

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI

PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA

KATEDRA BOTANIKY



**Sezónní dynamika vybraných skupin brouků
(Insecta: Coleoptera) v Jihozápadním regionu Kamerunu**

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Autor: Bára Kučerová

R230144 – Biologie

Učitelství biologie pro střední školy

Učitelství geografie pro střední školy

prezenční studium

Vedoucí práce: doc. RNDr. Robin Kundrata, Ph.D.

Prohlašuji, že jsem tuto práci vypracovala samostatně s použitím uvedené literatury a pod vedením mého školitele.

V Olomouci dne 2. 5. 2025

Bára Kučerová

Poděkování

Ráda bych tímto poděkovala vedoucímu své diplomové práce doc. Robinu Kundratovi, za odborné vedení při tvorbě práce a poskytnutí potřebné literatury. Také bych ráda poděkovala dr. Petru Baňárovi za poskytnutí fotografií a získání cenného materiálu pro tuto práci. Dále bych chtěla poděkovat Mgr. Antonínu Hlaváčkoví za analýzu hlavních komponent (PCA). Tato práce byla podpořena z projektu interní grantové agentury UP (projekt IGA_PrF_2025_031).

Bibliografická identifikace:

Jméno a příjmení autora: Bára Kučerová

Název práce: Sezónní dynamika vybraných skupin brouků (Insecta: Coleoptera) v Jihozápadním regionu Kamerunu

Typ práce: diplomová práce

Pracoviště: katedra zoologie PřF UP

Vedoucí práce: doc. RNDr. Robin Kunderata, Ph.D.

Rok obhajoby práce: 2025

Abstrakt: Tato diplomová práce se zabývá sezónní dynamikou brouků z nadčeledi Scarabaeoidea v jihozápadním Kamerunu. Práce je založena na třídění a analýze vzorků získaných po dobu jednoho roku v letech 2022 a 2023 pomocí nárazových pastí z primárního tropického pralesa na jižním svahu Kamerunské hory v nadmořské výšce přibližně 1 100 m n. m. Cílem práce je kvantitativně vyhodnotit taxonomické složení a početnost jednotlivých taxonů a sledovat změny ve složení společenstev v závislosti na sezónních výkyvech, zejména v kontextu střídání období dešťů a sucha. Výsledky poskytují přehled o biodiverzitě brouků ve studované oblasti a pomáhají lépe pochopit, jak se společenstva těchto brouků mění v průběhu roku v závislosti na střídání období dešťů a sucha.

Klíčová slova: Scarabaeoidea, sezónní dynamika, Kamerun, Mount Cameroon, tropický deštný les, biodiverzita

Počet stran: 65

Počet příloh: 3

Jazyk: český

Bibliographical identification:

Author's first name and surname: Bára Kučerová

Title: Seasonal dynamics of the selected beetle groups (Insecta: Coleoptera) in the Southwest region in Cameroon

Type of thesis: master thesis

Department: Department of Zoology

Supervisor: doc. RNDr. Robin Kundrata, Ph.D.

The year of presentation: 2025

Abstract: This thesis focuses on the seasonal dynamics of beetles from the superfamily Scarabaeoidea in southwestern Cameroon. The research is based on sorting and analysing entomological samples collected throughout the 2022 and 2023 season from primary tropical rainforest on the southern slope of Mount Cameroon, at an altitude of approximately 1 100 meters above sea level. The aim of the study is to quantitatively assess the taxonomic composition and abundance of various taxa and to evaluate changes in beetle communities in relation to seasonal fluctuations, particularly between the rainy and dry periods. The results provide an overview of beetle diversity in the study area and help to better understand how these communities change throughout the year in response to seasonal shifts.

Keywords: Scarabaeoidea, seasonal dynamics, Cameroon, Mount Cameroon, tropical rainforest, biodiversity

Number of pages: 65

Number of appendices: 3

Language: Czech

Obsah

1. TEORETICKÁ ČÁST	8
1. 1. SEZONALITA KLIMATU TROPICKÝCH OBLASTÍ.....	8
1. 2. KAMERUNSKÁ HORA (MT. CAMEROON)	10
1. 2. 1. VÝZKUM NA KAMERUNSKÉ HOŘE	11
1. 3. DIVERZITA ŘÁDU COLEOPTERA	15
1. 4. NADČELEĎ SCARABAEOIDEA LATREILLE, 1802.....	16
2. MATERIÁL A METODY	25
3. VÝSLEDKY	31
4. DIDAKTICKÁ ANALÝZA ODBORNÉHO TÉMATU.....	36
5. DISKUZE	49
6. ZÁVĚR.....	51
7. POUŽITÁ LITERATURA	52
8. PŘÍLOHY	59

Úvod a cíle práce

Tropické deštné lesy patří k nejvýznamnějším ekosystémům na Zemi, a to nejen díky mimořádné biodiverzitě, ale také kvůli jejich roli v regulaci globálního klimatu.

Přestože se jedná o jedny z nejbohatších oblastí z hlediska druhové rozmanitosti, naše znalosti o celkovém výskytu, počtu a sezónní dynamice jednotlivých skupin organismů, zejména hmyzu, jsou stále nedostatečné. Významným regionem pro studium biodiverzity je jihozápadní část Kamerunu, která se vyznačuje rozsáhlými deštnými lesy s bohatou faunou a flórou.

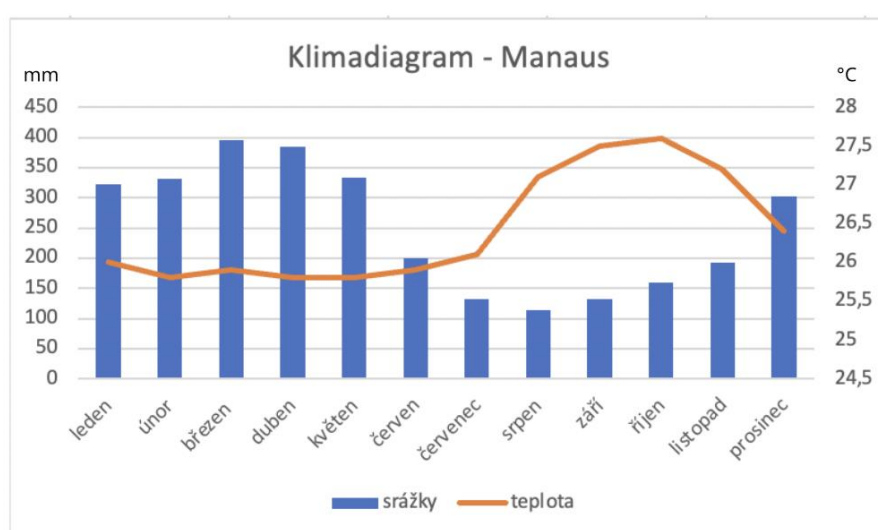
Tato diplomová práce se zaměřuje na sezónní dynamiku brouků nadčeledi Scarabaeoidea v jihozápadním regionu Kamerunu. Výzkum vychází z třídění vzorků odebraných v rámci terénních studií a v následné analýze těchto vzorků v laboratorních podmínkách. Cílem práce je provést kvantitativní analýzu taxonomického složení brouků z nadčeledi Scarabaeoidea v průběhu roku v primárním pralese na jižním svahu Kamerunské hory v nadmořských výškách okolo 1 100 m n. m. v jihozápadním Kamerunu a vyhodnotit změny jak v početnosti jednotlivých taxonů, tak v celkovém složení společenstev brouků. Cílem je také porovnat tato data v rámci sezónních procesů (období dešťů a sucha).

Výsledky této studie mohou přispět k lepšímu pochopení sezónních procesů v tropických deštných lesích, zejména pokud jde o změny početnosti a druhového složení brouků v průběhu roku. Analýza sezónní dynamiky umožní lépe pochopit a identifikovat faktory, které ovlivňují druhové složení a početnost jednotlivých druhů. Tato práce může také sloužit jako podklad pro další výzkum sezónní dynamiky v tropických deštných lesích.

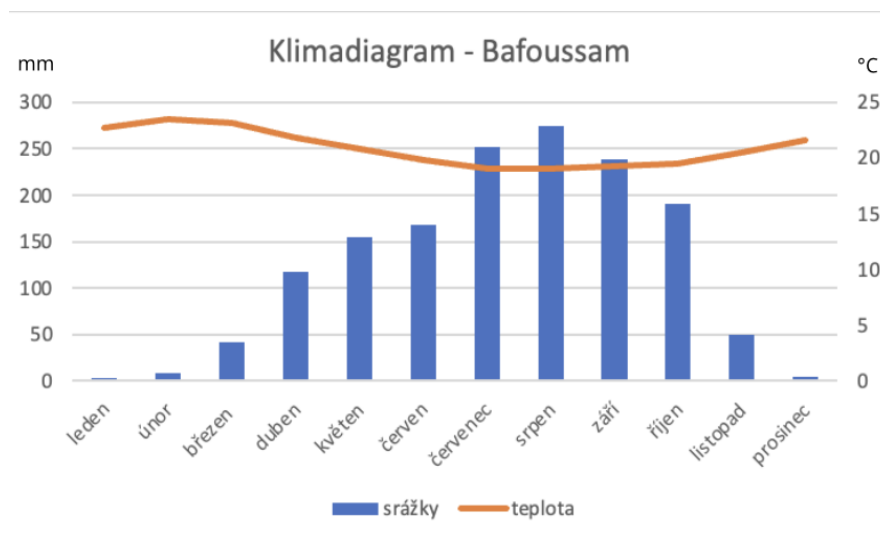
1. Teoretická část

1. 1. Sezonalita klimatu tropických oblastí

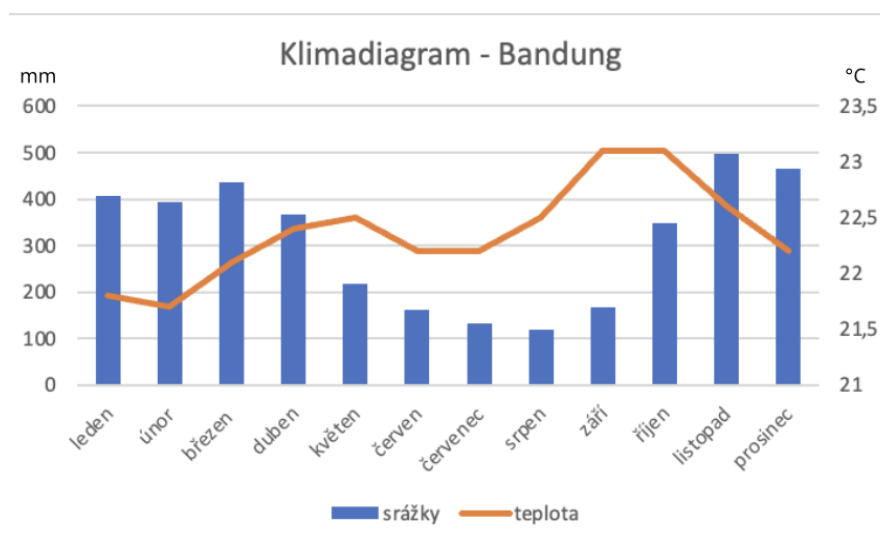
Tropické oblasti jsou ve srovnání s našimi zeměpisnými šířkami charakteristické svou relativní stabilitou. I když zde nedochází ke střídání ročních období, tak se některé podmínky v průběhu roku výrazně mění. Zatímco v mírných oblastech jsou hlavními faktory výkyvy teplot vzduchu a délka dne, přičemž množství srážek je v průběhu roku poměrně stabilní, v tropických oblastech je tomu spíše naopak. Teplota vzduchu a délka dne je v průběhu roku téměř neměnná, ale množství srážek se výrazně mění (obr. 1–3) (Zenklová et al. 2016).



Obr. 1: Klimadiagram města Manaus, Brazílie (data převzata z climate-data.org 2021).



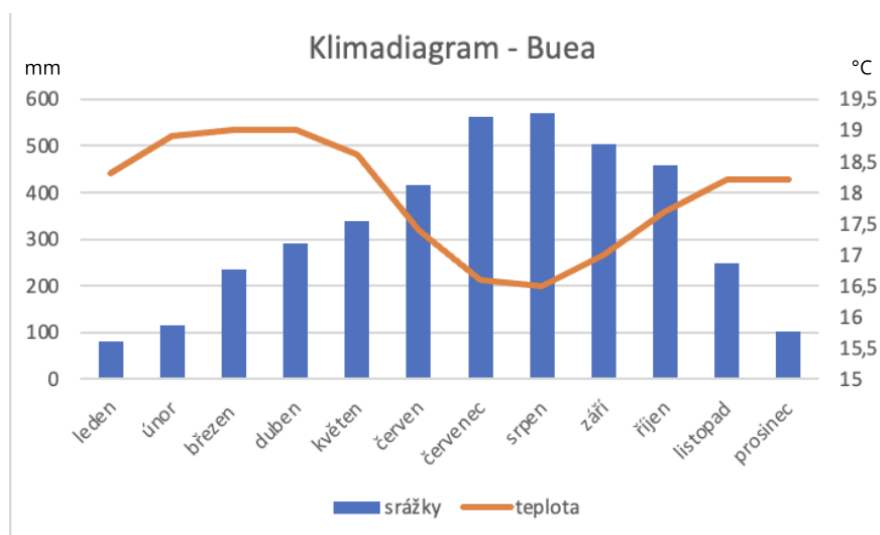
Obr. 2: Klimadiagram města Bafoussam, Kamerun (data převzata z climate-data.org 2021).



Obr. 3: Klimadiagram města Bandung, Jáva (data převzata z climate-data.org 2021).

1. 2. Kamerunská hora (Mt. Cameroon)

Kamerunská hora, známá také jako Fako, se nachází ve střední Africe v jihozápadním Kamerunu přibližně 20 kilometrů od pobřeží Guinejského zálivu. Tento stratovulkán je součástí pásu Kamerunských hor, který se rozprostírá od Guinejského zálivu až do vnitrozemí podél hranice mezi Nigérií a Kamerunem a tvoří důležité centrum biodiverzity. Dosahuje nadmořské výšky 4 095 m n. m., což ji činí nejvyšší horou Kamerunu i západní Afriky. Tato oblast patří mezi nejdeštivější místa na světě, s ročním úhrnem srážek dosahujícím až 12 metrů (Zenklová et al. 2016). Hora se tyčí nedaleko města Buea, které slouží jako výchozí bod pro zdolání jejího vrcholu. Díky výraznému výškovému gradientu zde vzniká pestrá škála ekosystémů – od nížinných tropických lesů až po horské trávníky (Janeček et al. 2020). Klima v oblasti je tropické s vysokou vlhkostí a vydatnými srážkami (obr. 4), ale na vrcholu hory panují výrazně chladnější podmínky. Na hoře Kamerun se střídá jedno výrazné deštivé období (červen–září) s obdobím sucha (prosinec–únor), mezi nimiž jsou přechodová období. Tato pravidelná cykličnost silně ovlivňuje jak teplotu, tak především srážky (Maiser et al. 2020). Extrémní klimatické rozdíly mezi obdobím sucha a obdobím dešťů spolu s vysokou biodiverzitou činí z Kamerunské hory ideální lokalitu pro studium sezónní dynamiky. Kamerunská hora je aktivní sopka, jejíž poslední erupce byla zaznamenána v roce 2012 (Sennert 2012).



Obr. 4: Klimadiagram města Buea, Kamerun (data převzata z climate-data.org 2021).

1. 2. 1. Výzkum na Kamerunské hoře

Kamerunská hora (obr. 5–7) patří mezi ideální lokality pro studium sezónní dynamiky, a to především díky extrémním klimatickým rozdílům mezi obdobím sucha a dešťů spolu s vysokou biodiverzitou. Na hoře Kamerun se střídá jedno výrazné deštivé období (červen–září) s obdobím sucha (prosinec–únor); mezi nimi jsou přechodová období. Tato pravidelná cykličnost silně ovlivňuje jak teplotu, tak především srážky. Tým českých vědců zde již po několik let zkoumá sezónní dynamiku tropického deštného lesa. Například Janeček et al. (2020) se věnovali potravně-polinačním vztahům strdimilů a rostlin na Kamerunské hoře a popisují výrazné rozdíly mezi obdobím sucha a obdobím dešťů. V období sucha dominuje kvetení stromů, které produkují velké množství nektaru a představují klíčový potravní zdroj pro strdimily. Největší diverzitu strdimilů lze pozorovat v nižších nadmořských výškách, kde převládá zejména strdimil olivový. V období dešťů je situace odlišná – kvetení stromů výrazně klesá, zatímco rozkvétá mnoho bylin a epifytů, které v suchém období trpěly nedostatkem vody. S rostoucí nadmořskou výškou se diverzita strdimilů výrazně snižuje. Hlavním zjištěním studie je, že zatímco v období sucha je selekční tlak na specializaci minimální (díky dostatku potravy i opylovačů), v období dešťů je situace opačná. V období dešťů jsou tvrdší podmínky, které vytvářejí prostor pro adaptivní procesy, které hrají klíčovou roli v evolučním vývoji strdimilů (Janeček et al. 2020).

Mertens et al. (2021) se zabývali sezonalitou opylování květů motýly na hoře Kamerun. I tato studie popisuje výrazné rozdíly mezi obdobím sucha a obdobím dešťů. Tyto rozdíly jsou způsobeny řadou ekologických a klimatických faktorů, které ovlivňují jak složení společenstev květin, tak i samotné opylovače. Jedním z hlavních poznatků této studie je vysoký mezisezónní obrat druhů (jak u motýlů, tak i u kvetoucích rostlin), kdy se druhové složení opylovačů a rostlin mezi sezónami výrazně mění. Tato dynamika je doprovázena poklesem druhové bohatosti i početnosti motýlů během období dešťů. Hlavním faktorem tohoto poklesu je extrémní srážkový režim, který v období dešťů panuje, kdy místní deště jsou tak intenzivní, že dospělí motýli (stejně jako jiný hmyz s velkými křídly) aktivně vyhledávají úkryt a květy v tomto období neopylují. Silné srážky a zvýšená vlhkost navíc negativně ovlivňují dostupnost nektaru. K sezónním změnám dochází také na straně kvetoucích rostlin. Zatímco v období sucha dominují ve vegetaci kvetoucí stromy, které obvykle nabízejí velké množství snadno dostupného nektaru, v období dešťů kvetou převážně byliny a keře. Ty však nedokážou tento zdroj plnohodnotně nahradit. Výsledkem těchto sezónních změn je tedy nejen snížení početnosti květin navštěvovaných motýly, ale i změna ve struktuře a funkci celých opylovacích

sítí. Z těchto důvodů je období sucha na Kamerunské hoře mnohem příznivější pro aktivitu a význam motýlů jako opylovačů (Mertens et al. 2021). Tato studie úzce souvisí se studií od autorů Maicher et al. (2020), která se více zaměřila na druhovou bohatost skupin motýlů, a to i z hlediska výškového rozšíření jednotlivých druhů mezi sezónami. Tato studie popisuje, jak sezónní změny (přechody mezi obdobím sucha a dešťů) ovlivňují biodiverzitu motýlů podél výškového gradientu tropického deštného lesa na hoře Kamerun. Sezonalita hraje zásadní roli v prostorovém i časovém rozmístění těchto druhů. Druhová bohatost většiny skupin motýlů roste během období sucha a přechodu do období dešťů, zatímco v období dešťů se aktivita i druhová rozmanitost snižují. To je způsobeno nejen náročnými podmínkami pro dospělé (silné srážky), ale také dostupností potravy. Dále bylo zjištěno, že se mění výškové rozšíření jednotlivých druhů mezi sezónami. Mnoho druhů se posouvá výše během suchého období. Po období dešťů naopak u některých skupin docházelo k sestupu. Průměrné výškové posuny dosahovaly často přes 100 metrů a v některých případech byly ještě větší. Výsledky studie rovněž naznačují, že sezónní změny nejsou důsledkem jen obměny druhů a jejich početnosti, ale také skutečnými posuny výskytu jednotlivých druhů, které se v různých obdobích pravidelně přesouvají do odlišných nadmořských výšek. Tyto sezónní migrace jsou pravděpodobně reakcí na proměnlivou dostupnost zdrojů a podmínky prostředí (Maicher et al. 2020).



Obr. 5: Mapa Kamerunu, poloha Kamerunské hory (převzato z: <https://www.britannica.com/place/Mount-Cameroon>).



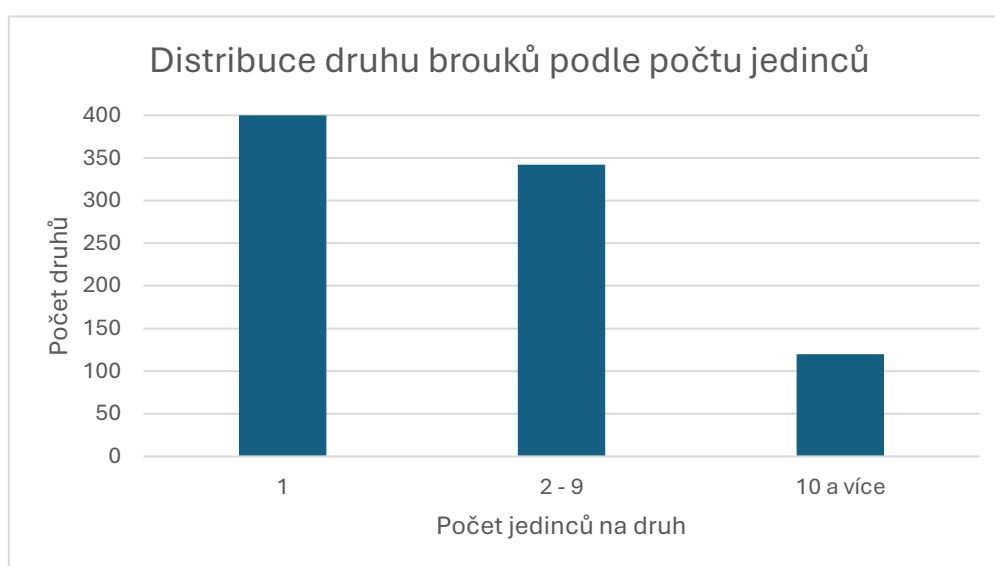
Obr. 6: Kamerunská hora, foto: Petr Baňář, 2023.



Obr. 7: Kamerunská hora, tropický deštný les, foto: Petr Baňář, 2023.

1. 3. Diverzita řádu Coleoptera

Brouci (Coleoptera) tvoří největší řád hmyzu a zároveň nejrozmanitější skupinu organismů na Zemi. Počet popsáných druhů se odhaduje až kolem 450 000, přičemž odhady počtu nepopsaných druhů jsou složitější kvůli jejich značné rozmanitosti (Goczał et al. 2024). Předpokládá se, že zhruba 70–95 % všech druhů brouků zůstává dosud nepopsaných (Grove & Stork 2000, Bouchard et al. 2017). Tato rozmanitost se odráží v jejich mimořádné morfologické, taxonomické a ekologické variabilitě. Vyskytují se ve všech hlavních biotopech s výjimkou extrémních prostředí, jako je Antarktida a nejvyšší horské vrcholy. I když mnoho druhů žije v mírném klimatu, tropy jsou místem s nejvyšší druhovou rozmanitostí. Obecně platí, že v mírných oblastech se jednotlivé druhy vyskytují v hojnějším počtu, zatímco v tropech je zastoupeno více druhů, ale s menším počtem jedinců (obr. 8) (Kirmse 2024). Deštné pralesy jsou domovem přibližně poloviny všech druhů. Díky tomu jsou klíčovými oblastmi pro studium a ochranu biologické diverzity. V tropických deštných lesích bývá druhová pestrost větší v korunách stromů než ve spodních částech stromového patra (Kirmse 2024).

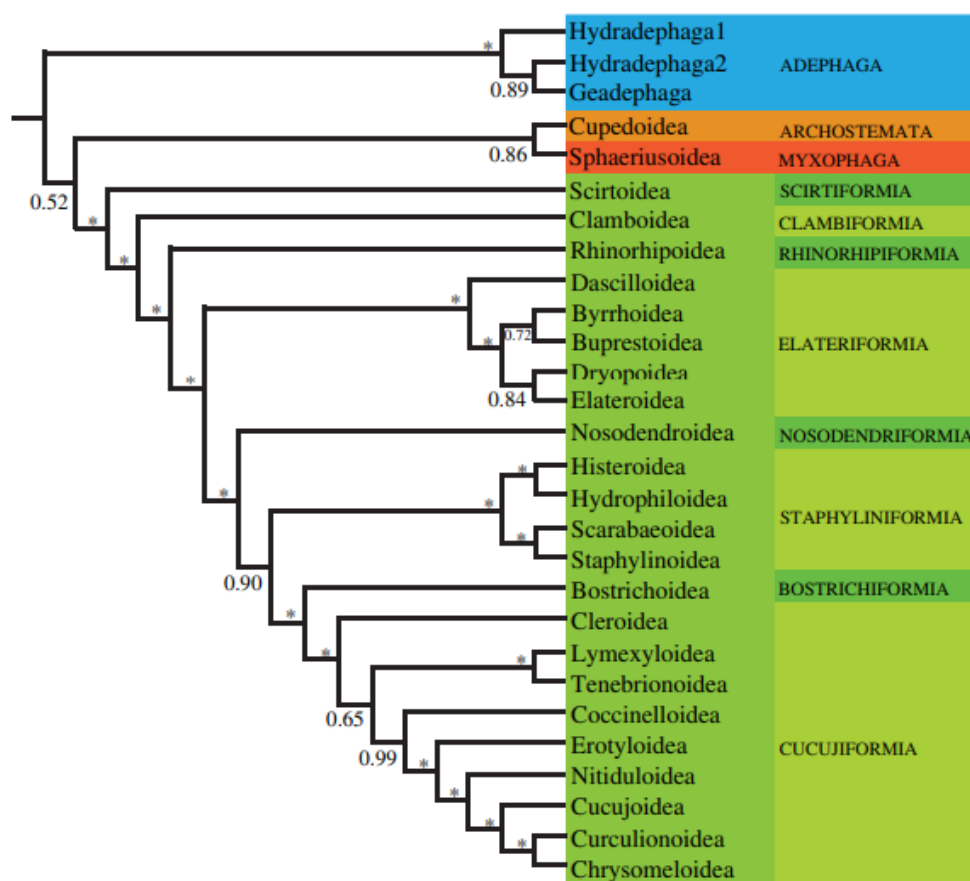


Obr. 8: Distribuce druhu brouků podle počtu jedinců, jižní Venezuela (data převzata z Kirmse 2024).

Mezi nejpočetnější čeledi v tropických oblastech řádu Coleoptera patří například: Curculionidae Latreille, 1802, Chrysomelidae Latreille, 1802, Carabidae Latreille, 1802, Scarabaeidae Latreille, 1802, Buprestidae Leach, 1815 a Elateridae Leach, 1815 (Chaboo 2020; Kirmse 2024; Singhal et al. 2018).

1. 4. Nadčeleď Scarabaeoidea Latreille, 1802

Čeleď Scarabaeidae jsou součástí velké série Staphyliniformia Lameere, 1900. Série Staphyliniformia obsahuje čtyři nadčeledi: Histeroidea Latreille, 1802, Hydrophiloidea Latreille, 1802, Scarabaeoidea a Staphylinoidea Latreille, 1802, kdy Scarabaeoidea tvoří sesterskou skupinu ke Staphylinoidea (obr. 9). Ve starších studiích tvořili Scarabaeoidea svou vlastní sérii Scarabaeiformia. Staphyliniformia jsou ekologicky nesmírně rozmanitou skupinou, jež je rozšířená téměř ve všech suchozemských i vodních ekosystémech (Hansen, 1997; Lawrence & Newton, 1982; Lawrence & Britton, 1991; Newton, 1984). Dle nejnovějších výzkumů je počet druhů série Staphyliniformia téměř 101 500 (Bouchard et al. 2024).



Obr. 9: Zařazení série Staphyliniformia (převzato z Cai et al. 2022).

Nadčeleď Scarabaeoidea, jak je v současnosti klasifikována, zahrnuje 13 čeledí (Pleocomidae LeConte, 1861, Geotrupidae Latreille, 1802, Belohinidae Paulian, 1959, Passalidae Leach, 1815, Bolboceratidae Mulsant, 1842, Trogidae MacLeay, 1819, Glaresidae Semenov-Tian-Shanskij & Medvedev, 1932, Diphylostomatidae Holloway, 1972, Lucanidae Latreille, 1802, Ochodaeidae Mulsant & Rey, 1871, Hybosoridae Erichson, 1847, Glaphyridae MacLeay, 1819 a Scarabaeidae), 42 podčeledí a 158 tribů (Bouchard et al. 2024). Počet popsáných druhů se v této skupině odhadoval na 31 000 až 35 000 (Jameson & Ratcliffe 2002, Scholtz a Grebennikov 2005). Gaston (1991) odhaduje, že skutečný počet druhů by mohl dosahovat až 50 000 (Bouchard et al. 2017). Dle nejnovějších studií je počet popsáných druhů nadčeledi Scarabaeoidea vyšší než 41 000 (tab. 1) (Goczał et al. 2024).

čeleď	počet podčeledí	počet tribů	počet druhů
Bolboceratidae	2	8	622
Belohinidae	0	0	1
Diphylostomatidae	0	0	3
Geotrupidae	2	4	468
Glaphyridae	2	0	213
Glaresidae	0	0	89
Hybosoridae	5	2	695
Lucanidae	4	22	1774
Ochodaeidae	2	6	153
Passalidae	2	8	850
Pleocomidae	1	0	29
Scarabaeidae	20	108	35839
Trogidae	2	0	335

Tab. 1: Jednotlivé počty podčeledí, tribů a druhů v rámci Scarabaeoidea (data převzata z Bouchard et al. 2024, Goczał et al. 2024).

Scarabaeidae jsou zdaleka nejrozmanitější čeledí, která obsahuje přibližně 87 % popsaných druhů nadčeledi Scarabaeoidea. Součástí čeledi Scarabaeidae je 20 podčeledí a 108 tribů (Bouchard et al. 2024) a přibližně 1900 rodů a 35 000 druhů (Goczał et al. 2024).

Scarabaeidae jsou suchozemští brouci, jejichž larvy obvykle žijí v půdě, organických zbytcích nebo v rozkládajícím se dřevě. Tyto druhy obývají širokou škálu biotopů po celém světě, přičemž největší rozmanitosti dosahují v tropických lesích (Bouchard et al. 2017). Scarabaeidae jsou brouci s mimořádně pestrou životní rozmanitostí. Jejich životní strategie sahají od samostatně žijících druhů až po ty, které jsou specializované na úzké soužití se společenským hmyzem, včetně forem s péčí o potomstvo. Jejich potrava je velmi rozmanitá – zahrnuje trus, mrtvá těla, rozkládající se organický materiál, houby i živé rostliny. Mají rovněž významný vliv na člověka. Stovky druhů se živí nektarem a podílejí se na opylování různých druhů rostlin. Mezi významné zástupce Scarabaeidae s přínosem pro člověka patří například jsou Geotrupinae Latreille, 1802 (chrobáci). Tito brouci hrají významnou roli v koloběhu živin a uhlíku (saprofágové). Vedle prospěšných druhů existují i takové druhy, které mají na člověka negativní vliv, zejména rostlinožravé druhy, které mohou být významnými škůdci v zemědělství a lesnictví (Melolonthinae MacLeay, 1819, Rutelinae MacLeay, 1819 a Dynastinae MacLeay, 1819) (Beutel & Leschen 2016). Řada invazních druhů narušuje ekosystémy a může vytlačovat původní druhy (Jackson & Klein 2006). Někteří zástupci také představují hrozbu pro lidské zdraví, jelikož přenášejí různé patogeny (Graczyk et al. 2005). Mezi nejvýznamnější podčeledi Scarabaeidae patří např. Aphodiinae Leach, 1815, Scarabaeinae Latreille, 1802, Melolonthinae (obr. 10g, h), Rutelinae (obr. 11e, f), Dynastinae (obr. 10f) a Cetoniinae Leach, 1815 (obr. 10c). Aphodiinae jsou početnou a po celém světě rozšířenou podčeledí a zahrnují druhy, které obývají širokou škálu prostředí a mají různorodé potravní strategie. Z celkového počtu 3621 (Bánki, 2025) popsaných druhů připadá přibližně 70 % na pouhé čtyři rody. Nejpočetnější z nich je rod *Aphodius*. Aphodiinae (obr. 10a) patří mezi jedny z nejrozmanitějších skupin v rámci Scarabaeidae z hlediska prostředí, která obývají. Najdeme je v mnoha typech stanovišť. Jejich potrava sahá od rozkládající se organické hmoty přes trus, mrtvá zvířata, houby a rostliny. Aphodiinae mají specifické vztahy s termity a mravenci, které jsou často doprovázeny morfologickými přizpůsobeními. Cambefort (1991) je rozdělil na tzv. „tvrdé konzumenty“ (živící se detritem) a „měkké konzumenty“ (např. živící se trusem). Ve středních zeměpisných šířkách je rod *Aphodius* klíčovým aktérem při odstraňování trusu, zatímco v tropických oblastech je tato úloha převážně zastoupena brouky z podčeledi Scarabaeinae. Význam hnojníků při odstraňování trusu a jeho zahrabávání je celosvětově dobře zdokumentován, zejména z hlediska zlepšení produktivity pastvin

a efektivní recyklace živin (Edwards and Aschenborn 1987, Mittal 1993, Tyndale-Biscoe 1994). Scarabaeinae (obr. 10d, e, i; obr. 11a, b, c, d) jsou početnou a po celém světě rozšířenou podčeledí čeledi Scarabaeidae, zahrnující přibližně 5 000 druhů. (Cambefort & Hanski 1991; Scholtz et al. 2010). Scarabaeinae jsou považováni za „pravé“ hovnivály, aby se odlišili od Geotrupidae a Aphodiinae, jejichž někteří zástupci se také mohou živit trusem. U Scarabaeinae se jak dospělci, tak larvy výhradně živí trusem, přičemž larvy se vyvíjejí v hmotě trusu, kterou připraví dospělci. Rodičovská péče je u Scarabaeinae běžná a u některých druhů i velmi propracovaná (Beutel & Leschen 2016). Scarabaeinae se funkčně rozdělují na dvě hlavní skupiny podle chování: „váleční“ (rollers) a „kopáči“ (tunnelers) (Cambefort 1991). Třetím typem chování je pobyt v trusu (dwellers) a spočívá v tom, že dospělci i larvy žijí přímo v hromadě trusu. Toto chování je typické hlavně pro Aphodiinae, ale vyskytuje se také u dvou rodů Scarabaeinae (Cambefort & Hanski 1991). Zajímavé je, že i samotné válení kuliček není jednotné. Některé druhy je valí pozpátku, jiné je táhnou nebo přenášejí předními končetinami či hlavou (Scholtz 1990; Halffter & Matthews 1966, 1971; Monteith & Storey 1981; Zunino et al. 1989). Melolonthinae jsou největší podčeledí čeledi Scarabaeidae. Většina druhů se v dospělém i larválním stádiu živí rostlinnou potravou, přičemž larvy se obvykle specializují na kořeny. U mnoha druhů však dospělci potravu vůbec nepřijímají. Některé rody mohou být významnými zemědělskými škůdci, protože poškozují široké spektrum zemědělských plodin. Dospělci druhů, které se živí květy nebo pylem, jsou často aktivní ve dne, ale většina druhů je aktivní v noci či za soumraku (Beutel & Leschen 2016). Rutelinae jsou po celém světě rozšířenou a početnou podčeledí čeledi Scarabaeidae. V dospělosti se Rutelinae živí rostlinnou potravou, především listy a květy, zatímco jejich larvy preferují kořeny a rozkládající se rostlinné zbytky. Některé rody, jako *Popillia* Leach, 1826 nebo *Anomala* Leach in Samouelle, 1819, patří mezi významné zemědělské škůdce. Další celosvětově rozšířenou podčeledí jsou Dynastinae. Nosorožci, jak se běžně nazývají zástupci této podčeledi, dostali své jméno podle nápadných rohů, které samci mnoha druhů nesou na hlavě nebo předhrudí. Do této skupiny patří nejen největší, ale i nejtěžší brouci světa, například *Dynastes hercules* Linnaeus, 1758 a *Megasoma* Kirby, 1825. Dospělci se živí různými částmi rostlin, jako jsou květy, kukuřičné klasy nebo podzemní hlízy, zatímco larvy upřednostňují půdní organický materiál a kořeny. Několik druhů patří mezi významné škůdce lesních dřevin a kořenových plodin. U několika afrických druhů se navíc vyskytuje zvláštní chování, kdy vykrádají úly, kde se živí včelím medem (Evans & Nel 1989).

Belohinidae s jediným popsaným druhem *Belohina inexpectata* se vyskytuje v jižní části Madagaskaru. O životní historii tohoto druhu se ví velice málo. *Belohina inexpectata* byla nalezena v březnu (což odpovídá období dešťů v oblasti) po silných deštích (Ballerio et al. 2023).

Ochodaeidae jsou malou, téměř kosmopolitně rozšířenou čeledí (chybějí pouze v Austrálii a na Novém Zélandě), která se dělí na dvě podčeledi (Ochodaeinae a Chaetocanthinae), 15 rodů a přibližně 110 druhů (Bouchard et al. 2017), zaznamenaných převážně z holarktické oblasti, jižní Afriky a Madagaskaru (Scholtz et al. 1988). O životních projevech čeledi Ochodaeidae je k dispozici jen málo informací. Dospělci bývají nejčastěji nalézáni u světelných zdrojů, obvykle v polosuchých, písčitých oblastech (Deloya 1988).

Hybosoridae mají celosvětové rozšíření a jsou nejvíce zastoupeni v tropech. Hybosoridae tvoří přibližně 74 rodů a 570 druhů (Bouchard et al. 2017). O životních projevech druhů čeledi Hybosoridae existuje málo informací, dospělci mohou být nekrofágní (živící se zdechlinami), koprofágní (živící se trusem) nebo mykofágní (živící se houbami), případně se mohou živit tlejícím dřevem. U některých druhů byla zaznamenána vazba na mravence a termity (Jameson 2002; Ocampo 2006; Casari & Ide 2012; Basílio 2023).

Čeď Glaphyridae zahrnuje dvě podčeledi (Lichninae a Glaphyrinae), 10 rodů a asi 205 druhů (Bouchard et al. 2017). Dospělci z podčeledi Lichninae jsou aktivní přes den a vynikají svým letem. Často mají jasné zbarvení a svým vzhledem napodobují včely. Obvykle se vyskytují v blízkosti květín nebo mezi listy rostlin. Většina druhů se vyskytuje v písčitých oblastech. Podčeď Lichninae se vyskytuje pouze v západní části Jižní Ameriky, zatímco podčeď Glaphyrinae je rozšířena v holarktické oblasti (Carlson 2002).

Lucanidae jsou široce rozšířenou čeledí s asi 115 rody a až 1500 druhy (Bouchard et al. 2017), známými ze všech zoogeografických oblastí. Mnozí brouci jsou pozoruhodní svým sexuální dimorfismem a velkými zubatými mandibulami u samců, zatímco v některých skupinách jsou si pohlaví v podstatě podobná (Beutel & Leschen 2016). Lucanidae se nejčastěji vyskytují v tlejícím dřevě a padlých kmenech v různých typech lesů, a to jak v jehličnatých, tak listnatých. Některé druhy dospělců přitahuje umělé osvětlení. Larvy žijí ve shnilém dřevě, často ve společnosti dospělých jedinců. U řady druhů jsou dospělci bezkřídlí (Scholtz 200) a zřejmě už nepřijímají potravu (Moore & Cassis 1992). Přesto je někdy můžeme zahlédnout na květech nebo u stromové mízy (Beutel & Leschen 2016).

Passalidae jsou široce rozšířenou, převážně tropickou čeledí s asi 64 rody a až 800 druhy (Bouchard et al. 2017), pronikajícími do mírných oblastí v Austrálii, Severní Americe a Jižní Africe (Lawrence et al. 1999). Některé druhy této čeledi projevují jednoduchou formu

sociálního chování, kdy se dospělci aktivně starají o své larvy a zajišťují jim potravu. Všechna vývojová stadia žijí pohromadě v dřevěných dutinách, které připraví dospělci (Reyes-Castillo & Halffter 1984).

Trogidae (obr. 11i) jsou malou kosmopolitní čeledí, která se skládá z pěti rodů a přibližně 300 druhů (Bouchard et al. 2017). Rod *Trox* Fabricius, 1775 má holarktické rozšíření a rod *Phoberus* MacLeay, 1819 afrotropické. Trogidae jsou výjimeční v rámci Scarabaeoidea, protože jak dospělci, tak larvy všech druhů se specializují na konzumaci keratinu. Dospělci stridulují, ale larvy nikoliv (Scholtz 1986).

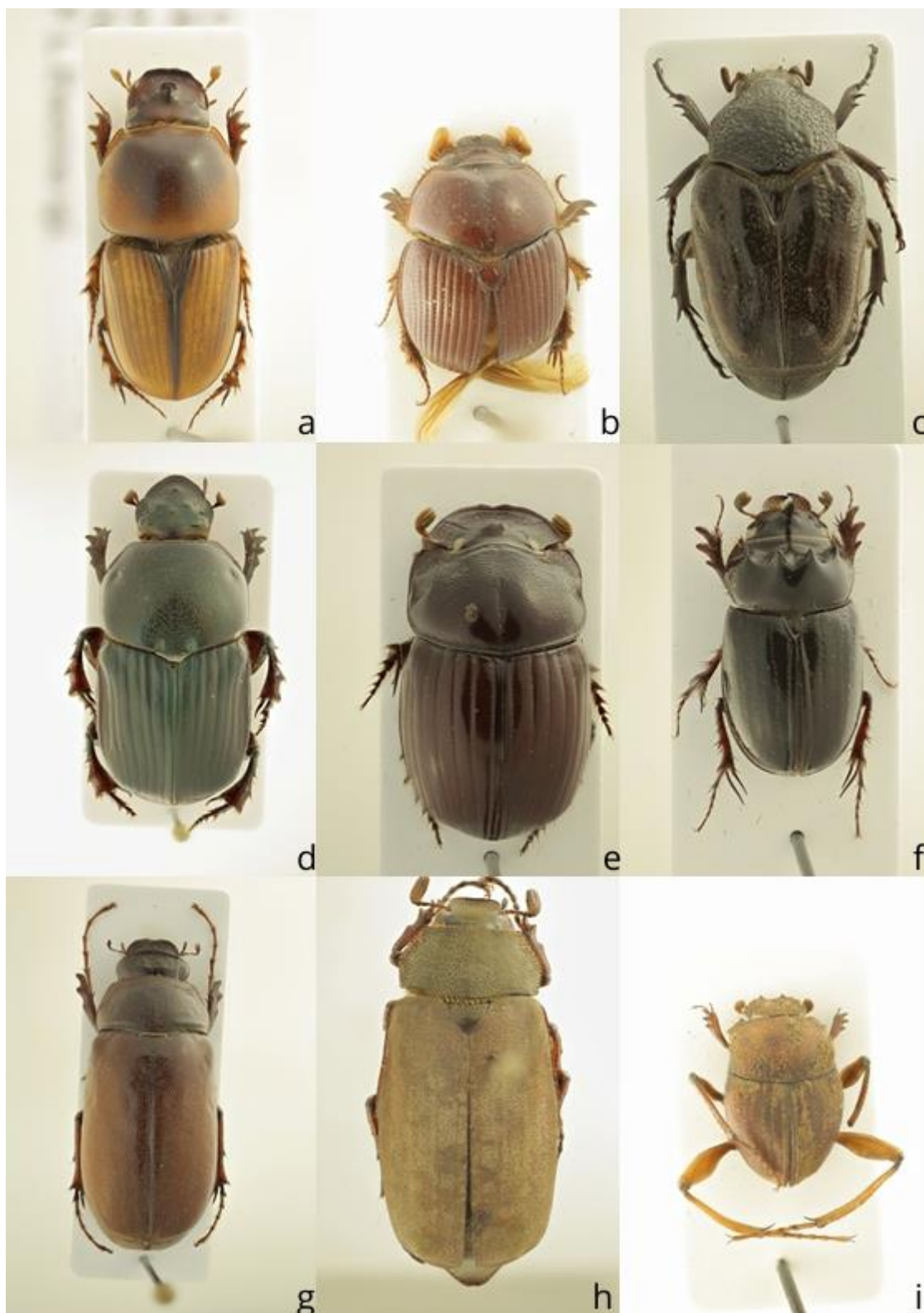
Glaresidae jsou malou a široce rozšířenou čeledí (s výjimkou Austrálie, Nového Zélandu a Japonska) s jediným rodem *Glaresis* Erichson, který zahrnuje přibližně 60 druhů (Bouchard et al. 2017). O jejich životních projevech je známo jen málo. Dospělci jsou obvykle sbíráni u světél v písčitých oblastech polosuchých regionů. Dospělci vydávají slabé stridulace. Larvy nejsou známy (Beutel & Leschen 2016).

Čeď Pleocomidae se vyskytuje pouze v západní části Severní Ameriky, od státu Washington v USA až po Baja California v Mexiku (Davis 1934). Je popsáno 50 druhů ve dvou rodech (Bouchard et al. 2017). Samci tohoto druhu mají křídla, zatímco samice jsou bezkřídle. Jsou aktivní především brzy ráno v chladnějších měsících a samci se vyskytují i za deště, kdy aktivně létají (Ellerston & Ritcher 1959; Hovore 2002). Dospělí jedinci nepřijímají potravu, protože nemají funkční ústní orgány ani trávicí systém (Fellin 1975, 1981). Larvy jsou dlouhověké (8–12 let) a vyznačují se tím, že mají více než tři larvální instary (až 9 a více). Žijí v půdě, kde se živí kořeny (Beutel & Leschen 2016).

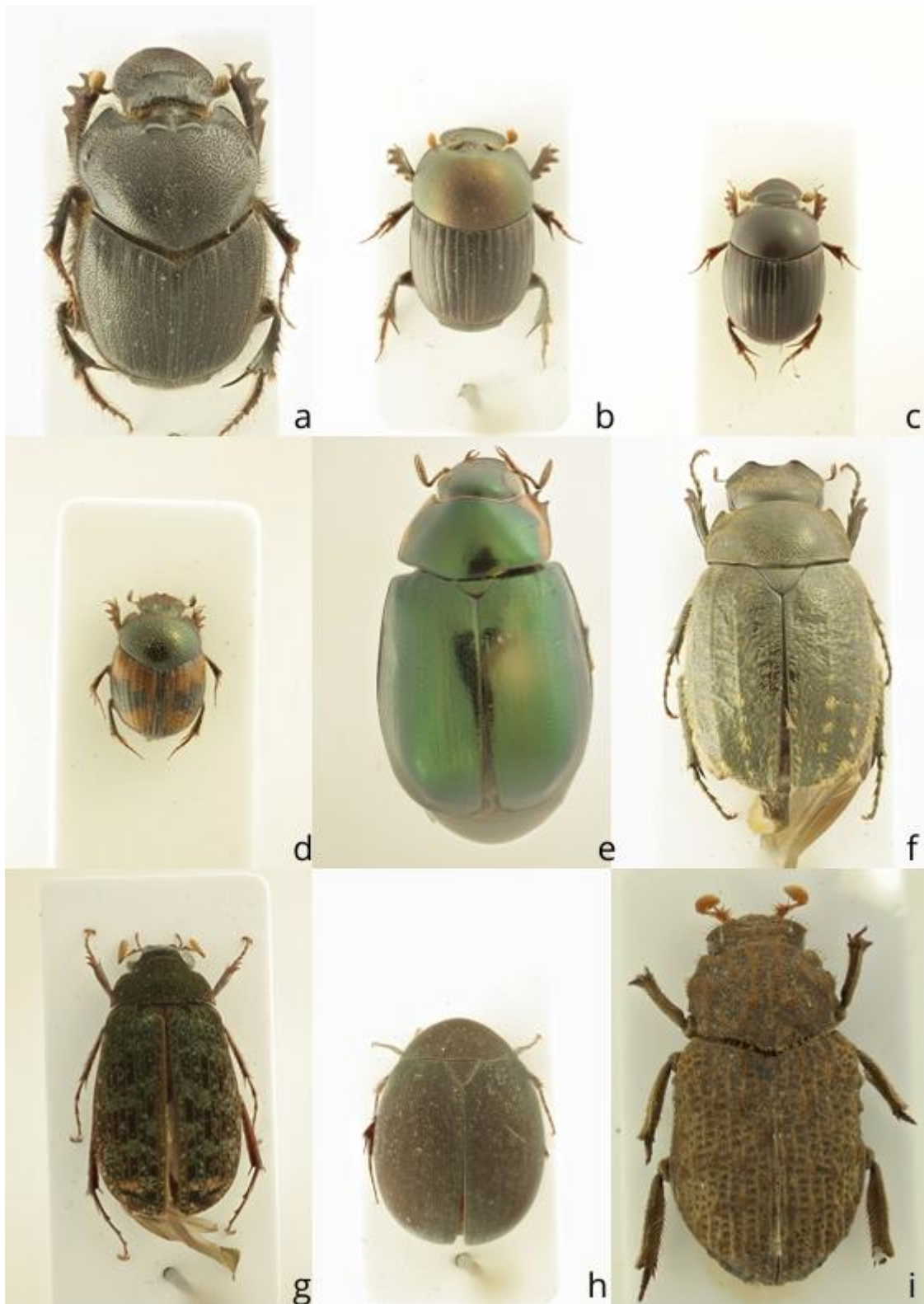
Bolboceratidae (obr. 10b) jsou převážně palearkticky rozšířenou čeledí. Brouci jsou střední až větší velikosti a mají vždy plně vyvinutá křídla. U většiny druhů této skupiny nejsou životní strategie příliš prozkoumány. Některé druhy se živí houbovým podhoubím, jiné pravděpodobně vůbec nepřijímají potravu. U známých případů však dospělci aktivně vyhrabávají svislé chodby (nory), do kterých ukládají zásoby humusu jako potravu pro larvy. U amerických zástupců rodu *Bolboceras* se všechny vývojové fáze vyskytují společně na jednom místě. Dospělci jsou aktivní převážně v noci a přitahuje je světlo (Beutel & Leschen 2016).

Diphyllostomatidae představují čeď, která zahrnuje pouze jeden rod se třemi druhy (Bouchard et al. 2017). Tyto tři druhy rodu *Diphyllostoma* Fall jsou endemické pro západní pobřeží Kalifornie (Jameson & Ratcliffe 2002). Samice jsou bezkřídle (Fall 1932), larvy, které dosud nebyly popsány, pravděpodobně žijí v půdě (Holloway 1972; Jameson & Ratcliffe 2002).

Geotrupidae zahrnuje 70 rodů a přibližně 920 druhů (Bouchard et al. 2017). Jedná se o široce rozšířenou čeleď (kromě Nového Zélandu). Dospělci připravují svislé chodby (nory) a zásobují je potravou pro larvy. U podčeledi *Geotrupinae* se potrava liší – od trusu, přes houby až po humus. *Lethrinae* konzumují výhradně zelené listy, které brouci sbírají a rozmělní (Klemperer & Lumaret 1985). U *Lethrinae* bylo prokázáno, že k orientaci mezi zdrojem potravy a norou využívají různé objekty na obloze (Frantsevich et al. 1977).



Obr. 10: Zástupci nadčeledi Scarabaeoidea: a – Scarabaeidae: Aphodiinae, b – Bolboceratidae, c – Scarabaeidae: Cetoniidae, d-e – Scarabaeidae: Scarabaeinae: Coprini, f – Scarabaeidae: Dynastiinae, g-h – Scarabaeidae: Melolonthinae, i – Scarabaeidae: Scarabaeinae: Sisyphini



Obr. 11: Zástupci nadčeledi Scarabaeoidea: a-d – Scarabaeidae: Scarabaeinae: Ontophagini, e-f – Scarabaeidae: Rutelinae, g-h – Scarabaeidae: Sericinae, i – Trogidae

2. Materiál a metody

V této kapitole jsou popsány postupy sběru, zpracování a analýzy vzorků hmyzu z jihozápadního Kamerunu. Celkem jsem analyzovala 24 vzorků hmyzu, které byly zpracovány v laboratoři.

Vzorky byly získány pomocí nárazových pastí, tzv. FIT – flight interception traps (obr. 12). Nárazové pasti (FIT – flight interception traps) představují velice efektivní způsob pro sběr létajícího hmyzu a dalších bezobratlých živočichů. Fungují na principu průhledné překážky (jemná průhledná síť, průhledná stěna, např. z monofilu nebo obyčejné plexisklo), do které hmyz narazí a následně spadne do sběrné nádoby, která je umístěna na zemi, nebo pod samotnou pastí. Ve sběrné nádobě mohou být různé druhy konzervačních kapalin (fixačních médií), např. 4 % formaldehyd, 5 % ethylenglykol (Fridex), nasycený roztok chloridu sodného, roztok etylenglykolu a vody v poměru 1:1, propylenglykol a jiné. Nárazová past se dá zastřešit, aby do nádob s fixačním médiem nenatekla dešťová voda. K sestavení nárazové pasti je potřeba spodní plachta a horní plachta z nepromokavého materiálu, samotnou nárazovou stěnu s konstrukcí, provazy a ukotvovací kolíky (Kundrata 2012).

Nárazové pasti použité pro tento experiment byly tvořeny tvrzenou transparentní PVC fólií o tloušťce 0,5 mm s nárazovou plochou o rozměrech 70 cm na šířku a 100 cm na výšku a byly umístěny kolmo od povrchu země a připevněny pomocí provazů mezi dva blízké stromy tak, aby nárazová plocha pasti nepřiléhala ke kmeni stromu. Z obou stran nárazové plochy byly u země umístěny sběrné plastové transparentní nádoby obsahující koncentrovaný mono-propylen glykol, který sloužil k zachycení, usmrcení a konzervaci polapeného hmyzu mezi jednotlivými intervaly výběru pastí. Z každé strany fólie byly instalovány čtyři nádoby. Rozměry nádoby: 190 mm délka, 142 mm šířka a 65 mm výška, celkový objem 1200 ml. Pro odchyt hmyzu bylo do každé nádoby aplikováno cca 400 ml fixační tekutiny. Důležitou podmínkou pro správnou instalaci bylo umístění spodní hrany náletové fólie pod úroveň sběrných misek, aby letící hmyz nemohl využít případné mezery mezi dolní hranou fólie a horní hranou sběrné vaničky k úniku. Každá past byla opatřena pevnou nepromokavou střechou vyrobenou s cely o rozměrech 250 x 150 cm. V rámci sledovaného experimentu byly instalovány tři nárazové pasti výše uvedených rozměrů v primárním pralese na jižním svahu Kamerunské hory v nadmořských výškách okolo 1100 m n. m. Zvolená lokalita leží ve středních nadmořských výškách, kde dochází k přechodu od nížinného tropického lesa k lesu středních poloh, které jsou v tropických oblastech obecně považovány za elevace s největší druhovou rozmanitostí. Instalaci a výběr nárazových pastí provedl dr. Petr Baňář.

Přesné umístění pastí:

Past č. 1: N 04° 07' 02.4" E 009° 04' 20.0", 1095 m n. m.

Past č. 2: N 04° 07' 01.6" E 009° 04' 16.5", 1092 m n. m.

Past č. 3: N 04° 06' 55.9" E 009° 04' 11.3", 1021 m n. m.

V této části pralesa Kamerunské hory se vyskytuje významná populace slonů pralesních *Loxodonta cyclotis* (Matschie, 1900), kteří svojí činností významně ovlivňují vzhled lesa, který je značně fragmentován. Všechny pasti byly instalovány uvnitř lesa, pod korunami stromů tak, aby byla minimalizována pravděpodobnost poničení procházejícími slony. Instalace pastí proběhla koncem listopadu 2022 a odinstalování v lednu 2024.

Pasti byly v průběhu experimentu celkem osmkrát vybrány. Výběry byly označeny římskými číslicemi od I do VIII.

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
2022	2022/2023	2023	2023	2023	2023	2023	2023
28. 10.– 6. 12.	1. 12.– 7. 1.	6. 1.– 18. 3.	12. 3.– 10. 5.	9. 5.– 8. 7.	4. 7.– 22. 8.	17. 8.– 14. 10.	13. 10.– 26. 11.

Tab. 2: Přesná období výběrů nárazových pastí.

Získaný materiál byl vybrán přelitím obsahu sběrných nádob přes hustý cedník a následně umístěn do plastového sáčku Whirl-Pak pro uchovávání a transport tekutých vzorků, konzervován 75 % etanolem a označen údaji o lokalitě, datu sběru a typu biotopu (elevaci). Po transportu do laboratoře, kde jsou vzorky uchovávány v chladném prostředí, probíhá třídění a identifikace vzorků pomocí binokulární lupy nebo mikroskopu. Zaznamenávala se početnost a druhové složení brouků, případně další morfologické nebo ekologické charakteristiky. Identifikace probíhala spolu s odborníkem dr. Petrem Baňárem v Moravském zemském muzeu v Brně. Klasifikace brouků zde vychází ze studie Bouchard et al. (2024), která vychází z fylogenomické analýzy od autorů Cai et al. (2022). V rámci Scarabaeoidea jsme v identifikaci šli na úroveň čeledí a v rámci čeledi Scarabaeidae na úroveň podčeledí, přičemž u podčeledi Scarabaeinae jsme rozšiřovali triby Coprini (obr. 10d, e), Onthophagini (obr. 11a, b, c, d) a Sisyphini (obr. 10i).



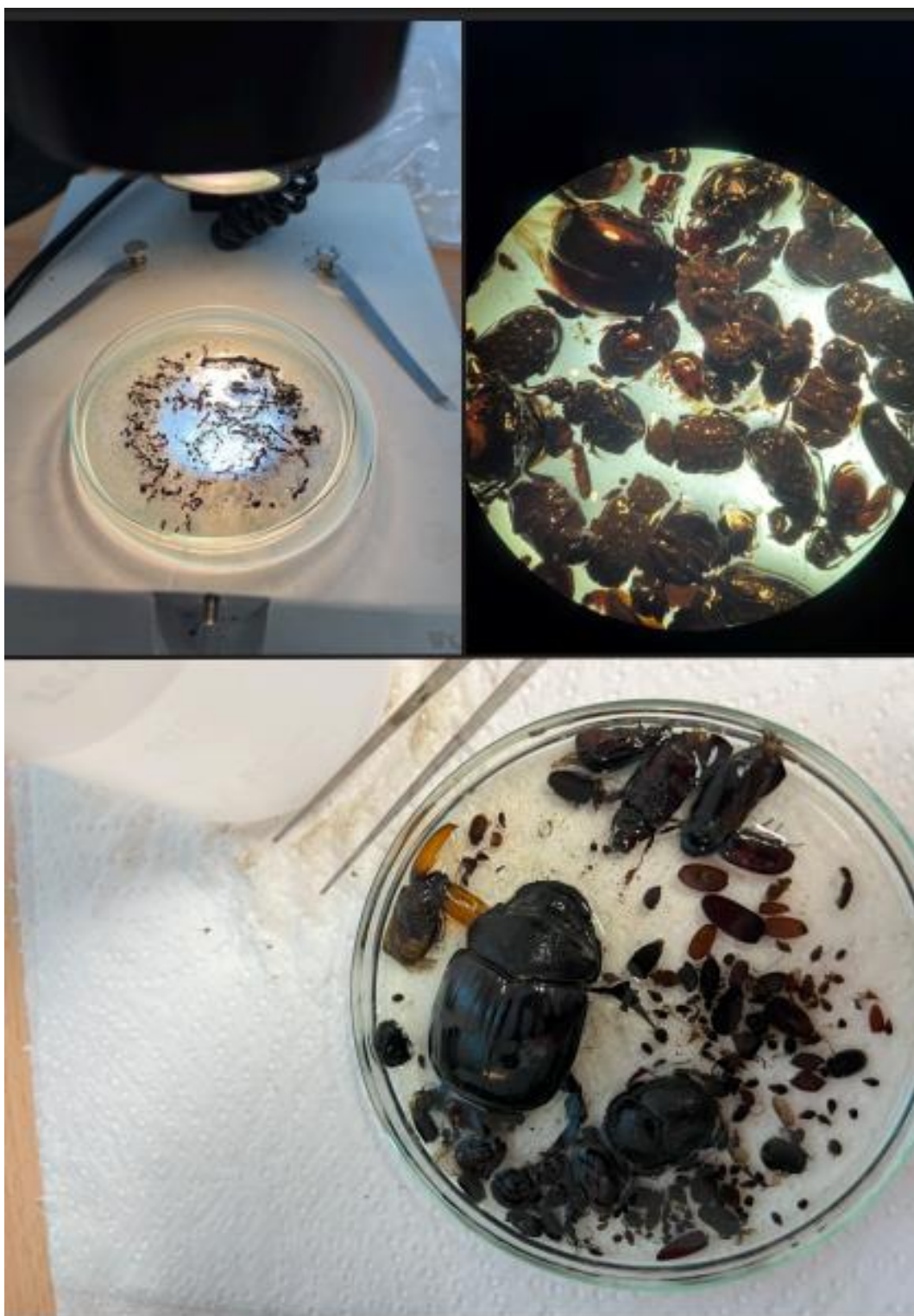
Obr. 12: Nárazová past (FIT – flight interception trap), Kamerun, Foto: Petr Baňář, 2023.

Samotné třídění vzorků probíhalo v laboratoři katedry zoologie na UP v Olomouci (obr. 9-10) a v Moravském zemském muzeu v Brně. K třídění jsem využívala mikroskop nebo binokulární lupu SZP 11 Zoom, Petriho misky, pinzety, stříčku s ethanolem (pro naředění vzorků) a kádinku na odlévání přebytečného ethanolu. Vybrané skupiny brouků jsem následně (dle čeledí, podčeledí a tribů) rozdělila do jednotlivých epruvet s ethanolem.

Pro zjištění ko-okurence jednotlivých čeledí, podčeledí a tribů jsme využili analýzu hlavních koordinát (PCoA, Principal Coordinates Analysis), na základě Bray-Curtisovy vzdáleností. Analýza probíhala v programu Canoco ver. 5.0 (Ter Braak & Šmilauer 2012).



Obr. 13: Průběh třídění vzorků v laboratoři, detaily jednoho z analyzovaných vzorků.



Obr. 14: Průběh třídění vzorků v laboratoři, detaily analyzovaných vzorků.

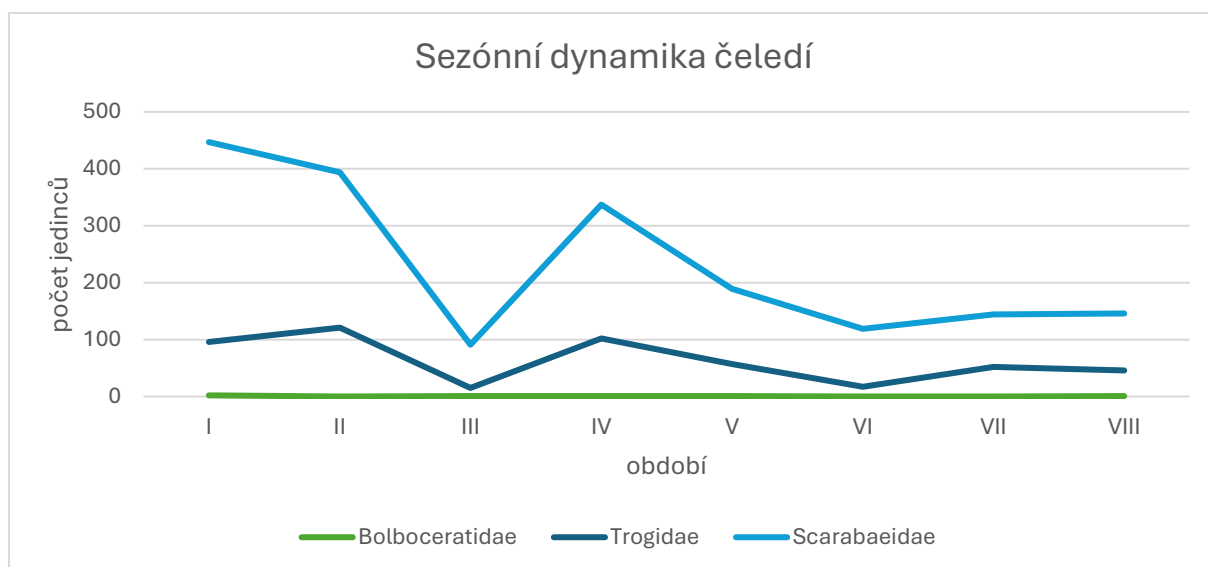
3. Výsledky

Tabulka 3 zobrazuje počty jedinců různých čeledí a podčeledí brouků v různých časových obdobích během sezóny 2022/2023. Období jsou označena římskými čísly I–VIII a pokrývají období od října 2022 do listopadu 2023 přičemž zahrnují všechna data ze všech pastí. Každý řádek reprezentuje konkrétní skupinu brouků a sloupec konkrétní časový úsek. V příloze jsou dále rozpracovány výsledky jednotlivých pastí (tab. P1-P3, obr. P1-P9).

Jednoznačně nejpočetnější skupinou je tribus Ontophagini v podčeledi Scarabaeinae (čeleď Scarabaeidae) (obr. 11a, b, c, d). Tato skupina dominuje s 1 640 jedinci, což je více než 2/3 všech jedinců (celkem 2 379). Největší výskyt byl v období I (403) a II (367). Počet pak postupně klesá až do léta, ale i v období IV–VIII zůstává relativně vysoký. Nejnižší výskyt je právě v období silných dešťů, které odpovídá období V–VII. Dalším ukazatelem je výrazná sezónnost některých skupin. Například Sericinae (obr. 11, g, h) jsou nejaktivnější na jaře a v létě – období IV až VIII (31, 9, 0, 12, 3). Melolonthinae mají vrchol také na jaře a v létě, ale v období IV–VII (9, 1, 8, 7). Některé skupiny se objevují jen v nízkých počtech, např. Dynastinae, Rutelinae a Sisyphini. Celkově byl největší počet jedinců během zimy, v období I a II. Nejnižší výskyt byl zaznamenán v období III (107) a VI (136), tedy v období zimy a vysokého léta. Existuje jasná sezónnost, kdy některé skupiny kulminují na jaře/létě (např. Melolonthinae, Sericinae), jiné na podzim/zimu (např. Ontophagini). Celkově v průběhu celé sezóny sběru (28. 10. 2022 – 26. 11. 2023) existují dvě výrazná období aktivity – podzim a jaro.

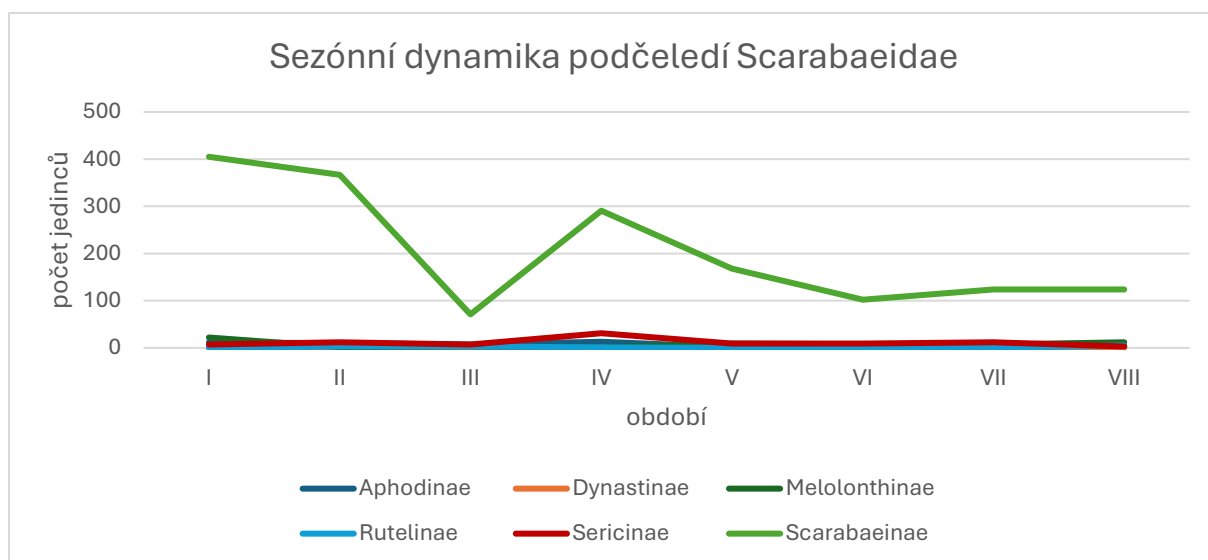
			I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	celkový počet
			2022	2022/2023	2023	2023	2023	2023	2023	2023	
čeleď	podčeleď	tribus	28. 10. – 6. 12.	1. 12. – 7. 1.	6. 1. – 18. 3.	12. 3. – 10. 5.	9. 5. – 8. 7.	4. 7. – 22. 8.	17. 8. – 14. 10.	13. 10. – 26. 11.	
Bolboceratidae	Bolboceratinae		2	0	1	1	1	0	0	1	6
Trogidae	Troginae		96	121	15	102	57	17	52	46	506
Scarabaeidae	Aphodinae		12	10	7	13	2	0	1	1	46
	Dynastinae		1	0	0	0	1	0	0	1	3
	Melolonthinae		22	2	3	1	9	8	7	12	64
	Rutelinae		0	3	3	1	0	0	0	5	12
	Sericinae		7	12	7	31	9	9	12	3	90
	Scarabaeinae	Copriini	0	0	0	4	1	0	0	1	6
		Ontophagini	403	367	71	285	166	101	124	123	1640
		Sisyphini	2	0	0	2	1	1	0	0	6
celkový počet			545	515	107	440	247	136	196	193	2379

Tab. 3: Jednotlivé počty jedinců čeledí, podčeledí a tribů v rámci sezóny 2022/2023.



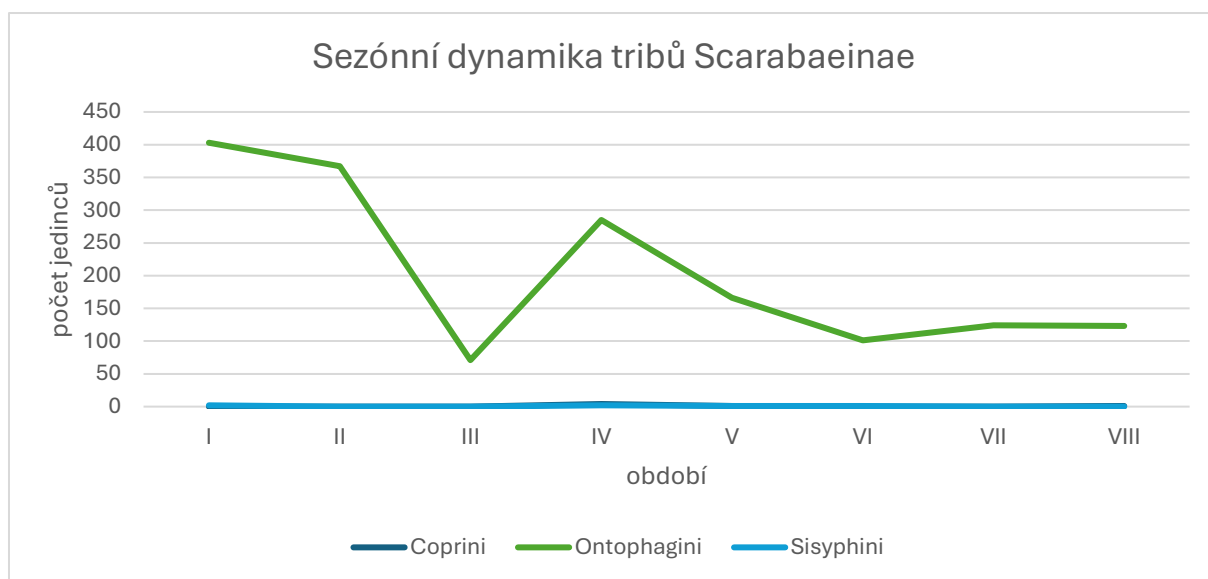
Obr. 15: Sezónní dynamika čeledí.

Graf na obr. 15 zobrazuje vývoj počtu jedinců tří čeledí brouků (Bolboceratidae, Trogidae, Scarabaeidae) v průběhu osmi časových období během sezóny 2022/2023. Scarabaeidae jsou nejdominantnější čeledí v rámci celého sledovaného období. Největší počet jedinců je v obdobích I (podzim) a IV (jaro), s vrcholem v období IV. Následuje prudký pokles v zimě, v období III, kdy až do období VI početnost neustále klesá. U čeledi Trogidae není výskyt tak extrémní jako u Scarabaeidae, ale stále vykazuje sezónní kolísání. Vrcholy jsou u této čeledi od prosince do ledna a následně od března do května, v období II a IV. U čeledi Bolboceratidae je velice nízká početnost a téměř žádné sezónní výkyvy.



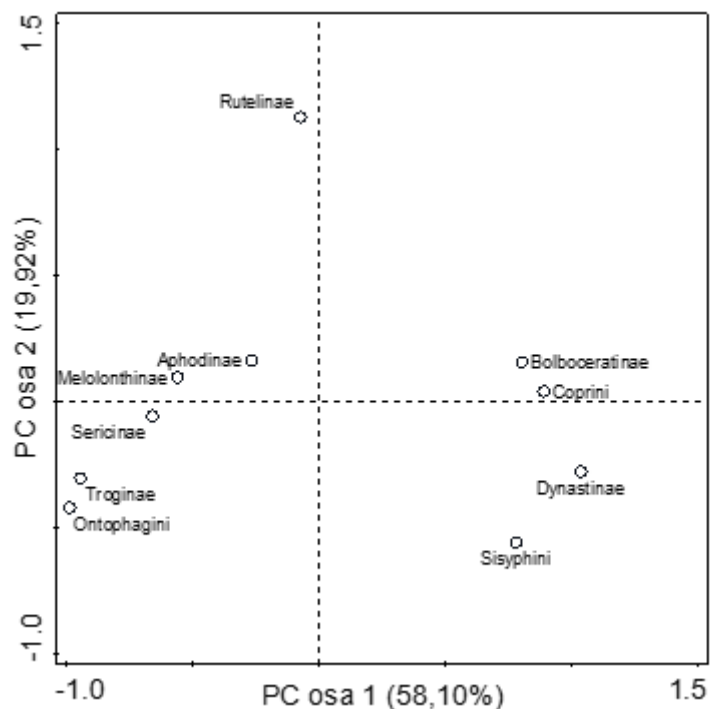
Obr. 16: Sezónní dynamika podčeledí Scarabaeidae.

Graf na obr. 16 zobrazuje sezónní výskyt jednotlivých podčeledí čeledi Scarabaeidae během osmi časových období. Aktivita se zřetelně liší mezi podčeleděmi, přičemž nejvýraznější zastoupení má skupina Scarabaeinae. Výskyt Scarabaeinae má vrcholy v období I (podzim) a IV (jaro). Následuje velký pokles v období III. Po tomto období ale následuje opětovný nárůst. Jedná se především o koprofilní druhy (např. *Ontophagini*). Další výrazné sezonní výkyvy vidíme u Sericinae (červená linie), kdy je nárůst začátkem jara a v létě, v období IV a VII. Výskyt a početnost jedinců u ostatních podčeledí (*Aphodiinae*, *Dynastinae*, *Melolonthinae* a *Rutelinae*) je nízký a nepravidelný, s výskytem jen v některých obdobích.



Obr. 17: Sezónní dynamika tribů Scarabaeinae.

Jednoznačně nejvíce dominantním tribem jsou Ontophagini (obr. 17), s podobným vývojem jako celá podčeleď Scarabaeinae. Vysoký výskyt v zimě a na jaře (v období I a IV), následný pokles v období od ledna do března (období III) a stabilizace. Coprini a Sisyphini se vyskytují v ojedinělých případech, v rámci několika jedinců. Jsou téměř zanedbatelní ve srovnání s Ontophagini. Nevykazují žádné výrazné sezónní kolísání. Závěrem lze říci, že diverzita v rámci Scarabaeidae je sice vysoká, ale dominantní roli hrají Scarabaeinae, zejména tribus Ontophagini. Ostatní podčeledi a triby jsou mnohem méně početné a většinou nevykazují zřetelné sezónní trendy.



Obr. 18: Rozložení taxonomických skupin Scarabaeoidea podle analýzy hlavních komponent (PCA).

Analýza hlavních komponent (PCA) ukázala zřetelné rozdíly i podobnosti mezi jednotlivými taxonomickými skupinami brouků nadčeledi Scarabaeoidea. Největší podobnost v ekologických charakteristikách či sezónním výskytu vykazují tribus Ontophagini, podčeď Troginae a Sericinae. Dynastinae, Sisyphini a Coprini a Bolboceratinae tvoří samostatné shluky na opačné straně osy, což může naznačovat jejich odlišné preference nebo sezónní aktivitu. Podčeď Rutelinae je výrazně oddělená od všech ostatních skupin, což může odrážet její specifické ekologické nároky nebo jiný typ životní strategie.

V případě citací odborných článků s více než šesti autory je v textu a seznamu literatury použit první autor následovaný zkratkou et al.

4. Didaktická analýza odborného tématu

Ve výuce se téma brouci a biomy (tropický deštný les) vyskytují ve více ročnících a v případě biomů i napříč předměty (tab. 4). Brouci bývají součástí výuky v 6. třídě, kde se poprvé žáci seznamují s hmyzem, a následně na střední škole v druhém ročníku, kde se téma brouci probírá již více do detailů. V RVP pro základní vzdělání jsou brouci součástí vzdělávací oblasti Člověk a příroda -> Přírodopis -> Biologie živočichů. V RVP pro gymnázia jsou brouci součástí vzdělávací oblasti Člověk a příroda -> Biologie -> Biologie živočichů. Téma biomy se prolíná mezi biologií (přírodopisem), geografii (zeměpisem), případně environmentální výchovou a dá se tudíž vyučovat ve více předmětech a v několika ročnících. Jedním z důvodů této integrace mezi předměty je fakt, že biomy (typy krajín) jsou součástí průřezového tématu „Environmentální výchova“. Naplnění tohoto průřezového tématu si každá škola určuje sama ve svém ŠVP. Samotná charakteristika jednotlivých biomů se nejčastěji vyučuje na základních školách (6. ročník) a na nižším stupni gymnázií. Biomy se rovněž objevují jako učivo v rámci regionální geografie, která je součástí výuky na středních školách.

Průřezové téma Environmentální výchova (EV)									
Tematický okruh PT	1. stupeň					2. stupeň			
	1. ročník	2. ročník	3. ročník	4. ročník	5. ročník	6. ročník	7. ročník	8. ročník	9. ročník
Ekosystémy	INT/Prv (Místo, kde žijeme)			INT/Př (Rozmanitost přírody)		INT/Př (Vznik života) INT/Z (Typy přírodních krajín)	INT/Př (Vývoj ekosystémů) INT/Z (Regiony světa)	INT/Př (Biomy a jejich savci) INT/Z (ČR)	INT/F (Jaderná energie) INT/Př (Základy ekologie)
Základní podmínky života	INT/Prv (Místo, kde žijeme)			INT/Př (Rozmanitost přírody)		INT/Př (Fotosyntéza) INT/Z (Typy přírodních krajín) INT/D (Pravěk)	INT/Př (Přizpůsobení se rostlin a živočichů životu na souši) INT/TVZ (Pitný režim, Regenerace po výkonu)	INT/Př (Podmínky ovlivňující zdraví člověka) INT/TVZ (Hygiena a bezpečnost při pohybov. činnostech) INT/Z (ČR)	INT/F (Jaderná energie) INT/Př (Základy ekologie) INT/Z (Globální problémy)
Lidské aktivity a problémy životního prostředí	PRO 4 / Den Země								
Vztah člověka k prostředí									

Tab. 4: Naplnění PT EV, 2. ZŠ Dr. Hrubého ve Šternberku.

Vyučovací hodina na téma „brouci“ by se skládala z krátkého výkladu, kdy bych žákům (studentům) popsala hlavní charakteristiky skupiny. Součástí výkladu by byla doprovodná prezentace s obrázky, různá edukační videa a 3D modely. Následovala by samostatná práce, kdy by žáci obdrželi pracovní list (obr. 19, 20, 21), který by se ve skupinkách snažili vyplnit. Kladla bych důraz především na využití moderních technologií (práce s mobilním telefonem – možnost využití Google Lens pro určení základních zástupců) a také na systém (zařazení jednotlivých zástupců do systému). Pracovní list je vytvořen pro druhý ročník SŠ.

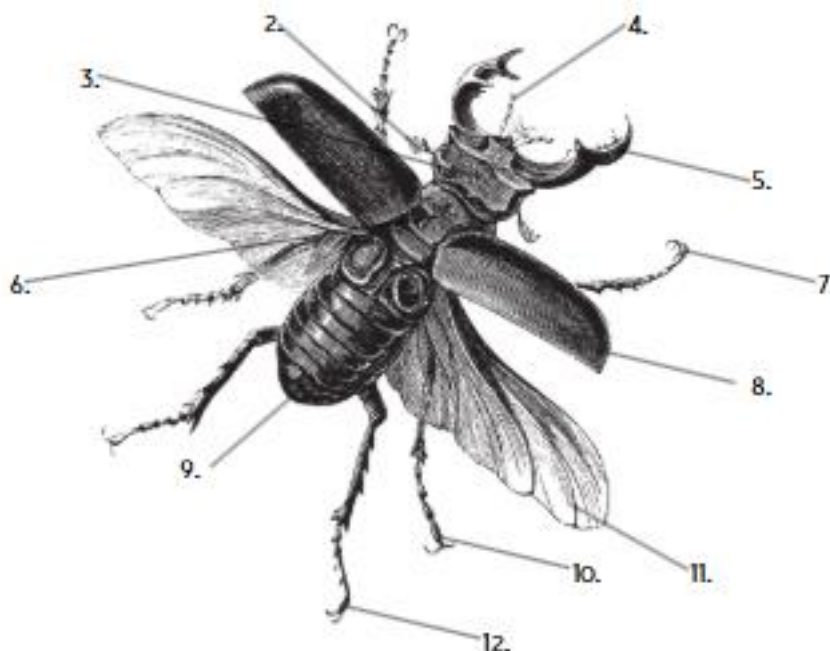
Vyučovací hodina na téma „tropický deštný les“ by se realizovala ve formě pracovního listu (obr. 27, 28, 29) nebo práce s textem (obr. 22-26). Přiložený pracovní list a práce s textem jsou určeny pro studenty střední školy, u nichž se předpokládá základní znalost tématu „tropický deštný les“. Tyto znalosti dále doplňuje a rozvíjí, například o problematiku deforestation.

BROUCI

PRACOVNÍ LIST

1 Přiřaď pojmy k jednotlivým číslům u obrázku:

hlava, makadla, kusadla, 1. pár končetin, 2. pár končetin, krovky, blanitá křídla, hruď, 3. pár končetin, zadeček, tykadla



2 Připiš k daným tvrzením, zdali jsou pravdivá, nebo ne (A/N). Pokud tvrzení není pravdivé, oprav ho tak, aby bylo.

Brouci mají první pár křídel přeměněný na zpevněné krovky.

Brouci jsou nejpočetnější řád hmyzu.

Všichni brouci jsou draví.

Brouci dýchají plicemi.

Brouci mají dokonalou proměnu (holometabolie).

Brouci se vyskytují pouze na souši.

Obr. 19: Pracovní list na téma brouci, strana 1.

BROUCI

PRACOVNÍ LIST

- 3 Pomoci Google Lens přiřpiš k obrázkům, o jakého zástupce se jedná. Zjisti o daném zástupci 1 – 2 zajímavé informace. Navštiv stránku www.biolib.cz a každého zástupce zařaď do systému (čeleď).



zástupce: _____



zástupce: _____



zástupce: _____

Obr. 20: Pracovní list na téma brouci, strana 2.

BROUCI

PRACOVNÍ LIST



zástupce: _____



zástupce: _____



zástupce: _____

Obr. 21: Pracovní list na téma brouci, strana 3.

TROPICKÝ DEŠTNÝ LES

PRÁCE S TEXTEM

Jedním z nejúžasnějších ekosystémů na Zemi jsou tropické deštné lesy. Tyto lesy se s malými odchylkami nacházejí především v rovníkovém pásu, například v Indii, Austrálii, Brazílii, jihovýchodní Asii a v oblasti Konžského pralesa ve střední Africe. Přestože pokrývají pouze 2 % souše, obsahují přibližně 40 % světové flóry a jsou domovem pro 70–90 % všech druhů na planetě.



Úkol č. 1: Zakresli do mapy přibližný výskyt tropických deštných lesů.



Tropické deštné lesy se často nazývají „největší lékárnou světa“. Vyskytuje se v nich množství rostlin s léčivými účinky, z nichž pochází téměř polovina léků, které dnes používáme. Také hrají klíčovou roli v regulaci globálního klimatu.

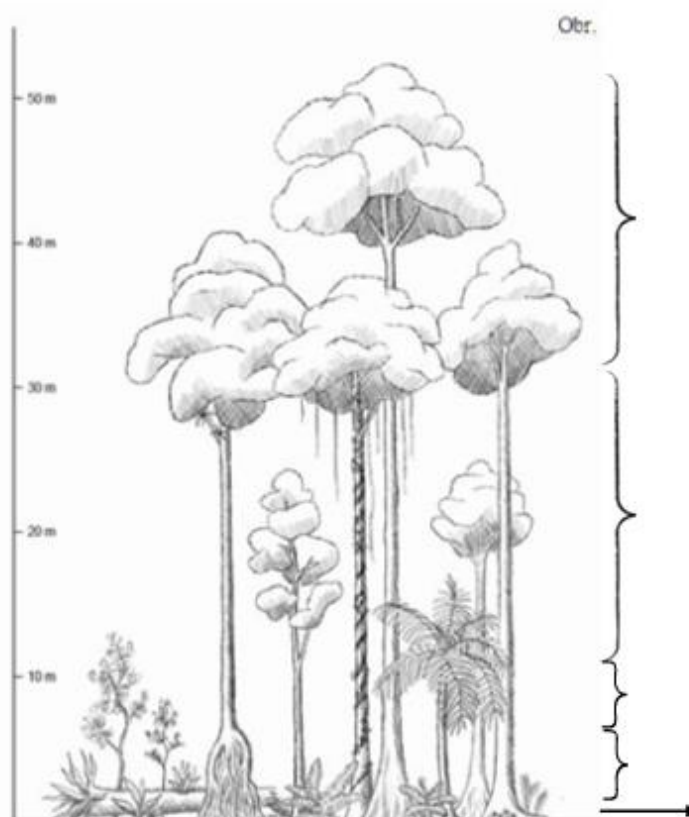
Obr. 22: Práce s textem na téma tropický deštný les, strana 1.

TROPICKÝ DEŠTNÝ LES

PRÁCE S TEXTEM

Tropický deštný les má několik pater: Přízemní (bylinné) patro je obvykle špatně vyvinuté, protože sem dopadá velmi málo slunečního záření. Rostou zde druhy, které nepotřebují mnoho světla, například parazitické rostliny (do 1 metru). Následuje patro keřové, které také není příliš bohaté (1 - 5 metrů). Stromové patro, které se dále dělí na: spodní, střední a vrchní stromové patro, jež představuje nejdominantnější část lesa, kde stromy tvoří až 70 % vegetace (5 - 50 metrů).

Úkol č. 2: Dopln k obrázku jednotlivá patra tropického deštného lesa.



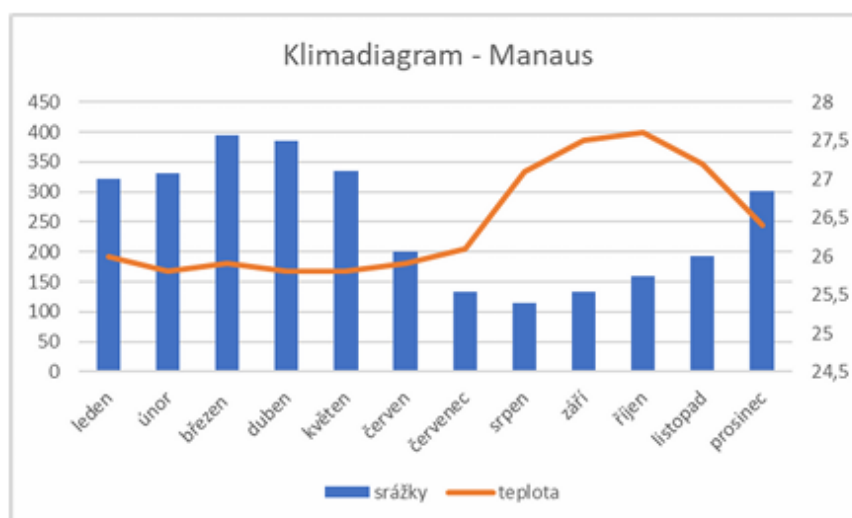
Podle nadmořské výšky a klimatických podmínek se tropické deštné lesy dělí do různých typů, které určují jejich specifické charakteristiky. Dělíme je na: nížinný, horský, vysokohorský mlhový a alpský tropický deštný les.

Obr. 23: Práce s textem na téma tropický deštný les, strana 2.

TROPICKÝ DEŠTNÝ LES

PRÁCE S TEXTEM

Úkol č. 3: Na základě klimadiagramu z oblasti amazonského tropického deštného lesa (Manaus) popište podnebí nížinného tropického deštného lesa.

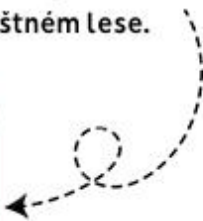


Obr. 24: Práce s textem na téma tropický deštný les, strana 3.

TROPICKÝ DEŠTNÝ LES

PRÁCE S TEXTEM

Úkol č. 4: Navštiv následující odkaz na QR kódu a vypiš si, jaká je flóra a fauna v tropickém deštném lese.



FLÓRA

FAUNA

A co zemědělské plodiny? Co se pěstuje v tropických deštných lesích?

A large, empty rounded rectangular box with a light green border, intended for the student's answer to the question about agricultural crops.

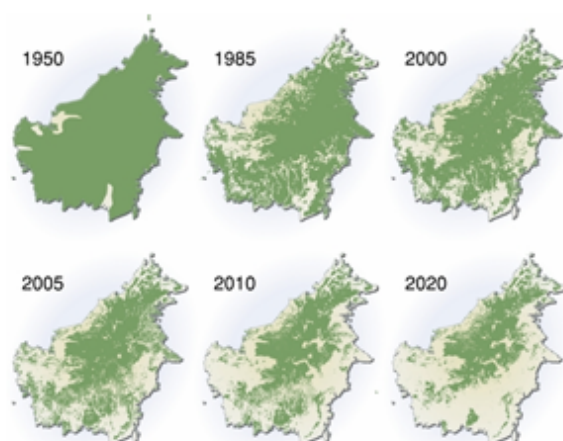
Obr. 25: Práce s textem na téma tropický deštný les, strana 4.

TROPICKÝ DEŠTNÝ LES

PRÁCE S TEXTEM

I přesto, že jsou oblasti tropických deštných lesů velmi cenné, potýkají se s problémem deforestace, která zahrnuje kácení a vypalování za účelem získání zemědělské půdy, dřeva nebo nerostných surovin. Tento proces má dalekosáhlé ekologické, klimatické a sociální důsledky.

Jedním z hlavních problémů je ztráta biodiverzity. Tropické deštné lesy jsou domovem až 70–90 % všech druhů rostlin a živočichů, z nichž mnohé se nevyskytují nikde jinde na světě. Další hrozbou je narušení klimatické stability. Tropické pralesy jsou klíčové pro regulaci globálního klimatu, protože pohlcují obrovské množství oxidu uhličitého a produkují kyslík. Deforestace také vede k půdní erozi, snížení úrodnosti půdy a narušení vodního cyklu, což způsobuje pokles srážek a vyšší riziko sucha. Sociální dopady zahrnují ztrátu životního prostoru domorodých obyvatel. Ti jsou nuceni opouštět své domovy a přicházejí o tradiční kultury a způsoby obživy.



Úkol č. 5: Odpověz na následující otázky:

Jaké jsou hlavní důvody deforestace tropických deštných lesů?

Jaké ekologické a sociální důsledky má deforestace tropických deštných lesů?

Zlepšuje deforestace kvalitu půdy a její dlouhodobou úrodnost? (ANO/NE)

Obr. 26: Práce s textem na téma tropický deštný les, strana 5.

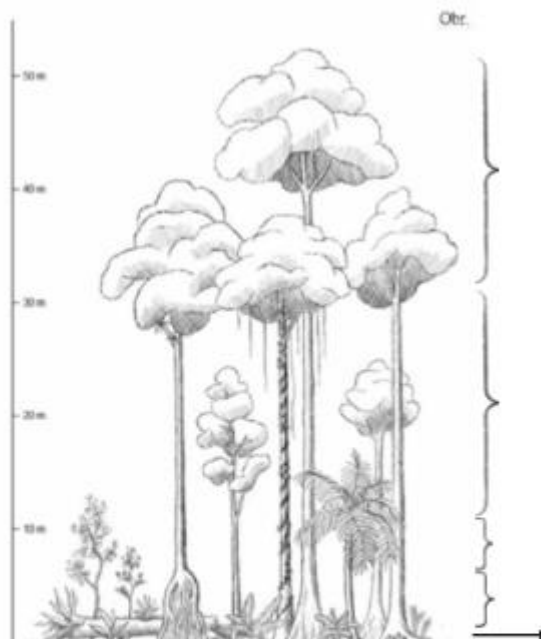
TROPICKÝ DEŠTNÝ LES

PRACOVNÍ LIST

Úkol č. 1: Zakresli do mapy přibližný výskyt tropických deštných lesů.

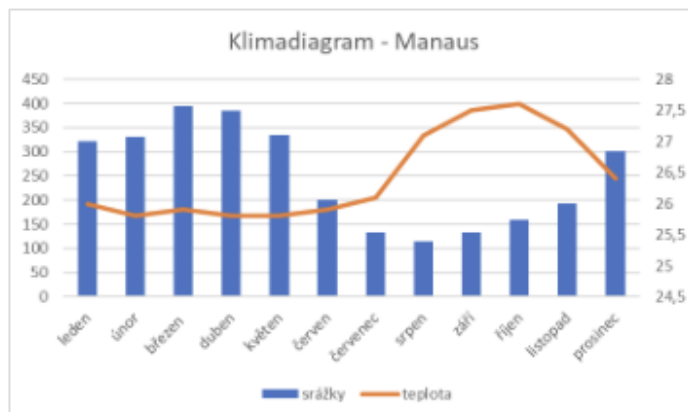


Úkol č. 2: Dopln k obrázku jednotlivá patra tropického deštného lesa, podtrhni si to patro, které si myslíš, že je druhově nejbohatší (z hlediska flóry). Kde rostou tzv. epifyty?



Tropické deštné lesy se často nazývají „největší lékárnou světa“. Vyskytuje se v nich množství rostlin s léčivými účinky, z nichž pochází téměř polovina léků, které dnes používáme. Také hrají klíčovou roli v regulaci globálního klimatu.

Úkol č. 3: Na základě klimadiagramu z oblastí amazonského tropického deštného lesa (Manaus) popište podnebí nížinného tropického deštného lesa.



Úkol č. 4: Navštiv následující odkaz na QR kódu a vypiš si, jaká je flóra a fauna v tropickém deštném lese.



FLÓRA

FAUNA

A co zemědělské plodiny? Co se pěstuje v tropických deštných lesích?

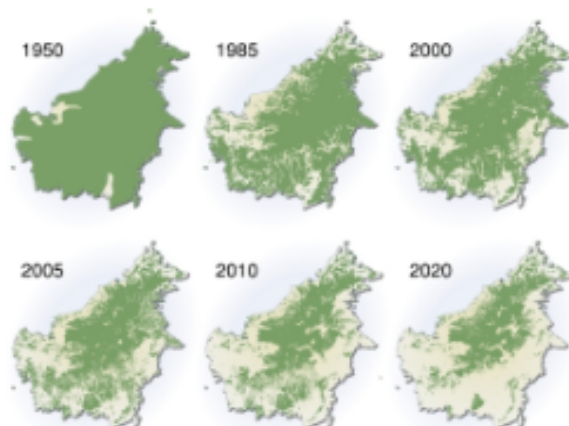
Obr. 28: Pracovní list na téma tropický deštný les, strana 2.

TROPICKÝ DEŠTNÝ LES

PRACOVNÍ LIST

I přesto, že jsou oblasti tropických deštných lesů velmi cenné, potýkají se s problémem deforestace, která zahrnuje kácení a vypalování za účelem získání zemědělské půdy, dřeva nebo nerostných surovin. Tento proces má dalekosáhlé ekologické, klimatické a sociální důsledky.

Jedním z hlavních problémů je ztráta biodiverzity. Tropické deštné lesy jsou domovem až 70–90 % všech druhů rostlin a živočichů, z nichž mnohé se nevyskytují nikde jinde na světě. Další hrozbou je narušení klimatické stability. Tropické pralesy jsou klíčové pro regulaci globálního klimatu, protože pohlcují obrovské množství oxidu uhličitého a produkují kyslík. Deforestace také vede k půdní erozi, snížení úrodnosti půdy a narušení vodního cyklu, což způsobuje pokles srážek a vyšší riziko sucha. Sociální dopady zahrnují ztrátu životního prostoru domorodých obyvatel. Ti jsou nuceni opouštět své domovy a přicházejí o tradiční kultury a způsoby obživy.



Úkol č. 5: Odpověz na následující otázky:

Jaké jsou hlavní důvody deforestace tropických deštných lesů?

Jaké ekologické a sociální důsledky má deforestace tropických deštných lesů?

Zlepšuje deforestace kvalitu půdy a její dlouhodobou úrodnost? (ANO/NE)

Obr. 29: Pracovní list na téma tropický deštný les, strana 3.

5. Diskuze

Problematikou výškové variability a sezónní dynamiky některých skupin hmyzu (Coleoptera, Hymenoptera čeledí motýlů: Noctuidae a Nolidae) ve dvou tropických deštných lesích v Thajsku se zabývali Punthuwat et al. (2024). Tento výzkum se zaměřil na porovnání druhové rozmanitosti a početnosti hmyzu v různých výškách a obdobích (rozděleno na období sucha a období dešťů) a zjistil, které druhy jsou charakteristické pro určité podmínky. Výsledky ukázaly, že většina hmyzu byla různorodější v korunách stromů než v podrostu, i když tento vzorec se měnil podle již zmíněného období sucha, či období dešťů, typu lesa a druhu hmyzu (Punthuwat et al. 2024).

V palearktické oblasti se tématem zabývali Byk a Węgrzynowicz (2015). Tento výzkum byl proveden v Człuchowském lese (polsky: Lasy Człuchowskie) v severozápadním Polsku. Bylo zde zřízeno osm výzkumných ploch, které představovaly pozdní vývojová stadia borových porostů, kdy na každé ploše bylo umístěno pět pastí s kravským trusem. Celkem bylo sesbíráno 47 389 jedinců koprofágních brouků (Scarabaeoidea), kteří patřili k 30 druhům. Následně byly tyto druhy dle sezónní dynamiky rozděleny do tří typů: jarní typ, který se vyznačoval nejvyšší druhovou rozmanitostí, letní typ, který měl mnohem nižší druhovou rozmanitost a podzimní typ, který se vyznačoval nejnižší druhovou rozmanitostí (Byk & Węgrzynowicz 2015).

Výzkum sezónní dynamiky brouků z čeledi Scarabaeidae je v tropických oblastech dosud nedostatečně prostudovaný. Vědecké studie se často zaměřují na druhovou rozmanitost a ekologii těchto brouků (Ballerio 2011; Krell 2025), avšak sezónní dynamika zůstává v mnoha případech opomíjena. V dostupné literatuře převažují výzkumy z mírných zeměpisných šířek, zejména z palearktických oblastí. V tropických deštných lesích, kde se střídají období sucha a dešťů, je však sezónní dynamika rovněž významným faktorem ovlivňujícím rozšíření a aktivitu Scarabaeidae, což poukazuje na potřebu podrobnějšího zkoumání této problematiky. Právě proto se má práce zaměřuje na sezónní dynamiku nadčeledi Scarabaeoidea v tropickém deštném lese na hoře Kamerun.

Získané výsledky ukazují výraznou sezónní variabilitu v početnosti a složení společenstva brouků čeledi Scarabaeidae, přičemž dominantní roli hraje podčeď Scarabaeinae, konkrétně tribus Ontophagini. Nejvyšší početnost jedinců byla zaznamenána v období od října do prosince (období I a II), tedy během období sucha. Tento trend může být vysvětlen jak zvýšenou aktivitou koprofilních druhů v období sucha, tak možnou vyšší efektivitou sběru v tomto období. Srovnání s dalšími studiemi ukazuje podobnosti ve vlivu

sezónnosti na hmyz. Například Mertens et al. (2021) popisují výrazné poklesy početnosti motýlů během období dešťů na hoře Kamerun, což přisuzují extrémnímu srážkovému režimu, který negativně ovlivňuje aktivitu dospělců i dostupnost potravy. Podobný efekt lze pozorovat i v této studii, kde pokles početnosti Scarabaeinae (zejména Ontophagini) v období V–VII (květen–září) koreluje s obdobím dešťů, kdy se snižuje dostupnost potravy a vhodného prostředí pro koprofilní druhy. Také Maicher et al. (2020) potvrzují, že období sucha je příznivější pro hmyz, konkrétně motýly, jejichž druhová bohatost i početnost roste právě mimo období intenzivních srážek. Zajímavý je pokles početnosti v období od ledna do března (období III), který se objevuje napříč více skupinami, včetně dominantního tribu Ontophagini. Tento jev může naznačovat přechodné období nebo obecně období s nižší aktivitou. U koprofilních druhů, jako jsou právě zástupci tribu Ontophagini, může být snížená aktivita spojena s omezenou dostupností vhodného, vlhkého prostředí. Pokles početnosti může také odrážet sezónní migraci či dočasný útlum aktivity, podobně jako u některých druhů motýlů popsanych Maicherem et al. (2020), které se přizpůsobují výškovým a klimatickým změnám. Po tomto období však následuje opětovný nárůst, což naznačuje, že se jedná o přechodnou fázi sezónní dynamiky. Skupiny s nízkou početností (např. Dynastinae, Rutelinae, Sisyphini) nevykazují výrazné sezónní výkyvy, což může být dáno jejich vzácností, ekologickou specializací, krátkou periodou aktivity nebo lokálním výskytem. U čeledi Bolboceratidae, která se vyskytuje v nízkých počtech a bez sezónního trendu, může jít o druhy aktivní krátce po deštích nebo s úzce vyhraněnými ekologickými nároky. Celkově sezónní dynamika Scarabaeidae odráží střídání období sucha a dešťů – klíčových faktorů tropického prostředí. Zatímco některé skupiny (např. Ontophagini) preferují sušší období, jiné (např. Sericinae, Melolonthinae) mohou profitovat z vlhčího prostředí po deštích, kdy dochází k nárůstu vegetace. Závěrem lze říci, že ačkoliv je diverzita v rámci čeledi Scarabaeidae relativně vysoká, dominantní roli hrají zcela jednoznačně zástupci podčeledi Scarabaeinae, zejména tribus Ontophagini. Sezónní dynamika těchto skupin úzce souvisí se změnami v dostupnosti potravy a vlhkosti. Ontophagini dosahují nejvyšší početnosti během podzimu a zimy, zatímco jiné skupiny, jako Melolonthinae nebo Sericinae, kulminují na jaře a v létě. Tyto sezónní rozdíly potvrzují obecné ekologické trendy popsane i v jiných studiích tropických ekosystémů. Výsledky tak přinášejí cenný vhled do sezónní struktury tropických koprofilních brouků a podtrhují význam klimatických a sezónních faktorů pro jejich rozšíření a aktivitu.

6. Závěr

Tato diplomová práce se zabývala sezónní dynamikou brouků, se zaměřením na čeleď Scarabaeidae, v průběhu sezóny od října 2022 do listopadu 2023. Výsledky ukázaly výraznou sezónnost v početnosti jednotlivých skupin, přičemž dominantní roli zaujímala podčeleď Scarabaeinae, zejména tribus Ontophagini. Tito koprofilní brouci byli nejhojněji zastoupeni na podzim (období I) a začátkem zimy (období II), s druhým vrcholem v období na jaře (období IV), což pravděpodobně souvisí s kombinací dostupnosti potravy a vhodné vlhkosti prostředí. Naopak v období od ledna do března (období III) byl u většiny skupin pozorován pokles aktivity, který může odpovídat přechodné fázi sucha, případně sezónní migraci či omezené dostupnosti zdrojů. Zjištěné rozdíly mezi skupinami rovněž ukazují, že některé taxony, jako například Sericinae nebo Melolonthinae, preferují jarní a letní období, zatímco jiné, například Dynastinae nebo Rutelinae, se vyskytují pouze v nízkých počtech a vykazují nepravidelnou aktivitu. Velice nízká početnost u tribů Coprini a Sisyphini je tak nízká, že je téměř zanedbatelná. Celkově lze konstatovat, že sezónní výskyt a početnost jednotlivých skupin brouků silně korelují s klimatickými faktory, zejména přechody mezi obdobími sucha a deště. Tyto výsledky odpovídají obecným ekologickým trendům známým z tropických oblastí. Práce tak přináší nový vhled do sezónní aktivity a rozmístění koprofilních brouků v tropickém prostředí a zdůrazňuje význam sezónních změn pro pochopení jejich ekologie a rozšíření. Výsledky mohou sloužit jako základ pro další ekologické a ochranné studie zaměřené na tropické skupiny brouků, zejména Scarabaeidae.

7. Použitá literatura

- Ballerio A, Gill B, Grebennikov V (2011) Illustrated overview and identification key to Cameroonian Ceratocanthinae beetles (Coleoptera: Scarabaeoidea: Hybosoridae) with description of four new species. *Zootaxa* 2892: 1–24. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.2892.1.1>
- Ballerio A, et al. (2023) Rediscovery of the enigmatic Madagascan endemic *Belohina inexpectata* Paulian, 1958, with notes on its morphology and phylogenetic position (Coleoptera, Scarabaeoidea: Belohinidae). *Fragmenta Entomologica* 55: 139–160. <https://doi.org/10.13133/2284-4880/1539>
- Basílio DS, Cherman MA, Vaz-De-Mello FZ, Almeida LM (2023) Phylogenetic relationships in Hybosoridae (Coleoptera: Scarabaeoidea). *Zoological Journal of the Linnean Society* 198(4): 1156–1170. <https://doi.org/10.1093/zoolinnean/zlac095>
- Bánki, O (2025) Catalogue of Life: Aphodiinae Latreille, 1802. [online]. Dostupné z: <https://www.catalogueoflife.org/data/taxon/8RYQ6> [cit. 29. 4. 2025].
- Bouchard P, Bousquet Y, Davies AE, Cai C (2024) On the nomenclatural status of type genera in Coleoptera (Insecta). *ZooKeys* 1194: 1-981. <https://doi.org/10.3897/zookeys.1194.106440>
- Bouchard P, Smith A, Douglas H, Gimmel M, Brunke A, Kanda K (2017) Biodiversity of Coleoptera: Science and society. <https://doi.org/10.1002/9781118945568.ch11>
- Byk A, Węgrzynowicz P (2015) The structure and seasonal dynamics of coprophagous Scarabaeoidea (Coleoptera) communities in later developmental stages of pine stands in NW Poland. *Journal of the Entomological Research Society* 17: 39–57.
- Cai C, et al. (2022) Integrated phylogenomics and fossil data illuminate the evolution of beetles. *Royal Society Open Science* 9: 211771. <https://doi.org/10.1098/rsos.211771>
- Cambefort Y (1991) From saprophagy to coprophagy. In: Hanski I, Cambefort Y (Eds) *Dung Beetle Ecology*. Princeton University Press, Princeton, 22–35.

Cambefort Y, Hanski I (1991) *Dung Beetle Ecology*. Princeton University Press, Princeton, xii+481 pp.

Carlson DC (2002) Glaphyridae MacLeay, 1819. In: Arnett RH, Thomas MC, Skelley PE, Frank JH (Eds) *American Beetles*, Volume 2. CRC Press, Boca Raton, 37–38.

Casari AS, Ide S (2012) Coleoptera Linnaeus 1758. In: Rafael JA, Melo GAR, de Carvalho CJB, Casari SA, Constantino R (Eds) *Insetos do Brasil*. Holos Editora, Ribeirão Preto, 453–536.

Chaboo C (2020) Flowers are essential to maintain high beetle diversity (Coleoptera) in a Neotropical rainforest canopy. *Journal of Natural History*. <https://doi.org/10.1080/00222933.2020.1811414>

Climate-Data.org (2025): Klimatická data pro města po celém světě. [online] Dostupné z: <https://en.climate-data.org> [cit. 29. 4. 2025].

Davis AC (1934) A revision of the genus *Pleocoma*. *Bulletin of the Southern California Academy of Sciences* 33: 123–130; 34: 4–36.

Dellacasa G (1988) Contribution to a world-wide catalogue of Aegialiidae, Aphodiidae, Aulonocnemidae, Termitotrogidae (Coleoptera: Scarabaeoidea). Part I. *Memorie della Società Entomologica Italiana* 66 (1987): 1–455.

Deloya C (1988) Coleópteros lamelicornios asociados a depósitos de detritos de *Atta mexicana* (Smith) (Hymenoptera: Formicidae) en el sur del estado de Morelos, México. *Folia Entomologica Mexicana* 75: 77–91.

Edwards PB, Aschenborn HH (1987) Patterns of nesting and dung burial in *Onitis* dung beetles: implications for pasture productivity and fly control. *Journal of Applied Ecology* 24: 837–851.

Ellerston FE, Ritcher PO (1959) Biology of rain beetles, *Pleocoma* spp., associated with fruit trees in Wasco and Hood River Counties. *Oregon Agricultural Experiment Station Bulletin* 44: 1–42.

Evans AV, Nel A (1989) Notes on *Macrocyphonistus kolbeanus* Ohaus and *Rhizoplatys auriculatus* (Burmeister) with comments on their melittophilous habits (Coleoptera: Melolonthinae: Dynastinae: Phileurini). *Journal of the Entomological Society of Southern Africa* 52: 45–50.

Fall HC (1932) *Diphyllostoma*: a third species. *Pan-Pacific Entomologist* 8: 159–161.

Frantsevich L, et al. (1977) Astroorientation in *Lethrus* (Coleoptera: Scarabaeidae). *Journal of Comparative Physiology* 121: 253–271.

Global Volcanism Program (2012) Report on Cameroon (Cameroon) (Sennert S, ed.). Weekly Volcanic Activity Report, 1 February–7 February 2012. Smithsonian Institution and US Geological Survey. <https://volcano.si.edu/volcano.cfm?vn=224010>

Goczał J, Beutel RG, Gimmel ML, Kundrata R (2024) When a key innovation becomes redundant: Patterns, drivers and consequences of elytral reduction in Coleoptera. *Systematic Entomology* 49: 193–220. <https://doi.org/10.1111/syen.12617>

Graczyk TK, Knight R, Tamang L (2005) Mechanical transmission of human protozoan parasites by insects. *Clinical Microbiology Reviews* 18: 128–132.

Halffter G, Matthews EG (1966) The natural history of dung beetles of the subfamily Scarabaeinae (Coleoptera: Scarabaeidae). *Folia Entomologica Mexicana* 12–14: 1–312.

Halffter G, Matthews EG (1971) The natural history of dung beetles: a supplement on associated biota. *Revista Latinoamericana de Microbiología* 13: 147–164.

Hansen M (1997) Phylogeny and classification of the staphyliniform beetle families. *Biologiske Skrifter* 48: 1–339.

Holloway BA (1972) The systematic position of the genus *Diphyllostoma* Fall (Coleoptera: Scarabaeoidea). *New Zealand Journal of Science* 15: 31–38.

Hovore FT (2002) Pleocomidae LeConte, 1861. In: Arnett RH, Thomas MC, Skelley PE, Frank JH (Eds) *American Beetles*, Volume 2. CRC Press, Boca Raton, 20–22.

Jackson TA, Klein MG (2006) Scarabs as pests: a continuing problem. *Coleopterists Society Monographs* 5: 102–119.

Jameson ML (2002) Hybosoridae. In: Arnett RH, Thomas MC (Eds) *American Beetles*, Volume 2. Polyphaga: Scarabaeoidea through Curculionoidea. CRC Press, Boca Raton, 861.

Jameson ML, Ratcliffe BC (2002) Diphyllostomatidae Holloway, 1972. In: Arnett RH, Thomas MC, Skelley PE, Frank JH (Eds) *American Beetles*, Volume 2. CRC Press, Boca Raton, 10–11.

Jameson ML, Ratcliffe BC (2002) Series Scarabaeiformia Crowson 1960 (= Lamellicornia): Superfamily Scarabaeoidea Latreille 1802: introduction. In: Arnett RH, Thomas MC, Skelley PE, Frank JH (Eds) *American Beetles*. Volume 2. Scarabaeoidea through Curculionoidea. CRC Press, Boca Raton, FL, 1–5.

Janeček Š, Janečková P, Chmel K (2020) Květy strdimilů a strdimilové květů na Kamerunské hoře. *Živa* 6: 297.

Kirmse S (2024) Diel activity patterns of a canopy-inhibiting beetle community (Coleoptera) in a Neotropical rainforest. *Frontiers in Forests and Global Change* 7: 1370044. <https://doi.org/10.3389/ffgc.2024.1370044>.

Kirmse S (2024) Structure and composition of a canopy-beetle community (Coleoptera) in a Neotropical lowland rainforest in southern Venezuela. *R. Soc. Open Sci.* 11: 240478. <https://doi.org/10.1098/rsos.240478>

Klemperer HG, Lumaret J-P (1985) Life cycle and behaviour of the flightless beetles, *Thorectes sericeus* Jekel, *T. albarracinus* Wagner, and *T. laevigatus cobosi* Baraud (Coleoptera: Geotrupidae). *Annales de la Société Entomologique de France (N.S.)* 21(4): 425–431.

Krell FT, Nuessle TM, Chalifour BN (2025) Four new dung beetle species of the genus *Onthophagus* Latreille from West Africa (Insecta: Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae: Onthophagini). *Taxonomy* 5: 21. <https://doi.org/10.3390/taxonomy5020021>

Lawrence JF, Britton EB (1991) *Australian Beetles*. Melbourne University Press, Carlton, 1–192.

Lawrence JF, Hastings AM, Dallwitz MJ, Paine TA, Zurcher EJ (1999) *Beetles of the World: A Key and Information System for Families and Subfamilies*. Version 1.0 for MS-Windows. CSIRO Publishing, Melbourne.

Lawrence JF, Newton AF (1982) Evolution and classification of beetles. *Annual Review of Ecology and Systematics* 13: 261–290.

Maicher V, et al. (2020) Seasonal shifts of biodiversity patterns and species elevation ranges of butterflies and moths along a complete rainforest elevational gradient on Mount Cameroon. *Journal of Biogeography* 47: 342–354. <https://doi.org/10.1111/jbi.13740>

Mertens JEJ, et al. (2021) Elevational and seasonal patterns of butterflies and hawkmoths in plant-pollinator networks in tropical rainforests of Mount Cameroon. *Scientific Reports* 11: 9710. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-89012-x>

Mittal IC (1993) Natural manuring and soil conditioning by dung beetles. *Tropical Ecology* 34: 150–159.

Monteith GB, Storey RI (1981) The biology of *Cephalodesmius*, a genus of dung beetles which synthesizes dung from plant material (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae). *Memoirs of the Queensland Museum* 20(2): 253–277.

Moore BP, Cassis G (1992) Lucanidae. In: Houston WWK (Ed) *Zoological Catalogue of Australia*, Volume 9. Coleoptera: Scarabaeoidea. AGPS Press, Canberra, 4–19.

Newton AF (1984) Mycophagy in Staphylinioidea. In: Wheeler Q, Blackwell M (Eds) *Fungus–Insect Relationships: Perspectives in Ecology and Evolution*. Columbia University Press, New York, 302–353.

Ocampo FC (2006) Phylogenetic analysis of the scarab family Hybosoridae and monographic revision of the New World subfamily Anaidinae 1. Introduction to the Scarab Family Hybosoridae (Coleoptera: Scarabaeoidea). *Bulletin of the University of Nebraska State Museum* 19: 13–177.

Punthuwat L, et al. (2024) A cross-taxon study in Thailand demonstrates significance of vertical stratification and seasonality in monitoring tropical forest insects. *Integrative Conservation* 3: 410–425. <https://doi.org/10.1002/inc3.76>

Ratcliffe BC, Jameson ML, Smith ABT (2002) Scarabaeidae Latreille 1802. In: Arnett RH, Thomas MC, Skelley PE, Frank JH (Eds) *American Beetles. Volume 2. Scarabaeoidea through Curculionoidea*. CRC Press, Boca Raton, FL, 39–81.

Reyes-Castillo P, Halffter G (1984) La estructura social de los Passalidae (Coleoptera: Lamellicornia). *Folia Entomologica Mexicana* 61: 49–72.

Scholtz CH (1986) Phylogeny and systematics of Trogidae (Coleoptera: Scarabaeoidea). *Systematic Entomology* 11: 355–363.

Scholtz CH (1990) Phylogenetic trends in the Scarabaeoidea (Coleoptera). *Journal of Natural History* 24: 1027–1066.

Scholtz CH (2000) Evolution of flightlessness in Scarabaeoidea (Insecta: Coleoptera). *Deutsche Entomologische Zeitschrift* 47: 5–28.

Scholtz CH, d’Hotman D, Nel A (1988) Phylogeny and systematics of the Ochodaeidae (Coleoptera: Scarabaeoidea). *Journal of the Entomological Society of Southern Africa* 51: 207–240.

Scholtz CH, Grebennikov VV (2005) Scarabaeiformia Crowson, 1960. In: Beutel RG, Leschen RAB (Eds) *Handbook of Zoology. Arthropoda: Insecta. Coleoptera, beetles. Volume 1. Morphology and systematics (Archostemata, Adephaga, Myxophaga, Polyphaga partim)*. Walter de Gruyter, Berlin, 345–366.

Singhal S, Thakkar B, Pandya P, Parikh P (2018) Unraveling the diversity, phylogeny, and ecological role of cryptic Coleopteran species of Vadodara district: a first comparative approach from India. *Journal of Biological and Agricultural Zoology* 79: 53. <https://doi.org/10.1186/s41936-018-0062-2>.

Ter Braak, C.J.F., Šmilauer P (2012) Canoco reference manual and user's guide: Software for ordination (version 5.0). Ithaca, NY: Microcomputer Power.

Tyndale-Biscoe M (1994) Physiology of reproduction in dung beetles (Coleoptera: Scarabaeidae): evolution of reproductive traits. *Journal of Natural History* 28: 1129–1137.
<https://doi.org/10.1080/00222939400770831>

Zenklová T, et al. (2016) Sezonnost tropického deštného lesa z ptačí perspektivy. *Živa* 3: 142–144.

Zunino M, Barbero E, Luzzatto M (1989) Food relocation behavior in Eucraniina beetles (Scarabaeidae) and the constraints of xeric environment. *Tropical Zoology* 2: 235–240.

8. Přílohy

Seznam příloh

Příloha 1 – Výsledky z pasti č. 1 (tabulka P1 a obrázky P1–3)

Tab. P1: Jednotlivé počty jedinců čeledí, podčeledí a tribů v rámci sezóny 2022/2023, past č. 1.

Obr. P1: Sezónní dynamika čeledí, past č. 1.

Obr. P2: Sezónní dynamika podčeledí Scarabaeidae, past č. 1.

Obr. P3: Sezónní dynamika tribů Scarabaeinae, past č. 1.

Příloha 2 – Výsledky z pasti č. 2 (tabulka P2 a obrázky P4–6)

Tab. P2: Jednotlivé počty jedinců čeledí, podčeledí a tribů v rámci sezóny 2022/2023, past č. 2.

Obr. P4: Sezónní dynamika čeledí, past č. 2.

Obr. P5: Sezónní dynamika podčeledí Scarabaeidae, past č. 2.

Obr. P6: Sezónní dynamika tribů Scarabaeinae, past č. 2.

Příloha 3 – Výsledky z pasti č. 3 (tabulka P3 a obrázky P7–9)

Tab. P3: Jednotlivé počty jedinců čeledí, podčeledí a tribů v rámci sezóny 2022/2023, past č. 3.

Obr. P7: Sezónní dynamika čeledí, past č. 3.

Obr. P8: Sezónní dynamika podčeledí Scarabaeidae, past č. 3.

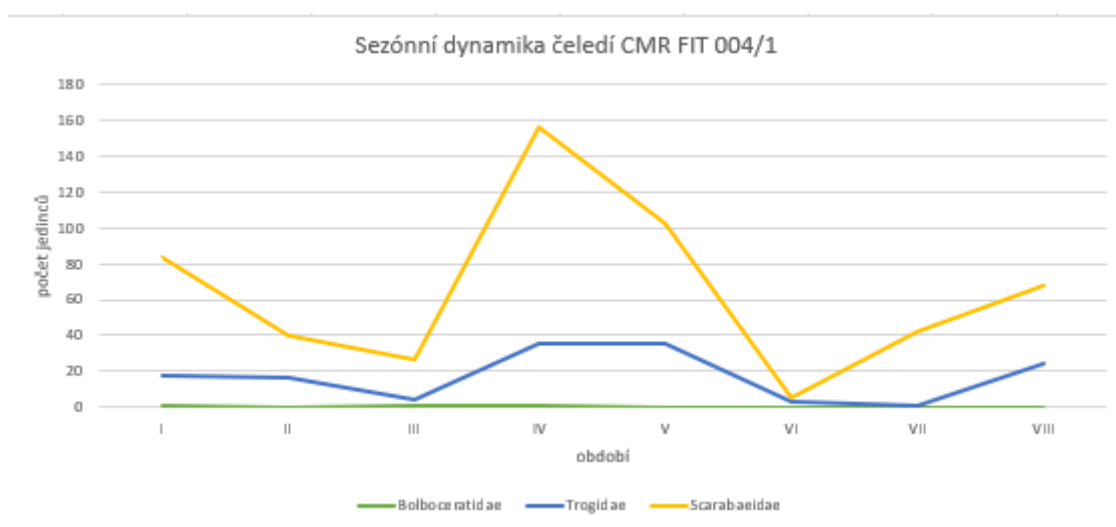
Obr. P9: Sezónní dynamika tribů Scarabaeinae, past č. 3.

Příloha 1 – Výsledky z pasti č. 1 (tabulka P1 a obrázky P1–3)

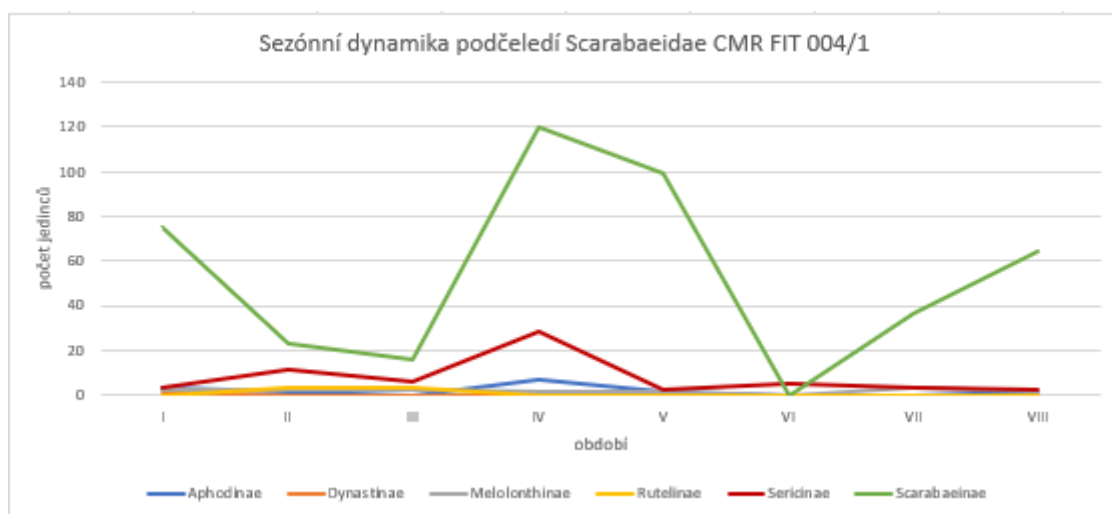
CMR FIT 004/1			I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	celkový počet
čeleď	podčeleď	tribus	2022 28. 10.–6. 12.	2022/2023 1. 12.–7. 1.	2023 6. 1.–18. 3.	2023 12. 3.–10. 5.	2023 9. 5.–8. 7.	2023 4. 7.–22. 8.	2023 17. 8.–14. 10.	2023 13. 10.–26. 11.	
Bolboceratidae	Bolboceratinae		1	0	1	1	0	0	0	0	3
Trogidae	Troginae		17	16	4	35	35	3	1	24	135
Scarabaeidae	Aphodinae		3	1	0	7	1	0	0	1	13
	Dynastinae		1	0	0	0	0	0	0	0	1
	Melolonthinae		2	2	2	1	1	0	3	1	12
	Rutelinae		0	3	3	0	0	0	0	0	6
	Sericinae		3	11	6	28	2	5	3	2	60
	Scarabaeinae	Coprini	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Ontophagini	75	23	16	119	98	0	36	64	431
		Sisyphini	0	0	0	1	1	0	0	0	2
celkový počet			102	56	32	192	138	8	43	92	663

Tab. P1: Jednotlivé počty jedinců čeledí, podčeledí a tribů v rámci sezóny 2022/2023, past č.

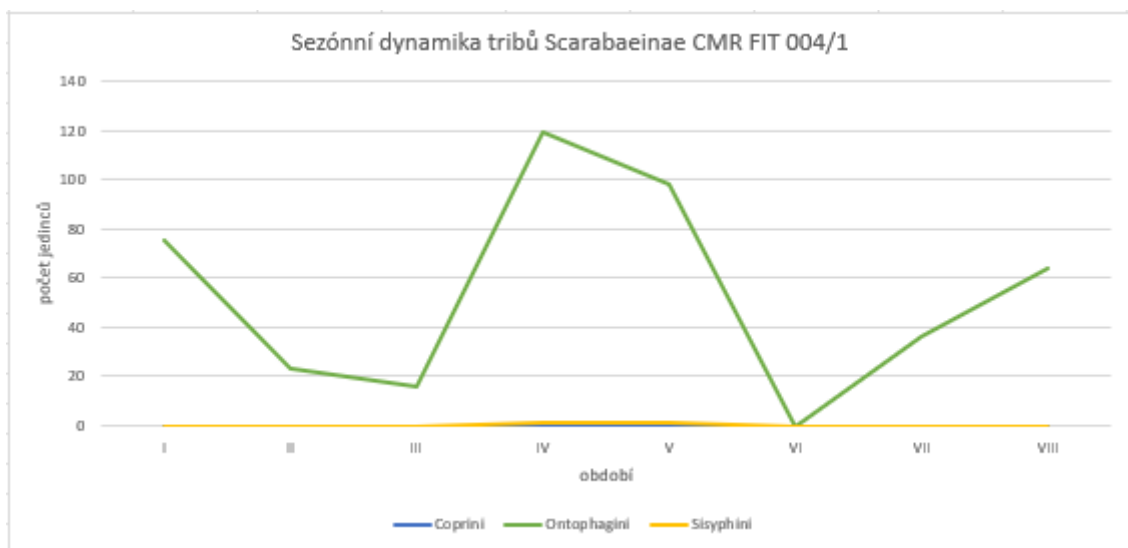
1.



Obr. P1: Sezónní dynamika čeledí, past č. 1.



Obr. P2: Sezónní dynamika podčeledí Scarabaeidae, past č. 1.

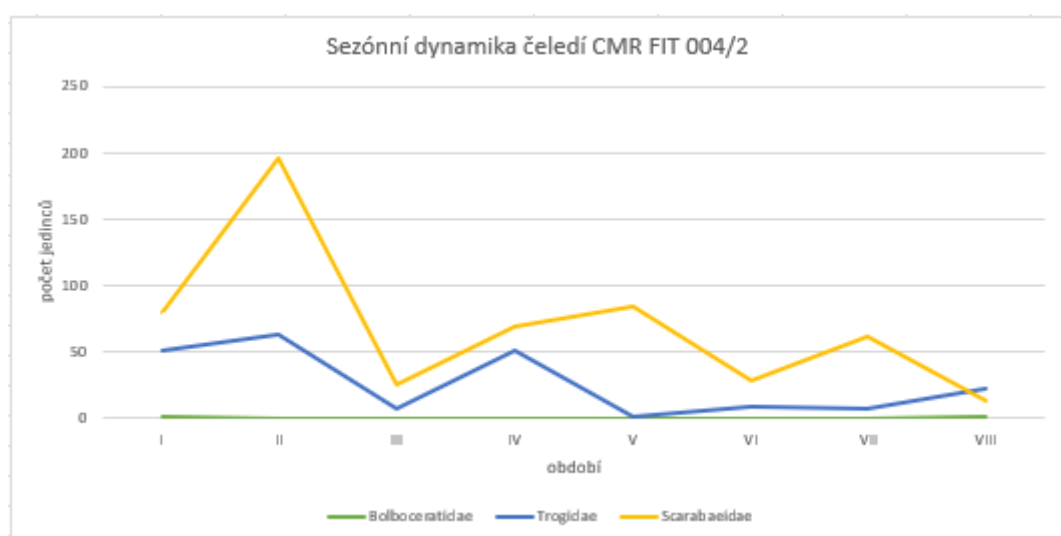


Obr. P3: Sezónní dynamika tribů Scarabaeinae, past č. 1.

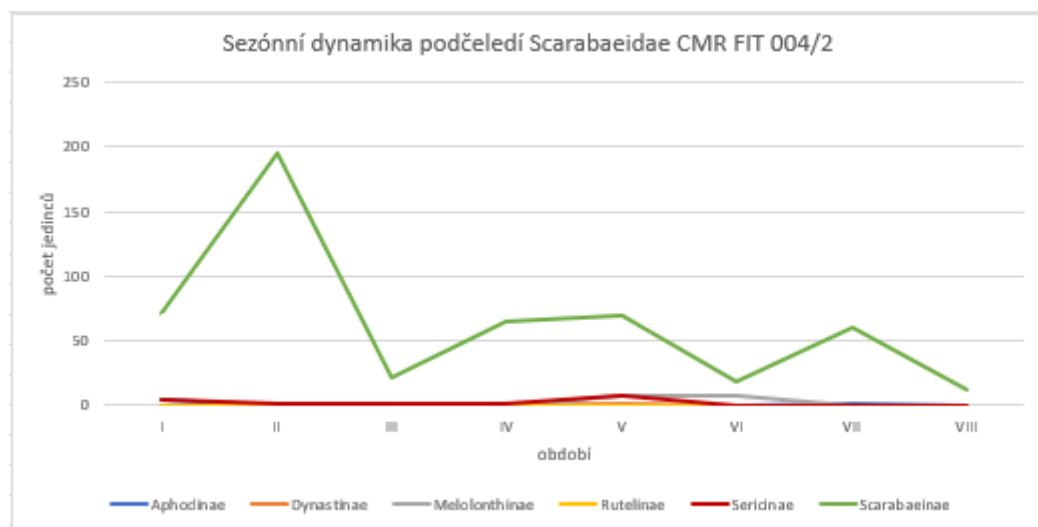
Příloha 2 – Výsledky z pasti č. 2 (tabulka P2 a obrázky P4–6)

CMR FIT 004/2			I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	celkový počet
čeleď	podčeleď	tribus	2022 28. 10.–6. 12.	2022/2023 1. 12.–7. 1.	2023 6. 1.–18. 3.	2023 12. 3.–10. 5.	2023 9. 5.–8. 7.	2023 4. 7.–22. 8.	2023 17. 8.–14. 10.	2023 13. 10.–26. 11.	
Bolboceratidae	Bolboceratinae		0	0	0	0	1	0	0	0	1
Trogidae	Troginae		28	42	4	16	22	6	45	0	163
Scarabaeidae	Aphodinae		4	0	1	1	0	0	1	0	7
	Dynastinae		0	0	0	0	1	0	0	0	1
	Melolonthinae		0	0	1	0	7	8	0	0	16
	Rutelinae		0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Sericinae		4	1	1	2	7	0	0	0	15
	Scarabaeinae	Coprini	0	0	0	0	1	0	0	0	1
		Ontophagini	70	195	22	65	68	19	60	13	512
		Sisyphini	1	0	0	0	0	0	0	0	1
celkový počet			107	238	29	84	107	33	106	13	717

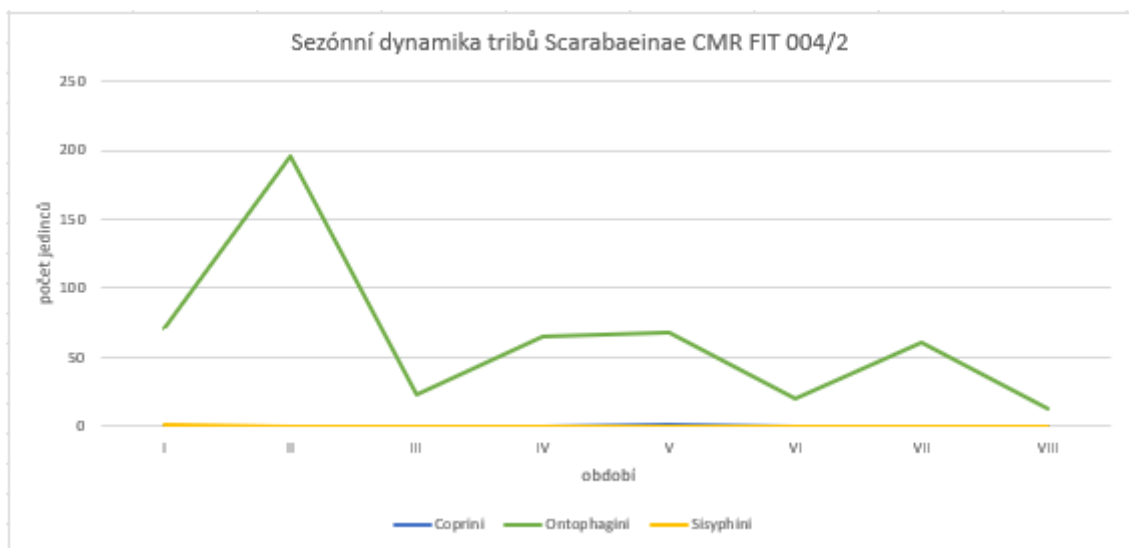
Tab. P2: Jednotlivé počty jedinců čeledí, podčeledí a tribů v rámci sezóny 2022/2023, past č. 2.



Obr. P4: Sezónní dynamika čeledí, past č. 2.



Obr. P5: Sezónní dynamika podčeledí Scarabaeidae, past č. 2.

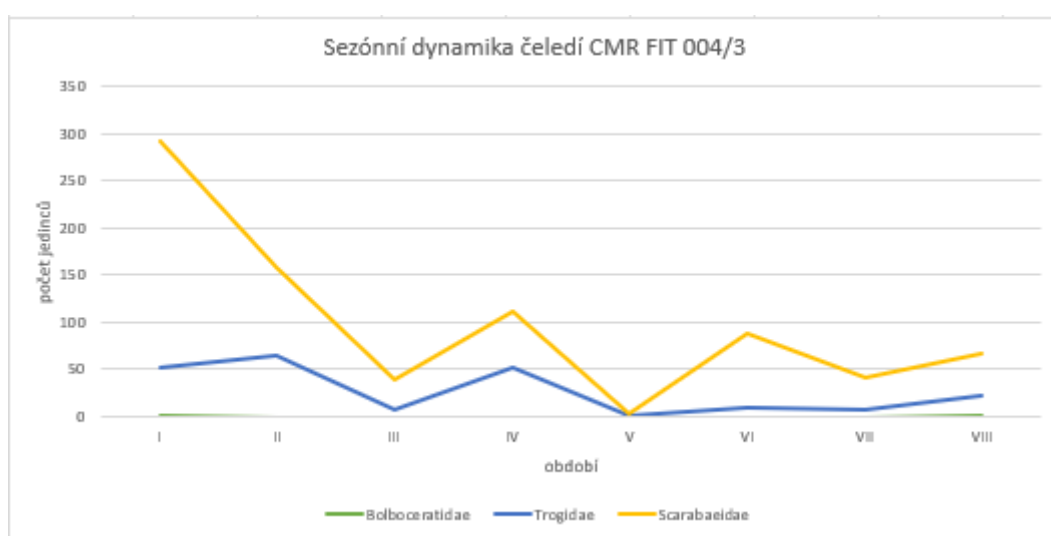


Obr. P6: Sezónní dynamika tribů Scarabaeinae, past č. 2.

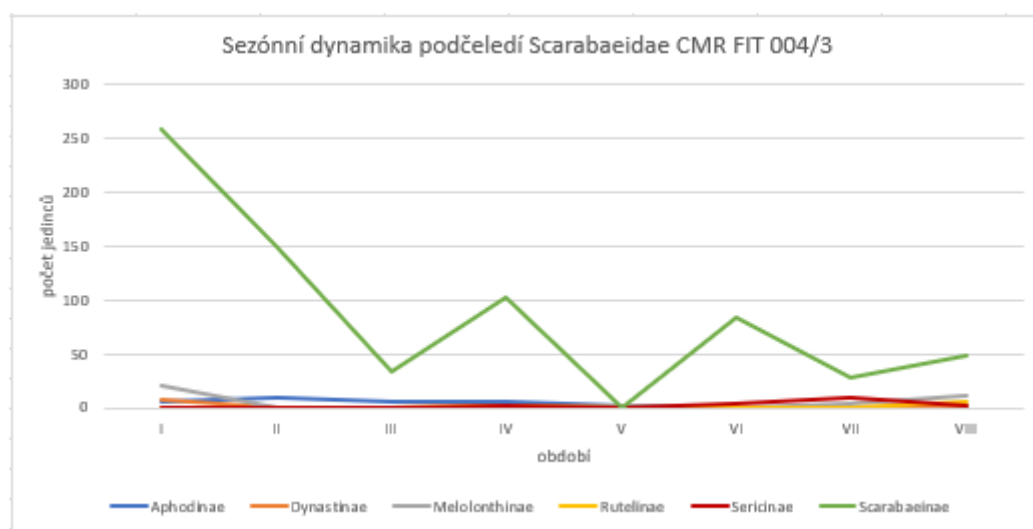
Příloha 3 – Výsledky z pasti č. 3 (tabulka P3 a obrázky P7–9)

CMR FIT 004/3			I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	celkový počet
čeleď	podčeleď	tribus	2022 28. 10.–6. 12.	2022/2023 1. 12.–7. 1.	2023 6. 1.–18. 3.	2023 12. 3.–10. 5.	2023 9. 5.–8. 7.	2023 4. 7.–22. 8.	2023 17. 8.–14. 10.	2023 13. 10.–26. 11.	
Bolboceratidae	Bolboceratinae		1	0	0	0	0	0	0	1	2
Trogidae	Troginae		51	63	7	51	0	8	6	22	208
Scarabaeidae	Aphodinae		5	9	6	5	1	0	0	0	26
	Dynastinae		8	0	0	0	0	0	0	1	9
	Melolonthinae		20	0	0	0	1	0	4	11	36
	Rutelinae		0	0	0	1	0	0	0	5	6
	Sericinae		0	0	0	1	0	4	9	1	15
	Scarabaeinae	Coprini	0	0	0	1	0	0	0	1	2
		Ontophagini	258	149	33	101	0	82	28	46	697
		Orphninae	0	0	0	0	0	0	0	1	1
		Sisyphini	1	0	0	1	0	1	0	0	3
celkový počet			344	221	46	161	2	95	47	89	1005

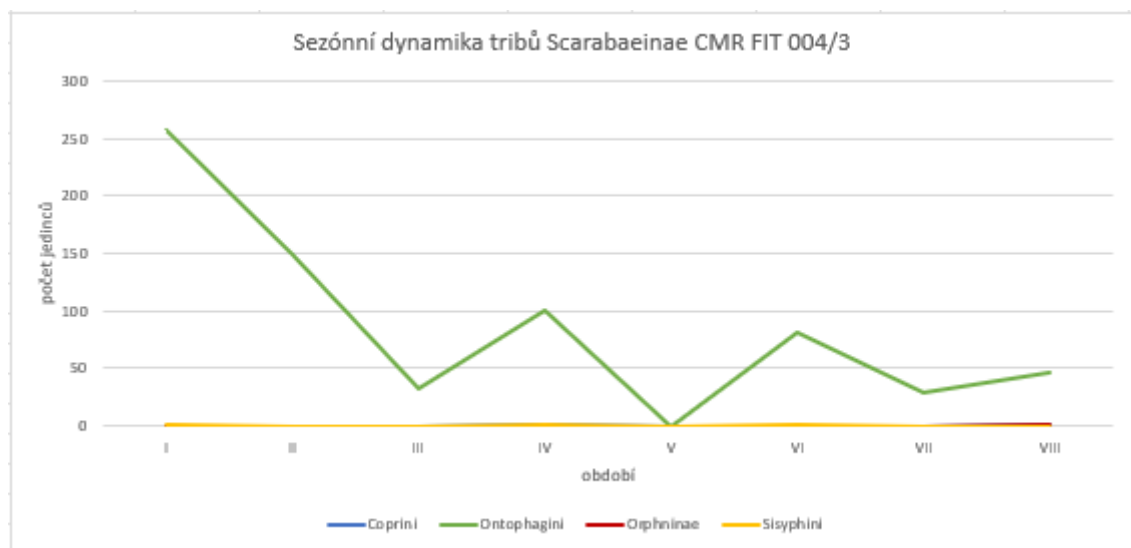
Tab. P3: Jednotlivé počty jedinců čeledí, podčeledí a tribů v rámci sezóny 2022/2023, past č. 3.



Obr. P7: Sezónní dynamika čeledí, past č. 3.



Obr. P8: Sezónní dynamika podčeledí Scarabaeidae, past č. 3.



Obr. P9: Sezónní dynamika tribů Scarabaeinae, past č. 3.