

UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE
PEDAGOGICKÁ FAKULTA
KATEDRA BIOLOGIE A ENVIRONMENTÁLNÍCH
STUDIÍ



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Didaktický fotografický atlas půdních členovců jako
učební pomůcka pro střední školy a zájmové mimoškolní
vzdělávání

*The didactical photographic atlas of soil Arthropoda for
secandary schools and extracurricular education*

Vypracovala: Jana Dvořáková

Vedoucí práce: Mgr. Jan Mourek

Studijní obor: Biologie, geologie a environment. - Chemie

Praha 2010

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracovala samostatně pod vedením Mgr. Jana Mourka a vyznačila jsem všechny použité prameny a spoluautorství. Souhlasím se zveřejněním bakalářské práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách, ve znění pozdějších předpisů. Byla jsem seznámena s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., autorský zákon, ve znění pozdějších předpisů.

V Praze dne 12. 4. 2010

podpis

Poděkování

Chtěla bych poděkovat především svému vedoucímu práce Mgr. Janu Mourkovi, který mě trpělivě vedl při přípravě bakalářské práce a zasvětil mě do tajů světa půdních bezobratlých živočichů a elektronové mikroskopie. Ochotně odpovídal na moje všetečné otázky a vždy mě velmi šetrně a obezřetně upozorňoval na moje chyby. Mnohdy to jistě nebylo snadné. Dále děkuji Mgr. Miroslavu Hylišovi, PhD., z laboratoře elektronové mikroskopie Přírodovědecké fakulty UK za pomoc s přípravou vzorků a technickou pomoc s obsluhou skenovacího elektronového mikroskopu.

V Praze dne 12. 4. 2010

podpis

ABSTRAKT

Cílem práce bylo vytvořit didaktický fotografický atlas půdních členovců, tj. úzké, ale druhově velmi bohaté, skupiny živočichů žijících v půdě. Ten by měl zajímavou formou, tzn. pomocí fotografií především ze skenovacího elektronového mikroskopu, tuto skupinu živočichů představit žákům středních škol a zájmových kroužků.

V teoretické části shrnuji základní informace o členovcích a vysvětluji principy elektronové mikroskopie.

Vzorky pro praktickou část jsem odebrala v okolí Čelákovic (okres Praha – východ) a vyextrahovala pomocí Berlese – Tullgrenova extraktoru ze vzorků půdy. Z vybraných zástupců jsem připravila preparáty pro skenovací elektronovou mikroskopii a zhotovila digitální fotografie pomocí skenovacího elektronového mikroskopu.

Konkrétně jsem zpracovala zástupce třídy pavoukovci (*Arachnida*) - řády štírci (*Pseudoscorpionida*), pavouci (*Araneida*), roztoči (*Acari*) - podřád pancířníci (*Cryptostigmata*, *Oribatida*) a čmelíkovci (*Gamasida*); podkmene korýši (Crustacea) - řád stejnonožci (*Isopoda*) - čeled' stínkovití (*Oniscidae*) a dále tříd stonožky (*Symphyla*), mnohonožky (*Diplopoda*), stonožky (*Chilopoda*), hmyzenky (*Protura*) a chvostoskoci (*Collembola*).

Klíčová slova: půdní členovci, skenovací elektronová mikroskopie, didaktika, atlas.

ABSTRACT

The aim of this thesis was to create a didactic photographic atlas of soil Arthropoda, a narrow, but very species-rich group of animals living in the soil. The atlas should introduce this group of animals in an interesting form, primarily through photographs from scanning electron microscope, to high school students and students of extracurricular education.

In the theoretical part, I summarize basic information about Arthropoda and explain the principles of electron microscopy.

Soil samples for the practical part, I collected around the town of Čelákovice (district Prague - east) and extracted using Berlese - Tullgren extractor. From selected members of Arthropoda I prepared preparations for scanning electron microscopy and made digital photos using a scanning electron microscope.

Specifically, I elaborated the class of arachnids (*Arachnida*) - orders *Pseudoscorpionida*, spiders (*Araneida*), mites (*Acari*) - suborder *Cryptostigmata*, *Oribatida* and *Gamasida* subphylum crustaceans (*Crustacea*) - cohort isopods (*Isopoda*) - family *Oniscidae* and classes *Symphyla*, millipede (*Diplopoda*), centipedes (*Chilopoda*), *Protura* and *Collembola*.

Keywords: soil arthropods, scanning electron microscopy, didactics, atlas.

Obsah

1. Úvod.....	8
2. Literární přehled.....	9
2.1 Charakteristika kmene členovci.....	9
2.2 Půdní členovci a jejich význam v půdě	22
2.3 Odběr vzorků, pozorování a určování půdních bezobratlých živočichů	26
2.4 Elektronová mikroskopie	28
3. Metodika.....	36
3.1 Odběr a extrakce vzorků	36
3.2 Příprava preparátů pro SEM	38
3.3 Pozorování a fotodokumentace vzorků pomocí SEM	42
4. Výsledky.....	44
4.1 výsledky odběrů.....	44
4.2 vlastní atlas	46
5. Diskuse a závěr.....	94
6. Seznam použité literatury	96
7. Internetové zdroje literatury	98
8. Zdroje obrázků	99

1. Úvod

Cílem práce je seznámit a přiblížit žákům a studentům středních škol a biologicky zaměřených zájmových kroužků půdní členovce trochu netradiční formou.

Výstupem mé práce je didaktický fotografický atlas půdních členovců, který jsem vytvořila na základě vlastních odběrů půdy, extrakce a selekce živočichů, jejich fixací (vysušením), upevněním na speciální nosné terčíky (určené pro elektronovou mikroskopii) a vlastnoručního vytvoření fotografií na skenovacím elektronovém mikroskopu. Atlas je doplněn i barevnými fotografiemi převzatými z internetových zdrojů, které dodají atlasu zajímavost.

Konkrétně jsem zpracovala zástupce tříd pavoukovci (*Arachnida*) - řády štírci (*Pseudoscorpionida*), pavouci (*Araneida*), roztoči (*Acari*) - podřád pancířníci (*Cryptostigmata*, *Oribatida*) a čmelíkovci (*Gamasida*), řád stejnonožci (*Isopoda*) - čeleď stínkovití (*Oniscidae*), dále třídy stonožky (*Symphyla*), mnohonožky (*Diplopoda*), stonožky (*Chilopoda*), hmyzenky (*Protura*) a chvostokoci (*Collembola*).

Téma práce jsem si vybrala proto, že mne odjakživa velmi zajímá zoologie jako taková a výstup této práce mi připadal prakticky využitelný a užitečný.

2. Literární přehled

2.1 Charakteristika kmene členovci

Členovci (*Arthropoda*) jsou druhově nejpočetnějším kmenem živočichů (Smrž a kol., 2004). Jejich zástupci, velcí většinou několik milimetrů až centimetrů (Motyčka, Roller, 2001), tvoří více než 80% všech druhů živočichů na Zemi.

Pro všechny členovce je typická tzv. heteronomní segmentace, tzn., že mají tělo nestejněměrně článkované (Papáček a kol., 2000). Jejich tělo je rozčleněno vně, ale i vnitřně na články, které se sdružují ve vyšší funkční celky, tzv. tagmata (hlava, hrud', zadeček, případně trup) (Kratochvíl, 1980).

Členění těla za hlavou není u členovců jednotné (Tab. 1). Původní je stav, kdy jsou všechny tělní články volné, tvoří trup a nesou po jednom páru noh. Druhotně mohou srůstat ve dvoučlánky (dípliosomata), které nesou po dvou párech noh, což je charakteristické pro třídu mnohonožky (Diplopoda). Častěji však několik článků za hlavou tvoří hrud' (thorax) a ostatní články těla tvoří zadeček (abdomen) zakončený análním článkem (telson). Končetiny hrudi jsou hlavním ústrojím pohybu, končetiny zadečku mívají často jinou funkci. U klepítkačů srůstá hlavová část (proterostoma) s hrudí (mesosoma) v jednotnou hlavohrud'. Jako zvláštní oddíl je vytvořen zadeček (opisthosoma). U roztočů srůstají zadečkové a hrudní články v celek (idiosoma) (Kratochvíl, 1980).

Tab. 1: Přehled stavby těla různých skupin členovců (Kratochvíl, 1980)

Podkmeny	Vzdušnicovci				Klepítkačci	
Třídy a řády	Stonožkenky, stonožky	Drobnušky, mnohonožky	Hmyz	Korýši, trojlaločnatci	Klepítkačci kromě roztočů	Roztoči
Členění těla	hlava a trup		hlava, hrud' a zadeček		hlavohrud' a zadeček	
Úprava části za hlavou	Trup má články		Hrud' má články		Zadeček je	
	volné	srostlé po dvou	3 volné nebo srostlé	více, zpravidla volných článků	samostatný	srostlý s hlavohrudí v celek

V raném embryonálním vývoji se zakládají coelomové váčky, které v dalším vývoji mizí. Jejich stěny daly základ svalovině, tukovému tělesu, pohlavnímu ústrojí a u některých členovců se z koncových částí metanefridií dochovaly zbytky s různou funkcí, např. tykadlové a čelistní žlázy korýšů, kyčelní žlázy klepítkačů (Kratochvíl, 1980).

Druhotná tělní dutina je členěna na jednotlivé coelomové váčky pouze u zárodků členovců. V průběhu vývinu váčky splývají a vzniká nečleněná druhotná tělní dutina mixocoel (Papáček a kol., 2000).

V průběhu evoluce docházelo k rozrůžňování jednotlivých párů končetin a k jejich přizpůsobování k různým funkcím. Končetiny hlavy slouží k získávání a zpracování potravy, končetiny na článcích trupu, hrudi nebo na zadní části hlavohrudi mají původní pohybovou funkci. Končetiny zadečku se u některých skupin přeměnily ve snovací bradavky (pavouci), vnější kopulační orgány (hmyz), nebo zcela vymizely. Členovci mají dva základní typy končetin, dvouvětevné (korýši) a jednovětevné (např. hmyz) (Papáček a kol., 2000).

Pro členovce je typická tzv. cephalizace přední části těla, tj. tvorba hlavy. K čelnímu článku je připojen ještě jeden tělní článek, takže před ústy jsou dva tělní články a tudíž i dva páry končetin. U korýšů mají tyto končetiny podobu tykadla, u vzdušnicovců se dochovalo jen tykadlo prvního páru a u klepítkačů jen pozměněné tykadlo druhého páru přeměněné v klepítka (chelicery). K těmto dvěma článkům se u korýšů a vzdušnicovců připojily ještě další tři články ležící za ústy a společně vytvářejí celek. Jejich končetiny se přeměnily v ústní ústrojí: kusadla, čelisti a spodní pysk (Kratochvíl, 1980).

U klepítkačů se na prvním článku tykadla nevytvořila, ale končetiny druhého článku se přeměnily v klepítka (chelicery), za ústy je jen jeden pár končetin makadla (pedipalpy). Další dva články nesou kráčivé končetiny. Všechny tyto články jsou jednotným celkem a jsou označovány jako proterosoma. Proterosoma tedy nese 1 pár klepítek, 1 pár pedipalp a 2 páry noh (Kratochvíl, 1980).

Tab. 2: Přehled modifikace končetin hlavy u členovců (Kratochvíl, 1980)

Články hlavy	Klepítkaktci (<i>Chelicerata</i>)	Korýši (<i>Crustacea</i>)	Vzdušnicovci (<i>Tracheata</i>)	Označení celku
Složené oči	chybí	přítomny	často přítomny	hlava nebo proterosoma (u klepítkatců)
1.	chybí	přítomny	přítomny	
2.	chelicerý	tykadla	chybí	
3.	pedipalpy	kusadla	kusadla	
4.	noha 1. páru	čelisti 1. páru	čelisti	
5.	noha 2. páru	čelisti 2. páru	spodní pysk	
Část za hlavou nebo proterosomatem				
Nohy	2 páry jednoduchých noh	více párů 1 – 2 větvěných noh	3 nebo více párů jednoduchých noh	trup nebo hrud' a zadeček

Končetiny členovců jsou tvořeny články vnější kostry, které jsou spojeny klouby a pohybují jimi kosterní svaly. Jen chodidla a bičíky tykadel jsou napínány tlakem tělních tekutin. Původním tvarem končetiny je dvojbřevná končetina. Na dvojbřevný základ nasedá vnitřní větev (zachovaná u všech členovců) a vnější větev (jen u trojlaločnatců a korýšů). Pro členovce je typické, že poslední článek noh je zakončen jedním až dvěma drápkami (Kratochvíl, 1980). Funkci končetin zajišťuje specifická svalovina spolu s kutikulou (Smrž a kol., 2004).

Pokožka vylučuje na povrch dvojbřevnou kutikulu. Spodní vrstva (prokutikula) obsahuje chitin, který je základní látkou kostry členovců a někdy i uhličitán vápenatý. Svrchní vrstvu (epikutikula) tvoří tenká vrstva vodoodpudivého vosku překrytá ochranným povlakem hutné cementovité hmoty (Motyčka, Roller, 2001).

Kutikula slouží k mechanické ochraně těla a regulaci pohybu vody mezi prostředím a tělem a zároveň tvoří vnější kostru, na níž se upínají svaly (Smrž a kol., 2004).

Kutikula není jednolitý útvar, je rozčleněna na množství destiček (skleritů) spojených pružnými membránami, někdy i kloubními ploškami (Papáček a kol., 2000).

Každý tělní článek je kryt prstencem kutikuly (kostry). Na hřbetní straně je hřbetní štítek (tergit), který může na bocích přecházet v tzv. paratergity, břišní strana je kryta břišním štítkem (sternit). Tergity a sternity jsou na bocích spojeny pružnou blánou

(pleura). Jednotlivé prstence vnější kostry jsou navzájem spojeny pružným prstencem kutikuly, takže jsou navzájem pohyblivé a do sebe zasunutelné. Tam, kde skupiny článků (hlava, hrud', zadeček) srůstají ve funkční celek (tegumentum) mizí samostatnost prstenců a ty srůstají v kostrový celek. Na vnitřní stranu prstenců kutikuly se upínají svalové provazce tělního kosterního svalstva. Jeho základem jsou dva hřbetní, dva břišní a dva příčné svalové provazce (Kratochvíl, 1980).

Tento typ pohybové soustavy umožňuje nejen dobrou pohyblivost končetin, ale i velkou rychlost pohybu (Papáček a kol., 2000).

Nevýhodou pevné kostry je, že neumožňuje plynulý růst, proto se členovci během svého vývoje několikrát svlékají (Papáček a kol., 2000).

Během růstu se kostra obnovuje, starou kostru jedinec odvrhne – svléká se (Kratochvíl, 1980). Svlečání kutikuly neboli ekdyze a její znovuvytváření buňkami pokožky je řízeno hormonálně. Uplatňuje se při něm svlékácí hormon (ekdyzon), který vyvolává změny v pokožce a připravuje svlečání a juvenilní hormon (neotenin), který blokuje vývin a přeměnu v dospělého. Při nadprodukcii svlékácího hormonu se zastaví tvorba juvenilního, pokožka rozpouští spodní vrstvu kutikuly a vstřebává ji. Pak začíná vytvářet kutikulu novou a svrchní vrstva staré kutikuly praská a je svlékána. Nově vyloučená kutikula je zprvu měkká, ale postupně tvrdne a vybarvuje se (Papáček a kol., 2000).

Trávicí soustava má tři hlavní části, přičemž přední a zadní část je ektodermálního původu a střední část je entodermální. Přední část začíná ústní dutinou, která může být přeměněna na sací pumpu (u členovců žívících se tekutou nebo ztekucenou potravou), jejíž součástí může být filtrační zařízení, kutikulární lišty nebo zuby na rozmělnění potravy. Střední část je vystlána jemnou chitinovou membránou (tzv. peritrofitická membrána) a má trávicí funkci, u pavouků ústí do této části trávicí trubice trávicí žlázy. Zadní část má podobu jednoduché a přímé trubice (Papáček a kol., 2000). Trávení členovců je mimobuněčné (Kratochvíl, 1980).

Dýchací soustava je u vodních členovců tvořena žábrami (např. korýšů), (Papáček a kol., 2000), kdy jsou k dýchání uzpůsobeny končetiny zadečku nebo celý zadeček. Mohou dýchat i celým povrchem těla (Kratochvíl, 1980).

U suchozemských členovců je dýchací soustava tvořena plicními vaky nebo vzdušnicemi. Plicní vaky jsou členěné dutiny, jejichž stěny jsou omývány hemolymfou, mají je např. pavoukovci. Vzdušnice (tracheje) jsou větví se trubice vystlané

kutikulou, které přivádějí kyslík přímo do tkání (Papáček a kol., 2000). Uvnitř jsou vyztuženy spirálou z vnější vrstvy kutikuly, v těle se bohatě větví a konečky větviček jsou zakončeny jednou dýchací buňkou, která vykonává dýchací funkci (Kratochvíl, 1980).

Na povrchu těla se vzdušnice otevírají drobnými průduchy (stigmata). Jsou jediným typem dýchacích orgánů u vzdušnicovců, ale u některých pavoukovců se vyskytují jak plicní vaky, tak vzdušnice. Při svlékání kutikuly členovci svlékají i ektodermální výstelku dýchacích orgánů. (Papáček a kol., 2000).

U členovců můžeme pozorovat dva typy vylučovacích orgánů (Tab. 3). Mohou to být nefridie nebo malpighické trubice. Nefridie obvykle bývají přítomny v počtu jednoho nebo dvou párů, jejich nálevky jsou uzavřené drobnými váčky a proto zajišťují udržování vody v těle lépe než je tomu u kroužkovců. Funkční nefridie mají např. korýši (tykadlové žlázy) nebo někteří pavoukovci (kyčelní žlázy), u vyšších členovců (hmyz) nefridie zcela ztrácejí svou původní funkci a mohou se přeměnit např. ve slinné nebo snovací žlázy. U vyšších členovců tedy vylučování zajišťují malpighické trubice, trubicovité žlázy, které ústí do střeva na rozhraní střední a zadní části (Papáček a kol., 2000).

Tab. 3: Přehled modifikací dýchacího a vylučovacího ústrojí členovců (Kratochvíl, 1980)

Ústrojí	Klepítkatci (<i>Chelicerata</i>)	Korýši (<i>Crustacea</i>)	Vzdušnicovci (<i>Tracheata</i>)
Dýchací	plice vakovité, keříčkovité vzdušnice	žábry nebo celý povrch těla	trubicovité vzdušnice
Vylučovací	kyčelní žlázy nebo Malpighické trubice	tykadlové nebo čelistní žlázy	Malpighické trubice

Členovci mají otevřenou cévní soustavu, jejím centrem je trubicovité hřbetní srdce s bočními párovými otvůrkami, které leží v osrdečníku (Papáček a kol., 2000). Hemolymfa se vylévá do dutiny tělní (Smrž a kol., 2004). Jen u nejprimitivnějších členovců (např. u štírů) vybíhají ze srdce cévy k dýchacím orgánům (Papáček a kol., 2000).

Nervová soustava je žebříčkovitá (Papáček a kol., 2000). Inervuje kosterní svalstvo těla a končetin, smyslová ústrojí, žlázy apod. Je umístěna na břišní straně a má podobu párových zauzlin propojených podélnými a příčnými spojkami. Členění je nervové soustavy je heteronomní. K zauzlině čelního článku přirůstá zauzlina následného článku a společně tvoří nadjícnovou zauzlinu, zauzliny dalších tří článků tvoří společnou uzlinu podjícnovou. Také zauzliny jednotlivých tělních částí se někdy slévají v celek (synganglion), a to např. u roztočů (Kratochvíl, 1980). Centrum tvoří tříčlenné mozková (nadjícnová) zauzlina (cerebrální neboli supraoesophageální ganglium), které inervuje smyslové a ústní orgány hlavy. (Papáček a kol., 2000)

Základem smyslových orgánů jsou primární smyslové buňky z ektodemu. Existují bipolární nebo multipolární. Bipolární smyslové buňky jsou v kontaktu s vnějším světem. Jejich vnější výběžek je spojený s tělním pokryvem (např. chloupkem, brvou) na kutikule a dovnitř směřující výběžek předává nervové soustavě podnět z vnějšího prostředí. Celé toto smyslové zařízení označujeme jako sensillum. Sensily mechanického typu mají pevnější kutikulární pokryv, chemické mají pokryv velmi jemný a umožňují velkou ostrost smyslů. U hmyzu jsou některé tyto smyslové buňky vtaženy do nitra těla a jsou napjaty mezi dvě tělní části, což hmyzu umožňuje vnímat změny v poloze těla a různé typy otřesů způsobené vlněním (např. zvuku, sluchová ústrojí). Multipolární smyslové buňky (neboli volná nervová zakončení) jsou zařízení vnitřní statická, citlivá na podněty z nitra jedince (Kratochvíl, 1980).

Charakteristickými smyslovými orgány členovců jsou složené oči, tvořené až několika sty funkčními jednotkami (ommatidia). Jsou velmi citlivé na pohyb a mohou reagovat i na intenzitu a délku vln světelného záření, tj. na barvy (Kratochvíl, 1980). Obraz zaregistrovaný mnoha ommatidii se skládá ve zrakovém laloku nervového centra a tvoří tzv. mozaikový obraz. Členovci ale mají i jednoduché oči, např. pavoukovci a někteří zástupci (např. hmyz) mají dokonce oba typy očí (Papáček a kol., 2000).

Dalšími typickými smyslovými orgány členovců jsou i smyslové brvy (senzily). Vznikají činností smyslových buněk pokožky, se kterými jsou spojeny. Nacházejí se na různých částech těla a mohou mít funkci mechanických, chemických, tlakových i tepelných čidel. Jejich prostřednictvím mohou členovci vnímat např. změny elektromagnetického pole a zvuk a např. u koryšů se vyskytují statokinetická čidla. Nervová soustava a čidla jsou ektodermálního původu, stejně jako dýchací soustava (Papáček a kol., 2000).

Zástupci členovců jsou až na výjimky gonochoristé (tzn. odděleného pohlaví) a často se u nich vyskytuje výrazná pohlavní dvojtvárnost. Samotné pohlavní žlázy bývají uspořádány nejčastěji v podobě váčků nebo trubic. Pohlavní vývody jsou druhotně nepárové. K oplození vajíčka dochází uvnitř pohlavních cest samice, jde tedy o vnitřní oplození (Papáček a kol., 2000). U členovců se druhotně vytvořilo úplné nebo povrchové rýhování vajíček. Vývoj je buď přímý, nebo nepřímý a probíhá přes larvy. U korýšů se vytváří nauplius nebo zōea, u roztočů šestinohá larva (Kratochvíl, 1980).

Pokud embryonální vývoj končí vytvořením jen určitého počtu tělních článků a ostatní články dorůstají postupně během postnatálního vývoje, hovoříme o anamorfóze, pokud se v embryonálním vývoji vytvoří všechny tělní články najednou a vaječné obaly opouští plně vyvinutý dospělec, který v postnatálním vývoji jen dorůstá a pohlavně vyspívá, typem vývoje je epimerie (bez larválních stádií) (Kratochvíl, 1980).

Členovci jsou jediným kmenem bezobratlých, který trvale osídlil různé biotopy souše. Život na souši umožnily členovcům hlavně tyto jejich vlastnosti:

- řádně vytvořená vnější kostra, která umožňuje upevnění kosterního svalstva, poskytuje dokonalou ochranu proti nežádoucím účinkům krátkovlnného slunečního záření, proti výkyvům vlhkosti prostředí a mechanickým vlivům
- článkované končetiny členovců jsou přizpůsobivé k různým způsobům pohybu na pevné podložce, v půdě i ve vodě (mohou plavat, hrabat, běhat, šplhat, skákat apod.), mají schopnost uchvacovat kořist nebo různým způsobem získávat potravu, mohou být použity k přichycení samičky samcem při kopulaci, při ukládání vajíček na vhodné místo
- vysoká citlivost smyslového ústrojí a rozvoj centrálního nervstva u členovců vedla k vyšší reaktivitě na vnější podněty a k rozvoji pudové činnosti.

Velká rozmanitost podmínek na souši vyvolala u členovců různé modifikace tvarů a funkcí jednotlivých částí těla a tím i obrovskou spoustu druhů suchozemských členovců (Kratochvíl, 1980).

Podkmen: Klepítkatci (*Chelicerata*)

Hlavová část (proterosoma) je srostlá se dvěma články hrudi (mesosoma) a tvoří tak hlavohrud' (cephalothorax). Zbývající články (maximálně 13) tvoří zadeček (abdomen). Před ústy je jen jeden pár končetin ve tvaru klepítek, drápkatých klepítek nebo drápků (chelicery), které vývojově odpovídají tykadlům druhého páru korýšů. Za

ústý je jeden pár končetin, který má funkci ústního ústrojí (pedipalpy) a je srovnatelný s kusadly korýšů a vzdušnicovců. První článek má tvar čelistí a druhý má funkci smyslového ústrojí (hmat), u samců pavouků je přeměněn v pomocné kopulační ústrojí (Kratochvíl, 1980).

Klepítkatci mají na hlavohruď čtyři páry kráčivých končetin (Hančová, Vlková, 1998). Nohy se člení na kyčel (*coxa*), příkyčlí (*trochanter*), stehno (*femur*), koleno (*patella*), holeň (*tibia*), nárt (*metatarsus*) a chodidlo (*tarsus*), na jejichž konci jsou dva nebo tři drápky. Jsou jednovětevné (Kratochvíl, 1980).

Zadeček je spojen s hlavohrudí buď stopkou (u pavouků) nebo na ni nasedá celou šíří, kdy má tělo tvar jednolitého váčku (typické pro roztoče a sekáče). Zadeček začíná vždy sedmým tělním článkem (Kratochvíl, 1980). Je nečlánkovaný, končetiny buď chybí, či jsou redukovány nebo mají jinou než pohybovou funkci (Hančová, Vlková, 1998). Mohou být přizpůsobeny k dýchání (např. plicní vaky pavouků), mít funkci smyslovou (štírci) nebo mohou být přetvořeny ve snovací ústrojí (u pavouků) (Kratochvíl, 1980).

Dýchací soustavu mohou představovat lupínkovité žábry na zadečkových končetinách (hrotnatci), plicní vaky spojené s vnějším prostředím stigmaty (pavouci, štírci), vzdušnice (sekáči, roztoči) nebo celý povrch těla (drobní roztoči) (Hančová, Vlková, 1998).

Vylučovací soustavu tvoří buď koxální žlázy (přeměněné metanefridie v hlavohruď, hrotnatci a někteří pavoukovci) nebo malpighické trubice (pavoukovci) (Hančová, Vlková, 1998).

Pohlavní ústrojí ústí na břišní straně druhého článku zadečku (Kratochvíl, 1980). Vývoj je buď přímý (pavoukovci) nebo nepřímý (hrotnatci) (Hančová, Vlková, 1998). Larvální stadia jsou známá jen u roztočů a ostrorepů (Kratochvíl, 1980).

Klepítkatci jsou původně masožravci, ale nyní přijímají jen tekutou potravu. Kořist buď vysávají, nebo ji pomocí vstříknutí trávicích enzymů tráví mimotělně. Volně žijící zástupci vysávají tlející látky nebo se stali cizopasníky na rostlinách a živočiších (Kratochvíl, 1980).

Podkmen: Korýši (*Crustacea*)

Tělo korýšů je rozlišeno na tři funkční celky (tagmata) a to na hlavu (cephalon), hrud' (thorax) a zadeček (abdomen). Hlava je celkem homologickým, tzn., že je tvořena

vždy stejným počtem článků (pěti), hrud' a zadeček jsou celky analogické, tj. u různých skupin jsou tvořeny různým počtem článků. Hranice mezi hrudí a zadečkem je také u každé skupiny koryšů různá. Většina vnitřních orgánů je uložena v hrudi a ne v zadečku jako např. u klepítkačů (Kratochvíl, 1980).

Pro koryše je typická vnější kostra prostoupená uhličitanem nebo fosforečnanem vápenatým (Kratochvíl, 1980; Papáček a kol., 2000) U mnoha skupin se vytváří krunýř (carapax), který pokrývá část nebo celé tělo koryše. Vývojově jde o kaudálně prodloužený hřbetní štít posledního článku hlavy, který je buď volný, nebo na hřbetní straně srůstá s články, které překrývá. Zpevnění vnější kostry koryšů uhličitanem vápenatým a vytváření krunýře má význam jak ve zpevnění vnější kostry, tak tvoří oporu a ochranu těla. Vnitřní volná plocha krunýře bývá pokryta tenkou vrstvičkou kutikuly a uplatňuje se při dýchání, což umožňuje některým koryšům (např. raci a krabi) dočasně opustit vodní prostředí a žít na souši (Kratochvíl, 1980).

Končetiny koryšů jsou dvojjvětévné, u vývojově mladších koryšů jednovětévné a jsou přítomny na hlavě, hrudi i zadečku. Dvojjvětévná končetina je tvořena dvoučlánkovým základem a dvěma vícečlánkovými větvemi (vnější - exopodit a vnitřní - endopodit) (Kratochvíl, 1980).

Čelní článek nese první pár tykadel, která jsou buď jednovětévná, nebo tvořená dvěma až třemi bičičky. Mají smyslovou funkci, někdy i pohybovou nebo slouží k přichycování (kapřivci). Druhý článek hlavy nese druhý pár tykadel a má podobnou funkci jako první pár tykadel. Třetí článek má končetiny přeměněné v kusadla (*mandibulae*), kterými rozmělnují potravu. Na čtvrtém článku hlavy jsou čelisti prvního páru (*maxillae I*), jejichž kyčelní článek má měkký kyčelní výrůstek a ostatní část tvoří makadlo. Končetiny pátého článku hlavy jsou utvářeny podobně a označují se jako čelisti druhého páru (*maxillae II*). (Kratochvíl, 1980)

Kusadla koryšů pracují synchronně na rozdíl od klepítek (chelicer) pavoukoců. Ke zpracování potravy slouží čelisti (Smrž a kol., 2004).

Hrudní končetiny slouží převážně k pohybu. Mohou být dvojjvětévné nebo jednovětévné, zakončené drápkem, klepítkem nebo poloklepítkem (slouží k uchvacování kořisti). Koryši mohou mít také tzv. čelistní nožky (maxillipedy), které slouží k uchvacování a zpracování potravy (Kratochvíl, 1980), pohybují se lezením nebo plováním (Smrž a kol., 2004).

Nohy zadečku mohou být přeměněné v lístkovité útvary nebo mohou úplně

chybět (Papáček a kol., 2000). Poslední článek zadečku (telson) končetiny nemá, jen u nižších korýšů je možné pozorovat na jeho konci jeden pár výběžků ve tvaru vidlice (furka). U rakovců ukončuje tělo příčně postavená ploutvovitě utvářená plocha, ke které se připojuje pár končetin předposledního zadečkového článku (tzv. uropody). Takto zakončený zadeček jim pomáhá při plavání. Na ostatních člancích zadečku končetiny chybí nebo jsou dvojitěvětvené. Slouží k pohybu nebo jsou uzpůsobeny k jiným funkcím, např. k dýchání nebo jako pomocné ústrojí při rozmnožování (u samců k rozmnožování, u samic k nošení vajec) (Kratochvíl, 1980).

Dýchacím ústrojím jsou žábry, které jsou výrůstky základu hrudních končetin a jsou vyplněny hemolymfou (Kratochvíl, 1980). Žábry mají nejčastěji podobu hřebínků na bázi nohou (Papáček a kol., 2000). U některých rakovců k dýchání pomáhají i zadečkové končetiny. U suchozemských druhů se žábry přetvořily v trubicovité vzdušnice (z pokožky zadečkových končetin berušky), plíce podobné plicnatým plžům (z výstelky dutiny mezi tělem a krunýřem desetinožců) nebo dýchají celým povrchem těla (někteří drobní korýši, např. buchanky, kterým chybí cévy i žábry je dýchání umožněno formou difúze) (Kratochvíl, 1980), (Smrž a kol., 2004).

Cévní systém je těsně spojen se žábry.

Korýši mají hepatopankreas, samostatnou trávicí žlázu spojenou s trávicí trubicí, do které uvolňuje enzymy zvyšující efektivitu trávení (Smrž a kol., 2004).

Vylučovací soustavu tvoří pozměněné metanefridie, oddělené od tělní dutiny. Mají tvar váčků a kanálků která vede na povrch těla (Kratochvíl, 1980). U nižších korýšů vylučování zajišťují kyčelní žlázy, které vyúsťují na bázi čelistí (čelistní žlázy) nebo tykadel (tykadlové žlázy, u rakovců) (Kratochvíl, 1980), (Smrž a kol., 2004).

U dospělců jsou přítomny složené oči, které tvoří soubor jednoduchých oček (omatidií), každé oko má svou vlastní čočku, jeden optický nerv a od ostatních oček je izolováno pigmentovými buňkami. Složené oko umožňuje vidět jednotlivé obrazy poskládané do mozaiky. Čím větší je počet oček, tím lepší je kvalita obrazu (Smrž a kol., 2004).

U larev (*nauplius*) některých skupin korýšů se objevuje zvláštní typ oka, tzv. naupliové oko, které je nepárové a umístěné uprostřed hlavy, má nižší rozlišovací schopnost než oko složené.

Většina korýšů jsou gonochoristé, tzn. odděleného pohlaví, jen u svijonožců, kteří jsou v dospělosti přisedlí, se vyvinul hermafroditismus (Smrž a kol., 2004).

Také je u nich častá pohlavní dvojtvárnost. (Kratochvíl, 1980) Samci předávají při páření do pohlavních cest samic spermatofor, u některých druhů dochází i k partenogenezi, tzn. vývoji potomstva z neoplozených vajíček (Papáček a kol., 2000). Většinu obsahu vajíčka zaujímá žloutek, který je uložen uprostřed. Rýhování vajíčka je povrchové. U řady korýšů se líhne jedinec, který je velmi podobný dospělci a jen se několikrát svléká. U některých skupin se ale líhne velmi vyspělá (cenogenetická) larva zvaná nauplius, která má tři páry končetin sloužících k plavání a ke zpracování potravy, z nichž v průběhu dalšího vývoje většinou vznikají oba páry tykadel a kusadla, jednoduché temenní očko a telson se základy furky (buchanky). (Kratochvíl, 1980; Smrž a kol., 2004; Papáček a kol., 2000).

Další vývoj probíhá postupnou proměnou. Mezi kusadlovým článkem a telsonem narůstají odpředu dozadu další články těla a s nimi i další páry končetin. Tento proces je provázen prodlužováním těla a svlékáním staré kutikuly. U vyšších korýšů nauplius chybí a tvoří se *zōea* (larva typická pro rakovce). Ta má vytvořeny všechny končetiny hlavy, složené oči, základy hrudních článků a kusadlových nožek a beznohý zadeček ukončený ploutvovitě zakončeným telsonem. Po prvním svlékání jí narůstají hrudní končetiny, po druhém zadečkové, čímž se mění v dospělého. U našich raků je vývoj přímý, tzn., že obaly vajíčka opouští již vyvinutý malý ráček (Kratochvíl, 1980).

Korýši jsou především obyvatelé vod, na souš přešli jen někteří zástupci rakovců, např. stínky a někteří desetinožci. Korýši, kteří jsou součástí planktonu, se uplatňují při samočištění vod, jelikož se živí nanoplanktonem a vznášejícími se zbytky organické hmoty (perloočky, buchanky). Většina korýšů však žije na dně a živí se zbytky organického detritu, bahna a řas. Ti zástupci, kteří přešli k požívání mrtvé živočišné potravy nebo k dravému způsobu výživy jsou většinou cizopasníky ryb (např. kapřivci). Jiní zástupci přešli k požívání rostlin (Kratochvíl, 1980).

Podkmen: Vzdušnicovci (*Tracheata*)

Žijí výhradně na souši, ale mnoho druhů žije ve vodním prostředí nebo ve vodě prodělávají druhotně některou část svého individuálního vývoje. (Kratochvíl, 1980) Velikost vzdušnicovců se pohybuje od 0,2 mm do 30 cm. (Hančová, Vlková, 1998)

Tělo vzdušnicovců je tvořeno z 16 až 182 článků, které jsou spojovány ve funkční celky (tagmata). (Kratochvíl, 1980) Buď na hlavu a trup, na kterém je mnoho párů končetin (stonožky, mnohonožky), nebo na hlavu, hrud' a zadeček, kdy hrud' nese

jen tři páry nohou (chvostoskoci, hmyz). (Papáček a kol., 2000). Hlava tvoří jednolitý celek a jsou na ní před ústy (*procephalon*) umístěny jednoduché nebo složené oči a jeden pár tykadel (smyslová funkce), která odpovídají prvnímu páru tykadel korýšů. Úsek hlavy za ústy (*gnathocephalon*) nese jeden pár kusadel, dva páry čelistí a nepárový spodní pysk. Vytvoření spodního pysku je typickým znakem vzdušnicovců (Kratochvíl, 1980), (Papáček a kol., 2000).

Končetiny za hlavou jsou jednovětvé, různě upravené životním podmínkám (např. k hrabání, plavání, uchvacování kořisti apod.). (Kratochvíl, 1980)

Dýchacími orgány jsou párové trubicovité vzdušnice (tracheje) ektodermálního původu, které vznikly vchlípením povrchu těla na bocích jednotlivých článků. Jsou uspořádány po párech za sebou a na povrchu těla ústí průduchy (stigmata). Vzdušnice vyztužuje vnější vrstva kutikuly (exokutikula) stočená do spirály. Celou dutinu vzdušnice pokrývá povrchová vrstvička kutikuly (epikutikula). Systém větvících se a vzájemně propojených vzdušnic tvoří jednotnou vzdušnicovou soustavu, která prostupuje všechna ústrojí těla. Konec každé vzdušnicové větvičky je zakončen tracheolovou buňkou. Do každého jejího výběžku stupuje jemná chodbička, zvaná tracheola, jejíž stěny umožňují výměnu plynů mezi vzdušnicovou soustavou a tkáněmi těla a také nahrazují funkci kapilár soustavy oběhu tělních tekutin, která se u členovců nevyvinula (Kratochvíl, 1980). Vzdušnice přivádějí kyslík přímo k buňkám tkání a odvádějí oxid uhličitý (Papáček a kol., 2000). Drobné druhy, například chvostoskoci, dýchají celým povrchem těla (Smrž a kol., 2004).

Trávicí trubice je stavěna jednoduše, chybí ústrojí podobná játrům, metanefridie i hepatopankreatické výchlipky střeva. Přítomné jsou malpighické trubice, které vnikají jako výchlipky proctodea (zadní střevo) (Kratochvíl, 1980).

Vzdušnicovci nemají speciální trávicí žlázy, trávicí enzymy jsou produkovány sekrečními buňkami epitelu střeva (Papáček a kol., 2000).

Vylučovací soustavu tvoří kromě malpighických trubic i tukové těleso, které slouží ke shromažďování odpadních i zásobních látek (např. kyselina močová). (Hančová, Vlková, 1998).

Cévní soustavu tvoří hřbetní céva, která funguje jako srdce (Smrž a kol., 2004).

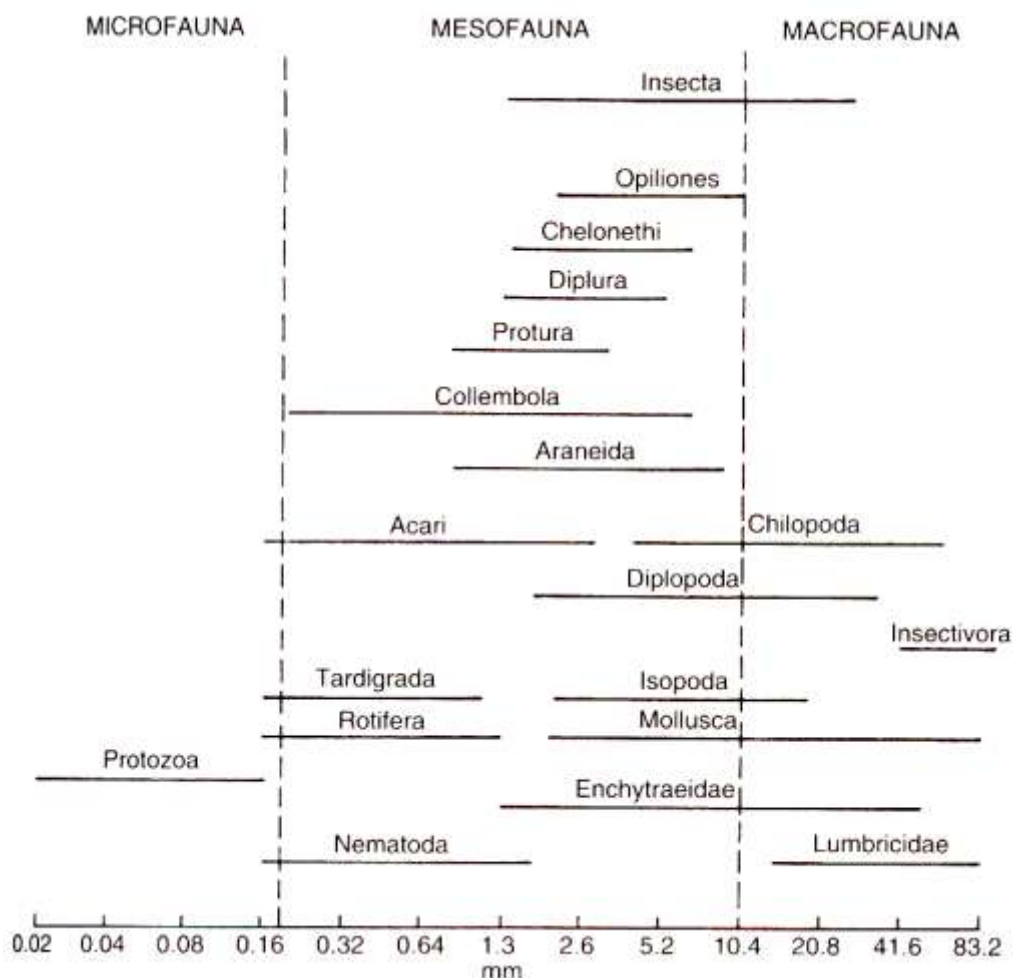
Vzdušnicovci jsou gonochoristé s častou pohlavní dvojtvárností. Vajíčka jsou centrolecitální (mají žloutek uprostřed vajíčka) a rýhují se povrchově. Vývoj probíhá přes cenogenetickou larvu, která má ústrojnost vzdušnicovců. Postnatální vývoj může

probíhat různými způsoby. Přímým vývojem, kdy v obalech vajíčka může proběhnout vývin až do té fáze, že živočich vajíčko opouští s plně vyvinutými všemi tělními články a končetinami (epimerie) a v postnatálním vývoji jen dorůstá a dospívá, např. stonožky.

Při nepřímém vývoji se z vajíčka líhne larva, která se proměnou mění v dospělé, jsou dvě možnosti nepřímého vývoje: anamorfóza, kdy má larva jiný počet tělních článků než dospělec (u anamorfických stonožek a stonoženek, mnohonožek, drobnušek a hmyzenek) nebo epimerie, kdy se tělní články tvoří najednou během vývoje ve vajíčku a larva opouštějící vajíčko má vždy jen tři páry noh (u hmyzu) (Kratochvíl, 1980).

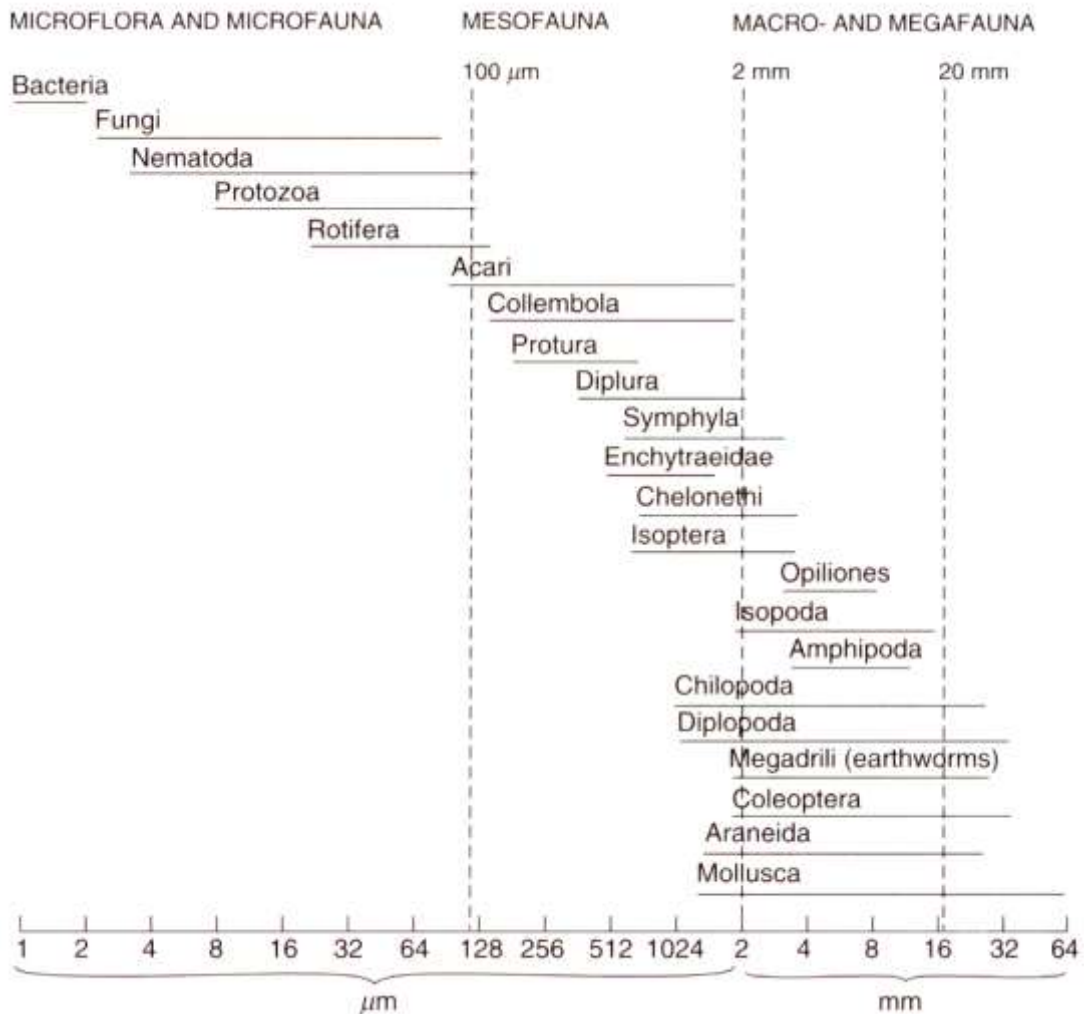
2.2 Půdní členovci a jejich význam v půdě

Širokou skupinu půdních živočichů (zoedafon) lze podle délky těla zástupců jednotlivých skupin rozdělit na mikrofaunu, mesofaunu a makrofaunu (viz Obr. 1), přičemž půdní členovci spadají z větší části do mesofauny a makrofauny. Mezi zástupce mesofauny patří vířníci (*Rotifera*), hlístice (*Nematoda*), želvušky (*Tardigrada*), chvostoskoci (*Collembola*), různé skupiny roztočů (*Acari*), hmyzenky (*Protura*), vidličnatky (*Diplura*), chvostnatky (*Microcoryphia*), štírci (*Pseudoscorpionida*) stonožky (*Symphyla*), drobnušky (*Paupoda*), roupicovití (*Enchytraeidae*) a do makrofauny se řadí stejnonožci (*Isopoda*), mnohonožky (*Diplopoda*), stonožky (*Chilopoda*), štíři (*Scorpionida*), pavouci (*Araneida*), hmyz (*Insecta*), plži (*Gastropoda*), máloštětinatci (*Oligochaeta*). Toto členění je umělé a některé systematické skupiny zasahují do více velikostních kategorií (Coleman a kol., 2004).



Obr. 1: Obecná klasifikace půdní fauny podle délky těla (Coleman a kol., 2004).

Půdní bezobratlé lze také dělit šířky těla na mikrofaunu, mesofaunu, makrofaunu a megafaunu (viz Obr. 2). Toto dělení více odpovídá zařazení jednotlivých skupin členovců do mesofauny a makrofauny.



Obr. 2: Klasifikace půdních dekompozitorů podle velikosti (šířky „těla“) (Coleman a kol., 2004).

Činností půdních členovců jsou jednotlivé složky půdy převraceny, promíchávány a provzdušňovány, jejich trus půdu obohacuje o důležité látky. Mnozí z nich působí jako rozkladači odumřelé organické hmoty (dekompozitoři), čímž vytváří příznivé prostředí pro růst rostlin (Malý a kol., 2001). Dekompozice mrtvé organické hmoty je složitý proces, který obsahuje řadu vzájemně propojených dílčích dějů jako je fragmentace, rozpad složitějších látek, vyluhování, rozklad jednodušších látek apod. Během dekompozice dochází k úplnému rozkladu mrtvé organické hmoty na vodu a oxid uhličitý (Frouz, 2000). Interakce organismů v dekompozičních potravních sítích vedou k rozkladu a mineralizaci mrtvé organické hmoty (Šustr, 2000).

Tab. 4: Vlivy půdní bioty na půdní procesy v ekosystému (Coleman a kol., 2004)

	Koloběh živin	Složení půdy
Mesofauna	regulují populace hub (plísni) a mikrofauny	produkují výkaly
	mění výživovou hodnotu půdy jejím převrácením	vytvářejí póry
	rozkládají rostlinné zbytky	podporují tvorbu humusu
Makrofauna	rozkládají rostlinné zbytky	mísí organické a minerální částice
	stimulují mikrobiální aktivitu	přerozdělují organickou hmotu a mikroorganismy
		vytvářejí póry
		podporují tvorbu humusu
		produkují výkaly

Společenstva půdních členovců se v různých ekosystémech liší. Listnaté a smíšené lesy jsou bohatší než jehličnaté, a to jak v počtu druhů, tak v počtu jedinců (Malý a kol., 2001). To však platí jen pro větší živočichy, mikroskopickým skupinám naopak vyhovuje prostředí jehličnatého lesa díky silné vrstvě nerozloženého humusu. Rozdíly jsou způsobeny odlišným rostlinným složením obou typů lesa. V přirozeném smíšeném lese se nachází stromové, keřové, bylinné a mechové patro, ale v jehličnatém často keřové a bylinné patro chybí, čímž je rozmanitost živočichů omezena. Vliv má i pH půdy, které je v jehličnatých lesích kyselé (Malý a kol., 2001).

Tab. 5: Početnost (počty jedinců na m²) půdních členovců (některých zástupců mesofauny) ve čtyřech typech lesa (Coleman a kol., 2004)

	Smíšený listnatý les	Osikový les	Jedlový les	Borový les
pancířníci (<i>Oribatida</i>)	56,000	123,000	212,000	425,000
čmelíkovci (<i>Mesostigmata</i>)	1500	7400	14,000	8600
chvostokoci (<i>Collembola</i>)	7500	71,000	46,000	60,000

Vzájemné interakce půdních bezobratlých živočichů a půdních mikroorganismů významně ovlivňují řadu půdně biologických procesů spojených s rychlostí rozkladu organické hmoty, koloběhem živin nebo vývojem půdních profilů. Půdní bezobratlí selektivně konzumují půdní mikroorganismy (Frouz, Křišťůfek, 2000).

V půdním prostředí využívají zástupci zooedafonu biomasu hub nejen jako zdroj potravy, ale v půdě dochází k vytváření početných interakcí mezi zooedafonem a půdními houbami. Půdní živočichové mohou regulovat počty, druhové složení, biomasu a aktivitu mikroorganismů a tak ovlivňovat změny v rozkladu organických látek, syntéze humusu a transformace živin v půdě. Rozkladem organické hmoty a promícháváním substrátu živočichy dochází ke stimulaci mikrobiální aktivity v půdě. (Nováková, 2000)

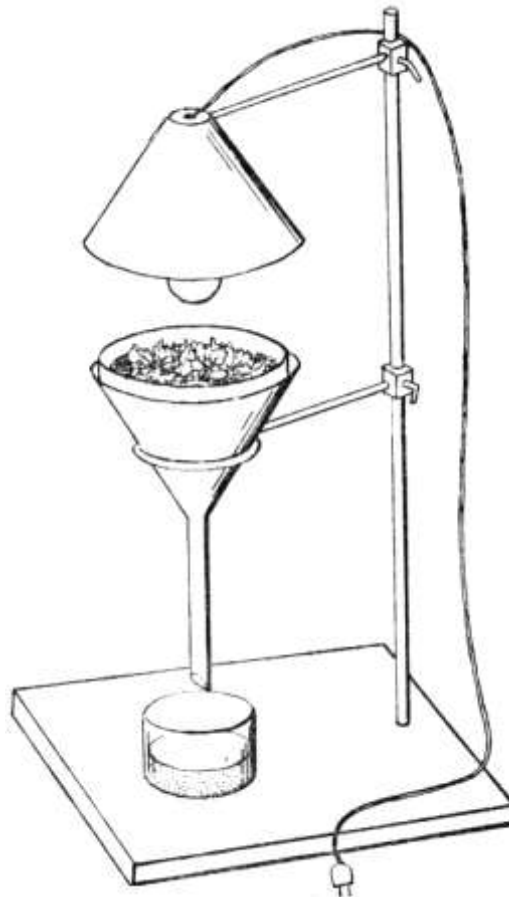
Potravní vztahy vytváří trofické sítě, které jsou dány horizontálním a vertikálním transportem hmoty a energie v daném ekosystému. Klíčovou roli zde hraje systém producent – konzument – reducent. (Rejšek, 2000)

2.3 Odběr vzorků, pozorování a určování půdních bezobratlých živočichů

Drobní bezobratlí živočichové žijící v půdě většinou vyhledávají stinná a vlhká místa (pod kameny, kůrou, pod tlejícím dřevem, v hrabance). (Malý a kol., 2001)

Větší a méně pohyblivé jedince můžeme chytat do rukou, menší živočichy přeneseme pomocí entomologické pinzety nebo štětečku. Výhodný je exhaustor (pomůcka na vysávání drobnějšího hmyzu), který umožňuje odchyťávat i rychle se pohybující hmyz. Některé živočichy je nutné nabrat i se substrátem a teprve později extrahovat. Drobné živočichy můžeme získat pomocí prosívadla nebo síta s většími oky, kdy přesejeme hrst hrabanky na bílý papír či misku a v jemném materiálu již pohybující se jedince najdeme snadno. Je možné použít i jednoduchou zemní past, kterou tvoří zavařovací sklenice zahrabaná po hrdlo do země, překrytá např. kouskem kůry (opatření proti dešti). Nejčastěji se do takovéto pasti chytí brouci, pavouci a stonožky, tedy aktivní, většinou draví jedinci. Úlovky shromažďujeme v uzavíratelných průhledných nádobách. Je vhodné oddělit predátory od ostatních živočichů. (Malý a kol., 2001)

K extrakci živočichů používáme Berlese – Tullgrenův přístroj, který k oddělení půdních členovců od půdy nejvhodnější. Tento přístroj tvoří nálevka, do jejíž rozšířené části se vkládá síto, na které se rozprostře vzorek půdy. Při zahříváním půdy shora žárovkou se drobný hmyz snaží unikat od zdroje tepla a propadá do spodní části vzorku a posléze do sběrné nádoby s lihem postavené pod rourkou nálevky. Tento přístroj je vhodný zejména k získání co největšího množství půdních bezobratlých od každého druhu. (Winkler, 1974)



Obr. 3: Berlese – Tullgrenův extraktor, (Winkler, 1974).

K pozorování používáme lupy různých typů, nejlepší alternativou je binokulární lupa. Při určování živočichů nejprve sledujeme počet končetin a jejich rozmístění na tělních člancích. Dále je důležitá přítomnost či nepřítomnost křídel a velikost jedince. (Malý a kol., 2001)

Po celou dobu jsou živočichové fixováni (zpevněni, jejich struktura zůstává zachována) ve fixační tekutině (nejčastěji v ethylalkoholu). Pokud jsou fixovány správně, jsou zachovány všechny vnitřní i vnější orgány a přirozený tvar těla. (Winkler, 1974)

2.4 Elektronová mikroskopie

Úvodem uvedu rozdíly mezi světelným a elektronovým mikroskopem: pozorování pomocí světelného mikroskopu je založeno na zobrazení a vyhodnocení struktury v odraženém světle, kdy se k osvětlení používá viditelné světlo (tj. proud fotonů o vlnové délce 0,35 – 0,75 μm), zatímco elektronový mikroskop uplatňuje princip zobrazení primárního svazku elektronů (s vlnovou délkou 0,005 nm pro urychlovací napětí 50 kV), kdy se pracuje jak s odraženým, tak průchozím signálem. Výhodou elektronového mikroskopu oproti světelnému je vysoká hloubka ostrosti obrazu. (Vojtkuláková, <http://ime.fme.vutbr.cz/files/Studijni%20opory/sm/Index.html>)

Jsou dva typy elektronových mikroskopů, skenovací (SEM), který slouží hlavně k pozorování povrchů objektů a transmisní (TEM), který umožňuje pozorovat preparáty do tloušťky 100 nm při vysokém zvětšení a s velkou rozlišovací schopností (např. viry). Do jisté míry lze považovat elektronový mikroskop za analogii světelného v dopadajícím světle (u SEM) a v procházejícím světle (u TEM).

Také existují různé metody přípravy a zpracování vzorků pro elektronovou mikroskopii a bohužel může docházet i k vadám elektromagnetických čoček, které způsobují problémy při tvorbě konečného obrazu. Dále se budu věnovat jen skenovacímu elektronovému mikroskopu. (Nebesářová, 2002, převzato z <http://www.paru.cas.cz/lem/book/>, upraveno a zkráceno)

Skenovací elektronový mikroskop

Skenovací elektronový mikroskop (SEM) je přístroj určený k pozorování povrchů nejrůznějších objektů. Výsledný obraz je tvořen pomocí sekundárního signálu - odražených nebo sekundárních elektronů. Výhodou SEM v porovnání se světelným mikroskopem je jeho velká hloubka ostrosti, v důsledku kterého vidíme obraz trojrozměrně. Dále je možné zjistit prvkové složení preparátu v dané oblasti a při porovnání s vhodným standardem určit i kvantitativní zastoupení jednotlivých prvků. Transmisní elektronový mikroskop (TEM) umožňuje pozorovat i viry.

První transmisní elektronový mikroskop zkonstruoval tým vedený Knollem a Ruskou na Vysoké škole technické v Berlíně na začátku třicátých let a v roce 1932 se objevily první fotografie z elektronového mikroskopu a popis konstrukce elektromagnetické čočky. V roce 1986 dostal Ruska za konstrukci elektronového

mikroskopu Nobelovu cenu.

Vlastní skenovací elektronový mikroskop poprvé sestrojil americký vědec Zworikyn, který vynalezl fotonásobič a použil ho k detekci sekundárních elektronů. Konstrukcí SEMu se v Anglii ve stejné době zabývala skupina vědců vedená C. W. Oatleyem a výsledky jejich práce byly použity k výrobě komerční verze mikroskopu v roce 1965.

Konstrukce mikroskopu

SEM je vybaven detektory sekundárních a odražených elektronů, které se uvolnily nad povrch preparátu a elektronikou na zesílení a zpracování signálu a tvorbu obrazu, naopak u TEM je potřeba soustavy čoček, které tvoří zobrazovací systém.

Zdrojem elektronů je ve špičce tubusu stejně jako u TEM nejčastěji wolframové vlákno. Rozlišovací schopnost přístrojů s wolframovou katodou se pohybuje mezi 10 až 15 nm.

Stejně jako v TEM jsou primární elektrony urychleny potenciálem mezi katodou a anodou a dále procházejí do soustavy elektromagnetických čoček.

V SEM při prohlížení biologických preparátů se používá urychlovací napětí do 25 kV.

Výběr urychlovacího napětí závisí na typu preparátu a zvětšení, kterého chceme dosáhnout a dále na tom, do jaké míry se nabíjí povrch prohlíženého preparátu. Snižováním urychlovacího napětí lze zčásti eliminovat nepříznivé efekty nabíjení, ale dochází ke snížení rozlišovací schopnosti, vyšší hodnoty naopak vedou k lepší rozlišovací schopnosti, ale mohou způsobit nabíjení.

Hlavním úkolem soustavy elektromagnetických čoček v SEM je co nejvíce zmenšit průměr svazku elektronů, které dopadají na povrch preparátu. Soustava čoček je tvořena jednou nebo dvěma kondenzorovými čočkami a objektivovou čočkou.

Zmenšení se může pohybovat v rozsahu 0 - 10.000 x.

Důležitou součástí elektron optického systému je stigmátor, pomocí kterého se koriguje astigmatismus elektromagnetických čoček, který má velký vliv na konečnou kvalitu obrazu.

V dolní části tubusu se nachází komora preparátů, v ní umístěn goniometrický stolek, na který se upevňují vzorky. Stolek umožňuje pohybovat s preparátem, otáčet ho i naklánět.

Tvorba obrazu

Získání obrazu ve skenovacím elektronovém mikroskopu je založeno na interakci svazku elektronů s povrchem prohlíženého objektu. Tato interakce umožňuje přenos informace o fyzikálních a chemických vlastnostech zkoumaného objektu, mikroskop však musí být vybaven detekčním čidlem, které dokáže tento signál zachytit.

Excitační objem, představuje oblast pod povrchem preparátu, ve které dochází k brzdění primárních elektronů a vzniku jednotlivých signálů.

K zobrazení povrchu preparátu se v SEM využívají sekundární elektrony. Od zpětně odražených elektronů se odlišují svojí nízkou energií a rychlostí.

Jas paprsku je přímo úměrný signálu z detektoru sekundárních elektronů. Z vyvýšenin na povrchu preparátu se dostane do detektoru více sekundárních elektronů, což zvýší intenzitu signálu z detektoru a místo je na obrazovce světlé, u prohlubenin je tomu naopak. Tím je získán topografický kontrast, který umožňuje zobrazit v mnohonásobném zvětšení povrch vzorku. Také platí, že jako světlé oblasti se na obrazovce jeví místa tvořená těžšími prvky a naopak.

Prohlížení preparátu v SEM je často doprovázeno rušivými jevy. Je to hlavně nabíjení povrchu preparátu, který není dostatečně elektricky vodivý. Důsledkem je odklon primárního svazku elektronů, které zahltí detektor sekundárních elektronů. Na obrazovce pak můžeme pozorovat bílé řádky až celkovou pulzaci obrazu.

Biologické objekty musíme ve vysokovakuovém skenovacím i transmisním elektronovém mikroskopu pozorovat vysušené, tedy elektricky nevodivé a proto se před vlastním pozorováním musí potáhnout tenkou vrstvičkou kovu s dobrou elektrickou a tepelnou vodivostí. Ta zajistí odvod záporného náboje a tepla, ve které se přemění většina energie primárních elektronů.

Záznam obrazu

Tradičním výstupem ze SEM je fotografie. Kromě pozorovací obrazovky je mikroskop vybaveny fotomonitorem s jemnějším zrnem, ke kterému je připojen fotoaparát.

Digitalní obraz nabízí řadu možností jeho úpravy, např. nabarvení původně černo-bílého snímku.

Vakuový systém

Celý vnitřní prostor tubusu a preparátové komory je v SEM vyčerpán na hodnotu vakua. Kvůli časté výměně preparátů v komoře mikroskopu má SEM vakuovou propust', která umožní výměnu bez zavzdušnění celé preparátové komory.

Nízkovakuové a environmentální skenovací elektronové mikroskopy, mají v preparátové komoře tlak umožňující pozorovat vzorky s obsahem vody 70 až 90. V nízkovakuových mikroskopech se k tvorbě obrazu používají odražené elektrony, které mají dostatečnou energii a rychlost, aby v zaplněném prostředí preparátové komory dorazily k detektoru.

V environmentálním SEM se využívá k tvorbě obrazu sekundárních i odražených elektronů, které ionizují molekuly plynu v prostoru mezi vzorkem a detektorem. Elektrony uvolněné při ionizaci přenášejí signál dál do detektoru sekundárních elektronů. Nevýhodou těchto mikroskopů je snížená rozlišovací schopnost.

Příprava preparátů pro SEM

Biologické materiály nelze v SEM ani v TEM prohlížet bez úpravy. Preparát vhodný pro prohlížení v mikroskopu musí totiž splňovat určitá kritéria a to: na jeho povrchu by neměly být cizorodé částice (např. prach), měl by být stabilní ve vakuu i při ozáření elektronovým paprskem, měl by produkovat dostatečné množství požadovaného signálu (např. sekundárních elektronů) a při kontaktu s primárními elektrony by nemělo docházet k jeho nabíjení.

Některé biologické objekty tyto předpoklady splňují, jsou to např. různé mineralizované struktury, zuby, kosti, schránky rozsivek, rostlinný materiál typu dřevo, pylová zrna apod. Ve většině případů ale biologické vzorky obsahují vodu, která z nich musí být před prohlížením odstraněna. Výběr metody závisí na typu preparátu a informacích, které o něm chceme získat. Živočišné a rostlinné tkáně jsou preparáty velmi choulostivé a vyžadují jemné zacházení. Jejich příprava začíná kvalitní fixací. Po každém kroku musí být vzorky centrifugovány, což může vést ke tvarovým změnám.

Chemické metody

Obvyklá příprava biologického objektu pro SEM zahrnuje následující kroky:

- výběr vzorku, jeho odebrání a případně očištění

- fixace preparátu nejčastěji ponořením do fixačního činidla
- vymytí fixačních roztoků a dehydratace
- vysušení preparátu a jeho nalepení na nosný terčík
- zvýšení povrchové vodivosti preparátu

Celý tento postup zabere asi dva až tři dny. Je důležité, aby během přípravy nedošlo k poškození povrchu vzorku, ten může např. popraskat v důsledku objemových změn.

Očištění preparátu

Jen zřídka je povrch vzorku bez kontaminací. U větších částic můžeme použít k odstranění jemnou jehlu nebo objekt opláchnout isotonickým roztokem např. s NaCl nebo HCl. Po fixaci je možné k omývání použít fosfátový pufr. U suspenzí je možné použít opakovanou opatrnou centrifugaci.

Chemická fixace

Hlavním účelem fixace je (stejně i u TEM) stabilizovat preparát co nejbližší nativnímu stavu, zamezit autodegradačním procesům a zpevnit povrchové struktury preparátu.

K fixaci se nejvíce používají oxid osmičelý a aldehydy, především glutaraldehyd a formaldehyd. K fixaci větších objektů je vhodnější formaldehyd, který rychleji proniká do vzorku.

Výhodou oxidu osmičelého je rychlost fixace, nízký osmotický účinek a zvýšení propustnosti membrán po jeho aplikaci. Při fixaci zůstává na povrchu, díky tomu jej zpevňuje, dosušuje a přispívá také ke snížení náboje. V případě suchých objektů, nebo snadno poškoditelných vzorků, se preparáty se fixují v jeho parách.

Dvoustupňová fixace glutaraldehydem a oxidem osmičelým se nejvíce používá při přípravě měkkých živočišných tkání, kde přináší mechanické zpevnění povrchových struktur.

Fixační roztoky se připravují v kombinaci s tlumivým roztokem, nejčastěji se používá fosfátový nebo kakodylanový pufr. Výsledný roztok by měl mít vhodnou osmolalitu a pH, aby nedošlo např. k objemovým změnám vzorku, které by se mohli projevit jeho svraštěním.

Čas fixace je přímo úměrný velikosti preparátu. Rychlost fixace lze ovlivnit

teplotou, většinou se fixuje při pokojové teplotě, je možné urychlit fixaci mikrovlnným ohřevem.

Odvodnění

Cílem je postupné nahrazení vody ve vzorku organickým rozpouštědlem. K odvodnění se používají rozpouštědla dobře mísitelná s vodou, nejčastěji etanol, aceton. Při odvodnění vzorek projde řadou roztoků se zvyšující se koncentrací organického rozpouštědla, např. 30, 50, 70, 80, 90, 95 a 100 %. Čas jednotlivých kroků při odvodňování závisí na velikosti preparátu a pohybuje se od 10 do 30 min.

Sušení

Po úplném nahrazení vody je vzorek třeba zbavit dehydratačního činidla. Povrchového napětí je však příčinou tvarových deformací při sušení na vzduchu. Nejpoužívanějším a nejrozšířenějším postupem sušení je *metoda kritického bodu*, která zamezí působení povrchového napětí dehydratační kapaliny na preparát. Při zahřívání kapaliny v omezeném prostoru se docílí stavu, který se označuje jako kritický a je charakterizován kritickou teplotou a tlakem. V tomto stavu mizí veškeré rozdíly mezi oběma fázemi dané látky, mají stejnou hustotu a objem, nejsou odděleny rozhraním a povrchové napětí klesá na nulu. Právě v tomto bodě je výhodné převést kapalinu na plyn a tímto způsobem vysušit připravovaný vzorek bez poškození povrchovým napětím. Nejvíce se k těmto účelům využívá kapalný oxid uhličitý, který je běžně dostupný a levný.

Metoda se provádí ve speciálních aparaturách. Nejprve se vychladí tlaková komůrka přístroje a potom se do ní vloží preparáty ve vhodných nosičích. Komora se dobře uzavře a napustí kapalným oxidem uhličitým. Ten se několikrát vymění, aby došlo k úplnému nahrazení organického rozpouštědla. Po odpuštění části obsahu komory ji začneme zahřívát. S rostoucí teplotou roste i tlak v komoře, až dosáhne kritického bodu (36° - 40°C). Vypustíme plynný oxid uhličitý a po dosažení atmosférického tlaku komoru otevřeme a vyjmeme vysušené preparáty.

Lepení preparátu

Aby nedošlo k opětovnému navlhnutí preparátu, je třeba jej co nejdříve nalepit na vhodný nosič a pokovit. Nosiči jsou nejčastěji hliníkové kruhové podložky. Lepidlo

musí také vyhovovat řadě požadavků: nesmí obsahovat vodu, nemělo by být hygroskopické, nemělo by vyzařovat (stejně jako nosič) zpětně odražené elektrony, mělo by být nevzlínivé (aby nezakrývalo povrchové detaily vzorku), stabilní ve vakuu a elektricky vodivé.

Velké objekty se lepí přímo na hliníkový terč pomocí koloidního stříbra, malé objekty pomocí oboustranně lepicí uhlíkové nebo adhesivní pásky. Lepení se kontroluje pomocí binokulární lupy, aby vzorky byly v optimální poloze. K manipulaci s nepatrnými objekty se používá řasa zasazená do špejle, u větších objektů entomologické pinzety.

Mrazové metody

Předností mrazových metod je rychlost přípravy, zachování povrchové struktury a v případě potřeby i možnost nahlédnout do struktury vnitřních tkání nebo buněk za pomoci mrazového lámání.

Kryofixace neboli zmrazování je vhodné pro předem chemicky fixovaný materiál ošetřený kryoprotektantem, ale i pro čerstvý materiál.

Mrazové lámání dovoluje odhalit vnitřní povrchy buněčných organel. Lom se ve zmrazeném materiálu šíří nejčastěji podél membrán. Provádí se ve specializované aparatuře, která je připojena k mikroskopu a po provedení lomu je preparát pokoven. Všechny operace jsou prováděny ve vakuu, takže nehrozí zničení odhalených povrchů.

Mrazové leptání je metoda, která se používá ke studiu povrchů odhalených při odkrojení zmrazeného preparátu. Spočívá v částečné sublimaci ledu z takto obnaženého povrchu za sníženého tlaku, při které se zvýrazní prohlubně a vakuoly.

Mrazové sušení je často používanou variantou v případě, že mikroskop nemá ve své výbavě kryodržák. Zmrazený preparát se přemístí do vakua a nechá se z něj vysublimovat led. Ve specializovaných aparaturách je možné řídit rychlost sublimace.

Zvýšení povrchové vodivosti preparátu

Vysušené biologické objekty jsou téměř elektricky a tepelně nevodivé, z toho důvodu dochází při mikroskopování k nabíjení jejich povrchu primárními elektrony, které se projevuje deformacemi a ztrátou ostrosti obrazu. K eliminaci nabíjecích jevů se proto preparát pokrývá vrstvičkou kovu o tloušťce cca 10-20 nm, která má za úkol odvést negativní náboj, zvýšit produkci sekundárních elektronů a minimalizovat

poškození preparátu teplem uvolněným brzdícími se primárními elektrony. Nejčastěji se používá zlato, platina nebo slitina platiny a palladia.

Způsoby pokovování preparátu

Vakuové napařování - daný kov se v aparatuře za vysokého vakua zahřeje na teplotu, při které se z jeho povrchu začnou odpařovat jednotlivé molekuly. Ty se šíří všemi směry od zdroje a po dopadu na chladnější předměty kondenzují. Vzhledem ke směru šíření odpařeného kovu vznikají na preparátu stíny, které lze jen částečně odstranit.

Iontové naprašování - v prostředí nízkotlaké argonové atmosféry účinkem elektrického napětí vznikne usměrněný výboj, při kterém dochází k ionizaci plynu. Vzniklé ionty jsou přitahovány ke katodě, kterou obklopuje prstenec z naprašovaného kovu. Urychlené ionty z něj vyrážejí částice kovu tak, že vznikne prostorový mrak, který dokonale obalí povrch preparátu tenkou vrstvičkou kovu. Tloušťka naprašované vrstvy by měla být dostatečná k odvedení náboje, ale neměla by zakrývat povrchové detaily.

Impregnace - je vytvoření nánosu kovu na povrchu preparátu chemickou cestou a využívá se jí v případech, kdy není k dispozici speciální aparatura anebo je preparát zčásti vodivý.

Vady elektromagnetických čoček

Vady elektromagnetických čoček jsou jedním z hlavních důvodů, proč se v praxi nedosahuje teoretické rozlišovací schopnosti.

Sférická vada - je neschopnost čočky zaostřovat všechny paprsky vycházející z bodového zdroje opět do jednoho bodu.

Chromatická vada - vzniká v důsledku rozdílných energií elektronů ve svazku. Pomalejší elektrony s větší vlnovou délkou jsou v magnetickém poli cívek vychylovány jinak a protínají osu cívky v jiném bodě, než elektrony s vyšší rychlostí.

Osový astigmatismus - je způsobený nesymetrií magnetického pole. V důsledku toho elektrony procházející čočkou v různých rovinách, mají různé ohnisko. Nejčastějším zdrojem astigmatismus jsou nečistoty na vnitřních plochách mikroskopu.

3. Metodika

3.1 Odběr a extrakce vzorků

Odběr vzorků provádíme na různých vlhkých místech. Zahradnickou lopatkou do litrového sáčku (na potraviny do mrazničky) odebereme vzorek půdy z plochy asi 10x10 cm², sáček uzavřeme a popíšeme lihovým fixem (údaje: datum a přesné místo odběru, rostliny v okolí). Extrakce živočichů z půdy provedeme na Berlese – Tullgrenově extraktoru. Je to síto na velké nálevce, na jejíž spodní části je připevněná sběrná lahvička s lihem na bezobratlé. Lahvičku naplníme asi do dvou třetin 80% lihem, opatříme popiskem se stejnými údaji jako sáčky se vzorky a to jak zvenčí, tak zevnitř a nasadíme ji na spodek nálevky tak, aby nálevka nebyla potopená do lihu. Vzorek půdy umístíme do síta a po dvou dnech na něj začneme svítit lampičkou, dokud se úplně nevysuší a všichni živočichové nepropadnou do lihu, což trvá asi týden. Po ukončení extrakce odebereme lahvičky s lihem a vzorky bezobratlých a postupně na Petriho miskách určujeme a třídíme pod binolupou jednotlivé skupiny bezobratlých živočichů.

Moje vzorky:

1 - Zahradní kompost suchý (vzadu na zahradě), 21. 9. 2009, Čelákovice

Vhodné pro zařazení do atlasu: třída chvostoskoci (J)

Ostatní: larva brouka

2 - Zahradní kompost vlhký (vpředu na zahradě), 21. 9. 2009, Čelákovice

Vhodné pro zařazení do atlasu: řád stejnonožci, čeled' stínkovití (E), třída chvostoskoci (J), řád roztoči, podřád čmelíkovci (D)

Ostatní: larva mouchy, řád žížalovití, podtřída máloštětinatci, podřád štíhlopasí (mravenec), kukla pakomára, larva dvoukřídlého hmyzu (máloštětinatci), podřád štíhlopasí (lumek), podřád krátkoroží (octomilka)

3 - Břeh potoka před domem (trávy, vrba), 21. 9. 2009, Čelákovice

Vhodné pro zařazení do atlasu: třída mnohonožky (G), třída stonožky (H), řád stejnonožci, čeled' stínkovití (E), třída chvostoskoci (J)

Ostatní: podřád štíhlopasí (mravenec), larva dvoukřídlého hmyzu

4 - Náhon Labe pod kostelem (lípa srdčitá, kopřiva dvoudomá, trávy), 21. 9. 2009, Čelákovice

Vhodné pro zařazení do atlasu: třída chvostoskoci (J), třída stonoženky (F), řád roztoči, podřád čmelíkovci (D)

Ostatní: larva mouchy, larva pakomára

5 - Rašeliniště – sirnoželezité slatiny (břízy, chmel otáčivý, bez černý, kopřiva dvoudomá, netýkavka malokvětá), 21. 9. 2009, Čelákovice

Vhodné pro zařazení do atlasu: třída chvostoskoci (J), řád roztoči, podřád čmelíkovci (D)

Ostatní: larva dvoukřídlého hmyzu

6 - Rašeliniště – sirnoželezité slatiny (vzadu - břízy, chmel otáčivý, dub letní, kuklík městský, sítina), 21. 9. 2009, Čelákovice

Vhodné pro zařazení do atlasu: třída mnohonožky (G), třída chvostoskoci (J), řád roztoči, podřád čmelíkovci (D), řád roztoči, podřád pancířníci (C)

Ostatní: podřád dlouhoroží, podřád štíhlopasí

Doplňkové vzorky (sbírka Mgr. J. Mourka):

7 - Borový les na pískovci (David Svoboda), prosinec 2009, NP České Švýcarsko

Vhodné pro zařazení do atlasu: řád štírci (A), třída stonoženky (F), řád roztoči, podřád čmelíkovci (D)

Ostatní: larva brouka, řád třásnokřídli

8 - Borový les na pískovci (K. Černá), prosinec 2009, NP České Švýcarsko

Vhodné pro zařazení do atlasu: řád pavouci (B), řád štírci (A), třída hmyzenky (I), řád roztoči, podřád pancířníci (C), řád roztoči, podřád čmelíkovci (D)

Ostatní: řád vidličnatky, larva drabčíka, larva střevlíka, larva tiplice

9 - Potok Jordán – louka (P. Moravec, P. Vonička), 20. 5. – 14. 6. 2003, Černožice

Vhodné pro zařazení do atlasu: třída mnohonožky (G)

Zvětšení se pohybovalo podle velikosti bezobratlých od 4,8x do 16x.

3.2 Příprava preparátů pro SEM

Celou praktickou část práce jsem absolvovala na Přírodovědecké fakultě UK, převážnou část v Laboratoři elektronové mikroskopie.

Vysušení vzorků a převedení do acetonu

Nejprve vzorky odvodníme převedením jedince do 100% acetonu přes postupnou acetonovou řadu: 80% ethanol → 96% ethanol → 2x 100% ethanol → 2: 1 ethanol: aceton → 1: 1 ethanol: aceton → 1: 2 ethanol: aceton → 2x 100% aceton. Menší vzorky (např. roztoče a chvostoskoky) necháváme v každém stupni asi 5 minut, větší (např. stonožky a mnohonožky nebo stínky) 10 minut (provedla jsem sama). Poté vzorky vysušíme kritickým bodem (provedl Mgr. Miroslav Hyliš, PhD., Laboratoř elektronové mikroskopie UK, PŘF).



Obr. 4: Aparatura pro sušení metodou kritického bodu Bal-Tec CPD 030 v Laboratoři elektronové mikroskopie UK PŘF v Praze. Foto J. Dvořáková.

Vše provádíme ve speciálních oboustranně propustných uzavíratelných plastových košíčkách vyrobených z plastových mikrozkupek s přitavenou hustou tkaninou (viz Obr. 5).



Obr. 5: Košíčky, ve kterých se vzorky fixují v acetonu a vkládají se do aparatury pro vysoušení. Foto J. Dvořáková.

Upevnění vzorku

Vzorky se upevňují na hliníkové nosné terčíky. Jsou dva nejpoužívanější druhy lepení podle velikosti jedinců. Pro větší bezobratlé je vhodnější lepení pomocí pryskyřice zn. Tempfix, kdy na rozehřátý nosný terčík (na 120°C) nanese se kousek pryskyřice a po roztátí ho rozetřeme po celé ploše terčíku krycím sklíčkem, takto je připraven k nalepení jedinců. Pro menší bezobratlé se použijeme speciální, oboustranně samolepicí terčík, kterou na terčík nalepíme a na něj můžeme hned pod binokulární lupou lepit vzorky. Její nevýhodou je, že po pozlacení praská. Lze také použít oboustrannou uhlíkovou lepicí pásku, která má ale nerovný povrch a vytváří rušivé pozadí.



Obr. 6: Již pozlacené nosné terčíky s nalepenými živočichy pro pozorování pomocí SEM. Foto J. Dvořáková.

Vzorky připevněné pryskyřicí Tempfix:

G – třída mnohonožky (2x)

G – třída mnohonožky, E – řád stejnonožci, čeleď stínkovití

A – řád štírci, B – řád pavouci

H – třída stonožky

Vzorky lepené pomocí lepicího terčíku:

F – třída stonožky

I – třída hmyzenky

C – řád roztoči, podřád pancířníci

J – třída chvostokoci

D – řád roztoči, podřád čmelíkovci

Pozlacení vzorků se provádí v naprašovacím zařízení v argonové plazmě (viz Obr. 7).



Obr. 7: Naprašovací zařízení Bal-Tec SCD 050 v Laboratoři elektronové mikroskopie UK PřF v Praze. Foto J. Dvořáková.

3.3 Pozorování a fotodokumentace vzorků pomocí SEM

Pracovala jsem na skenovacím elektronovém mikroskopu SEM JEOL 6380 LV. Práci začínáme zapnutím SEM a počítače (provádí asistent laboratoře). Po zapnutí SEM zavzdušníme, abychom se dostali do jeho vnitřních prostor a mohli založit vzorek na pohyblivý stolek. Poté SEM zavřeme a nastavíme vakuum. Propojíme SEM s počítačem a pomocí mechanických madel si nastavíme příslušný objekt do žádané polohy, zaostříme a vyladíme astigmatismus (viz str. 35 – Vady elektromagnetických čoček). Dále s objektem různě manipulujeme, otáčíme, naklápíme apod. podle toho, co konkrétně chceme mít na fotografii zachyceno. Lze korigovat zvětšení, kontrast a světlost obrázku, velikost urychlovacího napětí. Fotografie lze uložit i s doprovodnými údaji jako jsou zvětšení, velikost urychlovacího napětí, měřítko, typ SEM, na kterém byla fotografie pořízena apod. Abych tyto informace měla a zároveň měla fotografie bez rušivých popisků do atlasu, všechny jsem si ukládala dvakrát, jednou s popisky a jednou bez nich.

Zvětšení se pohybovalo u větších objektů v rozmezí 40 – 90x, u menších objektů a u detailů 120 – 370x. Velikost urychlovacího napětí jsem používala 10, 15 nebo 20kV.

Fotografie jsem ukládala ve formátu TIF (Tagged Image File Format) a upravila. K úpravám fotografií jsem použila Microsoft Office Picture Manager a Picasa 3.

Práci se SEM jsem strávila celkem asi 15 hodin.



Obr. 8: Skenovací elektronový mikroskop JEOL 6380 LV v Laboratoři elektronové mikroskopie UK PřF v Praze. Foto J. Dvořáková.



Obr. 9: Při práci se skenovacím elektronovým mikroskopem v Laboratoři elektronové mikroskopie UK PřF v Praze. Foto J. Mourek.

4. Výsledky

4.1 výsledky odběrů

Tab. 6: Kvalitativní zastoupení půdních členovců na jednotlivých stanovištích

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
řád štírci							X	X	
řád pavouci								X	
řád roztoči, podřád pancířníci						X		X	
řád roztoči, podřád čmelíkovci		X		X	X	X	X	X	
řád stejnoonožci, čeleď stínkovití		X	X						
třída stonožky				X			X		
třída mnohonožky			X			X			X
třída stonožky			X						
třída hmyzenky								X	
třída chvostoskoci	X	X	X	X	X	X			

Místa odběrů vzorků:

- 1 – zahradní kompost suchý (21. 9. 2009, Čelákovice)
- 2 – zahradní kompost vlhký (21. 9. 2009, Čelákovice)
- 3 – břeh potoka (21. 9. 2009, Čelákovice)
- 4 – náhon Labe (21. 9. 2009, Čelákovice)
- 5 – rašeliniště (21. 9. 2009, Čelákovice)
- 6 – rašeliniště vzadu (21. 9. 2009, Čelákovice)
- 7 – borový les na písčivci (David Svoboda, prosinec 2009, NP České Švýcarsko)
- 8 – borový les na písčivci 2 (K. Černá, prosinec 2009, NP České Švýcarsko)
- 9 – louka u potoka Jordán (P. Moravec, P. Vonička, 20. 5. – 14. 6. 2003, Černožice)

Ve všech sedmi mnou odebraných vzorcích byli zástupci třídy chvostoskoci, naopak žádný neobsahoval zástupce řádů štírci a pavouci a třídy hmyzenky, proto jsem je musela doplnit ze tří vzorků jiných sběratelů ze zásob Mgr. Mourka. Vzorky obsahovaly více druhů bezobratlých živočichů, ti však nespádali do kmene členovci, tudíž nebyli dále zpracováni. Zpracovala a k fotografování jsem použila vzorky 2 E, 2 J, 3 G, 3 H, 4 D, 6 C, 6 G, 6 J, 7 F, 8 A, 8 B, 8 I, 9 G, z čehož vyplývá, že jsem nakonec nepoužila druhy ze vzorků číslo 1 a 5 (zahradní kompost suchý a rašeliniště), naopak nejvhodnějším místem odběru rozmanitých vzorků půdních členovců jsou, z těch mých, stanoviště číslo 3 a 6 (břeh potoka a rašeliniště 2).

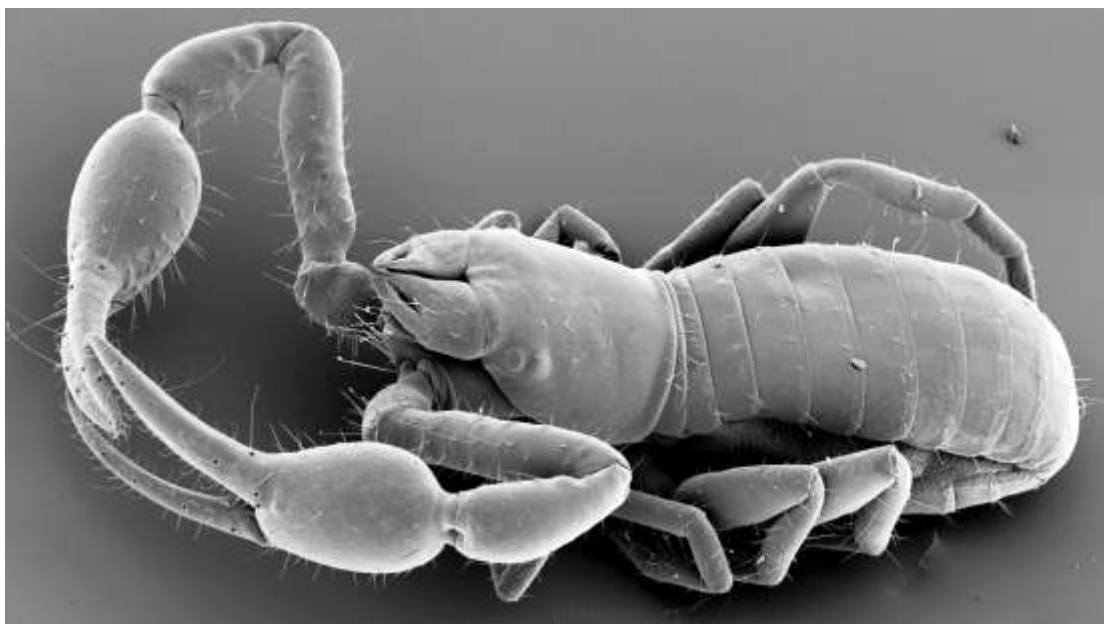
4.2 vlastní atlas

Kmen: ČLENOVCI (*ARTHROPODA*)

Podkmen: KLEPÍTKATCI (*CHELICERATA*)

Třída: PAVOUKOVCI (*ARACHNIDA*)

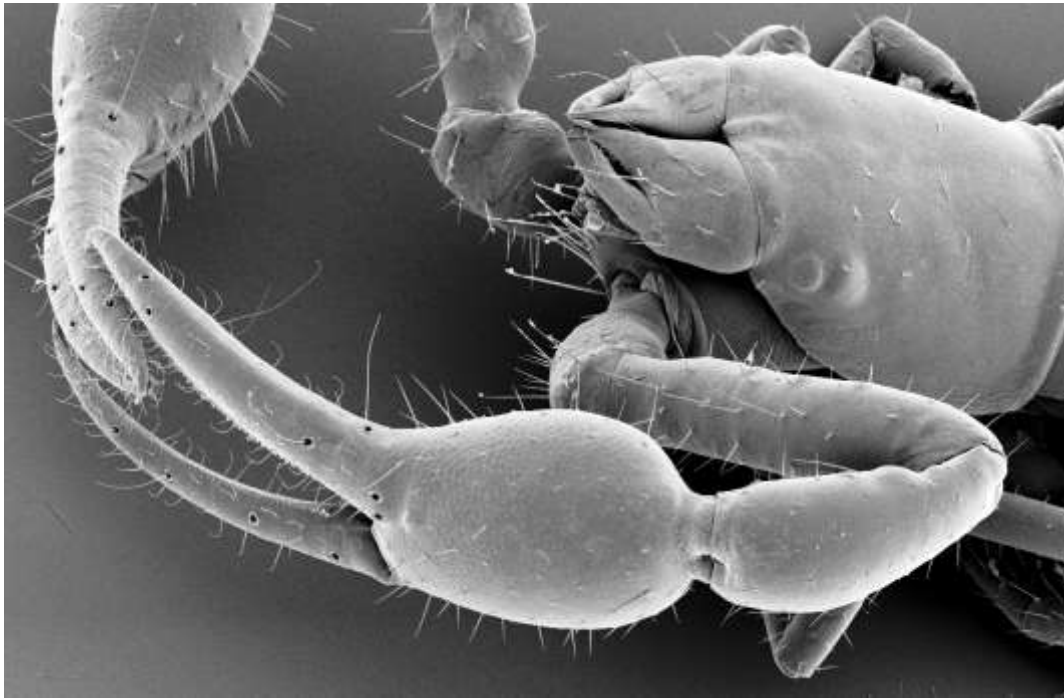
Řád: štírci (*Pseudoscorpionida*)



Obr. 10: Štírek z čeledi *Neobisiidae*. (orig. J. Dvořáková, 2010, SEM)

Jak vypadají:

- 0,8 – 6 mm velcí, zbarvení běložlutě až černohnědě
- dýchají vzdušnicemi (2 páry)
- tělo: vejčítý tvar, mírně zploštělý, s brvami a hmatovými chlupy (Obr. 12)
- hlavohrud' – na přední části 1 – 2 páry očí (Obr. 10), ale někdy oči chybějí nebo jsou přítomny jen oční skvrny
- dvoučlánková klepítka = **chelicery** - slouží k příjmu potravy, je na nich umístěno **flagellum** (několik kratších brv) a snovací hrbolek (výústění snovacích žláz)
- makadla = **pedipalpy**, slouží k uchvacování kořisti, jsou na nich hmatové brvy, mají 6 článků, 1. článek je silně vyvinut v tzv. ruku a tvoří nepohyblivý prst a k němu se nůžkovitě pohybuje 2. článek chodidla, oba články tvoří **klepeto**, nepohyblivý prst je zakončen velkým zubem s vývodem **jedové žlázy**, kyčle makadel mají funkci čelistí (Obr. 11)



Obr. 11: Štírek z čeledi *Neobisiidae* detail hlavohrudi s klepítky (chelicerami) a makadly zakončenými s klepety. Na bocích hlavohrudi jsou patrné dva páry očí. (orig. J. Dvořáková, 2010, SEM)

- zadeček – je bez končetin, plochý, má 11 článků, ze hřbetní i břišní strany je kryt štítky, na břišní straně vyúsťují pohlavní orgány, mají rozlišitelné pohlavní pole (různé u samců a samic), (Obr. 12)



Obr. 12: Štírek z čeledi *Neobisiidae*, dorsální pohled. (orig. J. Dvořáková, 2010, SEM)

- nohy: 4 páry kráčivých nohou vyrůstají z břišní strany hlavohruďi (Obr. 13), na konci chodidla mají 2 drápky a kuželovitý přichytný ústroj = **arolium**, díky němuž se štírci mohou pohybovat po nakloněných a hladkých plochách



Obr. 13: Štírek z čeledi *Neobisiidae*, ventrální pohled. (orig. J. Dvořáková, 2010, SEM)

Jak se rozmnožují:

- jsou to gonochoristé (tzn., že mají oddělená pohlaví – zvlášť samci a samičky)
- oplození vnitřní, vajíčka v kokonech, samic vytvářejí stopkovité spermatofory

Kde žijí:

- žijí skrytě v mechu, v půdě, v opadance, pod kameny, pod kůrou stromů
- v hnízdech ptáků, savců, společenského hmyzu, v jeskyních, ve skladech, v domácnosti
- jsou součástí edafonu (souhrnný název pro organismy žijící v půdě)

Čím se živí:

- jsou to dravci, živí se hlavně drobnými členovci (roztoči a pisivkami)

Vývoj:

- od vajíčka k dospělci postupným vývojem přes 3 nymfální stádia

- samičky pečují o vajíčka a vylíhlé nymfy

Pozn.:

- běhají vpřed i vzad
- jsou rozšiřováni hmyzem, ptáky, savci, na které se přichycují
- vyskytují se na celé Zemi, kromě arktické a antarktické oblasti
- u nás je asi 25 druhů

Příklady zástupců:

- štírek obecný (*Chelifer cancroides*)- je 2 – 4 mm velký, kosmopolitně rozšířen, žije pod kůrou stromů, v hnízdech, měchýřky mezi drápky umožňují lézt i na kolmých a hladkých plochách



Obr. 14: Štírek obecný (*Chelifer cancroides*), dorzální pohled, <http://www.biolib.cz/cz/taxonimage/id78435/?taxonid=16791>. Foto Šaržík F.

- štírek knihový (*Cheiridium museorum*) – je necelé 2 mm velký, žije pod kůrou stromů, pod kameny, v ptačích hnízdech, ve skladech, kde se živí drobnými členovci
- štírek mechový (*Neobisium cancroides*) – v mechu, opadance, loví chvostoskoky a roztoče

Zdroje:

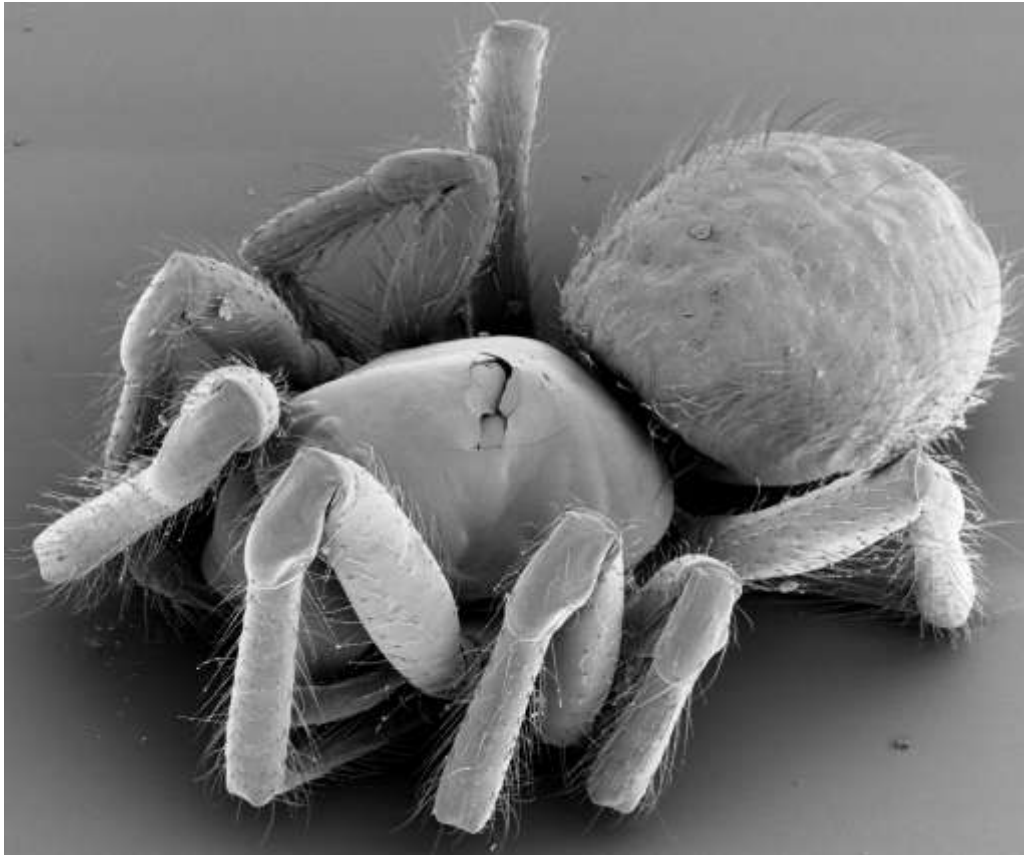
Hančová, Vlková, 1998; Jankovská a kol., 2006; Sedlák, 2000; Šifner, 2004; Verner, 1971; <http://cs.wikipedia.org/wiki/Gonochorismus>; <http://cs.wikipedia.org/wiki/Edafon>

Kmen: ČLENOVCI (*ARTHROPODA*)

Podkmen: KLEPÍTKATCI (*CHELICERATA*)

Třída: PAVOUKOVCI (*ARACHNIDA*)

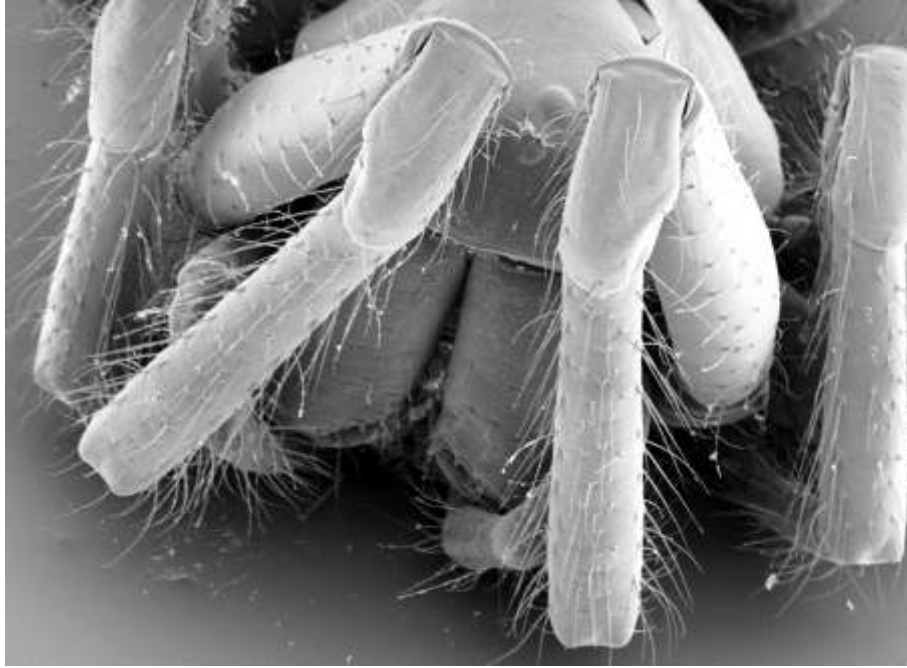
Řád: pavouci (*Araneida*)



Obr. 15: Pavouk (*Araneida*), dorzokraniální pohled. (orig. J. Dvořáková, 2010, SEM)

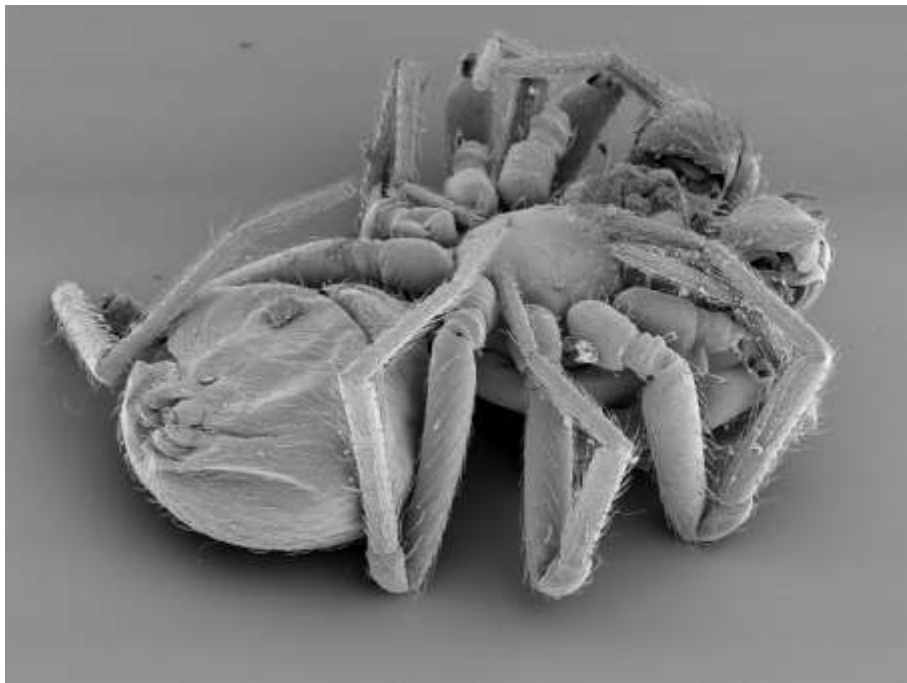
Jak vypadají:

- tělo: hlavohrud' a zadeček jsou spojeny stopkou (Obr. 15, 16)
- hlavohrud' – 6 nebo 8 jednoduchých očí seskupených do dvou příčných řad nebo jsou po stranách skupinky po třech očích, 2 páry ústních končetin a 4 páry noh
- **chelicery** dvoučlánkové, opatřené jedovou žlázou
- makadla = **pedipalpy** – samci je mají upravené v sekundární kopulační orgány, sloužící k předávání spermií do chámové schránky samice, v rozšířeném místě na chodidlech pedipalp je vlastní pářící ústroj = **bulbus**



Obr. 16: Pavouk (*Araneida*), detail hlavohrudi s klepítky (chelicerami). (orig. J. Dvořáková, 2010, SEM)

- zadeček – měkký, nečlánkovaný, bez nohou, na konci nese **snovací bradavky**, na kterých ústí snovací žlázy, ze kterých vytváří hedvábná pavučinová vlákna (sekret žláz na vzduchu tuhne a vytváří se vlákno asi 4 mikrometry silné), snovací bradavky jsou přeměněné končetiny, (Obr. 17)



Obr. 17: Pavouk (*Araneida*), ventrokaudální pohled. Vlevo dole na zadečku jsou vidět snovací žlázy, vpravo nahoře jsou druhotné kopulační orgány na makadlech, podle kterých poznáme, že jde o samce. (orig. J. Dvořáková, 2010, SEM)

- **nohy:** mají 4 páry nohou, na kterých mají chloupky sloužící k vnímání vzdušných vln (Obr. 15, 17)
- vývody pohlavních žláz jsou na břišní straně, po stranách pohlavních vývodů leží **plicní vaky** (1 - 2 páry) kryté víčky, kterými dýchají (buď jen plicní vaky, nebo v kombinaci se vzdušnicemi)
- silný pohlavní dimorfismus – samečci výrazně menší než samičky, samci mají druhotné kopulační orgány na makadlech

Jak se rozmnožují:

- jsou to gonochoristé (tzn., že mají oddělená pohlaví – zvlášť samci a samičky)
- spermie ve spermatoforech přenáší sameček pedipalpami do semenného váčku samice, samičky potom zapřádají nakladená oplozená vajíčka do zvláštního zámotku = **kokon**

Čím se živí:

- všichni jsou dravci, živí se převážně hmyzem, který chytají do sítí nebo přepadají skokem, plížením, některé druhy zvládnou uchvátit i kořist většího vzrůstu
- mohou přijímat jen tekutou potravu, proto mají před ústním otvorem filtr z chloupků, který brání vniknutí větších částic do trávicí soustavy a tím ucpání výběžků střeva, po usmrcení do kořisti vstříknou trávicí šťávy = **mimotělní trávení**

Význam v půdě:

- vytvářejí v půdě póry
- tvorbou výkalů podporují tvorbu humusu

Pozn.:

- vlákna ze sekretu snovacích žláz používají jako: 1. Sítě = pavučiny charakteristického tvaru, používané k chytání kořisti, 2. Výstelku hnízd, 3. Obal vajíček = kokon, 4. „Babí léto“
- charakteristickým pohybem je běh
- je u nich běžný manželský kanibalismus – samička po pohlavním aktu samečka sežere
- pečují o potomstvo
- mají speciální orgány k vnímání otřesů a po celém těle mechanoreceptorické brvy
- jsou součástí edafonu

Příklady zástupců:

- **podřád sklípkaní** (*Ortognahta, Mygalomorphae*): velikost se pohybuje 5 cm, chelicery směřují dopředu, 2 páry plicních vaků, žijí v děrách v zemi, tělo mají pokryté dlouhými chlupy
- **sklípkánek** (*Atypus*) – 1,5 cm, u nás běžný, na okrajích lesů žije v norách vystlaných pavučinovými trubicemi



Obr. 18: Sklípkánek (*Atypus*), celkový pohled, jsou vidět chelicery, pedipalpy a oči, http://www.volny.cz/als4/atypidae_Atypus_muralis_F1_B.html.

- **podřád dvouplícní** (*Labidognatha, Araneomorphae*) – menší než 5 cm, chelicery směřují kolmo dolů, 1 pár plicních vaků doplněný vzdušnicemi
- **čeleď slíďákovití** (*Lycosidae*) - charakteristickým znakem je pro ně uspořádání očí do tří příčných řad



Obr. 19: Slídák lesní (*Alopecosa taeniata*) – celkový pohled,
<http://www.naturabohemica.cz/alopecosa-taeniata/>. Foto Trnka F.

Zdroje:

Coleman a kol., 2004; Hančová, Vlková, 1998; Jankovská a kol., 2006; Miller, 1971;
Sedlák, 2000; Šifner, 2004; Zicháček, 1995;
<http://cs.wikipedia.org/wiki/Gonochorismus>

Kmen: ČLENOVCI (*ARTHROPODA*)

Podkmen: KLEPÍTKATCI (*CHELICERATA*)

Třída: PAVOUKOVCI (*ARACHNIDA*)

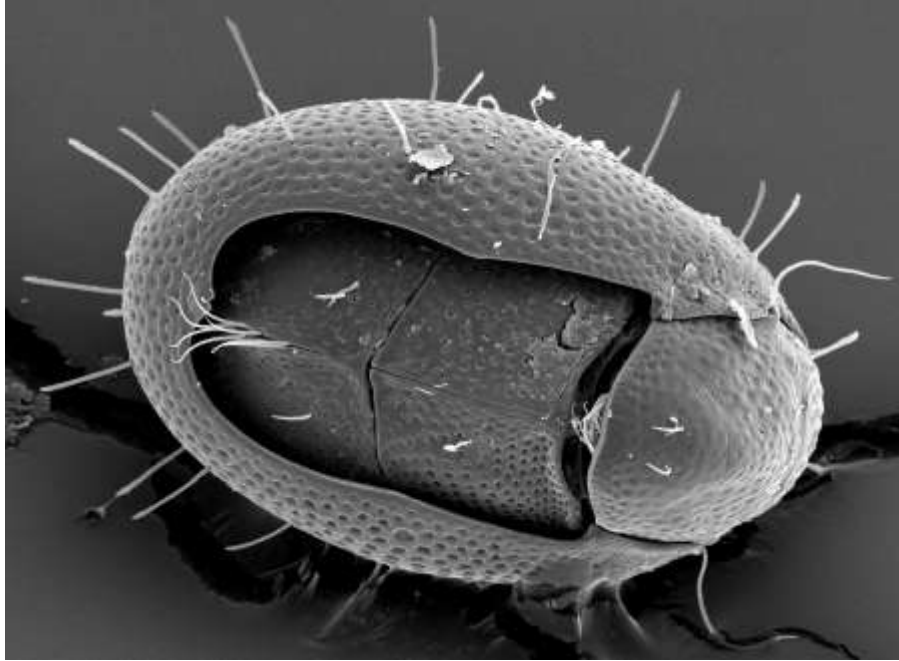
Řád: ROZTOČI (*ACARI*)

- tělo oválné až kulovité, někdy dorzoventrální zploštění
- původní článkování na hlavohruď a zadeček zaniká, tělo je druhotně členěno na dva oddíly:
 - **gnathosoma**, které nese 2 páry přívěsků – klepítka (chelicery) a makadla (pedipalpy)
 - **idiosoma**, které nese kráčivé končetiny a většinu vnitřních orgánů
- chelicery mají podobu ozubených kleštiček
- pedipalpy podobné nohám, slouží jako smyslové orgány, mohou být uzpůsobeny k uchopování potravy
- sklerotizovaná kutikula má ochranný význam, slouží k úponu svalů, na povrchu jsou brvy
- dospělci mají 4 páry nohou, larvy 3 páry
- cévní soustava chybí
- vývoj přes stupně – vajíčko, předlarva, larva, nymfa I – III, dospělec, různé modifikace

Podřád: pancířníci (*Cryptostigmata, Oribatida*)



Obr. 20: Pancířník rodu *Carabodes*, laterální pohled. (orig. J. Dvořáková, 2010, SEM)



Obr. 21: Pancířník rodu *Steganacarus*, ventrální pohled. (orig. J. Dvořáková, 2010, SEM)

Jak vypadají:

- 0,15 – 2 mm velcí
- tělo: silně sklerotizované, pokryté chlupy, rozdělené na 2 oddíly – propodosoma a hysterosoma (Obr. 21), které nesou po 2 párech kráčivých končetin a jsou spolu spojeny pevně nebo pohyblivě (Obr. 20)
- **propodosoma** – přední oddíl se 2 páry noh, ústní ústrojí, hřbetní část kryta štítem, pár specializovaných smyslových chlupů, tzv. sensilů, které vyrůstají z číškovitých jamek na hřbetní části
- **hysterosoma** – válcovité, kvádrotité nebo polokulovité, kryté štítem
- **břišní pole** - vyústění pohlavních orgánů, kryté genitálními destičkami, řitní otvor krytý análními destičkami
- nohy: 4 páry, pětičlenné, kloubní pouzdra, chodidla s drápky, někdy i s lepkavými váčky, charakteristické ochlupení, vyústění trachejí na bázi 3. a 4. končetiny
- tělo i nohy pokryté vrstvou tzv. cerotegumentu (Obr. 20)
- dýchají vzdušnicemi nebo celým povrchem těla
- základní smyslové ústrojí je hmat, oči chybí

Jak se rozmnožují:

- oplození přenosem spermatoforu (pouzdro, tvořené samci, obsahující spermie)

Kde žijí:

- ve svrchní vrstvě různých typů půdy, v mechu, opadance
- někteří volně na rostlinách, keřích, stromech nebo trvale na kůře stromů, v mechových a lišejníkových nárůstech na skalách
- jsou součástí edafonu

Čím se živí:

- saprofágové (organismy živící se mrtvou nebo živou organickou hmotou rostlinného nebo živočišného původu) a mykofágové (organismy živící se houbami)

Vývoj:

- 1 stadium larvální (3 páry nohou), 3 stadia nymfální (4 páry nohou) a dospělec
- svlečené kožky předchozích stádií nosí dospělci jako kryt na zádech

Význam v půdě:

- jsou významnou složkou edafonu, mají výrazný podíl na tvorbě humusu
- některé druhy jsou meziphostiteli vývojových stádií tasemnic

Zdroje:

Hančová, Vlková, 1998; Kunst, 1971; Sedlák, 2000; Šifner, 2004; Zicháček, 1995;
<http://cs.wikipedia.org/wiki/Spermatofor>;
http://www.cojeco.cz/index.php?zal=1&s_term=saprof%E1g

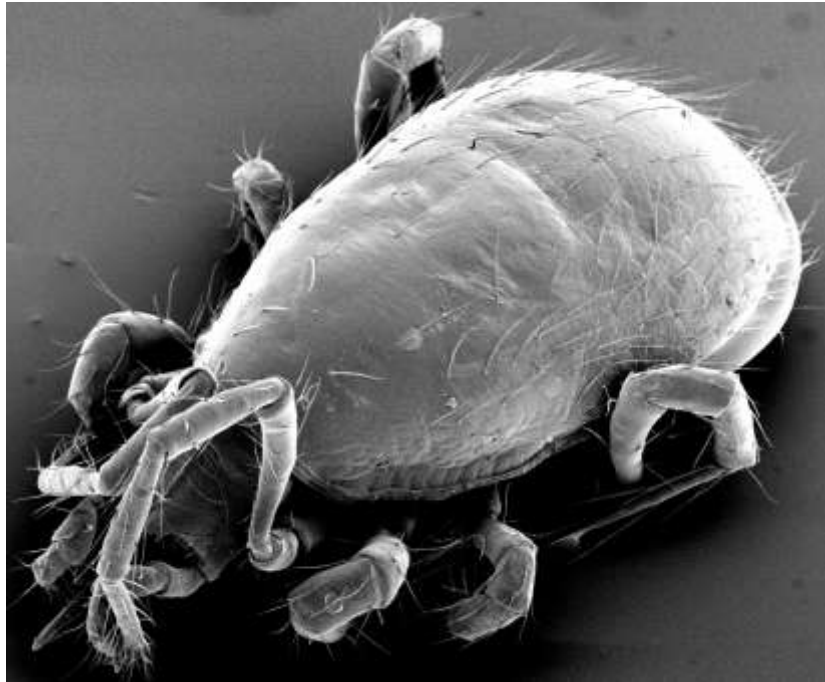
Kmen: ČLENOVCI (*ARTHROPODA*)

Podkmen: KLEPÍTKATCI (*CHELICERATA*)

Třída: PAVOUKOVCI (*ARACHNIDA*)

Řád: ROZTOČI (*ACARI*)

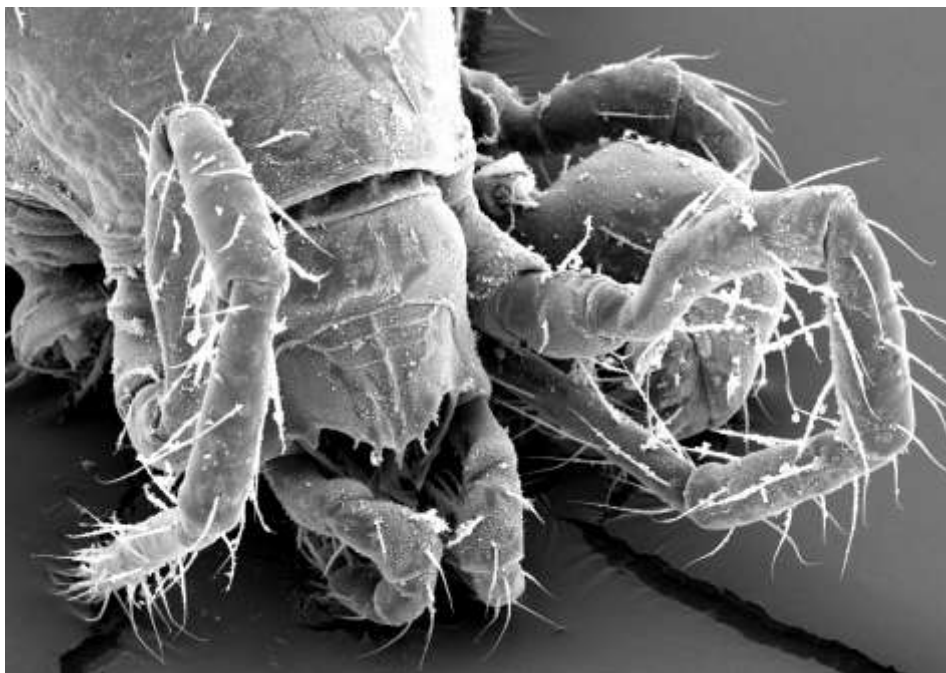
Podřád: čmelíkovci (*Gamasida*)



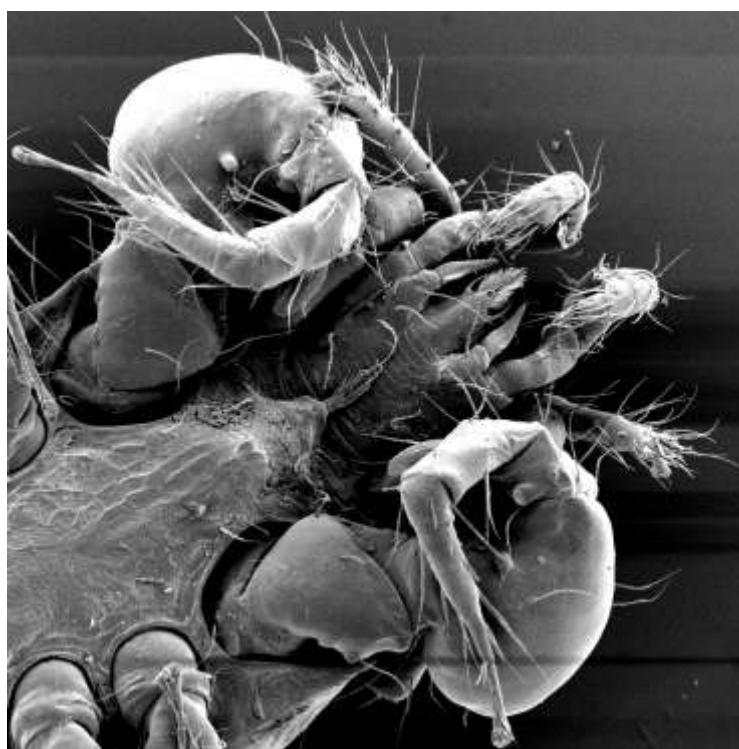
Obr. 22: Čmelíkovec (*Gamasida*), celkový pohled. Samice nemají zesílené končetiny druhého páru. (orig. J. Dvořáková, 2010, SEM)

Jak vypadají:

- tělo: rozděleno na 2 oddíly – gnathosoma a idiosoma (Obr. 22)
- **gnathosoma** – válcovité pouzdro tvořené kyčlemi makadel, vpředu vybíhající v epistom (Obr. 23), uvnitř jsou klepítkaté **chelicery** u samců vybaveny spermatodactylem (Obr. 24), po stranách jsou **makadla** bez drápků
- **idiosoma** – kryto 1 nebo více dobře sklerotizovanými štítky, obrvené, genitální otvor uzavřený štítky
- nohy: 4 páry, 6 článků, volně pohyblivé, na chodidlech drápkový, samci brvy a výrůstky, stigmata (jeden pár dýchacích trubic) při kyčlích 2. páru nebo 4. páru nohou
- dýchají vzdušnicemi nebo celým povrchem těla
- základní smyslové ústrojí je hmat, oči chybí



Obr. 23: Čmelíkovec (*Gamasida*), detail gnathosomatu, dorzokraniální pohled. Dobře patrný je epistom a makadla (pedipalpy). (orig. J. Dvořáková, 2010, SEM)



Obr. 24: Čmelíkovec (*Gamasida*), samec, detail gnathosomatu s makadly - ventrální pohled. Podle zesíleného druhého páru nohou poznáme, že se jedná o samce. (orig. J. Dvořáková, 2010, SEM)

Kde žijí:

- v půdě, v mechu, hrabance, na rostlinách, jsou součástí edafonu
- parazitičtí v hostitelích (obratlovci), v chovech ptactva a včel

Čím se živí:

- někteří jsou parazité, jiní se živí drobným hmyzem, chvostoskoky a roztoči nebo sporami hub a tlejícími látkami

Vývoj:

- nepřímý, přes několik larválních stupňů, první má pouze 3 páry pohybových končetin

Význam v půdě:

- některé druhy se živí sporami hub nebo tlejícími látkami, čímž přispívají k tvorbě humusu

Příklad zástupce:

- v půdě žijí stovky druhů
- savenka (*Pergamasus*) – žije volně v mechu, hrabance



Obr. 25: Savenka (*Pergamasus*), <http://www.esf.edu/rwls/Research/soilbiodivers/>.

Zdroje:

Jankovská a kol., 2006; Sedlák, 2000; Šamšiňák, Dusbábek, 1971; Zicháček, 1995;
<http://cs.wikipedia.org/wiki/%C4%8Cmel%C3%ADkovci>

Kmen: ČLENOVCI (*ARTHROPODA*)

Podkmen: KORÝŠI (*CRUSTACEA*)

Nadtřída: RAKOVCI (*MALACOSTRACA*)

Řád: STEJNONOŽCI (*ISOPODA*)

Čeleď: stínkovití (*Oniscidae*)



Obr. 26: Stínka (*Oniscidae*), přední část hrudi s hlavou, ventrální pohled. 1. pár tykadel je značně redukováný a není téměř patrný. (orig. J. Dvořáková, 2010, SEM)

Jak vypadají:

- tělo: dorzoventrálně zploštělé
- hlava: srůstá s prvním hrudním článkem, 2 páry tykadel (1. pár tykadel je značně redukováný, má podobu malých hrbolkovitých výběžků), (Obr. 26)
- hlavohrudní krunýř (caparapax) není vytvořen, hřbetní štítky na bocích rozšířené v tzv. **epimery** (Obr. 26, 27), kromě dvou prvních jsou hrudní články volné
- nohy: 7 párů hrudních, 6 párů zadečkových, hrudní nožky jsou kráčivé, nerozeklané a nenesou klepeta, zadečkové nožky jsou dvouvětvené, slouží k dýchání
- na rozdíl od berušky vodní nejsou zadečkové články srostlé (Obr. 27)
- vylučovacími orgány jsou maxilární žlázy
- dýchají váčkovitými vzdušnicovými plicemi (na zadečkových nožkách)



Obr. 27: Stínka (*Oniscidae*), zadeček, ventrální pohled. Můžeme vidět dva typy zadečkových nožek - ploché lupínkovité nožky slouží k dýchání a poslední pár (tzv. uropody). (orig. J. Dvořáková, 2010, SEM)

Kde žijí:

- pod kameny, v listí, v mechu, ve sklepích i sklenících
- jsou součástí edafonu

Čím se živí:

- rostlinnými zbytky

Vývoj:

- přímý, bez larválního stádia

Příklady zástupců:

- stínka obecná (*Porcellio scaber*) – dorůstá až 15 mm, obývá vlhká místa, staré zdi, sklepy, spadané listí, pod kůrou stromů, pod kameny, nesvinuje se do kuličky



Obr. 28: Stínka obecná (*Porcellio scaber*), http://photo.net/photodb/photo?photo_id=3488826&size=lg. Foto Hall K.

- stínka zední (*Oniscus asellus*) – vlhkomilný druh, nesvinuje se



Obr. 29: Stínka zední (*Oniscus asellus*), <http://www.arkive.org/common-woodlouse/oniscus-asellus/>.

- svinka obecná (*Armadillidium vulgare*) – klenuté tělo schopné svinout se do kuličky, obývá suchá místa, od svinule se liší tím, že má na telsonu vyvinuté uropody.



Obr. 30: Svinka obecná (*Armadillidium vulgare*), kaudální pohled, jsou patrné uropody, http://zoology.fns.uniba.sk/poznavacka/images/24_Armadillidium_vulgare.jpg.

Zdroje:

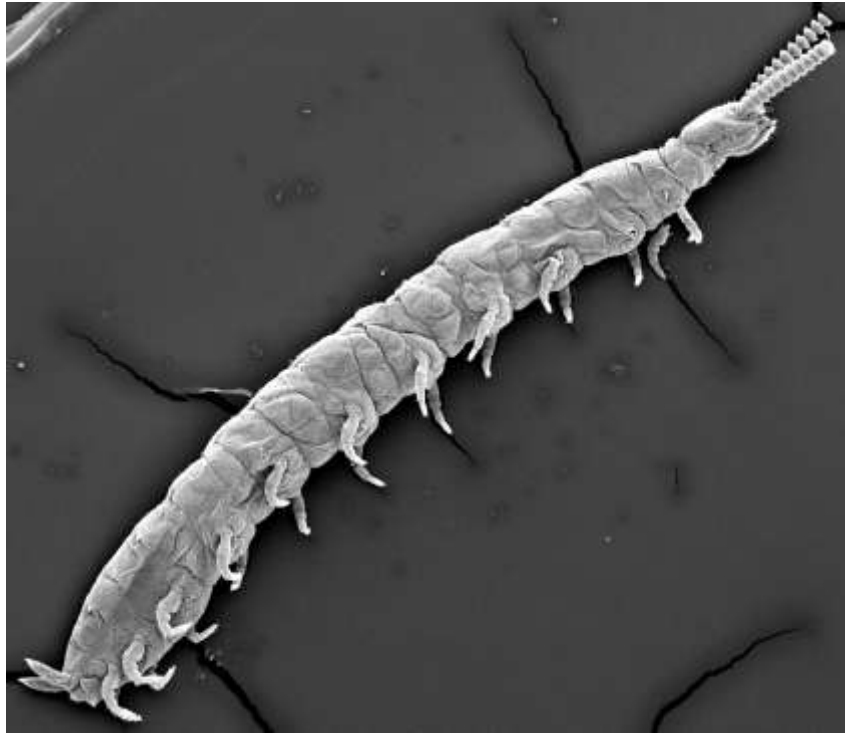
Hančová, Vlková, 1998; Jankovská a kol., 2006; Papáček a kol., 2000; Sedlák, 2000; Šifner, 2004; Zicháček, 1995.

Kmen: ČLENOVCI (*ARTHROPODA*)

Podkmen: VZDUŠNICOVCI (*TRACHEATA*)

Nadtřída: STONOŽKOVCI (*MYRIAPODA*)

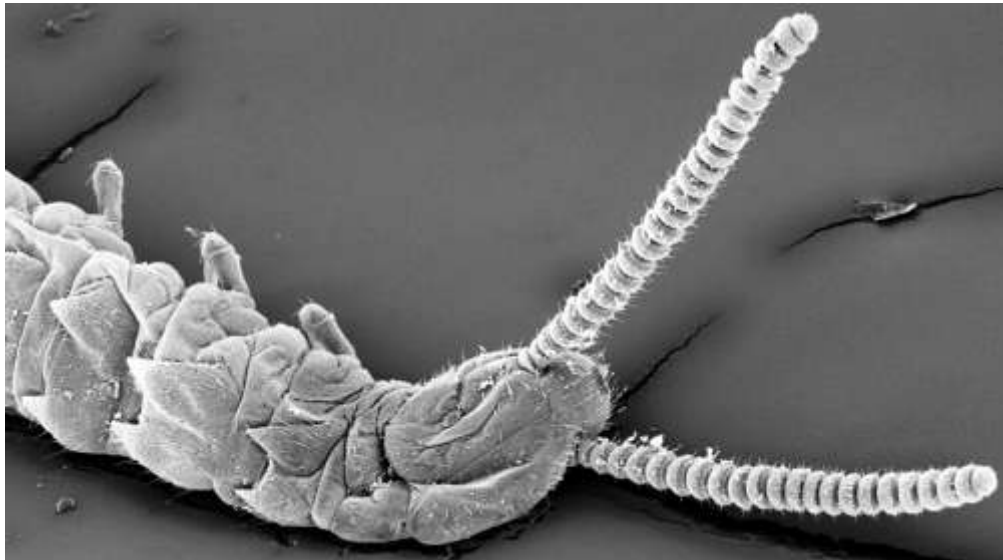
Třída: stonoženky (*Symphyla*)



Obr. 31: Stonoženka (*Symphyla*), laterální pohled. (orig. J. Dvořáková, 2010, SEM)

Jak vypadají:

- drobní, měkké bílé tělo, velikost 1 - 8 mm
- dýchají vzdušnicemi
- vylučovací ústrojí - malpighické trubice
- členění těla: hlava, trup (12 článků, každý článek s jedním párem noh), koncový článek = telson se silnými štěty (cerky), na nichž jsou snovací žlázy, (Obr. 31)
- tělo: článkovité, shora kryto větším počtem hřbetních štítků (tergity), (Obr. 32)



Obr. 32: Stonoženka (*Symphyla*), přední část těla s hlavou, dorzální pohled. (orig. J. Dvořáková, 2010, SEM)

- hlava: bez očí, 1 pár poměrně dlouhých tykadel, tykadlové články mají tvar korálků, u báze tykadel je spánkový otvor, pod kterým je průduch (stigma), funguje jako chemoreceptor, ale také k vnímání vlhkosti, ústní ústrojí kousací (Obr. 33)



Obr. 33: Stonoženka (*Symphyla*), přední část těla s hlavou, laterální pohled. (orig. J. Dvořáková, 2010, SEM)

- nohy: kyčle 3. - 11. páru nohou nesou kyčelní váčky, které slouží k dýchání
- telson: pár dlouhých smyslových vlásků a pár smyslových štětů, které mají na špičce snovací žlázy, (Obr. 34)



Obr. 34: Stonoženka (*Symphyla*), zadní část těla se štěty, kaudální pohled. (orig. J. Dvořáková, 2010, SEM)

Jak se rozmnožují:

- vejci, která snášejí ve skupinkách na společné stopce

Kde žijí:

- pod kameny, v tlejícím listí, v humusu, v půdě, hlavně na vápencovém podkladě
- jsou součástí edafonu

Čím se živí:

- vlákny hub, odumřelými rostlinnými pletivy

Vývoj:

- anamorfosa = postupný vývoj přes několik mezistupňů, po každém svlékání se vytvoří další článek až do plného počtu, nedospělá stadia mají 6 – 11 párů noh

Význam:

- rozkládají rostlinné zbytky a produkují výkaly, tím podporují tvorbu humusu
- vytvářejí v půdě póry, čímž ji provzdušňují
- některé druhy jsou škůdci na ananasovníku chocholatém, okusují kořenové špičky (Jižní Asie, Jižní Amerika)

Pozn.:

- u nás 10 druhů

Příklad zástupce:

- stonoženka bílá (*Scutigera immaculata*) – běžná pod kameny a v humusu



Obr. 35: Stonoženka bílá (*Scutigera immaculata*),
http://zoology.fns.uniba.sk/poznavacka/images/30_Scutigerella_immaculata.jpg.

Zdroje:

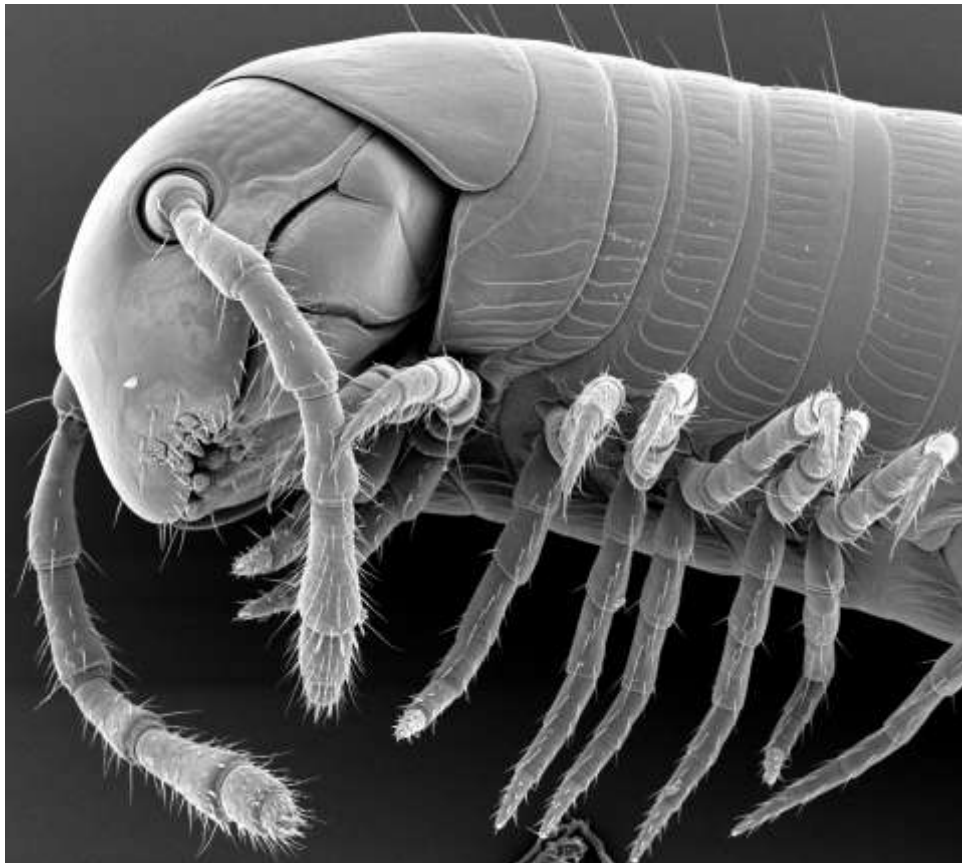
Coleman a kol., 2004; Dobrouka, 1957; Hančová, Vlková, 1998; Sedlák, 2000; Šifner, 2004; http://www.kbi.zcu.cz/studium/invert/skri/w_uni.htm;
http://cs.wikipedia.org/wiki/Ananasovn%C3%ADk_chocholat%C3%BD

Kmen: ČLENOVCI (*ARTHROPODA*)

Podkmen: VZDUŠNICOVCI (*TRACHEATA*)

Nadtřída: STONOŽKOVCI (*MYRIAPODA*)

Třída: mnohonožky (*Diplopoda*)

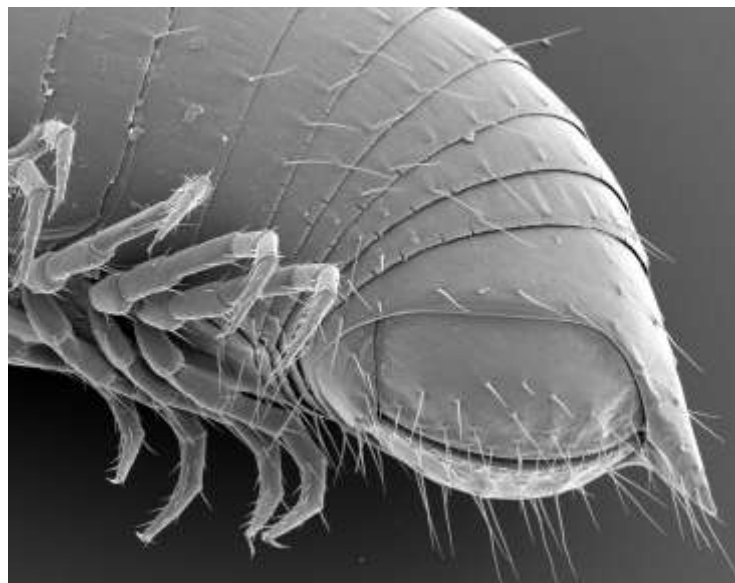


Obr. 36: Mnohonožka (*Diplopoda*) z čeledi mnohonožkovití (*Julidae*), přední část těla, ventrolaterální pohled. (orig. J. Dvořáková, 2010, SEM)

Jak vypadají:

- 2 mm až 4,5 cm velké (některé tropické druhy mohou dosahovat délky až 30 cm), bílé, žlutě, hnědě až černě zbarvené, pokryté silnou kutikulou (prostoupená uhličitanem vápenatým)
- **hlava:** ústní ústrojí kousací, 1 pár jednoduchých nevětvených poměrně krátkých tykadel, jednoduchá očka uložena ve 2 skupinách na očních polích, 1 pár kusadel, 1. pár čelistí tvoří **gnathochilarium** a **2. pár čelistí je redukován** (Obr. 36)
- na hlavě u tykadel mají Tömöswáryho ústroj=smyslový orgán k vnímání vlhkosti

- tělo: válcovité, na průřezu kruhové (umožňuje spirální stáčení), (Obr. 36) nebo půlkruhové z břišní strany zploštělé (svinutí do kuličky), u plochulí jsou na hřbetní straně výběžky do stran, takže je tělo shora ploché (Obr. 41, 42)
- 1. článek trupu, tzv. krček (collum) je bez noh, další 3 články nesou po 1 páru noh (Obr. 36), na 3. článku pohlavní otvory
- zbytek těla tvořen tzv. **diplosegmenty** = články, které splývají po dvou a nesou po 2 párech končetin (Obr. 36), poslední 2 články bez noh (Obr. 37)
- nohy: vyrůstají z břišní strany těla směrem dolů, u samců je 1. pár nohou (tykadla) změněn v pomocné **pářící zařízení**, na 7. dvojčlánku nohy přeměněné v **pářící nožky**
- telson: ukončen ocáskem nebo přívěskem (Obr. 37), (není u svinulí)



Obr. 37: Mnohonožka (*Diplopoda*), koncová část těla, laterální pohled. (orig. J. Dvořáková, 2010, SEM)

- dýchají vzdušnicemi, vyústěním vzdušnic na povrch těla jsou průduchy (stigmata) u báze končetin, (Obr. 44)

Jak se rozmnožují:

- kopulace pomocí přeměněných noh 7. a 8. článku
- rozmnožují se vajíčky, které samička klade do speciálních komůrek pod zemí
- mladé mnohonožky mají jen 6 tělesných částí a 3 páry noh, postupným růstem jim přibývají tělní články až do dospělosti

Kde žijí:

- i v zimním období pod sněhem ve spadlém listí, pod kameny, pod kůrou, v mechu nebo hluboko v zemi

- vyžadují vlhkost prostředí, nejčastěji se vyskytují na vlhkých místech s bohatými vrstvami spadlého listí v krajinách s vápencovým podkladem, ale i na obdělávaných půdách
- jsou součástí edafonu

Čím se živí:

- rostlinnými a živočišnými zbytky – tj. jsou to detritofágové a saprofágové (organismy živící se mrtvou nebo živou organickou hmotou rostlinného nebo živočišného původu), pár druhů je dravých

Vývoj:

- v 7 stádiích - anamorfosa (postupné přirůstání tělních článků a noh)

Význam:

- některé druhy jsou škůdci především ve sklenicích a pařeništích, kde ničí rostliny okusem
- rozkládají rostlinné zbytky a tím podporují tvorbu humusu
- vytvářejí v půdě póry

Pozn.:

- mnoho druhů je slepých
- žijí nočním způsobem života, přes den jsou skryty v půdě
- mladí jedinci mají světlejší barvu než dospělci
- u nás 60 druhů

Příklady zástupců:

- **podtřída volnoretky** (*Pselaphognatha*): bez inkrustace, 13 – 17 párů nohou, čelisti jsou v ústní dutině uloženy volně (nesrostlé)
- **řád chlupule** (*Schizocephala*)
- **chlupule podkorní** (*Polyxenus lagurus*) – dorůstá 2 mm, měkké tělo, pokryté krátkými štětinkami naplněnými vzduchem, na konci těla ocáskovitý přívěsek, žije pod kůrou, pod kameny



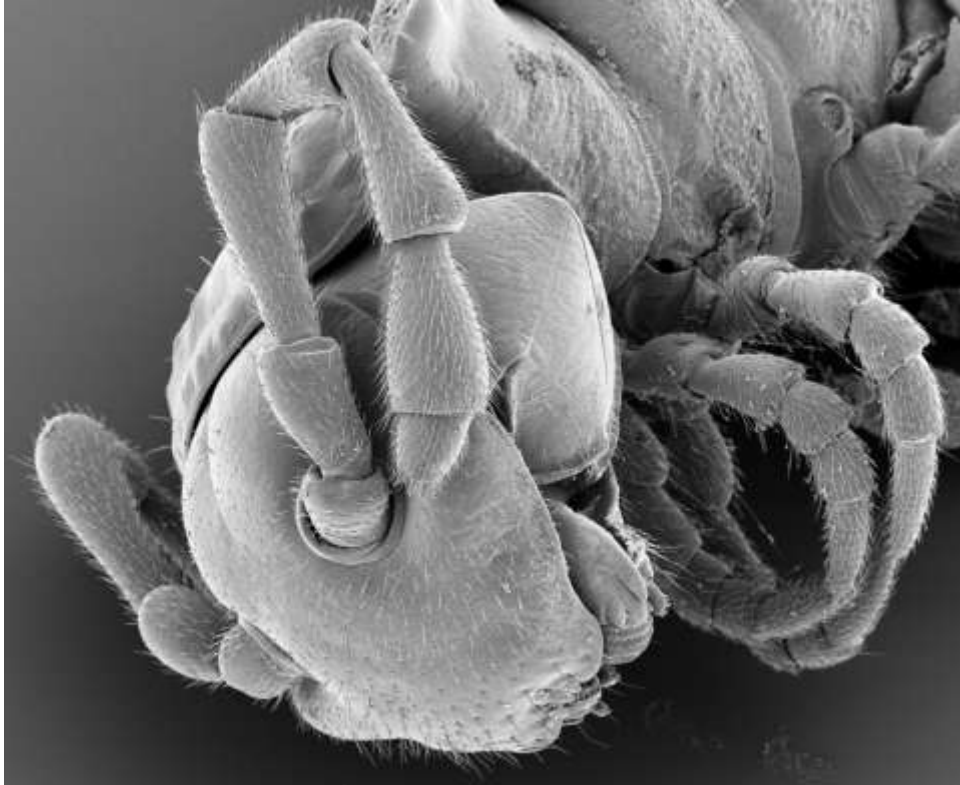
Obr. 38: Chluxule podkorní (*Polyxenus lagurus*), dorzální pohled, <http://www.biolib.cz/cz/taxonimage/id41617/>. Foto Macek R.

- **podtřída srostloretky** (*Chilognatha*): inkrustovaná kutikula, zřetelné gnathochilarium – tzn. 1. pár čelistí je srostlý, spolu s horním pyskem uzavírá zesponu ústní ústrojí
- **řád mnohonožky** (*Opistospermophora*)
- **mnohonožka dvoupásá** (*Schisophyllum sabulosum*) – válcovité černohnědé tělo se dvěma podélnými žlutými pruhy na hřbetě, poslední článek ocáskovitě protažen, mají až 45 mm, žijí ve spadaném listí a pod kameny



Obr. 39: Mnohonožka dvoupásá (*Schisophyllum sabulosum*), <http://www.geziefewelt.de/spinnentiere.html>.

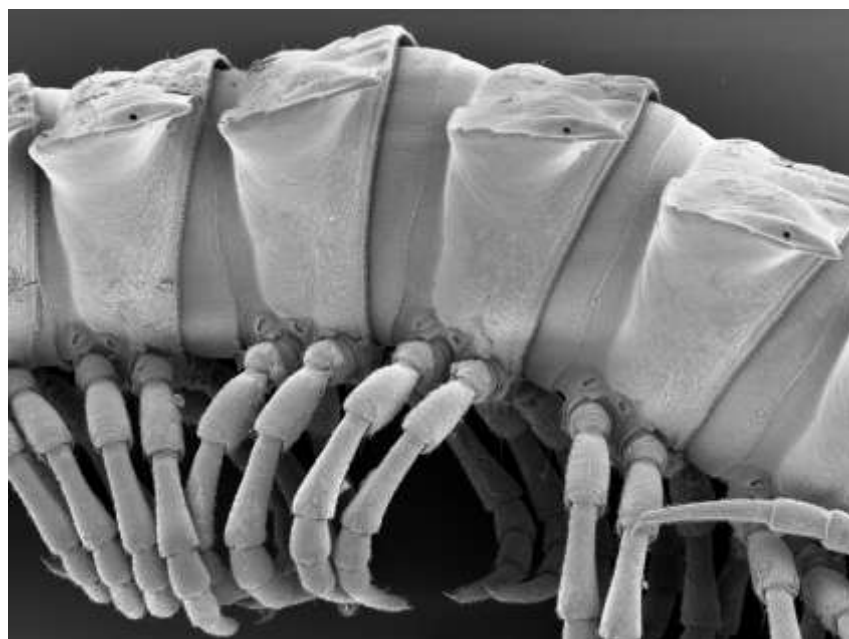
- řád plochule (*Proterospermophora*)
- plochule křehká (*Polydesmus complanatus*) – hnědá, 23 mm velká, dorzoventrálně zploštělá=z hřbetní a břišní strany, trupové články mají postranní křídélka (Obr. 40, 41, 42), žije v opadance, pod kameny vlhkých listnatých lesů



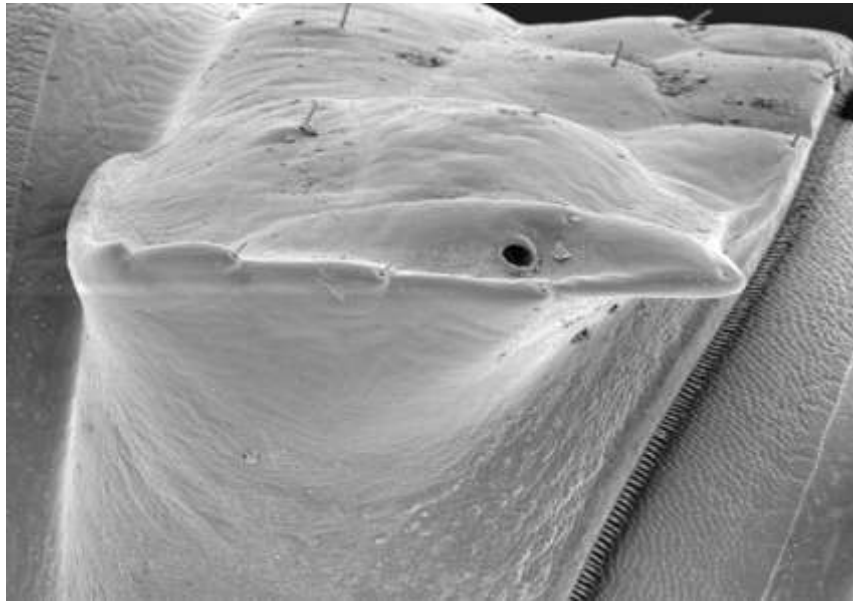
Obr. 40: Plochule (*Polydesmus*), detail hlavy. (orig. J. Dvořáková, 2010, SEM)



Obr. 41: Plochule (*Polydesmus*), přední část těla, laterální pohled. (orig. J. Dvořáková, 2010, SEM)



Obr. 42: Plochule (*Polydesmus*), tělní články, laterální pohled. (orig. J. Dvořáková, 2010, SEM)



Obr. 43: Plochule (*Polydesmus*), laterální pohled, detail postranního výběžku hřbetní strany těla, patrný je otvor obranné zápašné žlázy, typický pro mnohonožky. (orig. J. Dvořáková, 2010, SEM)



Obr. 44: Plochule (*Polydesmus*), průduchy (stigmata) na trupových člancích, které přivádějí vzduch do vzdušnic (trachejí). (orig. J. Dvořáková, 2010, SEM)

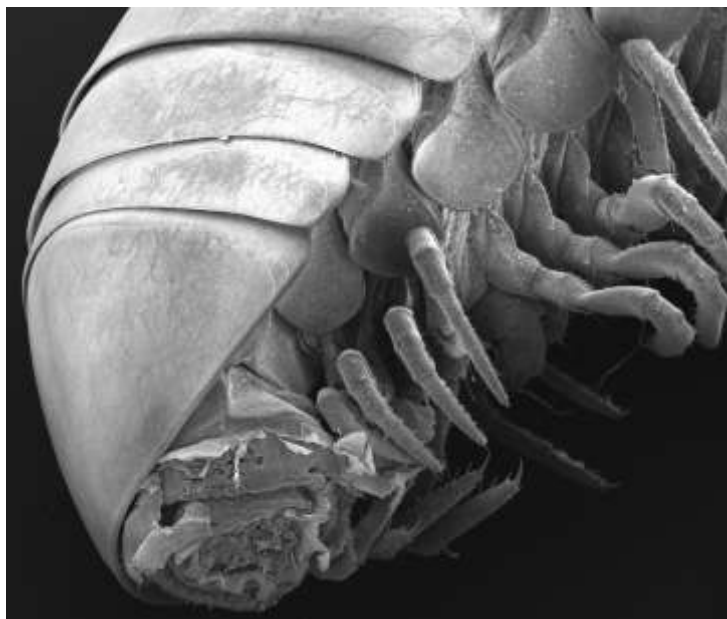
- **řád svinule** (*Oniscomorpha*)
- svinule lesní (*Glomeris pustulata*) - krátké, sině vyklenuté tělo schopné volvace = svinutí se do kuličky (Obr. 45), 5 – 14 mm dlouhé, hnědé barvy se světlými skvrnami, žije na otevřených stanovištích, pod kameny, v listí a mechu



Obr. 45: Svinule (*Glomeris*), laterální pohled. (orig. J. Dvořáková, 2010, SEM)



Obr. 46: Svinule (*Glomeris*), detail hlavy. Vpravo od vkloubení tykadla je dobře vidět Tömösváryho orgán. (orig. J. Dvořáková, 2010, SEM)



Obr. 47: Svinule (*Glomeris*), koncová část těla, laterální pohled, telson nerozdělený, oproti svinkám chybí uropody. (orig. J. Dvořáková, 2010, SEM)

- mnohonožka slepá (*Blaniulus guttulatus*) – má redukované oči, je slepá, způsobuje škody na bramborách a jahodách



Obr. 48: Mnohonožka slepá (*Blaniulus guttulatus*), <http://bugguide.net/node/view/31942>. Foto Murray T.

Zdroje:

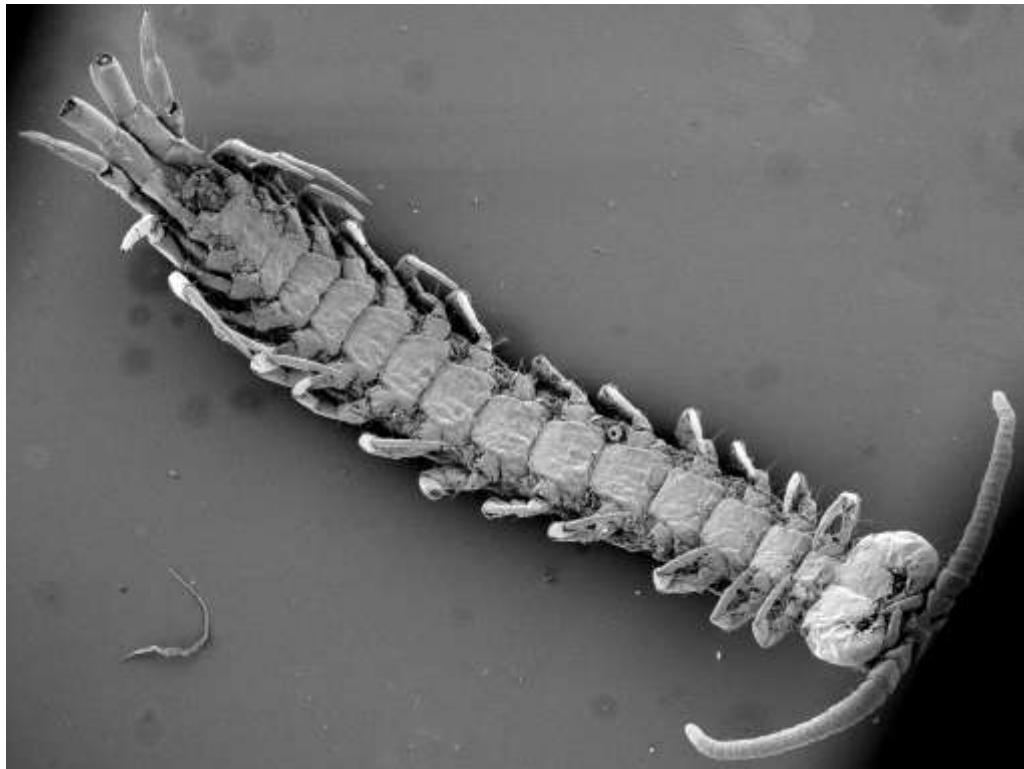
Coleman a kol., 2004; Hančová, Vlková, 1998; Jankovská, a kol., 2006; Kratochvíl, 1980; Lang, 1957; Sedlák, 2000; Šifner, 2004; Zicháček, 1995;
http://www.cojeco.cz/index.php?zal=1&s_term=saprof%20E1g;
http://www.cojeco.cz/index.php?detail=1&id_desc=19422&title=detrifof%20E1g&s_lang=2;
<http://www.dezin.cz/data.php?page=172>

Kmen: ČLENOVCI (*ARTHROPODA*)

Podkmen: VZDUŠNICOVCI (*TRACHEATA*)

Nadtřída: STONOŽKOVCI (*MYRIAPODA*)

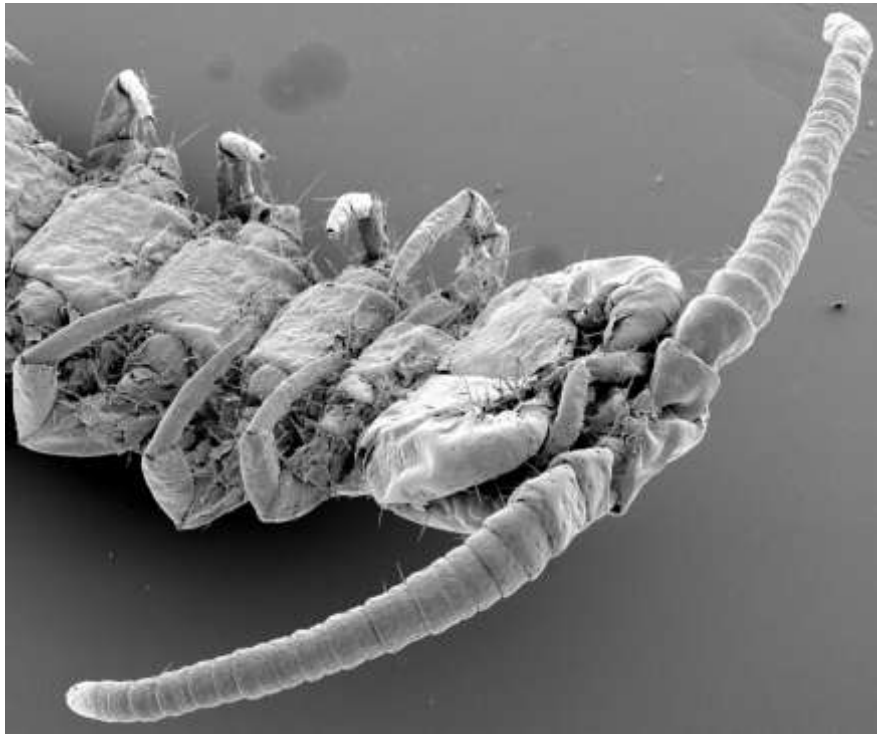
Třída: stonožky (*Chilopoda*)



Obr. 49: Stonožka (*Chilopoda*), ventrální pohled. (orig. J. Dvořáková, 2010, SEM)

Jak vypadají:

- 6 – 60mm velcí (některé tropické druhy mohou být mnohem větší), hnědě, žlutě nebo rezavě zbarvení
- dýchají vzdušnicemi
- vylučovací ústrojí - malpighické trubice
- hlava: zřetelně oddělená od trupu, plochá, čočkovitá, ústní ústrojí kousací, po stranách většinou jednoduché oči (Obr. 50, 51), někteří zástupci jsou slepí (zemivky)
- **hlavové přívěsky** = na přední části 1 pár jednoduchých nitkovitých tykadel, silně sklerotizovaná kusadla a 2 páry čelistí
- na hlavě u tykadel mají Tömöswałyho ústroj=smyslový orgán k vnímání vlhkosti



Obr. 50: Stonožka (*Chilopoda*) ze skupiny různočlenky (*Lithobiomorpha*), detail hlavy. Dobře patrné jsou kusadlové nožky. (orig. J. Dvořáková, 2010, SEM)



Obr. 51: Stonožka (*Chilopoda*) ze skupiny různočlenky (*Lithobiomorpha*), detail hlavy a předních článků trupu, laterální pohled. Je dobře patrné střídání krátkého a dlouhého tergitu. (orig. J. Dvořáková, 2010, SEM)

- tělo: zploštělé, délka převládá nad šířkou (Obr. 49), každý tělní článek kryt hřbetním štítkem (tergit), trupové články mají buď stejně velké hřbetní štítky, nebo se střídají krátké a dlouhé
- mají vždy lichý počet článků, na každém článku 1 pár noh (Obr. 49)

- na předposledním článku dospělého ústí pohlavní orgány – tzv. **genitální článek**
- nohy: podle druhu mají od 15 do 177 párů, nohy zakončené hákovitě zahnutými drápkami
- na 1. článku trupu jsou tzv. **kusadlové nožky**, které slouží k chytání a usmrčení kořisti a obsahují jedové žlázy
- poslední pár noh je silnější a delší – tzv. **vlečné nohy** (slouží k zachycení kořisti, u samců), (Obr. 52)



Obr. 52: Stonožka (*Chilopoda*) ze skupiny různočlenky (*Lithobiomorpha*), vlečné nohy. (orig. J. Dvořáková, 2010, SEM)

Jak se rozmnožují:

- vejci
- samci kladou spermatofory (pouzdro či hmota, tvořená samci, obsahující spermie, v průběhu kopulace vcelku přeneseno do samičího pohlavního ústrojí) na pavučinovou síťku
- jsou odděleného pohlaví

Kde žijí:

- v lesní půdě, v hrabance, pod mechem, kameny, kůrou, ve starých pařezech
- v údolích potoků a řek, v lesích ve všech nadmořských výškách
- jsou součástí edafonu

Čím se živí:

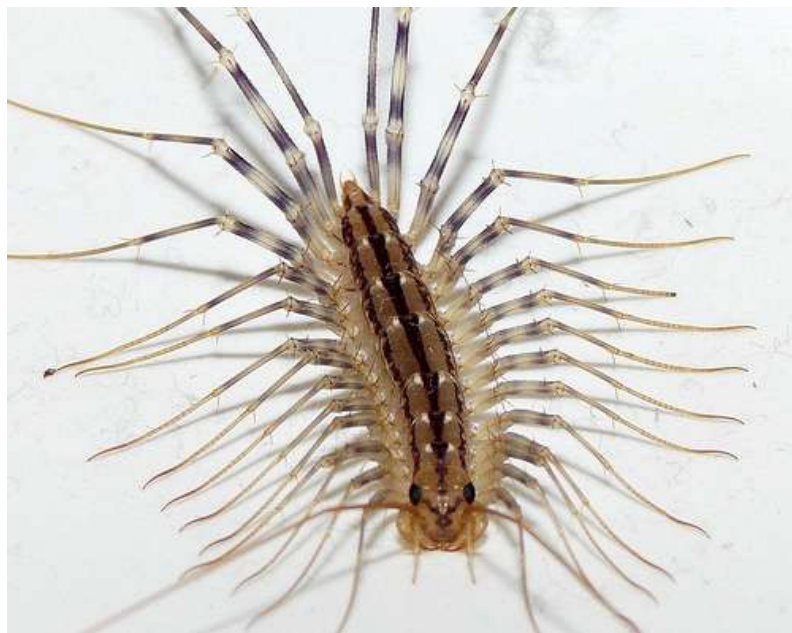
- jsou to dravci, kořist uchvacují kusadlovými nožkami, usmrcují ji jedem

Vývoj:

- líhnou se po celý rok, svlékají se i v dospělosti, žijí 2 – 3 roky
- typy vývoje:
- epimorfóza: larvální stádia mají již od začátku plný počet článků, mnohočlenky a stejnočlenky
- hemianamorfóza: larvám postupně přirůstají tělní články, strašníci a různočlenky

Příklady zástupců:

- **řád strašníci** (*Scutigeroforma*)
- strašník dalmatský (*Scutigera coleoptrata*) – tělo ploché a poměrně krátké (jen 8 hřbetních štítků), složené oči, dlouhá tykadla a nohy, rychlý pohyb, stepní lokality jižní Moravy, jihoevropský druh



Obr. 53: Strašník dalmatský (*Scutigera coleoptrata*), <http://www.flickr.com/photos/dougeee/2331781825/>.

- **řád mnohočlenky** (*Geophilomorpha*)
- zemivka žlutavá (*Geophilus longicornus*) – dlouhé, štíhlé tělo, 20 – 50 mm, krátké končetiny, je slepá (bez očí, Obr. 54), žije v půdě – v chodbičkách žížal a v tlející organické hmotě



Obr. 54: zemivka (*Geophilus*), přední část těla, pohled z boku. Kratší úseky nejsou kratší hřbetní štítky, ale pouze kutikula, která je spojuje. (orig. J. Dvořáková, 2010, SEM)

- **řád různočlenky** (*Lithobiomorpha*)

- stonožka škvorová (*Lithobius forficatus*) – náš nejběžnější druh stonožek, tělo dlouhé, střídají se dlouhé a krátké tergity, dlouhá tykadla, mláďata 7 párů noh, dospělí 15 párů, žije pod kůrou, pod kameny, ve spadaném listí, loví hlavně v noci, vlečné nohy mají hmatovou funkci



Obr. 55: Stonožka škvorová (*Lithobius forficatus*), <http://www.biolib.cz/cz/taxonimage/id64608/?taxonid=89801>. Foto Deml M.

- řád stejnočlenky (*Scolopendromorpha*)
- stonoha pásovaná (*Scolopendra cingulata*) – téměř stejně dlouhé hřbetní články, krátká tykadla, silné vlečné nohy, bolestivě a nebezpečně koušou, jihoevropský druh



Obr. 56: Stonoha pásovaná (*Scolopendra cingulata*),
http://www.humanitas.cz/storage_edutexts/cenovci.pdf.

Zdroje:

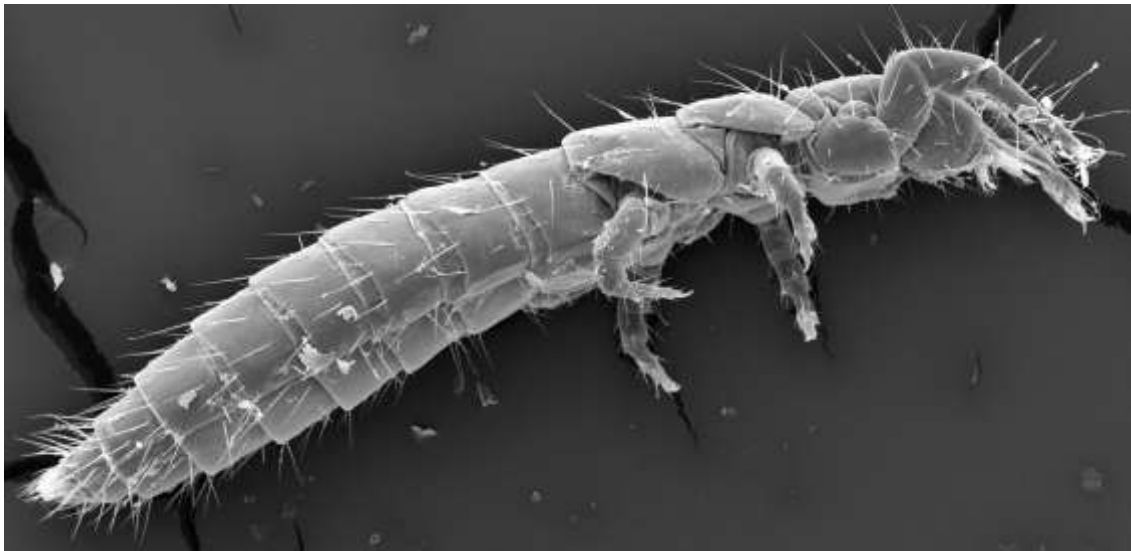
Folkmanová, 1957; Hančová, Vlková, 1998; Jankovská, a kol., 2006; Sedlák, 2000; Šifner, 2004; Zicháček, 1995; <http://cs.wikipedia.org/wiki/Spermatofor>;
http://www.kbi.zcu.cz/studium/invert/skri/w_uni.htm

Kmen: ČLENOVCI (*ARTHROPODA*)

Podkmen: VZDUŠNICOVCI (*TRACHEATA*)

Nadřída: Šestinozí (*Haxapoda*)

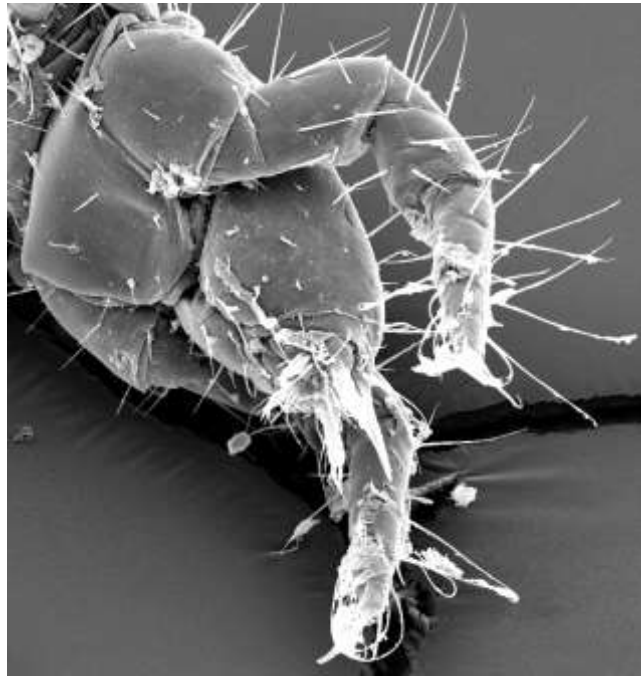
Třída: hmyzenky (*Protura*)



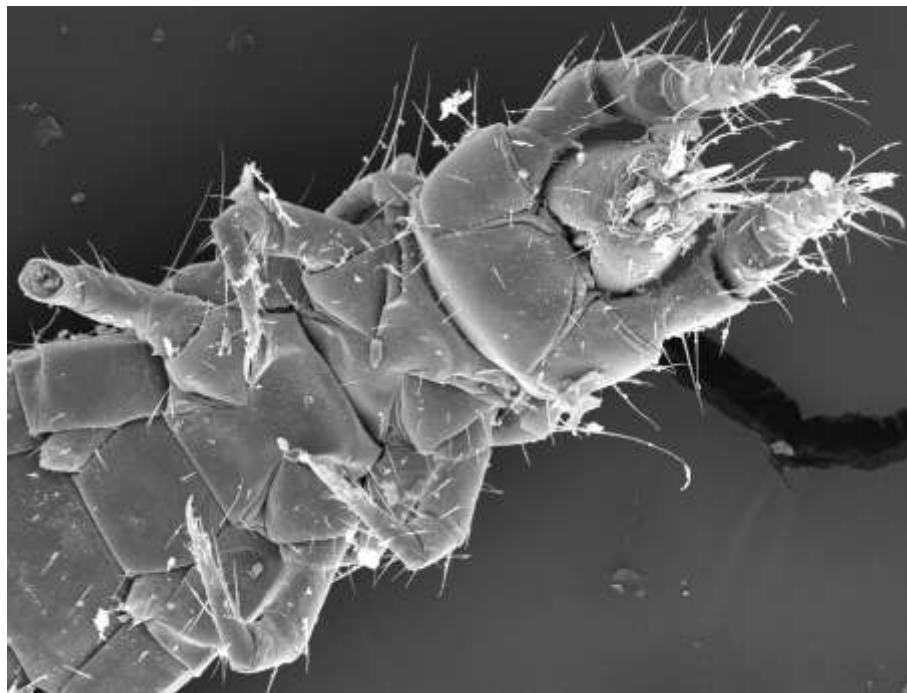
Obr. 57: Hmyzenka (*Protura*), laterální pohled. (orig. J. Dvořáková, 2010, SEM)

Jak vypadají:

- mají bezkřídlé, protáhlé, málo pigmentované tělo 0,5 – 2,5 mm dlouhé, porostlé štětkami, (Obr. 57)
- dýchají vzdušnicemi
- malpighické trubice chybí
- hlava: tykadla a oči chybí, ústní jsou orgány bodavě savé (Obr. 58), mají čelistní makadla, po stranách hlavy leží **pseudoculus** = čočkovitý smyslový orgán, zbytek tykadel
- členění těla: předohruď, středohruď, zadohruď, zadeček (Obr. 57), na středohrudí a zadohrudí po 1 páru průduchů, na 11. článku zadečku ústí pohlavní soustava
- nohy: 1. pár nohou směřuje dopředu a neslouží k pohybu, ale smyslovou (nahrazují tykadla) a uchvacovací funkci, jejich velká pohyblivost díky rozdělení štítků předohrudí na více samostatných, další 2 páry končetin slouží k pohybu, (Obr. 57)
- zadeček: 12 článků, na prvních třech rudimenty (zbytky) končetin



Obr. 58: Hmyzenka (*Protura*), detail hlavy s bodavě savým ústním ústrojím a prvního páru nohou. (orig. J. Dvořáková, 2010, SEM)



Obr. 59: Hmyzenka (*Protura*), přední část těla, ventrální pohled. Vlevo dole jsou patrné rudimenty končetin. (orig. J. Dvořáková, 2010, SEM)

Jak se rozmnožují:

- gonochoristé

Vývoj:

- z vajíčka se líhne larva s 8 články zadečku, po každém svlékání se vytvoří další článek do plného počtu = anamorfoza

Kde žijí:

- v půdě s určitým stupněm vlhkosti a dostatkem tlejících látek
- skrytě v detritu (rozpadající se odumřelá organická hmota, drť vzniklá rozpadem hornin), v opadance, půdním humusu, v mechu, pod ponořenými kameny, tlející kůrou pařezů
- jsou součástí edafonu

Čím se živí:

- vysávají vlákna hub

Pozn.:

- u nás asi 45 druhů

Příklad zástupce:

- hmyzenka půdní (*Acerontomon doderoi*) – běžný druh, žije v půdě smíšených lesů

Zdroje:

Hančová, Vlková, 1998; Jankovská, a kol., 2006; Kratochvíl, 1957; Sedlák, 2000; Šifner, 2004; <http://slovník-cizich-slov.abz.cz/web.php/slovo/detrit-detritus>; <http://cs.wikipedia.org/wiki/Hmyzenky>

Kmen: ČLENOVCI (*ARTHROPODA*)

Podkmen: VZDUŠNICOVCI (*TRACHEATA*)

Nadřída: Šestinozí (*Haxapoda*)

Třída: chvostokoci (*Collembola*)



Obr. 60: Chvostokok (*Hypogastrura sp.*),
<http://www.naturfoto.cz/chvostokok-fotografie-5594.html>. Foto Krásenský P.

Jak vypadají:

- drobní, bezkřídlí, bělaví nebo pestře zbarvení, 0,2 – 10 mm velcí
- dýchají povrchem těla, vzdušnice (tracheje) chybějí
- hlava: kousací nebo bodavě savé ústní ústrojí, různě dlouhá tykadla se smyslovými útvary a 2 skupiny samostatných očí, někteří bez očí, nečlánkovaná kusadla, **tykadlový ústroj** = hlavní ústrojí čichu, **zatykadlový ústroj** = malý kulatý hrbolek pokrytý tenkou chitínovou blankou, jsou za ním umístěny oči (oční pole mají černě zbarvené – temná skvrna)
- tělo: kryto tenkou kutikulou
- hrud: **volnočlenky** (*Symphyleona*) mají oddělené hrudní a zadečkové články, protáhlé tělo, **srostločlenky** (*Arthropleona*) mají srostlé hrudní články a různě splývající články zadečku, kulovité tělo
- zadeček: 6 článků, nese útvary vzniklé přeměnou končetin:
- na 1. článku je **ventrální tubus**=krátká rourka pomocí níž se tlakem hemolymfy vychlípují váčky sloužící k přichycení k podkladu

- na 3. článku je **retinakulum** – kleštičkovitá záchytka pro furku
- na 4. článku je **furka** – skládací vidlička sloužící k únikové reakci, u druhů žijících v hlubších vrstvách půdy může být zcela redukována
- retinakulum společně s furkou tvoří skákací aparát
- na 5. článku jsou pohlavní vývody a **trichobothrie**=smyslové vlásky, na 6. článku anální trny



Obr. 61: Chvostoskok rodu (*Ceratophysella*) – vlevo a chvostoskok rodu (*Sminthurus*) – vpravo,
http://193.138.206.23/~doehetzelf/images/lordv/2008/Ceratophysella_Dicyrtomina_ornata_20080105_Brian_Valentine_UK_Worthing_1.jpg. Foto Valentine B.

Kde žijí:

- v půdě, v hrabance, na vegetaci nebo na vodní hladině
- jsou součástí edafonu

Čím se živí:

- detritem a hyfami hub, rostlinnými pletivy z živých i odumírajících rostlin

Vývoj:

- epimorfóza

Význam:

- jsou důležitou součástí edafonu

- významně se podílí na tvorbě humusu = provádějí rozkladné a půdotvorné procesy
- někteří zástupci jsou masožraví, mohou přenášet řadu virových onemocnění rostlin

Pozn.:

- mladí jedinci mají jasnější barvy než dospělci
- u nás bylo zjištěno 270 druhů

Příklady zástupců:

- **srostločlenky** (*Arthropleona*)
- **podrepka pestrá** (*Sminthurus viridis*) – kulovité tělo, na luční vegetaci, v létě v lesích, na trávě, na obilí



Obr. 62: Podrepka pestrá (*Sminthurus viridis*), http://www.galerie-insecte.org/galerie/sminthurus_viridis.html. Foto Gaia B.

- **volnočlenky** (*Symphyleona*)
- mákovka vodní (*Podura aquatica*) – modravě černá, 1mm velká, vyskytuje se na hladině a u břehů stojatých vod, lehce se udrží na povrchové blance vody, na které se dobře pohybuje, živí se tlejícími částmi rostlin



Obr. 63: Mákovka vodní (*Podura aquatica*),
<http://193.138.206.23/~doehetzelf/taxa/collemba.htm>. Foto De Wilde.



Obr. 64: Mákovka vodní (*Podura aquatica*),
http://zoology.fns.uniba.sk/poznavacka/images/32_Podura_aquatica.jpg. Foto Hopkin S.

- larvěnka obrovská (*Tetrodontophora bielanensis*) – náš největší druh chvostoskoka, 6 – 9 mm, šedomodrá, žije v humusu nebo mechu vlhkých lesů



Obr. 65: Larvěnka obrovská (*Tetrodontophora bielanensis*), dorzální pohled. (orig. J. Dvořáková, 2010, SEM)



Obr. 66: Larvěnka obrovská (*Tetrodontophora bielanensis*), ventrální pohled. Vpravo je dobře patrná skákací vidlička (furka). (orig. J. Dvořáková, 2010, SEM)

- huňatka mechová (*Entomobrya muscorum*) – běžná, na hrudi a zadečku podélné tmavé pruhy, žije v mechu



Obr. 67: Huňatka mechová (*Entomobrya muscorum*), <http://www.naturfoto-cz.de/springtail-foto-6544.html>. Foto Krásenský P.

- poskok škodlivý (*Folsomia fimetaria*) – škůdce ve sklenicích a pařeništích, ožirají jemné kořínky rostlin



Obr. 68: Poskok škodlivý (*Folsomia fimetaria*), <http://www.stevehopkin.co.uk/collembolamaps/Entomobryomorpha/261FOcan/>. Foto Hopkin S. P.

- poskok měnlivý (*Isotoma viridis*) – nazelenalá barva, často zjara na hromadě sněhu



Obr. 69: Poskok měnlivý (*Isotoma viridis*),
<http://193.138.206.23/~doehetzelf/taxa/collembo.htm>. Foto Cowen R.

Zdroje:

Hančová, Vlková, 1998; Jankovská, a kol., 2006; Nosek, 1957; Sedlák, 2000; Šifner, 2004; Zicháček, 1995;
http://www.guh.cz/edu/bi/biologie_bezobratli/html09/foto_005.html

5. Diskuse a závěr

Práci jsem prováděla jak v terénu, tak ve vnitřních prostorách. Co se týče terénu, konkrétně to bylo město Čelákovice a jeho okolí, kde jsem odběry prováděla na zahradním kompostu, na břehu potoka, Labe a v blízkosti sirnoželezitého rašeliniště. Zde se naskytl problém s tím, aby vzorky půdy nebyly ani příliš suché, ani příliš mokré, v takových se totiž nenalezne tolik živočichů, jako v přiměřeně vlhké půdě. Proto jsem místa odběru vybírala v blízkosti vodních toků či ploch. Odběry jsem prováděla v září, možná by bylo vhodnější zvolit jiné období a možná i jiné lokality odběru, okolí Čelákovic má totiž většinou suchý písčito – jílový podklad s porosty vřesu a borovými lesy, naštěstí v okolí řek a potoků se najdou i vlhká travnatá místa s listnatými stromy. Ani tak se mi nepodařilo ve svých vzorcích obsáhnout všechny skupiny půdních členovců, které jsem chtěla zanést do atlasu, proto jsem musela využít sbírky Mgr. Jana Mourka.

Vnitřní prostory mi byly poskytnuty jak na Pedagogické fakultě (PedF) UK v Praze, tak na Přírodovědecké fakultě (PřF) UK v Praze. Na PřF mi byl poskytnut Berlese – Tullgrenův přístroj k extrakci bezobratlých živočichů z půdy, na PedF mi poté byla zapůjčena binolupa a pomůcky k selekci půdních členovců od ostatních vyextrahovaných živočichů. Při selekci jsem udělala chybu v tom, že jsem si vybrala od každé skupiny členovců jen několik jedinců, i když některých (např. chvostoskoků) bylo mnoho. To se mi vymstilo při následném sušení na PřF, když se mi vzorky chvostoskoků při mém neobratném zacházení s malými papírovými obálkami a plastovými košíčky poškodily a bohužel jsem neměla náhradní a už nebyl čas na to, je znovu extrahovat. I samotná tvorba plastových košíčků, která se zpočátku zdála jednoduchou, měla svá úskalí. Bylo nutné opatřit dno i víčko mikroskopu jemnou sítí přitavením. K tomu se osvědčil zapalovač, ale i ten má tak silný plamen, že může způsobit přitavení víčka ke košíčku a následnou nemožnost košíček otevřít. Proto je to velmi titěrná práce, v mém případě s náhodným koncem. Nejlépe se mi osvědčilo odstranit víčko od mikroskopu, chytit víčko do pinzety a jen lehce ho natavit a přiložit síťku. Musela jsem však dávat pozor na to, aby se víčko nezdeformovalo a pasovalo na mikroskopu a také aby síťka dobře těsnila.

Při fixaci vysušených jedinců na nosné terčíky se mi u malých jedinců osvědčil štěteček, u větších entomologická pinzeta. Chybou byla moje snaha jedince co nejlépe

přítisknout na podklad, při čemž jsem některé z nich poškodila (viz Obr. 15, 16, 17, 45, 52), vzorky jsou po vysušení metodou kritického bodu totiž velmi křehké. Po fixaci na nosné terčíky jsem nechala vzorky pozlatit.

Všechno ostatní už se odehrávalo na PřF v laboratoři elektronové mikroskopie při tvorbě fotografií na skenovacím elektronovém mikroskopu (SEM).

Při práci s elektronovým mikroskopem několikrát nastal problém, že některé fotografie ze skenovacího elektronového mikroskopu byly na určitých místech přesvícené nebo může výboj vytvořit přes celou fotografii světlý pruh (nebo dokonce několik tmavých pruhů v podkladu), to způsobuje nabití povrchu vzorku a následný výboj (viz Obr. 24, 65, 66, viz Kapitola 2.4). Lze tomu předejít snížením hodnoty urychlovacího napětí nebo snížení velikosti spot size, což má nevýhodu ve snížení kvality ostroty a kontrastu obrazu a posléze i fotografie.

Některé operace může vykonávat pouze odborný pracovník laboratoře pro elektronovou mikroskopii nebo zaškolený pracovník. Jsou to např.: zapínání a vypínání skenovacího elektronového mikroskopu, vysoušení v aparatuře pro sušení metodou kritického bodu, pokovování vzorků v naprašovacím zařízení a výměnu nosných terčíků se vzorky v mikroskopu.

Další poměrně asi nejdelší část byla kompletace dostupné literatury do teoretické části práce, při které jsem se s většími problémy nesetkala. Využívala jsem Zemědělské a potravinářské knihovny, Slezská 7, Praha 2, Městské knihovny v Praze, Korunní 68/2160, Praha 10 a sbírky Mgr. J. Mourka.

Doufám, že atlas bude využitelný v praxi jakožto výuková pomůcka. Snažila jsem se ho udělat přehledně a stručně v bodech a naplnit ho co nejvíce fotografiemi. Z didaktického hlediska si však nejsem jistá, zda je vše správně, proto bych chtěla téma bakalářské práce více rozvést v práci diplomové, kdy už budu mít teorii i praxi didaktiky zažitou.

6. Seznam použité literatury

- 1) Coleman D. C., Crossley D. A., Hendrix P. F., 2004, *Fundamentals of Soil Ecology*, Athens (Georgia), ELSEVIER ACADEMIC PRESS, 373 s.
- 2) Dobrouka L., J., Stonoženy, 1957, In: Kratochvíl, J., (ed.) 1957: *Klíč zvířeny ČSSR. Díl III. Vzdušnicovci*. – Nakl. ČSAV. Praha, s. 21 – 24.
- 3) Folkmanová B., Stonožky, 1957, In: Kratochvíl, J., (ed.) 1957: *Klíč zvířeny ČSSR. Díl III. Vzdušnicovci*. – Nakl. ČSAV. Praha., s. 49 – 66.
- 4) Frouz J., Křišťůfek V., Interakce půdních bezobratlých a půdních mikroorganismů, 2000, In: Křišťůfek V., Elhottová D., Frouz J., Šustr, V., (eds.) 2000, *Sborník 7. metodického semináře: Interakce půdních mikroorganismů, bezobratlých a kořenů rostlin*, České Budějovice, ÚPB AV ČR, s. 91 – 93.
- 5) Frouz J., Metodické problémy spojené se sledováním vlivu půdních bezobratlých na dekompoziční aktivitu mikroorganismů, (eds.) 2000, In: Křišťůfek V., Elhottová D., Frouz J., Šustr, V., (eds.) 2000, *Sborník 7. metodického semináře: Interakce půdních mikroorganismů, bezobratlých a kořenů rostlin*, České Budějovice, ÚPB AV ČR, s. 119 – 121.
- 6) Hančová H., Vlková M., 1998, *Biologie II v kostce*, Havlíčkův Brod, FRAGMENT, 151 s.
- 7) Jankovská I., Langrová I., Vrabec V., Fechtner J., 2006, *Zoologie – přednášky - bezobratlí*, Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů, 191 s.
- 8) Kratochvíl J., 1980, *Použitá zoologie I. díl*, Vysoká škola zemědělská v Brně (skriptum), 269 s.
- 9) Kratochvíl J., Hmyzenky, 1957, In: Kratochvíl, J., (ed.) 1957: *Klíč zvířeny ČSSR. Díl III. Vzdušnicovci*. – Nakl. ČSAV. Praha., s. 87 – 94.
- 10) Kunst M., Pancířníci, 1971, In: Daniel, M., Černý, V., (eds.) 1971, *Klíč zvířeny ČSSR. Díl IV. Želvušky, jazyčnatky, klepítkatci, sekáči, pavouci, štírci, roztoči*, Nakl. ČSAV Praha., s. 531 – 580.
- 11) Lang J., Mnohonožky, 1957, In: Kratochvíl, J., (ed.) 1957: *Klíč zvířeny ČSSR. Díl III. Vzdušnicovci*. – Nakl. ČSAV. Praha., s. 27 – 48.
- 12) Malý J., Kulich J., Janů M., 2001, *Půdní bezobratlí v lese*, Horní Maršov, SEVER
- 13) Miller F., Pavouci, 1971, In: Daniel, M., Černý, V., 1971, *Klíč zvířeny ČSSR. Díl IV. Želvušky, jazyčnatky, klepítkatci, sekáči, pavouci, štírci, roztoči*, Nakl. ČSAV Praha., s. 51 – 306.
- 14) Motyčka V., Roller Z., 2001 *Svět zvířat X. Bezobratlí (1)*, Praha, Albatros, 171 s.

- 15) Nosek J., Chvostokoci, 1957, In: Kratochvíl, J., (ed.) 1957: *Klíč zvířeny ČSSR. Díl III. Vzdušnicovci.* – Nakl. ČSAV. Praha., s. 95 – 124.
- 16) Nováková A., Metody studia interakcí půdních bezobratlých a mikroskopických hub, 2000, In: Křišťůfek V., Elhottová D., Frouz J., Šustr, V., (eds.) 2000, *Sborník 7. metodického semináře: Interakce půdních mikroorganismů, bezobratlých a kořenů rostlin*, České Budějovice, ÚPB AV ČR, s. 107 – 109.
- 17) Papáček M., Matěnová V., Matěna J., Soldán T., 2000, *Zoologie*, Praha, Pedagogické nakl. Scentia, spol. s r. o., 285 s.
- 18) Rejšek K., Standardní a alternativní metody popisu a hodnocení půdních trofických vztahů, 2000, In: Křišťůfek V., Elhottová D., Frouz J., Šustr, V., (eds.) 2000, *Sborník 7. metodického semináře: Interakce půdních mikroorganismů, bezobratlých a kořenů rostlin*, České Budějovice, ÚPB AV ČR, s. 143 – 147.
- 19) Sedlák E., 2000, *Zoologie bezobratlých*, Př. F MU, Brno (skriptum), 336 s.
- 20) Smrž J, Horáček I., Švátora M., 2004, *Biologie živočichů pro gymnázia*, Praha, Fortuna, 207 s.
- 21) Šamšišák K., Dusbábek F., Čmelíkovci, 1971, In: Daniel, M., Černý, V., (eds.) 1971, *Klíč zvířeny ČSSR. Díl IV. Želvušky, jazyčnatky, klepítkatci, sekáči, pavouci, štírci, roztoči*, Nakl. ČSAV Praha., s. 313 – 352.
- 22) Šifner F., 2004, *Stručný přehled systému prvoků a bezobratlých živočichů*, Univerzita Karlova v Praze – Pedagogická fakulta, 80 s.
- 23) Šustr V., Interakce půdních bezobratlých a mikroorganismů při rozkladu organické hmoty (měření aktivity trávicích enzymů), 2000, In: Křišťůfek V., Elhottová D., Frouz J., Šustr, V., (eds.) 2000, *Sborník 7. metodického semináře: Interakce půdních mikroorganismů, bezobratlých a kořenů rostlin*, České Budějovice, ÚPB AV ČR, s. 123 – 126.
- 24) Verner P., Štírci, 1971, In: Daniel, M., Černý, V., (eds.) 1971, *Klíč zvířeny ČSSR. Díl IV. Želvušky, jazyčnatky, klepítkatci, sekáči, pavouci, štírci, roztoči*, Nakl. ČSAV Praha., s. 19 – 32.
- 25) Winkler J., R., 1974, *Sbíráme hmyz a zakládáme entomologickou sbírku*, Praha, SZN, 211 s.
- 26) Zicháček V., 1995, *Zoologie*, Olomouc, FIN, 292 s.

7. Internetové zdroje literatury

- 1) *Horčíčko P., Lysoněk I., 2004, Album - Členovci - Vzdušnicovci - č. 005.* Dostupné z <http://www.guh.cz/edu/bi/biologie_bezobratli/html09/foto_005.html> [Citováno 16. 2. 2010]
- 2) *Nebesářová J., 2002, Elektronová mikroskopie pro biology.* Dostupné z <<http://www.paru.cas.cz/lem/book/>> [Citováno 8. 3. 2010]
- 3) *Vojtkulátová Z. Světelná mikroskopie,* Dostupné z <<http://ime.fme.vutbr.cz/files/Studijni%20opory/sm/Optika%20a%20typy%20kap1.html#002>> [Citováno 1. 4. 2010]
- 4) **Ananasovník chocholatý.* Dostupné z <http://cs.wikipedia.org/wiki/Ananasov%C3%ADk_chochol%C3%BD> [Citováno 16. 12. 2009]
- 5) **Čmelíkovci.* Dostupné z <<http://cs.wikipedia.org/wiki/%C4%8Cmel%C3%ADkovci>>. [Citováno 21. 12. 2009]
- 6) **Detrit.* Dostupné z <<http://slovník-cizich-slov.abz.cz/web.php/slovo/detrit-detritus>> [Citováno 20. 12. 2009]
- 7) **Detritofág.* Dostupné z <http://www.cojeco.cz/index.php?detail=1&id_desc=19422&title=detritof%E1g&slang=2> [Citováno 20. 12. 2009]
- 8) **Edafon.* Dostupné z <<http://cs.wikipedia.org/wiki/Edafon>> [Citováno 20. 12. 2009]
- 9) **Gonochorismus.* Dostupné z <<http://cs.wikipedia.org/wiki/Gonochorismus>>. [Citováno 20. 12. 2009]
- 10) **Hmyzenky.* Dostupné z <<http://cs.wikipedia.org/wiki/Hmyzenky>> [Citováno 21. 12. 2009]
- 11) **Kmen Uniramia (=Tracheata) – vzdušnicovci.* Dostupné z <http://www.kbi.zcu.cz/studium/invert/skri/w_uni.htm> [Citováno 16. 2. 2010]
- 12) **Mnohonožka,* Dostupné z <<http://www.dezin.cz/data.php?page=172>> [Citováno 1. 4. 2010]
- 13) **Saprofág.* Dostupné z <<http://www.cojeco.cz/index.php?zal=1&slang=2&term=saprof%E1g>>. [Citováno 20. 12. 2009]
- 14) **Spermatofor.* Dostupné z <<http://cs.wikipedia.org/wiki/Spermatofor>>. [Citováno 20. 12. 2009]
**autor neuveden*

8. Zdroje obrázků

- 1) Cowen R., 2009, poskok měnlivý (*Isotoma viridis*). Dostupné z <http://193.138.206.23/~doehetzelf/taxa/collembo.htm> [Staženo 12. 2. 2010]
- 2) De Wilde, 2006, mákovka vodní (*Podura aquatica*). Dostupné z <http://193.138.206.23/~doehetzelf/taxa/collembo.htm> [Staženo 12. 2. 2010]
- 3) Deml M., 2008, stonožka škvorová (*Lithobius forficatus*). Dostupné z <http://www.biolib.cz/cz/taxonimage/id64608/?taxonid=89801> [Staženo 20. 12. 2009]
- 4) Gaia B., 2008, podrepka pestrá (*Sminthurus viridis*). Dostupné z http://www.galerie-insecte.org/galerie/sminthurus_viridis.html [Staženo 12. 2. 2010]
- 5) Hall K., 2005, stínka obecná (*Porcellio scaber*). Dostupné z http://photo.net/photodb/photo?photo_id=3488826&size=lg [Staženo 21. 12. 2009]
- 6) Hopkin S. P., 2001, mákovka vodní (*Podura aquatica*). Dostupné z http://zoology.fns.uniba.sk/poznavacka/images/32_Podura_aquatica.jpg [Staženo 12. 2. 2010]
- 7) Hopkin S. P., poskok škodlivý (*Folsomia fimetaria*). Dostupné z <http://www.stevehopkin.co.uk/collembolamaps/Entomobryomorpha/261FOcan/> [Staženo 12. 2. 2010]
- 8) Krásenský P., 2007, huňatka mechová (*Entomobrya muscorum*). Dostupné z <http://www.naturfoto-cz.de/springtail-foto-6544.html> [Staženo 12. 2. 2010]
- 9) Krásenský P., 2007, chvostoskok (*Hypogastrura sp.*). Dostupné z <http://www.naturfoto.cz/chvostoskok-fotografie-5594.html> [Staženo 12. 2. 2010]
- 10) Macek R., chlupule podkorní (*Polyxenus lagurus*). Dostupné z <http://www.biolib.cz/cz/taxonimage/id41617/> [Staženo 20. 12. 2009]
- 11) Murray T., 2005, mnohonožka slepá (*Blaniulus guttulatus*). Dostupné z <http://bugguide.net/node/view/31942> [Staženo 20. 12. 2009]
- 12) Šaržík F., 2009, štírek obecný (*Chelifer cancroides*). Dostupné z <http://www.biolib.cz/cz/taxonimage/id78435/?taxonid=16791> [Staženo 20. 12. 2009]
- 13) Trnka F., slíďák lesní (*Alopecosa taeniata*). Dostupné z <http://www.naturabohemica.cz/alopecosa-taeniata/> [Staženo 1. 4. 2010]
- 14) Valentine B., 2008, chvostoskok rodu (*Ceratophysella*) a chvostoskok rodu (*Sminthurus*). Dostupné z

<http://193.138.206.23/~doehetzelf/images/lordv/2008/Ceratophysella_Dicyrtomina_or_nata_20080105_Brian_Valentine_UK_Worthing_1.jpg>[Staženo 12. 2. 2010]

15) *Mnohonožka dvoupásá (Schisophyllum sabulosum)*. Dostupné z <<http://www.gezieferwelt.de/spinnentiere.html>> [Staženo 20. 12. 2009]

16) **Savenka (Pergamasus)*. Dostupné z <<http://www.esf.edu/rwls/Research/soilbiodivers/>>[Staženo 20. 12. 2009]

17) **Sklípkánek (Atypus)*. Dostupné z <http://www.volny.cz/als4/atypidae_Atypus_muralis_F1_B.html>[Staženo 20. 12. 2009]

18) **Stínka zední (Oniscus asellus)*. Dostupné z <<http://www.arkive.org/common-woodlouse/oniscus-asellus/>>[Staženo 21. 12. 2009]

19) **Stonoha pásovaná (Scolopendra cingulata)*. Dostupné z <http://www.humanitas.cz/storage_edutexts/clenovci.pdf>[Staženo 20. 12. 2009]

20) **Stonoženka bílá (Scutigera immaculata)*. Dostupné z <http://zoology.fns.uniba.sk/poznavacka/images/30_Scutigerella_immaculata.jpg>[Staženo 20. 12. 2009]

21) **Strašník dalmatský (Scutigera coleoptrata)*. Dostupné z <<http://www.flickr.com/photos/dougeee/2331781825/>>[Staženo 20. 12. 2009]

22) **Svínka obecná (Armadillidium vulgare)*. Dostupné z <http://zoology.fns.uniba.sk/poznavacka/images/24_Armadillidium_vulgare.jpg>[Staženo 20. 12. 2009]

**autor neuveden*