

Univerzita Palackého v Olomouci  
Přírodovědecká fakulta  
Katedra ekologie a životního prostředí



## **DISTRIBUCE STONOŽEK NA VERTIKÁLNÍM GRADIENTU**

Aneta Pavelcová

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: RNDr. Mgr. Ivan H. Tuf, Ph.D.

Olomouc 2017



Pavelcová A. (2017): Distribuce stonožek na vertikálním gradientu [bakalářská práce]. Olomouc: Katedra ekologie a ŽP PřF UP v Olomouci. 35s, 2 přílohy. Česky.

## Abstrakt

Hory jsou významnou složkou ekosystémů Země, jak z hlediska přírody, tak člověka. Jsou zdrojem vody a jiných ekosystémových služeb, leží zde centra biodiverzity a často se zde vyskytují endemity. Na prudkých gradientech, které se v tomto prostředí nachází, je možné sledovat změny přirozené i člověkem přímo či nepřímo podmíněné. Lidská činnost se zde projevuje depozicí sloučenin dusíku či zvyšující se koncentrací CO<sub>2</sub>. S tímto působením je spojena globální změna klimatu. Tato práce se zabývá popisem společenstev stonožek na vybraných lokalitách Západních Tater. Odchyt jedinců probíhal pomocí dlouhodobě exponovaných zemních pastí. Na zaznamenaných společenstvech byla zkoumána jejich závislost na nadmořské výšce, a na podloží a na období odběru. Bylo odchyceno celkem 965 jedinců, kteří byli zařazeni do 4 rodů a 13 druhů. Jasně dominoval rod *Lithobius*. Většina druhů se vyskytovala do 2000 m n. m. a jejich abundance s nadmořskou výškou klesala. Jeden druh, *Lithobius cyrtopus*, s nadmořskou výškou přibýval. Pokud jde o podloží, stonožky preferovaly spíše vápenec před žulou. Ze získaných údajů vyplývá, že nadmořská výška i podloží jsou důležitými faktory, významné však budou i mikroklimatické podmínky.

Klíčová slova: Chilopoda, nadmořská výška, podloží, zemní pasti, Tatry

Pavelcová A. (2017): Distribution of centipedes on vertical gradient. [bachelor's thesis]. Olomouc: Department of Ecology and Environmental Sciences, Faculty of Science, Palacký University of Olomouc. 36 pp. 2 Appendices. Czech.

## Abstract

Mountains are significant component of the Earth's ecosystem, both in terms of nature and human. It's a source of freshwater and other ecosystem services, centres of biodiversity are situated and many endemic species can be found there. At a steep gradient in this environment it is possible to study natural or man-induced changes. Human activity is reflected by deposition of nitrogen compounds and increasing concentration of CO<sub>2</sub>. This is linked to the global climate change. This paper deals with centipede communities in selected localities in Western Tatras. Individuals were trapped using long-term exposed pitfall traps. Determined communities were studied in terms of their dependence on altitude, bedrock and season of collecting. In total 965 animals were captured and classified into 13 species of 4 genera. There was a clear dominance of genus *Lithobius*. Majority of recorded species was found up to 2000 m above sea level and their abundance was declining with growing altitude. One of the species, *Lithobius cyrtopus*, was increasing its abundance with altitude. Per bedrock, centipedes favoured limestone over granite. From obtained data we can say that altitude and bedrock are important factors, nevertheless microclimatic conditions might play an important role.

Key words: Chilopoda, altitude, bedrock, pitfall traps, Tatras

Prohlašuji, že jsem zadanou bakalářskou práci vypracovala samostatně pod vedením dr. Ivana H. Tufa a použila jsem jen prameny uvedené v seznamu literatury.

V Olomouci dne

.....  
Podpis

# Obsah

Seznam tabulek .....	viii
Seznam obrázků .....	ix
1 Úvod.....	1
1.1 Horské ekosystémy .....	1
1.2 Ohrožení ekosystému.....	1
1.3 Stonožky jako modelová skupina .....	2
1.3.1 Geophilomorpha.....	4
1.3.2 Scolopendromorpha .....	4
1.3.3 Lithobiomorpha.....	5
1.3.4 Scutigeraomorpha .....	5
1.3.5 Craterostigmomorpha.....	6
1.4 Význam v ekosystému a vazba na biotop .....	6
1.4.1 Geografická distribuce .....	7
1.5 Indikační potenciál.....	8
1.6 Stonožky vyšších nadmořských výšek.....	9
2 Cíle práce .....	11
3 Materiál a metody .....	12
3.1 Sběr materiálu .....	12
3.2 Lokality .....	12
3.3 Determinace .....	13
3.4 Analýza dat .....	13
4 Výsledky .....	14
4.1 Celkový přehled materiálu .....	14
4.2 Distribuce stonožek na lokalitách .....	17
4.3 Vliv nadmořské výšky na distribuci druhů stonožek .....	20
4.4 Změny společenstev stonožek v čase.....	23
5 Diskuse.....	25
6 Závěr .....	29
7 Literatura.....	30
8 Přílohy.....	34

## Seznam tabulek

Tab. 1: Celkový přehled ulovených jedinců stonožek ze všech zkoumaných lokalit z období let 1997–1998 a 2014–2015.....	14
Tabulka 2: Procentuální zastoupení druhů stonožek na daných lokalitách v letech 1997–1998 (popis lokalit viz Příloha 2).....	15
Tabulka 3: Procentuální zastoupení druhů stonožek na daných lokalitách v období 2014–2015 (popis lokalit viz Příloha XX).....	16
Tabulka 4: přehled variability vysvětlené pomocí hlavních os CCA modelu.....	17
Tabulka 5: význam jednotlivých nezávislých proměnných.....	17
Tabulka 6: přehled variability vysvětlené pomocí hlavních os RDA modelu s použitím dat z lokalit vzorkovaných v obou sledovaných obdobích.....	19
Tabulka 7: význam jednotlivých nezávislých proměnných s použitím dat vzorkovaných v obou sledovaných obdobích.....	19
Tabulka 8: závislost druhů na nadmořské výšce s použitím dat ze všech lokalit.....	21
Tabulka 9: závislost druhů na nadmořské výšce bez dat z lokalit s transfery půdních monolitů (vzorkovaných pouze v letech 2014–2015).....	22
Tabulka 10: závislost druhů na roku sběru, kdy 4 druhy vyšly statisticky významně.....	24



## Seznam obrázků

Obrázek 1: Ordinační diagram RDA znázorňující korelaci závislých (druhových) a nezávislých .....	18
Obrázek 2: Ordinační diagram RDA znázorňující korelaci závislých (druhových) a nezávislých (environmentálních) faktorů po vyloučení lokalit vzorkovaných jen v letech 2014–2015. Zkratky druhů viz příloha 2. ....	20
Obrázek 3: GAM závislost početnosti druhů stonožek na nadmořské výšce. Zkratky druhů viz Příloha 1. ....	21

## Poděkování

Děkuji především mému vedoucímu bakalářské práce RNDr. Mgr. Ivanu H. Tufovi, Ph.D. za odborné vedení této práce, cenné rady, za doporučení literatury, za pomoc s určováním i se statistickým zpracováním a za trpělivost. Mé díky patří též RNDr. Karlu Tajovskému, CSc. za poskytnutí materiálu a dat a za možnost navštívit lokality ve Vysokých Tatrách v roce 2016.

Výzkumy byly realizovány za podpory Grantové agentury České republiky (GA ČR), projekt č. 14-09231S „Rozlišení vlivů změn v chemismu a klimatu na biogeochemické procesy a biodiverzitu přírodních půd a vod alpského pásma“. Terénní výzkumy probíhaly v rámci projektů koordinovaných prof. P. Bitušikem, Univerzita Mateja Bela v Banskej Bystrici (projekty VEGA No. 1/0180/12 a No. 2/0081/13), a prof. J. Kopáčkem, Biologické centrum AV ČR, v. v. i., České Budějovice, (projekt GAČR 14-09231S). Poděkování patří rovněž Správě Tatranského národního parku (Štátne lesy TANAPu) pro administrativní a logistickou podporu projektů.

# 1 Úvod

## 1.1 Horské ekosystémy

Horské oblasti jsou významnou složkou zemských ekosystémů z hlediska zdrojů a služeb, které poskytují jak horským společenstvům, tak obyvatelům nížin. Pokrývají téměř čtvrtinu souše a jsou důležitým zdrojem vody, energie, nerostů, lesních a zemědělských produktů a oblastmi rekreace, jsou zdrojem biodiverzity, domovem ohrožených druhů a nezbytnou součástí globálního ekosystému (Beniston 2003). Základní klimatické charakteristiky hor jsou dány hlavně nadmořskou výškou, sklonem, orientací a geografickou polohou, což zahrnuje zeměpisnou šířku a vzdálenost od moře (oceanitu). Představují jedinečné oblasti, jsou biologicky rozmanité a jejich přírodní bohatství je extrémně vysoké (Foggin 2016). Přestože se hory značně liší, jejich společným rysem je složitost topografie. Orografické prvky zahrnují některé z nejostřejších gradientů kontinentálních oblastí. S tím jsou spojeny rychlé a systematické změny klimatických parametrů, zejména teplota a srážky, které probíhají na velmi krátké vzdálenosti (Becker a Bugmann 1997). Velmi nápadnými činiteli jsou přímý odtok, eroze a kolísání dalších faktorů (Beniston 2003).

Horské prostředí vykazuje vysokou biodiverzitu, má často ostré hranice (ekotony) ve vegetačních řadách a rovnoměrně rychlé změny od vegetace a půdy po sníh a led. Krom toho jsou horské ekosystémy často endemické, protože mnoho druhů zůstalo izolováno ve vysokých nadmořských výškách. Izolace a fragmentace habitatu může tedy vést ke speciaci. Hory mohou také sloužit jako migrační koridory (Beniston 2003).

Hory v mnoha částech světa snadno podléhají vlivům rychle se měnícího klimatu a poskytují prostor pro studium signálů klimatické změny a jejích vlivů na hydrologické, ekologické a společenské systémy. Klima se totiž i v rámci hor rapidně mění s výškou na poměrně krátké horizontální vzdálenosti, stejně jako vegetace a hydrologie (Whiteman 2000).

## 1.2 Ohrožení ekosystému

Tundra, chladné oblasti, vysokohorské ekosystémy a mezi ně patřící alpínské bezlesí se řadí mezi ekosystémy, které jsou velmi citlivé na globální změny prostředí. V alpínském pásmu se též vyskytují některá centra biodiverzity, proto je nutné jim věnovat zvýšenou pozornost (Beniston 2003). Důsledky změn se také projeví tam, kde ekologické gradienty vytvářejí ostré hranice vegetačních formací, například na přirozené hranici lesa. Horské ekosystémy snadno podléhají erozi, sesuvu půdy a rychlé ztrátě habitatu a genetické diverzity (McNeely 1990).

Hory nabízí zajímavé možnosti výzkumu. V odlehlých horských prostředích ve vysokých polohách nebo vysokých zeměpisných šířkách je potenciál pro průzkum vlivů změn prostředí bez přímého nebo významného ovlivňování lidmi (Beniston 2003).

Většina horských oblastí trpí zhoršením životního prostředí (Beniston 2003). Horské ekosystémy jsou náchylné na degradaci z hlediska antropogenního tlaku: jsou křehké a vysoce citlivé na erozi, pomalu regenerují, mají ostrovní charakter – horská biodiverzita nemůže migrovat nebo se rozpínat za geografické limity. Dalšími hrozbami jsou odlesňování, nelegální těžba, nevhodná pastva, pytláctví a rozvoj turismu. Kromě těchto přímých vlivů jsou zásadní ještě nepřímé působení klimatické změny a globalizace. Klimatické změny zahrnují zvýšenou frekvenci a závažnost extrémních událostí, změny srážek a zvýšení teploty s následným táním ledovců (Foggin 2016). V poslední době však díky snižování emisí síry a dusíku dochází ke snížení kyselé atmosférické depozice. Vodní ekosystémy, které jsou citlivé na změny pH, se v horských oblastech zotavují rychle. V terestrických systémech je tento proces pomalejší a různý pro odlišné skupiny organismů. Dalším vlivem, který působí na horské oblasti, je oteplování klimatu – průměrná teplota na sledovaném místě, tedy v Tatrách, se v posledních 20 letech zvýšila o 1,5 °C (Tajovský 2015). Se zvýšením teploty lze očekávat změny i v hydrologickém režimu. Pro alpské ekosystémy to znamená ohrožení v podobě extrémnějšího chodu srážek, tedy výskyt přívalových dešťů a delší suchá období, což může podpořit výskyt požárů.

Přestože se ekosystémy globálně měnily v historii poměrně často, například během střídání dob ledových a meziledových, současným problémem je rychlost a rozsah těchto změn. Je velmi pravděpodobné, že se zmenší areály rozšíření druhů i diverzita těchto oblastí. Změny mohou nastat jak na úrovni druhové, tak ekosystémové. Rovněž je možné, že se změní rozšíření druhu, průběh životního cyklu, změna mortality a natality, změna vztahů či ztráta biotopu. Na tyto podněty mohou živočišné reagovat třemi způsoby, a to buď změnou osídlených lokalit, změnou chování či v krajním případě vyhynutím. V České republice může tento problém nejvíce hrozit ve dvou našich pohořích (v Krkonoších a na Hrubém Jeseníku), kde se může posunovat hranice lesa a již tak malá území se ještě více zmenšit (Plesník 2004).

### 1.3 Stonožky jako modelová skupina

Většinou je půdní makrofauna rozmanitá a citlivá na podmínky prostředí. Různá senzitivita v rámci trofických skupin může narušit potravní řetězce či ovlivnit jejich úroveň. Chemická struktura a disturbance antropogenního původu může vyvolat změny ve společenství s následnými dopady na důležité půdní funkce, proto je půdní fauna vhodná jako modelová skupina, která poměrně rychle reaguje na podmínky prostředí (Antunes et al. 2012).

Třída Chilopoda se skládá z řádů Geophilomorpha, Scolopendromorpha, Lithobiomorpha, Scutigleromorpha a Craterostigmomorpha (poslední jmenovaný zahrnuje pouze

dva druhy z Nového Zélandu a Tasmánie). Jsou bilaterálně souměrné, mají metamerní segmentaci a dvě ventrální nervové trubice – typicky ganglium v každém tělním článku. Každý tělní článek nese jeden pár končetin. Povrch těla je kryt kutikulou, která má několik vrstev a její tloušťka a složení se u jednotlivých řádů liší. Jsou v ní otvory s kanálky. Pravidelně se svlékají, svlečku poté pozřou. Živí se dravě, ale dostupnost druhů kořisti má na distribuci nebo abundanci stonožek malý vliv. Jsou vysoce polyfágní a živí se vším, co má pro ně dostupnou velikost a vyhnou se pouze těm úlovkům, které mají neproniknutelnou kutikulu či produkují škodlivé a odpudivé sekrety (Lewis 1981).

Stonožky obecně mají negativní fototaxi. V experimentu bylo zjištěno, že *Lithobius forficatus* odpocívá na zastíněných místech a stejně tak preferuje tmavé pozadí. Zástupci řádu Geophilomorpha jsou sice slepí, ale citliví na světlo celým povrchem těla. Kromě oblastí s nižší intenzitou světla vyhledávají také místa, kde je většina jejich těla v kontaktu s pevným povrchem, mají tzv. thigmotaxi (Lewis 1981). Teplotní preference evropských stonožek z čeledi Lithobiidae se nachází někde mezi 12 a 22 °C, nevratné poškození nastává při teplotě nad 35 °C. Stonožky z temperátních zón přežívají nízké teploty v neaktivním stavu a nekrmí se – například *L. forficatus* přežije bez poškození až -6 °C (Grgič a Kos 2002). Informace z okolí získávají pomocí tykadel. Dochází u nich k námluvám a to tak, že si čistí tykadla a chodidlové články 1.-6. páru nohou. Evropské druhy stonožek jsou obvykle hnědé nebo žlutavé barvy (Lewis 1981). Stonožky při nízké vlhkosti rychle ztrácejí vodu, jsou náchylné na vysychání kvůli jejich kutikule, která neobsahuje lipidy a snadněji tak propouští vodu. V laboratořích vykazují preferenci až 100% vlhkosti (Voigtländer 2011). Je možné, že kyčelní žlázy posledního páru nohou slouží jako osmoregulační orgány (Lewis 1981). Na kvalitu vegetace jsou citlivé jen nepřímo, ta ovlivňuje kvalitu humusové vrstvy a prostorovou strukturu opadu a svrchních vrstev půdy (Voigtländer 2011).

Na světě je 3150 známých druhů (Minelli 2011). Mají širokou škálu habitatů – v opadu, pod kameny, dřevem, mechem, v různých typech lesa, na loukách i obdělávaných půdách či na rašelinistích. Nachází se i na antropogenních stanovištích, jako jsou zahrady, skládky, městské parky a skleníky, poslední jmenované jsou často zdroji neobvyklých, popřípadě zavlečených druhů (Barber 2008, Dányi a Tuf 2016). Dokonce na pobřeží nad hranicí přílivu žije množství stonožek, to je zřejmě dáno tím, že zde chybí jejich predátoři a parazité, mají zde dostatek potravy a moře má příznivý vliv na vlhkost vzduchu. Stonožky žijí i v jeskyních, je mezi nimi řada pravých troglobiontů, například *Geophilus hadesi* (Stoer et al. 2015). Ve Španělsku, Itálii a na Balkáně se v jeskyních běžně vyskytují specializovaní zástupci řádu Lithobiomorpha (Lewis 1981).

### 1.3.1 Geophilomorpha

Tyto stonožky mají protáhlé tělo, které nese 27-191 párů nohou. Samice mají často více nohou než samci stejného druhu. Na zploštělé hlavě mají 14 článková tykadla, nemají oči ani Tömösváryho orgány. Mandibuly mají velmi malé a značně se liší čeled' od čeledi. Štítky na tělních člancích mají oddělené presternity a pretergity. Na sternitech je často skupina porů (Barber 2008). Jejich chodidlové články jsou srostlé. Poslední pár nohou leží téměř paralelně s osou těla a dráp buď zcela chybí, nebo mají jen základ. U mnoha druhů existuje sexuální dimorfismus ve tvaru vlečných nohou (Barber 2008).

Samice mají jeden vaječník a pár přídatných žláz, které mohou produkovat sekret, jímž jsou kladená vajíčka lepena k sobě. V laboratořích ve Skandinávii byla dokonce pozorována partenogeneze. Páření probíhá tak, že samec a samice se přiblíží k sobě hlavou k ocasu, samec pak vytvoří síť a do ní umístí spermatofor, samice se poté vrátí a sebere jej. Mají vyvinutou mateřskou péči, samice je stočená okolo snůšky a čeká na vylíhnutí larev (Lewis 1981). Zemivky se živí převážně malými kroužkovci (žížalami), měkkýši, pavouky, mnohonožkami, stínkami, některými larvami a vilejší. Nepohrdnou ani rostlinnou stravou. Oproti Lithobiomorpha jsou aktivnější lovci, kořist vnímají chemickými stimuly nebo pohybem půdy. Jejich predátory jsou pavouci, hmyz, obojživelníci, ještěrky, ptáci a myši a krtci. Většinou jsou solitérní. U některých druhů se mění distribuce s věkem, dokonce by na jejich distribuci mohl mít vliv typ půdy (Minelli a Koch 2011). Řadí se sem asi 1250 druhů, které se vyskytují v kontinentální oblasti kromě Antarktidy, zahrnující i nejsevernější a nejjižnější oblasti, a ostrovy. Maximum diverzity a bohatosti je v temperátních a subtropických oblastech Severní Ameriky, většina Jižní Ameriky, Středomoří, nejjižnější Afrika, Japonsko a jihovýchodní Asie. Žijí v lese, pod balvany a pod kůrou stromů. Mnoho druhů bylo hlášeno z mravenišť. (Bonato a Zapparoli 2011).

### 1.3.2 Scolopendromorpha

Většinou mají 21 nebo 23 párů nohou, v rámci sexuálního dimorfismu se počet neliší. Výjimkou, bohužel zřejmě již vyhynulou, je *Scolopendropsis duplicita*, která má 39 a 43 párů noh (Tuf 2012). Na hlavě mají tykadla ze 17 nebo více článků, zároveň se na každé straně hlavy nachází 4 nebo žádná jednoduchá očka (ocelli). Nemají Tömösváryho orgány. Na mandibulách se nachází zubaté lamely s pěti trojcípými zuby na jedné straně. Tělní tergity jsou heteronorní, některé články jsou trochu kratší než jiné, hlavně v přední části těla, není však tak výrazná jako např. u rodu *Lithobius*. Tělní pleurity jsou redukovány. Terminální články jsou slabě chitinizované (Barber 2008). Končetiny mají složené z 5-6 článků a jejich délka graduálně vzrůstá směrem od hlavy. Ventrální okraje holeně a chodidlových článků vlečných nohou nesou pilovité hřebínky (Barber 2008). Tyto druhy mají dva páry přídatných reprodukčních žláz, které nejspíše produkují látku na stavbu sítě. Dvořící rituál podobný jako u Geophilomorpha, stejně tak

probíhá i mateřská péče, kdy samice o vajíčka pečují a čistí je (Lewis 1981). Poslední pár nohou je větší, na jejich kyčli jsou malé a početné póry a stonožky mají občas sklony k jejich odhazování (Barber 2008). Využívají široké potravní nabídky od různého hmyzu, například termitů a švábů, kobylek, larev brouků a much, vos a včel až po malé obratlovce, jako jsou myši, žáby, plazi, dokonce i netopýři (Minelli a Koch 2011). Patří sem asi 700 druhů. Rozšířeny jsou téměř na všech kontinentech kromě Antarktidy s maximem diverzity a bohatosti ve všech tropických a subtropických oblastech (Bonato a Zapparoli 2011).

### 1.3.3 Lithobiomorpha

Zástupci tohoto řádu mají 15 párů nohou, které se směrem od hlavy graduálně prodlužují. Každý článek nohy může nést trny (Barber 2008). Na hlavě mají párová tykadla s 18 a více články, za nimi leží 1-30 ocell na každé straně, přičemž nejzazší oko je větší než ostatní (Barber 2008). Pod těmato očima je Tömösváryho orgán. Pro tento řád je charakteristická heteronomie – tergity 2, 4, 6, 9, 11 a 13 jsou o dost kratší než ostatní, tergity 7 a 8 jsou stejně velké (Barber 2008). Na zbylých článcích se nachází průduchy. U mnoha druhů je 15. a někdy i 14. pár nohou samců výrazně ztlustlý a tyto nohy mohou vykazovat sekundární pohlavní struktury. Samci kladou spermatofory do sítě, samice je pak sbírají. Je možná i partenogeneze. Vajíčka kladou soliterně. Líhnou se s redukováným počtem nohou. Prochází larválními stádii, během kterých se jim tvoří další páry nohou s každým svlečením až do konečného počtu. Prochází ještě několika post-larválními fázemi, dokud nedosáhnou dospělosti. Během těchto fází roste počet ocell, zubů na kusadlových nožkách a kyčelních porů (Barber 2008). Loví larvy s měkkými těly, také chvostoskoky a roztoče, dále drobný hmyz, stínky a mnohonožky (juvenilní stádia nebo čerstvě svlečené jedince), mouchy, slimáky, kroužkovce, a dokonce i zástupce vlastního druhu, jsou to tedy kanibalové. Nedospělí se většinou živí jinak než adultní stádia (Minelli a Koch 2011). Řadí se sem asi 1100 druhů a jejich areál zahrnuje i nejsevernější a nejjihnější oblasti a ostrovy, maximální diverzita a bohatost leží ve všech temperátních kontinentálních oblastech (Bonato a Zapparoli 2011).

### 1.3.4 Scutigromorpha

Tělo těchto stonožek má vřetenovitý tvar, není dorzoventrálně zploštělé a má 15 párů nohou, které jsou velmi dlouhé a směrem od hlavy se ještě více prodlužují. Mají oddělený tarsus a metatarsus, dobře vyvinutý apikální dráp a množství chloupků a háčků. Tyto vlastnosti jsou výhodou při rychlém pohybu a lovu. Tykadla vypadají jako bičík, mají dva nodi (uzly) delší než ostatní. Za tykadly se nachází Tömösváryho orgány, dále za nimi pak složené oči. Druhý pár horních čelistí i forcipuly nesou drápy. Každý článek má sternit, ale některé sousedící tergity splývají. Samice ukládá vajíčka do trhlin v půdě nebo na její povrch, někdy jsou ve shluku po 7-10 (Lewis 1981). Nejmladší stadia mají méně nohou než dospělci (Barber 2008). Jejich kořistí se mohou stát pavouci, hmyz jako jsou mouchy, komáři, vosy, včely, švábi, mûry i larvy brouků

(Minelli a Koch 2011). Nachází se v tropech a subtropích, kde jsou obyvateli i vlhkých sklepů a domů. Tento řád zahrnuje asi 95 druhů, přičemž se vyskytuje na všech kontinentálních pevninách kromě nejsevernějších oblastí, jeho maximum diverzity a bohatosti je v severní Africe, na Indickém poloostrově, v jihovýchodní Asii a Austrálii (Bonato a Zapparoli 2011).

### 1.3.5 Craterostigmomorpha

Jedinými zástupci tohoto řádu jsou *Craterostigmus tasmanianus* a *Craterostigmus crabilli* (Edgecombe 2011). Jsou to středně velké stonožky obývající Tasmánii a Nový Zéland. Jejich znaky odpovídají řádům Lithobiomorpha a Scolopendromorpha. Mají jeden pár ocelli, tykadla složená ze 17-18 článků. Na dolní části kusadlových nožek se nachází pět plus pět zubů. Jejich 15 tělních článků je kryto 21 tergity a na některých člancích se nachází průduchy. Nohy se skládají z 6 článků, směrem od hlavy se prodlužují. Na posledním páru nohou a někdy ještě i na dvou předešlých párech mají trny. Kladou „vaječné kapsle“ do shluků do malých trhlin vlhkých rozkládajících se kmenů, snůšku chrání (Lewis 1981, Minelli a Koch 2011). Živí se termity a pravděpodobně i jiným hmyzem. Mají degenerované mandibuly a na kořist vylučují sekret, který ji natráví, a pak obsah vysají (Lewis 1981).

## 1.4 Význam v ekosystému a vazba na biotop

Díky jejich vlhkomilnosti a stínomilnosti jsou to spíše kryptozoičtí živočichové a den tráví pod kameny, kůrou stromů, v listovém opadu nebo v půdě. Nevyhýbají se ani synantropním místům. Na lov se vydávají v noci. (Voigtländer 2011).

Stonožky se dají rozdělit na tři ekomorfotypy nebo životní formy podle toho, jak jejich tělní konstrukce odráží ekologické preference a adaptace na speciální stanoviště. První typ si hloubí noru a zavrtává se do půdy. Do této skupiny se řadí hlavně zástupci Geophilomorpha, mají velmi pružné tělo a jsou adaptované na život v hlubších půdách, v úzkých chodbách a štěrbinách. Další typ je „běžící“ – mají zploštělé tělo a preferují opadanku a horní vrstvy půdy. Často pronikají do půdních dutin a schovávají se pod kameny a kůrou. Patří sem Lithobiomorpha a Scutigermomorpha, poslední zmínění běhají velmi rychle a loví na otevřených substrátech. Mezi těmito dvěma typy je ještě přechodný typ, do kterého spadají hlavně Scolopendromorpha, které se rychle pohybují a mají speciální techniku hloubení nor, díky které tvoří hluboké větvené systémy, kam ustupují za nepříznivých podmínek (Manton 1977).

V evropských opadavých lesích je vertikální zonace odlišná mezi různými typy humusové vrstvy. Zatímco bučiny s humusem typu moder vykazují jasnou stratifikaci, vápnité bučiny a půdy s humusem typu mul jsou více horizontálně heterogenní (Voigtländer 2011). Tempo růstu se dle oblastí liší. V tropech a subtropích je mnoho druhů s jednoletým cyklem, jejichž tempo růstu vrcholí v období dešťů. V temperátních oblastech s malými extrémy je naproti tomu většina stonožek víceletých s menším reprodukčním potenciálem. Mají dlouhou



délku života a vysokou vnitrodruhovou variabilitu v trvání a počtu vývojových fází. Většina evropských Chilopoda lze zařadit mezi K-stratégy. Pokud se mezi nimi najdou nějakí r-stratégové, jsou to introdukované druhy, často partenogenetické. Ovšem právě odlišnosti ve vývojových strategiích jsou možností pro koexistenci druhů, které mívají jinak stejné nároky na životní podmínky (Voigtländer 2011).

Mnoho druhů využívá sezónní migraci mezi různými vrstvami, aby přežily nepříznivé podmínky prostředí. Například ve vlhkých tropech stonožky v průběhu roku střídají různé vrstvy, jak hlubší, tak i svrchní, případně se pohybují po vegetaci, či žijí arborikolně, jako například *Scolopendra subspinipes* (Adis a Scheller 1984). V tropické savaně opouštějí povrch půdy v období sucha a zavrtávají se do trhlin v půdě, které se během deště zaplní vodou a stonožky mohou zpět na povrch. V temperátních oblastech jsou nejvíce aktivní na jaře, ve středně vlhkých lesích je další maximum aktivity na podzim. Extrémním podmínkám se vyhýbají například tak, že zimují v půdě (i arborikolní druhy), nebo se během suchých letních měsíců stočí do klubíčka v dutinách, jako to dělají žížaly (Voigtländer 2011).

#### 1.4.1 Geografická distribuce

Stonožky se vyskytují od pobřeží až po hory. Některé druhy mohou být i výhradní obyvatelé útesových pobřeží, kde žijí poblíž záplavové zóny a jejich speciální adaptace jim umožňují tolerovat vysoký obsah soli stejně jako dočasné zaplavování. Několik druhů je zaznamenáno jako halofilních, například *Geophilus fucorum* a *Tuoba poseidonis* (Barber 2009; Iorio a Noël 2017). Stonožky jsou schopny přežít krátkodobé zaplavení, za vhodných podmínek přežijí 25-40 hodin pod vodou (Tufová a Tuf 2005). Jeskynní druhy jsou známy především ze Španělska, Sardinie, jižní Francie, Kréty, Rumunska, Bulharska, střední Ameriky a Austrálie. Obývají také doupata zvířat. Neprojevují obligátní myrmekofilii, nicméně je lze často nalézt jako příležitostné návštěvníky mravenišť (Voigtländer 2011).

Stonožky jsou rozšířeny téměř po celém světě, téměř na všech kontinentech a na ostrovech. Neexistují záznamy z Antarktidy, většiny Grónska, amerických a asijských ostrovů a západní saharské Afriky – zřejmě kvůli nedostatečnému výzkumu. Na jižní polokouli je jen několik rodů na všech kontinentálních pevninách. Maximum diverzity se nachází v temperátní a tropické Severní Americe a v jižní Evropě. Mnoho skupin má nespojitou distribuci i na polokouli severní. Nejbohatší fauna stonožek se nachází v oblasti východního Středozeří až na Kavkaz. Je zde více než 500 druhů v 50 rodech, některé rody jsou endemické. Co se týče Eurasie, většina stonožek patří do řádu Lithobiomorpha, dále vysoce diverzifikované Geophilomorpha, ale není zde mnoho druhů z řádu Scolopendromorpha (Bonato a Zapparoli 2011).

Pravé alpské druhy jsou mezi Chilopoda těžko k nalezení, ale druhy rodu *Lithobius* se vyskytují až nad 5500 m n. m. v Nepálu v Himaláji. Evropské známé druhy vyskytující se nad

2000 m n. m. (hranicí lesa) jsou většinou eurytopní, tedy jsou schopny tolerovat širokou škálu ekologických podmínek, co se týče habitatu. V alpinské zóně nad 2500 m n. m. dominuje rod *Lithobius* (Voigtländer 2011).

### 1.5 Indikační potenciál

Z hlediska bioindikace mohou být stonožky vhodnou skupinou, protože existuje dostatečné množství informací o chování, ekologii, taxonomii a fylogenezi. Jako predátoři jsou důležitou skupinou půdní fauny, mají široké geografické rozšíření, jejich společenstva se v různých geografických regionech liší a jejich abundance jsou většinou vysoké (Grgič a Kos 2003).

Stonožky jsou využívány pro posouzení vlivu environmentálních managementů, jako například v práci Mikuly (2010), kde autor porovnává vliv konvenčního a ekologického zemědělství a zjišťuje, že stonožky nejsou citlivé na způsob zemědělského hospodaření, mají však blízko k tzv. ekologickému zemědělství a jako predátoři regulují abundance menších členovců. Sledovány bývají nejen biotopy s rozsáhlými požáry nebo rekultivovaná místa po těžbě, ale i vzor měnící se druhové skladby v průběhu ekologické sukcese.

Ve studii vedené v severní Francii na travinách obsahujících kovy (kadmium, zinek a olovo) výzkumníci nenašli ani stínky, ani mnohonožky, pouze vzácně juvenilní stádia nebo larvy stonožek (*Geophilidae* a *Lithobiidae*). Našli zde šest druhů, přičemž největší diverzita byla právě na jedné z kontaminovaných lokalit (Grelle et al. 2000). Další bioindikační studie realizovaná opět ve Francii prokázala, že druh *Lithobius crassipes* (*Lithobiidae*) je charakteristický pro místa bohatá na opad, druh *Cryptops savignyi* je spojován s neznečištěnými lesy a druh *Haplophilus subterraneus* má významnou indikační hodnotu pro místa bohatá na opad a neznečištěné lesy. Ani u jednoho druhu nebyla prokázána bioindikační hodnota pro znečištění kovy (Nahmani et al. 2006). Ani další autoři nenašli jasný důkaz vlivu půdní kontaminace na edafická společenstva členovců (Antunes et al. 2012).

Půdní fauna byla zkoumána také jako potenciální indikátor rozvoje půdního ekosystému v lokalitách po těžbě. Bylo zjištěno, že s pokračující sukcesí se mění formy od pionýrských epigeických po anektické. Přestože se stonožky jako predátoři chovají méně předvídatelně, bylo vypořádáno několik rysů kolonizace těchto území. Migrace a první výskyty stonožek jsou ovlivněny okolní faunou, invazní kapacitou, schopností disperse a konkrétní životní strategií. Brzká imigrace malých členovců dává potravní základ invadujícím stonožkám. Z dominance určitých druhů lze určit tři fáze primární sukcese během 50 let, a to pionýrská fáze s převahou druhu *Lamyctes emarginatus*, což je opravdový pionýr s krátkým vegetačním cyklem a vysokou mobilitou, druhá „před-lesní“ fáze asi po 8 letech s dominancí *Lithobius forficatus* a poslední fáze po 25 letech, kdy se *Lithobius microps* stává eudominantní. Zemivky (*Geophilomorpha*) invadují jako poslední (Dunger a Voigtländer 2009).

Některé stonožky mohou indikovat určité soubory lesních ekosystémů. Spolu s mnohonožkami a suchozemskými stejnonožci jsou obecně skupinou mírně preferující bukové porosty. Přestože acidifikace ústí ve zvýšení celkového množství mezofauny v lesních půdách, dochází ke změnám ve společenstvu – zvyšuje se početnost, ale jen několika dominantních druhů. Po obohacení půdy vápencem a dusičnanem se množství mezofauny snížilo a došlo k posunu dominantní struktury (Lazorík 2016).

## 1.6 Stonožky vyšších nadmořských výšek

Studium horských společenstev poskytuje příležitost odhalit mnoho ekofyziologických mechanismů pro adaptace na extrémní hladiny faktorů prostředí. Alpínsko-himálajský systém přináší mnoho možností pro speciaci a tvorbu specifických společenstev s omezenými rozlohami, studiem vysokohorské fauny lze zaznamenat všechny druhy refugií z pleistocénu a pre-pleistocénu a následující spojitosti se severskými faunami, která byla narušena klimatickými změnami v holocénu. Průzkum této fauny by mohl zajistit klíč k pochopení jejich blízkého vztahu i rozdílů, dokladem těchto změn jsou arкто-alpínské či boreomontánní druhy (Beron 2008).

Prvním rozdílem oproti druhům z nižších poloh je to, že obyvatelé hor a svrchních půdních vrstev jsou více aktivní přes den. Navzdory očekávání však nejsou tmavěji pigmentované. Nejvyšší výskyt stonožek ve světě byl zaznamenán v Nepálu ve výšce 5700 m n. m., konkrétně rod *Lithobius*. Vrcholné výskyty ostatních řádů jsou podstatně níže, konkrétně Scolopendromorpha se vyskytují až do 4500 m n. m., Scutigermorpha až do 4250 m n. m. a Geophilomorpha „jen“ do 3600 m n. m. (Beron 2008)

Ze světa je známo přes 3150 druhů stonožek (Minelli 2011), z čehož ve Starém světě žije asi 80 druhů nad 2200 m n. m., z toho 6 čeledí patří do řádu Geophilomorpha. Výskyt řádu Scolopendromorpha v Andách je doložen až ze 4150 m, zatímco v Bulharsku není znám nad 2000 m. Pokud se zaměříme blíže na Evropu, Geophilomorpha se vyskytují nejvýše ve 2900 m (rod *Geophilus*, Sierra Nevada), Scolopendromorpha 2700 m (rod *Scolopendra*, Sierra Nevada), Lithobiomorpha ve 2500 m (rody *Lithobius*, *Eupolybothrus*). Scutigermorpha se ve vyšších partiích v Evropě nevyskytují (Beron 2008).

V Alpách a na Balkánském poloostrově se *Lithobius forficatus*, *L. erythrocephalus* a *L. latro* vyskytují až do 2600 m n. m. Druhy *L. pilicornis*, *L. tricuspis*, *L. valesiacus* a *L. lapidicola* až do 2700 m n. m., *L. schuleri* do 2900 m n. m., a *L. lucifugus* dokonce až do 3200 m n. m. Podle některých autorů jsou *L. glacialis* a *L. lucifugus* jediné vysokohorské druhy v Alpách, byly nalezeny výhradně v alpínské zóně Allgäuerských Alp (Spelda 1999; Pilz et al. 2008). Geophilomorpha jsou většinou zaznamenány do 2300 m n. m., nejvyšší záznam v Evropě je *Strigamia crassipes* ve 2750 m n. m. (Stoer 2002). Co se týče nového světa, v Andách jsou druhy rodu *Lamyctes* často zaznamenávány od oblasti jezera Titicaca až ze 4000 m n. m.,

*Lamyctes andinus* i ve 4400 m n. m. (Voigtländer 2011). Seznam stonožek nalezených nad 3500 m n. m. v horách Východní Afriky (Beron 2000) zahrnuje rod *Mecistocephalus*, tři druhy rodu *Cryptops* ve 3500 m, nejvýše však dosahuje druh *Lithobius africanus*, a to 4200 m n. m. v Ruwenzori (Voigtländer 2011).

## 2 Cíle práce

Cílem mé práce je popis společenstev stonožek vybraných lokalit Vysokých Tater, porovnání společenstev v různých nadmořských výškách a zhodnocení, jak se mění abundance daných druhů s nadmořskou výškou a s ohledem na podloží. Tato data mohou napovědět, které druhy stonožek by potenciálně mohly být více ohroženy probíhajícími změnami (globálními i lokálními).

## 3 Materiál a metody

### 3.1 Sběr materiálu

Sběr edafonu byl proveden pomocí dlouhodobě exponovaných padacích zemních pastí. Tyto pasti jsou obecně často používány (Barber 1930) a patří k jedněm z neúčinnějších, přestože je této metodě občas vytýkáno, že se díky ní zaznamenají pouze po povrchu půdy se pohybující druhy. Past se skládá z plastové nádoby o průměru okolo 10 cm a výšce asi 15 cm. Nádoba byla zakopána do půdy tak, aby její horní okraj nepřevyšoval okolí. Shora byla přikryta kovovou stříškou na čtyřech hrotech, které se zabodly do země a vytvořily tak nad pastí ochranu proti dešti. Stříška byla dost vysoko, aby nebránila živočichům v přístupu k pastí. Past byla do poloviny naplněna 4% formaldehydem kvůli konzervaci. Na jedné lokalitě bylo vždy umístěno 5 pastí v linii vrstevnice, které byly od sebe vzdáleny asi pět metrů. Nádoba je označena číslem lokality a číslem pastí.

Odběry probíhaly dvakrát za rok, v létě a na podzim. V létě byla past uložena, na podzim se past vyprázdnila a znovu uložila, v létě byla opět vybrána. Sběr probíhal v uplynulých 25 letech během devíti sezón, konkrétně v letech 1992 a 1993, 1997 a 1998, 2007 a 2008, 2014 až 2016. K mé bakalářské práci použiji materiál z let 1997–1998 a 2014–2015.

### 3.2 Lokality

Tatry, patřící do komplexu Západních Karpat, jež vznikly během alpínského vrásnění, se svou délkou 51,5 km a šířkou 17 km pokrývají celkem 715 km<sup>2</sup> (Beron 2008). Je pro ně typické flyšové souvrství, tedy střídání břidlic, jílovců, pískovců, vápenců, slepenců nebo brekcií. Na tyto horniny dále působili vnější činitelé, jako je voda, vítr, sníh a led, kteří mají na hory neustálý vliv v podobě zvětrávání, řícení nebo eroze. Podnebí zde je spíše kontinentální, dominuje západní proudění. Díky své výšce zde mohly existovat vysokohorské druhy, které by jinde zanikly (Čihař 2000). Tatry jsou geologicky velmi mladým pohořím, nahromadění vysokohorských jevů na poměrně malém území, značné zalednění, vegetačními poměry se liší od Alp i od ostatních vysokých hor Evropy, při srovnání s Alpami jsou v Tatrách stejné botanické i zoologické jevy ale v nižších polohách (Veselý 1953).

Sněžná čára v Tatrách se nachází ve výšce okolo 2400 m n. m. a celkové množství srážek činí 2030 mm (Beron 2008). Sníh setrvává 6-8 měsíců, v některých polohách i celý rok. Převládají zde jižní a jihozápadní větry, ve Vysokých Tatrách jsou typické studené větry bóry (Tatry 2017).

Všechny studované lokality leží na území Tatranského národního parku. Byly vybrány tak, aby byly co nejméně přímo ovlivněny člověkem. Seznam lokalit, jejich podloží, nadmořská výška a fytoocenologický svaz jsou uvedeny v příloze 2. TANAP má rozlohu 50 965 ha, zahrnuje

Vysoké Tatry, Bielanske Tatry a Západné Tatry. Území se dělí na jádrové s žulovým podložím a okrajové území z vápenců a dolomitů. Ve všech tatranských dolinách byly dříve v dobách ledových ledovce. Ve Vysokých Tatrách je horní hranice lesa průměrně ve výšce 1570 m n. m. Horní hranice kosodřevin leží asi v 1800 m n. m. a ve výšce nad 2300 m je vyvinut subnivální stupeň. TANAP svou polohu podmiňuje vznik svérázných společenstev, která byla ovlivněna minulými geologickými obdobími. Při jejich střídání zde zůstalo několik severských prvků (Ponec a Mihálik 1981). Na horní hranici lesa lze pozorovat modřín, do kosodřeviny vstupuje i limba, kosodřevinné pásmo vyvinuto velmi významně.

Pasti byly zakládány v Tomanově dolině, v okolí Polské Tomanové, Velké Studené doliny, Rozpadlém grúňi, Furkotské doliny a Wahlenbergrových ples. Tento soubor dolin je součástí Západních Tater. Navíc jsou zde blízko položeny vápencové a granitové podloží.

### 3.3 Determinace

Nasbírání živočichové byli roztrženi do skupin. Tento materiál jsem za použití binokulárního mikroskopu dále určovala do druhové úrovně pomocí determinačních klíčů, například klíč zpracovaný v rámci bakalářské práce od Neckařové (2009).

### 3.4 Analýza dat

Pro faunistický přehled jsem použila Microsoft Excel, ve kterém jsem vytvořila tabulky. Data získaná sběrem živočichů jsem analyzovala v programu CANOCO for Windows 4.5© (ter Braak a Šmilauer 1998), ve kterém lze studovat variabilitu dat a korelace závislých a nezávislých proměnných. Nejdříve jsem použila nepřímou gradientovou analýzou sloužící k testování délky gradientu v druhových datech. Pokud délka gradientu byla vyšší než 5, volila jsem přímou unimodální metodu CCA (canonical correspondence analysis). Pokud byl tento gradient kratší než 3, mohla jsem zvolit přímou lineární metodu RDA (redundancy analysis). Pro testování významnosti modelů jsem použila Monte-Carlo permutační test. Význam a signifikanci environmentálních proměnných jsem testovala pomocí Forward selection. Grafické znázornění vztahu mezi faktorem a abundancí druhu jsem provedla skrze zobecněné aditivní modely GAM (generalised additive models). Jako environmentální (nezávislé) proměnné jsem zvolila rok, nadmořskou výšku, sezónu a podloží.

## 4 Výsledky

### 4.1 Celkový přehled materiálu

Celkem bylo odchyceno 965 jedinců, z nichž nejpočetnějšími druhy byly *Lithobius mutabilis* a *Lithobius cyrtopus* (tab. 1). Naopak mezi velmi vzácné druhy se řadí *Cryptops hortensis* a zemivky *Geophilus aplinus* a *Strigamia crassipes*. Všechny ostatní druhy čítaly řádově desítky jedinců.

Z hlediska dominance jsou druhy na stanovištích zastoupeny poměrně nerovnoměrně. V prvním sledovaném období byly nejvíce dominantní dva druhy, a to *Lithobius mutabilis* a *Lithobius cyrtopus* (tab 2). Oba druhy se vyskytovaly téměř na všech lokalitách, častěji eudominoval druh *L. mutabilis*. Během druhého sledovaného období přestává být dominance tohoto druhu tak výrazná, na dvou lokalitách byl procentuálně více zastoupen nový druh tohoto rodu *Lithobius erythrocephalus*. Novým řádem, který v předchozím období nebyl dominantní a později na jedné lokalitě převládal, byla stonožka z řádu Geophilomorpha, konkrétně *Strigamia acuminata* (tab 3). Došlo i k další změně ve společenstvu – v datech z druhého sledovaného období nebyl přítomen druh *Strigamia crassipes*, přestože při předchozím odběru byl nalezen na dvou lokalitách. Podobným případem je *Cryptops hortensis*, kdy v prvním období byl zaznamenán jeden jedinec a ve druhém období žádný.

Tab. 1: Celkový přehled ulovených jedinců stonožek ze všech zkoumaných lokalit z období let 1997–1998 a 2014–2015.

Druh	Počet jedinců
<i>Lithobius burzenlandicus</i> Verhoeff, 1931	34
<i>Lithobius curtipes</i> C.L. Koch, 1847	23
<i>Lithobius cyrtopus</i> Latzel, 1880	187
<i>Lithobius erythrocephalus</i> C.L. Koch, 1847	17
<i>Lithobius forficatus</i> (Linnaeus, 1758)	34
<i>Lithobius mutabilis</i> L. Koch, 1862	413
<i>Lithobius tenebrosus</i> Meinert, 1872	10
<i>Lithobius</i> sp. Leach, 1814	105
<i>Geophilus alpinus</i> Meinert, 1870	2
<i>Strigamia acuminata</i> (Leach, 1815)	75
<i>Strigamia crassipes</i> (C.L. Koch, 1835)	6
<i>Strigamia pusilla</i> (Sselivanoff, 1881)	27
<i>Strigamia transsilvanica</i> (Verhoeff, 1928)	21
<i>Strigamia</i> sp. Gray, 1843	10
<i>Cryptops hortensis</i> (Donovan, 1810)	1



Tabulka 2: Procentuální zastoupení druhů stonožek na daných lokalitách v letech 1997–1998 (popis lokalit viz Příloha 2).

lokality	<i>L. mutabilis</i>	<i>L. cyrtopus</i>	<i>L. burzenlandicus</i>	<i>L. curtipes</i>	<i>L. forficatus</i>	<i>L. erythrocephalus</i>	<i>L. spp.</i>	<i>S. spp.</i>	<i>S. acuminata</i>	<i>S. transsilvanica</i>	<i>S. crassipes</i>	<i>S. pusilla</i>	<i>G. alpinus</i>	<i>C. hortensis</i>
5	66,7	4,8	6,0				16,7		4,8			1,2		
5A	70,5	10,2		2,3			3,4	2,3				11,4		
8	52,4	28,6					19,1							
8A	14,3	81,0					4,8							
9	22,2	66,7					11,1							
10	10,5	68,4					21,1							
12	31,7	17,1	4,9				9,8		29,3	2,4	4,9			
13	64,3	1,8	1,8				14,3	1,8	14,3			1,8		
14A	44,4	11,1	7,4				22,2		3,7	3,7	7,4			
15	59,3	3,7	7,4				11,1		18,5					
16A	42,2		2,2				6,7	8,9	13,3	24,4			2,2	
20	30,0	30,0	5,0				30,0		5,0					
20A	72,1	4,7	2,3				7,0	2,3	7,0			4,7		
20B	50,0	39,6	2,1				2,1		4,2			2,1		
21		60,0				30,0	10,0							
22	15,6	43,8	3,1		3,1	12,5	9,4		9,4			3,1		
24	33,3	3,3	16,7				6,7		16,7	16,7	6,7			
25	69,2		7,7				11,5		7,7					3,9
26	36,8	10,5					15,8		21,1	5,3	5,3	5,3		
42	33,3	33,3					12,5		16,7	4,2				

Tabulka 3: Procentuální zastoupení druhů stonožek na daných lokalitách v období 2014–2015 (popis lokalit viz Příloha 2).

lokality	<i>L. mutabilis</i>	<i>L. cyrtopus</i>	<i>L. burzenlandicus</i>	<i>L. curtipes</i>	<i>L. tenebrosus</i>	<i>L. forficatus</i>	<i>L. erythrocephalus</i>	<i>L. spp.</i>	<i>S. acuminata</i>	<i>S. transilvanica</i>	<i>S. pusilla</i>	<i>G. alpinus</i>
9		60,0						40				
21	18,2	18,2					36,4		27,3			
22	18,2		18,2			9,1	36,4	9,1	9,1			
24	14,3								71,4	14,3		
25	33,3		11,1					22,2	33,3			
26	35,7	7,1	7,1	14,3		7,1	14,3	7,1	7,1			
VS1	25,0	22,2		2,8	27,8			8,3			13,9	
VS2	60,5	5,3	13,2					13,2	2,6		5,3	
W1		93,9						6,1				
W2	6,8	27,3				43,2		13,6	2,3		6,8	
W3	40,7	5,1	1,7	27,1		20,3		3,4				1,7

## 4.2 Distribuce stonožek na lokalitách

Pro výpočet délky gradientu v druhových datech jsem použila nepřímou gradientovou analýzu DCA (detrended correspondence analysis). Jelikož největší délka gradientu činila 5,644, zvolila jsem nelineární metodu, konkrétně unimodální kanonickou korespondenční analýzu CCA (canonical correspondence analysis). Celkový model je podle Monte-Carlo permutačního testu signifikantní ( $F = 6,324$ ;  $p = 0,002$ ) a vysvětluje 64 % variability v druhových datech. První kanonická osa vysvětluje 28 % variability dat a druhá 20 % (tab. 4). Nejvýznamnější proměnnou, která dokáže vysvětlit variabilitu v druhových datech, je nadmořská výška, dalšími jsou rok, roční období a typ podloží (tab. 5).

Tabulka 4: přehled variability vysvětlené pomocí hlavních os CCA modelu.

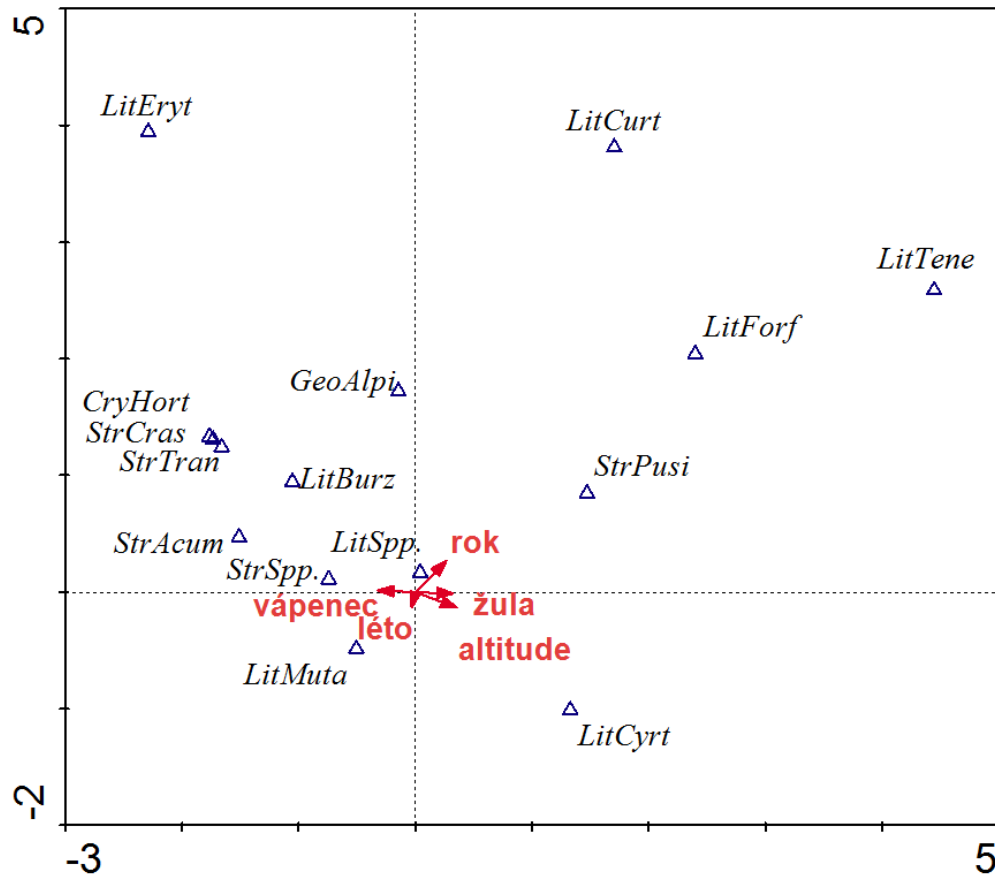
Osa	1	2	3	4
Variabilita vysvětlená danou osou	0,282	0,195	0,10	0,065
Korelace závislých a nezávislých proměnných	0,699	0,608	0,48	0,378
Celkové procento variability vysvětlené závislými proměnnými	4,900	8,900	10,10	11,200
Celkové procento variability vysvětlené závislými i nezávislými proměnnými	43,900	74,300	89,80	100,000

Tabulka 5: význam jednotlivých nezávislých proměnných.

Proměnná	var. N	lambda A	p	F
nadmořská výška	6	0,21	0,002	7,89
rok	2	0,19	0,002	7,12
léto	1	0,13	0,002	4,76
žula	3	0,11	0,002	4,64

Z ordinačního diagramu (obr. 1) lze vyčíst, že větší množství druhů se koncentrovalo na vápencovém podloží. Nezávislé proměnné žula a nadmořská výška jsou korelovány, jelikož nejvyšší lokalita ležela právě na žulovém podloží. Závislost na výšce vykazuje druh *Lithobius cyrtopus*.

Je také zřejmé, že druhy *Lithobius tenebrosus*, *Lithobius forficatus* a *Strigamia pusilla* se vyskytovaly až v pozdějších letech výzkumu. *Lithobius spp.* jsou téměř uprostřed grafu – jsou to například juvenilní jedinci z různých nadmořských výšek, které nebylo možné blíže určit, a proto mají v našem modelu jen malou roli.



Obrázek 1: Ordinační diagram RDA znázorňující korelaci závislých (druhových) a nezávislých (environmentálních) faktorů pro faunu stonožek. Zkratky druhů viz Příloha 1.

Protože ne všechny lokality byly vzorkovány v obou dvou výzkumných obdobích, pokusila jsem se analyzovat distribuci v omezeném datovém setu. To znamená, že jsem z analýzy vyloučila lokality označené VS a W, tedy lokality Velká Studená dolina a Wahlenbergrova plesa. Tyto lokality měly zároveň jako jediné smíšené podloží.

Při dalším hodnocení dat jsem použila nepřímou gradientovou analýzu k testování délky gradientu v druhových datech. Nejdelsí délka gradientu vyšla 4,475, tedy bylo možné provést CCA i RDA, já jsem zvolila RDA. První osa je statisticky významná podle Monte-Carlo testu ( $F = 19,404$ ,  $p = 0,002$ ) a vysvětluje 10 % variability. Celý model je signifikantní ( $F = 6,121$ ;  $p = 0,002$ ) a vysvětluje 13 % variability (tab. 6). Statisticky téměř stejně významné proměnné jsou rok a nadmořská výška, dalšími významnými proměnnými byla sezóna a podloží (tab. 7).

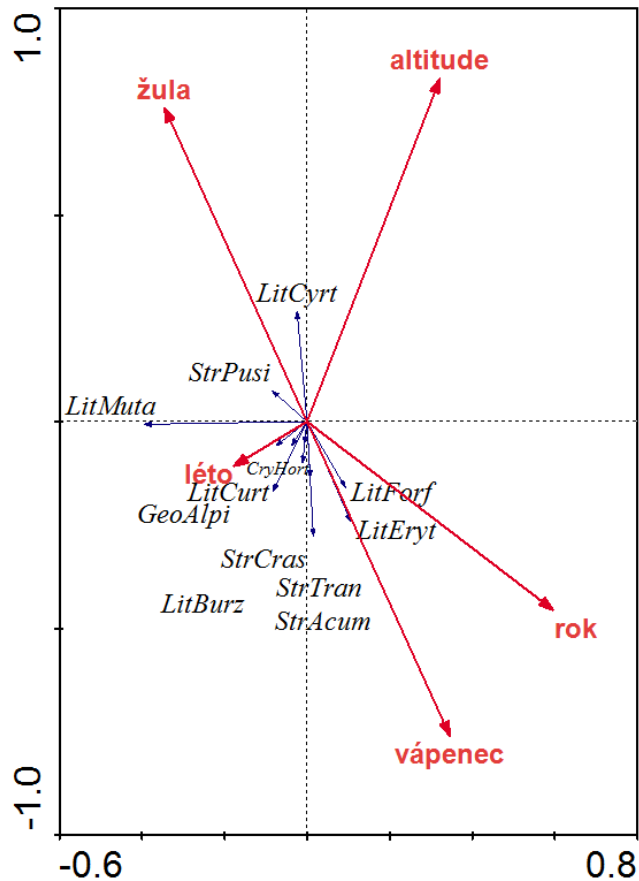
Tabulka 6: přehled variability vysvětlené pomocí hlavních os RDA modelu s použitím dat z lokalit vzorkovaných v obou sledovaných obdobích.

Osa	1	2	3	4
Variabilita vysvětlená danou osou	0,104	0,016	0,005	0,002
Korelace závislých a nezávislých proměnných	0,398	0,387	0,392	0,229
Celkové procento variability vysvětlené závislými proměnnými	10,400	12,000	12,500	12,800
Celkové procento variability vysvětlené závislými i nezávislými proměnnými	81,400	93,800	98,100	100,00

Tabulka 7: význam jednotlivých nezávislých proměnných s použitím dat vzorkovaných v obou sledovaných obdobích.

Proměnná	var. N	Lambda A	p	F
rok	2	0,04	0,004	7,34
nadmořská výška	5	0,04	0,002	7,94
léto	1	0,03	0,016	4,6
žula	3	0,02	0,04	3,66

Druhý ordinační diagram (obr. 5) byl vytvořen podobně jako první s tím rozdílem, že jsem do analýzy nezahrnula lokality vzorkované jen ve druhém období, tedy lokality s transfery půdních monolitů. I z tohoto diagramu je zřejmá preference většiny druhů pro vápencové podloží. *Lithobius cyrtopus* je opět spojen s vyššími nadmořskými výškami a s žulovým podložím. Výsledky rovněž naznačují, že je korelován výskyt *Lithobius mutabilis* a několika dalších druhů se sezónou. Druhy *Lithobius forficatus* a *L. erythrocephalus* jsou závislé na proměnné „rok“, což znamená, že se abundance těchto stonožek mezi jednotlivými zkoumanými obdobími změnila.



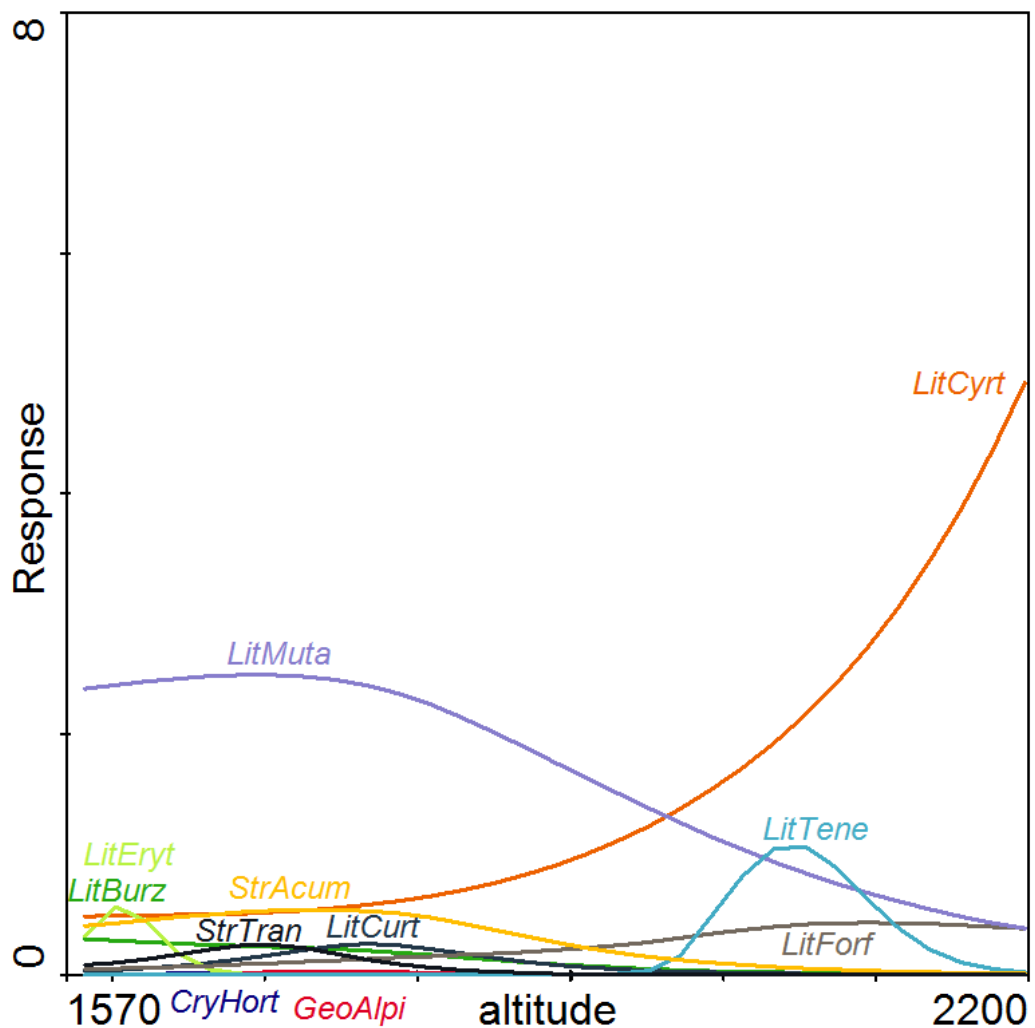
Obrázek 2: Ordinační diagram RDA znázorňující korelaci závislých (druhových) a nezávislých (environmentálních) faktorů po vyloučení lokalit vzorkovaných jen v letech 2014–2015. Zkratky druhů viz Příloha 1.

#### 4.3 Vliv nadmořské výšky na distribuci druhů stonožek

Signifikantní vazbu na nadmořskou výšku vykazovalo 11 druhů stonožek (tab. 8). Díky generalizovanému aditivnímu modelu GAM jsem vyjádřila závislosti těchto druhů na nadmořské výšce (obr. 2). V tomto modelu je zřetelné, že *Lithobius mutabilis* preferuje nižší a střední polohy. Většina stonožek upřednostňuje spíše polohy do 2000 m n. m., výskyt druhu *Lithobius burzenlandicus* kulminuje v 1600 m n. m. a s vyšší nadmořskou výškou klesá. Nad hranicí 2000 m n. m. se vyskytoval druh *Lithobius tenebrosus*, jehož optimum se pohybuje okolo 2050 m n. m. Druhy *L. forficatus* a *L. cyrtopus* se ve vyšších nadmořských výškách vyskytovaly nejvíce.

Tabulka 8: závislost druhů na nadmořské výšce s použitím dat ze všech lokalit.

Závislá proměnná (druh)	Prediktor	F	p	AIC
<i>Lithobius burzenlandicus</i>	nadmořská výška	6,57	0,002	140,759
<i>Lithobius curtipes</i>	nadmořská výška	8,28	< 0,001	119,700
<i>Lithobius cyrtopus</i>	nadmořská výška	26,07	< 0,001	321,324
<i>Lithobius erythrocephalus</i>	nadmořská výška	21,33	< 0,001	58,359
<i>Lithobius forficatus</i>	nadmořská výška	3,75	0,025	189,478
<i>Lithobius mutabilis</i>	nadmořská výška	7,48	< 0,001	588,730
<i>Lithobius tenebrosus</i>	nadmořská výška	49,05	< 0,001	49,950
<i>Lithobius spp.</i>	nadmořská výška	0,94	0,388	241,951
<i>Geophilus alpinus</i>	nadmořská výška	5,03	0,008	17,050
<i>Strigamia acuminata</i>	nadmořská výška	12,4	< 0,001	202,366
<i>Strigamia crassipes</i>	nadmořská výška	2,65	0,076	56,640
<i>Strigamia pusilla</i>	nadmořská výška	0,57	0,443	152,043
<i>Strigamia transilvanica</i>	nadmořská výška	13,97	< 0,001	109,383
<i>Strigamia spp.</i>	nadmořská výška	2,50	0,086	59,688
<i>Cryptops hortensis</i>	nadmořská výška	6,59	0,002	9,106



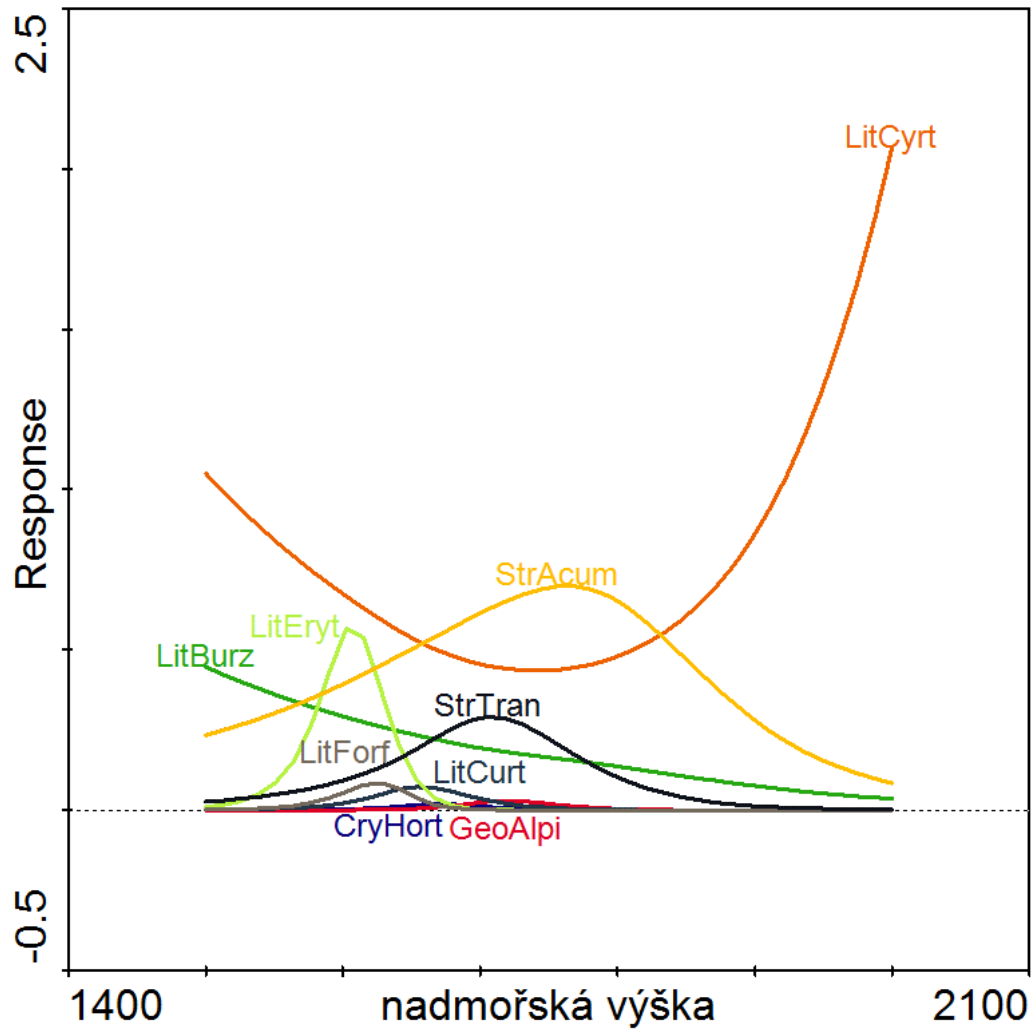
Obrázek 3: GAM závislost početnosti druhů stonožek na nadmořské výšce. Zkratky druhů viz Příloha 1.

Stejným postupem byla vyhodnocena i data, do kterých jsem však nezahrnula lokality s transfery půdních monolitů vzorkované až ve druhém období (tj. opět jsem vyloučila z analýzy lokality ve Velké Studené dolině a Wahlenbergrova plesa). Signifikantní odpověď na nadmořskou výšku prokázalo 9 druhů (tab. 9). Opět je patrné, že *Lithobius cyrtopus* se vyskytuje spíše ve vyšších nadmořských výškách. Maximum výskytu *Strigamia acuminata* se nachází asi v 1750 m n. m. Na rozdíl od předchozího grafu má *Lithobius forficatus* jasněji vymezeno maximum výskytu v 1600 m n. m., kdežto dle prvního výsledku se jeho abundance s nadmořskou výškou mírně zvyšuje.

Tabulka 9: závislost druhů na nadmořské výšce bez dat z lokalit s transfery půdních monolitů (vzorkovaných pouze v letech 2014–2015).

Závislá proměnná (duh)	Prediktor	F	p	AIC
<i>Lithobius burzenlandicus</i>	nadmořská výška	3,86	0,023	117,343
<i>Lithobius curtipes</i>	nadmořská výška	7,18	0,001	28,440
<i>Lithobius cyrtopus</i>	nadmořská výška	10,34	< 0,001	269,809
<i>Lithobius erythrocephalus</i>	nadmořská výška	68,57	< 0,001	54,470
<i>Lithobius forficatus</i>	nadmořská výška	20,63	< 0,001	16,840
<i>Lithobius mutabilis</i>	nadmořská výška	2,13	0,124	520,731
<i>Lithobius spp.</i>	nadmořská výška	2,46	0,090	193,770
<i>Geophilus alpinus</i>	nadmořská výška	6,77	0,001	8,684
<i>Strigamia acuminata</i>	nadmořská výška	12,40	< 0,001	177,270
<i>Strigamia crassipes</i>	nadmořská výška	2,19	0,115	55,363
<i>Strigamia pusilla</i>	nadmořská výška	1,38	0,255	105,820
<i>Strigamia transilvanica</i>	nadmořská výška	11,79	< 0,001	105,481
<i>Strigamia spp.</i>	nadmořská výška	2,73	0,069	56,333
<i>Cryptops hortensis</i>	nadmořská výška	4,37	0,014	9,542





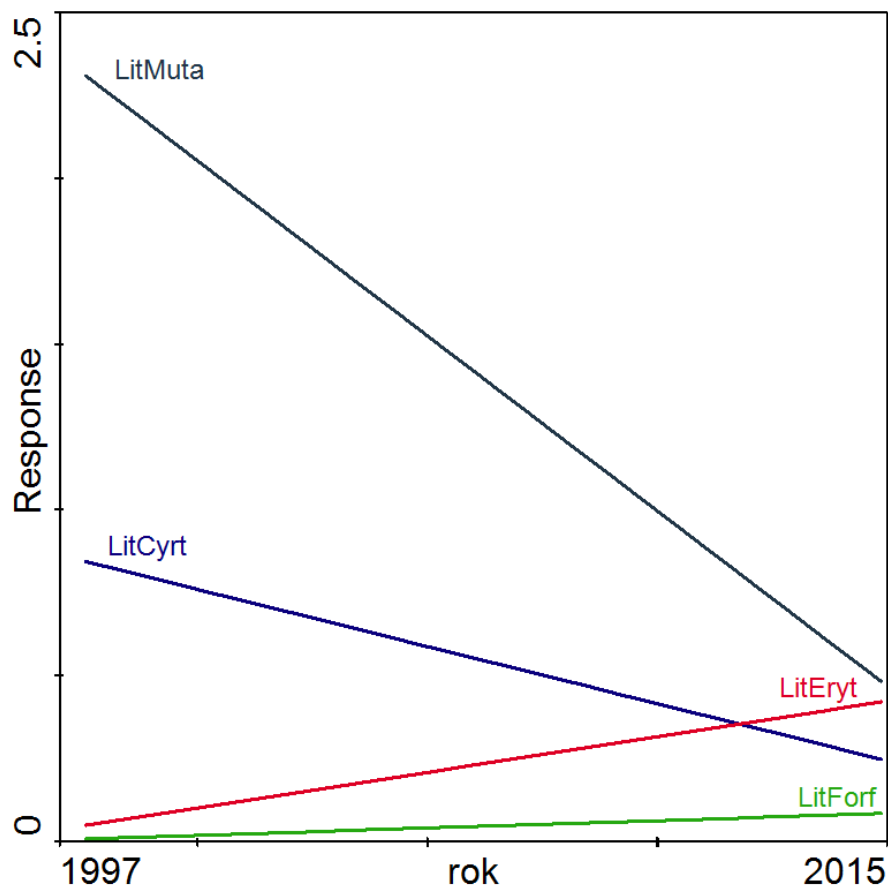
Obrázek 4: GAM závislosti druhů na nadmořské výšce bez dat z lokalit s transferem půdních monolitů (vzorkovaných pouze v druhém období). Zkratky druhů viz Příloha 1.

#### 4.4 Změny společenstev stonožek v čase

Z datové matice omezené na lokality vzorkované v obou dvou obdobích jsem se pokusila analyzovat změny v početnostech stonožek. K tomu jsem použila generalizovaný lineární model. Statisticky významná byla predikce pro 4 druhy (tab. 10). Z modelu gradientové analýzy pro rok (obr. 5) je zřetelný výrazný pokles početnosti druhu *Lithobius mutabilis* a *Lithobius cyrtopus*, naopak početnost druhu *Lithobius erythrocephalus* se zvýšila. Druh *L. forficatus* vykazoval lehce se zvyšující výskyt.

Tabulka 10: závislost druhů na roku sběru, kdy 4 druhy vyšly statisticky významně.

Závislá proměnná (druh)	Prediktor	F	p	AIC
<i>Lithobius burzenlandicus</i>	rok	0,01	0,074	38,321
<i>Lithobius curtipes</i>	rok	2,70	0,102	5,952
<i>Lithobius cyrtopus</i>	rok	4,91	0,028	267,829
<i>Lithobius erythrocephalus</i>	rok	13,06	< 0,001	39,275
<i>Lithobius forficatus</i>	rok	7,51	0,007	2,889
<i>Lithobius mutabilis</i>	rok	9,57	0,002	1290,145
<i>Lithobius spp.</i>	rok	1,87	0,174	110,259
<i>Cryptops hortensis</i>	rok	0,10	0,250	1,017
<i>Strigamia acuminata</i>	rok	0,59	0,443	106,097
<i>Strigamia crassipes</i>	rok	0,39	0,468	12,984
<i>Strigamia pusilla</i>	rok	0,94	0,334	33,916
<i>Strigamia spp.</i>	rok	0,54	0,463	13,904
<i>Strigamia transilvanica</i>	rok	0,29	0,412	57,664
<i>Geophilus alpinus</i>	rok	0,23	0,371	1,016



Obrázek 5: GLIM predikující početnosti stonožek v závislosti na roku odběru. Zkratky druhů viz Příloha 1.

## 5 Diskuse

Řád Lithobiomorpha má téměř celosvětové rozšíření zahrnující nejsevernější i nejj jižnější oblasti. Čeleď Lithobiidae je rozšířena hlavně na severní polokouli s maximem diverzity v Severní Americe a mediteránní oblasti. Čeleď Cryptopidae (řád Scolopendromorpha), kam se řadí i námi nalezená stonožka *Cryptops hortensis*, je také rozšířena téměř po celém světě s maximem diverzity v temperátní Jižní i Severní Americe, Evropě a mediteránní oblasti, centrální a jižní Africe, Madagaskaru a Austrálii. Geophilomorpha mají taktéž kontinentální rozšíření kromě některých oblastí západní Afriky, Jižní Ameriky a kontinentální Asie. Do tohoto řádu patří čeleď Linotaeniidae zahrnující rod *Strigamia* a je rozšířena hlavně na severní polokouli, maximum diverzity leží v Severní Americe, centrální Evropě a v Japonsku. Dále řád zahrnuje čeleď Geophilidae, kam patří *Geophilus alpinus* a maximum diverzity této čeledi se nachází v jihozápadní části Severní Ameriky a v jižní Evropě (Bonato a Zapparoli 2011).

Některé druhově bohaté taxony mají velmi široké geografické rozšíření, ale jejich současné hranice mohou být složené, polyfyletické či parafyletické. Distribuce může být pozměněna zavlečením lidmi (Bonato a Zapparoli 2011). Centrum diverzity stonožek pro Evropu leží zřejmě na Balkánském poloostrově, vysokohorská evropská pásma mohou fungovat jako bariéry migrace (Simaiakis a Strona 2015).

Zde uvádím charakteristiky jednotlivých zaznamenaných druhů:

- *Lithobius erythrocephalus* je druh extrémně synantropní, vyskytuje se v lesích, parcích, na hřbitovech i u cest a mezí (Koren 1992). Má širokou distribuci v celé Evropě, hojně ve Skandinávii, přes střední Evropu zasahuje až do Řecka a severní Itálie (Barber a Keay 1988). Jeho areál zahrnuje i francouzské Alpy (Brolemann 1930). Byl zaznamenán v celém Polsku kromě Karpat (Kaczmaerk 1979).
- *Lithobius curtipes* je druh lesní, může se nacházet i na vápencových trávnících. Roztroušené záznamy ze střední Evropy, dále Velká Británie (Barber 2008), Rumunsko (Matic 1966), dolní oblast Seiny (Brolemann 1930), severozápadní a severní Evropa ([https://fauna-eu.org/cdm\\_dataportal/taxon/99e9be7a-8d50-4928-ae0-9cf428f4be1e](https://fauna-eu.org/cdm_dataportal/taxon/99e9be7a-8d50-4928-ae0-9cf428f4be1e)).
- *Lithobius forficatus* je široce rozšířený eurytopní druh, urbánní a suburbánní oblasti bez výrazných preferencí habitatu (Barber a Keay 1988), žije v lesích, houštinách a různých synantropních prostředích, v polských Tatrách do 2000 m (Kaczmarek 1979). Ekologicky nenáročný téměř ve všech nadmořských výškách (Koren 1992). Vyskytuje se v celé Evropě ([https://fauna-eu.org/cdm\\_dataportal/taxon/ec83c316-21fe-48c3-a013-9adad41a5c82](https://fauna-eu.org/cdm_dataportal/taxon/ec83c316-21fe-48c3-a013-9adad41a5c82)).
- *Lithobius burzenlandicus* má areál výskytu v rámci Evropy převážně na jihovýchodě, dále také na Slovensku a v Polsku. Jsou známy poddruhy *L. b. burzenlandicus* a *L. b. euxinicus* z Rumunska a poddruh *L. b. carinthiacus* z Korutan (Koren 1992).

- *Lithobius cyrtopus* je dle Dobroruky (1971) vlhkomilný, převážně v listnatých lesích (Zalesskaja 1978). Středoevropský druh, převážně rozšířen v Karpatech, v Polsku častěji v horách a vzácně v nížinách, je známý i z jihovýchodní Evropy (Maďarsko, Moldavsko, Rumunsko) (Kaczmarek 1979).
- *Lithobius tenebrosus* se vyskytuje spíše na západě a na jihu Evropy (Kaczmarek 1979), v bývalém Sovětském svazu rozšířen od Lotyšska po Moldávii (Zalesskaja 1978). Jeho poddruh *L. t. fennoscandius* Lohmander, 1948 je rozšířen převážně v severní Evropě, kde se vyskytuje v opadu v lesích (Zalesskaja 1978).
- *Lithobius mutabilis* je druh ekologicky nenáročný, preferuje listnaté lesní půdy, často v alpském stupni (Koren 1992). Středoevropský druh s těžištěm výskytu ve středních polohách (900-1800 m n. m.) (Zalesskaja 1978). Nachází se i ve francouzských Alpách (Brolemann 1930).
- Typickým habitatem druhu *Strigamia acuminata* jsou lesy a křoviny (Barber a Keay 1988), nevyhýbá se ani rurálním oblastem (Barber 2008). Vyskytuje se v celé Evropě až po Kavkaz (Tuf a Kupka 2015).
- *Strigamia crassipes* byl v Anglii pozorován spíše v rurálních oblastech, křovinách a v lesích (Barber a Keay 1988). Je rozšířen po celé Evropě až po Kavkaz (Tuf a Kupka 2015). Dává přednost montánním teplejším biotopům (Koren 1986).
- Distribuce druhu *Strigamia pusilla* prochází od Sudet přes Karpaty až na Sibiř a do centrální Asie. Zatím byla hlášena ze Slovenska, Polska, Rumunska, Ruska a Mongolska (Tuf a Kupka 2015). Nedávno byla znovu popsána a detailně ilustrována Dányi (2006).
- *Strigamia transsilvanica* má spíše horský petrofilní charakter, nálezy nad 2000 m naznačují, že je zřejmě chladu odolná (Koren 1986). Distribuce je spojená s Karpaty, ale druh je rozšířen i v horách centrální Evropy (Sudety, Alpy, rumunská Transylvánie) a dále v Pobaltí a v pevninském Řecku (Tuf a Kupka 2015).
- *Cryptops hortensis* je distribuován na široké škále habitatů, často v lesích i na pobřežích (Barber a Keay 1988). Běžně se nachází na synantropních místech, dominuje v nížinách, spíše teplomilný druh (Koren 1986). Tento druh je rozšířen po celé Evropě (Koren 1986).
- *Geophilus alpinus* je široce rozšířen v urbánních i rurálních habitatech (Barber 2008). Rozšířena po celé Evropě, jak na jihu (Brolemann 1930), tak na severu až do Skotska a jižního Švédska (Kaczmarek 1979).

Žádný z nalezených druhů nebyl překvapivý, všechny jsou uvedeny v checklistu Slovenské republiky (Országh 2001). Oproti očekávání jsme nezaznamenali žádné jedince druhu *Geophilus flavus*, který se v nedalekých Bieszczadech vyskytoval ve vyšších nadmořských výškách poměrně hojně (Wytwer a Tajovský 2009).

Při výzkumu v polských Tatrách byly zjištěny další druhy, kromě těch společných to byly navíc *Harpolithobius anodus*, *L. lapidicola*, *L. muticus*, *L. pelidnus*, *L. piceus*, *L. tatricus*, *L. biunguiculatus*, *L. microps*, *Lamyctes fulvicornis*, *Necrophleophagus longicornis*, *Clinopodes flavinus*, *Geophilus proximus*, *Pachymerium ferruginerum*, *Schendyla nemorensis* (Kaczmarek 1979).

Celkem 965 jedinců bylo určeno do 4 rodů a 13 druhů, což je srovnatelné s 19 druhy z polských Bieszczad, kde bylo pozorováno 7–10 druhů v subalpínských loukách (Wytwer a Tajovský 2009).

V našem výzkumu byla v prvním sledovaném období v letech 1997–1998 stonožka *L. mutabilis* na většině lokalit dominantní, jen v několika případech početně převládá *L. cyrtopus* a pouze na jedné lokalitě se do popředí dostal druh *S. acuminata*. Ve druhém sledovaném období v letech 2014–2015 ve dvou případech dominoval druh *L. erythrocephalus*, v jednom případě *S. acuminata* a taktéž jedenkrát dominoval *L. cyrtopus*. K podobnému výsledku se dobrali Wytwer a Tajovský (2009), kdy *Lithobius mutabilis*, *L. silvivagus*, *L. forficatus* a *S. acuminata* byly nejvíce početné v epigeické části společenstva stonožek. Kromě toho zjistili, že distribuce stonožek neodpovídá jimi stanovené kategorii (lesní, horské a eurytopní) ani výškovému gradientu. Některé druhy považované za „lesní“ pronikaly i do nejvyšších poloh otevřených luk (*L. mutabilis*, *S. acuminata*, *G. alpinus*), stejně jako se druhy určené jako „horské“ vyskytovaly v nižších polohách lužních lesů. Ve vyšších polohách byly pozorovány spíše eurytopní druhy. Podobně byly tyto druhy označeny Tufem a Tufovou (2008). Dle nich byly druhy *L. burzenlandicus* a *L. cyrtopus* vyhodnoceny jako reliktní (a stenotopní), *G. alpinus*, *L. tenebrosus*, *S. crassipes*, *S. transsilvanica* a *C. hortensis* jako adaptabilní a druhy *L. curtipes*, *L. erythrocephalus*, *L. forficatus*, *L. mutabilis*, *S. acuminata* jako eurytopní.

Naše výsledky dále poukazují na význam nadmořské výšky jako hlavní vysvětlující proměnné, signifikantní však byly i další proměnné (rok, sezóna sběru a typ podloží). Na rozdíl od Wytwer a Tajovského (2009), kteří zjistili, že *L. forficatus* zvyšoval své zastoupení podél zvyšující se nadmořské výšky, na námi studovaných lokalitách s nadmořskou výškou přibýval *L. cyrtopus*. Také se domnívají, že zvyšující se nadmořská výška neomezuje striktně společenstva stonožek. Shodně s našimi výsledky poukázali na celkem obecný trend týkající se změn v druhovém složení, tedy preferenci eurytopních druhů se zvyšující se nadmořskou výškou.

Podobně je tomu i v rámci latitudálního rozšíření, kdy druhy nacházející se blíže k pólům z rodu *Lithobius*, například *L. curtipes*, *L. erythrocephalus*, *L. forficatus* a *L. melanops* jsou známé svou širokou klimatickou tolerancí a schopností kolonizovat nová území. Průměrná teplota nejteplejšího a nejstudenějšího čtvrtletí vysvětlovala velkou část potenciální distribuce druhů (Georgopoulou et al. 2016). Druhy nalezené ve vyšších zeměpisných šířkách jsou druhy se známou širokou klimatickou tolerancí a schopností kolonizovat nová prostředí,

např. *Geophilus proximus*, *Lamyctes emarginatus*, *Lithobius curtipes*, *L. erythrocephalus*, *L. forficatus*, *L. melanops* (Andersson et al. 2005).

Distribuci stonožek neovlivňuje dostupnost kořisti, jelikož mají široké potravní spektrum a živí se nejrůznější potravou. Výrazně je neovlivní ani přirození predátoři. Vliv mají spíše klimatičtí činitelé jako je teplota či humidita (Blackburn et al. 2002, Georgopoulou et al. 2016). Význam těchto faktorů potvrzuje i další studie (Georgopoulou et al. 2016), podle které vyšší průměrná teplota zvyšuje pravděpodobnost výskytu druhu, zatímco srážky jsou méně významným parametrem, jsou tedy zřídka limitujícím faktorem pro stonožky.

Podobnou problematikou v rámci Karpat se zabýval Tajovský (2015) u mnohonožek. Těch zaznamenal 13 druhů, z toho 7 zastupovalo karpatské či západokarpatské endemity. Druhově bohatší vyšly lokality na vápenci. Zřetelný byl nárůst podílu eurytopního druhu *Leptoiulus trilobatus* a naopak na obou lokalitách byl zřetelný ústup chladnomilných endemitů.

Hustoty půdní bioty se obecně zvyšovaly s rostoucím rostlinným pokryvem a přísunem opadanky. Stonožky vykazovaly signifikantní pozitivní korelaci mezi jejich hustotou a tloušťkou vrstvy A horizontu (Frouz et al. 2008).

## 6 Závěr

Tato práce se zabývá společenstvy stonožek a jejich rozložením v různých nadmořských výškách v rámci vybraných lokalit v Tatrách. Zároveň byla hodnocena vazba stonožek na podloží a závislost na době sběru. Stonožky byly odchyceny pomocí dlouhodobě exponovaných zemních pastí. Celkem bylo zaznamenáno 965 jedinců z 13 druhů. Převažovaly rody *Lithobius* a *Strigamia*. Většina stonožek vykazovala preferovala polohy do 2000 m n. m. Z našich výsledků dále vyplývá, že podloží je poměrně důležitým ukazatelem, více druhů mělo sklon se vyskytovat právě na vápenci. Obecně jsou zaznamenané druhy převážně eurytopní, mají širší ekologickou valenci a občas vykazují tendence se vyskytovat ve vyšších nadmořských výškách. Jediný druh *Lithobius cyrtopus* svou abundancí s nadmořskou výškou zvyšoval. Není úplně jasné, jak budou stonožky reagovat na měnící se klima a zvyšující se globální teploty. Je pravděpodobné, že stonožky jsou jako součást půdní makrofauny závislé spíše na mikroklimatických podmínkách, především na teplotě a vlhkosti.

Tyto výsledky mohou být použity pro porovnání či jako podnět pro další výzkum faktorů působících na společenstva stonožek.

## 7 Literatura

- Adis J. (1992): How to survive six months in a flooded soil: Strategies in Chilopoda and Symphyla from Central Amazonian floodplains. *Studies on Neotropical Fauna and Environment*, 27(2-3): 117–129.
- Adis J., Scheller U. (1984): On the natural history and ecology of *Hanseniella arborea* (Myriapoda, Symphyla, Scutigereidae), a migrating symphylan from an Amazonian black-water inundation forest. *Pedobiologia*, 27: 35–41.
- Andersson G., Meidell B.A., Scheller U., Winqvist J.-Å., Osterkamp Madsen M., Djursvoll P., Budd G., Gardenfors U. (2005): Nationalnyckeln till Sveriges flora och fauna: Myriapoda. Mångfotingar. ArtDatabanken, Uppsala.
- Antunes S.C., Castro B.B., Moreira C., Goncalves F., Pereira R. (2012): Community-level effects in edaphic fauna from an abandoned mining area: Integration with chemical and toxicological lines of evidence. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 88: 65–71.
- Antunes S.C., Pereira R., Sousab J.P., Santos M.C., Gonçalves F. (2008): Spatial and temporal distribution of litter arthropods in different vegetation covers of Porto Santo Island (Madeira Archipelago, Portugal). *European Journal of Soil Biology*, 44: 45–56.
- Barber A.D. (2008): Key to Identification of British Centipedes. Field Studies Council, Shrewsbury.
- Barber A.D. (2009): Centipedes. Synopses of the British Fauna (New Series). Field Studies Council, Shrewsbury.
- Barber A.D. a Keay A.N. (1988): Provisional atlas of the centipedes of the British Isles. Biological Records Centre, Huntingdon.
- Barber H.S. (1930): Traps for cave-inhabiting insects. *Journal of the Elisha Mitchell Scientific Society*, 46: 259–265.
- Becker A. a Bugmann H. (1997): Predicting Global Change Impacts on Mountain Hydrology and Ecology: Integrated Catchment Hydrology/Altitudinal Gradient Studies. IGBP Report 43, Stockholm.
- Beniston M. (2003): Climatic change in mountain regions: a review of possible impacts. *Climatic Change*, 59: 5–31.
- Beron P. (2000): Non-insect Arthropoda (Isopoda, Arachnida and Myriapoda) on the high mountains of tropical Africa. *Bonner Zoologische Monographien*, 46:153–188.
- Beron P. (2008): High-altitude Isopoda, Arachnida and Myriapoda in the Old World. Pensoft Publishers, Sofia-Moscow.
- Blackburn J., Farrow M., Arthur W. (2002): Factors influencing the distribution, abundance and diversity of geophilomorph and lithobiomorph centipedes. *Journal of Zoology*, 256(2): 221–232.



- Bonato L. a Zapparoli M. (2011): Chilopoda – geographical distribution. In Minelli (ed) (2011): *Treatise on Zoology – Anatomy, Taxonomy, Biology. The Myriapoda*, Vol. 1. Brill, London & Boston.
- Brolemann H.W. (1930): *Éléments d'une Faune des Myriapodes de France – Chilopodes*. Imprimerie Toulousaine, Toulouse.
- Čihař M. (2000): *Příroda hor a velehor*. Nakladatelství Karolinum, Praha.
- Dányi L., Tuf I.H. (2016): Out of Africa: The first introduced African geophilomorph centipede record from an European greenhouse (Chilopoda: Geophilidae). *Zootaxa*, 4067: 585–588.
- Dunger W. a Voigtländer K. (2009): Soil fauna (Lumbricidae, Collembola, Diplopoda and Chilopoda) as indicators of soil eco-subsystem development in post-mining sites of eastern Germany – a review. *Soil organisms*, 81 (1):1–51.
- Edgecombe G.D. (2011): Chilopoda – taxonomic overview. Order Craterostigmomorpha. In Minelli (ed) (2011): *Treatise on Zoology – Anatomy, Taxonomy, Biology. The Myriapoda*, Vol. 1. Brill, London & Boston.
- Foggin J.M. (2016): Conservation Issues: Mountain Ecosystems. Referenční modul v Earth Systems and Environmental Sciences [online databáze]. Elsevier INC (C2012).
- Frouz J., Prach K., Pižl V., Háněl L., Starý J., Tajovský K., Materna J., Balík V., Kalčík J., Řehouňková K. (2008): Interactions between soil development, vegetation and soil fauna during spontaneous succession in post mining sites. *European journal of soil biology*, 44: 109–121.
- Georgopoulou E., Djursvoll P., Simaiakis S.M. (2016): Predicting species richness and distribution ranges of centipedes at the northern edge of Europe. *Acta Oecologica*, 74: 1–10.
- Green K. (2010): *Alpine Taxa Exhibit Differing Responses to Climate Warming in the Snowy Mountains of Australia*. Science Press and Institute of Mountain Hazards and Environment, CAS and Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Grelle C., Fabre M.-C., Lepretre A., Descamps M. (2000): Myriapod and isopod communities in soils contaminated by heavy metals in northern France. *European Journal of Soil Science*, 51: 425–433.
- Grgič T. a Kos I. (2002): Temperature preference in some centipede species of the genus *Lithobius* Leach, 1814 (Chilopoda: Lithobiidae). *Acta Biologica Slovenica*, 44: 3–12.
- Grgič T. a Kos I. (2003): Centipede diversity in patches of different development phases in an unevenly-aged beech forest stand in Slovenia. *African Invertebrates*, 44: 237–252.
- Iorio É., Noël F. (2017): Discovery of two rare halobiotic geophilomorphs in the Port-Cros national Park (Var department) (Chilopoda, Geophilomorpha). *Bull. Soc. Linn. Bordeaux*, 45(2): 183–194.

- Kaczmarek J. (1979): *Pareczniki (Chilopoda) Polski*. Wydawnictwo naukowe UAM, Poznań.
- 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.
- Lazorík M. (2016): Možnosti užití Chilopoda, Diplopoda a Isopoda: Oniscidea k bioindikaci relativně trvalých ekologických podmínek smrkových a bukových ekosystémů Moravskoslezských Beskyd. [Disertační práce] MZLU v Brně.
- Lewis J.G.E. (1981): *The Biology of Centipedes*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Manton S.M. (1977): *The Arthropoda. Habits, functional morphology and evolution*. Clarendon Press, Oxford.
- Matic Z. (1966): Classe Chilopoda, Subclasse Anamorpha. *Fauna RSR*, Vol. 6, fasc. 1., ARSR, Bucuresti.
- Matic Z. (1972): Classe Chilopoda, Subclasse Epimorpha. *Fauna RSR*, Vol. 6, fasc. 2., ARSR, Bucuresti.
- McNeely J.A. (1990): *Climate Change and Biological Diversity: Policy Implications, Landscape-Ecological Impact of Climatic Change*. IOS Press, Amsterdam.
- Míkula J., Laška V., Šarapatka B., Tufová J., Tuf I.H. (2010): Soil invertebrates in conventionally and organically farmed fields of winter wheat and winter oilseed rape in the Czech Republic. *Acta Societatis Zoologicae Bohemicae*, 74: 85–89.
- Minelli A. (2011): The chilopoda – introduction. Diagnosis. In Minelli (ed) (2011): *Treatise on Zoology – Anatomy, Taxonomy, Biology. The Myriapoda*, Vol. 1. Brill, London & Boston.
- Minelli A. a Koch M. (2011): Chilopoda – general morphology. In Minelli (ed) (2011): *Treatise on Zoology – Anatomy, Taxonomy, Biology. The Myriapoda*, Vol. 1. Brill, London & Boston.
- Nahmani J., Lavelle P., Rossi J.-P. (2006): Does changing the taxonomical resolution alter the value of soil macroinvertebrates as bioindicators of metal pollution? *Soil Biology & Biochemistry*, 38: 385–396.
- Neckařová M. (2009): *Stonožky řádu Lithobiomorpha České republiky*. [bakalářská práce] Univerzita Palackého, Olomouc.
- Országh I. (2001): Centipedes (Chilopoda) of the Slovak republic. *Myriapodologica Czecho-Slovaca*, 1: 49–57.
- Pilz C., Melzer E.E., Spelda J. (2008): Morphometric and SEM analysis of the species pair *Lithobius mutabilis* L. Koch 1862 and *L. glacialis* Verhoeff 1937 (Chilopoda: Lithobiomorpha). *Organisms, Diversity & Evolution*, 7: 270e1–270e20.
- Ponec J., Mihálik Š. (1981): *Prírodné rezervácie na Slovensku*. Vydavateľstvo Osveta, Martin.

- Simaiakis S.M., Strona G. (2015): Patterns and processes in the distribution of European centipedes (Chilopoda). *Journal of Biogeography*, 42: 1018–1028.
- Spelda J. (1999): Ökologische Differenzierung südwestdeutscher Steinläufer (Chilopoda: Lithobiida). *Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie*, 29: 389–395.
- Stoev P. (2002): A catalogue and Key to the centipedes (Chilopoda) of Bulgaria. Pensoft Publishers, Sofia-Moscow.
- Stoev P., Akkari N., Komerički A., Edgecombe G.D., Bonato L. (2015): At the end of the rope: *Geophilus hadesi* sp. n. – the world's deepest cave-dwelling centipede (Chilopoda, Geophilomorpha, Geophilidae). *ZooKeys*, 510: 95–114.
- Tajovský K. (2015): Dlouhodobé změny společenstev mnohonožek v alpínské zóně Západních Tater. *Živa*, 5: 230–233.
- Tatry (2017): Podnebí [online]. (C2000). [Tatry.cz](http://www.tatry.cz); [cit. 25.06.2017]. Dostupné z: <http://www.tatry.cz/cs/podnebi>
- ter Braak C.J.F. a Šmilauer P. (1998): *Canoco Reference Manual and User's Guide to Canoco for Windows: Software for Canonical Community Ordination*. Microcomputer Power, Ithaca, USA.
- Tuf I.H. (2012): Kolik nohou má stonožka? Čas přepsat učebnice. *Vesmír*, 91: 350–351.
- Tuf I.H. a Kupka J. (2015): First record of *Strigamia pusilla* from the Czech Republic (Chilopoda: Geophilomorpha). *Acta Carpathica Occidentalis*, 6: 108–110.
- Tuf I.H. a Tufová J. (2008): Proposal of ecological classification of centipede, millipede and terrestrial isopod faunas for evaluation of habitat quality in Czech Republic. *Čas. Slez. Muz. Opava (A)*, 57: 37–44.
- Tufová J. a Tuf I.H. (2005): Survival under water – comparative study of millipedes (Diplopoda), centipedes (Chilopoda) and terrestrial isopods (Oniscidea). In: Tajovský K., Schlaghamerský J., Pižl V. (eds.): *Contributions to Soil Zoology in Central Europe I*: 195–198. ISB AS CR, České Budějovice.
- Veselý J. (1953): *Příroda Československa, její vývoj a ochrana*. Orbis, Praha.
- Voigtländer K. (2011): Chilopoda – ecology. In Minelli (ed) (2011): *Treatise on Zoology – Anatomy, Taxonomy, Biology. The Myriapoda*, Vol. 1. Brill, London & Boston.
- Whiteman D. (2000): *Mountain Meteorology*. Oxford University Pres, Oxford.
- Wytwer J. a Tajovský K. (2009): Changes in centipede assemblages (Chilopoda) along the vertical and vegetation gradient in the Bieszczady Mountains, Poland. In Tajovský K., Schlaghamerský J., Pižl, V. (eds.): *Contributions to Soil Zoology in Central Europe III*. (173–179). ISB AS CR, České Budějovice.
- Zalesskaja N.T. (1978): [Identifikační kniha stonožek řádu Lithobiomorpha SSSR]. Moskva: Nauka Publ. 212 p. [v ruštině].

## 8 Přílohy

Příloha 1: Tabulka celých názvů a odpovídajících zkratk druhů

Název druhu	zkratka
<i>Geophilus alpinus</i> Meinert, 1870	GeoAlpi
<i>Lithobius burzenlandicus</i> Verhoeff, 1931	LitBurz
<i>Lithobius curtipes</i> C.L. Koch, 1847	LitCurt
<i>Lithobius cyrtopus</i> Latzel, 1880	LitCyrt
<i>Lithobius erythrocephalus</i> C.L. Koch, 1847	LitEryt
<i>Lithobius forficatus</i> (Linnaeus, 1758)	LitForf
<i>Lithobius mutabilis</i> L. Koch, 1862	LitMuta
<i>Lithobius sp.</i> Leach, 1814	LitSpp
<i>Lithobius tenebrosus</i> Meinert, 1872	LitTene
<i>Strigamia acuminata</i> (Leach, 1815)	StrAcum
<i>Strigamia crassipes</i> (C.L. Koch, 1835)	StrCras
<i>Strigamia pusilla</i> (Sseliwanoff, 1881)	StrPusi
<i>Strigamia sp.</i> Gray, 1843	StrSpp
<i>Strigamia transsilvanica</i> (Verhoeff, 1928)	StrTran
<i>Cryptops hortensis</i> (Donovan, 1810)	CryHort

Příloha 2: Tabulka vybraných studovaných lokalit

číslo	podloží	svaz	popis	nadmořská výška
8	Žulové podloží (masiv Polské Tomanové)	<i>Juncetum triphidi tatrense</i>	Polská Tomanová	1963
8A	Žulové podloží (masiv Polské Tomanové)	<i>Cetrario-Vaccinietum uliginosi</i>	alpínská louka pod Polskou Tomanovou	1954
9	Žulové podloží (masiv Polské Tomanové)	<i>Oreochloetum distichae</i>	svahy pod vrcholem Polské Tomanové	1938
10	Žulové podloží (masiv Polské Tomanové)	<i>Calamagrostidetum villosae</i>	alpínská louka pod svahem Polské Tomanové	1937
5A	Žulové podloží (masiv Polské Tomanové)	<i>Luzuletum spadiceae</i>	travní porost u paty Polské Tomanové	1682
5	Žulové podloží (masiv Polské Tomanové)	<i>Vaccinietum myrtilli subalpinum</i>	severní svah Polské Tomanové	1619
20	Vápenkové podloží (Hvíždalka)	<i>Festucetum tatrae-Carex tatrorum</i>	alpínské louky nad hlavním karem Hvíždalky	1893
13	Vápenkové podloží (Hvíždalka)	<i>Festucetum carpaticae, označovaná také jako Sesleria tatrae-Carex tatrorum</i>	alpínská louka na svazích Hvíždalky	1811
12	Vápenkové podloží (Hvíždalka)	<i>Festucetum versicoloris calcicolum</i>	alpínská louka na svazích Hvíždalky	1798
15	Vápenkové podloží (Hvíždalka)	<i>Geranio-Alchemilletum crinitae</i>	svahy Hvíždalky	1775
16A	Vápenkové podloží (Hvíždalka)	<i>Saxifragetum perdurantis</i>	závrty na čelní moréně mezi porosty kosodřeviny ve Hvíždalce	1699
21	Vápenkové podloží (Rozpadlý grůň/Rozpadliny)	<i>Saxifragetum perdurantis</i>	závrty na dně Rozpadlin	1612
22	Vápenkové podloží (Rozpadlý grůň/Rozpadliny)	<i>Caricetum firmae</i>	stěny závrťů v Rozpadlinách	1617
24	Vápenkové podloží (Rozpadlý grůň/Rozpadliny)	<i>Adenostyletum alliariae</i>	vysokostébelná niva pod skalní stěnou v Rozpadlinách	1677
25	Vápenkové podloží (Rozpadlý grůň/Rozpadliny)	<i>Festucetum tatrae</i>	Rozpadliny, stanoviště pod lokalitou č. 24	1673
26	Vápenkové podloží (Rozpadlý grůň/Rozpadliny)	<i>Pinetum mughii</i>	kosodřevina na dně Rozpadlin	1641
54	Směsné podloží (moréna v zářezu Tomanovy doliny)	<i>Athyrio-Pinetum mughii tatricum</i>	kosodřevina ve střední části Tomanovy doliny	1381
43	Směsné podloží (moréna v zářezu Tomanovy doliny)	<i>Adenostylo-Piceetum excelsae</i>	horský smrkový les asi 70 m pod hranicí lesa, západně od Rovně	1361