

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů**

**Katedra zoologie a rybářství**



**Fakulta agrobiologie,  
potravinových a přírodních zdrojů**

**Porovnání výskytu střevlíků (Coleoptera, Carabidae)  
v agrocenózách v závislosti na pěstované plodině**

**Diplomová práce**

**Autor práce: Bc. Kremleva Karina**

**Zemědělství a rozvoj venkova  
Ekologické zemědělství**

**Vedoucí práce: Ing. Štěpán Kubík, Ph.D.**

© 2023 ČZU v Praze

## **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Porovnání výskytu střevlíků (Coleoptera, Carabidae) v agrocenózách v závislosti na pěstované plodině" jsem vypracoval(a) samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autor(ka) uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne \_\_\_\_\_

## **Poděkování**

Chtěla bych poděkovat Ing. Štěpánu Kubíkovi, Ph. D za vedení mé diplomové práce, cenné rady a odborný dohled. Děkuji také doc. RNDr. Pavel Saska, Ph. D za pomoc při identifikaci jednotlivých druhů střevlíků. Děkuji svým kolegům za pomoc při gramatické kontrole práce.

# Porovnání výskytu střevlíků (Coleoptera, Carabidae) v agrocenózách v závislosti na pěstované plodině

## Souhrn

Cílem této práce bylo vyhodnotit, jak pěstování různých zemědělských plodin ovlivňuje biodiverzitu střevlíků na polích a v jejich okolí. Pomocí pravidelného odchyty jedinců byly prostudovány nejčastější druhy střevlíků, které se objevovaly na řepkových a pšeničných (ozimých) polích. Celkem bylo nalezeno 1531 jedinců a identifikováno 21 druhů patřících do 12 rodů. Pterostichinae a Nebrinae jsou dominantní a různorodé podčeledi nalezené ve všech lokalitách. *Nebria Brevicollis* byl eudominantním druhem na všech odběrových místech. Rozšíření střevlíků je spojeno s lokalizací stanovišť a podmínkami pro rozmnožování hmyzu. V agrocenózách je počet nalezených střevlíků mnohem vyšší než v oblastech v blízkosti výzkumných poli (lesy a ekotony) – 1017 jedinců oproti 514 jedincům. Největší druhová diverzita a vyrovnanost je na lokalitách R2 a O2, což jsou zemědělské agrocenózy. Zároveň, vysoká diverzita, ale nižší vyrovnanost druhů jsou stanoveny na lesním stanovišti R1.

Podle prací studovaných na obdobná témata bylo v souvislosti s výzkumem biotopů a diverzity střevlíků konstatováno, že prvořadý význam má především krajina a vegetace, protože tvoří také potravní základnu pro hmyz. V mé práci však střevlíci obývají i přilehlé oblasti k řepkovým a pšeničným polím, což lze vysvětlit migrací druhů do jiných oblastí. Mezi těmito dvěma typy kultur byly pozorovány značné rozdíly v početnosti střevlíků, což však mohlo být ovlivněno nezávislými biotickými faktory, které také ovlivňují výsledky práce – odcizení, poničení a vylití pasti. Stanovená hypotéza, že pěstování řepky snižuje diverzitu střevlíků na polích a v jejich okolí více než pěstování obilnin byla zamítnuta, protože podle metod vyjadřujících diverzitu, výsledky práce ukazovaly, že největší diverzita střevlíků se objeví na řepkovém pole.

**Klíčová slova:** Biodiverzita, synekologická analýza, antropogenní zátěž prostředí, střevlíkovití

# **Comparison of the occurrence of ground beetles (Coleoptera, Carabidae) in agrocenoses depending on the cultivated crop**

## **Summary**

The aim of this work was to evaluate how the cultivation of different agricultural crops affects the biodiversity of ground beetles in and around fields. With the help of regular trapping of individuals, the most common species of ground beetles that appeared in rapeseed and wheat (winter) fields were studied. A total of 1531 individuals were found and 21 species belonging to 12 genera were identified. Pterostichinae and Nebrinae are the dominant and diverse subfamilies found in all localities. *Nebria brevicollis* was the eudominant species at all sampling sites. The distribution of ground beetles is associated with the location of habitats and conditions for the reproduction of insects. In the agrocenoses, the number of ground beetles found is much higher than in the areas near the research fields (forests and ecotones) - 1017 individuals versus 514 individuals. The greatest species diversity and balance is at the R2 and O2 locations, which are agricultural agrocenoses. At the same time, high diversity but lower evenness of species are determined in the forest site R1.

According to works studied on similar topics, in connection with the research of biotopes and the diversity of ground beetles, it was stated that the landscape and vegetation are of primary importance, as they also form a food base for insects. However, in my work, ground beetles also inhabit areas adjacent to rapeseed and wheat fields, which can be explained by species migration to other areas. Considerable differences in the abundance of ground beetles were observed between the two types of culture, but this may have been influenced by independent biotic factors that also affect the results of the work – theft, damage and trap spillage. The established hypothesis that rape cultivation reduces the diversity of ground beetles in and around the fields more than cereal cultivation was rejected, because according to the methods expressing the diversity results, the works showed that the greatest diversity of ground beetles appears in the rape field.

**Keywords:** Biodiversity, synecological analysis, anthropogenic load on the environment, ground beetles

## Obsah

<b>1 Úvod</b>	<b>8</b>
<b>2 Vědecká hypotéza a cíle práce</b>	<b>9</b>
2.1 Cíl práce	9
2.2 Hypotéza	9
<b>3 Literární rešerše</b>	<b>10</b>
3.1 Střevlíkovití brouci	10
3.1.1 Taxonomie	10
3.1.2 Morfologie	10
3.1.3 Biologie	11
3.1.4 Význam Carabidae v přírodě	11
3.1.5 Nejrozšířenější podčeledě střevlíků v ČR	12
3.2 Faktory, ohrožující biodiverzitu střevlíků v agroekosystémech	17
3.2.1 Intenzifikace zemědělství a management	18
3.2.2 Ubytek pestrosti v důsledku používání pesticidů	18
3.3 Možnosti ochrany	19
<b>4 Metodika</b>	<b>22</b>
4.1 Sledovaná oblast	22
4.2 Pokusné plochy	22
4.3 Zemní pasti	24
4.4 Sběr a třídění odchyceného materiálu	26
4.5 Statistické vyhodnocení	26
4.5.1 Dominance	26
4.5.2 Margalefův index	26
4.5.3 Shannonův index	27
<b>5 Výsledky</b>	<b>28</b>
5.1 Počet jedinců	28
5.2 Počet druhů	31
5.3 Počet jedinců vybraných druhů v jednotlivých lokalitách	32
5.4 Sběry v jednotlivých měsících	33
5.5 Druhová bohatost a abundance druhů na pokusných plochách	34
5.6 Dominance	35
5.7 Index diverzity	36

<b>6</b>	<b>Diskuse .....</b>	<b>38</b>
<b>7</b>	<b>Závěr .....</b>	<b>41</b>
<b>8</b>	<b>Použité zdroje.....</b>	<b>42</b>
<b>9</b>	<b>Seznam obrázků, tabulek a grafů.....</b>	<b>47</b>

# 1 Úvod

Produkce zemědělských plodin je jedním z nejdůležitějších odvětví hospodářství, protože je hlavním producentem potravin. Rostlinná výroba poskytuje potraviny pro obyvatelstvo země, suroviny pro zpracovatelský průmysl a zajišťuje různé další potřeby společnosti. Globální přidaná hodnota vytvořená zemědělstvím vzrostla mezi lety 2000 a 2019 o celých 73 procent a v roce 2019 dosáhla až 3,5 bilionu dolarů. Kromě toho, zemědělství poskytlo v roce 2020 práci 874 milionům lidí, což je celkem 27 procent celosvětové pracovní síly (FAO, 2021).

Výměra zemědělské půdy ve světě představuje 38 procent celkové rozlohy půdy, což je přibližně pět miliard hektarů. Asi jedna třetina této půdy je využívána jako orná půda a další dvě třetiny jsou louky a pastviny pro pastvu skotu. Přibližně 10 procent orné půdy je využíváno pro trvalé kultury, jako jsou ovocné stromy, plantáže palmy olejné a kakao. Dalších 21 procent půdy je vybaveno pro zavlažování, což je důležitý způsob hospodaření s půdou v zemědělství (FAO, 2020).

Kromě toho, že zemědělství, zejména rostlinná výroba, má obrovský vliv na globální ekonomiku a zabezpečuje potravní stabilitu států, rostlinná produkce zároveň ovlivňuje i agroekosystémy zemědělsky obhospodařované půdy. Agroekosystémy jsou otevřené přirozené ekosystémy, které vznikají vlivem antropogenní činnosti zemědělci. Hospodařením v krajinném prostoru se vytváří složité vzájemné vztahy mezi různými společenstvy organismů – agrobiocenoza (Křen J. a kol., 2015).

V půdě žijí různé živé organismy, které přímo ovlivňují její úrodnost (Vernadsky, 1978). Patří sem zástupci mikro-, mezo- a makrofauny a to jsou půdní bakterie, aktinomycety, houby, prvoci, roztoči, vířníci, měkkýši, žížaly, vši, pavouci, stonožky, žížaly a hmyz (Gilyarov, Krivolutcky, 1985).

Brouci jsou důležitou součástí agroekosystémů, protože hrají významnou roli v biogeochemických procesech. Především xylofágové, nekrofágové, saprofágové a detritofágové mají velký význam při mineralizaci organických zbytků. Další význam brouků spočívá v tom, že brouci podporují koloběh látek v přírodě a jsou důležitým článkem v potravním řetězci. Ale zároveň brouci jsou škůdci agrolesnických ekosystémů (Bay-Bienko, 1965). **Pridat strevlici**

Půdní organismy se podílejí na změně fyzikální struktury půdy, ovlivňují koloběh a obsah půdní organické hmoty a tvorbu humusu, ovlivňují vegetaci a její odolnost vůči abiotickým a biotickým faktorům, absorbují a akumulují uhlík. Půdní organismy jsou důležité nejen pro fungování ekosystémů, ale také pro úspěšný a stabilní rozvoj zemědělství (Nikolaeva a kol., 2011).



## **2 Vědecká hypotéza a cíle práce**

### **2.1 Cíl práce**

Cílem práce je vyhodnotit, jak pěstování různých zemědělských plodin ovlivňuje biodiverzitu střevlíků na polích a v jejich okolí.

### **2.2 Hypotéza**

Pěstování řepky snižuje diverzitu střevlíků na polích a v jejich okolí více než pěstování obilnin.

## 3 Literární rešerše

### 3.1 Střevlíkovití brouci

Střevlíkovití (Carabidae) představují jednu z celosvětově nejrozšířenějších čeledí brouků. Většina druhů střevlíků žije na povrchu půdy nebo v jejích horních vrstvách. V odpoledních hodinách se schovávají pod kameny, mechem a spadnými listy. Mnoho jedinců žije na břehu vodních toků, někteří dávají přednost ukrytu v rostlinách. Tito brouci vyžadují dostatečnou vlhkost půdy a preferují vlhké biotopy s nižšími teplotami. Larvy střevlíkovitých se nachází hlavně v půdě. Většina střevlíků jsou dravci, kteří se živí hmyzem, larvami, červy a měkkýši. Méně často jsou mezi střevlíkovitými zastoupeny býložravé druhy (Pětryakova, 2009).

Střevlíci jsou velmi důležitou součástí půdní fauny. Zastávají důležité a rozmanité funkční úlohy v ekosystémech, což je zřejmé mimo jiné z obvykle se vyskytujícího počtu druhů i podle velikostí jejich populace (Karaeva, 2009).

#### 3.1.1 Taxonomie

Čeď střevlíkovití (Latreille, 1802) z podřádu masožravých (Adephaga) z řádu Coleoptera se celosvětově dělí do 15 podčeledí (Lawrenc a Newton, 1995). V současnosti je na území České republiky známo zhruba 560 druhů rozdělených do 9 podčeledí (Hůrka, 2005).

#### 3.1.2 Morfologie

Velikost střevlíkovitých se pohybuje od 1 mm do 10 cm. Nejčastěji mají brouci podlouhlou oválnou formu těla, ale u některých taxonů může být charakteristický také kulatý tvar. Většina druhů má obvykle tmavě černou nebo hnědou barvu, často s kovovým nádechem. Křídla mají často drážky a jsou pokryta malými jasnými body. Některé druhy mají perleťový lesk (Belousov, 1995).

Hlava je mírně zatažena do středohrudí, směřuje dopředu a končí silnými špičatými kusadly, jejichž tvar závisí na tom, čím se brouk živí. Řada dravců je charakterizována dlouhými srpkovitě tvarovanými kusadly, dobře přizpůsobenými k držení kořisti. Býložravci mají naopak obvykle masivní a tupá kusadla, která působí při mletí rostlinného substrátu (Belousov, 1995). Tykadla jsou nejčastěji filiformní nebo štětinovitá a jsou často poměrně dlouhá (zaujímají 1/4 až 1/2 délky těla). Po stranách hlavy jsou umístěny komplexní fazetové oči, které jsou obvykle středně velké, konvexní, s malými a plochými fazetami (Lobanov, 2000).

Prothorax je široký a konvexní, ostatní části předohrudí pokryté elytrou. Široké břicho se skládá ze 7–9 sternitů. Elytra je tvrdá, u bezkřídých druhů roztavená a její povrch je pokryt drážkami (Horoshutina, 2019).

Brouci mají 6 nohou. Končetiny jsou obvykle dlouhé a tenké, ale také mohou být krátké, široké a se zoubkáním. Na spodní noze mají speciální zářez, kterým střevlíkovití čistí tykadla (Horoshutina, 2019).

Charakteristické pro volně žijící larvy jsou pro ně nedostatek pigmentace a dobře rozvinutá kusadla a končetiny, sestávající z 5 segmentů (Lobanov, 2000).

### 3.1.3 Biologie

Životní cyklus zástupců čeledi Carabidae je charakterizován 4 vývojovými stupni: vajíčko, larva, kukla a imago. K reprodukci dochází, když je dosaženo fáze imago, tedy ve věku kolem jednoho roku. U jednotlivých druhů dochází k rozmnožování v různých ročních obdobích – na jaře, v létě nebo na podzim. Samice klade cca 50–80 vajíček až 3 cm hluboko do půdy. Podle období rozmnožování dochází k hibernaci – v létě, nebo v zimě. Většina druhů střevlíků žijících na území České republiky zimuje v zemi, ale existují i druhy které jsou schopny lovit i v zimním období (Spitzer, 2013). Střevlíci mají nejčastěji jednu generaci za rok, ale existují případy, kdy se mohou vyvinout dvě generace v jednom roce (*Pogonus*), nebo naopak může vývojový cyklus trvat dva roky (*Carabus*) (Lobanov, 2000).

Střevlíkovití jsou většinou suchozemští. Žijí v malých skupinách sestávajících z různých druhů střevlíků. Obvykle žijí v povrchových vrstvách půdy, pod kameny, na stopkách trav a keřů. Některé druhy upřednostňují keře a stromy (Stepanov, 2017).

Denní aktivita brouků se dělí do 3 typů: denní, noční a celodenní. Hlavním faktorem ovlivňujícím výskyt brouku je vlhkost půdy. Ve případě nedostatku půdní vlhkosti se brouci začínají přizpůsobovat a v různých ročních obdobích lze pozorovat změnu vrcholu aktivity hmyzu. Například na jaře, v podmínkách relativně vysoké vlhkosti půdy, hojnosti srážek a nízkých teplot, vede mnoho druhů, které jsou obvykle klasifikovány jako noční, denní životní styl (Belousov, 1995).

### 3.1.4 Význam Carabidae v přírodě

Praktický význam střevlíků pro člověka je značně rozmanitý, jejich výskyt přináší jak své nevýhody, tak i výhody. Za nevýhodu lze považovat skutečnost, že fytofágní druhy poškozují zemědělské kultury. Například v Rusku je hlavním škůdcem zemědělských farem a zahrad hrbáč osenní (*Zabrus tenebrioides*). Poškozuje pšenici i jiné plodiny, a to jak ve stadiu larvy, tak ve stadiu imaga (Lobanov, 2000).

V přírodě mají brouci dva hlavní typy nepřátel: predátory a parazity. Brouci mohou být infikováni houbovými chorobami, které se mohou vyskytovat na imagu i ve vajíčkách a larvách. Smrt larev a imag může být způsobena jednobuněčnými eukaryotními organismy, které se usadily v jejich tělech. Na těle brouka se často nacházejí různé typy klíšťat. Brouci mohou být také využity mouchami čeledi *Tachinidae* nebo parazitoidními vosami k vývoji potomstva. Střevlíkovití jsou součástí potravy mnoha predátorů, jako jsou masožraví savci, plazi, mravenci, hmyzožravci savci, ptáci, obojživelníci a pavouci. Všichni uvedení predátoři zároveň regulují počet brouků (Horoshutina, 2019).

Polyfágní a entomofágní druhy střevlíků naopak přinášejí zemědělství obrovský užitek. Dravé druhy jsou schopné regulovat počet mnoha druhů hmyzu, brouků, larev, kukel, housenek, slimáků, hlemýžďů, a ještě dalších bezobratlých, mezi nimiž jsou i nebezpeční hospodářští škůdci. Střevlíkovití dokážou zastavit růst populace škůdců ještě dříve, než dosáhnou prahu škodlivosti (Belousov, 1995).

### 3.1.5 Nejrozšířenější podčeledě střevlíků v ČR

V čeledi Carabidae bylo identifikováno 10 podčeledí (6 čeledí byly nalezeny během práce).

#### Podčeleď *Brachininae* Bonelli, 1810

Podčeleď *Brachininae* reprezentuje spolu s podčeledí *Paussinae* skupinu prskavců (*Brachinus* sp.). Zahrnuje dva triby (přes 500 druhů) (obr. 1,2):

- Brachinini (p. *Brachinus*, *Brachynillus*, *Mastax*, *Pheropsophus* (Obr. 2)),
- Crepidogastrini (str. *Metrius*, *Sinometrius*).

Prskavci jsou běžné na všech kontinentech kromě Antarktidy. V ČR jsou zastoupeny dva rody – rod *Aprinus* Bonelli a rod *Brachinus* (obr.1) Weber (Hůrka, 1996).

Délka těla od několika mm do 1-3 cm, Elytra tmavě zbarvená, hlava, hrud' a končetiny světlé barvy. Brouci vedou noční způsob života, přes den se schovávají pod kameny, klády, v lesní půdě a shlukují se do skupin. Nemají schopnost létat. Tito střevlíci dostali své jméno díky zvláštnímu ochrannému mechanismu – schopnosti vystřelovat ze žláz v zadní části břicha směsí chemikálií (hydrochinony a peroxid vodíku). Exotermické reakce způsobí zahřátí směsi až na 100 °C. Objevení kyslíkových žláz v reakční komoře zvyšuje objem látky a ta je vymrštěna ven otvory na špičce břicha. Tento hrot v *Brachininae* je pohyblivý a umožňuje nasměrovat proud kapaliny mířící na nepřítele (Hrdlička, 2003).

Charakteristickým taxonomickým znakem podčeledi je zvýšení počtu viditelných břišních sternitů až na 7 u samice a 8 u samce (Brokgauz a Efron, 1907). Vejce jsou malá. Zvláště zajímavý je fenomén zjednodušené hypermetamorfózy u ektoparazitického *Brachinus*. Zvyšuje se počet larválních instarů. Larva 1. instaru má stavbu typickou pro střevlíky a plní funkci vyhledávání kořisti a přichycení se k ní. Larvy 2.-4. instaru se živí kořistí a mají zcela odlišný vzhled – jsou silně depigmentované, mají krátké nohy, redukovaná tykadla a ztluštělé tělo. Larva v 5. instaru se neživí a lze ji považovat za prepupu (<https://www.ukbeetles.co.uk/brachininae>).



Obr. 1 *Brachininae: Brachinus*

Zdroj: biolib.cz



Obr. 2

Zdroj: biolib.cz Brachininae: *Pheropsophus*

### **Podčeleď Cicindelinae Latreille, 1802**

Někdy považován za samostatnou čeleď *Cicindelidae*.

Tribus *Cicindelini* zahrnuje asi 1500 druhů. Zástupci jsou rozmístěni po celém světě, kromě polárních oblastí. Většina druhů se vyskytuje v subtropích a tropech. Hlavní rody: *Cicindela* Linnaeus, 1758 a *Cylindera* Westwood, 1831. V ČR jsou zastoupeny pouze tribem *Cicindelini* (Hůrka, 1996).

V Palearktidě jsou svižníci běžní ve všech přírodních a klimatických pásmech, s výjimkou arktické tundry a pouští. Některé druhy jsou vázány na otevřená prostranství, která zabírají luční nebo pobřežní vegetace; některé druhy žijí v nížinných a horských lesích. Dosahují vysoké druhové diverzity v suchých a polosuchých oblastech (stepi, polopouště a pouště), kde žijí především v pobřežním pásu podél sladkovodních a slaných vodních ploch, dále na slaných močálech, otevřených a pevných píscích. Některé druhy svižnic vstupují do agrocenóz, kde někdy dosahují značného počtu (Matalin, Arzanov, Khachikov, 2019)

Podčeleď zahrnuje výhradně aktivní predátory, ve většině případů entomofágy. Patří mezi nejrychleji běžící hmyz. Jsou to létající střevlíci s velmi rychlým vzletem. Barva je jasná, kovově zelená, se skvrnami (Pearson a Vogler, 2001).

Vývojový cyklus svižníka trvá 2 roky. Mají specializované larvy, které vedou životní styl spojený s jejich volným pohybem na povrchu i uvnitř půdy při hledání kořisti. Larvy mají pár pronikavých ústních ústrojí, žijí v norcích. Jejich trávení je převážně extraintestinální (Pearson a Vogler, 2001).

Brouci – svižníci mají velmi velké oči, hlava je širší než pronotum. Hlavní rysy brouků tribu *Cicindelini* (obr.3) jsou: velká hlava se širokým clypeem, velkýma očima a dlouhými kusadly. Tykadla jsou připevněna na čele, nikoli na tvářích jako u většiny ostatních střevlíků. Elytra bez drážek (Puckov a Matalin, 2003). Charakteristický je čistící přístroj primitivního typu: tykadla jsou pubescentní s častými řadami krátkých klobouků (Hlavac, 1971).



Obr. 3 Cicindelinae: Cicindela

Zdroj: [www.zin.com](http://www.zin.com)

### **Podčeleď Carabinae** Latreille, 1802.

Zahrnuje triby:

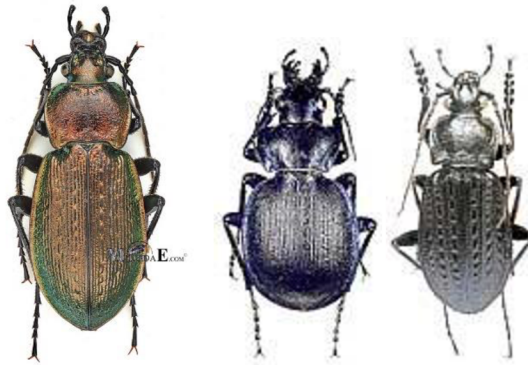
- Carabini (str. *Calosoma* Weber, 1801 - Krasotely, *Carabus* Linnaeus, 1758)
- Ceroglossini (str. *Ceroglossus* Solier, 1848);
- Cychrini (p. *Cychrus* Fabricius, 1794);
- Pamborini (str. *Maoripamborus* Brookes, 1944) (Makarov, Kryzhanovsky, Belousov, 2013)

Kmen Pamborini - pouze v Austrálii a na Novém Zélandu. Stanoviště jsou různorodá. Podčeleď zahrnuje druhy - hygrofily, fytofilny a mezofily. V ČR jsou zastoupeny 2 rody – *Calosoma* Weber a Velcí střevlíci (obvykle více než 14 mm) s podlouhlým tělem (obr. 4). Vyskytují se především v mírném pásmu. *Carabus* Linnaeus (Hůrka, 1996).

Zbarvení je nejčastěji černé nebo tmavě hnědé (většina těchto druhů je nočních a soumrakových), u některých skupin je však světlé a pestré (většinou denní a volně žijící druhy). Hlava je vždy prognatická – čelisti směřují dopředu a jsou shora dobře viditelné; nelze stáhnout do pronotum. Na čele jsou umístěny nadočnicové póry nesoucí štětiny. Složené oči jsou umístěny po stranách hlavy. Tykadly dlouhé, nitkovité nebo setiformní (Kryzhanovsky, 1983).

Přední holenní kosti se od ostatních výrazně liší svou stavbou, obsahují orgán pro čištění tykadel. Tarsi jsou 5-segmentové, u samců jsou hrudní končetiny rozšířené. Křídla s plnou ventilací. U některých druhů, zejména u velkých *Carabinae*, jsou elytry srostlé, což broukům znemožňuje létat. Základna elytry není lemovaná. Břicho se šesti viditelnými sternity. 1.-3. sternity jsou mezi sebou pevně srostlé a nepohyblivé, ostatní jsou pohyblivě kloubové (Bousquet a Larochelle, 1993).

Potravní vztahy karabin jsou velmi rozmanité, podle charakteru výživy – zoofágy, fytofágy a mixofágy, primárním typem výživy je predace. Obvykle jsou střevlíci aktivní od jara do podzimu. Letní diapauza se vyskytuje i u střevlíků žijících v mírných oblastech (například *Zabrus*, *Leistus*, *Nebria*). Velikosti vajec se liší, u některých karabusů až 10x3 mm. Larvy jsou obvykle campodeiformní a pohyblivé. Nejtypičtější je přítomnost tří larválních instarů. Kukly jsou volné, nahé. Zpravidla jedna generace ročně (Kryzhanovsky, 1983).



Obr. 4 Carabinae: p. *Calosoma*, *Callisthenes*, *Carabus*

Zdroj: zin.com

**Podčeleď Harpalinae** Bonelli, 1810



Pterostichini

Zabrini

Oodini

Licinini

Harpalini

Obr. 5

Zdroj: biolib.cz

Podčeleď Harpalinae (obr. 5) je velká monofyletická skupina střevlíků, která zahrnuje více než 1100 rodů a přes 20 000 druhů. Podčeleď zahrnuje střevlíky od malých až po velké velikosti (2,5 - 30 mm), žijící v široké škále prostředí, od hlubokých jeskyní až po vrcholky korun tropických pralesů. Většina druhů harpalinů patří do skupiny povrchových střevlíků, kteří vedou relativně otevřený životní styl s každodenní aktivitou. Takoví brouci mají často jasné zbarvení s kovovým leskem, mírně zploštělé tělo a dobře vyvinuté smyslové orgány (Ober a Maddison, 2008).

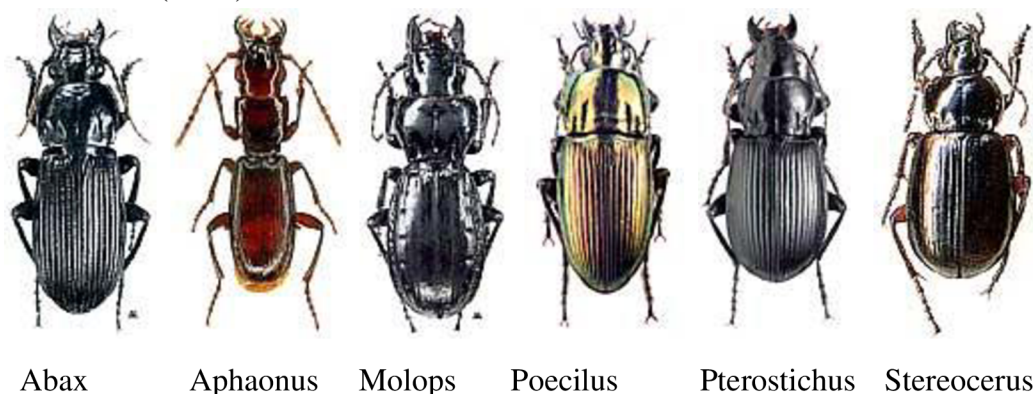
U harpalinů existují různé morfologické formy: s protáhlým tělem (*Agra*); formy ve tvaru mravenců (*Calybe*); mající čelisti na štípání ulit hlemýžďů (*Licinus*); s výrazným dorzoventrálním oploštěním těla (*Momiolyce*). Kromě morfologických znaků vykazují druhy podčeledi řadu ekologických a fyziologických znaků. Mezi harpaliny se vyskytují zrnožravé, býložravé, myrmekofilní a termitofilní formy, ovoviviparita a ektoparazitismus, predace na obratlovcích (žabách). Největší počet druhů patří ke geochortobiontům (*Amara*, *Harpalus*), střevlíkům se smíšeným kmením a aktivně se zavrtávajícím do půdy. Vyznačují se válcovitým nebo oválným hladkým tělem; široká hlava s masivními kusadly. (Kryzhanovsky, 1983).

**Podčeleď Pterostichinae** Bonelli, 1810

V současnosti tento taxon ztratil svou podčeleď a je zařazen do podčeledi Harpalinae jako kmen Pterostichini. Pterostichové jsou podle řady autorů parafyletickou komunitou; dříve byly

klady kolem typového rodu *Pterostichus* rozpoznány jako podčeleď *Pterostichinae* (Hongliang, Hongbin, 2015).

Zástupci kmene *Pterostichini* jsou rody *Abax*, *Molops*, *Poecilus*, *Pterostichus*, *Stereocerus* (obr.6).



Obr. 6

Zdroj biolib.cz

Centrálním rodem kmene (bývalá podčeleď) je *Pterostichus* (*Pterostichus* Bonelli, 1810), jeden z největších holarktických rodů čeledi střevlíkovitých, čítající více než 500 druhů ve světové fauně (podle některých zdrojů až 1000) (Arnett, Thomas, 2000).

*Pterostichové* vedou převážně dravý způsob života jak během larválního, tak imaginárního období vývoje. Většina dravců má dlouhá a ostrá kusadla, štíhlé tělo, podlouhlou hlavu, dlouhá tykadla a nohy. Význam *pterostichů* v přírodě i pro člověka se spočívá v zastavení rozmnožování škodlivého hmyzu. Hromadné druhy jsou např. *Pterostichus cupreus* L., *P. lepidus* Leske., *P. vulgaris* L. - polyfágní střevlíci, kteří ničí půdní škůdce, a také larvy mandelinky bramborové. Kromě užitečné vlastnosti těchto druhů pro zemědělství je třeba poznamenat druhy, poškozující semena (*P. cupreus*) (Kuberskaya, 2016).

Většina druhů rodu *Pterostichus* žije v lesích, ale existují druhy, které preferují oblasti bez stromů a druhy, které mohou existovat v široké škále přírodních podmínek. Jejich hojnost v lesním pásu svědčí o jejich velké biologické roli v těchto biotopech a charakterizuje rod *Pterostichus* jako lesní skupinu (Ponomarchuk).

Vzhledem k vysoké druhové diverzitě a eurybiontnímu charakteru zástupci rodu *Pterostichus* mají velký význam jako bioindikační hmyz. Proto je zvláště důležité je studovat v přírodních chráněných oblastech, především v rezervačních lesních zónách (Sundukov, 2019).



### Podčeleď Nebriinae Latreille, 1802



*Leistus*



*Nebria*



*Pelophila borealis*

Obr. 7 Zástupci podčeledi Nebriinae

Zdroj: biolib.cz

Podčeleď brouků z čeledi střevlíkovitých, skládající se ze šesti kmenů. Centrální kmen Nebriini (Laporte, 1834) zahrnuje 7 rodů a více než 600 druhů rozšířených na severní polokouli (obr. 7). Některé druhy podčeledi představují skupinu střevlíků, kteří vedou relativně otevřený životní styl, často s denní aktivitou. Jejich kryty jsou často pestrobarevné, převážně s kovovým leskem. Tělo je mírně zploštělé, smyslové orgány jsou dobře vyvinuté. Střevlíci žijí v opadech listů nebo kůře shnilého dřeva v lesní půdě (Notiophilus), podél břehů horských potoků a řek (Nebria) (Lafer, 1989).

### 3.2 Faktory, ohrožující biodiverzitu střevlíků v agroekosystémech

Biodiverzitou neboli biologickou rozmanitostí nazýváme různorodost živých organismů na Zemi, která je charakterizována bohatostí a vyrovnaností druhů. Zahrnuje druhovou, mezidruhovou a ekosystémovou diverzitu. Střevlíkovití tvoří spolu s jinými organismy agrobiodiverzitu – to je rozmanitost druhů v zemědělských ekosystémech.

Rozmanitost druhů v zemědělských ekosystémech – agrobiodiverzitu tvoří spolu s dalšími organismy také střevlíkovití /brouci. Tyto organismy se podílí na koloběhu živin, rozkladu biomasy, regulaci škodlivých organismů, toku energie (Holec, Poláková, 2019).

K vytváření agroekosystému by bez lidského zásahu nedošlo. Zemědělská činnost, rostlinná a živočišná výroba, v minulosti vytvořila jedinečné podmínky pro vývoj druhů, vázaných na pole, trávníky a louky. Pomocí diverzifikace krajiny vznikly nové ekologické niky. V současné době kvůli intenzifikaci zemědělství došlo k dramatickému poklesu druhů organismů (Boháč, Moudrý, Desetová, 2007). Podle Holého a kol. (2020) spočívají hlavní příčiny ztráty agrobiodiverzity ve fragmentaci krajiny; intenzifikaci zemědělství; orbě a zpracování půdy; intenzifikaci a unifikaci hospodaření na trvalé trávnické porostech; nesprávném managementu sadů.

Všechny druhy zemědělských plodin a jim odpovídající systémy obdělávání půdy vytvářejí na polích jedinečné podmínky, které jsou charakterizovány specifickým mikroklimatem, prosvětleností, pórovitostí a tvarem povrchu půdy. Podmínky, které vznikají v určitých oblastech krajinných prostorů určují druhovou diverzitu, početnost a strukturu komplexů různých živých organismů, včetně střevlíkovitých brouků (Guseeva, 2015).

Střevlíci mohou být využiti jako indikátory stupně změny režimu půdních biocenóz způsobené lidskou hospodářskou činností při obhospodařování orby a trvalých travních porostů. Rozšíření střevlíků závisí především na abiotických podmínkách prostředí a brouci mohou být považováni za jejich indikátory – indikátory citlivé na změny solného a hydrotermálního režimu půdy, jejího mechanického složení, terénu, vegetačního krytu a dalších sukcesních změn v krajině (Sigida, 2010).

Z abiotických faktorů mají pro brouky velký význam teplota, vlhkost, srážky, světlo a proudění vzduchu/. Vzhledem k tomu, že střevlíci jsou poikilotermní živočichové, jejich tělesná teplota závisí do značné míry na okolní teplotě.

Světlo hraje v životě hmyzu významnou roli, protože ovlivňuje fyzikální a chemické procesy probíhající v jejich organismech. Zrakové vnímání hmyzu závisí na intenzitě světla a absorpce tepelné energie slunce a její odraz má velký vliv na tělesnou teplotu hmyzu a na procento termoregulace a metabolismu vody (Zamotailov a kol., 2015).

Ohrožení brouků se dá určit na základě faktorů, které ovlivňují populaci hmyzu – například míra reprodukce, schopnost přežít v různých podmínkách a možnost migrace (Zamotailov a kol., 2015).

### **3.2.1 Intenzifikace zemědělství a management**

Snaha dostat co nejvyšší výnos na co nejmenší ploše a za krátkou dobu vede k intenzifikaci zemědělské výroby. Zjednodušení osevních postupů, pěstování monokultur, aplikace pesticidů a minerálních hnojiv jsou faktory, které se podílí na poklesu biodiverzity organismů i konkrétně střevlíků (Holý a kol., 2020).

Na polích s pravidelným meziřádkovým obděláváním i jednoletými polními plodinami se objevují specifické druhy střevlíků. Jsou přizpůsobeny životu ve vysokých světelných podmínkách. Charakteristickým rysem střevlíkových komplexů na polích vytrvalých trav a ozimých obilnin je nižší výskyt a početnost druhů preferujících otevřené osvětlené plochy. (Guseeva, 2015).

Mezi faktory, které ve struktuře agrokrajiny ohrožují populaci střevlíků, patří:

- Použití podmičky – při obdělávání půdy pomocí plůdků se počet entomofágů ve srovnání s orebními metodami obdělávání půdy snižuje (Trufanov, 2017).
- degradace půdního profilu v důsledku iracionálního využívání půdy (vodní a větrná eroze půdy, vyčerpání živin, zasolování, kontaminace půdy nadměrnými dávkami hnojiv a pesticidů;
- Nadměrné zavlažování – způsobuje vztlínání slaných vod kapilárami, jejich vypařování z povrchu půdy a její sekundární zasolování.
- Fragmentace krajiny – snižuje produktivitu populací a vyvolá vymírání druhů.
- Desertifikace půdy – zhoršuje ekosystémy a snižuje, nebo ničí biologický potenciál, rostliny a živočišnou výrobu v krajině (Boháč, 2013).

### **3.2.2 Ubytek pestrosti v důsledku používání pesticidů**

Nejběžnější způsoby ochrany rostlin proti hmyzím škůdcům a chorobám jsou založeny na použití chemicky syntetizovaných pesticidů. Ty mají nepochybně nepříznivý vliv na celé

prostředí agroekosystému. Navíc se zvyšuje pravděpodobnost dlouhodobých následků – patologických a genetických účinků chemických látek na biotu. Rezidua pesticidů se koncentrují a biokoncentrují v potravinových řetězcích. Pesticidy tedy nejen způsobují toxicitu půdy, ale také se hromadí v kořenovém systému a finálních produktech, což vede k produkci ekologicky méně kvalitního potravinového zboží. Dochází k uvolňování zbytkových částic pesticidů mimo obdělávané plochy (Ivantsova, 2013).

Zvyšování účinnosti agrochemikálií, jmenovitě herbicidů a insekticidů, vyvolá obrovské škody na početnosti hmyzu. Pokud insekticidy zachytí cílené i necílené druhy hmyzu, dojde k uhynu jedinců. Herbicidy hubí plevely, které slouží/jsou pro hmyz jako zdroj potravy a úkrytu (Holý a kol, 2020).

Střevlíkům žijícím na kontaminované půdě se snižuje odolnost vůči pesticidům. V neposlední řadě bylo u střevlíků žijících v takovýchto podmínkách pozorováno snížení příjmu potravy. Kukly much, které konzumovaly potravu s obsahem těžkých kovů a následně sloužily jako potrava střevlíků mohou mít za následek zkrácení délky elytry u střevlíků. V důsledku toho hmyzí škůdci zvyšují svou populaci kvůli absenci důležitého predátora v řetězci – střevlíků (Maryanski, 2002).

Pesticidy často způsobují dlouhodobé účinky v populacích entomofágů. Dochází například ke snížení plodnosti, střední délky života, aktivity atd. Některé pesticidy působí na prospěšnou faunu členovců nejen toxickým, ale i odstrašujícím (repelentním) účinkem. Agroceνόza „vyčištěná“ od entomofágů je tak na dlouhou dobu zbavena jejich přítomnosti, protože užitečné druhy se vyhýbají migraci z okolních bezpečných cenóz (Guseeva, 2015).

Kvantitativní výzkum prospěšné bioty entomofágů a opylovačů v agroceνόze s předseťovou úpravou ukazuje na největší pokles jejich počtu (1,5–2krát) ve srovnání s kontrolní variantou bez chemického předseťového postřiku půd (Ivantsova, 2013).

### 3.3 Možnosti ochrany

Ekologické zemědělství, které se nyní široce rozvíjí, je jedním z potenciálních kompromisů mezi zabezpečením potravin a zachováním biologické rozmanitosti. Je to především díky vyšší rozmanitosti pěstovaných plodin a používání hnojiv organického původu a biologické ocghraně rostlin. Používání minerálních hnojiv a chemických prostředků je v ekologickém zemědělství velmi omezeno. Moderní pojetí udržitelného rozvoje poskytuje holistický pohled na environmentální, ekonomické a sociální problémy, kterým lidstvo čelí. Právě organické zemědělství poskytuje takové příležitosti k zajištění udržitelné rovnováhy mezi ekonomickým blahobytem a zachováním příznivého prostředí pro něj (Zharlygasova a kol., 2018)

Nejbohatší druhová skladba entomofágů, zejména v první polovině hmyzího životního cyklu, byla stanovena v polích se trvale travními porosty, zejména jetele s podsevem bojínku. Území působila jako zdroj zvýšení druhové diverzity faunistických komplexů dalších polí, především ozimých a jarních obilnin (Guseeva, 2011).

Místem koncentrace a nejúčinnějším zdrojem migrace střevlíků na pole v osevním postupu jsou porosty vytrvalých trav. Pro zvýšení početnosti a rovnoměrného rozšíření entomofágních brouků na obhospodařovaných pozemcích je nutné mít ve struktuře osevního

postupu víceleté traviny, které by se měly nacházet v blízkosti oblastí s nejintenzivnější antropogenní zátěží (Karpova, 2001).

Součástí praktické podpory biodiverzity jsou opatření AEKO. Jejich cílem je podpořit k přírodě šetrné způsoby hospodaření na zemědělské půdě a zachování biologické hodnoty přírodních zdrojů, rozmanitosti a údržby krajiny. Dalším podopatřením je zatravňování orné půdy – převod orné půdy na travní porost v erozně ohrožených oblastech, v ochranných pásmech vodních zdrojů, v oblastech zranitelných dusičnany anebo podél vodních útvarů.

Jedním z nástrojů přímé podpory je vytvoření biopásů – jejich cílem je poskytnout zdroj potravy a úkryt pro bezobratlovce, obratlovce a ptactvo. Dotace vypláceny na hektar biopásu.

Vhodnými kvetoucími rostlinami pro tyto účely jsou bobovité (Fabaceae), miříkovité (Apiaceae), hvězdnicovité (Asteraceae), brukvovité (Brassicaceae) a další čeledi.

Podle Holého a kol (2017) existují i další možnosti podpory populace hmyzu v zemědělských systémech – to jsou refugia, biokoridory, úkryty, hnízdiště a hmyzí hotely.

Refugia slouží jako poslední útočiště hmyzu před neuváženou aplikací pesticidů. Jako refugia mohou sloužit plochy, vyloučené ze zemědělské výroby anebo tak zvané úhory. Dalším útočištěm by mohly stát ponechané stohy slámy a sena, v jejichž přizemní vrstvě hostí různé druhy hmyzu. Da se využít i mokřady, které mohou být využity obojživelníky, včelami a řadou blanokřídlých druhů (Škorpík, 2015).

Podporovat hmyzí biodiverzitu můžeme i pomocí biokoridor, což jsou prvky s přírodním prostředím, které slouží k migraci krajinou. Jejich funkčnost zaleží na prostorových parametrech, složení biocenóz a na stavu ekologických podmínek prostředí. Význam biokoridorů je odlišný pro různé skupiny hmyzu a je nezbytný především pro méně pohyblivé druhy bezobratlých živočichů (Löw, 1995).

Hmyz potřebuje místa, ve kterých se může schovat a přezimovat. Dané potřeby bezobratlovců lze uspokojit pomocí instalace úkrytů a hmyzí hotelů. Úkryty se vyrábí z květináčů vyplněných hadry, netkanou textilií anebo slámou. Jako úkryt takový úkryt může sloužit i v zimě mimo vegetační sezonu. Hmyzí hotely se obvykle vyrábí ze stébel rákosu, špalku dřeva, jílu, slámy a větviček. Kvůli rozdílné doletové vzdálenosti hmyzu je doporučeno rozmístit hotely rovnoměrně po ploše sadu (Holý a kol., 2017).

Absence syntetických pesticidů zlepšuje přirozené prostředí ptáků, hmyzu a půdních mikroorganismů. Kromě toho je hustota populace ptáků, rostlin, žížal a hmyzu mnohem vyšší na ekologických farmách než na plochách vystavených nebezpečnému chemickému ošetření (FAO, 2015).

Z hlediska toxicity pesticidů jak pro entomofágy, tak pro opylovače a pavouky. V systémech ochrany plodin jsou proto preferované přípravky s nejmenším negativním dopadem na prospěšné obyvatele agrocenózy (Ivantsova, 2013).

Sledování dynamiky počtu zástupců druhů střevlíků odhalilo trend k nárůstu počtu těchto entomofágů. Tento aspekt je spojen s převahou příznivých podmínek během teplých zim (diapauza) a také s omezením používání pesticidů (Kamenchenko a kol., 2016).

Použití slámy jako hnojiva přispívá k výraznému nárůstu počtu střevlíků. Tyto změny jsou vysvětlovány přitahováním dravého hmyzu na území, kde je pozorována širší potravní řetězec (jiný hmyz byl zastoupen ve větším počtu, především škůdci a jejich larvy) (Trufanov, 2017).

Kypření půdy a No-till na svahových agrokrajinách způsobují nárůst populace entomofágů, což nepřímo ovlivňuje počet larev třásněnek vycházejících z diapauzy a částečně i housenky tesaříka, potenciální potrava střevlíků (Škorpík, 2015).

Strip-till a minimalizační technologie zpracování půdy do značné míry zajišťují ekologicky udržitelný stav agrokrajiny a stabilní fyto-sanitární stav agroekosystému jako celku, přispívají k zachování a reprodukci populace entomofágů (Kamenchenko a kol., 2016).

Migrace a rozšíření střevlíků v zemědělské krajině je tedy ovlivněno mnoha faktory, které je třeba vzít v úvahu při plánování přilákání těchto entomofágů do oblastí se zemědělskými plodinami.

## 4 Metodika

### 4.1 Sledovaná oblast

Studie byly prováděny na území okresu Praha-Západ, obec Horoměřice. Jako výzkumné lokality byly vybrány – pšeničné pole s přilehlým lesem a ekoton mezi dvěma biomy a řepkové pole s přilehlým lesem a ekotonem.

Rozloha hlavního města Prahy činí 496 km<sup>2</sup>. Zemědělská půda zabírá 209,84 km<sup>2</sup>. V této rozloze jsou započteny plochy orné půdy – 154,30 km<sup>2</sup>, sadů a zahradních pozemků – 46,81 km<sup>2</sup>, luk – 8,68 km<sup>2</sup> a dokonce i vinic – 0,10 km<sup>2</sup>. Ve městě se navíc nachází 49,20 km<sup>2</sup> lesů. Počet obyvatel města je 1 308 632. Praha leží na obou březích řeky Vltavy. Klima v Praze je mírné kontinentální, vyznačuje se mírností a relativní stabilitou. V létě je průměrná denní teplota 19–21 °C, v zimě od –2 °C do –4 °C). Déšť do města přináší západní větry, jedná se o nejčastější typ srážek. Průměrný roční úhrn srážek se pohybuje kolem 485 mm (Praha, Wikipedie, 2020).

Obec Horoměřice se nachází na severozápadní hranici hlavního města Prahy. Rozloha obce je v průměru 8,05 km<sup>2</sup>.

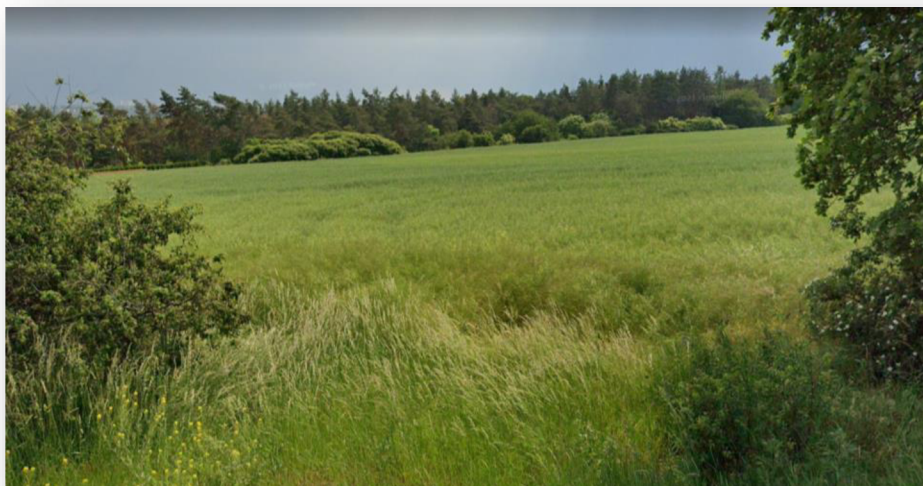
### 4.2 Pokusné plochy

Pokusné plochy se nachází v obce Horoměřice. Jednotlivým lokalitám byl přiřazen kód (Tab. č. 1).

Tab. 1 Označení lokalit

<b>O1L</b>	Les v okolí pole
<b>O2L</b>	pšeničné pole
<b>O3L</b>	ekoton
<b>Ř1L</b>	Les v okolí pole
<b>Ř2L</b>	řepkové pole
<b>Ř3L</b>	ekoton

Pole s ozimou pšenící (obr. č. 8) má parcelní číslo 7802/7 a jeho rozloha je 27 ha. Vzdálenost od vody – 92,63 m. Celý pozemek se nachází v zranitelné oblasti dle nitrátové směrnice.

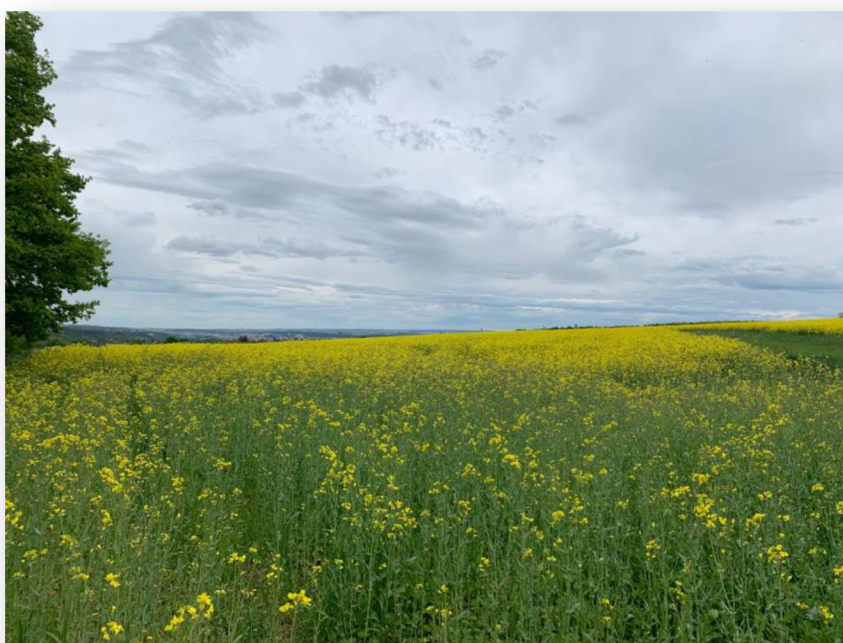


Obr. 8 Pokusný pozemek s pšenicí

Zdroj: [google.com/maps](https://www.google.com/maps)

Pole s ozimou řepkou (obr.č. 9, 10) má rozlohu 29,09 ha a parcelní číslo 6801/12. Vzdálenost od vody – 162,4 m. Celý pozemek se nachází v zranitelné oblasti dle nitrátové směrnice. Výměra mírně a silně erozně ohrožené půdy – 5,06 ha.

Plodiny jsou pěstovány v konvenčním režimu.



Obr. 9 Řepkové pole

Zdroj: Vlastní foto



Obr. 10

Zdroj: Mapy.cz

Lesní lokality se nachází kousek od polí. Lesní lokalita Ř1 je přírodním parkem Šárka – Lysolaje. Jeho výměra činí 46899 m<sup>2</sup>. Dřevinná skladba se skládá z borovice, lípy, dubu, jasanu, javoru a dalších stromů. Lokalita O1 taky patří do PP Šárka. Výměra lesního porostu je 77381 m<sup>2</sup>. Do porostní skupiny spadá jasan, dub, borovice, lípa, habr a další.

### 4.3 Zemní pasti

Pro odchyt brouků byla použita metoda zemních pastí (obr. 11 a 12). Zemní pasti se skládaly z kelímků s konzervačním roztokem, které byly vloženy do vyvrtaných otvorů v půdě. Horní okraj pastí dosahoval úrovně terénu a byl zarovnan s povrchem okolní půdy. Jako konzervační činidlo v pasti byl použit koncentrovaný roztok chloridu sodného (1 kg soli na 5 l vody) se smáčedlem a několika kapkami formolu. Pasti byly instalovány během května a odchyťovaly hmyz pohybující se po zemi. Odstranění pastí bylo provedeno na začátku října.

Na každou lokalitu bylo umístěno 10 kelímků s konzervačním roztokem v jedné linii (obr. 4 a 5). Vzdálenost mezi pastmi byla 2-3 metry. Pasti se vybíraly každé dva týdny. Prázdné kelímky byly očištěny a znovu naplněny konzervačním činidlem a vráceny zpět do půdy, kde byly na dalších 14 dní ponechány.





Obr. 11 Ukázka rozmístění zemních pastí



Obr. 12 Ukázka rozmístění zemních pastí

Z hlediska ekonomických nákladů, jsou zemní pasti levné, jejich cena je 30–60 Kč (Kašák, Holuša, 2012).

## 4.4 Sběr a třídění odchyceného materiálu

Po instalaci zemních pastí probíhal každé dva týdny sběr ze všech zemních pastí. První sběr byl proveden 25. 5.2021 a poslední 02.10.2021. Odchycení brouci byli přeliti do plastových uzavíratelných lahví s označeným kódem lokality a datem a prázdný kelímek byl znovu naplněn konzervačním roztokem.

Odebraný materiál byl poté zpracován v laboratoři. Odchycený hmyz byl nejprve rozříděn do řádů. Z řádu brouků (Coleoptera) se následně vytřídila čeleď střevlíkovitých (Carabidae) a z nich se postupně určovali jednotlivé druhy. Vytřídění materiál byl vložen do zkumavek a konzervován technickým lihem (70 %). Každá zkumavka byla označena datem, taxonem, počtem jedinců a číslem plochy.

## 4.5 Statistické vyhodnocení

Pro statistické hodnocení získaných údajů, nutných k vyhodnocení vlivu pěstování různých zemědělských plodin na biodiverzitu střevlíků na polích a v jejich okolí, byly použity programy Microsoft Excel, Statistica 13 a BioDiversity Pro.

Všechna data byla zapsána do tabulky v programu Excel. Data byla klasifikována podle druhu střevlíků, kódu lokality, typu stanoviště, data sběru a počtu jedinců. Dále se používal program Statistica 13 pro ověření normálního rozdělení dat. Pro zjištění normality rozdělení byl zvolen *Shapiro-Wilk test*. Jeho výsledky ukázaly, že získaná data nemají normální rozdělení. Proto při hodnocení závislostí byly použity neparametrické metody.

Pro závislou proměnnou – počet druhů – byl použit Mann-Whitney U test. Výsledek byl vizualizován pomocí boxplotu (krabicového grafu).

Pro stanovení druhové bohatosti a abundance druhů na jednotlivých stanovištích byl použit nástroj BioDiversity Pro.

Pomocí Excelu a BioDiversity Pro byly stanoveny jednotlivé indexy biodiverzity pro hodnocení výsledků.

### 4.5.1 Dominance

Dominance byla počítána podle vztahu:  $DO = Ni/N * 100$  [%], kde DO – dominance, N – celkový počet odchycených jedinců, Ni – počet jedinců i-tého druhu.

Druhy s  $DO \geq 10\%$  byly označeny jako eudominantní, druhy s  $DO \geq 5\%$  jako dominantní.

### 4.5.2 Margalefův index

Důležitým ukazatelem pro hodnocení diverzity společenstva, které je omezené v prostoru a v čase a u kterého je znám přesný počet jeho druhů a jedinců, je druhová bohatost. Indexy biodiverzity byly stanoveny zvlášť pro jednotlivé lokality.

Margalefův index je stanoven podle vztahu  $Dmg = S - 1 / \ln N$ , kde S je počet druhů a N celkový počet jedinců.

### **4.5.3 Shannonův index**

Výpočty Shannonova indexu diverzity předpokládají, že jednotlivci jsou vybíráni náhodně z „nekonečně velké“ (tj. prakticky nekonečné) populace. Hodnota indexu vztažena na maximální možnou vyrovnanost společenstva a vyjádřena jako podíl z této maximální vyrovnanosti o možném rozsahu od nuly do jedné.

## 5 Výsledky

### 5.1 Počet jedinců

Ve vybraných pražských lokalitách bylo celkem odchyceno 1691 jedinců brouků (Coleoptera). V tabulce č.2 jsou uvedeny kódy pro jednotlivé lokality (Ř – řepkové, O – obilní, 1 – les, 2 – pole, 3 – ekoton), datum odběru a celkový počet odchycených jedinců z jednotlivých stanovišť.

Tab. 2 Přehled celkového počtu brouků v jednotlivých lokalitách

Č. vzorků	Ozn. lokality	Datum odběru	Celk. počet
1	Ř1	01.06.2021	23
2	Ř2	01.06.2021	62
3	Ř3	01.06.2021	6
4	O1	01.06.2021	45
5	O2	01.06.2021	24
6	O3	01.06.2021	13
7	Ř1	11.06.2021	6
8	Ř2	11.06.2021	72
9	Ř3	11.06.2021	10
10	O1	11.06.2021	52
11	O2	11.06.2021	31
12	O3	11.06.2021	17
13	Ř1	29.06.2021	19
14	Ř2	29.06.2021	278
15	Ř3	29.06.2021	28
16	O1	29.06.2021	32
17	O2	29.06.2021	29
18	O3	29.06.2021	33
19	Ř1	12.07.2021	5
20	Ř2	12.07.2021	317
21	Ř3	12.07.2021	23
22	O1	12.07.2021	10
23	O2	12.07.2021	47
24	O3	12.07.2021	4
25	Ř1	30.07.2021	16
26	Ř2	30.07.2021	122
27	Ř3	30.07.2021	13
28	O2	30.07.2021	23
29	O3	30.07.2021	11
30	Ř1	02.10.2021	187
31	Ř2	02.10.2021	21
32	Ř3	02.10.2021	8
33	O1	02.10.2021	16
34	O2	02.10.2021	29
35	O3	02.10.2021	58

Pro stanovení toho, zda existují rozdíly v průměrném počtu jedinců mezi studovanými lokalitami, byla zvolena jednofaktorová ANOVA, pokud se předpokládá normalita a homoskedasticita dat. Výsledky ukazují, že počet jedinců v jednotlivých lokalitách je statisticky signifikantní, protože hodnota testovacího kritéria  $p = 0,000058 \Rightarrow p < \alpha (0,05)$ .

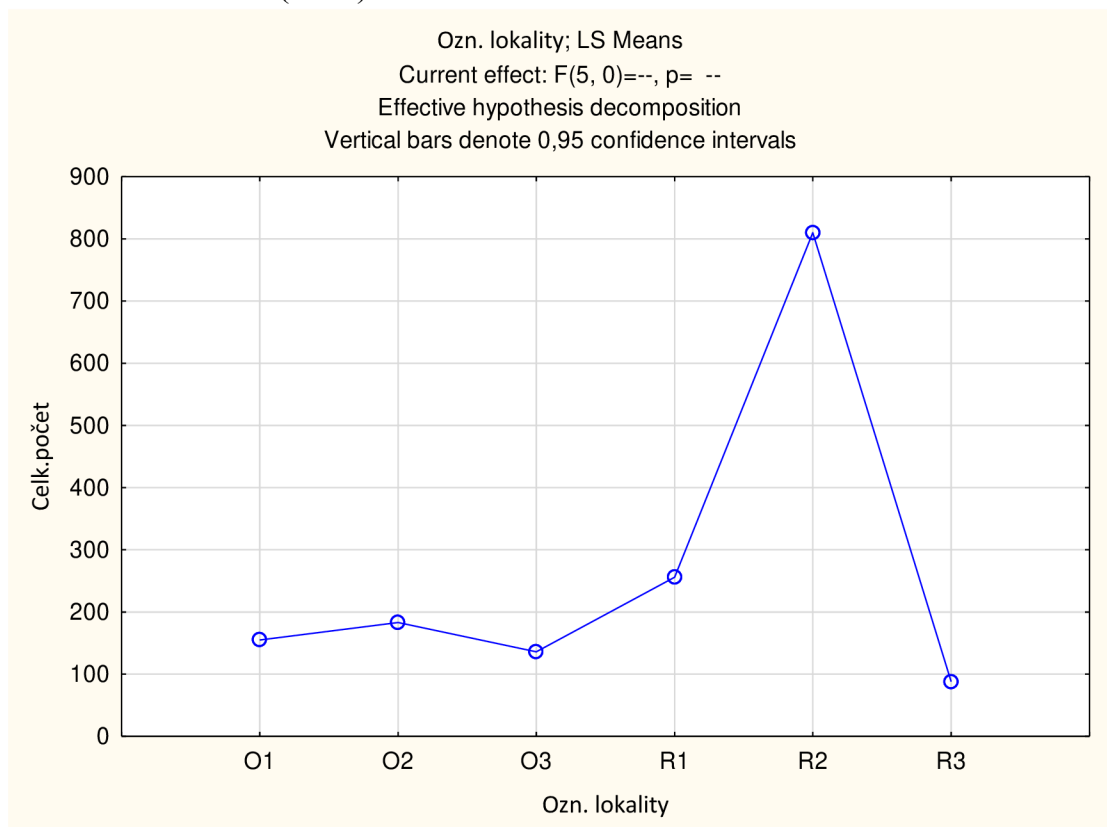
Výsledky ANOVA jsou uvedeny v tabulce č.3.

Tab. 3 Analýza rozptylu v průměrném počtu jedinců mezi studovanými lokalitami

Univariate Tests of Significance for Celk.pocet brouku (DP HMYZ2) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	79711,9	1	79711,9	22,097	0,000058
Ozn. lokality	70799,2	5	14159,8	3,925	0,007702
Error	104612,3	29	3607,3		

Poznamka: SS- stupeň volnosti, MS- rozptyl

Na grafu č.1 jsou znázorněna vizualizace počtu brouků v jednotlivých lokalitách – nejvyšší počet jedinců byl zaznamenán na lokalitě Ř2 (872 ks). Nejnižší počet jedinců lze pozorovat na lokalitě Ř3 (88 ks).

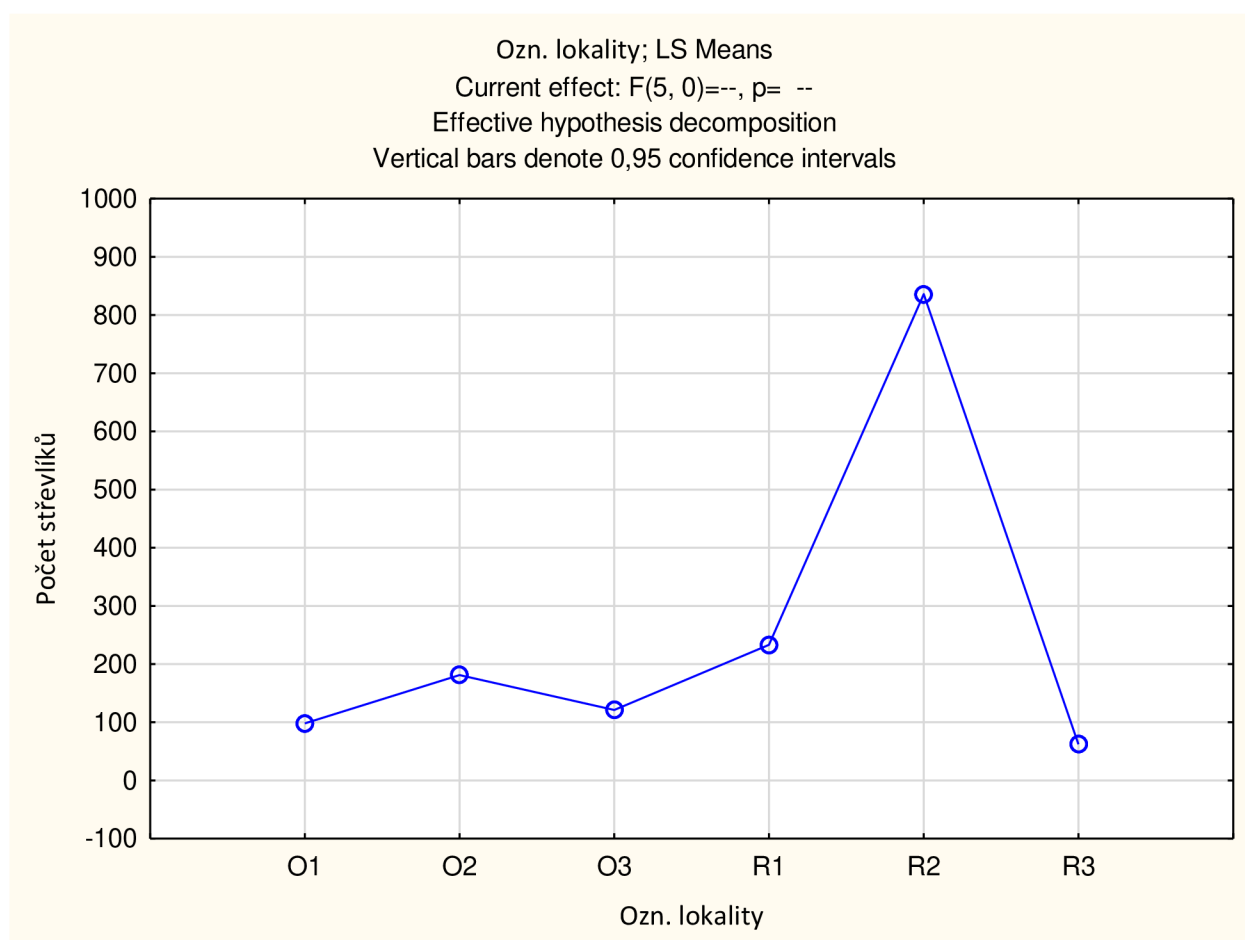


Graf 1 Vizualizace počtu brouků v jednotlivých lokalitách

Dále byl vyhodnocen počet jedinců u čeledi střevlíkovitých (Carabidae). Celkem bylo nalezeno 1531 jedinců (tab č. 4). Počet střevlíků v jednotlivých lokalitách je vizualizován pomocí grafu č. 2. Nejvyšší počet brouků byl zaznamenán na lokalitě Ř2 (836 ks). Nejmenší počet jedinců lze pozorovat na lokalitě Ř3 (62 ks),.

Tab. 4 Přehled počtu střevlíků v jednotlivých lokalitách

Ozn. lokality	Počet střevlíků
O1	98
O2	181
O3	121
Ř1	233
Ř2	836
Ř3	62



Graf 2 Vizualizace počtu střevlíků v jednotlivých lokalitách

Stejným způsobem byl stanoven předpokládaný rozdíl v počtu jedinců na výzkumných lokalitách.

V tabulce č. 5 jsou zobrazeny výsledky, které ukazují, že počet jedinců v jednotlivých lokalitách se statisticky liší, protože hodnota testovacího kritéria  $p = 0,000165 \Rightarrow p < \alpha (0,05)$ .

Tab. 5 Analýza rozptylu v průměrném počtu střevlíků mezi studovanými lokalitami

Effect	Univariate Tests of Significance for pocet strevliku Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition				
	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	59408,1	1	59408,1	18,703	0,000165
Ozn. lokality	70232,7	5	14046,5	4,422	0,004087
Error	92116,0	29	3176,4		

## 5.2 Počet druhů

Grafy č. 3 a č. 4 ukazují počet jedinců a procentuální zastoupení jednotlivých druhů. Bylo odchyceno 21 druhů, což je 4 % z celkového počtu 504 druhů střevlíků, vyskytujících na území republiky. Nejvyšší počty jedinců byly zjištěny u čtyř druhů, konkrétně – *Nebria brevicollis*, *Poecilus cupreus*, *Harpalus rufipes* a *Amara similata*.

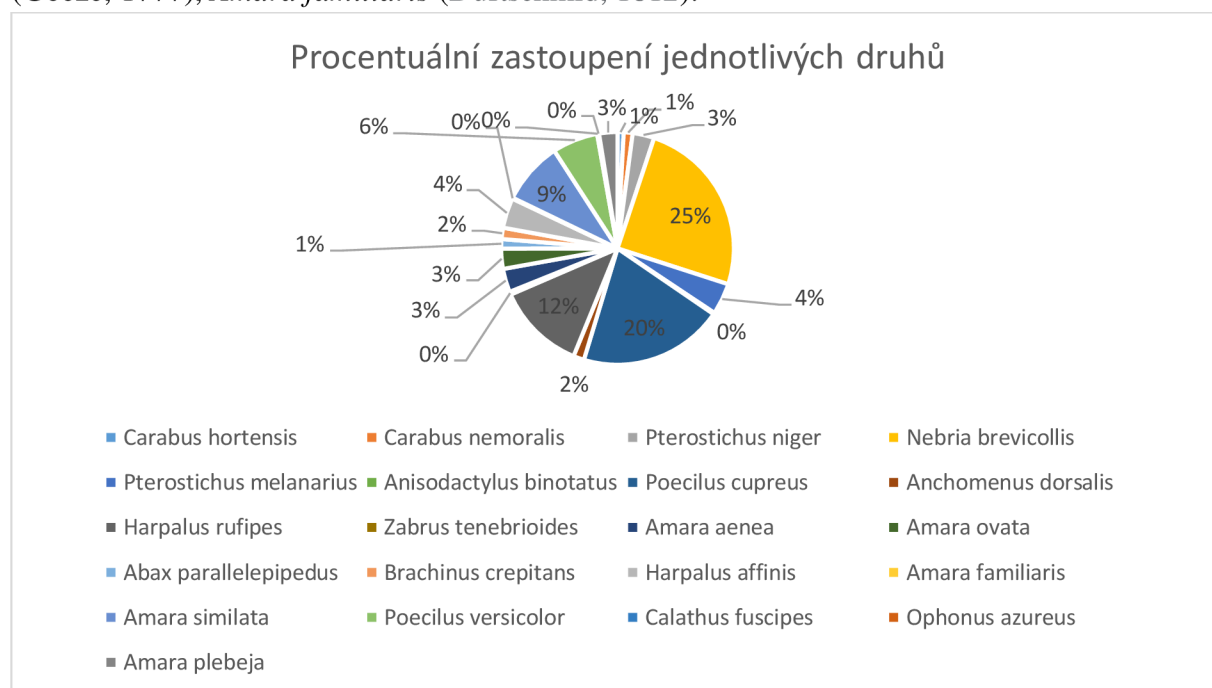


Graf 3 Počet jedinců jednotlivých druhů

Nejvyšší počet jedinců patří druhu *Nebria brevicollis* (Fabricius, 1792), a to 389 jedinců neboli 25 % od celkového počtu odchycených jedinců. Za nim následuje druh *Poecilus cupreus* (Linnaeus, 1758) se 308 jedinců (20 %). Dále druh *Harpalus rufipes* (De Geer, 1774) – přičemž se odchytilo 189 jedinců (12 %) a druh *Amara similata* (Gyllenhal, 1810) – 133 jedinců (9 %).

Byly nalezeny i další druhy, ale v menším počtu – *Amara ovata* (Fabricius, 1792), *Abax parallelepipedus* (Piller & Mitterpacher, 1783), *Brachinus crepitans* (Linnaeus, 1758), *Harpalus affinis* (Schrank, 1781), *Amara plebeja* (Gyllenhal, 1810), *Amara Aenae* (De Geer, 1774), *Poecilus versicolor* (Sturm, 1824), *Calathus fuscipes* (Goeze, 1777), *Ophonus azureus* (Fabricius, 1775), *Carabus hortensis* (Linnaeus, 1758), *Carabus nemoralis* (Müller, 1764) *Pterostichus niger* (Schaller, 1783), *Pterostichus melanarius* (Illiger, 1798) *Anisodactylus*

*binotatus* (Fabricius, 1787), *Anchomenus dorsalis* (Pontoppidan, 1763), *Zabrus tenebrioides* (Goeze, 1777), *Amara familiaris* (Duftschmid, 1812).



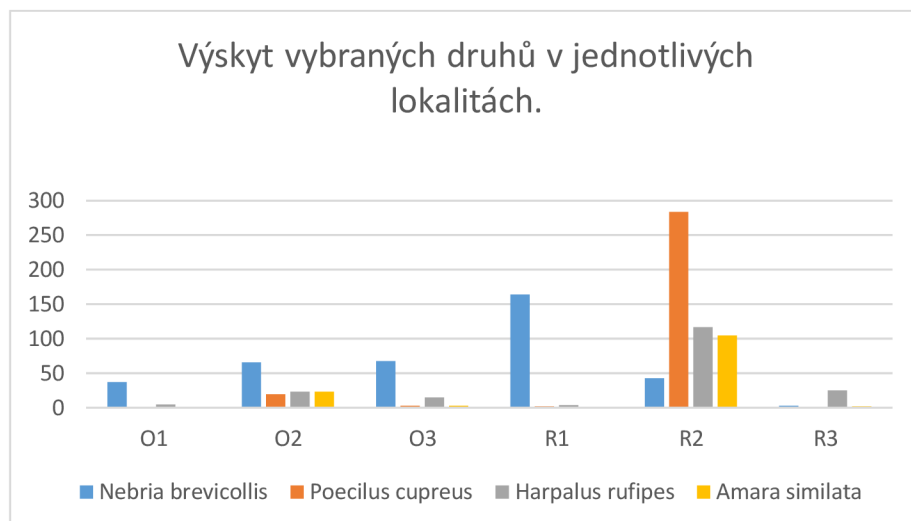
Graf 4 Procentuální zastoupení jednotlivých druhů

### 5.3 Počet jedinců vybraných druhů v jednotlivých lokalitách.

Některé druhy střevlíků měly výrazně vyšší početnost než ostatní. Graf č. 5 vizualizuje výskyt nejzastoupenějších druhů střevlíků podle jednotlivých lokalit.

Na základě výsledku uvedených v tabulce (tab.č. 6) lze prokázat, že největší počet střevlíků byl v řepkovém poli (836 ks) a větší abundance byla zaznamenána u druhu *P. cupreus* – 284 ks. Nejnižší počet byl zaznamenán u ekotonu R3, pouze 62 jedinců. Druhy *Harpalus rufipes* a *Amara similata* také mají největší početností zastoupení na lokalitě (R3) – 117 a 105 jedinců. *Nebria brevicollis* je jediným druhem z daného výběru, který byl nejhojnějším na lokalitě R1 – les v okolí pole. Pokud porovnáme celkový výskyt jedinců mezi lokalitami O1-O3 a R1-R3, tak výsledky absolutně převažují na lokalitách, které jsou rozmístěny vedle řepkového pole - 295 ks proti 219 ks.





Graf 5 Výskyt nejhojnějších druhů střevlíků podle jednotlivých lokalit

Tab. 6 Zastoupení nejhojnějších druhů střevlíků podle jednotlivých lokalit

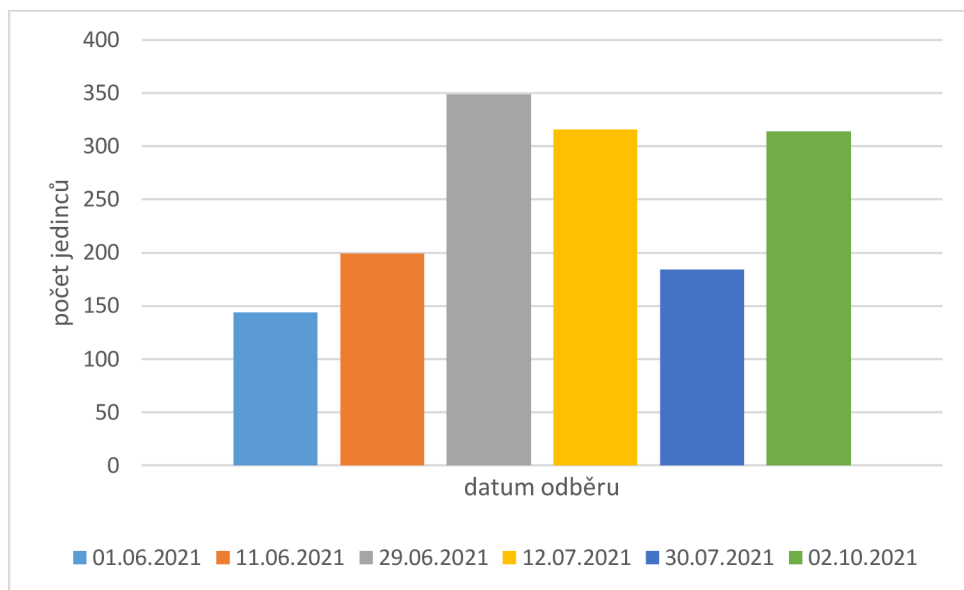
Ozn. druhu/ Ozn. lokality	O1	O2	O3	R1	R2	R3
<i>Nebria brevicollis</i>	37	66	68	164	43	3
<i>Poecilus cupreus</i>	-	19	3	2	284	-
<i>Harpalus rufipes</i>	5	23	15	4	117	25
<i>Amara similata</i>	-	23	3	-	105	2

#### 5.4 Sběry v jednotlivých měsících.

Na základě výsledku uvedených v tabulce (tab.č. 7) lze prokázat, že nejvíc jedinců bylo odchyceno na konci června (29.06) a v červenci (12.07) – a to přibližně 400 jedinců za jeden odběr. Nejmenší počet jedinců byl zaznamenán na začátku června (01.06).

Tab. 7 Sběry v jednotlivých měsících

Datum odběru	Počet jedinců
01.06.2021	144
11.06.2021	199
29.06.2021	349
12.07.2021	316
30.07.2021	184
02.10.2021	314



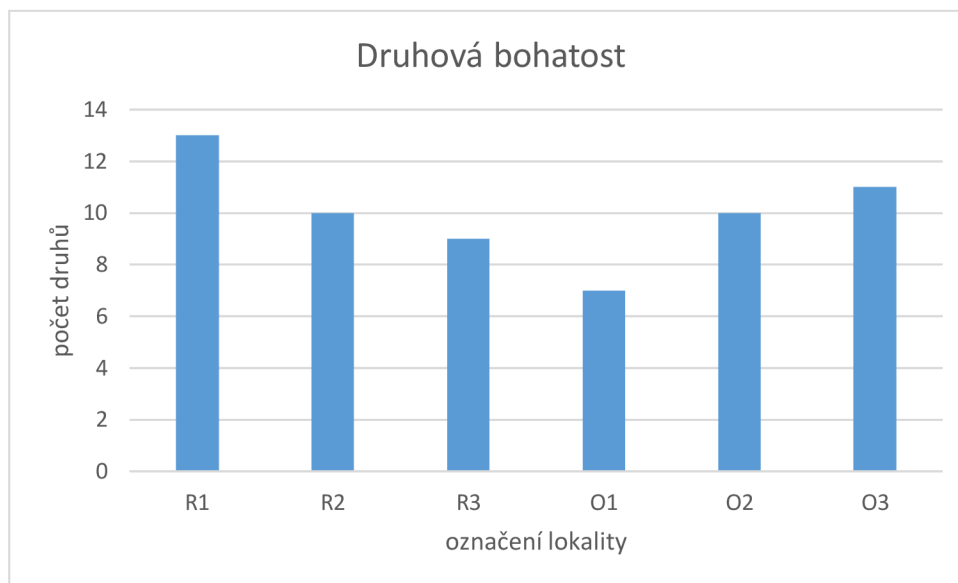
Graf 6 Nalezené jedinci v jednotlivých měsících

## 5.5 Druhová bohatost a abundance druhů na pokusných plochách.

Jako druhová bohatost se rozumí počet druhů ve společenství. V tab. č. 8 jsou uvedeny počet druhů střevlíků na jednotlivých lokalitách. Největší počet druhů byl nalezen v lese v okolí řepkového pole (R1) – 13 druhů. Nejmenší druhová bohatost byla zaznamenána na lesním stanovišti O1 v okolí pšeničného pole – 6 druhů v lese.

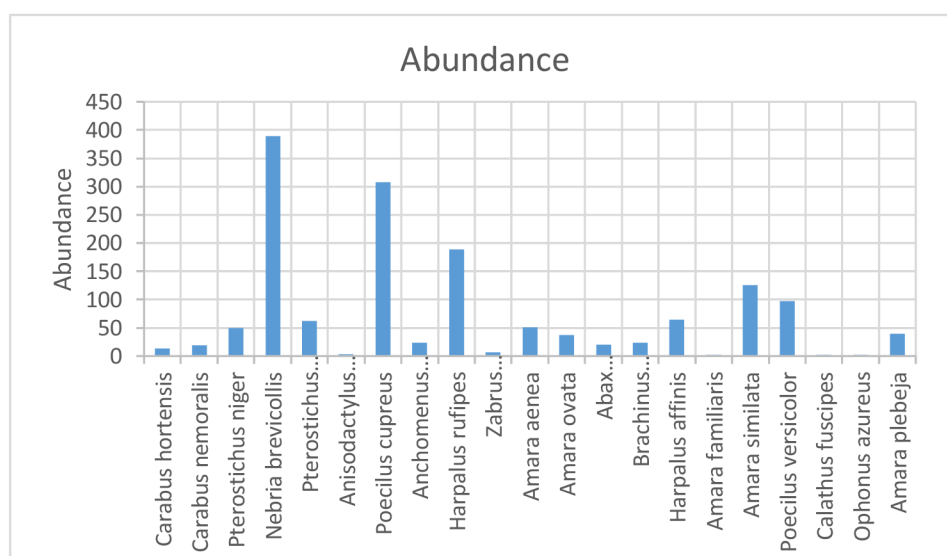
Tab. 8 Druhová bohatost a abundance druhů na pokusných plochách

Lokalita	Průměr	Rozptyl	St. odchylka	St. chyba	Celkem jedinců	Celkem druhů	Minimum	Maximum	Interval spolehlivosti
R1	11,095	1247,09	35,314	7,706	233	13	0	164	533,389
R2	39,81	4517,961	67,216	14,668	836	12	0	284	1932,364
R3	2,952	34,748	5,895	1,286	62	9	0	25	14,862
O1	4,667	132,733	11,521	2,514	98	6	0	40	56,771
O2	8,619	242,848	15,584	3,401	181	10	0	66	103,868
O3	5,762	217,491	14,748	3,218	121	11	0	68	93,022



Graf 7 Zobrazení druhové bohatosti stěvliků na jednotlivých lokalitách

Druhou složkou biodiverzity je druhová **početnost**, která se označuje jako relativní abundanci druhů.



Graf 8 Relativní abundanci druhů

Podle grafu č. 8 největší abundanci lze pozorovat u druhů *Nebria brevicollis* a *Poecilus cupreus*, nejnižší u druhů *Calathus fuscipes*, *Ophonus azureus* a *Amara familiaris*.

## 5.6 Dominance

V tabulce č. 9 jsou uvedeny výsledky indexů dominance. Byly zjištěny tři eudominantní druhy (DO > 10 %) - *Nebria brevicollis* (24,89 %), *Poecilus cupreus* (20,12 %) a *Harpalus rufipes* (12,34 %) a dva dominantní druhy – *Amara similata* (8,69 %) a *Poecilus versicolor* (6,34 %)

Tab. 9 Index dominance

Druhy střevlíků	DO%
<i>Carabus hortensis</i>	0,85
<i>Carabus nemoralis</i>	1,24
<i>Pterostichus niger</i>	3,00
<i>Nebria brevicollis</i>	24,89
<i>Pterostichus melanarius</i>	4,38
<i>Anisodactylus binotatus</i>	0,20
<i>Poecilus cupreus</i>	20,12
<i>Anchomenus dorsalis</i>	1,50
<i>Harpalus rufipes</i>	12,34
<i>Zabrus tenebrioides</i>	0,39
<i>Amara aenea</i>	3,27
<i>Amara ovata</i>	2,81
<i>Abax parallelepipedus</i>	1,31
<i>Brachinus crepitans</i>	1,57
<i>Harpalus affinis</i>	4,18
<i>Amara familiaris</i>	0,13
<i>Amara similata</i>	8,69
<i>Poecilus versicolor</i>	6,34
<i>Calathus fuscipes</i>	0,13
<i>Ophonus azureus</i>	0,13
<i>Amara plebeja</i>	2,55

## 5.7 Index diverzity

### Margalefův index:

V tab. č. 10 jsou uvedeny indexy diverzity pro jednotlivá stanoviště. Nejvyšší hodnota vyšla u lokality R1 a R2 a nejnižší u lokality O1.

Tab. 10 Margalefův index diverzity pro jednotlivá stanoviště

R1	R2	R3	O1	O2	O3
12,81	10,85	8,76	6,78	9,81	10,79

### Shannonův – Weaverův index:

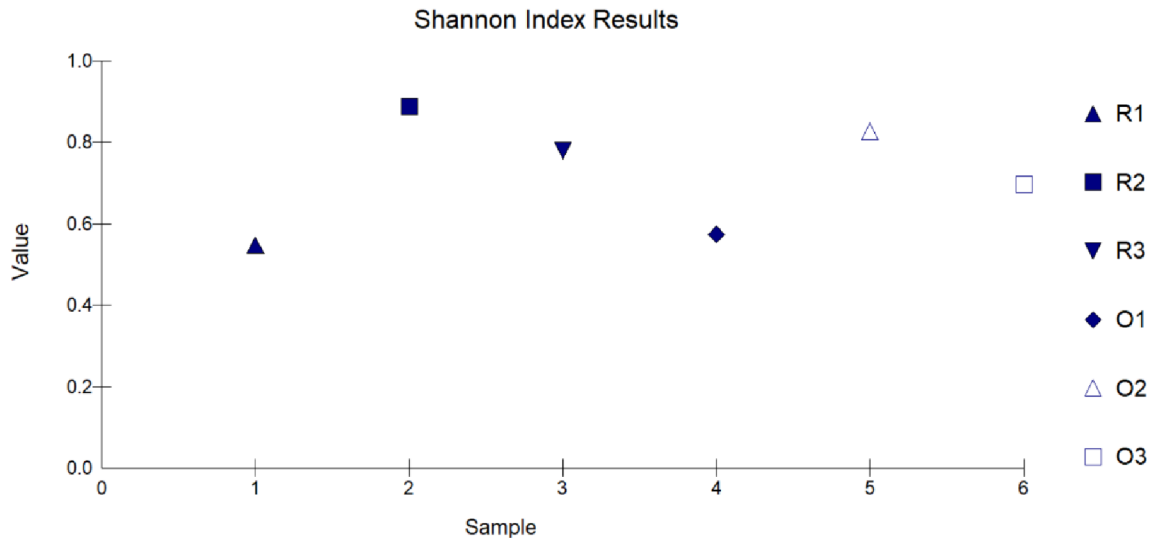
Výsledky výpočtů Shannonova indexu biodiverzity jsou uvedeny v tabulce č. 11.

Tab. 11 Shannonův index biodiverzity pro jednotlivá stanoviště

Index	R1	R2	R3	O1	O2	O3
Shannon H' Log Base 10,	0,547	0,887	0,779	0,574	0,827	0,697
Shannon Hmax Log Base 10,	1,114	1,079	0,954	0,778	1	1,041
Shannon J'	0,491	0,822	0,817	0,738	0,827	0,669

Z tabulky č. 11 vyplývá, že nejvyšší biodiverzita byla na lokalitě R2 a nejnižší na lokalitě R1 a O1. Druhá nejvyšší biodiverzita byla na lokalitě O2.

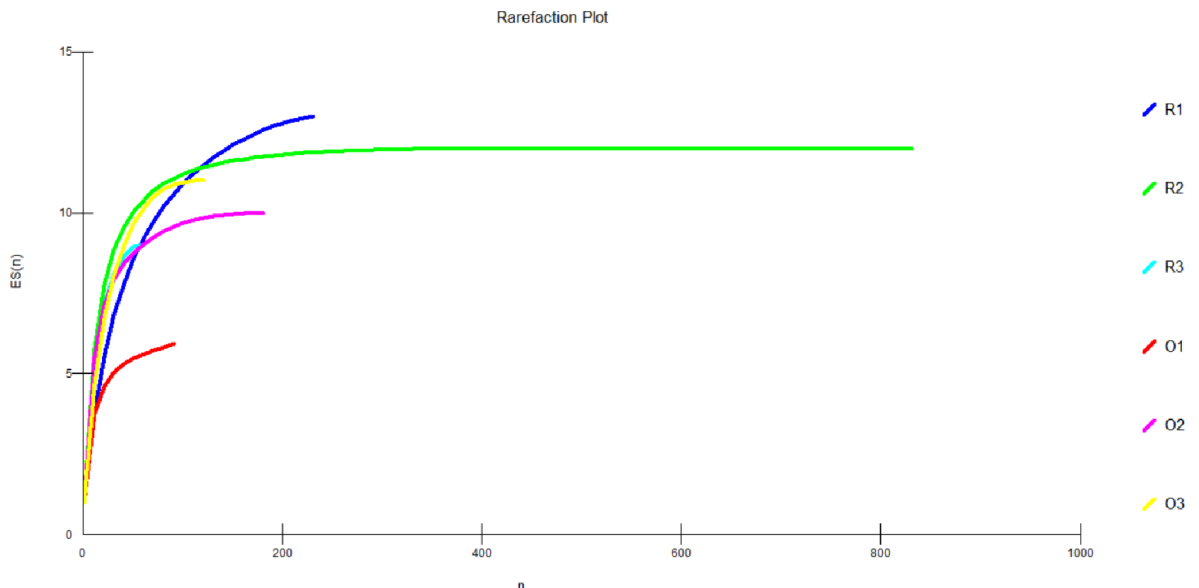
Pielouova rovnoměrnost ( $J'$ ) je index, který měří rozmanitost spolu s druhovou bohatostí. Nejvyšší vyrovnanost je pozorována u lokality O2 a R2, nejnižší u lokality R1.



Graf 9 Shannonův index biodiverzity pro jednotlivá stanoviště

### Rarefaction:

Metoda výpočtu odhadu počtu druhů v náhodném výběru o  $n$  jedincích ze vzorku ukazuje, že největší druhová bohatost byla na stanovišti R2 (na grafu č. 10 je označeno zeleně) a nejnižší byla zaznamenána u lokalit R3 (světlomodrá linie) a O1 (červená linie).



Graf 10 Výpočet odhadu počtu druhů v náhodném výběru o  $n$  jedincích ze vzorku

## 6 Diskuse

Moderní zemědělství se rychle a aktivně rozvíjí, vzhledem k vysoké potřebě a podpoře potravinové soběstačnosti v České republice. Stát každoročně investuje finanční prostředky do rozvoje rostlinné výroby, především kulturních a zemědělských rostlin a navyšuje dotace v rámci programu rozvoje venkova (Mze, 2021). Je však důležité poznamenat, že jakýkoli vývoj je doprovázen paralelními procesy, například množením hmyzích škůdců na pěstovaných plodinách. V předložené práci byly zkoumány dvě agroceózy o přibližně stejné výměře – jedná se o pozemek s ozimou pšenicí a pozemek s řepkou. Obě lokality se nacházely ve zranitelných oblastech dle nitrátové směrnice. Kromě toho, byly zkoumány lesní lokality a přechodné ekotony, které se nachází poblíž zemědělských ploch.

Celkově bylo odchyceno 21 druhů střevlíků, z toho 3 druhy byly eudominantní -*Nebria brevicollis*, *Poecilus cupreus*, *Harpalus rufipes* a dva dominantní druhy *Amara similata* a *Poecilus versicolor*. Jde o zoofágní druhy, kromě druhu *Poecilus cupreus*, který – je generalista, preferující rostlinnou potravu a množící se na plochách s převahou brukvovitých-plodin, jejichž části využívá jako potravu – především u rodu *Stellaria* a *Brassica* (Thiele, 1977). To koreluje se získanými výsledky, kde tento druh měl největší zastoupení na řepkovém poli – na stanovišti R2. Jeho podíl ze všech druhů zde činil 34 %.

V dané studii bylo nalezeno více střevlíků na řepkovém poli (lokality R2 - 836 ks), než na pšeničném poli (lokality O2 - 181 ks). Jak už bylo zmíněno výše nejpočetnějším druhem byl *P. cupreus* – eurytopní hojný druh nelesních stanovišť – 284 jedinců bylo nalezeno jen v řepkovém poli, což koreluje s preferencí daného druhu k brukvovitým plodinám.

Indexy biodiverzity, konkrétně Margalefův a Shannonův-Weaverův index ukazují, že největší druhová diverzita a vyrovnanost je na lokalitách R2 a O2, což jsou zemědělské agroceózy. Zároveň, vyšší diverzita, ale nižší vyrovnanost druhů jsou stanoveny na lesní lokalitě R1. Získaná data lze vysvětlit několika faktory. Prvním z nich je metoda sběru. Podle studia Tylera (2007), je pro odchyt stejného množství brouků v zalesněných plochách potřeba delší časová doba než v územích nezalesněných. Dalším faktorem by mohlo být, že některé pasti ve studovaných lokalitách byly občas odcizeny nebo vylity. Ačkoliv jsem sbírala i vzorky vylité mimo pasti, nelze vyloučit, že například odchycení-brouci mohli být zkonsumováni predátory. Některé zemní pasti byly občas poničeny od psů či jiných živočichů. Jinak řečeno, existují abiotické i biotické faktory, které mohly výrazně ovlivnit počty odchycených brouků. Tyler (2007) uvádí, že index diverzity Carabidae, byl vyšší na lokalitách s ranněsukcesními stadii porostů než na zalesněných plochách.

*Amara similata* je jedním z nejhojnějších druhů střevlíků v porostech řepky, v lokalitě R2 bylo nalezeno 105 jedinců. Podle Schleina a Buechsa (2006) lze to vysvětlit tím, že druh *A. similata* je významným predátorem larev bejlomorky kapustové, které se často vyskytují v šešulích řepky, v nichž se vyvíjejí.

Jak už bylo zmíněno výše, z celkového počtu odchycených jedinců v agroceózách dominovaly střevlíci z rodů *Harpalus*, *Amara* a *Nebria*. Jsou to druhy menších rozměrů a dá se předpokládat, že u menších druhů jsou vyšší šance na přežití. Tato hypotéza se potvrzuje v práci Kotze a O'Hara (2003), kteří zkoumali příčinný úbytek střevlíků v antropogenní krajině. Výsledky jejich práce ukázaly, že populace střevlíků s velkým rozměrem těla klesla více než

s menším rozměrem, což lze vysvětlit tím, že menší druhy mají větší šanci na přežití během zpracování půdy a během agrotechnických zásahů než ty větší.

Podle studií popsanych v práci zahraničních vědců (B.A. Woodcock, J. Redhead, A.J. Vanbergen, L a etl, 2010) byli masožraví suchozemští brouci více závislí na rozmanitosti krajinné struktury než na místním typu stanovišť, a to vzhledem k tomu, že predátoři jsou závislí na prostorově a časově proměnlivých zdrojích kořisti. Všechny druhy zemědělských plodin a jim odpovídající systémy obdělávání půdy vytvářejí na polích jedinečné podmínky, které jsou charakterizovány specifickým mikroklimatem, prosvětleností, pórovitostí a tvarem povrchu půdy. Podmínky, které vznikají v určitých oblastech krajinných prostorů, určují druhovou diverzitu, početnost a strukturu komplexů různých živých organismů, včetně střevlíkovitých brouků (Guseeva, 2015).

Některé studie ukazují, že dospělci hibernujících druhů s jarním rozmnožováním (*P. versicolor*, *P. cupreus* a *H. rufipes*) upřednostňují místa s mechanickým narušením, jako jsou pole s jednoletými plodinami (Clark et al. 1997).

Nejvíce jedinců bylo odchyceno na konci června (29. 6.) a v červenci (12. 7.) - cca 400 jedinců na jedné výzkumné lokalitě. Nejmenší počet jedinců byl zaznamenán na začátku června (01.06). V tomto aspektu rozšíření střevlíků je třeba vzít v úvahu biologický faktor jejich prevalence – koncem června až začátkem července bylo odchyceno nejvíce jedinců, což je vysvětleno biologií vývoje hmyzu. Aktivita střevlíků je spojena se zvýšeným množstvím vlhkosti v přízemní vrstvě ovzduší a v půdní vrstvě (fytoklima) na jedné straně a trofickými vztahy na straně druhé (Honěk, 1988). Období aktivity se shoduje s obdobím kladení vajíček střevlíků (Lobanov, 2000). Aktivita a rozmnožování střevlíků jsou ovlivněny teplotním režimem prostředí a vlhkostí půdy, přičemž výrazná aktivita koncem června až začátkem července je nejvýraznější v noci. Je zřejmé, že taková korelace podmínek a aktivity je přirozená, neboť na podzim, kdy jsou teploty spíše nízké, je většina druhů aktivní pouze ve dne, jinými slovy, denní rytmus aktivity střevlíků jakoby miniaturně opakuje fenologické a sezónní změny (Belousov, 1999).

Abundance střevlíků a rarefication – odhad počtu druhů v náhodném výběru o n jedincích – je vyšší na plochách s řepkou ozimou v porovnání s pšenicí – 13 druhů (836 jedinců) oproti 10 druhům (181 jedinců). Pulkrábek (2010) upozorňuje, že pšenice ozimá má vyšší nároky na hnojení a tím pádem vyžaduje aplikaci většího množství minerálních dusíkatých hnojiv, což může vysvětlovat nižší rozmanitost střevlíků na daném stanovišti. Dalším faktorem je to, že pšenice ozimá má slabší kořenový systém s pomalejším vývinem a kvůli tomu tato plodina je málo konkurenceschopná vůči plevelům a vyžaduje aplikaci totálních herbicidů. Tím pádem dochází k poklesu biodiverzity na pole. Kromě toho, dlouhodobé plošné pěstování řepky ozimé a úzký sortiment registrovaných herbicidů vede k výskytu většího množství plevelové biomasy a rozmanitosti druhů plevelů v porostech (Jursík, Soukup, 2013), což může výrazně podporovat vyšší biodiverzitu fytofágních, a zároveň i zoofágních druhů střevlíků.

Zajímavé zákonitosti odhaluje studium diverzity střevlíků. Bommarco (1998) ve své studii poznamenal, že početnost druhu *P. cupreus* v krajině korelovala se stupněm krajinné heterogenity v areálu brouka, kde je početnost brouků výrazně nižší. V krajinách s velkými plochami polí, velkým podílem monokultur a nízkým poměrem obvodu k ploše početnost druhů byla výrazně menší. *P. cupreus* se snadno pohybuje mezi víceletými a jednoletými stanovišti (Wallin 1985; R. Bommarco a Ekbom) a zdá se, že trvalá stanoviště a ekotony v jeho areálu,

jako jsou louky a pastviny, mohou poskytnout kritické zdroje pro chov jedinců. Jak uvádějí i další autoři, diverzita biotopů v rámci areálu znamená kromě útočišť a zimovišť přístup k důležitým alternativním zdrojům potravy (Thomas et al. 1991, Orbet a Rosenheim 1996).

V dané studii počet střevlíků může být ovlivněn méně lokálními faktory – délkou existence biocenózy, půdní vlhkostí a druhovou bohatostí plodin. Podle významnosti vlivu antropogenních faktorů na společenstvo střevlíků a jejich početnost lze rozlišit agrotechnické opatření a samotné zpracování půdy. Obhospodařování půdy vyvolá pokles biologické rozmanitosti vegetačního krytu a poměrně častým jevem je zjednodušení krajinné mozaiky. Zároveň dochází k narušení mikroklimatických podmínek biotopu, snížení stupně formování ornice a hydrologických charakteristik půdy. Rostliny jsou obsaženy ve stravě mixofágů a některých zoofágů, jejich absence může nepříznivě ovlivnit komplex střevlíků. Sešlapávání louky má také nepřímý vliv na druhovou skladbu, poněvadž dochází k degradaci vegetačního krytu, což vede k vysychání a zhutňování půdního krytu (Holý, 2017).

Významnou skupinou faktorů, které mají značný vliv na strukturu regionální fauny a populace střevlíků, je antropogenní zátěž ekosystému. Celkem bylo v okolí zemědělských pozemků zjištěno 183 jedinců, a to v přechodných ekotonech (lokality R3 a O3), a 331 jedinců v lesních biotopech (R1 a O1). Polopřirozená stanoviště hrají velkou roli v zachování biodiverzity agroekosystému, kvůli tomu, že poskytují větší spektrum potravní nabídky a krytů (Fabian A. Boetzi, 2018). Kupodivu, v mé studii byla pozorována vyšší abundance střevlíků v intenzivním zemědělském systému. Podle studií několika autorů (Meina Wang, Jan Christoph Axmacher, Zhenrong Yu, Xuzhu Zhang, Meichun Duan a další, 2021) může orná půda, na které se pěstují vytrvalé kultury, sloužit jako užitečný doplňkový typ biotopu k polopřirozeným biotopům, což představuje kompromis opatření, které kombinuje zemědělskou produktivitu s ochranou biologické rozmanitosti.



## 7 Závěr

Cílem této práce bylo vyhodnotit, jak pěstování různých zemědělských plodin ovlivňuje biodiverzitu střevlíků na polích a v jejich okolí. Pomocí pravidelného odchytu jedinců byly prostudovány nejčastější druhy střevlíků, které se objevovaly na řepkových a pšeničných (ozimých) polích. Celkem bylo nalezeno 1531 jedinců a identifikováno 21 druhů patřících do 12 rodů. Pterostichinae a Nebrinae jsou dominantní a různorodé podčeledi nalezené ve všech lokalitách. *Nebria Brevicollis* byl eudominantním druhem na všech odběrových místech. Rozšíření střevlíků je spojeno s lokalizací stanovišť a podmínkami pro rozmnožování hmyzu. V agrocénózách je počet nalezených střevlíků mnohem vyšší než v oblastech v blízkosti výzkumných polí (lesy a ekotony) – 1017 jedinců oproti 514 jedincům. Největší druhová diverzita a vyrovnanost je na lokalitách R2 a O2, což jsou zemědělské agrocénózy. Naopak, vyšší diverzita, ale nižší vyrovnanost druhů jsou stanoveny na lesním stanovišti R1.

Podle prací studovaných na obdobná témata bylo v souvislosti s výzkumem biotopů a diverzity střevlíků konstatováno, že prvořadý význam má především krajina a vegetace, protože tvoří také potravní základnu pro hmyz. V mé práci však střevlíci obývají i přilehlé oblasti k řepkovým a pšeničným polím, což lze vysvětlit migrací druhů do jiných oblastí. Mezi těmito dvěma typy kultur byly pozorovány značné rozdíly v početnosti střevlíků, což však mohlo být ovlivněno nezávislými biotickými faktory, které také ovlivňují výsledky práce – odcizení, poničení a vylití pastí. Stanovená hypotéza, že pěstování řepky snižuje diverzitu střevlíků na polích a v jejich okolí více než pěstování obilnin byla zamítnuta, protože podle metod vyjadřujících diverzitu, výsledky práce ukazovaly, že největší diverzita střevlíků se objeví na řepkovém pole.

## 8 Použité zdroje

- FAO. 2021. *World Food and Agriculture – Statistical Yearbook 2021*. FAO, Rome. Available from <https://doi.org/10.4060/cb4477en>
- Křen J, Neudert L, Procházková B, Smutný V. 2015. *Obecná produkce rostlinná – část 1*. Mendelova univerzita v Brně, Brno.
- Vernadskiy VI. 1978. *Zhivoe veshchestvo*. Nauka, Moscow.
- Gilyarov MS, Krivolutskiy DA. 1985. 'Zhizn v pochve'. Molodaya gvardiya, Moskva.
- Bey-Bienko GJ. 1965. *Opredelitel nasekomych evropejskoj chasti USSR. T. II. Zhestokrylye veerokrylye*.
- Petryakova AE. 2009. *Ecological - faunistic analysis of hard-winged state natural monuments "Larch Gorové" and "Pine Forest Massif on the Gorky Reservoir near the village of Pelegovo* [disertační práce]. Ivanovo State University, Ivanovo. Available from <https://textarchive.ru/c-2896715-pall.html>
- Karaeva ZM. 2009. *Ekologo-faunisticheskaja charakteristika zhuzhelic (Coleoptera, Carabidae) stepnyh rajonov juga Rossii i severo-vostoka Azerbajdzhana*. [disertační práce]. Dagestan State University, Makhachkala. Available from <https://www.dissercat.com/content/ekologo-faunisticheskaya-kharakteristika-zhuzhelits-coleoptera-carabidae-stepnykh-raionov-yu>
- Hůrka K. 2005. *Brouci České a Slovenské republiky: Beetles of the Czech and Slovak Republics*. Kabourek, Zlín.
- Belousov IA, Kabak II, Kryzhanovskiy OL. 1995. *A Checklist of the Ground-Beetles of Russia & Adjacent Lands (Insecta, Coleoptera, Carabidae)*. Pensoft Publishers, Sofia.
- Horoshutina, OA. 2019. *Zhuzhelica. Nashzelenyimir*.
- Spitzer L. 2013. *Střevlíci (Coleoptera: Carabidae) jako bioindikátor přirozených a antropogenních stanovišť*. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, České Budějovice. Dostupné z <https://theses.cz/id/uftquy/>
- Stepanov A. 2017. *Zhuzhelica – nasekomoe.: Obraz zhizni i sreda obitanija zhuzhelicy*. Available from <https://givotniymir.ru/zhuzhelica-nasekomoe-obraz-zhizni-i-sreda-obitanija-zhuzhelicy/> (accessed May 15)
- Hrdlička J. 2003. Subfamily Brachininae, pp. 212-218. - In I.Lobl & A.Smetana (editors): *Catalogue of Palearctic Coleoptera, Volume 1*.- Stenstrup, Apollo books, 819 pp.

- Makarov KV, Kryzhanovskiy OL, Belousov IA, Zamotajlov AS, Kabak II, Kataev BM, Shilenkov VG, Matalin AV, Fedorenko DN. 2020. Sistematischeskiy spisok zhuzhelits (Carabidae) Rossii. Available from [http://www.zin.ru/Animalia/Coleoptera/rus/car\\_rus.htm](http://www.zin.ru/Animalia/Coleoptera/rus/car_rus.htm) (accessed May 25)
- Katalog kollektzii zhivotnykh kafedry zoologii Akademii biologii i biotekhnologii im. D.I. Ivanovskogo Yuzhnogo federalnogo universiteta. Soobshchenie 1. Otryad Zhestkokrylye – Coleoptera, semeystvo zhuzhelitsy – Carabidae, podsemeystvo skakuny – Cicindelinae [Elektronnyy resurs].
- Bombardiry // Entsiklopedicheskiy slovar Brokgauza i Efrona : v 86 t. (82 t. i 4 dop.). — SPb., 1890—1907. <https://www.ukbeetles.co.uk/brachininae>
- Pearson DL, Vogler APOD 2001. Tiger Beetles: The Evolution, Ecology, and Diversity of the Cicindelids. Cornell University Press, London.
- Bousquet Y, Laroche A. 1993. Catalogue of the Geadephaga (Coleoptera: Trachypachidae, Rhysodidae, Carabidae including Cicindelini) of America North of Mexico // *Memoirs of the Entomological Society of Canada*. No. 167. – 397 pp.
- Hlavac TF. 1971. Differentiation of the carabid antenna cleaner // *Psyche*. -V. 78. - P. 51 - 66.
- Puckov AV, Matalin AV. 2003. Subfamily Cicindelinae - In I.Lobl & A.Smetana (editors): *Catalogue of Palaearctic Coleoptera*. - Vol. 1. - Stenstrup, Apollo books, pp.99 - 118.
- Kryzhanovskiy OL. 1982. Obzor palearkticheskikh vidov roda Omophron (Coleoptera, Carabidae) // *Entomologicheskoe obozrenie*. – T. 61, vyp. 2. – S. 107–116.
- Kryzhanovskiy OL. 1983. Zhuki podotryada Adephaga: semeystva Rhysodidae, Trachypachidae; semeystvo Carabidae (vvodnaya chast, obzor fauny SSSR) // *Fauna SSSR, Zhestkokrylye*. – T. I. - vyp. 2.- Leningrad: Nauka. - 342 c.
- Petryakova, AE. 2009. Ecological - faunistic analysis of hard-winged state natural monuments “Larch Grove” and “Pine Forest Massif on the Gorky Reservoir near the village of Pelegovo [MSc. Thesis]. Ivanovo State University, Ivanovo. Available from <https://textarchive.ru/c-2896715-pall.html>
- Karaeva, ZM. 2009. Ekologo-faunisticheskaja harakteristika zhuzhelits (Coleoptera, Carabidae) stepnykh rajonov juga Rossii i severo-vostoka Azerbajdzhana. Dagestan State University, Makhachkala. Available from <https://www.dissercat.com/content/ekologo-faunisticheskaja-kharakteristika-zhuzhelits-coleoptera-carabidae-stepnykh-raionov-yu>.

- Lobanov, AL. Zhuzhelicy - vzgljad ljubitelja. *Zin* [online]. Petrohrad: Zoological Institute of the Russian Academy of Sciences (ZIN), 1999, 2000 [cit. 2020-05-15]. Available from <https://www.zin.ru/Animalia/Coleoptera/rus/incoca1.htm>
- Guseva OG. 2015. Ground beetles (Coleoptera, Carabidae) of agrolandscapes of the North-West of Russia and features of their complexes in various agrocenoses / O.G. Guseva, A.G. Koval, E.O. Vyazemskaya // *Plant Protection Bulletin* No. 4 (86). - P. 20-26
- Sigida R. 2010. Adaptation of ground beetles (Coleoptera, Carabidae) to edaphic factors in anthropogenic landscapes of the Central Ciscaucasia. Astrakhan. Disertační práce.
- Zamotailov AS, Popov IB, Bedlovskaya IV. 2015. *INSECT ECOLOGY*. Kuban State agricultural university, Krasnodar.
- Ivantsova EA. 2013. Influence of pesticides on soil microflora and beneficial biota, *Vestnik Volgogr. state university Ser. 11, Natural. science.* - No. 1 (5). – pp. 35-40
- Trufanov AM. 2017. Change in the number of beneficial pedobionts in the cultivation of vetch-oat mixture under the influence of various systems of tillage and fertilizers [Text] // *Bulletin of the APK of the Upper Volga.* - No. 1 (37). - P. 13-17.
- Maryanski M, Kramarz P, Laskowski R, Niklinska M. 2002. Decreased energetic reserves, morphological changes and accumulation of metals in Carabid Beetles (*Poecilus cupreus* L.) exposed to zinc- or cadmium-contaminated food // *Ecotoxicology*. Vol. 11. P. 127–139.
- Guseva OG, Koval AG. 2011. Spatial distribution of ground beetles and rove beetles in the agroecosystem / *Agricultural biology*, - No. 1, - P. 118-123.
- Zharlygasova GD, Kalimov NE, Kozhevnikov SK. 2018. Influence of traditional and organic farming on biodiversity, *Mezhd.* - No. 6(26). - S. 59-61.
- Karpova TL. 2001. Influence of irrigation and surrounding biotopes on the formation of a population of ground beetles (Coleoptera, Carabidae) in agrocenoses of the semi-desert zone of the Lower Volga region: *Dis.:* 03.00.16. - S. 232.
- Fao. 2015. *Organic agriculture and law* // Food and Agriculture Organization of the United Nations. - Rome. - 237 p.
- Predatory ground beetles and the influence of tillage methods on them / S. E. Kamenchenko, A. I. Shabaev, N. I. Strizhkov [et al.] // *Protection and quarantine of plants.* - 2016. - No. 11. - P. 44-46.
- Zelenev A. 2015. *History of general and irrigated agriculture*. Volgograd GAU, Volgograd.

- Bazdyrev G, Loshakov V, Puponin A. 2000. Agriculture. Coloss, Moscow.
- Soukupová J. 2011. Atmosférické procesy: (základy meteorologie a klimatologie). Česká zemědělská univerzita, Praha.
- Boháč J, Moudrý J, Desetová L. 2007. Biodiverzita a zemědělství. Životné prostredie, 41: 24-29.
- Holý K, Skuhrovec J, Saska P, Papoušek Z. Pokles diverzity hmyzu v zemědělské krajině a možnosti jejího zvýšení: Decline in insect diversity in agricultural landscape and measures for improvement. Výzkumný ústav rostlinné výroby, Praha.
- Škorpík M. 2015. Zemědělská krajina a praktické problémy ochrany hmyzu. Živa.173-178. ISSN 0044-4812.
- Löw J. 1995. Rukověť projektanta místního územního systému ekologické stability: metodika pro zpracování dokumentace. Doplněk, Brno.
- Holý K, Falta V, Kovaříková V, Šenk J. Podpora výskytu užitečných organismů v sadech. Výzkumný ústav rostlinné výroby, Praha.
- Wang M, Axmacher JC, Yu Z, Zhang X, Duan M, Wu P, Zou Y, Liu Y. 2021. Perennial crops can complement semi-natural habitats in enhancing ground beetle (Coleoptera: Carabidae) diversity in agricultural landscapes. *Ecological Indicators* [online]. **126** [cit. 2022-08-06]. ISSN 1470160X. Dostupné z: doi: 10.1016/j.ecolind.2021.107701
- Boetzel FA et al. (2018). Agri-environmental schemes promote ground-dwelling predators in adjacent oilseed rape fields: Diversity, species traits and distance-decay functions. *Journal of Applied Ecology* **56**: 10-20.
- Kotze DJ, O'hara RB (2013) Species decline—but why? Explanations of carabid beetle (Coleoptera, Carabidae) declines in Europe. *Oecologia* **135**: 138-148.
- Woodcock BA et al. (2010) Impact of habitat type and landscape structure on biomass, species richness and functional diversity of ground beetles. *Agriculture, Ecosystems & Environment* **139**: 181-186.
- Bommarco R (1998) Reproduction and Energy Reserves of a Predatory Carabid Beetle Relative to Agroecosystem Complexity. *Ecological Applications* **8**: 846-853.
- Jursík M, Soukup J (2013) Podtyp: Článek v nerecenzovaném časopise (mimo kategorie RIV); Možnosti regulace problematických plevelů v ozimé řepce. *Agromanuál* **7**: 10-12.
- Schlein O, Wolfgang B. 2006. The ground beetle *Amara similata* as a predator of pest larvae in oilseed rape fields; ignored but influential in biological control?

- Honěk A (1988) The effect of crop density and microclimate on pitfall trap catches of Carabidae, Staphylinidae (Coleoptera) and Lycosidae (aranea) in cereal fields. *Pedobiologia* **32**: 233-242.
- Hongliang S, Hongbin L (2015) The genus *Pterostichus* in China: the subgenus *Circinatus* Sciaky, a species revision and phylogeny (Carabidae, Pterostichini) // Pensoft Publishers. - 2015. - Vol. 536. - P. 1 - 92.
- Arnett RH, Thomas MC (2000) American Beetles, Volume I: Archostemata, Myxophaga, Adephaga, Polyphaga: Staphyliniformia. Boca Raton: CRC Press. 464 p.
- Kuberskaya OV. 2016. Fauna i ekologiya zhuzhelits (Coleoptera, Carabidae) Komsomolskogo zapovednika. Diss. kand. biol. Nauk. Komsomolsk na Amure: FGB OU VO« Amurskiy gumanitarno-pedagogicheskiy gosudarstvennyy universitet». 268 p.
- Ponomarchuk VI Vidy roda *Pterostichus* v faune zhuzhelits (Coleoptera, Carabidae). URL. <http://carpaty.net>
- Sundukov YN. 2019. Základní etapy stanovení fauny střevlíků (*Coleoptera, Carabidae*) *Zoologicheskij zhurnal* **8**:869-883.
- Lafer GS (1989) Podčeled' Nebriinae / Opredelitel nasekomykh Dalnego Vostoka SSSR. – T. III. - Ch. 1. – L.: Nauka. S. 99–105.

## 9 Seznam obrázků, tabulek a grafů

Obr. 1.....	12
Obr. 2.....	13
Obr. 3 Cicindelinae: Cicindela, Cychrus.....	14
Obr. 4.....	15
Obr. 5.....	15
Obr. 6.....	16
Obr. 7 Zástupci podčeledi Nebriinae.....	17
Obr. 8 Pokusný pozemek s pšenicí.....	23
Obr. 9 Řepkové pole.....	23
Obr. 10.....	24
Obr. 11 Ukázka rozmístění zemních pastí.....	25
Obr. 12 Ukázka rozmístění zemních pastí.....	25
Tab. 1 Označení lokalit.....	22
Tab. 2 Přehled celkového počtu brouků v jednotlivých lokalitách.....	28
Tab. 3 Analýza rozptylu v průměrném počtu jedinců mezi studovanými lokalitami.....	29
Tab. 4 Přehled počtu střevlíků v jednotlivých lokalitách.....	30
Tab. 5 Analýza rozptylu v průměrném počtu střevlíků mezi studovanými lokalitami.....	31
Tab. 6 Zastoupení nejhojnějších druhů střevlíků podle jednotlivých lokalit.....	33
Tab. 7 Sběry v jednotlivých měsících.....	33
Tab. 8 Druhová bohatost a abundance druhů na pokusných plochách.....	34
Tab. 9 Index dominance.....	36
Tab. 10 Margalefův index diverzity pro jednotlivá stanoviště.....	36
Tab. 11 Shannonův index biodiverzity pro jednotlivá stanoviště.....	36
Graf 1 Vizualizace počtu brouků v jednotlivých lokalitách.....	29
Graf 2 Vizualizace počtu střevlíků v jednotlivých lokalitách.....	30
Graf 3 Počet jedinců jednotlivých druhů.....	31
Graf 4 Procentuální zastoupení jednotlivých druhů.....	32
Graf 5 Výskyt nejhojnějších druhů střevlíků podle jednotlivých lokalit.....	33
Graf 6 Nalezené jedinci v jednotlivých měsících.....	34
Graf 7 Zobrazení druhové bohatosti střevlíků na jednotlivých lokalitách.....	35

Graf 8 Relativní abundanci druhů .....	35
Graf 9 Shannonův index biodiverzity pro jednotlivá stanoviště .....	37
Graf 10 Výpočet odhadu počtu druhů v náhodném výběru o n jedincích ze vzorku .....	37