. 61 TEST NORMALITY 114
TAB. 62 TEST NORMALITY 114
TAB. 63 TEST NORMALITY 115
TAB. 64 POČET VAJÍČEK LÝKOŽROUTA SMRKOVÉHO V JEDNOTLIVÝCH SEKCÍCH 115
TAB. 65 TEST NORMALITY 116
TAB. 66 TEST NORMALITY 116
TAB. 67 TEST NORMALITY 117
TAB. 68 TEST NORMALITY 117
TAB. 69 DÉLKA MATEČNÝCH CHODEB LÝKOŽROUTA SMRKOVÉHO V JEDNOTLIVÝCH SEKCÍCH VE VŠECH LOKALITÁCH 118
TAB. 70 TEST NORMALITY 118
TAB. 71 TEST NORMALITY 119
TAB. 72 TEST NORMALITY 119
TAB. 73 TEST NORMALITY 119
TAB. 74 LÝKOŽROUT LESKLÝ NA M^2 V JEDNOTLIVÝCH SEKCÍCH 120
TAB. 76 PROTOKOL O PRŮBĚHU UČENÍ NEURONOVÉ SÍTĚ 124
TAB. 75 ZÁKLADNÍ CHARAKTERISTIKY SOUBORŮ POČTU RODIN, NAKLADENÝCH VAJÍČEK A DÉLEK MATEČNÝCH CHODEB PODLE SEKCÍ VE STUDOVANÝCH OBLASTECH. 127
TAB. 77 PROTOKOL REGRESE VAJÍČKA_DÉLKA LARVÁLNÍ CHODBY 160
TAB. 78 PROTOKOL REGRESE VAJÍČKA_HUSTOTA IT 160
TAB. 79 PRŮMĚRNÉ TEPLOTY V JEDNOTLIVÝCH LETECH 161
TAB. 80 PRŮMĚRNÉ SRÁŽKY V JEDNOTLIVÝCH LETECH 162

11. Přílohy

Tab. 77 Protokol regrese vajíčka_délka larvální chodby

Vícenásobná lineární regrese

Název úlohy :	
Data:	Všechna
Sloupce pro výpočet :	Vajicek
	Abs
	Chodba
Hladina významnosti :	0.05
Kvantil t(1-alfa/2,n-m) :	1.96060551858916
Kvantil F(1-alfa,m,n-m) :	3.84397399952228
Absolutní člen :	Ano
Počet platných řádků :	3701
Počet parametrů :	2
Metoda :	Nejmenší čtverce
Transformace :	Bez transformace

Základní analýza

Charakteristiky proměnných

Proměnná	Průměr	Směr.Odch.	Kor.vs.Y	Významnost
Chodba	80,15779519	26,89152307	0,617057739	0

Analýza rozptylu

Průměr Y :	39,75168873		
Zdroj	Součet čtverců	Průměrný čtverec	Rozptyl
Celková variabilita	852538,8019	230,3536347	230,4158924
Variabilita vysvětlená modelem	324612,8904	87,70950835	87,73321362
Reziduální variabilita	527925,9115	142,6441263	142,6826788
Hodnota kritéria F :	2274,453773		
Kvantil F (1-alfa, m-1, n-m) :	3,843974		
Pravděpodobnost :	0		
Závěr :	Model je významný		

Odhady parametrů

Proměnná	Odhad	Směr.Odch.	Závěr	Pravděpodobnost	Spodní mez	Horní mez
Abs	11,83188368	0,617486323	Významný	0	10,62123658	13,0425308
Chodba	0,348310542	0,00730345	Významný	0	0,333991357	0,36262973

Statistické charakteristiky regrese

Vícenásobný korelační koeficient R :	0,617057739
Koeficient determinace R^2 :	0,380760254
Predikovaný korelační koeficient Rp :	0,144421452
Střední kvdratická chyba predikce MEP :	142,8127516
Akaikeho informační kritérium :	18362,26609

Testování regresního tripletu

Fisher-Snedecorův test významnosti modelu

Hodnota kritéria F :	2274,453773
Kvantil F (1-alfa, m-1, n-m) :	3,843974
Pravděpodobnost :	0
Závěr :	Model je významný

Scottovo kritérium multikolinearity

Hodnota kritéria SC :	0,265251448
Závěr :	Model je korektní.

Cook-Weisbergův test heteroskedasticity

Hodnota kritéria CW :	347,8148242
Kvantil Chi^2(1-alfa,1) :	3,841458829
Pravděpodobnost :	0
Závěr :	Rezidua vykazují heteroskedasticitu!

Jarque-Berrův test normality

Hodnota kritéria JB :	396,3057077
Kvantil Chi^2(1-alfa,2) :	5,991464547
Pravděpodobnost :	0
Závěr :	Rezidua nemají normální rozdělení!

Waldův test autokorelace

Hodnota kritéria WA :	457,1911043
Kvantil Chi^2(1-alfa,1) :	3,841458829
Pravděpodobnost :	0
Závěr :	Autokorelace je významná

Durbin-Watsonův test autokorelace

Hodnota kritéria DW :	-1	
Kritické hodnoty DW	1,75	1,79
Závěr :	Rezidua jsou pozitivně autokorelována!	

Znaménkový test reziduí

Hodnota kritéria Sg :	14,7243097
Kvantil N(1-alfa/2) :	1,959963999
Pravděpodobnost :	0
Závěr :	V reziduích je trend!

Tab. 78 Protokol regrese vajíčka_hustota IT

Vícenásobná lineární regrese

Název úlohy :	Vaj_9_NN
Data:	Všechna
Sloupce pro výpočet :	Vajicek
	Abs
	Hustota
Hladina významnosti :	0.05
Kvantil t(1-alfa/2,n-m) :	1.96060551858916
Kvantil F(1-alfa,m,n-m) :	3.84397399952228
Absolutní člen :	Ano
Počet platných řádků :	3701
Počet parametrů :	2
Metoda :	Nejmenší čtverce
Transformace :	Bez transformace

Základní analýza

Charakteristiky proměnných

Proměnná	Průměr	Směr.Odch.	Kor.vs.Y	Významnost
Hustota	89,09673061	50,35114366	-0,147342199	0

Analýza rozptylu

Průměr Y :	39,75168873		
Zdroj	Součet čtverců	Průměrný čtverec	Rozptyl
Celková variabilita	852538,8019	230,3536347	230,4158924
Variabilita vysvětlená modelem	18508,38179	5,00091375	5,002265349
Reziduální variabilita	834030,4202	225,3527209	225,4136271
Hodnota kritéria F :	82,08633952		
Kvantil F (1-alfa, m-1, n-m) :	3,843974		
Pravděpodobnost :	2,06293E-19		
Závěr :	Model je významný		

Odhady parametrů

Proměnná	Odhad	Směr.Odch.	Závěr	Pravděpodobnost	Spodní mez	Horní mez
Abs	43,70932422	0,501729423	Významný	0	42,72563074	44,69301769
Hustota	-0,044419537	0,004902737	Významný	0	-0,054031869	-0,034807204

Statistické charakteristiky regrese

Vícenásobný korelační koeficient R :	0,147342199
Koeficient determinace R^2 :	0,021709724
Predikovaný korelační koeficient Rp :	0,000431909
Střední kvdratická chyba predikce MEP :	225,5663282
Akaikeho informační kritérium :	20054,78491

Testování regresního tripletu

Fisher-Snedecorův test významnosti modelu

Hodnota kritéria F :	82,08633952
Kvantil F (1-alfa, m-1, n-m) :	3,843974
Pravděpodobnost :	2,06293E-19
Závěr :	Model je významný

Scottovo kritérium multikolinearity

Hodnota kritéria SC :	-0,958096162
Závěr :	Model je korektní.

Cook-Weisbergův test heteroskedasticity

Hodnota kritéria CW :	65,76490836
Kvantil Chi^2(1-alfa,1) :	3,841458829
Pravděpodobnost :	5,55112E-16
Závěr :	Rezidua vykazují heteroskedasticitu!

Jarque-Berrův test normality

Hodnota kritéria JB :	732,7894274
Kvantil Chi^2(1-alfa,2) :	5,991464547
Pravděpodobnost :	0
Závěr :	Rezidua nemají normální rozdělení!

Waldův test autokorelace

Hodnota kritéria WA :	655,8254646
Kvantil Chi^2(1-alfa,1) :	3,841458829
Pravděpodobnost :	0
Závěr :	Autokorelace je významná

Durbin-Watsonův test autokorelace

Hodnota kritéria DW :	-1	
Kritické hodnoty DW	1,75	1,79
Závěr :	Rezidua jsou pozitivně autokorelována!	

Znaménkový test reziduí

Hodnota kritéria Sg :	17,84197921
Kvantil N(1-alfa/2) :	1,959963999
Pravděpodobnost :	0
Závěr :	V reziduích je trend!

Tab. 79 průměrné teploty v jednotlivých letech

Kraj	Rok	Zkr.	Měsíc												
			1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	ROK
Česká republika	*2007*	*T*	*3,2*	*2,8*	*5,1*	*10,3*	*14,4*	*18,1*	*18,3*	*17,7*	*11,3*	*7,2*	*1,4*	*-0,9*	*9,1*
	2007	N	-2,8	-1,1	2,5	7,3	12,3	15,5	16,9	16,4	12,8	8	2,7	-1	**7,5**
	2007	O	6	3,9	2,6	3	2,1	2,6	1,4	1,3	-1,5	-0,8	-1,3	0,1	**1,6**
Jihočeský	2007	T	2,9	2,7	4,4	10	13,5	17,6	17,9	16,8	10,7	6,7	0,8	-1,2	**8,6**
	2007	N	-2,8	-1,3	2,3	6,9	11,8	15,1	16,7	16	12,5	7,5	2,4	-1,2	**7,1**
	2007	O	5,7	4	2,1	3,1	1,7	2,5	1,2	0,8	-1,8	-0,8	-1,6	0	**1,5**
Plzeňský	2007	T	3,1	3	4,8	10,5	13,9	17,4	17,3	16,8	10,9	6,9	1,1	-0,6	**8,8**
	2007	N	-2,7	-1,3	2,3	6,8	11,7	15	16,5	15,9	12,5	7,5	2,3	-1,1	**7,1**
	2007	O	5,8	4,3	2,5	3,7	2,2	2,4	0,8	0,9	-1,6	-0,6	-1,2	0,5	**1,7**
Olomoucký	2007	T	2,7	2,3	4,9	9,9	14,5	18	18,6	18,1	11,4	7,1	1,4	-1,2	**9**
	2007	N	-3,1	-1,4	2,4	7,5	12,5	15,5	16,9	16,5	13	8,2	2,7	-1,3	**7,4**
	2007	O	5,8	3,7	2,5	2,4	2	2,5	1,7	1,6	-1,6	-1,1	-1,3	0,1	**1,6**
Česká republika	*2008*	*T*	*1,3*	*2,3*	*3*	*7,8*	*13,6*	*17,4*	*17,9*	*17,5*	*12*	*8,3*	*4,6*	*0,7*	*8,9*
	2008	N	-2,8	-1,1	2,5	7,3	12,3	15,5	16,9	16,4	12,8	8	2,7	-1	**7,5**
	2008	O	4,1	3,4	0,5	0,5	1,3	1,9	1	1,1	-0,8	0,3	1,9	1,7	**1,4**
Jihočeský	2008	T	0,9	1,6	2,6	7,3	13,2	16,9	17,4	17	11,3	7,8	3,7	-0,1	**8,3**
	2008	N	-2,8	-1,3	2,3	6,9	11,8	15,1	16,7	16	12,5	7,5	2,4	-1,2	**7,1**
	2008	O	3,7	2,9	0,3	0,4	1,4	1,8	0,7	1	-1,2	0,3	1,3	1,1	**1,2**
Plzeňský	2008	T	1,4	2,3	2,8	7,3	13,5	17,1	17,6	17	11,3	7,7	3,5	0	**8,4**
	2008	N	-2,7	-1,3	2,3	6,8	11,7	15	16,5	15,9	12,5	7,5	2,3	-1,1	**7,1**
	2008	O	4,1	3,6	0,5	0,5	1,8	2,1	1,1	1,1	-1,2	0,2	1,2	1,1	**1,3**
Olomoucký	2008	T	1	2,1	2,9	8,1	13,3	17,5	18,2	17,7	12,3	8,8	5,3	1,1	**9**
	2008	N	-3,1	-1,4	2,4	7,5	12,5	15,5	16,9	16,5	13	8,2	2,7	-1,3	**7,4**
	2008	O	4,1	3,5	0,5	0,6	0,8	2	1,3	1,2	-0,7	0,6	2,6	2,4	**1,6**
Česká republika	*2009*	*T*	*-4*	*-1*	*3,2*	*12*	*13,3*	*14,9*	*18,1*	*18,4*	*14,7*	*7,2*	*5,5*	*-1*	*8,4*
	2009	N	-2,8	-1,1	2,5	7,3	12,3	15,5	16,9	16,4	12,8	8	2,7	-1	**7,5**
	2009	O	-1,2	0,1	0,7	4,7	1	-0,6	1,2	2	1,9	-0,8	2,8	0	**0,9**
Jihočeský	2009	T	-4,1	-1,5	2,8	11,4	12,9	14,5	17,5	17,9	14	6,9	5,3	-1,3	**8**
	2009	N	-2,8	-1,3	2,3	6,9	11,8	15,1	16,7	16	12,5	7,5	2,4	-1,2	**7,1**
	2009	O	-1,3	-0,2	0,5	4,5	1,1	-0,6	0,8	1,9	1,5	-0,6	2,9	-0,1	**0,9**
Plzeňský	2009	T	-4,3	-1,3	3	11,5	13,1	14,7	17,5	18	14,2	7	5,4	-1,3	**8,1**
	2009	N	-2,7	-1,3	2,3	6,8	11,7	15	16,5	15,9	12,5	7,5	2,3	-1,1	**7,1**
	2009	O	-1,6	0	0,7	4,7	1,4	-0,3	1	2,1	1,7	-0,5	3,1	-0,2	**1**
Olomoucký	2009	T	-3,9	-1,2	2,8	11,9	13,2	15	18,5	18,5	15	7	5,2	-1,1	**8,4**
	2009	N	-3,1	-1,4	2,4	7,5	12,5	15,5	16,9	16,5	13	8,2	2,7	-1,3	**7,4**
	2009	O	-0,8	0,2	0,4	4,4	0,7	-0,5	1,6	2	2	-1,2	2,5	0,2	**1**

Vysvětlivky:

T = teplota vzduchu [°C]

N = dlouhodobý normál teploty vzduchu 1961-1990 [°C]

O = odchylka od normálu [°C]

(Zdroj: ČHMÚ)

Tab. 80 průměrné srážky v jednotlivých letech

Kraj	Rok	Zkr.	Měsíc												
			1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	Rok
Česká republika	*2007*	*S*	*75*	*44*	*53*	*5*	*79*	*78*	*86*	*71*	*117*	*36*	*76*	*35*	*755*
	2007	N	42	38	40	47	74	84	79	78	52	42	49	48	**674**
	2007	%	181	116	132	11	107	93	109	91	224	85	154	73	**112**
Jihočeský	2007	S	66	32	53	5	88	59	83	77	138	41	70	36	**748**
	2007	N	34	33	39	49	75	94	83	82	51	37	43	39	**659**
	2007	%	194	96	138	10	117	63	101	94	270	110	162	93	**114**
Plzeňský	2007	S	83	50	47	15	104	79	103	69	92	33	76	46	**797**
	2007	N	41	38	44	50	70	78	77	78	53	42	47	46	**656**
	2007	%	204	132	108	30	149	101	134	89	175	79	163	100	**122**
Olomoucký	2007	S	80	40	69	5	83	81	80	72	125	52	61	38	**786**
	2007	N	42	40	40	49	80	94	90	84	55	48	56	52	**732**
	2007	%	190	101	173	10	104	86	89	86	227	108	109	73	**107**
Česká republika	*2008*	*S*	*37*	*27*	*59*	*52*	*57*	*60*	*86*	*69*	*48*	*44*	*43*	*36*	*619*
	2008	N	42	38	40	47	74	84	79	78	52	42	49	48	**674**
	2008	%	90	72	148	111	77	71	109	88	92	103	87	75	**92**
Jihočeský	2008	S	26	23	62	55	56	67	85	70	50	27	50	28	**598**
	2008	N	34	33	39	49	75	94	83	82	51	37	43	39	**659**
	2008	%	78	68	160	113	74	71	103	86	98	73	115	72	**91**
Plzeňský	2008	S	30	36	79	72	36	55	68	64	50	53	35	36	**616**
	2008	N	41	38	44	50	70	78	77	78	53	42	47	46	**656**
	2008	%	73	95	182	146	52	70	88	83	95	127	74	79	**94**
Olomoucký	2008	S	43	26	61	48	83	56	106	77	65	32	37	28	**662**
	2008	N	42	40	40	49	80	94	90	84	55	48	56	52	**732**
	2008	%	101	65	153	98	104	60	118	93	119	66	67	54	**90**
Česká republika	*2009*	*S*	*25*	*61*	*76*	*23*	*86*	*113*	*111*	*57*	*22*	*68*	*43*	*58*	*744*
	2009	N	42	38	40	47	74	84	79	78	52	42	49	48	**674**
	2009	%	60	161	191	49	117	134	140	73	42	160	88	122	**110**
Jihočeský	2009	S	14	63	71	30	101	166	117	89	29	64	31	51	**828**
	2009	N	34	33	39	49	75	94	83	82	51	37	43	39	**659**
	2009	%	42	190	184	62	134	178	142	109	57	172	73	132	**126**
Plzeňský	2009	S	22	46	56	73	92	97	111	48	27	58	51	64	**745**
	2009	N	41	38	44	50	70	78	77	78	53	42	47	46	**656**
	2009	%	53	121	129	147	133	123	145	61	51	139	109	139	**114**
Olomoucký	2009	S	32	63	90	12	72	136	105	49	17	77	45	56	**753**
	2009	N	42	40	40	49	80	94	90	84	55	48	56	52	**732**
	2009	%	75	160	226	24	91	145	117	58	30	158	80	108	**103**

Vysvětlivky:

S = úhrn srážek [mm]

N = dlouhodobý srážkový normál 1961-1990 [mm]

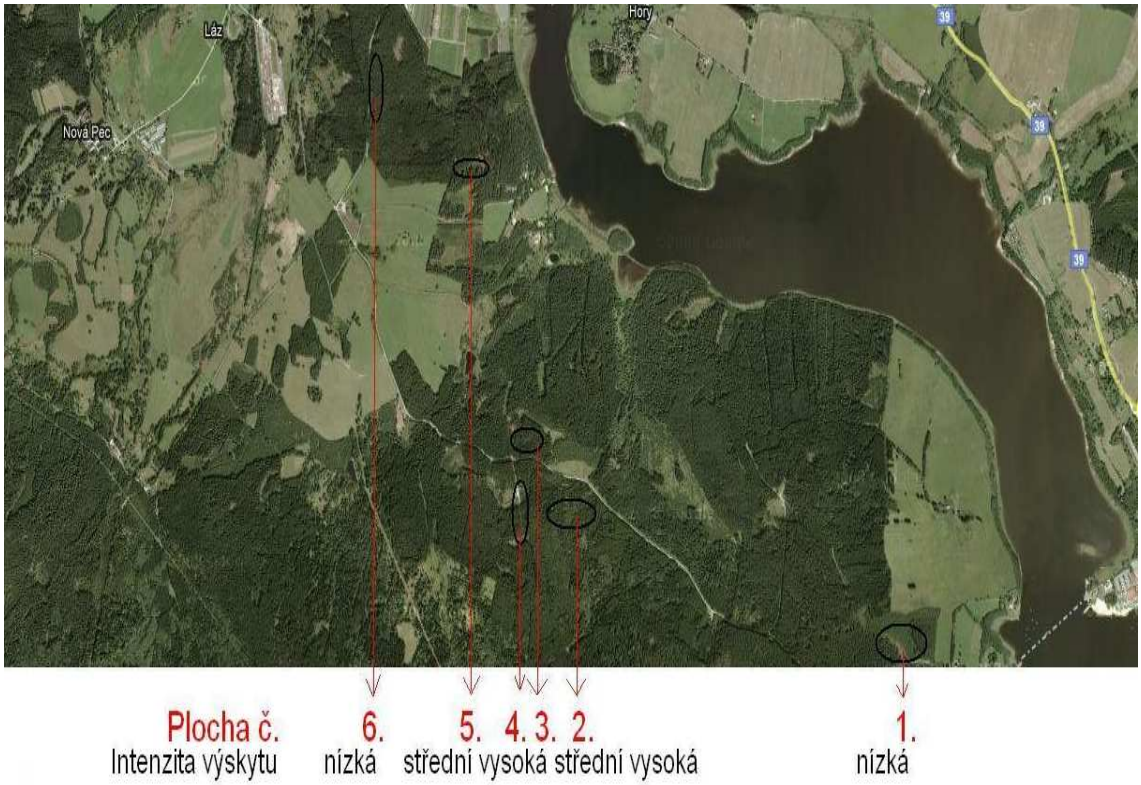
% = úhrn srážek v % normálu 1961–1990

(Zdroj: ČHMÚ)

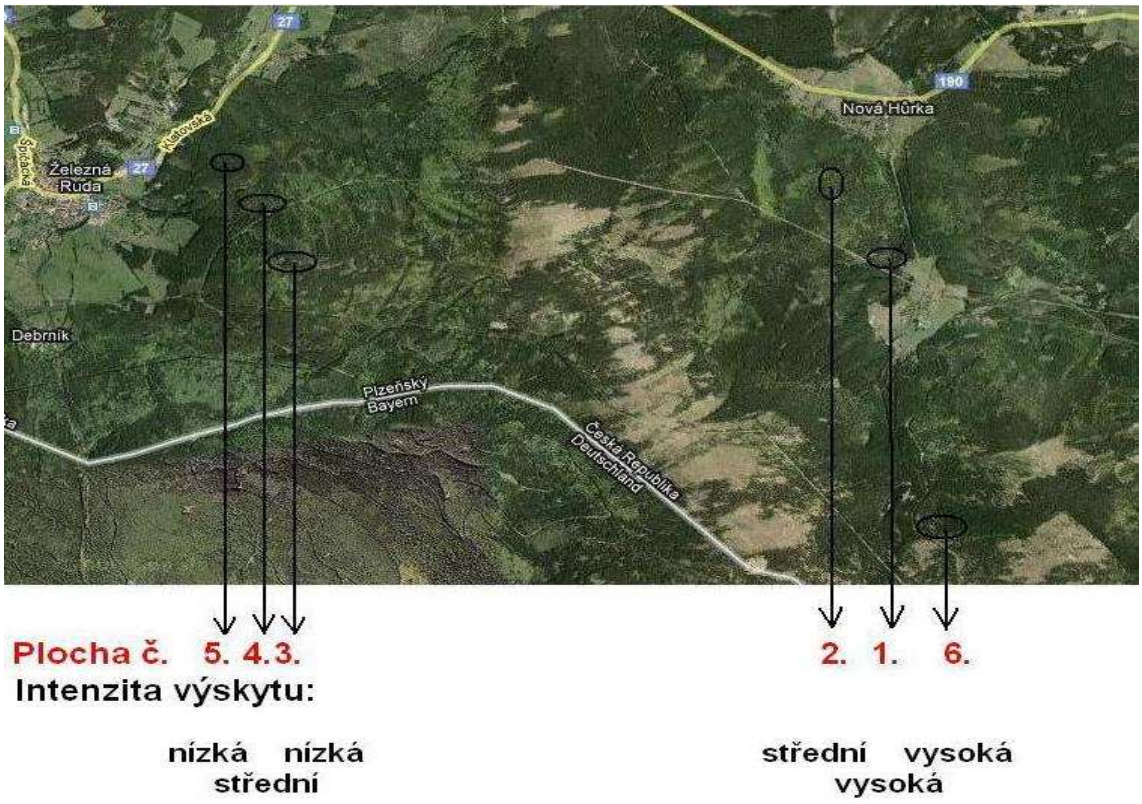
Lokalita	Č. stromu	Délka	Průměr	Vel. Borky šířka x délka	Vzdálenost od paty stromu	Sekce	Počet rodin	Délka chodeb			Počet vajíček			stadium		Délka 10 nejdelších larválních chodeb ze všech rodin										Jiné kůrovce	Poznámka
						I.																					
						I.																					
						I.																					
						I.																					
						I.																					
						I.																					
						I.																					
						I.																					
						I.																					
						I.																					
						II.																					
						II.																					
						II.																					
						II.																					
						II.																					
						II.																					
						II.																					
						II.																					
						II.																					
						III.																					
						III.																					
						III.																					
						III.																					
						III.																					
						III.																					
						III.																					
						III.																					
						III.																					
						III.																					
						III.																					
						IV.																					
						IV.																					
						IV.																					
						IV.																					
						IV.																					
						IV.																					
						IV.																					
						IV.																					
						IV.																					
						IV.																					

Obr. 94 Terénní zápisník pro evidenci parametrů naměřených v terénu

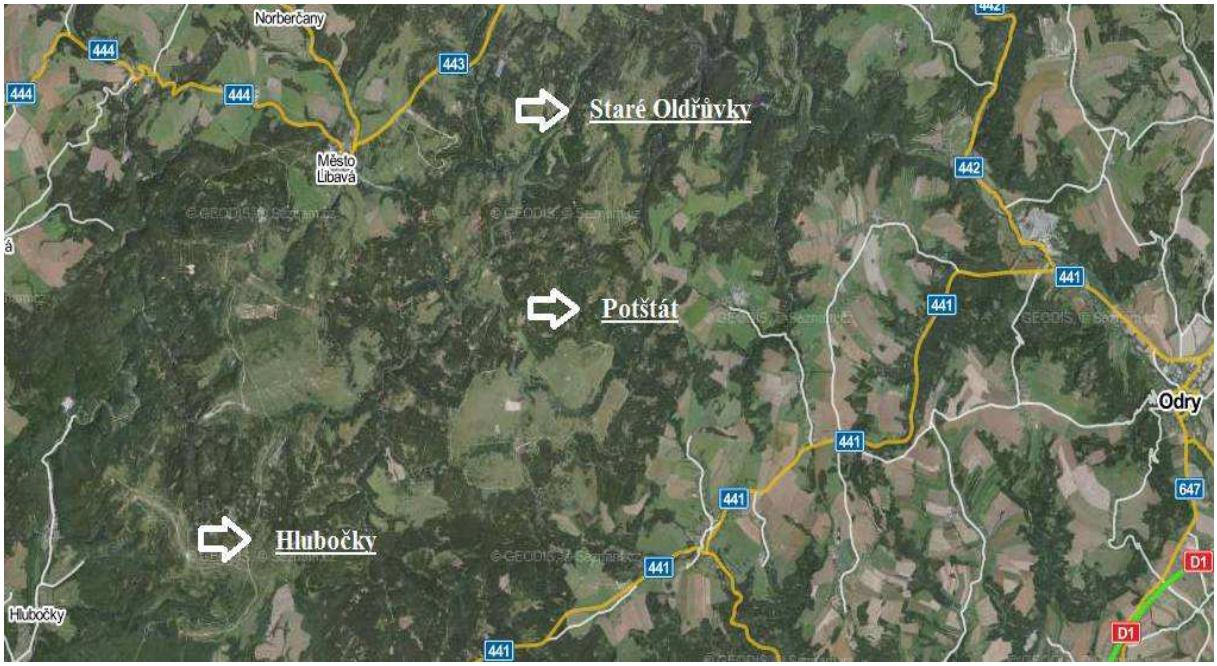
Obr. 95 Lokality s pokusnýma plochami



Obr. 96 Lokalizace ploch v NP Šumava



Obr. 97 Lokalizace ploch ve VLS Horní Planá



Obr. 98 Lokalizace ploch ve VLS Lipník

Obr. 99 Lokalita 1 - VLS Horní Planá

Obr. 100 Kůra připravená k analýze

Obr. 101 Zjišťování parametrů přímo v terénu (VLS Lipník)

Obr. 102 Zjišťování parametrů přímo v terénu (VLS Horní Planá)

Obr. 103 Asanace analyzovaných stromů

Obr. 104 Zjišťování počtu a délek chodeb v kanceláři

Obr. 105 Vzorky uskladněné v chladicích boxech

Obr. 106 Zjištování počtu a délek chodeb v kanceláři

12. Seznam článků

1. Impaktový článek

HOLUŠA, J. – LUKÁŠOVÁ, K. – GRODZKI, W. – KULA, E. – MATOUŠEK, P. Is Ips amitinus (Coleoptera: Curculionidae) abundant in wide range of altitudes? Acta Zoologica Bulgarica, 2012, in press.

2. Článek recenzovaný

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

ZAJÍČKOVÁ, L. – NÁDRASKÁ, M. – MATOUŠEK, P. The effect of drought on stem volume changes of Norway spruce. *Scientia Agriculturae Bohemica*, 2011, roč. 42, č. 3, s. 119-126. ISSN: 1211-3174.

3. Článek ve sborníku

ZAJÍČKOVÁ, L. – MATOUŠEK, P. – NÁDRASKÁ, M. – MAŠANKOVÁ, K. – MODLINGER, R. – KOVÁŘOVÁ, I. Norway spruce growth under drought condition. In *UCOLIS 2010 - University Conference in Life Sciences-Proceedings 25.11.2010, Česká zemědělská univerzita v Praze.* Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, 2010. s. 178-188.

MATOUŠEK, P. – MODLINGER, R. POROVNÁNÍ VYBRANÝCH PARAMETRŮ „LIFE-TABLES“ LÝKOŽROUTA SMRKOVÉHO IPS TYPOGRAPHUS (L.) NA MODELOVÉM ÚZEMÍ HORNÍ PLANÁ. In *COYOUS 2010 24.03.2010, Praha.* Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, 2010. s. 111-118.

ZAJÍČKOVÁ, L. – MATOUŠEK, P. – NAKLÁDAL, O. The effect of manipulated water regime on stem increment of Norway spruce. In *Forest-water interactions in Europe. Joensuu*

Forestry Networking week 2010 23.05.2010, Joensuu, Finland. Joensuu, Finland: European Forest Institute, 2010. s. 37-37.

ZAJÍČKOVÁ, L. – NAKLÁDAL, O. – MATOUŠEK, P. Vodní stres u smrku ztepilého (Picea abies L.) z pohledu fyziologie vyšších rostlin a hydropedologie. In *COYOUS 2010: Konference mladých vědeckých pracovníků 24.03.2010, Česká zemědělská univerzita v Praze.* Praha: Fakulta lesnická a dřevařská ČZU, 2010. s. 143-153.

ZAJÍČKOVÁ, L. – NAKLÁDAL, O. – MATOUŠEK, P. Vodní stres u smrku ztepilého (Picea abies L.) z pohledu fyziologie vyšších rostlin a hydropedologie. In *Vliv abiotických a biotických stresorů na vlastnosti rostlin 2010 10.02.2010, Česká zemědělská univerzita v Praze.* Praha: Výzkumný ústav rostlinné výroby v.v.i., 2010. s. 30-34.

4. Ostatní výsledky, které nelze zařadit do žádného z výše uvedených druhů výsledku

MATOUŠEK, P. – NAKLÁDAL, O. Podtyp: Příspěvek ve sborníku (mimo kategorie RIV); Porovnání vybraných parametrů „Life Tables“ lýkožrouta smrkového na stojících a ležících stromech na modelovém území Horní Planá. 2009, ISBN: 978-80-213-1934-9; ISSN: N; Místo vydání: Praha; Název sboníku: COYOUS 2009 – Konference mladých vědeckých pracovníků; Počet stran: 8; Název nakladatele: Česká zemědělská universita v Praze, Fakulta lesnická a dřevařská; Datum zahájení: 24.3.2009; Místo konání: Praha; typ akce: CST; Strana od: 232; Strana do: 239.

MATOUŠEK, P. – NAKLÁDAL, O. Podtyp: Příspěvek ve sborníku (mimo kategorie RIV); Prostorová kompetice larev lýkožrouta smrkového (Ips typographus) jakožto limitující faktor jejich vývoje. 2009, ISBN: 978-80-213-1934-9; ISSN: N; Místo vydání: Praha; Název sboníku: COYOUS 2009 – Konference mladých vědeckých pracovníků; Počet stran: 8; Název nakladatele: Česká zemědělská universita v Praze, Fakulta lesnická a dřevařská; Datum zahájení: 24.3.2009; Místo konání: Praha; typ akce: CST; Strana od: 240; Strana do: 247.