

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI

Přírodovědecká fakulta

Katedra zoologie



DISTRIBUCE
SUCHOZEMSKÝCH STEJNONOŽCŮ

Pavla Cabáková

Diplomová práce
v oboru Zoologie

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

Olomouc 2022

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracovala samostatně a že veškeré citované zdroje uvádím v seznamu literatury.

V Olomouci 27. července 2022

.....

Poděkování:

Speciální poděkování patří mému školiteli doc. RNDr. Mgr. Ivanu Hadriánu Tufovi, Ph.D., za poskytnuté materiály, všechny cenné rady a připomínky k této práci. Především také za jeho čas a pomoc během procesu tvorby této práce. Dále chci poděkovat RNDr. Ondřeji Mikulkovi za velmi přínosné odborné rady související s tvorbou map a prací v programu GIS.

Bibliografická identifikace

Jméno a příjmení autora: Pavla Cabáková

Název práce: Distribuce a druhová bohatost suchozemských stejnonožců

Typ práce: Diplomová práce

Pracoviště: Katedra zoologie

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

Rok obhajoby práce: 2022

Abstrakt:

Tato diplomová práce se na globálním měřítku dopodrobna zabývala distribucí a druhovou bohatostí skupiny suchozemských stejnonožců pro jednotlivé státy. Úvodem celou skupinu představuje, nastiňuje její vznik a fylogenezi. Shrnuje stávající informace o distribuci druhů i čeledí doposud poznaných druhů suchozemských stejnonožců v zemích světa a zabývá se i endemickými a synantropními druhy. Výsledky prezentují světový přehled distribuce druhů i čeledí stejnonožců, dále endemických a synantropních druhů stejnonožců s určením jejich globálních hotspotů a vyhodnocuje patterny distribuce. Práce závěrem diskutuje, jak se různé faktory ať už historie výzkumu nebo nevhodné podmínky podíleli na utváření aktuální distribuce. Ukazuje proč jsou výše zmíněné poznatky cenné, jak přispějí pro budoucí tvorbu chráněných oblastí a jak se jejich přínos projeví v delším časovém horizontu.

Klíčová slova: Isopoda, suchozemští stejnonožci, distribuce, druhová bohatost, GIS

Bibliographical identification

Author's first name and surname: Pavla Cabáková

Title: Distribution patterns of terrestrial isopods

Type of thesis: Master's thesis

Department: Department of Zoology

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

The year of presentation: 2022

Abstract:

This Master's thesis researched in detail global distribution and species richness of terrestrial Isopods for every world country. Introduces the group of Isopoda, presents their origins and phylogenesis. It summarizes current informations about distribution and species richness of so far known species of terrestrial Isopods and deals also with endemic and synanthropic species. Results shows global overview of distribution of Isopod species, families and also endemic and synanthropic species. Global distribution patterns and hotspots are here identified and described. In conclusion we discussed how different factor e.g. research history or insufficient conditions influenced and formed actual isopods distribution. Shows why is above mentioned knowledge is valuable, how will they contribute to future protected areas formation and how will we benefit from it in longer time horizont.

Key words: Isopods, terrestrial isopods, distribution, species richness, GIS

Obsah

Obsah	6
1.1. Úvod	8
1.1.1. Suchozemští stejnonožci	8
1.1.2. Charakteristika skupiny	11
1.1.3. Vznik suchozemských stejnonožců	12
1.1.4. Fylogeneze suchozemských stejnonožců	14
1.2. Distribuce a druhová bohatost suchozemských stejnonožců	16
1.2.1. Celosvětová distribuce a druhová bohatost suchozemských stejnonožců	16
1.2.2. Endemické druhy suchozemských stejnonožců	20
1.2.3. Synantropní druhy suchozemských stejnonožců	22
1.2.4. Hotspoty druhové bohatosti suchozemských stejnonožců	24
2. Cíle práce	25
3. Materiály a metody	26
3.1. Sběr dat	26
3.2. Primární analýza dat	29
3.3. Analýza dat v programu Geografické Informační systémy (GIS)	29
4. Výsledky	31
4.1. Zastoupení druhů suchozemských stejnonožců v zemích světa	31
4.2. Zastoupení čeledí suchozemských stejnonožců v zemích světa	33
4.3. Zastoupení endemických druhů suchozemských stejnonožců v zemích světa	34
4.4. Zastoupení synantropních druhů suchozemských stejnonožců v zemích světa	36
5. Diskuze	38
5.1. Historie výzkumu suchozemských stejnonožců	39
5.2. Druhy a čeledi suchozemských stejnonožců	39
5.3. Endemické druhy suchozemských stejnonožců	42

5.4. Synantropní druhy suchozemských stejnonožců	43
5.5. Pohled do budoucna.....	44
6. Závěr	44
Seznam literatury	46

1.1. Úvod

1.1.1. Suchozemští stejnonožci

Stejnonožci jsou schopni obývat velmi široké spektrum terestrických i akvatických stanovišť. Jsou starobylou, úspěšnou skupinou rozmanitých a vysoce přizpůsobivých živočichů, kteří se adaptovali k suchozemskému způsobu života. Částečný přechod skupiny z mořského prostředí na souš udal její možnost osídlit suchozemské biotopy. Suchozemští stejnonožci mají v současnosti kosmopolitní výskyt (Sfenthourakis & Hornung 2018). Během rychlé evoluční radiace se postupně přizpůsobili životu v pobřežních oblastech, osídlili celou škálu suchozemských biotopů, a dokonce i pouštní oblasti. Někteří se navrátili k semiakvatickému způsobu života v prostředí poblíž stojatých i tekoucích vod. Pouze málo druhů se stalo sekundárně vodními a žijí buď v jeskynních vodách nebo v hyperslaných jezerech (Schmidt 2002).

Skupina zahrnující suchozemské stejnonožce je téměř všudypřítomná, nevyskytují se pouze v polárních oblastech. Aktuální globální distribuce suchozemských stejnonožců je výsledkem jejich evolučního vývoje a faktu, že jejich předci obývali světové oceány. Suchozemští stejnonožci se vyskytují od nulových nadmořských výšek hladin oceánů až po vysokohorské oblasti. V průměrných ale i vysokých nadmořských výškách platí, že jejich výskyt ze všech faktorů nejvíce limitují vlhkost a teplota (Sfenthourakis & Hornung 2018).

Nejvýše položený nález suchozemského stejnonožce je známý z 4800 metrů nad mořem v severozápadním Himálaji. Je to zřejmě nejvyšší nadmořská výška, ve které byl nějaký zástupce nalezen a dá se předpokládat, že tato výška představuje horní hranici výskytu stejnonožců (Beron 1997). Samozřejmě velmi záleží na zeměpisné šířce, ve které se různá pohoří vyskytují. Pro jejich výskyt představuje značný rozdíl nadmořská výška 3000 metrů nad mořem v evropských Alpách a 3000 metrů nad mořem ve vysokohorských oblastech centrální a východní Afriky. Příklady nálezů stejnonožců z vysokohorských oblastí jsou druh *Palaioscia alticola* Vandel, 1973 z výšky 4694 metrů nad mořem z hory Wilhelm v Papui Nové Guineji, druh *Protracheoniscus nivalis* Verhoeff, 1936 z 4725 metrů nad mořem z asijského Ladakhu, druh *Proischioscia andina* Vandel, 1968 až ze 3800 metrů nad mořem v ekvádorských Andách. Tropicá čeleď Eubelidae má ze všech čeledí stejnonožců nejvíce rodů i druhů, které obývají vysokohorské oblasti. Z této čeledi jsou nejvýše žijícími rody

Aethiopopactes Verhoeff, 1942 na Kilimandžáru a *Benechinus* Budde-Lund, 1910 na hoře Meru, oba žijící ve 4600 metrech nad mořem (Beron 1997).

Zajímavé distribuční vzory suchozemských stejnonožců vnikaly podél klimatických a jiných environmentálních gradientů v reakci na limitující faktory. Zejména na sucho a nízkou teplotu. Průběh evolučního procesu diverzifikace suchozemských stejnonožců byl značně ovlivněn nedávnými změnami klimatu. Z nich nejsilněji působily především změny teploty a srážkového režimu, dále faktory topografické a edafické. Z biotických faktorů je tím nejdůležitějším především vegetace poskytující úkryt, potravu a potřebné mikroklima (Sfenthourakis & Hornung 2018).

Globalizace světa a dnešní rozmanité způsoby dopravy velkou mírou přispívají k introdukci nejen nepůvodních druhů stejnonožců. Nejčastěji probíhají, respektive nejčastěji jsou zaznamenány, introdukce stejnonožců ze subtropických až tropických oblastí do různých částí světa. Jeden ze způsobů šíření suchozemských stejnonožců lidskou činností je transport rostlinného nebo půdního materiálu v rámci sítě skleníků, čímž se například v rámci Spojených států amerických už během první poloviny minulého století podrobněji zabýval Hatch (1949).

Vůbec první souhrn tehdy známých 385 druhů suchozemských stejnonožců publikoval Budde-Lund (1885). Téměř o 120 let později publikoval Schmalzfuss (2004) aktualizovaný světový katalog suchozemských stejnonožců čítající 3637 popsanych druhů. Podle Sfenthourakise a Hornung (2018) se celkový počet o 14 let později odhadoval na něco více než 3710 platných druhů náležících do 527 rodů a do 37 čeledí. Erudovaný globální odhad počtu existujících druhů suchozemských stejnonožců se uvádí mezi 5000 a 7000 druhů (Sfenthourakis & Taiti 2015).

Bohužel stále není k dispozici kompletní analýza dat výskytů druhů v globálním měřítku. Značná část záznamů o výskytech se omezuje pouze na úroveň zemí světa a v rámci nich nejsou dále dostupné souřadnicové záznamy o přesném místě nálezů (Schmalzfuss 2004). V katalozích popisujících druhovou bohatost v rámci jednotlivých zemí sice bývají uvedeny přesné polohy výskytu, ale úrovně prozkoumanosti každé země jsou velmi odlišné. Proto doposud nejsme schopni dosavadní data shrnout do globálního katalogu suchozemských stejnonožců s přesnými polohami výskytu. Obecně platí, že vyspělé země mají vyšší stupeň prozkoumanosti než země rozvojové, hůře dostupné kvůli politickým či fyzickogeografickým poměrům anebo jiným důvodům. Každým rokem jsou publikovány dodatečné nálezy

a taxonomické revize. Lze proto předpokládat, že tato diskrepance se bude časem snižovat díky rostoucímu objemu dat z doposud slabě prozkoumaných oblastí.

1.1.2. Charakteristika skupiny stejnonožců

Stejnonožci (Isopoda) jsou skupinou rozmanitých a široce rozšířených forem, které zahrnují mořské, suchozemské i sladkovodní druhy. Většina z nich je volně žijící, ale mezi mořskými zástupci existuje i značné množství nenápadných, parazitických forem.

Obecně se jedná o drobné živočichy a většina druhů dosahuje velikosti v rozmezí 0,7 až 35 mm. Oproti mořským druhům dorůstají suchozemští stejnonožci výrazně menších rozměrů. Nejmenší druhy měří na délku okolo jednoho až dvou milimetrů a největší okolo tří centimetrů, příkladem je španělská stínka velkolepá (*Porcellio magnificus* Dollfus, 1892), jejíž samci i s prodlouženými uropody dosahují délky čtyř a půl centimetru (Orsavová & Tuf 2018).

Tělo je tvořeno z 21 článků uskupených do tří částí známých jako cephalothorax, pereion, pleon a je protažené a dorzoventrálně zploštělé. Dorsální stranu pokrývá řada širokých, překrývajících se plátů, které působí jako brnění. Pohlavní dimorfismus je u skupiny vyvinut a pohlaví se liší například tvarem a velikostí. Častější jsou druhy, u kterých jsou větší a širší samice, ale jsou i druhy, u kterých jsou větší samci. Pohlavní dimorfismus se projevuje poměrně často vzhledem sedmých pereiopodů, někdy i násadců tykadel, či délkou pleopodů šestého pleonového článku nazývaných uropody. U samců jsou první dva páry pleopodů modifikovány na pomocné kopulační orgány a k inzerci spermií slouží výrazně protažené endopodity zejména druhého páru (Orsavová & Tuf 2018; Riehl & Brandt 2012). U některých druhů je vyvinut pohlavní dichroismus, typicky například u druhu *Trachelipus ratzeburgii* (Brandt, 1833).

Suchozemští stejnonožci vyhledávají vlhká prostředí jako úkryty pod kameny a v opadu, protože postrádají voskovou epikutikulu, takže musí minimalizovat ztráty vody odparem. Například malí stejnonožci ze skupiny Synocheta se brání výparu vody evapotranspirací tak, že žijí ve svrchních vrstvách půdy s konzistentní vlhkostí vzduchu okolo 100 % (Tuf & Jeřábková 2008). Zejména pouštní druhy kvůli hospodaření s vodou tráví dny ve skrytu pod povrchem a vyznačují se noční aktivitou (McClain et al. 2015). K vedení a zadržení vody stejnonožcům slouží systém „kanálek“ tzv. water conducting system (Hoese 1981). Všichni stejnonožci by tak měli umět vodu přijímat pitím a i ponořením uropodů (Spencer & Edney 1954).

Suchozemští stejnonožci hrají v tropických a temperátních ekosystémech velmi důležitou roli. Na jednom metru čtverečním se může v určitých oblastech vyskytovat až 500 jedinců stejnonožců (Davis 1984). Konzumují velké množství rostlinného opadu

a představují nepostradatelný článek při procesu jeho dekompozice a následující tvorbě půdy. Jsou makrodekompozitoři a rozkládají rostlinný materiál mechanicky i chemicky (díky symbiotickým bakteriím). Poté, co rostlinný materiál projde jejich trávicí soustavou, stává se snadněji dostupným pro menší detritovory (tzv. mikrodekompozitory) a mikroorganismy (Schmidt 2002). Ve srovnání s jinými skupinami bezobratlých živočichů jsou hojní v podzemních ekosystémech. Množství druhů se adaptovalo na afotické prostředí a nachází se jak v terestrické, tak i ve vodní složce jeskynního stanoviště. Existují však i formy vyznačující se obojživelným způsobem existence (Reboleira et al. 2015). V podzemních ekosystémech vykonávají stejnonožci ekologicky klíčovou funkci: transformují organický detrit a jsou kořistí jeskynních predátorů (Řezáč et al. 2008).

1.1.3. Vznik suchozemských stejnonožců

Z evolučního hlediska jsou suchozemští stejnonožci excelentním příkladem modelového organismu, který se adaptoval k suchozemskému způsobu života a našel na souši neobsazenou ekologickou niku. Právě suchozemští stejnonožci jsou z celé parafyletické skupiny korýšů neúspěšnější kolonizátoři suchozemského prostředí (Schmalfuss 2003). Vedle stejnonožců se ze skupin desetinožců a různonožců jen hrstka druhů částečně adaptovala na terestrické prostředí a většina z nich stále žije výhradně akvatickým způsobem života. Kosmopolitní distribuce tohoto monofyletického taxonu indikuje jeho starobylý původ (Schmidt 2002).

Předpokládá se, že větvení na semiakvatické a suchozemské linie se událo přímo v podmínkách mořských litorálů bez sladkovodního stadia (Schmalfuss 2005). Vandel (1965) ve studii, která byla založena pouze na morfologických znacích, předpokládal, že invaze stejnonožců z vodního do suchozemského prostředí proběhla nejméně třikrát. Tato domněnka je dnes po použití modernějších metod rekonstrukce fylogeneze již neudržitelná. Předchůdce, ze kterého se vyvinuly všechny dnes známé druhy suchozemských stejnonožců, existoval na konci prvohor nejpozději v permu (Broly et al. 2013). Již Cloudsley-Thompson (1988) uvádí, že se stejnonožci pravděpodobně na terestrický způsob života začali adaptovat během druhé poloviny prvohor.

Fakt, že můžeme na všech dnešních kontinentech kromě Antarktidy najít zastoupeny téměř všechny velké čeledi, je dalším nepřímým důkazem začátku jejich terestrializace už v karbonu. V tomto období vznikl superkontinent Pangea, na jehož území se stejnonožci rozšířili. Usuzujeme tak ze skutečnosti, že jejich schopnosti samostatné disperze jsou velmi

omezené a stěží by se později dokázali rozšířit na oceánem oddělené kontinenty. Jediný kontinent, na kterém se aktuálně stejnonožci nevyskytují je Antarktida, domníváme se, že zde velmi pravděpodobně vyhynuli, ale žádné fosilie zatím nalezeny nebyly (Broly et al. 2013).

Během procesu přizpůsobení se k terestrickému způsobu života pro ně bylo nezbytné vyvinout množství morfologických, ekologických i behaviorálních adaptací na nové prostředí. Museli čelit řadě zásadních problémů, z nichž hlavní byly ochrana proti vyschnutí, dýchání vzdušného kyslíku, či vyměšování (Hornung 2011). Hlavní fyziologický problém s reprodukcí v suchozemském prostředí vyřešilo marsupium a vajíčka se v něm vyvíjející nezávisle na externím zdroji vody (Hoese 1984). Ve skupině Oniscidea existují v současnosti dva typy marsupia, rozlišené dle míry izolace larev od okolí (Hoese & Janssen 1989). Mořští stejnonožci na svém těle však nesli i charakteristiky, které jim přechod na souš ulehčily. Takovým příkladem je dorzoventrální zploštění těla umožňující celkem snadný pohyb po povrchu souše bez vynaložení velkého úsilí a energie (Orsavová & Tuf 2018)

Ani po přizpůsobení se suchozemským podmínkám však stejnonožci neměli vyhráno. V novém prostředí čelili i novým predátorům jako stonožkám, obojživelníkům a plazům. Dnes je například pro malé pěvce, jako jsou lejsci, potrava ve formě stejnonožců významným zdrojem vápníku (Bureš 1986). Mezi predátory a stejnonožci probíhají závody ve zbrojení, predátoři se snaží prolomit antipredační strategie kořisti, což u stejnonožců vedlo k vyvinutí rozličných adaptací. Obecně je pro stejnonožce lineární pohyb vpřed nejvýhodnější adaptivní úniková strategie v otevřeném prostoru, kde nemá jedinec více informací o okolí (Jander 1975). V přírodě většinou není možný přímý běh vpřed, a proto při útěku v terénu využívají systematické kličkování.

Někteří stejnonožci jsou zdatní běžci a před predátorem rychle utečou. Úchvatná antipredační strategie, jak se při vyrušení ukrýt před predátorem, je únik pod vodní hladinu, kterou se vyznačuje například druh *Ischioscia hirsuta* Leistikow, 2001. Existují další možné strategie, jak nebýt chycen. Jsou jimi výskok před predátorem a tím zmizení z dohledu, spadnutí z kůry stromu na zem při vyrušení nebo naopak tonická imobilita, pevné přilnutí k substrátu a vystavení jen pevného exoskeletonu či stáčení se do kuličky, případně i agregace jedinců do velkých počtů, exkrece sekretu z obranných žláz, varovné aposematické zbarvení nebo i dlouhé trny. To všechno jsou rozmanité způsoby, kterými se stejnonožci brání spatření, chycení, či sežrání predátory (Tuf & Ďurajková 2022).

1.1.4. Fylogeneze suchozemských stejnoonožců

Bazální klády skupiny Oniscidea obývaly vodní prostředí a nesou behaviorální, morfologické i ekologické znaky, které jim v něm umožňovaly přežít (Schmidt 2008). Díky charakteristikám, které mají druhy z bazálních čeledí, si lze vytvořit představu o tom, jak mohly přechodné formy mezi mořskými předchůdci a moderními suchozemskými stejnoonožci vypadat a žít. Zástupce opačného extrému ilustruje rod *Hemilepistus* Budde-Lund, 1879 adaptovaný na přežití v drsných podmínkách pouště (Hornung 2011). Apikální klády stejnoonožců jsou více diverzifikované, obecně druhově bohatší a odráží přítomnost životně důležitých adaptací na rozmanitá suchozemská prostředí (Dimitrou et al. 2019).

Pro suchozemské stejnoonožce platí, že je to skupina, která má relativně nízký taxonomický rank evolučních kroků nabytých během přechodu z vodního prostředí na souš. Tato skutečnost je ještě více fascinující, pokud uvážíme starobylost taxonu (Hornung 2011; Broly et al. 2013). U skupiny suchozemských stejnoonožců nemáme k dispozici mnoho fosilních záznamů. Kvůli absenci voskové epikutikuly jejich vápenitá schránka nebyla v podmínkách suchozemského prostředí chráněná a správně konzervovatelná při procesu fosilizace (Orsavová & Tuf 2018). Nejstarší známé fosilie této skupiny byly nalezeny v jihozápadní Francii, severním Španělsku a Myanmaru. Jsou datovány do křídly, tudíž jsou mladé a patří k již diferencovaným a plně terestrickým formám (Perrichot 2004; Broly et al. 2015).

U skupiny suchozemských stejnoonožců je poměrně komplikované určit molekulárními analýzami správné pořadí, v jakém docházelo k oddělení jednotlivých větví, z důvodu jejich rychlé radiace. Dříve byl přijímán názor, že Oniscidea jsou jediná monofyletická skupina a prokazují unikátní vlastnosti ve srovnání s ostatními taxony suchozemsky žijících živočichů (Broly et al. 2013). Monofylii skupiny podporuje množství synapomorfii, jako například vodovodní systém tvořený šupinami na ventrální straně koxálních destiček, relativně krátký pleotelson, antennula s méně než čtyřmi články a další (Schmalfuss 1989; Erhard 1996).

Se zvyšujícími se možnostmi v oblasti molekulární biologie se objevují studie, které prověřují fylogenetické vztahy mezi hlavními kládami skupiny Oniscidea. K tomuto účelu byly nově použity protein-kódující geny sodnodraslíkové pumpy, geny 22-24 fosfoenolpyruvátkarboxykinázy (Dimitrou et al. 2019). V současné době je stále široce přijímána klasifikace dělení suchozemských stejnoonožců na pět skupin na základě jejich morfologických adaptací k terestrickému způsobu života. Jsou rozděleni na skupiny Ligiidae,

Tylidae, Mesoniscidae, Synocheta a Crinocheta (Schmalfuss, 1989, Schmidt, 2008, Edhard 1996). Dřívější pojetí celé skupiny suchozemských stejnonožců jako monofyletické bylo dle molekulárních dat zřejmě nesprávné a po publikování novějších studií ji označujeme za polyfyletickou. Pouze v případě vyčlenění čeledi Ligiidae lze skupinu dle molekulárních metod označit jako monofyletickou (Dimitrou et al. 2019). Aktuální postavení čeledi Ligiidae tudíž není doposud ujasněné a je potřeba provést komplexnější molekulární výzkum.

Je tedy nutno vyřešit kompletní fylogenetickou historii skupiny a otázky z nichž hlavní je evoluce přechodu z vodního do suchozemského prostředí. Naneštěstí je dnes velmi málo aktivních taxonomů zabývajících se suchozemskými stejnonožci. Rozvíjející se možnosti nových metod, jako jsou sekvenování celého genomu, transkriptomika, či studie založené na ultra-konzervovaných prvcích však nabízejí hodně prostoru pro výzkum a měly by být aplikovány na celé spektrum suchozemských taxonů stejnonožců. Skupina Oniscidea by však prozatím neměla být považována za monofyletickou.

1.2. Distribuce a druhová bohatost suchozemských stejnonožců

1.2.1. Celosvětová distribuce a druhová bohatost suchozemských stejnonožců

Jedním z hlavních faktorů, které určují distribuci suchozemských stejnonožců, je zeměpisná šířka. Na výskyt stejnonožců působí zejména v souvislosti s teplotou, která směrem od rovníku k pólům klesá. Z přírodních faktorů je distribuce stejnonožců omezena především teplotou a vlhkostí a představují tak nejkritičtější faktory. Určité teplotní rozmezí během roku i dané stupně vlhkosti substrátu jsou nezbytné pro úspěšné dokončení životního cyklu a rozmnožování suchozemských stejnonožců (Beron 1997; Harding & Sutton 1985). Chladnější podmínky mají na skupinu negativní dopad, protože zpomalují jejich fyziologické procesy a v důsledku toho omezují jejich schopnost dospívání, respektive jejich distribuci (Hopkin 1991).

Ve studii Kuznetsové a Gongalského (2012) se jako limitující faktor rozšíření stejnonožců směrem na sever ukázala délka teplejšího období vyjádřená počtem dní, kdy byla průměrná denní teplota vzduchu vyšší než 10 °C. Na území Ruska odpovídají polohám s nejvyšší druhovou bohatostí zóny leso-stepí a stepí v izoklině, kde je během roku průměrná denní teplota vzduchu po 180 až 210 dnů vyšší než 10 °C. Minimální počet dní, během kterých je průměrná denní teplota vzduchu nad 10 °C, umožňující výskyt stejnonožců je 120 dní ročně. Tuto teplotní hranici limitující výskyt by bylo v rámci Sibíře potřeba podrobněji prozkoumat například v pohoří Altaj. Nemůžeme tak prozatím říci, jestli zjištění platí jen pro určitou oblast nebo pro celý severní Palearkt. Obecně lze ale zhodnotit, že je tato spodní hranice výskytu přibližně na přechodu boreálních a temperátních lesů (Kuznetsova & Gongalsky 2012).

Pokud zobrazíme například druhovou bohatost evropských zemí na jednotku plochy, výsledkem bude klesající druhová hustota společně s průměrnou zeměpisnou šířkou určité země (Hornung & Sóllymos 2007). Nadmořská výška je dalším faktorem, který velmi ovlivňuje distribuci suchozemských stejnonožců. Elevační gradienty jsou, co se týká druhové bohatosti, velmi podobné vyšším zeměpisným šířkám. Se stoupající nadmořskou výškou druhová bohatost klesá a 4800 metrů nad mořem tvoří limitní hranici pro výskyt stejnonožců. Suchozemští stejnonožci tak zahrnují druhy dobře přizpůsobené na přežití ve vysokohorském prostředí. Studie, kterou provedli Schmalfluss a Ferrara (1982) na Kamerunské hoře, odhalila, že druhová bohatost prudce klesá nad horní hranicí lesa.

Stejnonožci mají dlouhou evoluční historii, v průběhu evoluce se u nich druhová bohatost rozložila mezi hlavními klády nerovnoměrně, což pravděpodobně odráží rozličnou evoluční dynamiku. Druhově nejchudší jsou bazální skupiny Diplocheta a Tylidae, čeleď Mesoniscidae zahrnuje jen dva druhy. Zbývající většina druhů spadá pod apikálnější klády Synocheta a Crinocheta. Crinocheta je jako skupina nejvíce diverzifikovaných suchozemských forem stejnonožců právě druhově nejbohatší (Sfenthourakis & Taiti 2015). Druhově chudá čeleď Mesoniscidae je kvůli nejasnému postavení ve fylogramu označována jako tzv. skupina incertae sedis. Je to pravděpodobně následkem jejich přizpůsobení se životu v sutích a jeskyních se značným množstvím adaptací a sekundární redukcí některých znaků.

Sfenthourakis a Taiti (2015) provedli analýzu globální diverzity suchozemských stejnonožců. Ukázalo se, že ve skupině suchozemských stejnonožců jsou přítomny především rody s malým počtem druhů a čeledi s nízkým počtem rodů. Nejsou jedinou skupinou živočichů, u které je známý podobný vzor, setkáme se s ním například u šestinohých (Mayhew 2001), nebo i u savců (Purvis et al. 2011). Velmi diverzifikované linie jsou uvnitř skupiny stejnonožců vzácné, avšak významným dílem přispívají k celkové diverzitě všech vyšších taxonů. Hodně malých, někdy i monotypických rodů lze nalézt ve velkých čeledích. Korelace mezi počtem druhů a počtem rodů v čeledi a skutečnost, že dle počtu druhů v rodu se nedá predikovat rodová bohatost v čeledi, v kombinaci spolu podtrhují širokou variabilitu uvnitř taxonu Oniscidea (Sfenthourakis & Taiti 2015).

Druhová bohatost suchozemských stejnonožců představuje více než třetinu (36 %) celkového počtu druhů všech stejnonožců a dokonce přes 5 % všech popsáných druhů korýšů (Zhang 2013). Zvýšený stupeň druhové bohatosti suchozemských stejnonožců je patrný v oblastech s typem středomořských ekosystémů, v oblastech přibližně okolo obratníků, stejně jako v ostrovních oblastech tropů. Zůstává otázkou, zda to souvisí se vzory alopatrické speciace v topograficky a ekologicky různorodých oblastech nebo s jinými faktory (Tuf & Jeřábková 2008).

Z biogeografické perspektivy oblast mediteránu zůstává pořád velmi druhově bohatá i navzdory odůvodnitelnému biasu na území Evropy zapříčiněném geografii výzkumu a vysokým počtem výzkumníků. Pro vysokou úroveň druhové bohatosti stejnonožců je nezbytná rozmanitost stanovišť, což dokazují například studie provedené na několika souostrovích Středozemního moře nebo na Kanárských ostrovech (Sfenthourakis 1996; Gentile & Argano 2005). Stěžejní význam má k udržení vysokého stupně druhové bohatosti také dostupnost zdrojů povrchové vody. Podstatná není jejich velikost, ale hlavně jejich přítomnost,

ačkoliv je u větších vodních ploch vyšší pravděpodobnost dlouhodobé existence (Sfenthourakis & Triantis 2009).

Krajina temperátní zóny střední Evropy byla v původním, přirozeném stavu pokryta lesy případně lesostepí udržovanou velkými býložravci. Po osídlení začali lidé krajinu využívat a člověk ji svou činností formuje už po tisíciletí zejména kontinuální destrukcí biotopů a intenzivním využíváním půdy (Tajovský et al. 2012). A právě vedlejším produktem lidské činnosti vznikají nové typy antropogenních stanovišť a úkrytů, které stejnonožci využívají. Bohužel převládá zjištění, že množství vzniklých antropogenních stanovišť často preferují stanovištní generalisté, což vede k postupné homogenizaci fauny a výsledný dopad na druhovou bohatost dané urbánní oblasti je s lokálně se snižujícím počtem původních druhů negativní (Sfenthourakis & Hornung 2018).

Bezobratlí obecně nemusí na fragmentaci původních areálů reagovat vždy negativně. Naopak v některých případech může rozpad areálu pozitivně ovlivňovat vývoj a diverzifikaci druhů ve skupinách. Druhy, které bychom charakterizovali na škále generalista – specialista jako bližší k pólu specialistů, podléhají v případech rozpadu původních areálů procesům diversifikace snadněji než generalisté (Ewers & Didham 2006; Didham et al. 1996). Při pokusech prokázat signifikantní efekt narušení stanovišť na druhovou bohatost stejnonožců několik studií selhalo. Studii, ve které podrobně zkoumali populační hustoty a epigeické aktivity suchozemských stejnonožců publikovali Tajovský et al. (2012). Šlo o výzkum z třinácti lesních fragmentů České republiky o velikostech v rozmezí 0,1 až 254,5 hektarů, přičemž z této plochy bylo určeno a prozkoumáno celkem 30 menších sekcí stanovených v závislosti na velikosti každého fragmentu.

I přes skutečnost, že větší fragmenty poskytovaly širší spektrum stanovišť, byla největší populační hustota a epigeická aktivita zaznamenána v ploškách nejmenších fragmentů. Závěrem této studie bylo potvrzení, že fragmentace lesů nutně nevede ke snížení druhové bohatosti suchozemských stejnonožců (Tajovský et al. 2012). To je však v rozporu se studií uskutečněnou Rodriguezem (1991), která říká, že je pro druhovou bohatost a vysoké populační hustoty suchozemských stejnonožců zásadní, aby prostředí nabízelo rozmanitá stanoviště. Zatím tedy přesně nevíme, co stojí za vysokým stupněm druhové bohatosti určitých stanovišť a na výslednou bohatost má pravděpodobně vliv více faktorů.

V zaledněné Severní Americe během čtvrtohor vymřela většina druhů suchozemských stejnonožců (i žížal) až po jižní oblasti u Apalačských hor (Jass & Klausmeier 2000).

Předpokládá se, že přeživší druhy z jižních refugií pak následovaly ustupující ledovec, šířily se na sever a současná fauna stejnonožců jsou tak pravděpodobně jejich potomci. Společně s žížalami zde teď stejnonožci fungují jako ekosystémoví inženýři a zahajují proces dekompozice nashromážděného rostlinného opadu.

Kolonizace amerického kontinentu evropskými druhy pravděpodobně probíhala přibližně od roku 1500, kdy k americkým břehům dorazily průzkumné lodě se zemědělským materiálem obsahujícím i půdu se sazenicemi (Jass & Klausmeier 2000). Existují spekulace, zda se v severní Americe vůbec vyskytují nějaké původní druhy suchozemských stejnonožců kromě těch několika jeskynních druhů. Van Name (1936) zdůrazňuje, jak velký je rozdíl mezi počtem známých druhů suchozemských stejnonožců v zemích střední Evropy a celkovým počtem druhů známých z území Severní Ameriky. Argumentoval tím, že pokud by Severní Amerika byla místem původu suchozemských stejnonožců, tak by se v ní dnes nacházelo větší množství původních druhů (Jass & Klausmeier 2000).

Stanovením přesného počtu druhů v Severní Americe se zabýval Hatch (1947). V jeho době bylo konkrétně z území Spojených států amerických známo 35 druhů suchozemských stejnonožců, z toho 14 druhů obývalo litorál. Jass a Klausmeier (2000) aktualizovali počet druhů amerických suchozemských stejnonožců, k původnímu počtu přibylo 17 nových druhů stejnonožců z nichž je 70 % obyvateli jeskynního prostředí. Druhově nejbohatší státy USA leží na severovýchodě země, konkrétně Massachusetts (45 druhů), Maine (46 druhů), New Hampshire (47 druhů) a Vermont (48 druhů).

Co se týče ostrovů ležících v tropickém pásu, je například Mauricius, ostrov s velmi dobře vyvinutou původní faunou bezobratlých živočichů, i přes svou poměrně malou velikost, odlehlost a relativně nízké stáří. Endemické druhy fauny Mauricia tvoří u různých skupin podstatnou část z celkového počtu druhů. Konkrétně se na tomto ostrově vyskytuje 27 druhů stejnonožců, z nichž je osm druhů endemických (Barnard 1964; Motala et al. 2007).

Jedním z nejvíce ekologicky zdevastovaných polynézkých ostrovů je bezpochyby Velikonoční ostrov. Dle muzejních sbírek a nedávných terénních výzkumů je z ostrova známo devět převážně nepůvodních druhů suchozemských stejnonožců, dva však byly pro vědu nově popsány právě odsud. Prvním je *Styloniscus manuvaka* Taiti & Wynne, 2015, což je endemit Polynésie, a druhým je *Hawaiioscia rapui* Taiti & Wynne, 2015, endemit pouze Velikonočního ostrova. Oba druhy se na ostrově vyskytují pouze v jeskynním prostředí a představují relikty různých disturbancí, kterých bylo v historii ostrova nemálo (Taiti & Wynne 2015).

1.2.2. Endemické druhy suchozemských stejnonožců

Relativně velký podíl druhové bohatosti a endemických druhů stejnonožců sestává z troglobiontních druhů, jejichž distribuční vzory můžou být obzvláště zajímavé z pohledu změny faktorů prostředí. Je přijímán názor, že právě klimatické změny představovaly hlavní selektivní tlak, který u suchozemských stejnonožců vedl k adaptaci na jeskynní život. Jeskyně se jako podzemní ekosystémy vyznačují bohatou faunou s nízkou dostupností potravních zdrojů, konstantní teplotou a vysokou vlhkostí (Souza-Silva et al. 2011).

Ze Španělska je známo 27 druhů troglobiontních druhů suchozemských stejnonožců. Na území Itálie, včetně Sardiínie i Sicílie, se vyskytuje 64 troglobiontních druhů a většina náleží do čeledi Trichoniscidae (Reboleira et al. 2015). V Portugalsku bylo do roku 2015 po 70 let studium jeskynních stejnonožců zanedbáváno. Nedávný výzkum v tamějším krasovém systému odhalil vysokou míru druhové bohatosti a několik nových druhů. V geografickém regionu, do kterého spadá i Portugalsko, jsou terestriční stejnonožci nejdíverzifikovanější taxonomickou skupinou jeskynní fauny (Reboleira et al. 2015). Aktuálně je v Portugalsku 27 endemických troglobiontních druhů v šesti čeledích. Z ostrovů v Atlantiku náležících pod správu Portugalska jsou známy další dva druhy obývající dokonce i vulkanické jeskyně. Z Madeiry je to druh *Trichoniscus bassoti* Vandel, 1960 (Vandel 1960; Reboleira et al. 2011) a z Azorských ostrovů nový, doposud nepojmenovaný druh (Borges et al. 2012). Díky velmi dobrému stupni prozkoumanosti Pyrenejského poloostrova si můžeme vytvořit perfektní obrázek o druhové bohatosti na jeho území.

Kvůli prostředí, ve kterém se troglobiontní druhy vyskytují, má mnoho z nich omezenou distribuci a limitovanou schopnost šíření dané velikostí jeskynního systému. Proto mohou být následně silně dotčeni i mírnou změnou v životním prostředí způsobenou člověkem. Podzemní prostředí jeskyní se kvůli jinak vysoké stabilitě stávají velmi náchylné k výkyvu z obvyklých hodnot parametrů prostředí i při velmi malé změně vnějších podmínek (Culver & Pipan 2009).

Manicasteri a Argano (1989) se pokoušeli o analýzu tenkrát známých troglobiontních druhů v globálním měřítku. V závěru výzkumu se jim potvrdil již známý fakt, že nejvyšší druhová bohatost jeskynních druhů suchozemských stejnonožců v rámci světa je koncentrována v oblastech rozkládajících se okolo Středozemního moře. Dále byla vysoká druhová bohatost jeskynních druhů zaznamenána také v Novém světě, v zeměpisných šířkách,

kteřé odpovídaly mediteránu. Jsou to Mexiko a jih Spojených států amerických, což oblastně odpovídá jižní hranici zalednění během glaciálu (Jass & Klausmeier 2006).

Souza-Silva a Ferreira (2015) publikovali závěry výzkumu prováděného v krasové oblasti brazilského atlantického lesa. Zjistili, že výsledná data poukazují na rozdílný stupeň druhové bohatosti v závislosti na typu horniny, ze které je jeskyně tvořena. V této studii z Brazílie byla druhová bohatost zvýšená ve vápencových jeskyních a nejvyšší v granitových jeskyních. Jelikož je dostupnost vhodného geologického substrátu nezbytná pro výskyt troglobiontních druhů, mohou určité vzory distribuce jeskynních stejnonožců odrážet globální distribuci jeskyní skládajících se z určitých hornin.

Kromě horniny, která je v jeskyni v převážném zastoupení, je stupeň endemismu ovlivněn i strukturou krasových systémů, především jejich členitostí. Můžeme se domnívat, že i stářím, protože nejstarší jeskynní systémy by měly být nejčlenitější, avšak velmi záleží na podmínkách každé oblasti (Manicasteri & Argano 1989). Například v Řecku se nejčastěji endemické troglobiontní druhy vyskytují v jedné nebo v několika málo sousedních jeskyních. Podobná situace je i v Rumunsku, kde se troglobiontní druhy nejčastěji vyskytují v malých počtech v několika blízkých jeskyních (Giurginca et al. 2015). Naopak u troglobiontních druhů severního Balkánu je lokální endemismus mnohem nižší a jeskyně tam vytvářejí rozsáhlejší a vzájemně více propojené systémy. Výzkum distribuce troglobiontních druhů v globálním měřítku by proto měl být prováděn mezi geologicky srovnatelnými oblastmi (Kováč et al. 2014; Reboleira et al. 2015).

Jeskyně jsou prostředí s křehkou rovnováhou a poskytují pro nás důležitý referenční systém. Můžeme na nich studovat vlivy změny životního prostředí i klimatu, a proto bychom měli na výzkum jeskyní do budoucna ještě více směřovat naši pozornost (Reboleira et al. 2015). Předpokládáme, že změny teploty a vlhkosti prostředí jsou zásadními faktory ať už samostatně nebo v jejich kombinaci. Domníváme se, že vychýlení dvou zmíněných faktorů z normálu představuje hlavní selekční tlaky směřující suchozemské stejnonožce k adaptaci na jeskynní způsob života. Jak bude při očekávané změně klimatu situace přesně vypadat a do jaké míry budou stejnonožci zasaženi, však podrobně předpovědět nedokážeme. Odhaduje se, že změnou klimatu bude zasaženo například Řecko, stejně jako jiné regiony bohaté na troglobiontní druhy, ve kterých při vzrůstu teploty dojde k poklesu počtu druhů (Sfenthourakis & Hornung 2018).

Teplota uvnitř jeskyní je konstantní a často velmi podobná průměrné teplotě v dané oblasti (Sfenthourakis & Hornung 2018). U druhů, které nebudou tolerovat téměř žádné

odchylky od této průměrné teploty, můžeme očekávat zvýšenou míru extinkce spolu se zvyšující se teplotou v jeskyních. Se zvyšující se teplotou určitých oblastí bude souviset i snižující se vlhkost, která je pro stejnonožce možná ještě podstatnější než teplota.

Obecně nesou živočišné druhy, které mají větší pravděpodobnost vymření než ostatní, charakteristiky jako jsou malá velikost populace, velmi speciální požadavky na stanoviště, nízká geografická distribuce, velká velikost těla (McKinney 1997; Purvis et al. 2000), málo potomstva či nízké tempo růstu (MacArthur & Wilson 1967). Některé z výše zmíněných charakteristik platí i pro suchozemské stejnonožce a více ohrožené jsou kvůli nízké a omezené možnosti distribuce druhy jeskynní. V případě troglobiontních druhů pro ně nebezpečí a zvýšené riziko extinkce znamená jejich nízká míra populačního růstu v kombinaci s významnou změnou podmínek prostředí (Culver & Pipan 2009).

Hlavní problémy ohrožující druhovou bohatost a endemické druhy suchozemských stejnonožců jsou těžba nerostů a tím způsobená destrukce stanovišť, vysoká míra turismu, vandalismus, znečištění životního prostředí těžkými kovy, herbicidy nebo pesticidy v důsledku masivního zemědělství, eutrofizace vod nebo biologické invaze nepůvodních druhů živočichů (Souza-Silva et al. 2015; Souza-Silva & Ferreira 2015). V každém případě nám mohou sloužit troglobiontní druhy jako skvělá případová studie při modelování jeskynního prostředí během probíhající změny klimatu (Vilisics et al. 2008; Sólymos et al. 2009; Sfenthourakis & Hornung 2018).

1.2.3. Synantropní druhy suchozemských stejnonožců

Lidská populace má na životní prostředí obecně negativní vliv. V dnešním světě představuje člověk pro stejnonožce nový faktor ovlivňující jejich distribuci. Zvyšující se míra změn životního prostředí činností člověka vede k fragmentaci přírodní krajiny a jsou formována stanoviště, která jinde nenajdeme, dochází k masivnímu znečištění a změnám klimatu (Niemelä 1999). Rostoucí městské oblasti a jejich uniformita má také za následek podobnosti v environmentálních faktorech. Ve většině městských oblastí se vyskytuje takzvaný efekt „tepelného ostrova“ a nad městy se tvoří tepelné kupole nebo tepelné vlečky (Andreev et al. 2004; Sukopp 1990).

Vilisics a Hornung (2009) publikovali zajímavou studii, jejíž cíl spočíval ve výzkumu introdukovaných exotických, synantropních druhů na území maďarského hlavního města Budapešti. Předpokládali, že izolované a různorodé oblasti stanovišť v městské mozaice

Budapešti přežívání takových druhů podporují. Studie odhalila, že vyšší zimní teploty, pravidelné zavlažování v parcích, zahradách a kropení cest ve městech přispívá k prodlužování vegetačních period rostlin. Rostliny tím pádem nabízejí déle dostupné potravní zdroje a spolu s příznivými mikrobioty poskytují městské fauně příznivější podmínky i během chladnější poloviny roku. Obzvláště se tento fenomén projevuje ve městech mírného pásu (McKinney 2006).

Množství z druhů suchozemských stejnonožců se postupně adaptovalo na soužití s člověkem, stali se antropofilními a vyskytují se kosmopolitně v blízkosti lidských sídel. Ze synantropně se vyskytujících se druhů zmíníme například v České republice žijící mediteránní druh *Porcellionides pruinosus* (Brandt, 1833) a pantropicky se vyskytující *Cubaris murina* Brandt, 1833 (Leistikow & Wägele 1999). Je téměř jisté, že masivní transport rostlinného materiálu hrál zásadní až výlučnou roli v jejich šíření, soudě dle rozsahu, v jakém jsou druhy žijící ve sklenících roztroušeny v dnešním světě. Mezi zástupci „skleníkové fauny“ není zvláštností vysoké procento zavlečených druhů, což není překvapivé, jelikož ve sklenících se pěstují převážně nepůvodní druhy rostlin. Pokud se zaměříme na skutečnost, že většina zavlečených druhů je zároveň synantropních, není těžké odhalit příčinu. Člověk, konkrétně jeho činnost, představuje prostředek pro šíření synantropních druhů a je přirozené, že většina ze zavlečených druhů by měla být úzce spojena s nějakou z jeho činností.

Hatch (1949) prováděl výzkum synantropních bezobratlých obývajících skleníky. Výzkum probíhal v devadesáti sedmi sklenících na území Kanady a Spojených států amerických v severozápadním Pacifiku (Britská Kolumbie, Washington, Idaho, Oregon). Již v té době zdokumentoval až 13 druhů stejnonožců obývajících tamější skleníky. Téměř všechny druhy byly zavlečené, ale jen 5 z těchto druhů považoval za výhradně skleníkové. Byli jimi *Armadillidium vulgare* Latreille, 1804 obývající 74 skleníků, *Porcellio scaber* Latreille, 1804 obývající 52 skleníků, *Porcellio dilatatus* Brandt, 1833 obývající 43 skleníků, *Porcellionides pruinosus* obývající 20 skleníků, *Oniscus asellus* Linnaeus, 1758 obývající 17 skleníků. O téměř padesát let později, Leistikow a Wägele (1999) provedli výzkum dokumentující celkový počet druhů z amerického kontinentu. Mimo původní druhy Leistikow a Wägele v checklistu stejnonožců Nového světa uvádějí nejméně 37 druhů, které byly s největší pravděpodobností na americký kontinent introdukovány člověkem.

1.2.4. Hotspoty druhové bohatosti suchozemských stejnonožců

Globální hotspoty druhové bohatosti suchozemských stejnonožců jsou obecně oblastí subtropických pásem jako okolí Středozevního moře. Ale i jiné části světa s mediteránním typem vegetace jako například Jihoafrická republika, západní Austrálie či Mexiko. V zemích ohraničujících Středozevní moře se nachází oblasti dosahující největšího stupně druhové bohatosti se značným počtem endemitů skupiny suchozemských stejnonožců (Sfenthourakis et al. 2007). Takový stupeň endemismu je podpořen výskytem krasových oblastí v zemích jižní Evropy, které zvyšují stupeň druhové bohatosti a podporují vznik endemických jeskynních druhů.

Kromě toho jsou suchozemští stejnonožci vysoce diverzifikovaní také v tropických oblastech, zejména v zemích se zvýšenou heterogenitou prostředí. Všechny důkazy z užších geografických měřítek ukazují, že druhová bohatost stejnonožců koreluje s geografickou a krajinnou strukturou (např. přítomnost ostrovů, jeskynních systémů, horských oblastí) a heterogenitou prostředí, jaká je například ve Středomoří (Sfenthourakis & Taiti 2015).

Z Izraele bylo v roce 1999 známo 30 druhů suchozemských stejnonožců (Warburg & Hornung 1999). Z území Řecka je k roku 2013 udáváno 238 druhů, z toho je 161 druhů pro Peloponéský poloostrov endemických. Nejpočetnější jsou v Řecku čeledi Armadillidiidae (88 druhů), Trichoniscidae (38 druhů), Porcellionidae (26 druhů) a Trachelipodidae (20 druhů). Jsou to především malé formy stejnonožců, přizpůsobené endogenním nebo jeskynním biotopům. Zejména na ostrovech Řecka a jiných ostrovech v Egejském moři je mnoho populací stejnonožců izolováno, mající vysokou genetickou divergenci a vyskytují se i neodhalené sourozenecké druhy (sibling species), často žijící pospolu (Alexiou & Sfenthourakis 2013).

Vilisics et al. (2011) učinili první pokus nalézt na jemné škále odlišnosti v prostorové distribuci stejnonožců podél vertikálního gradientu dolin. Vedle základních faunistických publikací, doposud žádné studie nezdůraznily význam takových krajinných sníženin ve smyslu ochrany původní půdní fauny. Závěrem z výzkumu a pozorování stejnonožců v maďarské krasové oblasti Aggtelek bylo zjištění, že doliny hrají v povrchu krajiny důležitou roli, protože mohou být útočištěm, které soustřeďuje počty vzácných druhů (Vilisics et al. 2011).

2. Cíle práce

1. Připravit databázi distribuce stejnonožců v jednotlivých státech.
2. Vytvořit mapy prezentující počty druhů, respektive čeledí v jednotlivých státech, případně oblastech.
3. Vytvořit mapy prezentující počty endemických, respektive synantropních druhů v jednotlivých státech, případně oblastech.
4. Vyhodnotit distribuci a hotspoty suchozemských stejnonožců, respektive jejich endemismus a synantropní výskyty.

3. Materiály a metody

3.1. Sběr dat

Prvotní data pro práci byla získána ze světového katalogu terestrických stejnonožců, který publikoval Schmalfuss (2004). U každého ze všech 3637 druhů suchozemských stejnonožců byl zaznamenán jeho výskyt v jednotlivých zemích světa. V katalogu bohužel nebyl u některých druhů jejich výskyt stanoven přesně na země. Tento problém byl častý u druhů obývajících území Spojených států amerických, například bylo uvedeno jako místo výskytu „západní pobřeží USA“. I u druhů vyskytujících se na evropském kontinentu bylo často komplikované určit přesnou zemi či přesné země výskytu. Informace o distribuci druhů byly v katalogu uvedeny třeba jako „jihovýchodní Evropa“, „oblast mediteránu“ nebo „západní mediterán“. Nepřesná určení výskytu byla udána také například jako „cirkumtropický“, konkrétně u druhu *Ligia exotica* Roux, 1828, či „okolo Indického oceánu a na březích západního Tichého oceánu“ u druhu *Spherillo vitiensis* Dana, 1853.

K dalším komplikovaným určení výskytu patřily nálezy stejnonožců konzervovaných například v baltském jantaru. Samozřejmě se během získávání dat objevilo i množství dalších nepřesně určených výskytů, které se neomezovaly jen na zemi, ale na větší zeměpisný celek a bylo potřeba je dodatečně dohledat. Protože v případě takových druhů nebyla k doplnění výskytů dostupná literatura, byly pro většinu případů nekonkrétních určení zemí výskytu využity doplňující internetové zdroje (Flanders Marine Institute b.r.; Global Biodiversity Information Facility b.r.).

Čeď Ligiidae nadále nespádá pod vyšší taxon Oniscidea, protože s ní dle nových studií skupinu nelze označovat za monofyletickou, nýbrž polyfyletickou (Dimitrou et al. 2019). Do datového souboru, ze kterého praktická část vychází, však byly druhy z čeledi Ligidae zahrnuty z historických důvodů.

U všech doposud poznáných druhů suchozemských stejnonožců byly zaznamenány výskyty na základě politické mapy světa, tedy byly zařazeny do určitých zemí světa, ve kterých se daný druh vyskytuje. Na menší administrativní části byly rozděleny země světa, které zaujímají velkou plochu. Nebo to mělo význam vzhledem k počtu druhů popsáných z jejich území i celkem rovnoměrné prozkoumanosti celého území dané země. Spojené státy americké byly rozděleny na státy, ze kterých se skládají, stejně tak tomu bylo u Austrálie.

Indonésie byla rozdělena dle jednotlivých ostrovů, které tento ostrovní stát tvoří. Samozřejmě však není prozkoumán každý ostrov a míra i rovnoměrnost prozkoumanosti každého ostrova se liší. Evidujeme výskyty suchozemských stejnonožců spíše z větších či lépe dostupných ostrovů jako jsou Sumatra, Jáva, Bali, Lombok, Sumbawa, Flores, Moluky, Sulawesi, Západní Papua a indonéská část Bornea.

Kanada a Ruská federace nebyly i přes své rozsáhlé území rozděleny, protože na jejich území se kvůli poloze ve vysokých zeměpisných šířkách vyskytuje menší počet druhů suchozemských stejnonožců při srovnání se zeměmi ležícími v nižších zeměpisných šířkách. I přes vysoký počet druhů známých z území Brazílie a Čínské lidové republiky, nebyly tyto země rozděleny, protože jsou jejich rozlehlá území příliš nerovnoměrně prozkoumána. V případě Brazílie je to způsobeno obtížně dostupným terénem Amazonie a v případě Čínské lidové republiky ztěžuje výzkum fakt, že pohoří včetně Himálaje a náhorních plošin představují až 60 % povrchu státu (Weiming et al. 2016).

Jak již bylo zmíněno dříve, u druhů vyskytujících se na území Spojených států amerických bylo obtížné jednotlivé výskyty zařadit do konkrétních států. V případě druhů, u kterých nám byl znám výskyt přímo v určitých státech, byl výskyt připsán do tohoto státu. U druhů s blíže nespecifikovaným výskytem v konkrétních státech bylo zařazení ponecháno na úrovni země, tedy Spojených států amerických.

Jednotlivé výskyty suchozemských stejnonožců na ostrovech a zámořských, zaoceánských územích byly v tabulkách připisovány k zemím světa, pod které politicky spadají. Reunion byl jako zámořské území Francie brán samostatně, zatímco výskyty stejnonožců na Korsice byly evidovány pod Francii. K Portugalsku byly řazeny Azorské ostrovy a Madeira. Ke Španělsku byly zaznamenány výskyty z Baleárských a Kanárských ostrovů, pod Norsko Špicberky. K Ekvádoru byly počítány Galapážské ostrovy, k Austrálii Vánoční ostrov a Tasmánie. Pod Spojené státy americké byly přiřazeny Hawajské ostrovy a Americké Panenské ostrovy. K Indii pak byly přiřazeny souostroví Andamany a Nikobary, k Jemenu ostrov Sokotra, k Velké Británii Falklandy, ostrovy Svatý Vincent a Grenadiny, ostrov Svatá Helena, Ascension, Tristan da Cunha, Gibraltar a také Britské Panenské Ostrovy. I když spadá Taiwan geograficky pod Čínskou lidovou republiku, byl uveden zvlášť, zatímco Hong-Kong byl započítán v rámci ní.

Několik druhů suchozemských stejnonožců je popsáno z jantaru nalezeného na různých místech světa, a proto nebylo možné ho přiřadit k nějaké zemi. Tudíž jsme tyto neurčitelné

výskyty v datovém souboru označili ve sloupci země jako „Unknown“ a dále se s nimi pracovalo stejně jako s ostatními daty. Data byla zpracována ještě před tím, než došlo k válečnému sporu mezi Ruskem a Ukrajinou. Proto vytvořené mapy nejsou v případě těchto dvou zemí aktuální a není možné určit, které výskyty druhů připsat kterému státu a ani by to nebylo možné kvůli nepřehlednosti celé situace.

Datová matrix byla v excelovém souboru upravena tak, aby každý jeden řádek excelového souboru odpovídal jednomu výskytu. Takže pro jeden druh stejnonožce bylo zapsáno tolik výskytů, v kolika zemí světa se vykytuje. Po úpravě jsme získali 5 847 řádků odpovídajících počtu výskytů. Druhy, které se vyskytovaly ve více zemích, zabíraly dva až mnoho řádků, přičemž druhy endemické, vyskytující se striktně v jedné zemi, obsazovaly pouze jediný řádek. Tento krok byl nutný, aby bylo možné nálezy dále importovat do programu Geografické Informační Systémy (GIS). V dalším kroku jsme všech 5 847 řádků abecedně seřadili podle sloupečku F, tedy země výskytu (obr. 1). Po abecedním seřazení bylo pro další práci nezbytné před řádky neboli jednotlivé výskyty, přiřadit identifikační číslo (ID).

A	B	C	D	E	F
ID	čeleď	jméno	nejasný statut	synantropní výskyt	stát
1	Agarididae	Hemilepistus aphganicus			AFG
2	Eubelidae	Periscyphops humilis			AGO
3	Eubelidae	Angaribia kunenensis			AGO
4	Rhyscotidae	Rhyscotus bicolor			AGO
5	Eubelidae	Aethiopopactes fasciatus			AGO
6	Eubelidae	Eubelum minimum			AGO
7	Ligiidae	Ligia curvata			AGO
8	Armadillidae	Polyacanthus aculeatus			AGO
9	Ligiidae	Ligia gracilipes			AGO
10	Platyarthridae	Niambia squamata			AGO

Obrázek 1: Ukázka výřezu z vytvořené databáze.

3.2. Primární analýza dat

Jak bylo zmíněno výše, v případě označení druhu za druh synantropní, jsme u takových druhů kromě výskytů v jednotlivých zemích zaznamenávali i tuto skutečnost. Po shromáždění údajů jsme data upravili a přešli na primární analýzu dat. V tomto kroku byly vyhodnoceny druhy endemické dle kritéria, které výskyt druhu omezovalo pouze na jeden stát a často na jednu konkrétní oblast (příklad viz na obr. 2). Z primární analýzy dat jsme získali údaje o distribuci a počtech endemických a synantropních druhů.

***Mesarmadillo chappuisi* Paulian de Félice, 1945**

BIBL. – PAULIAN DE FÉLICE 1945b (figs.); FERRARA & TAITI 1979.

DISTR. – Kenya: Mount Elgon.

Obrázek 2: Ukázka určení výskytu endemického druhu *Mesarmadillo chappuisi*

3.3. Analýza dat v programu GIS

Program GIS, neboli Geografické Informační Systémy, umožňuje analyzovat a vizualizovat prostorové informace. Díky němu můžeme pohodlně spravovat a používat digitální geografická data. Funkcí GISu je zobrazovat mapové vrstvy uložené jako soubory, které odpovídají vždy nějaké části ze skutečného světa, jako jsou například dopravní nebo říční síť. V našem případě to byly vrstvy výskytů druhů stejnonožců. Pro tvorbu map jsme používali konkrétně QGIS, který je volně a bezplatně ke stažení a je možné ho libovolně šířit. Mapa světa byla stažena jako shapefile vrstva z internetového zdroje (IGISMAP b. r.) a poté přidána do našeho nového projektu. Celou dobu jsme pracovali v souřadnicovém systému WGS84.

Data z excelového souboru byla do GISu přenesena postupně ručně řádek po řádku. Každé identifikační číslo tak označovalo jednotlivé výskyty druhů v zemích. Pro každou zemi světa byla vždy vytvořena nová bodová shapefile vrstva s názvem země, obsahující všechny známé výskyty z jejího území v bodech. Tento krok tvorby nové vrstvy pro každou zemi byl prevencí vzniku překlepů a chyb. Počet všech evidovaných výskytů v určité zemi z excelového souboru odpovídal po dokončení přenosu dat počtu bodů na území země v mapě. Každý výskyt byl zaznamenán do vrstvy mapy světa kliknutím do země nebo ostrova, ve kterých byl udán a tomuto bodu bylo přiřazeno odpovídající identifikační číslo z excelového souboru. Dle identifikačního čísla jsme takto postupovali od prvního až k poslednímu zaznamenanému výskytu. Jednotlivé výskyty suchozemských stejnonožců byly pouze v tabulkách přepisovány

pod určité země světa. Následně během zadávání dat do programu GIS byl každý jednotlivý výskyt druhu s unikátním identifikačním číslem na mapě světa zakliknut v území konkrétního ostrova, zaoceánského území, ze kterého byl udán, nehledě na zemi, ke které ostrov nebo zaoceánské území správně a politicky náleží.

Jako příklad poslouží Galapážské souostroví. Výskyty z něj sice byly v tabulce evidovány pod stát Ekvádor, ke kterému tyto ostrovy politicky náleží. Do mapy však byly přeneseny jako body přímo do území tohoto souostroví. Výskyty z jantaru, které nebylo možno určit do jednotlivých zemí, jsme nechali neurčené a byly zakliknuty do území Antarktidy, protože z jejího území nejsou jinak popsány žádné jiné druhy suchozemských stejnonožců.

Bohužel jak již bylo řečeno v úvodu, přesné GPS souřadnice jednotlivých výskytů nejsou u suchozemských stejnonožců ve valné většině známy. Proto byly body do území zemí na mapě přeneseny roztroušeně a neodpovídají reálným souřadnicím, ve kterých by měl být výskyt na území dané země doopravdy zaznamenán. Výsledkem této části bylo všech 5 847 výskytů suchozemských stejnonožců přenesených do programu GIS.

Připravený excelový soubor ve formátu XSL byl převeden na CSV soubor. Následně jsme v GISu nástrojem *Připojení* tuto tabulku přidali ke stávajícím ID. Jak už bylo řečeno, za každý nález byl vytvořen bod. Jednotlivé vrstvy zemí jsme spojili do vrstvy *Allpoint_attribute*, rozdělili jsme ji na samostatné vrstvy pro počet druhů, počet čeledí, synantropní druhy a endemické druhy. Nástrojem *Spočítat body v polygonu* jsme sečetli počet druhů v zemích. Tímto způsobem jsme vždy zjistili kolik druhů, čeledí, endemických a synantropních druhů je v každém státě. V nástrojích *Symbologie* jsme zvolili vhodné barevné škálování. Nakonec jsme přidali legendu a měřítko.

Na vytvoření druhého typu map zobrazující druhové, endemické a synantropní hotspoty jsme použili nástroj *Heat map*, ve kterém jsme nastavili poloměr 100 kilometrů. Nastavení váhy bylo nerelevantní, protože jsme neměli počty jedinců na bodu, ale každý nález měl svůj unikátní bod. U barevnostního provedení jsme zvolili průhlednost 85 %, Kernel shape kvartický a Output value scaling: syrový. Nakonec jsme opět přidali legendu a měřítko.

4. Výsledky

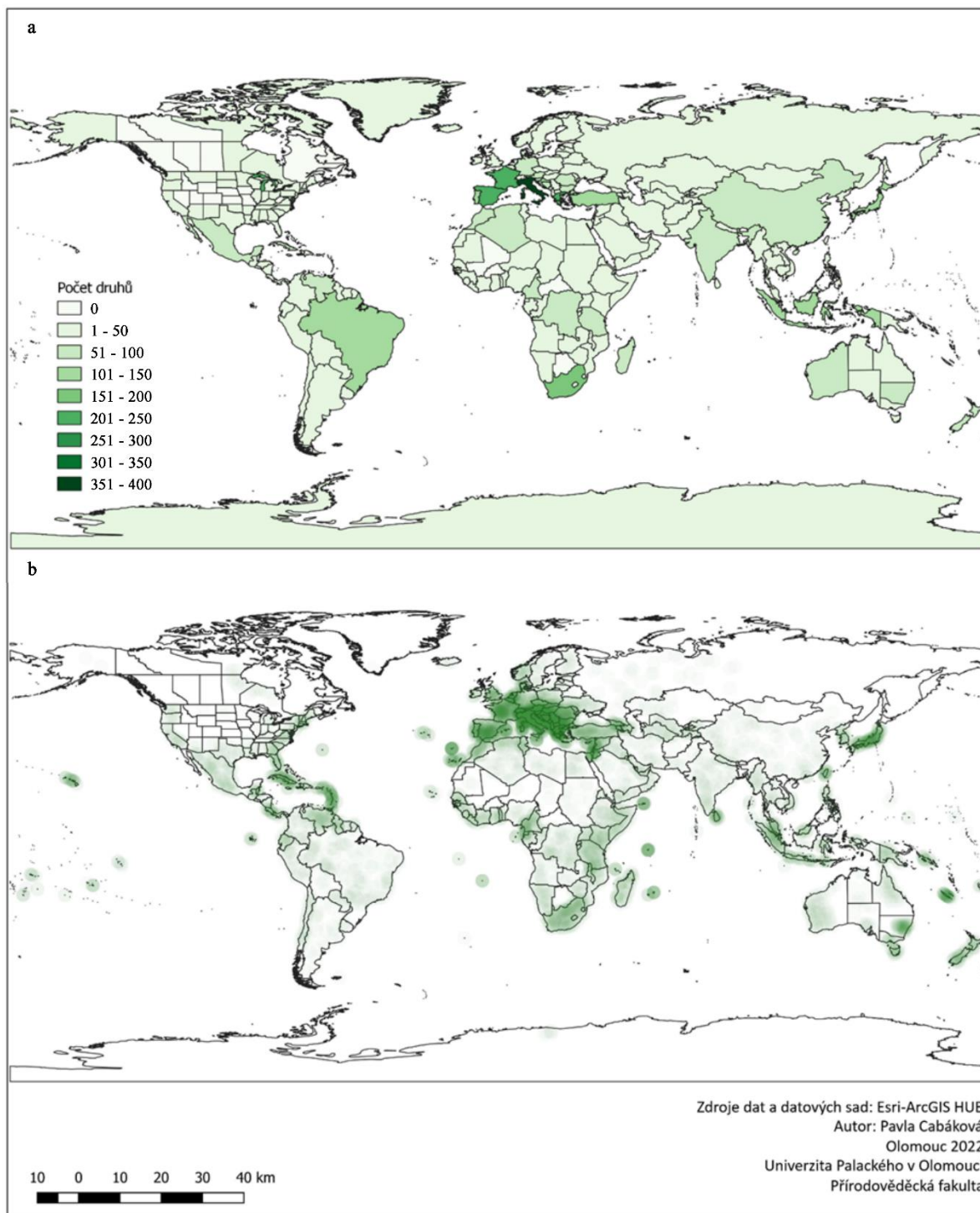
4.1. Zastoupení druhů suchozemských stejnonožců v zemích světa

V naší databázi bylo 3637 druhů suchozemských stejnonožců. Jak již bylo zmíněno, obecně dosahují nejvyššího stupně druhové diverzity oblasti s mediteránním typem vegetace. Výsledek naší analýzy tomuto tvrzení částečně odpovídá. Nejvíce druhů má Itálie (377 druhů) a na druhém místě je Řecko a Spojené státy americké (217 druhů). Zemí, ve kterých se vyskytuje pouze jediný druh, je 18 a jsou to například Benin, Džibuti nebo Grónsko. V některých zemích neevvidujeme žádný nálezu druhu suchozemských stejnonožců. Jedná se o 40 zemí světa, například Botswanu, Burundi, Centrální africkou republiku, Arubu, Andorru a další. Ve většině případů se ale jedná o malé ostrovy. Průměrný počet druhů stejnonožců v zemích světa je 29 (vypočteno pouze pro země, ze kterých je udáván výskyt alespoň jednoho druhu). Medián počtu druhů v zemích světa je 13 druhů.

Většina zdrojů uvádí, že za světový nejvýznamnější hotspot druhové diverzity stejnonožců se dá považovat okolí Středozemního moře. Je patrné, že Evropa je co do druhů stejnonožců opravdu nejbohatší. Vysoký počet druhů není jen v zemích ležících přímo u Středozemního moře, ale v celé jižní i západní Evropě. Bohaté regiony jako výběžky středozemní oblasti jsou i Kanárské ostrovy, Azorské ostrovy, Madeira a východní břehy Černého moře, tedy oblast Kavkazu (obr. 3a, b). Jak se ukázalo (obr. 3a), suchozemští stejnonožci se nevyskytují ve vysokých zeměpisných šířkách a hraniční oblast existence pro ně je přechod mezi tajgou a tundrou.

Střední Amerika patří mezi oblasti s vysokou druhovou bohatostí suchozemských stejnonožců. Z amerického kontinentu je další bohatou oblastí Karibik, především Kubánská republika a pásmo ostrovů Malých Antil. Na africkém kontinentu mají sice země ležící okolo rovníku zvýšenou druhovou diverzitu, ale Jihoafrická republika má jasně nejvyšší počet druhů.

Na ostrově Sokotra v Arabském moři, který je jen 135 kilometrů dlouhý, je aktuálně známo 30 druhů suchozemských stejnonožců. Podobný počet, konkrétně 34 druhů má souostroví stát Seychely. V Asii je nejbohatší zemí s počtem 147 druhů stejnonožců Indonésie, druhé je Japonsko, které má 145 druhů. Další početně bohaté země jsou Indie a Čína. Z australské oblasti je druhově bohatá Tasmánie, Nový Jižní Wales, Nový Zéland a Nová Kaledonie (obr. 3b).

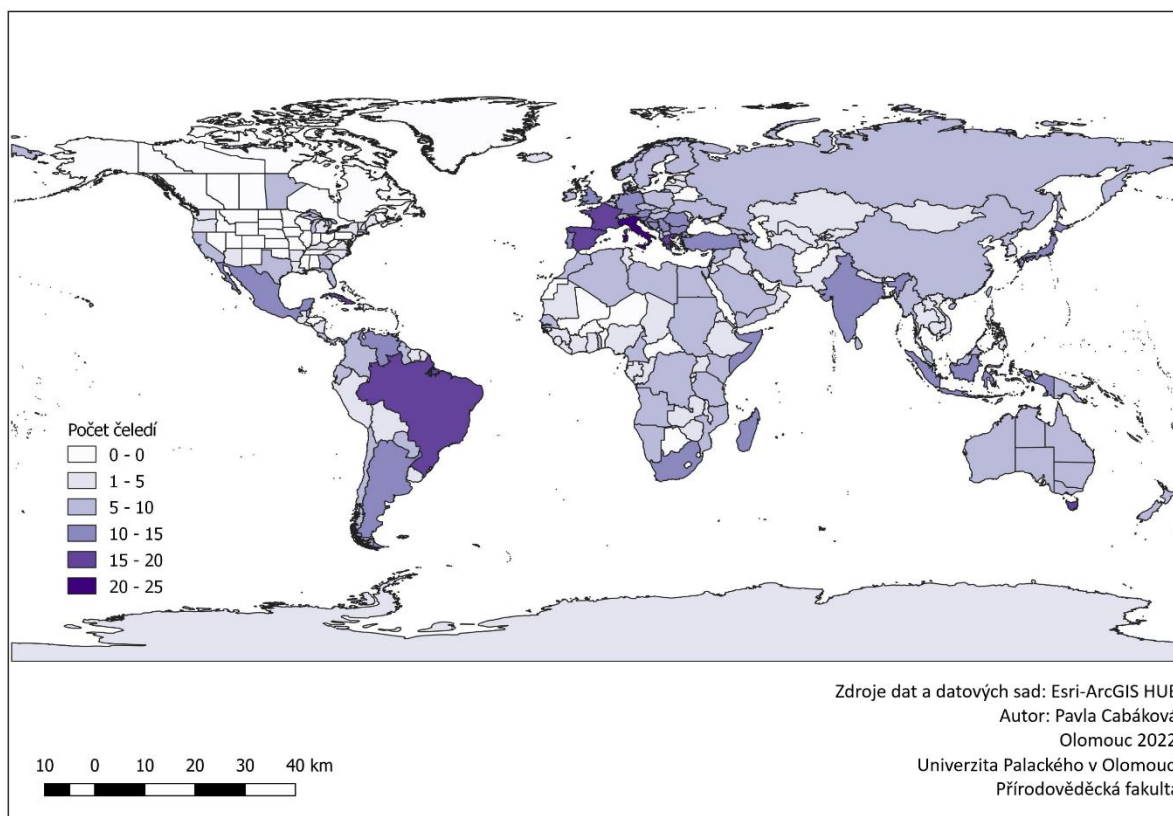


Obrázek 3: Zobrazení počtu druhů suchozemských stejnonožců **a)** formou jednotlivých politických zemí a počtu druhů, které je obývají a **b)** formou hotspotů s přibližnými výskyty pro geografická území (bez ohledu na politické státy).

4.2. Zastoupení čeledí suchozemských stejnonožců v zemích světa

Jak uvádí Sfenthourakis a Hornung (2018), existuje 37 čeledí suchozemských stejnonožců. Itálie je země s nejvyšším počtem druhů a stejně tak v ní nacházíme i nejvíce čeledí suchozemských stejnonožců, konkrétně 21. Brazílie je s počtem 19 čeledí druhou nejbohatší zemí, následuje Řecko a Francie s počtem 18 čeledí v obou zemích. Z území Španělska evidujeme 17 čeledí. Další na čeledi bohaté země jsou Kuba a z Austrálie přilehlá Tasmánie (obr. 4).

Na území 35 zemí se vyskytuje pouze jediná čeleď suchozemských stejnonožců a počet zemí, ve kterých není přítomný žádný druh stejnonožců se samozřejmě rovná počtu zemí, ze kterých nám není známá žádná čeleď. Medián v zemích světa je 5 čeledí a průměrně je v zemích světa 6 čeledí, příkladem zemí s průměrným počtem čeledí je Kypr, Fidži nebo Irsko.



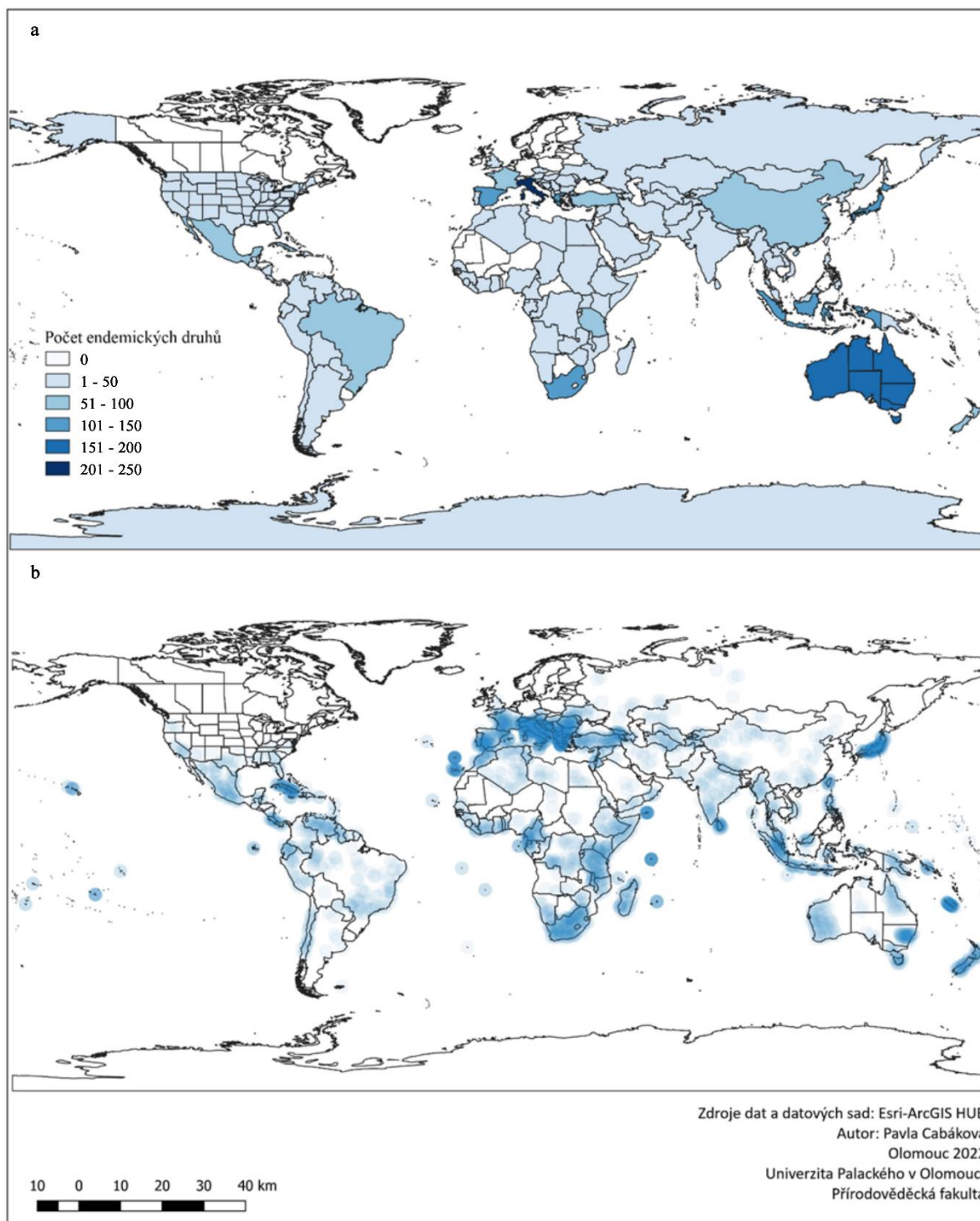
Obrázek 4: Zobrazení počtu čeledí suchozemských stejnonožců znázorněné v politické mapě světa

4.3. Zastoupení endemických druhů suchozemských stejnonožců v zemích světa

Jedním z cílů práce bylo i vyhodnotit počty a vzory rozšíření endemických druhů suchozemských stejnonožců. Endemické druhy stejnonožců se vyskytují ve 157 zemích světa a z toho pouze ve 27 zemích se vyskytuje jen jediný druh. Více jak polovina ze 157 zemí má minimálně 10 endemických druhů stejnonožců. Druhů, které se vyskytují pouze v jedné zemi a často i v jediné oblasti a označujeme je jako druhy endemické je ze všech suchozemských stejnonožců 2977 druhů. Procento endemitů je ve vztahu k celkovému počtu doposud poznáných druhů vysoké a představuje neuvěřitelných 82 % ze všech druhů. Zjištěná procenta opět poukazují na již zmíněné velmi špatné schopnosti stejnonožců rozšiřovat se, kterou jsou dané způsobem života a pomalým pohybem ve srovnání s jinými například okřídlenými bezobratlými živočichy.

Itálie má 218 endemických druhů, což je ze všech zemí opět nejvíce. Austrálie, stejně jako u jiných živočišných skupin, je bohatá na počet endemických druhů. Z australského ostrovního kontinentu je popsáno 164 endemických druhů stejnonožců. Podobně vysoký počet endemických druhů má i Řecko, přesně 147 endemických druhů (obr. 5a, b).

V rámci ostrovní země Indonésie najdeme 103 endemických druhů. Další země, ve kterých se vyskytují vysoké počty endemických druhů jsou Japonsko (120 druhů), Jihoafrická republika (103 druhů), Kuba (54 druhů), Nový Zéland (62 druhů), Nová Kaledonie (58 druhů), či Sokotra (25 druhů) (obr. 5a, b).



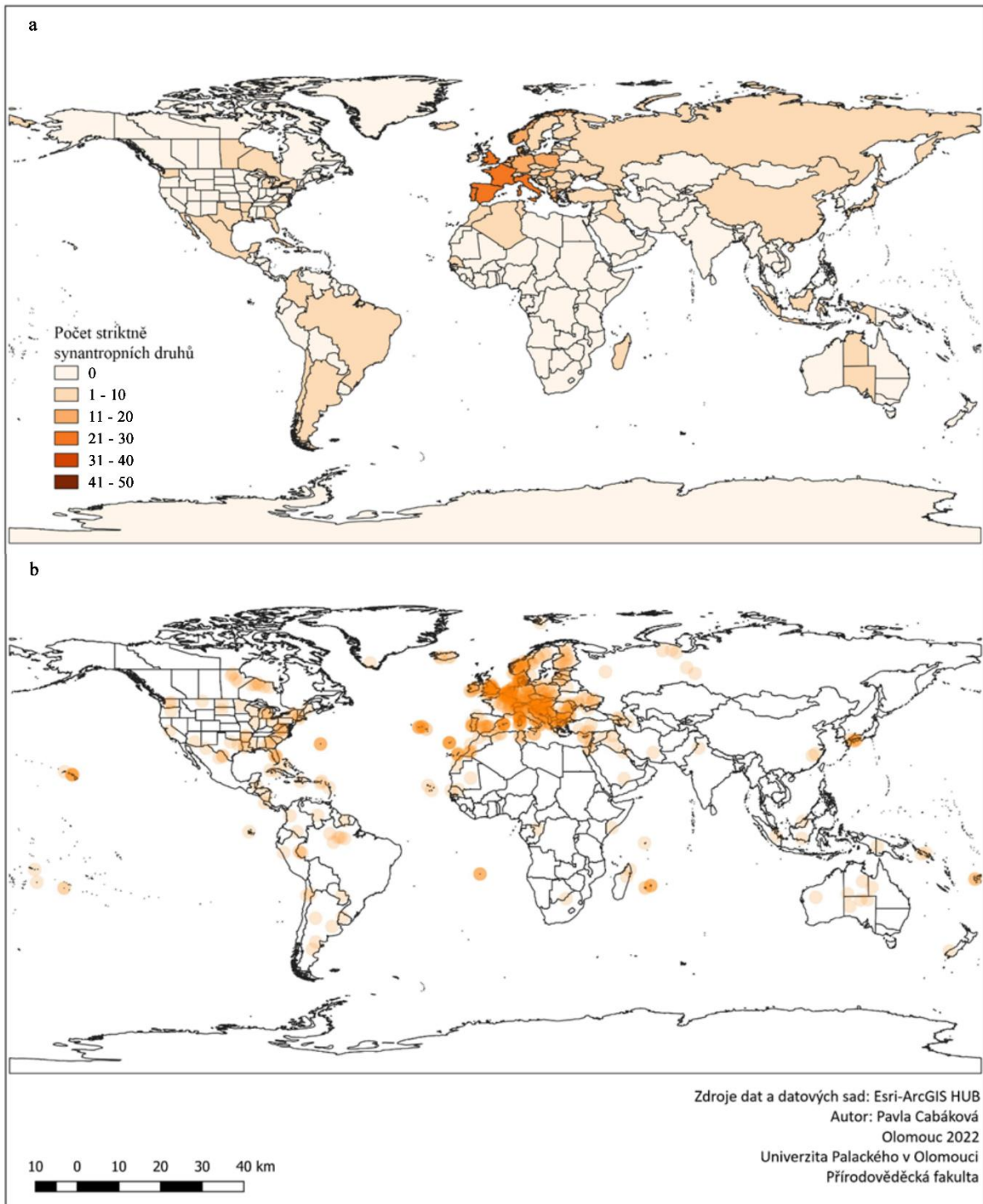
Obrázek 5: Zobrazení počtu endemických druhů suchozemských stejnonožců **a)** v politické mapě světa a **b)** formou hotspotů s přibližnými výskyty pro geografická území (bez ohledu na politické státy).

4.4. Zastoupení synantropních druhů suchozemských stejnonožců v zemích světa

V naší databázi jsme evidovali 548 synantropních druhů. Synantropně se vyskytující stejnonožci jsou známi ze 100 zemí světa. Stejnonožci mají opravdu omezené možnosti disperze a k šíření dnes dochází nejčastěji pasivně, kdy jsou v důsledku lidské činnosti z původních oblastí výskytu transportováni po celém světě. Mnoho takových introdukcí je neúspěšných. Pokud bychom počítali všechny státy Spojených států amerických dohromady, pak budou zemí s nejvyšším počtem synantropních druhů, konkrétně je z jejich území udáváno 47 synantropních druhů (obr. 6 a, b).

Vysoké počty synantropních druhů jsou zaznamenány v zemích, které mají celkově vysoké počty druhů stejnonožců. Země jihozápadní Evropy, ve kterých se vyskytuje hodně synantropních druhů, jsou Portugalsko, které má 31 druhů synantropních stejnonožců (10 druhů se vyskytuje na Azorských ostrovech a 6 na Madeiře, dále Francie s 30 druhy (9 synantropních druhů se vyskytuje na Korsice a 2 na Reunionu). Například z druhově nejbohatší Itálie je známo 17 synantropních druhů stejnonožců (obr. 6 a, b).

Existují i druhy, u kterých máme synantropní nálezy, ale není známá země původního výskytu. Je to například druh *Arhina porcellioides* (Budde-Lund 1904), který se synantropně vyskytuje v Kodani a v Hamburku. Synantropní druhy jsou početné i na různých oceánských ostrovech, kde mohly obsadit prostředí bez velké konkurence. Jsou to například Havajské ostrovy, Bahamské společenství, Svatá Helena, Ascension a Tristan da Cunha, Mauricius a Azorské ostrovy.



Obrázek 6: Zobrazení synantropních druhů suchozemských stejnonožců **a)** v politické mapě světa a **b)** formou hotspotů s přibližnými výskyty pro geografická území (bez ohledu na politické státy).

5. Diskuze

Tato diplomová práce si dala za cíl zhodnotit grafickým způsobem v podobě map doposud poznanou druhovou bohatost, množství synantropních i endemických druhů suchozemských stejnonožců. Předpokládá se, že stále není poznána úplná druhová bohatost suchozemských stejnonožců. Počet druhů, který je nám dnes známý, bude časem se vzrůstající celosvětovou prozkoumaností a přibývajících možnostmi dnešní vědy postupně vzrůstat. Globální odhad 5000 až 7000 možných existujících druhů suchozemských stejnonožců (Sfenthourakis & Taiti 2015) vychází z předpokladu, že dnes známe až tři čtvrtiny z existujících druhů (Sfenthourakis & Hornung 2018).

Proto si uvědomujeme, že aktuální výsledné podoby map mohou být zkrácené z důvodů nízké prozkoumanosti zejména tropických, ale i jiných rozlehlých oblastí světa. Na druhou stranu mohou některé druhy vymírat v důsledku změny klimatu, především vlivem vzrůstající teploty a klesající humidity. Práce prezentuje také rozložení distribuce endemických druhů suchozemských stejnonožců. Obecně se stejnonožci nevyskytují tam, kde jsou nepříznivé podmínky, tedy nízká teplota a humidita. Žádný nález druhu stejnonožce není známý například z Antarktidy. Nemáme nálezy ani z malých zemí nebo malých ostrovních zemí jako jsou Andorra, Aruba nebo Kajmanské ostrovy. Země, u kterých nebyl uveden žádný druh suchozemských stejnonožců, nemusí znamenat, že se na jejich území stejnonožci nevyskytují, ale že zatím nebyli objeveni. Což může být způsobeno nevhodnými podmínkami pro život, a tudíž jejich skrytým výskytem, anebo nebyly dané země doposud z různých důvodů pořádně prozkoumány.

Určitě by bylo velmi užitečné během budoucích výzkumů klást důraz na zaznamenávání přesné polohy nálezů jako GPS souřadnice již známých, ale hlavně nově objevených druhů. Některé výskyty bylo kvůli nedostatku informací nemožné zařadit do administrativních částí zemí světa. Výskyty, u kterých jsme postrádali konkrétnější informace, musely být zařazeny na úrovni zemí, což považujeme za další možnou slabinu práce. Naopak jako silné stránky práce vnímáme to, že se snaží pojmut informace o skupině suchozemských stejnonožců globálně, ne pouze v určitých oblastech, jak by se kvůli dříve zmiňované horší prozkoumanosti některých oblastí světa nabízelo (Sfenthourakis & Legakis 2001). Samotný zisk a příprava dat byla zdlouhavá kvůli rozsáhlosti dat.

5.1. Historie výzkumu stejnonožců

Z evropského kontinentu je známo velké množství druhů stejnonožců i díky dlouhodobému a intenzivnímu průzkumu prováděného velkým počtem vědců. V 19. století byli aktivní taxonomové, kteří se v publikacích věnovali vedle všech členovců i stejnonožcům. Byli jimi například francouzský zoolog Pierre André Latreille (1762–1833), německý přírodovědec Johann Friedrich von Brandt (1802–1879), který později emigroval do Ruska a pracoval v Zoologickém Muzeu na Akademii věd v Petrohradě, dánský přírodovědec Gustav Budde-Lund (1846–1911) a řada dalších. Během 20. století byl v taxonomii stejnonožců aktivní německý vědec Karl Wilhelm Verhoeff (1867–1944), který během života publikoval na 670 publikací nejen o stejnonožcích, ale věnoval se i dalším členovcům, například pavoukvcům. Italský vědec Alceste Arcangeli (1880–1965) popsal za život 175 nových druhů a později se stal ředitelem oddělení Zoologie v Turíně. Dalším byl francouzský zoolog a biospeolog Albert Vandel (1894–1980). V roce 1948 vytvořil podzemní laboratoř pro studium jeskynních živočichů. Rakouský zoolog Hans Strouhal (1897–1969) byl také významným taxonomem, který se věnoval suchozemským stejnonožcům. Od roku 1945 se postupně počet taxonomů zabývajících se tímto taxonem zvyšuje, stejně jako se mění jejich oblast působnosti na celý svět (Schmalfuss 2018). Proto jsou doposud relativně hůře prozkoumané země třetího světa než bohaté státy, ve kterých žili vzdělání taxonomové. Tato nevyrovnanost se však postupně snižuje.

5.2. Druhy a čeledi suchozemských stejnonožců

Dle našich výsledků je Evropa kontinent s nejvyšším počtem druhů stejnonožců. Zejména jsou bohaté země jižní a západní Evropy, které omývá Středozemní moře. Vůbec nejbohatší zemí je Itálie, která má celkem 377 druhů, 37 z toho se vyskytuje na Sardinii. Vedle nejvyššího počtu druhů má Itálie, počítáno se Sicílií i Sardinii, nejvíce čeledí a to 21 z 37 známých čeledí. Další druhově bohaté země Evropy jsou Řecko (217 druhů a 18 čeledí), Francie (216 druhů a také 18 čeledí), Španělsko (152 druhů a 17 čeledí) či Turecko (110 druhů a 13 čeledí).

V případě Itálie bychom se mohli domnívat, že je její druhová bohatost stejnonožců způsobená polohou země na poloostrově. Endemické druhy ostrovů Sardinie a Sicílie také velmi přispívají k druhové bohatosti Itálie. Její hranice jsou přírodní a většinu území Itálie obklopuje moře. Na severu je zbytek hranic země lemován bariérou ne snadno průchodného pohoří Alp. Tyto geografické charakteristiky a pestrost povrchu Apeninského poloostrova

mohly v minulosti podpořit proces diverzifikace a vysvětlovat fakt, proč zde dnes nacházíme tolik endemických druhů stejnonožců. Podporuje to i fakt, že celý Apeninský poloostrov byl vedle poloostrova Pyrenejského během glaciálů jedním z refugií pro mnohé druhy živočichů, které zde kvůli poloze Itálie zůstali odříznuty (Sommer & Nadachowski 2006).

Za povšimnutí stojí i fakt, že v zemích Skandinávského poloostrova se vyskytuje výrazně více druhů, oproti jedinému druhu z území Grónska, které leží přibližně na stejné rovnoběžce. Je to kvůli teplému Golfskému proudu, který poloostrov ohřívá a obecně přispívá k příznivějším podmínkám pro živočichy i rostliny (Williams 2021).

Nižší druhová bohatost severní Ameriky je nejen u skupiny stejnonožců ovlivněná událostmi čtvrtohor, kdy došlo během glaciálu k vymírání druhů a k přesunu přeživších do jižních, nezaledněných oblastí severo-amerického kontinentu (Jass & Klausmeier 2000). Aktuálně je z pevninské severní Ameriky známo 236 druhů.

Dalo by se očekávat, že nejvyšších hodnot bude druhová bohatost stejnonožců dosahovat v tropických oblastech, protože obecně se tropické oblasti a v nich tropický deštný les jako biotop vyznačují nejvyšší diverzitou rostlin i suchozemských živočichů (Lomolino 2010). Dle našich výsledků je patrné, že to neplatí pro suchozemské stejnonožce. V zemích střední a jižní Ameriky jsou vcelku druhově bohaté, ačkoliv na tropické oblasti by se dal čekat vyšší počet druhů. Může to být způsobeno tím, že jsou některé ze zemí stále málo prozkoumány a lze očekávat, že v těchto zemích čeká množství druhů, které doposud nebyly objeveny z důvodů horších možností průzkumu rovníkových tropických oblastí. Komplikace při průzkumech způsobují nepřístupný terén a nebezpečné lesní oblasti v zemích s vysokou kriminalitou nebo přítomností drogových kartelů (Ohara et al. 2022). Brazílie má nejvíce druhů, 116 druhů a 19 čeledí, Mexiko obývá 78 druhů a 15 čeledí, Kubánská republika má 67 druhů a 17 čeledí. Pásmo ostrovů Malých Antil je také druhově bohatou oblastí.

Na africkém kontinentu je zvýšená druhová diverzita okolo rovníku, ale nejvyšší počet druhů 161 má Jihoafrická republika. Z ostrovů ležících u afrického kontinentu mají Seychely 34 druhů, ostrov Sokotra má po recentním průzkumu nově 30 druhů suchozemských stejnonožců. Zejména v Africe je patrné podhodnocení neprozkoumaných oblastí. V tropických oblastech kolem rovníku se vyskytují země, které mají vyšší počty druhů stejnonožců, ale i země, ze kterých je známo minimum druhů. V afrických rovníkových zemích bránila významějším kolonizacím evropských velmocí nemoc malárie. Oproti tomu Jihoafrická

republika byla díky příznivějšímu klimatu kolonizována a přitahovala pozornost Evropanů zejména kvůli přírodnímu bohatství (Oliver & Oliver 2017).

V Asii je Indonésie druhově nejpočetnější zemí se 147 druhy stejnonožců, druhé je Japonsko 145 druhů. Další druhově bohaté země jsou Indie 63 druhů, Čína 82 druhů. Z australského kontinentu je druhově bohatá samotná Austrálie, 212 druhů a 16 čeledí, Nový Zéland 64 druhů a 9 čeledí, Nová Kaledonie 59 druhů a 6 čeledí.

Místům s nejvyšší druhovou bohatostí suchozemských stejnonožců odpovídají zhruba oblasti světa, ve kterých je dominantním vegetačním pokryvem sklerofytní stálezelený les mediteránního typu. Oproti tropickým oblastem je tento biotop lidmi v okolí středoziemního moře oblíbený a již dlouhou dobu je zde trvale obydlený a velmi intenzivně využíván pro zemědělství. Dlouhodobé osídlení takových oblastí způsobilo dobrou míru jejich prozkoumanosti. Samozřejmě pak při výpravách a kolonizacích byli Evropanům země s podobným typem pokryvu bližší, a tudíž byla větší pravděpodobnost, že se zde usadí (Watt et al. 2007).

Oblasti světa se sklerofytním stálezeleným lesem jsou jmenovitě Kalifornie, střední část Chile (zde zvýšená druhová bohatost stejnonožců neodpovídá), celá oblast Středoziemního moře, pobřeží Černého moře, jiho-západní Austrálie a jižní Afrika, která Kapskou provincií reprezentuje region mimo stejnonožce bohatý zejména na flóru (Linder & Desmet 2006). Jižní Afrika je v rámci bezobratlých vedle stejnonožců bohatá i na motýli. Tato oblast má velmi vysokou druhovou hustotu motýlů na plochu ve srovnání se světovým průměrem. Vyskytuje se tam 875 motýlích druhů (Edge & Mecnere 2015; Ball 2012).

Z výše zmíněných oblastí dosahují země okolo Středoziemního moře nejvyššího počtu druhů suchozemských stejnonožců. Savany, temperátní pastviny a tropické deštné lesy se také místy překrývají s hotspoty druhové bohatosti suchozemských stejnonožců a lze soudit, že kromě stálezeleného pokryvu mediteránního poskytují velmi příznivé podmínky pro výskyt stejnonožců (Lomolino 2010; Strahler & Archibold 2011). Dalšími hotspoty druhové bohatosti stejnonožců jsou ostrovy Karibiku, Nová Kaledonie, Nový Zéland, Střední Amerika, Komory a Maskarény či Indonésii, Japonsku, Havajských ostrovech nebo Sokotře.

Pro porovnání se v Evropě vyskytuje celkem 482 druhů motýlů, ačkoliv údaj není úplně přesný kvůli nedostatku dat v rozsáhlých částech východní Evropy (Warren et al. 2021). Na motýlí druhy jsou nejbohatší suché pastviny a stepi, ze kterých se udává 274 druhů, dále alpské a subalpské pastviny (261 druhů) a mezofilní pastviny (223 druhů). Další důležitá

stanoviště pro motýly jsou sklerofylní křoviny (202 druhů) a vřesoviště (189 druhů). Typy stanovišť dosahující nejvyšší druhové bohatosti motýlů se tak do velké míry shodují se stanovišti, kde je nejvyšší druhová bohatost suchozemských stejnonožců (Warren et al. 2021; van Swaay et al. 2010).

5.3. Endemické druhy suchozemských stejnonožců

Na vysokých počtech endemických druhů (82 % ze všech druhů) se podílí i již dříve zmiňovaná nízká schopnost disperze této skupiny a také vysoké procento troglobiontních, endemických druhů, jejichž distribuce se v mnoha případech omezuje pouze na malá území. Itálie má nejvíce, 218 endemických druhů, Řecko 147 endemických druhů. Například u motýlů jsou v rámci evropského kontinentu dle van Swaay et al. (2010) také nejvyšší počty endemických druhů v zemích jihozápadní Evropy, tedy ve Španělsku, Francii, Itálii.

Stejně jako má Jihoafrická republika vysoké počty druhů stejnonožců obecně, má i mnoho a to 137 endemických druhů, Španělsko 113 endemických druhů, Brazílie 75 endemických druhů. I velké ostrovy mají značné počty endemických druhů. Jsou to například Indonésie 103 endemických druhů, Japonsko 120 druhů endemických druhů, Nový Zéland 62 a Nová Kaledonie 58 endemických druhů, Kuba 54 endemických druhů. Vysoké počty nedemických druhů na ostrovech mohla způsobit izolovanost oblasti, ale právě i krasové oblasti jako na Novém Zélandu (Kenny & Hayward 2010) nebo na Kubě (Ituuralde-Vinent & Domech 1994).

Vysoký počet endemických druhů v rámci Indonésie není překvapující, neboť oblast Sund je obecně považována za hotspot biodiverzity. Na stupeň bohatosti živočišných druhů zde měly pravděpodobně velký vliv události konce posledního glaciálu, kdy došlo k několikanásobnému oddělení pevniny v důsledku zvýšení hladiny oceánů (Hall 2002).

Je důležité poukázat na to, že mezi stejnonožci je velmi mnoho troglobiontních druhů. Na světě jsou tisíce jeskyní, které by mohly skrývat stovky zatím neznámých druhů (Sfenthourakis & Taiti 2015). Například v Itálii i Řecku je značné množství jeskyní a velmi pravděpodobně vysoké počty endemických druhů způsobují četné výskyty endemických troglobiontních druhů. Dochází však k narušování jeskynního prostředí turismem, odlesňováním okolí, těžbou a kolapsem z detonací, sešlapem nebo využíváním podzemních kanalizací. Proto, že jeskyně mohou významně přispět k vzrůstu druhové bohatosti, měl by

na ně být zaměřen budoucí výzkum, a především by měly být podniknuty kroky vedoucí ke konzervaci těchto podzemních ekosystémů.

Souza-Silva a Ferreira (2015) navrhuje různá opatření, která by mohla pomoci při ochraně jeskyní a udržení druhové bohatosti troglobiontních druhů. Některé z nich jsou například provedení mikrobiologického průzkumu pro jeskyně s možným výskytem patogenních hub způsobujících nemoci u živočichů včetně člověka. Dalším z navrhovaných bodů je obnova okolí jeskyní doporučovaná v případě, že došlo k odlesnění okolí jeskyně nebo přímo zde v případě brazilských jeskyní je navrhováno vytvoření soukromých chráněných oblastí. Kroky k tvorbě chráněných oblastí budou smysluplné nejen v případě jeskyní, protože jeskynní stejnonožci zvyšují diverzitu, avšak kvůli jejich izolovanosti mají pro fungování ekosystému zásadnější význam nejeskynní stejnonožci.

5.4. Synantropní druhy suchozemských stejnonožců

Obecné předpoklady pro úspěšné introdukce druhů jsou příznivé podmínky nového prostředí a také velký objem importovaných rostlin a zeminy. Země s vhodnými podmínkami a vysokým množstvím synantropních druhů jsou například Spojené státy americké, které mají dohromady 47 synantropních druhů, což je 20 % z celkového počtu synantropních druhů. V sousední Kanadě se vyskytuje 10 synantropních druhů. Dohromady 57 synantropních druhů z celkových 236 druhů stejnonožců vyskytujících se na severo-americkém kontinentu. Koexistence vysokého počtu introdukovaných a synantropně žijících stejnonožců s původními druhy může být důsledkem jinak nevysokého počtu autochtonních druhů suchozemských stejnonožců a zároveň dostupností stanovišť i vhodných životních podmínek. Introdukované druhy zde nemají konkurenci a úspěšně se zabydlují v přírodě a šíří (Karasawa & Nakata 2018).

Dále se vyskytuje hodně synantropně žijících druhů stejnonožců právě v zemích jihozápadní Evropy. V Portugalsku 31 druhů, ve Francii 30, v Itálii 17. Můžeme se domnívat, že je to proto, že evropský kontinent stejnonožcům poskytuje velmi vhodné podmínky pro přežití s ohledem na počet druhů, který se zde už přirozeně vyskytuje. V Evropě je také daleko hustější osídlení a vyšší koncentrace měst než například na území Afriky nebo jižní Ameriky, a proto zde má i významnější dopad import okrasných rostlin pro domácnosti a skleníky (Karasawa & Nakata 2018; Szlavec et al 2018).

5.5. Pohled do budoucna

Habel et al. (2019) uvedli, že pro zachování existence hotspotů a jejich rozmanitost představuje větší hrozbu ztráta stanovišť než změna klimatu. Hotspoty jsou nejvážněji ohroženy na území tropické Afriky a v částech Asie, kde je nejvyšší demografický tlak a poptávka po zemědělské půdě. Pokud zkombinujeme oba možné scénáře klimatické změny a agroekonomického tlaku, je dle jejich modelů rychlost a rozsah ztráty nedotčených stanovišť mnohem větší, než se dříve předpokládalo (Habel et al. 2019).

V dnešním světě s nastupující hrozbou globálního oteplování se naskytá otázka, jak se celková změna klimatu dotkne distribuce, druhové bohatosti stejnonožců. Logicky můžeme očekávat, že dopad na tuto skupinu bude negativní, ale dá se jen těžko předpokládat, jak se bude situace vyvíjet. Ve zjednodušeném modelu by se dalo očekávat, že z důvodu závislosti na vyšším stupni humidity budou stejnonožci mizet z dnes už tak suchých oblastí do vlhčích regionů se stabilnějšími zdroji vody nebo do vyšších poloh v rámci elevačních gradientů.

Určitě by bylo velmi užitečné během budoucích výzkumů klást důraz na zaznamenávání přesné polohy nálezů jako GPS souřadnice již známých, ale hlavně nově objevených druhů. Některé výskyty bylo kvůli nedostatku informací nemožné zařadit do administrativních částí zemí světa. Výskyty, u kterých jsme postrádali konkrétnější informace, musely být zařazeny na úrovni zemí, což považujeme za další možnou slabinu práce. Naopak jako silné stránky práce vnímáme to, že se práce snaží pojmout informace o skupině suchozemských stejnonožců globálně, ne pouze v určitých oblastech, jak by se kvůli dříve zmiňované horší prozkoumanosti některých oblastí světa nabízelo. Samotný zisk a příprava dat byla zdlouhavá kvůli rozsáhlosti a komplexnosti dat.

6. Závěr

Tato práce se zabývala shromážděním údajů o suchozemských stejnonožcích a jejich druhové bohatosti v globálním měřítku. Řešila také, v jak velkém zastoupení byly čeledi v jednotlivých zemích ve srovnání s počtem druhů, který se v dané zemi vyskytoval. Dále se práce zaměřovala na to, které z popsaných druhů jsou druhy endemické, které synantropní a jaká je jejich distribuce v rámci celého světa. Na všechny výše zmíněné kategorie byla aplikována analýza dat s grafickým výstupem, kterým jsou mapy pro každou ze zmíněných skupin.

Přínos práce spočívá v přehledném zobrazení výše popsaných kategorií v podobě map a graficky tak shrnuje známé informace a poznatky o výzkumu suchozemských stejnonožců. Byly identifikovány oblasti s vysokou druhovou bohatostí. Pokud výsledky zobecníme, jednalo se například o velké ostrovy. Některé byly v minulosti spojené s pevninou, na jiných jako například na Kubě se vyskytují krasové oblasti. Další charakteristikou druhově bohatých oblastí na stejnonožce jsou vegetační pokryvy mediteránního typu neboli macchie vyskytující se nejen okolo Středozemního a Černého moře, ale i v Jihoafrické republice a dalších zemích.

Byly odhaleny i oblasti s překvapivě nízkou druhovou bohatostí suchozemských stejnonožců, a to například tropické oblasti Afriky nebo Jižní Ameriky. V obou případech je stupeň prozkoumanosti nedostatečný z důvodů různých člověku nebezpečných podmínek v daném prostředí. Pokud bude možné vytvořit celosvětovou mapu rozšíření co nejvyššího počtu druhů suchozemských stejnonožců, budeme dle těchto informací schopni určit správné oblasti k účinné ochraně, nastavit vhodný, přiměřený management, zejména pro oblasti s velmi ohroženými druhy suchozemských stejnonožců.

Seznam literatury

- Andreev, V., Branzov, C., Koleva, E., Tsenkova, A., Ivantsheva, J., Videnov, P. (2004): Climate and human comfort of Sofia. In: Penev, L., Niemelä, J., Kotze, D.J., Chipev, N. (ed) *Ecology of the City of Sofia. Species and communities in an urban environment*. Sofia: Pensoft Publishers, 25-54.
- Alexiou, S., Sfenthourakis, S. (2013): The terrestrial Isopods (Isopoda: Oniscidea) of Greece. *Parnassiana Archives*. **1**: 3-50.
- Appel, C., Quadros, A.F., Araujo, P.B. (2011): Marsupial extension in terrestrial isopods (Crustacea, Isopoda, Oniscidea). *Nauplius*. **19**(2): 123-128.
- Cloudsley-Thompson, J.L. (1988): *Evolution and Adaptation of Terrestrial Arthropods*. Berlin: Springer. 135 s.
- Ball, J.B. (2012): Lepidopterology in southern Africa. In: *New TR (ed) Insect conservation: past, present and prospects*. Dordrecht: Springer, 279-300.
- Barnard, K.H. (1964): The terrestrial Isopoda and Amphipoda of the Mascarene Islands. *Mauritius Institute Bulletin*. **6**: 49-60.
- Beron, P. (1997): On the high mountain Isopoda Oniscidea in the Old World. *Historia naturalis bulgarica*. **8**: 85-100.
- Borges, P.A.V., Cardoso, P., Amorim, I.R., Pereira, F., Constância, J.P., Nunes, J.C., Barcelos, P., Costa, P., Gabriel, R., Dapkevicius, M.L. (2012): Volcanic caves: priorities for conserving the Azorean endemic troglobiont species. *International Journal of Speleology*. **41**(1): 101-112.
- Broly, P., Deville, P., Maillet, S. (2013): The origin of terrestrial isopods (Crustacea: Isopoda: Oniscidea). *Evolutionary Ecology*. **27**: 461-476.
- Broly, P., Maillet, S., Ross, A.J. (2015): The first terrestrial isopod (Crustacea: Isopoda: Oniscidea) from Cretaceous Burmese amber of Myanmar. *Cretaceous Research*. **55**: 220-228.
- Bureš, S. (1986): Composition of the diet and trophic ecology of the collared flycatcher (*Ficedula albicollis albicollis*) in three segments of groups of types of forest geobiocenoses in central Moravia (Czechoslovakia). *Folia Zoologica*. **35**: 143-155.
- Campos-Filho, I.S., Bichuette, M.E., Araujo, P.B., Taiti, S. (2017): Description of a new species of *Cylindroniscus Ancangeli*, 1929 (Isopoda: Oniscidea) from Brazil, with

considerations on the family placement of the genus. *North-Western Journal of Zoology*. **13**(2): 227-233.

Cloudsley-Thompson, J.L. (1988): *Evolution and Adaptation of Terrestrial Arthropods*. Berlin: Springer. 135 s.

Culver, D.C., Pipan, T. (2009): *The Biology of Caves and Other Subterranean Habitats*. Oxford: Oxford University Press. 256 s.

Cheng, W., Liu, Q., Shen, Y. (2016): Research progress and effect of geomorphology based on projects supported by the National Natural Science Foundation of China. *Acta Geographica Sinica*. **71**(7): 1255-1261.

Didham, R.K., Ghazoul, J., Stork, N.E., Davis, A.J. (1996): Insects in fragmented forests: a functional approach. *Trends in Ecology & Evolution*. **11**(6): 255-260.

Dimitriou, A.C., Taiti, S., Sfenthourakis, S. (2019): Genetic evidence against monophyly of Oniscidea implies a need to revise scenarios for the origin of terrestrial isopods. *Scientific Reports*. **9**: 18508.

Download World Shapefile Data - Country Borders, Continents [online]. IGISMAP: ©2022 [cit. 17.6.2022]. Dostupné z: <https://www.igismap.com/>

Edge, D.A., Mecenero, S. (2015): Butterfly conservation in Southern Africa. *Journal of Insect Conservation*. **19**(2):325-339.

Erhard, F. (1996): Das pleonale Skelet-Muskel-System und die phylogenetisch-systematische Stellung der Familie Mesoniscidae (Isopoda: Oniscidea). *Stuttgarter Beiträge zur Naturkunde Series A*. **538**: 1-40.

Ewers, R.M., Didham, R.K. (2006): Confounding factors in the detection of species responses to habitat fragmentation. *Biological Reviews*. **81**(1): 117-142.

Free and open access to biodiversity data [online]. Kodaň: Global Biodiversity Information Facility [cit. 2022-06-25]. Dostupné z: <https://www.gbif.org/>

Gentile, G., Argano, R. (2005): Island biogeography of the Mediterranean Sea: the species-area relationship of terrestrial isopods. *Journal of Biogeography*. **32**(10): 1715-1726.

Giurginca, A., Munteanu, C-M., Vlaicu, M., Tabacaru, I-G. (2015): *Cavernicolous Oniscidea of Romania*. Bukurešť: "Emil Racoviță" Institute of Speleology, Romanian Academy. 165 s.

- Gongalsky, K.B., Nefediev, P.S., Turbanov, I.S., Slatina, V.Y., Lebedev, Y.M. (2017): *Terrestrial Isopods (Isopoda, Oniscidea, Agnaridae) from the northernmost limit of Isopod distribution in southwestern Siberia, Russia*. 10th International Symposium on Terrestrial Isopod Biology. Budapešť: 27-30. srpna 2017.
- Habel, J.C., Rasche, L., Schneider, U.A., Engler, J.O., Schmid, E., Rödder, D., Meyer, S.T., Trapp, N., Diego, R.S., Eggermont, H., Lens, L., Stork, N.E. (2019): Final countdown for biodiversity hotspots. *Conservation Letters*. **12**(6): e12668.
- Hall, R. (2002): Cenozoic geological and plate tectonic evolution of SE Asia and the SW Pacific: computer-based reconstructions, model and animations. *Journal of Asian Earth Sciences*. **20**(4):353-431.
- Harding, P.T., Sutton, S.L. (1985): *Woodlice in Britain and Ireland; Distribution and habitat*. Huntingdon: Institute of Terrestrial Ecology. 152 s.
- Hatch, M.H. (1947): The Chelifera and Isopoda of Washington and adjacent regions. *University of Washington Publications in Biology*. **10**(5): 159-235.
- Hatch, M.H. (1949): Studies on the Fauna of Pacific Northwest Greenhouses (Isopoda, Coleoptera, Dermaptera, Orthoptera, Gastropoda). *Journal of the New York Entomological Society*. **57**(3): 141-165.
- Hoese, B. (1981): Morphologie und Funktion des Wasserleitungssystems der terrestrischen Isopoden (Crustacea, Isopoda, Oniscoidea). *Zoomorphology*. **98**: 135-167.
- Hopkin, S.P. (1991): A key to the woodlice of Britain and Ireland. *Field Studies*. **7**(4): 599-650.
- Hornung, E. (2011): Evolutionary adaptation of oniscidean isopods to terrestrial life: Structure, physiology and behavior. *Terrestrial Arthropod Reviews*. **4**: 95-130.
- Hornung, E., Sóllymos, P. (2007): Macroecology and biogeography of terrestrial isopods in Europe: a preliminary report. In: *Abstract book of the 7th International Symposium on the Biology of Terrestrial Isopods in Tunis*. Tunis, 28-31.
- Ituuralde-Vinent, M.A., Domech, M.R.G. (1994): Cuban Tropical Karst. Some Examples. *Agid News*. **76**: 9-12.
- Jander, R. (1975): Ecological aspects of spatial orientation. *Annual Review of Ecology and Systematics*. **6**: 171-188.

Jass, J.P., Klausmeier, B.R. (2000): Endemics and Immigrants: North American Terrestrial Isopods (Isopoda, Oniscidea) North of Mexico. *Crustaceana*. **73**(7): 771-799.

Jass, J.P., Klausmeier, B.R. (2006): Transborder associations of terrestrial Isopods (Crustacea, Isopoda, Oniscidea) of Mexico and the United States. *Western North American Naturalist*. **66**(1): 132-134.

Karasawa, S., Nakata, K. (2018): Invasion stages and potential distributions of seven exotic terrestrial isopods in Japan. *Zoological Keys*. **13**: 53-76.

Kenny, J.A., Hayward, B.W. (2010): Karst in Stone. *Karst landscapes in New Zealand: A case for protection*. Wellington: Geological Society of New Zealand. 40 s.

Kováč, Ľ., Elhottová, D., Mock, A., Nováková, A., Krištúfek, V., Chroňáková, A., Lukešová, A., Mulec, J., Košel, V., Papáč, V., Ľuptáček, P., Uhrin, M., Višňovská, Z., Hudec, I., Gaál, Ľ., Bella, P. (2014): *The cave biota of Slovakia*. Liptovský Mikuláš: State Nature Conservancy of the Slovak Republic, 192 s.

Kuznetsova, D.M., Gongalsky, K.B. (2012): Cartographic analysis of woodlice fauna of the former USSR. *Zoological Keys*. **176**: 1-11.

Leistikow, A. (2001): The genus *Ischioscia* Verhoeff, 1928 in Venezuela, with the description of six new species (Crustacea, Oniscidea, Philosciidae). *Bulletin of the Natural History Museum of London, Zoology Series*. **67**: 137-168.

Leistikow, A., Wägele J.W. (1999): Checklist of the terrestrial isopods of the new world (Crustacea, Isopoda, Oniscidea). *Revista Brasileira de Zoologia*. **16**(1): 1-72.

Linder, P., Desmet, P.G. (2006): The Greater Cape Floristic Region. *Journal of Biogeography*. **34**(1):147-162.

Lomolino, M.V., Riddle, B.R., Whittaker, R.J., Brown, J.H. (2010): *Biogeography, fourth edition*. Sunderland: Sinauer Associates. 560 s.

MacArthur, R.H., Wilson, E.O. (1967): *The theory of island biogeography*. Princeton: Princeton University Press. 203 s.

Manicasteri, C., Argano, R. (1989): An analytical synopsis of the troglobitic terrestrial isopods. *Monitore zoologico italiano. Monografia*. **4**: 63-73.

Marine, Freshwater and Terrestrial Isopod Crustaceans [online]. Ostende: Flanders Marine Institute [cit. 2022-06-25]. Dostupné z: <https://www.marinespecies.org/isopoda/index.php>

- Mayhew, P.J. (2001): Shifts in hexapod diversification and what Haldane could have said. *Proceedings of the Royal Society B*. **269**(1494): 969-974.
- McClain, C.R., Balk, M.A., Benfield, M.C., Branch, T.A., Chen, C., Cosgrove, J., Dove, A.D.M., Gaskins, L., Helm, R.R., Hochberg, F.G., Lee, F.B., Marshall, A., McMurray, S.E., Schanche, C., Stone, S.N., Thaler, A.D. (2015): Sizing ocean giants: patterns of intraspecific size variation in marine megafauna. *Peer Journal*. **3**: e715.
- McKinney, M.L. (2006): Urbanisation as major cause of biotic homogenization. *Biological Conservation*. **127**(3): 247-260.
- McKinney, M.L. (1997): Extinction vulnerability and selectivity: combining ecological and paleontological views. *Annual Review of Ecology and Systematics*. **28**, 495-516.
- Motala, S.M., Krell F.-T., Mungroo, Y., Donovan, S.E. (2007): The terrestrial arthropods of Mauritius: a neglected conservation target. *Biodiversity Conservation*. **16**: 2867-2881.
- Niemelä, J. (1999): Is there a need for a theory of urban ecology? *Urban Ecosystem*. **3**: 57-65.
- Ohara, W.M., Pastana, M., Camelier, P. (2022): The monophyly of Crenuchinae and description of two new species of Poecilocharax (Teleostei: Crenuchidae) based on phenotypic and genotypic evidence. *Zoological Journal of the Linnean Society*. 1-32.
- Oliver, E., Oliver, W.H. (2017): The Colonisation of South Africa: A unique case. *The Journal of Theological Studies*. **73**(3).
- Orsavová, J., Tuf, I.H. (2018): *Suchozemští stejnonožci: atlas rozšíření v České republice a bibliografie 1840–2018*. *Acta Carpathica Occidentalis. Supplementum 1/2018*. Vsetín: Muzeum regionu Valašsko. 123 s.
- Perrichot, V. (2004): Early Cretaceous amber from south-western France: insight into the Mesozoic litter fauna. *Geologica Acta*. **2**(1): 9-22.
- Zhang, Z.-Q. (2013): Phylum Arthropoda. *Zootaxa*. **3703**(1): 17-26.
- Purvis, A., Gittleman, J.L., Cowlishaw, G., Mace, G.M. (2000): Predicting extinction risk in declining species. *Proceedings of the Royal Society B*. **267**(1456): 1947-1952.
- Purvis, A., Fritz, S.A., Rodríguez, J., Harvey, P.H., Grenyer, R. (2011): The shape of mammalian phylogeny: patterns, processes and scales. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*. **366**(1577): 2462-2477.

- Reboleira, A.S.P.S., Borges, P.A.V., Gonçalves, F., Serrano, A.R.M., Oromí, P. (2011): The subterranean fauna of a biodiversity hotspot region – Portugal: an overview and its conservation. *International Journal of Speleology*. **40**(1): 23-37.
- Reboleira, A.S.P.S., Gonçalves, F., Oromí, P., Taiti, S. (2015): The cavernicolous Oniscidea (Crustacea: Isopoda) of Portugal. *European Journal of Taxonomy*. **161**: 1-61.
- Riehl., T., Brandt, A. (2012): Impediment be resource: sexual dimorphisms in Macrostylidae (Crustacea: Isopoda). 13th Deep-Sea Biology Symposium. Wellington: 3-7. prosince 2012
- Rodriguez, R.S. (1991): *Estudio taxonomico y faunistico de los isopodos terrestres del archipelago Canario*. Barcelona: PhD thesis, Universitat Autònoma De Barcelona.
- Řezáč, M., Pekár, S., Lubin, Y. (2008): How oniscophagous spiders overcome woodlouse armour. *Journal of Zoology*. **275**(1): 64-71.
- Schmalfuss, H. (1984): Eco-morphological strategies in terrestrial isopods. *Symposia of the Zoological Society of London*. **53**: 49-63.
- Schmalfuss, H. (1989): Phylogenetics in Oniscidea. *Monitore Zoologico Italiano (N.S.) Monografia*. **4**: 3-27.
- Schmalfuss, H. (2003): World catalog of terrestrial isopods (Isopoda: Oniscidea). *Stuttgarter Beiträge zur Naturkunde, Series A, Biologie*. **654**: 1-341.
- Schmalfuss, H. (2005): *Utopioniscus kuehni* n. gen., n. sp. (Isopoda: Oniscidea: Synocheta) from submarine caves in Sardinia. *Stuttgarter Beiträge zur Naturkunde. A, Biologie*. **677**: 1-21.
- Schmalfuss, H. (2018): Research on the biology of terrestrial Isopods: a historical survey. *Acta Zoologica Academiae Scientiarum Hungaricae*. **64**(3): 193-215.
- Schmalfuss, H., Ferrara, F. (1982): Observations on the distribution and ecology of terrestrial isopods (Oniscoidea) in South-west Cameroon. *Monitore zoologico italiano. Supplemento*. **17**(1): 243-265.
- Schmidt, C. (2008): Contribution to the phylogenetic system of the Crinocheta (Crustacea, Isopoda). Part 1. (Olibrinidae to Scyphacidae s. str.). *Zoosystematics and Evolution*. **78**(2): 275-352.
- Schmidt, C. (2008): Phylogeny of the terrestrial Isopoda (Oniscidea): a review. *Arthropod Systematics & Phylogeny*. **66**(2): 191-226.

- Sfenthourakis, S. (1996): The species-area relationship of terrestrial isopods (Isopoda; Oniscidea) from the Aegean archipelago (Greece): a comparative study. *Global Ecology and Biogeography Letters*. **5**(3): 149-157.
- Sfenthourakis, S. (2009): Terrestrial isopods. In: Legakis A., Maragou P. (Ed) *The Red Data Book of Threatened Animals of Greece*. Atény: Hellenic Zoological Society, 458-461.
- Sfenthourakis, S., Hornung, E. (2018): Isopod distribution and climate change. In: Hornung E., Taiti S., Szlavecz K. (Ed) *Isopods in a Changing World. Zoological Keys*. **801**: 25-61.
- Sfenthourakis S., Taiti S. (2015): Patterns of taxonomic diversity among terrestrial isopods. In: Taiti S., Hornung E., Štrus J., Bouchon D. (Ed) *Trends in Terrestrial Isopod Biology. Zoological Keys*. **515**: 13-25.
- Sfenthourakis, S., Giokas, S., Tzanatos, E. (2004): From sampling stations to archipelagos: investigating aspects of the assemblage of insular biota. *Global Ecology and Biogeography*. **13**(1): 23-35.
- Sfenthourakis, S., Kassara, C., Mylonas, M., Schmalzfuss, H. (2007): An analysis of the global distribution of known Oniscidea. In: *Abstracts book of the 7th International Symposium on the Biology of Terrestrial Isopods in Tunis*. Tunis, 1-44.
- Sfenthourakis, S., Legakis, A. (2001): Hotspots of endemic terrestrial invertebrates in southern Greece. *Biodiversity and Conservation*. **10**(8): 1387-1417.
- Sfenthourakis, S., Triantis, K.A. (2009): Habitat diversity, ecological requirements of species, and the Small Island Effect. *Diversity and Distributions*. **15**(1): 131-140.
- Sommer, R.S., Nadachowski, A. (2006): Glacial refugia of mammals in Europe: evidence from fossil records. *Mammal Review*. **36**(4): 251-265.
- Souza-Silva, M., Martins, R.P., Ferreira, R.L. (2011): Trophic Dynamics in a Neotropical Limestone Cave. *Subterranean Biology*. **9**: 127-138.
- Souza-Silva, M., Martins, R.P., Ferreira, R.L. (2015): Cave Conservation Priority Index to Adopt a Rapid Protection Strategy: A Case Study in Brazilian Atlantic Rain Forest. *Environmental Management*. **55**(2): 279-295.
- Souza-Silva, M., Ferreira, R.L. (2015): Cave invertebrates in Espírito Santo state, Brazil: a primary analysis of endemism, threats and conservation priorities. *Subterranean Biology*. **16**: 79-102.

- Sólymos, P., Farkas, F., Kemencei, Z., Páll-Gergely, B., Vilisics, F., Nagy, A., Kisfali, M., Hornung, E. (2009): Micro-habitat scale survey of land snails in dolines of the Alsó-hegy, Aggtelek National Park, Hungary. *Mollusca*. **27**(2): 167-171.
- Spencer, J.O., Edney, E.B. (1954): The absorption of water by woodlice. *Journal of Experimental Biology*. **31**: 491-496.
- Strahler, A.H., Archibold, O.W. (2011): *Physical Geography: Science and Systems of the Human Environment, fifth Canadian edition*. Mississauga: John Wiley & Sons. 640 s.
- Sukopp, H. (1990): Urban ecology and its application. In: Sukopp H, Hejny S, Kowarik I (ed) *Europe in urban ecology: plants and plant communities in urban environments*. Haag: SPB Academic Publishers, 1-22.
- Szlavec, K., Vilisics, F., Tóth, Z., Hornung, E. (2018): Terrestrial isopods in urban environments: an overview. *Zoological Keys*. **801**: 97-196.
- Taiti, S., Wynne, J.J. (2015): The terrestrial Isopoda (Crustacea, Oniscidea) of Rapa Nui (Easter Island), with descriptions of two new species. In: Taiti S., Hornung E., Štrus J., Bouchon D. (Ed) *Trends in Terrestrial Isopod Biology*. *Zoological Keys*. **515**: 27-49.
- Tajovský, K., Hošek, J., Hofmeister, J., Wytwer, J. (2012): Assemblages of terrestrial isopods (Isopoda, Oniscidea) in a fragmented forest landscape in Central Europe. In: Štrus J, Taiti S, Sfenthourakis S (Ed). *Advances in terrestrial isopod biology*. *Zoological Keys*. **176**: 189–198.
- Tuf, I.H., Ďurajková, B. (2022): Antipredatory strategies of terrestrial isopods. In: De Smedt P., Taiti S., Sfenthourakis S., Campos-Filho I.S. (Ed) *Facets of terrestrial isopod biology*. *Zoological Keys*. **1101**: 109-129.
- Tuf, I.H., Jeřábková, E. (2008): Diurnal epigeic activity of terrestrial isopods (Isopoda: Oniscidea). In: Zimmer M., Charfi-Cheikhrouha F., Taiti S. (Ed): *Proceedings of the international symposium on terrestrial isopod biology: ISTIB-07*. Cáchy: Shaker, 167-172.
- van Swaay, Ch., Cuttelod, A., Collins, S., Maes, D., Munguira, M.L., Šašić, M., Settele, J., Verovnik, R., Verstrael, T., Warren, M., Wiemers, M., Wynhof, I. (2010): *European Red List of Butterflies*. Lucemburk: Publications Office of the European Union, 61 s.
- Van Name, W.G. (1936): The American land and fresh-water isopod Crustacea. *Bulletin of the American Museum of Natural History*. **71**: 1-535.

- Vandel, A. (1960): Les isopodes terrestres de l'Archipel Madérien. *Mémoires du Muséum national d'Histoire naturelle, Sér. A.* **22**(1): 1-155.
- Vandel, A. (1965): Sur l'existence d'Oniscoides très primitifs menant une vie aquatique et sur le polyphylétisme des isopodes terrestres. *Annales de Spéleologie.* **20**(4): 489-518.
- Verhoeff, K.W. (1930): Über einige neue norditalienische Isopoden und einen neuen Typus der Volvation. *Zoologischer Anzeiger.* **89**: 162-177.
- Vilisics, F., Hornung, E. (2009): Urban areas as hot-spots for introduced and shelters for native isopod species. *Urban Ecosystems.* **12**(3): 333-345.
- Vilisics, F., Nagy, A., Sólymos, P., Farkas, R., Kemencei, Z., Páll-Gergely, B., Kisfali, M., Hornung, E. (2008): Data on the terrestrial Isopoda fauna of the Alsó-hegy, Aggtelek National Park, Hungary. *Folia Faunistica Slovaca.* **13**(4): 19-22.
- Vilisics, F., Sólymos, P., Nagy, A., Farkas, R. (2011): Small scale gradient effects on isopods (Crustacea: Oniscidea) in karstic sinkholes. *Biologia.* **66**(3): 499-505.
- Warburg, M.R., Hornung, E. (1999): Diversity of terrestrial isopod species along a transect through northern Israel. *Biodiversity and Conservation.* **8**: 1469-1478.
- Warren, M.S., Maes, D., van Swaay, Ch.A.M., Goffardt, P., Van Dyck, H., Bourn, N.A.D., Wynhoff, I., Hoare, D., Ellis, S. (2021): The decline of butterflies in Europe: Problems, significance, and possible solutions. *Proceedings of the National Academy of Sciences.* **118**(2): 1-10.
- Watt, A.D., Bradshaw, R.H.W., Young, J., Alard, D., Bolger, T., Chamberlain, D., Fernandez-Gonzalez, F., Fuller, R., Gurrea, P., Henle, K., Johnson, R., Korsós, Z., Lavelle, P., Niemelä, J., Nowicki, P., Rebane, M., Scheidegger, C., Sousa, J.P., van Swaay, C., Vanbergen, A.J. (2007): Trends in biodiversity in Europe and the impact of land use change. In: Hester, R.E., Harrison, R.M. (ed) *Biodiversity Under Threat*. Londýn: Royal Society of Chemistry, 135-160.
- Williams, D. (2021): Transatlantic Climate and Gulf Stream Aesthetics. *Nineteenth-Century Literature.* **76**(1): 57-91.