

# Bádáme v kroužku biologie na SŠ



Tento modul obsahuje náměty aktivit, které jsou vhodné pro realizaci v kroužku biologie na střední škole. Jedná se o moduly, které obsahují příklady pro jednotlivé biologické činnosti a bádání v této oblasti.

## Obsah:

- Nebojte se pavouků
- Zajímavý život švábů
- Jak se domlouvají mravenci
- Naši opylovači aneb nejen včely mají zásluhy...
- Izolace DNA v kuchyni
- Testování karcinogenních a mutagenních látek v našem okolí a stravě
- Evoluce na stole v Petriho misce
- K čemu je dobrá šilhavost
- Živočichové v aerofytickém mechu
- Jak dlouhá je žížala?



Tento materiál vznikl z finanční podpory Evropského sociálního fondu a státního rozpočtu České republiky v rámci projektu „Popularizace vědy a badatelsky orientované výuky“, registrační číslo CZ.1.07/2.3.00/45.0007.

# Nebojte se pavouků

Pavouci patří k členovcům, kteří nejvíce budí respekt či přímo panickou hrůzu. Čím je způsobeno, že mnoho lidí u nás trpí arachnofobií? Možná nedostatkem informací o těchto zajímavých a užitečných tvorech... Kromě zdroje informací nabízí tento kurz náměty k terénním i laboratorním praktickým cvičením.

## Využité přístroje:

binokulární lupa, smýkací síť

## Cílová skupina/náročnost:

1. a 2. ročník SŠ a odpovídající ročníky gymnázií

Autor:

Mgr. Ivana Hradská

Všechny uvedené texty, obrázky a videa jsou vlastní, není-li uvedeno jinak. Autory Youtube embed videí lze nalézt při kliknutí na znak Youtube ve videu během přehrávání.

**K plnohodnotnému využití této studijní opory je nutný přístup k on-line zdrojům a materiálům.**

Tento materiál vznikl z finanční podpory Evropského sociálního fondu a státního rozpočtu České republiky v rámci projektu „Popularizace vědy a badatelsky orientované výuky“, reg .č. CZ.1.07/2.3.00/45.0007.

# **1 Základní informace o projektu**

---

## **Nebojte se pavouků**

### **Anotace programu/zaměření/hlavní cíl**

Pavouci patří k členovcům, kteří nejvíce budí respekt či přímo panickou hrůzu. Čím je způsobeno, že mnoho lidí u nás trpí arachnofobií? Možná nedostatkem informací o těchto zajímavých a užitečných tvorech. Cílem tohoto tématu je ukázat pavouky tak trochu v jiném světle – z pohledu zoologa. Popsána je jejich základní charakteristika i mnohé zajímavosti, navrženy jsou náměty na exkurze i laboratorní praktika.

### **Cílová skupina**

Cílovou skupinou jsou žáci druhého stupně základních škol, studenti 1.-2. ročníku gymnázia nebo 5.-6. ročníku osmiletého gymnázia či děti navštěvující biologický kroužek od věku 12 let.

### **Organizační podmínky**

2 vyučovací hodiny 1x za 14 dní v období duben – květen, případně září - říjen vzhledem k exkurzím a nutnosti nasbírat materiál pro laboratorní zpracování.

### **Pomůcky**

1. Binokulární lupa (lze v případě nutnosti nahradit obyčejnými lupami se zvětšením 10x)
2. Petriho misky
3. Denaturovaný líh (lze nahradit technickým, zakoupeným v drogerii, event. čistým lihem)
4. Měkké entomologické pinzety, preparační jehly
5. Smýkací síť
6. Prosívadlo (lze nahradit cedníkem se širšími oky 8x8 mm)
7. Sklepávací nástroj (lze nahradit deštníkem)

### **Časová náročnost**

2 vyučovací hodiny

### **Vazba na RVP**

1. Environmentální výchova

### **Mezipředmětové vazby**

1. Ekologie
2. Biologie

### **Fáze projektu**

1. Úvodní prezentace o pavoucích
2. Terénní exkurze
3. Laboratorní pokusy

## **2 Motivační rámec projektu**

---

### **Text:**

Na úvod je možné udělat si ve třídě nebo jiné skupině žáků či studentů průzkum (anketu), kolik z nich se bojí pavouků. Společně se pak můžete zamýšlet nad tím, proč se pavouků bojí, co přesně v nich budí hrůzu. Pátrat lze společně po evolučním významu takového strachu - mohlonaším předkům zachránit život, když se pavouků báli, a proto se jim i vyhýbali? Jací pavouci ale žijí v České republice? Jsou nebezpeční, jedovatí?

### **Doporučený multimediální materiál**

[Fotogalerie pavouků.](#)

(viz. on-line kurz)

## **3 Poznámky k využití přístrojů, doporučená literatura a internetové zdroje**

---

### **Pomůcky a přístroje:**

1. Binokulární lupa (lze v případě nutnosti nahradit obyčejnými lupami se zvětšením 10x)
2. Petriho misky
3. Denaturovaný líh (lze nahradit technickým, zakoupeným v drogerii, event. čistým lihem)
4. Měkké entomologické pinzety, preparační jehly
5. Smýkací síť
6. Prosívadlo (lze nahradit cedníkem se širšími oky 8x8 mm)
7. Skleřávkadlo (lze nahradit deštníkem)

### **Doporučená literatura:**

- Buchar J. et Kůrka A. (1998): Naši pavouci. - Academia, 154 s., Praha Kůrka A. et al. (2015): Pavouci České republiky. – Academia, 622 s. Praha Buchar J. et al. (1995): Klíč k určování bezobratlých. – Scientia, 285 s. Praha
- Preston-Mafham R. et K. (2002): Spiders of the World. – Octopus Publishing Groups, 191 s., London
- Fabre J. H. (2011): Život pavouka. – Volvox Globator, 183 s. Praha

### **Doporučené internetové stránky:**

<http://www.araneae.unibe.ch/> - determinační klíč v němčině a angličtině

<http://pavouci-cz.eu/> - fotogalerie našich pavouků s ověřenými determinacemi

## 4 Co je třeba vědět o pavoucích

---

### Úvod dotématu

**Pavouci** jsou systematicky řazeni do kmene klepítkačů, třídy pavoukovců. Součástí naší fauny jsou již mnoho miliónů let – přesněji řečeno první nálezy primitivních mesothelních pavouků na našem území spadají do prvohor, konkrétně do období karbonu. Řečeno letopočtem – žili zde už před více než 318 milióny let. Místem nálezů jejich zkamenělin byly v minulosti uhelné pánve a v současné době již jen odvaly bývalých dolů. Na Plzeňsku byli nalezeni například na Nýřansku. Podobně jako ostatní druhy živočichů i pavouci se postupně vlivem evoluce přizpůsobovali svému prostředí. V současné době je najdeme všude – téměř slepé druhy žijí v jeskyních, jiné jsou součástí mechového, bylinného, keřového i stromového patra. Pomocí pavučinového vlákna mají schopnost rozšiřovat se i do odlehlých míst. Mnoho druhů je synantropních, tzn. že s námi žijí doslova pod jednou střešou. Na celém světě bylo popsáno více než 30 000 druhů pavouků, v České republice jich žije 866 a jsou řazeni do 38 čeledí. Toto číslo je poměrně vysoké, proto se zaměříme na čeledi a druhy, které můžeme v naší přírodě potkat nejčastěji.

### Morfologie pavouků:

Ačkoliv se naši pavouci vzhledově často liší, mají několik základních znaků společných.

1. Rozdělení těla na hlavohruď a zadeček a jejich vzájemné propojení tenkou stopkou
2. Z hlavohrudi vyrůstá šest párů článkovaných končetin – prvním párem jsou klepítka neboli chelicery, následují makadla neboli pedipalpy a čtyři páry kráčivých končetin – nohou.
3. Na konci zadečku mají snovací bradavky sloužící k výrobě pavučiny.
4. Jejich trávení je mimotělní – pavouk svoji oběť nejprve usmrtí jedem a následně do ní vpustí trávicí šťávy.

### Trávicísoustava

Trávicí soustava umožňuje pavoukům přijímat pouze tekutou potravu. Po narušení kutikuly kořisti chelicerami jsou do ní následně vpouštěny ústním otvorem **trávicí šťávy** (amylázy, lipázy), které rozpustí tkáň. V tekuté podobě je pak pavouk nasaje pomocí svého žaludku (slouží jako výkonná pumpa). Ten má významnou roli i při opačném procesu - dopravě trávicích fermentů do kořisti. Za žaludkem se trávicí trubice bohatě větví, což umožňuje pavoukům vydržet dlouho bez potravy.

### Dýchacíorgány

Dýchací orgány jsou dvojího typu: **plicní vaky a vzdušnice**. Plicní vaky jsou umístěny na břišní straně zadečku. Jejich prostor je vyplněn desítkami tenkých lupínků, mezi nimiž proudí krev. Povrchem lupínků proniká do krevní sítě kyslík. Vzdušnice mají vzhled tenkých trubiček a přivádějí kyslík přímo na místo spotřeby. Společný průduch trachej leží těsně před snovacími bradavkami.

### Cévní soustava

Cévní soustava pavouků je otevřená. Krevním barvivem je **hemocyanin**, který se oxidací zbarvuje do modra. Srdce má tvar mohutné trubice.

### Centrální nervová soustava

Centrální nervovou soustavu tvoří ganglia umístěná v hlavohruďi pavouka.

### Smyslové orgány

Smyslové orgány umožňují pavoukům získávat dokonalé informace o okolním světě. Rozlišujeme tři typy smyslových orgánů: **chloupky, otvůrky v kutikule a oči**. Chloupky slouží k hmatovému, čichovému, tepelnému a sluchovému vnímání. K jejich bázi se přimykají výběžky receptorických buněk. **Lyrovité orgány** slouží k vnímání různého napětí v kutikule a mají vzhled vedle sebe seskupených štěrbin v kutikule. Na nohách křížáka bylo napočítáno až 2,500 takových štěrbin. Jejich pomocí pavouk kontroluje pohyb a rozmístění končetin v prostoru a u síťových pavouků zaznamenávají chvění sítě. Orgánem zraku jsou jednoduché oči, kterých mají pavouci nejčastěji osm, některé druhy šest a u některých druhů pavouků žijících v podzemních prostorách zcela scházejí. Rozlišujeme dvě hlavní oči v předním poli uprostřed a ostatní jsou označovány jako vedlejší. Schopnost ostrého vidění je u různých skupin rozdílná – dobrým zrakem disponují lovci bez sítí, naopak síťoví pavouci mají vidění velmi nedokonalé.

Literatura:

Buchar J. et Kůrka A. (1998): Naši pavouci. - Academia, 154 s., Praha

## 5 Zajímavý život pavouků

---

### Snovací činnost

Se schopností vytvářet vlákna se setkáváme i u jiných skupin hmyzu, nikde však není dovedenak takové dokonalosti jako u pavouků. Ti využijí své hedvábné vlákno v každé situaci. Z tohoto důvodu jsou produkována **různá vlákna různými typy snovacích žláz**. Jiný typ vláknepoužije pavouk jako jistící lano při přemísťování, jiné při stavbě pavučiny a výrobě kokonu provajička.

### Rozmnožování

Pavouci jsou známí především tím, že po kopulaci samička samečka sežere. Z lidského pohledu kanibalismus, ale moudrá příroda ví, proč to dělá. Většina našich druhů žije pouze jeden či dva roky a po období rozmnožování již nemá sameček žádný úkol – **poskytne tedysamičce výživu pro její vajíčka**. Mnozí samečkové se snaží svému osudu vyhnout tím, že přinesou samičce dárek například v podobě mouchy zabalené do pavučiny. Pohlavní vývody jsou u samců i samiček umístěny na spodní straně zadečku. U samičky jsou překryty pohlavnídestičkou - epigynou. U samečků je vyvinut druhotný pohlavní orgán a tím je tvarovaná zduřenina na konci makadel zvaná **bulbus**. V období rozmnožování do něj sameček načerpá sperma z pohlavního otvoru na břicho a vydá se za samičkou. Samotný akt pak funguje na principu zámku a klíče. Jednotlivé druhy mají bulbus charakteristický různými výstupky a tvary a ty přesně zapadají do tvaru epigyny samičky. Po oplození začíná vývoj ve vajíčku, který je u různých druhů různě dlouhý. U četných druhů se totiž v určité fázi zastavuje, aby probíhal za příhodnějších podmínek.

### Růstové fáze

Z vajíčka se líhnou **larvy**, které žijí uvnitř kokonů. Ten opustí poté, co se z nich vyvinou nymfy, které už mají většinu orgánů dostatečně vyvinutých. Při opuštění kokonu jim často pomáhá jejich matka, některé druhy dokonce o mláďata pečují. Například slíďáci je vozí na hřbetě, lovčíci je hlídají ve speciálních pavučinových hnízdech. Jak nymfy rostou, prochází procesem svlékání kutikuly. Proces svlékání je řízen hormonálně. Jednotlivé růstové fáze se nazývají **instary**. Dospělý jedinec se označuje jako adultní, předcházející nymfální stádium subadultní. Většina druhů naší fauny prožije podstatnou část svého života v nymfálním stádiu amnoho z nich svůj vývoj ani nedokončí.

### Rozšíření pavouků

Nymfy přijímající potravu se rozbíhají po okolí a mnohé z nich se stávají **aeronauty** –pavouček vyleze na vyvýšené místo, stoupne si takzvaně na špičky a do výše vztyčí zadeček sesnovacími bradavkami, ze kterých vypustí vlákna. Vlákno plynoucí po vzdušném proudu nakonec strhne i nymfu. Při optimálních meteorologických podmínkách jsou schopni takto překonat i velké vzdálenosti. Vedle nymf se aeronauty stávají i dospělí pavouci drobných rozměrů. Tento jev je lidově znám jako babí léto, ale v podstatě probíhá v průběhu celého roku. U některých druhů je podíl aeronautů vysoký, u jiných nízký nebo žádný. Efektivnost tohoto způsobu šíření je doložena přistáváním pavoučích aeronautů na lodích na širém moři.

### Pavoučí jed

Pavoučí jed působí nejčastěji na nervovou soustavu (**neurotoxiny**) a méně častěji působí nekrózy na tkáních (**histotoxiny**). U nás se však běžně nevyskytují žádné pro člověka nebezpečné druhy. Většina našich pavouků totiž nemá ani dostatečně dlouhé chelicerové drápky, aby mohli prokousnout lidskou kůži. Velkou vlnu paniky spustila v posledních letech západnice jedovatá, která byla v médiích popisovaná jako agresivní a nebezpečný pavouk. Pravda je taková, že **toxicita kousnutí odpovídá zhruba štípnutí včely nebo vosy** a dochází k němu obvykle při vyrušení samice v době péče o potomstvo nebo při přimáčknutí pavouka. Následkem pokousání jsou lokální příznaky jako silná bolest v místě kousnutí, zarudnutí, otok, necitlivost a někdy mírná lokalizovaná nekróza kůže. Všechny příznaky mizí během 7–10 dnů a rána se hojí bez jizev. Podobně jako u ostatních živočichů však nelze ani u pavouků vyloučit nepřiměřenou alergickou reakci organismu.

### Význam pavouků

Pavouci jsou důležitou součástí potravního řetězce, neboť během svého života zahubí velké množství hmyzu. Tím přispívají k ekologické rovnováze v přírodě. Zároveň jsou také oni promnohé živočichy potravou (ptáci, ještěrky, žáby, hmyzožravci).

Literatura: Buchar J. et Kůrka A. (1998): Naši pavouci. - Academia, 154 s., Praha

## 6 Ekologie pavouků

---

### Hodnocení ekologických nároků pavouků

Jednotlivé druhy pavouků se liší svými ekologickými nároky a tato skutečnost je využívána například při hodnocení zachovalosti určitého území. Při terénním výzkumu zkušený zoolog-arachnolog pozná podle druhové diverzity, jestli se jedná o cenný biotop výskytem druhů s vyššími ekologickými nároky či zda zde jednoznačně převažují druhy expanzivní a území je degradované. Toto hodnocení je možné provádět především díky Katalogu pavouků ČR, který byl vydán v roce 2002. Při zpracování katalogu autoři vycházeli z dostupných publikovaných i nepublikovaných záznamů o pavoucích, které shromáždili členové Arachnologické sekce České entomologické společnosti. Nejdůležitější charakteristiky pro zhodnocení pavoučí fauny jsou: **fytogeografická oblast, původnost stanoviště, stanoviště a stratum, počet polí sítě, stupeň ohrožení, výskyt.**

### Fytogeografická oblast

Charakteristika vychází ke vztahu pavoučích druhů k fytogeografickým oblastem České republiky.

- **Termofytikum** - oblast extrazonální teplomilné vegetace a květeny.
- **Mezofytikum** - oblast zonální vegetace a květeny, tedy oblast opadavých listnatých lesů. Značnou část zaujímají dnes louky a pole.
- **Oreofytikum** - oblast extrazonální horské vegetace a květeny, tedy oblast klimaxových smrčín a vyšších horských poloh. Odlesněné plochy jsou přeměněny na louky a pastviny.

### Původnost stanoviště

- **Climax** - klimaxová stanoviště minimálně narušená činností člověka: původní horská stanoviště, původní a přirozené lesy, mokřady, rašeliniště, skalní stepi a lesostepi, kamenité sutě, skály apod. Stanoviště jsou osidlována převážně K-strategickými druhy (druhy s vysokými ekologickými nároky).
- **Semi-natural** - druhotná, polopřirozená stanoviště: kulturní lesy, křoviny extenzivně využívané druhově bohaté louky a pastviny, staré lomy. Tato stanoviště jsou osidlována druhy s širší ekologickou valencí.
- **Disturbed** - pravidelně narušovaná stanoviště s vysokým stupněm disturbance: intenzivně obhospodařované louky a pole, haldy a výsypky po těžbě uhlí a rud v prvních stádiích vývoje. Tato stanoviště jsou osidlována r-strategickými, pionýrskými druhy.
- **Artificial** - umělé prostředí lidských sídel, které je však poměrně stálé. Žijí zde synantropní druhy, přičemž teplomilné druhy osidlují nadzemní patra, druhy chladnomilné osidlují sklepy, štoly, kanalizace.

### Stanoviště a stratum

- **U - (undeground) podzemí** - podpovrchové prostory (spodní vrstvy lesní hrabanky, nory drobných savců, hnízda mravenců, vnitřní prostředí kamenitých sutí).
- **G - (ground layer) - půdní povrch** - půdní povrch, prostory pod kameny, prostory v detritu, v mechu, při bázích stonků asi do 5 cm.
- **V - (vertical surfaces)** - šikmé, svislé a převislé povrchy skal, skalních bloků, převisy na březích vodních toků, stěny budov, ploty, mostní konstrukce aj.
- **H - (herb layer) - bylinné patro** - byliny a keře obvykle do výše 1 m (rákosová vegetace až 3m).
- **S - (shrub layer) - keřové patro** - koruny keřů a nízkých stromků a spodní větve stromů obvykle v rozmezí 1-5 m.
- **T - (three trunks) - kmeny stromů** - kůra kmenů a silných stromových větví, prostory pod kůrou, dutiny stromů.
- **C - (canopies) - koruny** - stromové koruny obvykle výše než 5 m.

### Počet polí sítě

Je uveden počet polí kvadrátové sítě mapy středoevropského mapování organismů, na nichž byl výskyt dotyčného druhu pavouka v České republice zjištěn.

## Stupeň ohrožení

Stupeň ohrožení je stanoven podle "Červeného seznamu ohrožených druhů České republiky".

## Výskyt

- **Velmi vzácný** - druh pavouka vyskytující se na velmi malém počtu mapových polí. Výskyt je vázán zpravidla na jediné pohoří či unikátní stanoviště.
- **Vzácný** - druh vyskytující se na malém počtu polí, většinou pouze v omezené oblasti. Vzácné jsou například druhy vyskytující se pouze v horských oblastech nebo druhy žijící pouze v nejteplejších oblastech České republiky.
- **Středně hojný** - středně hojně se vyskytují například některé horské druhy, které jsou schopné obsadit i vhodná stanoviště v nižších nadmořských výškách (rašeliniště).
- **Hojný** - druh rozšířený rovnoměrně na území celé republiky, ale scházející v určité oblasti; například ve vyšších či naopak v nižších polohách
- **Velmi hojný** - druh vyskytující se početně od nížin až po horské polohy.

## Literatura:

Buchar J. et Růžička V. (2002): Catalogue of spiders of the Czech Republic. – Peres Publishers, 351s. Praha.



## 7 Arachnofobie

---

### Příčiny vzniku arachnofobie

**Strach z pavouků je velmi rozšířený** a v určitých případech může přerůst ve fobii. Negativní postoj k pavoukům lze nalézt již v mytologii některých národů. Tento postoj je častozastáván i v kultuře západní civilizace. Je zajímavé, že tento strach přetrvává, ačkoli je jen velmi málo pavouků, kteří jsou schopni ohrozit lidský život. Je více možných příčin vzniku arachnofobie, mimo jiné klasické podmiňování, informační přenos a vliv emoce odporu. Právě **vliv odporu** (znechucení) se jeví jako velmi pravděpodobné vysvětlení vzniku fobie z pavouků. Relevantnost strachu je popsána na základě výčtu pro člověka nebezpečných pavouků. Někteří pavouci jsou totiž schopni ohrozit lidské zdraví toxiny obsaženými v jejich jedu. Základními otázkami jsou tedy opodstatněnost lidského strachu z pavouků a možné příčiny vzniku tohoto negativního vztahu.

### Diagnostika arachnofobie

**Fobii můžeme nazvat jakýkoli neodůvodnitelný panický strach z nějakého objektu** nebo případně situace. Z pohledu ostatních jsou často neopodstatněné, ale z pohledu člověka trpícího fobií je to v přeneseném slova významu často otázka života a smrti. Většinou se snaží vyhýbat těmto situacím (například fobie z létání). V případě pavouků je to pak obava z temných míst opředených pavučinou, jako jsou například sklepy. Lidem trpícím arachnofobií bývá totiž špatně často již při pohledu na tuto pavučinu. Doprovodným příznakem je pak nadměrné pocení, pocit mdloby, hrozný strach a ztráta sebekontroly. Lidé trpící fobií si zpravidla rozumově uvědomují neškodnost předmětu své fobie, jejíž původ nebyl z lékařského hlediska dodnes objasněn. Postižení lidé zpravidla absolvují psychoterapie, v těžších případech je nasazena léčba medikamenty. Někteří psychologové provádějí s úspěchem léčbu pomocí postupného "sblížení" s pavouky. K tomuto účelu se využívají neškodné druhy sklípkanů.

## 8 Zakládáme sbírku pavouků

Téma	Zakládáme sbírku pavouků	
Tematický celek	Členovci - pavoukovci - pavouci	
Motivační rámec	Pochopení nutnosti sběru biologického materiálu (jeho usmrcování v nezbytně nutném počtu) pro další studium	
Počet žáků	30	
Věk žáků	2. ročník 4letého gymnázia	
Pomůcky	lahvičky, líh, obyčejná tužka, pinzeta, smýkací síť	
Stručný popis aktivity s využitím přístroje	Sběr pavouků pomocí smýkací sítě	
Vhodné místo	Terén - ideální louka s bylinným porostem	
Cíle aktivity	Porozumění nutnosti sběru biologického materiálu za účelem studia	
Rozvíjené kompetence	Manuální zručnost, komunikace, vztah k přírodě, kompetence k učení, práce s determinační literaturou	
Předchozí znalosti	Aktivita navazuje na teoretické znalosti o pavoucích získané v hodinách biologie. Měla by posilovat pozitivní vztah žáků k pavoukům, k pochopení jejich role v přírodě.	
Časový plán	Fáze činnosti s přístrojem	Metody a formy, motivace
2 hodiny	Smýkací síť	Smýkání bylinné vegetace pod dohledem učitele + ukládání pavouků do líhu
Návaznosti	Na tuto aktivitu navazuje determinace pavouků	
Poznámky	Je možné využít i ostatní sběrné metody, jako je oklep keřového a stromového patra, individuální sběr či prosev (viz Metody sběru pavouků)	

## 9 Rozpoznání samců, samic a nedospělých jedinců

Téma	Rozpoznání samců, samic a nedospělých jedinců	
Tematický celek	Členovci - pavoukovci - pavouci	
Motivační rámec	Naučit se rozeznávat jednotlivá pohlaví u pavouků	
Počet žáků	30	
Věk žáků	14 a více	
Pomůcky	Binokulární lupa, případně obyčejná zvětšovací lupa	
Stručný popis aktivity s využitím přístroje	Pozorování určovacích znaků pavouků pod binokulární lupou	
Vhodné místo	Běžná učebna, laboratoř	
Cíle aktivity	<i>Žáci budou schopni rozeznat pohlaví pavouků a nedospělé jedince</i>	
Rozvíjené kompetence	Samostatnost, pozorovací talent	
Předchozí znalosti	Aktivita navazuje na založení sbírky pavouků.	
Časový plán	Fáze činnosti s přístrojem	Metody a formy, motivace
2 vyučovací hodiny	Binokulární lupa	Dle přiloženého návodu rozdělit materiál na samce, samičky a nedospělé jedince
Hodnocení	Jak budou během aktivity žáci hodnoceni?	
Návaznosti	Na tuto aktivitu navazuje determinace čeledí pavouků.	
Poznámky	Návod na rozpoznání pohlaví u pavouků viz příloha	

## 10 Podle klíče zařadit pavouka do čeledi

Téma	Podle klíče zařadit pavouka do čeledi
Tematický celek	Pavouci
Počet žáků	20
Věk žáků	12 a výše
Pomůcky	Klíč k zařazení pavouků do klíče podle životních projevů
Stručný popis aktivity s využitím přístroje	Žáci mohou pracovat ve skupinách po 4, přičemž každá skupina má k dispozici vytištěný determinační klíč (viz kapitola....). Každá skupina bude zapisovat, které čeledi pozorovala, a poznámky v závěru odevzdá učiteli.
Vhodné místo	Louka s vyšší bylinnou vegetací, les
Cíle aktivity	Žáci budou schopni zařadit pavouky podle životních projevů do nejčastěji se vyskytujících čeledí
Rozvíjené kompetence	Pozorovací schopnost v přírodě
Hodnocení	Plně v kompetenci učitele - může být provedenou formou soutěže, kdo zařadí do čeledí nejvíce pavouků.
Návaznosti	Pokusy s živým pavoukem

## 11 Klíč našich nejběžnějších čeledí pro terénní využití

---

V České republice máme v současné době 38 čeledí pavouků. Pro potřeby výuky však vybereme pouze nejčastěji se vyskytující.

### Klíč k určování pavouků podle jejich životních projevů:

- 1 Pavouk běhá po vodní hladině ..... 3
- pavouci žijí mimo vodní prostředí..... 4
- 3 Pavouk se může ponořit pod vodní hladinu a celková délka těla přesahuje 1 cm.....lovčičirodu *Dolomedes*
- pavouk se pod hladinu nepotápí a celková délka je podstatně menší než 1 cm.....slíd'ácirodu *Pirata*
- 4 Pavouk žije na síti nebo v síti, kterou si staví různě vysoko nad povrchem země 5
- pavouk netvoří síť, nanejvýš napíná několik vláken kolem vchodu do úkrytu vystlaného pavučinou 11
- 5 Sítě jsou v podstatě dvojrozměrné a kruhovitě..... 6
- 6 pravidelné kruhovitě sítě na vegetaci - 7
- jiný typ sítě 8
- 7 pavouk zpravidla ve prostřed sítě či v úkrytu z bylin, kam má natažené signální vlákno ..... čeled' křížákovití (*Araneidae*)
- nakloněné kruhovitě sítě na vegetace poblíž vodní plochy, pavouk připomínající suchá stébla uprostřed sítě ..... čelistnatkovití (*Tetragnathidae*)
- 8 podstatnou částí sítě je více méně vodorovná plachetka 9
- síť se jeví jako chaotické uspořádání vláken všemi směry 10
9. Plachetka je zpravidla velmi hustá a vzadu končí trubcovitým úkrytem, na jehož okraji číhápavouk. Sítě na keřích, v trávě, v lidských příbytcích... pokoutníkovití (*Agelenidae*)
- plachetka je řídká, u velkých sítí jsou nápadná svislá nárazová vlákna, pavouk visí hřbetem dolů na spodní straně plachetky ...plachetnatkovití (*Linyphiidae*)
- 10 Síť má velmi malý počet vláken, takže může uniknout pozornosti. Pavouk v ní visí hřbetem dolů, má nápadně dlouhé nohy a při pocitu nebezpečí se charakteristickým způsobem roztřese. Síť nejčastěji přede na rozhraní stropu a stěny, ve volné v přírodě v hromadě kamení .....třesavkovití (*Pholcidae*)
- síť je nápadná a hustě uspořádaná vlákna směřují všemi směry, na spodním okraji kapénky lepu 11
- 11 Pavouk je nalezen v paučinovém úkrytu 12
- pavouk je nalezen volně se pohybující mimo jakýkoliv úkryt 18
- 12 Úkryt má charakter malé uzavřené pavučinové komůrky (zámotku) a zpravidla příliš nepřevyšuje celkovou velikost pavouka (často obsahuje i vajíčka) 13
- 13 pavučinový zámotek je ukryt v květenství, pod listy nebo mezi spředenými listy 14
- zámotek je ukryt pod kůrou stromů nebo pod kameny 16
- 14 zámotek je umístěn v květenství - často jde o suché byliny z loňského roku, pavouci mají okrouhlý barevný zadeček snovačkovití (*Theridiidae*)
- zámotek je umístěn v květenství či pod kůrou, pavouci hbitě poskakují po vegetaci i povrchu a mají charakteristické velké oči ve předu na hlavohruď.....skákavkovití (*Salticidae*)
- zámotek je umístěn na listech rostlin, zejména stromů a keřů 15

**15** Celkový tvar listu je přítomností zámotku málo pozměněn pavouk připomíná tělem kraba .....**běžníkovití (Thomisidae)**

- zámotek vzniká spředením několika listů do sebe nebo svinutím listu, takže se mění jeho tvar .....**zápředníkovití (Clubionidae)**

**16** zámotek je ukryt pod kůrou stromů či kamenů, vchod je zpravidla vystlaný pavučinou ... **cedivkovití (Amaurobidae)**

zámotek je pod kamenem na xerothermním místě .....**skálovkovití (Gnaphosidae)**

**18** pavouk se pohybuje rychle po zemi nebo po přízemní vegetaci, má tmavou nenápadnou barvu .... **slíďákovití (Lycosidae)**

pavouk se rychle pohybuje po vegetaci, má nenápadnou šedohnědou barvu, .....**lovčík hajní (Pisaura mirabilis)**

#### **Literatura:**

BUCHAR, J., KŮRKA, A. (1998) : *Naši pavouci*. 1. vyd. Praha: Academia. 154 s.

## 12 Metodika sběru pavouků

---

### Základní entomologické sběrné metody:

1. **Smyk bylinného patra** – při využití smýkací sítě se opisují pravidelné osmičky. Samozřejmě je vždy nutno počkat, až bude porost suchý, a ideální je rozkvetlá louka, kde budou hojně zastoupeny i druhy lovcí pomocí sítě.
2. **Sklepávání** – v entomologických potřebách je možné zakoupit profesionální sklepač, ale stejnou službu udělá i starý deštník, ideálně světlý a jednobarevný. Při samotném sklepačství jen podržíme pod větví, do které několikrát silně udeříme klackem.
3. **Zemní pasti** – umožňují zachycení spektra epigeických pavouků (to jsou ti co běhají pozemí). Stačí zakopat obyčejný kelímek od jogurtu a naplnit jej konzervační tekutinou – nejlépe obyčejným octem. Po dnech se pak pasti přecedí a pavouci vyberou. Nevýhodou této metody je její neselektivnost – do pastí napadají také brouci a ostatní živočichové.
4. **Individuální sběr** – pavouky hledáme například pod kameny a kůrou; lovíme pomocí pinzety. Je možné použít pro sběr epigeických druhů bez nutnosti použít pasti.
5. **Prosev** – při prosevu je možné využít profesionální zakoupené prosívač nebo cedníky umyvadlem. Detrit, mech a listí naházíme do prosívače či na cedník a při třesení propadává jemnější materiál spolu s pavouky do umyvadla.

Entomologické pomůcky je možné objednat na <http://www.entosphinx.cz/cs/>

### 13 Kolik má pavouk očí?

Téma	Pozorování a popis smyslových orgánů pavouka	
Tematický celek	Nebojte se pavouků	
Motivační rámec	Pochopení funkce jednoduchých očí u pavouků	
Počet žáků	20	
Věk žáků	11 a více	
Pomůcky	Binokulární lupa (lze použít i obyčejnou lupu), Petriho misky, pinzeta, destilovaná voda, usmrcený pavouk, moucha	
Stručný popis aktivity s využitím přístroje	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Srovnání jednoduchých očí pavouka s očima mouchy - nakreslete rozdíly</li> <li>2. Najděte jemné chloupky na noze pavouka (trichobotrie)</li> </ol>	
Vhodné místo	Biologická učebna, laboratoř	
Cíle aktivity	Žáci budou schopni vysvětlit hlavní rozdíl mezi jednoduchým okem pavoukvců a složeným okem hmyzu.	
Rozvíjené kompetence	Pozorovací talent, smysl pro detail	
Předchozí znalosti	Aktivita navazuje na exkurzi.	
Časový plán	Fáze činnosti s přístrojem	Metody a formy, motivace
1 vyučovací hodina	pozorování objektů	



## 14 Závěrečné tipy

---

Doporučené internetové zdroje:

<http://www.pavouci-cz.eu/>. fotoatlas s determinacemi ověřenými odborníky Knihy:

1) Buchar J. et Kůrka A. (1998): Naši pavouci. - Academia, 154 s., Praha

Autoři velmi čtivou formou seznamují čtenáře s pavoučím světem. Nechybí rozdělení pavouků do čeledí, význačné druhy či zajímavosti ze světa pavouků.

2) Kůrka A. et al. (2015): Pavouci České republiky. – Academia, 622 s. Praha

Dlouho očekávaný fotografický atlas našich pavouků je pro laika výbornou determinační pomůckou.

# Zajímavý život švábů

Na školách je častým problémem zajištění podmínek pro zvířata chovaná například v biologickém kroužku. Tato kapitola představuje šváby jako ideální tvory stvořené pro tento účel. Je nejen příručkou k jejich chovu, ale i námětem pro biologická praktika s tímto zajímavým hmyzem.

## Využité přístroje:

větší akvárium

## Cílová skupina/náročnost:

2. ročník SŠ a odpovídající ročníky gymnázií

## Autor:

Mgr. Ivana Hradská

Všechny uvedené texty, obrázky a videa jsou vlastní, není-li uvedeno jinak. Autory Youtube embed videí lze nalézt při kliknutí na znak Youtube ve videu během přehrávání.

**K plnohodnotnému využití této studijní opory je nutný přístup k on-line zdrojům a materiálům.**

Tento materiál vznikl z finanční podpory Evropského sociálního fondu a státního rozpočtu České republiky v rámci projektu „Popularizace vědy a badatelsky orientované výuky“, reg .č. CZ.1.07/2.3.00/45.0007.

# **1 Základní informace o projektu**

---

## **Název**

**Zajímavý život švábů**

## **Anotace programu/zaměření/hlavní cíl**

Švábi patří k nejdolnějším a nejzajímavějším skupinám hmyzu. V podstatě nezmění žijí na Zemi již od prvohor. Díky své nenáročnosti a vskutku extrémní odolnosti jsou vhodným druhem živočicha pro laboratorní chov. Nepotřebují žádné speciální osvětlení, žádné vybavení terária. Není nutné řešit jejich pravidelné krmení například v době prázdnin. K životu potřebují opravdu velmi málo.....

## **Cílová skupina:**

studenti gymnázií či SŠ zhruba od 12 let výše; v případě zkoumání anatomie (pitva švába) pak studenti biologie 3. ročníku čtyřletého gymnázia či 7. ročníku gymnázia víceletého

## **Organizační podmínky:**

práce ve skupinách dle celkového počtu dětí

## **Pomůcky:**

**velké terárium, substrát, binokulární lupa (není nezbytná), malé nůžky, pinzeta, Petriho misky**

## **Časová náročnost**

Je popsána u jednotlivých aktivit. Vzhledem k tomu, že se jedná o návod k chovu terarijního živočicha, lze časovou náročnost hůře odhadnout. Je nutné počítat s pravidelným krmením a péčí o šváby.

## **Mezipředmětové vazby:**

### **1. Biologie**

## **Fáze projektu**

1. Pořízení chovného zařízení (terária + substrát)
2. Výběr vhodného druhu švába
3. Náměty dle pracovního listu.

## 2 Charakteristika řádu švábi (Blattaria)

---

- dlouhá štětinovitá tykadla
- hlava skloněná k ventrální straně - opistognáthí
- první pár křídel přeměněn v kožnaté krytky se zachovalou žilnatinou
- druhý pár křídel se zachovaným análním polem
- samice nosí vajíčka ve schránce (ootheca) upevněné na zadečku
- všežravci

Velmi starobylý řád hmyzu charakteristický prvním párem křídel přeměněným v krytky, druhý pár má zachované anální pole jako velmi starobylý znak. Podobně lze hodnotit i volné kyčle.

Samice kladou vajíčka do schránky upevněné na konci zadečku (ootheca). (Smrž)

V současnosti je popsáno asi 3 500 druhů švábů, ale toto číslo zdaleka není konečné. Najdememezi nimi i druhy škodlivé, jako je například i u nás žijící rus domácí (*Blattella germanica*).

Mezi volně žijící původní druhy švábů patří u nás rusec lesní (*Ectobius silvestris*). Švábiobývají prakticky celý svět, ale nejrozmanitější a nejpočetnější populace žije v tropických oblastech. Jsou to živočichové převážně s noční aktivitou. Mají oválné a sploštělé tělo umožňující vtěsnání i do malých skulin. Řada druhů umí létat, většina z nich však rychle běhá po silných nohách. Ty mají většinou "přísavné polštářky", které jim umožňují udržet se na jakémkoliv povrchu.

Po svlékání pokožky jsou bílí a starou pokožku většinou zužitkují jako potravu.

## 3 Základní podmínky chovu švábů

---

Většina švábů dává přednost vlhkému a teplému klimatu, v našich podmínkách přežijí v běžně vytápěných místnostech. Insektárium by mělo mít rozměry 50 x 50 x 30 cm. Jako substrát je ideální zhruba pětcentimetrová vrstva vlhké rašeliny, starého kompostu nebo humusu smíchaného s pískem. Úkryty je nejlépe vytvořit pomocí starých květináčů, kůry, korku. Jako kryt postačí běžná síťka do oken zasazená do rámu.

### Potravašvábů

Jak již bylo řečeno v úvodu, jedná se o velmi nenáročný hmyz. Živí se prakticky čímkoliv, co je organického původu, nejraději však mají ovoce a zeleninu. Nepotřebují misku s vodou, tu získávají z potravy. Bez ní vydrží i déle než měsíc.

## 4 Druhy švábů vhodné pro chov

---

### Šváb americký (*Periplaneta americana*)

- dosahuje délky až 4 cm
- zbarvení hnědočervené, na štítu má žlutý okraj
- optimální teplota pro chov je cca 30 °C a doba vývojového cyklu se pohybuje od 6-8 týdnů, bez problémů však zvládá i běžnou teplotu v místnosti, umístění v blízkosti topného tělesa je však výhodou

### Šváb smrtihlav (*Blaberus craniifer*)

- délka 5,5 - 6,5 cm, sameček vždy menší než samička
- dospělí jedinci mají světle hnědou barvu s černou skvrnou na hrudi
- velmi rychle běhá, ale nikdy nelétá
- nymfy velké asi 7 mm se líhnou po 3 až 4 týdnech
- tropické pralesy Střední a Jižní Ameriky

### Šváb argentinský (*Blaptica dubia*)

- délka 4 - 4,5 cm, černohnědé zbarvení se světle hnědými znaky
- samička každých 6 týdnů vytvoří ootéku s 15-30 vajíčky
- Argentina

### Šváb madagaskarský (syčící) (*Gromphadorhina portentosa*)

- délka 6 cm, bezkřídlý, hnědě zbarvený, pouze silnější části kutikuly jsou černé
- velmi pomalý, v nebezpečí vydává syčivý zvuk
- patří mezi živorodé šváby a rodí 20 - 40 nymf najednou
- stromy tropických deštných pralesů na východním Madagaskaru

### Šváb zelený (*Panchlora nivea*)

- samička měří pouze 2 cm a sameček je o 0,5 cm menší
- dospělí jedinci velmi dobře létají (uzavřené terárium)
- náročnější druh na teplotu i vlhkost (28-32°C, 80-100%)
- 20 cm vrstva substrátu humusu s pískem nesmí nikdy vyschnout, neboť nymfy v ní žijí do posledního instaru
- tohoto švába je možné chovat společně se zlatohlávkou
- **atraktivní druh, ale nutná opatrná manipulace - létá. Vzhledem ke svým vysokým nárokům na teplotu a vlhkost však nemůže zamořit objekt.**

### Šváb velkokřídlý (*Archimandrita tessellata*)

- délka 6 - 7,5 cm, nenáročný, rychle se rozmnožující, nelétavý
- živorodý, 30-30 nymf o velikosti 6 - 7 mm - dospívají ve věku 8-10 měsíců
- hníjící podklad tropických lesů Kostariky, Panamy, Guatemaly, Kolumbie

### Šváb šedý (*Nauphoeta cinerea*)

- velikost 3 cm, nenáročný, rychle se množí
- živorodý, v samičce se může vyvíjet až 40 nymf
- **nevýhoda: obratně leze po skle i jiných hladkých plochách a vzhledem k nízkým nárokům na teplotu může zamořit objekt**
- Mexiko, Střední a Jižní Amerika, Kuba Literatura:

#### Literatura:

Bruins E. (2005): Teratistika. – Rebo, 317 s. Čestlice

## **5 Poznámky k využití přístrojů**

---

Školy zpravidla nedisponují přílišným technickým vybavením, proto je projekt navržen s minimálním materiálním a technickým zabezpečením.

## **6 Závěrečné tipy**

---

Doporučená literatura:

Bruins E. (2005): Teratistika. – Rebo, 317 s. Čestlice

Vcelku vydařená publikace o teratistice zabývající se chovem bezobratlých i obratlovců.

Internetové zdroje:

[www.jaknahmyz.cz](http://www.jaknahmyz.cz)

Přehledné stránky vytvořené amatérskou chovatelkou s podrobnými návody i specifiky jednotlivých druhů (nejen švábů).

# Jak se domlouvají mravenci

Sociální hmyz patří díky své organizovanosti a schopnosti kooperace mezi nejzajímavější živočichy vůbec. Mravenci žijí téměř všude, proto jsou velmi zajímavým a snadno dostupným předmětem hlubšího bádání.

## Využité přístroje:

binokulární či obyčejná lupa, Petriho misky

## Cílová skupina/náročnost:

2. ročník SŠ a odpovídající ročníky gymnázií

Autor:

Mgr. Ivana Hradská

Všechny uvedené texty, obrázky a videa jsou vlastní, není-li uvedeno jinak. Autory Youtube embed videí lze nalézt při kliknutí na znak Youtube ve videu během přehrávání.

**K plnohodnotnému využití této studijní opory je nutný přístup k on-line zdrojům a materiálům.**

Tento materiál vznikl z finanční podpory Evropského sociálního fondu a státního rozpočtu České republiky v rámci projektu „Popularizace vědy a badatelsky orientované výuky“, reg .č. CZ.1.07/2.3.00/45.0007.

# **1 Základní informace o projektu**

---

## **Jak se domlouvají mravenci**

### **Anotace projektu/zaměření/hlavní cíl**

Mravenci jsou téměř všude..... Tato skutečnost je výhodou při plánování biologických exkurzí. Všechny biotopy nám umožňují jejich pozorování, najdeme je dokonce i v městských parcích. Pro svoji vysokou organizovanost a přizpůsobivost jsou vhodným objektem pro vysvětlení fungování sociálního hmyzu. V přiložených textech je shrnuto to nejdůležitější z mravenčího světa, včetně mnohých zajímavostí. Krátká prezentace uvede studenty do tématu a náměty na praktika ukazují, co všechno se dá vidět poblíž obyčejného mraveniště. Hlavním cílem je pak upevnění vztahu k přírodě obecně, pochopení vzájemných vztahů mezi živočichy.

### **Cílová skupina**

Cílovou skupinou mohou být již žáci druhého stupně základních škol, studenti 1.-2. ročníku gymnázia nebo 5.-6. ročníku osmiletého gymnázia či děti navštěvující biologický kroužek od věku 12 let.

### **Organizační podmínky**

2 vyučovací hodiny pro teoretickou přípravu; 2-3 hodiny pro terénní exkurzi

### **Pomůcky**

entomologická pinzeta (lze nahradit obyčejnou), Petriho misky, zvětšovací lupa, zápisník a tužka

### **Motivační rámec projektu**

Na úvod připravit krátké povídky o mravencích, zejména poukázat na zajímavosti z mravenčího světa. Děti pak můžete pověřit, aby sebedlivě poohlédly po svém okolí například při procházkách s rodiči a do jednoduché mapky si zaznamenaly výskyt mravenišť. Následně pak společně můžete vymyslet, kam vyrazit na terénní exkurzi.

### **Vazba na RVP:**

Environmentální výchova Vztahy organismů a prostředí

### **Mezipředmětové vazby:**

1. Biologie (biologie bezobratlých, ekologie živočichů)



## 2 Co je dobré vědět o mravencích

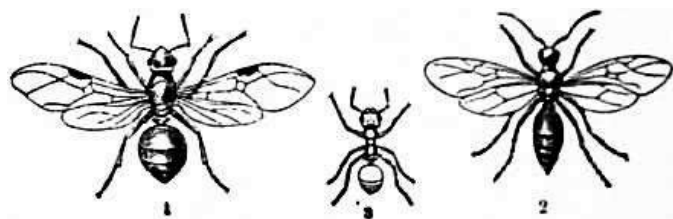
---

Od jara do podzimu se hemží pole, louky a lesy miliony mravenců, kteří patří k jedné z nejpočetnějších skupin hmyzu. Mravenci jsou systematicky řazeni do čeledi **mravencovití (Formicidae)** a řádu **blanokřídílí (Hymenoptera)**. U nás se jedná o malé až střední druhy **společenského hmyzu**. Společenství (kolonie) je tvořeno třemi kastami:

1. **neplodnými dělnicemi** - jsou vždy bezkřídle, hlavohruď bez švů, menší oči, většinou mají žihadlo a na zadečku specializovaný mechanismus vystřikující kyselinu mravenčí, vyvinutá kusadla,
2. **plodnými královnami** - jsou zřetelně větší než dělnice, zpravidla okřídlené s velkýma očima, mohutně vyvinutou hrudí s patrnými švy a zvětšeným zadečkem,
3. **samci** - zpravidla větší než dělnice, ale menší než královna, okřídlení, kusadla redukována.<sup>1</sup>

Na světě je v současné době známo 12 500 druhů, v České republice bylo dosud zjištěno 105 druhů.<sup>1</sup>

Entomologové však odhadují, že na Zemi žije nejméně **25 až 35 tisíc mravenců**, z nichž víc než polovina nebyla ještě popsána. To jsou sotva dvě procenta všech dosud popsaných hmyzích druhů, ale díky jejich individuální početnosti jejich celková hmotnost přesahuje polovinu biomasy veškerého hmyzu.<sup>2</sup>



Obr. č. 1: 1 - okřídlená samice, 3 - bezkřídlá dělnice, 2 - okřídlený sameček

Zdroj obrázku: [http://commons.wikimedia.org/wiki/File%3A1911\\_Britannica\\_-\\_Ant\\_-\\_Formica\\_rufa.png](http://commons.wikimedia.org/wiki/File%3A1911_Britannica_-_Ant_-_Formica_rufa.png), Creative Commons Licence (BY)

Literatura: 1. Macek J. et al. (2010): Blanokřídílí České republiky I. – žahadloví . – Academia, 524 s., Praha

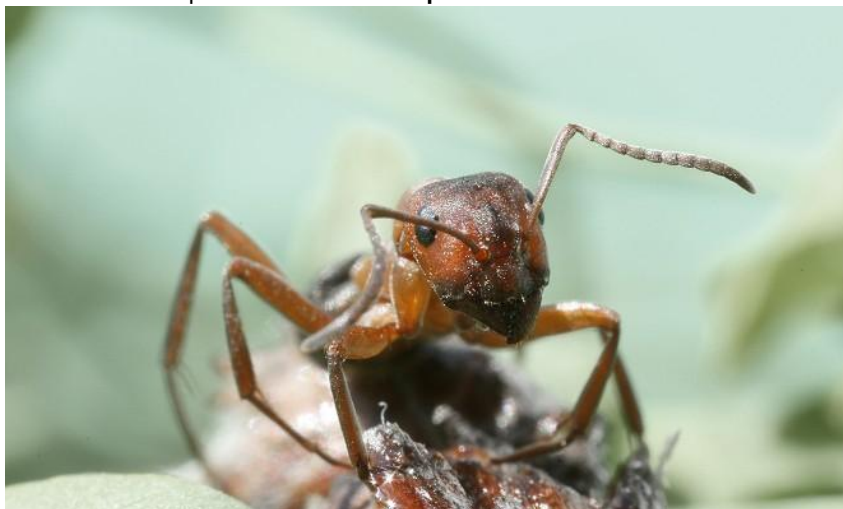
2. Žďárek J. (2013): Hmyzí rodiny a státy. – Academia, 582 s., Praha

### 3 Jak bezpečně poznáme mravence

---

Možná zdánlivě směšná otázka má své opodstatnění. Křídlatým mravencům se totiž podobají například některé cizopasně vosičky, velkým bezkřídlym pak kodulky. Nelze tedy vždy poznat mravence na první pohled a je třeba si blíže všimnout společných znaků viditelných lupou:

1. Lomená tykadla jsou charakteristická tím, že jejich první článek (scapus) je **značně prodloužený**, kdežto zbylá část tykadla (bičík) je vyvinuta normálně.
2. Zřetelně vyvinutá **tělní stopka** spojující hrud' a zadeček.
3. U dělnic v poměru k hlavě **velká pilovitá kusadla**.



Obr. č. 1 - Charakteristický znak mravenců - lomená tykadla

Zdroj obrázku: <http://commons.wikimedia.org/> autor: Richard Bartz, Creative Commons Licence (BY)

### 4 Podzemní zahradníci

---

Nejpočetnější hmyzí státy tvoří tropické druhy mravenců rodu **Atta a Acromyrmex**, jejichž podzemní chodby vedou až do hloubky 6 metrů. Zde zakládají své pěstírny hub. Na přípravě kompostu pro houbovou násadu se podílí prakticky celé mravenišťe:

1. Armáda dělnic vykusuje nůžkovitými kusadly centimetrové úkrojky listů často desítky metrů vzdáleného keře.
2. Nosičky odnáší tyto části lístků do hnízda.
3. „Zahradnice“ urychlují jejich rozklad pomocí trávicích enzymů. Připravený kompost pak naočkují chomáčkem podhoubí, které přinesou z jiné části záhonu.
4. Záhony následně „plejí“, odstraňují z nich vlákna jiných nežádoucích hub a plísní.
5. Houba s názvem bělohnojník paličkonosný roste jen v mraveništích a mravenci se živí jejími gongylidiemi (paličkovité útvary).

Soužití mravenců s houbou je oboustranně výhodné. Houba jim rozkládá nestavitelnou celulózu a mravenci houbě poskytují vlhké a teplé prostředí, výživný substrát a dusíkaté hnojivo ve formě výkalů.

**Chomáček podhoubí si s sebou bere při rojení samička na svatební let - uloží ho do malé torbičky na dně ústní dutiny.** <sup>1</sup>

#### Literatura:

1. Žďárek J. (2013): Hmyzí rodiny a státy. – Academia, 582 s., Praha

## 5 Ekologie mravenců

---

Během svého sto čtyřicet milionů let dlouhého kmenového vývoje se naučili těžit z nejrozmanitějších potravních zdrojů: najdeme mezi nimi **primitivní dravce, pastevece mšic, sběrače semen i pěstitele hub**. Mají nezastupitelné místo v ekologii krajiny. Jejich hlavní význam je následující:

- Jsou významnými **predátory hmyzu**.
- Jejich „**pohřební čety**“ zlikvidují až 90 % uhynulých živočichů své vlastní velikosti a tím přispívají ke koloběhu živin prostředí.
- Sbíráním a přenášením semen se podílejí v nemalé míře na **šíření rostlin**.
- Zemní druhy **přemístí stejné množství půdy** jako žížaly.

## 6 Zajímavosti z mravenčího světa

---

1. V deštných pralesích povodí Amazonky tvoří mravenci spolu s termity jednu třetinu celkové hmotnosti všech tamních živočichů. Na každém hektaru džungle žije **8 milionů mravenců**.
2. Na savanách Pobřeží slonoviny je hustota mravenčí populace **20 milionů jedinců na hektar**.
3. Ekologové zjistili na japonském ostrově Hokkaidó obří federaci kolonií (superkolonie, kdy spolu jedinci spolupracují) druhu *Formica yessensis* čítající **306 milionů dělnic a 1,8 milionu královen**. Tato mravenčí supervelmoc vybuodovala na ploše pouhé **2,7 km<sup>2</sup> 45 000 vzájemně propojených hnízd** (mravenišť) (žďárek).
4. Mají vysoce vyvinutý **komunikační systém** založený na kombinaci všech smyslových vjemů (čichu, chuti, zraku, sluchu i hmatu), zásadní význam mají feromony. Příslušníci jedné kolonie se dokáží nejen snadno identifikovat, ale i „domluvit“ například o potravních zdrojích.
5. Kupolovitá hnízda například našeho mravence lesního (*Formica rufa*) slouží jako **akumulátor sluneční energie**. Kdyby bylo hnízdo přizemní, zachycovalo by ráno a večer mnohem méně slunečních paprsků.
6. Mravenčí královny jsou dlouhověké, u některých druhů se mohou dožít i **více než 20 let**.
7. U mravenců je vyvinutá **trofolaxe**, což je krmení dospělých jedinců navzájem. Když tedy potká dělnice s plným voletem jinou s prázdným, o potravu se s ní rozdělí.
8. Čím jsou pro člověka ruce, tím jsou pro mravence kusadla - pohybují se široce do stran a jejich okraj je ozubený. **Slouží k zabíjení kořisti, trhání, ukusování, rozmělnování potravy, hloubení tunelů, přenášení vajíček, k vzájemné očistě a k obraně**.
9. Na hrudi mravenců objevili vědci **metapleurální žlázu**, která vylučuje směs fenolických látek připomínajících naše **dezinfekční prostředky**. Ničí mikroorganismy a plísňe a mravenci jimi asanují vlhké prostředí svých podzemních hnízd.
10. **Mravenec argentinský** (*Linepithema humile*) - drobný druh s dělnicemi menšími než 3 mm - je invazním druhem původem z argentinských pamp. Do Evropy byl importován s rostlinami ve dvacátých letech minulého století. V současné době tvoří nejnámější, geneticky téměř stejnorodou mravenčí superkolonii obývající v délce 6 000 km široký pás od atlantského pobřeží Španělska po severní Itálii. Ve své nové domovině se tedy rychle zabydlel a podobně jako mnohé invazivní druhy představuje nebezpečí pro druhy původní. (atlas)
11. Už v dětských knížkách jsme se mohli dočíst, že mravenci „pasou“ mšice. Skutečnost je taková, že jim chutnají výkaly mšic - **medovice**, a proto jemně dráždí mšici tykadly na zadečku. Často se snaží své „stádo“ i chránit před predátory, jako jsou například slunéčka, ale nejsou vždy úspěšní. Je možné pozorovat larvy pestřenek nebo zlatooček, jak loví mšice i v přítomnosti mravenců.
12. Kolonie mravenců-zrnojedů rodu *Messor* o několika desítkách tisíc dělnic dokáže během jedné sezóny nashromáždit až 100 litrů zrní. Ztráty, které tím způsobují například chudým rolníkům v oblastech severní Afriky, se odhadují až na 10 % veškeré úrody.

Literatura: Žďárek J. (2013): Hmyzí rodiny a státy. – Academia, 582 s., Praha

## 7 Mravenci vykořisťovatelé a příživníci

---

**Mnoho mravenců žije na úkor druhých.** Někteří jen příležitostně a dočasně, jiní trvale a nezbytně. Někteří svým hostitelům ani neškodí, jiní si z nich naopak dělají nesvéprávné sluhly a otroky.

Určité druhy malých mravenců si záměrně přistavují svá hnízda do blízkosti velkých mravenišť. Živí se pak na odpadcích ze smetišť svých velkých sousedů nebo číhají u jejich zásobovacích cest a drze je okrádají. Jiné drobné druhy bydlí přímo ve stěnách hostitelského mraveniště a kradou tam potravu nebo se živí jejich vajíčky a plodem. Před nevrlymi hostiteli je chrání úzké vlastní chodby. Jak již napovídá český název, příživníkem je například **mravenec příživný (*Solenopsis fugax*)**. Pro snížení svého napadení při lupu vypouští účinný chemický repelent na bázi dusíkaté sloučeniny, kterým zapudí dělnice.

Někdy využívají mladé matky osazenstvo jiné kolonie při zakládání své vlastní rodiny. **Tuto taktiku volí příležitostně i náš mravenec lesní i travní.** Matka vnikne do cizího mraveniště a snaží se, aby ji dělnice přijaly za vlastní. Bez problémů se jí to však podaří jen tehdy, nemá-li kolonie právě žádnou kladoucí matku. Většinou však takové štěstí nemá a mezi ní a domácí matkou dojde k souboji. Mladá cizí samička v něm zpravidla vítězí. Dělnice ji poté adoptují a starají se o její potomstvo.

**Sociální parazitismus** je forma příživnictví vyskytující se prakticky u všech skupin společenského hmyzu. Na rozdíl od pravých parazitů ti sociální nenapadají jednotlivce, ale těží z hodnot celé společnosti například požíváním zásob nebo plodu, popřípadě svěřováním vlastních larev do péče hostitelů.

Degenerace stavby těla i chování vlivem příživnictví je v přírodě běžným jevem. Dochází k ní i u parazitů společenských. Příkladem může být náš cizopasný **mravenec bachratý (*Anergates atratulus*)**. Jeho matka se vetře do hnízda svého hostitele **mravence drnového (*Tetramorium caespitum*)** a dělnicím tak „učaruje“, že svou vlastní matku odstraní a krmí macechu. Z obrovského množství jejích vajíček hostitelky vychovávají samé pohlavní dospělé, přičemž samičky jsou okřídlené a samečci ne. Oplození tedy proběhne v mraveništi a oplozené matky se pak rozletí na všechny strany hledat hnízda obětí.

Jak je možné, že se ostražití mravenci dají takto oklamat? Příživníci dokonale zvládli dorozumivací kód svých hostitelů a dokážou jim i chemicky „vonět“. Výpravu do hnízda **mravence otročícího (*Fusca fusca*)** podniká **mravenec loupeživý (*Formica sanguinea*)**, kdy proniká ve velkém počtu do hnízda, odkud si odnáší vajíčka - své budoucí sluhly. Je nutné ale poznamenat, že mravenci loupeživí mohou žít i bez otroků nebo jen s jejich malým počtem, protože jeho dělnice ještě neztratily žádný z instinktů umožňujících jim samostatnou obživu. Jen hnízdo není schopná samička založit sama bez pomoci mravenců otročících nebo jejich příbuzných. Dělnice **mravence otrokářského (*Polyergus rufescens*)** jsou k válečnému způsobu života vyzbrojeny dýkovitými kusadly. Takovými nástroji se snadno zabíjí, ale špatně se jimi budují podzemní tunely nebo opatrují vajíčka. Proto se nepodílejí na údržbě mraveniště, shánce potravy a péči o plod. Na to vše mají otroky, od kterých se nechávají i krmít a bez nichž by zahynuly hladem. Žijí v hnízdě vybudovaném porobenými dělnicemi a do jejich péče svěřují i svůj vlastní plod.

Literatura: Žďárek J. (2013): Hmyzí rodiny a státy. – Academia, 582 s., Praha

## 8 Jak to chodí v mraveništi

Společně vybudovaná hnízda představují **mnohogenerační obydlí**, protože je mravenci využívají delší dobu, než je trvání života, lhostejno zda dělnice či královny. Mravenci jsou velmi důmyslní architekti - jejich hnízda mají účinný větrací a tím pádem i klimatizační systém a často z nich vedou podzemní chodby do hlubších, a proto vlhčích vrstev půdy, což je výhoda v sušších obdobích. Kupovitě stavby známých lesních mravenců rodu *Formica* mají velmi efektivní technické řešení pro podmínky mírného pásma. Ke své trvalé existenci potřebují tito mravenci relativně vysokou průměrnou teplotu v hnízdě (26-28 °C) a jejich prosperitu v severnějších zeměpisných šířkách sestřídajícími ročními dobami umožňuje optimální konstrukční řešení hnízd. Vnější plášť tvořený jehličím je nejen účinným termokolektorem, ale zároveň zajišťuje stékání vody mimo kupu. Pod tímto materiálem leží vrstva rostlinného materiálu s množstvím vzdušných komůrek zamezující srážení vlhkosti. Vlhkost a teplotu mohou dělnice dodatečně ještě regulovat rozšiřováním nebo uzavíráním chodeb v hnízdě. Početné mravenčí kolonie mohou rovněž regulovat i udržovat teplotu výrobou vlastního metabolického tepla.<sup>1</sup>

Složitě společenské vztahy mezi členy kolonie jsou zprostředkovány převážně **feromony**, které se uvolňují ze žláz na různých částech těla. Mravenci jimi dokážou vyjádřit obrovské množství vzkazů, zákazů, příkazů a informací. Průkazem totožnosti a příslušnosti k určité komunitě je tedy tzv. domovský pach. Potkají-li se dvě mravenčí dělnice, nejprve se „osahají“ tykadly, která jsou sídlem čichu a hmatu. Pokud se jedná o vetřelkyni z jiného hnízda, čichem ji rozpoznají a svoji nevráživost dají najevo různým způsobem - buď ji v kusadlech vynesou za hranice území hnízda, nebo ji napadnou a zabijí. Někdy ji také přijmou, ale nejdříve ji nechají vyhladovět a ignorují ji. Podle některých vědců používají mravenci až 20 různých druhů chemických sdělení a každé má svůj určitý obecný význam jako např.:

- **nábor pro určitou činnost** například při objevení nového zdroje
- **potravy, vyhlášení poplachu,**
- **rozištění jednotlivých kast i jedinců,**
- **královna brzdí svými feromony zrání vaječníků u dělnic** nebo omezuje vývoj nových samiček,
- „**lovecký revír**“ kolonie si značkují **teritoriálním feromonem,**
- při setkání s vetřelcem vylučují **poplašný feromon** k přivolání
- posíl, při označení cesty využívají tzv. **stopovací feromon,**
- nedospělá stádia mají **plodové feromony** - dělnice-pečovatelky podle nich poznají nejen vlastní plod od cizího, ale také jeho stáří; v plodových komůrkách tak mají tyto chůvy vzorně rozříděný plod podle vývojových stádií,
- **mateří feromon** slouží královně matce k ovládnutí dělnic - pro členky jejího doprovodu je neodolatelný a nutí je svou velitelku všude následovat a starat se o ni,
- **mrtvolný feromon** značí úhyn jedince, který je následně uklizen.<sup>2</sup>

Povinnosti dělnic v mraveništi jsou:

- **obstarávání výživy pro celou**
- **kolonii, péče o plod,**
- **čištění hnízda,**
- **čištění vlastního těla,**
- **péče o královnu,**
- **obrana a stěhování hnízda.**

**U mravenčích dělnic dochází během života k věkovému polyetismu podobně jako u včel - nejmladší dělnice pečují o kladoucí samičky (královny) a o plod, později budují hnízdo a časem se z nich stanou zásobovačky a strážkyně. S přibývajícím zkušenostmi se z nich pak stávají průzkumnice. Nejstarší a nejzkušenější průzkumnice plní na sklonku života funkci pozorovatelek. Postihne-li například terénní zásobovačky pohroma, jsou pozorovatelky první, které katastrofu zjistí a podnítky nábor a zácvek nových zásobovaček. Hromadění a přebírání zkušeností je základním pilířem fungování mraveniště.**

Jednou ročně se rodí okřídlení samci a samičky - v našich zeměpisných podmínkách to bývá zpravidla v létě, protože je nejvhodnější doba k zakládání nových kolonií. U některých druhů je svatební obřad jednoduchý - páření probíhá v hnízdě. U většiny mravenců jsou však svatební rituály okázalejší. Aby nedocházelo k příbuzenským sňatkům, pohlavní jedinci se zpravidla páří daleko od hnízda. Pářící stanoviště volí samečkové a z různých mravenišť se na ně slétají celé mraky a vypuštěnými feromony lákají samičky. S každou návštěvníci se jich obvykle spáří několik, to proto, že budoucí královna bude potřebovat ve svém relativně dlouhém životě velkou dávku spermií, neboť další páření už nezažije. U některých druhů se oplozené královny vrací zpět do mraveniště a rozšíří tím kolonii nebo odletí na příhodné místo naklást svoji první plodovou komůrku. Přesný čas odletu k rojení určují dělnice v mraveništi.<sup>2</sup>

S příchodem zimy dělnice utěsní vchody a stáhnou se hlouběji pod zem, kde přežívají v chladové strnulosti. Jakmile vysvitne sluníčko, dělnice vylézají houfně na povrch a sluní se. Ohřáté se jako „teplonoši“ vrací do mraveniště a tím jej postupně prohřívají.



Zdroj obrázku: <http://commons.wikimedia.org/> autor: Tsungam, Creative Commons Licence (BY)

Literatura: 1. Macek J. et al. (2010): Blanokřídlí České republiky I. – žahadloví . – Academia, 524 s., Praha

2. Žďárek J. (2013): Hmyzí rodiny a státy. – Academia, 582 s., Praha

## 9 Naši nejznámější mravenci

---

### Mravenec lesní (*Formica rufa*)

- Velikost 6-9 mm, temeno a zadeček tmavohnědé až černé, stopka a částečně i hrud' červená až červenohnědá. Lesní druh obývající hlavně jehličnaté a smíšené lesy, upřednostňuje světlá, osluněná stanoviště na lesních okrajích či podél lesních cest. Od hnízda se často rozbíhají až do vzdálenosti 100 m k potravním zdrojům - stromy obsazené mšicemi, mrtvý i živý hmyz.

### Mravenec množivý (*Formica polyctena*)

- Velmi podobný mravenci lesnímu - lesní druh s podobnými ekologickými nároky, zpravidla však více stínomilný, proto se vyskytuje i hlouběji v lese, nadzemní kupy bývají velké (až 5 metrů v průměru) a z jemnějšího materiálu. Tvoří kolonie z mnoha hnízd.

### Mravenec travní (*Formica pratensis*)

- 4 - 9 mm, podobný předchozímu druhu, ale má tmavší zabarvení a je hustěji ochlupený, obývá především otevřená travnatá stanoviště, stepi, lesostepi, louky pastviny a slunné lesní okraje. Hnízda s nižší a často plochou kupou z hrubého materiálu obklopená vyšší vegetací.

### Mravenec loupeživý (*Formica sanguinea*)

- Dělnice 6-9 mm, hrud' a hlava červené, skvrny na temeni hlavy a hrudi, zadeček černohnědý, osluněné biotopy v lesích i na otevřených stanovištích, hnízda se nacházejí na různém podkladu a mají různý vzhled podle původního hostitelského hnízda, hnízda bez pomocných dělnic mají zpravidla malou nadzemní kupu ze suchého rostlinného materiálu. Predátoři jiných druhů mravenců hlavně za účelem získání potravy, z části uloupeného plodu jsou vychováni otroci.

### Mravenec otrokářský (*Polyergus rufescens*)

- 5-7 mm, celý žlutočervený, zadeček jemně hustě ochmýřený, celé tělo s dlouhými řídkými tuhými chloupky. Sociální parazit - otrokář - zcela závislý na hostitelských mravencích druhů *Formica*. Oplozené samice pronikají do hostitelských hnízd spolu sdělnicemi.

### Mravenec zemní (*Ponera coarctata*)

- 2,5-3,5 mm, tělo hnědé až tmavohnědé, stepní lokality, skalní stepi a řídké suché lesy, hnízdí v humózní půdě, pod mechem nebokameny, pro hnízdo často využívány chodby jiných živočichů. Kolonie málo početná - nejvýše 60 dělnic, specializovaní predátoři půdních živočichů. Štíhlé válcovité tělo umožňuje pohyb v úzkých půdních skulinách. K usmrcení kořisti používají velmi účinný jed vpravený žihadlem, působí rychle i na několikanásobně větší kořist.

### Mravenec obecný (*Lasius niger*)

- 2,5-4 mm, šedohnědý až černohnědý, vyskytuje se od nížin po hory, raději má sušší otevřené biotopy, hnízdí převážně v zemi, méně často pod kameny a v tlejícím dřevě; ze zeminy si staví nadzemní kupy - velké a nepevněné, při ohrožení je značně útočný.

### Mravenec žlutý (*Lasius flavus*)

- 2-4 mm, celé tělo žluté, u větších jedinců hlava a zadeček tmavší, velmi hojný druh preferující otevřená, výslunná travnatá stanoviště (louky, pastviny, zahrady, stepi, sady, příkopy). Patří mezi naše nejhojnější a nejpočetnější mravence. Hnízdí v zemi a typická luční hnízda tvoří charakteristickou kupu porostlou mechem, bylinami a trávami. Rostlinný porost zpevňuje a stabilizuje hnízdo.

### Mravenec černolesklý (*Lasius fuliginosus*)

- 3-4 mm, tělo smolně černé a silně lesklé, hlava velká. Hojný od nížin až po hory. Vyrábějí kartonovitá hnízda z rozžvýkaného dřevazpevněná výměškami slinných žláz uvnitř vyhnílených listnatých a ovocných dřevin v lesích a sadech. Jejich hlavní složkou potravy je medovice mšic. Na stěnách hnízd se rozrůstá mycelium houby *Septosporium myrmecophilum*, které hnízdům dodává sametový lesk.

### Mravenec dřevokaz (*Camponotus ligniperda*)

- 6,5-14 mm. Je to náš největší mravenec, hrud', stopka a bazální část zadečku červené až červenohnědé, hlava a zbytek zadečku černé. Rozšířený hlavně na výslunných stanovištích listnatých a smíšených lesů nižších poloh. Hnízda ve starých smrkových kmenech s houbami narušeným dřevem, v němž vykusují chodby až do výšky několika metrů. Přítomnost mravenců prozradí hluboké a rozsáhlé díry vyklované do kmenů datlovitými ptáky. Hnízdní teritorium je často rozsáhlé (až 130 m<sup>2</sup>) a zahrnuje i více než deset hnízdních stromů spojených chodbami.

**Mravenec žahavý (*Myrmica rubra*)**

- Dělnice 4-5 mm, rezavě červené zbarvení, obývá rozmanité biotopy včetně synantropních (zahrady, parky, polní kultury) na vlhčích loukách hnízdí zejména v trsech trav, často vytváří vícehnízdni komplexy. Velmi agresivní a bolestivě bodá. U nás velmi hojný.

**Mravenec faraónský (*Monomorium pharaonis*)**

- Dělnice 2-2,5 mm, tělo žluté, konec zadečku tmavší. Je to synantropní druh, který byl do Evropy zavlečen lodní dopravou. U nás přežívá v trvale vytápěných lidských obydlích. Na rozdíl od ostatních mravenců si nestaví trvalá hnízda, ale k výchově plodu si vystačí s různými spárami, štěrbinami a škvírami v domě. Vytváří zpravidla superkolonii z geneticky příbuzných populací rozlezlou po celém domě. Jsou všežraví, ale nejraději mají masitou potravu.

**Rod *Leptothorax***

- Patří sem drobní (2-3,5 mm), žlutavě zbarvení mravenci hnízdící pod kůrou stromů, v hálkách a pod kameny. U nás tři druhy.

Literatura: Macek J. et al. (2010): Blanokřídli České republiky I. – žahadloví . – Academia, 524 s., Praha



# Naši opylovači aneb nejen včely mají zásluhy...

Pokud se řekne „opylovači“, představí si většina populace především včely. Existují však i jiné, neméně důležité a často opomíjené druhy hmyzu, které tuto službu pro rostliny zajišťují.

## Využité přístroje:

binokulární lupa

## Cílová skupina/náročnost:

2. ročník SŠ a odpovídající ročníky gymnázií

Autor:

Mgr. Ivana Hradská

Všechny uvedené texty, obrázky a videa jsou vlastní, není-li uvedeno jinak. Autory Youtube embed videí lze nalézt při kliknutí na znak Youtube ve videu během přehrávání.

**K plnohodnotnému využití této studijní opory je nutný přístup k on-line zdrojům a materiálům.**

Tento materiál vznikl z finanční podpory Evropského sociálního fondu a státního rozpočtu České republiky v rámci projektu „Popularizace vědy a badatelsky orientované výuky“, reg .č. CZ.1.07/2.3.00/45.0007.

# **1 Základní informace o projektu**

---

## **Naši opylovači aneb nejen včely mají zásluhy**

### **Anotace programu/zaměření/hlavní cíl**

Pokud se řekne opylovači, představí si většina populace především včely, případně čmeláky číjné blanokřídlé. Zásluhy na opylení však má i dvoukřídlý hmyz... Cílem tohoto tématu je rozšířit vědomosti studentů o této problematice, formou prezentace je seznámit s jednotlivými druhy létavého hmyzu, následně pak pomoci námětů na exkurze tyto znalosti rozšířit.

### **Cílová skupina:**

žáci 1.-2. ročníku čtyřletých gymnázií či 5.-6. ročníku víceletých gymnázií

### **Organizační podmínky:**

ideálním obdobím je květen, kdy je aktivní většina zmíněného hmyzu

### **Pomůcky:**

zápisník a tužka, zvětšovací lupa

### **Motivační rámec projektu**

Při plánování terénní exkurze je možné rozdělit děti do skupin, které pak mohou mezi sebou soutěžit.

### **Vazby na RVP:**

1. Environmentální výchova

### **Mezipředmětové vazby:**

1. Biologie (biologie bezobratlých)

2. Ekologie

## 2 Blanokřídlí

---

### BLANOKŘÍDLÍ (Hymenoptera)

Blanokřídly hmyz je nesmírně rozsáhlý a ve všech směrech různorodý řád, ať už jde o celkovývzhled, velikost, zbarvení nebo způsob života jejich příslušníků. S dosud asi 115 000 známými druhy představuje po broucích a motýlech třetí největší hmyzí řád. Ve skutečnosti se však jedná jen o malý zlomek skutečného druhového bohatství, které bude jistě daleko větší, jak dokazují desítky až stovky nově popsanych druhů každým rokem. Z našeho území je udáváno asi 7 000 zástupců, ale i zde je každoročně zjištěno několik dalších nových druhů.

Blanokřídli v průměru zahrnují malé až středně velké druhy, k největším patří některé tropické hrabalky, dosahující velikost až 7 cm a rozpětí křídel 11 cm a královny některých afrických stěhovavých druhů mravenců. Naopak nejmenší druhy nacházíme u brvuškovitých a drobněnkovitých, kde některé druhy nedosahují ani velikosti 0,2 mm. Tělo je většinou štíhlé, válcovité, kryté převážně pevnou kutikulou, většinou lysé, méně často (např. u včel) hustě ochlupené. Zbarvení je rozmanité, tmavé nebo světlé, na tmavém podkladu často kombinované různě barevnými pestrými vzory. Někteří blanokřídli září krásným, jasným kovovým zbarvením. Na jejich těle se často střídají kovově leskle zelené, modré, ohnivě červené a zlatitěplošky. Tyto kovové lesky vznikají lomem a skládáním světelných paprsků na rozmanitých skulpturách kutikuly. Společným znakem většiny blanokřídlych jsou blanitá křídla s výraznou žilnatinou. Většinou jsou vyvinuta ve dvou párech, mohou však být silně redukována (drobné parazitické druhy) nebo zcela scházejí (dělnice mravenců). Výrazné rozdíly ve stavbě těla můžeme najít i na zadečku. U vývojově vyšších skupin blanokřídlych je kladélko u samic přeměněno v žihadlo. To slouží k vlastní obraně jedince a při lovu k omráčení nebo usmrcení kořisti. Někteří blanokřídli citelně bodají (kodušky, sršni, vosy aj.). Samci nikdy žihadlonemají.

Význam blanokřídleho hmyzu není na první pohled tak nápadný jako význam rostlin a živočichů, ze kterých máme přímý užitek ve formě poživatin či stavebního materiálu. Snad kromě medu a v malé míře i vosku, propolisu a mateří kašičky se tento hmyz zdánlivě na ničem pro život člověka zásadně nepodílí. Opak je však pravdou. To, co využíváme tak samozřejmě a nevědomky, je činnost téměř každého jedince blanokřídleho hmyzu při opylování mnoha kulturních plodin (převážně ovoce a zeleniny). Poměrně známý je výrok Alberta Einsteina, že bez včel by lidstvo vymřelo do tří let. Blanokřídly hmyz se však nepodílí jen na opylování, ale také na likvidaci, případně regulaci nežádoucích druhů škodících

v zemědělství, zahradnictví, lesnictví, ve skleníkových kulturách a uskladněných produktech. Vosy a mravenci mají obrovskou spotřebu hmyzí biomasy pro vývoj svých početných kolonií. Také řada parazitoidních druhů (chalcidky, lumci, lumčící aj.) likvidujících vajíčka, housenky či jiné lary žírného hmyzu je díky těmto vlastnostem využívána i při biologickém boji proti řadě škůdců. Naproti tomu mezi blanokřídlym hmyzem nacházíme rovněž i pro člověka škodlivé druhy. Je však nutné zdůraznit, že pohled na škodlivost a užitečnost druhů je přinejmenším sporný a relativní.

I když je tato skupina hmyzu jak po stránce bionomické, tak i ekonomické velmi významná a v mnohém ohledu i inspirativní, zůstává ve srovnání s některými dalšími hmyzími řády (např. motýly a brouky) stále poněkud stranou zájmu.

Literatura: Macek J. et al. (2010): Blanokřídli České republiky I. – žahadloví. – Academia, 524 s., Praha

### 2.1 Jak vzniklo žihadlo?

---

**Žihadlo** je orgán vzniklý **přeměnou původního kladélka**, jaké známe například u zástupců rovnokřídlych. Slouží k ochromování nebo usmrcování kořisti nebo k vlastní obraně vpravením toxických látek do těla oběti či útočníka. Tvoří jej hlavně pár bodců 2. páru valv s rozšířeným jedovým váčkem u báze. Žihadlo včely medonosné je navíc na konci opatřeno drobnými zpětnými háčky, které se pevně zachytí v ráně a vytrhnou pak celé žihadlo s jedovou žlázou a částí vnitřních orgánů, což samozřejmě vede k smrti včelí dělnice. Vosy a všechny ostatní včely mají žihadlo hladké umožňující jeho opakované použití.

Literatura: Macek J. et al. (2010): Blanokřídli České republiky I. – žahadloví. – Academia, 524 s., Praha

## 2.2 Charakteristika včel (Apiformes)

---

### Včely (Apiformes)

Různorodá skupina zahrnující malé až velké (4–40 mm) samotářské, sociální a kleptoparazitické druhy. U nás žije následujících šest čeledí: hedvábnicovití, pískorypkovití, ploškočelkovití, pilorožkovití, čalounicovití a včelovití.

Včely žijí na všech kontinentech s výjimkou Antarktidy, mají jeden důležitý společný znak, který je odlišuje od ostatních blanokřídlých - živí se výlučně jen dary květů - pylém anektarem. Krmí jimi i své larvy. Některé samotářské včely tím způsobem, že samička ještě před naklazením vajíčka každou plodovou komůrku v hnízdě jednorázově předzásobí takovým množstvím pylu slepeného medem, jaké postačí na celý vývoj larvy. Zopatřenou komůrku pak uzavře a larvičku ponechá svému osudu. U vývojově pokročilejších druhů, které tvoří vývojově pokročilejší společenstva, se samička a případně i její dělnice o rostoucí larvičky starají. U nejvyspělejších společenských včel, ke kterým patří včela medonosná, dělnice už nenabízejí pylomedové těsto v surovém stavu, ale přetvářejí je v těle na výživnou kašičku. Tu vylučují kusadlovými žlázami a krmí jí larvy, přičemž její složení se mění podle toho komu je určena. Nejhodnotnější je potrava budoucích matek - mateří kašička. U primitivních společenských včel, stejně jako u všech samotářských druhů, samičky krmí larvy potravou snášenou přímo z květů. Teprve včely na vyšší úrovni vývoje si vytvářejí zásobárny oddělené od plodové části hnízda. Tvorba zásob je obrovskou evoluční vymožeností, neboť zbavuje včely závislosti na rozmarech počasí a dovoluje jim vytvářet trvalejší kolonie schopné přezimování. Způsob jejich výživy poznamenal i vzhled jejich těla. Mají velké oči složené z nejméně 6 000 jednoduchých oček (ommatidií) opatřených vlastní čočkou a světločivným receptorem zvaným rhabdom. Zrakový vjem ze složených očí je proto mozaikový (žďárek).

Sběrací košíček včel (korbikula) představuje víceúčelový sběrací aparát odvozený od běžných pylových sběračků vyskytujících se u mnoha skupin „nohosběrných“ včel. Zvláštní stavba zadních holení umožňuje kromě zachované možnosti sběru pylu i sběr materiálu na stavbu složitých hnízd, jako jsou pryskyřice stromů a bylin, hlína a pastovitá hmota z rozzvýchkaných kousků rostlin. Vlastní košíček se nachází na rozšířené zadní holeni s úplně vyhlazenou, mírně vlnitou a na okrajích tuhými dlouhými brvami lemovanou plochou. Při běžné poloze těla pylem plně naložené košíčky nejvíce zatěžují spodní část holeně. Husté brvy na spodním okrajikošíčku tvoří hustou síť rozkládající hmotnost pylu do větší plochy. Na vnitřní straně zadního nártu se nachází několik souběžných řad z krátkých přiléhavých brv, tzv. pylový kartáč sloužící vyčesávání pylu zachyceného na hustém ochlupení těla.

Sběr pylu se dělí do tří fází:

1. Včela po usednutí na květ kusadly nakousne prašníky a uvolněný mírně navlhčený pyl nabalí valivými pohyby těla na husté ochlupení.
2. Za letu střídavými pohyby zadních nohou vyčesává pyl pomocí pylových kartáčů a pylovým hřebínkem ho natlačuje postupně do sběracích košíčků.
3. Po naplnění sběracích košíčků pyl dopravuje do hnízda.

Ne všechny druhy včel však disponují sběracím košíčkem, samotářské druhy mají pylosběrný aparát na spodní straně zadečku. Toto umístění vyžaduje poněkud odlišnou techniku, než používají včely s „košíčkem“. Všechny břichosběrné včely po dosednutí na květ doslova plavou mezi pylovými tyčinkami a vyčesávají pyl z prašníků vrtivými pohyby zadečku, pyl pak ulpívá na hustých břišních kartáčích. Ve srovnání s nohosběrnými včelami je tento způsob sběru méně efektivní, protože zachytí méně pylových zrněk. Samice musí tedy v průměru navštívit desetkrát více květů. Břichosběrné včely jsou tudíž mnohem výkonnější opylovači. Patří mezi ně například čalounice, maltářky, zednice apod.

Literatura: Macek J. et al. (2010): Blanokřídlí České republiky I. – žahadloví. – Academia, 524 s., Praha

## 2.3 Samotářské včely

Původ společenského života blanokřídlého hmyzu je třeba hledat mezi samotářskými včelami. Patří mezi ně přes 85 % všech doposud popsanych druhů včel, hodně jich žije i u nás. Nejčastěji najdeme hnízda zemních druhů, která se prozradí pravidelnými okrouhlými vchody v písnicích, na pěšinách nebo v hlinitých březích. Okraj hnízda bývá vyztužen a tak brání sesutí sypkého materiálu, někdy i vystupuje nad úroveň okolního terénu kuželovitým vrcholem. Seznámit se s jeho majitelkou je pak otázkou náhody nebo trpělivosti. Hnízdění v zemi představuje mnoho problémů, které je nutno řešit:

1. **Ochránit své zásoby a potomky před půdními obyvateli, jako jsou různé bakterie aplísně, háďátka či draví roztoči. Řešením je potřísnění stěn žláznatými výměty, které mají odpuzující účinky. Pylomedová pasta pak obsahuje konzervační přísady antibiotickými účinky.**<sup>1</sup>
2. **Ochrana před vlhkostí. Zemní včely „tapetují“ stěny zvláštní vodotěsnou fólií. Materiál vylučují z Dufouroyvy žlázy a po vyhlazených stěnách komůrky ho roztírají jazýčkem nebo kartáčky na nohou.**

Samičky některých druhů samotářských včel se sdružují na příhodných místech do komunit. Každá samička si své hnízdo vyhloubí samostatně, ale vchody ústí těsně vedle sebe. Pokročilejším uspořádáním jsou tzv. komunální hnízda, která mají jeden společný vchod. Včelí komunity mohou vznikat dvojím způsobem. Nejčastěji je tvoří „sestry“, které se v dospělosti z rodného hnízda nerozlétnou, ale pouze ho rozšíří a každá začne hospodařit sama pro sebe. Složená hnízda však mohou vznikat i shlukováním nepříbuzných samic v hnízdě jedné z nich.<sup>1</sup>

### Pískorypkovití (Andrenidae)

Charakteristickým znakem čeledi jsou dvě krátké rýhy spojující čelní štítek s tykadlem. Usamic všech druhů jsou vyvinuty široké hustě ochlupené čelní vtisky podél vnitřního okraje očí (fovea) a trojúhelná řitní ploška (pygidium). U nás žije jediný rod pískorypka (*Andrena*) se 132 druhy. Hnízdí jednotlivě nebo v hnízdních agregacích na holých místech (nejčastěji bývalých písčích), kde si vyhrabávají plodové komůrky. Některé druhy dokonce hnízdí společně, tzn. že zakládají vlastní velké systémy chodeb s jedním společným vchodem. Tyto hnízdní komunity jsou velmi početné a mohou zahrnovat až 600 samic. Přesto se však nejedná o pravé sociální skupiny, protože každá samice se stará o svůj vlastní sektor hnízda. Jejich stěny pak zpevňují sekretem slinných a zadečkových žláz. Do komůrky umístí pyl tvarovaný do bochníku jedno vajíčko. Jednotlivé komůrky pak jsou odděleny. Přezimují dospělci v plodové komůrce. Samice pískorypek nejsou nijak agresivní vůči sobě navzájem ani vůči lidem. Mají krátké a tupé žihadlo, které je sice funkční, ale silnější kůži neprobodne. Samci pískorypek pravidelně kontrolují hnízdní stanoviště, samicemi často navštěvované druhy květů nebo obletují v určitých letových trasách keře a kmeny stromů označené druhově specifickým feromonem.

Nocují pak jednotlivě nebo ve skupinách ve starých hnízdech, v zemních dutinách, méně často ve vlastních vyhrabaných chodbách nebo na květech. Přes 50 druhů středoevropských pískorypek je oligolektických, pyl sbírají jen z určitých druhů rostlin. Například černě zbarvená **pískorypka nosatá** (*Andrena nasuta*) se specializuje na pilát lékařský. K tomuto účelu má přizpůsobený sosák s háčkovitě ohnutými brvami. Mezi naše hojnější druhy patří **pískorypka ryšavá** (*Andrena fulva*) s dlouhým oranžovým ochlupením na spodní straně těla, **pískorypka proměnlivá** (*Andrena varians*) s žluto až červenohnědým ochlupením; **pískorypka dvoubarvá** (*Andrena bicolor*) atd.

### Čalounicovití (Megachilidae)

Patří sem malé až velké druhy s pylosběrným aparátem na spodní straně zadečku. Patří mezi ně hnízdní druhy i hnízdní parazité. Svá hnízda si budují na rozmanitém podkladu (v zemi, ve dřevě, v opuštěných chodbách hmyzu, ve stoncích rostlin, v rozmanitých přirozených dutinách včetně prázdných ulit nebo i volně na kamenech, zdivu, větvičkách i listech). Tuto rozsáhlou čeleď u nás zastupují **vlnařky** (Anthidiini), které jsou černo-žlutě zbarvené a hnízdí v různých přirozených dutinách na rozmanitém podkladu; **ostnoštítky** (Dioxyini) se zúženým zadečkem se světlými páskami, často hnízdní parazité čalounicovitých (vajíčka kladena skrz stěnu uzavřené hostitelské komůrky); **zednice** (Osmiini) s černým zavalitým tělem světle ochlupeným. Hnízdí většinou v původních dutinách, některé druhy si však staví volně na podkladu zděné komůrky. **Čalounice** (Megachilini) mají ochlupené tělo se zužujícím se zadečkem. Nápadným znakem jsou silná kusadla. Nejčastěji hnízdí v přirozených dutinách, pokud se jich však nedostává, dokážou si vybudovat vlastní hnízdo v zemi nebo v tlejícím dřevě.

### Ploskočelkovití (Halictidae)

Patří sem malé až středně velké druhy, převážně tmavé, někdy i kovově zbarvené. Samice jsou obvykle robustní a samci velmi štíhlí. Charakteristickým znakem čeledi je zvláštní modifikace vnitřní sanice. Hnízdí většinou v zemi. Pylosběrný aparát je u každého rodu vyvinut odlišně - většinou na nártch, holeních nebo spodní straně stehů. Podobně jako pískorypky často hnízdí v agregacích, některé druhy přešly k hnízdnímu parazitismu (kukaččí včely). Ploskočelky jsou výjimečné tím, že nám zprostředkovaně ilustrují jednu z možných cest vývoje společenstev (societ) blanokřídlého hmyzu. Setkáme se u nich totiž se všemi předpokládanými přechodnými stupni vývoje sociální organizace - od původních samotářských typů přes komunální až po primitivně eusociální typy. Komunální organizace hnízd je výhodná především z důvodu jejich ochrany. Dalším typem soužití ploskočelek je semisocialita, kdy hnízdo obývá několik příbuzných samic (zpravidla sester), z nichž jedna má dominantní roli kladoucí samice, ostatní mají podřízenou funkci neplodných dělnic. Po úhynu samice pak převezme její roli jedna z dcer. Eusociální ploskočelky zakládají jednoleté kolonie, které však bývají málopočetné a samice se od svých dělnic vzhledově neodlišují.

## Trnočelky (Rophitinae)

Samice mají na hlavě vytvořeno políčko s několika řadami tuhých trnovitých chloupků sloužících ke sběru pylu v úzkých korunních trubkách čisticů a měrnice. Při návštěvě květů přiloží čelo ke svrchním prašníkům a pyl uvolňují a nabерou jediným prudkým pohybem hlavy. Takto zachycený pyl vyčesávají předními nohama a pomocí středního páru nohou jej ukládají do sběračků na zadních holeních a stehnech. **Trnočelka měrníková** (*Rophites quinquespinosus*) má černohnědé tělo s hustě hnědožluté až šedavě ochlupenou hrudí a sbírá pyl hlavně v úzkých květech hluchavkovitých rostlin. **Trnočelka čistcová** (*Rophites algerus*) navštěvuje téměř výhradně čistec bílý a patří mezi termofilní druhy preferující stepi a lesostepi. **Zvonkovky** (*Dufourea*) mají leskle smolně černé štíhlé tělo. Jak napovídá český název preferují zvonkovité rostliny. U dalšího zástupce ploškočelkovitých - **křivonožky svlačcové** (*Systropha curvicornis*) - se vyvinul nevhodný způsob pylu. Kromě slaběji vyvinutých sběračků na holeních se u nich navíc nachází husté prstencovité sběrače pocelém obvodu zadečku. Samice jsou tak snadno k poznání podle hustě šedavě poprášeného zadečku od zachyceného pylu z prašníků květů svlačců. Samotný sběr probíhá velmi rychle, kdy samice prudce otočí zadeček kolem květních tyčinek. **Nicotěnky** (*Nomioidinadae*) jsou přizpůsobené k životu na písčitéch biotopech, u nás jsou dva druhy. **Nicotěnka nejmenší** (*Nomioides minutissimus*) je naše nejmenší včela o rozměrech 3-4 mm s pylovými sběračky na zadních nártch, holeních a stehnech. Hnízdí samostatně nebo v agregacích.

**Ploškočelky** (*Halictinae*) jsou vzhledově i bionomicky různorodá skupina zahrnující samotářské, komunální i eusociální druhy. Rod **ploškočelka** (*Halictus*) zahrnuje malé až středně velké druhy (4-16 mm) s tmavým nebo kovově zeleným či bronzovým tělem, hnízdící v zemi na vodorovném či mírně svažitém podkladu. Hnízda hluboká 5-60 cm jsou jednoduchá, případně s rozvětvenou hlavní chodbou. Samice jsou aktivní celých 24 hodin - ve dne sbírají pyl a v noci rozšiřují hnízdo a připravují komůrky. **Ploškočelka třípásá** (*Halictus quadricinctus*) má zadeček s výraznými uprostřed zúženými bílými páskami. Zvláštní skupinou čeledi ploškočelkovití jsou **ruděnky**, které jsou hnízdními parazity. Hostiteli většiny druhů jsou ploškočelky. Samice pátrají v pomalém letu po hnízdech svých hostitelek. Pokud je hnízdo prázdné, otevře poslední dostavěnou komůrku s pylem a nakladené vajíčko nahradí svým. Pokud je to nutné, samici ploškočelky usmrtí.

## Včelovití (Apidae)

### Stepnice (Eucerini)

Stepnice jsou zavalité a hustě ochlupené včely, jejichž samci mají nápadně prodloužená tykadla. Charakteristickým znakem jsou dvě vřetenní políčka v předních křídlech. U nás 8 druhů. Hnízdí v zemi na rovném nebo částečně svažitém podkladu. Zásoby potravy jsou narozdíl od jiných včel uloženy volně natěsnáním do dolní poloviny komůrky. Vajíčko je uloženo na povrchu těchto zásob. Hotová komůrka s přístupovou štolou je zasypana zeminou. Preferují xerothermní biotopy. U nás 16 druhů. **Stepnice rudonohá** (*Tetraloniella alticincta*) létá na hvězdnicovité rostliny podobně jako **stepnice obecná** (*Tetraloniella fulvescens*).

### Drvodělky (Xylocopinae)

Jak napovídá český název, tyto samotářské včely si nehloubí svá hnízda do země, ale vykusují chodby do dřeva. Patří k nim malé i velké druhy včel, přičemž ty největší zahrnuje rod **drvodělka** (*Xylocopa*). Tyto včely jsou černošedé a zavalité vzhledově připomínají čmelákači mouchu masařku. Hnízdí ve dřevě nebo rostlinných lodyhách, kde hlavní chodba je od plodových komůrek oddělena silnou zátkou z dřevních pilin. Plod zásobují směsí pylu a nektaru, kromě pylosběrného aparátu na zadních holeních a chodidlech jej přinášejí i ve vletu. Samice se zpravidla dočkají vylíhnutí svých potomků, což je u samotářských včel ojedinělý jev. **Drvodělka fialová** (*Xylocopa violacea*) je velká 20-25 mm, zadeček má černý, hrud' a křídla modročerné. Oblíbeným biotopem jsou lesostepi, teplé okraje lesů a světlé lesy, často se však vyskytuje i v zahradách a kolem domů. Hnízdí v suchém rozpadajícím se dřevě. K vidění je hlavně na bobovitých, hluchavkovitých a hvězdnicovitých rostlinách. **Kyjorožka** (*Ceratina*) je oproti předchozímu druhu malá (5-10 mm) a štíhlá. Svůj český název získala podle krátkých kyjovitých tykadel. Svě hnízdo si obvykle staví v lodyhách různých bylin.

**Pelonosky (Anthophorini)** - malé až velké (8-18 mm), zavalité převážně hustě ochlupené druhy vzhledově podobné čmelákům. Hnízdí jednotlivě nebo skupinově ve vlastních vyhrabaných hnízdech v kolmých hlinitých stěnách, rozrušené omítce, ve zvětralých zídkách. U nás 13 druhů. Pelonosky patří mezi otužilé včely aktivující již brzy ráno a až do pozdního večera. Jsou schopny svalovým třesem udržovat provozní teplotu až kolem 40 °C. Nejčastěji můžeme potkat **pelonosku hluchavkovou** (*Anthophora plumipes*), která má dvě barevné mutace: samice může být šedohnědě ochlupená s rezavě červenými sběračky nebo černohnědě ochlupená s rezavožlutými sběračky. Samci jsou vždy šedohnědí. Preferuje květy hluchavkovitých.<sup>2</sup>

Literatura:

1. Žďárek J. (2013): Hmyzí rodiny a státy. – Academia, 582 s., Praha
2. Macek J. et al. (2010): Blanokřídli České republiky I. – žahadloví. – Academia, 524 s., Praha

## 2.4 Kukaččí včely

---

**Nomády** se na první pohled podobají spíše vosám než včelám. Při podrobnějším zkoumání však najdeme mnoho znaků, které jejich zařazení do čeledi Apidae potvrzují. Samice si samanedovede založit a vybudovat vlastní hnízdo a zaopatřit je pylem. Proniká tedy do hnízd různých samotářských včel (nejčastěji stepnic) a naklade tam vajíčka. V hnízdě pak také proběhne celý vývoj na úkor původních obyvatel.

## 2.5 Zajímavosti ze světa včel

---

1. Zrakový vjem ze složených očí včel je mozaikovitý, ale na kratší vzdálenosti včela dobře rozlišuje barvu i tvar květů, a to v ultrafialové oblasti spektra, pro kterou jsou naše oči slepé. Včelám se proto i bílé květy jeví barevně, protože každý odráží poněkud jiné ultrafialové paprsky. Na jednobarevných okvětních plátcích pak včely vidí v UV oblasti spektra různé vzory, kterými jim květ „ukazuje“ cestu k medníkům. V terénu na zeleném podkladu dokáže včela citlivě rozpoznat barevné skvrny odpovídající květům. Překvapivé bylo zjištění, že včela spěchající přímým letem na naleziště přestane ubíhající terén vidět barevně. Teprve když zpomalí a začne hledat květy, barevné vidění se jí vrátí. Malý „mozek“ včely se zkrátka nesmí zbytečně zahlcovat nepotřebnými informacemi.
2. Včely nejlépe upoutají věci, které se pohybují. Mávnutí ruky, kterým je chceme odehnat, je tedy tím nejlepším podnětem k útoku. Při napadení rozběsněným rojem včel je proto nejlepší obranou zachovat pokud možno klid, padnout na zem a nehýbat se. I rostliny o této zvláštnosti hmyzího vidění vědí, a proto malé nenápadné květy bývají na tenkých stoncích, které rozkmitá i ten nejslabší vánek.
3. Včely mají výborný čich, jehož sídlem jsou koncové články tykadel poseté čichovými brvami (sensilami). Ve srovnání s našimi čichovými vjemy jsou ty včelí tisíckrát bohatší. Tuto výhodu využívají jak při hledání květů, tak i při vzájemné komunikaci.
4. Chuťová čidla mají včely nejen na jazýčku, ale i na chodidlech. S obdivuhodnou přesností tak dokáží rozlišovat i nepatrné rozdíly v koncentraci cukerných roztoků, což se jim výborně hodí při hodnocení vydatnosti různých květních nektarů.
5. Včely mají smysl pro zemský magnetismus, elektromagnetické pole a pro statickou elektřinu. Tyto „šesté smysly“ jim pomáhají předvídat počasí, usnadňují jim navigaci předlouhých letech na pastvu.
6. Ve středověku byly rozdrážděné včely vypouštěny na dobyvatele hradních valů nebo byly úly přímo katapultovány přes hradby. Před vynálezem lodního děla byly úly plně včel vrhány na nepřátelské galérie.

Literatura:

Žďárek J. (2013): Hmyzí rodiny a státy. – Academia, 582 s., Praha

## 2.6 Dějiny včelařství

---

### Dějiny včelařství

Med byl původním a nejrozšířenějším sladidlem. Jeho sběr je doložen ještě před vznikem zemědělství na skalní kresbě z jeskyně Arana ve španělské Valencii z konce paleolitu. Zatímco starověké civilizace začaly poměrně záhy chovat včely v úlech u domů, ve střední Evropě převládalo tzv. **brtnictví čili včelaření lesní**. Brtě v dutinách starých stromů byly však často záměrně připravovány. Do nich se pak lákala včelstva, která měla své značky a majitele. I když v našich zemích převažovalo brtnictví až do 16. století, již v 9. století je doložena existence skutečných úlů. Dokladem o tom je Ibn Rustova zpráva, která informuje o včelařství na dvoře velkomoravského knížete Svatopluka, v níž popisuje dřevěné nádoby na stojanech

s vyvrtanými otvory pro včely. V kronikách z 10. a 11. století jsou zmiňováni vedle rozličných sluhů v domácnosti také **včelníci** pečující o včelstva. V té době se také konaly v Praze „trhy medové“, kde se český med směňoval v poměru 1 : 1 za dováženou sůl. I přesto však až do 16. století převažovalo brtnictví. V historii českého včelařství je několik momentů, kdy došlo

k jeho úpadku – většinou v souvislosti s válečnými konflikty, které odsunuly včelařství na podřadné místo. První z nich byla třicetiletá válka. Po ní dochází ke zjevnému obratu teprve vedruhé polovině 18. století nejen u nás, ale v celé střední Evropě. Pro vývoj našeho včelařství měl značný význam tzv. **včelařský patent vydaný Marií Terezií** 8. dubna 1775 (od r. 1775 platil pro Dolní Rakousy a Moravu, pro Čechy byl vydán 30. srpna 1776). Včelařům se dostává právo; med i vosk neměly být nikdy zatíženy poplatky, každý včelař mohl „jak na panské, tak na selské pole pohankou oseté za účelem pastvy“. Při převážení nesmělo být vybíráno mýto a počet včelstev nebyl omezen „...každý včely v jakémkoli sobě oblíbeném množství držeti a živnost tu svobodně provozovati může; naproti tomu pak vrchností nebo hospodářství úředníci, kteří by poddaným v chovu včelíček neb obchodu s medem a voskem ta nejmenší protivenství neb příkoří činili, mohou naši nejvyšší nemilost očekávati...“. Výsledkem státní podpory bylo izaložení první včelařské školy ve Vídni v roce 1770. Podobně jako jinde i ve včelařství sehrály významnou roli spolkové organizace. První z nich byl Spolek ku zvelebení včelařství založený v roce 1852 J. N. Oettlem. K dalšímu bouřlivému rozvoji včelařství u nás došlo v druhé polovině 19. století. Podstatně k němu přispělo sestrojení úlu s rozběrným dílem, které tvoří podstatu úlových systémů dodnes, farářem Dzierzonem (1811-1906) z Karlovic v Pruském Slezsku. Odrazem těchto progresivních změn jsou i údaje o početních stavech včelstev.

Zatímco v roce 1791 jich bylo v Čechách kolem 60 000; v roce 1869 140 000 (+ Morava 70 000) a v roce 1880 asi 176 000 včelstev (+ Morava 83 000). V průběhu dalších let jejich počty kolísaly mimo jiné vlivem I. a II. světové války. V dobách komunismu došlo k nárůstu počtu včelstev i včelařů samotných, na počátku roku 1990 dosáhl počet včelstev 771 000, poté následoval prudký pokles až na počet 528 186 v roce 2010. Také počet včelařů samotných má od tohoto roku silně klesající tendenci. Staří nemají svůj um a vědomosti komu předat, mladým chybí motivace mimo jiné vzhledem k rostoucím cenám cukru nutného k přikrmování. Dalším problémem jsou choroby – v zimě 2007 – 2008 nepřežilo kvůli silnému napadení roztočem *Varroa jacobsoni* (varroáza) dle Českého svazu včelařů 119 tisíc včelstev. Mnohem větší hrozbou, proti které není obrany, je však v současné době mor včelího plodu způsobený bakterií *Bacillus larvae*. Při jeho výskytu je nutné napadená včelstva spálit.....



## 2.7 Plemena včely medonosné

### Plemena včely medonosné (*Apis mellifera*)

Včela medonosná, jeden z nejznámějších domestikovaných živočichů, je třetím hmyzem se zmapovaným genomem (stalo se v roce 2006). Pochází pravděpodobně z východní části tropické Afriky, odkud se rozšířila dvěma směry: na sever do Evropy a na východ do Asie.

V průběhu evoluce jednak vznikla v důsledku přizpůsobení k místním podmínkám řada původních poddruhů, jednak vzniklo šlechtěním a křížením množství kulturních ras, lišících se nejen vzhledem, ale i chováním. S rozvojem včelařství docházelo stále více k přesunům včelstev a včelích matek a tím k hybridizaci původně oddělených plemen. Navětšinou evropského území je dnes chována populace více nebo méně smíšená. Vzhledem k nenahraditelné hodnotě původních plemen jako genových zdrojů je snaha o jejich důkladný popis a ochranu. Na území Čech a převážně části Moravy se vyskytovala včela tmavá (*Apis mellifera mellifera*). Pouze v jihovýchodní části Moravy byla rozšířena včela kraňská (*Apis mellifera cranica*). V polovině 19. století byla původní tmavá včela nekontrolovatelně pokřížena ostatními plemeny (včela italská a kraňská, ale také cyperka, včela kavkazská). Následkem byl zánik tmavé včely v čisté formě. Na sklonku 19. století započal rozsáhlý plemenářský program. Snahou bylo navrátit se k původní tmavé včele a oslabit vliv včely italské. Vliv včely kraňské setrval, protože exteriér naší včely se velmi blíží ke standardu včely kraňské. Po první světové válce se ještě zvýšil dovoz prošlechtěných kraňských kmenů. Z průzkumu chovů v roce 1965-1966 bylo patrné, že tmavá včela v čisté formě přestala existovat. V roce 1970 započal přechod k plemeni čisté včely kraňské dovozem prošlechtěných linií. Do roku 1980 bylo jediným zdrojem plemenného materiálu Rakousko a severní Slovinsko. V roce 1985 však došlo k úhynu více než třetiny rakouských včelstev na varroázu. Obdobná situace se opakovala v Rakousku ještě několikrát v následujících letech. V roce 1989 se tak Čechy staly rezervoárem včely kraňské.

**Včela tmavá** (*Apis mellifera mellifera*) dříve také zvaná středoevropská, lesní, německá, domácí česká

**Rozšíření:** Původní oblast výskytu zahrnuje celou západní a střední Evropu, severní části území bývalého Sovětského svazu přes Sibiř až k Tichému oceánu. Na africkém kontinentě se vyskytuje v Tunisu. V západní Evropě je v současné době silně pokřížena včelou italskou a včelou kraňskou.

**Exteriér:** Je to relativně velká včela s kratšími končetinami. Chitinové části těla jsou tmavé až leskle černé s častými barevnými odchytkami, např. světle zbarvené okraje prvního zadečkového článku dělnic a barevné ostrůvky na prvním zadečkovém článku trubců.

Ochlupení je dlouhé a řídké. Barva ochlupení trubců je hnědá až černá. Ochlupené pásy zadečkových článků jsou úzké až velmi úzké. Sosák je nejkratší ze všech námi uváděných plemen, a to 5,8 až 6,2 mm. Loketní index dělnic činí 1,5 až 1,9, loketní index trubců 1,0 až 1,5.

**Vlastnosti:** Udržuje středně silná včelstva. Má pomalý jarní rozvoj, v létě však dlouho ploduje. Některé kmeny jsou silně rojivé. Je to nejvhodnější včela pro využití vřesové snůšky, tj. pozdní snůšky s přístupným nektarem. Dobře přezimuje i v drsných podmínkách. Je bodavější než ostatní plemena a je neklidná při manipulaci s plásty.

**Včela italská** (*Apis mellifera ligustica*), nazývaná také včela vlašská

**Rozšíření:** Svým původem je to včela poloostrova Apeninského, kde se nyní již v čisté podobě téměř nevyskytuje. Dnes je velice rozšířena v Americe, Austrálii a na Novém Zélandu. Pronikla rovněž do západní Evropy a Skandinávie, kde jsou současné chovy založeny namátkách dovezených většinou z USA.

**Exteriér:** Je o něco menší než včela tmavá, velikostí se shoduje s kraňkou i kavkazankou. Má jeden až tři zadečkové články žlutě zbarvené. Vyskytují se však i formy s celým žlutým zadečkem. Exteriérové hodnoty loketního indexu se shodují s včelou kraňskou (viz dále).

**Vlastnosti:** Na jaře se rozvíjí středně rychle, v létě a na podzim udržuje silná včelstva. Častoploduje celou zimu. Má větší zimní spotřebu a hůře snáší dlouhé a studené zimy. Je mimo aklidná při manipulaci. Má sklon k loupeži. Uvádí se menší smysl pro orientaci a větší zalétávání.

**Včela kavkazská** (*Apis mellifera caucasica*)

**Rozšíření:** Původně žila v hornaté části Gruzie a v evropské části Kavkazu. Druhotně se rozšířila v Americe a v Austrálii. V současné době se plánovitě rozmnožuje v Gruzii a dalších oblastech bývalého Sovětského svazu.

**Exteriér:** Podobá se včele kraňské, častěji se však u ni vyskytují žluté skvrny na zadečku a světlejší nohy. Má velmi dlouhý sosák (6,6 až 7,2 mm).

**Vlastnosti:** Má rychlý jarní rozvoj, je klidná při manipulaci a velmi mírná. Silně tmelí. Velmi dobře využívá snůšku z jetele lučního, nedovede však zužitkovat medovicovou snůšku. Rychle se přeorientuje z jednoho zdroje nektaru na druhý, což se projevuje nižší opylovací činností na některých plodinách, např. na vojtěšce. Má sklon k loupeži.

**Včela kraňská** (*Apis mellifera carnica*) také kraňka, karnika, včela norická

**Rozšíření:** Svůj původ odvozuje z Gorenska, hornaté severozápadní části Slovinska (Kraňsko). Dále zaujímá jihovýchodní Alpy, severní Balkán, údolí Dunaje, na severovýchod sahá až do Karpat. V současné době pronikla do střední i západní Evropy, rozchovává se i v Americe a v Austrálii.

**Exteriér:** Středně velká včela s dlouhými končetinami. Chitin je tmavý s častými výskyty kožovitě zbarvených okrajů nebo celého prvního zadečkového článku. Ochlupení je husté a krátké. Ochlupení trubic je šedé až hnědošedé. Ochlupené proužky tergítů zadečku jsou široké až velmi široké. Délka sosáku činí 6,4 až 6,8 mm. Loketní index dělnic je 2,3 až 3,0, trubic 1,8 až 2,3.

**Vlastnosti:** Rychlý až velmi rychlý jarní rozvoj, který končí u některých kmenů již v plnémlétě. Přezimuje velmi hospodárně. Zvýšená rojivost je známa jen u méně prošlechtěných kmenů. Má dobrý sběrací a orientační smysl, silnou energii letu, využívá dobře jak snůšku nektarovou, tak i medovicovou. Dobře opyluje i využívá snůšku z jetele lučního. Je velmi mírná a klidná při manipulaci s plásty. Je značně odolná vůči bakteriálním nálezům plodu. Málo tmelí. Má vynikající přizpůsobivost.

Prof. Ruttner rozlišil u současné kraňské včely čtyři ekologické typy, a to typ alpský, karpatský, benátský a makedonský. Pro podmínky střední Evropy jsou vhodné však pouze typy alpský a karpatský. Z alpského typu z území dnešního Rakouska pocházejí nejznámější a nejrozšířenější kmeny „Sklenar“ z Mistelbachu, „Troiseck“ ze Štýrska a „Peschetz“ z Korutan. Včela kraňská je nejvhodnějším plemenem pro území celého našeho státu. Vzhledem k tomu, že původní areál jejího rozšíření je ohrožen bastardizací jinými populacemi, je včela medonosná kraňská na území České republiky zařazena mezi genové zdroje.

## 2.8 Čmeláci

---

**Čmeláci** mají zavalité tělo středně velké až velké s hustým, často výrazně zbarveným ochlupením. To působí jako tepelná izolace a umožňuje jim snášet i nižší teploty. Většina druhů mírného pásma zakládá jednoleté kolonie s jedinou plodnou samicí a několika generacemi dělnic, severské druhy produkují jen jedinou generaci dělnic, naopak tropické druhy mají kolonie víceleté. U nás přezimují oplozené samice, které brzy na jaře opouštějí svázimoviště a hledají vhodné místo pro založení hnízda (dutiny stromů, opuštěná hnízda hlodavců, duté pařezy apod.). Samice místo vyčistí a potáhne vrstvou vosku, ze kterého vyrobí medový zásobník. Vytvoří ze směsi pylu a nektaru bochník, na který vyklade 8-16 vajíček.

Následně jej překryje voskovou vrstvou a vzniklou plodovou komůrku zahřívá kvůli urychlení vývoje vajíček. Do týdne se z vajíček vylíhnou larvy, které se živí na pylovém bochníku. Larvy dospívají zhruba po 10 dnech, poté se zakuklí a po dvou týdnech se líhnou dělnice. Podle množství výživy se líhnou dělnice různé velikosti - menší dělnice vykonávají práci v hnízdě, větší mimo hnízdo. Specializovanou kastou jsou „komorné“ pečující o samici-královnu.

Pohlavní jedinci se líhnou v létě, kdy je kolonie na vrcholu rozvoje. U nás se vyskytuje 38 druhů čmeláků a pačmeláků. Samice některých druhů čmeláků jeví určité sklony k sociálnímu parazitismu. Pronikají do založených hnízd cizího nebo vlastního druhu, vyženou odtud původní samici a zaujmou její místo. K tomuto jevu dochází především z důvodu nedostatku hnízdních příležitostí. K sociálnímu parazitismu jsou zcela přizpůsobeni tzv. **pačmeláci**. Chybí jim sběrací košíček i kasta dělnic. Charakteristickými znaky jsou silná kusadla, pevná kutikula a silné, nahoru zahnuté žihadlo. Oplozené samice se probouzejí ze zimního spánku déle než čmeláci. Aktivně pronikají do hnízd hostitelů a původní samici buď zabijí, nebo si ji podřizují. Samice některých druhů otevírají plodové komůrky původních obyvatel, likvidují vajíčka a na jejich místo kladou vlastní. **Larvy pačmeláků** jsou však zcela odkázány na péči hostitelských dělnic. Vazba na hostitele je velmi těsná - zpravidla každý druh **pačmeláka** je specializován na určitý druh hostitele, kterého napodobuje svým vzhledem i chemickými signály.

Nejběžnější druhy našich čmeláků:

**Čmelák skalní (*Bombus lapidarius*)**

**Čmelák zahradní (*Bombus hortorum*)**

**Čmelák zemní (*Bombus terrestris*)**

### Literatura:

Macek J. et al. (2010): Blanokřídlí České republiky I. – žahadloví. – Academia, 524 s., Praha

**Doporučené webové stránky:** [www.cmelaci.cz](http://www.cmelaci.cz); [www.bombus.cz](http://www.bombus.cz)

## 2.9 Hrabalkovití (Pompilidae)

---

Hrabalky jsou parazité a predátoři specializující se na pavouky. Ochromí je vpichem žihadla dospodní části hrudi, kde má pavouk nervové uzliny pohybového a ústního aparátu. Oběť je častovější než útočník, proto je často třeba více vpichů o různé délce trvání. Některé druhy hrabalek dokonce ochromenou kořist hnětou kusadly, aby dosáhly rychlejšího účinku jedu. Následně pak hrabalka transportuje pavouka do předem připraveného hnízda a zajistí tím potomstvu potravu. Po nakladení vajíčka (zpravidla jen jednoho) hnízdo opět zahrabe. Snaží se tím zabránit útoku jiných hrabalek, které často odstraní cizí snůšku a pavouka si usurpují pro svépotomstvo. Dospělé hrabalky se živí převážně nektarem z květů, s oblibou navštěvují ploché květy či květenství se snadno dostupným nektarem.

## 2.10 Kutilkovití (Sphecidae)

---

Kutilkky jsou podobně jako hrabalky parazité pavouků, ale jejich larvy se vyvíjí i na jiném hmyzu, jako například švábech, rovnokřídlých, housenkách motýlů či larvách ostatních blanokřídlých. Většina druhů je hrabavých a zakládá si svá hnízda v zemi, některé však využívají přirozených dutin či si staví hliněné urnovité komůrky přilepené k podkladu.

### 3 Dvoukřídlí

---

#### DVOUKŘÍDLÍ (Diptera)

##### Charakteristický znak:

- vyvinut pouze jeden pár křídel (přední), druhý přeměněn v kyvadélka (haltery), která mají významnou funkci při letu = mechanoreceptory = obrovská manévrovací schopnost

Podle uspořádání tykadel je dělíme na podřád:

dlouhorozí (Nematocera),

krátkorozí (Brachycera).

Podřád dlouhorozí má tykadla z více než tří článků a jednoduše lze jeho příslušníky označit jako „model komár“. Tykadla nemusí být vždy příliš dlouhá. Žilnatina křídel působí řídkým dojmem, ovšem bez dopadu na pevnost a rychlost letu. Larvy mají zřetelně vyvinutou hlavu. Nejznámější zástupci jsou výše uvedení komáři, u kterých samice sají krev z důvodu výživy vajíček; **samci se živí štěvami z květů**. Ano, i obyčejný obtěžující komár může překvapivě přispět k opylování květů. Larvy žijí ve vodě. Další zástupce podřádu - pakomáři nesají krev, ale také se živí nektarem.

Modelovým organismem pro řád krátkorozí může být moucha. Nejdůležitějším znakem jsou tykadla složená ze 2-3 článků, přičemž z posledního vybíhá bičík v podobě tenké štětinky.

Mezi důležité zástupce, živící se nektarem, patří **pestřenky**, jejich larvy jsou však dravé.

Literatura:

Smrž J. (2013): Základy biologie, ekologie a systému bezobratlých živočichů. – Karolinum, 192 s. Praha

### 3.1 Dlouhososky

---

#### Dlouhososkovití (Bombyliidae)

Čeď s kosmopolitním rozšířením, její zástupci poněkud připomínají čmeláky. Jsou to však až **12 mm velké mouchy** nápadné svým vířivým letem nad květinami, který trochu připomíná kolibřika či některé druhy lišajů. Živí se nektarem a pylém květů. Jsou rozšířené na celém našem území. Larvy cizopasí na housenkách motýlů, larvách kuklic, lumků nebo samotářských včel. Samička klade vajíčka do blízkosti hnízd, larvy si pak samy vyhledají hostitele. Přezimující larvy se kuklí mimo včelí hnízdo až další rok na jaře. Dospělci poletují na slunných místech, jsou velmi čilí a rychlí letouni. **U nás žije asi 15 druhů z čeledi dlouhososkovitých.**

**Dlouhososka velká (*Bombylius major*)** létá od časného jara. Její základní zbarvení je černé, tmavá barva je však překryta hustými hnědými chloupky. Poznáme ji relativně snadno podle hnědého zbarveného širokého pruhu na předním okraji křídel, přičemž vnitřní okraj je průsvitný. Délka těla je cca 12 mm, přičemž sosák je téměř tak dlouhý jako celé tělo. **Dlouhososka černá (*Bombylilela atra*)** je drobnější (5-9 mm), černě zbarvená s několika bílými skvrnami na zadečku. Křídla jsou průsvitná, na začátku lehce hnědě zakouřená. Sosák je méně nápadný, dosahuje délky cca 3 mm. Nápadné hnědé tečky na křídlech a dlouhý sosák má **dlouhososka hnědoskvrnná (*Bombylius discolor*)**.

Literatura:

Křístek J. et Urban J. (2013): Lesnická entomologie. – Academia, 445 s., Praha

### 3.2 Pestřenky

---

Zástupci této čeledi jsou středně velcí a většinou pestře zbarvení, připomínající žahadlové blanokřídlé. Z tohoto důvodu se jim často říká lidově „vosičky“, ačkoliv s vosami nemají nic společného. Mají dobře vyvinutou křídelní žilnatinu a je u nich nápadná jejich schopnost takzvaně „viset“ ve vzduchu na jednom místě a pak prudce přelétnout na jiné místo. Dospělci se živí nektarem a pylem z květů, což je řadí mezi naše důležité opylovače. Larvy jsou dravé a mezi potravu některých druhů patří mšice a červi. Jejich jediná larva dokáže zahubit za jeden den kolem 100 mšic. U nás žije 370 druhů pestřenek.

Mezi naše běžné druhy patří **pestřenka pruhovaná**, **pestřenka čmeláková** atd.

#### Literatura

Křístek J. et Urban J. (2013): Lesnická entomologie. – Academia, 445 s., Praha

# Izolace DNA v kuchyni

Deoxyribonukleová kyselina, označovaná DNA (z anglického deoxyribonucleic acid), je často diskutována, ale málokdo si uvědomuje, že samotná izolace je snadná i v domácích podmínkách. Samozřejmě pro další práci s DNA je již potřeba laboratorní vybavení. Nicméně získání DNA v takovém množství, že je okem viditelná a její uchování pro případné další experimenty by mohlo žáky či studenty zaujmout. Cílovou skupinou by mohli být zájemci o biologii, či biochemii s kreativním přístupem.

Postup izolace lze různě modifikovat a používat odlišné čisticí prostředky a alkoholické nápoje, které mohou změnit celkovou výtěžnost. Lze také modifikovat postupy při izolaci DNA z masa nebo ovoce. Lze využít efektu mrazení nebo je možné ho vynechat a podobně. Praktickou část lze spojit s výkladem o dosažených technikách práce s DNA a budoucích možnostech.

## Využité přístroje:

kuchyňské vybavení

## Cílová skupina/náročnost:

2. ročník SŠ a odpovídající ročníky gymnázií

Autor:

Mgr. Jaroslav Pavelka, Ph.D.

Všechny uvedené texty, obrázky a videa jsou vlastní, není-li uvedeno jinak. Autory Youtube embed videí lze nalézt při kliknutí na znak Youtube ve videu během přehrávání.

**K plnohodnotnému využití této studijní opory je nutný přístup k on-line zdrojům a materiálům.**

Tento materiál vznikl z finanční podpory Evropského sociálního fondu a státního rozpočtu České republiky v rámci projektu „Popularizace vědy a badatelsky orientované výuky“, reg .č. CZ.1.07/2.3.00/45.0007.

# **1 Základní informace o projektu**

---

## **Název**

Izolace DNA v kuchyni

## **Anotace programu/zaměření/hlavní cíl**

Deoxyribonukleová kyselina, označovaná DNA (z anglického deoxyribonucleic acid) je často diskutována, ale málokdo si uvědomuje, že samotná izolace je snadná i v domácích podmínkách. Samozřejmě pro další práci s DNA je již potřeba laboratorní vybavení. Nicméně získání DNA v takovém množství, že je okem viditelná a její uchování pro případné další experimenty by mohlo žáky či studenty zaujmout. Cílovou skupinou by mohli být zájemci o biologii, či biochemii s kreativním přístupem. Postup izolace lze různě modifikovat a používat odlišné čisticí prostředky a alkoholické nápoje, které mohou změnit celkovou výtěžnost. Lze také modifikovat postupy při izolaci DNA z masa nebo ovoce. Lze využít efektu mrazení, nebo je možné ho vynechat a podobně. Praktickou část lze spojit s výkladem o dosažených technikách práce s DNA a budoucích možnostech.

## **Cílová skupina**

Cílovou skupinou by měli být studenti 1-2 ročníku čtyřletého gymnázia nebo 5-6 ročníku osmiletého gymnázia se zájmem o přírodní vědy, nicméně úloha je natolik jednoduchá, že ji lze provádět i na základních školách v rámci nepovinného předmětu i zájmových biologických kroužků.

## **Pomůcky**

Materiál pro získání DNA – rybí, hovězí či vepřové maso, kuřecí játra, plod kiwi a podobně, dále mixer, prostředek na vysrážení DNA, jako například líh (líh z lékárničky, lihový čistič, vodka, rum apod. případně isopropanol), nějaký detergent (Jar, Pur, apod.), dále mrazák, filtra kávu, nebo jemné sítko, misky, nebo hluboké talíře, (raději plastové), nůž, dřevěná špejle, teploměr (0-100°C).

## **Časová náročnost**

Odhad je 2 – 4 vyučovací hodiny.

## **2 Motivační rámec projektu**

---

DNA je inspirací sama o sobě, ale i populární kultura se jí často zabývá. Seriály jako „Sběratele kostí“, filmy jako „Jurský park“ nebo filmy založené na fantastických mutacích, např. série „X - Meni“, přivádí mnohé mladé, aby uvažovali o možnostech, které práce s DNA nabízí i v reálném světě. Je velké množství věcí, které stále nevíme. Neznáme funkci všech genů, řízení všech procesů v těle, také se zkoumá, jak jsou mnohé děje v organismu vůbec aktivovány. Možnosti v medicíně jsou dané, ale etika zásahů do lidského i zvířecích genomů ježhavé téma. GMO potraviny u mnohých vyvolávají paniku, přitom konzumují odrůdy kukuřice připravené mnohem dramatičtějšími zásahy do celkového genomu někdy na počátku dvacátého století, jen o tom nevědí. Schopnost vlastního rozhodování je dána mírou získaných informací. Budoucnost mohou zodpovědně ovlivňovat ti, kteří sami budou studovat, a jejich zájem o DNA může spustit právě jednoduchý pokus izolace z potravin.

Nabízené téma již bylo opakovaně zpracováno, snaha byla ho podat poněkud jiným způsobem. Ale je vhodné se podívat na další kvalitně zpracované materiály:

[http://www.conatex.cz/veda/PDF/6\\_chemie\\_stredni%20skola/05\\_vyzkum/5.3\\_DNA.pdf](http://www.conatex.cz/veda/PDF/6_chemie_stredni%20skola/05_vyzkum/5.3_DNA.pdf)

[http://www.gymnasiumkladno.cz/soubory/bio\\_kucharka.pdf](http://www.gymnasiumkladno.cz/soubory/bio_kucharka.pdf)

[http://www.projekt-trojlistek.info/metodiky/chemie-metodika\\_5-01%20DNA%20ve%20zkumavce.pdf](http://www.projekt-trojlistek.info/metodiky/chemie-metodika_5-01%20DNA%20ve%20zkumavce.pdf)

<http://sumavak.anafra.net/genetikafinal.pdf>

<http://www.vedanasbavi.cz/orisek-izolace-dna>

[http://zeaxantin.rajce.idnes.cz/Extrakce\\_DNA\\_z\\_bananu/](http://zeaxantin.rajce.idnes.cz/Extrakce_DNA_z_bananu/)

## **3 Poznámky k využití přístrojů**

---

Projekt je úmyslně koncipován způsobem, aby zahrnoval výlučně zařízení a vybavení v běžné domácnosti. Nejsložitějším zařízením je tedy mixér a mrazák. Podstatou je, aby si každý účastník pokusu uvědomil, že i řada zdánlivě složitých záležitostí je řešitelná díky znalostem pomocí improvizací.



## 4 Vzor pracovního protokolu

---

### Vzorprotokolu

Miloš Lihumilný

Datum:XXXXX

Gymnázium Grad

**Téma:** Izolace DNA v běžné kuchyni.

#### Úvod:

Teorie a princip úlohy (*popsat velmi stručně význam izolace DNA a potřebu znát více způsobů kvůli dalšímu možnému zpracování. Je možno zmínit význam DNA pro život na naší planetě*).

#### Materiál a pomůcky:

*Seznam nutných věcí k provedení experimentu.*

#### Provedení:

1. Výběr vhodného organického materiálu.
2. Vybavení laboratoře - kuchyně
3. Pracovní postup:

*Popis jednotlivých kroků v pokusu a vlastní práce a vlastních modifikací, a zejména uvedení skutečně použitých poměrů*

#### Výsledky:

Dokumentace výsledku – fotografie vysrážené DNA v roztoku a po namotání na špejli. Pokus o odhad izolovaného množství.

#### Diskuse:

V této části je nutno vyhodnotit získané výsledky a uvést předchozí práce, které se vztahují k tomuto tématu.

Zde by bylo vhodné uvést laboratorní postupy a komerčně dodávané kity (sady) pro izolaci. Je možno vhodně využít hledání na internetu, např. Google Scholar. Vlastní výsledky je nutno popsat, zdůvodnit, proč k nim zřejmě došlo, a pokud možno porovnat s podobnými údaji, které už byly popsány, nebo je porovnat s výsledky dalších členů skupiny.

#### Závěr:

Krátce shrnout hlavní výsledky pokusu.

#### Sada otázek na přemýšlení

Proč je nutno uchovávat genetickou informaci?

Mohl by být jiný systém v přirozené genetické databázi?

Jak se asi stalo, že většina DNA v našich chromozómech zřejmě nic nekóduje? Byl by život možný bez DNA?

Jak dochází k mutacím a co se při nich děje na DNA? Jak se projevuje karcinogenní efekt?

Testovali jsme mutageny v potravě, mohou mutace způsobovat i jiné vlivy? Jsou také mutageny pro člověka ty mutageny, které mohou ovlivnit mouchy?

Co by se stalo s námi vytvořenými mutanty v přírodě? Zkuste se zamyslet, zda některá konkrétní mutace by mohla být za nějakých podmínek výhodná. Příklad: na ostrově uprostřed oceánu bez predátorů je výhodné nemít křídla, protože létací hmyz zanese vítr nad vodu, kde se utopí.

## 5 Postup izolace DNA

- 1) V první řadě je nutno vybrat materiál, který obsahuje DNA. Můžeme použít nějakou zeleninu, syrová kuřecí játra, plod kiwi, jahody. Pokud vezmeme krev, raději např. husí, protože krvinky savců jsou kromě bílých bezjaderné.
- 2) Do vybraného materiálu o objemu asi 100 ml (1/2 hrnečku) přidáme dvě kávové lžičky kuchyňské soli a 200 ml (asi dva hrnečky) vody a rozmixujeme v mixéru na kašovitou hmotu. Výsledek přecedíme přes sítko, nebo filtr na kávu (v nálevce) do připravené nádoby.



Vybraný materiál byl rozmixován s trochou soli a přecezen přes jemné sítko.

Přidáme 2 lžičce Jaru, nebo Puru (asi 25-35 ml) a zamícháme a necháme 5-15 minut stát. Alternativně necháme materiál zmraznout v mrazáku a získáme směs pomocí drcení a škrábáníkusem utěrky s pískem na mytí, např. Toro, tento postup je ale velmi pracný, ovšem pomůžeme rozbití buňky.



Byly přidány dvě lžičce Puru a tři lžičce ananasového džusu hry a stejné množství zmrazeného lihu, pro lepší vysrážení byla směs nalit do uzavíratelné nádoby a 30 min zamrazena.

Pokud tuto pracovní cestu odmítneme, musíme buňky narušit jinak, zejména jsou vhodné nějaké trávicí enzymy. V našich podmínkách bude nejlepší použít ananasový džus, protože ananas obsahuje směs enzymů nazývanou „bromelin“, která buňky naruší (přidáme asi tři polévkové lžičce, jemně zamícháme a necháme 15 minut stát), případně šťávu z čerstvého ananasu, protože džusy mohou být různě ředěné a upravované – na závěr praktik je možno ananas ve skupině sníst – vysvětlíme, proč se normálně v laboratoři nejí a nepije. U ovocných plodů můžeme natrávení obejít zahřátím na 60 stupňů Celsia (v takovém případě budeme muset ještě teplotu stanovit pomocí teploměru), nádobu s nejmenou nakrájeným plodem, např. kiwi, ponoříme do lázně a necháme stát přibližně 15 minut.

3) Pokud je směs teplá, zchladíme ji v lednici na pokojovou teplotu a nalijeme do směsi alkohol nebo izopropanol, nejlépe dopředu uchovávaný na mrazáku. Nalijeme přibližně stejné množství, jako máme směsi. Alkohol zůstane nahoře. Díky soli dojde k vysrážení normálně rozpuštěné DNA v místech, kde se voda a alkohol stýkají. Vysrážení můžeme také pomoci vložení nádoby na cca 20 – 30 minut do mrazáku.

4) Vysrážené dlouhé molekuly DNA můžeme z roztoku vyjmout pomocí dřevěné špejle, případně je na špejli namotat. Pokud chceme DNA uchovat, je pro to nejlepší použít další nádobku s alkoholem.



Vysrážená DNA byla zachycena na sítku a nabrána na špejli a uchována v lihu v malé nádobce.

Na další pokusy s DNA však potřebujeme už náročnější přístroje a zařízení, která v běžné kuchyni nenajdeme.

Můžeme zkusit zvýšit výtěžnost a experimentovat s různými druhy mycích prostředků teplotami a prodlužováním, případně zkracováním některých kroků.

## **Literatura**

Romanovský, A. Obecná biologie : celost. vysokošk. učebnice pro stud. přírodověd. a pedagog. fakult. Praha : SPN, 1985

Rosypal, Stanislav. Úvod do molekulární biologie. 4.,rozš. vyd. Brno : Stanislav Rosypal, 2006,

Rosypal, Stanislav. Přehled biologie. Praha : Scientia, 1994.

## **Doporučený multimediální materiál**

### **Izolace DNA v domácích podmínkách (česky)**

(video viz. on-line kurz)

-

### **Izolace DNA v domácích podmínkách (anglicky)**

(videa viz. on-line kurz)

## 6 Metodický list

---

Téma	Izolace DNA	
Tematický celek	<b>Bádáme v kroužku biologie na SS</b>	
Motivační rámec	DNA v nás a kolem nás	
Počet žáků	5-15	
Věk žáků	14-17	
Pomůcky	Kuchyňské vybavení	
Stručný popis aktivity svyužitím přístroje	Izolace DNA z ovoce nebo masa za použití mixéru, mrazáku,alkohololu, soli, čisticích prostředků a nádobí.	
Vhodné místo	<i>kuchyně</i>	
Cíle aktivity	<i>Žáci budou schopni využít domácí zařízení a izolaci DNA a naučí se základní věci o přítomnosti, funkci, významu nositelky genetické informace.</i>	
Rozvíjené kompetence	Improvizace, schopnost využít předmětů pro jiné funkce, než byly určeny, chápání některých biologických principů a zákonitostí.	
Předchozí znalosti	<i>Základní úroveň biologie.</i>	
Mezipředmětové vztahy	Biochemie	
Časový plán	Fáze činnosti s přístrojem	Metody a formy, motivace
	Mixér - 5 min	Vysvětlení významu rozbití tkání
	Mrazák 2 min (vzorek v mrazáku 20 min)	Objasnění procesu srážení v chladu

## 7 Závěrečné tipy

---

### Doporučený multimediální materiál

Popis izolace DNA v laboratoři (anglicky)

(videa viz. on-line kurz)

# Testování karcinogenních a mutagenních látek v našem okolí a stravě

Cílem je v teoretické rovině přiblížit studentům princip mutagenese a karcinogeneze a odlišení obou pojmů, aby bylo zřejmé, že každý karcinogen je mutagenem, ne u každého mutagenu však lze prokázat karcinogenní aktivitu. V praktické části mohou studenti provádět řadu jednoduchých testů, aby zjistili mutagenní charakter látek, které je obklopují. Testovacím modelem by mohla být *Drosophila melanogaster*, která je ideální genetickým modelem. Mutace jsou snadno rozeznatelné v binokulárním mikroskopu nebo pod silnou lupou. Pokusy se budou zaměřovat na možné chemické mutageny, které se mohou rozpustit v potravě muších larev, (zbytky vykouřených cigaret, podezřelé potraviny, čisticí prostředky, spáleniny jídel, plasty apod.). Studenti si během těchto pokusů osvojí jednoduchý chov nenáročného hmyzu a práci s binokulárním mikroskopem, případně pokud budou pokusy detailnější, i práci s klasickým mikroskopem (zkoumání mutací na povrchu křídla) a manipulaci s malými objekty.

## Využité přístroje:

binokulární mikroskop, mikroskop

## Cílová skupina/náročnost:

2. ročník SŠ a odpovídající ročníky gymnázií

Autor:

Mgr. Jaroslav Pavelka, Ph.D.

Všechny uvedené texty, obrázky a videa jsou vlastní, není-li uvedeno jinak. Autory Youtube embed videí lze nalézt při kliknutí na znak Youtube ve videu během přehrávání.

**K plnohodnotnému využití této studijní opory je nutný přístup k on-line zdrojům a materiálům.**

Tento materiál vznikl z finanční podpory Evropského sociálního fondu a státního rozpočtu České republiky v rámci projektu „Popularizace vědy a badatelsky orientované výuky“, reg .č. CZ.1.07/2.3.00/45.0007.

# 1 Základní informace o projektu

---

## Cíle a cílové výstupy

Studenti by se měli seznámit s vlivem chemických mutagenů v prostředí, které je obklopuje, v teoretické části pochopit působení chemických mutagenů a také se seznámit s *Drosophilou melanogaster* jako genetickým modelem.

Studenti by měli po výuce ovládat principy a způsoby, kterými může být poškozena DNA a měli by znát praktické a zdravotní dopady, včetně ekonomických – získávání vhodných mutantů pro zemědělství. Hodnocení může být prováděno známkováním nebo slovním ohodnocením jejich pracovních protokolů na základě jejich srozumitelnosti, přínosnosti a opakovatelnosti pro případné další zájemce.

## Cílová skupina

Cílovou skupinou by měli být studenti 1.-2. ročníku čtyřletého gymnázia nebo 5.-6. ročníku osmiletého gymnázia se zájmem o přírodní vědy, nicméně podobné pokusy lze provádět i na základních školách v rámci nepovinného předmětu i zájmových biologických kroužků, ale v tomto případě by se mělo jednat o zapálené jedince, a to kvůli nutné dávce trpělivosti a schopnosti manipulace s malými objekty.

## Časová náročnost

Vzhledem ke generační době vývoje drozofil lze pokusy odhadnout na dvě vyučovací hodiny, každý sudý nebo lichý týden po dobu jednoho až dvou měsíců podle toho, kolik pokusů bude zvoleno a zda budou opakovány.

## Pomůcky, přístroje a materiál

800 ml vody, 8 g agaru, 100g kukuřičné mouky, 75g cukru, 60g kvasnic, 10 ml kyseliny propionové nebo benzoové, vhodné skleničky nebo široké zkumavky, vaříč, dvě nádoby na přípravu, uzavíratelná nádoba na uskladnění živné půdy. Živé octomilky (drozofily), binokulární mikroskop, testované látky, případně zředěná kyselina chlorovodíková o pH 2, v případě provádění Wing spot testu - standardní mikroskop, dvě velmi ostré hodinářské pinzety, Faurův roztok (Faure's solutions) (30g arabské gumy, 30 ml glycerolu, 50 g chloralhydrátu, a 50 ml destilované vody) a velká dávka šikovnosti a trpělivosti.

Vše potřebné, jako mouchy, instantní krmivo a podobně, je rozněž možno objednat u firmy Carolina Biological (URL 12).

## Úvod do tématu

Problematika vzniku mutací, případně rakoviny, je citlivým tématem, sdělovací prostředky čas od času referují o potenciálním nebezpečí mutagenů v našem okolí, bohužel nezřídka v panikařském duchu. Studenti si mohou sami kreativně vybrat a vyzkoušet, co budou testovat a jak citlivě. Při tom se naučí zvládat chov hmyzu a práci s binokulárním mikroskopem na vlastním projektu. Vytvoření vlastního projektu a jeho zpracování je více stimulující než úloha pouze zvolená učitelem. O problematice mutageneze existuje mnoho literatury, na úvod v češtině lze uvést některé stránky (URL 9, 10), nebo odborné vysokoškolské učebnice (Rosypal a kol. 1992, 2003, Alberts *akol.* 2014), pro jednoduchý chov drozofil můžeme vycházet např. z některé z akvaristických stránek (URL 6, 7). Jak vypadají mutace u drozofily, si lze najít na stránkách, kde jsou příslušné fotografie (URL 3, 4, 11), nebo v literatuře (Lindsley a Zimm 1992).

## 2 Popis aktivit

### Podrobný popis aktivit

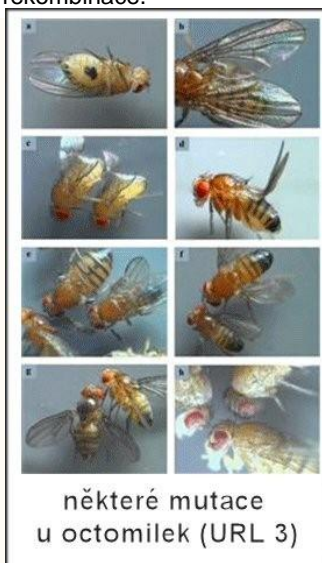
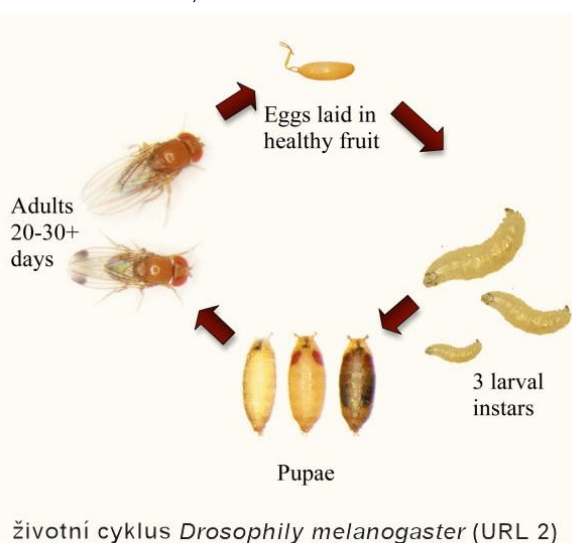
1) Opatříme si chov drozofil. První možnost je nacytat divokou formu z přírody. Nastrážíme ovoce někde v prostředí, kde se octomilky vyskytují, buď v mikroténovém sáčku, nebo ve sklenici, a jak se na ovoci shromáždí větší množství much, nástrahu uzavřeme a přeneseme je na připravenou živnou půdu. Využíváme toho, že se octomilky při vyrušení snaží vyletět vzhůru. Nebo si koupíme bezkřídlý chov, například od firmy Carolina (URL 5), ale tím se ochudíme o analýzu křídel, kde se dají dobře studovat somatické mutace (Graf 1984).

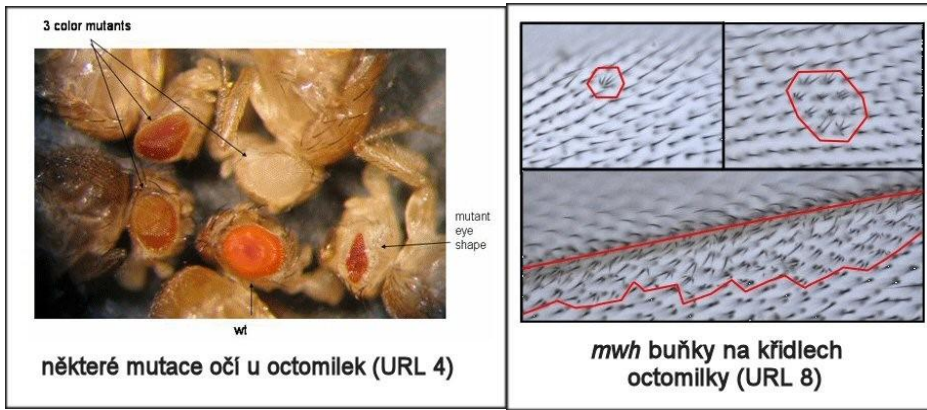
2) Vaření živné půdy. Na internetu lze najít řadu možností, jak připravit živnou půdu (např. URL 6, URL 7). Můžeme zvolit jeden z návodů. Připravíme si 500 ml vody, ve které necháme nabobtnat 8 g agaru. V jiné nádobě rozmícháme 200 ml vody a 100 g kukuřičné mouky a ve třetí nádobě si připravíme 100 ml roztoku z 2 dílů vody a 3 dílů cukru. Agar rozvaříme ve vodě a přidáme do něj nejdříve roztok vody a cukru a potom dohustíme vodou s kukuřičnou moukou. Směs dobře zamícháme, převaříme, aby neplesnivěla, a ještě horkou naléváme do připravených chovných sklenic. Pokud se nám sklenic nedostává, můžeme si připravený roztok uschovat do ledničky. Do chovných sklenic ještě nakapeme na povrch kvasnice rozetřené v troše vlažné vody. Přebytečnou vodu můžeme z chovných sklenic odsát např. pomocí filtračního papíru (viz URL 6). Ovšem proti nadměrnému přemnožení bakterií na povrchu nebo plesnivění je lepší ještě přidat před koncem vaření dezinfekci, např. cca 10 ml kyseliny propionové nebo benzoové, a řádně promíchat. Pro zásobní chov můžeme zvolit větší sklenici a pro pokusy nějaké menší nebo plastové silnější zkumavky. Hrdla je nutno uzavírat zátkami z molitanu nebo vatou.

3) Octomilky namnožíme a druhou generaci použijeme k pokusům. Připravíme vzorky, které chceme testovat, např. rozeleme a ve vodě vylouhujeme zbytky vykouřených cigaret nebo přepálený olej a podobně. Pokud chceme napodobit chemické reakce v lidském žaludku, můžeme vzorky namáčet v kyselině chlorovodíkové o pH 2. Do rozvařené živné půdy přidáme testovaný vzorek v tekuté fázi, zvolíme např. několik koncentrací, také testujeme několik vzorků. Nádobky (např. epruvety) s živnou půdou a vzorky necháme zchladnout (nejlépe přes noc nebo i kratší dobu, ale pak je nutno setřít ze stěn vysráženou vodu, aby se v ní mouchy neutopily). Na půdu vyklepeme několik drozofil (5-10), je nutné, aby byly přítomné samice, a necháme vyvinout další generaci. Chov raději umístíme v chladnějším prostředí cca 20-22 °Celsia, aby následující generace byla připravena za 14 dnů, ne zbytečně dříve. Na vývoj much se můžeme podívat na obr.1.

4) Po 14 dnech mouchy vyklepneme z epruvert a pozorujeme. Aby však neodletěly, je nutno je předtím uspat. Můžeme použít ether, ale po zkušenostech autora se studenty VŠ, kdy je místnost prosycena výparů etheru a u stropu létají mírně omámené octomilky, doporučuji použít led. Vyrobit kostky ledu na mrazáku, octomilky vyklepeme na led a pozorujeme je pod binokulárním mikroskopem. Pod led vložíme suchou utěrku, protože led pod teplem lampy rychle taje. Pokud máme možnost opatřit si levně tzv. suchý led, můžeme ji využít. Kultury před manipulací necháme chvíli v lednici, aby byly octomilky už od začátku málo pohyblivé. Případné mutace zaznamenáme. Pokud je na mikroskopu fotoaparát, nafotíme je (viz obr.2 a 3). Jestliže chceme zaznamenat mutagenitu látek opravdu citlivě, použijeme Wing spot test. Několik octomilek z kultury vybereme, humánně zabijeme a utrheme jim pomocí hodinářské pinzety křídla –pracujeme pod binokulárním mikroskopem. Pak přichází velmi obtížná část, malinké křídlo roztrhneme pomocí dvou hodinářských pinzet na hřbetní a břišní stranu a obě nalepíme na podložní sklíčko s kapkou Faurova roztoku. Můžeme ho zafixovat krycím sklíčkem, ale je lepší to nedělat. Následně preparát pozorujeme pod normálním mikroskopem při zvětšení 400x. Sledujeme výskyt mwh buněk a zaznamenáme jejich případný výskyt a porovnáme s kontrolou neovlivněnou potenciálními mutageny (Graf a kol. 1984, Frei a kol. 1992). Je třeba zvážit podle úrovně a zaměření studentů, jak precizně bude vypadat vyhodnocení pozorování.

Můžeme použít podklady z odborné literatury (Graf a kol. 1984, Frei a kol. 1992) nebo může učitel vytvořit nějaké jednoduché vlastní. Můžeme také použít pozitivní kontrolu s nějakým známým silným mutagenem, ale přípravu této kultury by měl z bezpečnostních důvodů provést jen učitel. U tohoto testu je nutno se také zaměřit na teoretickou část a vysvětlit somatické mutace, chromozomové aberace a mitotické rekombinace.





5) Možné pokračování – některé zajímavé mutanty můžeme dál chovat a zkusit vytvořit jejich čistou linii a zjistit, zda mutace je dominantní, nebo recesivní a zda je podmíněna jedním, nebo více geny.

---



### 3 Odkazy a literatura

---

#### Literatura

Alberts B., Johnson A., Lewis J., Morgan D., Raff M., Roberts K., Walter P. 2014 Molecular Biology of the Cell. 6th edition.. ISBN: 9780815344322

Frei H, Clements J, Howe D, Würgler FE. 1992 The genotoxicity of anti-cancer drug mitoxantrone in somatic and germ cells of *Drosophila melanogaster*. *Mutat Res*; 279: 21-33

Graf U, Würgler FE, Katz AJ, Frei H, Juon H, Hall CB, Kale PG. 1984 Somatic mutation and recombination test in *Drosophila melanogaster*. *Mutat Res*;271: 59-67

Lindsley D.L. Georgianna G. Zimm G.G. 1992 The Genome of *Drosophila melanogaster*. Publisher: Academic Press; 1 edition, 1133 pages, ISBN-13: 978-0124509900

Rosypal S. Úvod do molekulární biologie. 2.,rozš. vyd. Brno : Stanislav Rosypal, 1997.

Rosypal S. Úvod do molekulární biologie. 4.,rozš. vyd. Brno : Stanislav Rosypal, 2006

#### Internetové zdroje:

URL 1 - <http://www.rainforest.estranky.cz/clanky/chov-octomilek---krmiva.html>

URL 2 - <http://www.mountvernon.wsu.edu/entomology/pests/swd.html>

URL 3 - [http://www.frontiersin.org/image/Modifications\\_in\\_progeny\\_Drosophila\\_melanogaster\\_containing\\_conditional\\_mutations/89](http://www.frontiersin.org/image/Modifications_in_progeny_Drosophila_melanogaster_containing_conditional_mutations/89)

URL 4 - <http://faculty.mwsu.edu/biology/jon.scales/Courses/Genetics/Lab/lab.htm>

URL 5- <http://www.carolina.com/drosophila-fruit-fly-genetics/drosophila-vestigial-chromosome-2-mutant/172460.pr>

URL 6- [http://www.akvarijni.cz/texty/chov\\_krmiva.htm](http://www.akvarijni.cz/texty/chov_krmiva.htm)

URL 7 -<http://www.rainforest.estranky.cz/clanky/chov-octomilek---krmiva.html>

URL 8 - <http://www.open.ac.uk/personalpages/r.d.saunders/>

URL 9 - <http://www.genetika-biologie.cz/mutace>

URL 10 - <http://www.genetika-biologie.cz/mutageny>

URL 11 - [http://www.exploratorium.edu/exhibits/mutant\\_flies/mutant\\_flies.html](http://www.exploratorium.edu/exhibits/mutant_flies/mutant_flies.html)

URL 12 <http://www.carolina.com/life-science/genetics/drosophila-fruit-fly-genetics/10419.ct>

---

## 4 Projektový deník a otázky na přemýšlení

---

### Vzor protokolu

František Octomilný

Datum: XXXXX

Gymnázium Pučmelounov

#### Téma:

**Testování karcinogenních a mutagenních látek v našem okolí a stravě**

#### Úvod:

Teorie a princip úlohy (*popsat velmi stručně nebezpečí mutagenů a jejich vliv na organismy a Drosophilu melanogaster jako genetický model. Rovněž stručně popsát důležitost testování látek, které jíme nebo s kterými přicházíme do kontaktu.*)

#### Materiál a pomůcky:

*Seznam nutných věcí k provedení experimentu*

#### Provedení:

1. Organismy, na kterých se pokus bude provádět. Jejich popis a způsob získání.
2. Popis chovu – příprava potravy, vytváření kontinuity chovu, množení a uchovávání hmyzích kultur (*popsat podrobněji*).
3. Vybavení laboratoře.
4. Popis testovaných látek, způsob jejich přípravy a dávkování do potravy hmyzu.
5. Pracovní postup: *Popis vlastní práce a vlastních modifikací, a zejména uvedení skutečně použitých poměrů testovaných látek a potravy hmyzu.*

#### Výsledky:

Uvedení přesného počtu mutací a jejich popis, pokud se nějaké podařilo objevit. Hodnoty je vhodné uvést do tabulky.

#### Diskuse:

V této části je nutno vyhodnotit získané výsledky a uvést předchozí práce, které se vztahují k tomuto tématu. Je možno vhodně využít hledání na internetu, např. Google Scholar. Vlastní výsledky je nutno popsát, zdůvodnit, proč k nim zřejmě došlo, a pokud možno porovnat s podobnými údaji, které už byly popsány, nebo je porovnat s výsledky dalších členů skupiny.

#### Závěr:

Krátce shrnout hlavní výsledky pokusu.

#### Sada otázek na přemýšlení

Proč dochází k mutacím a co se děje na DNA?

Jak se projevuje karcinogenní efekt?

Testovali jsme mutageny v potravě. Mohou mutace způsobovat i jiné vlivy?

Jsou také mutagenní pro člověka ty mutageny, které mohou ovlivnit mouchy?

Co by se stalo s námi vytvořenými mutanty v přírodě? Zkuste se zamyslet, zda některá konkrétní mutace by mohla být za nějakých podmínek výhodná. Příklad: na ostrově uprostřed oceánu bez predátorů je výhodné nemít křídla, protože létací hmyz zanese vítr nad vodu, kde se utopí.

## **5 Videa související s tématem**

---

### **Mutace octomilek (angl.)**

(video viz. on-line kurz)

### **Chov octomilek, většinou z instantních směsí (angl.)**

(video viz. on-line kurz)

# Evoluce na stole v Petriho misce

Cílem je prakticky prokázat, zda mutace vznikají v organismu spontánně, nebo jako odpověď na vliv prostředí. Tedy způsobem přirozeného výběru popsáním Darwinem, nebo jak se domníval Lamarck, že se organismy přizpůsobují pouze díky okolnímu prostředí. Většina lidí, zvláště laičtí kritici Darwina, nechápou ani základní principy evoluce a oba přístupy směšují. Tímto experimentem je možno studenty naučit některým evolučním principům a nechat je vyzkoušet si jednoduchou práci s kultivací bakterií. Původní experiment provedli Max Delbrück a Salvador Luria v roce 1943, v roce 1969 získali Nobelovu cenu zčásti právě za tuto práci. Se studenty je možno provést jednodušší modifikaci, kterou provedl Newcombe v roce 1949 a publikoval v Nature, (Newcombe 1949). Studenti sami ověří, zda mutace vznikají cíleně, nebo náhodně.

## Využité přístroje:

Automatické pipety nebo kapátka, termostat, Papinův hrnec

## Cílová skupina/náročnost:

2. ročník SŠ a odpovídající ročníky gymnázií

Autor:

Mgr. Jaroslav Pavelka, Ph.D.

Všechny uvedené texty, obrázky a videa jsou vlastní, není-li uvedeno jinak. Autory Youtube embed videí lze nalézt při kliknutí na znak Youtube ve videu během přehrávání.

**K plnohodnotnému využití této studijní opory je nutný přístup k on-line zdrojům a materiálům.**

Tento materiál vznikl z finanční podpory Evropského sociálního fondu a státního rozpočtu České republiky v rámci projektu „Popularizace vědy a badatelsky orientované výuky“, reg .č. CZ.1.07/2.3.00/45.0007.

# 1 Evoluce na stole v Petriho misce

---

## Anotace

Cílem je prakticky prokázat, zda mutace vznikají v organismu spontánně, nebo jako odpověď na vliv prostředí. Tedy způsobem přirozeného výběru popsaném Darwinem, nebo jak se domníval Lamarck, že se organismy přizpůsobují pouze díky okolnímu prostředí. Většina lidí, zvláště laičtí kritici Darwina, nechápou ani základní principy evoluce a oba přístupy směřují. Tímto experimentem je možno studenty naučit některým evolučním principům a nechat je vyzkoušet si jednoduchou práci s kultivací bakterií. Původní experiment provedli Max Delbrück a Salvador Luria v roce 1943 v roce 1969 získali Nobelovu cenu, zčásti právě za tuto práci. Se studenty je možno provést jednodušší modifikaci, kterou provedl Newcombe v roce 1949 a publikoval v Nature (Newcombe 1949). Studenti sami ověří, zda mutace vznikají cíleně, nebo náhodně.

## Cíle a cílové výstupy

Cílem tématu je seznámit studenty pomocí praktické činnosti s evolučními principy, zejména se vznikem mutací a selekcí, ale vhodné je seznámit je také teoreticky s driftem nebo sexuální selekcí či evolučními trendy, vysvětlit základy darwinismu a lamarkismu a uvést i některé další teorie, zejména teorii přerušovaných rovnováh. V průběhu práce se studenti prakticky naučí kultivovat bakterie na agaru a vyzkouší si některé klasické postupy bakteriologie.

Výstupy by měly zahrnovat získání znalostí a být inspirací pro další studium bakteriologie a evoluční biologie a vést k zájmu o laboratorní práci. Ověření znalostí je možno provádět např. tak, že studenti samostatně vypracují protokol a pokusí se vlastní výsledky zpracovat dle literatury.

## Cílová skupina

Cílovou skupinou by měli být studenti 1.-2. ročníku čtyřletého gymnázia nebo 5.-6. ročníku osmiletého gymnázia se zájmem o přírodní vědy, nicméně se základním vybavením lze úlohu provést v zjednodušené formě (především ohledně vyhodnocení) i na základních školách v rámci nepovinného předmětu i zájmových biologických kroužků.

## Časová náročnost

Časová náročnost se odvíjí podle toho, zda si budou studenti sami připravovat agar s kultivačním médiem, nebo ho škola zakoupí již hotový a kolik času vyučující zvolí nateoretický výklad. První část by mohla trvat dvě vyučovací hodiny, případně teoretická část dvě hodiny a praktická další dvě. Případně i více, podle představ vyučujícího o rozsahu výkladu o evoluci a bakteriologii. Následně další tři dny přeočkování cca po 15-30 minutách a další týden 1-2 hodiny na vyhodnocení. Pokud striktně vyjdeme z kitu, který pro tento pokus nabízí firma Carolina, (Evolution in Real Time: Bacteria and Antibiotic Resistance) (URL 1), příprava 30 – 90 min (1-2 vyučovací hodiny), 2-7 dnů příprava a práce v laboratoři 30 – 60 min, (1-2 vyučovací hodiny), závěr 60 – 90 min (1-3 vyučovací hodiny).

## Pomůcky, přístroje a materiál

Bakterie *Escherichia coli*, antibiotikum (např. tetracyclin, ampicilin), kultivační médium (LB- Agar 10 g trypton, 5 g kvasničný extrakt, 10 g chlorid sodný, 15 g agar, pH 7,0 – možno zakoupit hotové). Sametová tkanina nebo obdobná (např. velur), která potahuje razítko odpovídající velikostí Petriho misce, vyrobené např. z molitanu, Petriho misky, Papinův hrnec, očkovací kličky, nebo prostě můžeme zakoupit od firmy Carolina kit pro tento experiment, který vše obsahuje v ceně 50 dolarů pro jednu skupinu 2-4 studentů, nebo za 105 dolarů pro 8 skupin po 2-4 lidech, musíme však připočítat poštovné z USA.

Automatické pipety nebo kapátka, termostat (nebo elektrickou troubu nastavitelnou od 30°C, nebo v topné sezóně, plech na ústředním topení a vhodný teploměr, kterým nastavíme teplotu topení na povrchu na cca 37 °C).

## 2 Úvod do tématu

---

### Úvod dotématu

Pojem evoluce je velmi často užíván, ale obvykle jen na teoretické úrovni. V této úloze si mohou studenti vyzkoušet vznik mutací a selekci vlastníma rukama. Učitel i studenti mohou vycházet z klasických prací nositelů Nobelovy ceny a jejich pokračovatelů (viz Luria 1984, Luria a Delbrück 1943, Newcombe, H. B., 1949, Zheng 1999, Zheng 2010) a z naučné literatury, která se těchto klasických témat dotýká (Rosypal 1981), a také z nedávné diskuze a zpochybňování evoluce.

Luria-Delbrückův experiment jasně ukazuje, že v bakteriích vznikají genetické mutace samovolně i za nepřítomnosti vlivu prostředí a tedy selekce, spíše než jako odpověď organismu na prostředí. Z těchto experimentů bylo jasné, že náhodně vzniklé mutace podléhají Darwinově teorii přirozeného výběru a právě bakterie se ukázaly jako vhodný model, kde se tento fenomén dobře identifikovat. Tak vznikl tzv. flukтуаční test. Použili bakterie citlivé k bakteriofágu (bakteriálnímu viru) T1, které kapali na Petriho misky, které už na sobě měly tohoto bakteriofága. Pokud by mutace vznikaly bez jakéhokoliv vlivu vnějšího prostředí, pak by počet kolonií odolných buněk na miskách závisel pouze na tom, kdy během kultivace k mutaci v bakteriální kultuře došlo. Pokud platí Darwinova představa, neměla by na většině misek být žádná kolonie bakterií, protože mutace vznikají vzácně, ale na některých by nějaké kolonie byly a vzácněji i hodně kolonií, protože vhodná mutace byla už přítomna někdy na začátku pokusu, kdy došlo k vysetí bakterií. A přesně tomuto odpovídaly výsledky. Tedy darwinismu.

Objevily se však kritiky. Protože kritika darwinismu je populární téma u kreacionistů, věnujeme jí obsáhleji, ale zkusíme to na odbornější úrovni. Hlavní kritik flukтуаčního testu byl John Cairns se spolupracovníky (Cairns a kol. 1988, Storchová 1995), jeho námitky v populárním článku charakterizuje tak, že bakterie prostě vůbec neměly čas prokázat svou (potenciální) schopnost tvořit vhodné mutace. Luria i Delbrück si toho byli dobře vědomi a v diskusi ke svým výsledkům uvedli, že „zcela jiná situace by byla zřejmě v případě mutací genů energetického metabolismu“, při níž by bylo možno použít neletální selekci, takže bakterie by nezahynuly ihned. Jejich hlas zřejmě zanikl v radostných ovacích nad vyřešením problémů s mutacemi (Storchová 1995). Zrzavý a kol. (2003) Luria a Delbrückův pokus svým typickým způsobem popisují tak, že příště by bylo možno se stejným oprávněním zkoumat, zda se zajíc dokáže adaptovat na kulku v lebce a myš na páteř přeraženou sklápací pastí, a zjistit, že rovněž nikoli. T-bakteriofágy totiž buňky bakterií jednorázově zabíjejí a rozhodně jim nedávají čas na proběhnutí vůbec žádných evolučních procesů, a to ani procesů lamarckovských, které by měly být podstatně rychlejší než procesy darwinovské (Zrzavý a kol. 2003).

Cairns se spolupracovníky uspořádali pokus takto: pracovali s bakteriemi mutovanými v genu pro enzym  $\beta$ galaktozidázu. Tyto bakterie nejsou schopny využívat jako zdroj uhlíku a energie laktózu, nicméně vysejeme-li je na selektivní médium (médium, kde vytvoří kolonii jen buňky s určitou vlastností; v tomto případě médium s laktózou), nezahynou ihned, ale ještě několik dní celkem dobře přežívají – mají tedy čas ukázat, zda si dovedou se svízelnou situací poradit (viz Cairns a kol. 1988, Storchová 1995). Při tomto uspořádání Cairnsova skupina zjistila, že se na miskách s laktózou objeví asi po 2 dnech (tedy v době, kdy mají řádné bakteriální kolonie narůst) několik málo kolonií zřejmě spontánních mutantů a že ještě několik dalších dní přibývají kolonie nové. Tyto „opozděné“ kolonie vrostly zřejmě z buněk, které potřebnou mutaci získaly v době, kdy se už bakterie na misce nedělily (protože se dělit nemohly, nemají energie nazbyt). Cairns navíc prokázal, že se tyto pozdní mutace objevují skutečně pouze v přítomnosti laktózy a že jsou specifické, neboť se týkají jenom toho genu, jehož změna umožní buňce vyřešit kritickou situaci. Bakterie tedy zjistily, že by se jim ztraceně hodil gen pro  $\beta$ -galaktozidázu, a jelikož byl poškozený, opravily si jej (viz Cairns a kol. 1988, Storchová 1995).

Cairns navrhl že nejenom replikace, ale i transkripce (přepis z DNA do RNA) může být mutagenní, takže každý organismus produkuje z jednoho genu různorodou sadu molekul mRNA. Náhodou přepsána molekula mRNA s takovou „chybou“, že jejím překladem vznikne bílkovina správná a buňka náhle získá ten jediný enzym, který potřebovala k růstu (stačí i jen několik málo molekul). Jakýsi (dosud neznámý) monitorovací systém zaregistruje onu správnou mRNA, zapamatuje si ji a udržuje v dohledu a ve vhodném okamžiku ji reverzní transkriptázou přepíše z RNA do DNA, takže vznikne příslušný správný gen. Buňka mezitím začne růst a replikovat DNA, takže potřebná mutace je natrvalo zaznamenána (viz Cairns a kol. 1988, Storchová 1995). Tahle hypotéza se dodnes do roku 2015 nepotvrdila a už v době vzniku zněla dost nevěrohodně. Nicméně výzkum pokračoval. Než se o něm zmíníme, nejdřív si uvědomme jednu zcela zásadní věc pro bakterie. Mají tzv. plazmidy, což jsou malé kruhové molekuly DNA v buňce, které jsou pro základní funkce nepotřebné, ale mohou nést další geny navíc, třeba právě pro rezistence k antibiotikům, nebo třeba gen pro  $\beta$ -galaktozidázu. A tyto plazmidy si buňky mohou vyměňovat a při výměnách dochází k replikaci DNA těchto molekul nastávají i častěji chyby, zvláště při hladovění, jako v případě Cairnsových pokusů, takže toto opoždění je možná vysvětlitelné i jinak než lamarkismem.

V posledních letech se pracuje na tzv. paramutacích a epigenetických fenoménech, nebudeme si všimnout jinak velmi důležitých metylací DNA, které se přenáší do následující generace, ale podívejme se v rychlosti na malé RNA, aspoň na jeden příklad.

Otec myšák nese variantu na jednom chromozómu mutaci  $Kit^{tm1Alf}$ , která způsobuje, že má bílý ocas a nohy. U myši matky takový gen není. Polovina mláďat bude po otci. To je v souladu s Mendlem a obecnou genetikou. Jenže vidíme celé potomstvo s bílými ocasy a tlapkami, tedy i ty myšky, které mají jen nemutované geny (divoké) a udržuje se to několik generací. Jak je to možné? Původní otec s mutací  $Kit^{tm1Alf}$  vyrábí velké množství RNA, která se kopíruje z mutované DNA, a ta není odstraněna, jako je to běžné v jiných případech, ale přechází do spermií a do zárodku a tato RNA inhibuje činnost normálního nemutantního genu a ještě se někdy přenáší do následujících generací, i když jen do několika, než zvláštní fenomén vymizí (viz Rassoulzadegan et al. 2006, Cuzin and Rassoulzadegan 2010). Toto je možné u savců. Je tedy otázka, zda různé typy RNA nehrají i další úlohy u bakterií, o kterých zatím netušíme. Je to jev významný, nebo zcela okrajový? Problematika může být složitější, nicméně pro evoluci jsou zatím důkazy spíše darwinovské. I zvolený pokus tomu nasvědčuje. Pokud uspějeme, prokážeme náhodný vznik mutací, ne jejich vznik jako reakci na změny v prostředí.

V experimentu budeme postupovat jako Newcombe (1949), který Luriův a Delbrückův závěrověřoval jinak a pro naše úvahy možná zásadněji. Nejprve je nutno připravit v Petriho misce kolonie ve vhodném rozložení. Pak přiložit na kolonie v misce razítko vyrobené tak, aby se vešlo do misky, a je potřeba, aby bylo potažené saténem. Tyto kolonie přetiskneme na dvě další misky, přičemž jedna obsahuje antibiotikum. Tak získáme kolonie, přičemž každá má svou sesterskou. Na misce s antibiotikem přežije jen kolonie rezistentní. Podle polohy zjistíme sesterskou kolonii na misce bez antibiotika. Když tuto kolonii přeneseme na medium s antibiotikem, ve většině případů zjistíme, že jsou také odolné vůči antibiotiku, to znamená, že byly rezistentní už předtím, než se s antibiotikem setkaly. Můžeme proto říci, že k mutaci dochází náhodně, a teprve okolí tyto mutanty může zvýhodnit. Ale pokus lze provést tak, že postupně zvyšujeme koncentraci antibiotik a podobným způsobem přetiskujeme misky. Můžeme „vyšlechtit“ bakterie rezistentní k vysokým dávkám antibiotik, aniž se bakterie dostanou do přímého styku s antibiotikem.

### 3 Podrobný popis aktivit

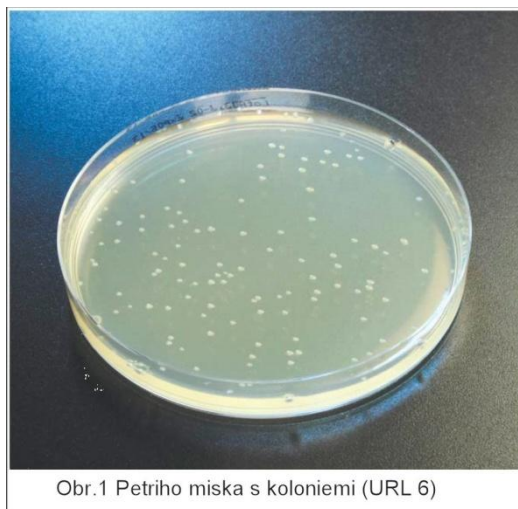
#### Podrobný popis aktivit

1) V první řadě je nutno si opatřit kulturu bakterií *E. coli*. Můžeme poprosit nějaké laboratoře, kde je rutinně používána, nebo zažádat v bance mikroorganismů Brno (URL 3), koupit ve firmě Carolina (URL 2). Dále je třeba opatřit Petriho misky a kultivační médium buď po jednotlivých komponentech, nebo hotové (URL 4) a další potřebné komponenty, případně koupit vše pohromadě jako kit (URL 1). Je nutno vyřešit kultivaci bakterií, ideální je termostat, ale samozřejmě i zde můžeme improvizovat. Některé moderní elektrické trouby lze precizně nastavit na nízké teploty, potřebujeme 37 stupňů Celsia. Nebo připevníme plech na ústřední topení během topné sezóny a pomocí teploměru, nejlépe s čidlem, je postupně vyladíme na teplotu asi 37 stupňů Celsia. I když je v nočních hodinách třeba topení centrálně omezeno, příliš to experiment nenaruší.

2) Nalijeme misky s agarem a živným médiem a misky, do kterých je navíc přidáno antibiotikum (živnou půdu před nalitím sterilizujeme převařením v Papinově hrnci). Podle typu antibiotika zvolíme koncentrace pro jednu sérii a jednoho studenta, např. sedm Petriho misek s živným médiem a sedm se zvyšující se koncentrací antibiotika. Musíme vycházet z toho, jaké máme k dispozici antibiotikum. Můžeme také každému studentovi doporučit jiné koncentrační řady téhož antibiotika (jeden postupně se zvyšující, další více skokové a třetí od začátku vysoké, které dále rostou), aby byl pokus zajímavější. A připravíme dalších deset misek pro stanovení vhodné koncentrace bakterií na misku, (nebo i více podle toho, jak budeme celý pokus koncipovat).

3) Stanovení koncentrační řady bakterií např. ve fyziologickém roztoku. Do 10 zkumavek napitujeme 10 ml sterilní fyz. roztoku (fyz. roztok převaříme dopředu s médiem v Papinově hrnci). Na pipetování použijeme skleněné či automatické pipety nebo kapátka nebo malý odměrný válec. V první zkumavce rozmícháme pomocí bakteriologické kličky kolonii nebo několik kolonií *E. coli*, rozmícháme, odebereme 1 ml a napitujeme ho do další zkumavky, rozmícháme a opět přeneseme 1 ml do další a tak postupujeme dál, až získáme 10 zkumavek s klesající koncentrací bakterií. Pak z každé napipetujeme 1 ml na živné médium a rozetřeme ho zakřivenou skelněnou tyčinkou – tzv. hokejkou. Necháme inkubovat přes noc v 37 °C. Misky pokládáme dnem nahoru, aby vysrážená voda nerozmazala kolonie.

4) Druhý den vybereme misku nebo misky na pokus s antibiotikem. Jde o to, aby kolonie byly na miskách v desítkách a aby byly zřetelně odlišené a byla mezi nimi významná vzdálenost, ale nebylo jich zase příliš málo (viz obr 1). Použijeme sterilní razítko (je nutno na razítko vybrat takovou tkaninu s chloupky, aby vydržela sterilizaci, to je v dnešní době s umělými vlákny poněkud problém, v nejhorším použijeme 70% etanol – je lepší než 94% a necháme razítko řádně vyschnout). Otiskneme kultury na misku bez antibiotika a pak s antibiotikem.



Obr.1 Petriho miska s koloniemi (URL 6)

5) Další den vyhodnotíme pokus, kolik vyrostlo kolonií, zda vůbec nějaké, nebo zda naopak většina. Jedná se o biologický materiál a náhodnost vzniku mutací, výsledek není zcela předvídatelný. Také může být zvolena příliš nízká, nebo příliš vysoká koncentrace antibiotika. Zde můžeme pokus skončit a vyhodnotit, nebo postupovat dále.

6) Kolonie, které by měly být rezistentní a pochází z misky bez antibiotik, určíme podle polohy a odebereme pomocí kličky. Pak zopakujeme body 3 a 4, případně abychom ušetřili misky, určíme přibližně podle výsledků z předchozí ředící řady vhodnou koncentraci podle výsledku z bodu 3 a vysejeme z deseti zkumavek jen jednu nebo dvě s předpokládanou vhodnou koncentrací.

7) Pak narostlé kolonie opět přerazítujeme sterilním razítkem (připravíme si jich dopředu víc, nebo je vždy vysterylizujeme během čekání na nárůst další generace kolonií). Postupujeme jako v bodu 4, jen použijeme vyšší koncentraci antibiotik. Takto můžeme postupovat několikrát, třeba sedmkrát. Pokud se nám do pokusů vloudí víkend, Petriho misky dáme do chladničky na 4 stupně Celsia, tam vydrží a v pondělí postupujeme dál. Podobně v chladničce můžeme skladovat misky, které ještě chceme použít. Je nutné, aby s tím další uživatelé ledničky souhlasili!!! Jinak nám hrozí likvidace pokusu. Vzhledem k tomu, že se jedná o neškodnou bakterii, kterou má i tak každý z nás ve střevech, mohli by to další uživatelé pochopit, ale bohužel nemusí.



8) Na závěr bychom měli dostat jednu linii (nebo více linií) rezistentní k vysoké dávce antibiotika, kterou jsme získali, přestože se nikdy s antibiotikem nesetkala.

9) Provedeme vyhodnocení, stanovíme, z kolika kolonií byla nějaká rezistentní. V každé misce by to mělo být jinak. Někdy žádná, někdy více. Kdyby platila lamarckovská teorie evoluce, muselo by to být v každé misce přibližně stejně, navíc ale jen v Petriho miskách které přišly do kontaktu s antibiotikem. Pokud se pokus podaří, je v uvedené úloze možno vyšlechtit linii bakterií vysoce odolných k antibiotiku, aniž by na ně měla antibiotika nějaký vliv. To podporuje Darwinovu teorii. Učitel vysvětlí studentům, proč to tak je, a princip náhodnosti vzniku mutací.

Na výpočty mutační rychlosti se můžeme podívat i do anglické Wikipedie (URL 5). Ale spíš jen pro demonstraci studentům.

Konečný výpočet mutační rychlosti vychází z práce Newcomba (1949) a je uváděna i v současnější literatuře (Birge 2006). Baktérie na plotnách (Petriho miskách) je možno postříkat vodou a smýt v různých časech a testovat na přítomnost mutací. Tak se získají hodnoty o celkovém počtu buněk a změnách v počtu mutantních kolonií.

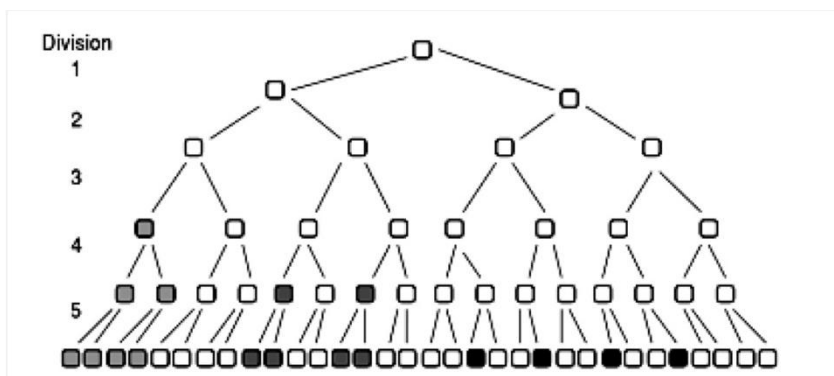
Mutační rychlost je pak :

$$d = \frac{\text{změna v počtu rezistentních kolonií}}{\text{změny v celkovém počtu buněk} \cdot \ln 2}$$

Mutační rychlost je např.  $5.8 \times 10^{-8}$  mutace na buňku.

Protože asi v jednoduchých podmínkách nebudeme počítat celkový počet buněk, vyjdeme z literatury (přestože by měl být výsev na Petriho misky takový, že každá kolonie pochází z jedné buňky). V odborné literatuře se uvádí, že u bakterií je mutační rychlost na genom během replikace poměrně konstantní, v hodnotě asi 0.003, přičemž relativní mutační rychlost na bázi je nepřímo úměrná velikosti genomu (Birge 2006).

Můžeme zvolit a navrhnout nějaký jednoduchý matematický model, kterým vyjádříme, kolik mutací vzniklo, a budeme vycházet z celkového počtu kolonií. Můžeme také uvažovat více generací (viz obr2).



Obr. 2 Ve velké populaci vzniká poměrně konstantní počet mutantů. Pokud už odpovídající mutace vzniknou, dá se očekávat, že při každém dělení zdvojnásobí svůj počet. Na obrázku jsou nemutační buňky znázorněny nevybarvené a mutantní tmavými čtverečky. Na schématu je tedy patrné, že žádná mutace nevznikla při dělení 1 a 2, jedna při dělení 3 (světle vybarvená). V dělení 4 jsou dvě další mutace (tmavší stínování). V dělení 5 došlo ke vzniku dalších nových čtyř mutací (černé čtverečky). V poslední populaci (na obrázku č.5) jsou z každého kola vzniku mutací čtyři mutantní buňky. Všimněte si, že celkový podíl mutovaných buněk v populaci roste, protože možnost zpětných mutací se v tomto schématu zanedbává (Birge 2006).

## 4 Literatura

---

Birge E.A. 2006 Bacterial and Bacteriophage Genetics. Springer New York. ISBN 978-0-387- 31489-1

Cairns, J., Overbaugh, J., Miller, S. 1988 The Origin of Mutants. Nature 335 (6186): 142–145.

Luria, S. E.; Delbrück, M. 1943 Mutations of Bacteria from Virus Sensitivity to Virus Resistance. Genetics 28 (6): 491–511.

Luria S.E. 1984 A slot machine, a broken test tube: An autobiography. Harper & Row

Newcombe , H. B.. 1949 Origin of bacterial variants. Nature, roč. 164, čís. 4160, s. 150. [ISSN 0028-0836](#).

Rosypal S. 1981 Obecná bakteriologie: SPN - Státní pedagogické nakladatelství [Storchová Z.](#) 1995

Zpráva o usměrněných mutacích. Vesmír 74, 605, [1995/11](#)

Zheng, Q. 1999 Progress of a half century in the study of the Luria–Delbrück distribution. Mathematical Biosciences 162 (1–2): 1–32. [doi:10.1016/S0025-5564\(99\)00045-0](#). PMID 10616278.

Zheng, Q. 2010 The Luria-Delbrück distribution: early statistical thinking about evolution. Chance 23: 15–18. [doi:10.1007/s00144-010-0017-y](#).

Zrzavý J., Storch D, Mihulka S. Jak se dělá evoluce. Paseka 2003.

### Internetové odkazy

URL1 - <http://www.carolina.com/evolution/evolution-in-real-time-bacteria-and-antibiotic-resistance-1-station-kit-with-perishables/171205P.pr?question=tetracycline+medium>

<http://www.carolina.com/evolution/evolution-in-real-time-bacteria-and-antibiotic-resistance-8-station-kit-with-prepaid-coupon/171206.pr?question=tetracycline+medium>

[http://www.carolina.com/evolution/evolution-in-real-time%3A-bacteria-and-antibiotic-resistance-kit/FAM\\_171206.pr?catId=&mCat=&sCat=&ssCat=&question=Evolution+in+Real+Time](http://www.carolina.com/evolution/evolution-in-real-time%3A-bacteria-and-antibiotic-resistance-kit/FAM_171206.pr?catId=&mCat=&sCat=&ssCat=&question=Evolution+in+Real+Time)

URL2 - <http://www.carolina.com/bacteria/escherichia-coli-living-tube/155065.pr?question=escherichia+coli+b>

URL 3 <http://www.sci.muni.cz/ccm/>

URL4 - <http://www.p-lab.cz/katalog.pl?akce=polozka&id=3233&sekce=175&from=obsah>

URL 5 - [http://en.wikipedia.org/wiki/Luria%E2%80%93Delbr%C3%BCck\\_experiment](http://en.wikipedia.org/wiki/Luria%E2%80%93Delbr%C3%BCck_experiment)

URL 6 - <http://www.carolina.com/teacher-resources/Document/evolution-in-real-time-bacteria-and-antibiotic-resistance-sample-teachers-manual/tr30122.tr?question=tetracycline%20medium>

## **5 Videa k tématu**

---

### **Luriův – Delbrückův experiment popis (indická angličtina)**

(video viz. on-line kurz)

### **Animace rezistence mikroorganismů (angl.)**

(video viz. on-line kurz)

### **O bakteriích (angl.)**

(video viz. on-line kurz)

### **Příprava agarů a Petriho misek (angl.)**

(video viz. on-line kurz)

## **6 Pracovní protokol a otázky k přemýšlení**

---

### **Vzorprotokolu**

Karel Kreacionista

Datum: XXXXX

Gymnázium Beagle

#### **Téma:**

**Evoluce na stole v Petriho misce (flukтуаční test neboli Luriaův – Delbrückův experiment ve variantě replikovacího testu - Newcombeův pokus)**

#### **Úvod:**

Teorie a princip úlohy (popsat velmi stručně problematiku teorií evoluce a obtíže při jejich praktického testování. Dále stručně popsat výhody bakterií jako modelového organismu pro experimenty a možnosti kultivace bakterií v Petriho miskách. K tématu by se hodilo vysvětlit působení antibiotika jako způsobu přírodní selekce.)

#### **Materiál a pomůcky:**

Seznam věcí nutných k provedení experimentu.

#### **Provedení:**

1. Vybavení laboratoře, a pokud není k dispozici termostat, výběr vhodného náhradního řešení.
2. Kultivace bakterií a výběr vhodného ředění při očkování na Petriho misky.
3. Pracovní postup: Zaznamenání konkrétního pracovního postupu a popis použité koncentrace bakterií v pokusu a koncentrace antibiotik.

#### **Výsledky:**

Dokumentace výsledku – počet kolonií, zaznamenání jejich poloh, fotografie. Výpočet mutační rychlosti.

#### **Diskuse:**

V této části je nutno vyhodnotit získané výsledky a uvést předchozí práce, které se vztahují k tomuto tématu. Je možno vhodně využít hledání na internetu, např. Google Scholar. Vlastní výsledky je nutno popsat, zdůvodnit, proč k nim zřejmě došlo a pokud možno porovnat s podobnými údaji, které už byly popsány, nebo je porovnat s výsledky dalších členů skupiny.

#### **Závěr:**

Krátce shrnout hlavní výsledky pokusu.

#### **Sada otázek na přemýšlení**

Je teorie o skokových evolučních změnách v rozporu s Darwinovou teorií?

Je podmínkou evoluce variabilita ve znacích?

V pokusu jsme zkoušeli vliv selekce. Znáte ještě nějaké jiné evoluční mechanismy?

Může evoluce probíhat spíše v malých populacích, nebo velkých, nebo je to jedno?

# K čemu je dobrá šilhavost?

*Motto: Být šilhavý není nic záviděníhodného. Ale šilhavost u ploštěnky je přizpůsobením, jak uniknout nepříteli.*

Ploštěnky jsou živočichové, na kterých lze velmi snadno demonstrovat schopnost živočichů rozlišit směr, ze kterého přichází světlo. Při laickém pohledu toto přizpůsobení připomíná šilhavost. Ploštěnka se pak pohybuje směrem od světla, až se dostane do místa zastíněného, kde je intenzita světla nejnižší. Na takovém místě je ploštěnka ukryta před nepřáteli.

## Cíl:

Demonstrovat morfologii optického aparátu (očí) ploštěnek, které dokáží rozlišit směr světla.

## Využité přístroje:

Binokulární lupy

## Cílová skupina/náročnost:

1. a 2. ročník SŠ a odpovídající ročníky gymnázií

## Autor:

doc. RNDr. Michal Mergl, CSc.

Všechny uvedené texty, obrázky a videa jsou vlastní, není-li uvedeno jinak. Autory Youtube embed videí lze nalézt při kliknutí na znak Youtube ve videu během přehrávání.

**K plnohodnotnému využití této studijní opory je nutný přístup k on-line zdrojům a materiálům.**

Tento materiál vznikl z finanční podpory Evropského sociálního fondu a státního rozpočtu České republiky v rámci projektu „Popularizace vědy a badatelsky orientované výuky“, reg. č. CZ.1.07/2.3.00/45.0007.

# 1 Informace o ploštěnkách

---

Ploštěnky jsou živočichové, na kterých lze velmi snadno demonstrovat schopnost živočichů rozlišit směr, ze kterého přichází světlo.

Pokud se živočich snaží ukryvat před světlem, musí mít schopnost rozlišit, ze které strany přichází světlo. K tomu slouží oči. Oči musí mít takové uspořádání, aby rozlišily, ze které strany přichází vyšší intenzita světla. Živočich se pak pohybuje směrem od světla, až se dostane do místa zastíněného, kde je intenzita světla nejnižší. Na takovém místě je ploštěnka ukryta před nepřáti.

U ploštěnek nacházíme dva způsoby řešení tohoto problému.

## **První: Umístění řady jednoduchých očí podél přidi těla**

Toto uspořádání je přítomno u ploštěnky tmavé (*Polycelis cornuta*). Pokud na jednu, řekněme pravou stranu slabě klenutého těla dopadá více světla nežli na stranu levou, oči na levé straně vnímají nižší intenzitu, ploštěnka se stáčí vlevo a postupně se vzdaluje od světelného zdroje (obr. 1).

## **Druhé: Vznik páru očí**

Oči jsou miskovitě prohloubené a z vnitřní strany mají pigmentovou vrstvu. Pokud světlo přichází zprava, fotoreceptory na levé straně levého oka zaznamenají vyšší intenzitu nežli fotoreceptory v pravém oku. U pravého oka vyšší intenzita světla totiž dopadá na levou stranu miskovitěho oka, kde však nejsou fotoreceptory, ale shluk pigmentových buněk, které světlo pohlcují. Ploštěnka tak ví, že více světla přichází zprava, a stáčí se vlevo. Toto uspořádání očí má většina našich větších ploštěnek rodu *Dugesia* (*D. tigrina*, *D. lugubris*, *D. gonocephala*).

Proto je shluk pigmentových buněk na vnitřní straně oka a proto ploštěnky s párem miskovitých očí působí šilhavým dojmem. Kdyby pigmentové buňky byly v centru miskovitěho oka, na svahy miskovitěho oka by dopadala přibližně stejná intenzita světla a ploštěnka by nerozlišila, ze které strany je intenzita světla větší. A ploštěnka by nevěděla, jakým směrem má lézt do tmy.

## **Stavba očí**

Oči ploštěnek jsou tvořeny dvěma typy buněk. Buňkami pigmentovými a buňkami citlivými na světlo (fotoreceptory). Pigmentové buňky jsou seřazeny do srpkovitěho shluku, zatímco neurony jsou umístěny při vnější straně oka mimo shluk buněk pigmentových.

## 2 Pokusy s ploštěnkami

### Pokusy s fototropismem ploštěnky

**Cíl:** Demonstrovat morfologii optického aparátu (očí) ploštěnek, které dokáží rozlišit směr světla a demonstrovat negativní fototropismus ploštěnek.

**Pomůcky:** Petriho misky, alobal, lupa (nebo binokulární lupa), štěteček, lampa, voda.

**Biologický materiál:** Ploštěnky, nejlépe více druhů. Ploštěnky lze nalézt v čistých potocích na spodní straně kamenů [většinou ploštěnka potoční (*Dugesia gonocephala*) nebo ploštěnka tmavá (*Polycelis nigra*, *P. cornuta*), na ponořené vegetaci ve stojatých vodách a koupalištích [ploštěnka mléčná (*Dendrocoelum lacteum*), ploštěnka americká (*Dugesia tigrina*)] nebo je lze nasmykat sítím v hustě zarostlých místech na říčních tůňkách [ploštěnka kalužní (*Dugesia lugubris*)].

### Pokus 1 (10 minut)

Ploštěnky (dvě až tři) přeneseme pomocí jemného štětečku do Petriho misky s trochou vody a z jedné strany na misku posvítíme lampou. Ploštěnky lezou klouzavým pohybem po dnu misky směrem od světla (od lampy). Pokud přikryjeme polovinu misky alobalem a vytvoříme stín, ploštěnky po několika minutách zalezou na stínu pod zastíněnou polovinou misky. Pokud misku otočíme o 180°, ploštěnky opět zalezou pod zastíněnou stranu. Pokus můžeme opakovat do omrzení :-). Ploštěnky vždy polezou do stínu...

**Závěr:** Ploštěnky jsou schopny vnímat směr, odkud přichází světlo, a utíkají do zastíněné části misek. Jsou negativně fototropní.

### Pokus 2 (10 minut)

Umístěte ploštěnky do větší kapky vody na podložním skle nebo na malé Petriho misce a prohlédněte si ji pod lupou. Všimněte si, že na hlavové části jsou na tmavším těle ploštěnky průhledné skvrnky. To jsou oči ploštěnky. Dále si všimněte, že na vnitřní straně těchto průhledných plošek je tmavá pigmentová skvrna. Tento typ zrakového orgánu je miskovité oko a je to nejjednodušší oko schopné vnímat směr přicházejícího světla.

**Závěr:** Ploštěnky jsou schopny vnímat směr, odkud přichází světlo, pomocí koncentrace pigmentových buněk na vnitřní straně miskovitého oka.

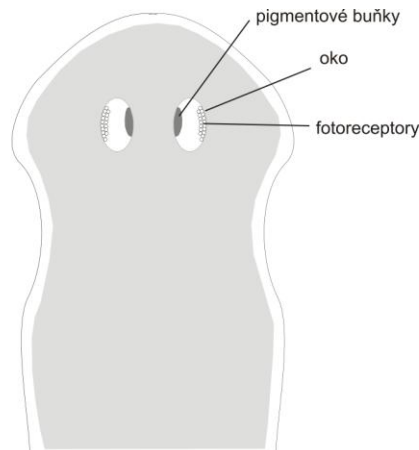
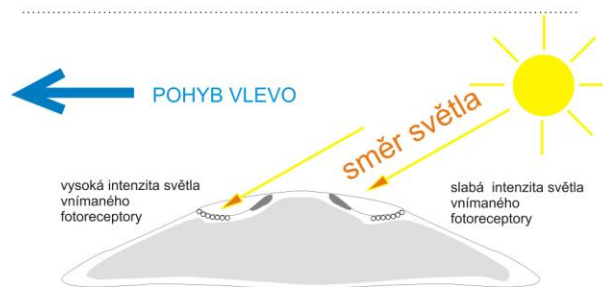


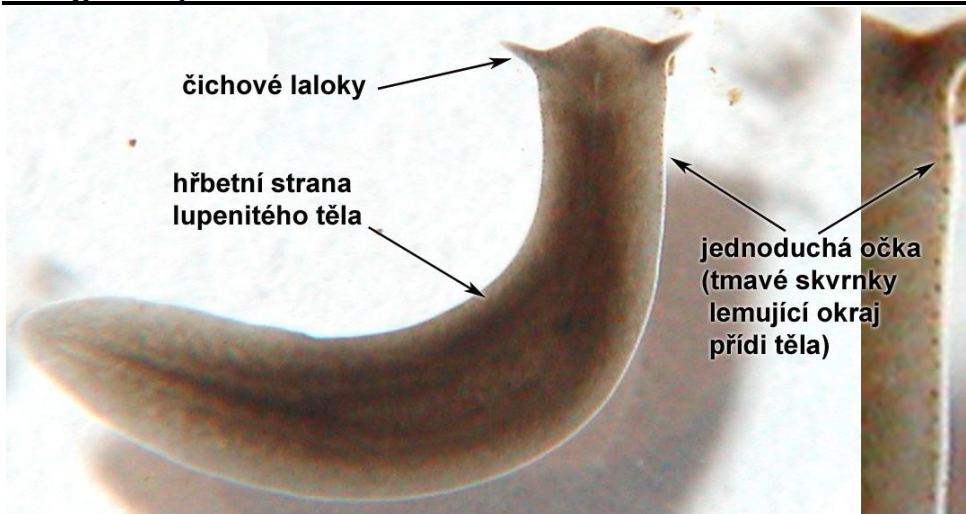
Schéma očí ploštěnky na přídě těla



Průřez hlavou ploštěnky

### 3 Fotografie ploštěnek

---



Morfologie ploštěnky tmavé (*Polycelis cornuta*)



Morfologie ploštěnky americké (*Dugesia tigrina*)



# Živočichové v aerofytickém mechu

*„Byli tam malí, opravdu tak malí z mého pohledu, že i kdyby se jich sto položilo vedle sebe, nedosahovali by velikosti zrna hrubého písku.“ - A. V. Leweenhoek, vynálezce mikroskopu v roce 1665*

Aerofytický mech je snadno dostupným materiálem pro praktická cvičení téměř kdekoli a v kteroukoliv roční robu. Lze v něm demonstrovat několik skupin mikroskopických živočichů pomocí běžné mikroskopické techniky.

## Využité přístroje:

mikroskopy, promítací zařízení na mikroskopu ve spojení s dataprojektorem

## Cílová skupina/náročnost:

1. a 2. ročník SŠ a odpovídající ročníky gymnázií

Autor:

doc. RNDr. Michal Mergl, CSc.

Všechny uvedené texty, obrázky a videa jsou vlastní, není-li uvedeno jinak. Autory Youtube embed videí lze nalézt při kliknutí na znak Youtube ve videu během přehrávání.

**K plnohodnotnému využití této studijní opory je nutný přístup k on-line zdrojům a materiálům.**

Tento materiál vznikl z finanční podpory Evropského sociálního fondu a státního rozpočtu České republiky v rámci projektu „Popularizace vědy a badatelsky orientované výuky“, reg .č. CZ.1.07/2.3.00/45.0007.

# 1 Úvod

---

Aerofytický mech je výborným zdrojem materiálů pro pozorování mikroskopických živočichů. Vytváří vysychavé polštáře na střeších domů, starých zdech, na okrajích betonových žlabů, okrajích betonových ploch a chodníků a na podobných místech. V přírodě tvoří polštáře na skalním povrchu, zejména na osluněných místech.

Mech je za vlhkého počasí sytě žlutozelený rozprostřenými lístky. Za sucha mech sesychá a vytváří suché lámavé koberce.

K druhům, které jsou vhodným zdrojem biologického materiálu pro praktika, jsou koberce kroucence. Kroucenc obecný (*Tortula ruralis*; také *Syntrichia ruralis*) je dvoudomý mech s kosmopolitním rozšířením. Je schopen růst v různém klimatu, od tundry s arktickými podmínkami do pouštních podmínek. Vytváří koberce až 4 cm vysoké, které jsou za vlhka jasně žlutozelené a měkké. Za sucha se lístky mechu přitisknou k lodyžce a barva mechu se změní na červenohnědou. Má rád vápnité podklady, proto se běžně vyskytuje na betonových plochách, zdech, eternitových střeších a na povrchu vápnité půdy.

Použití lze i další druhy mechů. Obsah mikrofauny se lehce odlišuje, ale i další druhy poskytují uspokojivé výsledky, dostatečně ilustrující tento zvláštní biotop.

Ve vysušeném stavu je mech schopen přežívat až desítky let, po navlhčení se znovu obnoví jeho metabolismus. Mech tak představuje extrémně nestabilní prostředí pro mikroskopické organismy. Ty musí, stejně jako mech, být schopny přežívat extrémně suché podmínky a poobnovení vlhkosti musí rychle obnovit životní funkce a rychle se pomnožit. Pokud nastane nové vyschnutí, organismy mu čelí schopností encystace.

## **Praktický návod:**

Mech, nejlépe vlhký, vložíme do Petriho misky a lehce zalíváme vodou tak, aby nakonec na dně misky zůstala jen tenká vrstvička vody a mech další vodu nepřijímal.

Pokud máme mech suchý, prolijeme jej v Petriho misce vodou, aby se nasákl, necháme určitou dobu v klidu a po jeho provlhčení dolijeme vodu tak, aby na dně misky byla tenká vrstvička vody. Takový mech necháme alespoň 12-16 hodin v klidu.

Po této době vezmeme jednorázové kapátko, špičku lehce vtlačíme do mechového polštáře a několikrát nasajeme a vytlačíme vodu a poté nasajeme do kapátka 1-2 mm vody. Kapátko necháme ve svislé poloze několik minut. Organický detrit a mikrofauna zvěšené ve vodě v kapátku klesnou do špičky kapátka, kde vytvoří tmavší vrstvičku. Tuto tmavou vrstvičku vytlačíme jako kapku na podložní sklo, přikryjeme krycím sklem, které lehce přitlačíme, a přebytečnou vodu odsajeme (případně doplníme, pokud je vody málo) filtračním papírem. Pozorujeme v procházejícím světle s větším zvětšením.

## **Čas:**

45 minut

## **Udržitelnost opakování pokusu:**

Mech vydrží pro pozorování, pokud je udržován ve vlhkém stavu a na světle, asi tak týden až deset dní. Mění se však složení jako mikrofauny. Proto nejlepší výsledky získáme s mechem starým jeden až tři dny.

## 2 Kořenonožci

---

### Systematické postavení kořenonožců

Kořenonožci jsou polyfyletickou (= mají různou evoluční historii) skupinou prvoků, kteří nemají panožky vyztužené mikrotubuly nebo podobnými strukturami. Pohybují se améboidně, tj. vysunováním a stahováním panožek (pseudopodií) nebo postupným prodlužováním panožky. Panožky mají různou morfologii a jejich charakter je základem pro taxonomické dělení kořenonožců.

### Morfologie a anatomie

Kořenonožci mají tělo tvořené jedinou buňkou, která je buď nahá, nebo si vytváří schránku. Tvar těla je udržován tužší, hyalinní ektoplazmou. Ektoplazma vytváří panožky střídáním etap rozpadu vláken aktinu v ektoplazmě, vtlačení entoplazmy do tohoto prostoru a následným obnovením vláken z aktinu ve vytvořeném výběžku. Entoplazma je vakuolizovaná, s granulemizásobních hmot, jádrem a dalšími organelami. Příjem potravy je fagocytózou. Potrava je obklopena panožkami, dojde ke splynutí ektoplazmy a k vytvoření potravní vakuoly. Ektoplazma u krytenek vytváří organickou nebo minerální schránku, ke které je samotná buňka zevnitř přichycena cytoplazmatickými můstky.

Na organickou schránku si některé typy nalepují drobný detrit z okolí a vytváří schránku aglutinovanou (z tzv. xenozómat) nebo si vytváří drobné taškovitě se překrývající destičky zopálu (z tzv. idiozómat).

### Rozmnožování kořenonožců

Kořenonožci se dělí binárně, tj. rozdělí se ve dvě dceřiné buňky. U kořenonožců se schránkami se nejprve vylíje část cytoplazmy z pseudostomu a na této vnější části cytoplazmy se vytvoří nová schránka zrcadlovitě symetrická k původní schránce. Pak se od sebe buňky oddělí.

### Evoluční historie

Fosilní sladkovodní kořenonožce známe z karbonu.

### Ekologie

Základním předpokladem pro rozvoj kořenonožců je dostatek vody. Voda, která se hromadí v kapilárách v půdě a na povrchu mechu, proto hostí bohatá společenstva prvoků. Stačí jim i velmi tenký vodní film (30  $\mu\text{m}$ ), který je dostatečný pro rozvoj těchto prvoků. Z celkové biomasy v půdě tvoří prvoci asi 10 až 30 %. Vzhledem ke své produktivitě jako dekompozitoři jsou krytenky pro půdu z ekologického hlediska stejně důležité jako dešťovky.

Měňavky a krytenky pohlcují organismy přichycené k nějakému substrátu. Jsou tedy významnými predátory na mikroskopické úrovni. Původní představa, že se živí bakteriemi, se ukázala jako neopodstatněná. Ve skutečnosti jsou schopny pohlcovat i organismy o velmi různé velikosti (mezi 0,2 - 1000  $\mu\text{m}$ ), někdy i kořist o skoro stejné velikosti, jako je kořenonožec samotný. Někteří kořenonožci jsou i mixotrofní, se symbiotickými řasami v cytoplazmě; u aerofytických krytenek je touto řasou *Chlorella*.

Krytenky jsou schopny přežívat vyschnutí mechu encystací. V encystovaném stavu jsou schopny přežívat 5 až 8 let. Schopnost encystace je jednou z příčin, proč společenstva krytenek v mechu mají kosmopolitní rozšíření. Některé druhy se vyskytují téměř po celém světě včetně Antarktidy.

Společenstva krytenek v mechu se liší podle množství vody v mechu. V sušším mechu (např. mech z betonových ploch na sídlišťích) dominují druhy rodu *Centropyxis*. Jsou i druhy, které žijí v mechu suchém i mokřím, např. *Nebela collaris*, *Euglypha ciliata*, *Assulina muscorum* a *Trinema enchelys*. Druhy rodu *Arcella* preferují rašeliníky (*Sphagnum*) a nižší pH v rozsahu 4-6. Krytenkám je v zásadě jedno, na jakém typu podkladu jimi osídlený mech roste.

Moderním problémem je obsah těžkých kovů v průmyslovém odpadu. Výzkumy dokládají snížení početnosti krytenek při zvýšení obsahu olova, kadmia, zinku a niklu. Největší negativní účinky na krytenky má nepochybně zvýšený obsah olova.

### Taxonomické dělení

Kořenonožci se dělí na dvě skupiny, které mají v klasickém pojetí sítě (z 80. let 20. století) statut tříd. Dnešní systémy améby a krytenky zařazují do skupiny Amoebozoa z infraříše Sarcocystigota. Systém zde uvedený je z knihy Hausmanna a Hülsmanna z roku 1985, která vyšla v překladu v roce 2003 v nakladatelství Academia.

### Lobosea

Zástupci této skupiny mají prstovité, lalokovité nebo někdy kuželovité zahrocené panožky. Mohou mít jednu nebo více panožek. Některé druhy si vytvářejí schránky. Někteří zástupci si vytvářejí i encystovaná stadia.

## Gymnamoebia

Do této skupiny patří tzv. nahé měňavky bez schránky. Pohyb se děje řízeným přetékáním cytoplazmy a valivým pohybem buňky. Druhy žijící v mechu nejsou v zásadě nebezpečné, aleve skupině existují i velmi nebezpečné druhy způsobující úplavici. Měňavka rouy *Acanthamoeba* žijící v půdě může způsobovat poškození povrchu oka nebo amébovou encefalitidu.

*Amoeba* (měňavka) a příbuzný rod *Chaos* zahrnuje nahé prvky bez schránky, s laločnatými až kuželovitými panožkami, zřetelně od entoplazmy oddělenou hyalinní ektoplazmou a silně vakuolizovanou entoplazmou.

- *Amoeba verrucosa* (měňavka zemní) – spíše malý druh, na povrchu s tuhou pelikulou, panožky krátké, tupě hrbolkovité, s patrnou hyalinní čepičkou, entoplazma hrubě granulózní.
- *Amoeba vespertilio* (měňavka kuželonohá) – lobopodie dlouhé, úzce hrotité, vybíhající kuželovitých základů.

*Chaos proteus* (= *Amoeba proteus*) (měňavka velká) – v entoplazmě mnoho černých granulí, entoplazma vybíhá dlouze do dlouhých prstovitých lobopodií, velký druh.

*Vahlkampfia* (slimačenka) zahrnuje měňavky drobné velikosti, které vysílají jen jednu panožku s patrnou hyalinní čepičkou ve směru delší osy těla. Z mechu a půdy je uváděn druh *Vahlkampfia limax*.

## Testacealobosia – krytenky

Krytenky jsou velmi různorodou skupinou kořenonožců obývajících vodní biotopy a kobercevlhkých mechů. Vytvářejí si schránky nebo obaly tvořené organickým materiálem nebo do organického materiálu připevňují cizí tělíska, například zrnka písku, schránky rozsivek apod.

Schránka má vždy jen jediný otvor (pseudostom), ze kterého prvek vysouvá jedinou panožku nebo více panožek. Schránka poskytuje ochranu před vyschnutím i predací. Mnoho krytenek se vyskytuje ve vlhkých nebo podmáčených mechových kobercích, zejména v rašeliníku a v aerofytickém mechu.

Typickými zástupci krytenek v mechu jsou:

*Arcella* (štítočka): Schránka je štítovitá, mírně klenutá, s plochou spodní stranou, v jejímž středu je malý kruhovitý pseudostom. Struktura schránky (při větším zvětšení) je tvořena z drobných, víceméně šestibokých políček. Barva schránky je světle hnědožlutá až hnědá. Okolípseudostomu je zesíleno prstencem, někdy jsou přítomné i drobné malé otvory okolo peristomu. Klenutý povrch schránky je hladký, ale u některých druhů je radiálně zprohýbán. Při pohybu a lovu štítočka vytváří větší počet kratších lobopodií, za kterými táhne schránku.

K rodu se klade větší počet podobně vypadajících druhů, které dávají přednost vlhkým mechům, zejména rašeliníku.

- *Arcella arenaria* (štítočka mechová) – pravidelně mírně klenutá schránka (výška je do 25 % šířky schránky), s kruhovitým obrysem.
- *Arcella dentata* (štítočka zoubkatá) – schránka má drobné vzhůru vybíhající zoubky. *Arcella catinus* – schránka mírně klenutá (výška je do 25 % šířky schránky), má nepravidelně polygonální obrys, okolo pseudostomu s drobnými otvůrkami.
- *Arcella vulgaris* (štítočka obecná) – schránka silně klenutá, rychle se zužující.
- *Arcella costata* – schránka silně klenutá, s hlubokými, pravidelně rozloženými jamkami, které vytváří téměř šestiboký obrys schránky.

*Centropyxis* (stranoústka): Schránka je vakovitá, s otvorem na straně. Více druhů je hojných v mechu. Svoji barvou, strukturou stěny a pseudostomem na spodní straně vypadají jako nepravidelné štítočky.

- *Centropyxis aculeata* (stranoústka růžkatá) – schránka je kruhovitá, silně klenutá, s dlouhými růžkami v zadní části.
- *Centropyxis aerophila* (stranoústka mechová) – schránka je kruhovitá, pokrytá menším množstvím zrněk písku, s protáhlým pseudostomem.

*Diffugia* (rozlitka): Schránka je vakovitá až válcovitá, organická, pokrytá drobnými zrníčkypísku, pseudostom přímý nebo vykrajovaný, zadní část schránky někdy vyběhá do hrbolků nebo krátkých růžků. Rod zahrnuje více různých velkých a tvarově proměnlivých druhů. Rozlitkybývají velmi časté ve vlhkém mechu, jsou však snadno přehlédnutelné, neboť vypadají jako malinké hrudky písku; jejich vakovitý tvar je zastřeny detritem na povrchu schránky.

- *Diffugia corona* (rozlitka kulovitá) – skoro kulovitá schránka s ostrými zoubky okolo pseudostomu, na protilehlém konci schránky vybíhá různý počet malých růžků.
- *Diffugia oblonga* (rozlitka hruškovitá) – schránka hruškovitá, s většími xenozómaty na zadním konci schránky, někdy přimíšenými schránkami rozsivek, neprůhledná, s úzkým pseudostomem.

*Nebela*: Schránka je vakovitá, u mnoha druhů velká, z boku zploštělá, tvořena organickými destičkami oválného obrysu a různé velikosti, které se nepřekrývají, pseudostom je slabě vytažený, s patrným zesílením. Schránka je slabě pigmentovaná. Nebely jsou nejnápadnějšímiia současně nejčastějšími krytenkami ve výplavu z rašeliníku, zejména jeho odumírající ponořené části. V aerofytickém mechu jsou méně časté.

- *Nebela tubulosa* – má velké schránky (0,2 mm), zúžená v okolí pseudostomu, z nepřekrývajících se destiček.
- *Nebela collaris* – menší schránka, vytažená do krátkého límečku, s destičkami různé velikosti, které se nepřekrývají.

*Quadrulella* (čtverenka): Schránka je kapkovitá. zúžená u pseudostomu, tvořená čtvercovými destičkami, bezbarvá. V mechu se vyskytuje, avšak méně často nežli jiné krytenky, menší druh *Quadrulella symmetrica*.

*Trinema* (bokoústka): Schránka je oválná, velmi drobná, tvořená špatně rozeznatelnými, téměř kruhovými destičkami různé velikosti, oválný pseudostom leží na spodní straně, stěna schránek je sklovitě průhledná, bezbarvá. V mechu žijí *Trinema lineare* a *T. encheilis* (bokoústka rašelinná). Mají malé rozměry ve srovnání s ostatními krytenkami.

## Filosea

Kořenonožci této skupiny jsou nazí i se schránkou. Společným znakem jsou nitkovité panožky (filopodie). Mají velmi tenký průměr a jsou tvořeny osou z nitkovitého aktinu. Tvoří se velmi rychle a stejně rychle, v řádu vteřin, i zanikají. Svým pohybem táhnou buňky i se schránkou zasebou. Kromě toho vytváří i blanité lamelipodie, které slouží k pohlcování potravy nebo k pomalému pohybu. Pokud si sladkovodní druhy vytváří schránku, často je tvořená z pravidelných řad tenkých, při okraji se překrývajících opálových destiček (idiozómát).

*Assulina* (ozubenka): Schránka je plochá, čokoládově zbarvená, s téměř kruhovitým nebo oválným obrysem z řad drobných opálových destiček, podél pseudostomu nejsou destičky odlišné.

- *Assulina seminulum* (ozubenka vodní) – schránka je téměř kruhovitá, velká. Druh je hojný v rašeliníku.
- *Assulina muscorum* (ozubenka mechová) – schránka je menší, protáhlá. Druh je hojný v aerofytickém mechu.

*Euglypha* (křeménka): Schránka zploštělá, vakovitá, z drobných nezbarvených opálových destiček, okolo pseudostomu jsou odlišné ozubené destičky. Jsou asi poloviční velikosti ve srovnání s ostatními krytenkami.

- *Euglypha ciliata* (křeménka obecná) – schránka má drobné ostny na povrchu schránky, destičky při ústí mají paličkovitý hrbolek, pseudostom je oválný.
- *Euglypha strigosa* (křeménka mechová) – schránka má mezi příústními a tělními destičkami linii patrnou hrubou vrstvou tmelu, pseudostom je kruhovitý.

## Literatura

Hausmann, K. a Hülsmann, N. 2003. *Protozoologie*. – Academia, 347 s. Praha.

- *Vynikají přehled moderních poznatků o prvocích, s řadou fotografií, obrázků a schémat ilustrujících zástupce, ultrastruktury buněk, popisy životních cyklů prvoků a další fakta o prvocích.*

Hrabě, S. a kol. 1954. Klíč zvířeny ČSR. Díl I. – Nakladatelství ČSAV. Praha. 539 s.

- *Stále dobrý, i když již koncepčně a taxonomicky zastaralý klíč mnoha kmenů bezobratlých na našem území, s kapitolami věnovanými i prvokům. Určovat podle tohoto klíče není snadné, nedostatkem jsou nepřilíš kvalitní ilustrace, které nevyobrazují mnohé, i běžné druhy.*

### 3 Vířníci

---

Etymologie: Kmen Rotifera, z latiny *rota* - kolo, *ferre* - nésti

#### Systematické postavení vířníků

Vířníci jsou samostatným a druhově velmi bohatým kmenem mikroskopických živočichů žijících ve sladkých vodách, v mechu a ve vlhké půdě. Mají stálý počet tělních buněk (euthelie).

#### Morfologie a anatomie

Vířníci mají tělo složeno ze tří částí: z hlavy, trupu a nohou. Tělo je vybaveno silnouslyvalovinou, která u některých vířníků umožňuje píďalkovitý pohyb. Na povrchu těla je chitinózní kutikula, někdy i krunýř, který může být otrněný a různě skulptovaný. V těle mají dutinu považovanou za pseudocoel. Na hlavě mají dva věnce brv. Horní věnec, tzv. trochus, má funkci pohybovou, dolní věnec, tzv. cingulum, slouží k filtraci potravy. Oba věnce jsou nazývány korunou. Na hřbetní straně hlavy je u pijavenek přítomné krátké tykadélko, na konci s několika citlivými brvami. Trup je válcovitý nebo soudečkovitý. Noha je příčně kroužkovaná, silně pohyblivá, někdy podstatně užší nežli trup, na konci s vidličkou, do které ústí lepicí žlázy.

Trávicí soustava začíná ústním otvorem, za kterým leží svalnatý žvýkací hltan (tzv. mastax). Mastax v pravidelných intervalech posouvá potravu dále do střeva. V mastaxu jsou dobře patrná kusadla s jednotlivými malými zuby. K němu přiléhají silně vyvinuté slinné žlázy. Trávicí trubice je obklopena hepatopankreasem. Střevo je úzké, krátké a ústí do kloaky. Potrava je získávána filtrací, lapáním čelistmi nebo nasáváním nálevkovitým tvarem z úst a hltanu. K vylučování slouží protonefridie.

Nervová soustava je tvořena mozkem nad jícnem, ze kterého vybíhají pruhy do těla. Ganglia leží u mastaxu a v noze. Na těle a hlavě je řada smyslových brv (mechanoreceptory), na hlavě leží jednoduchý optický orgán.

Vířníci jsou primárně gonochoristé s výrazným pohlavním dimorfismem. U pijavenek však známe samečky a rozmnožování je výlučně partenogenetické, tj. noví jedinci se líhnou z neoplozených vajíček.

#### Ekologie

Pijavenky žijí v tenkém vodním filmu na povrchu lístků, v kapičkách vody v úžlabí listu a ve vlhkých částech mechů. Osídlují zejména drobné váčky s vodou, které vytvářejí některé mechy (*Pleurozium* - travník). Kolísání vlhkosti a teploty vede k tomu, že na rozdíl od pijavenek vodních mají pijavenky v mechu delší život, rozmnožují se v průběhu celé dospělosti a nehynou po etapě rozmnožování. Je to zapříčiněno nepředvídatelností prostředí ve srovnání se stabilnějším vodním prostředím. Jsou to proto, na rozdíl od vodních pijavenek, K-stratégové.

Potravou pijavenek jsou bakterie, drobný organický detrit a jednobuněčné řasy. Potrava je filtrována nebo seškrabována věncem brv. Množství pijavenek závisí na celkovém množství biomasy, protože množství prvoků, kteří jsou potenciální kořistí vířníků, zase závisí na dostupnosti potravy pro prvoky. Predátory pijavenek v aerofytickém mechu jsou zejména želvušky a jiní vířníci.

#### Encystace

Pijavenky jsou schopny do určité míry přežívat vyschnutí. To platí zejména pro pijavenky, které žijí v kobercích vysychavých aerofytických mechů. Při vysychání začnou zatahovat hlavu a nohu do trupu a tkáň se scvrkne. Příprava na encystaci (anhydrobiózu) trvá několik hodin, apokud je kratší, snižuje pravděpodobnost přežití. Při encystaci pijavenka ztrácí až 95 % vody v těle. Vznikne cysta, která bývá přichycena k lístku mechu. Suché lísky mechu mohou být snadno roznášeny větrem, což umožňuje roznos pijavenek na velké vzdálenosti. Proti vyschnutí se některé pijavenky brání produkcí slizu (např. u *Habrotrocha* sp.). Obnovení životních funkcí je v řádu hodin.

Větší problém nežli teploty a vysychání představuje pro pijavenky žijící v mechu nedostatek potravy. Při vyschnutí se ztrácí bakterie, řasy a prvoci, kteří jsou jejich hlavní potravou. Populace pijavek v mechu jsou také menší nežli populace stejného druhu v trvale zamokřených místech. Klidová stadia nejsou tolik odolná, jak se dříve myslelo, a vyšší teploty nebo úplná ztráta vlhkosti mohou být pro pijavenky letální. Je však znám případ obživlé pijavenky z mechu herbáře starého 59 let.

#### Systém vířníků

Zahrnuje tři třídy, z nichž pro aerofytický mech jsou nejdůležitější pijavenky.

Třída Seisonidea

Třída Bdelloidea – pijavenky

Třída Monogononta – točivky

## Běžné pijavenky v mechu

U nás je uváděno několik desítek druhů v mechu žijících vířníků, které jsou ale obtížně určitelní jen podle detailních znaků (Hrabě et al. 1954). Všechny pijavenky mají dvě ostruhy nanoze a tělo mají teleskopicky zatažitelné. Kusadla mají tzv. ramátního typu (oválná, s nápadnými lištami na kusadlech; viz Hrabě a kol. 1954, s. 270). Určování pijavenek je proto obtížné a vyžaduje velkou zkušenost. K určení se využívá počet zoubků vlevo/vpravo na vnitřní straně kousací destičky v mastaxu, přítomnost očních skvrn a jiné detailní znaky.

Rod *Habrotracha* (žvancovka) – má dlouhou, poměrně štíhlou hlavu s menší korunou, vakovitý trup, v těle prosvítají kulatá potravní sousta, žaludek je tenkostěnný. Mnoho druhů se vyskytuje v rašeliníku a vlhkém mechu.

Rod *Macrotrachela* – kutikula je spíše hladká nebo s menšími a kratšími hrbolky, jsou však i druhy s ostnitou kutikulou.

Rod *Mniobia* (mechovenka) – kutikula je pokrytá hrubými kutikulárními zrny, je jemně zrnitá apod. Tělo je spíše štíhlé, někdy s tmavými pigmentovými pruhy.

Rod *Philodina* (kolovratka) – povrch trupu je hladký nebo jemně zrnitý, tělo může být červeně, růžově, žlutavě probarveno, ostruhy sblížené, ostře kuželovité, noha krátká. *Philodina roseola* (kolovratka růžová) je červeně zbarvený běžný vodní druh.

Hrabě, S. a kol. 1954. Klíč zvířeny ČSR. Díl I. – Nakladatelství ČSAV. Praha. 539 s.

- *Stále dobrý, i když již koncepčně a taxonomicky zastaralý klíč mnoha kmenů bezobratlých na našem území, s kapitolou věnovanou vířníkům. Vyobrazení pijavenek je jednoduché, pro určování je potřeba dobré zkušenosti s klíčem (kolovratka růžová) zkušenosti.*

## 4 Hádátka

---

Etymologie: Kmen Nematoda, z řečtiny *nema* - vlákno, *eidos* - tvar

### Systematické postavení hlístic

Hlístice jsou velmi početným (až 1 mil ? druhů, většinou nepopsaných), jasně vymezeným kmenem vřetenovitých, štíhle válcovitých až nitkovitých živočichů s nepravou tělní dutinou těla, velmi uniformním uspořádáním tělních orgánů. Mají tělo mikroskopické velikosti (většina půdních a mechových druhů), ale jsou i několik dm velké parazitické druhy. Jejich zvláštní schopností je odolnost vůči prostředí bez kyslíku.

### Morfologie a anatomie

Tělo je vřetenovitého až nitkovité tvaru, bez zřetelné hlavy. Není obrveno. V těle je pseudocoel (novější názory uvažují i coelom) vyplněný tekutinou, jejíž turgor udržuje tvar těla. Povrch tělakryt vícevrstevnou kutikulou, která je v průběhu života svlékána. Kutikula je vylučována pokožkou (epidermis). Jádra syncytiální pokožky jsou koncentrována ve čtyřech podélných lištách (tzv. epidermální, resp. hypodermální lamely, lišty). Svalovina je pouze podélná, ve čtyřech pruzích v kvadrantech mezi epidermálními lištami. Jejím stahem dojde k prohnutí těla nebo jeho stočení do spirály.

Trávicí soustava je přímá trubice, s kutikulární výstelkou (tzv. kutikulární zuby) v ústní dutině. Dále pokračuje do svalnatého hltanu (tzv. bulbos) a pokračuje do nečleněného střeva, které končí řitním otvorem před koncem těla. Nasávání tekuté potravy je umožněno stažením střední části hltanu. Dalším stažením je potrava posunuta dále do střeva.

K vylučování slouží jednobuněčné ventrální žlázy. Vývodné kanálky v bočních epidermálních lamelách jsou patrné jako tmavší pruhy. Vylučovací otvor je jediný, v přední části těla.

Nervová soustava je tvořena prstencem okolo hltanu. Do těla vybíhají hřbetní a břišní pruhyspojené komisurami. Svalová vlákna jsou napojena přímo na tyto podílné nervové pruhy.

Smyslové orgány, hlavně chemoreceptory, jsou umístěny na přídí a zádi těla. Tzv. amfidy leží na přídí těla, fasmidy na zádi těla. Cévní soustava a dýchací soustava chybí, k dýchání využívají štěpení glykogenu v tělní dutině nebo u malých hlístic v mechu stačí difuze kyslíku do těla z okolí. Hlístice jsou gonochoristi s výrazným pohlavním dimorfismem. Pohlavní orgány mají vzhled dlouhých trubic v tělní dutině. Samci mají nepárové varle s vývodem u řitního otvoru a pomocným kopulačním orgánem, tzv. spikulami.

Samice mají párovité vaječníky. Párovité vejcovody jsou spojené do jediného kanálu, který ústí v přední části těla. Samičky jsou obvykle zavalitější, větší. Samečkové mají více stočenou ocasní část za řitním otvorem. Vývoj je přímý, bez larvy, s několikerým svlékáním kutikuly.

Hlístice se vyskytují ve sladkých vodách, v půdě a je mezi nimi řada parazitů. Přežívají i v anaerobním prostředí, např. v sedimentech a horkých pramenech se sulfanem. Velmi odolné vůči vysychání i vysokým teplotám, dokáží žít i v horkých výronech gejzírů.

### Ekologie

Hlístice obývají svrchní vrstvu půdy, vodní prostředí a mnohé jsou parazitární. Hlístice žijící v mechu a mechových polštářích jsou velmi druhově a kvantitativně významnou skupinou. Mechové hlístice jsou velmi běžné. Některé mají orgány k přichycení na listcích mechu.

Pozorována byla migrace z rhizoidů mechu do lístků při dostatečné vlhkosti nebo v denních cyklech. Jiné hlístice jsou pouze mezi rhizoidy a do vyšších částí mechu nevylézají. Pro pohyb potřebují větší množství vody, nebo alespoň souvislý film na povrchu lístků. Suché části nebo suché mechy hlístice nemají s výjimkou druhu *Plectus rhizophillus*, který se nikdy nevyskytuje v půdě pod mechem.

Hromadění hlístic pod mechovými rostlinkami může souviset se zastíněním půdy a jejím pomalejším vysycháním v porovnání s osvětlenými místy. Potravou hlístic jsou bakterie, prvoci a malí drobní živočichové. Predátory hlístic jsou želvušky, drobný hmyz, a dokonce i některé améby, které útočí na menší hlístice jako na kořist. Krytenky *Diffugia* a *Nebela* loví a tráví hlístice od zadního konce těla. Hlístice jsou také „loveny“ houbami, které vytvoří oka, ze kterých se hlístice nemůže vysmeknout. Houba pak má užitek z rozkládajícího se těla hlístice.

### Encystace

Při vysychání mechu jsou hlístice schopny přežít dlouhá období. Mohou přežít pomocí vykladených vajíček. Dospělci přežívají zásluhou schopnosti regulovat metabolismus i při malém obsahu vody v těle. Skutečná anhydrobióza nastává u hlístic specializovaných na vysychavé části rostlin. Zatímco většina hlístic musí vysychat pomalu, aby přežila, některé dokáží vyschnout rychle bez ztráty životních funkcí. K zamezení ztráty vody se hlístice stáčí do spirály. Hlístice při vysychání také vyhledávají silnější části listku (např. osy listků), které vysychají pomalu. To umožňuje i hlísticím pomalejší vysychání. Některé hlístice mohou zmrznout bez ztráty životních funkcí po rozmrznutí.



## **System hlístic**

Třída Adenophorea zahrnuje vodní i terrestrické volně žijící i parazitální hlístice. Mnohé mají přichycovací orgány na konci těla nebo produkují kluzké látky na povrchu těla. Do této třídy patří některé typické mechové druhy hlístic (*Dorylaimus*).

Třída Secernentea zahrnuje jen terrestrické druhy. Mnohé druhy jsou nebezpečnými parazity zvířat a člověka.

## **Běžné hlístice v mechu**

V mechu a půdě pod mechem jsou uváděny desítky rodů hlístic. Jejich určování je obtížné a jsou zapotřebí moderní klíče. Velmi podobná morfologie hlístic neumožňuje rozeznání bez dlouhodobé zkušenosti s takovými určovacími klíči. Mezi běžně uváděné druhy v mechu jsou proto uvedeny pouze dva rody. Větší význam nežli zařazení do konkrétního rodu má seznámení se s uniformní morfologií, charakteristickou stavbou těla patrnou v procházejícím světle a nápadným mrskavým pohybem hlístic v preparátu.

Rod *Dorylaimus* (háďátko) – tělo štíhlé, na přídí s nápadně rozšířenými kutikulárními papilami oddělenými zářezem, jícen se zúženou přední částí, ve které vpředu leží krátký kutikulární bodec v ústní dutině, bulbus válcovitý. Tento rod je charakteristický rhizoidy mechu a vyžaduje velmi vlhké prostředí.

Rod *Plectus* (háďátko) – tělo vpředu tupě kuželovité, s malými kutikulárními papilami, bulbus nápadný v zadní části jícnu, bez kutikulárního bodce, na přídí pár krátkých odstávajících brv. Druh *Plectus rhizophillus* je typické háďátko pro suché části mechu.

## 5 Želvušky

---

Etymologie: Kmen Tardigrada – z latiny, pomalý chodec: tardu – pomalý, grado - krok

### Systematické postavení želvušek

Želvušky jsou samostatným kmenem mikroskopických živočichů. Jsou sesterskou skupinou tzv. lobopodů, kteří jsou významnou skupinou mořských živočichů v období kambria. Obě skupiny spojuje přítomnost panožek zakončených drápkami (tzv. onychopodii). I když jsou vzhledem ke svojí mikroskopické velikosti zdánlivě bezvýznamnou skupinou živočichů, opak je pravdou, neboť mohou vytvářet mimořádně početná společenstva čítající až několik milionů jedinců na m<sup>2</sup>.

### Morfologie a anatomie

Želvušky mají mikroskopickou velikost. Největší zástupci mají délku těla asi 1 mm. Většinou mají délku těla mezi 0,3 až 0,5 mm. Tělo je segmentované, nakaždém segmentu je přítomen pár homolovitých nohou zakončených nápadnými drápkami. Celkem mají čtyři páry končetin. Tělo je kryto silnou a často složitě skulptovanou kutikulou, která je tvořena chitinem a proteiny a je pravidelně svlékána. Mladé želvušky jsou bezbarvé, starší jedinci mají v těle pigmenty ukládané v buňkách na povrchu těla. Jeví euthelii, tj. mají přesně definovaný počet tělních buněk s mapovatelnou ontogenetickou historií.

V těle želvušek je dutina zvaná hemicoel. Dýchací orgány nemají, dýchají povrchem těla vzhledem ke své malé velikosti. K vylučování slouží tři nitkovité žlázy srovnávané s malpighickými trubicemi u členovců. V ústech mají stylety, které slouží k propichování buněčné stěny u řas, mechů a dalších rostlin. Potravou jsou buněčné šťávy, které sají z napichovaných řas a mechů. Některé druhy želvušek jsou dravé a vysávají měňavky, vířníky a háďátka. Ústa pokračují do sacího jícnu. Trubicovité střevo ústí řitním otvorem na konci těla. Z nervové soustavy jsou nejlépe patrné oční skvrny. Jsou to pigmentové pohárky uložené při povrchu nadjícnového moku, ze kterého vybíhají spoje ke čtyřem párům břišních nervových uzlin.

### Evoluční historie

Želvušky jsou známé od kambria (asi 500 mil. let). Vzácně byly nalezeny v jantaru z období křídly; popsané druhy z jantaru jsou téměř nerozeznatelné od želvušek současných. Evoluční příbuznost mají ke drápkonošcům (kmen Onychophora). Drápkonošci jsou několik centimetrů dlouzí, stonožkám podobní živočichové, žijící v současnosti pouze v tropických deštných pralesích.

### Ekologie

Želvušky žijí v mořské vodě, ve sladkých vodách a kobercích mechů. Určité druhy jsou všeobecně rozšířené, jiné druhy mají jen omezené areály. Jsou charakteristickými živočichy v horském mechu. Jsou těsně vázány na konkrétní místo (mech, lišejnicích), mimo se vyskytují v nepatrném množství. Kromě mechů se vyskytují i v přízemních růžicích různých rostlin a na lišejnicích. V polštářích mechů se přidržují pomocí drápků a i vajíčka jsou přilepována k podkladu.

Nepřáteli želvušek jsou měňavky, krytenky a některá háďátka. Želvušky bývají napadány i houbami a některými druhy výtrusenek.

### Anabióza a encystace

Želvušky jsou obdivuhodné svojí schopností přežívat nepříznivé životní podmínky. Přežívají zahřátí do 150 °C, po dobu několika minut i teploty až -200 °C. Některé druhy dokázaly přežít i teplotu -272 °C po dobu několika minut. Nevadí jim vakuumpo dobu několika let ani velmi vysoký tlak; přežívají 1200x vyšší atmosférický tlak nežli tlak, který je na zemském povrchu. Významná je schopnost přežít vysychání. Množství vody v těle želvuška snižuje z 58 % na pouhých 3 %. Při zmrznutí v ledu nedojde k poničení tkáně a po rozmrznutí tkáně a orgány fungují bez jakékoliv změny. Želvušky jsou také schopné přežít vysoké dávky radiace. Přežívají dávky 1000x vyšší, než je letální dávka pro jiné živočichy. Vysvětluje se to mimořádnou schopností želvušek opravit svoji DNA v případě jejího poškození ionizujícím zářením.

Želvušky byly experimentálně vystaveny vakuu a záření v kosmickém prostoru a dokázaly tyto podmínky přežít po dobu deseti dní. Po návratu z orbitální stanice na zem se u nich obnovily životní funkce.

V případě nepříznivých podmínek, ve vodním prostředí zejména s klesajícím množstvím kyslíku, želvušky zatahují nohy a hlavu do trupu a přechází do stavu anabiózy. Trup se zkracuje a získává soudečkovitý tvar. Přejít do stavu anabiózy jsou schopny i několikrát průběhu života.

V případě encystace dochází k oddělení staré kutikuly od tělní stěny želvušky. Živočich si vytvoří kutikulu novou, silnější, která vytvoří cystu ve staré svlečce. V cystě nesnáší želvušky takové extrémní podmínky jako v anabióze.

## Běžné želvušky v mechu

U nás je uváděno více než 100 druhů želvušek, které jsou obtížně určitelné podle detailních znaků (Bartoš a Šlajs 1967). Běžné druhy v mechu lze přibližně přiřadit dvěma rodům.

Rod *Echiniscus* a podobné rody: Druhy patřící do této skupiny mají tělo válcovité nebo široceoválné, obvykle růžově, červenohnědě nebo cihlově červeně zbarvené. Na hlavě mají 4-5 párů smyslových přívěsků. Na hřbetě mají silný destičkovitý krunýř a běžné jsou i velmi dlouhé kutikulární ostny. Oční skvrny jsou červené.

Rod *Macrobotus* a podobné rody (*Hypsibius*): Druhy této skupiny nemají na hlavě smyslové přívěsky. Kutikula je hladká nebo hrbolkovitá, bez krunýře a dlouhých kutikulárních ostnů, někdy s kratšími osténky. Tělo je průhledné nebo slabě zbarvené žlutavě, hnědavě. Nohy mají zakončení dvojdrápek; dolní drápek je menší a může, ale nemusí srůstat s horním drápkem. Oční skvrny buď chybí, nebo jsou černé.

## Literatura

Bartoš, E. a Šlajs, J. 1967. *Fauna ČSSR. Želvušky, Jazyčnatky*. - Academia, 222 s. Praha.

- *Velmi podrobný česky psaný klíč k určování našich želvušek, s podrobným popisem morfologie, anatomie, fylogeneze a ekologie, s podrobnou metodikou sběru, konzervace a určování, a s podrobným seznamem české a světové literatury. Bez fotografií, s řadou velmi kvalitních schématických obrázků. Nevýhodou je starší datum vydání. Kniha vyšla v nákladu 700 výtisků.*

# Jak dlouhá je žížala?

*Jak je možné, že žížala dokáže prolézt tvrdou půdou?*

Na otázku, jak dlouhá je žížala, by asi každý odpověděl: „*Tak, jak ji natáhnu.*“ Ale jak je obyčejná žížala skutečně dlouhá? Vyzkoušejte si jednoduchý pokus a odhalte, co má společného žížala a láhev minerálky v plastové láhvi.

## Využité přístroje:

PC nebo notebook, digitální fotoaparát, binokulární lupa

## Cílová skupina/náročnost:

2. ročník SŠ a odpovídající ročníky gymnázií

Autor:

doc. RNDr. Michal Mergl, CSc.

Všechny uvedené texty, obrázky a videa jsou vlastní, není-li uvedeno jinak. Autory Youtube embed videí lze nalézt při kliknutí na znak Youtube ve videu během přehrávání.

**K plnohodnotnému využití této studijní opory je nutný přístup k on-line zdrojům a materiálům.**

Tento materiál vznikl z finanční podpory Evropského sociálního fondu a státního rozpočtu České republiky v rámci projektu „Popularizace vědy a badatelsky orientované výuky“, reg .č. CZ.1.07/2.3.00/45.0007.

# 1 Návod k pokusu

---

## **Pomůcky:**

Petriho miska, binokulární lupa, digitální fotoaparát, milimetrový papír, kalkulačka(nebo vlastní mozek :-).

## **Postup:**

Větší žívu žízalu s opaskem umístěte břišní stranou na milimetrový papír a pomocí nastavení *Supermakro* u fotoaparátu zhotovte několik co nejdetailnějších fotografií pohybu žízaly po sobě. Žízalu také nafoťte celou, abyste mohli spočítat celkový počet tělních článků. Fotografie si otevřete v notebooku nebo PC a s co největší přesností změřte délku několika segmentů za opaskem. Najděte fotografii této části těla v natažené pozici, pak fotografii stejné části těla v pozici stažené a změřte rozdíly v délce pomocí milimetrového papíru, po kterém žízala ležla. Pokud spočítáte průměrnou délku jednoho segmentu (tj. aritmetický průměr obouměření), není nic jednoduššího nežli délku jednoho segmentu vynásobit počtem segmentů celého těla. Výsledek je délka žízaly v klidovém stavu.

Pokud nalezneme žízalu uhynulou, svaly v těle jsou povolené a vidíme skutečnou délku žízaly.

*Ale nabízejí se otázky. Jak moc velký je rozdíl mezi nataženým a zkráceným segmentem a proč se vůbec segmenty stahují?*

## 2 Vysvětlení

---

Žížala využívá pro pohyb základní fyzikální vlastnost tekutin, a to nestlačitelnost. V každém segmentu má žížala pár dutin = tzv. coelomových váčků; jeden na pravé straně, druhý na levé straně. Obě tyto coelomové dutiny jsou na povrchu (tj. pod pokožkou) překryty mohutnou vrstvou okružní svaloviny. Jiná skupina svaloviny je v podélném směru těla. Samotné váčky jsou uzavřené a obsahují tekutinu.

Každý segment těla může projít třemi fázemi.

- V první fázi jsou okružní i podélné svaly nestažené. Výsledkem je určitá „průměrná“ délka segmentu, tedy ta, kterou jste v předchozím jednoduchém pokusu vypočítali. V této fázi žížala neleze a relaxuje.
- V druhé následné fázi dochází ke stažení okružní svaloviny. Pokud se stáhnou okružní svaly, zmenší se průměr těla a samozřejmě se zmenší průměr coelomových váčků. Tekutina ve váčcích je však nestlačitelná! S každým zmenšením průměru těla, a tedy i váčků, se váčky víc a víc prodlužují v podélném směru, protože objem prostoru vyplněného tekutinou musí zůstat stejný. Výsledkem je protažení segmentu při současném zmenšení průměru segmentu.
- V třetí fázi po ochabnutí okružní svaloviny se stáhne svalovina podélná. Proces se děje opačně. Coelomové váčky se zkracují, a protože kapalina má stále stejný objem, průměr váčků, a tedy i těla, se zvětšuje. Vlna zkracování postupuje od předu dozadu. Postupným zkracováním segmentů se tělo žížaly posouvá dopředu.

Nestlačitelnost kapaliny má ještě další význam. Pokud se silná okružní svalovina na přídě těla stáhne, jsou první segment a za ním další segmenty vtlačovány jako píšť do hlíny. Za všimnutí stojí skutečnost, že žížala má nejmohutnější (nejdelší, největší průměrem) segmenty na přídě těla. Je tedy zřejmé, že kuželová přídě těla žížaly slouží k postupnému vtlačování půdy do stěny chodbičky. První články o menším průměru vtlačí půdu do stěn jen mírně a chodbička je úzká, ale každý další segment při zkrácení podélné svaloviny a zvětšení průměru těla zatlačí půdu víc a víc do stěny, až ji rozšíří na celkový průměr těla. Nejmohutnějšími segmenty je proto jenněkolik článků od přídě těla. Ty zatlačí stěny na konečný průměr chodby. Tady žížala potřebuje nejsilnější svaly, protože tímto koncem se vtlačuje do půdy. Články dále na těle se už „jen vezou“.

Aby nedocházelo ke klouzání těla zpátky při protlačování přídě těla půdou, jsou na povrchu těla na každém článku krátké štětinky. Při lezení na povrchu země jsou štětinky jen lehce přitíženy, a tak žížala v závislosti na charakteru povrchu lehce sklouzává zpět. Při prolézání půdou v chodbičce jsou štětinky mnohem účinnější. Části těla ve stažené fázi (= větší průměr těla) vtlačí štětinky do stěny chodby. Žížala je tak pevně ukotvena na místě a přední část těla se může efektivně prodlužovat a vtlačovat do půdy, aniž by sklouzávala zpět. Tak se žížala může protlačit i poměrně tvrdou půdou.

Problém pro žížalu by vyvstal poté, pokud by voda mohla z coelomových váčků vytéci. Bylo by to podobné jako s minerálkou v PET láhvi. Pokud je láhev uzavřená a naplněná vodou po okraj, pak nelze láhev stlačit. Pokud povolíme uzávěr, můžeme láhev snadno smáčknout. Pokud je v láhvi vzduch, jako stlačitelný plyn umožňuje smáčknutí láhve i při uzavřeném víčku. Žížala v coelomové dutině však žádný plyn nemá.

Podobnou dutinu vyplněnou tekutinou nalezneme i u hlístic. Ty mají ale dutinu jedinou. Umožňuje jim udržet dostatečně tuhé vřetenovité až vláknité tělo, ale neumožňuje peristaltický pohyb, jaký umí žížala. Je to zapříčiněno nepřítomností segmentů. I kdyby hlístice měly okružní svalovinu (mají jen podélnou), jejím stažením by se tělo vybouřilo vpředu i vzadu a k žádnému orientovanému pohybu by nemohlo dojít.