

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI

PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA

Katedra botaniky

**Význam smrkového klestí
pro diverzitu půdní fauny**

bakalářská práce

Matej Tomaško

Studijní program: Biologie

Studijní obor: Biologie–Geografie

Forma studia: Prezenční

Vedoucí práce: doc. RNDr. Mgr. Ivan H. Tuf, Ph.D.

Olomouc 2021

Prohlašuji, že jsem svoji bakalářskou práci vytvořil samostatně pod odborným dohledem doc. Tufa. Dále potvrzuji, že veškeré informace jsem čerpal výhradně ze zdrojů uvedených v seznamu literatury.

V Olomouci 20. června 2021

.....

podpis

Poděkování

Tímto bych chtěl poděkovat vedoucímu práce doc. Ivanu H. Tufovi za odborné vedení bakalářské práce a také děkuji RNDr. Adamu Vele, Ph.D. et Ph.D., za pomoc při odběru vzorků a spolupráci při výzkumu.

Bibliografická identifikace:

Jméno a příjmení autora: Matej Tomaško

Název práce: Význam smrkového klestí pro diverzitu půdní fauny

Typ práce: Bakalářská práce

Pracoviště: Katedra botaniky

Vedoucí práce: doc. RNDr. Mgr. Ivan Hadrián Tuf, Ph.D.

Rok a místo obhajoby práce: 2021

Abstrakt:

Člověk při procházce smíšeným nebo smrkovým lesem často narazí na velké hromady smrkového klestí, které vznikají po těžbě dřeva. Tyto hromady klestí se podílí významným způsobem na ekologii celého lesa a vrací část biomasy, na které závisí mnoho organismů. Odumřelé dřevo je zejména zdrojem živin pro půdu a pro mnohé živočichy. Slouží také jako perfektní útočiště pro mnohé bezobratlé. Klestí svojí přítomností ovlivňuje také půdní mikroklima. Tato práce zkoumá vliv smrkového klestí pro diverzitu půdní fauny. V lesích nedaleko Černé Hory jsme vybrali 20 lokalit a v Jizerských horách jsme vybrali 10 lokalit. Z každé lokality jsme odebírali dva vzorky půdy. Jeden z pod hromady spadeného smrkového klestí a druhý z půdy nepokryté klestím, který sloužil jako kontrolní. Tento pokus byl realizován v roce 2020. Následně jsme ze vzorků půdy vyextrahovali půdní živočichy a porovnali jsme zastoupení řádů a množství zástupců daných řádů z obou druhů vzorků. Výsledkem bylo, že určité řády byly signifikantně závislé na klestí, některé naopak byly častější v půdě bez klestí.

Klíčová slova: smrkové klestí, mrtvé dřevo, půdní fauna

Počet stran: 28

Jazyk: český

Bibliographic identification:

Author's first name and surname: Matej Tomaško

Title of thesis: Effect of the spruce loppings to soil fauna diversity

Type of thesis: Bachelor

Department: Department of Botany

Supervisor: doc. RNDr. Mgr. Ivan Hadrián Tuf, Ph.D.

The year of presentation: 2021

Abstract:

When walking through a mixed or spruce forest, one often comes across large piles of spruce loppings, which are formed after logging. These piles of spruce loppings contribute significantly to the ecology of the whole forest and bring back part of the biomass on which many organisms depend. Dead wood is mainly a source of nutrients for the soil and for many animals. It also serves as a perfect shelter for many invertebrates. The presence of loppings also affects the soil microclimate. This work examines the influence of spruce loppings on the diversity of soil fauna. We selected 20 sites in the forests near Černá Hora and 10 sites in the Jizerské hory. We took two soil samples from each site. One from the soil covered with loppings and the other of the soil not covered with loppings, which served as a control. This experiment was carried out in 2020. Subsequently, we extracted soil animals from soil samples and compared the composition of communities at order level, as well as and the its abundances. As a result, there were some orders significantly connected to spruce loppings, also there were some orders significantly connected to soil with no loppings.

Keyword: spruce loppings, dead wood, soil fauna

Number of pages: 28

Language: Czech

OBSAH

Úvod a cíle práce.....	viii
1 Teoretická část.....	1
1.1 Lesní půdy	1
1.1.1 Detrit a detritosféra.....	1
1.2 Mrtvé dřevo	2
1.2.1 Rozklad mrtvého dřeva	2
1.2.2 Produkty rozkladu dřeva	3
1.3 Smrkové klestí	3
1.3.1 Prostředí pod klestím.....	4
1.4 Půdní fauna	5
1.4.1 Vybrané skupiny bezobratlých.....	6
2 Materiál a metodika.....	7
2.1 Odběrové lokality	7
2.1.1 Lokalita Černá Hora	7
2.1.2 Lokalita Jizerské hory	9
2.2 Odběr a zpracování půdních vzorků.....	9
2.2.1 Odběr půdních vzorků.....	9
2.2.2 Extrakce půdních živočichů ze vzorků.....	9
2.2.3 Zpracování vyextrahovaných vzorků.....	10
2.2.4 Statistická analýza dat	11
3 Výsledky.....	12
4 Využití v didaktice	17
4.1 Rozbor učiva.....	17
4.2 Praktický výstup	18
Pracovní list: Mrtvé dřevo a půdní živočichové.....	19
Pracovní list: Mrtvé dřevo a půdní živočichové.....	21
5 Diskuze.....	23
6 Závěr.....	25
7 Literatura	26
8 Seznam obrázků	28

ÚVOD A CÍLE PRÁCE

Při výběru tohoto tématu bakalářské práce jsem měl hned jasno, jelikož mě odjakživa fascinovali bezobratlí živočichové ať už žijící v půdě nebo na povrchu. Díky možnosti pracovat na této bakalářce se mi otevřelo nové spektrum znalostí, které jsem do té doby postrádal nebo jsem ho přehlížel. Díky zkoumání půdní diverzity a vlivu smrkového klestí jsem pochopil důležitost jak živočichů, tak okolních faktorů, které mají značný vliv na celkový výskyt organismů v půdě.

Půdní fauna je nesmírně důležitá pro správné fungování přírodních toků energie v dané lokalitě, organismy například rozkládají organické sloučeniny v půdě, prokypřují půdu a slouží jako potrava pro ostatní organismy. Jedním z hlavních faktorů ovlivňujících půdní mikroklima zejména v lesích, je přítomnost tlejícího dřeva. Tlející dřevo je zásadní fenomén lesního ekosystému. Výsledkem cyklických růstových procesů je dřevní hmota představující spolu s organickým odpadem jednu ze základních surovin pro detritový řetězec lesních ekosystémů. Odumřelé dřevo přináší spoustu živin v podobě odumřelé biomasy, která je využita řadou organismů, od bakterií, plísní až po savce (LEPŠOVÁ, MATĚJKA 2010). Při procesech spojených s rozkladem dřeva převažují houby a xylofágní hmyz, s postupem rozkládání se také zvětšuje množství bakterií a zbytky dřeva se stanou součástí půdy (GRAHAM 1925).

Složení a výskyt půdní fauny je úzce spjat s lidskou činností na povrchu, člověk svým chováním přetváří krajinu. Biomasa, která je ponechána na určitém místě, má také vliv na půdu, která se pod ní nachází, a tudíž i na vše živé vyskytující se v půdě (LAVELLE et al. 1992). Příkladem, jak půdní pokryv ovlivňuje půdní faunu, může být studie z peruánské Amazonie (LAVELLE a PANSHASI 1989), kde došlo po založení pastvin a plantáží k výrazné změně rozmanitosti půdní fauny – po vzniku zemědělských ploch došlo ke snížení diverzity druhů.

Cílem této práce je zjistit vliv ponechávání smrkového klestí na mýtině pro diverzitu půdní fauny. Součástí práce je výzkum na dvou místech v ČR, kde se provedl odběr vzorků půdy pod hromadou smrkového klestí a odběr půdy bez pokryvu. Na úrovni řádů jsme vyhodnocovali diverzitu a početnost půdní fauny s ohledem na přítomnost klestí.

1 TEORETICKÁ ČÁST

1.1 LESNÍ PŮDY

Lesní půdy hrají klíčovou roli v lesním ekosystému a zároveň odrážejí podmínky na daném stanovišti. Na rozdíl od zemědělských půd zde nedochází k tak velkému přímému vlivu člověka. Lesní půdy obvykle nejsou obdělávané, kultivované a zavlažované. Proto mají lesní půdy přirozenější vývoj, samozřejmě v závislosti na hospodaření. Lesní půdy jsou obvykle mělké a více kamenité než půdy na polích, což je dáno zejména historicky, protože úrodné polohy byly využity pro zemědělství. Ovšem v lesích dochází k většímu využití hloubky, zejména kořeny stromů. Lesní půdy se vyznačují také vyšší prostorovou variabilitou, protože nejsou homogenizovány pravidelnou kultivací. Velký význam v lesních půdách má mykorhiza. Jedná se o systém, ve kterém symbiotické houby pomáhají kořenům přijímat daleko efektivněji vodu a živiny. Dále je pro lesní půdy typické, že mají nadložní organické horizonty, tvořené opadem v různém stádiu rozkladu. Formy humusu jsou pak ukazatelem stavu dané půdy (NĚMEČEK et al. 2011).

1.1.1 Detrit a detritosféra

Detritosféra je jedním z hlavních typů půdního prostředí. Jedná se o část bezprostředně ovlivněnou přítomností rozkládající se organické biomasy, kterou nazýváme detrit. Detritosféra je dále charakterizována procesy a organismy, jež rozkládají a transformují detrit. Podle BEGONA et al. (1986) zdroje detritu můžeme rozdělit do tří skupin:

- Sekrety organismů
- Celé nebo části mrtvých organismů
- Nestrávené zbytky potravy

Veškeré formy detritu jsou zdrojem živin pro půdní rozkladače. Rozklad je zajištěn mikroorganismy a extracelulárními enzymy. Při rozkladu se uvolňují a zpřístupňují živiny, které jsou následně využity půdními organismy a rostlinami. Současně se tím podpoří růst a biodiverzita společenstev organismů žijících v půdě (BEGON et al. 1986). Nejvýznamnějším a nejčastějším typem detritu jsou odumřelé zbytky rostlin, jejichž rozklad není jednoduchý a organismy spolu musí spolupracovat, aby bylo schopno daný materiál rozložit. Během rozkladu se na něm podílí a vystřídají desítky až stovky druhů organismů (BRADY, WEIL 1999).

1.2 MRTVÉ DŘEVO

Mrtvé dřevo vykonává v lesních ekosystémech plno úloh. Jedna z nich je schopnost ovlivňovat vodní režim lesa, tzn. dokáže zachytávat vodu zejména při jarním tání sněhu a poté zásobovat vodou okolní místa, pokud je vody nedostatek. Další důležitá úloha je dodávat půdě živiny. Odumřelá a tlející biomasa totiž produkuje výživný substrát pro houby a rostliny. Mrtvé dřevo poskytuje potravní zdroje a prostorové niky obrovskému množství specializovaných i nespecializovaných organismů (DOLEŽALOVÁ et al. 2010).

Biologická diverzita rostlin a živočichů v lesních ekosystémech je značnou mírou ovlivněna výskytem odumřelého dřeva (VACEK 1999). Významným ukazatelem vhodného vývoje lesa k přírodě blízkému stavu je množství mrtvého a rozkládajícího se dřeva (STEVENSOVÁ 1997). Dnes již víme, že jednotlivé části lesního ekosystému jsou na sobě závislé. Když dojde ke ztrátě mrtvého dřeva v lesních porostech, může dojít k vymizení velkého množství organismů z těchto lesních ekosystémů. Při akumulaci dřevní hmoty dochází v přírodních lesích k vytváření různých typů mikrostanovišť uvnitř fytocenózy (VACEK 1982).

Ovšem tyto přirozené přírodní procesy jsou v hospodářských lesích značně ovlivňovány hospodářskými úkony, jako je těžba dřeva. Typicky odumřelé dřevo slouží jako úkryt larev mnoha brouků, menších hlodavců a ptáků. KRAUS (1999) uvádí, že se průměrně v hospodářských lesích v ČR nalézá od 10 do 17 m³/ha odumřelého dřeva. Mrtvé dřevo je i navzdory velkému významu zastoupeno v evropských lesích ve velmi nízkém množství. Hlavním důvodem jsou nevyhovující směrnice hospodaření jak pro hospodářské lesy, tak i pro chráněné oblasti. Průměrně v evropských lesích je objem mrtvého dřeva méně než 5 %. WWF přitom navrhuje navýšení objemu mrtvého dřeva v boreálních lesích a lesích mírného pásma až na 20–30 m³/ha do roku 2030 (JANKOVSKÝ 2006).

1.2.1 Rozklad mrtvého dřeva

Při rozkládání dřeva probíhají dva základní druhy procesu rozkladu a to v závislosti na enzymatické výbavě přítomných hub – tzv. bílá a hnědá hniloba. Při bílé hnilobě jsou houby kromě celuláz vybaveny i ligninolytickým enzymatickým komplexem, který umožňuje houbě využívat celulózové i lignifikované části dřeva, kdežto hnědá hniloba obsahuje houby, které mají ve výbavě pouze celulózy, a tudíž nedokáží rozložit lignifikovanou složku dřeva (SCHWARZE et al. 2000). Podle MASERA a TRAPPEHO (1984) vnitřní úspěchy hub v dřevě například padlého stromu záleží zejména na druhu dřeviny, také záleží na velikosti stromu, dále je důležitá příčina odumření dřeva a zda dřevo leží na zemi nebo nad zemí. Různé části dřeva

se nerozkládají stejně po celé své délce, a díky rozdílné sukcesi poskytují rozdílnou niku pro ranné i pozdní druhy (HEILMANN-CLAUSEN 2004). Velké množství hub je poté na odumřelé dřevo navázané až několik desítek let. Tato výměna druhů hub probíhá nerovnoměrně, například na buku zpočátku nastupují druhy, jejichž plodnice se objeví v krátkém intervalu 2 až 5 let, již po dvou letech se mohou objevit druhy, které zůstanou aktivní i více jak 20 let (KÜFFER et al. 2008).

1.2.2 Produkty rozkladu dřeva

Rozklad organických látek není pouze procesem přeměny uhlíku a tvorby CO₂ a CH₄. Při rozkladu organických látek se do půdy uvolňuje velké množství minerálních živin pro rostliny i živočichy; jedná se zejména o tyto sloučeniny:

- Dusík (forma NH₄⁺, NH₃⁻)
- Síra
- Fosfor
- Kationty jako Ca²⁺, Mg²⁺ nebo K⁺

Rozkladem organických látek se postupně tvoří humus, což představuje vysokomolekulární komplex, který je na sebe schopen vázat ionty. Tyto ionty jsou postupně uvolňovány do půdy a využívány rostlinami (PRÁT et al. 1957). Humus je tedy velice důležitý pro úrodnost půdy. Zásadní sloučeninou při procesu humifikace je lignin, který je obsažen v odumřelé rostlinné biomase. Podle polyfenolové teorie se lignin rozkládá na jednotlivé rozkladné produkty (fenoly a chinony), jenž jsou působením enzymů přeměněny na polyfenoly a polychinony. Dochází ke vzniku vysokomolekulárních látek a jejich následné reakci s dusíkatými sloučeninami, což vede ke tvorbě humusových látek (KUZYAKOV 2000).

1.3 SMRKOVÉ KLESTÍ

Správci lesa každý rok vynakládají finanční prostředky na likvidaci klestu po těžbě dřeva lese. Hlavním důvodem je příprava mýtin pro sadbu nebo také obava z lýkožrouta lesklého, *Pityogenes chalcographus* (LINNAEUS 1767). Ovšem z práce ZAHRADNÍKOVÉ a ZAHRADNÍKA (2010) se ukázalo, že zvýšený výskyt tohoto škůdce nesouvisí s ponecháváním klestu v lese.

Klestí a přilehlá tenká vrstva půdy představuje vhodné rozhraní mezi příliš vlhkou hlubokou půdou a suchým otevřeným prostorem. Společenství živočichů, kteří žijí pod klestím není věnována až taková pozornost, ale význam pro lesní ekosystém mají obrovský. Rozsah

živočichů žijících pod klestím je velice široký, od relativně pomalu se pohybujících plžů až po velmi rychlé stonožky, najdeme zde jak generalisty, tak i specialisty, herbivorní organismy i karnivorní organismy. Živočichové skrývající se pod kusy dřev, pod kameny či pod kůrou se souhrnně nazývají kryptozoa (WHEATER et al. 1996). Jedním z hlavních významů klestí je ochrana živočichů před suchem a mrazem, jelikož hromada klestí slouží jako izolant od okolních vlivů podnebí (WHEATER et al. 1996).

Lesní zákony doporučují odvoz čerstvého klestu z lesa z obavy z kůrovce (ZÁKON č. 289/1995 Sb.). Ovšem také zároveň zákony zakazují pálení čerstvého klestu hned po těžbě z důvodu znečištění ovzduší. Pokud se ovšem jedná o zasaženou oblast kůrovcem, stát může udělit výjimku (ZÁKON č. 289/1995 Sb.). Staré klestí ovšem není pro kůrovce vůbec atraktivní, a tak naopak ponechání suchého klestu v lese lesu prospívá. Navíc podle lesního zákona mají občané právo sbírat v lese suché na zemi ležící klestí. Za klest můžeme považovat veškerý opad větví stromů a dále například zbytky po těžbě, ovšem tyto větve nesmí mít na nejtlustším konci průměr větší než 7 cm bez kůry (ZÁKON č. 289/1995 Sb.).

1.3.1 Prostředí pod klestím

Díky zastínění půdy klestím dochází k udržování téměř konstantní vlhkosti. Mnoho bezobratlých živočichů jako chvostoskoci nebo roztoči jsou právě vázáni na vyšší vlhkost (WHEATER et al. 1996). Další velkou výhodou klestí je izolace povrchu vůči silným mrazům, jelikož vrstva působí také jako tepelný izolant a naopak také chrání povrch před přímými světelnými paprsky a brání následnému vysychání půdy. Rozkládající dřevo jednoznačně ovlivňuje druhové složení půdní fauny, protože mění vlhkost a živinové složení půdy (WHEATER et al. 1996).

Typ mikrohabitatu a mikroklimatu pod klestím také závisí na typu půdy; je známo, že písčité půdy vysychají mnohem rychleji, naopak jílovité půdy drží o mnoho lépe vodu. Rozkládající se smrkové klestí je typické pro výskyt mnoha druhů hub. Mezi hlavní zástupce hub patří druhy: *Trichaptum abietinum*, *Dacryomyces stillatus* a *Stereum sanguinolentum* (LEPŠOVÁ et al. 2010). Přítomnost hub také poukazuje na větší vlhkost, než v okolním prostředí.

1.4 PŮDNÍ FAUNA

Půdní fauna zahrnuje všechny živočichy, jenž jsou v různé míře a různým způsobem během svého života vázání na půdní prostředí. Společně s mikroorganismy vytvářejí živou složku většiny půd. Tyto organismy nazýváme také zooedafon, jeho zástupci se vyskytují v hlubších vrstvách půdy a také na povrchu a v opadu. Mezi nejčastější zástupce patří mnohonožky, stonožky, suchozemští stejnonožci, chvostoskoci, střevlíkovití a drabčíkovití brouci a roztoči. Aktivita půdní fauny je nejvíce soustředěna do svrchních vrstev půd, až 90 % veškerých zástupců se vyskytuje v horních 10 cm půdního profilu. Jsou zde ale i výjimky, například některé druhy žížal nebo mnohonožek pronikají pravidelně i do větších hloubek půdy (DEVÁN 2000).

Dle ŠIMKA et al. (2019) základní dělení půdních živočichů probíhá podle velikosti jejich těla, půdní živočichy tak dělíme na:

- **mikrofaunu:** vyznačuje se průměrem těla do 0,2 mm, mezi zástupce patří především prvoci, hlístice, želvušky nebo vířníci
- **mezofaunu:** velikost těla je do 2 mm, řadíme sem zejména roztoče a chvostoskoky, nesmíme ale také opomenout řády jako štírky, hmyzenky, vidličnatky nebo stonožky
- **makrofaunu:** veškerí půdní živočichové s velikostí těla větší než 2 mm. Jako příklad bychom mohli jmenovat například stejnonožce, pavouky, stonožky, mnohonožky, larvy dvoukřídlých nebo zástupce brouků.

Mnoho druhů stejnonožců, mnohonožek a chvostoskoků je asociováno s tlejícím dřevem a živí se jím. Predátoři jako někteří roztoči, pavouci, stonožky a larvy brouků využívají tyto oblasti tlejícího dřeva pro lov potravy ostatních bezobratlých (WHEATER 1996).

Půdní živočichy dělíme do několika skupin:

- **permanentní** živočichové žijí v půdě celou dobu svého životního cyklu, považujeme je tedy za pravé půdní živočichy. Mezi zástupce patří zejména zástupci chvostoskoků a roztočů, některé druhy brouků, roupice a žížaly,
- **periodičtí** půdní živočichové během životního cyklu půdu opouštějí a zase se do ní vrací (např. škvoři a drabčící),

- **temporální** půdní živočichové se vyskytují v půdě pouze ve stádiu vajíček a larev, v dospělosti však žijí mimo půdu. Mezi nejznámější zástupce patří larvy kovaříkovitých brouků a dvoukřídlých, atmobiontní chvostoskoci a někteří roztoči,
- **tranzitorní** půdní živočichové skrývají v půdě pouze neaktivní stádia (vajíčka, kukly) nebo v půdě přezimují (např. motýli) (RUSEK 2000).

Půdní živočichy bychom dále mohli dělit podle způsobu příjmu potravy:

- **herbivorní** živočichové se živí rostlinným materiálem (např. měkkýši)
- **detritivorní** živočichové konzumují opad nacházející se na povrchu půdy (např. žížaly, roztoči, chvostoskoci),
- **karnivorní** konzumují těla jiných živočichů (např. stonožky, štírci, pavouci),
- **fungivorní** živočichové se živí houbami (někteří roztoči, chvostoskoci),
- **bakteriovorní** se živí bakteriemi (např. prvoci) (BRADY A WEIL 1999).

1.4.1 Vybrané skupiny bezobratlých

Stonožky svojí anatomií připomínají stonožky, jsou ovšem mnohem menší, jsou většinou bělavě zabarvené a přes tělní povrch jde vidět tmavý střevní obsah. Tito živočichové vyhledávají vlhčí lesní nebo luční půdy, kde se vyskytují ve svrchních vrstvách. Konzumují organický detrit a s ním i půdní mikroflóru (ŠIMEK 2019).

Chvostoskoky řadíme mezi dominantní skupiny půdní mezofauny, nejen svojí abundancí ale i počtem druhů. Svoji hlavní roly mají především v dekompozičních procesech. Mají široké globální rozšíření, vyskytují se na všech kontinentech včetně Antarktidy. Velké množství druhů chvostoskoků je ovlivněno přítomností živin v půdě, a to zejména přítomností detritového odpadu, mezi který řadíme odumřelou biomasu na povrchu půdy (větve, listy, odumřelá těla živočichů) (ŠIMEK 2019).

Brouci patří mezi nejčastější zástupce půdního edafonu, jak larválním stádiu tak i v dospělosti. Většina druhů patří mezi dravce, mají kousací ústní ústrojí. První pár křídel je přeměněn v krovky. Larvy přijímají často jiný typ potravy, než dospělci. Řád *Coleoptera* čítá v ČR více než sedm tisíc druhů, a patří mezi nejpočetnější v naší fauně. Draví a mrchožraví brouci se vyskytují zejména v opadu, kde vyhledávají kořist v podobě živých nebo mrtvých těl živočichů (JAVOREK 1968).

2 MATERIÁL A METODIKA

2.1 ODBĚROVÉ LOKALITY

Vzorky půdy pro pokus jsme odbírali v lesích, kde se nacházelo smrkové klestí po těžbě dřeva (obr. 1). První lokalitou byl les v blízkosti městyse Černá Hora, druhá lokalita odběru byly Jizerské hory.



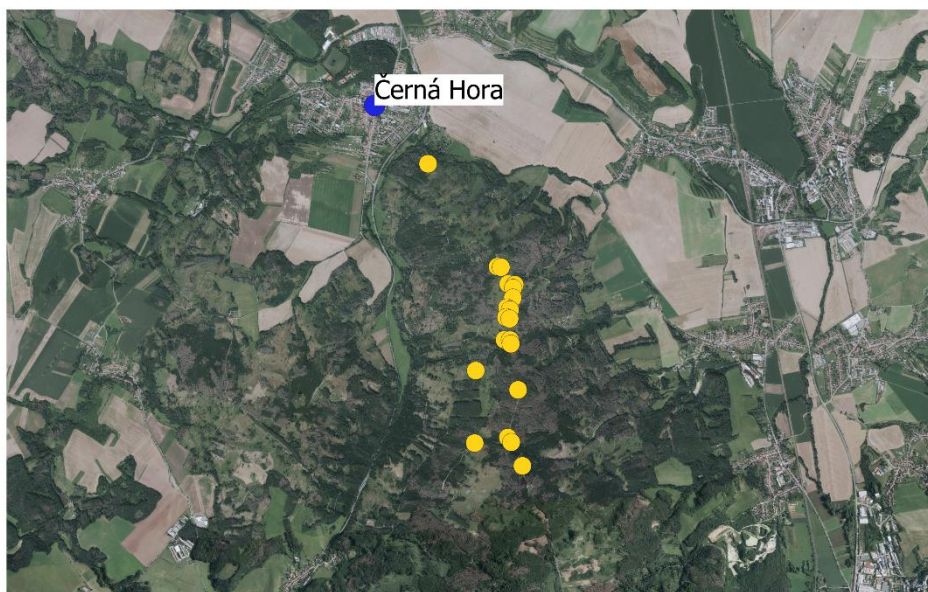
Obrázek 1: Mapa odběrových lokalit.

2.1.1 Lokalita Černá Hora

Tato oblast se nachází jihovýchodně od městyse Černé Hory. Nachází se na Dražanské vrchovině. Námi vybraná místa se nacházejí v nadmořské výšce od 430 do 500 m n.m., což by nasvědčovalo tomu že, tato oblast patří do 3. vegetačního stupně (dubovo-bukového). Délka vegetační doby je 155 dní, průměrná roční teplota je 7,5 °C, roční úhrn srážek se pohybuje okolo 650 mm (DEMEK 1987). Jedná se o lesní plochu se zastoupením smrku až 70 %, nachází se zde ovšem i další dřeviny jako modřín nebo borovice, jedná se tedy převážně o jehličnaté lesy s mírnou příměsí buku a dubu (jejich zastoupení je v řádech desetin procent). Rozloha tohoto lesa je 40,25 ha. V této lokalitě jsem společně s dr. Adamem Véle vytipoval 20 míst (obr. 2), na kterých jsme následně provedli odběr půdních vzorků 1.6. 2020. Z každého místa jsme odebrali vzorek půdy pod hromadou klestí a také půdy v její blízkosti, celkově jsme tak z této lokality získali 40 vzorků. (49°24'18.790"N,16°35'26.979"E)

Odběrová místa vzorků půdy

Černá Hora 2020



- město Černá Hora
- odběrová místa

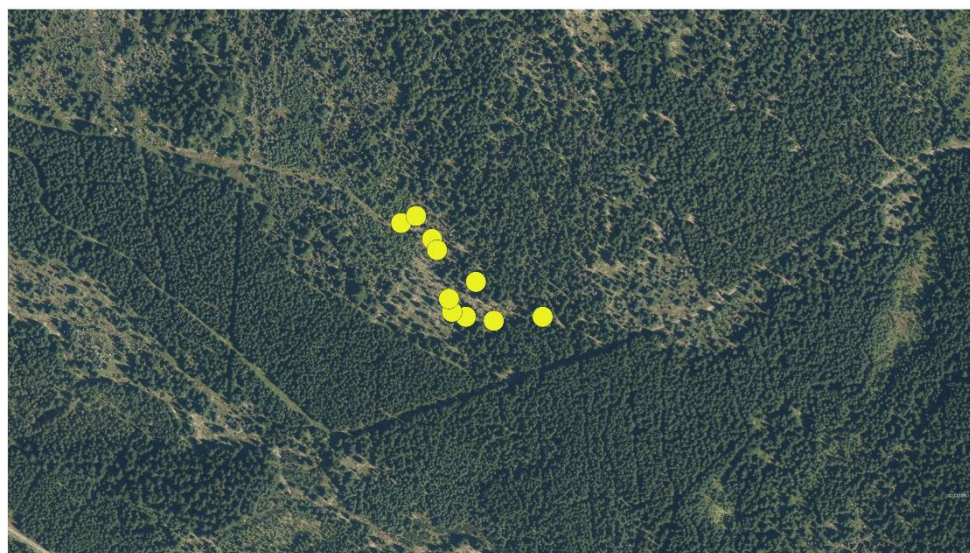
0 750 1500 m

Matej Tomaško
Olomouc 2021
Zdroj: ArcČR

Obrázek 2: Mapa odběrové lokality Černá Hora.

Odběrová místa vzorků půdy

Jizerské hory 2020



- odběrová místa

0 75 150 m

Matej Tomaško
Olomouc 2021
Zdroj: ArcČR

Obrázek 3: Mapa odběrové lokality Jizerské hory.

2.1.2 Lokalita Jizerské hory

Jizerské hory se nachází severovýchodně od města Liberec. Rozloha Jizerských hor je 417 km². Větší část se nachází v Česku, ovšem menší částí zasahuje i na území Polska. V Polsku také leží nejvyšší vrchol Wysoka Kopa (1126 m n.m.). Zhruba 75% území je pokryto lesním porostem. V lesích převažuje zejména smrkový porost. Všeobecně patří oblast Jizerských hor k mírně chladným a také je tato oblast velice bohatá na srážky. Chráněná krajinná oblast Jizerské hory byla vyhlášena v roce 1967. Z pohledu geomorfologie spadá zkoumaná lokalita do krkonošsko-jesenické soustavy a krkonošské podsoustavy (DEMEK 1987). Na jihovýchodním úpatí vrchu Jizera (50°49'14.081"N, 15°15'55.793"E) provedl dr. Adam Véle odběr půdy na 10 místech (obr. 3) 20. 10. 2019. Všechny body se nacházely ve výšce od 880 do 890 m n.m. v 5. vegetačním stupni. Vegetační doba je okolo 140 dnů a průměrná roční teplota je 6,5 °C, úhrn srážek je okolo 800 mm (DEMEK 1987).

2.2 ODBĚR A ZPRACOVÁNÍ PŮDNÍCH VZORKŮ

2.2.1 Odběr půdních vzorků

Na každém místě na obou lokalitách byly hromady smrkového kletí (obr. 4). Po nalezení takového místa jsme odebrali vzorky půdy z pod hromady kletí a následně z vedlejšího místa, kde půda nebyla přikryta kletím (obr. 5). Z každého místa tak byly odebrány dva vzorky. Odebrali jsme do látkového pytle vzorek o rozměrech 25×25×25 cm. Následně bylo místo očíslováno, označeno v systému GPS a také bylo vyfoceno. U vzorků z Černé Hory byly zaznamenány také parametry příslušné hromady kletí – její průměr a výška. Tyto charakteristiky se v analýze vztahovaly nejen ke vzorku z pod hromady kletí, ale i k vzorku vedlejšímu.

2.2.2 Extrakce půdních živočichů ze vzorků

Po odběru jsme půdní vzorky převezli do pedobiologické laboratoře katedry ekologie a životního prostředí Univerzity Palackého. Zde byly půdní vzorky uloženy do Tullgrenových extraktorů (TUF a TVARDÍK 2005) (obr. 6). Tepelná extrakce půdních vzorků probíhala dva týdny do úplného vyschnutí substrátu. Vyextrahované a ve formaldehydu zakonzervované živočichy jsme z latoru scedili přes síto a vložili do plastových nádobek s 0,5% roztokem formaldehydu.



Obrázek 4: Odběrová plocha se smrkovým kletím.



Obrázek 5: Odběrová plocha bez kletí.



Obrázek 6: Tullgrenovy extraktory.

2.2.3 Zpracování vyextrahovaných vzorků

Po extrakci živočichů z půdy bylo mým úkolem je roztrdit do řádů. K práci jsem používal binokulární lupu STM 721, která umožňuje až 40násobné zvětšení, což mi velice pomohlo. Jednotlivé zástupce každého řádu z každého jednoho vzorku jsem dával do společné zkumavky, následně jsem počty zástupců každého řádu evidoval do tabulek v programu Microsoft Excel. Každý vzorek je tedy charakterizován tabulkou, kde jsou uvedeny všechny nalezené řády a také

počet zástupců těchto řádů. U všech vzorků jsem poté vypočítal počet řádů. Také u obou lokalit jsem počítal, kolik se zde celkově nacházelo zástupců každého z řádu s ohledem na to, zda byly pod klestím nebo mimo něj.

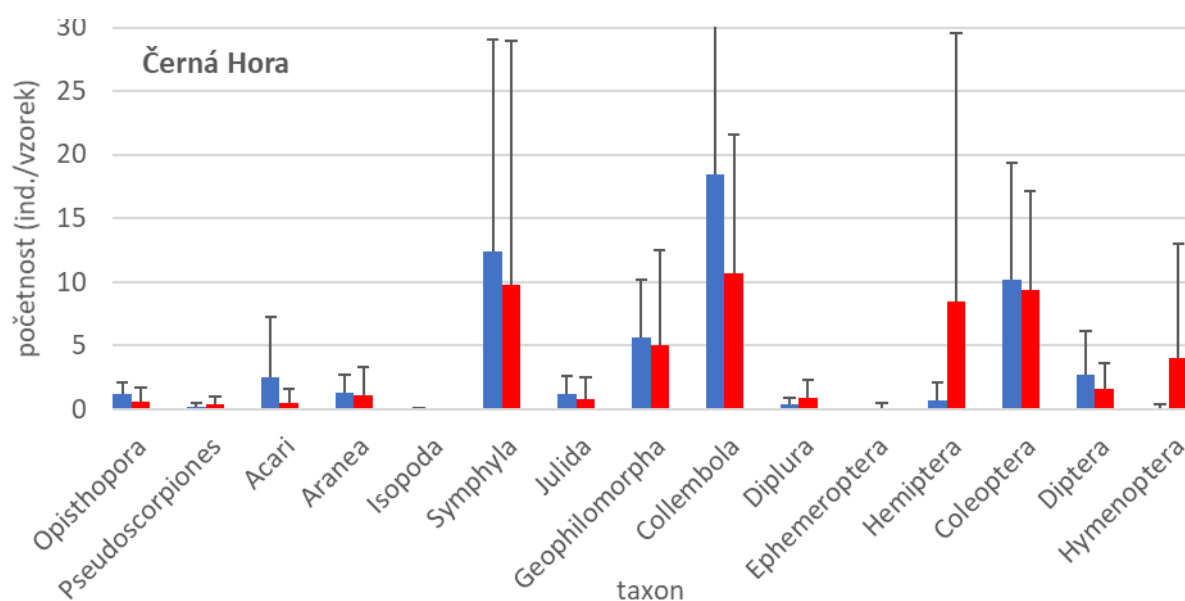
2.2.4 Statistická analýza dat

Nejprve jsem zjištěné údaje rozdělil na závislé (druhová data) a nezávislé (enviromentální data). Data ve všech třech analýzách jsem analyzoval pomocí kanonické korespondenční analýzy (CCA). Za pomoci forward selection jsem vybral statisticky významné faktory (dřevo, výška kupy). Následně jsem vytvořil ordinační diagram znázorňující závislost jednotlivých taxonů na XY a biplot znázorňující taxony signifikantně závislé na přítomnosti dřeva.

3 VÝSLEDKY

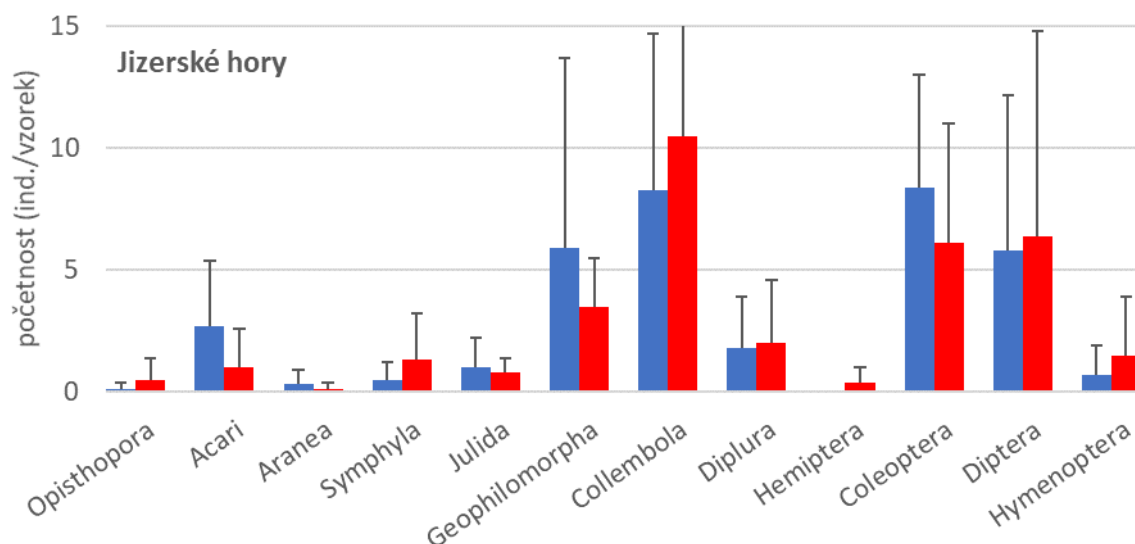
Dohromady bylo z obou lokalit vyextrahováno 2744 jedinců náležících do 15 řádů. Na lokalitě Černá Hora jsem našel 15 řádů, na lokalitě Jizerské hory bylo nalezeno 12 řádů. Z této lokality byl poloviční počet vzorků (20 vzorků), než na lokalitě Černá Hora (40 vzorků).

Ze vzorků z lokality Černá Hora bylo vyextrahováno celkem 2146 živočichů z 15 různých řádů (obr. 7). U 11 řádů byl větší výskyt jedinců pod klestím. Největší zastoupení zde měl řád chvostoskoci, kterých bylo dohromady 564, z toho bylo 351 jedinců pod klestím. Dále můžeme vidět velké zastoupení řádů jako, stonoženky (431, z toho 235 pod klestím), brouci (381, z toho 193 pod klestím) a zemivky (208 kusů, z toho 107 pod klestím). Naopak nejméně početné byly řady stejnonožci (2 kusy) a jepice (2 kusy). Řád blanokřídlých měl nerovnoměrnou distribuci na plochách, jednalo se zejména o mravence, u kterých můžeme předpokládat výskyt v mraveništích, proto se na určitých odběrových plochách nevyskytovali vůbec a nebo naopak v desítkách kusů, podle toho zda jsem narazili na mraveniště.



Obrázek 7: Graf s průměrnými abundancemi jednotlivých řádů z lokality Černá Hora. Modře abundance pod klestím, červeně abundance v kontrolním vzorku.

Ze vzorků z lokality Jizerské hory bylo vyextrahováno celkem 598 jedinců náležících do 12 řádů (obr. 8). U 5 řádů byl větší výskyt jedinců pod klestím. Největší zastoupení zde měly řady jako chvostoskoci (159, z toho 75 pod klestím), brouci (125, z toho 76 pod klestím) a řád dvojkřídlí (110, z toho 52 pod klestím). Nejmenší zastoupení zde měly řady polokřídlí (3 kusy) a pavouci (4 kusy).



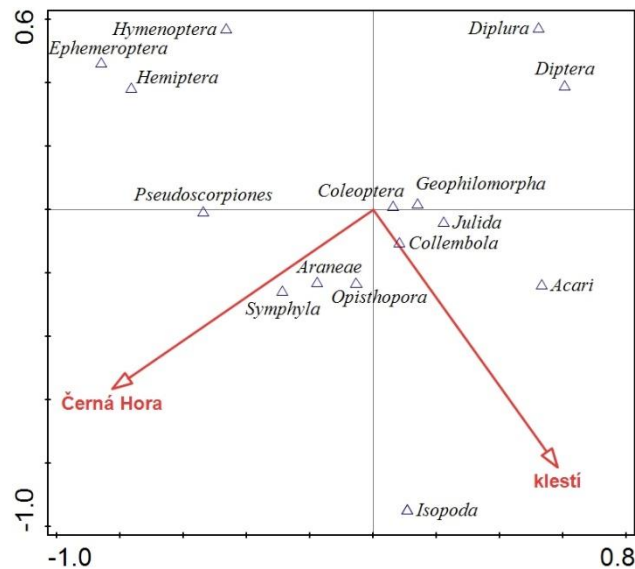
Obrázek 8: Graf s průměrnými abundancemi jednotlivých řádů z lokality Jizerské hory. Modře abundance pod klestím, červeně abundance v kontrolním vzorku.

Pro zhodnocení výsledků z Černé Hory a Jizerských hor mnohorozměrnou metodou byl sestaven model pomocí kanonické korespondenční analýzy (obr. 9) který je signifikantní (pseudoF = 3,0, $p = 0,002$) a vysvětluje 10,6 % variability v druhových datech. Obě dvě environmentální proměnné (lokalita, konkrétně Černá Hora, a přítomnost klestí) byly signifikantně významné pro predikci distribuce půdních bezobratlých. Významnější byla lokalita (pseudoF = 3,3, $p = 0,002$), přičemž stonožky, žížaly a pavouci byly početnější ve vzorcích z Černé Hory, zatímco vidličnatky a dvojkřídli byli početnější ve vzorcích z Jizerských hor. Přítomnost klestí signifikantně (pseudoF = 2,7, $p = 0,002$) ovlivňovala pravděpodobnost výskytu stejnonožců a roztočů v půdních vzorcích, zatímco kontrolní vzorky obývali hojněji polokřídli, blanokřídli a jepice.

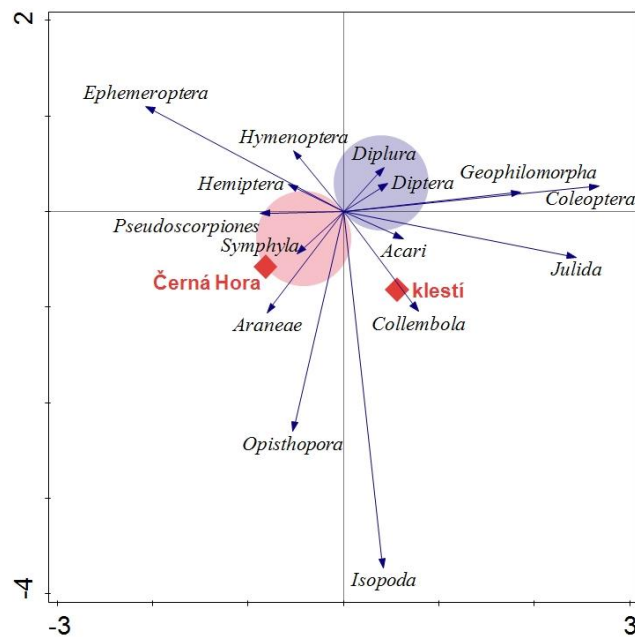
Na (obr.10) vidíme graf, kde v červeném kruhu končí šipky řádů, které se signifikantně vyskytovaly v lokalitě Černá Hora, jedná se pouze o řád stonožky. V modrém kruhu končí šipky řádů, které se signifikantně vyskytovaly na lokalitě Jizerské hory. Jedná se zejména o řády dvojkřídli a vidličnatky.

Separátní analýza vzorků z Černé Hory (obr. 11) byla provedena pomocí CCA modelu, který byl signifikantní (pseudoF = 2,2, $p = 0,002$) a vysvětloval 16 % variability v druhových datech. Z grafu je zřejmé, že pod hromadami klestí byli s větší pravděpodobností (pseudoF = 2,1, $p = 0,02$) zastoupeni stejnonožci, roztoči, žížaly a mnohonožky, zatímco jepice se hromadám klestí vyhýbaly. Vyšší hromady klestí (či jejich blízkost) byla atraktivní

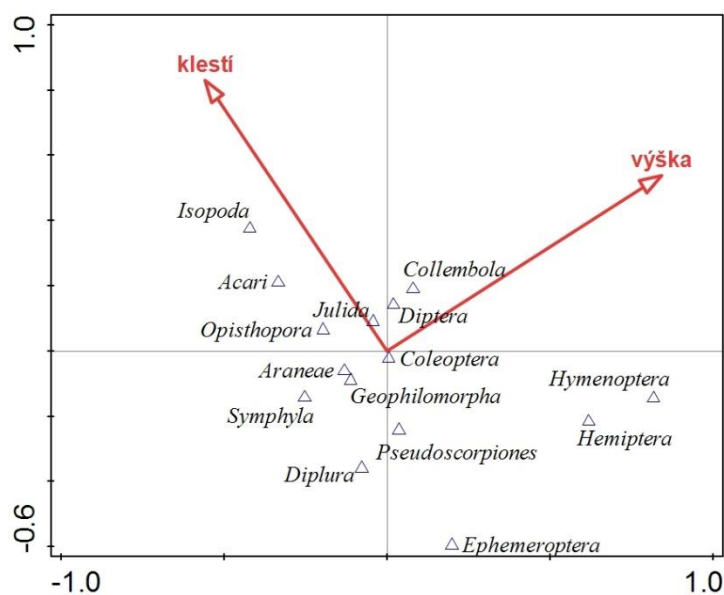
(pseudoF = 3,0, p = 0,002) pro chvostoskoky. Tyto výsledky bylo možné testovat pomocí t-testu (obr. a obr.), chvostoskoci a blanokřídílí preferovali vysoké hromady dřeva, respektive jejich přítomnost, naproti tomu stonoženky byly signifikantně početnější mimo u hromad nízkých. Nepřítomnost klesť nad vzorkem signifikantně predikovala výskyt blanokřídílých a polokřídílých.



Obrázek 9: CCA biplot mnohorozměrné analýzy výsledků z obou odběrových lokalit dohromady.

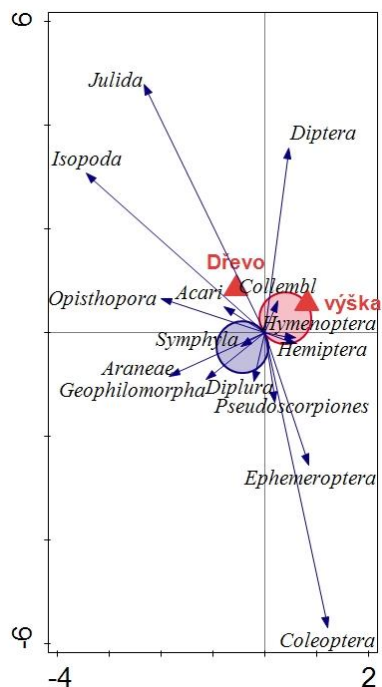


Obrázek 10: CCA biplot s výsledky t-testu vlivu přítomnosti klesť na distribuci půdních bezobratlých ve vzorcích z obou lokalit. Šipky končící v barevném poli označují distribuci taxonu signifikantně ovlivněného.

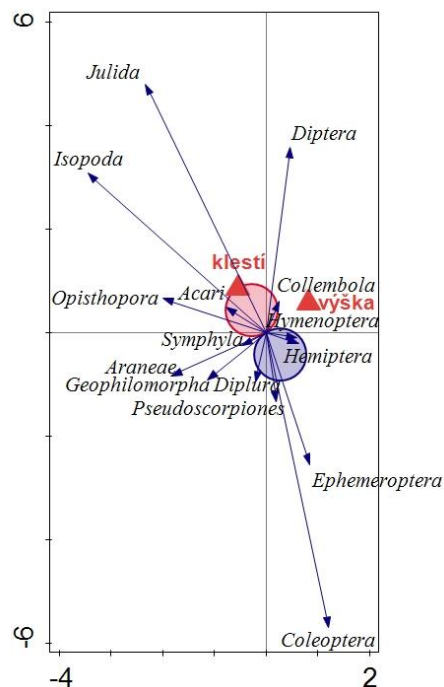


Obrázek 11: CCA biplot mnohorozměrné analýzy výsledků z lokality Černá Hora.

Z (obr. 12) je patrné, že u řádů, jako chvostokoci a blanokřídlí byl signifikantní výskyt ve vyšším klestí. Naopak stonožky se signifikantně vyskytovaly v půdě s menší výškou klestí. Šipky končící v barevném poli označují distribuci taxonu signifikantně ovlivněného.



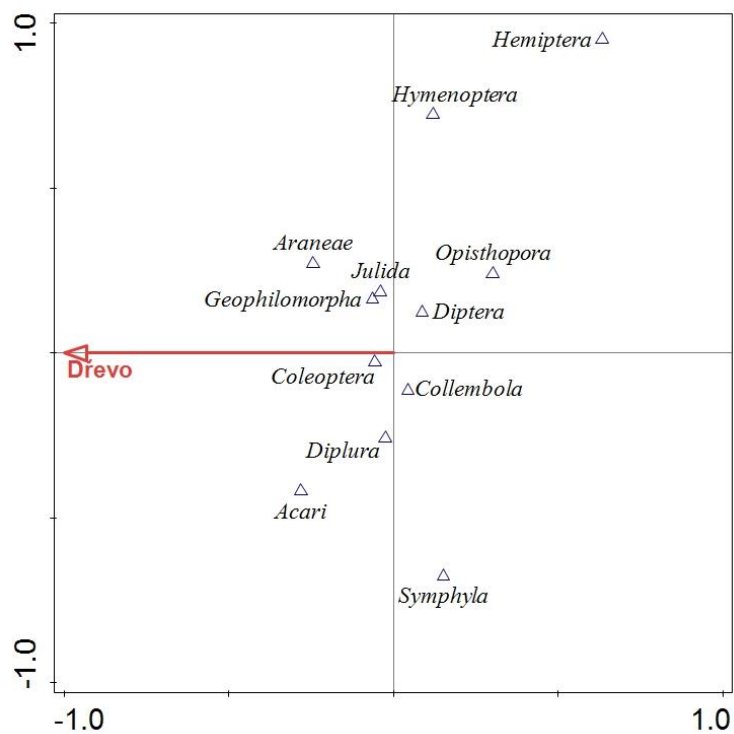
Obrázek 12: CCA biplot s výsledky t-testu vlivu výšky klestí na distribuci půdních bezobratlých ve vzorcích z lokality Černá Hora.



Obrázek 13: CCA biplot s výsledky t-testu vlivu přítomnosti klestí na distribuci půdních bezobratlých ve vzorcích z lokality Černá Hora.

Z (obr. 13) vidíme, že v lokalitě Černá Hora signifikantně souvisely s klestím řády roztoči. Naopak řády blanokřídlí a polokřídlí se signifikantně vyskytovali tam, kde se nenacházelo klestí.

Pro distribuci půdních bezobratlých ve vzorcích z Jizerských hor nebylo možné vytvořit žádný signifikantní model. Na lokalitě Jizerské hory nebyly prokázány řády, které by poukazyvaly na závislost přítomnosti mrtvého dřeva (obr. 14).



Obrázek 14: CCA biplot mnohorozměrné analýzy výsledků z lokality Jizerské hory.

4 VYUŽITÍ V DIDAKTICE

Vybrané téma bych osobně zařadil, dle Rámcového vzdělávacího programu pro gymnaziální vzdělání, do vzdělávací oblasti biologie, konkrétně do vzdělávacího obsahu ekologie, učivo podmínky života. Nebo se také dá využít v oblasti biologie živočichů, zde vybrané téma patří do učiva živočichové a prostředí. V septimě na gymnáziu bych zařadil vybrané téma do výuky pro objasnění základních ekologických vztahů. Případně by se dalo toto téma využít při výuce v oblasti bezobratlých. Z této práce lze demonstrovat rozmanitost života v půdě. V rámci výuky bych vyčlenil aspoň polovinu vyučovací hodiny, také bych zařadil pracovní list na téma rozklad dřeva a půdní živočichové.

4.1 ROZBOR UČIVA

Téma: Mrtvé dřevo a půdní živočichové

Výukové cíle: Žák odpoví na otázky v cvičení č.1, dále zaškrtně správné odpovědi v č.2, ve cvičení č.3 odpoví na otázku a v posledním cvičení č.4 popíše obrázky.

Klíčové kompetence:

- Kompetence k učení: Žák je schopen na základě prezentace a obrázků poznat základy důležitosti dřeva v přírodě a půdní faunu.
- Kompetence k řešení problémů: Žák je schopen odůvodnit význam mrtvého dřeva, dále má přehled o vyskytujících se půdních fauně.
- Kompetence komunikativní: Žák je schopen srozumitelně odpovídat na obecné informace významu mrtvého dřeva v přírodě a také má informace týkající se půdní fauny.

Vyučovací metody, organizační forma výuky:

- Metoda motivační: ukázka obrázků v prezentaci
- Metoda slovní: využití prezentace a zápisu z tabule
- Organizační forma výuky: samostatná práce dle informací z výkladu učitele a prezentace, doplnění pracovního listu

4.2 PRAKTICKÝ VÝSTUP

K tomuto tématu jsem vypracoval 2 strany pracovního listu, které slouží žákům k doplnění probírané látky. Na první straně se nachází cvičení, kde musí žák odpovědět na otázky, dále vybírá pravdivost výroků. Na druhé straně se nachází obrázky, které má žák za úkol popsat. Do následujících 5 stran je vložen vzor pracovního listu, jak ve verzi pro žáky, tak pro vyučující se správnými odpovědi.

PRACOVNÍ LIST: MRTVÉ DŘEVO A PŮDNÍ ŽIVOČICHOVÉ

(verze pro studenty)

1. Odpovídejte na otázky:

Popiš význam mrtvého dřeva v lesích.

Vyjmenuj aspoň 2 prvky, které vznikají při rozkladu dřeva a obohacují tím půdu.

Jak tlusté klestí mohou občané svobodně sbírat? (údaj uveďte v cm)

Jak dělíme půdní živočichy podle velikosti?

Vyjmenuj aspoň 3 řády bezobratlých živočichů závislých na přítomnosti mrtvého dřeva.

2. Určete, zda se jedná o pravdivé tvrzení (nehodící se škrtněte):

Detritosféra se nachází v bezprostředním kontaktu s biomasou na povrchu půdy. ANO × NE

Suché dřevo je útočištěm pro kůrovce. ANO × NE

Zastíněním půdy dochází k lepšímu zadržování vody. ANO × NE

Chvostoskoky řadíme do makrofauny. ANO × NE

Stonožky nepatří mezi karnivorní živočichy. ANO × NE

Mnohonožky patří mezi karnivorní živočichy. ANO × NE

Řád brouci (*Coleoptera*) je nejpočetnější ze všech řádů. ANO × NE

3. Odpovězte na otázku:

Proč je dobré zakládat hmyzí hotely?

4. Urči podle fotky živočicha na úrovni řádu:



Obrázek č.1:



Obrázek č.2:



Obrázek č.3:



Obrázek č.4:



Obrázek č.5:

Šimek M. a kol. 2019. Živá půda. Praha: Academia.

PRACOVNÍ LIST: MRTVÉ DŘEVO A PŮDNÍ ŽIVOČICHOVÉ

(verze pro vyučujícího)

1. Odpovídejte na otázky:

Popiš význam mrtvého dřeva v lesích.

OBOHACUJE PŮDU ŽIVINAMI. ZADRŽUJE VODU. SLOUŽÍ JAKO ÚTOČIŠTĚ PRO ŽIVOČICHY.

Vyjmenuj aspoň 2 prvky, které vznikají při rozkladu dřeva a obohacují tím půdu.

DUSÍK, SÍRA, FOSFOR

Jak tlusté klestí mohou občané svobodně sbírat? (údaj uveďte v cm)

DO 7 CM

Jak dělíme půdní živočichy podle velikosti?

MIKROFAUNA, MEZOFAUNA, MAKROFAUNA

Vyjmenuj aspoň 3 řády bezobratlých živočichů závislých na přítomnosti mrtvého dřeva.

BROUCI, MNOHONOŽKY, CHVOSTOSKOCI, STONOŽKY, DVOUKŘÍDLÍ

2. Určete, zda se jedná o pravdivé tvrzení (nehodící se škrtněte):

Detritosféra se nachází v bezprostředním kontaktu s biomasou na povrchu půdy. ANO × ~~NE~~

Suché dřevo je útočištěm pro kůrovce. ~~ANO~~ × NE

Zastíněním půdy dochází k lepšímu zadržování vody. ANO × ~~NE~~

Chvostoskoky řadíme do makrofauny. ~~ANO~~ × NE

Stonožky nepatří mezi karnivorní živočichy. ~~ANO~~ × NE

Mnohonožky patří mezi karnivorní živočichy. ~~ANO~~ × NE

Řád brouci (*Coleoptera*) je nejpočetnější ze všech řádů. ANO × ~~NE~~

3. Odpovězte na otázku:

Proč je dobré zakládat hmyzí hotely?

SLOUŽÍ JAKO OBYDLÍ PRO MNOHO DRUHŮ BEZOBRATLÝCH ŽIVOČICHŮ.

4. Urči podle fotky živočicha na úrovni řádu:



Obrázek č.1: mnohonožky



Obrázek č.2: pavouci



Obrázek č.3: zemivky



Obrázek č.4: stonožky



Obrázek č.5: brouci

5 DISKUZE

Z výsledků můžeme vidět, že přítomnost smrkového klestí měla vliv na zvýšený výskyt jedinců určitých řádů. Jednalo se zejména o řády roztoči, chvostokoci, dále také mnohonožky a stejnonožci. U všech těchto řádů byl zaznamenán větší výskyt v půdách pod hromadou klestí. Právě u řádů roztoči a chvostokoci jsem předpokládal zvýšený výskyt, protože jak uvádějí ve své knize ŠIMEK et al. (2019), pro tyto řády jsou rozhodující mikroklimatické faktory, jako je vlhkost půdy a teplota. Oba tyto řády preferují vyšší vlhkost a nižší teploty typické pro zastíněné půdy. V suchém prostředí vydrží pouze krátkou dobu a poté hynou. Zásadní vliv má také přítomnost detritu, kdy pro tyto řády je typické, že preferují místa s větším podílem odumřelé biomasy, která jim slouží jako potrava a útočiště. Naopak také byly zaznamenány řády, u kterých se vyskytl opačný pattern. Zejména řády blanokřídílí, polokřídílí a stonoženky vykazovaly větší četnost v půdách bez pokryvu klestí. Tyto výsledky samozřejmě mohou být mírně zkreslené z důvodu zkoumání dvou rozdílných lokalit. Obě odběrové lokality se nacházejí v rozdílných nadmořských výškách, vyskytují se zde rozdílné druhy půd, liší se také klima. Výskyt půdní fauny je tak ovlivňován i dalšími faktory, než jen přítomností nebo nepřítomností klestí.

Mohli jsme si také povšimnout, že u řádu blanokřídílých byl nejčastější výskyt mimo klestí. Jednalo se zejména o mravence. Práce VÉLE a HOLUŠI (2008), kteří zkoumali vliv rostlinného pokryvu mraveniště, ukazuje, že po vytrhání rostlin zastiňující mraveniště došlo k většímu výskytu mravenců. Prosvětlení mraveniště mělo pozitivní vliv na mravence. Je tedy pravděpodobné, že mravenci preferují nezastíněné plochy, z důvodu vyšší teploty. Jedinci, kteří byly nalezeni v půdě pod klestím mohli například hledat materiál pro výstavbu mraveniště. Tlející jehličí totiž může tvořit vhodný stavební materiál (ŠIMEK et al. 2019).

Dále jsem pozoroval větší výskyt řádu vidličnatek mimo klestí. BLASI et al. (2013), kteří zkoumali vliv disturbance půdy na půdní živočichy, přišli s výsledky, že řády jako vidličnatky, stonoženky a hmyzenky se vyskytovaly zejména v nenarušené půdě. V úvahu přichází fakt, že půda, na které bylo klestí, mohla být klestím určitým způsobem narušena, což vedlo k nižší četnosti řádu vidličnatek v půdě pod klestím.

Podobná práce SVOBODOVÉ (2020), která studovala význam mrtvého dřeva v lesích, ukázala, že zejména ve smrčinách má mrtvé dřevo zásadní vliv na výskyt plžů. Plži, kteří se v bukových lesích vyskytovali i mimo mrtvé dřevo se ve smrčinách nacházeli pouze na mrtvém dřevě, nejspíše proto, že půda ve smrčinách je kyselejší, než v bučinách a není vhodná pro tyto

živočichy. Mrtvé dřevo tak slouží jako lepší prostředí, než půda v těchto lesích. Také práce GRYC (2019), která zkoumala vliv hrabání lesní hrabanky na půdní faunu, uvádí, že po odebrání odumřelé biomasy z povrchu půdy ve formě lesní hrabanky došlo k úbytku živočichů na všech sledovaných plochách. Nejvíce byly postiženy plochy, kde byl odběr hrabanky na podzim, zřejmě z důvodu, že na podzim je méně srážek. Tyto půdy pak byly sušší, což mělo negativní vliv na půdní faunu. Také ZIELONKA (2006) klade velký důraz na mrtvé smrkové dřevo. V jeho práci uvádí, že v polohách kolem 1000 m n.m. vzniká z mrtvého smrkového dřeva nejlepší substrát pro klíčení smrkových semenáčků. Tento proces rozkladu však trvá 30 až 60 let.

ŠKORPÍK (1999) také podporuje myšlenku důležitosti mrtvé biomasy. Uvádí, že má zásadní vliv na lesní rozmanitost půdní fauny. DUDLEY a VALLAURI (2005) zjistili, že mrtvé dřevo v lesích může hostit až 25 % celkové lesní biodiverzity, jiné zdroje, jako například BOBIEC (2005), uvádějí 30 až 50 %. PAILLET et al. (2010) zjistil, že v neobhospodařovaných lesích je signifikantně více druhů mechorostů, lišejníků ale také saproxylických brouků, ptáků a netopýrů, nežli v lesích, které jsou upravovány lesnickým hospodařením.

Při omezeném výskytu nebo nedostatku odumřelé dřevní hmoty může dojít až k narušení přirozeného cyklu živin. Mnoho druhů, které se právě podílejí na rozkladu této dřevní hmoty, může být jejím nedostatkem výrazně ohroženo. Vymizením těchto živočichů může dojít k značnému narušení toku živin (SANIGA, SCHUTZ 2001). Také HOLEKSA (2001) uvádí, že pouze přirozený cyklus mrtvého dřeva v přirozených ale i hospodářských lesích zajišťuje zachování a obnovu biologické diverzity našich lesů.

6 ZÁVĚR

Přítomnost odumřelého smrkového klestí je důležitá pro roztoče a chvostoskoky. Přítomností klestí se v půdě tvoří specifické mikroklima, které napomáhá přežít těmto živočichům. Typická je větší vlhkost a nižší teplota. Dnes máme i díky dalším výzkumům jasný důkaz toho, že mrtvé dřevo v lesích většinou prospívá, díky většímu obsahu v lesích se může zvýšit počet hmyzu, kterého, jak víme, v dnešních dobách rapidně ubývá. Mnohé studie také prokázaly, že je v lesích mrtvého dřeva málo. Dle mého názoru je dřevo jedním z nejzákladnějších materiálů na Zemi. I po odumření části nebo celého jedince, dojde k využití každé dřevní buňky ostatními organismy, dochází tak k tokům energie, které jsou zásadní pro život na Zemi.

Teď je tedy pouze na nás, zda se budeme snažit zachovávat aspoň určité množství mrtvého dřeva, nebo ho budeme odvážet. Můžeme však s jistotou říci, že ponecháním mrtvého dřeva na mýtině lesu určitě neuškodíme, spíše naopak pomůžeme zachování diverzity organismů. Studie by zasloužila rozsáhlejší vzorkování nebo vyhodnocení na druhové úrovni.

7 LITERATURA

- Begon M., Harper J. L., & Townsend C. R. 1986. Ecology. Individuals, populations and communities. Blackwell scientific publications.
- Blasi S., Menta C., Balducci L., Conti F. D., Petrini E., & Piovesan G. 2013. Soil microarthropod communities from Mediterranean forest ecosystems in Central Italy under different disturbances. *Environmental monitoring and assessment*, 185(2), 1637-1655.
- Bobiec A. (ed.) 2005. The after life of a tree. Warsaw, WWF Poland: 252 s.
- Brady N. C., Weil R. R., & Weil R. R. 2008. The nature and properties of soils. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.
- Demek J. a kol. 1987: Hory a nížiny. Zeměpisný lexikon ČSR. Praha.
- Deván P. 2000. Príspevok k poznaniu dážďoviek (Oligochaeta, Lumbricidae) Bielych Karpát. *Sborn. Přírod. Klubu Uherské Hradiště* 5: 110–114.
- Doležalová K., & Horák J. 2010. Společenstva bezobratlých vázaná na mrtvé dřevo. *Lesnická práce*, 9(593/25)
- Graham S. A. 1925. The felled tree trunk as an ecological unit. *Ecology*, 6(4), 397-411.
- Gryc I. 2018. Vliv hrabání opadu na společenstva půdní fauny. Bakalářská práce, PDF UP.
- Heilmann-Clausen J., & Christensen M. 2004. Does size matter?: on the importance of various dead wood fractions for fungal diversity in Danish beech forests. *Forest ecology and management*, 201(1), 105-117.
- Holeksa J. 2001. Coarse woody debris in a Carpathian subalpine spruce forest. *Forstwissenschaftliches Centralblatt vereinigt mit Tharandter forstliches Jahrbuch*, 120(1), 256-270.
- Jankovský L., Tomšovský, M., Beránek, J., & Lička, D. 2006. Analýza postupů ponechávání dřeva k zetlení z hlediska vlivu na biologickou rozmanitost. *Studie MŽP ČR*.
- Javorek V. 1968. Kapesní atlas brouků s určovacím klíčem vyobrazených druhů. Praha: SPN.
- Küffer N., Gillet, F., Senn-Irlet B., Job D., & Aragno M. 2008. Ecological determinants of fungal diversity on dead wood in European forests. *Fungal Diversity*, 30, 83-95.
- Kuzyakov Y., Friedel J. K., & Stahr K. 2000. Review of mechanisms and quantification of priming effects. *Soil Biology and Biochemistry*, 32(11-12), 1485-1498.
- Lavelle P., & Pashanasi, B. 1989. Soil macrofauna and land management in Peruvian Amazonia (Yurimaguas, Loreto). *Pedobiologia (Jena)*, 33(5), 283-291.
- Lavelle P., Blanchart E., Martin A., Spain A. V., & Martin S. 1992. Impact of soil fauna on the properties of soils in the humid tropics. *Myths and Science of Soils of the Tropics*, 29, 157-185.
- Lepšová A., & Matějka K. 2010. Tlející dřevo a společenstva makromycet podél výškového gradientu na Šumavě. Průběžná zpráva za řešení projektu 2B06012 Management

- biodiversity v Krkonoších a na Šumavě v roce 2009. http://www.infodatasys.cz/biodivkrsu/rep2009_makromyc.pdf.
- Maser C. 1984. The seen and unseen world of the fallen tree (Vol. 164). Pacific Northwest Forest and Range Experiment Station, US Department of Agriculture, Forest Service.
- Němeček J. 2001. Taxonomický klasifikační systém půd České republiky. Praha: Česká zemědělská univerzita.
- Paillet Y., & Bergès L. Hjältén J Odor P, Avon C, Bernhardt-Römermann M, et al. 2010. Biodiversity differences between managed and unmanaged forests. Meta-analysis of species richness in Europe. *Conservation Biology*, 24, 101-112.
- Prát, S., Čatskya, J., & Melichar, O. 1957. Vliv humosových latek (oxyhumolitu) na rostliny. *Acta Societatis Botanicorum Poloniae*, 26(2), 325-347.
- Rusek, J. 2000. Bohatost a rozmanitost života v půdě. *Živa*, 1, 25-27.
- Saniga, M., & Schütz, J. P. 2001. Dynamics of changes in dead wood share in selected beech virgin forests in Slovakia within their development cycle. *Journal of Forest Science*, 47(12), 557-565.
- Schwarze F. W., Engels J., & Mattheck C. 2013. Fungal strategies of wood decay in trees. Springer Science & Business Media.
- Svobodová K. 2020. Úloha mrtvého dřeva pro zachování diverzity lesní malakofauny.
- Šimek M. et al. 2019. Živá půda. Praha: Academia.
- Škorpík M. 1999. Odumřelé dřevo jako mikrobiotop významných druhů hmyzu. In: Vrška T. (ed.): Význam a funkce odumřelého dřeva v lesních porostech. Sborník příspěvků ze semináře. Znojmo, Správa národního parku Podyjí: 107–119.
- Tuf I. H., & Tvardík, D. 2005. Heat-extractor—an indispensable tool for soil zoological studies. *Contributions to Soil Zoology in Central Europe I*. Institute of Soil Biology, ASCR, České Budějovice, 191-194.
- Vacek S. 1982. Ekologické aspekty dekompozice biomasy v autochtonních ochranných smrčínách. *Zprávy lesnického výzkumu*, 27(2), 5-11.
- Vacek S. 1999. Ekologické aspekty dekompozice dřeva v autochtonní smrčíně. Význam a funkce odumřelého dřeva v lesních porostech. Sborník příspěvků ze semináře s exkurzí konaného, 8(9), 49-60.
- Véle A., & Holuša J. 2008. Impact of vegetation removal on the temperature and moisture content of red wood ant nests. *Insectes sociaux*, 55(4), 364-369.
- Wheater C. P., & Read H. J. 1996. *Animals under logs and stones*. Richmond Publishing Company Ltd.
- Zahradníková P. Z. M. 2015. Vliv likvidace klestu po těžbě dříví na populační hustotu lýkožrouta lesklého *Pityogenes chalcographus* (L.)(Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae). *Zprávy lesnického výzkumu*, 60(3), 188-193.
- Zákon č. 289/1995 Sb.- Lesní zákon
- Zielonka T. 2006. When does dead wood turn into a substrate for spruce replacement? *Journal of Vegetation Science*, 17 (6): 739–746. DOI: 10.1111/j.1654-1103.2006.tb02497.x

8 SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obrázek 4: Mapa odběrových lokalit.</i>	<i>str. 7</i>
<i>Obrázek 5: Mapa odběrové lokality Černá Hora.</i>	<i>str. 8</i>
<i>Obrázek 6: Mapa odběrové lokality Jizerské hory.</i>	<i>str. 8</i>
<i>Obrázek 4: Odběrová plocha se smrkovým klestím.</i>	<i>str. 10</i>
<i>Obrázek 5: Odběrová plocha bez klestí.</i>	<i>str. 10</i>
<i>Obrázek 6: Tullgrenovy extraktory.</i>	<i>str. 10</i>
<i>Obrázek 7: Graf s průměrnými hodnotami jednotlivých řádů z lokality Černá Hora</i>	<i>str. 12</i>
<i>Obrázek 8: Graf s průměrnými hodnotami řádů z lokality Jizerské hory.</i>	<i>str. 13</i>
<i>Obrázek 9: CCA biplot mnohorozměrné analýzy výsledků z obou odběrových lokalit dohromady.</i>	<i>str. 14</i>
<i>Obrázek 10: CCA biplot s výsledky t-testu vlivu přítomnosti klestí na distribuci půdních bezobratlých ve vzorcích z obou lokalit. Šipky končící v barevném poli označují distribuci taxonu signifikantně ovlivněného.</i>	<i>str. 14</i>
<i>Obrázek 11: CCA biplot mnohorozměrné analýzy výsledků z lokality Černá Hora.</i>	<i>str. 15</i>
<i>Obrázek 12: CCA biplot s výsledky t-testu vlivu výšky klestí na distribuci půdních bezobratlých ve vzorcích z lokality Černá Hora.</i>	<i>str. 15</i>
<i>Obrázek 13: CCA biplot s výsledky t-testu vlivu přítomnosti klestí na distribuci půdních bezobratlých ve vzorcích z lokality Černá Hora.</i>	<i>str. 15</i>
<i>Obrázek 14: CCA biplot mnohorozměrné analýzy výsledků z lokality Jizerské hory.</i>	<i>str. 16</i>