



# AKO NÁJŠŤ SYSTÉM V OPADE

FAUNA ČLÁNKONOŽCOV RASTLINNÉHO  
OPADU

METODICKÁ  
PRÍRUČKA

SEKUNDÁRNE  
A TERCIÁRNE  
VZDELÁVANIE

Bc. Viktória Arendášová

## **Skôr než začneme...**

Táto metodická príručka vznikla s cieľom podporiť učiteľov, ktorí chcú žiakom ponúknuť priestor na skúmanie, vlastné nápady a aktívnu účasť na učení. Má slúžiť predovšetkým ako inšpirácia. Nie je nevyhnutné realizovať celý priebeh, môžete využiť iba konkrétnu časť, ktorá vyhovuje Vášmu tematickému plánu a časovým možnostiam.

Jednotlivé aktivity sú usporiadané podľa fáz vyučovacej hodiny na základe rámca E-U-R. Každá fáza je spracovaná v dvoch alternatívach, ktoré sa líšia najmä časovou dotáciou, s čím súvisí aj charakter práce žiakov a rozsah aktivít.

Pri každej fáze sú v rámčekoch zvýraznené metodické poznámky, ktoré ponúkajú tipy a odporúčania, ktoré môžu uľahčiť vedenie hodiny alebo prispôbiť aktivitu konkrétnym potrebám žiakov.

Súčasťou príručky sú teoretické východiská, ktoré Vám môžu poslúžiť na rýchlu orientáciu v téme, ako podpora pri plánovaní vyučovania, no zároveň ich možno využiť priamo v práci so žiakmi ako doplnkový text.

Determinačný kľúč uvedený v prílohe je prispôbený priamo tejto metodike, preto sa odporúča jeho využitie. V prípade potreby je však možné nahradiť ho iným materiálom podľa Vašich preferencií, alebo podmienok, v ktorých sa vyučovanie realizuje.

Veríme, že táto príručka poskytne praktickú podporu, no zároveň priestor pre tvorivosť a nové nápady.

## Zaradenie do výučby

Úroveň vzdelávania	Cieľová skupina	Tematické zaradenie
ISCED 3 – vyššie sekundárne vzdelávanie	Gymnázium / SOŠ (1.,2. ročník)	Svet živočíchov / Organizmus a prostredie
ISCED 5A – prvý stupeň terciárneho vzdelania	Bakalárske štúdium (zoológia, ekológia, metodológia biologického výskumu...)	Terénne metódy, taxonómia, ekologické pozorovanie, stavba tela článkonožcov

## Osvojované vedomosti a zručnosti, rozvíjané spôsobilosti

Oblasť	Alternatíva A (45 min.)	Alternatíva B (90 min.)
<b>Vedomosti</b>	základné morfológické znaky článkonožcov, význam pôdnych živočíchov	základné morfológické znaky článkonožcov, ekologické funkcie, taxonomické znaky
<b>Zručnosti</b>	práca s určovacím kľúčom, pozorovanie, zaznamenávanie	práca v teréne (presev a extrakcia materiálu), práca s určovacím kľúčom, identifikácia a interpretácia
<b>Spôsobilosti</b>	výskumné postupy, spolupráca	argumentácia, výskumné postupy, obhajoba výsledkov, návrh činnosti

## Požiadavky na vstupné vedomosti a zručnosti

- Základný prehľad v zoologickom systéme.
- Základné vedomosti o morfológii článkonožcov.
- Skúsenosť s pozorovaním pod lupou / mikroskopom.
- Skúsenosť s dichotomickým determinačným kľúčom.
- Zásady bezpečnosti pri práci v laboratóriu.
- Základy práce s biologickým materiálom.

## Riešený didaktický problém

Žiaci / študenti (ďalej žiaci) často vnímajú pôdu ako substrát bez života a chýba im predstava o tom, že pôda je komplexný ekosystém, vytvárajúci domov pre množstvo organizmov. Tieto organizmy zohrávajú kľúčovú úlohu v kolobehu látok, preto je ich poznávanie a systematické štúdium mimoriadne dôležité. Cieľom je poukázať na ekologické funkcie pôdnych živočíchov, no zároveň rozvíjať schopnosť pozorovať, klasifikovať a interpretovať biologické dáta.

## Vyučovacie metódy a formy

Metóda	Alternatíva A (45 min.)	Alternatíva B (90 min.)
Metóda otázok a odpovedí	áno	áno
Práca s videom	áno	áno
Prvky bádania	áno	áno
Práca s určovacím kľúčom	áno	áno
Práca v teréne	nie	áno
Práca s biologickým materiálom	v obmedzenej forme	áno
Skupinová práca	áno	áno
Reflexná rubrika	áno	áno

## Príprava učiteľa a pomôcky

Alternatíva A (45 min.)	Alternatíva B (90 min. – SŠ / VŠ)
<ul style="list-style-type: none"> <li>• video postupu presevu (Príloha 1)</li> <li>• video postupu extrakcie (Príloha 2)</li> <li>• spracovaný materiál (článkonožce fixované v 75 % benzínalkohole)</li> <li>• Petriho miska</li> <li>• pinzeta</li> <li>• stereolupa</li> <li>• pozorovací hárok (Príloha 4)</li> <li>• determinačný kľúč (Príloha 5)</li> <li>• PC, dataprojektor</li> <li>• rubrika (Príloha 6a)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• krabica s predmetmi na evokáciu (kuchynské sitko, plátenná taška, igelitové vrečko, naberačka, drevená varecha, drôt, papier, tričko, starý kvetináč, téglik, PET-fľaša...)</li> <li>• video postupu presevu (Príloha 1)</li> <li>• preosievadlo</li> <li>• igelitové vrečko</li> <li>• video postupu extrakcie (Príloha 2)</li> <li>• extraktor</li> <li>• video konštrukcie provizórneho extraktora (Príloha 3)</li> <li>• zberné fľaše</li> <li>• fixáž</li> <li>• valce</li> <li>• štítky</li> <li>• pozorovací hárok (Príloha 4)</li> <li>• spracovaný materiál (článkonožce fixované v 75 % benzínalkohole), Petriho miska, pinzeta</li> <li>• stereolupa</li> <li>• determinačný kľúč (Príloha 5)</li> <li>• PC, dataprojektor</li> <li>• rubrika (Príloha 6b)</li> </ul>

## Diagnostika splnenia vzdelávacích cieľov

Vyplnená reflexná rubrika formou pracovného listu v závere vyučovacej jednotky.

## Úvod

Táto metodická príručka je zameraná na prírodné vedy a určená primárne pre stredné školy, jej využitie je však možné aj v rámci vysokoškolského štúdia. Ponúka dve alternatívy realizácie vyučovania, ktoré sa líšia najmä časovou dotáciou, rozsahom a charakterom práce žiakov:

- **Alternatíva A (45 minút)** je určená najmä pre stredné školy. Výučba prebieha v triede s využitím vopred pripraveného materiálu a komentovaného videa.
- **Alternatíva B (90 minút)** je vhodná pre blokové vyučovanie alebo terénne cvičenia na stredných školách, no dá sa využiť aj pre vysoké školy. Výučba zahŕňa prácu v teréne, odber a prípravu biologického materiálu a jeho následné spracovanie v laboratóriu (prípadne učebni vybavenej stereolupami), čo žiakom umožňuje zažiť prácu biológa v reálnych podmienkach.

V oboch alternatívach sa uplatňujú prvky bádateľsky orientovanej výučby a aktívne zapojenie žiakov do procesu poznávania.

## Priebeh výučby

### EVOKÁCIA (cca 10 / 20 minút)

Zámer: Aktivizovať predchádzajúce vedomosti, podnietiť záujem o tému, navrhnúť metódy odchyty živočíchov.

Úvod je spoločný pre obe alternatívy. Začnite otázkou:

*„Je pôda živá?“*

Vedte so žiakmi rozhovor o pôde, ako živom ekosystéme. Vytvorte im priestor aktivizovať svoje predchádzajúce vedomosti. Plynule nadviažte otázkami:

*„Koľko rôznych radov článkonožcov sa môže nachádzať v jednej hrsti pôdy?“*

*„Čo by sa dalo použiť na to, aby sme ich mohli získať a pozorovať?“*

#### Alternatíva A

Nechajte žiakov diskutovať v skupinách (4-6 žiakov) o tom, akým spôsobom by získali článkonožce na pozorovanie (cca 4 minúty). Následne jednotlivé skupiny predstavia ostatným svoje návrhy.

#### Alternatíva B

Aktivita prebehne priamo v teréne (napr. školský dvor, ideálne les). Pripravte žiakom krabicu so zdanlivo náhodnými predmetmi a vysvetlite, že ich úlohou je v skupinách navrhnúť konkrétny postup odchyty pôdnych článkonožcov.

## Poznámky

- V prípade, že rozhovor po úvodnej otázke (*Je pôda živá?*) prebieha spontánne a žiaci prejavujú záujem, nie je nevyhnutné ukončiť ho kvôli ďalšej aktivite. Vtedy je možné nahradiť skupinovú prácu frontálnou formou, kde učiteľ položí otázku, nechá žiakom chvíľu na premyslenie a vyvolá niekoľkých jednotlivcov, ktorí sa chcú o nápad podeliť.
- Kreativite sa medze nekladú, žiaci nemusia použiť konkrétne predmety z krabice, môžu navrhnúť vlastné pomôcky či improvizované riešenia, cieľom je rozvíjať tvorivé myslenie a schopnosť aplikovať poznatky v nových situáciách.
- Rozdelenie do skupín je vhodné pripraviť vopred, aby sa nestalo, že žiaci v jednotlivých skupinách nebudú ochotní spolupracovať. V prípade pasívnej skupiny je vhodné presne zadefinovať kritériá úlohy, ktoré by mali byť splnené u všetkých skupín v rovnakej miere.

## UVEDOMENIE VÝZNAMU (cca 25 / 60 minút)

Zámer: Osvojiť si prácu v teréne (presev a extrakcia), pozorovať pôdne článkonožce, identifikovať článkonožce pomocou určovacieho kľúča.

Úvod je spoločný pre obe alternatívy. Nadviažte na prechádzajúcu aktivitu:

*Navrhli ste rôzne spôsoby odchyty živočíchov. Ak chceme získať živočíchy vrchných horizontov pôdy (vrstva rastlinného opadu) v praxi, najčastejšie sa využíva metóda presevu.*

V tejto časti by mal vzniknúť priestor pre žiakov na prepojenie poznatkov s predchádzajúcou aktivitou.

### Alternatíva A

Prehrajte žiakom video presevu. Počas sledovania je vhodné video zastaviť a zistiť, či je žiakom všetko jasné. Po skončení videa položte otázky:

*„Predstavte si, že máme takto preosiatu pôdu. Ako by sme z nej mohli izolovať živočíchy?“*

*„Čo by sme potrebovali, aby sme zabezpečili, že sa živočíchy oddelia od substrátu bez poškodenia?“*

*„Čo by mohlo ovplyvniť, koľko živočíchov získame?“*

Nechajte žiakom priestor na rozmýšľanie a následne s nimi vedte rozhovor. Nadviažte videom s postupom extrakcie. Po videu poukážte na to, aké živočíchy je možné získať touto metódou (viď teoretické východiská) a aké variabilné množstvo radov môže obsahovať hrst' pôdy. Následne rozdeľte žiakov do dvojíc (prípadne skupín), pričom každej dvojici sprístupnite determinačný kľúč, stereolupu a zástupcov 3 radov článkonožcov. Pripomeňte žiakom, ako pracovať s dichotomickým určovacím kľúčom. Žiaci identifikujú organizmy do úrovne radu a zapisujú si svoje pozorovania do pozorovacieho hárku. Sledujte prácu žiakov a kladte im doplňujúce otázky:

*„Sú znaky v kľúči jasne viditeľné na konkrétnych zástupcoch?“*

*„Ako sú jednotliví zástupcovia prispôsobení na život v pôde?“*

Dajte žiakom priestor vyjadriť svoj pohľad a postrehy pri práci s determinačným kľúčom.

#### Alternatíva B

Aktivita prebehne v teréne a následne v laboratóriu. Spolu so žiakmi odvodíte, na akom princípe funguje preosievadlo a následne demonštrujete postup pri preseve. Nechajte žiakov vyskúšať si presev, pričom sledujte, či vykonávajú postup správnym spôsobom. Následne vedzte so žiakmi rozhovor:

*„Predstavte si, že máme takto preosiatu pôdu. Ako by sme z nej mohli izolovať živočíchy?“*

*„Čo by sme potrebovali, aby sme zabezpečili, že sa živočíchy oddelia od substrátu bez poškodenia?“*

*„Čo by mohlo ovplyvniť, koľko živočíchov získame?“*

Po realizácii presevu sa so žiakmi presuňte do laboratória, kde si môžu vyskúšať prácu s extraktorom (ak nie je dostupný reálny extraktor, môžete pre žiakov pripraviť alternatívu z vecí bežne dostupných v domácnosti, ktorý bude fungovať na rovnakom princípe, prípadne využiť video). Demonštrujte postup pri práci s extraktorom, využite materiál získaný presevom.

Po demonštrácii sa so žiakmi presuňte k stereolupám. Žiaci pracujú v dvojiciach, v úvode pozorujú nevytriedenú vzorku a pokúšajú sa identifikovať rozdiely medzi prítomnými článkonožcami na základe svojich vedomostí. V tejto fáze poukážte na to, aké živočíchy je možné získať touto metódou a aké variabilné množstvo radov môže obsahovať hrst pôdy, čím sa žiaci vrátia k odpovediam na otázky z evokácie. Následne sprístupnite každej dvojici (prípadne skupine) 5-10 zástupcov (v závislosti od času) rôznych radov pôdnych článkonožcov, ktoré identifikujú pomocou determinačného kľúča. Vysvetlite žiakom, že pri pozorovaní je dôležité robiť si poznámky. Sledujte prácu žiakov a pýtajte sa ich:

*„Boli znaky v kľúči jasne viditeľné na konkrétnych zástupcoch?“*

*„Ako sú jednotliví zástupcovia prispôsobení na život v pôde?“*

Dajte žiakom priestor vyjadriť svoj pohľad a postrehy pri práci s determinačným kľúčom a formulovať závery svojej práce.

#### Poznámky

- Teoretické poznatky by mali byť žiakom sprístupnené až po praktickej časti ako reakcia na ich otázky. Ak je to možné, nahraďte výklad rozhovorom, kde žiaci sami hľadajú odpovede.
- Pred samotnou prácou s determinačným kľúčom je dobré overiť si, či je žiakom jasné, ako majú pri práci postupovať. Ideálne je využiť kľúč v elektronickej podobe, je však možné pracovať aj s tlačenu verziou, prípadne skrátenou verziou, doplnenou prezentáciou s obrázkami a popismi.

## REFLEXIA (cca 10 minút)

Zámer: Zopakovať poznatky, vyjadriť úroveň porozumenia, podporiť sebareflexiu a prepojenie poznatkov s vlastným pohľadom.

Reflexia prebieha rovnako v oboch alternatívach. Uved'te záverečnú časť otázkami:

*„Čo ste sa dnes dozvedeli o živote v pôde?“*

*„Prekvapilo vás, koľko rôznych radov sa vo vzorke nachádzalo?“*

*„Od čoho to podľa vás závisí?“*

V závere rozdajte žiakom reflexné rubriky a vysvetlite im ako postupovať pri práci. Úlohou žiakov je v prvých troch stĺpcoch ohodnotiť svoju prácu a do posledného stĺpca zapísať krátku sebareflexiu. Rubrika Vám posluží ako spätná väzba o priebehu vyučovacej jednotky.

### Poznámky

- Rubrika je navrhnutá ako nástroj formatívneho hodnotenia a žiaci ju majú vyplňať individuálne. Môžete vybrať 1-2 otázky na spoločné zdieľanie. Odporúča sa ponechať žiakom dostatok priestoru na slovné vyjadrenie a neobmedziť ich iba na zaškrtavanie možností.
- Podporujte u žiakov odborné pomenovania morfológických štruktúr a formulácie ekologických funkcií, aby pre nich bolo prirodzené využívať odbornú terminológiu, čím sa vyhnete možným miskoncepciám.
- Využívajte medzipredmetové vzťahy (napr. prepojenie s environmentálnou tematikou) ako rozšírenie témy.

## **Teoretické východiská**

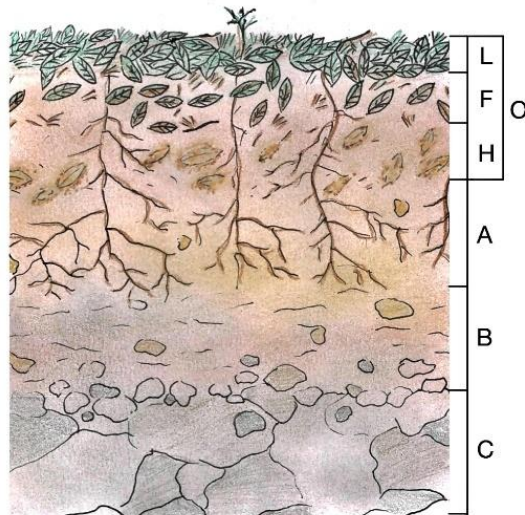
### Charakteristika pôdy

Pôda, pôsobiaca ako rozhranie medzi atmosférou a litosférou, sa dá charakterizovať ako komplexný, trojfázový systém, pozostávajúci z tuhej, kvapalnej a plynnej zložky, s rozmanitou škálou organizmov a materiálov biologického pôvodu. Hlavnou črtou pôdneho systému je úzka asociácia biologických, anorganických a organicko-minerálnych materiálov, ktorých interakcie pôsobia tak ako výsledok, ako aj zdroj procesov prebiehajúcich v pôde na škále priestorovej aj časovej (Lavelle & Spain, 2001). Pôda vytvára významnú zložku prakticky všetkých suchozemských ekosystémov, no zároveň je možné považovať ju za samostatný komplexný ekosystém (Miko et al., 2019).

Pôda vzniká v procese pedogenézy zvetrávaním materskej horniny, pričom ide o dynamický systém premenlivý v čase a priestore. Tento proces je podmienený vzájomnou interakciou viacerých faktorov, ku ktorým patrí geologický podklad (materská hornina), klíma, topografia a biota spoločne pôsobiace v čase (Jenny, 1941). K uvedeným pôdotvorným faktorom sa v priebehu posledných rokov pridáva antropogénna činnosť, ktorá svojou intenzitou ovplyvňuje všetky ostatné faktory (Dror et al., 2022). Kombináciou všetkých faktorov dochádza k vzniku rôznych typov pôdy s relatívne predvídateľným radom horizontov vytvárajúcich pôdny profil (Bardgett, 2005).

Pôdny profil odráža pôdne procesy a sprostredkuje informácie o súčasných ale aj minulých pôdnych podmienkach. Vymedzenie pôdnych horizontov je ovplyvnené variáciou laterálnych a vertikálnych pôdnych vlastností (Hartemink, et al. 2020). Vertikálne členenie horizontov (Obr.1) zahŕňa povrchovú organickú vrstvu označovanú ako O horizont. Ten sa člení na jednotlivé subhorizonty, konkrétne subhorizont vegetačného opadu (L), fermentačný (F) a humifikačný (H) subhorizont. Hlbšie sa nachádza A horizont, teda zmiešaná, organicko-minerálna vrstva s veľkým množstvom humusových látok. Pod ňou sa nachádza B horizont, tvorený prevažne minerálnou zložkou a látkami vyplavenými z povrchových vrstiev. Najhlbšie sa nachádza C horizont, ktorý vytvára takmer nezmenená materská hornina (Coleman et al., 2018).

Väčšina biologických a chemických procesov prebieha vo vrchných vrstvách (O, A), nakoľko práve tam dochádza k rastu koreňov, s čím súvisí aj výskyt väčšiny mikrobov a živočíchov. Práve z toho dôvodu sú povrchové horizonty najzaujímavejšie pre štúdium biodiverzity (Bardgett, 2005).



Obrázok 1: Vertikálne členenie pôdných horizontov (Autor: Arendášová, V., podľa Miko et al., 2019)

### Život v pôde

Pôda predstavuje prostredie poskytujúce veľké množstvo mikrohabitatov, ktoré obývajú organizmy rozličných veľkostí, fyziologických vlastností, typov správania, no rovnako ekosystémových a ekologických funkcií. Druhová rozmanitosť pôdných organizmov umožňuje efektívne využívanie rôznych zdrojov dostupných v podmienkach jednotlivých mikrohabitatov (Ferris & Tuomisto, 2015).

### Ekosystémové procesy

Na pôdu možno nazerať ako na samostatný, dobre definovaný ekosystém charakterizovaný základnými ekosystémovými procesmi ako sú tok energie a kolobeh látok (Miko et al., 2019). V rámci pôdných ekosystémov zohrávajú kľúčovú úlohu pôdne organizmy, ktoré regulujú procesy nevyhnutné na zabezpečenie širokého spektra základných ekosystémových služieb (Barrios, 2007). Spomedzi procesov zabezpečovaných pôdnou biotou zohráva hlavnú úlohu rozklad, spolu s kolobehom živín a bioturbáciou, pričom tieto mechanizmy podporujú základné funkcie pôdy a prispievajú k zabezpečeniu dôležitých ekosystémových služieb (Adhikari & Hartemink, 2016).

Odumretá organická hmota je najskôr mechanicky rozkladaná makrofaunou na menšie častice, čím sa zvyšuje dostupnosť pre mikrofaunu, baktérie a huby, ktoré iniciujú mineralizáciu organických živín na anorganické formy, nevyhnutné pre rast rastlín. To pokračuje aktivitou organizmov živiacich sa mikroorganizmami, ktorých populácie sú následne regulované organizmami vyšších trofických úrovní. Tieto trofické interakcie tvoria základ pre tok energie a živín ekosystémom (Barrios, 2007).

Organické živiny premenené na dostupné anorganické formy sú opätovne viazané v biomase, kde dochádza prostredníctvom mikroorganizmov k premene dusíka v procesoch nitrifikácie a denitrifikácie a zároveň premene síry a ďalších látok oxidačnými a redukčnými

reakciami. Živiny uvoľnené týmito procesmi následne znovu vstupujú do kolobehu, teda neustáleho cyklu (Creamer et al., 2022).

Bioturbácia spočíva v aktivite pôdnej fauny, pri ktorej dochádza k fyzickému narúšaniu a reorganizácii pôdnej štruktúry a následnému presunu a začleňovaniu organickej hmoty do minerálnej frakcie pôdy. Tento proces ovplyvňuje dostupnosť organickej hmoty pre mikroorganizmy, čo determinuje rýchlosť jej rozkladu a stabilizácie (Vogel et al., 2024).

### Pôdna biodiverzita

Pôda je považovaná za jeden z najbohatších biotopov na Zemi. Predpokladá sa, že pôdna biota ukrýva veľkú časť svetovej biodiverzity (Menta, 2012). Pôdne ekosystémy podporujú vysoko početné a rozmanité spoločenstvá organizmov, ktoré vykazujú širokú škálu životných prejavov, pričom ich veľkosť tela sa môže pohybovať od niekoľkých mikrometrov až po niekoľko centimetrov (Nielsen et al., 2015).

Biodiverzita pôdy je štruktúrovaná jednak abiotickými faktormi ako je typ pôdy, pH, obsah uhlíka, obsah živín a pôdna vlhkosť, no taktiež množstvom biotických faktorov (Geisen et al., 2019). Na lokálnej úrovni môžu mať na biodiverzitu pôdnych spoločenstiev vplyv interakcie v rámci trofických úrovní (konkurencia) alebo priame trofické interakcie (predácia). Väčšie organizmy môžu ovplyvňovať diverzitu menších organizmov modifikáciou pôdneho biotopu a zároveň podporou šírenia. Na širšej úrovni ovplyvňujú biodiverzitu vegetačný kryt, účinky jednotlivých druhov rastlín ale aj nadzemné interakcie (Wardle, 2006).

### Pôdna biota

Pôdna biota, predstavujúca jeden z najväčších rezervoárov biodiverzity suchozemských ekosystémov, zahŕňa široké spektrum od mikroorganizmov ako sú baktérie, huby a archeóny, cez mikroflóru až po pôdnu faunu ako článkonožce, či väčšie pôdne organizmy, ktoré trávia celý, alebo aspoň časť svojho životného cyklu v pôde (Zhang et al., 2021).

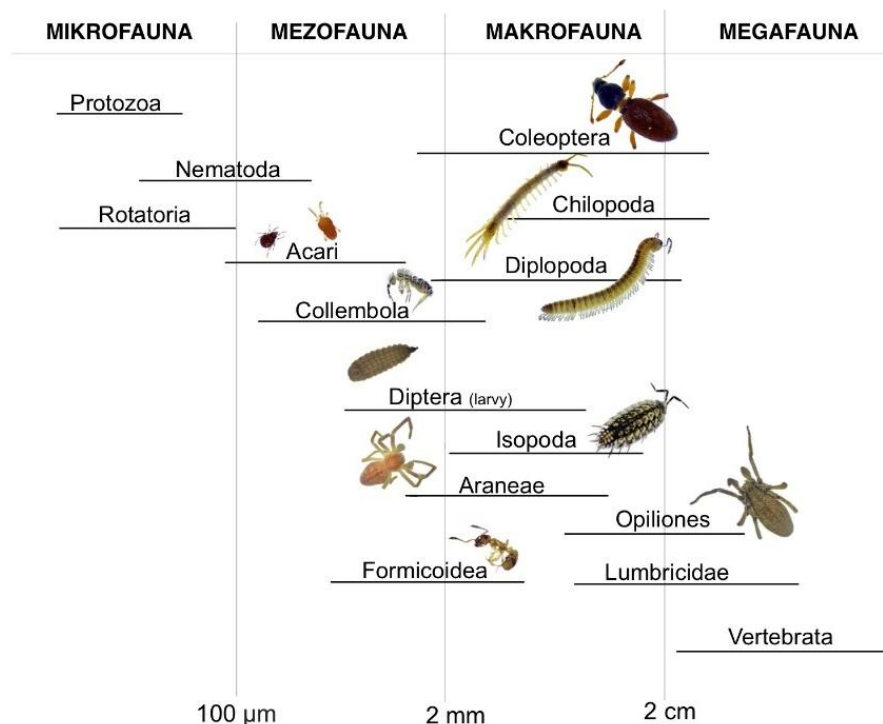
Podľa veľkosti rozdeľujeme pôdnu faunu na mikrofaunu s veľkosťou tela do 100  $\mu\text{m}$ , mezofaunu s veľkosťou od 100  $\mu\text{m}$  do 2 mm a najväčšie pôdne živočíchy vyznačujúce sa veľkosťou tela nad 2 mm, makrofaunu (Wu & Wang, 2019). Hoci sa konkrétne hranice týchto kategórií a zaradenie taxónov môžu u rôznych autorov značne líšiť, základné rozdelenie podľa veľkosti tela zostáva zachované (Obr. 2).

Z hľadiska celkovej biomasy predstavujú najväčšiu zložku pôdneho spoločenstva mikroorganizmy zohrávajúce zásadnú úlohu pri transformácii živín. Aktivitu mikrobiálnych spoločenstiev reguluje predátorskou činnosťou mikrofauna a mezofauna. Na ich činnosť a zároveň priestorové rozloženie má výrazný vplyv makrofauna (Pulleman et al., 2012). Kým mikrofauna osídľuje najčastejšie vodné filmy, mezofauna pôdne póry, makrofauna má schopnosť vytvárať si vlastné priestory a chodby svojou činnosťou (Dervash et al., 2018).

K najrozmanitejším pôdnym organizmom patria baktérie, riasy a huby vytvárajúce mikroflóru a tiež mikrofauna ako napríklad prvoky (Protozoa) a háďatká (Nematoda)

s veľkosťou tela nepresahujúcou 100  $\mu\text{m}$ . Sú zásadné pre udržiavanie rovnováhy ekosystémov (Nadarajah, 2019). Pôdna mezofauna zahŕňa najmä roztoče (Acari) a chvostoskoky (Collembola), no taktiež šutky (Protura), vidličiariky (Diplura) alebo stonôžičky (Symphyla). Takmer všetky taxóny sa nachádzajú vo väčšine typov pôd s veľkou druhovou diverzitou a vysokou abundanciou. Vytvárajú prepojenie medzi mikrofaunou a makrofaunou (Dervash et al., 2018). Pôdna makrofauna zahŕňa organizmy v rozmedzí od 1 - 2 do 20 - 30 mm, pričom tradične sa sem zaradzujú najmä dážďovky (Lumbricidae), viacnôžky (Myriapoda), chrobáky (Coleoptera), termity (Isoptera), mravce (Formicoidea) a larvy hmyzu (Insecta). Predstavujú výraznú časť celkovej biomasy pôdných živočíchov, aj keď ich abundancia je vo všeobecnosti v porovnaní s menšími formami organizmov nižšia (Gongalsky, 2021).

Okrem uvedených kategórií niektoré zdroje navyše rozlišujú megafaunu, ktorá zahŕňa pôdne organizmy presahujúce veľkosť 20 mm, vrátane väčších bezstavovcov ako sú dážďovky (Lumbricidae), mäkkýše (Mollusca) a viacnôžky (Myriapoda) ako aj stavovce vrátane menších zástupcov hlodavcov (Rodentia), plazov (Reptilia) a obojživelníkov (Amphibia) (Menta, 2012).



Obrázok 2: Rozdelenie pôdnej fauny podľa veľkosti (Autor: Arendášová V., podľa Decaëns, 2010; Barrios, 2007; Miko, et al., 2019)

## Pôdne článkonožce

Článkonožce sa ako najväčší kmeň živočíchov adaptovali na rôzne životné prostredia, od suchozemských až po vodné ekosystémy, čo viedlo k značnej morfolologickej variabilite (Wan & Gorb, 2023). Patria medzi evolučne najúspešnejšie živočíšne skupiny, čo možno pripísať trom základným charakteristikám, ktoré ich značne odlišili od ostatných skupín, a to článkované končatiny s kĺbovými spojeniami, segmentované telo a pevná vonkajšia kostra označovaná ako

exoskelet, tvorená najmä chitínom a vápenatými soľami. Vo všeobecnosti má telo článkonožcov 3 segmenty (tagmaty), a to hlavu (*caput*), hrud' (*thorax*) a bruško (*abdomen*), no u jednotlivých skupín môžu byť hlava a hrud' spojené za vzniku hlavohrude (*cephalothorax*). Na hlave sú uložené najmä senzorické orgány, hrudný segment je spojený s pohybom a mnohými fyziologickými procesmi, zatiaľ čo bruško sa podieľa primárne na rozmnožovaní (Thorp & Rogers, 2015).

Pôdne článkonožce predstavujú ekologicky veľmi významnú zložku pôdnej fauny, zahŕňajúcu široké spektrum foriem líšiacich sa veľkosťou, spôsobom života aj konkrétnou funkciou v ekosystéme (Roy et al., 2018). Tvoria až 85% druhového bohatstva pôdnej fauny, prevažnú časť mezofauny a makrofauny (Bagyaraj et al., 2016). Nakoľko je pôda ovplyvňovaná množstvom ekologických faktorov, nie je homogénna, naopak vytvára stratifikovaný systém, rovnako pôdne článkonožce obývajúce jednotlivé pôdne horizonty sú prispôbolené daným podmienkam za vzniku viacerých životných foriem. Pre euedafické druhy, žijúce v hlbších pôdnych horizontoch sú charakteristické menšie rozmery, redukcia pigmentácie, očí a telových príveskov. Epigeické druhy naopak obývajú povrchové vrstvy pôdy a opadu, najčastejšie majú výraznú pigmentáciu, dobre vyvinuté zmyslové orgány a vysokú pohyblivosť. Hemiedafické organizmy predstavujú prechodný typ (Vittum, 2009).

Štúdie naznačujú, že súčasné článkonožce je možné rozdeliť do štyroch hlavných monofyletických skupín, a to klepietkavce (*Chelicerata*), viacnôžky (*Myriapoda*), kôrovce (*Crustacea*) a šesťnôžky (*Hexapoda*). Tento systém odráža evolučnú históriu, ako aj významné morfológické a ekologické rozdiely medzi jednotlivými skupinami (Su et al., 2024). Vzhľadom na rozsah práce sa v tomto texte sústreďujeme predovšetkým na taxóny, ktoré boli zastúpené v nami analyzovaných vzorkách a sú typické pre naše územie

### Zdroje použitej literatúry:

- ADHIKARI, K., & HARTEMINK, A.E. (2016). Linking soils to ecosystem services - A global review. *Geoderma*, 262, 101-111. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2015.08.009>
- BAGYARAJ, D.J., NETHRAVATHI, C.J., & NITIN, K.S. (2016). Soil Biodiversity and Arthropods: Role in Soil Fertility. In: Chakravarthy, A., Sridhara, S. (Eds) *Economic and Ecological Significance of Arthropods in Diversified Ecosystems*. Springer, Singapore. [https://doi.org/10.1007/978-981-10-1524-3\\_2](https://doi.org/10.1007/978-981-10-1524-3_2)
- BARDGETT, R. (2005). *The biology of soil: a community and ecosystem approach*. Oxford University Press.
- BARRIOS, E. (2007). Soil biota, ecosystem services and land productivity. *Ecological Economics*, 64 (2), 269-285. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2007.03.004>
- COLEMAN, D.C., CALLAHAM, M. A., & CROSSLEY, D. A. (2018): *Fundamentals of soil ecology*. Third edition. Academic Press/ Elsevier.
- CREAMER, R.E., BAREL, J.M., BONGIORNO, G., & ZWETSLOOT, M.J. (2022). The life of soils: Integrating the who and how of multifunctionality. *Soil Biology and Biochemistry*, 166, 108561. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2022.108561>
- DECAËNS, T. (2010), Macroecological patterns in soil communities. *Global Ecology and Biogeography*, 19, 287-302. <https://doi.org/10.1111/j.1466-8238.2009.00517.x>
- DERVASH, M., BHAT, R., MUSHTAQ, N., & SINGH, V. (2018). Dynamics and importance of soil mesofauna. *International Journal of Advance Research in Science and Engineering*, 7(4). ISSN 2319-8354
- DROR, I., YARON, B., & BERKOWITZ, B. (2022). The Human Impact on All Soil-Forming Factors during the Anthropocene. *ACS Environmental Au*, 2(1), 11-19. <https://doi.org/10.1021/acsenvironau.1c00010>
- FERRIS, H., & TUOMISTO, H. (2015). Unearthing the role of biological diversity in soil health. *Soil Biology and Biochemistry*, 85, 101-109. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2015.02.037>
- GEISEN, S., WALL, D.H., & van der PUTTEN, W.H. (2019): Challenges and Opportunities for Soil Biodiversity in the Anthropocene. *Current Biology*, 29(19): R1036-R1044. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2019.08.007>
- GONGALSKY, K.B. (2021). Soil macrofauna: Study problems and perspectives. *Soil Biology and Biochemistry*, 159, 108281. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2021.108281>
- HARTEMINK, E., ZHANG, Z., BOCKHEIM, J.G., CURI, N., SILVA, H.G., GRAUER-GRAY, J., LOWE, D.J., & KRASILNIKOV, P. (2020): *Soil horizon variation: A review*. . In *Advances in Agronomy* (Vol. 160, pp. 125-185). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/bs.agron.2019.10.003>
- JENNY, H. (1941). *Factors of soil formation. A System of Quantitative Pedology*, McGraw-Hill, New York.
- LAVELLE, P. & SPAIN, A. (2001): *Soil Ecology*. Springer. <https://doi.org/10.1007/0-306-48162-6>

- MENTA, C. (2012). Soil Fauna Diversity - Function, soil degradation, biological indices, soil restoration. *Biodiversity conservation and utilization in a diverse world*. InTechOpen. <https://doi.org/10.5772/51091>
- MIKO, L. et al. (2019). *Život v půdě. Příručka pro začínající půdní biology*. Brno: Lipka. ISBN 978-80-88212-17-1
- NADARAJAH, K. (2019). Soil Health: The Contribution of Microflora and Microfauna. In: Varma, A., Choudhary, D. (Eds.) *Mycorrhizosphere and Pedogenesis*. Springer, Singapore. [https://doi.org/10.1007/978-981-13-6480-8\\_22](https://doi.org/10.1007/978-981-13-6480-8_22)
- NIELSEN, U.F., WALL, D.H., & SIX, J. (2015): Soil Biodiversity and the Environment. *Annual Review of Environment and Resources*, 40 (63-90). <https://doi.org/10.1146/annurev-environ-102014-021257>
- PULLEMAN, M., CREAMER, R., HAMER, U., HELDER, J., PELOSI, C., PÉRÈS, G., & RUTGERS, M. (2012). Soil biodiversity, biological indicators and soil ecosystem services—an overview of European approaches. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 4, (5), 529-538. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2012.10.009>
- ROY, S., ROY, M.M., JAISWAL, A.K., & BAITHA, A. (2018). Soil Arthropods in Maintaining Soil Health: Thrust Areas for Sugarcane Production Systems. *Sugar Tech*, 20, 376–391. <https://doi.org/10.1007/s12355-018-0591-5>
- SU, Z.H., SASAKI, A., MINAMI, H., & OZAKI, K. (2024). Arthropod Phylotranscriptomics With a Special Focus on the Basal Phylogeny of the Myriapoda. *Genome Biology and Evolution*, 16(9). <https://doi.org/10.1093/gbe/evae189>
- THORP, J. H., & ROGERS, D. C. (2015). Introduction to the Phylum Arthropoda. In J. H. Thorp & D. C. Rogers (Eds.), *Thorp and Covich's freshwater invertebrates* (4th ed., pp. 591–597). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-385026-3.00024-3>
- VITTUM, P. J. (2009). Soil habitats. In V. H. Resh & R. T. Cardé (Eds.), *Encyclopedia of insects* (2nd ed., pp. 935–939). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-374144-8.00247-2>
- VOGEL, H.J., AMELUNG, W., & BAUM, C. et al. (2024). How to adequately represent biological processes in modeling multifunctionality of arable soils. *Biology and Fertility Soils* 60, 263–306. <https://doi.org/10.1007/s00374-024-01802-3>
- WAN, C., & GORB, S. (2023). Functional morphology and biomechanics of arthropods. *Journal of Comparative Physiology A* 209, 215–218. <https://doi.org/10.1007/s00359-023-01621-1>
- WARDLE, D.A. (2006). The Influence of Biotic Interactions on Soil Biodiversity. *Ecology Letters*, 9, 870–886. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2006.00931.x>
- WU, P., & WANG, CH. (2019). Differences in spatiotemporal dynamics between soil macrofauna and mesofauna communities in forest ecosystems: The significance for soil fauna diversity monitoring. *Geoderma*, 337, 266-272. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2018.09.031>
- ZHANG, K., MALTAIS-LANDRY, G., & LIAO, H. (2021). How soil biota regulate C cycling and soil C pools in diversified crop rotations, *Soil Biology and Biochemistry*, 156. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2021.108219>

## Prílohy

Príloha 1: Video – Presev rastlinného opadu



Príloha 2: Video – Extrakcia a laboratórne spracovanie



Príloha 3: Video – Konštrukcia extraktora



## Príloha 4: Pozorovací hárok

### Denník pozorovateľa



Pozorovateľ:

Dátum:

Číslo vzorky:

Názov radu	Podstatné znaky	Znak, ktorý mi pomohol rozhodnúť sa	Prispôsobenie na život v pôde	Zaujímavosti / moje poznámky
1.				
2.				
3.				

## Príloha 5: Determinačný kľúč



**Príloha 6a: Rubrika (alternatíva A)**

<b>Kritérium</b>	<b>Základné porozumenie</b>	<b>Čiastočná samostatnosť</b>	<b>Samostatné zvládnutie</b>	<b>Reflexia</b>
<b>Pozorovanie vzoriek</b>	Všímam si základné morfológické znaky.	Rozlišujem viaceré znaky, no niekedy neviem, čo presne znamenajú.	Dokážem si všimnúť aj znaky, ktoré nie sú uvedené v kľúči a mohli by slúžiť na presnejšie určenie.	Čo ťa pri pozorovaní zaujalo najviac?
<b>Práca s určovacím kľúčom</b>	Bez pomoci sa neviem rozhodnúť, o akého živočícha ide.	Dokážem pracovať s kľúčom, no niektoré znaky mi robia problém.	Samostatne určím jednotlivé rady a viem vysvetliť, prečo som sa tak rozhodol/a.	Čo ti najviac pomohlo pri určovaní?
<b>Vedecké súvislosti</b>	Dokážem stručne opísať, čo som pozoroval/a.	Dokážem sformulovať jednoduchý záver.	Dokážem sformulovať konkrétny záver a pomenovať faktory, ktoré ho mohli ovplyvniť.	Aký záver vieš vyvodiť z pozorovania?
<b>Ekologické súvislosti</b>	Viem, že pôda a organizmy spolu súvisia, no neviem to presne vysvetliť.	Dokážem vysvetliť všeobecný vzťah medzi pôdou a organizmami, ktoré v nej žijú.	Dokážem vysvetliť ekologickú funkciu pozorovaných radov s využitím pozorovaných znakov.	Ktorý z pozorovaných radov je podľa teba najdôležitejší pre pôdu ako ekosystém?

**Príloha 6b: Rubrika (alternatíva B)**

<b>Kritérium</b>	<b>Základné porozumenie</b>	<b>Čiastočná samostatnosť</b>	<b>Samostatné zvládnutie</b>	<b>Reflexia</b>
<b>Aplikácia poznatkov v teréne</b>	Postup vykonávam podľa pokynov, no niektoré kroky mi ešte nie sú celkom jasné.	Rozumiem jednotlivým krokom presevu a extrakcie, dokážem ich realizovať s malou pomocou.	Dokážem samostatne realizovať presev a extrakciu, viem zdôvodniť ich význam pre analýzu pôdnej fauny.	Ktorá časť práce pre teba bola najzložitejšia a prečo?
<b>Pozorovanie vzoriek</b>	Všímam si základné morfológické znaky.	Rozlišujem viaceré znaky, no niekedy je pre mňa príliš náročné ich interpretovať.	Analyzujem znaky, ktoré neboli uvedené v kľúči a mohli by slúžiť na identifikáciu nižších taxonomických jednotiek.	Ktorý zo základných znakov považuješ za najspoľahlivejší pri určovaní a prečo?
<b>Formulovanie vedeckých záverov</b>	Dokážem stručne zhrnúť výsledky pozorovania.	Dokážem sformulovať jednoduchý záver na základe pozorovaných vzťahov, snažím sa ich interpretovať.	Dokážem sformulovať konkrétny záver a pomenovať faktory, ktoré ho mohli ovplyvniť.	Aké faktory mohli ovplyvniť zloženie vzorky?
<b>Ekologické súvislosti</b>	Rozumiem základnej úlohe pôdných článkonožcov v ekosystéme.	Dokážem vysvetliť základné ekologické funkcie pôdných článkonožcov a opísať ich adaptácie na prostredie.	Dokážem prepojiť ekologické funkcie s morfológickými znakmi a určiť, aké funkcie jednotlivé rady článkonožcov v pôde zastávajú.	Ktorá pozorovaná adaptácia najlepšie vystihuje prispôbenie sa životu v pôde?