

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta lesnická a dřevařská

Katedra ochrany lesa a entomologie



**Česká zemědělská
univerzita v Praze**

**Populační dynamika chrousta maďalového během
vývoje ponrav v gradační oblasti**

Bakalářská práce

Autor: Matouš Janča

Vedoucí práce: Mgr. Karolina Resnerová, Ph.D.

2022

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma „Populační dynamika chrousta maďalového během vývoje ponrav v gradační oblasti“ vypracoval samostatně pod vedením Mgr. Karoliny Resnerové Ph.D. a použil jen prameny, které uvádím v seznamu použitých zdrojů.

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

V Plzni dne.....

Matouš Janča. Podpis.....

Poděkování

Chtěl bych touto cestou poděkovat v první řadě vedoucí mojí práce Mgr. Karolině Resnerové Ph.D., za umožnění pracovat na takto zajímavém tématu, za její odborné vedení a za její ochotu mi poskytnout všechny potřebné pomůcky pro laboratorní práci. Také za její pomoc při získávání potřebných zdrojů, ze kterých jsem v práci čerpal. Děkuji za její trpělivost a laskavost. Dále bych chtěl poděkovat studentům, kteří mi pomohli s prací v terénu a podíleli se na kopání sond a získávání ponrav u kterých byla měřena velikost jejich těla a hlavové schránky. Rád bych také poděkoval mojí rodině, která mě ve studiu vždy plně podporovala a poskytla mi vhodné zázemí pro vyhotovení mojí práce. Díky směřuji i k mým přátelům, za jejich rady a podporu a v neposlední řadě mojí babičce, která mi poskytla velké množství vhodné odborné literatury pro mojí práci.

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Matouš Janča

Lesnictví
Lesnictví

Název práce

Populační dynamika chrousta maďalového během vývoje ponrav v gradační oblasti

Název anglicky

Population dynamics of the forest cockchafer during grub development in the outbreak area

Cíle práce

- popsat populační dynamiku *Melolontha hippocastani* na studované lokalitě
- vyhodnotit populační hustotu ponrav na základě měření a zařazení do instarů
- srovnat populační hustoty chrousta maďalového v různých porostech
-
- Metodika
- na jaře nebo na podzim budou vykopány půdní sondy o rozměrech 50x50 cm o hloubce 1 m na čtyřech plochách na lokalitě Oseček
- všechny získané ponravy budou poté fixovány v 70% etanolu
- v laboratoři budou proměřeny hlavové schránky chroustů odebraných z půdních sond včetně materiálu odebraného v předchozích letech
- mezi jednotlivými plochami budou srovnány početnosti ponrav v půdě a popsán vývoj jednotlivých stadií v čase
- statistická analýza bude provedena v programu STATISTICA 14

Harmonogram

podzim 2021 – půdní sondy a jejich analýza

prosinec – leden 2021 – laboratorní analýza, proměření hlavových schránek

leden-březen 2022 – předložení literární rešerše, zpracovaných dat a diskuse ke kontrole

Doporučený rozsah práce

35 stran včetně Příloh

Klíčová slova

Melolontha hippocastani; ponravy; instary; půdní sondy; kritický počet

Doporučené zdroje informací

- Kozel A.V., Zvereva E.L., Kozlov M.V. 2017. Impacts of root herbivory on seedlings of three species of boreal forest trees. *Applied Soil Ecology* 117: 203-207.
- Niemczyk M., Karwanski, M., Grzybowska U. 2017. Effect of Environmental Factors on Occurrence of Cockchafer (Melolontha spp.) in Forest Stands. *Baltic Forestry* 23: 334-341.
- Niemczyk M. 2015. Risk of the mass occurrence of cockchafer (Melolontha spp.) grubs in the ecotone of mature stands in Lubaczow Forest District. *Sylwan* 159:326-335.
- Skrzecz I., Sowińska A., Janiszewski W. 2014. Effects of botanical antifeedants on Melolontha melolontha grub feeding on Scots pine roots. *Folia Forestalia Polonica, series A* 56 (3): 135-140.
- Sukovata L., Jaworski T., Karolewski, P., Kolk A. 2015. The performance of Melolontha grubs on the roots of various plant species. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry* 39 (1): 107-116.
- Wagenhoff E., Blum R., Henke L., Delb H. 2015. Aerial spraying of NeemAzal (R)-T/S against the forest cockchafer (Melolontha hippocastani, Col.: Scarabaeidae) in South-West Germany: The effects of two field trials performed in 2007 and 2008 on local populations. *Journal of Plant Diseases and Protection* 122: 169-182.
- Woreta D. 2015. Control of cockchafer Melolontha spp. Grubs – A review of methods. *Folia Forestalia Polonica, series A* 57 (1): 33-41.
-

Předběžný termín obhajoby

2021/22 LS – FLD

Vedoucí práce

Mgr. Karolina Resnerová, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra ochrany lesa a entomologie

Elektronicky schváleno dne 7. 12. 2021

prof. Ing. Jaroslav Holuša,
Ph.D.

Vedoucí katedry

V Praze dne 06.04.2022

Elektronicky schváleno dne 1. 3. 2022

prof. Ing. Róbert Marušák, PhD.

Děkan

Abstrakt

Předložená bakalářská práce se zaměřuje na problematiku populační dynamiky chrousta maďalového (*Melolontha hippocastani*), který je společně s chroustem obecným (*Melolontha melolontha*) pravděpodobně jedním z nejznámějších a v současné době populačně rozvíjejících se fytofágních škůdců ve stadiu larvy i dospělé na území České republiky. Výzkum byl proveden v Polabí v okolí obce Oseček. Sleduje a popisuje vývoj chroustů v čase na studovaných lokalitách se zaměřením na ponravy, které byly postupně získávány z vykopaných sond. V literární rešerši se práce zaměřuje na taxonomii, základní charakteristiku a bionomii chroustů, dále na oblasti, které jsou nejvhodnější pro jejich optimální vývoj a na geografické rozšíření. Na metody, za jejichž pomocí je možné jeho populační dynamiku sledovat a na použitelné preventivní a obranné opatření, kterými je možné gradaci populační dynamiky zbrzdit.

To je stěžejní pro minimalizaci hospodářských škod, které tyto biotičtí škůdci způsobují. Zároveň je věnována pozornost alternativním možnostem využití dospělých jedinců v gastronomii a jejich kulturnímu, společenskému a hospodářskému významu. V další části práce je popsáno, jak probíhal terénní výzkum a jakých při něm bylo dosaženo výsledků. Lze konstatovat, že populační dynamika byla na sledovaných plochách zpomalena. V roce 2014, prvním roce výzkumu byly v půdě nacházeny kritické počty ponrav na 1 m² a v roce 2021 posledním roce výzkumu nebyly v půdě nalezeny téměř žádné ponravy. Vzhledem k tomu, že se jedná o oblast klimaticky i půdně vhodnou pro vývoj chroustů, tak i přestože byl zaznamenán pokles populační hustoty, je nadále nutné monitorovat tuto oblast, neboť hrozí stále nebezpečí populačních gradací i v budoucnosti.

Klíčová slova: *Melolontha hippocastani*, ponravy, instary, půdní sondy, kritický počet.

Abstract

The presented bachelor thesis is focused on the issue of population dynamics of *Melolontha hippocastani*, which is, together with the common cockchafer *Melolontha melolontha* probably one of the most known and currently developing phytophagous pests in the larval and adult stages in the Czech Republic. The research was carried out in the Elbe around the village of Oseček. It monitors and describes the development of cockchafers over time in the studied localities, focusing on white grubs, which were gradually obtained from soil probes. In the literature search, the work focuses on the taxonomy, essential characteristics and bionomy of cockchafers, and the most suitable areas for their optimal development and geographical distribution. On the methods by which it is possible to monitor its population dynamics and the applicable preventive and defensive measures by which is possible to slow down the outbreak of *Melolontha hippocastani*.

This is crucial for minimizing the economic damage caused by these biotic pests. At the same time, attention is focused on alternative possibilities of using adults in gastronomy and their cultural, social, and economic significance. The next part of the work describes how the field research took place and what results were achieved. It can be stated that the population dynamics were slowed down in the monitored areas. In 2014, the first year of research, critical numbers of white grubs per m² were found in the soil, and in 2021, almost no white grubs were found in the soil in the last year of research. Because this is an area climatically and soil suitable for the development of cockchafers, even though a decrease in population density has been recorded, it is still necessary to monitor this area, as there is a constant danger of outbreak in the future.

Key words: *Melolontha hippocastani*, white grubs, instars, soil probes, critical mass.

Obsah

1. Úvod	11
2. Cíl práce	14
3. Rešeršní část	15
3.1 Taxonomie.....	15
3.2 Morfologie imag.....	15
3.3 Morfologie ponrav.....	16
3.4 Vývojový cyklus.....	17
3.4.1 Stadium vajíček	18
3.4.2 Larvální stadium	19
3.4.3 Stadium kukly.....	20
3.4.5 Stadium dospělé.....	21
3.5 Škodlivost.....	22
3.6 Obranná opatření	24
3.6.1 Metoda kontroly ponrav	24
3.6.2 Chemické metody obrany	25
3.6.3 Mechanické a pěstební způsoby obrany	26
3.6.4 Biologické způsoby obrany	26
4. Metodika – statistické zpracování dat	28
5. Výsledky	31
5.1 Rok 2014	33
5.2 Rok 2015	36
5.3 Rok 2018	39
5.4 Rok 2021	41
6. Diskuze	43
7. Závěr	45
8. Reference.....	46

Seznam obrázků:

- Obrázek 1:** Chroust obecný, *Melolontha melolontha*. Vlevo (Křístek, Urban 2004).
- Obrázek 2:** Chroust maďalový *Melolontha hippocastani*. Vpravo (Křístek, Urban 2004).
- Obrázek 3:** Vývojový cyklus chrousta obecného (Holuša, Kapitola 2002).
- Obrázek 4:** Kopulace chrousta *Melolontha hippocastani*, Bzenec, 2015 (E. Kula).
- Obrázek 5:** Ponrava *Melolontha hippocastani* (E. Kula).
- Obrázek 6:** Vývojové stadium kukly (Matějík 2011).
- Obrázek 7:** Žír chrousta maďalového na Dubu červeném, Bzenec, 2015, (M. Mařáková).
- Obrázek 8:** Tvorba půdních sond, Oseček, 2021, (M. Janča).
- Obrázek 9:** Laboratorní práce (vlevo -ponravy určené k měření, vpravo - digitální průměrka) (M. Janča).
- Obrázek 10:** Označení půdních sond na mapě – letecký pohled dostupné z (Mapy.cz, 2022).
- Obrázek 11:** Srovnání počtu ponrav v půdních sondách mezi lety výzkumu. Boxplot tvoří průměr±směrodatná chyba, svorky znázorňují 2*směrodatnou odchylku.
- Obrázek 12:** Srovnání počtu ponrav v půdních sondách mezi lokalitami výzkumu v roce 2014. Boxplot tvoří průměr±směrodatná chyba, svorky znázorňují 2*směrodatnou odchylku.
- Obrázek 13:** Histogram četnosti šířky hlavových schránek ponrav chroustů v roce 2014.
- Obrázek 14:** Histogram četnosti délky těla ponrav chroustů v roce 2014.
- Obrázek 15:** Srovnání počtu ponrav v půdních sondách mezi lokalitami výzkumu v roce 2015. Boxplot tvoří průměr±směrodatná chyba, svorky znázorňují 2*směrodatnou odchylku.
- Obrázek 16:** Histogram četnosti šířky hlavových schránek ponrav chroustů v roce 2015.
- Obrázek 17:** Histogram četnosti délky těla ponrav chroustů v roce 2015.
- Obrázek 18:** Srovnání počtu ponrav v půdních sondách mezi lokalitami výzkumu v roce 2018. Boxplot tvoří průměr±směrodatná chyba, svorky znázorňují 2*směrodatnou odchylku.
- Obrázek 19:** Histogram četnosti šířky hlavových schránek ponrav chroustů v roce 2018.
- Obrázek 20:** Srovnání počtu ponrav v půdních sondách mezi lokalitami výzkumu v roce 2021. Boxplot tvoří průměr±směrodatná chyba, svorky znázorňují 2*směrodatnou odchylku.
- Obrázek 21:** Histogram četnosti šířky hlavových schránek ponrav chroustů v roce 2021.
- Obrázek 22:** Histogram četnosti délky těla ponrav chroustů v roce 2021.

Seznam tabulek:

Tabulka 1: Porovnání populační hustoty ponrav v půdě na studovaných lokalitách v jednotlivých letech.

Tabulka 2: Vícenásobné porovnání počtu ponrav v půdních sondách mezi lety výzkumu. Červeně jsou vyznačeny statisticky významné rozdíly p-hodnot.

Tabulka 3: Porovnání průměrných šířek hlavových schránek a délek těla u měřených ponrav. (SD = směrodatná odchylka).

Tabulka 4: Vícenásobné porovnání počtu ponrav v půdních sondách na jednotlivých lokalitách v roce 2014. Červeně jsou vyznačeny statisticky významné rozdíly p-hodnot.

Tabulka 5: Vícenásobné porovnání počtu ponrav v půdních sondách na jednotlivých lokalitách v roce 2018. Červeně jsou vyznačeny statisticky významné rozdíly p-hodnot.

1. Úvod

Lesní porosty svojí rozlohou pokrývají přibližně třetinu území našeho státu a představují nepochybnou část národního přírodního bohatství. Proto je obecným zájmem lesního hospodářství zabezpečit jejich stabilní vývoj, který vede k poskytování funkcí lesa, které jsou dle lesního zákona 289/1995 podmíněné existencí lesa. To ovšem znesnadňuje škodliví činitelé, kteří za určitých podmínek mohou významně ohrozit stabilní vývoj porostů nebo dokonce jejich existenci a plnění funkcí lesa.

Škodliví činitelé mohou být buď abiotického, nebo biotického původu. Největší škody jsou způsobovány abiotickými škodlivými činiteli (vítr, sucho, sníh, mráz). Z nichž odpovědnost za největší škody je připisována větru. Předložená práce se zaměřuje na škodlivé činitele biotického původu, kteří často působí škody současně vedle abiotických škodlivých činitelů a tím vznikají o to větší problémy v lesním hospodářství. Konkrétně se práce soustředí na chrousta maďalového a okrajově i na chrousta obecného, kteří se od sebe v mnohém liší, avšak jedná se o morfologicky i bionomicky podobné druhy, kteří při přemnožení dokáží působit opravdu velké škody. V poslední době pozorujeme obnovu některých tradičních gradačních oblastí chrousta maďalového, který je zástupcem hmyzu.

Obecně má hmyz velký význam v lesních ekosystémech a představuje jejich nezastupitelnou a významnou součást. Jedná se o živočichy s obrovským evolučním potenciálem, neboť má vynikající schopnost přizpůsobovat se nejrůznějším životním podmínkám a jeho adaptace na rychlé rozmnožování je též pozoruhodná. Velké množství hmyzích druhů se živí lesními dřevinami a způsobují rozsáhlá poškození na všech vývojových stádiích stromů. V některých případech to může vést až ke kalamitám, při kterých je ohrožena existence lesního prostředí. Proto je pro lesní hospodáře nezbytné výskyt hmyzích lesních škůdců neustále sledovat a případným hrozbám hospodářských škod zabránit (Křístek, Urban 2004). U chrousta maďalového se poškození koncentruje převážně v lesích, kde dokáže ohrozit stabilitu lesních porostů svými holožírky a jejich larvy označované jako ponravy, znemožňují obnovu lesa, a to jak přirozenou i umělou, protože napadají kořenový systém mladých stromů. Jeho škodlivost v lesním prostředí je opravdu velmi závažná (Wagenhoff et al. 2015). Obrana proti těmto škůdcům na našem území není jednoduchá, proto je důležité sledovat jejich populační dynamiku. Především pro účely vymezení oblastí, kde hrozí potenciální nebezpečí jejich zvýšené aktivity a k případnému přistoupení použití obranných opatření. Čím dříve se proti jejich gradaci začne bojovat, tím je větší šance na úspěšnou redukci jejich populační gradace a zajištění stabilního vývoje lesních prostředí.

Chrousti patří mezi škůdce, kteří se na území naší republiky vyskytovali i v dávné minulosti a pronikli do každodenního života lidí. Mají významný kulturní, společenský a hospodářský vliv. Dostali se například do oblasti umělecké nebo gastronomické. Vznikla o nich řada pohádek pro děti a také se s nimi setkáme na mnoha pohlednicích, poštovních známkách, nebo na obrazech. V různých lokalitách mají své slangové pojmenování (Babka, Kozák, Koza, Májová Koza, Kobza a další). Kratochvíl et al. (1953) uvádí, že otázka chroustů je tak stará jako lidstvo samo.

Záznamy o škodách působených chrousty pochází již ze středověku. Metody boje proti nim byly například prostřednictvím náboženských obřadů, při kterých byli chrousti proklínáni a prosilo se o jejich vyhnání jménem Boha (Keller 1986, Massard 2007). Dospělci chroustů způsobují defoliaci listnatých dřevin, jejímž následkem mohou být ztráty na přírůstu. Ponravy chroustů poškozují kořeny sazenic, což je považováno za závažnější problém, protože to většinou vede k buď okamžitému, nebo postupnému zničení sazenic a následně znemožňuje obnovu porostů (Zahradník 2014). Již v 19. a na počátku 20. století byli chrousti k nalezení v kuchařských knihách, ve kterých je k nalezení v receptech, jako potravina, ze které lze vyrábět sladké i slané pokrmy jako polévky, nebo dezerty (Zimmermann 2010). V dnešní době by se dali využít jako alternativní potravina nahrazující různé druhy masa, protože jsou bohatí na bílkoviny a zdravé tuky, navíc obsahují další důležité látky pro lidské tělo jako (aminokyseliny, minerály a chitin) (Škrabalová 2009). Vzhled těla dospělých brouků byl inspirací pro návrh a postavení automobilu „Maikäfer“ (chroust) – předchůdce automobilu, „Volkswagen Beetle“, návrháře Fernanda Porscheho (Metternich 2008). Přestože je činnost chroustů převážně škodlivá, tak jsou určité oblasti, ve kterých by mohli být užiteční. Protože mnohé druhy mohou někde škodit a jinde zase prospívat. Mohou sloužit jako hnojivo a ponravy, které jsou součástí edafonu našich půd, svým pohybem mění půdu na hrudkovitou strukturu. Jejich těla mohou být také využita k výkrmu prasat, drůbeže, ryb a ptáků (Kratochvíl et al. 1953).

V relativně nedávné minulosti byli chrousti rodu *Melolontha* odpovědní za významné škody v sadech, na polích, v lesních porostech, lesních školkách a ve vinohradech a jejich populační dynamika nabírala na síle. Se začátkem používání neselektivních insekticidů v padesátých letech 20. století, které nahradily dosavadní způsoby boje převážně setřásáním a následného sběru, byl zaznamenán jejich postupný úbytek, který v šedesátých až sedmdesátých letech 20. století, téměř vedl k jejich vymizení. Od poloviny 80 let 20. století

se opět obnovují tradiční gradační území chrousta obecného v Evropě. Chroust maďalový je vázán převážně na lesní biotopy nebyl zasažen tak výrazným poklesem početnosti. Vyskytuje se především v nížinných lesích, hlavně v mezernatých a dobře prosvětlených porostech (Holuša, Kapitola 2002). V České republice lze hovořit především o dvou hlavních gradačních územích, které se nacházejí v oblasti jihovýchodní Moravy a středních Čech v okolí řeky Labe. Především je pro ně vhodné mikroklima v teplých a písčítých oblastech (Muška 2001, Švestka, Kapitola 2004, Švestka 2006). Na rozdíl od chroustů obecných, kteří se nejčastěji vyskytují na polích a okrajích lesů a v hlinitých půdách, chroustům maďalovým vyhovují zmiňované písčité půdy, a to převážně v lesích (Holuša, Kapitola 2002). Proto je chroust maďalový považován za víc lesnický významný druh. Larvy chroustů, které jsou označovány jako „bílé ponravy“ (white grups), jsou na tyto lehké písčité půdy přizpůsobeny a pohybují se v nich vertikálním i horizontálním směrem vrtivými pohyby těla (Balthasar 1956). Jak larvy, tak dospělci jsou fytofágové a v důsledku jejich škodlivosti mají hospodářský význam a představují nebezpečí pro naše lesní prostředí (Kratochvíl et al. 1953).

2. Cíl práce

Cílem práce je sledování vývoje populační dynamiky chrousta maďalového v okolí Poděbrad, konkrétně poblíž obce Oseček, který se nachází v okolí řeky Labe. Tato lokalita je společně s jižní Moravou jedna ze dvou největších lokalit výskytu chrousta maďalového a poskytuje vhodné půdní a klimatické podmínky pro vývoj ponrav v půdě. Dále se práce zaměřuje na vyhodnocení populační hustoty ponrav na studované lokalitě a zařazení do instarů na základě měření šířky hlavových schránek a délky těla. Následně na srovnání populační hustoty chrousta maďalového v různých porostech v průběhu let, kdy probíhalo měření (2014–2021) a ověřením, zda vývoj pokračuje podle čtyřletých intervalů, kdy na konci každého intervalu nastává rojení dospělých brouků. Hlavní účel tohoto pozorování je posoudit, jak se populace chroustů na studovaných lokalitách vyvíjí, zda její početnost roste anebo klesá. To může pomoci při budoucím rozhodování, zda je vhodné použít povolené obranné prostředky pro částečnou eliminaci jejich dynamického rozvoje či nikoliv. To je důležité pro naplánování pěstebních a obranných opatření. Zároveň je práce zaměřena na přiblížení způsobu života chroustů a rozdílů mezi dvěma významnými druhy na území našeho státu.

3. Rešeršní část

3.1 Taxonomie

Systematicky zařadíme chrousta maďalového do: Animalia – Arthropoda – Insecta – Coleoptera – Polyphaga – Scarabaeidae – Melolonthinae – *Melolontha* – *Melolontha hippocastani*, Fabricius, 1801. Za lesnický významné u nás považujeme dva druhy chroust obecný *Melolontha melolontha* (Linnaeus, 1758) a chroust maďalový *Melolontha hippocastani* Fabricius 1801. Mezi další zástupce tohoto rodu řadíme: chroustek letní – *Amphimallon solstitiale* (Linnaeus, 1758), chroustek páskovaný – *Rhizotrogus aestivus* (Olivier, 1789), chroustek hnědý – *Serica brunnea* (Linnaeus, 1758), chroust mynařík – *Polyphylla fullo* (Linnaeus, 1758), listokaz zahradní – *Phyllopertha horticola* (Linnaeus, 1758), *Melolontha pectoralis* Megerle von Mühlefeld, 1812. Dospělci i larvy výše zmíněných působí obdobná poškození jako chrousti rodu *Melolontha* (Holuša, Kapitola 2002).

3.2 Morfologie imag

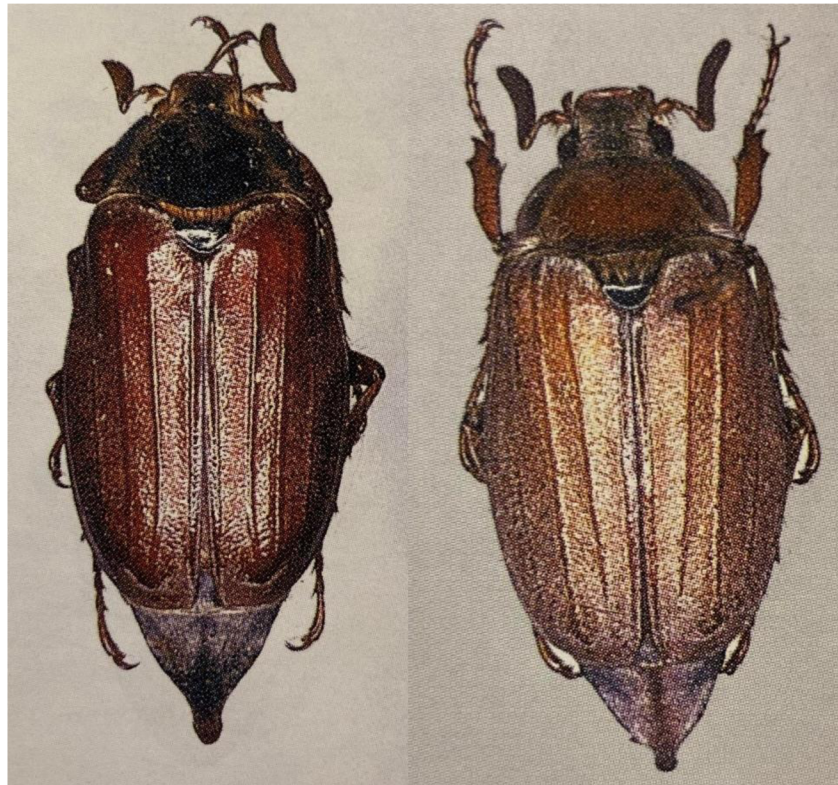
Jedním z předpokladů úspěšného boje proti škůdcům je jeho přesné druhové určení a poznání způsobu života. Za tímto účelem je důležité znát morfologii obou druhů, k jejich rozpoznání a rozlišení na druhy, a to ve všech stádiích vývoje (Kratochvíl et al. 1953). U chrousta obecného (Obr. 1) lze pozorovat velmi podobné morfologické znaky jako u chrousta maďalového (Obr. 2). Avšak narazíme na odlišnosti. Jsou poněkud menší velikosti než chroust obecný (Křístek, Urban 2004). Balthasar (1956) uvádí 22–26 mm a Kratochvíl et al. (1953) 20,5 – 29 mm. Zatímco u chrousta obecného je uváděna velikost dle Balthasar (1956) 20–30 mm a dle Kratochvíl et al. (1953) 22,5 -31,5 mm.

Chroust maďalový je výrazněji ochlupen a skoro celý hnědě zbarvený (Křístek, Urban 2004). Hlava na temeni je načernalá. Vnější kraje krovek, pygidium, postranní a spodní části těla jsou černé. Hrudní štít s jemnými důlky, je pokrytý hlavně po stranách hustými a světlými chloupky. Pohlavní dimorfismus není příliš výrazný. Samce od samic lze rozlišit na základě velikosti a počtu článků tykadlového vějířku a odlišnosti šířky pygidia. Pygidium má černou barvu a je velmi krátké a úzké, je postaveno téměř svisle. U samců je rozšířené v okrouhlý hrot. U samic nemusí být hrot znatelný. U samců je hrot znatelný poněkud výrazněji (Kratochvíl et al. 1953). U samců je vějířek na tykadlech skoro dvakrát větší než zbývající část tykadla a také znatelně větší než u je tomu u samic (Balthasar 1956). Na základě tvaru pygidia je možné bezpečně rozlišit i oba druhy chroustů. Chroust maďalový ho má oproti chroustu obecnému velmi krátké a náhle zúžené. Jeho zbarvení je podobné chroustu obecnému. Na těle se často vyskytují barevné odchylky je značně proměnlivé, zejména na končetinách,

štítu a pygidiu (Záruba 1956). Podle Kratochvíl et al. (1953) je zbarvení ještě proměnlivější než u chrousta obecného a kolísá od červené k černé.

Obrázek 1: Chroust obecný, *Melolontha melolontha*. Vlevo (Křístek, Urban 2004).

Obrázek 2: Chroust maďalový *Melolontha hippocastani*. Vpravo (Křístek, Urban 2004).



3.3 Morfologie ponrav

U ponrav je hlavová schránka u chrousta maďalového světlejší než u chrousta obecného, který jí má světle hnědou. Jednotlivá stadia ponrav lze rozlišit podle šířky hlavové schránky (Kratochvíl et al. 1953). Rozeznání jednotlivých druhů podle larev je podle Niklas (1974) možné prostřednictvím odlišnosti ventrální části zadečku. Podle Holuša, Kapitola (2002) rozpoznání jednotlivých druhů nelze na základě ponrav rozpoznat anebo podle Křístek, Urban (2004) jsou jen obtížně odlišitelné. Šířku hlavové schránky uvádí Křístek, Urban (2004) u prvního instaru 2,6 mm, u druhého instaru 4,2 mm a u třetího instaru 6,5 mm. Průměrné rozměry hlavových schránek dle jednotlivých instarů uvádí Holuša, Kapitola (2002) u prvního instaru 2,1–3,1 mm, u druhého instaru 3,7–5 mm a u třetího instaru 5,7–7,6 mm. Podle Křístek, Urban (2004) žírem ponrav chrousta maďalového jsou nejvíce postihovány smrkové a borové sazenice ve školkách a mladých výsadbách.

3.4 Vývojový cyklus

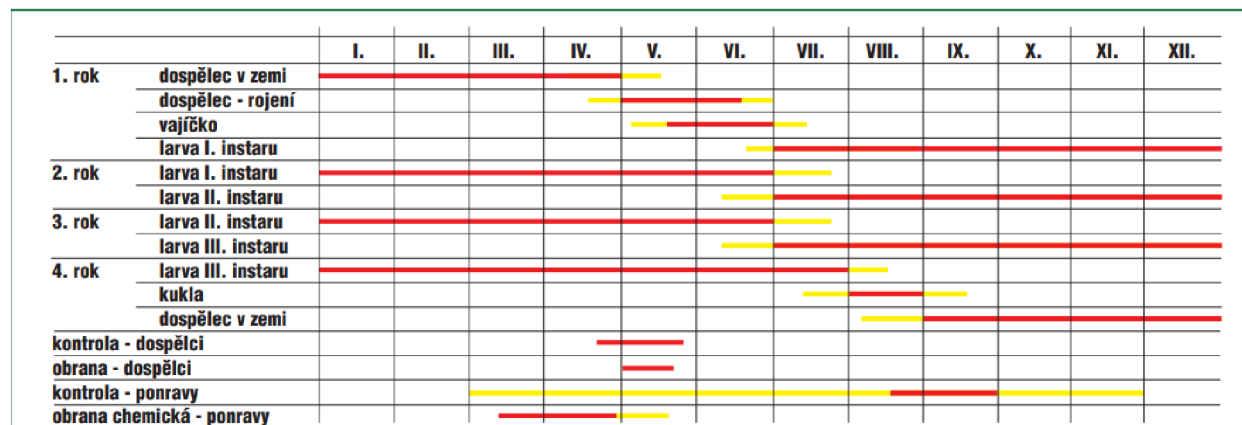
Vývojový cyklus u chrousta maďalového (Obr. 3) trvá na území naší republiky zpravidla 4 roky (Švestka 2012). Pro vývoj je příznačná jeho metamorfóza. Nejprve z vajíček vylézají larvy, které se nacházejí na mnohem nižším vývojovém stupni než dospělý brouk. Larvy hodně rychle rostou a žerou, protože potřebují ve svém těle shromáždit výživné a stavební látky pro svůj další vývoj. Jejich žír má zpravidla velmi negativní následky na kořenovém systému mladých stromků. Po určitém čase musí larvy svlékat krunýř z chitinové pokožky, protože ten neroste jako je tomu u jejich těla. Takto svlečená pokožka je označována jako exuvie. Po několika svlékáních, když larva nastřádá dostatek zásobních látek a dospěje, tak se promění v kuklu, která se následně promění v dospělého (Kratochvíl et al. 1953). Na Evropském území může vývojový cyklus trvat i 3 roky, nebo 5 let. Zpravidla, v místech, kde jsou optimálnější podmínky pro jeho vývoj, trvá kratší dobu. Délka vývoje je závislá především na nadmořské výšce, a tedy i teplotě vzduchu a půdy (Kratochvíl et al. 1953, Muška 1975, Schmid 2000). Obecně lze říct, že čtyřletý a pětiletý vývoj je běžnější v severněji položených území v Evropě a ponravy se vyvíjejí převážně v osluněné půdě (Christensen 1986, Vestergaard et al. 2000). V jižněji položených oblastech Evropy bývá tří a čtyřletý a ponravy se převážně vyvíjejí v půdě zastíněné (Bulmer 1977). Dle Kratochvíl et al. (1953) a Muška (1975) lze vymezit rozdělení populací s tříletým a čtyřletým vývojem podle průměrné teploty vzduchu 14 °C za vegetační období duben–září. V místech, kde teplota klesne pod průměrných 14 °C je zpravidla populace s čtyřletým vývojem a v teplejších oblastech populace s tříletým vývojem. Chroust maďalový se bionomicky od chrousta obecného v mnohém odlišuje rojí se o 1–2 týdny a zpravidla také jeho rojení končí dříve, většinou koncem května. U chrousta obecného to bývá až koncem června. Chroust maďalový je považován za mnohem stálejší druh, neboť se od místa vylíhnutí zpravidla nevzdaluje příliš daleko. Úživný žír je soustředěn v blízkosti místa vylíhnutí, při úživném žíru také dochází k páření (Obr. 4) a následně samice kladou vajíčka v blízkosti žirovišť. Do polí přiléhajících k lesům kladou jen při přemnožení. V České republice nemá souvislé rozšíření jako chroust obecný a je lépe adaptován na suché klima (Křístek, Urban 2004).

V případě, že se na určitém území vyskytuje populace chroustů po delší období, tak bývá označována jako kmen. Zpravidla mají kmeny svůj čtyřletý vývojový cyklus, na jehož konci dochází po postupném vývoji z vajíčka až po dospělého brouka k rojení. Je častým jevem, že se na některých lokalitách vyskytuje více kmenů zároveň. V tom případě může rojení probíhat dokonce i každý rok. Při nejsilnějším výskytu brouků se jedná o tzv. chroustí roky.

Ty nastávají, když dojde k rojení u nejpočetnějších kmenů a bývá při nich způsobeno nejvíce škod dospělými brouky (Holuša, Kapitola 2002).

Obrázek: 3 Vývojový cyklus chrousta obecného (Holuša, Kapitola 2002).

Vývojový diagram čtyřletého cyklu chrousta obecného a období kontrolních a obranných opatření



Obrázek 4: Kopulace chrousta *Melolontha hippocastani*, Bzenec, 2015 (E. Kula).



3.4.1 Stadium vajíček

Vajíčka chroustů je možné v půdě najít pohromadě v počtu 10–36 vajíček v období květen–červenec, mají bílou barvu, oválný tvar. Nejprve bývají velmi křehká a postupem času se jejich blána stává tužší (Kratochvíl et al. 1953). Velikost čerstvě po naklazení

je přibližně 2x3 mm (Záruba 1956). Kladení trvá přibližně 2–4 dny. Nacházejí se v hloubce od 10 do 40 cm. Hloubka, do které samice vajíčka kladou záleží na půdním typu a vlhkosti v půdě. Na písčitéch půdách jsou v menší hloubce a v tvrdších půdách hlouběji (Vogel 1950). Kladení lze rozdělit na několik etap. Při prvním kladení snůška obsahuje nejvíce vajíček. Probíhá po úživném žíru, který proběhne ihned po opuštění půdy a trvá 8–14 dnů (Kratochvíl et al. 1953). Následně probíhá druhý žír a kladení vajíček a pokud jsou optimální podmínky, tak nastane i třetí žír a poté opět kladení vajíček. Především z počátku jejich vývoje potřebují dostatek vlhkosti. Za normálních povětrnostních podmínek trvá zárodečný vývoj 6–7 týdnů. Do určité míry může být tato doba urychlena za podmínky vyšších teplot. Krátce před líhnutím je možné na vajíčkách sledovat prosvítající obrysy budoucích mladých ponrav (Záruba 1956). Vysoké teploty v době kladení vajíček, zapříčiňují vykladení většího počtu vajíček do stínu pod zapojené porosty, naopak za chladného počasí s podprůměrnými teplotami samičky vyhledávají plochy méně zastíněné (Švestka 2012).

3.4.2 Larvální stadium

Během čtyřletého vývoje ponrav (Obr. 5) se postupně vystřídají tři larvální instary. V průběhu vývoje se larva dvakrát svléká a po třetím svlékání se promění v kuklu. Prvním larválním stadiem se rozumí období (od vajíčka do prvního svlékání), za druhé larvální stadium se označuje (období mezi prvním a druhým svlékáním) a třetím larválním stadiem se rozumí období po druhém svlékání až po kuklu. Z vajíček, která byla nakladena v období duben–květen se vylíhnou ponravy prvního instaru v červnu – červenci (Kratochvíl et al. 1953). Pokud je teplota půdy nižší než 17 °C, tak se vývoj může prodloužit (Vogel 1955). O tom vypovídají pokusy (Thiema 1949) v laboratorních chovech, při kterých bylo pozorováno, že délka vývoje jednotlivých instarů ponrav je na teplotě významně závislá.

Ponravy mají bílé zbarvení, které se před kuklením mění v nažloutlé, tělo má tvar písmene C. Mohou dosahovat velikosti až 50 mm (Holuša, Kapitola 2002). Z počátku ponravy zůstávají pohromadě a živí se převážně humusovými součástkami v půdě a až později se pohybují v půdě za potravou (Kratochvíl et al. 1953). V zimním období přeruší žír a přesouvají se do větších hloubek v půdě. Při čtyřletém vývoji se v červnu – červenci dalšího roku ponravy I. instaru mění se na ponravy II. instaru, které ožirají jemné kořínky (Holuša, Kapitola 2002). Druhé svlékání probíhá opět v červnu – červenci dalšího roku a vzniklá ponrava třetího instaru se označuje za dospělou. Ta se kuklí na začátku léta čtvrtého roku. Ke konci léta se z kukly líhne dospělý brouk, který přečká na místě vylíhnutí zimu a na jaře se vyhrabává z půdy a vylétává (Kratochvíl et al. 1953).

Obrázek 5: Ponrava *Melolontha hippocastani* (E. Kula).



3.4.3 Stadium kukly

Stadium kukly (Obr. 6) trvá jen 3–4 týdny. Před kuklením ponravy zpravidla zalézají do větších hloubek. Důvod proč to dělají zatím není zjištěn, ale určitý význam zde má půdní typ, respektive kvalita a povaha půdy. V místě kuklení zhotovují oválnou dutinku s upěchovanými stěnami (Kratochvíl et al. 1953). Na ponravách je možné těsně před kuklením pozorovat změnu tvaru. Narovnávají se a ztrácejí charakteristický tvar písmene C. Proběhne poslední svlékání a vzniká z nich kukla. Kuklení nastává zpravidla v období července až srpna. Kukly mají žlutavé zbarvení a jsou na nich patrné orgány dospělého brouka. Pohlaví je možné nejlépe určit na základě velikosti pouzder tykadel, jejich velikost u samců výrazně převyšuje velikost pouzder tykadel u samic, podobně jako je tomu u dospělých brouků. Následně koncem srpna a v září se z kukel líhnou zatím měkkí a bílí brouci, kteří zůstávají v půdě, kde se postupně vybarvují a tvrdnou, v následujícím roce v březnu a dubnu se vyhrabávají z půdy a ke konci dubna a v květnu vylétávají k úživnému žíru (Záruba 1956).

Obrázek 6: Vývojové stadium kukly (Matějík 2011).



3.4.5 Stadium dospělce

Dospělý brouk se vylíhne z kukly na konci léta. Na stejném místě zůstává i přes zimu a až příštího roku na jaře se vyhrabává k povrchu. V zemi vyčkávají na příhodné podmínky pro začátek rojení. Občas jsou patrné otvory, kterými vylezl na povrch a dá se na jejich základě posoudit jeho populační hustota. Rojení je hodně ovlivňováno počasím. Pokud jsou nízké teploty a je deštivo, tak většinou dochází k přerušení rojení a teprve když se opět oteplí, tak může pokračovat. Na rozdíl od chrousta obecného, žír chrousta maďalového nikdy neprobíhá příliš daleko od místa, kde došlo k vylíhnutí a úživný žír je soustředěn na nejbližší stromy v okolí (Holuša, Kapitola 2002).

Žír trvá v rozmezí 8–14 dní (Feddersen 1920 in Kratochvíl et al. 1953) a během něho dochází ke kopulaci. Následně samice kladou vajíčka v okolí žíru. U nás období žíru probíhá od poloviny dubna do začátku května. Počátek rojení je závislý jak na druhu brouka, tak na pohlaví. Ačkoliv to nemusí být pravidlem, tak chroust maďalový rojení začíná většinou o 14 dní dříve než chroust obecný a zároveň rojení také dříve ukončuje, často už koncem května, mezitím rojení chrousta obecného může trvat až do konce června. Nejprve z půdy vylézají samci a až poté samice poměr pohlaví je 2:1 ve prospěch samců až poté samice. V době kulminace rojení se poměr pohlaví chroustů ve vzduchu vyrovnává. Pokud je počasí stálé, tak rojení chroustů kopíruje vzestupnou křivku, která pozvolna stoupá a po dosažení kulminace

začne pozvolna klesat. Nízké teploty a déšť jsou ale pro rojení překážkou a mohou být příčinou jeho přerušení. Chrousti zalézají zpátky do země a rojení znovu pokračuje až se počasí ustálí (Kratochvíl et al. 1953).

3.5 Škodlivost

Hospodářské škody, které mají na svědomí tyto biotičtí škůdci je třeba rozdělit do dvou odlišných skupin: na škody způsobené dospělými chrousty a na škody způsobené ponravami. Za mnohem závažnější jsou považovány škody ponrav, a to i pokud se jich v půdě nevyskytuje zvláště velké množství. Především díky tomu, že doba, kdy v půdě působí škody svým žírem je delší než u dospělých brouků (asi 37 týdnů), zatímco u dospělých jedinců hospodářsky významný žír trvá (4–5 týdnů). Z toho plyne, že doba žíru ponrav je téměř 8krát delší (Kratochvíl et al. 1953).

Na rozdíl od ponrav, imaga škodí jen na nadzemních částech rostlin. U imag chrousta maďalového úživný žír dle Feddersen (1896) začíná nejčastěji na rašící bříze a následně na dubu, buku, osice a později i na dalších listnatých stromech, včetně ovocných stromů. Někteří autoři dokonce uvádí jeho oblibu na některých ovocných stromech. Dle Taschenbrg (1874) vyhledává úživný žír na švestkách a podle Nördlingera (1882) vyhledává i jabloně, švestky vinou révu, jírovec, ořešák, růži. Také je možné úživný žír pozorovat na jehličnatých dřevinách, jedlí, smrku, modřinu a borovici (Kratochvíl et al. 1953). Neměl by zůstat opomenut dub červený, který se dle Kula et. al (2021) řadí mezi nejatraktivnější dřeviny (Obr. 7). Za kritérium atraktivnosti je označen obsah cukrů a dusíků v dřevině, čím je vyšší, tím může být dřevina pro chrousty atraktivnější (Gottschalk 1957). Kratochvíl et al. (1953) uvádí, že pořadí preferovaných dřevin je dub, dále habr, bříza, modřín. Jedná se tedy opravdu o značně polyfágní druh, který využívá k žírům velké množství druhů dřevin. O hospodářsky významných škodách u dospělých brouků mluvíme až při přemnožení chroustů a jejich koncentraci na jednom místě, pokud se vyskytují v malém počtu, tak jsou jejich škody zanedbatelné.

Míra poškození je odvislá od toho, jaký druh chrousta provádí žír, dále počtu kmenů žijících v okolí, přičemž větší počet přináší častější žíry ponrav i imag a na délce vývojového cyklu – čím je kratší, tím jsou žíry častější. Defoliace, která je způsobena imagy, většinou nedopadne pro dospělé porosty fatálně, přestože vede ke snížení přírůstu. Škody na stromech, které vzniknou působením brouků jsou závislé na průběhu počasí. Pokud je v daném období dostatek vody, stromy dokážou obnovit svůj asimilační aparát s odpovídající ztrátou na přírůstu.

Obrázek 7: Žír chrousta maďalového na Dubu červeném, Bzenec, 2015, (M. Mařáková).



Žíry ponrav představují větší riziko, zvláště při současném působení dalších stresových faktorů (sucho, imise, zvěř) (Rohde 1996 b). Jejich žír devastuje kořeny sazenic, odrůstajících kultur, a dokonce i kořeny vzrostlých stromů a zvláště pokud se žír opakuje, tak způsobuje velké ztráty v lesních porostech. Obecně ohrožují porosty ve věku 1–10 let (Záruba 1956, Švestka, Kapitola 2004). Velké riziko představují zalesněné paseky, které vznikly 2-3 roky po rojení po vytěžení mýtních porostů. Protože ponravy závažné škody způsobují od druhého larválního instaru (Liška 2014). Zatímco ponravy prvního instaru zůstávají seskupeny a vystačí si s humusovými částicemi, jako zdrojem obživy (Schuch 1935). Ponravy jsou stejně jako brouci silně polyfágní. Konzumují jakékoliv kořínky lesních dřevin, keřů, bylin i travin (Kratochvíl et al. 1953).

Ponravám chrousta nejvíce vyhovují borové porosty rostlé na píscích, s příměsí listnáčů. (Delb, Mattes 2001) a ukázalo se, že nejvhodnějším zdrojem výživy pro ponravy je *Taraxacum officinale* (pampeliška lékařská), a to pro všechny tři instary (Haus 1975).

Žír ponrav má charakteristické znaky. Sazenice, které byly napadeny žírem ponrav prvního instaru většinou bývají zbaveny téměř všech vlasových kořínků a na mohutnějších kořenech bývá ohryzána kůra. Ponravy třetího instaru se naopak soustředí na silnější kořeny a napadají sazenice od spodní části hlavního kořene, který svým žírem poškozují až ke kořenovému krčku až zůstane jen krátký okousaný pahýl. Žír ponrav druhého instaru představuje přechod mezi výše zmiňovanými poškozeními a občas bývá ukusován hlavní kořen, avšak častěji, především pokud jsou sazenice silnější, tak uhryzávají pouze

postranní kořinky a na silnějších kořenech ohryzají kůru, případně i část dřevní části (Záruba 1956). Na našem území jsou škody ponrav nejvíce pozorovány v Polabí a na Moravě. Významné škody také uvádí sousední země Polsko, Německo a Slovensko. V Polsku bylo v roce 2014 zasaženo území o velikosti 30 000 ha (Liška 2014).

3.6 Obranná opatření

Základním předpokladem pro efektivní obranu proti chroustům představuje včasné odhalení škodlivých činitelů a následné zvolení vhodných obranných a pěstebních opatření. Jako nejefektivnější se ukázaly chemické metody obrany. Používání insekticidní přípravků však často naráží na překážky a není povolováno orgány ochrany přírody. Zvláště významnou překážkou chemického zásahu jsou území, kde se nachází Natura 2000 nebo ptačí oblasti vyhlášené podle evropské směrnice č. 79/409/EHS o ochraně volně žijících ptáků (Kula et al. 2021). Cílem je uskutečnit obranná opatření takovým způsobem a v takovém rozsahu, aby se populační hustota škůdců snížila pod práh hospodářské škodlivosti. Od snahy úplného vyhubení škůdců se upouští. Zároveň je důležité neposuzovat škůdce izolovaně, protože společně se svými přirozenými nepřáteli a ostatními druhy, které se vykytují v společném životním prostředí vytvářejí vztahový komplex a jakékoliv obranné opatření by tento vztahový komplex nemělo výrazně ovlivnit (Švestka 1998).

Splnění těchto předpokladů může vést k ušetření nemalých finančních prostředků v lesním hospodaření. Obranná opatření lze rozdělit do čtyř skupin na chemické pěstební a mechanické a biologické. Pro včasné odhalení kritických počtů je důležitá kontrola dospělých jedinců a ponrav. U ponrav se kritický počet zjišťuje pomocí půdních sond a u dospělců pomocí světelných lapačů, pastmi s feromonovou návnadou anebo sklepáváním z korun stromů. Jejich populační dynamiku ovlivňují faktory jako půdní, klimatické podmínky a přirození nepřátelé u všech vývojových stadií, především (ptáci, savci) (Kratochvíl et al. 1953).

3.6.1 Metoda kontroly ponrav

Počty ponrav jsou kontrolovány pomocí půdních sond, které se dají označit jako vertikální průřez půdou od jejího povrchu, do určité hloubky, která může být různá. Sondy by měly být kopány v období srpna – září s rozměry 1x1 m a hloubkou 50 cm, která by v případě pozdějšího termínu vyhotovení sond měla být hlubší – až do hloubky 1 m, díky pohybu ponrav, které zalézají při snížení teploty půdy do větších hloubek. Sond by mělo být vyhotoveno přibližně 5 kusů na 1 hektar. Pokud je nalezen kritický počet, pod kterým rozumíme takový počet, při kterém by ponravy zničily všechny sazenice na 1m², tak je na zvážení, jestli přistoupit

na použití obranného zásahu a zároveň není na tomto území vhodné vysazovat sazenice. Ve školkách jsou kritické počty uváděny 0,5 ks ponrav třetího instaru na 1 m², 1 ks ponrav na 1 m² u druhého instaru a 2 ks na 1 m² u prvního instaru. V mladých kulturách 1 ks na 1 m² u třetího instaru, 2 ks na 1 m² u druhého instaru a 4 ks na 1 m² u prvního instaru. Ve starších kulturách jsou uváděny přibližně dvojnásobné hodnoty (Holuša, Kapitola 2002).

3.6.2 Chemické metody obrany

Použití chemických obranných prostředků je velmi efektivním způsobem boje proti chroustům. Nedostatkem této obranné metody je, že necílí pouze na chrousty, ale i na ostatní organismy, což není žádoucí a v současnosti to není povoleno (Liška 2014). V minulosti byly proti dospělcům i larvám použity (DDT a HCH). Látky se ukázaly jako vysoce efektivní a pravděpodobně téměř vedly k vyhubení chroustů (Kratochvíl et al. 1953). Jejich aplikace se stala populární v období po druhé světové válce (Woreta 2015). Na používání insekticidů se ale v dnešní době díky jejich nežádoucím negativním dopadům pohlíží zdrženlivě až negativně a orgány ochrany přírody je v posledních letech zamítají. Tomu tak bylo i po leteckém zásahu v roce 2003 na jižní Moravě, kdy se populace významně redukovala. V následujících letech už letecký zásah nebyl povolen a populace opět gradovala.

Je prokázáno, že pokud jsou letecké zásahy správně načasovány, tak významně zpomalí gradaci populační dynamiky chrousta maďalového. Používají se přípravky na bázi syntetických pyrethroidů.

Používání chemických prostředků proti ponravám se jeví jako problematické vůči přírodnímu prostředí, a navíc nebývá dostatečně efektivní, především proti ponravám prvního a druhého instaru. V případech, kdy jsou zjištěny kritické počty ponrav při kontrolních metodách pomocí půdních sond nebo jiných odůvodněných případech je možné přistoupit k aplikaci granulového insekticidního přípravku. Aplikace probíhá jeho vysypáním do jamky pod každou sazenici při zalesňování anebo vpravením do půdy, k již zakořeněným sazenicím. Tyto přípravky jsou nejefektivnější proti ponravám prvního instaru, naopak ponravy vyšších instarů jsou vůči těmto přípravkům celkem odolné. Dalším nedostatkem je, že jejich reziduální účinnost přípravků je omezena na jednu vegetační sezonu; vzhledem k tomu ponravy, které v roce aplikace nebyly zasaženy a přežou k sazenicím až v roce následujícím, již nebudou přípravkem ohroženy (Holuša, Kapitola 2002).

3.6.3 Mechanické a pěstební způsoby obrany

Efektivním způsobem mechanické obrany proti chroustům je celoplošná příprava půdy a hluboká orba rok před zalesněním, která mechanicky poškozuje ponravy, případně je přemístí na povrch půdy, kde se stávají kořistí predátorů, převážně savců a ptáků anebo umírají vlivem nepříznivých podmínek – převážně sucha. Výhodou oproti chemickým zásahům je, že se jedná o k přírodě šetrnou metodu. Dalším možným způsobem obrany v lesních školkách je pokládání velkých sítí s drobnými oky v období před rojením až po jeho skončení. Sítě zamezí samicím, které se ještě nacházejí v půdě, aby se z ní dostaly a díky tomu nemohou vykonat úživný žír a naopak samice, které se nacházejí volně v přírodě nemohou do půdy pokryté sítěmi naklást vajíčka. Dále se doporučuje udržovat černý úhor během jedné vegetační sezony před zalesněním a provádět orbu do hloubky přibližně 15–20 cm. Tím dojde k odstranění rostlin a buřeně z půdy a sníží se spektrum atraktivní potravy pro ponravy a zároveň pro ty, které se nacházejí v menší budou přesunuty na povrch půdy, nebo budou zahubeny při mechanickém poškození jejich těla orbou. Nebo naopak lze využít jako možnost obrany ponechávání buřeně v kulturách, pokud možno v co největší míře, protože tím se snižuje tlak ponrav na sazenice. Jako další možnosti lze zmínit: vysazování většího počtu sazenic, u kterých bude kladen důraz na výběr pouze těch, které mají dobře vyvinutý kořenový systém (Holuša, Kapitola 2002).

3.6.4 Biologické způsoby obrany

Do této kapitoly lze zařadit přirozené nepřátele chroustů, ačkoliv jejich účinnost v boji proti chroustům není nijak zvlášť významná. Dle Kratochvíl et al. (1953) se jedná o divoká prasata a krtky, kteří konzumují převážně ponravy prvního instaru. Naopak prasata vyhledávají převážně ponravy třetího instaru, ale vzhledem k tomu že ryjí pouze na povrchu půdy, tak se často nedostanou k ponravám, které se nacházejí ve větší hloubce. Z ostatních savců lze zmínit veverky, lišky, ježky, kuny, tchoře a lasice. Ti však imaga a ponravy konzumují pouze příležitostně. Významní nepřátelé dle Kratochvíl et al. (1953) jsou ptáci. Ti mohou být efektivní především při současném využití hluboké orby, kdy se ponravy, které se dostanou na povrch půdy stávají jejich snadným cílem (Holuša, Kapitola 2002). Z ptáků jsou za nejvýznamnější hubitele chroustů i ponrav považováni rackové. Zároveň vrány, havrani a kavky jsou odpovědné za konzumaci značného množství ponrav. Dále patří na jídelníček strak, sojek, špačků, řuháků, káňat, volavek, kachen nebo poštolek. Mezi další nepřátele chroustů lze zařadit i bakteriální patogeny, jedná hlavně o *Bacillus septicus insectorum* Krass. (vajíčka, dospělci) a *B. popilliae* Dutky (ponravy). K nejdůležitějším houbovým patogenům infikujících vajíčka, ponravy, kukly i dospělé patří *Beauveria bassiana* (Bals.)

a *Beauveria brongniartii* (Sacc.) (= *B. tenella* (Delacr.) Siem. = *B. densa* Pic.), dále houby rodu *Metarhizium*, *Paecilomyces* ad. Z dalších mikroorganismů je významná např. *Rickettsiella melolonthae* (Krieg) Philip (především na ponravách). Z háďátek parazitujících na ponravách lze uvést např. rod *Heterorhabditis*. Z hmyzích parazitoidů ponrav se nejvíce uplatňují kuklicovití (Tachinidae) (Holuša, Kapitola 2002).

Další alternativní metodou obrany širokou veřejností málo známou, avšak dle mého názoru velmi perspektivní, je zařazení chroustů do jídelníčku člověka. Chrousti sice jsou k nalezení v různých receptech a někteří lidé je konzumují. V minulosti byli konzumováni nebo poskytováni jako krmivo pro zvířata.

Ovšem v porovnání s ostatním světadíly, jako například Afrika, nebo Asie, kde je obecně hmyz oblíbenou pochoutkou, se v České republice zatím konzumace hmyzu moc neuchytila a moc se o ní nemluví. V celosvětovém měřítku se tématu konzumace hmyzu dostává mnohem větší pozornosti kromě Evropy a Severní Ameriky. Hmyz obecně je potravina bohatá na živiny a minerály: Chrousti například obsahují chitin, který má mimo jiné využití v lékařství. V poslední době se potraviny vyrobené z hmyzu uchytily ve světě fitness, díky jeho bohatosti na bílkoviny a zdravé tuky, které obsahují omega 3 nenasycené mastné kyseliny, které jsou obsaženy v rybách a z tohoto hlediska lze ryby, které jsou veřejností považovány za zdravou potravinu můžeme porovnávat s hmyzem. V souvislosti s tím jedna agentura zveřejnila výsledky průzkumu o tom, v které zemi jsou nejšťastnější děti. Z pozorování vyplynulo, že nejvíc se smějí mladí Japonci. Původcem jejich štěstí je údajně vysoká konzumace ryb, které obsahují nenasycené omega tři mastné kyseliny. Stejně složení těchto kyselin má právě i hmyz (Škrabalová 2009).

Nevýhodou u konzumace chroustů je to, že na rozdíl od ostatních druhů hmyzu, kteří se mohou účelem konzumace i chovat, tak chrousti, kteří se nacházejí ve volné přírodě jako škůdci a nikdo je primárně za účelem konzumace nechová, mohou svým žírem narazit na jakékoliv možné nebezpečné látky vyskytující se ve volné přírodě. To může být obzvlášť nebezpečné, pokud jsou chemicky ošetřené a pro člověka je jistým rizikem je konzumovat. Proto je na tuto metodu obrany nutno hledět s rezervou. Pravděpodobně by k častější konzumaci chroustů jako tomu bylo v minulosti došlo až při extrémním přemnožení a tomu se snažíme zabránit převážně výše zmiňovanými a již osvědčenými metodami. Navíc lidé v Evropě upřednostňují jiné druhy pochutin a konzumace hmyzu je zde tabu. Občas považována i jako neetická.

4. Metodika – statistické zpracování dat

Průzkum probíhal na čtyřech lokalitách označených jako: (kmenovina - 50.1053708N, 15.1332700E), (mlazina - 50,1096236N, 15.1290428E), (borovice –50.1096236N, 15.1290428E), (dub - 50.1090403N, 15.1278103E).

Lokality byly takto označeny podle druhu dřeviny a stadia vývoje ve kterém se nachází. Na lokalitě kmenovina byly borovice staré (110 let). Na lokalitě mlazina byly borovice ve stáří (20 let). Na lokalitě borovice se nacházela borová tyčovina stará (40 let) a na lokalitě dub se nacházely duby přibližného stáří (35 let). V průběhu let 2014–2021 byly vždy na jaře, nebo na podzim vykopány půdní sondy (Obr. 8) v blízkosti obce Oseček nedaleko města Poděbrady, přibližně 5 km jihovýchodním směrem. Jedná se o území v okolí řeky Labe, které je zároveň s jižní Moravou považováno za lokalitu s nejpočetnější populací chrousta maďalového a populace chroustů je zde pravidelně sledována. Konkrétně byly sondy vyhotoveny v datech 16.4., 29.4, a 16.5. 2014., 22.4. 2015., 16 a 15.4. 2018. a 23.10. 2021.

K vykopání sond byla použita vojenská lopatka a měly rozměry 50x50 cm a hloubku 50 cm. Jejich vykopání nebylo nijak zvlášť náročné díky pisečnému podloží, které se nacházelo na všech lokalitách. Ze sond byly postupně vybírány nalezené ponravy a ukládány do lahvíček s 70 % ethanolem, kde byly fixovány a uschovány v laboratoři České zemědělské univerzity v Praze. Všechna data, která byla získána v terénu byla následně přepsána a upravena v programu Microsoft Excel 2021 v laboratoři na České zemědělské univerzitě, kde byla k měření tloušťky hlavových schránek a délky těla ponrav použita elektronická průměrka (Obr. 9). Výzkumné plochy jsou vyznačeny níže na (Obr. 10). Na základě naměřených hodnot byly zařazeny do jednotlivých instarů. Mezi jednotlivými plochami byly srovnány početnosti ponrav v půdě a popsán vývoj jednotlivých stadií v čase. Následná statistická analýza a grafické zpracování výsledků bylo provedeno v programu STATISTICA 14. Porovnání počtu ponrav v půdních sondách na jednotlivých lokalitách a mezi lety bylo testováno s použitím mnohonásobného Kruskal-Wallisova testu. Analýzy normality dat šířky hlavových schránek a délky těla byla hodnocena Shapiro-Wilkovým testem.

Obrázek 8: Tvorba půdních sond Oseček, 2021, (M. Janča).



Obrázek 9: Laboratorní práce (vlevo -ponravy určené k měření, vpravo - digitální průměrka) (M. Janča).



Obrázek: 10 Označení půdních sond na mapě – letecký pohled dostupné z (Mapy.cz, 2022).



5. Výsledky

Během let 2014–2021 bylo na studovaných lokalitách dohromady vykopáno 1649 půdních sond a nalezeno 688 ponrav. Na základě vykopaných sond lze konstatovat, že čtyřletý vývoj probíhá dle předpokládaného průběhu, kdy v roce 2012 proběhlo rojení a následně se v letech 2013 v půdě nacházely ponravy prvního instaru, 2014 ponravy druhého instaru, 2015 ponravy třetího instaru, 2016 opět proběhlo rojení a opět se opakoval cyklus a v letech 2017 byly v půdě ponravy prvního instaru, 2018 ponravy druhého instaru, 2019 ponravy třetího instaru a 2020 proběhlo rojení, po kterém v roce 2021 byly v půdě ponravy prvního instaru.

Statisticky signifikantně byly počty ponrav v půdních sondách nižší v letech 2018 a 2021 ve srovnání s rokem 2014 (Tabulka 1,2, Obr.11). Mezi dalšími lety rozdíly signifikantní nebyly, lze tedy konstatovat, že populační hustota chrousta maďalového na všech sledovaných lokalitách klesá, oproti minulým letem, kdy zde docházelo ke gradaci populační dynamiky (Obr. 11). V roce 2014 byly dokonce nalezeny kritické počty ponrav na 1m². Pravidelně v průběhu celého období výzkumu byl nacházen velký počet ponrav na lokalitě dub, až na rok 2021, kdy zde bylo nalezeno pouze 5 ponrav. Jednalo se ale o jedinou lokalitu, kde byly v tomto roce vůbec nalezeny. Zároveň byla pozorována vyšší populační hustota na lokalitě borovice.

Tabulka 1: Porovnání populační hustoty ponrav v půdě na studovaných lokalitách v jednotlivých letech.

rok	datum	lokalita	počet sond	počet chroustů	průměr na m ²	průměr na sondu/ ± směrodatná odchylka
2014	29.IV	mlazina	16	1	0,4	0,1±0,242061
2014	29.IV	kmenovina	34	9	1,04	0,26±1,037781
2014	29.IV	borovice	32	54	6,76	1,69±2,90944
2014	29.IV	dub	16	8	2	0,5±0,612392
2014	16.IV	mlazina	18	29	6,44	1,61±3,561193
2014	16.IV	kmenovina	185	30	0,64	0,16±0,496036
2014	16.IV	borovice	186	21	0,44	0,11±0-392369
2014	16.IV	dub	184	163	3,44	0,86±2,343589
2014	16.V	mlazina	20	0	0	0±0
2014	16.V	kmenovina	50	21	1,68	0,42±0,918447
2014	16.V	borovice	50	117	9,36	2,34±3,03717
2014	16.V	dub	70	105	6	1,5±1,662614
2015	22.IV	mlazina	117	13	0,44	0,11±0,340381
2015	22.IV	kmenovia	113	31	1,08	0,27±0,719486
2015	22.IV	borovice	116	33	1,12	0,28±0,569442
2015	22.IV	dub	112	20	0,72	0,18±0,485767
2018	15.IV	mlazina	36	0	0	0±0
2018	15.IV	kmenovina	60	18	1,2	0,3±0,453382
2018	15.IV	borovice	78	13	0,68	0,17±0,1125
2018	15.IV	dub	68	36	2,1	0,53±0,32219
2021	23.X	mlazina	22	0	0	0±0
2021	23.X	kmenovina	22	0	0	0±0
2021	23.X	borovice	22	0	0	0±0
2021	23.X	dub	22	5	0,92	0,23±0,669587

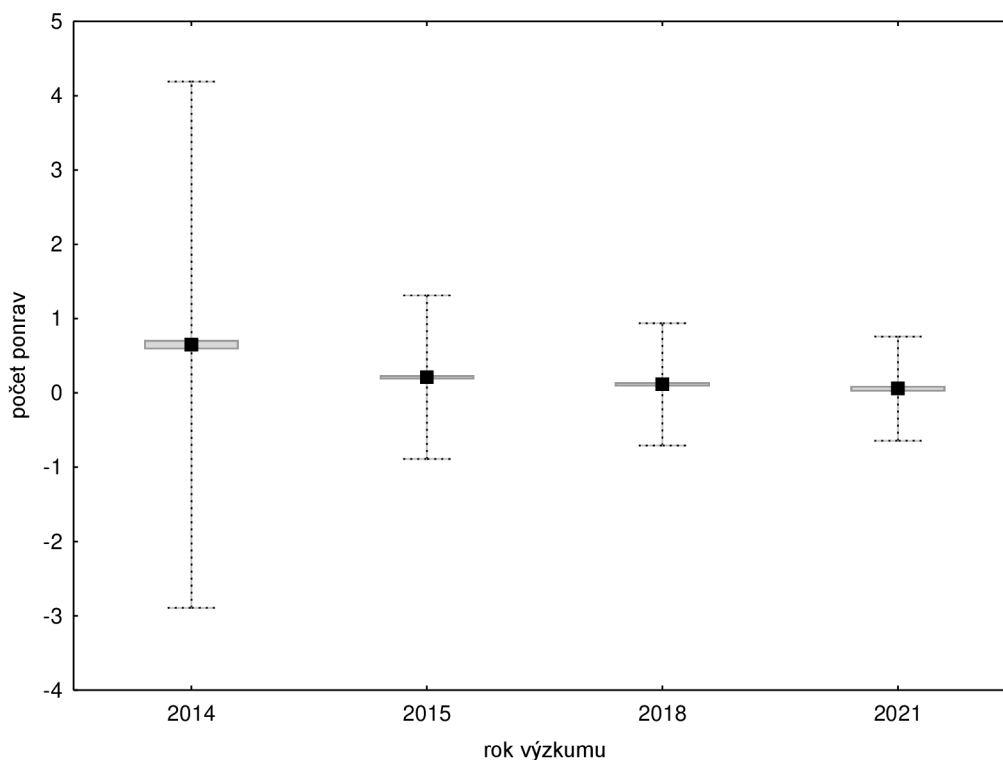
Tabulka 2: Vícenásobné porovnání počtu ponrav v půdních sondách mezi lety výzkumu. Červeně jsou vyznačeny statisticky významné rozdíly p-hodnot.

Závislá: počet	Vícenásobné porovnání p hodnot (oboustr.); počet (Tabulka dat13) Nezávislá (grupovací) proměnná : lokalita Kruskal-Wallisův test: $H(3, N=861) = 34,40388$ $p = ,0000$			
	borovice R:434,18	dub R:477,57	kmenovina R:387,98	mlazina R:396,70
borovice		0,258150	0,188180	1,000000
dub	0,258150		0,000174	0,174999
kmenovina	0,188180	0,000174		1,000000
mlazina	1,000000	0,174999	1,000000	

Tabulka 3: Porovnání průměrných šířek hlavových schránek a délek těla u měřených ponrav. (SD = směrodatná odchylka).

rok	2014	2015	2018	2021
počet ponrav (kus)	536	79	67	5
průměr hlavové schránky (mm)± SD	3,96±0,256329	6,27±0,37014	3,31±0,946036	3,1±0,781931
průměrná délka(cm) ± SD	23±3,276632	27±3,022535	neměřeno	10,2±2,039608

Obrázek 11: Srovnání počtu ponrav v půdních sondách mezi lety výzkumu. Boxplot tvoří průměr±směrodatná chyba, svorky znázorňují 2*směrodatnou odchylku.



Průměry šířky hlavových schránek odpovídaly průměrným hodnotám pro jednotlivé larvální instary (Tabulka 3).

Počet vykopaných půdních sond a v nich nalezených ponrav pro jednotlivé roky je popsán níže, vždy pro daný rok. Stejně je tomu i u průměru šířky hlavových schránek a délky těl.

5.1 Rok 2014

V roce 2014 bylo celkem vykopáno 861 půdních sond, ve kterých bylo nalezeno celkem 558 ponrav. Ponravy se nacházely ve druhém instaru larválního vývoje. Průměrný počet ponrav na sondu na všech studovaných územích (0,62 ponrav/sonda; 2,48 ponrav/m²).

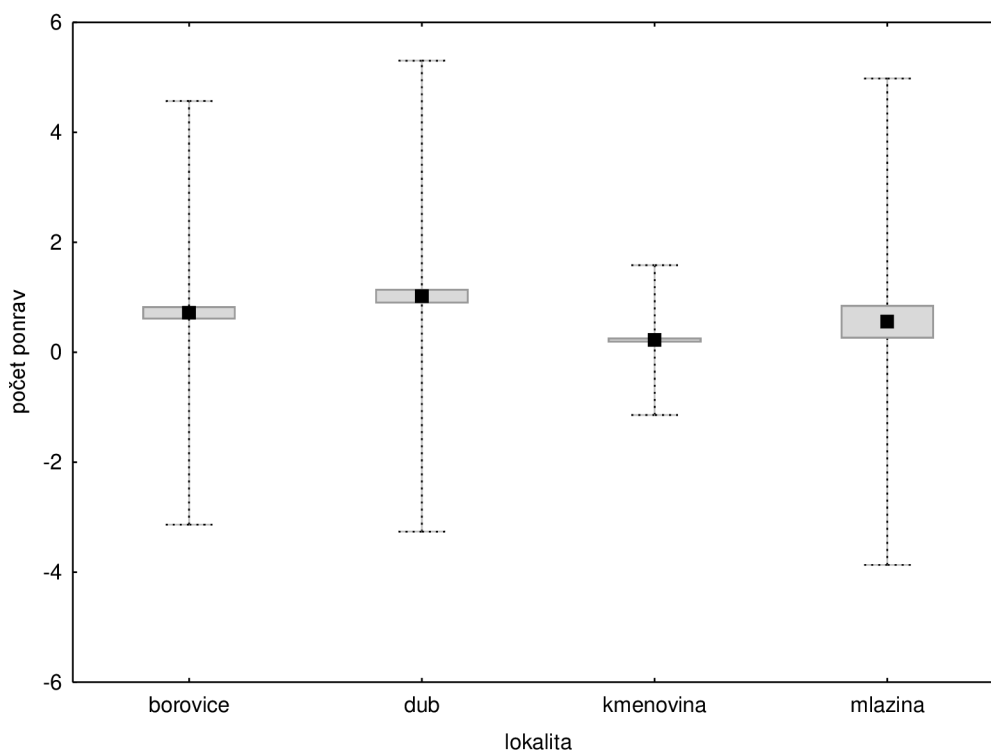
Z toho 29.4. bylo na lokalitě borovice vykopáno 32 sond a v nich nalezeno 54 ponrav (1,69 ponrav/sonda; 6,76 ponrav/m²). Na lokalitě kmenovina bylo vykopáno 34 sond a nalezeno 9 ponrav (0,26 ponrav/sonda; 1,04 ponrav/m²). Na lokalitě mlazina 16 sond a 1 nalezená ponrava (0,1 ponrav/sonda; 0,4 ponrav /m²). Na lokalitě dub bylo vykopáno 16 sond a nalezeno 8 ponrav (0,5 ponrav/sonda; 2 ponrav/m²).

16.4 bylo na lokalitě borovice vykopáno 186 sond a v nich nalezeno 21 ponrav (0,11 ponrav/sonda; 0,44 ponrav/m²). Na lokalitě dub bylo vykopáno 184 sond a nalezeno 163 ponrav (0,86 ponrav/sonda; 3,44 ponrav /m²). Na lokalitě kmenovina bylo vykopáno 185 sond a v nich nalezeno 30 ponrav (0,16 ponrav/sonda; 0,64 ponrav /m²). Na lokalitě mlazina bylo vykopáno 18 sond a v nich nalezeno 29 ponrav (1,61 ponrav/sonda; 6,44 ponrav /m²).

16.5 Bylo na lokalitě borovice vykopáno 50 sond a v nich nalezeno 117 ponrav, (2,34 ponrav/sonda; 9,36 ponrav /m²) Na lokalitě dub bylo vykopáno 70 sond a nalezeno 105 ponrav, (1,5 ponrav/sonda; 6 ponrav /m²). Na lokalitě kmenovina bylo vykopáno 50 sond a nalezeno 21 ponrav (0,42 ponrav/sonda; 1,68 ponrav /m²). Na lokalitě mlazina bylo vykopáno 20 sond a nebyla nalezena žádná ponrava.

Obrázek 12: Srovnání počtu ponrav v půdních sondách mezi lokalitami výzkumu v roce 2014.

Boxplot tvoří průměr±směrodatná chyba, svorky znázorňují 2*směrodatnou odchylku.

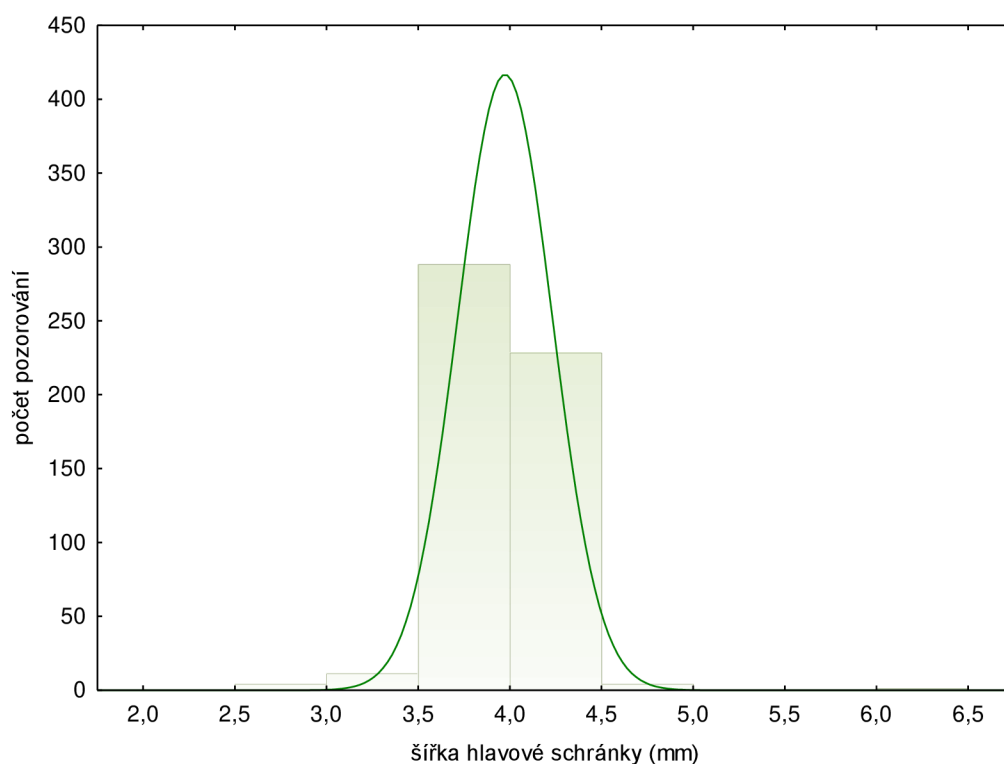


Z ponrav nalezených v roce 2014 jich bylo 536 změřeno, přičemž se šířka hlavových schránek pohybovala přibližně kolem 3,96 mm což odpovídá průměrné šířce hlavových schránek u ponrav druhého instaru, které se na lokalitách vyskytovaly (Tabulka 3). Počet ponrav na sondu byl vyšší na lokalitě dub ve srovnání s lokalitou kmenovina (Tabulka 4, Obr.12) Největší šířka hlavové schránky byla naměřena 6,07 mm a oproti tomu nejmenší šířka byla 2,6 mm (Obr. 13). Průměrná délka těla byla 23 mm a u nejdelší ponravy bylo naměřeno 32 mm, nejmenší měřila 13 mm (Obr. 14). Hodnoty šířek hlavových schránek ($W = 0,907$; $p < 0,05$, Obr. 13) ani délky těla ($W = 0,9894$; $p < 0,05$; Obr. 14) ponrav neměly normální rozdělení.

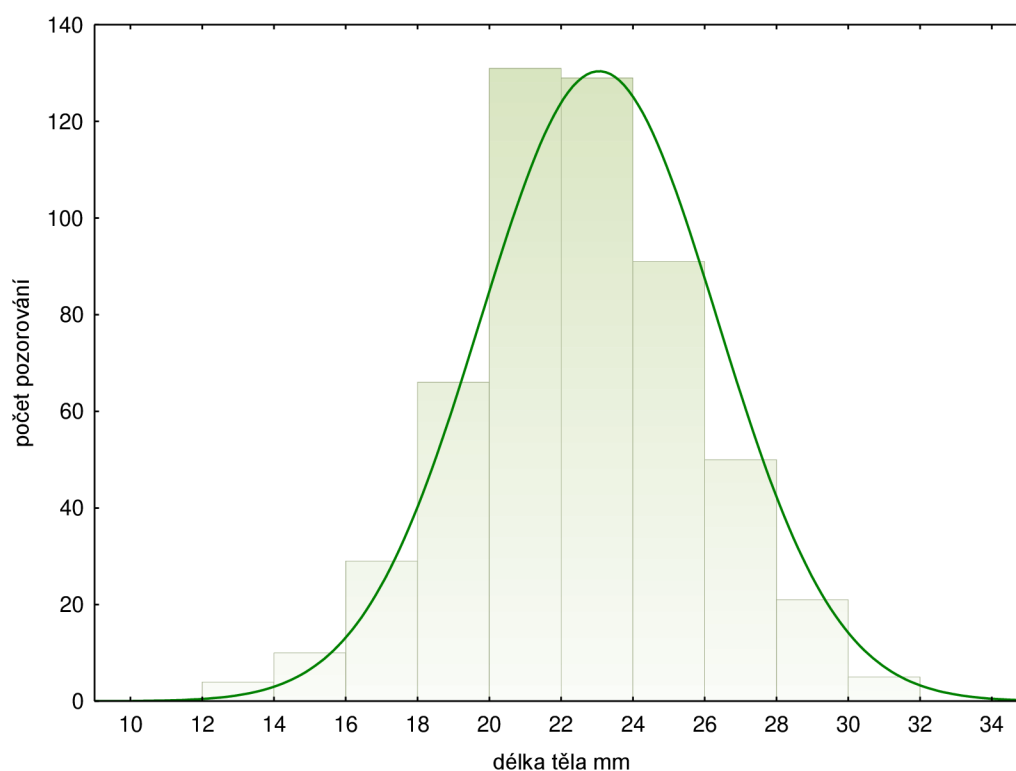
Tabulka 4: Vícenásobné porovnání počtu ponrav v půdních sondách na jednotlivých lokalitách v roce 2014. Červeně jsou vyznačeny statisticky významné rozdíly p-hodnot.

Vícenásobné porovnání p hodnot (oboustr.); počet (Tabulka dat13) Nezávislá (grupovací) proměnná : lokalita Kruskal-Wallisův test: $H(3, N=861) = 34,40388$ $p = ,0000$				
Závislá: počet	borovice R:434,18	dub R:477,57	kmenovina R:387,98	mlazina R:396,70
borovice		0,258150	0,188180	1,000000
dub	0,258150		0,000174	0,174999
kmenovina	0,188180	0,000174		1,000000
mlazina	1,000000	0,174999	1,000000	

Obrázek 13: Histogram četnosti šířky hlavových schránek ponrav chroustů v roce 2014.



Obrázek 14: Histogram četnosti délky těla ponrav chroustů v roce 2014.

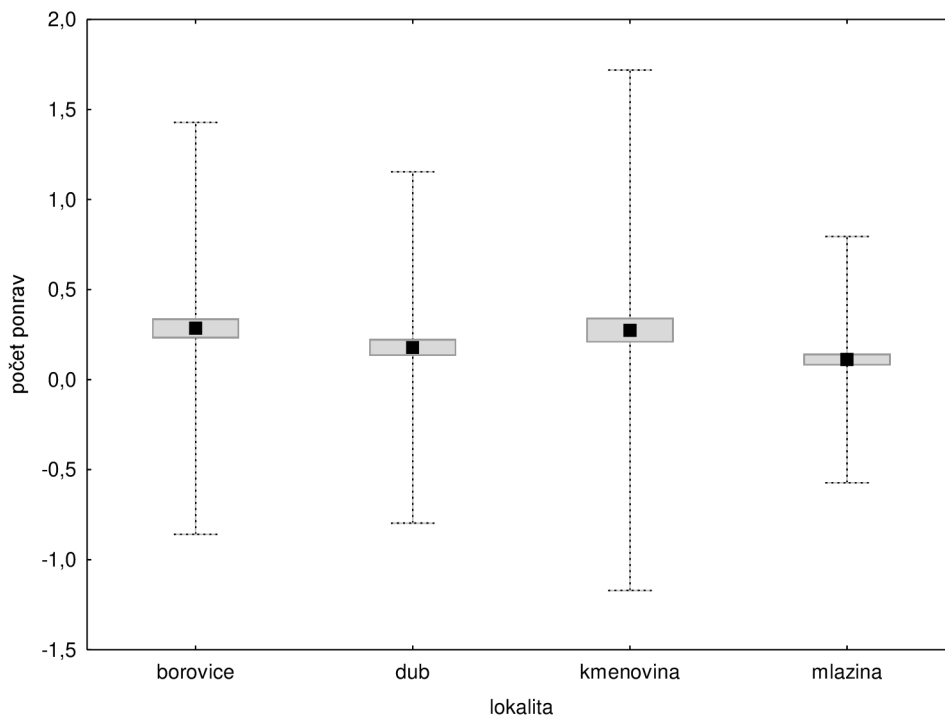


5.2 Rok 2015

V roce 2015 bylo vykopáno 458 sond ve kterých bylo nalezeno celkem 97 ponrav ve třetím larválním instaru (0,21 ponrav/sonda; 0,84 ponrav/m²). Sondy byly vykopány 22.4. Na lokalitě borovice bylo vykopáno 116 sond a nalezeno 33 ponrav, (0,28ponrav/sonda; 1,12 ponrav /m²). Na lokalitě dub 112 sond a nalezeno 20 ponrav, (0,18 ponrav/sonda; 0,72 ponrav /m²). Na lokalitě kmenovina bylo vykopáno 113 sond a nalezeno 31 ponrav, (0,27 ponrav/sonda; 1,08 ponrav /m²). Na lokalitě mlazina bylo vykopáno 117 sond a nalezeno 13 ponrav (0,11 ponrav/sonda; 0,44 ponrav /m²; Tabulka 1). V roce 2015 nebyly zjištěny statisticky signifikantní rozdíly v počtech ponrav v půdních sondách na jednotlivých lokalitách [H(3;458 = 8,1584; p > 0,05; Obr. 15].

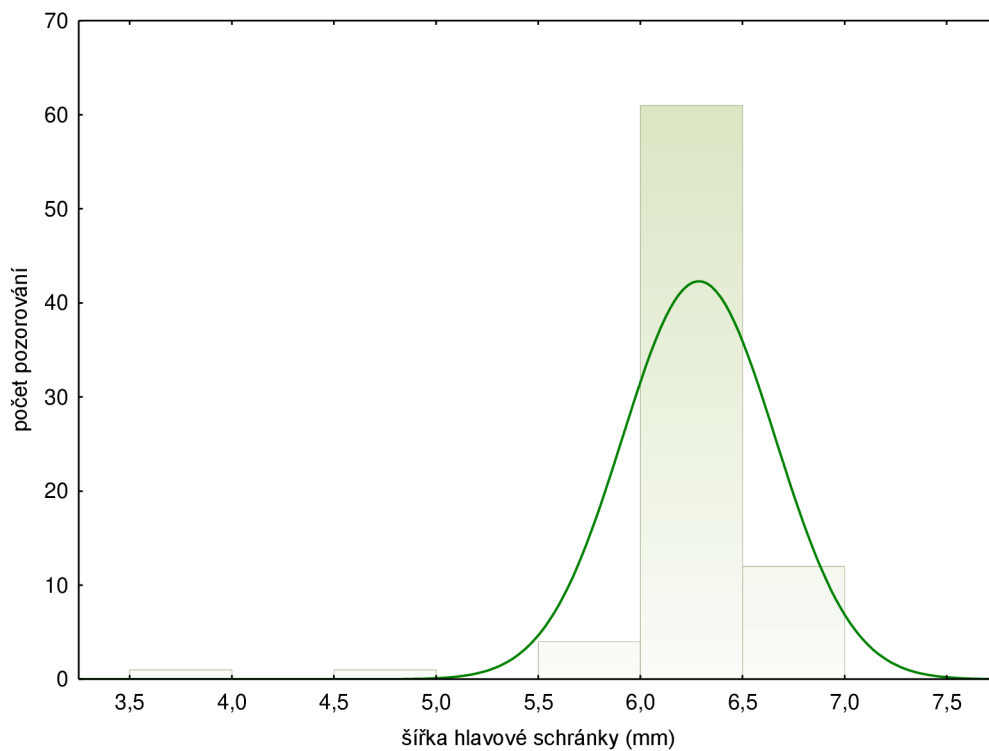
Obrázek 15: Srovnání počtu ponrav v půdních sondách mezi lokalitami výzkumu v roce 2015.

Boxplot tvoří průměr±směrodatná chyba, svorky znázorňují 2*směrodatnou odchylku.

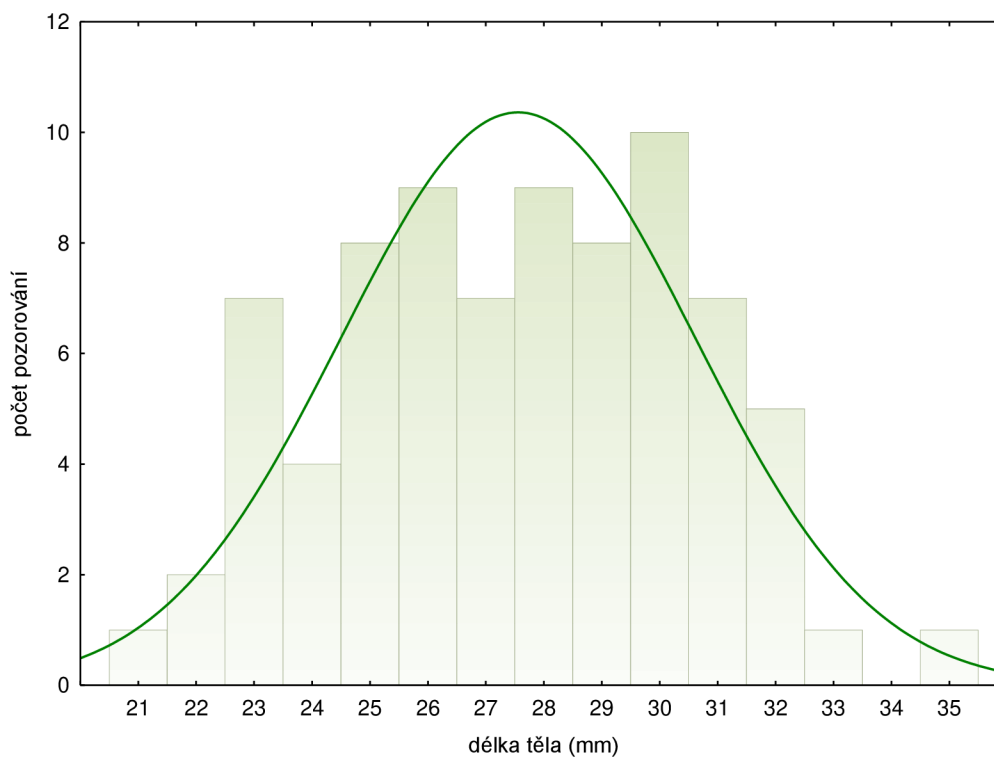


U ponrav, které byly nalezeny v sondách v roce 2015 jich bylo 79 změřeno. Průměrná šířka hlavové schránky se pohybovala kolem 6,27 mm. Šířka tedy odpovídala průměrné šířce u ponrav třetího instaru. Největší šířka hlavové schránky byla naměřena 6,87 mm a nejmenší šířka 3,99 mm. Průměrná délka u ponrav byla zjištěna 27 mm. Z toho nejdelší naměřená velikost byla 35 mm a nejmenší 21 mm.

Obrázek 16: Histogram četnosti šířky hlavových schránek ponrav chroustů v roce 2015.



Obrázek 17: Histogram četnosti délky těla ponrav chroustů v roce 2015.

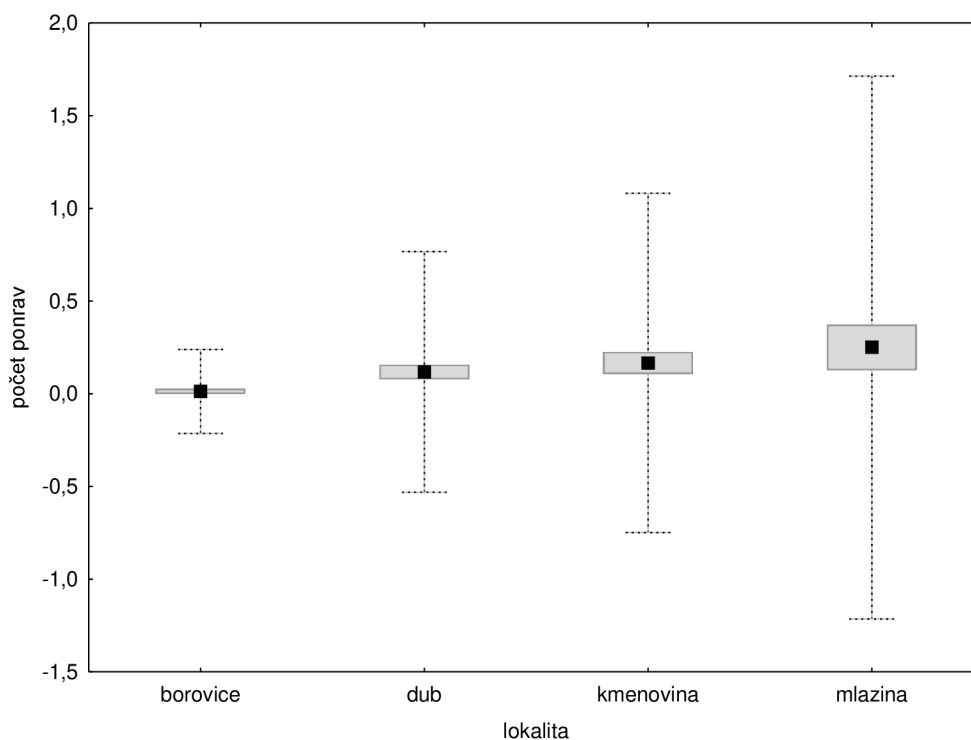


Šířky hlavových schránek ponrav měly v roce 2015 normální rozdělení ($W = 0,6608$; $p < 0,05$, Obr. 16), ale délka těla nikoli ($W = 0,9767$; $p > 0,05$; Obr. 17).

5.3 Rok 2018

V roce 2018 bylo vykopáno celkem 242 sond ve kterých bylo nalezeno 67 ponrav, které se nacházely se ve 2 instaru larválního vývoje. Sondy byly vykopány 15.4. Přičemž na lokalitě borovice bylo nalezeno v 78 sondách 13 ponrav (0,17 ponrav/sonda; 0,68 ponrav /m²). Na lokalitě dub bylo v 68 sondách 36 ponrav (0,53 ponrav/sonda; 2,1 ponrav /m²). 60 sond bylo na lokalitě kmenovina a v nich 18 ponrav (0,3 ponrav/sonda; 1,2 ponrav /m²). Na lokalitě mlazina nebyla v 36 sondách nalezena žádná ponrava. (Tabulka 1). Jednotlivé lokality se mezi sebou lišily v počtech ponrav v sondách, nejvíce bylo zaznamenáno na lokalitě mlazina a nejméně na lokalitě borovice (Tabulka 5, Obr. 18).

Obrázek 18: Srovnání počtu ponrav v půdních sondách mezi lokalitami výzkumu v roce 2018. Boxplot tvoří průměr±směrodatná chyba, svorky znázorňují 2*směrodatnou odchylku.

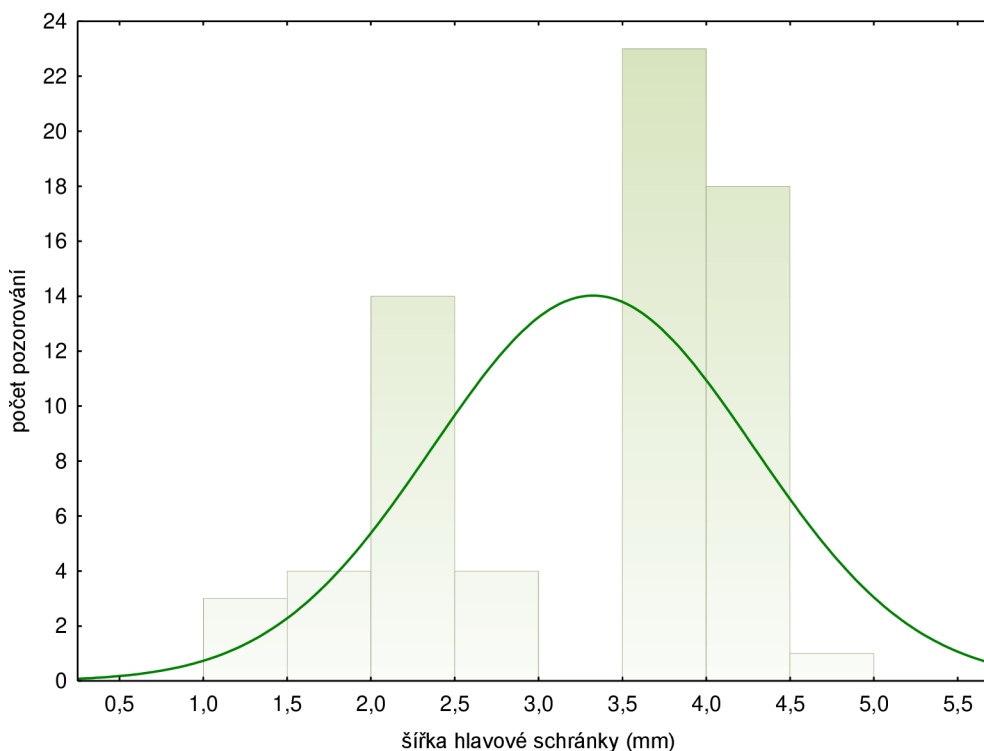


Tabulka 5: Vícenásobné porovnání počtu ponrav v půdních sondách na jednotlivých lokalitách v roce 2018. Červeně jsou vyznačeny statisticky významné rozdíly p-hodnot.

Vícenásobné porovnání p hodnot (oboustr.); sonda (Tabulka dat20) Nezávislá (grupovací) proměnná : lokalita Kruskal-Wallisův test: $H(3, N=242) = 223,1209$ $p = 0,000$				
Závislá: sonda	borovice R:135,50	dub R:208,50	kmenovina R:30,500	mlazina R:78,500
borovice		0,000000	0,000000	0,000319
dub	0,000000		0,000000	0,000000
kmenovina	0,000000	0,000000		0,006865
mlazina	0,000319	0,000000	0,006865	

V roce 2018 u některých ponrav nešlo změřit délky těla, protože vzorky pro měření byly seschlé, proto byla změřena pouze šířka hlavových schránek, které díky tomu, že jsou sklerotizované nemění svoji šířku. Celkem bylo změřeno 67 ponrav u kterých byla zjištěna průměrná šířka hlavové schránky 3,31 mm. Kde nejširší hlavová schránka měla šířku 4,69 mm a nejúžší dokonce jen 1,12 mm, to vypovídá o velké variabilitě, případně možném překryvu prvního a druhého larválního instaru. Hodnoty šířek hlavových schránek neměly v roce 2018 normální rozdělení ($W = 0,8581$; $p < 0,05$, Obr. 19).

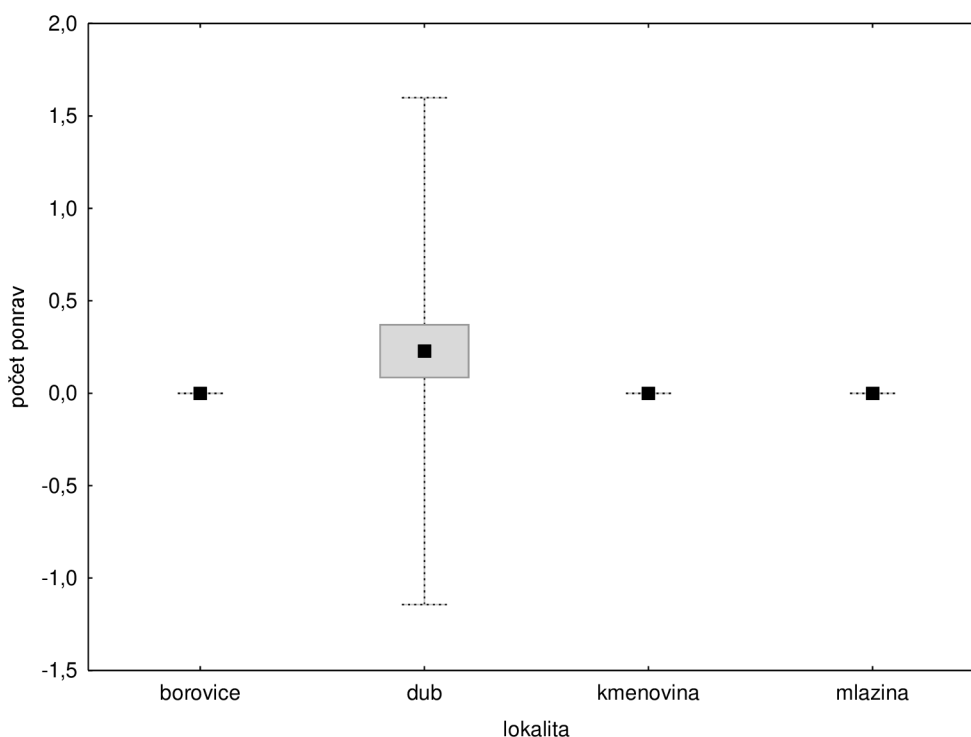
Obrázek 19: Histogram četnosti šířky hlavových schránek ponrav chroustů v roce 2018.



5.4 Rok 2021

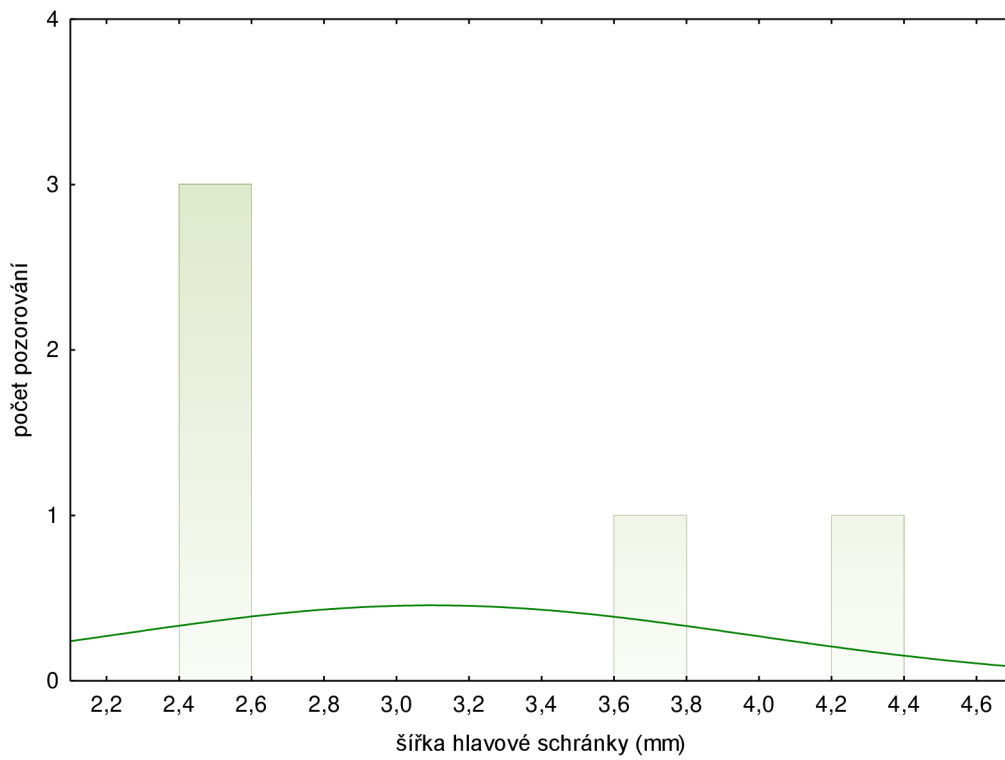
V roce 2021 bylo 23.10 celkem vykopáno 88 sond ve kterých bylo nalezeno 5 ponrav v prvním instaru larválního vývoje ($0,057$ ponrav/sonda; $0,23/m^2$) a 5 jich bylo změřeno. Na každé lokalitě bylo vykopáno 22 sond a všech 5 ponrav bylo nalezeno v sondách na lokalitě dub. Z důvodu nalezení malého množství ponrav a pouze na jedné výzkumné ploše nebylo provedeno statistické srovnání lokalit. (Obr. 20).

Obrázek 20: Srovnání počtu ponrav v půdních sondách mezi lokalitami výzkumu v roce 2021. Boxplot tvoří průměr±směrodatná chyba, svorky znázorňují 2*směrodatnou odchylku.

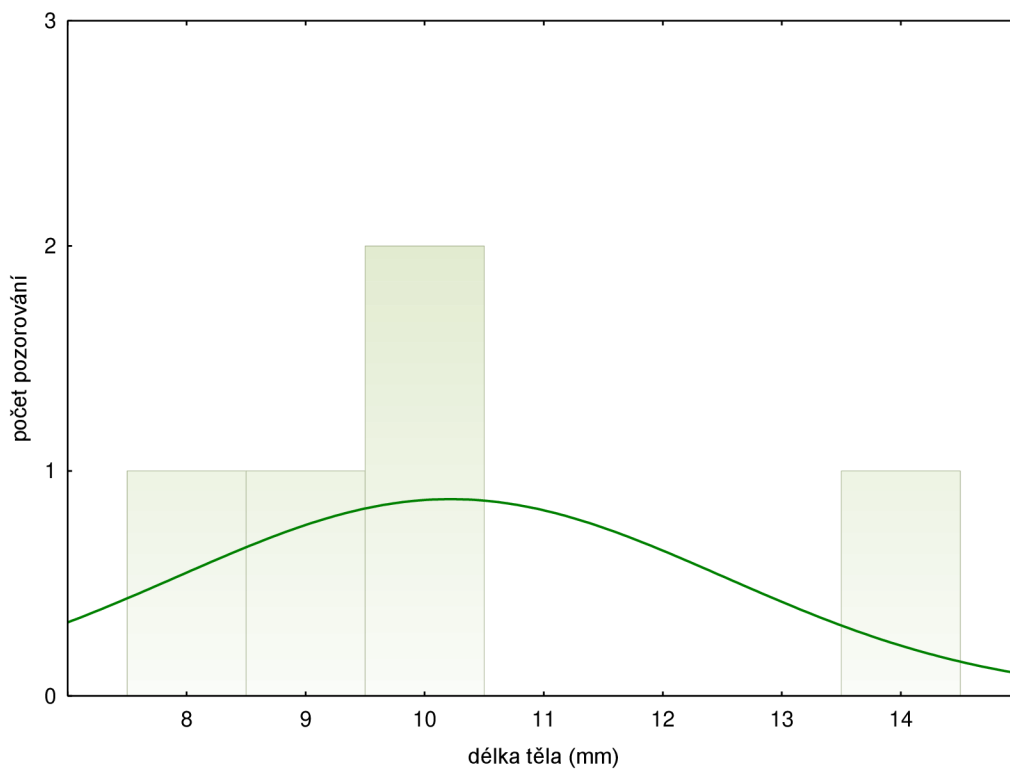


Ponrav nalezené na lokalitě dub v roce 2021 měly průměrnou šířku hlavové schránky 3,1 mm, přičemž největší šířka byla naměřena 4,37 mm (Tabulka 3), což odpovídá šířkou spíše druhému larválnímu instaru. Nejmenší naměřená šířka byla 2,42 mm. Průměrná délka těla ponrav byla 10,2 mm. Nejdelší měřila 14 mm a nejkratší 8 mm. (Tabulka 3). Šířky hlavových schránek ($W = 0,8175$; $p > 0,05$, Obr. 21) i délky těla ($W = 0,8599$; $p > 0,05$, Obr. 22) ponrav měly normální rozdělení.

Obrázek 21: Histogram četnosti šířky hlavových schránek ponrav chroustů v roce 2021.



Obrázek 22: Histogram četnosti délky těla ponrav chroustů v roce 2021.



6. Diskuze

Na studovaném území byla největší populační hustota zaznamenána kolem roku 2014. V tomto roce byly v půdě nalezeny tzv. kritické počty ponrav v přepočtu na plochu 1 m². Ve starších kulturách jsou uváděny kritické počty 2 kusy na 1m² u ponrav ve třetím instaru, 4 kusy na m² u ponrav druhého instaru a 8 kusů na m² u ponrav prvního instaru (Holuša, Kapitola 2002). V následujících letech byl trend populační hustoty klesající. Postupně ponrav v půdě ubývalo až jich bylo v roce 2021 v půdě nalezeno pouze 5 na lokalitě dub a na zbylých lokalitách nebyly nalezeny žádné. Na lokalitě dub bylo pravidelně nacházeno velké množství ponrav. To potvrzuje fakt, že dospělci chroustů koncentrují svůj žír na duby (Kula et al. 2021). Tím pádem jsou do půdy v okolí dubů zároveň kladena vajíčka, ze kterých se následně v průběhu dalšího vývoje stanou ponravy.

Je třeba podotknout, že počty nalezených ponrav a naměřených se lehce liší. To je způsobeno tím, že ne všechny ponravy se dochovaly v celku a některé po dlouhém skladování byly pro měření nepoužitelné. Ve všech letech však tyto rozdíly byly minimální a dochovala se naprostá většina nalezených ponrav, takže by to nemělo ovlivnit výsledky plynoucí z výzkumu. Ani fakt, že půdní sondy byly kopány pouze do hloubky 50 cm s největší pravděpodobností neovlivnil výsledky výzkumu, přestože Escherich (1923) uvádí, že ponravy třetího instaru mohou sestoupit ke kuklení do značně velkých hloubek až 150 cm. Sond však bylo vykopáno velké množství o dost větší, než je doporučené množství na 1 ha, které je podle Holuša, Kapitola (2002) 2-5 sond na hektar.

Není zcela jednoznačné, z jakého důvodu nastal takový úbytek ponrav v půdě a ani se to před zahájením průzkumu nejevilo jako pravděpodobné. Předpokládalo se, že populační hustota bude gradovat a nikoliv klesat, nebo alespoň zůstane podobná jako v roce 2014. Přesto zde byl postupně zaznamenán výrazný pokles ponrav v půdě, a to i navzdory tomu, že se jedná o území nejteplejšího podnebí v naší republice společně s Jižní Moravou a díky častému přemnožování chrousta maďalového zde dochází k velkým hospodářským škodám (Mařáková 2015).

Pokles populační hustoty mohl být způsoben různými faktory. Určitý úbytek ponrav v půdě lze připsat přirozené úmrtnosti, kdy od prvního instaru, kdy je ponrav v půdě nejvíce, postupně ubývají a třetího instaru se dožijí zpravidla nejodolnější jedinci. (Kratochvíl et al. 1953). Každopádně přirozená mortalita nemůže mít na svědomí tak razantní úbytek ponrav jaký byl sledován na výzkumných plochách. Jako nejpravděpodobnější se jeví skutečnost, že

vzhledem k tomu, že se na studovaném území ponravy hojně vyskytovaly i před rokem 2014, o tom svědčí práce z minulých let mohl jejich hojný výskyt mohl vést k snížení dostupnosti potravních příležitostí, což mohlo být příčinou jejich úbytku na studovaných lokalitách (Ehrenberger 2019). To by ovšem naznačovalo, možné nebezpečí jejich přesunu na jinou pravděpodobně ne příliš vzdálenou lokalitu, neboť v Polabí jsou, jak již bylo zmiňováno pro ně optimální klimatické podmínky, a navíc se na rozdíl od chrousta obecného příliš nevzdalují od míst svého žíru (Holuša, Kapitola 2002).

Dalším faktorem může být rojení, které proběhlo v roce 2020, při kterém nebyly optimální tepelné a vlhkostní podmínky, kdy déšť a nízké teploty negativně ovlivňuje rojení a může vést k přesunu kladení vajíček místo do porostu na volné plochy (Kratochvíl et al. 1953). Zároveň podle Švestka (2012) může nepříznivé počasí rojení prodloužit o 2–3 týdny.

Lze konstatovat, že nepříznivé počasí především vlhko a zima mohou vývoj narušit takovým způsobem, že se populační gradace přibrzdí. Pokud se tepelné a vlhkostní podmínky změni na delší dobu může vývojový cyklus trvat i 5 let (Christensen 1986). O možném narušení vývoje svědčí také to, že se v posledních letech výzkumu, kdy se měly nacházet v půdě ponravy druhého instaru v roce 2018 a prvního instaru v roce 2021, nacházely v obou letech pravděpodobně ponravy jak prvního, tak druhého instaru, tedy tomu alespoň odpovídají výsledky měření v laboratoři. Může to také svědčit o tom, že se na lokalitě vyskytuje jiný kmen, který má odlišný vývojový cyklus, u kterého doba rojení nastává v jiném roce.

Nelze však vyloučit ani to, že kladení vajíček nebylo posunuto na jiné nedaleké vhodné lokality a nemusí se v budoucnu vrátit až bude v půdě opět dostatek potravních příležitostí pro jejich vývoj. Vzhledem k tomu, že se zde chrousti vyskytovali v minulosti a jejich populace zde dosahovala kritických čísel a podmínky pro vývoj jsou jedny z neoptimálnějších v naší republice, je důležité, aby sledování jejich populační hustoty na sledovaném území pokračovalo i nadále.

Monitorování populace chroustů je to nejmenší, co se dá dělat v prevenci proti vzniku škod a následnému uplatnění doposud poznáných obranných opatření např. chemická obrana. U které však, nejsou prozkoumány takové, které by nelikvidovali i ostatní organismy přítomné v přírodě, což dle novodobé koncepce oboru ochrany lesa není žádoucí (Švestka 1998).

7. Závěr

Cílem předložené práce bylo popsání způsobu života chrousta maďalového a sledování jeho populační dynamiky na ohroženém území, které bylo v minulosti postiženo populační gradací těchto škůdců. Hlavní přínos práce spočívá v rozšíření vědomí o tom, jaké potenciální nebezpečí představují pro naši přírodu a jak se proti škodám, které mají na svědomí bránit. Především práce poskytuje informaci o populačním vývoji na sledovaném území.

První část práce se zaměřuje na popsání vývojového cyklu chroustů a škod, které jsou schopni způsobit. Dále jsou popisovány možnosti obrany proti jejich rychlému šíření a působení škod, přičemž se klade důraz na prevenci, kterou se rozumí sledování jejich populace. Sledování populace bylo naplní druhé části práce. Protože právě monitorování populační hustoty je velmi důležité pro vznik uceleného přehledu o tom, která území jsou ohrožena výskytem vyšších počtů chroustů a pro určení, kde je zapotřebí použít povolené obranné prostředky v boji proti redukci jejich škod, které vznikají při jejich přemnožení na určitých územích.

V druhé části práce jsou popsány výsledky vývoje populace chroustů v území ohroženém jejich gradací. Bylo zjištěno, že populační hustota ponrav v půdě postupně klesala až v posledním roce výzkum (2021) se dostala téměř na nulu. To ovšem neznamená, že by se mělo ve sledování populační hustoty na tomto území přestat. Protože se jedná o území, kde je velké riziko, že se zde tyto škůdci opět začnou vyskytovat a populačně se rozvíjet.

8. Reference

[online]. [cit. 2022-04-04]. Dostupné z: <https://mapy.cz/letecka>

289/1995 Sb. Lesní zákon. Zákony pro lidi - Sběrka zákonů ČR v aktuálním konsolidovaném znění [online]. Copyright © AION CS, s.r.o. 2010 [cit. 29.03.2022]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/1995-289>

BALTHASAR, V., 1956. Fauna ČSR – Brouci listoroží Lamellicornia. Nakl. ČSAV, 287 s.

BULMER, M.G. 1977: Periodical insects. *American Naturalist*, 111: 1099–1117.

DELB, H., MATTES, J. 2001: Monitoring of *Melolontha hippocastani* F. at the Upper Rhine Valley, Germany. *Journal of Forest Science*, 47 (Special Issue 2): 70–72.

EHRENBERGER, JIŘÍ. *Možnosti využití biouhlu k prevenci poškozování borových sazenic žírem ponrav chrousta* [online]. Praha, 2019 [cit. 2022-04-10]. Bakalářská práce. Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta lesnická a dřevařská. Vedoucí práce Mgr. Karolina Resnerová, Ph.D.

ESCHERICH, K. 1923: *Die Forstinsekten Mitteleuropas*. Bd. II., Berlin.

FEDDERSEN, M. 1896: Der Maikäfer und seine Bekämpfung. *Zeitschr. f. Forst- u. Jagdwesen*, 265–318.

GOTTSCHALK, C. 1957: Untersuchungen über die Wirkung verschiedener Substanzen als Lockoder Frassstoff auf einige Insektenarten. *Beiträge zur Entomologie*, 7 (1/2): 177–179.

HAUSS, R. 1975: Methoden und erste Ergebnisse zur Bestimmung der Wirtspflanzen des Maikäferengerlings (*Melolontha melolontha* L.). *Mitteilungen der Biologischen Bundesanstalt für Land – und Forstwirtschaft*, 163: 72–77.

CHRISTENSEN, K. 1986: The influence of cockchafers on the development of growth rings in oak trees. In: *International Symposium on ecological aspects of tree-ring analysis*. August 17–21, 1986. Marry mount college Tarrytown, New York, Durham, United States department of agriculture, 142–154.

KAPITOLA, P., HOLUŠA, J. 2002: Chrousti rodu *Melolontha* F. *LOS, Lesnická práce*, 12, příloha: 1-4 s.

- KELLER, S. 1986a: Historischer Rückblick. In: Neuere Erkenntnisse über den Maikäfer. Beiheft zu den Mitteil. Thurgauische Naturforschende Ges., Frauenfeld, 61–62.
- KELLER, S. 1986b: Biologie und Populationsdynamik, Historischer Rückblick, Kulturmassnahmen. Neuere Erkenntnisse Über den Maikäfer. Beiheft mitt Thurgauischen Naturforschen den Gesellschaft, 1: 12–39.
- KRATOCHVÍL, Josef. *Chrousti a boj s nimi*. Praha: Československá akademie věd, 1953. Věda mění život. 7–98 s.
- KŘÍSTEK, Jaroslav a Jaroslav URBAN. *Lesnická entomologie*. Praha: Academia, 2004. ISBN 80-200-1052-1. 5-7, 301–304 s.
- KULA, Emanuel. *Chroust maďalový: (Melolontha hippocastani Fabricius, 1801)*. Hradec Králové: Lesy České republiky, s.p., 2021. Grantová služby Lesů České republiky. ISBN isbn978-80-86945-35-4.
- LIŠKA, J., 2014. Žíry ponrav chroustů v Bzenecké a Hodonínské Doubravě. Lesnická práce 07/14, 50–51 s.
- MAŘÁKOVÁ, M., 2015. Rojení chrousta maďalového v oblasti Bzenecké a Hodonínské Doubravy. Časopis lesníků a přátel lesa, Lesu zdar. 7–9/15, 2–4 s.
- MASSARD, J.A. 2007: Maikäfer in Luxemburg: Historisches und Kurioses. Lëtzebuenger Journal, 60 (88): 26–27.
- METTERNICH, M. 2008: Dieser Maikäfer flog nicht. „Aile Autos sind grundverkehrt gebaut“. Josef Ganz und die Vorgeschichte des VW Käfers. FAZ 28. 9. 2008, VB.
- MUŠKA, A. 1975: Results of thirteen years observation of cockchafer (*Melolontha melolontha* L.) swarming on the territory of Czechoslovakia. Sborník UVTI – Ochrana rostlin, 11: 283–294 s.
- MUŠKA, F. 2001: Chroust obecný a jeho škodlivost. Rostlinolékař, 12: 18–19 s.
- NÖRDLINGER, H. 1882: Entwicklungsgesichte des Maikäfers. Centralbl. F. d. ges. Forstwesen. Jahrg., 8: 401.
- SCHMID, A. 2000: Cockchafers (*Melolontha melolontha*) – the last 20 years in the Valais. IOBC/ WPRS Bull., 23: 11–13.

SCHUCH, K. 1935: Beobachtungen über die Biologie des Maikäfers. Arb. physiol. und ang. Ent., 2: 157–174.

ŠKRABALOVÁ, BLANKA. *Entomofagie – hmyz na talířy* [online]. Brno, 2009 [cit. 2022-04-08]. Dostupné z: https://is.muni.cz/th/c6lkv/text_bc.prace.pdf. Bakalářská práce. Masarykova univerzita Pedagogická fakulta. Vedoucí práce Mgr. Robert Vlk, Ph.D.

ŠVESTKA, M. 2006: Distribution of tribes of cockchafers of the genus *Melolontha* in forest of the Czech Republic and the dependence of their swarming on temperature. *Journal of Forest Science*, 52: 520–530 s.

ŠVESTKA, M., 2012. Chrousti rodu *Melolontha* v lesích České republiky v období 2003–2011. *Zprávy lesnického výzkumu, Jiloviště Strnady, VÚLHM*. 57 (3): 217–229 s.

ŠVESTKA, M., Drápela, K. 2009: The effect of environmental conditions on the abundance of grubs of the cockchafer (*Melolontha hippocastani* F.). *Journal of Forest Science*, 55: 330–338.

ŠVESTKA, M., Drápela, K. 2012: Zhodnocení početnosti ponrav *Melolontha hippocastani* Fabr. a rozsahu ztrát v lesních kulturách v závislosti na ekologických podmínkách. *Zprávy lesnického výzkumu*, 57 (1): 8–15 s.

ŠVESTKA, M., Kapitola, P. 2004: Přemnožení chroustů v lesích ČR a obrana proti nim. Sborník ze semináře Škodliví činitelé v lesích Česka 2003/2004, Praha, 31. 3. 2004. *Jiloviště Strnady, VÚLHM*, 52–57 s.

ŠVESTKA, Milan, Richard HOCHMUT a Vlastislav JANČAŘÍK. *Praktické metody v ochraně lesa*. Dot. 2. vyd. Kostelec nad Černými lesy: Lesnická práce, 1998. ISBN 80-902503-0-0. 6-9, 34, 45,53, 113-115 s.

TASCHENBERG, K. 1874: *Forstwirtsch. Insektenkunde*. Leipzig.

THIEM, H. 1949: Über Erfahrungen bei der Aufzucht von Engerlingen. *Verhandlungen der Deutschen Gesellschaft für Angewandte Entomologie auf der 11. Mitgliederversammlung zu München*, 11: 77–95.

VESTERGAARD, S., EILENBERG, J., HARDING, S. 2000: Potential for microbial control of scarabs and weevils in Danish forestry. *IOBC/WPRS Bull.*, 23 (8): 35–37.

VOGEL, W. 1950: Eibildung und Embryonalentwicklung von *Melolontha vulgaris* F. und ihre Auswertung für die chemische Maikäferbekämpfung. Zeitschrift für angewandte Entomologie, 31: 537–582.

VOGEL, W. 1955: Der Einfluss der Witterung auf den Ausflug und die Ovarialentwicklung des Maikäfers (*Melolontha vulgaris* = *M. melolontha*). Separater Abdruck, Landwirtschaftliches Jahrbuch der Schweiz, 69: 971–999.

WAGENHOFF E., BLUM R., HENKE L., DELB H. 2015. Aerial spraying of NeemAzal (R)-T/S against the forest cockchafer (*Melolontha hippocastani*, Col.: Scarabaeidae) in South-West Germany: The effects of two field trials performed in 2007 and 2008 on local populations. Journal of Plant Diseases and Protection 122: 169-182.

WORETA D. 2015. Control of cockchafer *Melolontha* spp. Grubs – A review of methods. Folia Forestalia Polonica, series A 57 (1): 33-41.

ZAHRADNÍK, P., 2014. Metodická příručka integrované ochrany rostlin pro lesní porosty. Kostelec nad Černými lesy, 376 s.

ZÁRUBA, CTIBOR. *Ponravy – škůdci lesních školek a kultur*. Praha: Státní zemědělské nakladatelství, 1956. Lesnická knihovna (Státní zemědělské nakladatelství). 5-25, 47 s.

ZIMMERMANN, G. 2010: Maikäfer in Deutschland Geliebt und gehasst. Ein Beitrag zur Kulturgeschichte und Geschichte der Bekämpfung. Journal für Kulturpflanzen, 62: 157–172.