

Univerzita Palackého v Olomouci
Přírodovědecká fakulta
Katedra ekologie a životního prostředí



Stonožky lesních ploch postižených vichřicí

Eva Navrátilová

Bakalářská práce

předložená

na Katedře ekologie a životního prostředí
Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého v Olomouci

jako součást požadavků

na získání titulu Bc. v oboru

Ekologie a ochrana životního prostředí

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

Olomouc 2020

Bibliografická identifikace

Navrátilová, E. (2020): Stonožky lesních ploch postižených vichřicí. Bakalářská práce, Katedra ekologie a životního prostředí, Přírodovědecká fakulta, Univerzita Palackého v Olomouci. 45 stran, 3 přílohy, v češtině.

Abstrakt

Předkládaná práce se zabývá srovnáním společenstev stonožek na jednotlivých lokalitách postižených vichřicí v oblasti Vysokých Tater a výzkumné lokality ve Velké Fatře. Materiál se sbíral pomocí dlouhodobě exponovaných zemních pastí a tepelné extrakce půdních vzorků. Sběry ze zemních pastí proběhly v letech 2006–2013 a odběry půdních vzorků v letech 2008–2012. Celkově se podařilo získat 986 jedinců patřících do 14 druhů. Srovnávala se společenstva lesních ploch, společenstva polomů a společenstva pasek. Jako environmentální proměnné se použil charakter plochy, přítomnost brusnice (*Vaccinium*) a třtiny (*Calamagrostis*). Z nasbíraného materiálu se zjistilo, že početnost stonožek na polomech a na pasekách se výrazně nelišila. Významný vliv měla přítomnost třtiny rostoucí převážně na pasekách. Na lokalitě ve Velké Fatře, která leží níže, byla větší početnost v lese.

Klíčová slova: společenstvo, Chilopoda, Lithobiomorpha, Geophilomorpha, Vysoké Tatry

Bibliographical identification

Navrátilová, E. (2020): Centipedes of forest sites destroyed by windthrow. Bachelor's Thesis, Department of Ecology and Environmental Sciences, Faculty of Science, Palacky University of Olomouc. 45 pp., 3 Appendices, in Czech.

Abstract

The aim of my study was comparison of centipede communities on selected sites in areas damaged by strong wind in Vysoké Tatry and a couple of sites in Velká Fatra. Centipedes were collected by long-term exposed pitfall traps (2006–2013) and heat extraction of soil samples (2008–2012). Forest communities, windthrow site with extracted trunks and non-managed windthrow sites communities were compared. A total number of 986 individuals belonging to 14 species were caught. The environmental variables used for explanation of patterns in species distribution were the type of the site, the presence of *Vaccinium* and presence of *Calamagrostis*. Abundances were lower in forests and did not differ significantly between windthrow sites with different management. The presence of *Calamagrostis* (growing mostly on the clearings) had a significant influence on centipede communities. At the Velká Fatra site situated in lower altitude, higher centipede abundance was found in forest area comparing to clearing site.

Key words: community, Chilopoda, Lithobiomorpha, Geophilomorpha, High Tatras

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracovala samostatně pod vedením doc. Tufa a jen s použitím citovaných literárních pramenů.

V Olomouci, dne 24. července 2020

.....

podpis

Obsah

Seznam tabulek	vii
Seznam obrázků	viii
Seznam zkratek	ix
Poděkování	x
1. Úvod	1
1.1. Vysoké Tatry	4
1.2. Charakteristika modelové skupiny	6
2. Cíl práce	10
3. Materiál a metody	11
3.1. Lokality	11
3.1.1. Danielov dom	11
3.1.2. Jamy	12
3.1.3. Pod Ostrvou	12
3.1.4. Smrekovec	12
3.1.5. Zruby	13
3.1.6. Smrekovica	14
3.2. Vzorkování stonožek na experimentálních plochách	14
3.2.1. Faktory ovlivňující efektivitu zemních pastí	16
3.3. Determinace	17
3.4. Statistické metody	18
4. Výsledky	19
4.1. Přehled získaného materiálu	19
4.2. Charakteristika zastižených druhů	20
4.3. Porovnání společenstev	24
4.4. Distribuce stonožek	29
5. Diskuze	33
5.1. Srovnání společenstev	34
6. Závěr	37
7. Literatura	38
8. Přílohy	44

Seznam tabulek

Tabulka 1: Celkový přehled zastižených druhů stonožek na všech lokalitách.	19
Tabulka 2: Celkový počet jedinců stonožek ze zemních pastí (ZP) a půdních vzorků (PV) a počet odběrů ze zemních pastí (ZP) a půdních vzorků (PV) na daných lokalitách ve Vysokých Tatrách v období od r. 2006 až do r. 2013.	24
Tabulka 3: Procentuální zastoupení jednotlivých druhů stonožek na lokalitách.	26
Tabulka 4: Počet jedinců chycených do zemních pastí (ZP) a půdních vzorků (PV) v jednotlivých letech.	27

Seznam obrázků

Obrázek 1: Grafické znázornění počtu jedinců na jeden odběr z každé lokality. První sloupec v dané dvojici představuje počet jedinců sesbíraných pomocí zemních pastí (ZP), druhý sloupec představuje počet jedinců odebraných pomocí metody tepelné extrakce půdních vzorků (PV).....	25
Obrázek 2: Porovnání počtu jedinců jednotlivých druhů na experimentálních lokalitách.	28
Obrázek 3: CCA biplot distribuce stonožek z celkového materiálu z Vysokých Tater. Environmentální faktory signifikantně predikující početnosti stonožek jsou znázorněny větším tučným fontem. Pro zkratky druhů viz Přílohy.....	29
Obrázek 4: CCA biplot distribuce stonožek vzorkovaných pomocí metody půdních vzorků odebraných ve Vysokých Tatrách. Environmentální faktory signifikantně predikující početnosti stonožek jsou znázorněny větším tučným fontem. Pro zkratky druhů viz Přílohy.....	30
Obrázek 5: CCA biplot distribuce stonožek pomocí metody zemních pastí instalovaných ve Vysokých Tatrách. Environmentální faktory nejsou signifikantní. Pro zkratky druhů viz Přílohy.....	31
Obrázek 6: PCA biplot distribuce stonožek pomocí metody zemních pastí instalovaných ve Velké Fatře. Tmavě zelené body představují vzorky z lesa, světle zelené prezentují vzorky z paseky.....	32
Obrázek 7: Lokality ve Vysokých Tatrách: 1. Pod Ostrvou, 2. Smrekovec, 3. Danielov dom, 4. Zruby, 5. Jamy.	45
Obrázek 8: Experimentální lokality na Slovensku. Modré značení – lokalita Smrekovica. Červené značení – lokality viz Příloha 2.	45

Seznam zkratk

ČR	Česká republika
D, EXT	lokalita Danielov dom, polomová plocha s odtěženým dřevem a výsadbou dřevin
J, NEX	lokalita Jamy, kalamitní plocha ponechaná samovývoji, s neodklizeným polomem
OS	lokalita Pod Ostrvou, dlouhodobě netěžený les, nepoškozený vichřicí
PV	půdní vzorek
S, REF	lokalita Smrekovec, kontrolní lokalita, hospodářský les nepoškozený vichřicí
Z, FIR	lokalita Zruby, odtěžená plocha zasažená vichřicí a požárem
ZP	zemní past

Poděkování

Na tomto místě bych chtěla především poděkovat mému vedoucímu bakalářské práce doc. Ivanu H. Tufovi za odborné vedení, pomoc při determinaci a statistickém zpracování dat, a především za jeho trpělivost, ochotu a čas. Mé díky patří též doktoru Andreji Mockovi za poskytnutí materiálu a informací k daným lokalitám z Vysokých Tater. Velké poděkování patří mým rodičům za jejich podporu při mém dosavadním studiu. Ráda bych také chtěla poděkovat svému příteli a také všem, kteří mě podporovali při psaní.

1. Úvod

Lesy patří mezi nejsložitější suchozemské ekosystémy (Samec 2012) produkující dřevní hmotu, kterou vytváří dřeviny stromovitého vzrůstu (Míchal 1999). Ve střední Evropě se nachází dva základní typy lesních biotopů, a to listnaté a smíšené lesy a horská smrková tajga (Míchal 1992a, Jeník et al. 2001).

Lesy jsou uspořádány do tzv. geobiocenóz: základní stavební jednotka opakovatelných stanovištních podmínek suchozemské přírody (Randuška et al. 1986). Jde o korelativní uspořádání živých a neživých složek ekosystému, se schopností udržovat rovnovážný stav indukci sukcese či shromažďování hmoty a energie (Samec a Formánek 2007). Funkci lesů podmiňují vnější a vnitřní vlivy prostředí. Vnitřní prostředí se tvoří mikroklimatem, mikrorelieфом, půdou a organismy (Randuška et al. 1986; Samec a Formánek 2007). Vnější prostředí ovlivňují činitelé, s nimiž si geobiocenóza vyměňuje látky a energii, jedná se například o atmosféru a podzemní vodu (Samec 2012). Stěžejním faktorem pro dynamiku celého ekosystému je mikrobiální činnost (Beare et al. 1995, Zak et al. 2003). Půdní biotopy patří mezi nejstabilnější a jejich výskyt závisí na dostupnosti organické hmoty, disturbancích při sesuvech či vývratech. Rostlinné kořeny a kolem nich utvořená biomasa (houby, bakterie, prvoci) představují hlavní zdroje organické hmoty (Samec 2008a).

Dynamika lesů

Les, jakožto biotop, má své trvání a je tvořen stromy, z nichž každý má svou životnost. Životní cykly se liší svojí délkou a ukončují se úmrtím stromu. Odumírání stromů probíhá jak individuálně, tak i plošně, na základě čehož se definuje malý či velký životní cyklus lesa. Lesy středoevropského typu mají charakter malého vývojového cyklu.

Malý vývojový cyklus

Probíhá v rámci klimaxu v maloplošném měřítku. Především je závislý na dlouhověkosti či krátkověkosti jednotlivých druhů dřevin a vhodného stanoviště (Machar 2009). Střídají se čtyři základní sukcesní stádia s deseti fázemi (Korpeľ 1989). V rámci vývoje lesa je důležité rozmístění jednotlivých stádií a fází v rámci plochy lesa.

První fáze začíná stádiem dorůstání, což je charakteristické maximální výškou, tloušťkou a věkovou diferenciací. Na lokalitě přibývá stromových jedinců, kteří mezi sebou konkurují o světlo a prostor. Druhé stádium je označované jako stádium zralosti, kdy různověký porost se podobá zralému hospodářskému lesu. Při stádiu rozpadu začínají nejstarší stromy vlivem svého věku odumírat a zvyšuje se podíl mrtvého dřeva. Poslední stádiem je obnova dřevin a výskyt nových semenáčků. Stádia malého vývojového cyklu se na malých plochách prolínají, proto bývá situace ve skutečnosti mnohem složitější (Míchal 1992a, Machar 2009).

Velký vývojový cyklus

Začíná na lesní půdě bez lesního porostu, procesem sekundární sukcese. Vyskytuje se typicky v jehličnatých (boreálních) lesích severní tajgy. Krátká vegetační doba a nedostatek tepla vedou k hromadění většího množství jehličí a surového humusu na lesní ploše. Jelikož jehličnatý porost zhoršuje stanoviště, je důležité, aby docházelo k destrukci lesa vlivem požáru nebo vichřice a následně k sukcesi. Opakovaný rozpad lesa je podmínkou pro trvalou existenci lesního prostředí (Machar 2009).

Pokud nedojde k tomuto procesu, ztratí les existenční podmínky a přemění se na bezlesé rašeliniště. Katastrofickým rozpadem lesního ekosystému (požár, vichřice) vznikne holina. Vlivem většího množství světla z okolí a tepla z půdy dochází k rychlejšímu rozkladu surového humusu a dřevní hmoty. Pro lesní dřeviny se obnoví příznivé podmínky a začne velký vývojový cyklus, který se stále opakuje v časovém horizontu staletí. Zabraňuje blokaci dostupných živin v surovém humusu a uvádí energomateriálové toky v lesním ekosystému do pohybu. Smrkové zmlazení se podsouvá pod přípravný les s převažující světlomilnou břízou (*Betula pendula*) a borovicí (*Pinus sylvestris*). Po disturbancích následuje ekologická sukcese vedoucí k obnově lesního prostředí (Míchal 1999).

Velký cyklus vytváří tři stádia, a to stádium přípravného lesa (přípravný les), stádium přechodného lesa (přechodný les) a stádium vrcholného, závěrečného lesa (vrcholný les, klimax) (Machar 2014).

Stádium přípravného lesa je spojené s expanzí pionýrských dřevin, a to především různých druhů bříz, osik, olší, borovic či modřínů. Přípravné dřeviny se vyznačují rychlým růstem, bohatou úrodou semen, nižší konkurenční schopností a krátkým věkem. U stádia přechodného lesa dochází ke kombinaci přípravných druhů dřevin a nově expandujících náročnějších druhů. Ve třetím stádiu postupně dochází k dorůstání klimaxových dřevin, které vytlačí přípravné dřeviny a úplně je nahradí.

Tlející dřevo vzniká stárnutím, odumíráním a rozkladem porostů v každém lese. Patří mezi přirozenou a nezbytnou součást ekosystému, poskytuje potravní zdroje a ekologické niky obrovskému množství organismů. Hlavní příčinu odumírání stromů v přírodě způsobuje konkurence sousedících stromů, věk starých jedinců nebo biotické či abiotické faktory (Míchal 1999).

1.1. Vysoké Tatry

Pohoří Tatry leží na Slovensku a v Polsku. Slovenská část se dělí na Západní Tatry, ležící v Žilinském kraji, a na Východní Tatry zabírající severozápadní část Prešovského kraje. Vysoké Tatry se rozprostírají na ploše 341 km² a délka hlavního hřebene činí 26 km. Vysoké Tatry spolu s Belianskými Tatrami tvoří dohromady Východní Tatry, společně se Západními Tatrami (jež zahrnují Červené vrchy, Liptovské Kopy, Liptovské Tatry, Osobitou, Roháče a Sivý vrch) pak tvoří Tatranský národní park – TANAP (Harmanec 2006).

Tatranský národní park byl vyhlášen zákonem Slovenské rady č. 11/1948 18. prosince 1948, a svoji platnost nabyl dne 1. ledna 1949. Území se vztahovalo jen na geomorfologickou jednotku Východní Tatry. Nařízením vlády se 6. února 1987 národní park rozrostl o území Západních Tater (Ďuračka 2008). Dnešní rozloha zaujímá 738 km². Jde o nejstarší a zároveň největší chráněný park na slovenském území (Martínek 2006), přilehlé ochranné pásmo se rozkládá na dalších 307 km². TANAP byl pro svoji faunu a flóru společně s polskou částí Tater vyhlášen organizací UNESCO v roce 1993 za Biosférickou rezervaci Tatry. Od roku 2004 je součástí sítě evropsky významných lokalit NATURA 2000 (Harmanec 2006).

Území Tatranského národního parku má protáhlý tvar od západu na východ. V Podtatranské kotlině se v nadmořské výšce 610 m n. m. nachází nejnižší poloha ochranného pásma. Naopak nejvyšší bod Gerlachovský štít leží v části Vysokých Tater s nadmořskou výškou 2 655 m n. m. (Vološčuk et al. 1994).

Větrná kalamita

Větrné kalamity se začaly sledovat ve Vysokých Tatrách od roku 1915. Největší větrná živelná pohroma udeřila 19. listopadu 2004. Vichřice zničila okolo 14 000 hektarů smrkového lesa o objemu 2 921 000 m³ dřeva (Ďuračka 2008).

Příčinou mohutné disturbance byla „tatranská bóra“, označována jako padavý studený vítr, která se v Tatrách vyskytuje. Důvodem takto rozsáhlé disturbance bylo stáří smrkových porostů, dlouhotrvající deště a mělký kořenový systém, který způsobuje vývraty stromů (Zielonka et al. 2009).

Větrná kalamita s sebou přinesla i pozitivní přínos pro tatranský les. Světломilnější druhy nejsou zastíňovány smrkem, a mají více prostoru pro svůj růst a vývoj. Lesy se díky tomu mohou stát odolnějšími proti příštím živelným pohromám (Ďuračka 2008).

Půda

Na většině území Tater nalezneme typické hnědé lesní a podzolové půdy, u vodních toků se vyskytují půdy glejové (Plesník 1971). Geologický substrát napomáhá vzniku humusovo-karbonátových půd. S rostoucí nadmořskou výškou přibývá více humusu, což je způsobeno menší aktivitou živočichů, nižším počtem organismů a chladným klimatem (Ďuračka 2008).

Flóra

Hlavní dřevinou rostoucí v tatranských lesích je smrk ztepilý (*Picea abies*), který převládá na celém území Slovenska s přirozeným výskytem v nadmořské výšce 900 m n. m. Tvoří smíšené lesní porosty, ve vyšších polohách pak zcela dominuje a vytváří horské smrčiny (Mezera et al. 1956). Dále zde rostou dřeviny jedle bělokoré (*Abies alba*), borovice lesní (*Pinus sylvestris*), borovice kleč (*Pinus mugo*) a modřínu opadavého (*Larix decidua*) (Ďuračka 2008).

Vitalita smrkových lesů v poslední době klesá. Smrkový les se hojně využívá k hospodářským účelům, a kromě antropogenního vlivu je dále ovlivňován přírodními disturbancemi, zejména klimatickými změnami (extrémní výkyvy počasí, sucho) (Renčo a Čerevková 2017), lesními požáry, vichřicemi (Šoltés et al. 2010) a početným stavem lýkožrouta smrkového (*Ips typographus*, Linnaeus 1758).

1.2. Charakteristika modelové skupiny

V živočišné říši patří členovci mezi nejpočetnější kmeny. Obrovské množství druhů a jejich vysoké abundance řadí členovce mezi nejvýznamnější skupiny živočichů. Na celé planetě bylo popsáno přes 1,3 milionu druhů a každoročně se popisují stovky dalších. Původ členovců sahá až do prvohor, přesněji se jejich vznik datuje do období před 600 až 500 miliony let (Kolibáč et al. 2019).

Členovci se dělí do čtyř žijících podkmenů: klepítkatci (Chelicerata), korýši (Crustacea), stonožkovci (Myriapoda) a šestinozí (Hexapoda). V systematickém řazení členovců hraje důležitou roli počet končetin a členění těla. Od ostatních živočichů se liší třemi důležitými znaky, těmi se myslí sklerotizovaná vnější kostra, nestejnomyrné článkování těla a článkované končetiny. Pokožku chrání kutikula. Jedinci se během růstu musejí svlékat, přičemž se s každým svléknutím mění velikost a vlastnosti těla (Buchar 1995).

Podkmen Myriapoda

Stonožkovci se člení do čtyř tříd, do nichž spadají stonožky (Chilopoda), mnohonožky (Diplopoda), stonoženky (Symphyla) a drobnušky (Paupoda). Charakteristickým znakem je protáhlé tělo (Hudec 2007), homonomně segmentovaný trup s velkým počtem článků a kráčivými končetinami (Sedlák 2002). Navíc stonožkovci nemají čelistní a pysková makadla (Křístek 2013).

Na světě existuje přibližně 13 000 druhů. Jedná se o kosmopolitně rozšířené suchozemské živočichy, žijící v půdě nebo v úkrytech (Sedlák 2002).

Předmětem této práce je třída stonožek (Chilopoda), jež se rozděluje do dvou podtříd (Sedlák 2002). Podtřída Notostigmophora obsahuje jediný řád Scutigeroforma (strašníci), podtřída Pleurostigmophora disponuje s řády Scolopendromorpha (stejnočlenky neboli stonohy), Lithobiomorpha (různočlenky), Geophilomorpha (mnohočlenky neboli zemivky) a Craterostigmomorpha (divnočlenky) (Růžička a Tuf 2006).

Třída Chilopoda

Stonožky mají zploštělé tělo, u něhož lze anatomicky zřetelně odlišit hlavu od členěného trupu. Obvykle se vyznačují hnědým, žlutým nebo rezavým zbarvením. U forem vyskytujících se na našem území se velikost těla pohybuje od 6 do 100 mm. Plochá hlava disponuje jedním párem jednoduchých tykadel, na bocích jsou jednoduchá očka (ocelli) (Křístek 2013), která u některých skupin úplně chybějí.

Stonožky patří mezi aktivní dravce, svou kořist usmrcují jedovými žlázami. Jedové žlázy se nachází v modifikovaných nohách prvního trupového článku (kusadlové nožky) a slouží k uchopení, znehybnění a usmrcení kořisti (Motyčka 2001). Ústní ústrojí se skládá z kusadel a dvou párů čelistí. Vpředu se ústní ústrojí vymezuje nepárovým horním pyskem (labrum). Kusadla (mandibulae) jsou silně sklerotizovaná. Žvýkácká destička má na sobě umístěné zoubky či hřebínky z plochých třásní nebo brv (Folkmanová 1959).

Na těle lze pozorovat otvůrky, kde ústí kožní žlázy (tzv. póry). Trup se skládá z několika částí, přesněji z hřbetního štítu (tergit), břišního štítu (sternit) a boční stěny se zřasenou blánou (pleurou), v níž jsou sklerotizované boční štítky (pleurity). Každý článek trupu navíc nese po jednom páru končetin (Folkmanová 1928). Samotná končetina se skládá z kyčle (coxa), velmi krátkého příkyčlí (trochanter), silného předstehna (prae-femur), dlouhého stehna (femur), štíhlé holeně (tibia) a dvou chodidlových článků (tarsus a metatarsus) s koncovým drápkem (praetarsus). Poslední kráčivé končetiny (vlečné nohy) bývají silnější a delší, na konci mají smyslové receptory umožňující zachycení kořisti (Folkmanová 1959). Poslední pár končetin slouží jako pohlavní nožky (gonopody). U zemivek a stonoh se pozorují rodičovské instinkty, kdy se samička stáčí kolem svých vajíček a následně nějaký čas pečuje o vylíhlá mláďata.

S více než třemi tisíci popsányými druhy se stonožky považují za velmi rozmanitou skupinu. Vyskytují se na všech kontinentech vyjma Antarktidy, nicméně několik druhů obývá subantarktické ostrovy. Žijí v lesní půdě, v hrabance, pod kameny, kůrou, ve spleti kořínků, v detritu, v sypkých a hrubozrnných půdách, starých pařezech, v jeskyních i v poušti. Největší druhové rozmanitosti dosahují v tropech a teplých oblastech. Důležitým faktorem pro výskyt stonožek je přiměřená vlhkost, proto najdeme stonožky nejvíce v údolích řek, potoků a v lesích všech nadmořských výšek (Neckařová 2009).

Potravu tvoří malí členovci a jiní bezobratlí, některé stejnočlenky a zemivky jsou však býložravé nebo saprofágní. Zemivky obvykle loví půdní kroužkovce (Tuf 2013).

Vývoj stonožek závisí na konkrétním druhu, přičemž jejich délka života se pohybuje mezi dvěma až třemi roky. Rozmnožování u stonožek probíhá dvěma způsoby. Epimorfni vývoj se projevuje u Geophilomorpha a Scolopendromorpha, kteří se líhnou s kompletním počtem tělních článků. Anamorfni vývoj je naopak známý u Lithobiomorpha a Scutigleromorpha, jejichž larva (pullus) má menší počet párů končetin než dospělec. Líhnutí probíhá po celý rok. Během následných svlékání se zvyšuje jak počet tělních článků a párů končetin, tak i počet tykadlových článků, oček a zoubků (Folkmanová 1959, Neckařová 2009).

Řád Lithobiomorpha

Různočlenky (neboli stonožky *sensu stricto*) se dělí do 1100 dosud popsáných druhů (Edgecombe a Giribet 2007), obvykle řazených do pouhých dvou čeledí (Hoffman 1982). V České republice žije 38 druhů (Tuf a Tajovský 2016).

Čeď Lithobiidae (974 druhů, v ČR 36) se vyskytuje převážně na severní polokouli (Evropa, Asie, Severní a Střední Amerika), zatímco čeď Henicopidae (122 druhů, v ČR 2) obývá hlavně jižní polokouli (Austrálie, Nový Zéland, Tasmánie, Chile) (Neckařová 2009). Nejběžnější stonožka vyskytující se v našich podmínkách je stonožka škvorová (*Lithobius forficatus*), žíví se hlavně drobnými bezobratlými (Neckařová 2009, Smrž 2013).

Různočlenky mají jednoduché oči, nebo zrakové ústrojí zcela chybí. U základny tykadel se nachází smyslový orgán – Tömösváryho orgán, jemuž se připisují nejrůznější funkce (vnímání chvění, vlhkosti či světla). Tělní články se liší svojí délkou, pravidelně se střídá délka hřbetních štítků, vždy krátký s delším. Různočlenky disponují pouze 15 páry kráčivých končetin, na posledním páru lze pozorovat pohlavní dvojtvárnost (Folkmanová 1959).

Samičí pohlavní nožky (gonopody) obsahují ostruhy s dorsolaterálními trnitými brvkami, které slouží k nošení vajíček (Dányi 2006). Koncový článek samičích gonopodů (tarsungulum – chodidlo s drápem) může být buď jednoduchý nebo se třemi hroty a slouží k zahrabání vajec do země, nikoli ke kopulaci (Folkmanová 1959).

Řád Geophilomorpha

Mnohočlenky neboli zemivky jsou nejrůznorodější skupinou, rozdělují se do 14 čeledí (Hoffman 1982) a obsahují okolo 1300 platných druhů (Edgecombe a Giribet 2007). V České republice se dokládá výskyt 30 druhů (Tuf a Tajovský 2016). V naší fauně se hojně vyskytuje zemivka dlouhorohá (*Geophilus flavus*) (Smrž 2013).

Jedná se o typické půdní živočichy rozšířené od tropických oblastí až po polární kruh (Neckařová 2009). Typickým znakem je extrémně dlouhý štíhlý trup, tělo obvykle bez pigmentace a vysoký počet párů končetin. Zemivky mají 27–191 párů končetin, a u druhů vyskytujících se na našem území lze pozorovat 31–83 párů končetin (Růžička a Tuf 2006). Půdní hmyz a kroužkovci tvoří hlavní část jejich potravy. Samice pečuje o vajíčka a nějakou dobu zůstává u vylíhlých mláďat (Motyčka 2001).

2. Cíl práce

Cílem mé práce byla determinace materiálu stonožek nasbíraného na vybraných experimentálních plochách ve Vysokých Tatrách v letech 2006–2013 a materiálu stonožek z výzkumné plochy ve Velké Fatře z let 2012–2013.

Na základě analýzy tohoto materiálu jsem chtěla zjistit, zda se liší společenstva stonožek v lese a na polomech. Případně také, zda lze tuto odlišnost vztáhnout k materiálu získanému konkrétní metodou.

Posouzení, které faktory charakterizující danou lokalitu mají vliv na výskyt stonožek, představovalo další cíl.

Poslední cíl se zaměřil na vyhodnocení materiálu z Velké Fatry a srovnání společenstva lesa a mýtiny.

3. Materiál a metody

3.1. Lokality

Sběr materiálu probíhal v letech 2006–2013 ve Vysokých Tatrách. Odběr vzorků se prováděl na pěti lokalitách, a to konkrétně na lokalitě Danielov Dom, Jamy, Pod Ostrvou, Smrekovec a Zruby. Sběr vzorků se provedl také na lokalitě Smrekovica, ležící v Žilinském kraji ve Velké Fatře. Dané lokality byly vybrány s ohledem na to, zda se jednalo o lesní plochu, polom či paseku:

- lesní plocha se považuje za místo hustě porostlé stromy se složitým ekosystémem;
- polom vzniká polámáním lesních porostů při působení nepříznivých činitelů (bořivý vítr, mokrý sníh či námraza), výsledkem jsou jednotlivé, plošné nebo skupinové zlomy;
- paseka nebo také mýtina se označuje pro území nezarostlé stromy nebo vykácenou část lesa.

3.1.1. Danielov dom

Lokalita Danielov dom má kód „D, EXT – plot with extracted wood“.

Jedná se o modřínový les po kalamitě, přesněji o polomovou plochu s odtěženým dřevem. Rozprostírá se nedaleko obce Nová Polianka, kontrolní lokalita od roku 2005. V roce 2006 se zde provedla výsadba dřevin (Čuchta et al. 2012).

Přízemní vrstvu pokrývá hustě rostoucí třtina chloupkatá (*Calamagrostis villosa*) a třtina rákosovitá (*Calamagrostis arundinacea*). V bylinném patře převažuje vrbovka úzkolistá (*Chamerion angustifolium*) (Šoltés et al. 2010).

První linie pastí začínala u cesty vysypané štěrkem a okraje linií se vyznačily na torzech stromů (Čuchta et al. 2012).

Zemní pasti byly instalovány na lokalitě v termínech: 20.05.2006–22.06.2006, 25.04.2007–01.07.2007, 02.07.2007–13.09.2007, 01.10.2008–29.04.2009, 07.10.2009–05.05.2010. Půdní vzorky se odebíraly: 01.10.2008, 02.10.2008, 06.10.2010, 05.05.2011, 05.10.2011 a 03.10.2012.

3.1.2. Jamy

Lokalita Jamy má kód „J, NEX – not extracted plot“.

Kalamitní smrkový les při Tatranské Lomnici s neodklizeným polomem, ponechaný samovývoji. Lokalitu mozaikovitě pokrývá dvouhrotec chvostnatý (*Dicranum scoparium*) a rokytník skvělý (*Hylocomium splendens*), dále rychle rostoucí třtina chloupkatá (*Calamagrostis villosa*), metlička křivolaká (*Avenella flexuosa*) a řídce rozptýlené keřiky brusnice borůvky (*Vaccinium myrtillus*) (Šoltés et al. 2010).

Lokalita se kontrolovala od roku 2007. Linie pastí se počítaly ze severu na jih a směřovaly směrem dolů. První linie se nacházela nejvýše za popadanými stromy, níže pod první linií se umístila druhá linie pastí a poloha třetí linie byla umístěna více na západ v otevřeném terénu (Čuchta et al. 2012).

Zemní pasti se instalovaly v termínech: 25.04.2007–01.07.2007, 02.07.2007–13.09.2007, 30.09.2008–28.04.2009, 07.10.2009–06.05.2010 a 07.10.2010–05.05.2011. Odběr půdních vzorků proběhl dne: 30.09.2008, 07.10.2009, 05.10.2011 a 04.10.2012.

3.1.3. Pod Ostrvou

Lokalita Pod Ostrvou má kód „OS“.

Smrkový dlouhodobě netěžený les, charakterem podobný klimaxovému společenstvu. Přízemní vrstvu hustě pokrývá brusnice borůvka (*Vaccinium myrtillus*) (Šoltés et al. 2010). Pasti na této lokalitě byly exponované od podzimu 2009 do podzimu 2010. Do jedné linie, jež lemovala vrstevnice, se vždy uložilo 12 pastí.

Sběr materiálu ze zemních pastí na této lokalitě neprobíhal, provedl se pouze odběr půdních vzorků dne 05.05.2010.

3.1.4. Smrekovec

Lokalita má kód „S, REF – reference stand“.

Místo s charakterem smíšeného lesa, kde většinu plochy tvoří smrkový les s určitým podílem modřínu opadavého (*Larix decidua*, 20 %), se nachází v blízkosti lázeňské osady Vyšné Hágy. Les nebyl poškozen vichřicí (Gömöryová et al. 2010), a původně se rozprostíral na celém úseku od Tatranské Lomnice až po Pribylinu (Čuchta et al. 2012). Lesní půda porůstá mechem a zároveň je pokrytá hrabankou z pozůstávajícího jehličí. Přízemní vrstvu vegetace na této lokalitě charakterizoval Šoltés s kolegy (2010).

Nachází se zde brusnice borůvka (*Vaccinium myrtillus*), šťavel kyselý (*Oxalis acetosella*), třtina chloupkatá (*Calamagrostis villosa*) a metlička křivolaká (*Avenella flexuosa*).

Kontrolní lokalita, kde probíhal kontrolní sběr vzorků od roku 2005, se nacházela na horském svahu s jihovýchodní orientací. Linie se vyznačily modrými stužkami, přičemž pořadí linií se určovalo vertikálně. Začalo se nejvýše položenou linií, druhá linie se umístila níže pod světlejší úsek lesa a na úrovni věže se rozmístila třetí linie. Pasti se počítaly zleva doprava a ze západu na východ (Čuchta et al. 2012).

Zemní pasti byly instalovány v termínech: 25.04.2007–02.07.2007, 02.07.2007–13.09.2007, 16.04.2008–01.10.2008, 08.10.2009–05.05.2010, 05.05.2011–06.10.2011. Půdní vzorky se odebíraly dne: 01.10.2008, 08.10.2009, 06.10.2010, 05.05.2011, 05.10.2011 a 03.10.2012.

3.1.5. Zruby

Lokalita Zruby má kód „Z, FIR – post wild-fire plot“.

Jako lokalita Zruby se označuje paseka v rozsáhlém modřínovém lese poblíž osady Tatranské Zruby. Tuto lokalitu silně poznamenala v roce 2004 vichřice a o rok později požár. Provedla se těžba dřeva a poté výsadba nových dřevin.

Kontrola na lokalitě probíhala od roku 2007. V přízemní vrstvě vegetace roste metlička křivolaká (*Avenella flexuosa*), třtina chloupkatá (*Calamagrostis villosa*) a rychle rostoucí vrbovka úzkolistá (*Chamerion angustifolium*) (Šoltés et al. 2010).

Značení pastí proběhlo pomocí modrých stužek na tyčkách, a okraje linií byly vyznačeny na torzech stromů.

Zemní pastí se instalovaly v termínech: 17.04.2007–02.07.2007, 02.07.2007–20.09.2007, 18.04.2008–30.09.2008, 30.09.2008–29.04.2009, 07.10.2009–06.05.2010, 07.10.2010–05.05.2011. Půdní vzorky se odebíraly dne: 18.04.2008, 30.09.2008, 07.10.2009, 07.10.2010 a 05.10.2011.

3.1.6. Smrekovica

Lokalita se nachází v Žilinském kraji a od roku 2012 se jedná o přírodní rezervaci. Rozprostírá se na území obce Liptovská osada a města Ružomberok ve Velké Fatře. Nejvyšším vrcholem je hora Smrekovica s nadmořskou výškou 1530 m n. m.

Svahy klesají na severu do doliny Vyšné Matejkovo, na východě se svažují do údolí Revúce a na jihu pak do doliny Skalné. Celá oblast má charakter přirozených smrkových lesů s biotopy evropského významu: smrkové lesy vysokobylinné s porostem brusnice borůvky (*Vaccinium myrtillus*) a třtiny chloupkaté (*Calamagrostis villosa*) (SAŽP 2007).

Odběr vzorků probíhal pomocí metody zemních pastí zakopaných v nadmořské výšce 1400 m n. m. Pasti se umístily na území, označené jako Smrekovica – les a Smrekovica – paseka. Sběr materiálu ze zemních pastí probíhal v letech 2012 a 2013.

3.2. Vzorkování stonožek na experimentálních plochách

Pro odběr a zkoumání vzorků na experimentálních lokalitách se využila metoda dlouhodobě exponovaných zemních pastí. Jedná se pravděpodobně o nejstarší metodu na kvantitativní vzorkování epigeických členovců (Barber 1930).

Metoda zemních pastí, kterou poprvé použil na ekologický výzkum jeskyních brouků Angličan Barber (1930), patří mezi nejrozšířenější, praktické a efektivní (Tuf 2013). Jde o velmi jednoduchou a oblíbenou metodu sběru vzorků, která není časově ani konstrukčně náročná (Pekár 2002). Výhodou je možnost dlouhodobé expozice na stanovišti (Tuf a Tufová 2002), jelikož pasti plní funkci za nepřítomnosti výzkumníka. Naopak nevýhodou představuje toxicita fixačních tekutin, neselektivnost pastí a metodologický nesoulad různých výzkumníků (Tuf 2013).

Používáním zemních pastí se poskytují výsledky pro popisnou fenologii, odhad abundance, diurnální aktivitu nebo porovnání společenstev mezi sebou (Topping a Sunderland 1992).

Zemní pasti se umístily v liniích po vrstevnici, vzdálené od sebe přibližně dva metry. Pasti se označily dřevěným kolíkem a modrou stužkou. Na každé lokalitě se celkově rozmístilo 18 pastí, respektive tři linie po šesti pastích.

Každá z pastí obsahovala plastovou nádobu o objemu 250 ml. Kelímky byly naplněny konzervační tekutinou a umístily se do země tak, aby horní okraj nádoby nevyčníval nad úroveň terénu okolní půdy a umožňoval zachytit po povrchu se

pohybující živočichy. Pasti se zakryly stříškami pro ochranu před deštěm, proti riziku naředění konzervační tekutiny, a také proto aby nedošlo k zasypání pastí listím.

Fixační tekutinou byl 4% roztok formaldehydu, v zimě na přelomu roku 2007 a 2008 se pak použil 8% roztok formaldehydu doplněný solí. Na přelomu roku 2008 a 2009 došlo k použití nemrznoucí směsi Polar. Od roku 2010 se používal 8% roztok formaldehydu i v létě.

Sběr vzorků probíhal od května 2006 do listopadu 2013. Pomocí metody zemních pastí se prováděl sběr materiálu na lokalitách Jamy, Smrekovec a Zruby od roku 2007 do roku 2011, na lokalitě Danielov dom se začalo v roce 2006 a skončilo se v roce 2010, Pod Ostrvou neprobíhal odběr ze zemních pastí, na Smrekovici se provedly sběry ze zemních pastí pouze v letech 2012 a 2013.

Další použitou metodou byla tepelná extrakce půdních živočichů. Půdní vzorky se odebíraly pomocí kruhové kovové sondy s plochou 10 cm² v hloubce 10 cm. Označené vzorky se uložily do plastových pytlů a byly převezeny do laboratoře, kde se tepelně extrahovaly v Tullgrenových extraktorech (Tajovský a Pižl 1998). Kombinace metod umožnila zaznamenat druhy epigeické a endogeické.

Půdní vzorky se začaly odebírat z lokalit Danielov dom, Jamy, Smrekovec od roku 2008 do roku 2012. Na lokalitě Zruby se odběry prováděly pouze do roku 2011. Pod Ostrvou se sbíral materiál jenom v roce 2010, a na lokalitě Smrekovica odběry půdních vzorků neproběhly.

Pasti se průběžně kontrolovaly a odebíraly, poškozené nebo vyschlé se znovu obnovily. Materiál se musí sbírat velmi opatrně. U stonožek se dbá na to, aby zůstaly neporušeny důležité determinační znaky (tykadla, počet tělních článků či vlečné nohy), díky nimž lze identifikovat jedince do patřičného druhu.

Získaný materiál pomocí daných metod se v laboratoři rozřídil a vzorky stonožek byly uloženy do skleněných a eppendorfových zkumavek (využívá se kratších a širších zkumavek). Do každé zkumavky se přidal 75% denaturovaný alkohol, dále etiketa s příslušnými údaji o názvu lokality, čísla (kódy vzorku) a data odběru.

3.2.1. Faktory ovlivňující efektivitu zemních pastí

Na zemní pasti působí mnoho faktorů. Ovlivňujícím faktorem může být materiál, z něhož se past vyrábí, preciznost vlastní instalace pasti, typ konzervační tekutiny, přítomnost stříšky nebo velikost a chování loveného druhu (Adis 1979). Podle Adise existuje několik faktorů, které mohou ovlivnit výsledky (Slezák 2009):

- **Terénní nerovnosti** – kameny, větve, kořeny a jiné překážky snižují množství úlovků v zemních pastí;
- **vegetace** – množství vegetace zvyšuje nebo snižuje účinnost pastí, instalace pastí narušují vegetační kryt v okolí;
- **kolísající klima** – klima se mění v závislosti na ročním období (důležité je mikroklima, na které jsou živočichové citliví), vlhkost půdy určuje aktivitu epigeonu;
- **počet pastí** – více pastí zachytí větší množství druhů (Tuf 2013);
- **instalace pastí** – okraj pasti nesmí trčet, musí být zároveň s půdním povrchem, výhodné je uspořádání pastí do linií;
- **tvar pastí** – pasti mohou mít různé tvary (kulaté, hranaté, čtvercové nebo obdélníkové);
- **kryt pastí** – používá se tzv. stříška, chráníci past před deštěm, vyplavení vodou či spadáním listím, typy krytů mohou být plechové, plastové nebo skleněné, nejčastěji z přírodních materiálů (kameny, dřevo, kůra), vzniklý tmavý prostor pod stříškou mohou považovat živočichové za vhodný úkryt před predátory (Adis 1979, Tuf 2013);
- **konzervační tekutina** – voda, formaldehyd (3–10% roztok), etylenglykol (hlavní složka nemrznoucí směsi), glycerol, etanol, kyselina benzoová, kyselina pikrová, ideální tekutina a optimální koncentrace pro všechny živočichy neexistuje, každá má své klady a zápory, některé jsou zdraví škodlivé, např. u formaldehydu výpary dráždí sliznici (Pekár 2002, Tuf 2013);
- **materiál pastí** – plastový kelímek, sklo nebo plech, skleněné pasti mají hladké stěny, které zabraňují úniku živočichů (Luff 1975);
- **digging-in efekt** – zvýšená chytací schopnost pastí, čerstvě zakopaná past přiláká více půdních živočichů než past stará (Digweed et al. 1995, Tuf 2013);

- **interval kontroly pastí** – past bez konzervační tekutiny (suchá past) denně, past s konzervační tekutinou (mokrá past) několikrát do měsíce (Adis 1979, Slezák 2009, Tuf 2013);
- **délka výzkumu a prostorové umístění** – pasti zakopané blízko u sebe si navzájem konkurují, vzdálenost jednotlivých pastí by se měla pohybovat od 15 do 25 m (Tuf 2013).

3.3. Determinace

Determinace materiálu se provedla v laboratoři pomocí binokulární lupy a mikroskopu. Ze zkumavky pomocí pinzety se vyndali jedinci a ponořili se do keramické misky s připravenou tekutinou (70% alkohol). Preparační jehlou došlo k vypreparování a urovnání těl jedinců, pro snazší pozorování všech důležitých determinačních znaků.

Determinace na druhovou úroveň se provedla na základě determinačních klíčů. Stonožky řádu Lithobiomorpha se určovaly podle bakalářské práce Neckařové (Neckařová 2009), zemivky (Geophilomorpha) podle materiálů školitele (založených hlavně na evropských klíčích) (Brolemann 1930, Matic 1966, Kaczmarek 1979, Koren 1992).

Po určení jednotlivých druhů došlo k popsání zkumavek formou etikety s danými druhy. Údaje o vzorku se zapisovaly do poznámkového deníku a následně se s těmito údaji pracovalo v programu Microsoft Excel.

Celý determinovaný materiál je uložen na Katedře ekologie a životního prostředí PřF UP v Olomouci.

3.4. Statistické metody

V programu Microsoft Excel došlo k vytvoření tabulek s informacemi o lokalitách a určených druzích. Jednotlivé vzorky se poté upořádaly podle lokality, čísla linie, čísla pasti a data sběru. Zpracovaná data v programu Microsoft Excel poté analyzoval program CANOCO for Windows verze 5.0 © (Šmilauer a Lepš 2014), který se hojně využívá pro srovnávací studie. Jako druhová data byly využity úlovky jednotlivých druhů v konkrétních odběrech, tj. 14 druhových proměnných pro 14 druhů. Jako environmentální proměnné se použily charakteristiky jednotlivých lokalit.

Pomocí nul a jedniček se kódovalo, zda byla lokalita *polom* (respektive les), zda na ní po polomu proběhla *těžba*, případně zda podlehla *požáru*. Také se kódovalo, jestli se na lokalitě vyskytovala třtina chloupkatá (*Calamagrostis villosa*) nebo brusnice borůvka (*Vaccinium myrtillus*).

Pro znázornění vztahu mezi prostředím a druhy se využívá metoda vícerozměrných analýz. Pro vyhodnocení celkového materiálu z Vysokých Tater se použila s ohledem na délku gradientu v druhových datech kanonická korespondenční analýza (CCA), jakožto unimodální metoda. Signifikance modelu se testovala pomocí Monte-Carlo permutačního testu (499 opakování).

Význam jednotlivých environmentálních proměnných pro predikci distribuce stonožek se testoval pomocí sumarizace efektů vysvětlujících proměnných. Výsledkem této metody je ordinační biplot jako nástroj pro zobrazení závislostí v mnohorozměrných datech. Stejným postupem se analyzoval odděleně materiál stonožek extrahovaný z půdních vzorků a ze zemních pastí z lokalit ve Vysokých Tatrách.

Materiál nasbíraný ve Velké Fatře (lokalita Smrekovica) se analyzoval pomocí parciální korelační analýzy (PCA), která v biplotu znázornila vztah mezi charakterem plochy (*les, paseka*), distribuci stonožek a také jednotlivé odebrané vzorky.

4. Výsledky

4.1. Přehled získaného materiálu

Na experimentálních lokalitách bylo nalezeno 14 druhů stonožek. Celkově se zaznamenalo 986 jedinců (tab. 1). Z celkového množství se podařilo určit 985 jedinců na druhovou úroveň. Mezi vzorky se nacházel jeden jedinec rodu *Lithobius* juvenilní, který se nepodařilo určit, protože neměl dostatečně viditelné determinační znaky. Pomocí metody dlouhodobě exponovaných zemních pastí se odchytilo 598 jedinců a pomocí odběrů půdních vzorků 388 jedinců (tab. 2).

Tabulka 1: Celkový přehled zastížených druhů stonožek na všech lokalitách.

název druhu	počet jedinců
<i>Lithobius borealis</i> Meinert, 1868	3
<i>Lithobius burzenlandicus</i> Verhoeff, 1931	262
<i>Lithobius cyrtopus</i> Latzel, 1880	31
<i>Lithobius forficatus</i> (Linnaeus, 1758)	135
<i>Lithobius microps</i> Meinert, 1868	159
<i>Lithobius mutabilis</i> L. Koch, 1862	298
<i>Lithobius</i> sp. Leach, 1814	1
<i>Strigamia acuminata</i> (Leach, 1815)	56
<i>Strigamia crassipes</i> (C. L. Koch, 1835)	11
<i>Strigamia pusilla</i> (Sseliwanoff, 1881)	6
<i>Strigamia transsilvanica</i> (Verhoeff, 1928)	6
<i>Geophilus alpinus</i> Meinert, 1870	9
<i>Geophilus electricus</i> (Linnaeus, 1758)	2
<i>Geophilus proximus</i> C. L. Koch, 1847	7

Nejpočetnější zastoupení měly stonožky z řádu Lithobiomorpha (889 jedinců). Nejčastěji se ve vzorcích objevoval druh *Lithobius mutabilis* (30 % všech stonožek) a *Lithobius burzenlandicus* (27 %). Druhy *Lithobius forficatus* a *Lithobius microps* se vyskytovaly hojně.

Z řádu Geophilomorpha se na zájmovém území objevovalo méně druhů než v předchozím řádu (10 % z celkového počtu). Nejvíce zastoupeným druhem mezi zemivkami byla *Strigamia acuminata* (6 %).

4.2. Charakteristika zastižených druhů

Zastižené stonožky patří do dvou řádů a tří čeledí.

Podkmen: MYRIAPODA (stonožkovci)

Třída: CHILOPODA (stonožky)

Řád: LITHOBIOMORPHA (různočlenky = stonožky)

Čeď: Lithobiidae (stonožkovití)

Lithobius borealis Meinert, 1868

Lithobius burzenlandicus Verhoeff, 1931

Lithobius cyrtopus Latzel, 1880

Lithobius forficatus (Linnaeus, 1758)

Lithobius microps Meinert, 1868

Lithobius mutabilis L. Koch, 1862

Lithobius sp. Leach, 1814

Řád: GEOPHILOMORPHA (zemivky)

Čeď: Geophilidae

Geophilus alpinus Meinert, 1870

Geophilus electricus (Linnaeus, 1758)

Geophilus proximus C. L. Koch, 1847

Čeď: Linotaeniidae

Strigamia acuminata (Leach, 1815)

Strigamia crassipes (C. L. Koch, 1835)

Strigamia pusilla (Sseliwanoff, 1881)

Strigamia transsilvanica (Verhoeff, 1928)

Lithobius borealis Meinert, 1868

Charakteristické je okrové až hnědožluté zbarvení těla s malou kulatou hlavou a krátkými tykadly. Velikost těla se pohybuje od 8–13,5 mm. Samičí gonopody nesou silné ostruhy a dráp se třemi hroty (Koren 1992).

Samčím specifickým znakem na 15 páru noh je zploštělá holeň. Vlečné nohy bývají zakončené dvěma drápy (Eason 1964, Kaczmarek 1979, Brolemann 1930, Verhoeff 1925). Jedná se o středoevropský druh podhorských a horských lesů (Tuf a Tufová 2008).

Lithobius burzenlandicus Verhoef, 1934

Tělo má žlutohnědé nebo hnědé zbarvení. Délka těla dosahuje okolo 6–9 mm. Hlava nese tykadla s 28–32 články, oči jsou uspořádané v jedné nebo dvou řadách.

Tergity nemají výrůstky. Samice má poměrně tlusté gonopody s krátkými ostruhami, zakončené drápem se třemi hroty. Vlečné nohy jsou zakončené dvěma drápy (Matic 1966, Kaczmarek 1979).

Lithobius cyrtopus Latzel, 1880

Délka těla se pohybuje okolo 10–16 mm, žlutohnědé zbarvení s tmavším proužkem na hřbetě a tmavým čelem (Anděra 2018). Tělo je vzadu mírně zúžené (Kaczmarek 1979).

Malá tmavá hlava nese krátká tykadla. Holeň (tibia) má na hřbetní straně zkrácenou, hlubokou a širokou podélnou rýhu (Matic 1966). Druh vyskytující se běžně ve vyšších polohách (Anděra 2018).

Lithobius forficatus (Linnaeus, 1758)

K nejznámějším představitelům třídy Chilopoda patří stonožka škvorová (*Lithobius forficatus*), která se dožívá dvou až tří let. Vyskytuje se téměř na celém světě, u nás má hojné zastoupení (Folkmanová 1959).

Velice rychle se pohybuje, přes den se skrývá v půdě, pod kameny, kůrou, a v noci loví hmyz, malé žížaly, pavouky, plže, korýše, larvy, svinky nebo červy. Chycenou kořist ochromí jedem z čelistních nožek (Bellmann 2016).

Charakteristickým znakem stonožky je protáhlé paralelní tělo s kaštanově hnědým a rezavým zbarvením. Tělo nese 15 nestejně dlouhých článků trupu s tergity (Anděra 2018). Tergity 9., 11. a 13. článku mají trojúhelníkovité výrůstky (Brolemann 1930).

Samička svá vajíčka zahrabává do půdy po jednom a každé vajíčko obalí pouzdem ze zeminy (Motyčka 2001). Vylíhlé larvy mají pouze sedm párů končetin a počet tělních článků se při svlékání postupně zvětšuje. Vyskytuje se hojně v parcích a zahradách, ve vlhkých listnatých a smíšených lesích (Anděra 2018).

Lithobius microps Meinert, 1868

Drobný druh stonožky obývající svrchní vrstvy půdy na lesních stanovištích a lučních porostech. Velikost těla se pohybuje od 5,5 do 9 mm.

Žlutě zbarvené, zřídka hnědé tělo je zúžené v přední části. Očka na hlavě jsou poskládaná do jedné řady (Koren 1992). Samice mají značně dlouhé gonopody se štíhlými trnitými ostruhami (Matic 1966). Vlečné nohy bývají ukončené dvěma drápy (Machado 1952).

Lithobius mutabilis L. Koch, 1862

Jeden z nejhojnějších zástupců stonožek s tmavě hnědým zbarvením a vřetenovitým tvarem těla. Velikost těla se pohybuje od 10 do 15 mm.

Hlava nese tykadla s 34–43 články, oči jsou uspořádány na každé straně do tří nebo čtyř zahnutých řad (Koren 1992). Tergity nemají výrůstky. Dvoučlávková chodidla jsou zakončená vlečnými nohama se dvěma drápy (Kaczmarek 1979, Latzel 1880).

Lesní druh obývající otevřená stanoviště, travnaté biotopy, humusové vrstvy či trouchnivějící dřevo. Tolerantní druh vyskytující se i na pozmeněných stanovištích (Folkmanová 1959).

Lithobius sp. Leach, 1814

Při determinaci vzorků byl zachycen jedinec juvenilního stádia, u něhož nebylo možné spolehlivě určit druhovou příslušnost.

Geophilus alpinus Meinert, 1870

Druh evropské zemivky vázané převážně na lesní stanoviště středních a vyšších poloh (Pavelcová 2017).

Geophilus electricus (Linnaeus, 1758)

Bledě žluté štíhlé tělo s obdélníkovitou hlavou s tmavšími segmenty a velikostí až 40 mm. Eurytopní druh, který kromě lesů obývá humusové a hlubší půdní vrstvy, otevřená stanoviště či travnaté biotopy (Koren 1986).

Geophilus proximus C. L. Koch, 1847

Druh rozšířený po Evropě zasahující až na Sibiř, typicky se vyskytuje hlavně v lesích, v Asii synantropně. Zajímavostí tohoto druhu je, že se na většině svého areálu rozmnožuje partenogeneticky, tzn. v populaci se vyskytují pouze samice (Kaczmarek 1979, Nefediev et al. 2017).

Strigamia acuminata (Leach, 1815)

Délka těla dosahuje maximální velikosti až 40 mm. Samci mívají okolo 37 až 39 párů končetin, zatímco samice mají až 41 párů. Charakteristické je oranžovo-hnědé zbarvení a štíhlý tvar těla. Jedná se o lesní druh vyskytující se pod kůrou, rozpadlým dřevem, méně často pod kameny (Eason 1964), včetně biotopů pozměněných člověkem.

Strigamia crassipes (C. L. Koch, 1835)

Délka těla dosahuje maximálně 56 mm, tělo nese 45–59 párů končetin. Na břišní straně je dobře viditelný podélný šev uprostřed těla (Pavelcová 2017).

Strigamia pusilla (Sseliwanoff, 1881)

Maximální velikost těla 24 mm. Tělo nese 33 párů končetin u samců a 35 párů končetin u samic (Dányi 2006).

Strigamia transsilvanica (Verhoeff, 1928)

Velikost těla se pohybuje maximálně do 38 mm s počtem 45–57 páry končetin. Z břišní strany je mělká podélná rýha. Vyskytuje se ve vyšších polohách, chladu odolná (Koren 1986).

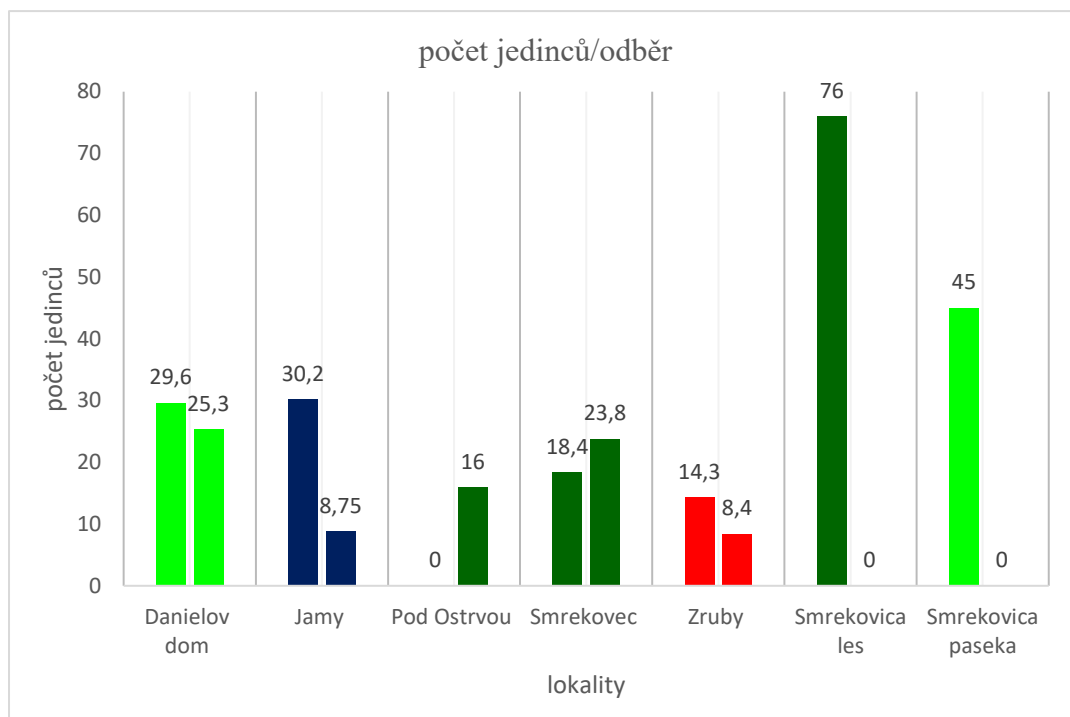
4.3. Porovnání společenstev

Porovnání početnosti stonožek vyskytující se na experimentálních lokalitách a počet odběrů ukazuje, že největší zastoupení jedinců se nacházelo na lokalitě Danielov dom (smrkový les po kalamitě, polomová plocha s odtěženým dřevem), druhé největší zastoupení jedinců bylo na lokalitě Smrekovec, která nebyla zasažena vichřicí (tab. 2). Nejméně se nasbíralo jedinců na lokalitě Pod Ostrvou, kde proběhl pouze jeden odběr půdních vzorků.

Tabulka 2: Celkový počet jedinců stonožek ze zemních pastí (ZP) a půdních vzorků (PV) a počet odběrů ze zemních pastí (ZP) a půdních vzorků (PV) na daných lokalitách ve Vysokých Tatrách v období od r. 2006 až do r. 2013.

název lokality	počet jedinců		počet odběrů		počet jedinců na odběr	
	ZP	PV	ZP	PV	ZP	PV
Danielov dom – polom, paseka, výsadba	148	152	5	6	29,6	25,3
Jamy – polom, samovývoj	151	35	5	4	30,2	8,8
Pod Ostrvou – netěžený les	-	16	-	1	-	16,0
Smrekovec – les, nepoškozen vichřicí	92	143	5	6	18,4	23,8
Zruby – polom, paseka, požár, výsadba	86	42	6	5	14,3	8,4
Smrekovica – les	76	-	1	-	76,0	-
Smrekovica – paseka	45	-	1	-	45,0	-
celkem	598	388	23	22		

Grafické znázornění srovnání efektivity jednotlivých metod ze všech lokalit prezentuje Obrázek 1. Barva sloupců vyjadřuje rozdělení lokalit podle daného charakteru. Světle zelené sloupce prezentují *paseku*, tmavě modré *neodtěžený les*, ponechaný samovývoji, tmavě zelené *les/polomové plochy* a červený sloupec znázorňuje lokalitu, která byla zasažena *vichřicí a požárem*.



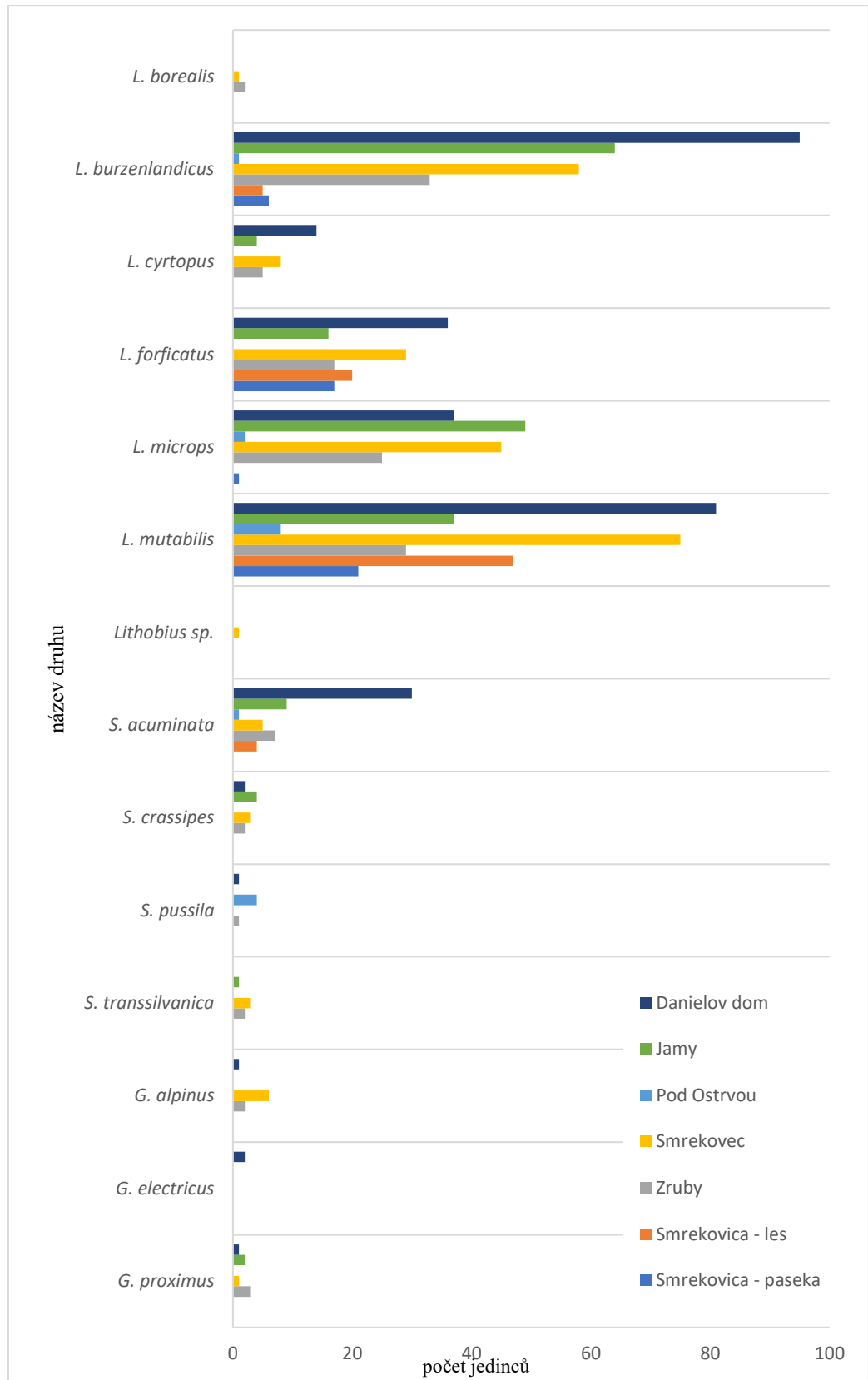
Obrázek 1: Grafické znázornění počtu jedinců na jeden odběr z každé lokality. První sloupec v dané dvojici představuje počet jedinců sesbíraných pomocí zemních pastí (ZP), druhý sloupec představuje počet jedinců odebraných pomocí metody tepelné extrakce půdních vzorků (PV).

Tabulka 3: Procentuální zastoupení jednotlivých druhů stonožek na lokalitách.

	Danielov dóm	Jamy	Pod Ostrvou	Smrekovec	Zruby	Smrekovica les	Smrekovica paseka
<i>Lithobius borealis</i>	-	-	-	0,4	1,6	-	-
<i>Lithobius burzenlandicus</i>	31,7	34,4	6,3	24,7	25,8	6,6	13,3
<i>Lithobius cyrtopus</i>	4,6	2,2	-	3,4	3,1	-	-
<i>Lithobius forficatus</i>	12,1	8,6	-	12,3	13,3	26,3	37,8
<i>Lithobius microps</i>	12,3	26,3	12,5	19,1	19,5	-	2,2
<i>Lithobius mutabilis</i>	27,1	19,9	50	31,9	22,7	61,8	46,7
<i>Lithobius sp.</i>	-	-	-	0,42	-	-	-
<i>Strigamia acuminata</i>	10,1	4,8	6,3	2,1	5,5	5,3	-
<i>Strigamia crassipes</i>	0,7	2,2	-	1,3	1,6	-	-
<i>Strigamia pusilla</i>	0,3	-	25,0	-	0,8	-	-
<i>Strigamia transsilvanica</i>	-	0,5	-	1,3	1,6	-	-
<i>Geophilus alpinus</i>	0,3	1,1	-	2,6	1,6	-	-
<i>Geophilus electricus</i>	0,7	-	-	-	-	-	-
<i>Geophilus proximus</i>	0,3	-	-	0,4	2,3	-	-

Na lokalitě Smrekovec byly zaznamenány všechny určené druhy z řádu Lithobiomorpha. (tab. 3, tab. 4). Na lokalitách Danielov dom, Jamy, Smrekovec a Zruby se vyskytovaly druhy *Lithobius burzenlandicus*, *Lithobius forficatus*, *Lithobius microps* a *Lithobius mutabilis* jako dominantní (obr. 2). *Lithobius cyrtopus* se vyskytoval méně početně na všech čtyřech zmíněných lokalitách. Vzácně se vyskytoval také *Lithobius borealis* na lokalitě Smrekovec a Zruby (obr. 2).

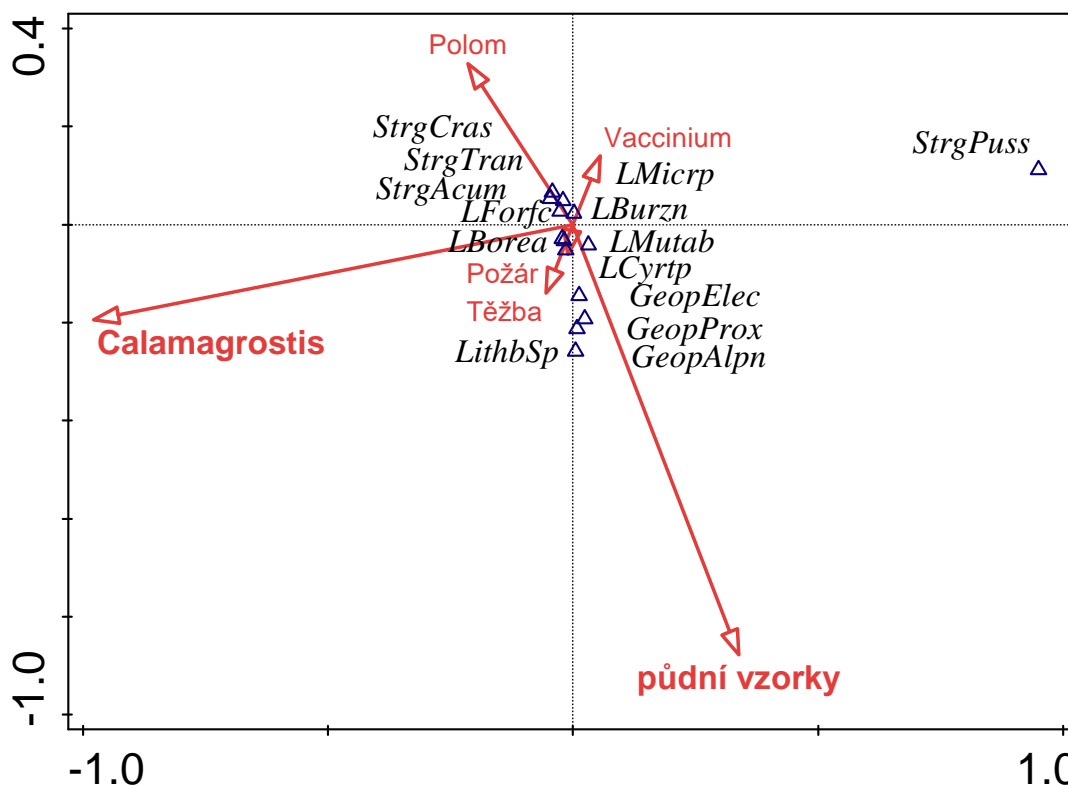
Stonožky z řádu Geophilomorpha se vůbec nevyskytovaly v pastích na lokalitě Smrekovica – paseka. Na lokalitě Smrekovica – les se vyskytoval pouze jeden druh zemivek (tab. 3, tab. 4).



Obrázek 2: Porovnání počtu jedinců jednotlivých druhů na experimentálních lokalitách.

4.4. Distribuce stonožek

Z celkového materiálu stonožek z Vysokých Tater se vytvořil CCA model (obr. 3) testující vliv environmentálních proměnných na početnosti jednotlivých druhů stonožek. Tento model je podle Monte-Carlo permutačního testu signifikantní ($F = 2,6$; $p = 0,004$), stejně jako jeho první osa ($F = 7,5$; $p = 0,004$). Celý model vysvětluje 3,5 % variability v distribucích druhů, první osa vysvětluje 2 %.



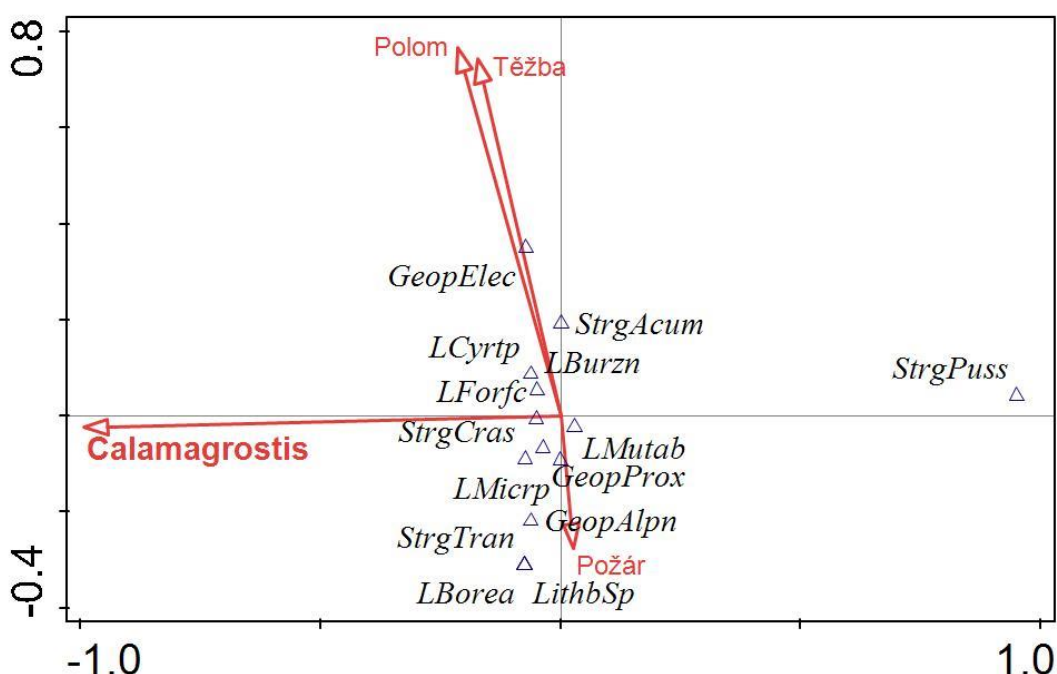
Obrázek 3: CCA biplot distribuce stonožek z celkového materiálu z Vysokých Tater. Environmentální faktory signifikantně predikující početnosti stonožek jsou znázorněny větším tučným fontem. Pro zkratky druhů viz Přílohy.

Charakter biotopu (polom/les) neměl na výskyt stonožek signifikantní vliv ($F = 1,6$, $p = 0,080$), stejně jako požár ($F = 0,8$; $p = 0,654$), těžba ($F = 1,3$; $p = 0,242$) či výskyt brusnice borůvky (*Vaccinium myrtillus*) ($F = 1,3$; $p = 0,216$). Signifikantně predikovala stonožky pouze použitá metoda půdních vzorků ($F = 2,8$, $p = 0,002$), která vysvětlovala 0,8 % variability, a přítomnost třtiny chloupkaté (*Calamagrostis villosa*) ($F = 7,3$; $p = 0,004$) vysvětlující 2 % variability v druhových datech.

Lithobius borealis a *Lithobius forficatus* preferovaly plochy porostlé třtinou (*Calamagrostis*), zatím co *Strigamia pussila* významně reagovala na brusnici (*Vaccinium*) (obr. 3).

Další analýzy se zaměřily na vyhodnocení materiálu odděleně, dle použité metody vzorkování stonožek.

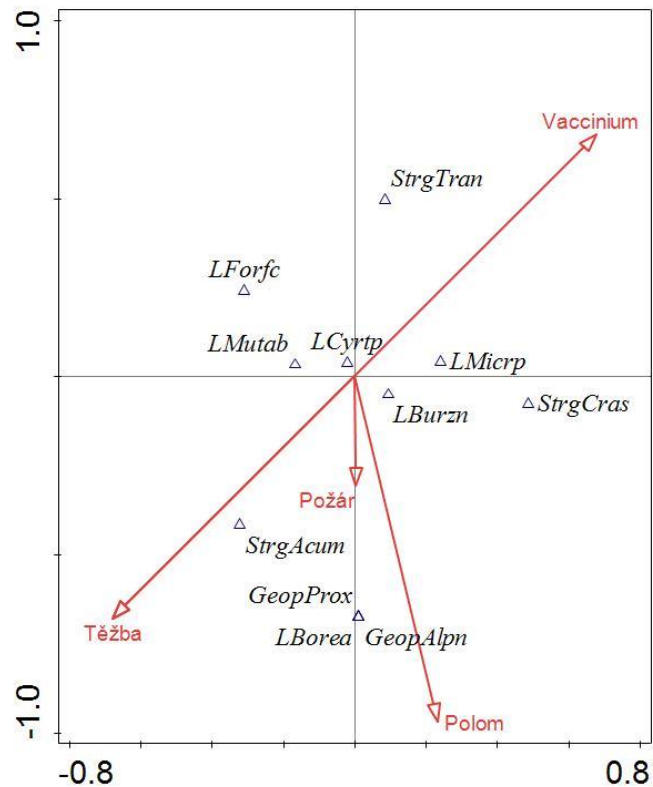
Pro stonožky extrahované z půdních vzorků byl vytvořen CCA model (obr. 4) testující vliv environmentálních proměnných faktorů na početnosti jednotlivých druhů stonožek. Tento model je podle Monte-Carlo permutačního testu významný ($F = 1,6$; $p = 0,030$), stejně jako jeho první osa ($F = 3,5$; $p = 0,034$). Celý model vysvětluje 4,1 % variability v distribuci druhů, první osa vysvětluje 2,2 %.



Obrázek 4: CCA biplot distribuce stonožek vzorkovaných pomocí metody půdních vzorků odebraných ve Vysokých Tatrách. Environmentální faktory významně predikující početnosti stonožek jsou znázorněny větším tučným fontem. Pro zkratky druhů viz Přílohy.

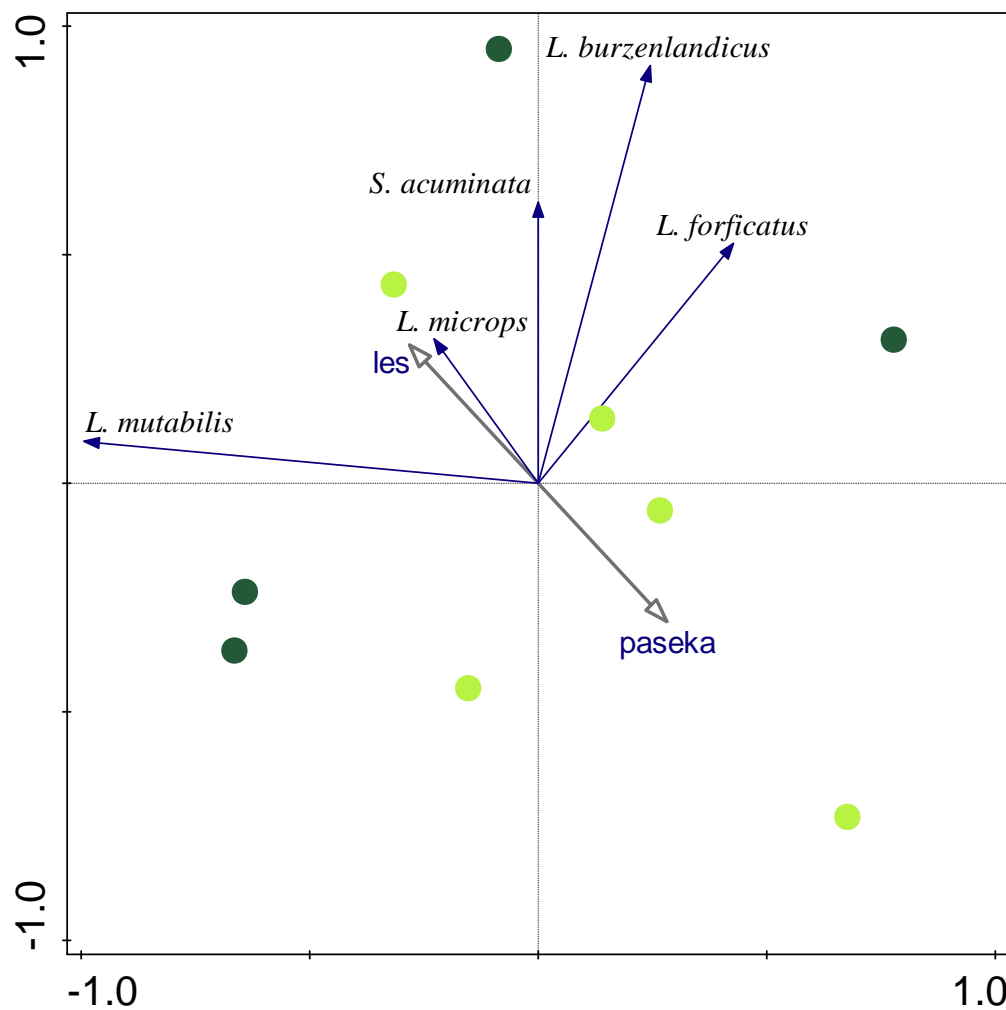
Charakter biotopu (polom/les) neměl na výskyt stonožek významný vliv ($F = 1,5$, $p = 0,106$), stejně jako těžba ($F = 1,1$; $p = 0,298$), výsadba ($F = 1,1$; $p = 0,348$), výskyt brusnice (*Vaccinium*) ($F = 1,1$; $p = 0,278$) či požár ($F = 0,7$; $p = 0,656$). Významně predikoval stonožky pouze výskyt třtiny chloupkaté (*Calamagrostis*) ($F = 3,5$, $p = 0,024$), který vysvětloval 2,2 % variability v druhových datech.

Naproti tomu samostatná analýza distribuce stonožek na základě materiálu ze zemních pastí pomocí kanonické korespondenční analýzy (CCA) (obr. 5) testující vliv environmentálních proměnných faktorů na početnosti jednotlivých druhů stonožek nevytvořila signifikantní model. Prezentovaný nejlepší model podle Monte-Carlo permutačního testu není signifikantní ($F = 0,8$; $p = 0,728$). Celý model vysvětluje 1,2 % variability v distribuci druhů. Environmentální proměnné nevyšly signifikantně.



Obrázek 5: CCA biplot distribuce stonožek pomocí metody zemních pastí instalovaných ve Vysokých Tatrách. Environmentální faktory nejsou signifikantní. Pro zkratky druhů viz Přílohy.

Jelikož se dále determinoval materiál z experimentálních ploch ve Velké Fatře, kde se srovnávalo společenstvo stonožek v lese a na pasece, vyhodnotil se tento materiál odděleně. Pomocí parciální korelační analýzy (PCA) se zobrazil vztah mezi charakterem plochy (les/paseka), zastiženými druhy a jednotlivými vzorky (obr. 6). Z analýzy je zřejmé, že většina druhů preferovala spíše lesní biotop. Prezentovaný model vysvětluje 12 % variability v distribuci druhů.



Obrázek 6: PCA biplot distribuce stonožek pomocí metody zemních pastí instalovaných ve Velké Fatře. Tmavě zelené body představují vzorky z lesa, světle zelené prezentují vzorky z paseky.

5. Diskuze

Na vybraných experimentálních lokalitách ve Vysokých Tatrách se celkem zaznamenalo 14 druhů stonožek, z řádu Lithobiomorpha se determinovalo sedm zástupců rodu *Lithobius*, a z řádu Geophilomorpha se zaznamenalo sedm druhů patřících do dvou rodů (*Geophilus* a *Strigamia*). Všechny zaznamenané druhy byly již předtím známy z území Slovenské republiky (Országh 2001).

Nejpočetnější zastoupení tvořily stonožky rodu *Lithobius*. Nejvíce se objevoval na lokalitách *L. mutabilis*, tmavě hnědě zbarvená stonožka, vyskytující se ve střední Evropě, obývající lesní plochy, otevřená stanoviště či travnaté biotopy. Druhou nejpočetnější stonožkou se stal *L. burzenlandicus*, který je charakteristický žlutohnědým zbarvením a délkou těla dosahují do 9 mm (Koren 1992). Hojně se vyskytoval na lokalitách také druh *L. microps*, menší druh stonožky se žlutým zbarvením rozšířený po celé Evropě (Machado 1952). Zaznamenan byl také *L. forficatus*, náš největší druh stonožky rozšířený po celé Evropě (Folkmanová 1959), vyskytující se ve vlhkých listnatých a smíšených lesích (Anděra 2018), dále druh *L. cyrtopus* preferující převážně listnaté lesy (Zalesskaja 1978). Posledním nejméně se vyskytujícím druhem z rodu *Lithobius* se stal *L. borealis* s okrově hnědým zbarvením (Kaczmarek 1979).

Z řádu Geophilomorpha byly zachyceny tři druhy z rodu *Geophilus* a čtyři druhy z rodu *Strigamia*. Z čeledi Geophilidae a rodu *Geophilus* vykazoval největší zastoupení *G. alpinus*, zemivka nalezená na čtyřech lokalitách, obývající humusové a hlubší půdní vrstvy, hojně zastoupená v Evropě, a také *G. proximus* obývající hlavně lesní plochy. Oproti tomu druh zemivky *G. electricus* se objevil v půdních vzorcích pouze dvakrát, a to na lokalitě Danielov dom.

Z čeledi Linotaeniidae byla nejpočetnější zemivka druhu *S. acuminata*, větší zemivka s oranžovohnědým zbarvením. V menších počtech se vyskytovaly v pastech druhy *S. crassipes*, *S. pussila* a *S. transsilvanica*, poslední jmenovaný druh má primární rozšíření v Karpatech a v horách střední Evropy (Koren 1986).

Na lokalitách ve Velké Fatře se zaznamenalo celkem pět druhů stonožek z jednoho sběru v letech 2012–2013. Čtyři druhy patřily do řádu Lithobiomorpha, a to *L. burzenlandicus*, *L. forficatus*, *L. microps*, *L. mutabilis*, a jeden druh *S. acuminata* patřil do řádu Geophilomorpha.

Všechny uvedené druhy lze považovat za běžné zástupce fauny stonožek slovenských hor. Mezi charakteristické druhy patří na základě publikovaných prací i tohoto výzkumu *L. burzenlandicus*, *L. cyrtopus*, *L. mutabilis*, *S. pusilla* a *G. alpinus* (Pavelcová 2020, Vaverka 2020).

5.1. Srovnání společenstev

Velká studie na odhalení vlivu managementu polomových ploch byla provedena ve švýcarských Alpách (Duelli et al. 2002). Výzkumníci studovali deset let plochy, kde byl polom odklizen, plochy, které byly ponechány po polomu ladem a také okolní lesní plochy. Zjistili, že otevřené plochy obecně zvyšují biodiverzitu, a že případné odklizení mrtvých stromů nemá na její výši zásadní vliv. Zjistili však, že plochy odklizené a neodklizené se vyvíjejí jiným způsobem, a že kombinace těchto managementů na různých plochách významně zvýší biodiverzitu celého území. Tyto výsledky jsou však založeny na hodnocení celkové diverzity živočichů, od pavouků přes hmyz až po drobné savce a plazy (Duelli et al. 2002). Stonožky v jejich výzkumu vyhodnoceny nebyly, ale pokud se zaměříme detailněji na suchozemské stejnonožce a mnohonožky, což jsou skupiny s podobnými nároky na životní podmínky, lze vidět, že počty druhů mnohonožek v lese, na polomech i na pasekách se lišily jen v řádech jednotek, naproti tomu počet druhů stejnonožců na pasekách byl nižší (Duelli et al. 2002).

Podobný výzkum, zaměřený na vliv odklizení padlých stromů z polomu na stonožky, provedl ve Vysokých Tatrách Vaverka (2020), který měl čtyři experimentální lokality identické s mými. V jeho výzkumu byly abundance stonožek v lese (Smrekovec) nejvyšší, na neodklizeném polomu (Jamy) trochu nižší, na pasece (Danielov dom) ještě nižší a nejnižší na spálené pasece (Zruby). Tato situace neodpovídala mým výsledkům, kdy abundance v lese a na pasece byly podobně vysoké a na polomu a spálené pasece podobně nízké (viz obr. 1 ve výsledcích). Tento pattern ale nebyl doložen ani na Vaverkových plochách v Západních Tatrách, kde byly zcela nepodobné abundance stonožek na dvou lesních lokalitách a na polomu bylo stonožek nejvíce (Vaverka 2020).

Vaverka (2020) determinoval ve své práci 15 druhů stonožek, z toho deset druhů se shodovalo se mnou determinovanými druhy. Zásadní rozdíl mezi jeho výzkumem a mým však byl ve velikosti půdních vzorků. Vaverka analyzoval stonožky z velkých vzorků (625 cm²) zaměřených na půdní makrofaunu odebraných vědci z Ústavu půdní

biologie BC AV ČR v Českých Budějovicích. Naproti tomu já jsem zpracovala stonožky získané vědci z Univerzity P. J. Šafárika z Košic, kteří vzorkovali půdní mezofaunu (velikost vzorků 10 cm²). Pro vzorkování společenstev stonožek jsou větší vzorky mnohem vhodnější, jelikož zastoupení počtu jedinců i druhů v nich je mnohem reprezentativnější (Tuf 2013), proto není překvapivé, že u Vaverky je větší množství zastoupených druhů v půdních vzorcích. Na druhou stranu v mém materiálu jsou i stonožky odchycené pomocí zemních pastí.

V oddělených analýzách stonožek ze zemních pastí a stonožek z půdních vzorků byl signifikantní model získán pouze pro půdní vzorky. Proč nevyšly zemní pasti, ale půdní vzorky? Epigeicky aktivní půdní živočichové jsou obecně pohyblivější a tím pádem méně citlivější. Živočichové z půdních vzorků se půdním prostředím šíří pomaleji, a proto lépe vypovídají o lokalitě jako takové. Nezbytnost používání kombinace obou metod pro poznání celého společenstva byla pro stonožky doložena již dříve (Tuf 2015).

Společenstva stonožek z polomů, pasek a lesa se signifikantně nelišila, faktor polom v CCA modelech signifikantně nevyšel. Za tímto výsledkem může být odlišnost společenstev jednotlivých polomů a pasek, neboli jejich velká variabilita. To by odpovídalo situaci ze švýcarských Alp, kde ani po 10 letech vývoje po vichřici se společenstva živočichů na polomech a pasekách navzájem nepodobala (Duelli et al. 2002). U stonožek, které jsou relativně nepohyblivé a špatně kolonizují nové plochy, mohou být odlišnosti ještě výraznější.

Hlavním faktorem prostředí, který signifikantně predikoval početnosti jednotlivých druhů stonožek, byla přítomnost třtiny (*Calamagrostis*) v podrostu. Většina stonožek preferovala spíše nízký výskyt této byliny, nicméně zemivka *S. pusilla* se plochám se třtinou nejvíce vyhýbala. To je zřejmě způsobeno jejími nároky na lesní prostředí, protože například v České republice je tento druh doložen pouze z jediné lokality, kterou představuje suťový les (Tuf a Kupka 2015). Na druhou stranu je známo, že těžiště výskytu tohoto druhu je ve východní Evropě a zasahuje až do střední Asie (Nefediev et al. 2018), kde není vázán na lesy. Možná je tento druh chladnomilný a v ČR na západní hranici svého areálu se vyskytuje v chladných zalesněných suťovištích, a v Tatrách preferuje stinné chladné lesy před mýtinami ohřívány slunečním zářením.

Les a paseka ve Velké Fatře (lokality Smrekovica) hostili společenstvo stonožek s dominantními druhy *L. mutabilis* a *L. forficatus*. Tito zástupci patří v nižších nadmořských výškách mezi obvyklé dominantní druhy (Spitzer et al. 2007), které i ve Vysokých Tatrách preferují nižší polohy (Pavelcová 2020). Naproti tomu typický horský druh *L. cyrtopus* na Smrekovici chyběl. Skutečnost, že v lese se odchýtilo více stonožek, než na pasece, může souviset právě s nižší polohou této lokality. Zvýšení biodiverzity na pasekách je totiž doloženo ve vysokých nadmořských výškách (Duelli et al. 2002).

6. Závěr

Tato práce se zabývá společenstvy stonožek na vybraných experimentálních lokalitách ve Vysokých Tatrách a z výzkumné plochy ve Velké Fatře. Z nasbíraného materiálu se provedla determinace jedinců na druhovou úroveň. Celkem bylo odchyceno 986 jedinců stonožek patřících do dvou řádů, tří čeledí a 14 rodů. Nejzastoupenějším druhem na lokalitách se stal *Lithobius mutabilis* a hned po něm *Lithobius burzenlandicus*, třetím nejčastějším druhem byla zemivka rodu *Strigamia acuminata*.

Společenstva stonožek na pasekách, polomech a v lesích ve Vysokých Tatrách se významně nelišila, pravděpodobně za to mohla velká různorodost společenstev na pasekách a polomech. Z testovaných parametrů se ukázala jako významná přítomnost třtiny (*Calamagrostis*), která silně porůstala paseky. Přítomnost třtiny omezovala výskyt reliktní zemivky *Strigamia pusilla*, která zřejmě preferuje chladné lokality.

Společenstva stonožek na pasekách i polomech ve Vysokých Tatrách byla početnější, než společenstva na kontrolních lesních plochách. V níže položené oblasti ve Velké Fatře byl tento trend opačný. Vysvětlení by mohlo souviset s nadmořskou výškou – v horských lesích, vytvořené polomy a paseky, zvyšují diverzitu i početnosti, což může souviset s velkým cyklem lesa typickým právě pro boreální jehličnaté lesy.

Tato studie může být podnětem k dalšímu výzkumu vývoje společenstev na sledovaných lokalitách.

7. Literatura

- Adis, J. (1979): Problems of interpreting arthropod sampling with pitfall traps. *Zoologischer Anzeiger* 202: 177–184.
- Anděra, M. (2018): Atlas fauny České republiky. Ilustroval Jan Sovák, Praha: Academia, Atlas (Academia).
- Barber, H.S. (1930): Traps for cave-inhabiting insects. *Journal of the Elisha Mitchell Scientific Society*, 46: 259–265.
- Beare, M.H., Coleman, D.C., Crossley, D.A.Jr., Hendrix P.F., Odum E.P. (1995): A hierarchical approach to evaluating the significance of soil biodiversity to biogeochemical cycling. *Plant and Soil* 170: 5–22.
- Bellmann, H. (2016): Atlas živočichů: 1000 druhů a více než 1200 vyobrazení. Přeložil Jiří Šmaha. Praha: Knížní klub, Do přírody: 328–329.
- Brolemann, H.W. (1930): Chilopodes. *Faune de France*, 25. Paris.
- Buchar, J. (1995): Klíč k určování bezobratlých. V nakl. Scientia 1. vyd. Praha: Scientia: 100–172.
- Čuchta, P., Miklisová, D., Kováč, E. (2012): The impact of disturbance and ensuing forestry practices on Collembola in monitored stands of windthrown forest in the Tatra National Park (Slovakia). In *Environmental Monitoring and Assessment*, 184 (11).
- Dányi, L. (2006): Contribution to the Chilopoda fauna of the Maramureş (Romania). *Studia Universitatis „Vasile Goldis“, Seria Stiintele Vietii* 17: 43–46.
- Dányi, L. (2006): On the occurrence of *Lithobius erythrocephalus* C. L. Koch, 1847, and *Lithobius schuleri* Verhoeff, 1925 (Myriapoda: Chilopoda) in Hungary. *Folia Historico Naturalia Musei Matraensis*, 30: 105–113.
- Digweed, S.C., Currie, C.R., Carcamo, H.A., Spence, J.R. (1995): Digging out the "digging-in effect" of pitfall traps: Influences depletion and disturbance on catches of ground beetles (Coleoptera: Carabidae). *Pedobiologia* 39: 561–576.

- Duelli, P., Obrist, M.K., Wermelinger, B. (2002): Windthrow-induced changes in faunistic biodiversity in alpine spruce forests. *For. Snow Landsc. Res.* 77: 117–131.
- Đuračka, K. (2008): Vysoké Tatry po větrné živelné pohromě [bakalářská práce]. Brno: Katedra geografie PřF MU.
- Eason, E.H. (1964): Centipedes of the British Isles. London, Frederick Warne & Co Ltd.
- Edgecombe, G.D., Giribet, G. (2007): Evolutionary Biology of Centipedes (Myriapoda: Chilopoda). *Annu. Rev. Entomol.*, 52: 151–170.
- Folkmanová, B. (1928): Chilopoda Republiky Československé, Díl 1, Chilopoda Čech. *Fauna et Flora Čechoslovenica*. Praha, NČAVU.
- Folkmanová, B. (1959): Stonožky – Chilopoda. In: Kratochvíl, J. (ed.): Klíč zvířeny ČSR III. Praha, NČSAV: 49–66.
- Gömöryová, E., Střelcová, K., Fleischer, P., Gömöry, D., (2010): Soil microbial characteristics at the monitoring plots on windthrow areas of the Tatra National Park (Slovakia): their assessment as environmental indicators. In *Environmental Monitoring and Assessment*.
- Harmanec, (2006): Top 10 oblastí turizmu Slovenska: podrobný turistický atlas 1 : 25 000. - 1. vyd. VKÚ, akciová spoločnosť, - y. - s. ; 35 cm.
- Hoffman, R.L. (1982): Chilopoda. In: Parker, S.P. (ed.): *Synopsis and classification of living organisms*, vol. 2. McGraw-Hill Book Company, New York: 681–688.
- Hudec, K. (2007): Příroda České republiky: průvodce faunou. Ilustroval Dan Bárta. Praha: Academia: 42–70.
- Jeník, J., Banáš, M., Boháč, J., Jakrlová, J, Kubíková, J., Štursa, J. (2001): Biodiverzita, udržitelný rozvoj horských oblastí. Botanický ústav AV ČR, Průhonice (dílčí zpráva).
- Kaczmarek, J. (1979): *Pareczniki (Chilopoda) Polski*. Wydawnictwo naukowe UAM, Poznań, 100 pp.
- Kolibáč, J., Hudec, K., Laštůvka, Z. a Peňáz, M. (2019): Příroda České republiky: průvodce faunou. Druhé, upravené a doplněné vydání. Praha: Academia: 52–84.

- Koren A. (1986): Die Chilopoden-Fauna von Kärnten und Osttirol. Teil 1 Geophilomorpha, Scolopendromorpha. *Carinthia* 2, 43: 1–88.
- Koren, A. (1992): Die Chilopoden-Fauna von Kärnten und Osttirol. Teil 2 Lithobiomorpha. *Carinthia* 2, 51: 1–140.
- Korpel', Š. (1989): *Pralesy Slovenska*. Veda, Bratislava.
- Křístek, J., Urban, J. (2013): *Lesnická entomologie*. Vyd. 2., upr. Praha: Academia: 100–103.
- Latzel, R. (1880): *Die Myriapoden der Österreichisch-Ungarischen Monarchie.I.: Die Chilopoden*. Wien, A. Hölder.
- Luff, M.L. (1975): Some Features Influencing the Efficiency of Pitfall Traps. *Oecologia (Berlin)* 19: 345–357.
- Machado, A. (1952): Miroápodes de Portugal: Quilópodes. *Brotéria*, 21: 65–170.
- Machar, I. (2009): *Úvod do ekologie lesa a lesní pedagogiky: pro učitele přírodopisu a environmentální výchovy*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci.
- Machar, I, Remeš, J. a Vacek, S. (2014): *Kapitoly z aplikované ekologie lesa a péče o lesní ekosystémy*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci.
- Martínek, J. (2006): *Slovensko: atlas turistických zajímavostí 1:200 000*. Redaktor Miroslava Basařová, Praha: Kartografie Praha, 51–98.
- Matic, Z. (1966): Classe Chilopoda, Subclasse Anamorpha. *Fauna RSR, Vol. 6, fasc. 1., ARSR, Bucuresti*.
- Mezera, A., Mráz, K., Samek, V. (1956): *Stanovištně typologický přehled lesních rostlinných společenstev*. Lesprojekt-ÚHÚL, Brandýs nad Labem.
- Míchal, I. (1992a): *Obnova ekologické stability lesů*. Academia, Praha.
- Míchal, I. (1999): *Ponechání odumřelého lesa z hlediska péče o biologickou rozmanitost*. In: Vrška T. (ed.), *Význam a funkce odumřelého dřeva v lesních porostech*. Správa NP Podyjí, Vranov nad Dyjí: 9–18.
- Motyčka, V. a Roller, Z. (2001): *Bezobratlí*. Ilustroval Pavel Dvorský. Praha: Albatros, 2001. *Svět zvířat (Albatros)*: 61–92.

- Neckařová, M. (2009): Stonožky řádu Lithobiomorpha České republiky [bakalářská práce] Univerzita Palackého, Olomouc.
- Nefediev, P., Tuf, I.H., Farzalieva, G. (2017): Centipedes from urban areas in southwestern Siberia, Russia (Chilopoda). Part 2. Geophilomorpha. *Arthropoda Selecta*. 26. 8–14.
- Nefediev, Pavel, Farzalieva, G., Tuf, I.H., Nedoev, K. a Niyazov, S. (2018): Millipede and centipede assemblages on the northern and southern slopes of the lowland Altai, southwestern Siberia, Russia (Diplopoda, Chilopoda). *ZooKeys*. 741. 219–254.
- Országh, I. (2001): Centipedes (Chilopoda) of the Slovak republic. *Myriapodologica Czecho–Slovaca*, 1: 49–57.
- Pavelcová, A. (2017): Distribuce stonožek na vertikálním gradientu [bakalářská práce]. Olomouc: Katedra ekologie a ŽP PřF UP v Olomouci. 35 stran.
- Pavelcová, A. (2020): Společenstva stonožek v měnících se podmínkách alpinského prostředí [diplomová práce]. Olomouc: Katedra ekologie a ŽP PřF UP v Olomouci. 51 stran.
- Pekár, S. (2002): Differential effects of formaldehyde concentration and detergent on the catching efficiency of surface active arthropods by pitfall traps. *Pedobiologia* 46: 539–547.
- Plesník, P. (1971): Horná hranica lesa. 1. vydání, Neografia, Martin. 28–30: 107–111.
- Randuška, D., Vorel, J., Plíva K. (1986). *Fytocenológia a lesnická typológia*. Příroda, Bratislava.
- Renčo, M. a Čerevková, A. (2017): Windstorms as mediator of soil nematode community changes: Evidence from European spruce forest. *Helminthologia*, 54(1): 36–47.
- Růžička, M., Tuf, I.H. (2006): Co loví stonožky? *Vesmír*, 85: 732–736.
- Samec, P., Formánek, P. (2007): Mikrobiologie lesních půd. Lesnická práce, Kostelec nad Černými lesy.

- Samec, P. (2008a): Biochemie ekologických procesů v zonálních lesních půdách. Review. Zprávy lesnického výzkumu 53: 230–238.
- Samec, P. a Tuček, P. (2012): Modelování růstových podmínek lesů v České republice. 2. vyd. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci pro katedru geoinformatiky: 21–24.
- Sedlák, E. (2002): Zoologie bezobratlých. 2. přeprac. vyd. Brno: Masarykova univerzita: 76–95.
- Slezák, V. (2009): Vliv zemních pastí na abundance epigeonu [diplomová práce]. Olomouc: Katedra ekologie a ŽP PřF UP v Olomouci. 73 stran.
- Smrž, J. (2013): Základy biologie, ekologie a systému bezobratlých živočichů. V Praze Karolinum, 105–134.
- Spitzer, L., Tuf, I.H., Tuřová, J., Tropek, R. (2007): Příspěvek k poznání fauny epigeických bezobratlých dvou přírodních jedlo-bukových lesů ve Vsetínských vrších (Česká republika), Práce a studie Muzea Beskyd, Přírodní vědy. 19. 71–82.
- Šoltés, R., Skolek, J., Homolová, Z., Kyselová, Z. (2010): Early Successional Oathways in the Tatra Mountains (Slovakia) Forest Ecosystems Following Natural Disturbances. *Biologia*, 65(6): 958–964.
- Šmilauer, P. a Lepš, J. (2014): Multivariate analysis of ecological data using CANOCO 5. Cambridge University Press.
- Tajovský, K. a Pižl, V. (1998): Extrakce v modifikovaném Kempsonově apatátu–efektivní metoda pro kvalitativní studium půdní makrofauny. In: Šimek M., Šantrůčková H., Křišťůfek V. (eds.): Odběr, skladování a zpracování půdních vzorků pro biologické a chemické analýzy. ÚPB AV ČR, České Budějovice: 91–97.
- Topping, C.J., Sunderland, K.D. (1992): Limitations to the use of pitfall traps in ecological studies exemplified by a study of spiders in a field of winter wheat. *Journal of Applied Ecology* 29: 485–491.
- Tuf, I.H., Tuřová, J. (2002): Jak se žije po záplavách aneb půdní bezobratlí a velká voda. *Živa*, 50 (6): 269–272.

- Tuf, I. H. (2013): Praktika z půdní zoologie. Vydavatelství Univerzity Palackého v Olomouci, Olomouc. 92 stran.
- Tuf, I.H. (2015): Different collecting methods reveal different ecological groups of centipedes (Chilopoda). *Zoologia (Curitiba)* 32(5): 345–350.
- Tuf, I.H. a Kupka, J. (2015): The first record of *Strigamia pusilla* from the Czech Republic (Chilopoda: Geophilomorpha). *Acta Carpathica Occidentalis* 6: 108–110.
- Tuf, I.H., Tajovský, K. (2016): An annotated checklist of the centipedes (Chilopoda) recorded in the Czech Republic. *Acta Societatis Zoologicae Bohemicae*, 80: 45–50.
- Vaverka, M. (2020): Který způsob managementu polomu vyhovuje stonožkám? [bakalářská práce]. Olomouc: Katedra ekologie a ŽP PřF UP v Olomouci. 35 stran.
- Verhoeff, K.W. (1925): Beiträge zur Kenntnis der Steinläufer, Lithobiiden. *Archiv für Naturgeschichte*, 91 (A) H. 9: 124–158.
- Vološčuk, I. (1994): Poloha a rozloha. In *Tatranský národný park. Tatranská Lomnica: Vydavateľstvo GRADUS, Správa Tatranského národného parku*: 11–14.
- Zalesskaja, N.T. (1978): [Identifikační kniha stonožek řádu Lithobiomorpha SSSR]. Moskva: Nauka Publ. 212 stran. [v ruštině].
- Zak, D.R., Holmes W.E., White D.C., Peacock, A.D., Tilman D. (2003): Plant diversity, soil microbial communities, and ecosystem function: Are there any links? *Ecology* 84: 2042–2050.
- Zielonka, T., Holeksa, J., Malcher, P. (2009): Disturbance Events in a Mixed Spruce – Larch Forest in the Tatra Mts., Western Carpathians – a Tentative Reconstruction. *Baltic Forestry*, 15(2): 161–167.

Internetové zdroje

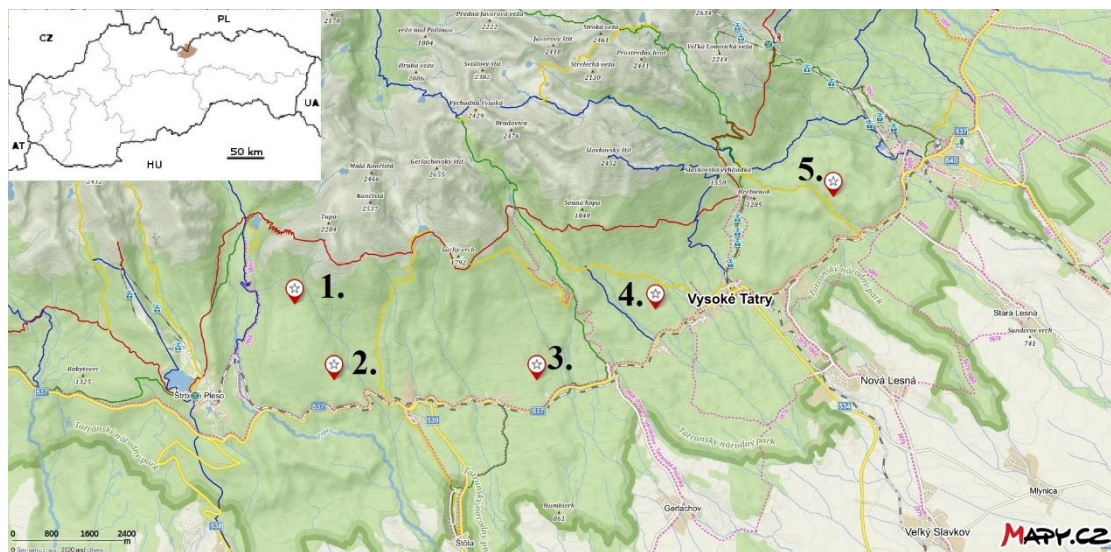
- SAŽP, (2007): Přírodní rezervácia Smrekovica. <https://www.sazp.sk/> [Internet]. [cit. 2020-07-20]. Dostupné z: <http://uzemia.enviroportal.sk/main/detail/cislo/1207>

8. Přílohy

Příloha 1: Tabulka celých názvů a odpovídajících zkratk druhů.

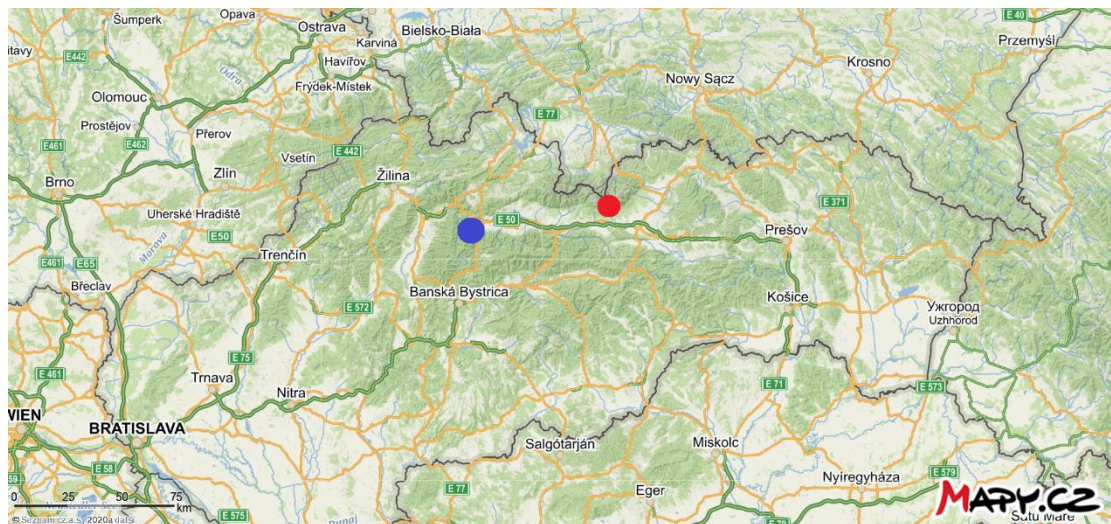
Název druhu	zkratka
<i>Lithobius borealis</i> Meinert, 1868	<i>L.Borea</i>
<i>Lithobius burzenlandicus</i> Verhoeff, 1931	<i>L.Burz</i>
<i>Lithobius cyrtopus</i> Latzel, 1880	<i>L.Cyrtp</i>
<i>Lithobius forficatus</i> (Linnaeus, 1758)	<i>L.Forfc</i>
<i>Lithobius microps</i> Meinert, 1868	<i>L.Micrp</i>
<i>Lithobius mutabilis</i> L. Koch, 1862	<i>L.Mutab</i>
<i>Lithobius</i> sp. Leach, 1814	<i>LithbSp</i>
<i>Strigamia acuminata</i> (Leach, 1815)	<i>StrgAcum</i>
<i>Strigamia crassipes</i> (C. L. Koch, 1835)	<i>StrgCras</i>
<i>Strigamia pusilla</i> (Sseliwanoff, 1881)	<i>StrgTran</i>
<i>Strigamia transsilvanica</i> (Verhoeff, 1928)	<i>StrgPuss</i>
<i>Geophilus alpinus</i> Meinert, 1870	<i>GeopAlpn</i>
<i>Geophilus electricus</i> (Linnaeus, 1758)	<i>GeopElec</i>
<i>Geophilus proximus</i> C. L.Koch, 1847	<i>GeopProx</i>

Příloha 2: Mapové zobrazení lokalit ve Vysokých Tatrách.



Obrázek 7: Lokality ve Vysokých Tatrách: 1. Pod Ostrvou, 2. Smrekovec, 3. Danielov dom, 4. Zruby, 5. Jamy.

Příloha 3: Mapové zobrazení experimentálních lokalit na Slovensku.



Obrázek 8: Barevně značené experimentální lokality na Slovensku. Modré značení – lokalita Smrekovica. Červené značení – lokality viz Příloha 2.