

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta agrobiologie, přírodních a potravinových zdrojů

Katedra pedologie a geologie

**Střevlíkovití (Coleoptera, Carabidae)
jako bioindikátoři antropogenní
zátěže prostředí**

Diplomová práce

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

Autorka práce: Martina Sodomková

Praha 2010

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem předloženou bakalářskou práci na téma „ Carabidae (Coleoptera) jako bioindikátoři antropogenní zátěže“ vypracovala samostatně a použila jen literárních pramenů, které cituji a uvádím v seznamu použité literatury.

V Praze dne 14. 4. 2010

.....
podpis

PODĚKOVÁNÍ

Ráda bych poděkovala panu Ing. Štěpánovi Kubíkovi, Ph.D. za odborné vedení a pomoc při vypracování mé diplomové práce, prof. RNDr. Janu Němečkovi, DrSc. za vždy velice milý a příjemný přístup při osobních konzultacích, a prof. Ing. Dr. Lubošovi Borůvkovi za pomoc.

SOUHRN

Odpovědné chování člověka k životnímu prostředí je nezbytné pro zachování lidské civilizace a uchování života na zemi v současné známé podobě. V rámci popisu ovlivnění jednotlivých prostředí člověkem jsou hledány nástroje pro exaktní určení lidských vlivů. Jednou z možností určení těchto vlivů, tzv. antropogenní zátěže, je sledování bioindikátorů, tedy organismů které jsou činností člověka ovlivňovány. V minulosti bylo prokázáno, že čeled' Carabidae je vhodným bioindikátorem a byly navrženy metody výpočtů indexů ukazujících kvalitu prostředí a míru jeho ovlivnění. Tato práce si klade za cíl určit tyto vlivy na třech rozdílných biotopech v okolí města Vamberk a zároveň porovnat tyto výsledky s ukazateli kvality půd z jednotlivých biotopů a odhadnout jejich vzájemné souvislosti.

Na všech biotopech byla provedena klasifikace půdních typů na základě vzorků z půdních sond. Na biotopu lesa se vyskytovala kambizem dystriická, na biotopu louka kambizem modální a na biotopu pole pseudoglej modální. Na odebraných půdních vzorcích byly v laboratoři stanoveny základní chemické a fyzikálně-chemické vlastnosti – aktivní a výměnná reakce půdy, kvalita humusu, obsah humusu, kationová výměnná kapacita a výměnná acidita.

Na shodných biotopech byly instalovány zemní odchytové pasti. Výběr pastí byl prováděn každých čtrnáct dní od dubna do října roku 2009 a bylo provedeno zařazení do druhů a spočítání jednotlivých jedinců. Na biotopu les bylo ve sledovaném období zjištěno třináct druhů střevlíkovitých – *Autocarabus cancellatus*, *Chrysocarabus auronitens*, *Orinocarabus sylvestris*, *Oreocarabus hortensis*, *Oreocarabus glabratus*, *Megodontus violaceus*, *Nothiophilus aquaticus*, *Nothiophilus biguttatus*, *Cicindela campestris*, *Cicindela sylvicola*, *Abax parallepipedus*, *Pterostichus melanarius*, *Pterostichus burmeisteri*. Na biotopu louka dvanáct druhů – *Carabus granulatus*, *Autocarabus cancellatus*, *Archicarabus nemoralis*, *Chrysocarabus auronitens*, *Megodontus violaceus*, *Clivina collaris*, *Clivina fossor*, *Poecilus cupreus*, *Poecilus kugellani*, *Poecilus versicolor*, *Pterostichus burmeisteri*, *Pterostichus melanarius*. Na biotopu pole bylo ve sledovaném období zjištěno šest druhů – *Megodontus violaceus*, *Poecilus cupreus*, *Poecilus kugellani*, *Poecilus lepidus*, *Poecilus versicolor*, *Pterostichus melanarius*. Průměrný počet jedinců v jedné zemní pasti byl na biotopu les přibližně 15 kusů jedinců, na biotopu louka 300 kusů jedinců a na biotopu pole 900 kusů jedinců za sledované období.

Bylo provedeno zařazení jednotlivých druhů podle jejich náročnosti na prostředí do skupin – reliktní druhy (R), adaptabilní druhy (A) a eurytopní druhy (E) dle rostoucí

snášenlivosti k antropogenní zátěži. Na lokalitě les bylo nalezeno dvanáct adaptabilních a jeden eurytopní druh, na lokalitě louka se vyskytovalo pět adaptabilních druhů, šest eurytopních druhů a jeden reliktní, na lokalitě pole byly nalezeny dva druhy adaptabilní, čtyři eurytopní a jeden druh reliktní. Pro vzájemné porovnání jednotlivých biotopů bylo použito výpočtu indexu komunity střevlíkovitých. Ten hodnotí les jako člověkem málo ovlivněný biotop, zatímco louku a pole jako prostředí člověkem silně ovlivněné. Bylo provedeno grafické vyjádření, ze kterého je vidět průběh ročního výskytu zastoupení druhů střevlíkovitých a jejich četností, kdy v jarním období dochází k nárůstu jejich výskytu, nejčetnějšímu zastoupení během letních měsíců a postupným odumíráním na podzim.

Pomocí statických metod byly hledány vzájemné korelace mezi jednotlivými půdními vlastnostmi a ukazateli střevlíkovitých na daných biotopech. Lineární regresní analýzou z naměřených dat bylo určeno, že aktivní pH půdy pozitivně ovlivňuje počet jedinců na dané lokalitě, tj. že se vzrůstajícím pH roste i počet jedinců odchycených na lokalitě. Procentuální zastoupení druhů R a A na lokalitě pozitivně ovlivňuje výměnná acidita a obsah humusu, negativně ho ovlivňují parametry aktivní a výměnné pH. Ovlivnění u E druhů je přesně opačné než u R a A druhů. Nebyl prokázán žádný významný vztah mezi počtem druhů na daném biotopu a mezi jednotlivými půdními znaky. Pozitivně ovlivňujícími parametry indexu komunity střevlíkovitých jsou výměnná acidita a obsah humusu, negativně ovlivňující parametry tohoto indexu jsou aktivní a výměnné pH.

Bylo ukázáno, že existuje vztah mezi kvalitativními parametry půd a ekofaunistickými ukazateli živočichů na shodném biotopu. Tato práce tak může sloužit jako podklad pro další studium vzájemných souvislostí a určení vztahů mezi pedosférou a biosférou.

Klíčová slova: Střevlíkovití – antropická zátěž – půdní vlastnosti - okres Rychnov nad Kněžnou - Vamberk

SUMMARY

Responsible humankind's behavior to the environment is essential to preserve the civilization and the life on Earth in the current state. The tools for description of the exact human influences to different biotopes are intensively searched. One option for estimation of these influences, usually called anthropogenic stress, is monitoring of the bio-indicator organisms which are strongly affected by the humankind activities. It was shown, that family Carabidae can be used as applicable bio-indicator and the methods for calculation of the indexes showing biotope quality and ratio of its affection were established. The aim of this thesis is to show anthropogenic effects on three different locations close to the town Vamberk as well as to compare the results with the pedological analysis data obtained from the examined biotope's soil samples.

The soil types were classed according to soil probe samples analysis. Cambisol distric was found on the forest biotope, cambisol haplic was found on the grassfield biotope and stagnosol haplic was found on the agricultural biotope. The basic data from the individual soil horizons were measured, including the humus content and quality, pH, exchange acidity and cationic exchange capacity.

The catching traps were installed on the same biotopes and the samples were picked with a two week frequency within the April 2009 to October 2009 period. Species and individuals quantity in the samples was analyzed. In the studied period thirteen family Carabidae species were found on the forest biotope - *Autocarabus cancellatus*, *Chrysocarabus auronitens*, *Orinocarabus sylvestris*, *Oreocarabus hortensis*, *Oreocarabus glabratus*, *Megodontus violaceus*, *Nothiophilus aquaticus*, *Nothiophilus biguttatus*, *Cicindela campestris*, *Cicindela sylvicola*, *Abax parallepipedus*, *Pterostichus melanarius* and *Pterostichus burmeisteri*. Twelve species were abundant on the grassfield biotope – *Carabus granulatus*, *Autocarabus cancellatus*, *Archicarabus nemoralis*, *Chrysocarabus auronitens*, *Megodontus violaceus*, *Clivina collaris*, *Clivina fossor*, *Poecilus cupreus*, *Poecilus kugellani*, *Poecilus versicolor*, *Pterostichus burmeisteri* and *Pterostichus melanarius*. Finally on the agricultural biotope the five species were observed – *Megodontus violaceus*, *Poecilus cupreus*, *Poecilus kugellani*, *Poecilus lepidus*, *Poecilus versicolor* and *Pterostichus melanarius*.

The species were classed to the relict (R), adaptable (A) and eurytope (E) groups with rising respect to the human influence acceptance. The forest biotope was habited by twelve A group and single E group species. On the grassfield biotope were observed species belonging to all

groups with one, five and four members of R, A and E groups respectively. The agricultural biotope supported one R, one A and four E species. The biotopes were compared by the Carabidae Community Index. The results showed agricultural and grassfield biotopes as highly human affected, but the forest biotope was ranked as minimally affected. The species quantity along the experimental period showed spring rise and autumn fall in the Carabidae quantity as well as species abundance changes with the time.

Carabidae and soil data from the observed biotopes were mutually correlated. By the linear regress analysis of the data was indicated that the soil pH may affect positively numbers of individuals on the location. Percent abundance of R and A species was positively affected by the exchange acidity and humus content, but negatively with the rising pH. The opposite relationships were obtained for the percent of E species. Surprisingly no correlation between number of species and soil data was observed. Carabidae Community Index is affected by the same soil parameters as abundance of R and A species.

Relationships between quantitative soil parameters and animal markers on the same biotope were found in this thesis. We hope this work to be a base for the future studies of the mutual relationship of the humankind effect to the soils and organisms on the same biotopes.

Key words: Carabidae – Anthropogenic Stress – Soil Properties - Vamberk

Obsah

1 Úvod.....	1
2 Cíl práce.....	2
3 Literární rešerše.....	3
3.1 Půda	3
3.1.1 Půda jako základ života.....	3
3.1.2 Definice půdy.....	3
3.1.3 Vznik a vývoj půdy.....	4
3.1.4 Složení půdy.....	5
3.1.5 Funkce půdy.....	6
3.1.6 Vlastnosti půdy.....	7
3.1.7 Půda jako matematický model.....	10
3.1.8 Pedologie jako vědní disciplína.....	11
3.2 Mapování půdy.....	12
3.3 Charakteristika Carabidae.....	14
3.3.1 Morfologie imaga.....	14
3.3.2 Morfologie vývojových stádií.....	18
3.3.3 Biologie.....	19
3.3.4 Význam střevlíkovitých.....	19
3.3.5 Systematické zařazení střevlíkovitých.....	20
3.3.6 Zákonem chránění střevlíkovití.....	20
3.4 Půdní ekologie.....	21
3.4.1 Populace, chování a diverzita.....	23
3.4.2 Odhady početnosti	25
3.4.3 Ochrana a diagnóza příčin ohrožení.....	26
3.4.4 Vybrané rizikové faktory.....	26
3.5 Biodiagnostika a bioindikátoři.....	27
3.5.1 Střevlíkovití jako bioindikátoři antropogenního prostředí.....	28
3.5.2 Stanovení základních skupin	28
3.5.3 Přiřazení druhů ke skupinám – zoogeografie.....	29
3.5.4 Důvody vhodnosti využití střevlíkovitých jako indikátorů	30
4 Materiál a metody.....	30
4.1 Lokalizace a charakteristika zájmového území.....	30
4.1.1 Vamberk, základní informace.....	30
4.1.2 Geomorfologické a geologické poměry.....	31
4.1.3 Hydrologické poměry	32
4.1.4 Klimatické poměry.....	33
4.2 Získání dat.....	34
4.3 Stanovení chemických a fyzikálně chemických vlastností půdy.....	36
4.3.1 Stanovení aktivní půdní reakce.....	36
4.3.2 Stanovení výměnné půdní reakce	36
4.3.3 Stanovení výměnné acidity	37
4.3.4 Stanovení množství humusu	38
4.3.5 Stanovení kvality humusu	39
4.3.6 Stanovení kationové výměnné kapacity podle Bowera	39
4.4 Využití indexu střevlíkovitých pro posouzení vlivů na prostředí.....	40
5 Výsledky a diskuze.....	41

5.1 Biotop les.....	41
5.1.1 Půdní charakteristika	41
5.1.2 Zastoupení druhů Carabidae.....	43
5.1.3 Vyhodnocení indexu komunity střevlíkovitých	51
5.1.4 Grafické vyhodnocení.....	52
5.2 Biotop louka.....	55
5.2.1 Půdní charakteristika	55
5.2.2 Zastoupení druhů Carabidae	56
5.2.3 Vyhodnocení indexu komunity střevlíkovitých	60
5.2.4 Grafické vyhodnocení	61
5.3 Biotop pole.....	64
5.3.1 Půdní charakteristika	64
5.3.2 Zastoupení druhů Carabidae	65
5.3.3 Vyhodnocení indexu komunity střevlíkovitých	67
5.3.4 Grafické vyhodnocení	67
5.4 Celkové porovnání všech biotopů.....	70
5.4.1 Pedologie a Carabidae.....	71
5.4.2 Lineární regresní analýza.....	72
5.4.3 Počet odchycených jedinců na jednu past.....	73
5.4.4 Procentuální zastoupení jedinců náležejících do skupin R a A	74
5.4.5 Počet druhů na dané lokalitě.....	76
5.4.6 Index komunity střevlíkovitých.....	77
5.4.7 Vzájemné zhodnocení určených korelací.....	78
6 Závěr.....	81
7 Seznam použité literatury	83
8 Seznam použitých zkratk.....	88

1 Úvod

Brouci tvoří nejpočetnější řád hmyzu. Je možné je pozorovat takřka po celý rok. Tělo brouků je složeno ze tří hlavních částí – hlavy, hrudě a zadečku. Hlava nese složené oči, tykadla s čichovými a hmatovými orgány a ústní ústrojí. Hrud' je složena ze tří částí – z předohrudi, středohrudi a zadohrudi. Každá část hrudi nese jeden pár nohou, které jsou většinou běhavé. Zadeček ukrývá většinu vnitřních orgánů. Velikost těla brouků se pohybuje od zlomků milimetru až do několika desítek milimetrů.

Čeď Střevlíkovitých (Carabidae zahrnuje malé, střední i velké, většinou velice hbité druhy se silnými kusadly. Nejnápadnějším znakem čeledi jsou krovky, které bývají často rostlé, proto většina druhů střevlíkovitých nelétá. Potravně se řadí mezi nesespecializované masožravce, kteří si aktivně loví kořist především v podvečer a v noci nebo vyhledávají uhynulé bezobratlé.

Střevlíkovití mají značný význam z pohledu bioindikace. Pro svou relativně spolehlivou určitelnost a dostatečné znalosti bionomie a ekologických nároků, slouží střevlíkovití jako modelová skupina pro nejrůznější vědecké studie, především ekologické a biocenologické. Mnozí z nich citlivě reagují na změny přírodního prostředí např. v závislosti na antropogenní zátěži.

Práce se zabývá indikací antropogenní zátěže třech různých biotopů s odlišnými půdními typy a nalézání závislostí mezi jednotlivými půdními vlastnostmi a druhy střevlíkovitých vyskytujících se na jednotlivých biotopech.

2 Cíl práce

Cílem této diplomové práce bylo porovnání vybraných biotopů lesa, louky a pole na Podorlicku v okrese Rychnov nad Kněžnou pomocí druhového složení stěvlíkovitých a určení míry antropického zatížení. Cílem bylo také určení půdních typů na daných lokalitách a stanovení základních půdních charakteristik – reakce půdy, kationovou výměnnou kapacitu, obsah humusu, kvalitu humusu, hydraulickou vodivost a zrnitost. Výstupem je určení a charakteristika jednotlivých druhů stěvlíků vyskytujících se na daném biotopu a grafické zpracování.

3 Literární rešerše

3.1 Půda

3.1.1 Půda jako základ života

Půda má základní význam pro existenci života a rozvoj civilizace na Zemi. To je patrné již na začátku a na konci potravního řetězce, kdy zelené rostliny, které koření v půdě, čerpají živiny z půdního roztoku a vlivem fotosyntézy vytvářejí organické látky. Ty jsou ještě několikrát dále využity býložravci, všežravci a masožravci, včetně člověka, a nakonec se znova tyto organické látky dostávají do půdy, kde jsou rozkládány mikroorganismy na jednoduché látky až prvky a celý proces se opakuje (<http://www.geology.cz/rok-zeme/dokumenty/mrpz-vystava-poster-puda.pdf>).



Obr. 1 Krajina (www.oaksumperk.cz/index.php?p=kratke-informace)

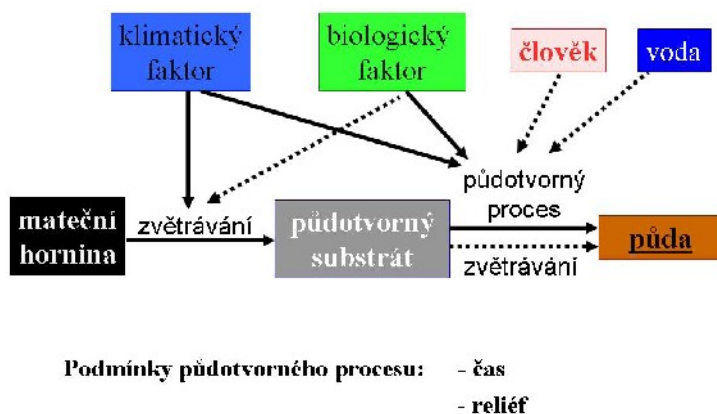
3.1.2 Definice půdy

Půda jako první definoval ruský půdoznalec V. V. Dokuchaev jako samostatný přírodně – historický útvar, který vzniká a vyvíjí se procesem v důsledku působení půdotvorných faktorů a podmínek. Půda je důležitou složkou životního prostředí, tvořící nejsvrchnější vrstvu zemské kůry, zvanou pedosféra. Jedná se o dynamický proces složený ze směsi minerálních součástí, odumřelé organické hmoty a živých organismů, který se neustále vyvíjí (Prax, 1994). Je členěná vertikálními vrstvami, spojená se svým podložím a vzniká z neuzpevněných minerálů, ze zvětralin nebo z organických sedimentů (Bičík a kol., 2009).

3.1.3 Vznik a vývoj půdy

Půda vzniká zvětráváním mateční horniny a působením půdotvorných faktorů (půdotvorný substrát, klimatický faktor, biologický faktor, činnost člověka, voda, reliéf, čas) a podmínek půdotvorného procesu (rubefikace, brunifikace, humifikace, mineralizace, dekompozice, perturbace, ilimerizace, eluviace, iluviace, podzolizace, oglejení). Mateční hornina svým minerálním složením ovlivňuje chemické vlastnosti půdy a zásoby živin. Má tedy vliv na strukturu a barvu půdy. Mezi půdotvorné faktory patří klima, které určuje vývoj půdy především teplotou prostředí a intenzitou srážek během roku. Tím také ovlivňuje směr a rychlost vývoje půd. Dalším faktorem je reliéf krajiny, který vývoj půdy ovlivňuje nadmořskou výškou a sklonem. Dále faktor podzemní vody, kdy velká vlhkost ovlivňuje zpomalení rozkladu organických látek a tím podporuje rašelinní. Také vysoká hladina podzemní vody má za následek tvorbu glejů. Důležitým faktorem je i vegetace, která ovlivňuje vývoj půd tvorbou a množstvím humusu a také tím, že na půdu působí mechanicky vlivem svých kořenů rostlin, ale především stromů. Posledním, ale též významným faktorem je činnost člověka, který postupně zintenzivňoval využívání krajiny pro svoji potřebu a tím silně pozměňoval ráz krajiny, vodní cyklus, zvětrávání až do takové míry, kdy je půda znehodnocena, degradována a dochází k jejímu úbytku. Protože jsou půdotvorné faktory a podmínky půdotvorného procesu velice proměnlivé jak z geografického hlediska, tak v čase, vytváří se velická variabilita půd a velká rozdílnost v její mocnosti (Sáňka a kol., 2004).

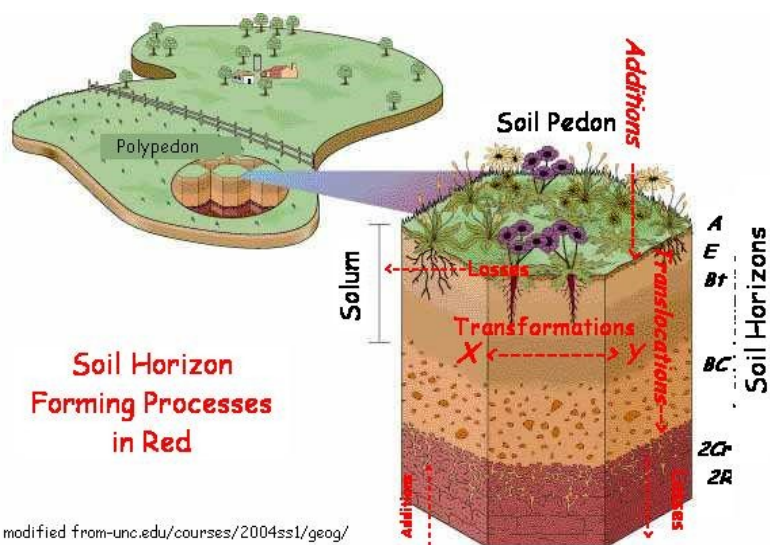
Základní půdní jednotkou je nejmenší třírozměrná vzorkovací jednotka zvaná pedon o velikosti 1 – 10 m², která plně charakterizuje jednotlivé vlastnosti půdy a sahá od povrchu země až do skalního podloží. Je to jednotka, která slouží pro základní jednotnou klasifikaci půd (Schaetzl & Anderson, 2007).



Obr. 2 Vznik a vývoj půd (Kozák a kol., 2009)

3.1.4 Složení půdy

Půdu tvoří disperzní systém pevné fáze (50 %), kapalné fáze (20 – 30 %) a fáze plynné (25 – 30 %). Pevná fáze je tvořena minerálním a organickým podílem. Minerální podíl výrazně převládá nad podílem organickým. Organický podíl obsahuje živou organickou hmotu, tzv. edafon a odumřelou organickou hmotu neboli humus. Edafon vytváří substrát pro mikroorganismy. Účastní se celé řady chemických reakcí, mezi které nejčastěji patří výměna iontů. Ovlivňuje též fyzikální vlastnosti půdy, kde se může podílet na procesu zvětrávání. Humus představuje odumřelou a částečně rozloženou organickou hmotu rostlinného i živočišného původu. Fázi kapalnou reprezentuje půdní roztok, který je tvořen reaktanty a produkty chemických a biochemických procesů a dále produkty výměny mezi pedosférou a hydrosférou a mezi pedosférou a biosférou. Půdní roztok obsahuje rozpuštěné minerály, především kationty H^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+ a anionty HCO_3^- , CO_3^{2-} , HSO_4^- , SO_4^{2-} , Cl^- , F^- , méně pak kationty Fe^{3+} , Mn^{2+} a Al^{3+} . Půdní roztok umožňuje kontakt mezi rozpuštěnou látkou i jednotlivými půdními částicemi a tím je nositelem živin pro rostliny. Do fáze plynné řadíme půdní vzduch, který obsahuje méně O_2 než v atmosféře a více CO_2 . Úbytek kyslíku je způsoben dýcháním kořenů a chemickými a biochemickými reakcemi, zatímco vyšší obsah oxidu uhličitého vzniká v důsledku dýchání kořenů a rozkladnými procesy (Schaetzl & Anderson, 2007). Vzdušný režim půdy je bezprostředně spojen s vodním režimem. Změna obsahu CO_2 v půdě způsobí změnu půdní kyselosti a tím se i podílí na změně mikrobiální činnosti či odbourávání pesticidů ze systému (Prax, 1994). Optimální poměr mezi vzdušným a vodním režimem půdy je 1 : 1, který rostlinám zajišťuje dostatek vody a vzduchu (Schaetzl & Anderson, 2007).



Obr. 3 Pedon (www.soils.umn.edu/.../soil2125/doc/s4chp1.htm)

3.1.5 Funkce půdy

Půda je neobnovitelným přírodním zdrojem, ale i přes to jsou na ni kladeny vysoké požadavky, které by měla být schopná plnit. Především se jedná o tyto funkce:

- **Produkce biomasy**

Je to základní funkce půdy, a to jak z hlediska zemědělského, tak lesnického. Produkce biomasy bývá hodnocena podle produkční schopnosti nebo půdní úrodnosti. Půdní úrodností rozumíme schopnost půdy zajišťovat rostlinám a organismům vhodné podmínky pro život. Je ovlivňována fyzikálními, chemickými, mineralogickými a biologickými faktory. Jedná se v podstatě o relativní vlastnost, protože každý druh rostliny má jiné nároky na vodu a výživu. Proto vzniká velká a dlouhodobá snaha člověka vytvořit systematickou kultivaci kulturní půdy s vysokou produkční schopností. Někdy ovšem nevhodnou kultivací dochází k opačnému procesu, kdy se půdní struktura neustálým pěstováním monokultur výrazně zhoršuje či dochází ke vzniku eroze, např. po vykácení lesů (Kozák a kol., 2009).

- **Shromažďování, filtrování a transformace živin, látek a vody**

Půda je schopná do půdního roztoku uvolňovat živiny. V intenzivním zemědělství to ovšem nestačí a živiny se do půdy musejí dodávat v podobě hnojiv. Půda je také obrovskou zásobárnou vody. Z celé planety Země tvoří půda největší rezervoár vody. Je také schopna rozkládat a přeměňovat rostlinné a živočišné zbytky. Půda je též významným regulátorem teploty v biosféře, protože je schopna transformovat přímé sluneční záření na záření tepelné, v důsledku kterého se vytváří teplo na zemi (Kozák a kol., 2009).

- **Zásobárna biodiverzity, jako stanoviště druhů a genů**

V půdě probíhá mnoho ekosystémů, které se podílejí např. na fixaci dusíku, cyklech různých živin, tvorbě půdní struktury či zvyšování úrodnosti půdy. Půdní organismy se vyznačují vysokou produkční schopností, dále půdě pomáhají odolávat proti stresům a rozkládat xenobiotické látky. Tvoří také značnou genovou rezervu (Kozák a kol., 2009).

- **Fyzikální a kulturní prostředí pro lidi a lidskou činnost**

Půda je místem, které využíváme pro zakládání staveb či rekreaci. Zajišťuje uzemnění elektrických systémů, likvidaci odpadů, napájení pramenů vody a také zadržuje vodu, která stéká z nepropustného terénu, jako je např. beton či asfalt (Kozák a kol., 2009).

- **Zdroj surovin**

Půda je významným zdrojem surovin, jako je např. ornice, rašelina, písek, jíl nebo minerály. Je také velkým rezervoárem vody (Kozák a kol., 2009).

- **Zásobárna uhlíku**

Půda absorbuje plyny z atmosféry. Naopak do atmosféry uvolňuje CO₂, metan a jiné plyny. Půda tvoří zásobárnu uhlíku, čili plynu, který ovlivňuje tzv. skleníkový efekt. Způsobem kultivace může člověk ovlivňovat rychlost a směr mineralizace půdní organické hmoty, která produkuje právě CO₂ a vodu (Kozák a kol., 2009).

- **Archiv geologického a archeologického dědictví**

Půda uchovává naše archeologické pozůstatky, svědectví o historii země, o jejím osídlení a o historii klimatických změn, které na území proběhly (Kozák a kol., 2009).

3.1.6 Vlastnosti půdy

Vzhledem ke skutečnosti, že půda představuje složitý systém tvořený pevnou, kapalnou a plynnou fází, jsou vlastnosti půd velmi variabilní a široké. Proto jsou uvedeny pouze základní druhy vlastností, které slouží k hodnocení půd a k hodnocení plnění jejich produkčních, ekologických a technických vlastností (Bičík a kol., 2009).

- **Barva**

Důležitou charakteristiku půdního profilu představuje barva, která je u jednotlivých diagnostických horizontů různá. Rozhodujícím činitelem u povrchových humusových horizontů je obsah organické hmoty, u podpovrchových a substrátových horizontů to jsou minerály a oxidačně-redukční podmínky. Zjišťuje se pomocí Munsellovy barevné škály. Podle barvy půdy můžeme odhadnout obsah organické hmoty a diagnostické horizonty. Barva je i velice důležitá v lesní typologii, kde se podle ní určují procesy, které v půdě probíhají (Němeček, 1967).

- **Struktura**

Půda se většinou skládá z agregátů. Struktura hodnotí jejich tvar, vyvinutost, velikost, stav a prostory mezi nimi. Je dána fyzikálními faktory, jako je sucho, vlhko, mráz či tání, dále chemickými faktory, např. mineralogická stavba či chemické vazby a také biologickými faktory, které prezentují kořeny, mikroorganismy a živočichové. Struktura se určuje pro každý horizont samostatně (Němeček, 1967).

- **Zrnitost neboli textura**

Určuje velikost a jednotlivé zastoupení půdních frakcí. Ovlivňuje pedogenetické procesy, ekologické a agronomické vlastnosti půdy. V terénu se zrnitost určuje zkouškou mezi konečky prstů, v laboratoři pomocí rozborů. Z výsledků je možné půdy zařadit do jednotlivých frakcí. V České republice se pro zařazení používá klasifikace podle Nováka či klasifikace podle Taxonomického klasifikačního systému půd ČR (Němeček, 2001). Zařazením se zjistí půdní druh nebo např. i úrodnost půdy či ekologické vlastnosti, které jsou důležité pro stanovení limitů obsahů rizikových prvků (Němeček, 1967).

Tab. 1 Klasifikace půdního druhu podle Nováka (Němeček, 1967)

Krácená klasifikace	Kategorie	Obsah jílnatých částic (v %)
Těžké půdy	Jíl	>75
	Jílovitá půda	60 – 75
	Jílovitohlinitá půda	45 – 60
Střední půdy	Hlinitá půda	30 – 45
	Písčitohlinitá půda	20 – 30
Lehké půdy	Hlinitopísčitá půda	10 – 20
	Písčitá půda	0 – 10

- **Konzistence**

Konzistence určuje schopnost půdy přilnout k jiným tělesům a stupeň poutání částic mezi sebou neboli soudržnost. Konzistence se rozlišuje podle stupně pevnosti, plasticity a lepivosti (Němeček, 1967).

- **Novotvary**

Vznikají jako produkty biologických, chemických a fyzikálně-chemických procesů. Mezi novotvary patří např. cicváry, krotoviny, koprolity či orštejny (Němeček, 1967).

- **Měrná hmotnost půdy neboli hustota**

Udává hustotu 1 m³ pevné a neporézní půdy v tunách nebo gramech. V České republice je průměrná hustota 2,6 – 2,7 t.m⁻³ u minerálních půd, u organických je to pouze 1,5 t.m⁻³. U nadložního horizontu lesních půd měrná hmotnost ještě klesá, a to až na 1 t.m⁻³. Měrná hmotnost se odvíjí od mineralogického složení a obsahu organické hmoty (Němeček, 1967).

- **Objemová hmotnost**

Udává hmotnost 1 m³ půdy v přirozeném stavu. Tato hmotnost je vždy nižší než hmotnost měrná, protože jí ovlivňuje pórovitost, zrnitost, vlhkost či struktura. Dále ji výrazně ovlivňuje příměs skeletu, velikost částic a dutiny po kořenech (čili i složení porostu). Určuje se pro vyjádření pedokompakce, což je míra zhutnění jako významného negativního faktoru působícího na půdu. U lesních půd je objemová hmotnost velice variabilní. Nejnižší ji mají části neobsahující skoro žádné minerální příměsi, jako je např. hrabanka či surový humus. Zde potom objemová hmotnost nepřekračuje hodnotu 0,12 g. cm⁻³. U organických horizontů se objemová hmotnost zvyšuje s hloubkou a až k hodnotě 1,8 g. cm⁻³ u hodně ulehých půd (Němeček, 1967).

- **Pórovitost**

Je procentuální zastoupení volných dutin, které nejsou vyplněny pevnými částicemi půdy. Podle velikosti pórů se dělí na kapilární, semikapilární a nekapilární. Pórovitost tvoří přibližně 50 % pedonu (Němeček, 1967).

- **Půdní reakce**

Značí záporný logaritmus koncentrace vodíkových iontů a píše se číslem pH. V praxi se pH stanovuje buď jako aktivní nebo výměnné. Aktivní pH se stanovuje vodním výluhem a určuje pH půdního roztoku, zatímco výměnné pH se stanovuje výluhem neutrálních solí, jako je např. KCl nebo CaCl₂ a charakterizuje ionty, které jsou vázané sorpčním komplexem. V agrochemii se nejčastěji využívá hodnot výměnného pH. Zemědělské půdy mají výrazně vyšší pH než půdy lesní. pH je důležitým faktorem pro hodnocení dalších půdních vlastností (Němeček, 1967).

- **Sorpce půdy**

Sorpční vlastnosti sledují vazby původních i uměle dodávaných živin, ze kterých je poté možné určit potenciální vazby kontaminace rizikovými prvky. Sorpční vlastnosti charakterizuje celková sorpční kapacita, která udává množství kationtů v milionech, jaké je schopna poutat zemina o hmotnosti 1 kg. Dále je charakterizuje množství sorbovaných bází, což je množství bazických kationtů Ca, Mg, K a Na v 1 kg zeminy. Třetí charakteristikou je nasycenost sorpčního komplexu, která udává podíl výměnných bazických kationtů z celkové sorpční kapacity. Kationtová výměnná kapacita se u lesních půd pohybuje v rozmezí 30 - 500 mmol.kg⁻¹ v závislosti na obsahu organických a minerálních koloidů (Němeček, 1967).

- **Oxidačně-redukční potenciál půdy**

Určuje oxidační a redukční procesy, které v půdě probíhají. Vyjadřuje se jako rozdíl potenciálů mezi dvěma elektrodami v půdě či půdní roztoku. Záleží především na hydromorfismu dané půdy. Velikost oxidačně-redukčního potenciálu je dána koncentrací a vzájemným poměrem oxidantů, ti mají schopnost přijmout elektron a reduktantů, kteří mají schopnost elektron uvolnit (Němeček, 1967).

- **Biologické vlastnosti půd**

Půda obsahuje obrovské množství půdního edafonu, který je tvořen makroorganismy a mikroorganismy. 1 m² zeminy obsahuje 1 – 200 tisíc jedinců makrofauny a přibližně miliardu jedinců mikrofauny. Kvůli velké variabilitě se rozsahy většinou neuvádějí. Pokud ano, musí být vztaženy k podmínkám, které je ovlivňují, např. roční období, vodní režim nebo obsah organické hmoty (Němeček, 1967).

- **Obsah živin v půdě**

Pro agrochemické hodnocení zemědělských půd a pro stanovení výživy lesních půd jsou nejdůležitějším parametrem obsahy mikro a makroelementů a hodnota pH. Mezi nejdůležitější makroelementy patří dusík, fosfor, draslík, vápník, síra, hořčík a železo. Mezi sledované mikroelementy řadíme bór, mangan, měď, molybden a zinek. Hodnoty pH jsou určeny legislativou. U lesních půd musíme hodnocení obsahů biogenních a rizikových prvků provádět samostatně u organického horizontu a u minerálního horizontu. Obsahy živin u zemědělských půd jsou výrazně vyšší než u půd lesních (Němeček, 1967).

3.1.7 Půda jako matematický model

Půda se nevyvíjí pouze vlivem jednoho faktoru, ale v důsledku působení několika faktorů, a to jak najednou či nepravidelně v různých časových intervalech. Z tohoto důvodu Hans Jenny (1941) uvedl rovnici (rov. 1) jako matematický model pro obecný popis vývoje půdy.

$$S = f(cl, o, r, p, t), \text{ kde} \quad (\text{rov. 1})$$

S – půda,

cl – klima,

o – organismy a člověk,

r – reliéf,

t – čas.

Dalším modelem je tzv. scorpan model (rov. 2), který neslouží jako model vývoje půdy, ale jedná se o empirický kvantitativní popis vztahů mezi půdou a prostorově jinak určenými faktory. Při tvorbě této rovnice vyšel McBratney (2003) z původní rovnice Hanse Jennyho.

$$S = f(s, c, o, r, p, a, n), \text{ kde} \quad (\text{rov. 2})$$

S – rozdělení půdy, půdní třídy,

s – půda, půdní vlastnosti,

c – klimatické vlastnosti, podnebí,

o – organismy (rostliny, živočichové, člověk),

r – reliéf, znaky prostředí, topografie,

p – litosféra,

a – stáří půdy,

n – poloha v porostu.

Model může oproti Jennyho modelu zahrnovat i půdní klasifikaci, pedotransferové funkce nebo vymezení polohy v porostu. Tento model nemusí být vždy tvořen všemi sedmi faktory, někdy mohou být zahrnuty pouze některé z nich (Borůvka a kol., 2004). Podnebí výrazně působí na horniny a půdu a tím ovlivňuje hydrotermické režimy, které určují biologické, fyzikálně-chemické a chemické vlastnosti (Němeček a kol., 1990). Místní klima ovlivňuje vznik půdy, a to buď nepřímo vlivem hydrologických poměrů a vegetací, nebo přímo vlivem teplotního režimu (Vašků, 2004). Půda má významný vliv na výskyt a chování rostlin a živočichů. Naopak i rostliny a živočichové ovlivňují vlastnosti půdy. I člověk se z biologického hlediska řadí mezi organismy, které významně půdu ovlivňují (Hole, 1981). Důležitým faktorem je i reliéf, kdy různý tvar georeliéfu zásadně ovlivňuje určitý typ půdy a voda, která ovlivňuje jak erozi půdy, tak i její hydromorfismus v závislosti na svažitosti terénu (Sommer a kol., 2002).

3.1.8 Pedologie jako vědní disciplína

Pedologie jako vědecká disciplína vznikla v první polovině 19. století jako součást geologie, geografie, agrochemie a agronomie. Nejprve byla pouze vědou popisnou. Prvními badateli byli německo-americký inženýr Julius Erasmus Hilgard (1825 – 1891) a německý geograf, geolog a zakladatel moderní geografie profesor Ferdinand von Richthofen (1833 – 1905).

Konec prvního vývojového stádia je datováno 10. října 1883, kdy ruský přírodovědec V. V. Dokuchaev obhájil svoji disertační práci s názvem „Russkij chernozem“. Touto prací byly položeny základy tzv. genetické pedologie. Během svého vývoje se pedologie, stejně jako každá jiná vědecká disciplína diferencovala na řadu specializovaných oborů (Bičík a kol., 2009).



Obr. 4 Půda (www.geovision.cz/pedol.htm)

3.2 Mapování půdy

Jednotlivé charakteristiky a vlastnosti půd vyžadují soustavný průzkum a mapování. První půdní mapy se začaly objevovat v 19. století. Odrážely úroveň půdní klasifikace, kterou uplatňovaly v legendě. Aby mapy byly přehledné a dobře čitelné, používalo se malých měřítek 1:100 000, které zachycovaly půdní jednotky vyšší hierarchické úrovně. Mapovaly se především půdní druhy geologických jednotek proto, že se klasifikace v té době zakládala na zrnitosti (Bičík a kol., 2009).

Mapy pedogenetických jednotek začínají vznikat ve 20. letech 20. století. Jejich objektivnost však záleží na množství finančních prostředků a na dodržování metodických zásad, jako je reprezentativnost půdních sond umístěných v terénu a správné používání přímých a nepřímých mapovacích metod. Do začátku druhé světové války bylo ovšem tímto způsobem zmapováno pouze malé území České republiky (Bičík a kol., 2009).

Po druhé světové válce byl proveden **geonomický průzkum**, který na základě zrnitosti ze čtyř sond v každém katastru zjišťoval půdní poměry pro potřeby klasifikace zemědělského území pomocí výrobních typů a podtypů. To vytvořilo základ pro rajonizaci

zemědělských plodin a vymezení řepařské, kukuřičné, bramborářské, podhorské a horské výrobní oblasti (Klečka a kol., 1984).

Kvůli nutnosti získat věrohodné vědecké podklady pro efektivní řešení otázek, týkající se využitelnosti půdy, zvýšení půdní úrodnosti a ochrany zemědělského půdního fondu byl vládou ČSSR schválen v roce 1961 „**Komplexní průzkum půd ČSSR**“ zemědělské půdy. Komplexní průzkum půd (KPP) probíhal v 70. letech 20. století a zabýval se vzájemným řešením půdoznaleckého průzkumu se soustavným agrochemickým zkoušením orníc. Pro půdoznalecký průzkum byla vypracována podrobná metodika, ve které byl řešen terénní průzkum půd, laboratorní zpracování vzorků půdy, kancelářské zpracování výsledků půdního průzkumu. Podklady a mapy byly k dispozici nejen zemědělským podnikům, ale i výzkumným ústavům a školám. Mapy vytvořené při „Komplexním průzkumu půd ČSSR“ v měřítku 1 : 5 000 sloužily i jako podklad pro tvorbu map středních a malých měřítek. (Němeček a kol., 1967) Takovými mapami jsou i Půdní mapa ČSSR v měřítku 1 : 200 000 (Hraško a kol., 1973) a Systematická půdní mapa ČR v měřítku 1 : 200 000 (Novák a kol., 1977).

Všechny tyto mapy se ale pouze zabývaly mapováním zemědělské půdy. V 70. letech 20. století byl proveden **lesotypologický průzkum**, při němž byla vypracována lesotypologická mapa znázorňující výšková pásma a půdní mapa, která vymezovala genetické půdní jednotky (Plíva, 1980). V roce 1995 vznikla typologická mapa lesních typů v měřítku 1 : 10 000, ve které jsou zpracovány charakteristiky lesních typů.

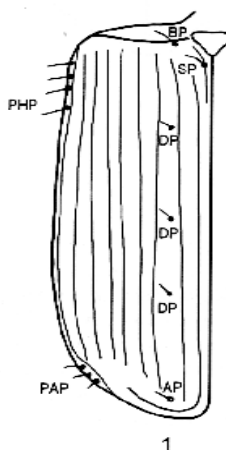
Mapy, které poskytují nejenom informace o půdách zemědělských, ale i lesnických se nazývají „Půdní mapy ČR v měřítku 1 : 50 000“. Tyto mapové listy ale bohužel nejsou dokončeny pro celé území České republiky. Z celkových 211 mapových listů je zpracováno a vytištěno pouze 104 listů. Zbývajících 107 mapových listů bylo dokončeno v letech 2002 – 2004 v digitální podobě. V nově sestavovaných mapách se používá Taxonomický klasifikační systém půd ČR doplněný o půdní jednotky na úrovni variet. „Půdní mapy ČR v měřítku 1 : 50 000“ jsou důležitým zdrojem informací o struktuře půdního fondu. Využívají je nejenom výzkumné a vzdělávací instituce, ale i orgány státní správy zabývající se ochranou půd (Bičík a kol., 2009).

V České republice také existuje Půdní informační systém složený z databáze půdních charakteristik, GISu o půdě pro využití v praxi v hodnocení půd a z PUGISu pro účely mezinárodní spolupráce a pro tvorbu koncepčních modelů (Kozák a kol., 2009).

3.3 Charakteristika Carabidae

3.3.1 Morfologie imaga

Tělo střevlíkovitých je složeno ze tří hlavních částí – hlavy, hrudě a zadečku (viz. obr. 3 a 4). Povrch těla je u většiny střevlíkovitých dobře sklerotizován, jen výjimečně jsou krovky tenké a měkké. **Zbarvení** je většinou černé nebo tmavě hnědé, poměrně často bývá mosazný, měděný, zelený nebo i modrý kovový lesk (často u druhů s denní aktivitou), nebo zbarvení žluté, žlutohnědé nebo žlutočervené, a to buď většiny povrchu těla, nebo jeho částí jako nohou, ústního ústrojí, tykadel či spodní strany těla. **Lesklost nebo matnost** povrchu těla je závislá na jeho hladkosti či strukturnosti. Tohoto znaku je využíváno při identifikaci. **Povrch** střevlíkovitých nese vždy jemnější nebo silnější smyslové orgány hmatu, tzv. sety, které jsou zakotvené v jamkách (Hůrka, 1996).



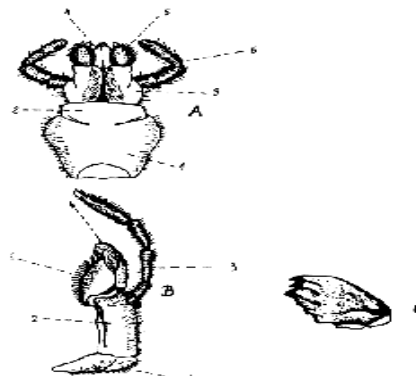
Obr. 5 Schéma rozmístění porojamek na krovkách (Hůrka, 1996)

SP – skutelární porojamky; DP – dorzální porojamky; AP – aplikální porojamky;

BP – bazální porojamky; PAP – preaplikální porojamky; PHP – posthumerální porojamky

Hlava je prognátní, v podélné ose těla. Většinou je na ní patrný šev oddělující vpředu položený sklerit od čela, které přechází bez zjevné hranice za složenýma očima v temeno. Na spodní straně hlavy je švy oddělené i úzké hrdlo, které přechází dopředu v příčný podbradek. **Hlavové přívěsky** jsou tvořeny jedenácti články tykadel a ústním ústrojím kousacího typu (viz. obrázek č. 2). Pár nečlánkovaných kusadel, neboli mandibul, které jsou také tvarově různé v závislosti na typu potravy, slouží nejen k uchvacování a hrubému zpracování potravy, ale i k obraně. Pod kusadly leží pár článkovaných čelistí, tzv. maxill, připojených základním článkem (cardo) po stranách ústního otvoru. Zespu je **ústní dutina** kryta spodním pyskem,

složeným z příčné brady, nepárového jazýčku a tříčlankových pyskových makadel (Hůrka, 1996).



Obr. 6 Kousací ústní ústrojí (Langrová a kol., ISBN 80-213-1009-X)

A – labium (spodní pysk): 1 – submentum (podbradek), 2 – mentum (brada), 3 – praementum (ret), 4 – glosa (jazýček), 5 – paraglosa (vnější dáseň), 6 – palpus labialis (makadlo spodního pysku)

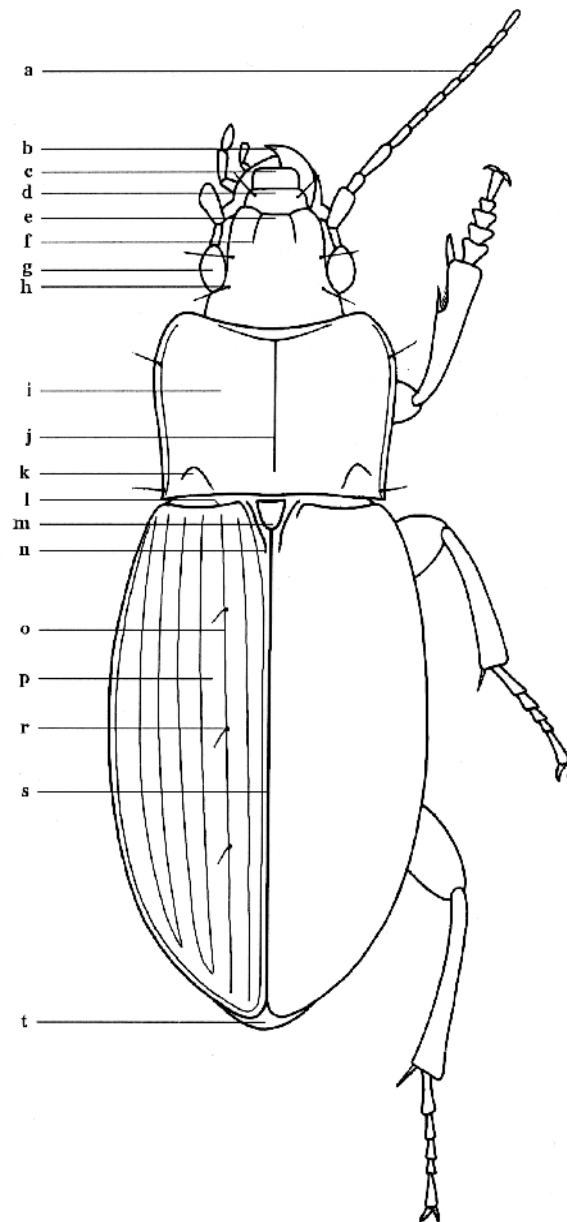
B – maxilla (čelist): 1 – cardo (čep), stipes (kmen), palpus maxillaris (svrchní makadlo), 4 – galea (vnější sanice), 5 – lacina (vnitřní sanice)

C – mandibula (kusadlo)

Horní část **předohrudí** tvoří velký srdčitý štít, jehož přehnutá spodní část se označuje jako epipleura. Středohruď a zadohruď jsou shora kryty krovkami. Středohruď má tvar trojúhelníkového štítku, ze kterého vyrůstají krovky. Ze zadohrudí vyrůstá druhý, blanitý pár křídel. **Krovky** tvoří prvý, přeměněný pár křídel. Stýkají se při švu a odtud směrem k vnějšímu okraji se nachází několik rýh a tzv. mezirýží, což jsou prostory mezi jednotlivými rýhami. Rýh bývá nejčastěji 8 a mezirýží 9. Na krovkách je několik skupin porojamek. **Křídla** střevlíkovitých mají více nebo méně úplně zachovány všechny základní žilky. Plně vyvinutá křídla bývají přehnutá, aby je bylo možno složit pod krovky. U mnoha druhů jsou křídla částečně či skoro úplně redukována. **Nohy** jsou u většiny druhů běhavé, méně často kráčivé nebo hrabavé. Různě utvářené bývají holeně, a to v souvislosti se způsobem života. Chodidla předního, někdy i středního páru bývají u samců rozšířená. Rozšířené články nesou na spodní straně různě hustě uspořádané sety či brvy s přísavnou funkcí (Hůrka, 1996).

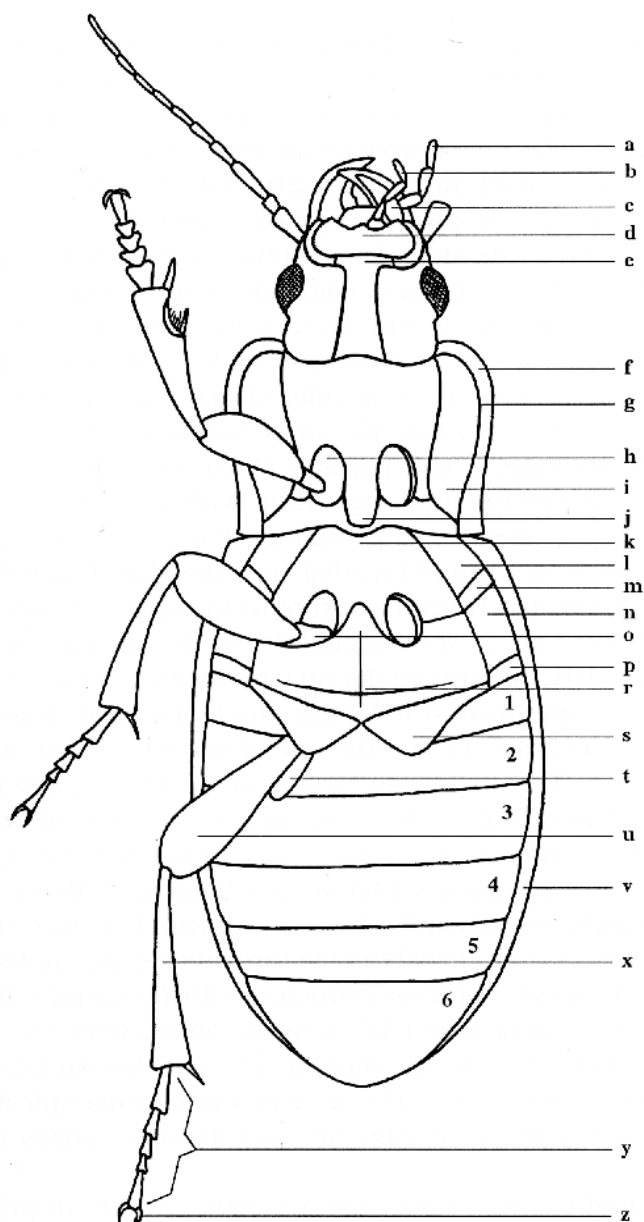
Na spodní straně **zadečku** je u většiny střevlíkovitých patrně jen 6 článků (3. až 8.). Svrchu je viditelných článků 8 (2. až 9.). Poslední část viditelného článku, pravidelně vyčnívající z krovek, se nazývá pygidium. Zbývající články zadečku jsou vtaženy dovnitř a podílejí se na utváření vnějších pohlavních orgánů. **Samčí pohlavní orgán** je v klidu uložen v koncové části zadečku a je pohyblivě spojen s prstencovitým skleritem vzniklým z 10.

zadečkového článku. Vzhledem k ose těla je samčí pohlavní orgán otočen o 90°. Penis má uvnitř často druhově různě utvářený vnitřní vak, do něhož ústí ductus ejaculatorius. **Samičí pohlavní orgány** (kladélko) tvoří pár stylů. K odlišení druhů je možno využít utváření spermatheky i jiných sklerotizovaných částí samičích pohlavních orgánů (Hůrka, 1996).



Obr. 7 Morfologie svrchní části těla (Hůrka, 1996)

a – tykadlo; b – kusadlo; c – horní pysk; d – klypeus; e – čelo; f – čelní brázda; g – oko; h – porojamka vnitřního okraje oka; i – štít; j – střední linie štítu; k – bazální vtlač štítu; l – bazální vroubení krovek; m – štítek; n – skutelární rýžka; o – 3. krovková rýha; p – 3. mezirýží krovek; r – dorzální porojamka; s – šev krovek; t - pygidium

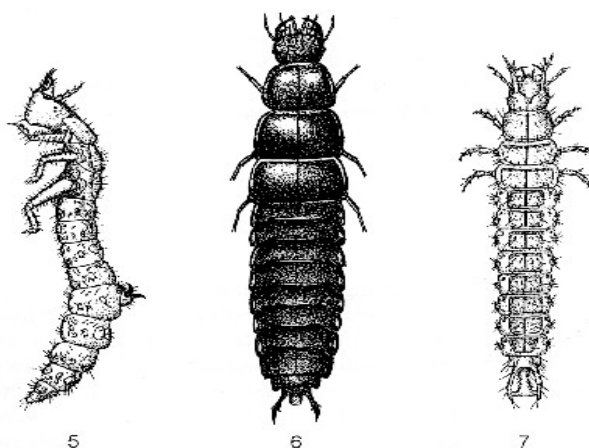


Obr. 8 Morfologie spodní části těla (Hůrka, 1996)

a – čelistní makadlo; b – pyskové makadlo; c – čelist; d – brada; e – hrdlo; f – epipleura štítu; g – notopleurální šev; h – kyčel 1. páru noh; i – episternum předohrudi; j – výběžek předohrudi; k – středohrud'; l – episternum středohrudi; m – epimeron středohrudi; n – episternum zadohrudi; o – trochanter; p – epimeron zadohrudi; r – zadohrud'; s – kyčel 3. páru noh; t – trochanter 3. páru noh; u – stehno 3. páru noh; v – epipleura krovky; x – holeň 3. páru noh; y – chodidlo 3. páru noh; z – drápek; 1-6 – viditelné články zadečku

3.3.2 Morfologie vývojových stádií

Vývoj brouků je tzv. proměna dokonalá, která probíhá ve čtyřech stádiích – vajíčko, larva, kukla a dospělec (imago). **Vajíčka** kladou oplozené samice krátce po výletu z kukly podle druhu buď volně na listy živných rostlin, na povrch půdy, na kmeny a větve stromů a keřů, nebo do různých úkrytů, např. do půdy, pod kůru, do štěrbin dřeva či do květů a plodů rostlin. Tvar vajíčka závisí na taxonomické skupině, velikost především na množství vajíček, které se v ovariolách vyvine. **Larvy** volně žijících střevlíkovitých jsou oligopoidní, s prognátní hlavou a různě utvářenými přívěsky na 9. zadečkovém článku (viz. obr 5).



Obr 9 Typy larev volně žijících střevlíkovitých (Hůrka, 1996)

Hlava larvy je čtvercová nebo obdélníková. Po stranách hlavy jsou připojena tykadla. Třetí článek nese smyslové funkce. Za tykadla je umístěno 0-6 larválních oček. V **ústním ústrojí** chybí horní pysk. Kusadla jsou štíhlá a dlouhá u predátorů, robustní a kratší u fytofágů. **Hrudní články** jsou podobné jako u dospělého, předohrudí je často největší. I nohy všech tří párů jsou podobné, složené z 6 článků. **Zadeček** je složen z 10 článků. 10. článek (anální) je silně pozměněný, slouží larvě jako opora při pohybu. Pro **taxonomii larev** je důležité rozložení smyslových set (chetotaxe) na všech částech jejich těla. Chetotaxe je druhově, rodově a často i u celé čeledi konstantní. Rozeznáváme primární sety, přítomné u 1. larválního instaru a sekundární či terciární sety, vyskytující se u instarů vyšších. **Kukla** střevlíkovitých je nepigmentovaná a leží v půdě v kuklení komůrce. Na kukle je již možno rozeznat pohlaví podle utváření gonothek na posledních dvou článcích zadečku. Samičí pohlaví má 2, samčí 1 nepárovou gonotheku (Hůrka, 1996).

3.3.3 Biologie

Střevlíkovití obývají nejrůznější stanoviště od mokrých, bažinatých nebo pobřežních až po suchá stepní a pouštní. Většina druhů žije na povrchu půdy pod kameny nebo v hrabance. Žijí i na bylinách, keřích a stromech, některé i pod kůrou a v hnijícím dřevě. Jsou známy druhy vyžadující lesní zastínění, ale i druhy heliofilní, pobíhající za dne a plného slunce na otevřených biotopech. Střevlíkovití žijí od nížin až po alpské pásmo hor. Většina středoevropských druhů je však spíše vlhkomilných, s noční aktivitou. **Potravně** jsou střevlíci nespécializovaní masožravci lovící aktivně kořist nebo vyhledávající uhynulé bezobratlé i obratlovce. Část z nich jsou potravní specialisté vázaní např. na housenky motýlů, chvostokoky, plicnaté plže, larvy i imaga drabčků nebo žížaly. Mnoho druhů je všežravých s převahou masožravosti nebo i býložravosti. **Vývoj** naprosté většiny našich druhů je jednoletý (jedna generace v roce), probíhající ve dvou základních vývojových typech, kdy začátek rozmnožování je synchronizován buď diapauzou v larválním stadiu nebo diapauzou pohlavních orgánů imág. Převládá **typ vývoje** bez larvální diapauzy s diapauzou gonád, při kterém k rozmnožování a vývoji larev dochází na jaře a v časném létě a imaga nové generace se líhnou v létě a na podzim téhož roku a přezimují. U druhého základního typu s larvální diapauzou přezimují larvy i imaga a nové generace se líhne na jaře nebo začátkem léta následujícího roku. Bylo zjištěno, že nižší teplota příznivě ovlivňuje jak rychlost vývoje larev, tak i dozrávání gonád. U několika tribů byla zjištěna **péče o potomstvo**. Samice byly nalezeny, jak hlídají svou vaječnou snůšku. Vajíčka hlídají a ošetřují do vylíhnutí larev, aniž by přijímaly potravu. Počet vajíček ve snůšce je relativně malý (5-8). Samice některých druhů shromažďují pod zemí semena, aby vytvořily zásoby pro vylíhlé larvy (Hůrka, 1996).

3.3.4 Význam střevlíkovitých

Význam střevlíkovitých v přirozených i umělých suchozemských biocenózách je značný. Ve své valné většině jsou to predátoři ostatních bezobratlých, zejména členovců a měkkýšů. Především v antropocenozech, kde se procentuálně uplatňují nejvíce, hrají roli významných entomofágů. Ale i v přirozených biocenózách se díky své diverzitě významně uplatňují při udržování rovnováhy a v koloběhu látek a energie. I z tohoto důvodu slouží jako modelová skupina pro ekologické studie. Střevlíkovití citlivě reagují na nejrůznější toxické látky (především na insekticidy a herbicidy) vnášené do biocenóz v souvislosti s bojem se

škodlivými organismy, stejně jako na nadměrné používání umělých hnojiv. V této souvislosti zmizel z našich obilných polí jediný závažněji škodlivý střevlík teplejších oblastí hrbáč osenní, *Zabrus tenebrioides*. Mnozí střevlíkovití jsou citliví i na změnu pH a především vlhkosti. Proto mohou být využiti i jako bioindikátoři těchto změn prostředí. Souhrnně je možné naše střevlíkovité označit za významnou skupinu živočichů, která ve vztahu k člověku a jeho činnosti hraje kladnou roli. Jsou tedy užiteční, a to nejen jako predátoři, ale i k bioindikačním účelům změn přírodního prostředí, a tím i životního prostředí člověka (Hůrka, 1996).

3.3.5 Systematické zařazení střevlíkovitých

Říše: Živočichové (Animalia)

Kmen: Členovci (Arthropoda)

Podkmen: Šestinozí (Hexapoda)

Třída: Hmyz (Insecta)

Podtřída: Křídlatí (Pterygota)

Řád: Brouci (Coleoptera)

Podřád: Masožraví (Adephaga)

Čeleď: Střevlíkovití (Carabidae)

3.3.6 Zákonem chránění střevlíkovití

Mnohé druhy, i částečně pod vlivem antropogenní zátěže, z přírody mizí a proto je vyvíjena snaha o jejich ochranu. Níže jsou uvedeny druhy, které jsou v současné době ohroženy, buď kriticky, nebo silně.

Druhy kriticky ohrožené

Carabus auratus, *Carabus clathratus*, *Carabus hungaricus*, *Carabus menetriesi*, *Carabus nitens*

Druhy silně ohrožené

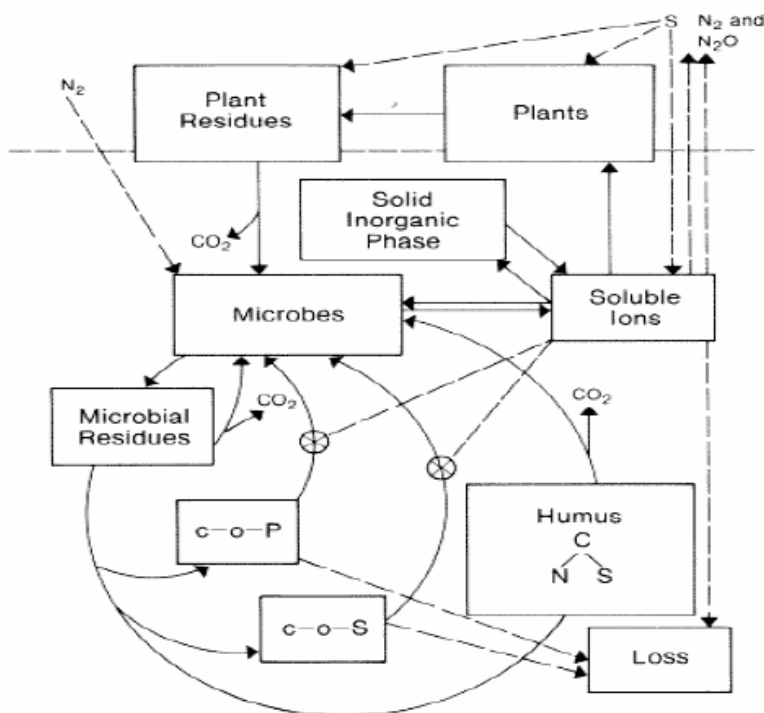
Carabus scabriusculus, *Carabus variolosus*

Druhy ohrožené

Carabus arcensis, *Carabus irregularis*, *Carabus obsoletus*, *Carabus problematicus*, *Carabus scheidleri*, *Carabus ullrichi*, *Cicindela* sp. (Pokorný, 2002).

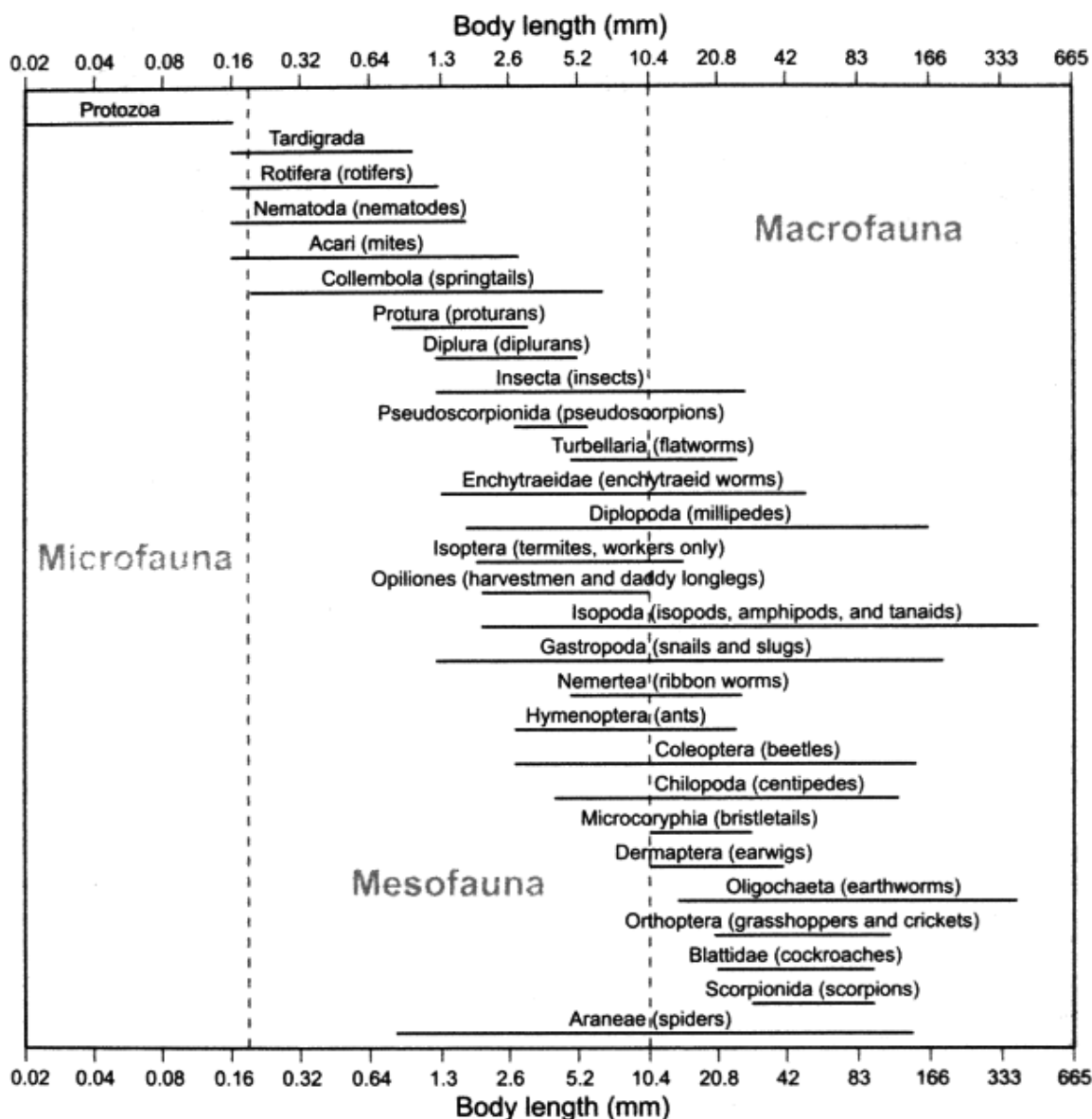
3.4 Půdní ekologie

Půda je důležitou složkou životního prostředí. Je tvořena směsí zvětralé vrstvy zemské kůry, vodou, vzduchem, organickými zbytky, živými organismy a produkty jejich metabolismu. Půda je významná pro fungování ekosystémů. Poskytuje vhodné životní podmínky pro rostliny, a to především pro jejich podzemní části. Půda je důležitá i pro koloběh hlavních biogenních prvků, a to jak v lokálním, tak i globálním měřítku. Půdní prostředí také poskytuje domov mnoha půdním organismům. Organismy mohou být klasifikovány podle nejrůznějších kritérií, např. podle jejich potravní závislosti, podle morfologie, fyziologie prostředí či podle genetických vztahů. Jejich druhová rozmanitost je mnohem vyšší než biodiverzita nadzemních částí ekosystému a to bez ohledu na to, zda se jedná o organismy žijící v půdě nebo na jejím povrchu. Např. členovců se může vyskytovat i několik tisíc různých druhů na jednom hektaru půdy. (Schaetzl *α* Anderson, 2007). Půda je ovšem také snadno zranitelnou a těžce obnovitelnou složkou terestrického ekosystému (Prax, 1994).



Obr. 10 Koloběh základních biogenních prvků probíhající v půdě

Plant Residues – rostlinné zbytky; Plants – rostliny; Solid Inorganic Phase – pevná anorganická složka; Microbes – mikrové; Soluble ions – rozpustné ionty; Microbial Residues – mikrobiální zbytky; Humus – humus; Loss – ztráty; C – uhlík; N – dusík; O – kyslík; S – síra; P – fosfor; N_2 – plynný dusík; N_2O – oxid dusný; CO_2 – oxid uhličitý.



Obr. 11 Dělení půdních organismů podle jejich velikosti na mikroorganismy, mezoorganismy a makroorganismy a zástupci jednotlivých velikostních frakcí (Schaeztl α Anderson, 2007)

Rozdílná velikost organismů ovlivňuje různě působení fyzikálních sil v půdě. Zatímco některé z fyzikálních a biologických procesů mnohem více závisí na velikosti jedince, jiné zase na jeho hmotnosti (Schaeztl α Anderson, 2007).

Tab. 2 Obsah půdní organické hmoty (POH) ve vybraných půdních typech České republiky (Růžek, 1999)

Půdní typ	Průměrný obsah Corg (v %)	Půdní organická hmota (POH)
Kambizemě	1,51 ± 0,43	2,60 %
Černozemě	1,41 ± 0,19	2,43 %
Rendziny	1,28 ± 0,36	2,21 %
Hnědozemě	1,03 ± 0,23	1,78 %
Luvizemě	1,00 ± 0,14	1,72 %

3.4.1 Populace, chování a diverzita

Tak jako všechny organismy, ani brouci se v přírodě nevyskytují izolovaně, ale v populacích. Z hlediska populační ekologie je každá populace charakterizována počtem jedinců a dále čtyřmi parametry – natalitou, mortalitou, imigrací do populace a emigrací z populace. Zatímco v krajině se s některými druhy střevlíků setkáváme prakticky kdekoli, často však v malém počtu jedinců, jiné druhy se vyskytují jen na určitých, přesně definovaných místech, kde ovšem mohou tvořit velmi početné kolonie. Je to proto, že pro různé druhy jsou charakteristický různý typ uspořádání populací. Některé druhy jsou charakterizovány velkou mobilitou a malou věrností biotopu, jiné jsou minimálně migrující, ale svým biotopům víceméně věrné. Proto na základě těchto pozorování byly populace rozděleny na:

- **Populace uzavřené** se vyznačují minimálními pohyby mezi koloniemi. Častá bývá velká koncentrace jedinců na relativně malé ploše a území obývaná jednotlivými koloniemi obsahují všechny zdroje pro larvální vývoj i život dospělců.
- **Populace otevřené** charakterizuje větší až velmi velká pohyblivost jedinců, kteří využívají rozsáhlá území, kde nacházejí vše potřebné ke svému životu. Většinou nelze jednoznačně vymezit území, které populace obývá, ani nelze vytýčit hranice mezi jednotlivými koloniemi. Extrémním příkladem otevřených populací jsou migranti.

Popsané dělení populací je samozřejmě značným zjednodušením. Populační struktura toho kterého druhu je ve skutečnosti výsledkem společného působení řady faktorů, které se mohou v závislosti na konkrétní lokalitě lišit. Faktory, které rozhodují o přežití či vyhynutí lze rozdělit na **faktory deterministické** (předvídatelné) a **faktory stochastické** (náhodné). Z deterministických faktorů to mohou být situace, kdy početnost druhu přeroste přes možnosti prostředí. Překročení nosné kapacity prostředí se projeví nedostatkem živin. Snížení nabídky

živin zhorší podmínky pro vývoj, mortalita převýší natalitu a početnost druhu začne klesat, až se dostane pod nosnou kapacitu prostředí. Takto velikosti populací běžně kolísají kolem určitého rovnovážného stavu. Z tohoto je zřejmé, že velikost populace je pro ochranu druhu zásadním faktorem. Stochastickými faktory jsou například choroby, paraziti a predátoři, kolísání klimatu a celá řada jevů, které postihují populace, jejichž početnost poklesla pod jistou kritickou mez.

K vlivům, jež malé populace ohrožují, patří:

- **Enviromentální stochasticita.** Označuje výskyty nepříznivých podmínek (deštivý rok, tuhá zima, přemnožení predátorů), které velká populace přežije, ale malou populaci mohou zdecimovat.
- **Inbrední deprese** (=příbuzenská plemenitba). V malé populaci si všichni jedinci mohou být navzájem příbuzní. Příbuzenská plemenitba může způsobit nahromadění škodlivých recesivních genů, a tak vést k degeneraci populace.
- **Genetický drift.** V malé populaci se čistě náhodným párováním mohou zafixovat geny, které by normálně, ve velké populaci, odstranil přírodní výběr. Tedy i geny, které nejsou vhodné pro přežití v daném prostředí. Rovněž může dojít ke ztrátě vzácných vlastností.
- **Nevyrovnaný poměr pohlaví.** U mnoha druhů se setkáváme se situacemi, že samci jsou početnější než samice. Pro jev existuje řada biologických zdůvodnění, například delší larvální vývoj samic, během něhož jsou samičí housenky vystaveny větším rizikům než rychleji se vyvíjející samečci. Existují i opačné situace, kdy samice jsou hojnější. Ať jsou příčiny těchto změn jakékoli, nevyrovnaný poměr pohlaví vždy drasticky snižuje geneticky efektivní velikost populace.
- **Samičí výběr.** Efektivní velikost populace se sníží i tehdy, jestliže někteří samci mají menší pravděpodobnost spáření ryze proto, že o ně samice nemají zájem. V současnosti se řeší otázka, zda si samice těchto druhů dokáží opravdu efektivně vybrat „ty správné“ samce. Pokud by tomu tak bylo, mohla by vybíravost samic efektivní velikost populací podstatně zmenšovat. Mohl by však nastat i opačný scénář, a to, kdyby si samice vybíraly dosud nespářené, čerstvé samce.
- **Rozdílná mobilita pohlaví.** U některých druhů se stává, že samice po spáření opouštějí lokality, na nichž se vyskytuje větší počet samců. Je to proto, že kladení vajíček, hlavní úloha oplodněných samic, je časově náročná činnost, na kterou se samičky musí značně soustředit. A protože jsou již oplodněny, nemají zájem o

neustálé obtěžování ze strany „sexuchtivých“ samečků. Pokud se jedná o druh, který se páří jen jednou, nemá emigrace samiček žádný vliv na efektivní velikost populace. Ze sledování vyplývá, že efektivní velikost populace může být vlivem řady faktorů mnohem menší než prostým počtem střevlíků na lokalitě (Beneš a kol., 2002).

3.4.2 Odhady početnosti

Odhadovat populace mobilních živočichů není snadný úkol. Protože jsou však informace o velikosti populací jedním z nejdůležitějších údajů nejen pro ochranáře, ale i pro populační genetiky, evoluční biology, pracovníky zabývající se výzkumem škůdců, pro výzkum migraci atd., jsou různé metody odhadu velikostí populací velmi kvalitně rozpracovaným oborem přírodních věd (Beneš a kol., 2002).

Metody pro odhad početnosti:

- **Transektová sčítání** jsou nejužívanější a nejnámější ze všech relativních metod. Systém umožňuje pravidelný monitoring početnosti v přírodních rezervacích, ale i ve volné krajině. Principem je, že pozorovatel za standardního počasí prochází terénem po předem vytyčené trase, a to jednou týdně. Přitom zaznamenává všechny druhy, které spatří v myšleném prostoru o hraně 5 metrů. Spolu s údaji o druzích obsahuje standardní pozorovací protokol i záznamy o transektu, tedy jeho délku a údaje o tom, kolik z jeho délky zaujímají sekce definované odlišnými biotopy (les, louka, pole, zástavba, atd.). Pozorování jsou zaznamenávána. Záznamy pak slouží pro různé statistické analýzy. Jedná se o vynikající metodický nástroj, kterým je možné poměrně rychle, v rozmezí přibližně 5 sezon, postihnout důležité populační trendy (Beneš a kol., 2002).
- **Metoda pozorování za jednotku času** slouží k odhadu relativní hojnosti či vzácnosti různých druhů na dané lokalitě. Badatel je na lokalitě předem stanovenou dobu za standardního počasí a zaznamenává buď všechny jedince jednoho nebo všech druhů, nebo početnost odhadne na relativní, obvykle logaritmické stupnici. Metoda je vhodná pro rychlé zhodnocení lokalit a pro studium společenstev (Beneš a kol., 2002).
- **Odchyty do pastí** poskytnou údaje o relativním počtu různých druhů na různých stanovištích. Využíváme především pastí v zemi či smykování v porostu. U některých

skupin hmyzu je i možné využít Moerickeho misky naplněné kapalinou, které lákají na bílou a žlutou barvu (Beneš a kol., 2002).

3.4.3 Ochrana a diagnóza příčin ohrožení

Kritický stav brouků v České republice si žádá radikální přehodnocení přístupu k jejich ochraně. Obecně lze říci, že účinná ochrana musí vycházet z ochrany jejich biotopů a z důsledné péče o jejich stanoviště. Během desetiletí se velice měnily názory na příčiny vymírání populací i navrhované možnosti řešení. Obojí se vyvíjelo s tím, jak se během 20. století postupně proměňovalo hospodaření člověka v krajině i vědecké poznatky. Po celé 20. století docházelo k postupné intenzifikaci zemědělství i lesnictví. U nás tento trend nápadně akceleroval během tzv. kolektivizace zemědělství v 50., 60. a 70. letech 20. století. V nelesní krajině to vedlo k přeměně pestrých biotopů s poli, sady, loukami, pastvinami, polními cestami, mezemi a úhory na uniformní lány bez původní fauny středoevropské venkovské krajiny. Za hlavní příčiny likvidace biotopů byly meliorace. Dalším faktem přímé likvidace biotopů bylo využívání insekticidů, kterých bylo na sklonku 50. let 20. století masově používáno a postihlo citlivou hmyzí faunu. Nástup vysoce účinných chemických přípravků typu DDT byl natolik vítán, že se jen málokdo obtěžoval monitorovat vliv těchto prostředků na faunu (Frejmark a Boutin 1995). Pesticidy ovlivnily i ovlivňují především druhy, které jsou vázány na agrocenózy. Moderní přípravky působí relativně krátce a pokles spotřeby pesticidů vede k rychlému návratu druhů, které mohou tolerovat uniformní biotopy zemědělské krajiny (Beneš a kol., 2002).

3.4.4 Vybrané rizikové faktory

Ačkoliv dnes je již ochraně přírody věnována výrazně vyšší pozornost než tomu bylo v minulosti, je třeba v rozhodování o managementu krajiny důkladně zvažovat rizikové faktory, z nichž ty nejvýznamnější jsou zde uvedeny.

- **Přímá likvidace biotopů.** Jedná se o likvidace celých stanovišť těžbou surovin, zástavbou, stavbou dálnic a silnic, zřizováním golfových hřišť, výstavbou přehrad, ale i cílená likvidace v boji s plevely či plevelnými dřevinami (Beneš a kol., 2002).
- **Nevhodné rekultivace.** Ty se sestávají ze zarovnání ploch výsypek či hald, navezení ornice a osázení těchto ploch často nepůvodními dřevinami. Jinou kategorií

nevhodných rekultivací je využívání vytěžených lomů jako skládek, které jsou následně zavezeny ornici a osázeny lesem nebo polem odolných trav bez biologické hodnoty. Nejlepší rekultivací je spontánní přirozená revitalizace. Kromě vyšší biologické hodnoty jsou přirozeně revitalizované lokality rozmanitější i krajinářsky a proto umožňují i využití pro sport a rekreaci (Beneš a kol., 2002).

- **Meliorace.** Meliorace v zemědělské krajině skončily v devadesátých letech. Méně zjevným nebezpečím zůstávají meliorace lesnické. Ty probíhají dosud a odvodňovací kanály jsou na lesní půdě pravidelně obnovovány a rozšiřovány. Tím jsou postiženy sousedící rašeliniště, která vysychají a zarůstají lesem (Beneš a kol., 2002).
- **Produkční lesnictví.** Mezi závažné faktory patří pěstování stejnověkých monokultur jehličnatých dřevin a především zánik výmladkového hospodaření (Beneš a kol., 2002).
- **Spontánní sukcese.** Samovolné zarůstání otevřených nelesních ploch v důsledku upuštění od pastvy nebo sklizně sena. Nejdříve dochází k dormanci konkurenčně zdatných trav, později k uchycení keřů a stromů, kdy louky a stráně se postupně mění v nepropustné křoviny a poté v zapojený les (Beneš a kol., 2002).
- **Intenzivní zemědělství.** Scelování pozemků, chemizace, pesticidy, eutrofizace krajiny, převody luk na intenzivní trvalé travní porosty byly hlavními důvody vymizení některých druhů z volné krajiny v minulosti. V současné době se zdá, že intenzifikace zemědělství územně polevily. Pozitivním vývojem je omezení spotřeby hnojiv a pesticidů, nárůst alternativně obhospodařovaných pozemků i občasné neobhospodařování polí. Na tato místa se začínají postupně vracet některé charakteristické druhy polní krajiny nebo se zvyšuje početnost jejich populací (Beneš a kol., 2002).

3.5 Biodiagnostika a bioindikátoři

Pro bioindikační účely se používají od počátku 20. století členovci. Nejprve byly pro bioindikaci používány především larvy vodního hmyzu, ale v terestrickém prostředí je situace komplikovanější a použití hmyzích bioindikátorů zde naráží na podstatně více problémů. Toto prostředí je mnohem diversifikovanější a negativní antropogenní vlivy jsou velmi rozmanité. Ale i terestrický hmyz a ostatní členovci jsou různě tolerantní k antropogenní zátěži (Rozkošný, 1986).

Dalšími vhodnými bioindikátory jsou společenstva pavouků (Araneae), která poprvé pro stanovení bioindikačních skupin použil ve své práci Buchar (1983). Diagnostickým ukazatelem stupně deteriorizace stanovišť společenstva pavouků je procentuální zastoupení expanzivních druhů (Růžička, 1987).

V současné době je velmi dobře rozpracovaná problematika drabčíkovitých jako bioindikátorů. Možnosti biodiagnostiky založené na tomto modelu byly použity i pro brouky čeledi Carabidae.

3.5.1 Střevlíkovití jako bioindikátoři antropogenního prostředí

Využití střevlíkovitých jako bioindikátorů navrhl poprvé Heydemann (1955) v Německu pro podmínky agrocenóz. Použitelností této skupiny pro účely bioindikace přírodního prostředí se zabývala celá řada autorů, především pomocí strukturálních biocenologických charakteristik, jako je index diversity a ekvitability. Muller-Motzfeld (1989) studoval na modelu střevlíkovitých vztah k charakteru půdního povrchu. Boháč (1990) navrhl použití „indexu společenstev drabčíků“ jako vhodného ukazatele stupně antropogenního ovlivnění biotopů. Dalšími vhodnými bioindikátory jsou společenstva pavouků (Araneae), která poprvé pro stanovení bioindikačních skupin použil ve své práci Buchar (1983). Diagnostickým ukazatelem stupně deteriorizace stanovišť společenstva pavouků je procentuální zastoupení expanzivních druhů (Růžička, 1987). O interpretaci klasifikace Buchara na čeleď Carabidae se úspěšně pokusili Nenadál (1993) a Farkač (1993,1994). Nenadál zařadil 185 druhů z, 16 lesních a 16 nelesních stanovišť, do tří skupin. Toto použití je vhodné zejména v nelesních biotopech. Farkač přiřadil 171 druhů horských a podhorských lesních porostů ke čtyřem skupinám: relikty I. a II. řádu, adaptabilní a eurytopní druhy. V roce 1996 zařadil Hůrka 526 druhů a poddruhů Carabidae do tří základních skupin pomocí šíře jejich ekologické valence a vázanosti k biotopu (reliktní, adaptabilní, eurytopní druhy). Na příkladech různých typů lesních porostů a rašelinišť ukázal využitelnost střevlíkovitých pro hodnocení kvality jak různých biotopů, tak i větších krajinných celků (Hůrka a kol., 1996).

3.5.2 Stanovení základních skupin

Vymezení druhů a poddruhů Carabidae České republiky do tří skupin pomocí šíře ekologické valence taxonů a jejich vázanosti k habitu. Různí autoři použili rozdílná kritéria pro zařazení do jednotlivých skupin.

Skupina I – reliktní druhy

- **Skupina R** – do této skupiny patří druhy s nejužší ekologickou valencí, které mají charakter reliktních. Jedná se o vzácné a ohrožené druhy přirozených, málo poškozených ekosystémů, jako jsou druhy sutí, vřesovišť, pramenišť, skalních stepí a stepí, klimaxových lesů všech typů, bažin a močálů, přirozených břehů vod a druhy niv. Tato skupina zahrnuje v České republice 174 druhů a poddruhů (Hůrka a kol., 1996).

Skupina II – adaptabilní druhy

- **Skupina A** – k této skupině patří adaptabilnější druhy, které osídlují habitus blízké přirozenému stavu. Vyskytují se i na druhotných, dobře regenerovaných biotopech, zvláště v blízkosti původních ploch. Tato nejpočetnější skupina zahrnuje typické druhy lesních porostů, pobřežní druhy stojatých i tekoucích vod, druhy lučin, pastvin a jiných travních porostů typu paraklimaxů. Patří k ní 259 druhů a poddruhů uváděných v České republice (Hůrka a kol., 1996).

Skupina III – eurytopní druhy

- **Skupina E** – tuto skupinu tvoří eurytopní druhy, které nemají často žádné zvláštní nároky na charakter a kvalitu prostředí. Jedná se o druhy nestabilní, měnících se habitů, stejně jako druhy, které obývají silně antropogenně ovlivněnou, tedy poškozenou krajinu. Zahrnuje i expansivní druhy, šířící se v současné době na těchto nestabilních habitatech a rozšiřující svůj areál, stejně jako expansivní druhy, které v současné době ustupují, i nestálé migranty. Patří do ní 93 druhů a poddruhů (Hůrka a kol., 1996).

3.5.3 Přiřazení druhů ke skupinám – zoogeografie

Zařazení druhů do skupin je závislé na geograficko-klimatických podmínkách, a to jak ve směru sever-jih, tak i západ-východ a naopak. Ukázka několika vybraných druhů pro Českou republiku (tabulka č. 3) je převzata z práce Pulpán & Hůrka (1993).

Tab. 3 Ukázka zástupců reliktních (R), adaptabilních (A) a eurytopních (E) druhů v České republice (Pulpán & Hůrka, 1993)

<i>Carabus clathratus clathratus</i> (Linnaeus, 1761)	R
<i>Carabus fabricii fabricii</i> (Panzer, 1813)	R
<i>Carabus irregularis irregularis</i> (Fabricius, 1792)	R
<i>Carabus arvensis arvensis</i> (Herbst, 1784)	A
<i>Carabus auratus</i> (Linnaeus, 1761)	A
<i>Carabus auronitens auronitens</i> (Fabricius, 1792)	A
<i>Acupalpus meridianus</i> (Linnaeus, 1761)	E
<i>Agonum muelleri</i> (Herbst, 1784)	E
<i>Carabus granulatus granulatus</i> (Linnaeus, 1758)	E

3.5.4 Důvody vhodnosti využití střevlíkovitých jako indikátorů

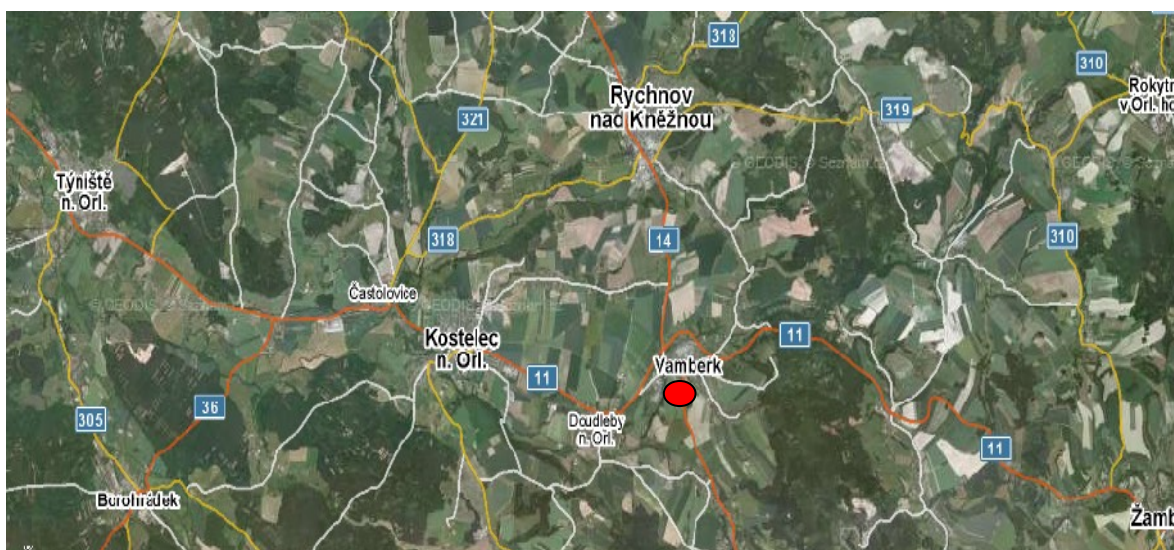
- Jsou známy jejich biotické a abiotické faktory (vlhkost, rostlinný pokryv, teplota, geologický substrát, disperzní schopnosti, predace a kompetice) ovlivňující strukturu společenstev střevlíkovitých (Hůrka, 1996).
- Zavedení střevlíkovitých pro biomonitorování antropogenních vlivů v krajině (Hůrka a kol., 1996; Nenadál, 1998).
- Zavedení systému životních forem střevlíků, založeném na jejich prostorovém rozšíření v půdě a potravní specializaci (Sharova, 1981).
- Rozdělení střevlíkovitých do velikostních skupin (Růžička, 1988).
- Určení stupně antropogenního ovlivnění společenstev střevlíkovitých u člověkem ovlivněných a neovlivněných ekosystémů (Boháč & Pospíšil, 1984).
- Zjištění dlouhodobých změn ve fauně střevlíkovitých v Praze a určení příčin vyhynutí některých druhů. Důvodem jsou změny vodního režimu v krajině, regulace břehů, likvidace pískoven, xerotermních pastvin a změny v zemědělském a lesním hospodaření (Veselý, 2002).

4 Materiál a metody

4.1 Lokalizace a charakteristika zájmového území

4.1.1 Vamberk, základní informace

Město Vamberk se nachází v Královehradeckém kraji, 5 km jižně od okresního města Rychnov nad Kněžnou. Je to pětitisícové město na řece Zdobnici. Katastr obce je rozložen od nadmořské výšky 287 m (u soutoku Zdobnice s Divokou Orlicí) do výšky 603m (Litický Chlum). Turistickou polohu Vamberka lze nejlépe poznat z chaty Na Vyhlídce (475 m n. m.), odkud lze za dobrých viditelných podmínek pozorovat celé pásmo Orlických hor, Kunětickou horu, Sněžku nebo Kralický Sněžník.

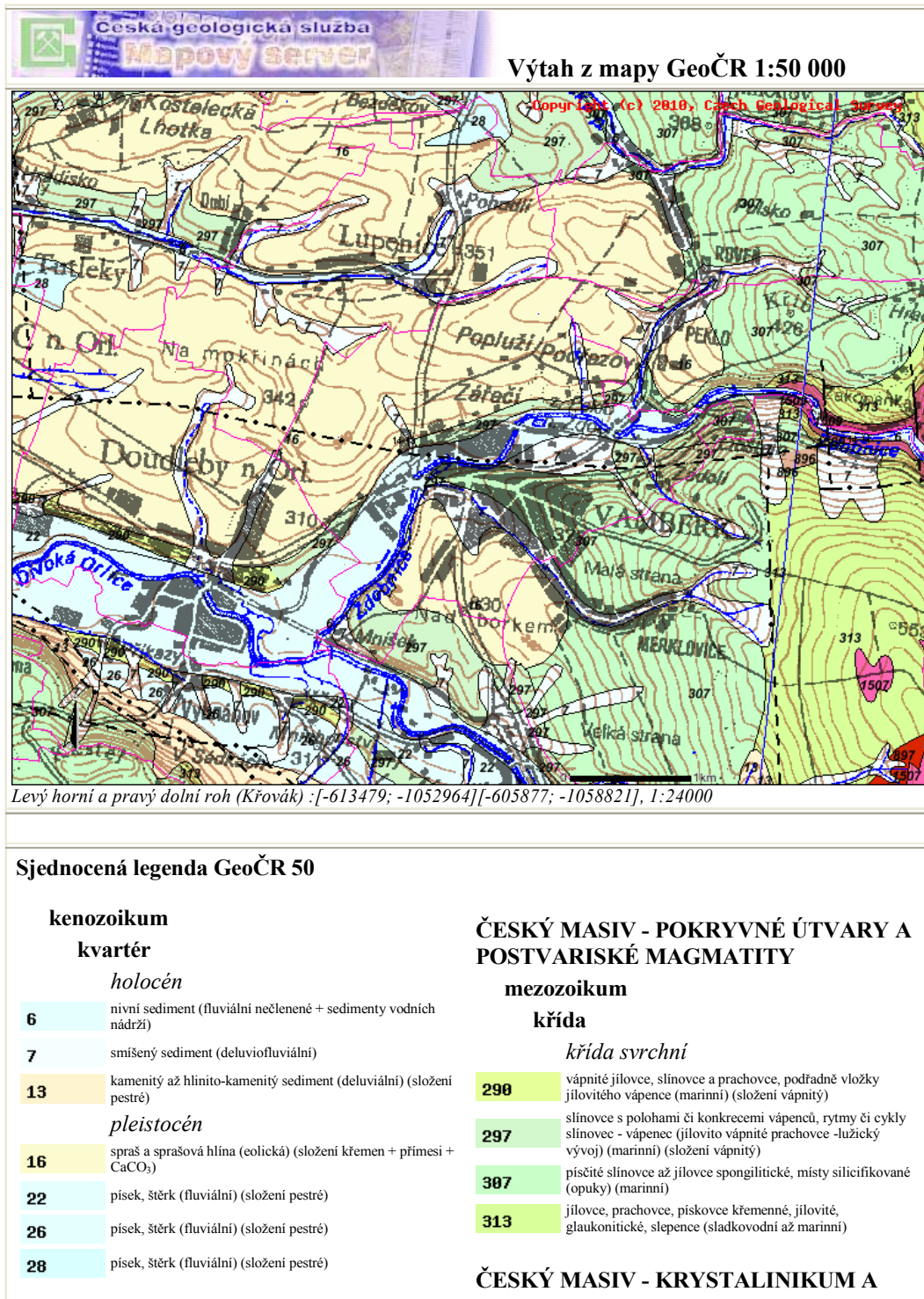


Obr. 12 Mapa lokalizace vybraného území

(<http://www.mapy.cz/#mm=FP@x=137282560@y=136146944@z=10>)

4.1.2 Geomorfologické a geologické poměry

Geologicky je území biotopu lesu a louky součástí Českého masívu a je tvořeno písčitymi slínovci až spongilitickými jílovci a opukami ze stáří křídý. Reliéf je mírně zvlňný s nízkými zaoblenými vrchy. Biotop pole je součástí České křídové pánve tvořený zpevněnými sedimenty spongilitického slínovce a prachovce ze stáří křídý.



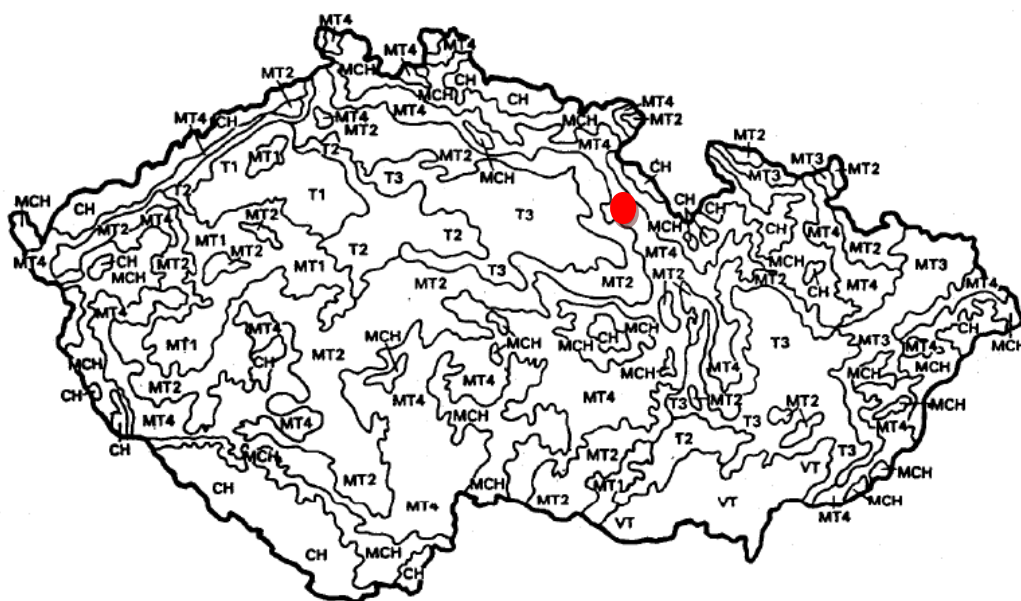
Obr. 13 Geologická mapa zájmového území

4.1.3 Hydrologické poměry

Na daném území se nachází minimum vodních ploch. Hydrologické poměry tvoří především řeka Zdobnice a Divoká Orlice.

4.1.4 Klimatické poměry

Vybrané území se nachází v mírně teplé, vlhké – vrchovinné klimatické oblasti.



Obr. 14 Mapa klimatických regionů v České republice
(<http://www.agrokrom.cz/texty/metodiky.pdf>)

VT – velmi teplý suchý; T1 – teplý suchý; T2 – teplý, mírně suchý; T3 – teplý, mírně vlhký;
T1 – mírně teplý, mírně suchý; MT2 – mírně teplý, mírně vlhký; MT3 – mírně teplý, vlhký –
nížinný; MT4 – mírně teplý, vlhký - vrchovinný; MCH – mírně chladný.

Mírně teplá oblast je charakterizována krátkým, mírným a mírně suchým létem. Mírným a krátkým jarem a mírně teplým podzimem. Zima je dlouhá, mírná, mírně vlhká. Jednotlivé klimatické charakteristiky jsou detailněji uvedeny v tabulce č. 4.

Tab. 4 Jednotlivé klimatické charakteristiky zájmového území (Podnebí ČSSR, 1969)

Průměrný úhrn srážek za rok	691 mm
Průměrná roční teplota vzduchu	6,6 °C
Průměr denních minim teploty vzduchu	3,0 °C
Průměr denních maxim teploty vzduchu	11,5 °C
Průměrný počet jasných dnů	40 dní
Průměrný počet dnů bez slunečního svitu	84 dní
Průměrná relativní vlhkost vzduchu	71 %
Průměrný počet letních dnů ($t_{\max} \geq 25 \text{ °C}$)	29 dní
Průměrný počet tropických dnů ($t_{\max} \geq 30 \text{ °C}$)	5 dní
Průměrný počet ledových dnů ($t_{\max} \leq 0,1 \text{ °C}$)	48 dní
Průměrný počet mrazových dnů ($t_{\min} \leq - 0,1 \text{ °C}$)	129 dní
Průměrné trvání sněhové pokrývky	106 dní
Průměrná maxima výšky sněhové pokrývky	19 cm
Průměrné datum prvního dne se sněžením	11.11.
Průměrné datum posledního dne se sněžením	8.4.
Průměrné datum prvního dne se sněhovou pokrývkou	28.11.
Průměrné datum posledního dne se sněhovou pokrývkou	14.3.

4.2 Získání dat

Pro indikaci antropogenní zátěže prostředí pomocí střevlíků byla vybrána lokalita tří různých biotopů v oblasti podhůří Orlických hor. Jedná se o území Vamberka a jeho okolí, kde byly instalovány zemní pasti na biotopu les, louka a pole.

Pro studium střevlíků byly použity dvě metody odchytu. První metodou byla instalace zemních pastí, druhou samostatný odchyt ve vybraných lokalitách.

Zemní pasti byly vytvořeny pomocí půl litrové a litrové polyethylenové láhve a zakopány tak, aby přesně lemovaly s povrchem země. Zemní pasti byly vykopány na třech biotopech, a to v biotopu les, biotopu louka a biotopu pole vždy v jednu transektu o počtu deseti zemních pastí. Jednotlivé pasti v jednom transektu byly od sebe vzdáleny cca dva metry. Na dno každé pasti bylo nalito malé množství vody s formaldehydem.

Výběr jednotlivých pastí byl prováděn každých čtrnáct dní. První výběr materiálu se konal v dubnu, poslední v říjnu roku 2009.



Obr. 15 Instalovaná zemní past

Na všech třech biotopech byly také vykopány půdní sondy podle metodiky Němeček a kol. (1967). Hloubka sond se pohybovala v rozmezí 60 cm do 160 cm podle výskytu pevného horninového podkladu. Každá kopaná sonda byla zdokumentována fotografií. U všech sond bylo provedeno určení diagnostických horizontů se změřením jejich mocností. Barva jednotlivých horizontů byla zjišťována podle Munsellových tabulek přímo v terénu na základě přirozené vlhkosti. Přítomnost uhličitánů byla určena přímo v profilu pomocí kyseliny chlorovodíkové. Skeletovitost i zrnitost byla zjištěna nejen hmatovou zkouškou a vizuálně přímo v terénu, ale i přesně v laboratoři. V terénu byla také hodnocena vlhkost pomocí pocitu, který zemina vyvolává při dotyku. Půdní typy byly určeny na základě klasifikačního systému půd ČR (Němeček a kol., 2001). Z prvních dvou až tří vrchních horizontů byly odebrány půdní vzorky, které byly vysušeny volně na vzduchu, namlety a zhomogenizovány. Na těchto vzorcích byly v laboratoři stanoveny následující půdní vlastnosti uvedeny v bodě 4.2.



Obr. 16 Výkop půdní sondy s určením mocností horizontů a přítomnosti karbonátů

4.3 Stanovení chemických a fyzikálně chemických vlastností půdy

4.3.1 Stanovení aktivní půdní reakce

Princip: Pomocí kombinované elektrody se stanoví hodnota aktivní reakce změřením pH vodní suspenze zeminy.

Reagencie: ústojné roztoky pro kalibraci pH metru, destilovaná voda zbavená CO₂.

Postup: Do 50 ml kádinky bylo naváženo 10 g předem připravené zeminy jemnozsem I a zalito 20 ml vychladlé destilované vody zbavené CO₂ převařením po dobu 5 minut. Vzniklá suspenze se míchala skleněnou tyčinkou 5 minut, poté se v ní změřilo pH pomocí pH metru. Naměřená hodnota se značí jako pH_{H₂O} (Zbíral, 2004).

Tab. 5 Hodnocení výsledků aktivní půdní reakce půdy

pH _{H₂O}	Aktivní půdní reakce půdy
< 4,9	silně kyselá půda
4,9 – 5,9	kyselá půda
5,9 – 6,9	slabě kyselá půda
6,9 – 7,1	neutrální půda
7,1 – 8,0	slabě alkalická
8,0 – 9,4	alkalická
> 9,4	silně alkalická

4.3.2 Stanovení výměnné půdní reakce

Princip: Ionty vodíku, které jsou poutány půdními koloidy se vytěsňují draselnými ionty a elektrometricky se změří výměnná půdní reakce (pH_{KCl}).

Reagencie: ústojné roztoky pro kalibraci pH metru, 0,2 M KCl.

Postup: Do 250 ml PVC lahve se navážilo 40 g předem připravené zeminy jemnozsem I a přidalo se 100 ml 0,2 M KCl. Třepalo se 45 minut v třepačce a poté se nechalo 15 minut stát v klidu. Suspenze se přelila do 100 ml kádinky, kdy se zamíchala a ihned změřilo pH pomocí pH metru. Naměřená hodnota se značí jako pH_{KCl} (Zbíral, 2004).

Tab. 6 Hodnocení výsledků výměnné půdní reakce půdy

pH KCl	Výměnná půdní reakce půdy
< 4,5	silně kyselá půda
4,5 – 5,5	kyselá půda
5,5 – 6,5	slabě kyselá
6,5 – 7,2	neutrální půda
> 7,2	alkalická půda

4.3.3 Stanovení výměnné acidity

Princip: Do půdního vzorku je přidán 1M KCl. Ionty vodíku se vytěsní a vzniká HCl, která se poté titruje pomocí NaOH. Výměnná acidita zeminy se spočítá podle potřebovaného hydroxidu sodného.

Reagencie: 1M KCl, 0,02M NaOH, fenolftalein.

Postup: Bylo naváženo 40g jemnozeme I, která se kvantitativně vpravila do PVC láhve a bylo přidáno 100 ml 1M KCl. Suspenze se 45 minut třepala na třepačce. Poté se suspenze zfiltrovala. 50 ml čirého filtrátu bylo titrováno se třemi kapkami fenolftaleinu do slabě růžového zbarvení pomocí 0,02M NaOH.

Výpočet: $V_a = a \cdot f \cdot M \cdot 5 \cdot 1,75$ (mmol/100g), kde (rov. 3)

a = spotřeba 0,02M NaOH při titraci,

f = faktor NaOH,

M = molarita NaOH,

5 = přepočet na 100 g,

$1,75$ = konstanta na neúplné vytěsnění. Při jednorázovém působení 1M KCl na půdní vzorek nedojde k vytěsnění veškerého vodíku. Proto je výsledek zvyšován o experimentálně zjištěnou hodnotu 75% (Zbiral, 2004).

Tab. 7 Hodnocení výsledků výměnné acidity

Hodnota V_a (mmol/100g)	Hodnocení
1,14	Velmi silná
1,14 – 0,57	Silná
0,57 – 0,40	Střední
0,40 – 0,23	Mírná
< 0,23	Slabá

Na základě známé hodnoty výměnné acidity můžeme vypočítat i další charakteristiky.

- **Kationtová výměnná kapacita**

$$KVK = (c \cdot V_b / N) \cdot 100 \text{ (mmol/100g)}, \text{ kde} \quad (\text{rov. 4})$$

c = koncentrace Na (mmol/ml⁻¹),

V_b = objem odměrné baňky (50 ml, případně 100 ml),

N = navážka (2g).

- **Suma bazických kationtů**

$$S = KVK - V_a \text{ (mmol/100g)}, \text{ kde} \quad (\text{rov. 5})$$

KVK = kationtová výměnná kapacita,

V_a = výměnná acidita.

- **Stupeň nasycení sorpčního komplexu bazickými kationty**

$$V = S \cdot 100 / KVK \text{ (%)}, \text{ kde} \quad (\text{rov. 6})$$

S = suma bazických kationtů,

KVK = kationtová výměnná kapacita.

4.3.4 Stanovení množství humusu

Princip: Dvě polarizovatelné platinové elektrody se vnoří do redox systému. Z vnějšího zdroje se pustí napětí 10 – 15 mV. Při titraci Mohrovou solí, která vytváří reversibilní systém, se elektrody v bodu ekvivalence depolarizují a prochází mezi nimi proud. Jeho vznik, který indikuje konec titrace je zaznamenáván na galvanometru či potenciometru.

Reagencie: destilovaná H₂O, chromsírová směs 0,0667M, 0,1M Fe(NH₄)₂(SO₄)₂.

Postup: Pro běžné minerální půdy bylo naváženo 0,3 g jemnozeme II, která se připravila rozetřením malého množství jemnozeme I a kvantitativním převedením přes síto s průměrem ok 0,25 mm. U organogenních půd se navážka snižuje, u půd s extrémně malým obsahem se naopak snižuje. Odvážená jemnozeme II se vpravila do 100 – 150 ml kádinky a zalila se 10 ml 0,0667M chromsírové směsí. Kádinka se překryla hodinovým sklem a vložila do předem vyhřáté na 125 °C sušárny na 45 minut. Poté se kádinka vyjmula, hodinové sklo a stěny kádinky byly opláchnuty destilovanou vodou. Objem směsi byl upraven pomocí destilované vody tak, aby se vložené míchadlo mohlo volně pod platinovými elektrodami pohybovat. Po ponoření elektrod bylo puštěno míchadlo. Do systému se přivedl elektrický proud a titrovalo se pomocí 0,1M Fe(NH₄)₂(SO₄)₂. Průběh titrace se sledoval na galvanometru, kdy před jejím koncem míchadlo již nestačí homogenně Mohrovu sůl rozptýlit a ručička galvanoměru je na okamžik vychýlena. Při dosažení bodu ekvivalence přidáním jedné kapky je výchylka trvalá. Na byretě byla odečtena spotřeba Mohrovy soli a spočítán výsledek (Pospíšil, 1964).

Tab. 8 Hodnocení výsledků stanovení obsahu humusu

Humus (v %)	Označení obsahu
< 1	Velmi nízký
1,0 – 2,0	Nízký
2,0 – 3,0	Střední
3,0 – 5,0	Vysoký
> 5,0	Velmi vysoký

4.3.5 Stanovení kvality humusu

Princip: Na základě absorbcí, které byly zjištěny spektrofotometrickým proměřením alkalických roztoků humusových látek při vhodných vlnových délkách odpovídajících viditelnému záření, lze určit stupeň polymerace, případně disperzity. Bylo využito Lambert-Beerova zákona, který vyjadřuje vztah absorpční intenzity látky rozptýlené v neabsorbujícím prostředí k výchozí intenzitě monochromatického záření, koncentraci a tloušťce vrstvy.

Reagencie: roztoky humusových látek, extrakční činidlo, destilovanou H₂O.

Postup: Alkalický roztok humusových látek byl připraven jejich extrakcí 0,005M Na – pyrofosfátem při zachování poměru zemina : extraktans 1 : 20. Suspenze byla jednu hodinu třepána a následně odcentrifugována. Čirý roztok zkoumaných humusových látek se byl upraven zředěním extrakčním činidlem tak, aby při vlnové délce $\lambda = 400$ nm byla absorbance $A \approx 0,900$ nm. Roztok byl fotometricky proměřen při minimálně pěti vlnových délkách v oblasti viditelného světla, a to $\lambda = 400, 450, 500, 550$ a 600 nm.

Vyhodnocení: Výsledné hodnoty slouží ke konstrukci semilogaritmických přímek absorbcí, křivek absorbcí a k výpočtu barevného kvocientu $Q_{4/6}$. Čím nižší je hodnota $Q_{4/6}$, tím jsou humusové látky polymerovanější a z hlediska v půdě kvalitnější (Zbiral, 2004).

Výpočet: $Q_{4/6} = A_{400} / A_{600}$, kde (rov. 7)

$Q_{4/6}$ – barevný kvocient pro λ 400 a 600 nm,

A_{400} = absorbance při λ 400 nm,

A_{600} = absorbance při λ 600 nm.

4.3.6 Stanovení kationové výměnné kapacity podle Bowera

Princip: Jedná se o rychlou a dostatečně přesnou metodu pro základní práce. Výhodné je především použití této metody pro analýzu zasolených půd. Sorpční komplex se sytí Na⁺,

zatímco přebytek Na⁺ je vymyt. Adsorbovaný Na⁺ je vytěsněn NH₄⁺ a stanoven, kdy se jeho množství rovná sorpční kapacitě.

Reagencie: 1M CH₃COONa, 1M CH₃COONH₄, 95% etanol.

Postup: Do 50 ml centrifugační kyvety byly naváženy 2g jemnozeme I. Do zeminy se přidalo 10 ml 1M octanu sodného a intenzivně se třepalo po dobu 5 minut. Vzorky se centrifugovaly 5 minut při 200 ot./min. Supernatant se opatrně slil do výlevky. Míchání, třepání a centrifugování bylo opakováno ještě 3x a to vždy s novou dávkou octanu sodného. Poté byla zemina třepána s 10 ml 95% etanolu po dobu 5 minut, centrifugována 5 minut při 200ot./min. a kapalina slita do výlevky. Promývání etanolem bylo opakováno 3x. Nakonec byla zemina extrahována 3x 10 ml 1M octanu amonného. Extrakt byl vždy slit do 50 ml odměrné baňky a filtrován. Extrakt v baňce byl doplněn po rysku 1M CH₃COONH₄ a stanoven obsah Na pomocí plamenové fotometrie (Zbiral, 2004).

Vypočet: KVK (mmol/100g) = 10 x koncentrace Na (mmol/ml⁻¹) / navážka (rov. 8)

Tab. 9 Hodnocení výsledků kationové výměnné kapacity

KVK	Hodnocení
> 30	Velmi vysoká
24 – 30	Vysoká
17 – 24	Vyšší střední
12 – 17	Nižší střední
8 - 12	Nízká
< 8	Velmi nízká

4.4 Využití indexu střevlíkovitých pro posouzení vlivů na prostředí

$$IKS = 100 - \left(\sum_{i=1}^N E + 0,5 \cdot \sum_{i=1}^n A \right), \text{ kde} \quad (\text{rov. 9})$$

IKS – index komunity střevlíkovitých,

E – součet procentuálního zastoupení počtu eurytopních exemplářů,

A – součet procentuálního zastoupení počtu adaptabilních exemplářů.

Výpočet indexu komunity střevlíkovitých je založen na rozdělení fauny střevlíkovitých podle reliktnosti na reliktní (R), adaptabilní (A) a eurytopní (E), kde počet exemplářů v komunitě je zastoupen procentuálně. Na základě vztahu mezi hodnotou indexu komunity střevlíkovitých a frekvencí druhu, se střevlíkovití dělí na antropofilní, antropoindiferentní a antropofobní. Podle stupně antropogenního ovlivnění habitů byla pomocí indexu komunity střevlíkovitých navržena tato klasifikace habitů – velmi silně ovlivněné, silně ovlivněné, málo ovlivněné a neovlivněné. Pomocí indexu komunity střevlíkovitých lze hodnotit a srovnávat antropogenní zatížení jednotlivých stanovišť, ale i větších krajinných celků (Nenadál, 1998).

5 Výsledky a diskuze

5.1 Biotop les

5.1.1 Půdní charakteristika

Lokalita: Vamberk

Reliéf: rovinný

Nadmořská výška: 225 m. n. m.

Podzemní voda: nezjištěna

Vegetace: smrk, borovice, habr

Půdní typ (Němeček a kol., 2001): **Kambizem dystrická (O-Ah-Bv-IIC)**



Obr. 17 Biotop les



Obr. 18 Určení polohy biotopu



Obr. 19 Půdní typ kambizem dystrická (O-Bv-IIC)

Kambizem dystrická představuje půdu členitějšího území s výraznou vrstevnatostí profilu. Půdní profil je tvořen hydrogenním horizontem nadložního humusu (O) pod kterým se nachází kambický horizont (Bv) bez výraznější akumulace jílu v hlavním souvrství. Pod kambickým horizontem bazální souvrství (IIC).

Kambisoly vznikly ze svahovin z přemístěných zvětralin pevných nebo zpevněných matečných hornin. Vyvinuly se v místech, kde docházelo k výraznému hnědnutí (braunifikaci) a tvorbě jílu při dostatečné biologické aktivitě půdy. Vývoj byl ovlivňován klimatickými podmínkami tak, že docházelo buď k vyluhování, nebo acidifikaci těchto půd. U vrchních horizontů profilu Ap a Bv dochází k uvolňování železa a hliníku vlivem hydratace, kyselou hydrolyzou či oxidací primárních nebo sekundárních minerálů. Bazální souvrství (IIC) je ovlivňováno fyzikálními nebo mineralogickými vlastnostmi. Fyzikální vlastnosti celého profilu jsou závislé na vrstevnatosti a zrnitosti profilu.

Kambizem dystrická je půdou kyselých silikátových podloží vrchovinných poloh. Vytváří se především na minerálně slabých substrátech ve svažitéch terénech. Charakteristickou vlastností těchto půd bývá velká skeletovitost a proměnlivost hloubky půdního profilu (Němeček a kol., 1990).

Tab. 10 Půdní vlastnosti zjištěné v horizontu Ah a Bv

	Horizont Ah	Horizont Bv
pH H ₂ O	3,38	6,68
pH KCl	2,64	3,15
Q 4/6	21,6	3,33
Obsah humusu (%)	3,39	0,83
KVK (mmol/100g)	20,5	8,25
Va (mmol/100g)	13,825	9,8

5.1.2 Zastoupení druhů Carabidae

Tribus **CARABINI**

Rod *Carabus* Linnaeus, 1758

Podrod *Autocarabus* Seidlitz, 1887

Druh *Autocarabus cancellatus cancellatus* (Illiger, 1798), Střevlík měděný, viz. obr. 20

Velikost 17 – 30 mm. Tělo je kovové, měděné až zelené. První článek tykadel a stehy červené, zbytek stejně jako přívěsky černé. Na krovkách jsou tři úzká podélná žebra, mezi nimi čtyři řady řetízků. V České republice se vyskytuje na otevřených i uzavřených biotopech

od nížin až do středních hor (Hůrka, 1996). Jedná se o druh patřící do skupiny A – adaptabilní druhy (Pulpán & Hůrka, 1993).



Obr. 20 *Autocarabus cancellatus cancellatus* (foto Ivo Antušek)

Tribus **CARABINI**

Rod ***Carabus*** Linnaeus, 1758

Podrod *Archicarabus* Seidlitz, 1887

Druh *Archicarabus nemoralis nemoralis* (O. F. Miller, 1764), Střevlík hajní, viz. obr. 21

Velikost 19 -28 mm. Tělo je bronzově hnědé se zeleným či fialovým nádechem. Spodní strana těla spolu s přívěsky černá. V České republice je hojný spíše v zastíněných biotopech, jako jsou lesy, háje či zahrady. Výskyt je od nížin až do hor (Hůrka, 1996). Jedná se o druh patřící do skupiny A – adaptabilní druhy (Pulpán & Hůrka, 1993).



Obr. 21 *Archicarabus nemoralis nemoralis* (foto Martin Říha)

Tribus **CARABINI**

Rod *Carabus* Linnaeus, 1758

Podrod *Megodontus* Solier in Baudi et Truci, 1848

Druh *Megodontus violaceus violaceus* (Linnaeus, 1758), Střevlík fialový, viz. obr. 22

Velikost 22 – 35 mm. Tělo je černomodré až modré s červenofialovými, modrými nebo zelenými okraji krovek. Krovky jsou silně nebo jemně zrnité. V České republice se jedná o hojný druh vyskytující se po celém území na otevřených stanovištích nebo v lesích (Hůrka, 1996). Jedná se o druh patřící do skupiny A – adaptabilní druhy (Pulpán & Hůrka, 1993).



Obr. 22 *Megodontus violaceus violaceus* (foto Radek Sejkora)

Tribus **CARABINI**

Rod *Carabus* Linnaeus, 1758

Podrod *Chrysocarabus* C. G. Thomson, 1875

Druh *Chrysocarabus auronitens auronitens* (Fabricius, 1792), Střevlík zlatolesklý, viz. obr. 23

Velikost 18 – 26 mm. Tělo je kovově zelené, zlatozelené nebo modrozelené. V České republice bývá hojný v podhorských a horských lesech jak listnáčů, tak jehličnanů (Hůrka, 1996). Jedná se o druh patřící do skupiny A – adaptabilní druhy (Pulpán & Hůrka, 1993).



Obr. 23 *Chrysocarabus auronitens auronitens*

Tribus **CARABINI**

Rod *Carabus* Linnaeus, 1758

Podrod *Orinocarabus* Kraatz, 1878

Druh *Orinocarabus sylvestris sylvestris* (Panzer, 1793), Střevlík lesní, viz. obr. 24

Velikost 17 – 25 mm. Tělo je barevně velmi rozmanité - zelený, měděný, mosazný, černohnědý až černý. Štít je po stranách skoro nevykrojený, krovky oválné. Nohy jsou černé. V České republice je hojný především v alpínském pásmu hor (Hůrka, 1996). Jedná se o druh patřící do skupiny A – adaptabilní druhy (Pulpán & Hůrka, 1993).



Obr. 24 *Orinocarabus sylvestris sylvestris* (foto Kamil Posolda)

Tribus **CARABINI**

Rod *Carabus* Linnaeus, 1758

Podrod *Oreocarabus* Géhin, 1876

Druh *Oreocarabus hortensis* (Linnaeus, 1758), Střevlík zahradní, viz. obr. 25

Velikost 22 – 30 mm. Krovky jsou bronzově hnědé, rýhované s třemi řadami širokých nebo zelených jamek. Spodní strana je černá. Jedná se o lesní druh, který je v České republice obecný v listnatých i jehličnatých lesích od nížin až do hor (Hůrka, 1996). Jedná se o druh patřící do skupiny A – adaptabilní druhy (Pulpán & Hůrka, 1993).



Obr. 25 *Oreocarabus hortensis* (foto Ondřej Zicha)

Tribus **CARABINI**

Rod ***Carabus*** Linnaeus, 1758

Podrod *Oreocarabus* Géhin, 1876

Druh *Oreocarabus glabratus glabratus* (Paykull, 1790), viz. obr. 26

Velikost 22 – 34 mm. Tělo je zespodu černé, stejně jako všechny přívěsky. Krovky tmavě modré až černé, jemně zrnité. Krovky jsou lesklé a silně klenuté, až skoro hladké. V České republice je hojný především v lesích pahorkatin a hor (Hůrka, 1996). Jedná se o druh patřící do skupiny A – adaptabilní druhy (Pulpán & Hůrka, 1993).



Obr. 26 *Oreocarabus glabratus glabratus* (foto Zdeněk Hromádka)

Tribus **CICINDELINI**

Rod ***Cicindela*** Linnaeus, 1758

Podrod *Cicindela* Linnaeus, 1758

Druh *Cicindela campestris campestris* (Linnaeus, 1758), Svižník polní, viz. obr. 27

Velikost 10,5 – 14,5 mm. Tělo je zářivě zelené, někdy se může barvit do modra s bílými nebo měděnými skvrnami. Kresba na krovkách je redukována, nachází se na nich pouze pár skvrn. Jedná se o druh v České republice hojně rozšířený, zejména na otevřených stanovištích, od nížin až do hor (Hůrka, 1996). Jedná se o druh patřící do skupiny A – adaptabilní druhy (Pulpán & Hůrka, 1993).



Obr. 27 *Cicindela campestris campestris* (foto Olaf Leillinger)

Tribus **CICINDELINI**

Rod *Cicindela* Linnaeus, 1758

Podrod *Cicindela* Linnaeus, 1758

Druh *Cicindela sylvicola* (Dejean in Latreille et Dejean, 1822), Svižník lesní, viz. obr. 28

Velikost 12 – 17 mm. Tělo je měděně zelené s širokým čelem. Na prvním článku tykadel je mnoho set. V České republice se nachází na celém území, především ve slunných lesích (Hůrka, 1996). Jedná se o druh patřící do skupiny A – adaptabilní druhy (Pulpán & Hůrka, 1993).



Obr. 28 *Cicindela sylvicola* (foto Ivo Krejčíř)

Tribus **NOTIOPHILINI**

Rod *Notiophilus* Duméril

Podrod *Notiophilus* Duméril, 1806

Druh *Notiophilus aquaticus* (Linnaeus, 1758), viz. obr. 29

Velikost 5 mm. Tělo je hnědoměděné s černými přívěsky a červenohnědými tykadly. Krovky jsou modré nebo černé. V České republice je hojný od nížin a ž do hor na polosuchých až vlhkých stanovištích jako jsou lesy či vřesoviště (Hůrka, 1996). Jedná se o druh patřící do skupiny A – adaptabilní druhy (Pulpán & Hůrka, 1993).



Obr. 29 *Notiophilus aquaticus* (foto Roy Anderson)

Tribus **NOTIOPHILINI**

Rod *Notiophilus* Duméril

Podrod *Notiophilus* Duméril, 1806

Druh *Notiophilus biguttatus* (Fabricius, 1799), viz. obr. 30

Velikos 4,0 – 5,8 mm. Tělo je měděně červené, konce krovek mají žlutou skvrnu, přívěsky jsou černohnědé a tykadla, makadla a holeně červenožluté. Krovky jsou černé nebo modré a nenachází se na nich žlutá skvrna. V České republice obecný (Hůrka, 1996). Jedná se o druh patřící do skupiny A – adaptabilní druhy (Pulpán & Hůrka, 1993).



Obr. 30 *Notiophilus biguttatus* (foto Roy Anderson)

Tribus **PTEROSTICHINI**

Rod *Abax* Bonelli, 1810

Podrod *Abax* Bonelli, 1810

Druh *Abax parallelepipedus* (Piller et Mitterpacher, 1783), viz. obr. 31

Velikost 15,8 – 20,8 mm. Tělo je černé, velké a robustní. Samice je matná, samec lesklý. V České republice se jedná o hojný lesní druh, vyskytující se od nížin až do hor (Hůrka, 1996). Jedná se o druh patřící do skupiny A – adaptabilní druhy (Pulpán & Hůrka, 1993).



Obr. 31 *Abax parallelepipedus* (foto Roy Anderson)

Tribus **PTEROSTICHINI**

Rod *Pterostichus* Bonelli, 1810

Podrod *Cheporus* Latreille, 1825

Druh *Pterostichus burmeisteri* (Heer, 1841), viz. obr. 32

Velikost 11,1 – 15,0 mm. Tělo je černé, seshora lesklé, měděně červené. Holeně a makadla jsou červenohnědé. Svrchu může být modrý, fialový, zelený či černý, časté jsou i přechody mezi jednotlivými barvami. V České republice se hojně vyskytuje v lesích od nížin až do hor, nejčastěji však v pahorkatinách (Hůrka, 1996). Jedná se o druh patřící do skupiny A – adaptabilní druhy (Pulpán & Hůrka, 1993).



Obr. 32 *Pterostichus burmeisteri* (foto Josef Hlásek)

Tribus **PTEROSTICHINI**

Rod ***Pterostichus*** Bonelli, 1810

Podrod *P t e r o s t i c h u s* Bonelli, 1810

Druh *Pterostichus melanarius* (Illiger, 1798), viz. obr. 33

Velikost 12 – 19 mm. Tělo je černé, stejně tak i všechny přívěšky. V České republice se vyskytuje na otevřených stanovištích bez zastínění, jako jsou pole, louky či prosvětlená místa lesů. Najdeme ho i v městských oblastech a na skládkách hor (Hůrka, 1996). Jedná se o druh patřící do skupiny A – adaptabilní druhy (Pulpán & Hůrka, 1993).



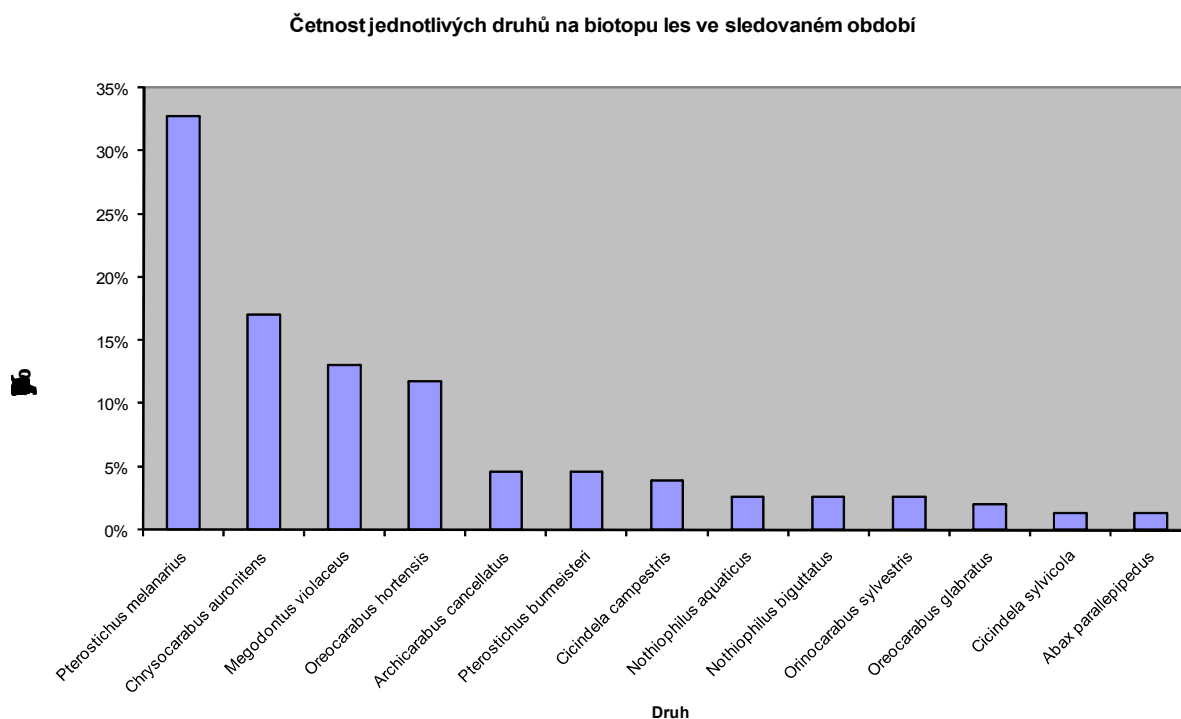
Obr. 33 *Pterostichus melanarius* (foto David A Kendall)

5.1.3 Vyhodnocení indexu komunity střevlíkovitých

Index komunity střevlíkovitých: IKS = 50 %

Na základě výpočtu je možné hodnotit biotop les jako relativně čisté, přírodní prostředí, přírodě blízké a člověkem pouze částečně ovlivněné. Je zde velká variabilita druhů střevlíkovitých, ovšem v malém počtu zastoupení.

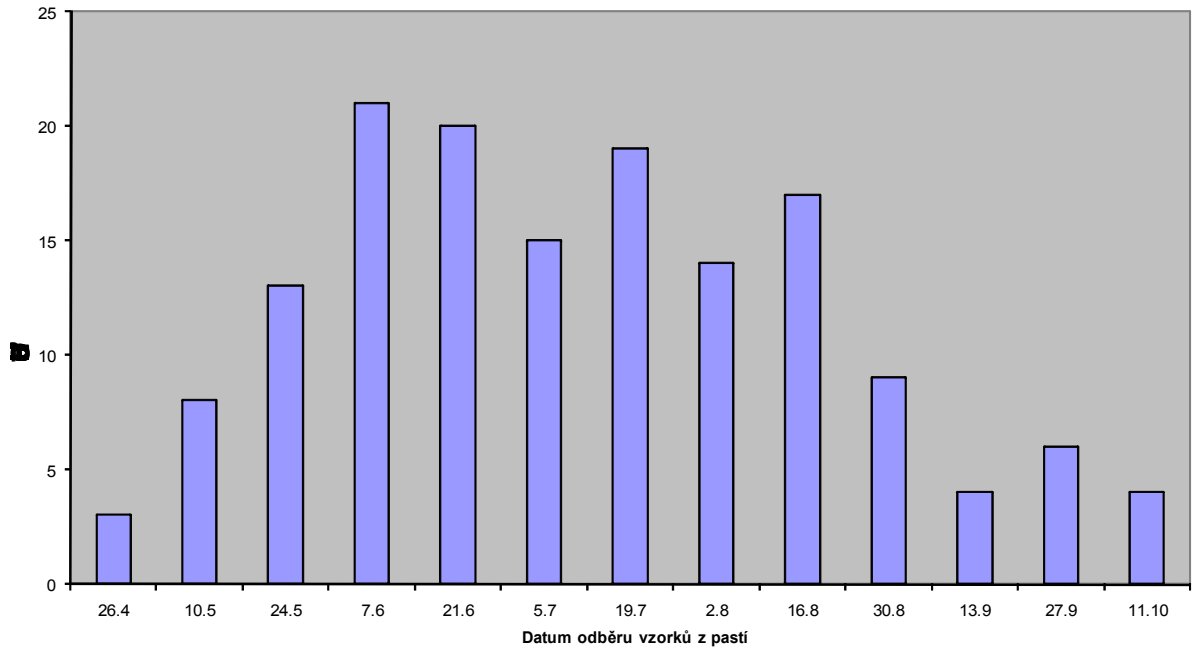
5.1.4 Grafické vyhodnocení



Graf 1 Četnost jednotlivých druhů na daném biotopu

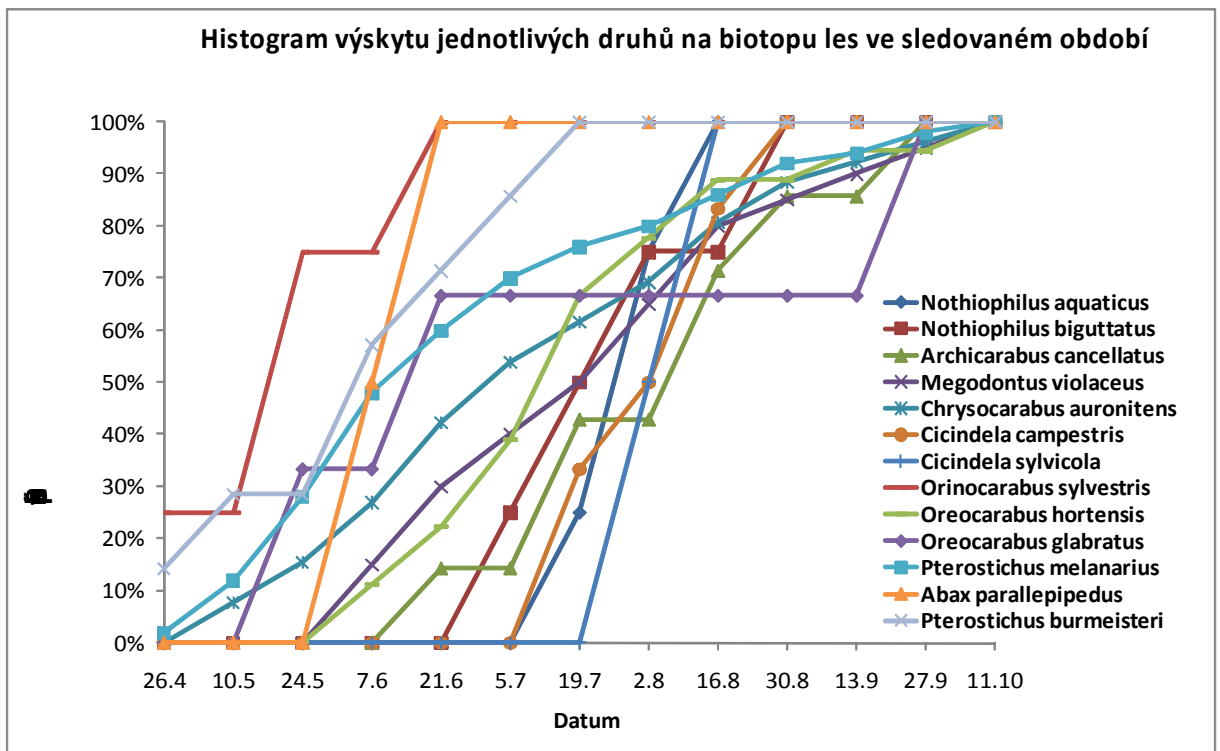
Graf 1 procenticky znázorňuje jednotlivé druhy vyskytující se na biotopu les. Všichni zástupci na této lokalitě patří mezi adaptabilní druhy. Z grafu je patrné, že na daném biotopu byl nejvíce zastoupen *Pterostichus melanarius*, který výrazně převažoval nad ostatními zástupci střevlíkovitých. Dalšími nejčastěji se vyskytujícími byli *Chrysocarabus auronitens*, *Megodontus violaceus* a *Oreocarabus hortensis*, kteří měli společně podobnou četnost. Ostatní druhy byly zastoupeny do 5 %.

Počty carabidae v zemních pastech na lesním biotopu v jednotlivých obdobích



Graf 2 Počty Carabidae v zemních pastech za dané období

Graf 2 znázorňuje počet jedinců odchycených v celém transektu deseti zemních pastí za čtrnáctidenní interval. Graf má zhruba normální rozdělení Gaussovy křivky. Jelikož u střevlíkovitých převažují druhy s jednou generací, je možno tvar grafu vysvětlit jarním nárůstem jejich výskytu, nejčetnějším zastopením v době léta a postupným odumíráním na podzim.



Graf 3 Výskyt jednotlivých druhů na daném biotopu ve sledovaném období

Graf 3 nám znázorňuje časový výskyt jednotlivých druhů na daném biotopu tak, jak byl zaznamenán jejich odchytem. Jak je patrné, že některé druhy se vyskytují po celou sledovanou dobu a jejich nárůst četnosti je plynulý, např. *Pterostichus melanarius*, zatímco u jiných zástupců odchyty ukazují na daném biotopu výskyt jen v části sezóny, jako např. u druhu *Nothiophilus aguaticus*. Tato data však pro lokalitu les mají nižší spolehlivost, z důvodu nižšího počtu odchytených druhů.

5.2 Biotop louka

5.2.1 Půdní charakteristika

Lokalita: Vamberk

Reliéf: mírně svažitý

Nadmořská výška: 465 m. n. m.

Podzemní voda: nezjištěna

Vegetace: trvalý travní porost

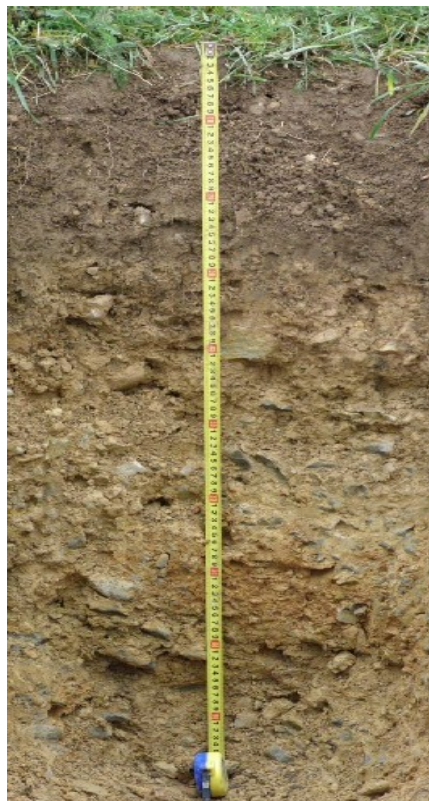
Půdní typ (Němeček a kol., 2001): **Kambizem modální (Ap-Bv-IIC)**



Obr. 34 Biotop louka



Obr. 35 Lokalizace biotopu louka



Obr. 36 Půdní typ kambizem modální

Kambizem modální představuje půdu členitějšího území s výraznou vrstevnatostí profilu. Půdní profil je tvořen horizontem akumulace humusu (Ap) pod kterým se nachází kambický horizont (Bv) bez výraznější akumulace jílu v hlavním souvrství. Pod kambickým horizontem bazální souvrství (IIC).

Kambisololy vznikly ze svahovin z přemístěných zvětralin pevných nebo zpevněných matečných hornin. Vyvinuly se v místech, kde docházelo k výraznému hnědnutí (braunifikaci) a tvorbě jílu při dostatečné biologické aktivitě půdy. Vývoj byl ovlivňován klimatickými podmínkami tak, že docházelo buď k vyluhování, nebo acidifikaci těchto půd. U vrchních horizontů profilu Ap a Bv dochází k uvolňování železa a hliníku vlivem hydratace, kyselou hydrolyzou či oxidací primárních nebo sekundárních minerálů. Bazální souvrství (IIC) je ovlivňováno fyzikálními nebo mineralogickými vlastnostmi. Fyzikální vlastnosti celého profilu jsou závislé na vrstevnatosti a zrnitosti profilu.

Kambizemě modální představují půdy s širokou ekologickou amplitudou. Limitujícími faktory jejich zemědělského využití jsou svažitost, skeletovitost, klimatické podmínky a hloubka profilu. Následkem kombinace několika limitních faktorů se stává, že kambizemě jsou půdy rozšířené především ve svažitých a horských územích a využívány hlavně jako lesní fond, kde představuje stanoviště dobré až střední kvality ve všech vegetačních pásmech (Němeček a kol., 1990).

Tab. 11 Půdní vlastnosti zjištěné v horizontu Ap, Bv a IIC

	Horizont Ap	Horizont Bv	Horizont IIC
pH H ₂ O	5,77	6,35	5,81
pH KCl	5,22	5,78	5,05
Q 4/6	5,2	26,1	16,0
Obsah humusu (%)	1,18	0,61	0,12
KVK (mmol/100g)	10,0	9,75	7,25
Va (mmol/100g)	0,5775	0,5425	0,525

5.2.2 Zastoupení druhů Carabidae

Tribus **CARABINI**

Rod *Carabus* Linnaeus, 1758

Podrod *Carabus* Linnaeus, 1758

Druh *Carabus granulatus granulatus* (Linnaeus, 1758), Střevlík zrnitý, viz. obr. 37

Velikost 16 – 23 mm. Tělo je svrchu bronzové, ze spodu černé včetně přívěsků, stehna vzácně červená. Vlhkomilný, eurytopní střevlík zastíněných i nezastíněných stanovišť. V České republice se vyskytuje od nížin až do hor (Hůrka, 1996). Jedná se o druh patřící do skupiny E – eurytopní druhy (Pulpán & Hůrka, 1993). .



Obr. 37 *Carabus granulatus granulatus* (foto Filip Trnka)

Tribus **CARABINI**

Rod *Carabus* Linnaeus, 1758

Podrod *Archicarabus* Seidlitz, 1887

Druh *Archicarabus nemoralis nemoralis* (O. F. Miller, 1764), Střevlík hajní, viz. obr. 38

Velikost 19 -28 mm. Tělo je bronzově hnědé se zeleným či fialovým nádechem. Spodní strana těla spolu s přívěsky černá. V České republice je hojný spíše v zastíněných biotopech, jako jsou lesy, háje či zahrady. Výskyt je od nížin až do hor (Hůrka, 1996). Jedná se o druh patřící do skupiny A – adaptabilní druhy (Pulpán & Hůrka, 1993)..



Obr. 38 *Archicarabus nemoralis nemoralis* (foto Martin Říha)

Tribus **CLIVININI**

Rod *Clivina* Latreille, 1802

Podrod *Clivina* Latreille, 1802

Druh *Clivina collaris* (Herbst, 1784), viz. obr. 39

Velikost 4,8 – 6,2 mm. Tělo je dvoubarevné – hlava a štít černá, krovky červenohnědé až hnědožluté. Přívěsky jsou červenožluté. Na krovkách jsou jemné rýhy s jemnými roztroušenými tečkami. V České republice je hojný na polovlhkých až vlhkých stanovištích bez zastínění od nížin až do hor (Hůrka, 1996). Jedná se o druh patřící do skupiny E – eurytopní druhy (Pulpán & Hůrka, 1993)..



Obr. 39 *Clivina collaris* (foto Christoph Benisch)

Tribus **CLIVININI**

Rod *Clivina* Latreille, 1802

Podrod *Clivina* Latreille, 1802

Druh *Clivina fossor* (Linnaeus, 1758), viz. obr. 40

Velikost 5,0 – 6,9 mm. Tělo je jednobarevné, většinou černé, někdy rezavě hnědé. Ústní ústrojí a přívěsky jsou červenožluté. Krovky jsou delší s hrubšími rýhami. V České republice obecný druh na otevřených nebo málo zastíněných vlhkých půdách luk, vyskytující se od nížin do hor (Hůrka, 1996). Jedná se o druh patřící do skupiny E – eurytopní druhy (Pulpán & Hůrka, 1993).



Obr. 40 *Clivina fossor* (foto Christoph Benisch)

Tribus **PTEROSTICHINI**

Rod *Poecilus* Bonelli, 1810

Podrod *Poecilus* Bonelli, 1810

Druh *Poecilus versicolor* (Sturm, 1824), viz. obr. 41

Velikost 8,9 – 12,0 mm. Tělo je černé, seshora nejčastěji fialové, ale může být měděné, zelené, černé, modré nebo dvoubarevné. Hlava je na temeni hladká, jemně tečkovaná. V České republice je hojný na stanovištích bez zastínění, jako jsou pole, pastviny, louky či lesní paseky. Vyskytuje se od nížin do hor, ale nejčastější bývá v pahorkatinách (Hůrka, 1996). Jedná se o druh patřící do skupiny E – eurytopní druhy (Pulpán & Hůrka, 1993).



Obr. 41 *Poecilus versicolor* (foto Josef Hlášek)

Tribus **PTEROSTICHINI**

Rod *Poecilus* Bonelli, 1810

Podrod *Poecilus* Bonelli, 1810

Druh *Poecilus cupreus cupreus* (Linnaeus, 1758), viz. obr. 42

Velikost 9,6 – 14 mm. Tělo je černé, seshora nejčastěji měděné. Je různobarevný – modrý, zelený, fialový, černý, dvoubarevný. Stehna jsou červená, první dva články tykadel červenožluté. V České republice se jedná o obecný eurytopní druh, který se vyskytuje na nezastíněných stanovištích, jako jsou pole, stepi či břehy vod od nížin až do hor (Hůrka, 1996). Jedná se o druh patřící do skupiny E – eurytopní druhy (Pulpán & Hůrka, 1993).



Obr. 42 *Poecilus cupreus cupreus* (foto Tomáš Šimek)

Na daném biotopu se dále vyskytovaly tyto druhy:

Druh *Autocarabus cancellatus cancellatus* (Illiger, 1798), Střevlík měděný

Druh *Megodontus violaceus violaceus* (Linnaeus, 1758), Střevlík fialový

Druh *Chrysocarabus auronitens auronitens* (Fabricius, 1792), Střevlík zlatolesklý

Druh *Pterostichus burmeisteri* (Heer, 1841)

Druh *Pterostichus melanarius* (Illiger, 1798)

Jejich podrobná charakteristika je již popsána v bodě 7.1.2.

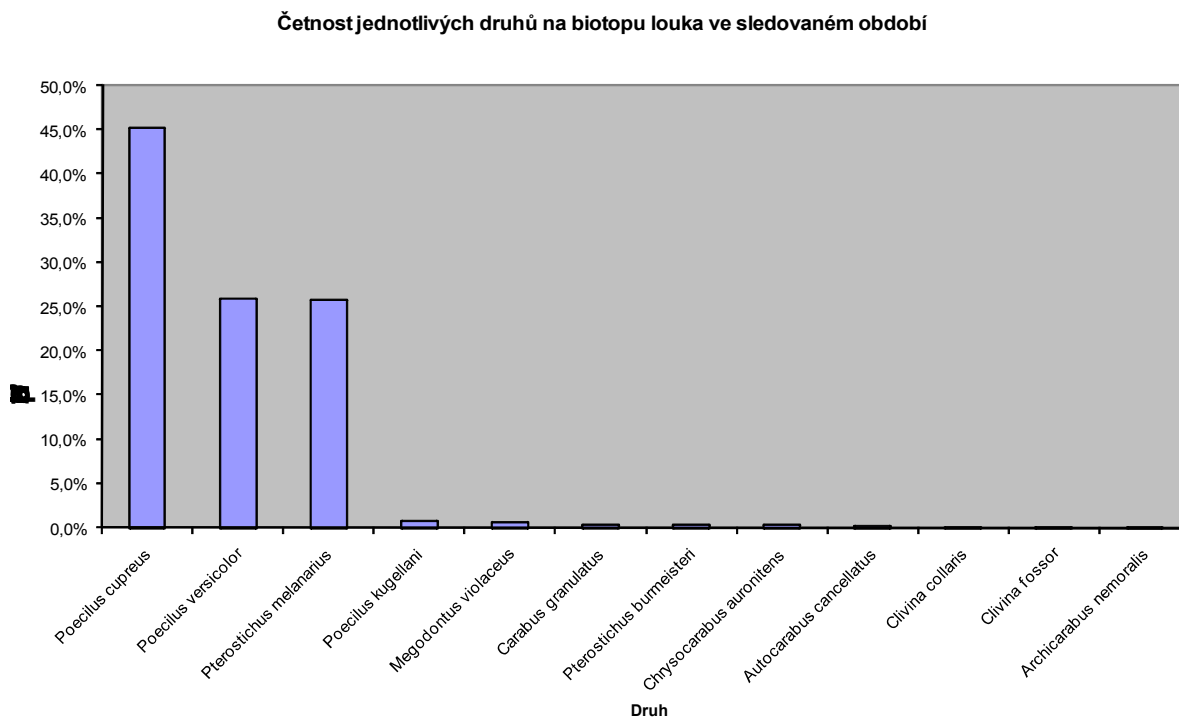
5.2.3 Vyhodnocení indexu komunity střevlíkovitých

Index komunity střevlíkovitých: IKS = 1,20 %

Na základě výpočtu je možné hodnotit biotop louku jako antropogenně zatíženou lokalitu, která nedisponuje již příliš přirozenému a přírodě blízkému prostředí. I přesto však

byla na daném biotopu značná jak variabilita druhů, tak i četnost jednotlivých zástupců střevlíkovitých.

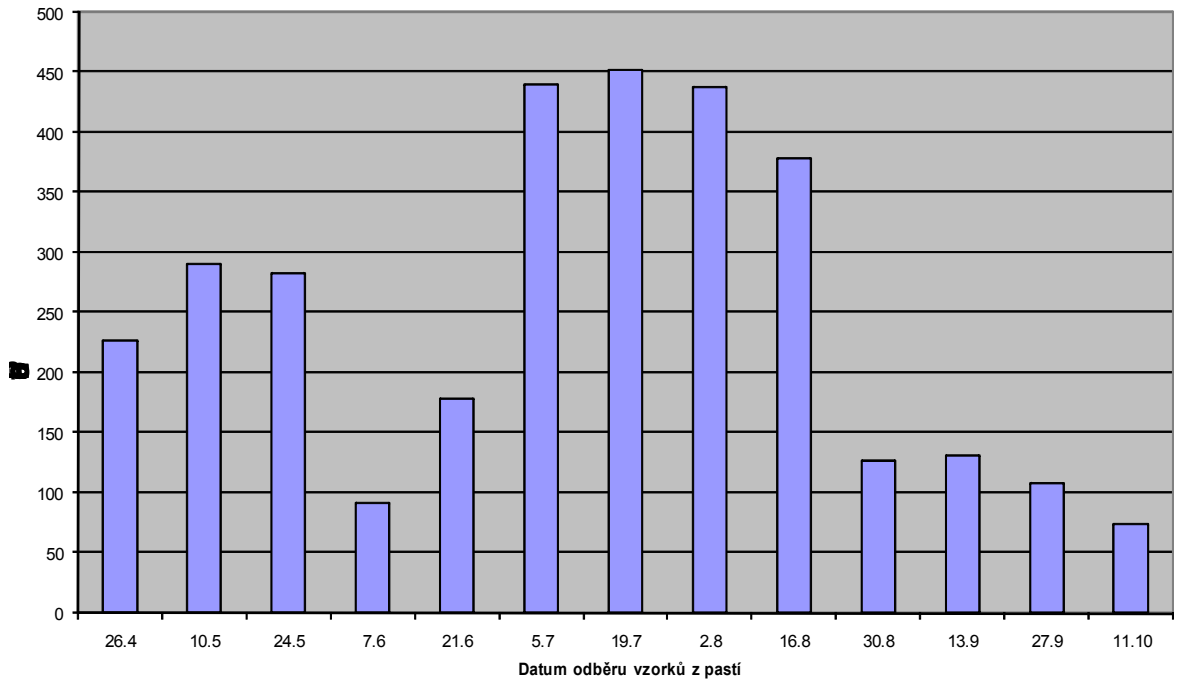
5.2.4 Grafické vyhodnocení



Graf 4 Četnost jednotlivých druhů na daném biotopu

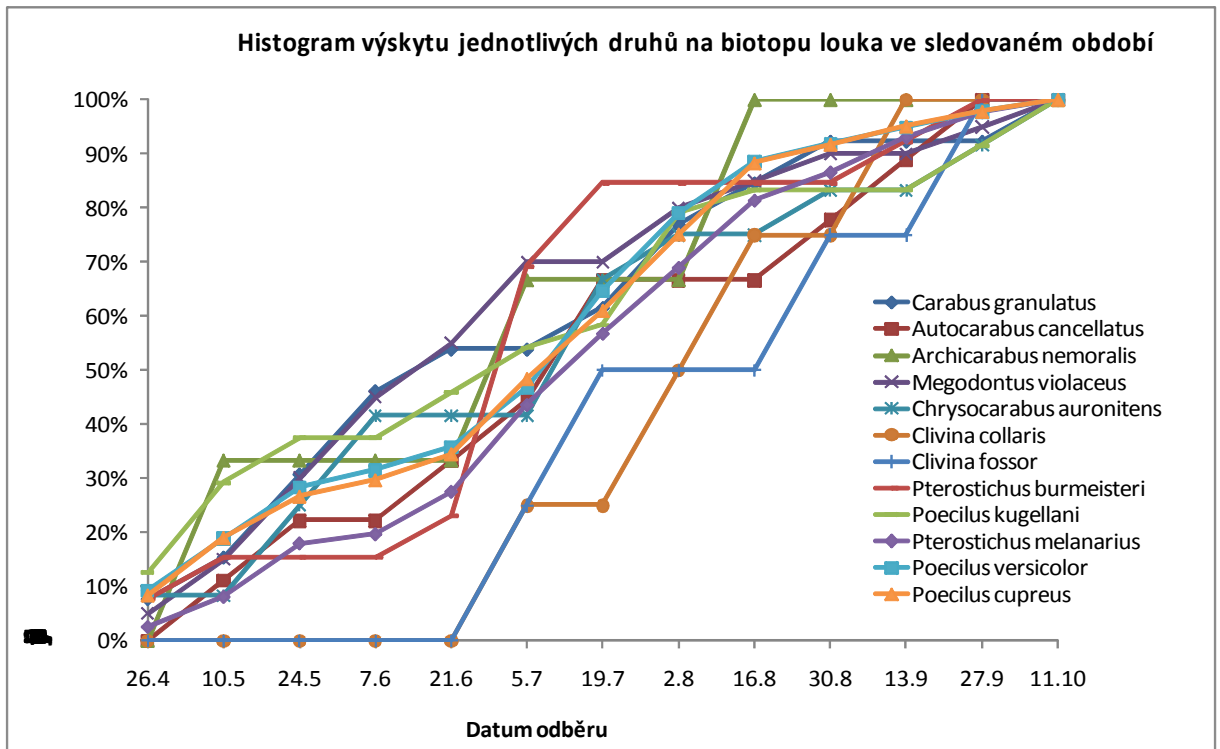
Graf 4 procenticky znázorňuje jednotlivé druhy zástupců vyskytujících se na biotopu louka. Z grafu je patrné, že na daném biotopu byl nejvíce zastoupen *Poecilus cupreus*, který výrazně převažoval nad ostatními zástupci střevlíkovitých. Dalšími nejčastěji se vyskytujícími zástupci byli *Poecilus versicolor* a *Poecilus kugellani*, kteří měli podobnou četnost. Ostatní druhy byly zastoupeny v malé míře.

Počty carabidae v zemních pastech na biotopu louka v jednotlivých obdobích



Graf 5 Počty Carabidae v zemních pastech za dané období

Graf 5 znázorňuje počet jedinců odchycených v celém transektu deseti zemních pastí za čtrnáctidenní interval. Graf má zhruba normální rozdělení Gaussovy křivky. V tomto rozdělení se ale výrazně odlišují dvě hodnoty počtu zástupců, a to 7. 6. 2009 a 30. 8. 2009. S největší pravděpodobností je to způsobeno tím, že v těchto dvou časových intervalech byla louka pocičena mechanizací. Prostředí se totiž po posečení vysuší, otevře a přestává být pro druhy typickým stanovištěm. Jak nám graf ukazuje, je toto faktor, který se významně podílí na výskytu a početnosti daných druhů na biotopu. Tvar grafu je možné vysvětlit jarním nárůstem, nejčetnějším zastopením v době léta a postupným odumíráním na podzim. Je i vidět, že na biotopu louka se zástupci druhů vyskytují na jaře o trochu dříve a ve vyšších počtech proti předchozímu biotopu lesa.



Graf 6 Výskyt jednotlivých druhů na daném biotopu ve sledovaném období

Graf 6 nám znázorňuje časový výskyt jednotlivých druhů na daném biotopu tak, jak byl zaznamenán jejich odchytem. Většina druhů se na biotopu louka vyskytovala po celou sledovanou dobu a jejich nárůst četnosti je plynulý, např. *Poecilus versicolor*, *Poecilus cupreus* či *Pterostichus melanarius*. Pouze zástupci druhů *Clivina fossor*, *Clivina collaris* a *Archicarabus nemoralis* vykazují určitou sezónnost na daném biotopu. Možné ovlivnění výsledků může být způsobeno dvojím sekáním biotopu za sledované období, a to konkrétně 5. 7. 2009 a 30. 8. 2009.

5.3 Biotop pole

5.3.1 Půdní charakteristika

Lokalita: Vamberk

Reliéf: rovinný

Nadmořská výška: 320 m. n. m.

Podzemní voda: nezjištěna

Vegetace: bez vegetace, jedná se o ornou půdu na které se ve sledovaném období pěstovalo obilí

Půdní typ (Němeček a kol., 2001): **Pseudoglej modální (Ahn-En-Bm-Cg)**



Obr. 43 Biotop pole



Obr. 44 Lokalizace biotopu pole



Obr. 45 Půdní typ pseudoglej modální

Pseudoglej představuje hydromorfní nebo semihydromorfní půdu, která se vyskytuje ve všech klimatických podmínkách a na všech typech substrátu. Jeho hydromorfismus způsobil dlouhodobý stav zaplnění všech pórů vodou při nízkém obsahu kyslíku a redukčně-oxidačním potenciálem určitého ekosystému.

Půdní profil je tvořen horizontem akumulace humusu (Ahn), pod kterým se nachází vybělený horizont (En). Níže leží redoximorfní mramorovaný horizont (Gm) se střídáním vysvětlených partií s rezivými nebo hnědými partiemi uvnitř. Tento horizont během roku příliš neprosýchá, protože jeho obsah kyslíku a redukčně-oxidačního potenciálu je nízký s malou kolísavostí amplitudy. Pod mramorovaným horizontem leží vlastní glejový půdotvorný substrát.

Limitujícími faktory jejich zemědělského využití je vysoký obsah vody, který zhoršuje mechanizaci provádět potřebné operace, nízké provzdušnění a redukčně-oxidační potenciál ovlivňující růst a vývoj rostliny, pohyblivost organických látek, režim živin a snížení přístupnosti N v důsledku jeho vázání v organických látkách. Při zemědělském využití tyto půdy vyžadují optimalizaci vodního režimu a hloubkové kypření. Proto je lepší tyto půdy využívat jako louky (Němeček a kol., 1990).

Tab. 12 Půdní vlastnosti zjištěné v horizontu Ahn, En a Bm

	Horizont Ahn	Horizont En	Horizont Bm
pH _{H2O}	6,90	6,87	7,03
pH _{KCl}	6,11	6,0	5,89
Q _{4/6}	13,47	7,12	9,7
Obsah humusu (%)	0,82	0,32	0,11
KVK (mmol/100g)	24,0	22,75	23,75
Va (mmol/100g)	0,7875	0,6125	0,3325

5.3.2 Zastoupení druhů Carabidae

Tribus **PTEROSTICHINI**

Rod *Poecilus* Bonelli, 1810

Podrod *Poecilus* Bonelli, 1810

Druh *Poecilus lepidus lepidus* (Leske, 1787), viz. obr. 46

Velikost 10,8 – 14,9 mm. Tělo je černé, seshora může být měděný, zlatý nebo zlatozelený.

Tykadla jsou celá černá. Barevně je velice variabilní. Může být modrý, fialový, černý nebo

dvoubarevný. Tělo samců je lesklé, tělo samic matné. V České republice se jedná o hojný druh na suchých stanovištích bez zastínění, jako jsou pole, stepi či lesní světliny, a to od nížin až do hor (Hůrka, 1996). Jedná se o druh patřící do skupiny A – adaptabilní druhy (Pulpán & Hůrka, 1993).



Obr. 46 *Poecilus lepidus lepidus* (foto

Tribus **PTEROSTICHINI**

Rod ***Poecilus*** Bonelli, 1810

Podrod *P o e c i l u s* Bonelli, 1810

Druh *Poecilus kugelanni* (Panzer, 1797), viz. obr. 47

Velikost 11,8 – 15 mm. Tělo je černé, krovky má zelené. Svrchu je hlava a štít měděnočerný. Je u něj velká variabilita barev. Může být seshora zelený, modrý, měděný, fialový, ale i přechody jednotlivých barev. V České republice se vyskytuje především v podhůří na suchých stanovištích bez zastínění. Obývá degradované pastviny, odlesněné plochy či okraje lesů (Hůrka, 1996). Jedná se o druh patřící do skupiny R – reliktní druhy (Pulpán & Hůrka, 1993).



Obr. 47 *Poecilus kugelanni* (foto Roger Key)

Na daném biotopu se dále vyskytovaly tyto druhy:

Druh *Cicindela campestris campestris* (Linnaeus, 1758), Svižník polní

Druh *Megodontus violaceus violaceus* (Linnaeus, 1758), Střevlík fialový

Druh *Poecilus cupreus cupreus* (Linnaeus, 1758)

Druh *Poecilus versicolor* (Sturm, 1824)

Druh *Pterostichus melanarius* (Illiger, 1798)

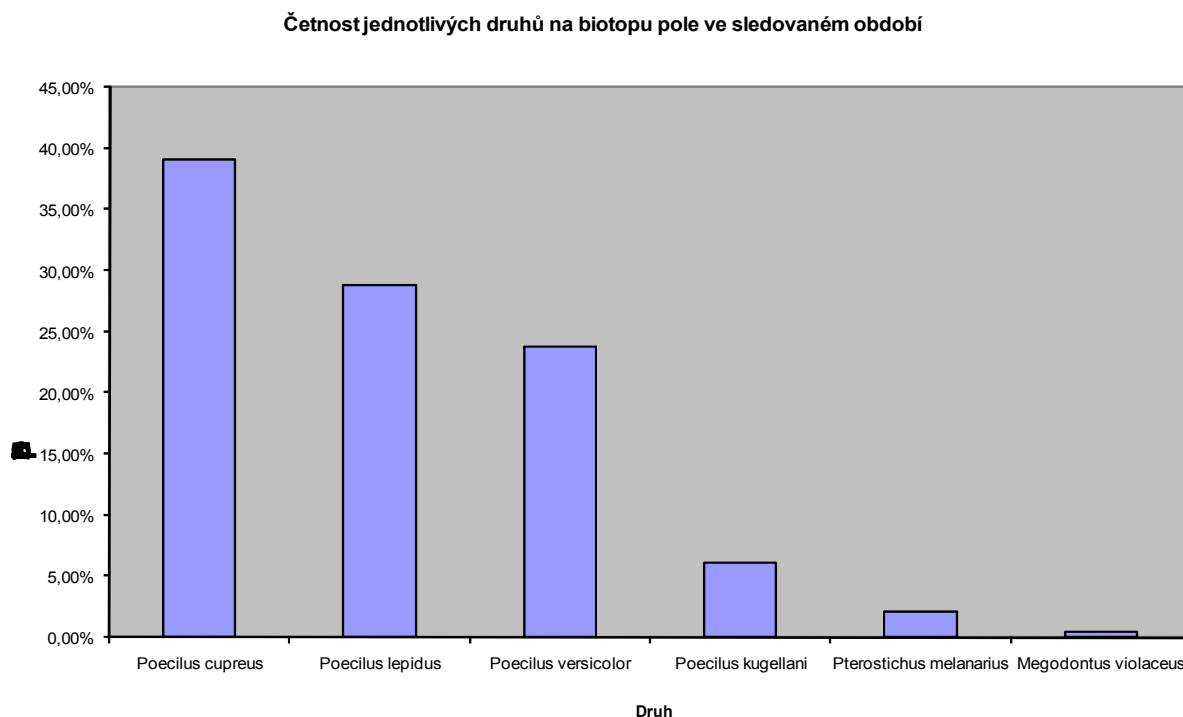
Jejich podrobná charakteristika je již popsána v bodě 7.1.2. a bodě 7.2.2.

5.3.3 Vyhodnocení indexu komunity střevlíkovitých

Index komunity střevlíkovitých: IKS = 0,31 %

Na základě výpočtu je možné hodnotit biotop pole jako silně antropogenně zatíženou lokalitu, která nedisponuje již příliš přirozenému a přírodě blízkému prostředí. Na prostředí se projevil silný vliv lidské činnosti, která vede k jeho přeměně až postupné destrukci. Na druhé straně se zde vyskytovala až neobvyklá četnost jednotlivých druhů, i když jejich variabilita byla již nízká.

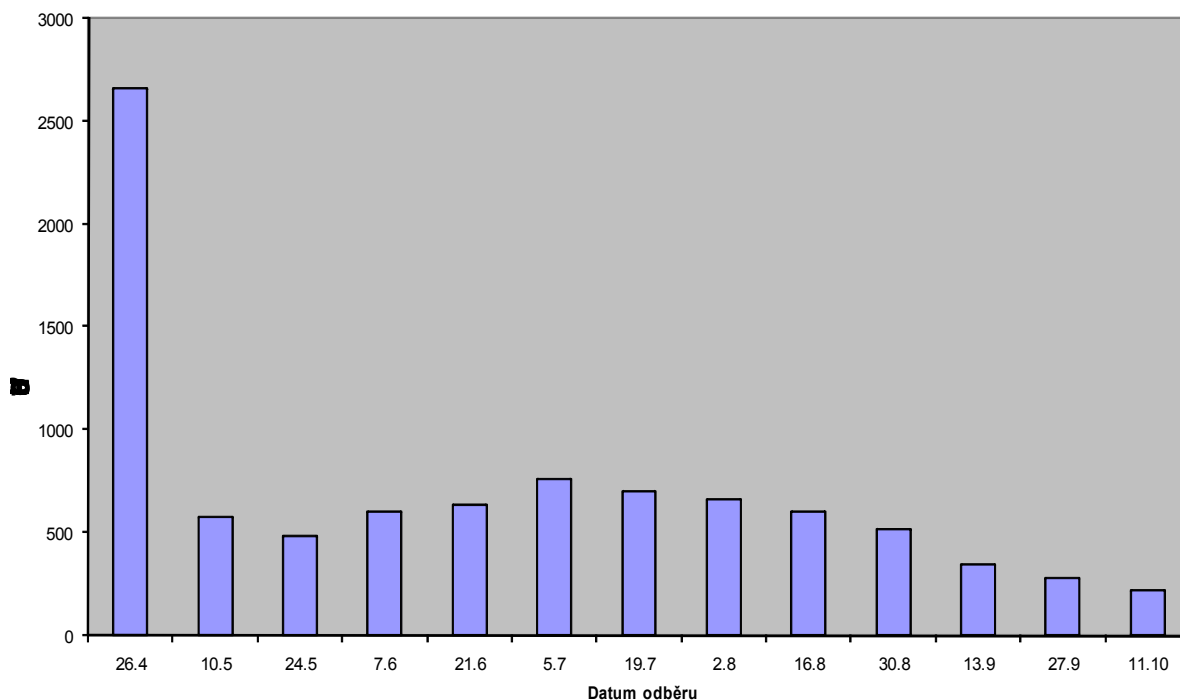
5.3.4 Grafické vyhodnocení



Graf 7 Četnost jednotlivých druhů na daném biotopu

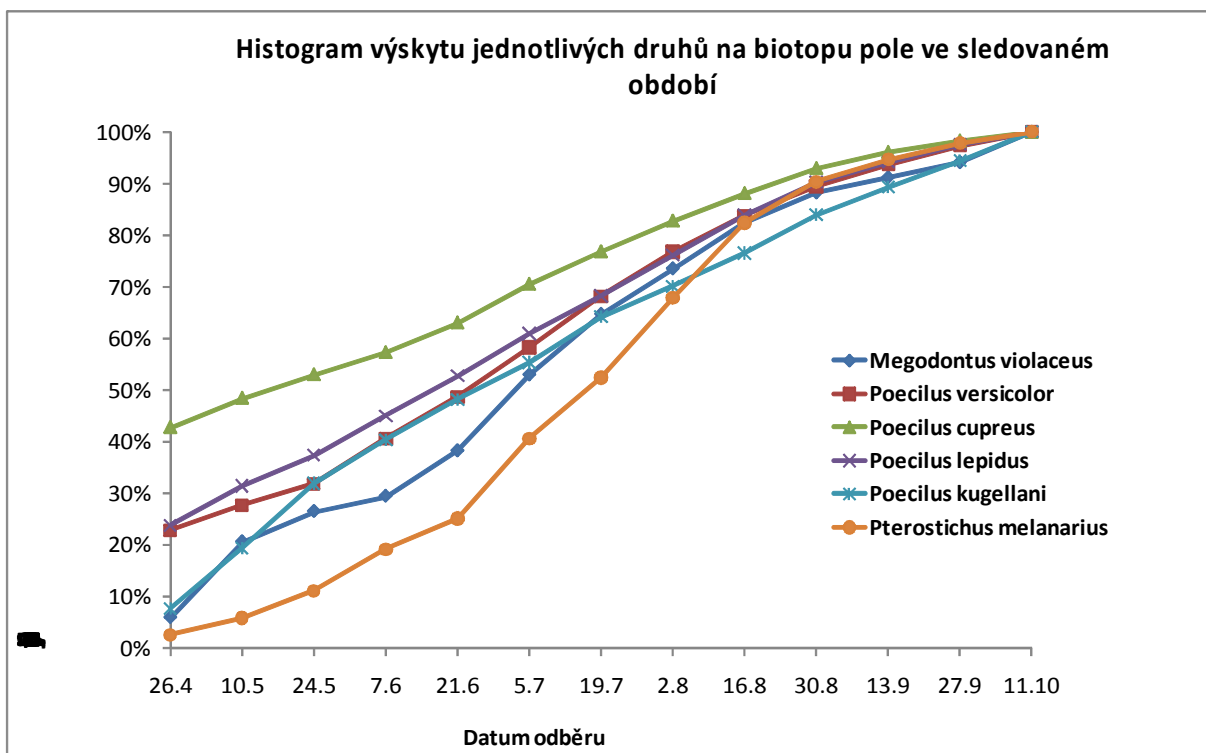
Graf 7 procenticky znázorňuje jednotlivé druhy zástupců vyskytujících se na biotopu pole. Z grafu je patrné, že na daném stanovišti byly nejvíce zastoupeni tři zástupci, a to *Poecilus cupreus*, který výrazně převyšoval, dále *Poecilus lepidus* a *Poecilus versicolor*. Sedmi procenty byl zastoupen druh *Poecilus kugellani*. Ostatní druhy byly zastoupeni v malé míře.

Počty carabidae v zemních pastech na biotopu pole v jednotlivých obdobích



Graf 8 Počty Carabidae v zemních pastech za dané období

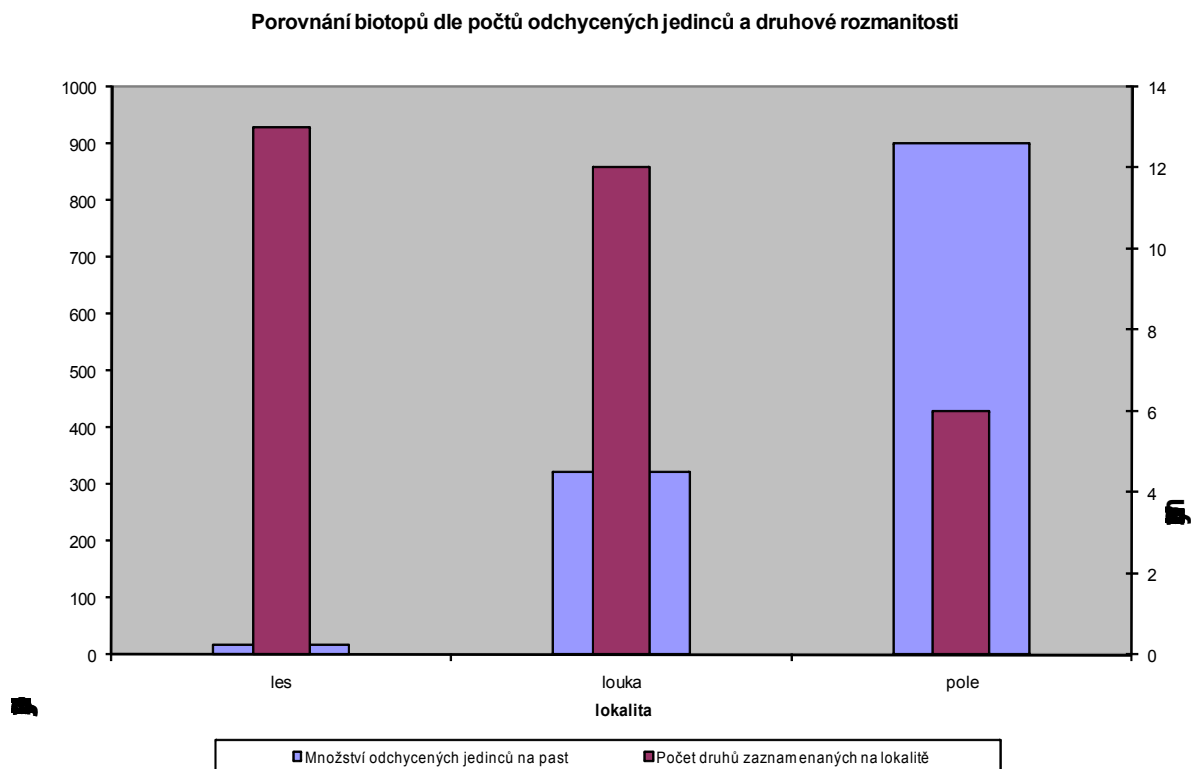
Graf 8 znázorňuje počet jedinců odchycených v celém transektu deseti zemních pastí za čtrnáctidenní interval. Graf by měl normální rozdělení Gaussovy křivky, nicméně se zde velmi výrazně odlišuje počet zástupců v odběrové době 26. 4. 2009. Tuto ojedinělost lze možná vysvětlit tím, že zemní pasti byly zakopány do středu linie populace střevlíkovitých a to zejména druhu *Poecilus cupreus*, který měl dominantní postavení v tomto výběru. Dále je už tvar grafu rozdělen normálně, kdy je pozvolný nárůst na jaře, nejčetnější zastoupení v letním období a postupným odumíráním na podzim. Je i vidět, že na biotopu pole se zástupci druhů začínají vyskytovat již v předjaří, což je dříve, než na biotopu lesa a louky.



Graf 9 Výskyt jednotlivých druhů na daném biotopu ve sledovaném období

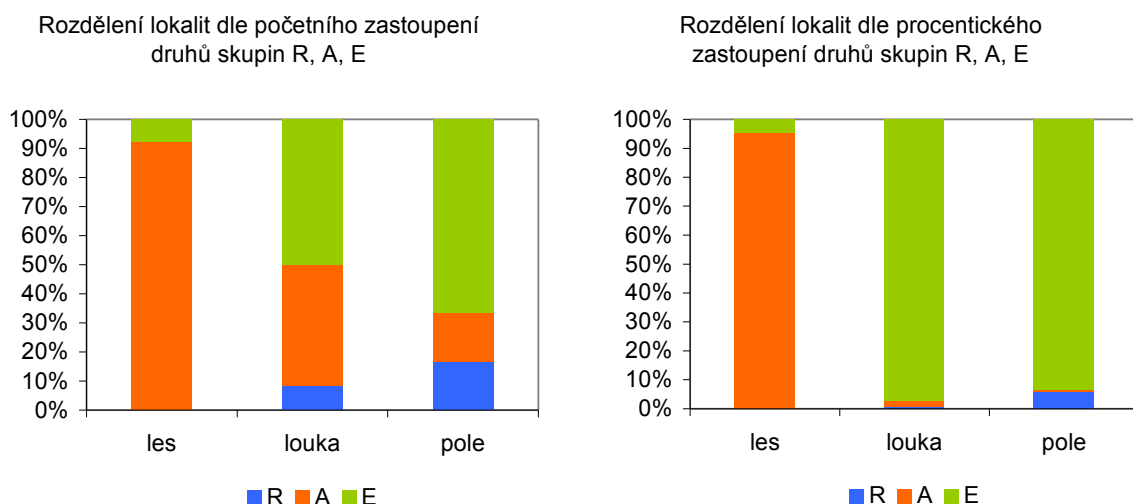
Graf 9 nám znázorňuje časový výskyt jednotlivých druhů na daném biotopu tak, jak byl zaznamenán jejich odchyt. Biotop pole je charakterizován malou variabilitou druhů, ale na druhé straně se všichni zástupci vyskytovali na daném stanovišti po celou dobu sledování. Výjimkou je pouze druh *Cicindela campestris*, který vyskytoval na stanovišti pouze v jarním a letním období. Na grafu je také vidět, že druhy *Poecilus cupreus*, *Poecilus versicolor* a *Poecilus lepidus* se objevují již v časném jaře. V době námi sledované byli zastoupeni již ve velké míře.

5.4 Celkové porovnání všech biotopů



Graf 10 Porovnání biotopů podle počtu a variability odchycených jedinců za celé sledované období

Biotop les se vyznačuje velkou druhovou rozmanitostí, kdy se na daném stanovišti vyskytovalo 13 druhů zástupců, ale také velice nízkým počtem odchycených jedinců do jedné pasti za sledované období. Biotop louka je z hlediska tohoto hodnocení nejvyrovnanější, kdy se na daném stanovišti vyskytovalo 12 druhů zástupců v počtu přibližně 300 kusů jedinců na jednu zemní past. Biotop pole nás velmi překvapil až neobvklou četností jedinců v jedné pasti za sledované období. Jeho hodnota činí přibližně 900 kusů jedinců. Za to jeho nízká druhová rozmanitost byla očekávána. Na tomto biotopu se vyskytovalo 6 druhů zástupců.



Graf 11a 12 Rozdělení lokalit podle početního a procentického zastoupení druhů skupin R, A a E

Na grafu 11 a 12 je zobrazeno rozdělení jednotlivých skupin na dané lokalitě podle druhové a početní variability. Index komunity střevlíkovitých ukazuje les jako člověkem málo ovlivněný biotop, zatímco louku a pole jako prostředí člověkem silně ovlivněné. To je v souladu se vzhledem biotopů i jejich historií. Oproti tomu index kvality stanoviště ukázal jako přirozené prostředí pole a louku. Výsledek je však způsoben výskytem reliktního druhu *Poecilus kugelanni* na těchto stanovištích. Tento druh byl však v roce 2009 na člověkem značně pozměněných biotopech dosti rozšířen, což je v protikladu k jeho popisovanému reliktnímu výskytu. Díky tomu je použití indexu kvality stanoviště pro hodnocení námi naměřených dat nevhodné a nebude dále používáno.

5.4.1 Pedologie a Carabidae

Cílem této kapitoly je vzájemné porovnání získaných pedologických a biologických dat. Pro půdní vzorky byl určen jednotný kvalitativní parametr jako aritmetický průměr každého sledovaného parametru ze všech půdních horizontů do hloubky 60 cm. Průměrné pH bylo vypočteno jako záporný dekadický logaritmus aritmetického průměru koncentrace H^+ iontů. Výsledek je uveden tabulce 16.

Tab. 13 Vstupní kvalitativní parametry půdy

Vstupní kvalitativní parametry půdy			
biotop/parametr	les	louka	pole
pH H ₂ O	3,7	5,9	6,9
pH KCl	2,8	5,3	6,0
Q 4/6	12,5	15,8	10,1
Obsah humusu (%)	2,1	0,6	0,4
KVK (mmol/100g)	14,4	9,0	23,5
Va (mmol/100g)	11,8	0,5	0,6

Byly hledány vztahy mezi těmito kvalitativními parametry a počtem druhů na dané lokalitě, počtem jedinců R, A a E na dané lokalitě a indexem komunity střevlíků. Parametry jsou uvedeny v tabulce 17.

Tab. 14 Vztahy mezi biologickými kvalitativními parametry a počtem druhů, počtem jedinců R, A a E a IKS.

Posuzované biologické parametry			
lokality/biologický parametr	les	louka	pole
počet odchycených jedinců v 1 pasti	15,3	321,3	900,7
počet jedinců skupin R a A	95%	3%	6%
počet jedinců skupiny E	5%	97%	94%
počet druhů	13	12	6
index komunity střevlíkovitých	48%	1%	0%

Bohužel časový horizont této práce, nedostatek pracovních sil a velká náročnost vyhodnocení neumožnily zpracování více než tří lokalit, což je na dolní hranici statistických analýz a značně zvyšuje riziko falešně pozitivních i negativních výsledků.

5.4.2 Lineární regresní analýza

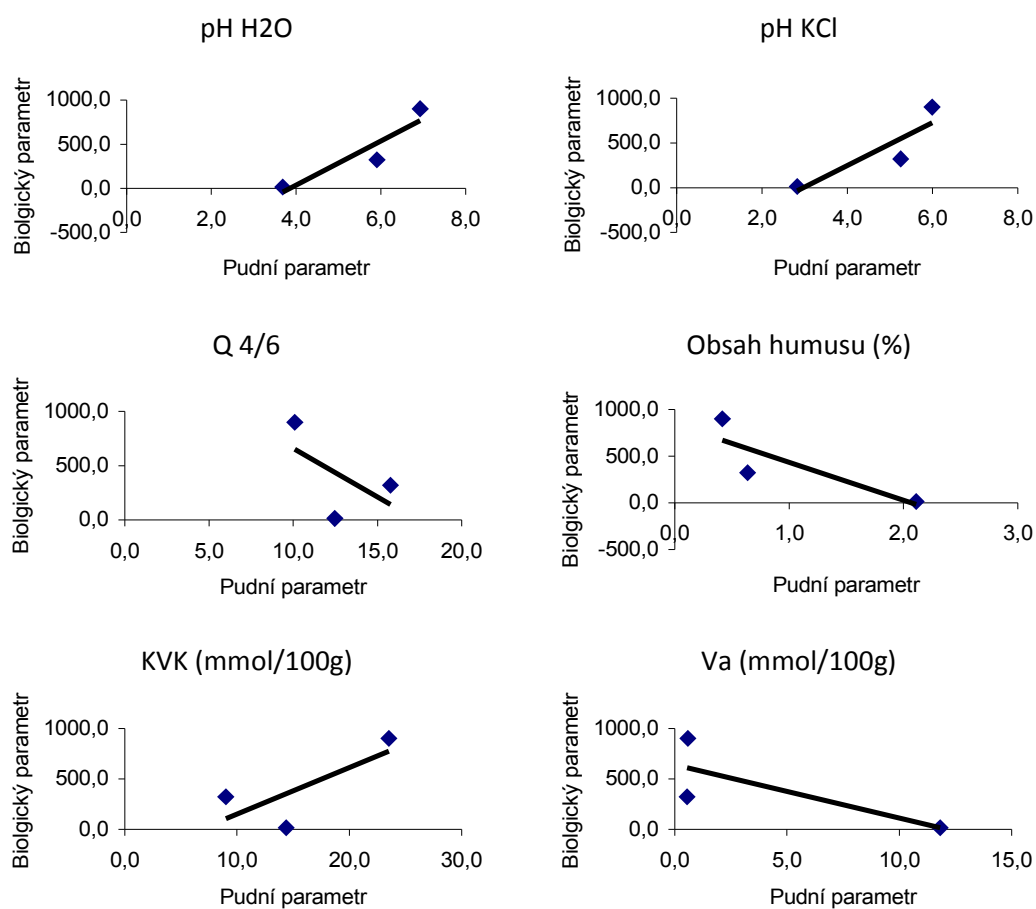
V této části byl řešen pouze lineární vztah mezi jedním půdním parametrem a zkoumaným biologickým parametrem. Pokud bychom měli větší počet vstupních dat, bylo by možné testovat případně i jiné modely a tím nalézt nebo upřesnit vzájemné vztahy, které jsou v této práci popisovány. Výhodné by také mohlo být určení vzájemné interakce jednotlivých parametrů.

Výsledky jsou zobrazeny jak graficky, tak ve formě tabulky, kde jsou uvedeny koeficienty lineární závislosti a, b, koeficient determinace R^2 na P, který ukazuje na základě F kritéria pravděpodobnost, zda regrese mezi body je jen náhodná. Pokud je hodnota tohoto parametru 25 %, pak je tedy 25 % šance, že mezi posuzovanými daty závislost ve skutečnosti

neexistuje. Kvalita vzájemné korelace byla posuzována podle hodnoty parametru R^2 a dále podle určené pravděpodobnosti. Vzhledem k omezenému počtu dat byla jako hraniční určena 25 % pravděpodobnost.

5.4.3 Počet odchycených jedinců na jednu past

Graf 13 až 18 a tab. 15 Vztah mezi půdními znaky a počtem odchycených jedinců na jednu past na dané lokalitě

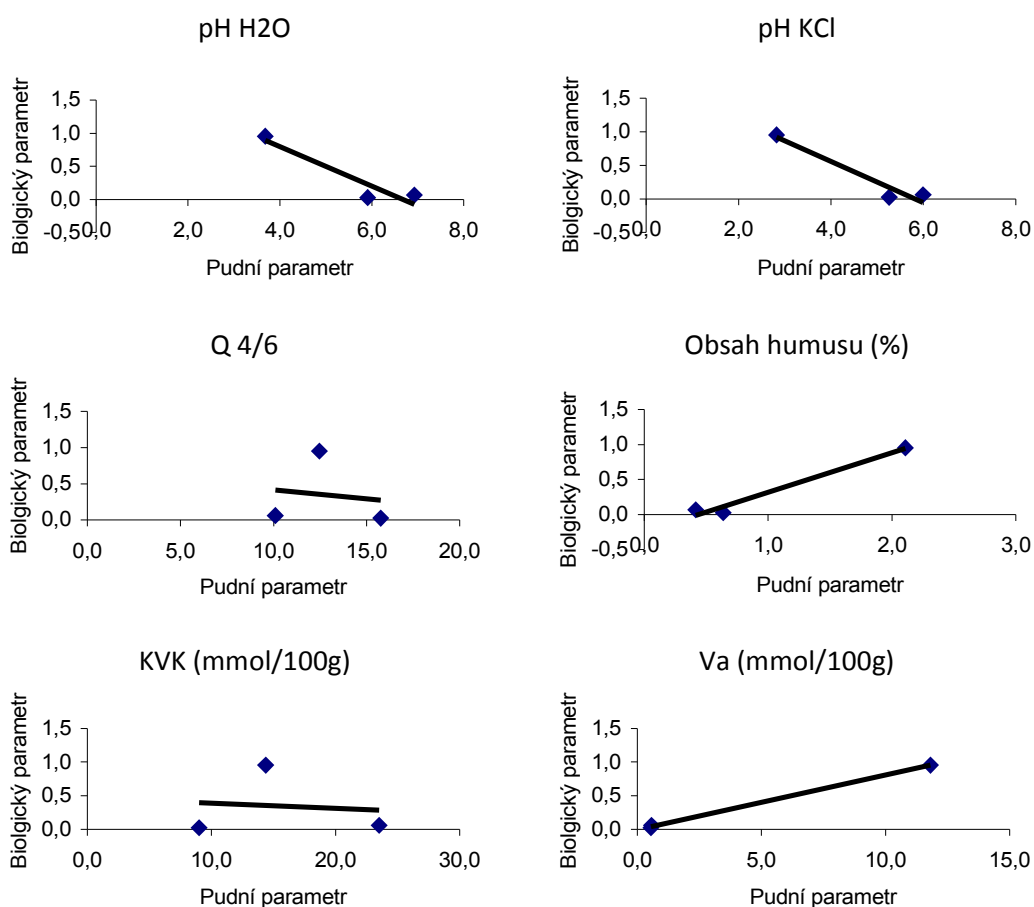


Parametry korelací				
znak půdy	a	b	R^2	P
pH H2O	250,6	-967,4	0,86	25%
pH KCl	241,0	-718,1	0,79	30%
Q 4/6	-89,8	1560,3	0,32	61%
Obsah humusu (%)	-408,5	843,1	0,70	37%
KVK (mmol/100g)	46,0	-306,6	0,56	42%
Va (mmol/100g)	-52,9	640,4	0,58	45%

Ze získaných dat se zdá, že nízké pH půdy určené z vodního výluhu nejvíce ovlivňuje počet jedinců na dané lokalitě. Ovlivnění je pozitivní, to znamená, že čím vyšší je pH, tím vyšší je i počet jedinců odchycených na lokalitě.

5.4.4 Procentuální zastoupení jedinců náležejících do skupin R a A

Graf 19 až 24 a tab. 16 Vztah mezi půdními znaky a počtem jedinců skupiny R a A na dané lokalitě

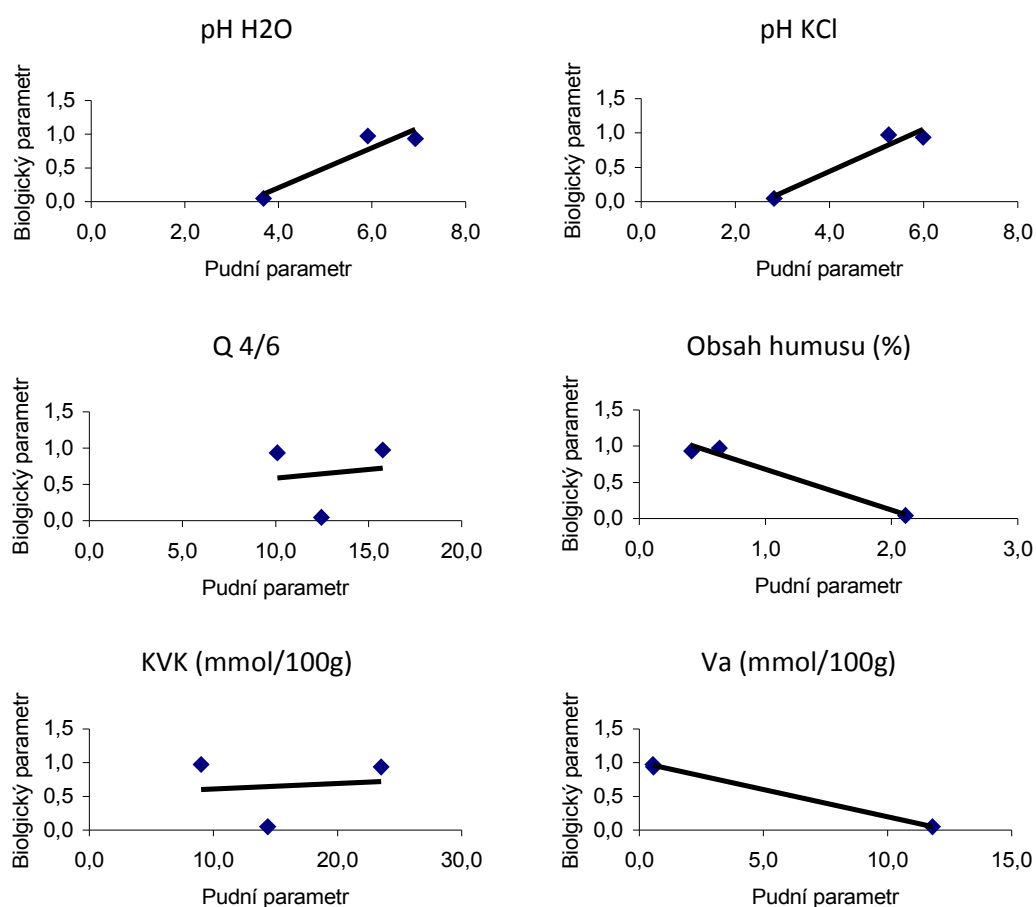


Parametry korelací				
znak půdy	a	b	R ²	P
pH H2O	-0,30	1,99	0,88	22%
pH KCl	-0,31	1,79	0,93	17%
Q 4/6	-0,02	0,66	0,02	92%
Obsah humusu (%)	0,56	-0,25	0,98	10%
KVK (mmol/100g)	-0,01	0,47	0,01	42%
Va (mmol/100g)	0,08	0,00	1,00	2%

Toto vyhodnocení se ukázalo jako poměrně zajímavé. Je totiž možné s poměrně vysokou korelací a pravděpodobností říci, že parametry, které významně pozitivně ovlivňují

procentuální zastoupení druhů R a A na lokalitě jsou výměnná acidita a obsah humusu. Na druhé straně se ukázalo jako významně negativně ovlivňující parametry aktivní a výměnné pH. Ovlivnění u E druhů je přesně opačné než u R a A druhů. Vzhledem k vzájemnému vztahu těchto biologických ukazatelů to bylo možné očekávat. Tyto vztahy jsou znázorněny na grafech 25 až 30 a v tabulce 17.

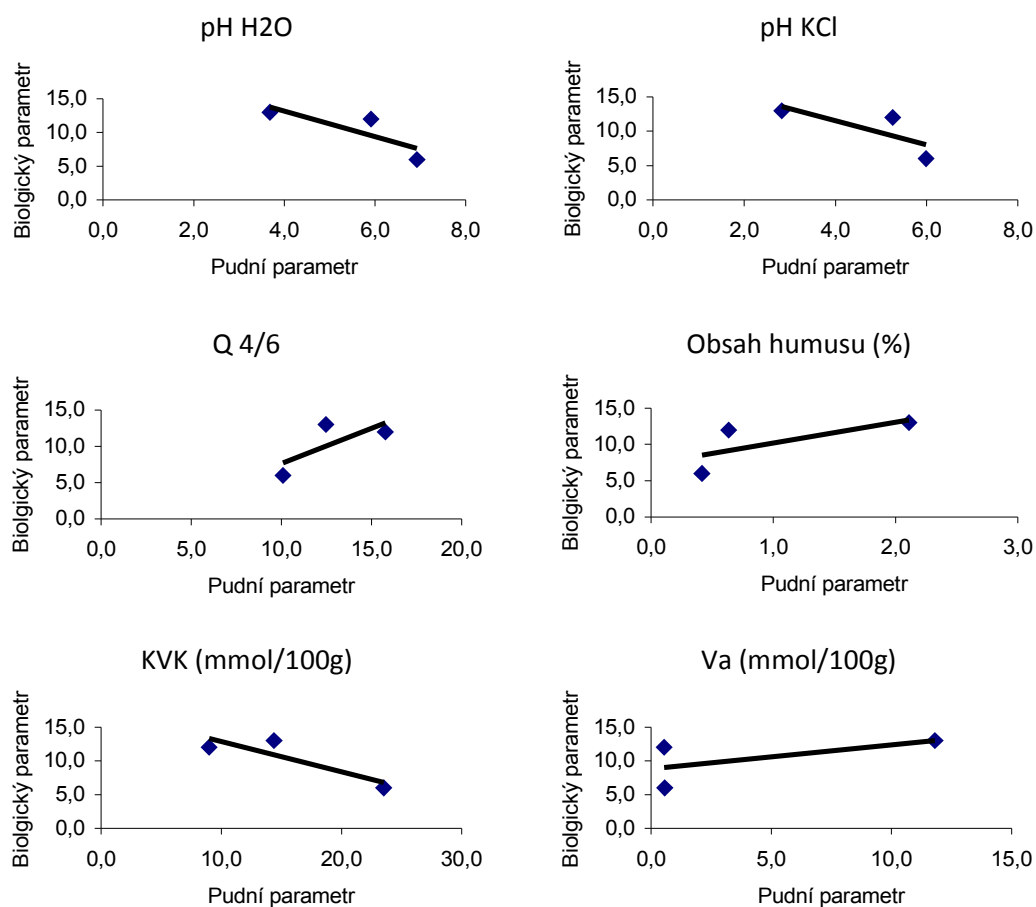
Graf 25 až 30 a tab. 17 Vztah mezi půdními znaky a počtem jedinců skupiny E na dané lokalitě



Parametry korelací				
znak půdy	a	b	R ²	P
pH H ₂ O	0,30	-0,99	0,88	22%
pH KCl	0,31	-0,79	0,93	17%
Q 4/6	0,02	0,34	0,02	92%
Obsah humusu (%)	-0,56	1,25	0,98	10%
KVK (mmol/100g)	0,01	0,53	0,01	42%
Va (mmol/100g)	-0,08	1,00	1,00	2%

5.4.5 Počet druhů na dané lokalitě

Graf 31 až 36 a tab. 18 Vztah mezi půdními znaky a počty druhů na dané lokalitě

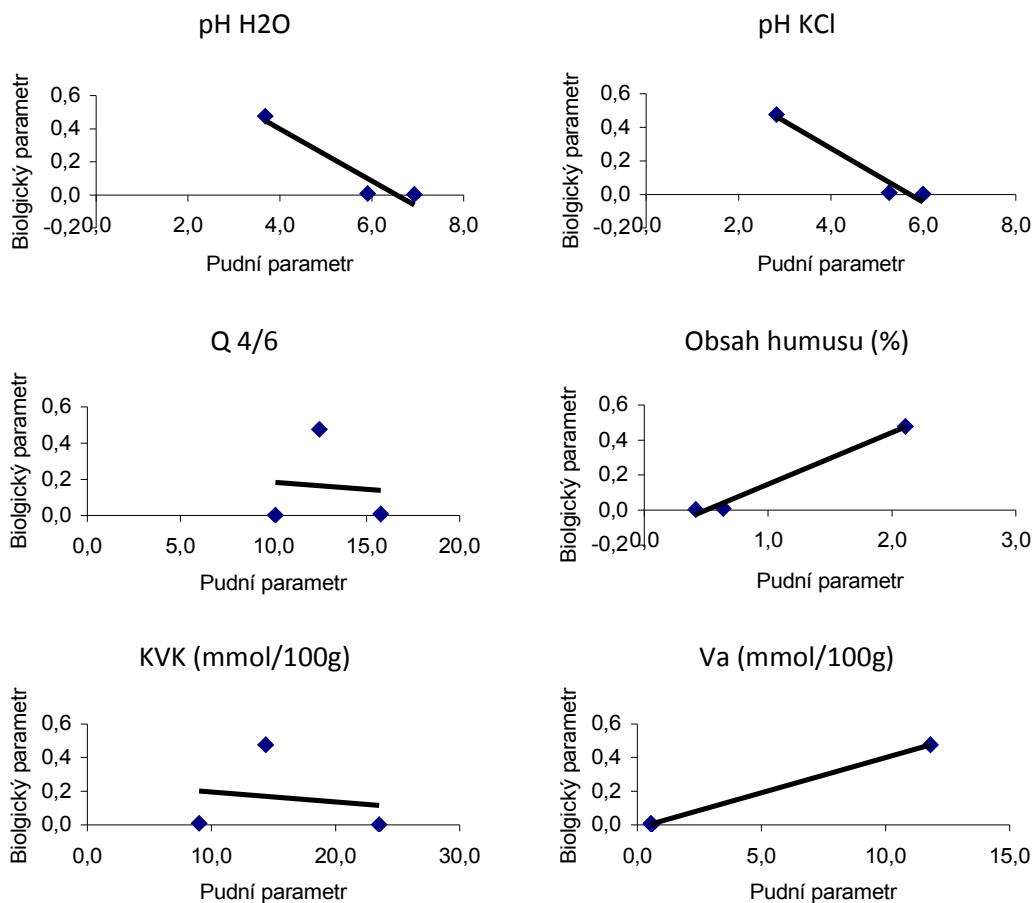


Parametry korelací				
znak půdy	a	b	R ²	P
pH H2O	-1,88	20,67	0,68	38%
pH KCl	-1,76	18,59	0,59	44%
Q 4/6	0,97	-2,09	0,53	48%
Obsah humusu (%)	2,88	7,30	0,49	51%
KVK (mmol/100g)	-0,45	17,38	0,76	42%
Va (mmol/100g)	0,35	8,80	0,37	58%

U tohoto hodnocení nebyl prokázán žádný významný vztah mezi počtem druhů na daném biotopu a mezi jednotlivými půdními znaky.

5.4.6 Index komunity střevlíkovitých

Graf 37 až 42 a tab. 19 Vztah mezi půdními znaky a indexem komunity střevlíkovitých na dané lokalitě



Parametry korelací				
znak půdy	a	b	R ²	P
pH H2O	-0,16	1,03	0,91	19%
pH KCl	-0,16	0,92	0,96	13%
Q 4/6	-0,01	0,26	0,01	95%
Obsah humusu (%)	0,29	-0,15	0,99	7%
KVK (mmol/100g)	-0,01	0,26	0,03	42%
Va (mmol/100g)	0,04	-0,02	1,00	1%

Protože výpočet indexu komunity střevlíkovitých obsahuje procentuální zastoupení A a E druhů, ukázala se tady, stejně významná korelace mezi půdními znaky jako v případě tab. 16, čili že pozitivně ovlivňujícími parametry IKS jsou výměnná acidita a obsah humusu, zatímco parametry negativně ovlivňující IKS jsou aktivní a výměnné pH.

5.4.7 Vzájemné zhodnocení určených korelací

Vyhodnocená data, která jsou přehledně zpracována v tabulce 23 ukazují, že některé půdní parametry mohou mít vliv na zástupce čeledi *Carabidae* a mohou ovlivňovat její druhovou rozmanitost a početnost populací. Například nízká hodnota pH půdy sice snižuje početnost populací, ale zároveň zvyšuje počty druhů patřících do skupiny R a A, a s tím související index komunity střevlíkovitých. Obsah humusu zvyšuje počet jedinců ze skupiny R a A a snižuje počet jedinců skupiny E. Podobný vliv má i výměnná acidita Va. Naopak koeficient kvality humusu $Q_{4/6}$ a kationová výměnná kapacita KVK neukázala na základě vstupních dat vliv. Střevlíkovití jsou pevně spjati s půdou a jejím povrchem. V půdě žijí jejich larvy, dochází v ní k jejich proměnám na dospělé ve stádiu kukly, a dospělci jako nelétaví brázdí po jejich povrchu a hledají na něm potravu. Námi získaná data naznačují, že vztah *Carabidae* a půdy je natolik blízký, že je možné jej prokázat alespoň pro některé parametry i statisticky. Tyto modely však nelze interpretovat jako platné beze zbytku a průkazné, je třeba je vnímat spíše jako podklady pro další výzkum vzájemných zákonitostí a vztahů.

Tab. 20 Půdní parametry a ovlivnění *Carabidae*

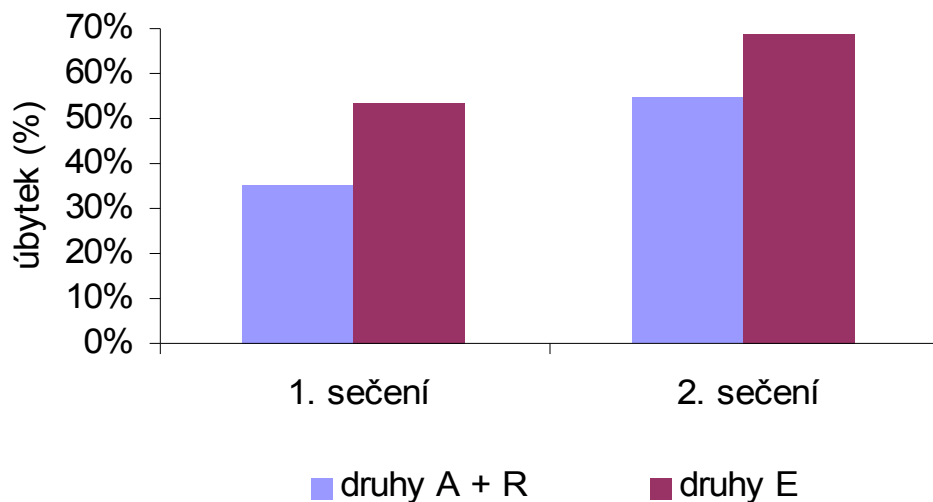
Ovlivnění <i>Carabidae</i> půdními parametry					
parametr	Počet jedinců na past	% jedinců R a A	% jedinců E	Počet druhů	IKS
pH H ₂ O	ano +	ano -	ano +	ne	ano -
pH KCl	ne	ano -	ano +	ne	ano -
Q 4/6	ne	ne	ne	ne	ne
Obsah humusu (%)	ne	ano +	ano -	ne	ano +
KVK (mmol/100g)	ne	ne	ne	ne	ne
Va (mmol/100g)	ne	ano +	ano -	ne	ano +

V tabulce 20 jsou zaznamenány parametry pro které je pravděpodobnost korelace mezi znaky *Carabidae* a půd vyšší než 75 %. Ovlivnění „ano +“ znamená, že s rostoucí hodnotou znaku půd roste i hodnota znaku *Carabidae*. Ovlivnění „ano -“ znamená, že se snižující se hodnotou znaku půd klesá i hodnota znaku *Carabidae*.

Naměřená data je možné interpretovat i v obecnější rovině. Kyselé půdy, tedy půdy s nízkou hodnotou pH, vysokou výměnnou aciditou a vysokým množstvím humusu ve svrchní vrstvě jsou typické pro prostředí, která bývají málo ovlivněná lidskou činností a jsou přírodě blízká. Na těchto lokalitách je možné obvykle zaznamenat vyšší biodiverzitu. Protože jde, ale obvykle o prostředí energeticky chudé jsou tyto lokality schopny uživit jen méně početné populace. Naproti tomu prostředí zemědělské půdy s malými obsahy humusu, uměle potlačovanou kyselostí, která se projevuje vyšším pH a nižší výměnnou aciditou a hnojením s

dodávanými živinami, ovlivňující výměnou iontovou kapacitu jsou typická pro antropogenně ovlivněná prostředí, kde monokultury umožňují přežívání nižšího počtu přizpůsobivých druhů, ale za to ve vyšších počtech. Tři nejpočetnější druhy *Carabidae*, vyskytující se na poli patří do eurytopní skupiny a tvoří přes 90 % všech odchycených jedinců. Nízká biodiverzita většinou způsobuje nestálost populací. Ta mohla i způsobit námi sledovaný pokles v početnosti druhů, kdy jarní přemnožení a následující vymírání snížilo početnost populace na poli na přelomu dubna a května 2009 o více než $\frac{3}{4}$. V tomto ohledu byla i louka podobným prostředím, na kterém majoritu druhů tvořily druhy patřící do skupiny E. I zde se ukázalo, že docházelo k masivním úbytkům spojeným s nedostatkem potravy po sečení. Je ale zajímavé, že úbytky druhů A a R byly i přes tyto vlivy nižší (graf 43).

Porovnání procentuálních úbytků jedinců způsobených negativním vlivem



Graf 43 Úbytek druhů na biotopu pole způsobený sečením a určený jako poměr počtů jedinců odchycených měsíc před sečením a měsíc po sečení

Louka byla prostředím zajímavým i z jiného důvodu. Jednalo se o původně zemědělskou půdu, která je cca posledních deset let využívána jako trvalý travní porost. Jedná se tedy o prostředí, na kterém se postupně snižují antropogenní vlivy. I když se zde proto vyskytují druhy střevlíků shodné s původním biotopem pole, začíná být ale louka osidlována i druhy z okolních biotopů, například v lese zaznamenaným *Chrysocarabus auronitens* a *Pterostichus melanarius* a dále také druhy, které nebyly zaznamenány ani na biotopu les ani

na biotopu pole a je tak ukázkou růstu biodiverzity při poklesu lidských vlivů. Podobný trend je možné zaznamenat i na znacích půd, kdy klesá pH, roste množství humusu ve svrchních vrstvách a klesá stupeň nasycení sorpčního komplexu bazickými kationty. Proto je vysoce pravděpodobné, že nejen *Carabidae*, ale i kvalitativní parametry půd mohou sloužit jako ukazatele antropogenní zátěže, a zároveň ovlivnění mnohých prostředí člověkem je způsobeno změnami půdy. Návrat prostředí k původnímu stavu je charakterizován změnami nejen ve složení rostlin a živočichů, ale i půd.

6 Závěr

- Na každém biotopu byly nainstalovány zemní pasti v liniovém transektu po dobu duben až říjen roku 2009.
- Byly určeny jednotlivé druhy zástupců střevlíkovitých na jednotlivých biotopech.
- Výsledky byly podrobeny statistickému šetření a výsledky byly zpracovány do přehledných grafů a tabulek podle jednotlivých statistických parametrů.
- Na biotopu les se vyskytovalo celkem 13 druhů za celé sledované období. Na biotopu louka bylo 12 druhů a na biotopu pole pouze 6 druhů za celé sledované období.
- Na biotopu les byl nejčteněji zastoupen druh *Pterostichus melanarius*, na biotopu louka druh *Poecilus versicolor* a na biotopu pole druh *Poecilus cupreus*.
- Na lokalitě lesa se vyskytovalo 12 adaptabilních druhů a jeden eurytopní druh, na lokalitě louka bylo pět adaptabilních druhů, šest eurytopních druhů a jeden reliktní, na lokalitě pole byly nalezeny dva druhy adaptabilní, čtyři eurytopní druhy a jeden druh reliktní.
- Průměrný počet jedinců v jedné zemní pasti byl na biotopu les 15 kusů jedinců, na biotopu louka přibližně 300 kusů jedinců a na biotopu pole přibližně 900 kusů jedinců za sledované období.
- Index komunity střevlíkovitých u biotopu les dosahoval hodnoty 50 %, u biotopu louky hodnoty 1,20 % a u biotopu pole pouze hodnoty 0,31 %.
- Index komunity střevlíkovitých hodnotí les jako člověkem málo ovlivněný biotop, zatímco louku a pole jako prostředí člověkem silně ovlivněné.
- Na výsledcích je zřetelný průběh ročního chodu výskytu zastoupení druhů střevlíkovitých a jejich četností, kdy v jarním období dochází k nárůstu jejich výskytu, nejčtenějšímu zastoupení v létě a postupným odumíráním na podzim.

- Byly vykopány půdní sondy na jednotlivých biotopech.
- Všechny půdní typy byly oklasifikovány podle diagnostických horizontů. V biotopu les se vyskytoval půdní typ kambizem dystrická, v biotopu louka kambizem modální a v biotopu pole pseudoglej modální.
- Na všech půdních typech bylo provedeno stanovení chemických a fyzikálně-chemických půdních vlastností, které byly zpracovány do přehledných tabulek.
- Byly stanoveny kvalitativní biologické parametry.
- Byly nalezeny vzájemné korelace mezi pedologickými a biologickými daty.
- pH půdy určené z vodního výluhu pozitivně ovlivňuje počet jedinců na dané lokalitě. To znamená, že čím vyšší pH, tím vyšší počet jedinců odchycených na lokalitě.
- Procentuální zastoupení druhů R a A na lokalitě pozitivně ovlivňuje výměnná acidita a obsah humusu, negativně ho ovlivňují parametry aktivní a výměnné pH. Ovlivnění u E druhů je přesně opačné než u R a A druhů.
- Nebyl prokázán žádný významný vztah mezi počtem druhů na daném biotopu a mezi jednotlivými půdními znaky.
- Pozitivně ovlivňujícími parametry indexu komunity střevlíkovitých jsou výměnná acidita a obsah humusu, negativně ovlivňující parametry indexu komunity střevlíkovitých jsou aktivní a výměnné pH.

7 Seznam použité literatury

Beneš, J., Konvička, M., Dvořák, J., Fric, Z., Havelda, Z., Pavlíčko, A., Vrabc, V., Weidenhoffer, Z. (2002): Motýli České republiky: Rozšíření a ochrana I. Společnost pro ochranu motýlů, Praha, ISBN 80-903212-0-8, pp. 54-96.

Beneš, J., Konvička, M., Dvořák, J., Fric, Z., Havelda, Z., Pavlíčko, A., Vrabc, V., Weidenhoffer, Z. (2002): Motýli České republiky: Rozšíření a ochrana II. Společnost pro ochranu motýlů, Praha, ISBN 80-903212-0-8, pp. 668-687.

Bičík, I., Budňáková, M., Čermák, P., Čtyroká, J., Dreslerová, D., Fiala, P., Hauptman, I., Janderková, J., Jech, K., Kender, J., Kopp, J., Kubík, J., Kukal, Z., Matějů, L., Němec, J., Novák, P., Pošmourný, K., Rejšek, K., Penížek, V., Petrů, K., Sánka, M., Sedláček, J., Šefrna, L., Vácha, R., Vašků, Z., Zimová, M. (2009): PŮDA V ČESKÉ REPUBLICE. Pro Ministerstvo životního prostředí a ministerstvo zemědělství Consult Praha. ISBN 80-903482-4-6, pp. 255.

Boháč, J. (1990): Využití společenstev drabčíkovitých (Coleoptera, Staphylinidae) pro indikaci kvality životního prostředí. Ústav krajinné ekologie ČSAV, České Budějovice, pp. 251-254.

Bohac, J. & Pospisil, J. (1984): Carabids and staphylinids of wheat and maize fields and their relationships with surrounding biotopes. *Sov. Rev. Ecol.*, pp. 22-34.

Borůvka, L., Penížek, V., Brodský, L. (2004): Moderní metody hodnocení půdní variability. Sborník z konference na téma Pedodiverzita, Česká zemědělská univerzita, ISBN 80-213-1248-3, pp. 140 – 148.

Buchar, J. (1983): Die Klassifikation der Spinnenarten Bohmens als ein Hilfsmittel für die Bioindikation der Umwelt. *Fauna Bohemiae Septentrionalis*, 8: 119-135.

Farkač, J. (1993): Využití střevlíkovitých (Coleoptera, Carabidae) ke stanovení kvality prostředí horských a podhorských lesních ekosystémů. Kandidátská disertační práce, Lesnická fakulta VŠZ, Praha, pp. 63.

Farkač, J. (1994): Využití střevlíkovitých v bioindikaci. *Vesmír*, 7 (10), pp. 581 – 583.

Freemark, K. a Boutin, C. (1995): Impacts of agricultural herbicide use on terrestrial wildlife in temperate landscapes – a review with special reference to North America. *Agriculture Ecosystems a Environment* 52: 67 – 91.

Hole, F. D. (1981): Effects of animals on soil. *Geoderma* 25, pp. 75–112.

Hraško, J., Němeček, J., Šály, R., Šurina, M. (1973): Morfogenetický klasifikační systém půd ČSSR. Bratislava, pp. 107.

Hůrka, K. (1996): Carabidae of the Czech and Slovak Republics. *Carabidae České a Slovenské republiky*. KABOUREK, Zlín, ISBN 80-901466-2-7, pp. 565.

Hůrka, K., Veselý, P., Farkač, J. (1996): Využití střevlíkovitých (Coleoptera: Carabidae) k indikaci kvality prostředí. *Klapalekiana*, ISSN 1210-6100, 32: 15-26.

Kozák, J. a kol. (2009): Atlas půd České republiky. Ministerstvo zemědělství, Ústřední pozemkový úřad, ČZU, Praha, ISBN 978-80-213-1882-3, pp.149.

Klečka a kol. (1984): Bonitace Československých zemědělských půd a směry jejich využití. 1. díl, Státní pedagogické nakladatelství, Praha – Bratislava.

Langrová, Kurfurst, Vrabec, Kubík, Barták: Pracovní sešit ze zoologie. Česká zemědělská univerzita v Praze, PowerPrint. ISBN 80-213-1009-X, pp. 86.

Nenadál, S. (1993): Využití střevlíkovitých (Coleoptera, Carabidae) k bioindikaci kvality životního prostředí. (Die Ausnutzung der Laufkäfer (Coleoptera, Carabidae) zu der Bioindikation des Lebensmilieu). *Přírodovědecký sborník Západoslováckého muzea v Třebíči*, 19, pp. 105 – 112.

- Nenadál, S. (1998): Využití indexu komunity střevlíkovitých (Coleoptera, Carabidae) pro posouzení antropogenních vlivů na kvalitu přírodního prostředí. Vlastivědný sborník Vysočiny, Jihlava, 13: 293-312.
- Němeček, J., Damaška, J., Hraško, J., Bedrna, Z., Zuska, V., Tomášek, M., Kalenda, M. (1967): Průzkum zemědělských půd ČSSR. 1. díl. Ministerstvo zemědělství a výživy, Praha, 246 s.
- Němeček, J., Smolíková, L., Kutílek, M. (1990): Pedologie a paleopedologie. Academia Praha, ISBN 80-200-0153-0, pp. 552.
- Němeček, J., Macků, J., Vokoun, J., Vavříček, D., Novák, P. (2001): Taxonomický klasifikační systém půd České republiky. ČZU Praha spolu s VÚMOP Praha, 79s.
- Novák, P., Lagová, J., Němec, J. (1977): Situační a výhledová zpráva Půda. Ministerstvo zemědělství, Praha, pp. 63.
- McBratney, A. B., Santos, M. L. M., Minasny, B. (2003): On digital soil mapping. Geoderma 117, pp. 3 – 52.
- Müller-Motzfeld, G. (1989): Laukäfer (Coleoptera: Carabidae) as pedobiologische Indikatoren. Pedobiologia, 33, pp. 145 – 153.
- Plíva, J. (1980): Diferencované způsoby hospodaření v lesích ČSR. SNP Praha.
- Podnebí ČSSR (1969). Hydrometeorologický ústav v Praze, Praha, ISBN 59-001-69, pp. 357.
- Pokorný, V. (2002): Atlas brouků. PASEKA, Praha – Litomyšl 2002, pp. 9-15.
- Pospíšil, F. (1964): Fractionation of humus substance of several soil types in Czechoslovakia. Rostlinná výroba, 10 : 567 – 580.

- Pospíšil, F. (1981): Group and fractional composition of the humus of different soils. Proceedings of the 5th International Soil Science Conference, Sirový V., Damaška J., Němeček J. (eds), RISIP Prague, Vol. I.: 135 – 138.
- Prax, A. (1994): Půdní klima a fyzikální poměry půd, In: Klimatická změna a zemědělství. Brno 1.9.1994. Sborník referátů (Litschman T. a Rožnovský J., ed.), pp. 45 - 49.
- Pulpán, J. & Hůrka, K. (1993): Carabidae, pp. 12-22. In: JELÍNEK J. (ed.): Check-list of Czechoslovak Insect IV (Coleoptera). Seznam československých brouků. Fol. Heyrovskyana, Suppl. 1: 3-172 (in English and Czech).
- Rozkošný, R. (1986): Možnosti využití středoevropských druhů čeledi Anthomyiidae (Diptera) pro bioindikaci znečištění prostředí. Dipterologica bohemoslovaca IV: 75-78.
- Růžek, L. (1999): Hodnocení živé mikrobiální složky půd měřitelnými a modelovými kritérii. Habilitační práce, Česká zemědělská univerzita v Praze, pp. 100.
- Růžička, V. (1987): Biodiagnostic evaluation of epigeic spider communities. Ecology (ČSSR), Vol. 6, No. 4: 345-357.
- Růžička, V. (1988): Problems of Bathypantes eumenis and its occurrence in Czechoslovakia (Araneae, Linyphiidae). Věst. Čs. Společ. Zool., 52: 149-155.
- Sáňka, M., Kulhavý, J., Klimo, E. (2004): Variabilita půd, půdotvorných procesů a faktorů. Pedologické dny 2004, Sborník z konference na téma Pedodiverzita, Česká zemědělská univerzita, ISBN 80-213-1248-3, pp. 192.
- Schaetzl, R. & Anderson, S. (2007): Soils genesis and geomorphology. Cambridge university press, ISBN 978-0-521-81201-6, pp. 817.
- Sharova, I. CH. (1981): Zhiznennye formy zhuzhelits (Coleoptera, Carabidae). M.: Nauka, 360 pp. (in Russian).

Sommer, M. et al. (2002): Hierarchical data fusion for mapping soil units at field scale. *Geoderma* 112, pp. 179 – 196.

Šustek, Z., (1982): The effect of actellic EC 50 on the Carabidae and Staphylinidae in a Norway spruce forest in the Jizerske hory mountains. *Biologia, Bratislava* 37: 131-139.

Thomas, C. D. & Hanski, I. A. (1997): Butterfly metapopulations. In: Hanski IA, Gilpin ME (eds.) *Metapopulation biology*. Academic Press, San Diego, pp. 359-386.

Vašků, Z. (2004): Lokální a regionální pedodiverzita a její příčiny. Sborník z konference na téma Pedodiverzita, Pedologické dny, ČZU, Praha, pp. 85 - 92.

Veselý, P. (2002): Střevlíkovití brouci Prahy (Coleoptera: Carabidae). KABOUREK, Zlín, pp. 168.

Zbiral, J., Honsa, J., Malý, s., Čížmár, D. (2004): Analýza půd III. Jednotné pracovní postupy, Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský (Central Institute for Supervising and Testing in Agriculture), Brno, ISBN 80-86548-60-0, pp. 199.

8 Seznam použitých zkratek

A – adaptabilní druh

Corg – organický uhlík

E – eurytopní druh

GIS – geografický informační systém

I – index kvality stanoviště

IKS – index komunity střevlíkovitých

KPP – komplexní průzkum půd

KVK – kationtová výměnná kapacita

pH_{H2O} – aktivní půdní reakce

pH_{KCl} – výměnná půdní reakce

POH – půdní organická hmota

PUGIS – geografický informační systém o půdě

Q_{4/6} – kvalita humusu

R – reliktní druh

Va – výměnná acidita