Česká zemědělská univerzita v Praze

Ústřední komise Biologické olympiády

Biologická olympiáda

53. ročník

školní rok 2018–2019

Studijní text

k tématu:

Příjem a výdej látek
aneb
Něco dovnitř, něco ven

kategorie C a D

Jana Dobroruková, Jiří Hotový, Ivo Králíček

Praha 2018

OBSAH

1 Příjem, transport a výdej látek na úrovni buněk 5
1.1 Buňka a její typy 5
1.2 Stavba buňky 6
2 Příjem, transport a výdej látek u rostlin 13
2.1 Vegetativní orgány rostlin 18
2.2 Rostliny a voda 19
2.3 Výživa rostlin 23
2.4 Masožravé rostliny 26
2.5 Rostliny a jejich stanoviště 28
3 Příjem a výdej látek v ekosystému 29
4 Dýchání živočichů 31
4.1 Výměna plynů mezi vnějším a vnitřním prostředím 32
4.1.1 *Dýchání celým povrchem těla + difúze* 32
4.1.2 *Dýchání celým povrchem těla + rozvod plynů* 33
4.1.3 *Dýchání pomocí orgánů za účasti tělních tekutin* 33
4.1.4 *Dýchání pomocí vzdušnic – bez pomoci tělních tekutin* 37
4.2 Zvláštnosti dýchání živočichů 38
4.2.1 *Dýchání bez účasti kyslíku* 38
4.2.2 *Doplňkové dýchání* 39
4.2.3 *Dýchání plynovým měchýřem* 39
4.2.4 *Schopnost dýchat žábrami i plícemi* 39
4.2.5 *Různé dýchání v larválním a dospělém stadiu* 40
4.2.6 *Vzdušné vaky ptáků* 41
4.2.7 *Ostnokožci* 42
4.3 Zajímavé podrobnosti o dýchání aneb víš, že… 43
5 Trávení živočichů 49
5.1 Základní děje při trávení 49
5.2 Základní typy trávicích soustav 51
5.3 Typy potravy živočichů 54
5.4 Zvláštnosti v přijímaní potravy 57
5.4.1 *Různá přizpůsobení (adaptace) živočichů, kteří se živí krví a dalšími tělními tekutinami* 57

5.4.2 *Mimotělní trávení* 57
5.4.3 *Schopnost trávit celulózu* 58
5.5 Lze přijímat potravu z řitního otvoru? 59
5.5.1 *Co je to medovice?* 59
5.5.2 *Jak krmí koala mládě?* 60
5.5.3 *Živí se nějaký živočich pravidelně svým trusem?* 60
6 Vylučování živočichů 60
6.1 Vylučované dusíkaté látky 61
6.2 Způsoby vylučování látek 62
6.3 Typy vylučovacích orgánů u různých skupin živočichů 65
6.4 Zvláštnosti ve vylučování látek 69
6.4.1 *Kříž křižáků* 69
6.4.2 *Solné žlázy* 69
6.4.3 *Jak jsou sladkovodní a mořské ryby přizpůsobeny prostředí?* 69
6.4.4 *Jak se mořské vodě přizpůsobily paryby, například žraloci?* 70
6.4.5 *Jak se ledviny savců přizpůsobily prostředí?* 70
7 Literatura a odkazy 72

Milý / milá soutěžící,
vítáme tě v dalším, již 53. ročníku tradiční soutěže Biologická olympiáda. Hned na začátku přiznáváme, že téma letošní olympiády je sice velmi zajímavé, ale není úplně jednoduché. O to víc jsme se snažili ti náročnější text co nejvíce přiblížit. Nevyděs se nad celkovým počtem stran, samotný text zabírá jen 33 stran, zbytek jsou obrázky, které ti pomohou textu porozumět. Ne vše v tomto studijním textu bude pro tebe nové, mnoho věcí už znáš ze školy, jen se tady dozvíš mnoho doplnění a upřesnění. Navíc tím, co je v rámečkách, se do školního kola nemusíš zabývat, to je určeno až pro postupující do okresního a krajského kola. Pokud se do letošního tématu pustíš, lépe si uvědomíš, jaké děje probíhají nejen v rostlinách, které jsou základem celé přírody, ale i v živočiších, tedy i v tobě. A porozumět svému tělu určitě není na škodu.
Obrázky v textu jsou většinou barevné. Nemusíš si je ale barevně tisknout. Na stránkách www.biologickaolympiada.cz najdeš v dokumentech pro tento ročník složku s prezentacemi, kde si tyto obrázky můžeš detailně prohlédnout. Případně si můžeš svůj vytištěný text číst a současně se v počítači dívat na barevné, velké obrázky s popisky.
Jako každý rok najdeš na webových stránkách olympiády i seznam organismů pro teoretickou a praktickou část soutěže a vstupní úkoly.
Seznam pro teoretickou část (test) se týká organismů, se kterými se v různých kolech soutěže setkáš v teoretické části. Většinou jsou uvedeny i ve studijním textu, ale mohou tam být i některé jiné, běžné organismy, o kterých ses ale již ve škole učil(a). Organismy, které se týkají teoretické části školního kola, jsou vyznačené tučně. V seznamu pro praktickou část jsou uvedeny organismy, ze kterých budou organizátoři jednotlivých kol soutěže vybírat při sestavování „poznávačky“.
Vstupní úkol je povinný pro toho, kdo postoupí do okresního kola, kde je hodnocen jako součást soutěže. Pokud tě některý z úkolů zaujme, můžeš si na něm začít pracovat klidně již na podzim bez ohledu na to, zda do okresního kola postoupíš, nebo ne. Pokud ale chceš čekat až na to, zda se do okresního kola dostaneš, budeš mít mezi školním a okresním kolem na vypracování vstupního úkolu dost času. Určitě si ale dřív, než se do úkolu pustíš, pozorně přečti úvodní pokyny pro vypracování těchto úkolů, uvedené na začátku celé složky, abys měl(a) hned představu, jak má zpracování zvoleného úkolu v konečné podobě vypadat.
Snad je to vše, co potřebuješ před začátkem přípravy na soutěž vědět. Zbývá jen popřát ti, aby tě studijní text zaujal a aby tě celá soutěž bavila.
S pozdravem – autoři

1 PŘÍJEM, TRANSPORT A VÝDEJ LÁTEK NA ÚROVNI BUNĚK

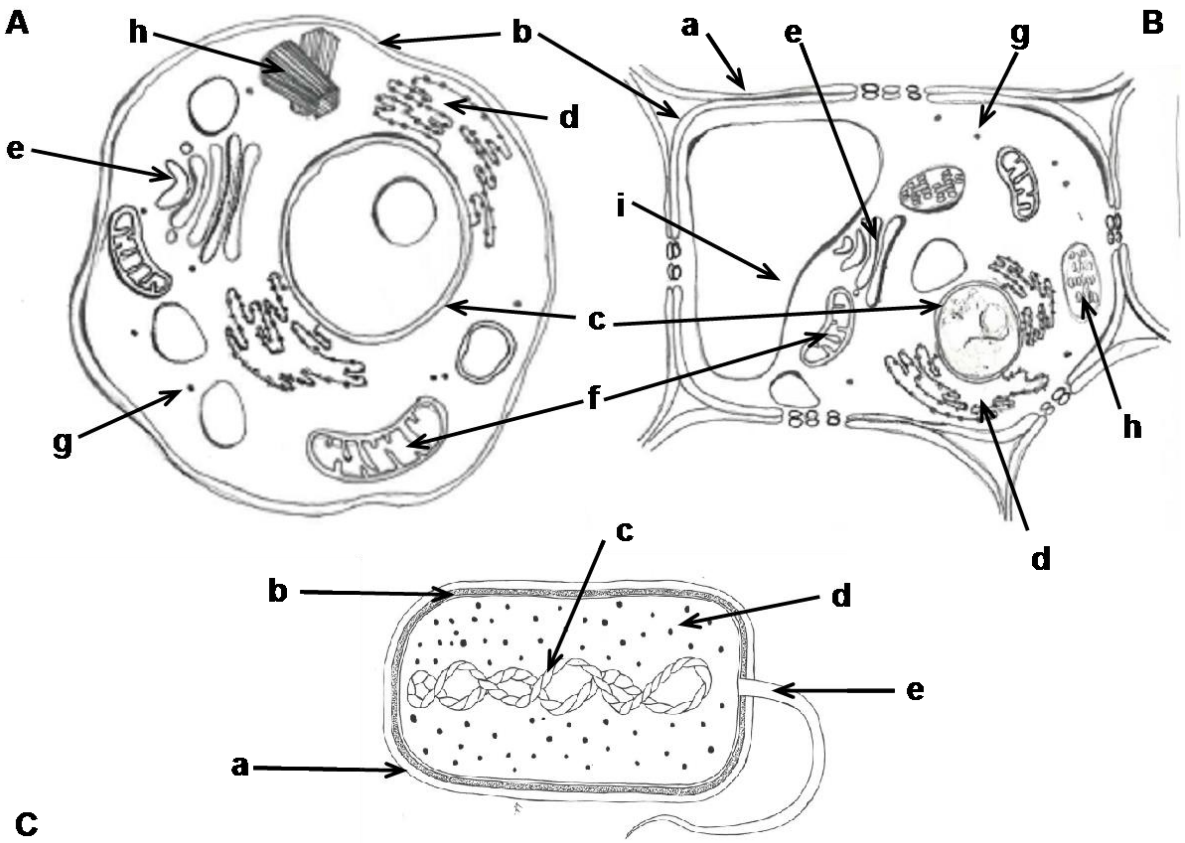
Buňku si můžeš představit jako celé tělo v malém. Jednotlivé části těla najdeš v nějaké podobě i v buňce. Všechny tělesné pochody, které znáš, umí vykonávat ve většině případů i každá jednotlivá buňka (u jednobuněčných organismů jí ani nic jiného nezbývá). Buňka má vlastní „kůži“ (cytoplazmatická membrána), kostru i orgány (v buňce označované souhrnně jako organely). Pomocí nich má buňka schopnost látky přijímat, zpracovávat a vylučovat.

1.1 BUŇKA A JEJÍ TYPY

Buňka je základní funkční a stavební jednotkou všech živých organismů. Nejjednodušší organismy (bakterie, prvoci, některé řasy a houby a další) jsou tvořeny jedinou buňkou. Houby, rostliny a živočichové včetně lidí jsou tvořeni z velkého množství buněk, proto je řadíme mezi mnohobuněčné organismy. Jejich buňky mají velmi podobnou stavbu, ale jsou uzpůsobeny k různým činnostem. Skupinu buněk stejného typu, funkce a původu označujeme u živočichů jako **tkáň**, u rostlin jako **pletivo**. Z různých tkání či pletiv jsou složeny **orgány** (žaludek, srdce; kořen, list...). U živočichů se orgány spojují v **orgánové soustavy** (trávicí, cévní soustava...), které dohromady skládají organismus.
Rozlišujeme dva základní typy **buněk: prokaryotické a eukaryotické**.

Prokaryotické buňky (obr 1.1) najdeme u velmi jednoduchých jednobuněčných organismů, jako jsou bakterie včetně sinic. Jsou výrazně menší a mají jednodušší stavbu než eukaryotické buňky. Prokaryotické buňky tvoří: buněčná stěna, cytoplazmatická membrána, cytoplazma, ribozomy a molekula DNA. Tato molekula, ve které je uložena genetická informace, představuje zároveň jediný chromozom. Není oddělena od cytoplazmy membránou, prokaryotické buňky tedy nemají pravé jádro. Také neobsahují membránové organely (viz následující odstavec).

Eukaryotické buňky (obr 1.1) jsou mnohem složitější a bývají větší než prokaryotické buňky. Od okolního prostředí je eukaryotická buňka oddělena cytoplazmatickou membránou, u některých typů buněk (rostlin a hub) je vytvořena i buněčná stěna. DNA je uložena v jádře, které je od cytoplazmy odděleno dvojitou membránou. Buňka obsahuje membránové organely (vakuoly, lyzozomy, endoplazmatické retikulum, Golgiho komplex, mitochondrie, plastidy). Součástí cytoplazmy mohou být i bezmembránové organely (ribozomy a centriola).



1.1 Různé typy buněk

A – **živočišná buňka** (b – cytoplazmatická membrána, c – jádro, d – endoplazmatické retikulum, e – Golgiho komplex, f – mitochondrie, g – ribozom, h – centriola);

B – rostlinná buňka (a – buněčná stěna, b – cytoplazmatická membrána, c – jádro, d – endoplazmatické retikulum, e – Golgiho komplex, f – mitochondrie, g – ribozom, h – chloroplast, i – vakuola);

C – prokaryotická buňka (a – buněčná stěna, b – cytoplazmatická membrána, c – nukleová kyselina, d – ribozom, e – bičík).

1.2 STAVBA BUŇKY

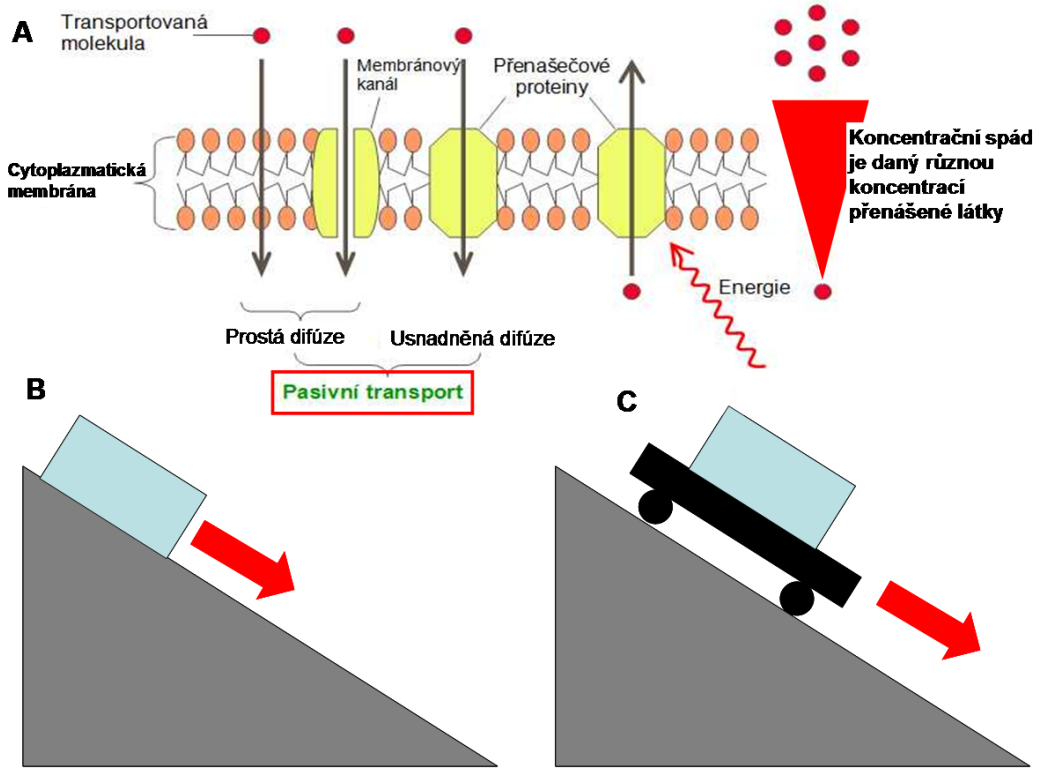
Cytoplazmatická membrána ohraničuje všechny typy buněk. Jedná se o velmi tenkou vrstvu, kterou sice v světelném mikroskopu neuvidíš, ale hraje důležitou roli pro řadu dějů, které v buňce probíhají. Prostřednictvím membrány buňky komunikují mezi sebou, přijímají a vydávají látky. Jednou z typických vlastností této membrány je polopropustnost. Membrána funguje podobně jako vrátnice, propouští do buňky nebo z buňky jen některé z látek. To by byl pěkný nepořádek, kdyby se jednotlivé látky mohly přemisťovat libovolně!

Přesun látek do buňky a z buňky

Přes cytoplazmatickou membránu se musí přesouvat nejrůznější látky. Obecně můžeme rozdělit přesun látek přes membránu na **pasivní transport** (není třeba dodávat energii) a **aktivní transport** (dochází ke spotřebě energie, kterou je nutné dodat).

Určitě poznáš, zda následující příklad představuje pasivní nebo aktivní transport, tedy zda v popsaném ději musíš nebo nemusíš na přesun vynaložit energii:
Chceš navštívit kamaráda, který stanuje na tábořišti níž po proudu řeky. V tom případě ti stačí, když se necháš řekou unášet (jen musíš trochu kormidlovat).
Jedná se tedy o pasivní transport.

Mezi příklady ***pasivního transportu*** patří prostá difúze, usnadněná difúze a osmóza. Podstatou všech těchto dějů je, že vnější a vnitřní prostředí buňky není z hlediska koncentrace látek stejné. Základním fyzikálním principem je snaha látek tyto koncentrace srovnat. V mnoha případech buňka tento fyzikální princip a děje z něj odvozené využívá ke svému prospěchu (transport potřebných látek do buňky a odpadů z buňky). V mnoha případech jí mohou ale i škodit (ztráta vody v suchém prostředí).



1.2 Difúze
Při transportu látek po koncentračnímu spádu není třeba dodat energii pro jejich přenos. Proto se tento transport označuje jako pasivní. Můžeš si ho představit jako pohyb tělesa po nakloněné rovině dolů. Těleso se bude pohybovat bez dodání energie (volná difúze, B). Jestliže umístíme těleso na vozík, rovněž se bude pohybovat bez dodání energie, tento pohyb bude snazší (usnadněná difúze, C).

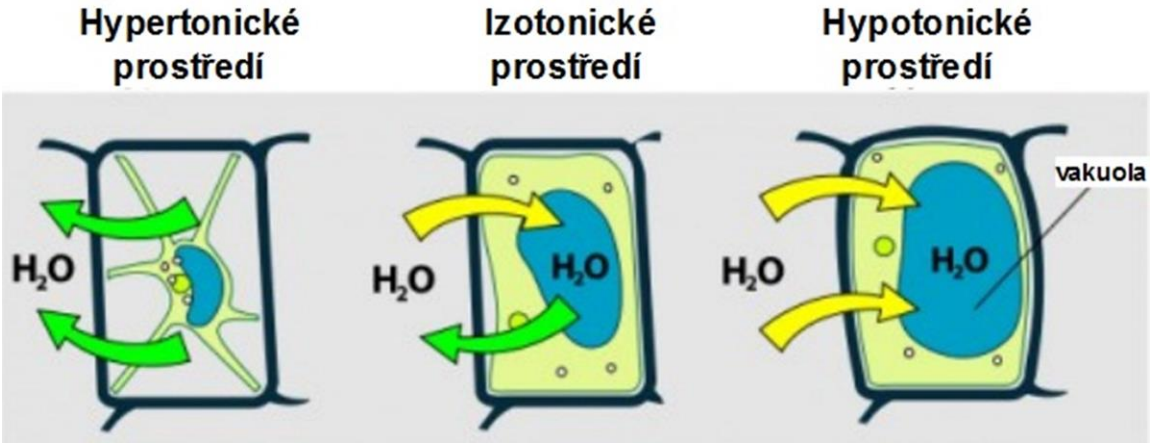
Prostá difúze (obr 1.2) je děj, při němž se vyrovnávají koncentrace dvou roztoků určité látky o rozdílné koncentraci. Prostá difúze se uplatňuje pouze u látek, které mohou přes membránu volně procházet (například kyslík). Molekuly látek se přesouvají z roztoku o vyšší koncentraci do roztoku o nižší koncentraci. Tomu říkáme, že se pohybují **po koncentračním spádu**.

Prostou difúzi si můžeš představit takto:
Po průtrži mračen se valí po silnici proudy vody. Ty v našem případě představují koncentrační spád. Na silnici jsou kanály, do kterých voda vtéká i s pískem, drobnými kamínky, menšími unášenými listy nebo malými větvičkami. Mříž kanálu představuje cytoplazmatickou membránu buňky, přes kterou jiné látky – v našem případě například větší větve a velké listy – volně neprojdou.

V případě ***usnadněné difúze*** (obr 1.2) využívají některé z látek speciální přenašeče. Ty jsou zabudovány v cytoplazmatické membráně a usnadňují přechod těchto látek přes ni. Takto jsou transportovány například ionty (částice s elektrickým nábojem), glukóza nebo močovina.

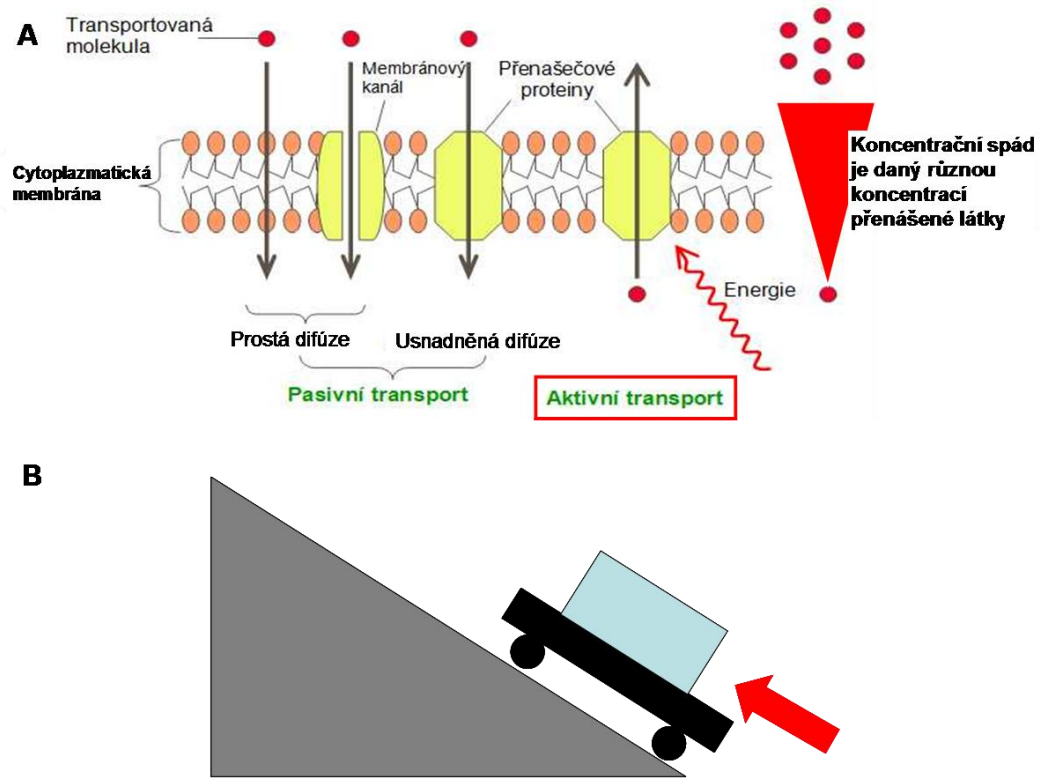
A jak si můžeš představit usnadněnou difúzi?
Vrátíme se k naší řece. Pluješ s kamarádem v loďce po proudu. Do cesty se ti ale postavil jez, který v našem případě opět představuje membránu buňky. Vy ale chcete plout dál, stejně jako buňka chce některé látky, které volně neprojdou, dostat dovnitř. Jak dostaneš loďku dál po proudu? Jednoduše. Máš štěstí, vedle jezu je otevřená plavební propusť, a ta ti usnadní překonání jezu, dostaneš se plynule dolů pod jez.

V případě ***osmózy*** (obr 1.3) se jedná u organismů o proces, kdy rozpuštěné látky nemohou přes polopropustnou membránu projít ani za pomoci přenašečů. Ale už víme, že základním principem je vyrovnání koncentrace roztoků na obou stranách membrány. Pokud nemohou projít rozpuštěné látky, musí přes membránu pronikat pouze voda a tím vyrovnat koncentraci látek. Voda se pohybuje vždy tam, kde je vyšší koncentrace rozpuštěných látek, protože tím roztok zředí. Osmotické jevy se uplatňují například při tvorbě moči v ledvinách (viz strana 67).



1.3 Osmóza
Hypertonické prostředí: Koncentrace roztoku v okolí buňky je vyšší než v buňce. Voda proniká ven z buňky do více koncentrovaného prostředí. Buňka se tedy smršťuje a vysychá.
Izotonické prostředí: Buňka se vyskytuje v roztoku o stejné koncentraci, jaký má její buněčný obsah. Voda proniká jak dovnitř, tak ven z buňky, nedochází však ke změně koncentrace a tvaru buňky.
Hypotonické prostředí: Koncentrace roztoku v okolí buňky je nižší než v buňce. Voda proniká do buňky, která se zvětšuje a v extrémních případech může dojít i k prasknutí membrány.

Aktivní transport (obr 1.4) je děj, kdy se pro pohyb látek přes membránu využívá energie. Dodání energie je zde nutné, protože látky jsou přenášeny proti koncentračnímu spádu, tedy z místa, kde je nízká koncentrace dané látky, do míst, kde je koncentrace látky vysoká. Pro tento transport buňka používá speciální přenašeče (transportní bílkoviny), které po dodání energie látku „protáhnou“ skrz membránu.

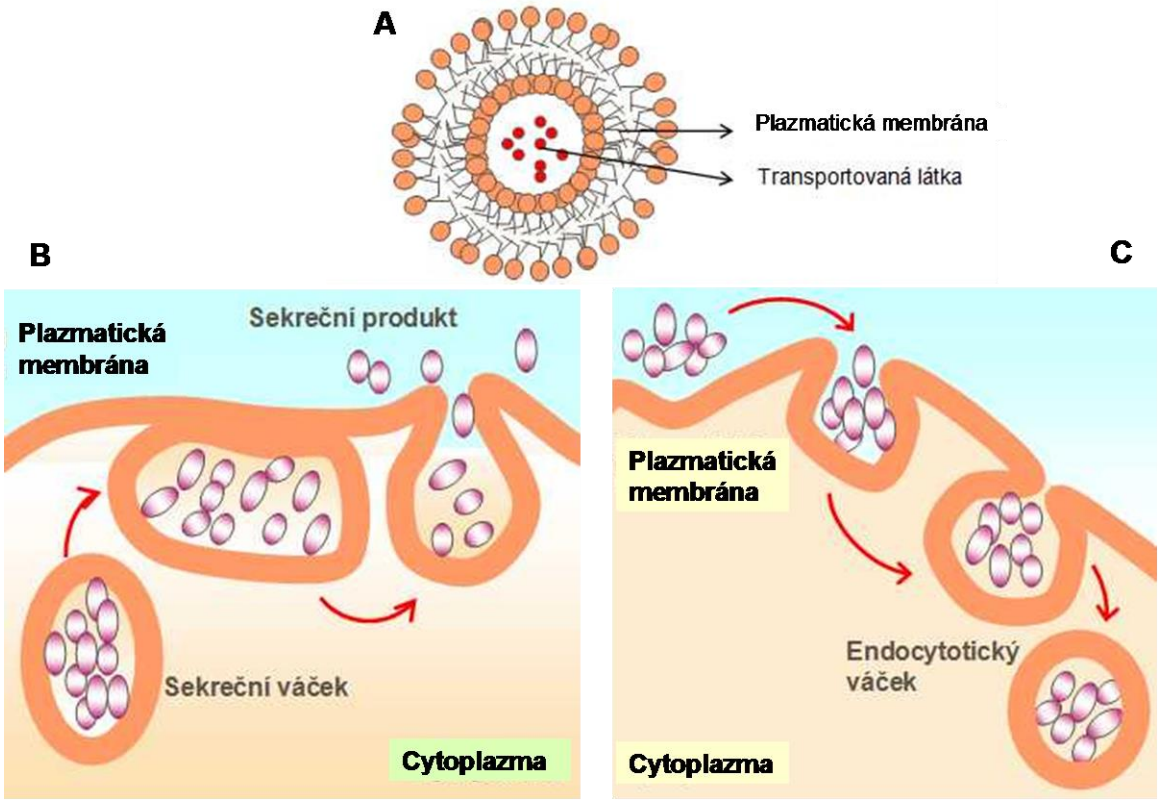


1.4 Aktivní transport
Při transportu látek proti koncentračnímu spádu je třeba dodat energii pro jejich přenos. Proto se tento transport označuje jako aktivní. Můžeš si ho představit jako pohyb tělesa po nakloněné rovině do kopce (B). Jestliže chceš pohnout nákladem, musíš dodat energii - zatlačit.

Pro lepší představu se opět vrátíme k řece:
Potřebuješ se dostat na loďce proti proudu řeky, naložit tam kamaráda, který tam na tebe čeká, a odvézt ho do svého tábořiště. V tom případě ti nezbývá nic jiného, než pořádně zabrat veslem. Pokud je ale proud vody hodně silný, je snazší jít po břehu a táhnout loďku, uvázanou na provazech, proti proudu. V obou případech musíš vynaložit na přesun značnou energii.

Větší částice ale pomocí aktivního transportu přesouvat nelze, buňka je musí doslova a do písmene pohltit („sníst“). Tento děj probíhá tak, že buňka obklopí přijímanou látku pomocí výběžků cytoplazmy a uzavře ji do váčku z membrány. Tento váček je posléze vtažen do buňky, což označujeme jako ***endocytózu*** („endo“ znamená vnitřní, dovnitř; „cytos“je latinsky buňka). Váček je dále zpracováván vlastní buňkou. Jestliže buňka přijímá pevné látky, hovoříme o ***fagocytóze*** (takto některé bílé krvinky pohlcují bakterie, měňavky takto získávají potravu).

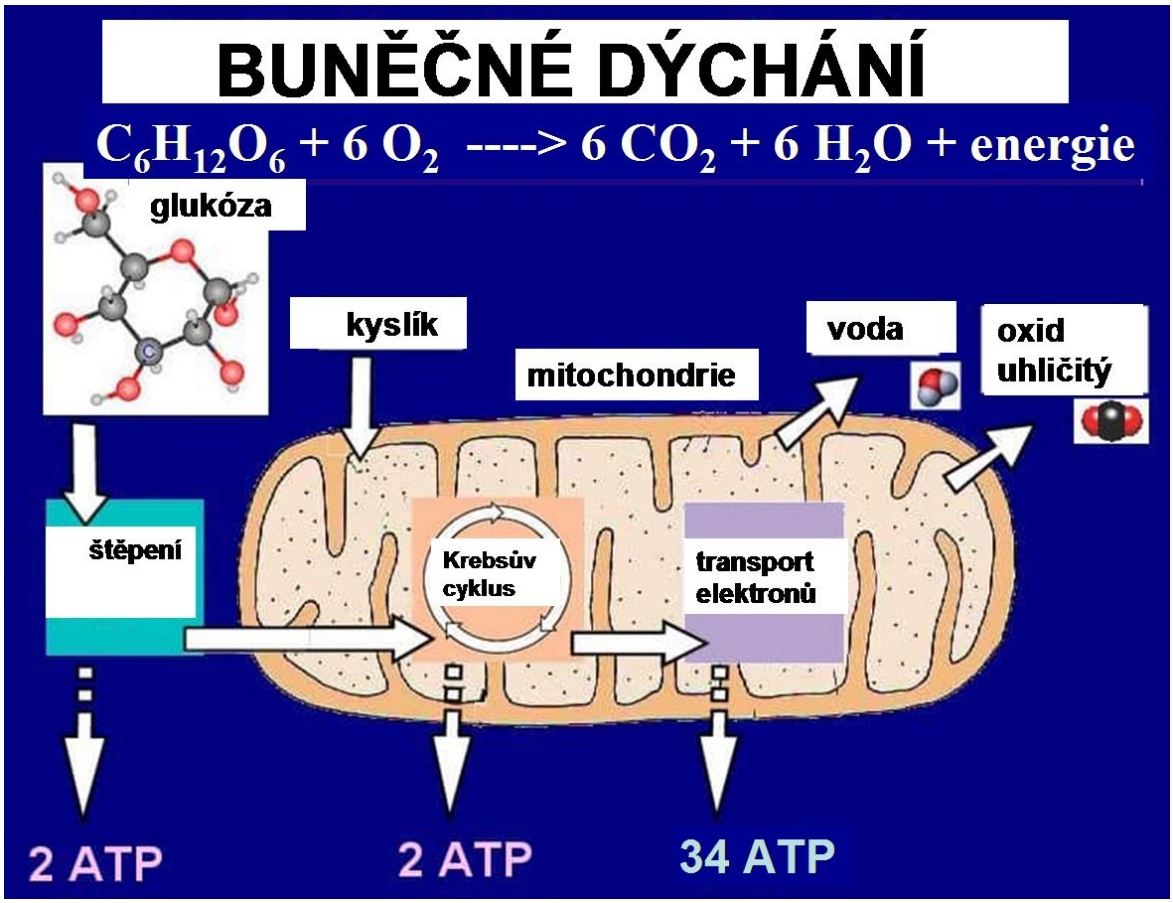
Jestliže je materiál v rozpuštěném stavu ve vodním roztoku, hovoříme o ***pinocytóze*** (jakési buněčné „pití“). (obr 1.5)



1.5 Endocytóza a exocytóza
A – Sekreční váček, který vzniká činností endoplazmatického retikula nebo Golgiho komplexu
B – Exocytóza je děj, kdy se kolem vylučované látky vytvoří sekreční váček, který putuje k cytoplazmatické membráně. Sekreční váček splyne s cytoplazmatickou membránou a jeho obsah se uvolní do okolí buňky.
C – Endocytóza je vlastně opakem exocytózy, nejprve se kolem transportované látky vytvoří membránový záhyb. Tento záhyb se zaškrtí a oddělí za vzniku endocytotického (sekrečního) váčku, v němž se transportují látky do nitra buňky.

Buněčná stěna je na povrchu prokaryotických buněk, buněk hub a rostlin.
U rostlinných buněk je tvořena celulózou. Má za úkol chránit buňku. Na rozdíl od velmi pružné membrány je výrazně tužší, přesto plně propustná.

Cytoplazma je základní hmota, která vyplňuje buňky a vytváří prostředí pro jednotlivé organely a celou řadu dějů. V širším smyslu slova zde začíná proces ***buněčného dýchání***. Prostřednictvím enzymů se rozkládají organické látky (glukóza) na látky jednodušší. Zároveň se uvolní malé množství energie, kterou buňka může využít pro svoji další aktivitu. Procesy probíhají bez účasti kyslíku.
U prokaryotických buněk (například bakterií) nebo eukaryotických buněk (například kvasinek nebo svalových buněk při velké zátěži) jsou vzniklé látky dále štěpeny v cytoplazmě bez účasti kyslíku a probíhá kvašení.
U většiny eukaryotických buněk jsou vzniklé látky dále rozkládány v mitochondriích za účasti kyslíku. Buňka tím získá velké množství energie (obr 1.6).



1.6 Rozklad glukózy v buňce

Schéma ukazuje složité děje, které probíhají v cytoplazmě a mitochondriích. Glukóza je v cytoplazmě štěpena na jednodušší látky. Během tohoto štěpení dochází k uvolnění malého množství energie, která se ukládá do ATP – viz strana 13 (2 molekuly ATP). Hlavním energetickým centrem buňky jsou mitochondrie, kde se štěpení dokončuje za přítomnosti kyslíku. Použitím jedné molekuly glukózy se může uvolnit v mitochondrii až 36 molekul ATP. Toto schéma je pouze ilustrační a jednotlivé procesy, které jsou znázorněny, se není potřeba pro jednotlivá kola biologické olympiády učit.

Jádro je řídícím centrem celé buňky. Od cytoplazmy ho odděluje dvojitá jaderná membrána. Genetická informace je uložena v DNA, která tvoří chromozomy, kterých je obvykle větší počet (člověk má 23 párů chromozomů).

Centriola je tělísko bez plazmatické membrány, které je přítomno v buňkách živočichů, řas a některých hub. Podílí se na jaderném dělení.

Ribozomy jsou drobná tělíska bez plazmatické membrány, která jsou volně rozptýlena v cytoplazmě nebo připojena na endoplazmatické retikulum. Jejich hlavní význam spočívá v tvorbě bílkovin, které jsou základní stavební látkou těl živých organismů.

Endoplazmatické retikulum je soustava membránových váčků. Bývá umístěno v blízkosti jádra a probíhá zde řada složitých chemických dějů.

Golgiho (čti Goldžiho**) komplex** (někdy označován jako Golgiho aparát) je soustava cytoplazmatických váčků. Ve váčcích probíhají chemické reakce, které upravují různé látky. Zároveň tyto váčky slouží k transportu těchto látek v buňce a především ven z buňky. Tomuto ději říkáme ***exocytóza*** („exo“ znamená vnější, ven; „cytos“je latinsky buňka) a je dalším příkladem aktivního transportu v buňce (obr 1.5).

Lyzozomy jsou váčky v cytoplazmě typické pro živočišné buňky. Obsahují trávicí enzymy, které dokážou rozkládat přijaté látky, především složité organické sloučeniny. Trávicí enzymy musí být odděleny od cytoplazmy membránou váčku, protože jinak by způsobily rozklad buňky. Pokud je buňka poškozena (například infekcí, mechanicky paličkou na maso apod.), dojde k uvolnění enzymů z lyzozomů a tím ke kompletnímu rozkladu buňky.

Vakuoly jsou váčky v cytoplazmě typické pro rostlinné buňky. Většina rostlinných buněk má v konečné fázi svého života jedinou vakuolu, která je vyplněna tekutinou, do které buňka ukládá nejrůznější látky (minerální látky, barviva…). Voda uložená ve vakuole vytváří tlak na buněčnou stěnu (tzv. ***turgor***), díky kterému má celá rostlina potřebnou pevnost. Když rostlina nemá dostatek vody, tento tlak klesá a dochází k celkovému ochabnutí těla rostliny (vadnutí).

Plastidy jsou drobná tělíska přítomná v cytoplazmě pouze u rostlinných buněk. Některé (leukoplasty) slouží k ukládání organických látek, jako je škrob, tuk nebo bílkoviny. Z leukoplastů mohou při dostatku zásob vznikat ***škrobová zrna.*** Ta můžeme přirovnat k nádobám, do nichž si rostlina ukládá zásobní potravu. Jsou tvořena z vrstev škrobu a jejich tvar je typický pro různé druhy rostlin. Buňky s vysokým obsahem škrobových zrn nalézáme v zásobních orgánech (například v bramborových hlízách) nebo plodech (například v obilkách).

Asi nejznámější plastidy jsou ***chloroplasty***, které obsahují zelené barvivo chlorofyl. V nich probíhá jedna z nejdůležitějších reakcí, ***fotosyntéza***, která díky rostlinám umožňuje i náš život.
Fotosyntézu můžeme definovat jako sled chemických reakcí, kterým rostliny z anorganických látek (vody, oxidu uhličitého) vytvářejí organické látky (glukózu). Energie potřebná k těmto reakcím pochází ze slunečního záření, které je zachycováno barvivy v chloroplastech. Kromě nejdůležitějšího chlorofylu se jedná o další barviva, například karoten a xantofyly. Můžeme tedy říci, že energie slunečního záření je uložena v glukóze. Vedlejším produktem fotosyntézy je uvolňovaný kyslík.

Mitochondrie jsou protáhlé tyčinkovité útvary, které jsou od cytoplazmy odděleny dvojitou membránou. Vnitřní membrána je zprohýbaná, vytváří velké množství záhybů. Důležité metabolické děje, které zde probíhají, jsou součástí ***buněčného dýchání***, navazují na procesy, které probíhají v cytoplazmě (viz strana 10). Na rozdíl od nich probíhá tento proces za účasti kyslíku.

Organické látky, které se dostaly do mitochondrií, jsou štěpeny na jednoduché anorganické látky, jako je oxid uhličitý a voda. Zároveň dochází k uvolnění značného množství energie. Jedná se vlastně o sluneční energii, která byla zapracována do molekul glukózy. V celkovém souhrnu jsou fotosyntéza a buněčné dýchání navzájem opačné děje.
Energie uvolněná při dýchání je uložena do molekul, které označujeme jako ATP. Tato speciální látka funguje jako univerzální zdroj energie pro většinu dějů v buňce. Představ si ji jako konzervu naplněnou energií (něco jako energetický nápoj). Molekula ATP se může v buňce volně přemisťovat, a být tak využita všude, kde je potřeba energie, například pro pohyb buňky, přenos látek přes membránu, tvorbu složitých sloučenin, dělení buňky a řadu dalších činností.

2 PŘÍJEM, TRANSPORT A VÝDEJ LÁTEK U ROSTLIN

Na příjmu, transportu a výdeji látek u rostlin se podílejí nasávací, vodivá, provětrávací a vyměšovací pletiva.

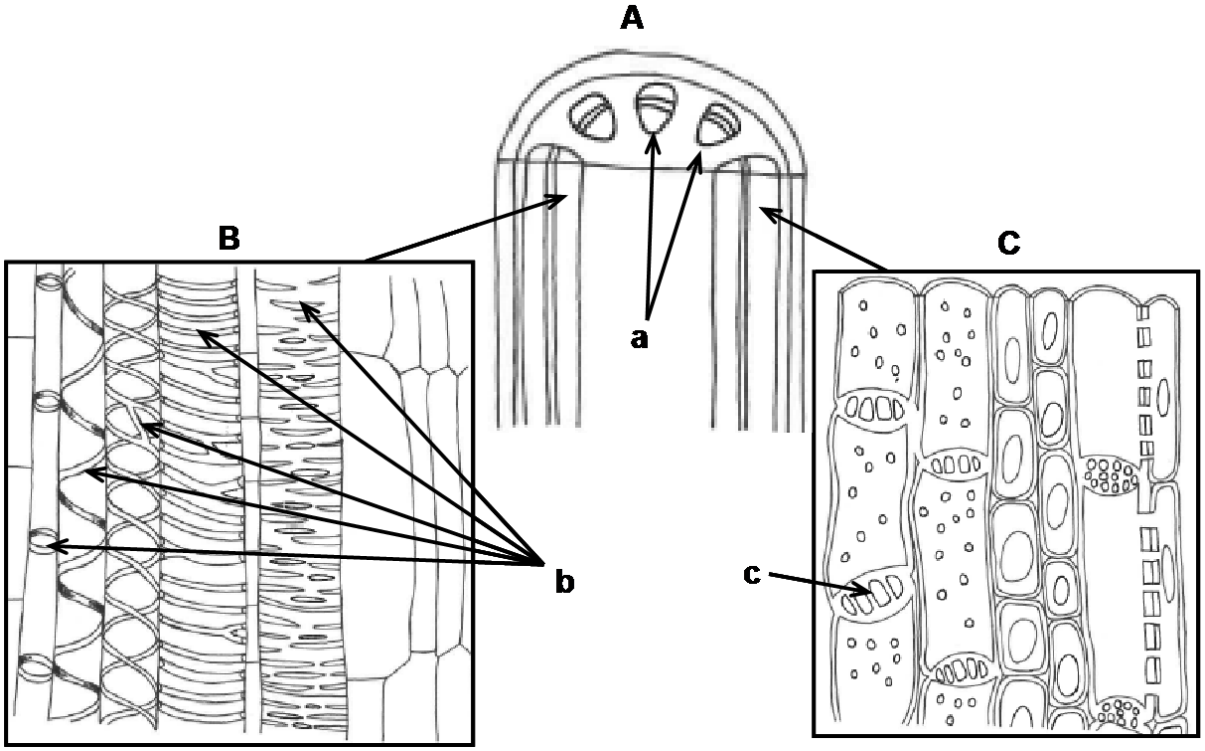
Mezi **pletiva nasávací** patří pokožka s kořenovými vlásky, která na rozdíl od pokožky listu nebo stonku neobsahuje průduchy ani vrstvu kutikuly. Je tvořena tenkostěnnými buňkami, které umožňují rostlinám příjem vody a v ní rozpuštěných anorganických látek. ***Haustoria*** jsou speciální kořeny parazitických rostlin (více u výživy rostlin).

Vznik **vodivých pletiv** souvisí s přechodem rostlin na souš. Rostliny potřebovaly zajistit vodu pro buňky. Vodivá pletiva jsou tvořena souborem cévních svazků, který je složen z části dřevní (xylém) a lýkové (floém).

Dřevní část přivádí roztoky minerálních látek, které z půdy čerpají kořeny, přes stonek až do listů. Tento proud vody je umožněn odpařováním vody – **transpirací** – z nadzemních částí rostliny, proto jej označujeme jako **transpirační proud**. K vedení roztoků minerálních látek slouží speciální trubicovité útvary, které označujeme jako ***cévy*** nebo ***cévice*** (obr 2.1). Jsou charakteristické pro všechny cévnaté rostliny a mohou být až několik milimetrů či centimetrů dlouhé. Mají protáhlý tvar, u jednotlivých cév můžeme pozorovat charakteristicky ztlustlé buněčné stěny. Vznikly z buněk, u kterých v průběhu vývoje došlo k rozpuštění přepážek mezi jednotlivými buňkami a odumření vnitřního obsahu. V době, kdy vedou roztoky, jsou již buňky mrtvé.
Cévice, které jsou vývojově starší, mají přepážky mezi buňkami ještě částečně zachované. Cévice se vyskytují zejména u nahosemenných rostlin a kapraďorostů. Vývojově mladší **cévy** mají přepážky mezi jednotlivými buňkami již zcela zaniklé.

Lýková část vede produkty fotosyntézy od listů směrem ke kořenům, kde jsou tyto organické látky nejčastěji uloženy, nebo do místa jejich spotřeby (květ, plod). Tuto část cévního svazku rovněž tvoří trubicovité útvary zvané ***sítkovice*** (obr 2.1).

Skládají se z živých buněk, které mají zachované přepážky. Ty jsou však proděravělé takže připomínají sítka.



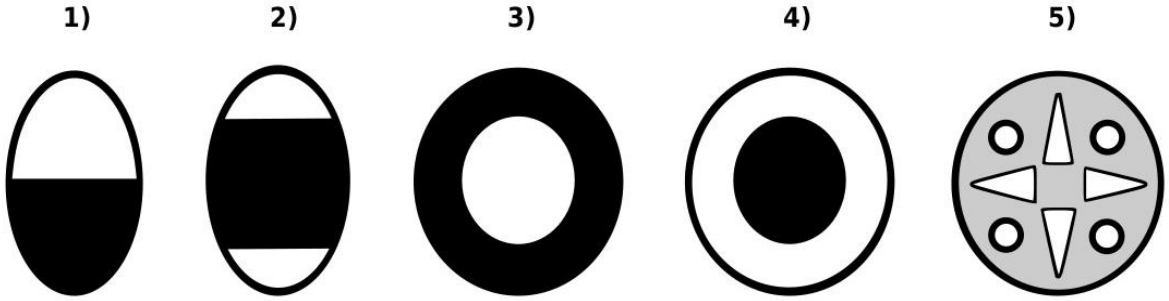
2.1 Cévy a sítkovice

A − Řez stonkem s vyznačenými vodivými pletivy (a). Vodivá pletiva uvnitř stonku jsou tvořena částí dřevní (B) a lýkovou (C).

B − Podélný řez dřevní částí vodivých pletiv. Můžeme pozorovat různé druhy cév (b), které mají charakteristicky ztlustlé buněčné stěny.

C − Podélný řez lýkovou částí vodivých pletiv. Buňky mají zachované přepážky, které jsou charakteristicky proděravělé (c). Buňky označujeme jako sítkovice.

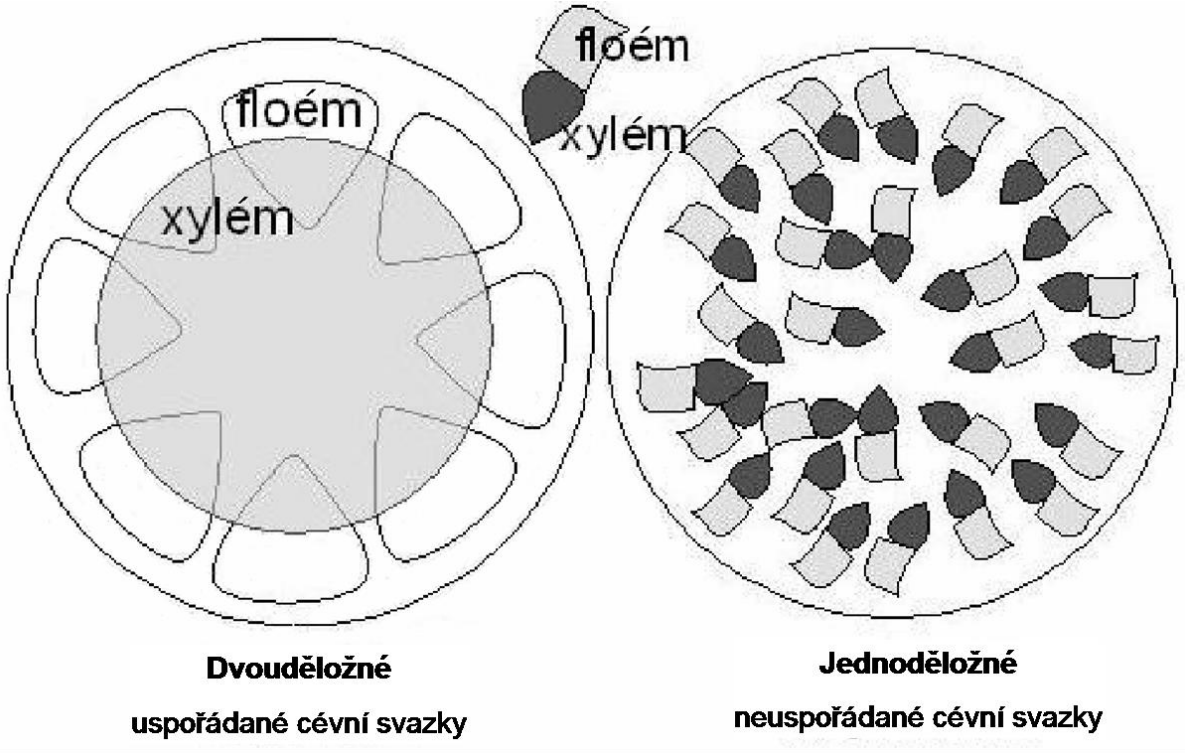
Dřevo a lýko jsou charakteristicky uspořádány v ***cévních svazcích***. Rozlišujeme cévní svazky soustředné (dřevostředné – oddenky a listy kapradin, lýkostředné – oddenky jednoděložných rostlin), paprsčité (kořeny rostlin), bočné (stonky, listy krytosemenných a nahosemenných rostlin) a dvoubočné ve stonku a listech lilkovitých nebo tykvovitých rostlin (obr 2.2).



2.2 Typy cévních svazků.

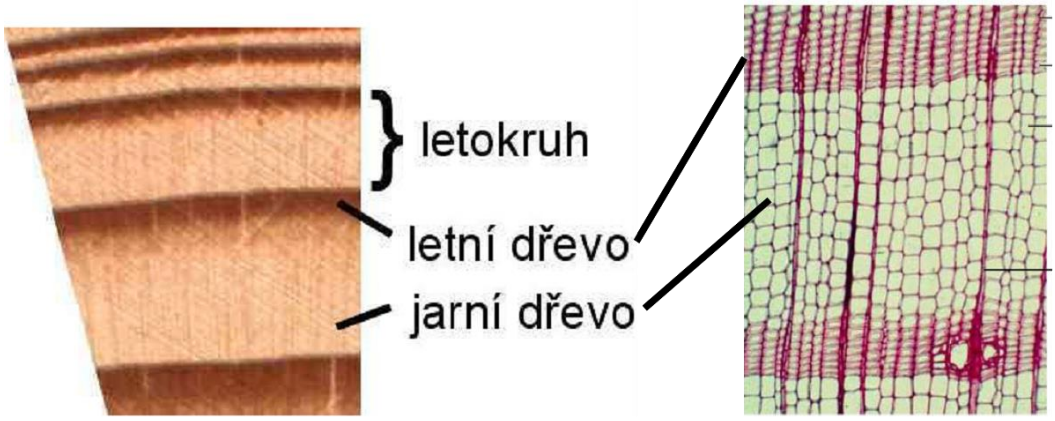
Podle rozložení dřevní (tmavá barva) a lýkové (světlá barva) části rozlišujeme následující typy cévních svazků: 1) bočné, 2) dvojbočné, 3) lýkostředné, 4) dřevostředné, 5) radiální.

Podle **uspořádání cévních svazků** můžeme určit, zda se jedná o rostlinu jednoděložnou nebo dvouděložnou.
U **jednoděložných rostlin** jsou cévní svazky rozmístěny náhodně, nedochází u nich k druhotnému tloustnutí (obr 2.3).



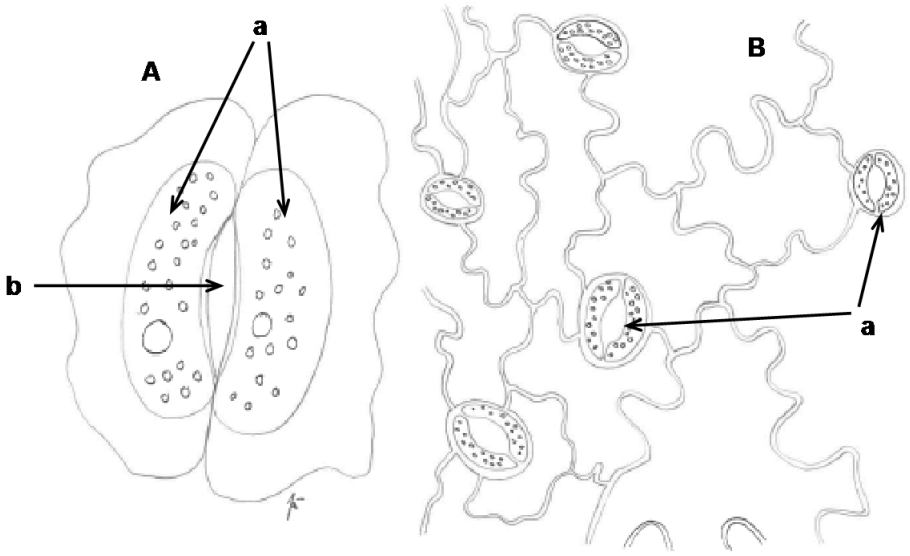
2.3 Vodivá pletiva u dvouděložných a jednoděložných rostlin.
U dvouděložných rostlin jsou cévní svazky uspořádány do kruhu, rostliny mohou druhotně tloustnout.

Dvouděložné rostliny druhotně tloustnou, dochází k opakované tvorbě dřeva a lýka. Jejich cévní svazky jsou uspořádány do kruhu (obr 2.9). Prostřednictvím činnosti kambia (zvláštního dělivého pletiva) dochází směrem do středu stonku (či kořene) k tvorbě dřeva a směrem k okraji k tvorbě lýka. Dělivé pletivo tvoří dřevo jen na jaře a v létě. Na jaře mají dřeviny dostatek živin a vláhy, proto vznikají cévy s velkým průměrem; naopak v létě vznikají cévy s malým průměrem. Proto se letní dřevo na řezu stonkem jeví celkově tmavší oproti dřevu jarnímu. Během podzimních a zimních měsíců rostliny druhotně netloustnou. Přírůstky dřeva v průběhu jara a léta můžeme sledovat na poražených stromech. Mají podobu letokruhů – vždy světlý (jarní dřevo) a tmavý (letní dřevo) kruh (obr 2.4). Podle jejich počtu můžeme určit stáří stromu, v některých případech světovou stranu.



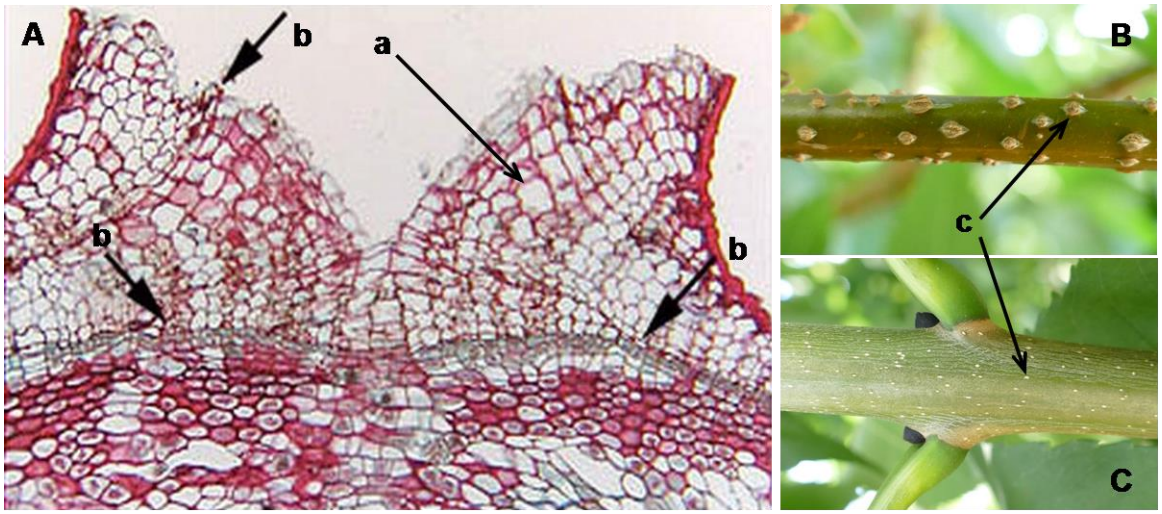
2.4 Letokruhy
Letokruhem rozumíme přírůstek dřeva za vegetační období. Jsou lépe viditelné u jehličnatých dřevin. Jarní dřevo je světlejší a měkčí, letní dřevo je tmavší, hustší a tvrdší.

Pletiva provětrávací spojují tělo rostlin s okolním prostředím a umožňují výměnu látek (jedná se zejména o plyny, jako je kyslík, oxid uhličitý a vodní pára). Děje se tak prostřednictvím ***průduchů***, které najdeme mezi pokožkovými buňkami (obr 2.5). Průduch je tvořen dvěma svěracími buňkami, mezi kterými je skulina, kterou mají svěrací buňky možnost otevírat a zavírat. Tím rostlina může regulovat množství látek, které přijímá nebo ztrácí. Otevřenými průduchy mohou rostliny vydávat vodu. Průduchy dvouděložných rostlin bývají na spodní straně listů, tím snižují ztrátu vody. Výjimkou jsou vodní rostliny s listy položenými na vodní hladině, které jsou dostatečně zásobeny vodou. Protože potřebují vyměňovat plyny se svým okolím (vzduchem), mají průduchy na svrchní straně listů. Většina jednoděložných rostlin má průduchy na spodní i svrchní straně listu.



2.5 Provětrávací pletiva
A – průduch (a – svěrací buňky, jediné buňky pokožky obsahující chloroplasty, b – průduchová štěrbina)
B – povrchová struktura listu s pokožkovými buňkami laločnatého tvaru a průduchy (a).

Dalším typem provětrávacích pletiv jsou ***čočinky*** (obr 2.6). Jsou tvořeny tenkostěnnými buňkami s četnými mezibuněčnými prostory, přes které probíhá výměna plynů. Nalézáme je u rostlin, které druhotně tloustnou. Můžeš je pozorovat na povrchu větviček i kmene dřevin jako výrazné bradavičnaté útvary. Struktura kůry stromů je jedním ze znaků, podle kterého se dají dřeviny určovat v době vegetačního klidu.



2.6 Čočinky
A − Příčný řez čočinkou (a – tenkostěnné buňky, b – buňky se zkorkovatělými buněčnými stěnami, kterými se čočinky na zimu uzavírají)
B, C − Čočinky (c), které je možné pozorovat na povrchu borky dřevin (na zlatici (B) a jasanu (C)).

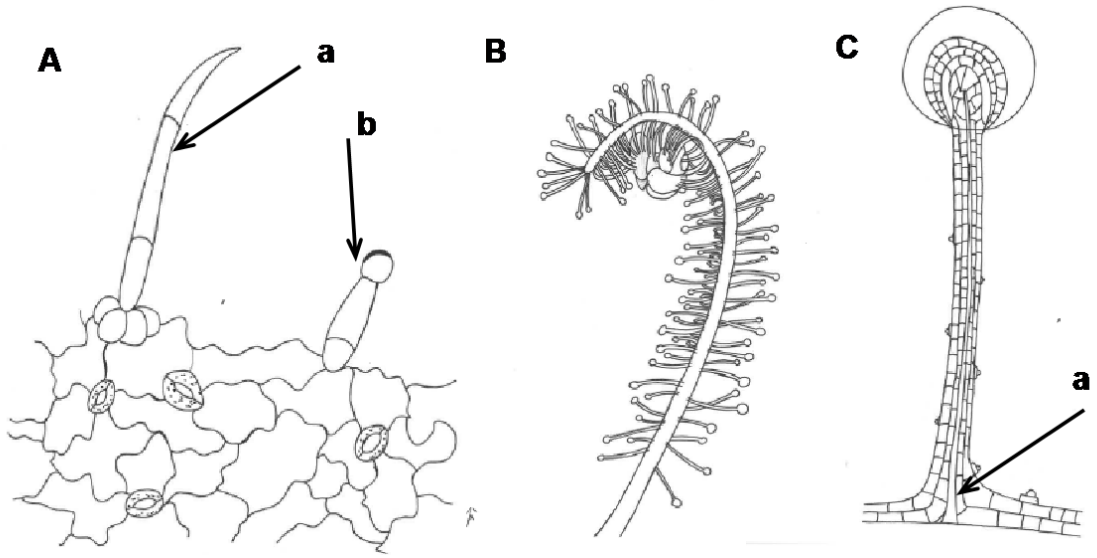
K **pletivům vyměšovacím** patří hydatody, medníky a mléčnice.
Hydatody jsou pozměněné průduchy, které ztratily schopnost se otevírat a zavírat. Díky nim rostlina ztrácí vodu v kapalném stavu. Uplatňují se v podmínkách, kdy je vzduch nasycen vodními párami, a rostliny tak nemohou vylučovat vodu v plynném stavu. Proto můžeš po ránu na listech jahodníku nebo kontryhelu pozorovat kapky vody.

Medníky jsou nejčastěji ukryté v květech a jejich sladké cukerné roztoky mají za úkol nalákat opylovače.

Mléčnice jsou buňky nebo skupiny buněk, které mají ve své centrální vakuole místo čiré tekutiny tekutinu mléčného vzhledu. Toto mléko neboli latex pomáhá rostlinám zacelovat rány či odradit býložravce, protože má nepříjemnou chuť. Mléčnice mají například některé rostliny z čeledi hvězdnicovitých (pampeliška), pryšcovitých (pryšec) a mákovitých (vlaštovičník).

Na pokožce listů mnoha druhů rostlin můžeme pod mikroskopem pozorovat zvláštní typ chlupů (trichomů), které mají vyměšovací funkci. Nazývají se ***žláznaté trichomy*** (obr 2.7). Jsou zakončeny buňkou, která může obsahovat vonné látky. Určitě si vzpomeneš na intenzivní vůni některých rostlin (například hluchavkovité, lilkovité a kakostovité rostliny), když promneš jejich listy v ruce.

U masožravých rostlin, jako je rosnatka nebo tučnice, nacházíme na listech speciální útvary zvané ***tentakule.*** (obr 2.7) Vylučují lepkavý sekret, který má za úkol přilákat a zachytit drobný hmyz. Na rozdíl od žláznatých trichomů se na stavbě tentakule podílejí i podpokožkové útvary (zasahují do nich i vodivá pletiva).



2.7 Povrchové útvary na listech
A − Pokožka s krycími chlupy (a) a žláznatými chlupy (b). Jsou tvořeny pouze z pokožkových buněk.
B − List masožravé rostliny rosnatky s tentakulemi.
C − Detail tentakule, kde jsou patrné podpokožkové útvary (a), které se podílejí na její stavbě.

2.1 VEGETATIVNÍ ORGÁNY ROSTLIN

Zopakuj si podle učebnice přírodopisu stavbu kořene, stonku a listu a jejich základní funkce. Tyto znalosti by se ti mohly hodit při přípravě na olympiádu a řešení testových a laboratorních úloh. Měl bys dokázat odpovědět na tyto otázky:

Jaký je rozdíl v kořenové soustavě jednoděložných a dvouděložných rostlin?

Jaká je funkce kořenové čepičky a kořenových vlásků?

Jakou funkci plní přeměny kořenů (kořenová hlíza, haustorium, vzdušný kořen, příčepivý kořen)?

Jaká je vnitřní stavba stonku (bylinný: pokožka, dužnina, cévní svazky, dřevnatý: borka, letokruhy)?

Jak se mění funkce stonku u různých přeměn (oddenek, oddenková hlíza, podpučí, šlahouny, dužnatý stonek, stonkové trny a úponky)?

Jaká je vnitřní stavba listu (svrchní a spodní pokožka, průduch, cévní svazek, dužnina listu)?

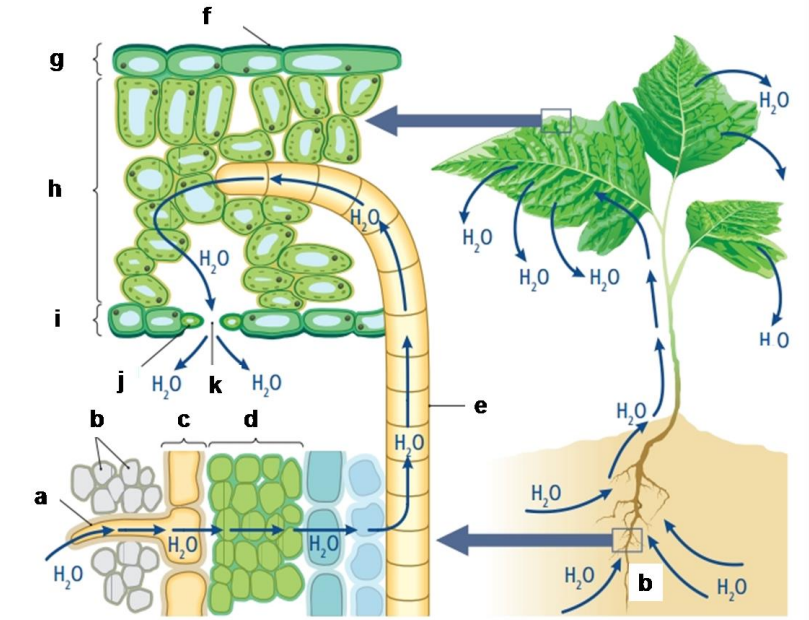
Jaké funkce mají různé přeměny listů (dělohy, listové trny, listové úponky, dužnaté listy, listy masožravých rostlin)?

2.2 ROSTLINY A VODA

Voda je pro rostlinu jednou z nejdůležitějších látek. Přímo i nepřímo se účastní řady metabolických reakcí (například fotosyntézy, dýchání). Je důležitým rozpouštědlem, má termoregulační funkci, hraje důležitou roli při oplození výtrusných rostlin, podílí se na rozšiřování semen a plodů některých rostlin.

Stélkaté rostliny (řasy), mechy a ponořené vodní rostliny mohou přijímat vodu celým povrchem těla. Naopak ostatní **vyšší rostliny** získávají vodu díky kořenovému systému. Na buněčné úrovni se při rostlinném „pití“ uplatňují procesy, jako je osmóza a difúze. Voda je v rostlinné buňce shromažďována v cytoplazmě a ve vakuole, kde se podílí na udržení turgoru (tlaku uvnitř buňky). Rozvod vody zajišťuje dřevní část vodivých pletiv. Jak již víš, odpařováním vody z nadzemních částí rostliny (***transpirací***) dochází k nasávání vody prostřednictvím kořenů a transportu vody proti gravitaci – vzniká ***transpirační proud*** (obr 2.8). Při pohybu vody se uplatňuje soudržnost molekul vody, její přilnavost na stěny cév i schopnost vzlínat (stoupat vzhůru).

Voda se z nadzemních částí rostliny může odpařovat přes průduchy nebo kutikulu, která kryje povrch listů. U většiny rostlin je nejvyšší výpar před polednem nebo těsně po poledni. Intenzitu ovlivňuje schopnost rostlin uzavírat průduchy. Ty proto bývají v době největšího žáru (přes poledne) uzavřené. Rychlost transpirace snižují faktory jako silnější kutikula, nižší počet průduchů, menší průduchová štěrbina, nižší teplota vzduchu, vyšší vlhkost vzduchu nebo nedostatek dostupné vody.

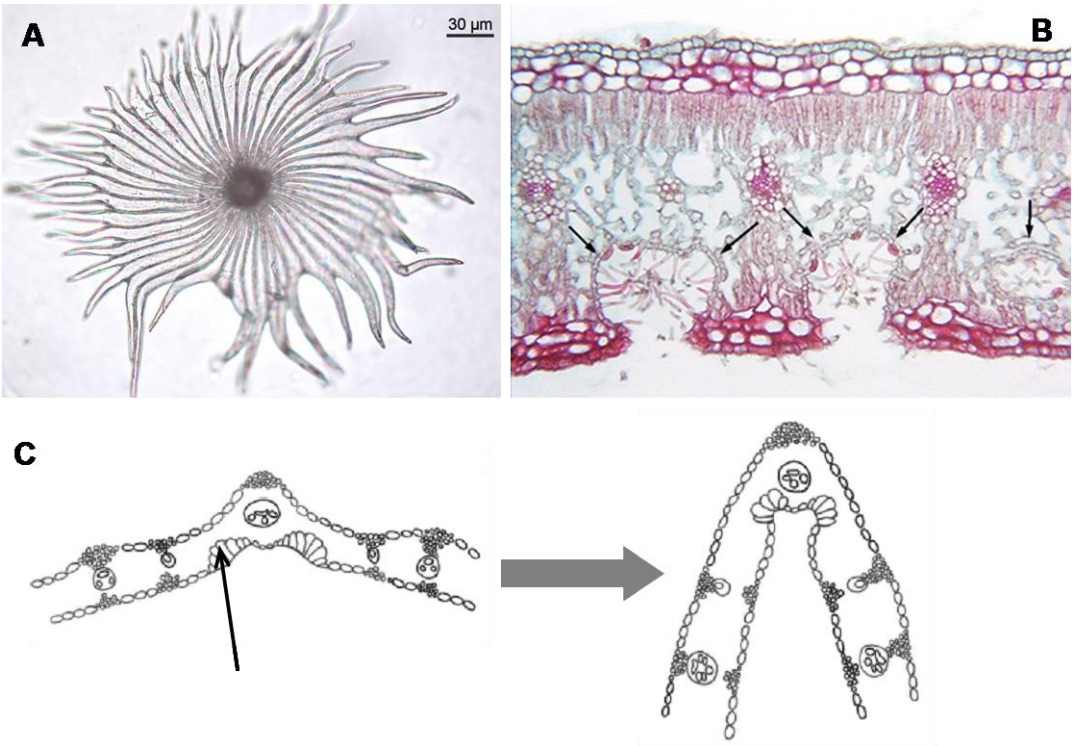


2.8 Schéma příjmu a vedení vody

Rostlina přijímá vodu z půdy (b) přes kořenové vlásky (a). Jedná se o výběžky pokožkových buněk (c), jež kryjí povrch kořínků. Voda putuje přes buňky kořenové kůry (d) až do vodivých pletiv (e). Dřevní částí cévního svazku je vedena do listů, kde se jí část odpařuje. Listy ztrácejí vodu nejčastěji přes průduchy (j), které bývají otevřeny průduchovou štěrbinou (k). Malé množství vody se může vypařit přes povrch listu – přes kutikulu (f). Na obrázku můžeš pozorovat i jednotlivé části listu (svrchní pokožka – g, dužnina listu – h, spodní pokožka – i).

Podle vztahu rostlin k vodě rozlišujeme ***vodní rostliny*** (stulík, leknín, lakušník…), ***vlhkomilné rostliny***, které rostou na vlhkých nebo silně zamokřených stanovištích (blatouch, sítina, mokrýš…), a ***suchomilné rostliny***, které se vyskytují na suchých až velmi suchých stanovištích (rozchodník, tlustice…). Většina rostlin patří mezi ty, které rostou na středně vlhkých stanovištích (řada listnatých stromů, kopretina, kohoutek, psárka, bojínek…). U rostlin se vyvinulo mnoho adaptací k životu v prostředí s vodou či naopak bez vody.

Rostliny **suchých stanovišť** musí šetřit vodou, omezit její výpar. Nacházíme u nich řadu přizpůsobení, která zabraňují zbytečným ztrátám vody (obr 2.9). Jejich cévy jsou často velmi úzké.
Některé rostliny suchých stanovišť „vsadily“ na vytváření malých drobných listů, tedy na omezení celkového povrchu. Mají obvykle silnější kutikulu, často mohou mít i vrstvu vosků, mají nejrůznější krycí chlupy, které odrážejí nadměrné záření a zabraňují tak zbytečným ztrátám vody. Obvykle mají větší počet průduchů na jednotku plochy, ale tyto průduchy jsou velmi drobné. Často jsou výrazně zanořeny do pokožky (možné pozorovat na příčném řezu listem oleandru nebo vřesu).
V období sucha tyto rostliny obvykle své průduchy uzavírají. Jejich kořenový systém je rozsáhlejší a zasahuje do větší hloubky. Mnoho travin stáčí listy, aby zmenšily jejich plochu a snížily odpar vody.



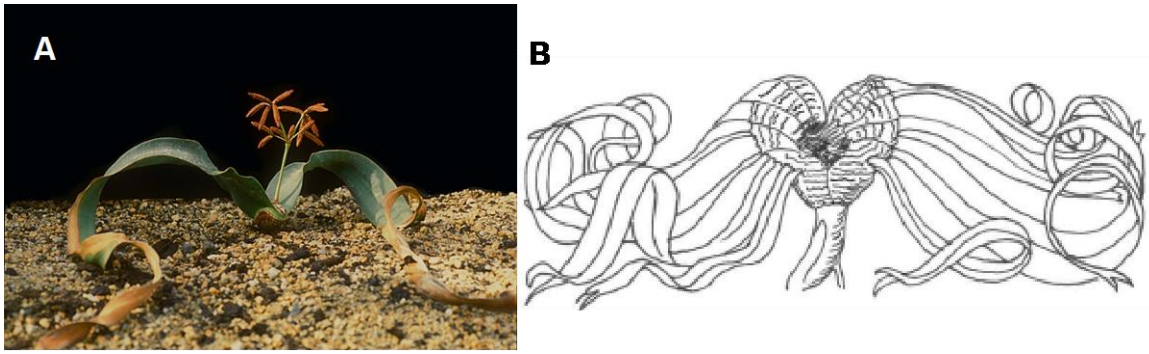
2.9 Adaptace rostlin suchých stanovišť
A − Krycí chlupy hlošiny.
B − Příčný řez listem oleandru. Na spodní straně jsou patrné zanořené průduchy (označeno šipkami), které jsou uložené v dutinách obsahujících četné chlupy.
C − Příčný řez listem travin. Šipka označuje ohýbací buňky, které způsobují složení nebo stočení listu.

Jiným způsobem adaptace rostlin na sucho je ***sukulence***. Listy sukulentních rostlin jsou velmi silné a dužnaté. Ve stoncích nebo listech mohou být vytvořena zásobní pletiva s vodou. Pod vrstvou buněk, v nichž probíhá fotosyntéza, se nacházejí tenkostěnné buňky s velkou centrální vakuolou se slizem, který je schopný vázat značné množství vody. Tuto skupinu rostlin, která se dokonale přizpůsobila podmínkám velmi suchých stanovišť, označujeme jako ***sukulenty***. U sukulentních rostlin probíhá fotosyntéza trochu odlišným způsobem než u většiny běžných rostlin. V listech se vytvořily mechanismy, které jim umožňují mít průduchy uzavřené v průběhu dne a otevírat je až v noci, kdy dochází k nižším ztrátám vody. Mají tak uvnitř listu vytvořená speciální pletiva, která mohou ukládat do zásoby oxid uhličitý v průběhu noci a následně během dne jej uvolňovat. Mezi takové sukulenty patří například tlustice, aloe, agáve nebo různé druhy kaktusů či pryšců.
Extrémní přizpůsobení najdeme rostlin, které možná znáš pod lidovým označením „živé kameny“, tedy u litopsů (rostliny rodu *Lithops*, obr 2.10) nebo kaktusů. Listy litopsu připomínají kameny, čímž unikají pozornosti býložravců. Je zajímavé, že větší část listů je ukrytá pod zemí. Mnohdy nejsou zelené, ale jsou zbarveny nejrůznějšími kombinacemi barev a na horní straně doplněny drobnými průsvitnými místy, kterými do nitra listu může pronikat sluneční záření umožňující fotosyntézu.

2.10 Litopsy

Kaktusy vyřešily problém se ztrátami vody přeměnou listů v trny, které je navíc chrání před býložravci. Fotosyntetickou funkci listů přebral stonek.
Řada rostlin suchých stanovišť se snaží suchým obdobím uniknout tak, že se „uloží ke spánku“. Vytvářejí velmi odolná semena, která nepříznivé období přežijí (například *Monoptilon* – hvězda mohavské pouště). Jiné druhy přežívají sucho v neaktivním stadiu pomocí hlíz či cibulí, dřevinám v tomto období opadávají listy. K životu je zase probudí déšť.

Zajímavý způsob, jak přežít sucho, vykazují některé rostliny z pouště Namib. Zdrojem vody v této oblasti jsou hlavně husté ranní mlhy, které se valí od oceánu. To umožňuje některým pouštním rostlinám přežít i v takto nehostinném prostředí. Příkladem takové rostliny je welwitschie podivná (obr 2.11), kterou můžeš vidět například v liberecké botanické zahradě. Jedná se o nahosemennou rostlinu, jejíž tělo je tvořeno dvěma neustále dorůstajícími listy. Nezřídka se dožívají věku přes pět set let, některé prameny uvádějí i stáří kolem 2 000 let, ale tyto údaje nejsou vědecky podložené.



obr 2.11 Welwitschie
Má vyvinuté pouze dva mohutné listy (A), které se vlivem vnějšího prostředí třepí (B).

Vodní rostliny, které jsou ***ponořené*** (například vodní mor, bublinatka…), mají vodivá pletiva velmi často redukovaná nebo jim zcela chybí. Potřebné látky včetně plynů mohou přijímat celým povrchem. Na stoncích i listech proto najdeme velmi tenkou vrstvu pokožkových buněk i kutikuly.

Charakteristickým znakem ponořených rostlin bývá **vzdušné pletivo** (aerenchym), které má značné množství mezibuněčných prostor vyplněných vzduchem. Tento typ pletiva nacházíme především ve stoncích a řapících. Mezibuněčné prostory vytvářejí často v rostlinném těle kanály, jejichž prostřednictvím dochází k výměně plynů. Kanály mohou propojovat listovou čepel s řapíkem a stonkem.
Povrch listů je často zvětšený dělením listové čepele. Listy jsou hladké, bez trichomů. Listy vodních rostlin jsou lámavé a křehké, jejich mechanická a ochranná pletiva jsou silně redukovaná. Často těmto rostlinám chybí průduchy. Vodu a rozpuštěné minerální látky i důležité plyny (jako je kyslík a oxid uhličitý) přijímají přes pokožku.

Vodní rostliny, které mají ***listy vzplývavé*** na vodní hladině (leknín, stulík, kotvice…) obvykle koření ve dně. Stonky a řapíky obsahují vzdušné pletivo, které se podílí na nadnášení listů. Na svrchní straně listů mají vytvořené průduchy, které (díky dostatečné zásobě vody) mohou být prakticky neustále otevřené. Mají často nedělené listy relativně velkých rozměrů. Často se u nich setkáváme s různolistostí, listy na vodní hladině a pod vodní hladinou se výrazně liší svým tvarem (obr 2.12).

2.12 Příklad různolistosti u lakušníku

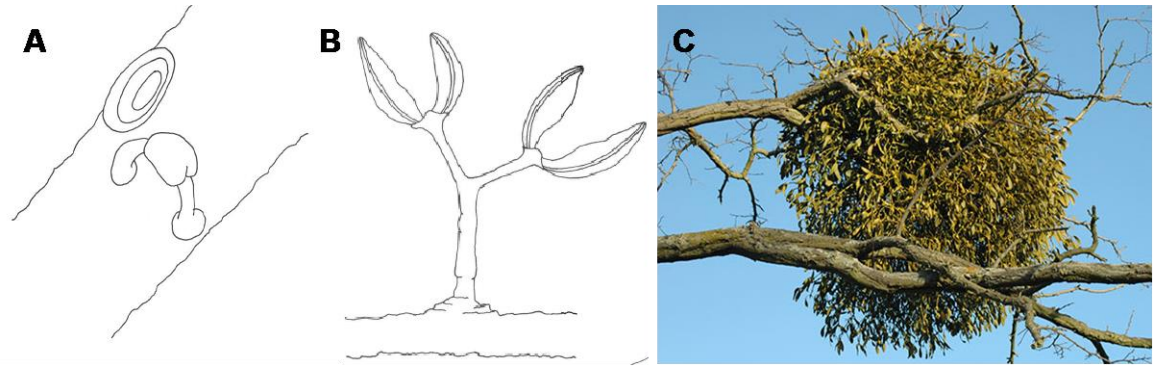
Poslední skupinou vodních rostlin jsou rostliny, které mají listy ***vynořené nad vodní hladinou*** (například rákos, orobinec, kosatec žlutý, puškvorec). Opět se ve stoncích a řapících těchto rostlin setkáváme se vzdušným pletivem. Na rozdíl od předchozích vodních rostlin mají vytvořený silný kořenový systém, často tvoří i oddenky.

2.3 VÝŽIVA ROSTLIN

Z pohledu výživy je většina rostlin ***autotrofních.*** To znamená, že si vytvářejí organické látky z látek anorganických (zdrojem dusíku a uhlíku jsou anorganické látky, v případě uhlíku je to oxid uhličitý). Využívají k tomu proces fotosyntézy. Přesto nalezneme rostliny, které se živí ***heterotrofně***. Berou si tedy základní prvky (uhlík a dusík) pro stavbu vlastních organických látek z organických látek jiných organismů. Přísně vzato se heterotrofně vyživují také prakticky všechny nezelené části rostlin (kořeny, květy a plody), které si organické látky berou z jiných částí těla. Rovněž mladé klíčící rostliny si berou živiny ze zásobních pletiv uvnitř semene. Heterotrofně se vyživují některé nezelené rostliny. Pomocí speciálních parazitických kořenů (***haustorií***) odebírají ze svého hostitele, což jsou zelené autotrofní rostliny, jak vodu s minerálními látkami, tak i organické látky. Takové rostliny označujeme jako ***úplné parazity***. Patří mezi ně například kokotice, podbílek nebo záraza. Často napadají jen určité skupiny druhů rostlin, na něž se specializují. Dokonce i semena parazitických rostlin mohou vyklíčit jen v blízkosti hostitelských rostlin. Jsou totiž stimulována látkami, které vylučuje právě hostitelská rostlina.

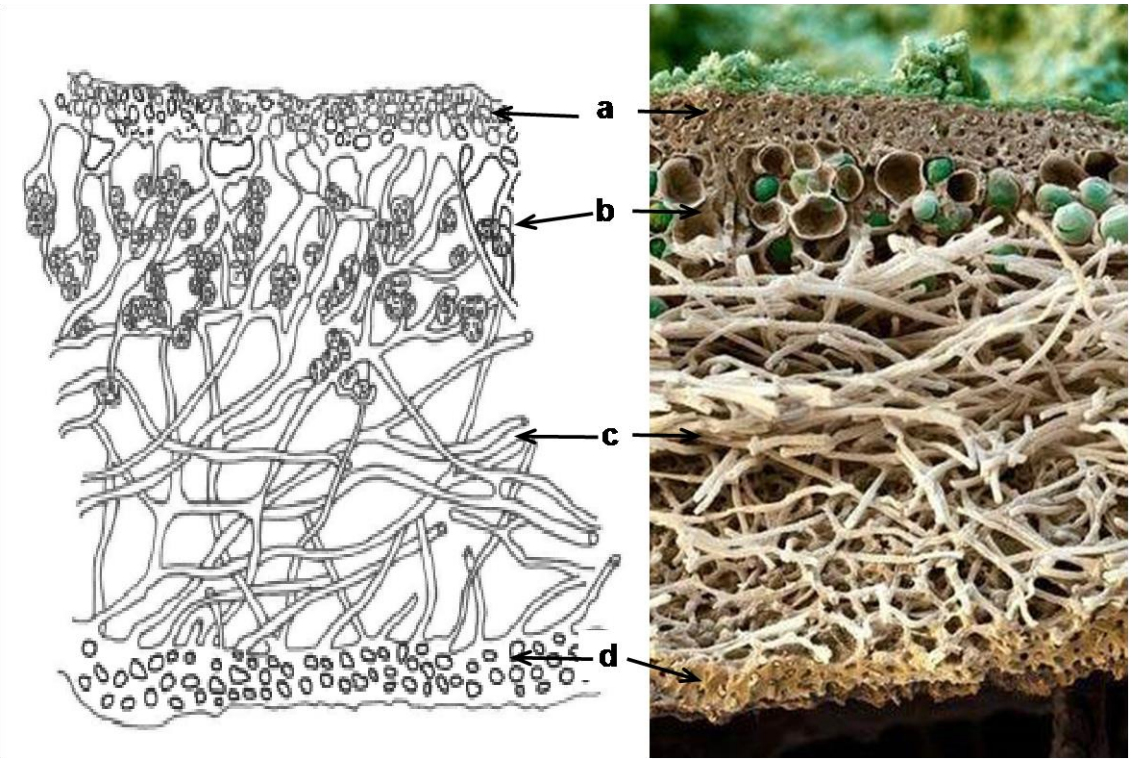
Parazitická je i rostlina s největším květem na Zemi − raflézie. To se jí to roste, když bere všechny látky z cizího! Kdo by chtěl pozorovat tento extravagantní květ, měřící v průměru téměř metr, musel by vyrazit do jihovýchodní Asie.

Zvláštními případy parazitismu jsou například jmelí, ochmet, černýš nebo všivec. Jsou to zelené rostliny, provádějí fotosyntézu a organické látky si dokážou vyrobit samy. Přesto využívají hostitelskou rostlinu, jejich kořeny zasahují ale pouze do její dřevní části cévního svazku a berou si z ní jen vodu a minerální látky. Proto je označujeme jako ***poloparazity*** (obr 2.13).



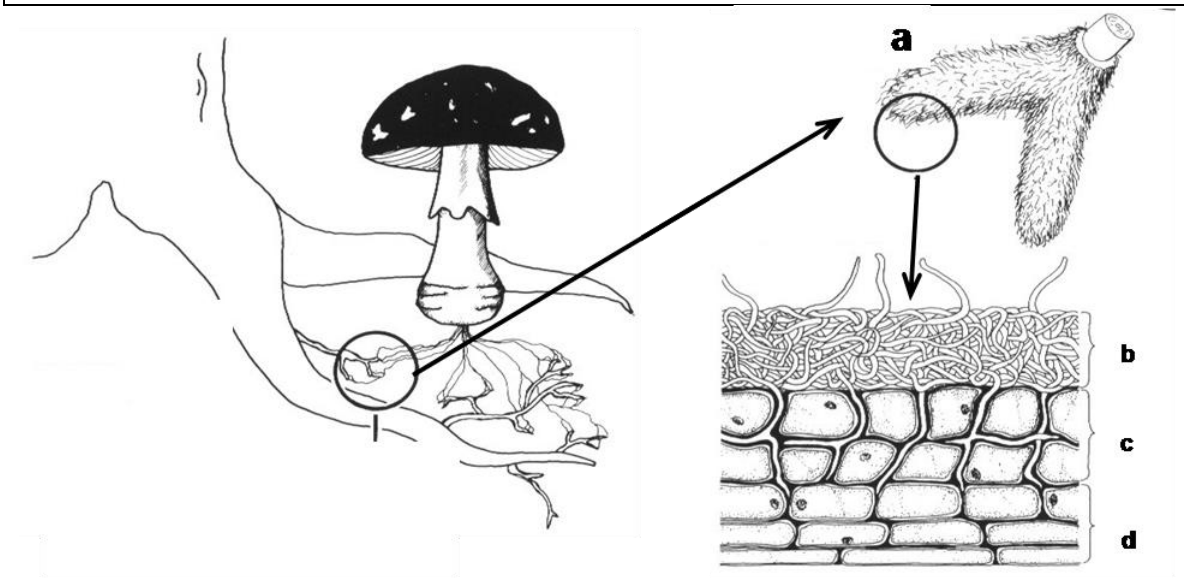
2.13 Jmelí bílé
Semena jmelí rozšiřují trusem zejména drozdovití ptáci. Semeno obsahuje v trávicí soustavě ptáků nestravitelnou lepkavou látku, díky které se přichytí k podkladu. Po vyklíčení (A), kdy rostlina ještě žije z vlastních zásob škrobu, musí vytvořit složitý systém zakotvení v hostiteli pomocí speciálních pozměněných kořenů (haustorií). Těmito kořeny získává od svého hostitele vodu a minerální látky, postupně roste (B) a vytváří dobře pozorovatelné útvary na dřevinách (C).

Heterotrofní organismy mohou vytvářet s autotrofními zajímavá soužití. Příkladem velmi pevného spojení houby a zelené řasy (nebo sinice) je ***lišejník***, který představuje samostatný organismus (obr 2.14). Houba přijímá od zelené autotrofní řasy organické látky, které vznikly fotosyntézou. Sama naopak dodává řase vodu a v ní rozpuštěné minerální látky. Toto spojení organismů je předmětem výzkumu a zdá se, že jejich soužití může přecházet i ve vztahy velmi negativní, kdy se houba stává parazitem řas.



2.14 Stavba těla lišejníku.
Na příčném řezu lišejníkem můžeme rozlišit svrchní (a) a spodní (d) korovou vrstvu, které jsou tvořeny houbou. V řasové vrstvě (b) můžeme pozorovat zelené řasy nebo sinice. Dřeňová vrstva (c) je tvořena především houbovými vlákny. Ze spodní korové vrstvy (d) mohou vybíhat příchytná vlákna.

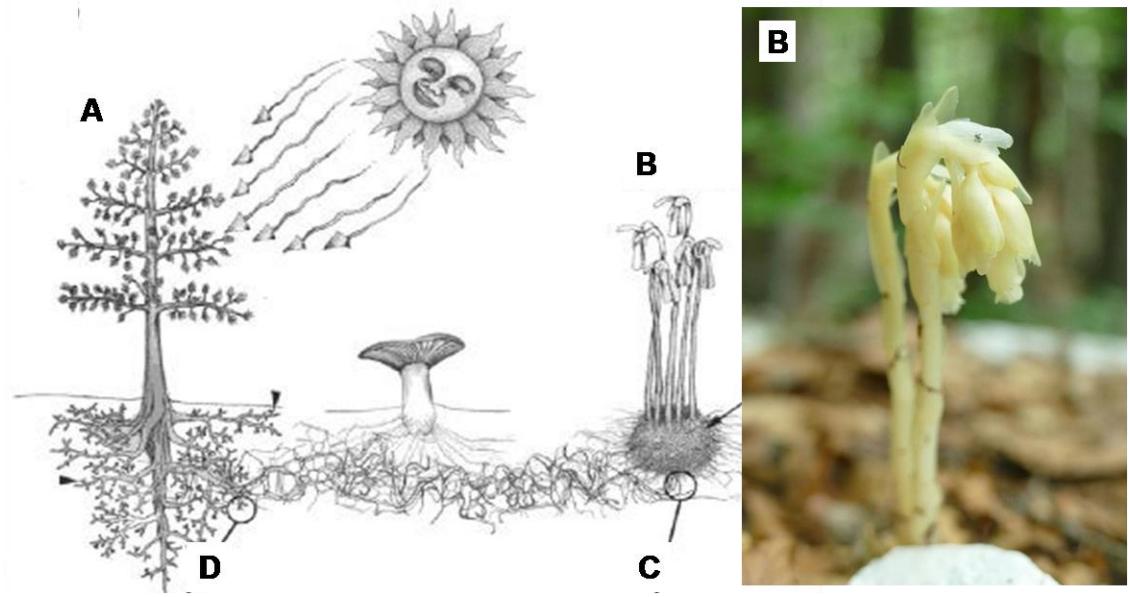
Podobná spojení mezi houbou a rostlinou jsou v přírodě častá. Každý houbař dobře ví, jaké druhy hub najde pod břízami, duby či osikami. Růst hub je často spojen s dřevinami prostřednictvím ***mykorhizy*** (obr 2.15), která funguje na podobném principu jako partnerství mezi řasou a houbou v lišejníku. Houba vlákny, která jsou rozprostřena do širokého okolí, nasává značné množství vody a v ní rozpuštěných látek. Prostřednictvím spojení mezi vlákny hub a kořenovým systémem stromů je předává dřevině. Odměnou je energie v podobě organických látek, které získává od dřeviny. Bylo zjištěno, že značné množství druhů rostlin vyžaduje pro svůj zdárný růst tento typ symbiózy. Dokonce jsou určité skupiny rostlin (orchideje, hruštičky, vřesovcovité rostliny), které bez tohoto soužití nedokážou existovat.



2.15 Mykorhiza

Houby žijí ve vzájemně prospěšném soužití s většinou rostlin. Toto soužití označujeme jako mykorhizu. Houbová vlákna obalují kořeny rostlin (a) a zasahují až do jejich kořenových pletiv (b – houbová vlákna, c – buňky kořene s houbovými vlákny, d – kořenové buňky).

Někdy nás rostliny dokážou překvapit. Rostliny bez chlorofylu, jako je hlístník hnízdák nebo hnilák smrkový, byly v minulosti řazeny mezi druhy, které se živí saprofyticky − rozkladem odumřelých těl rostlin a živočichů (což je charakteristický způsob výživy řady hub). V minulém století však bylo zjištěno, že přijímají výživu mykorhizním způsobem. Jaké bylo ale v nedávné době pro vědce překvapení, když zjistili, že způsob výživy je daleko komplikovanější. Hnilák smrkový je přes houbová vlákna napojen na kořeny smrku, z kterých si bere organické látky. Spojení hniláku prostřednictvím houby mu umožňuje parazitovat na smrku (obr 2.16). Při pokusech, kdy byl hnilák izolován od kořenů smrku, rostlina během jediného roku zahynula. Tato postupná zjištění jsou i důvodem, proč v různé literatuře najdeš odlišná tvrzení o výživě zmíněných rostlin.



2.16 Hnilák smrkový
Autotrofní rostlina (A) je přes houbová vlákna (D) napojena (C) na heterotrofní rostlinu hnilák (B).

Rostliny se nemusí spojit jen s houbami, mohou využívat i jiné organismy. Například rostliny z čeledi bobovitých využívají půdní bakterie k využití vzdušného dusíku. Tyto tzv. hlízkové bakterie nalezneme na kořenech rostlin v hlízkovitých útvarech. Ty vznikají vzájemným působením rostliny a bakterií. Rostlina bakteriím vytváří v hlízkách příznivé prostředí, dodává jim energeticky bohaté organické látky a minerály potřebné pro průběh reakce vázání dusíku. Rostlina si za odměnu odebírá dusíkaté látky.

2.4 MASOŽRAVÉ ROSTLINY

Velmi zvláštní a zajímavou skupinou rostlin z hlediska výživy jsou masožravé rostliny. Dokážou se živit autotrofně i heterotrofně zároveň. V botanické terminologii se pro tento způsob výživy vžilo označení ***mixotrofie***. Tyto rostliny se přizpůsobily životu na stanovištích s nedostatkem dusíku. Většinou se jedná o kyselá prostředí, kde je potlačena činnost bakterií obohacujících půdu o dusík, například rašeliniště. Dusík si proto rostliny zajišťují lapáním drobných živočichů a využívají ho jako doplněk výživy.

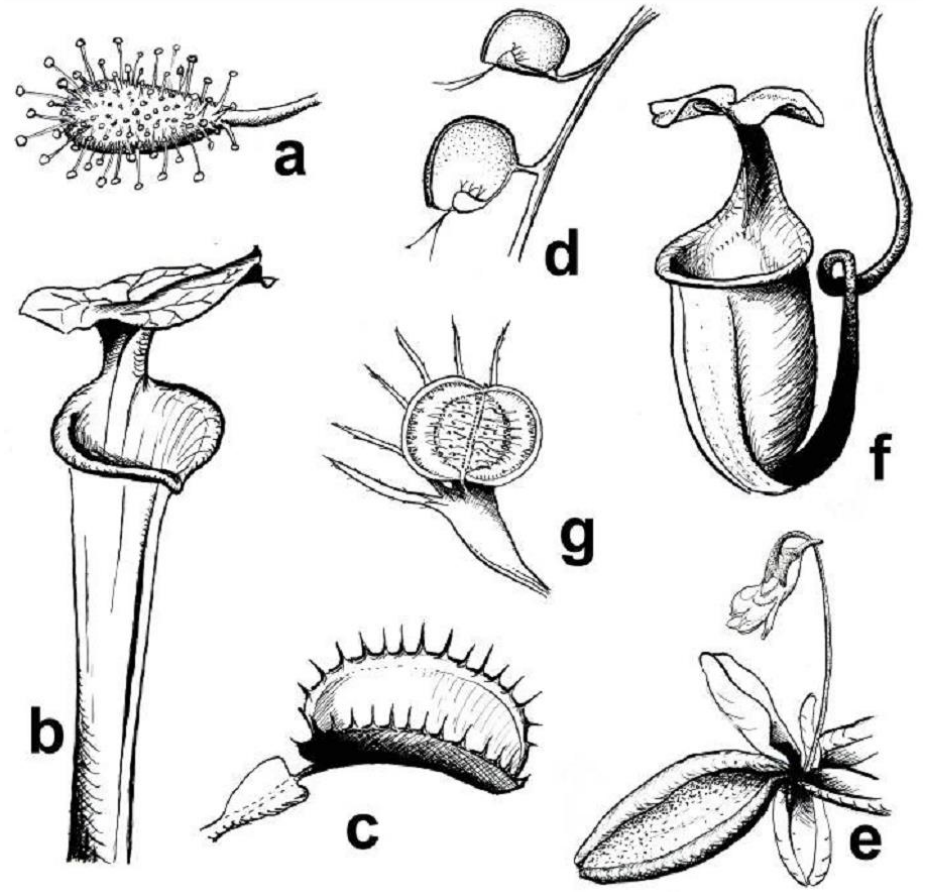
Z našich masožravých rostlin se jedná například o bublinatku, tučnici a rosnatku. Bublinatka je vodní rostlina a k lovu používá ***speciální měchýřky***. Tučnice a rosnatky nalezneme na rašeliništích; k chytání drobného hmyzu používají speciální ***lapací zařízení na listech*** (obr 2.17).

Velké ***lapací pasti***, které dokážou ulovit i drobného hlodavce nebo ptáče, mají některé druhy exotických masožravých rostlin. Možná je budeš znát z našich obchodů či botanických zahrad. Jejich lapací zařízení vznikla přeměnou listu.

Mucholapka podivná se vyskytuje na malém území na pomezí Severní a Jižní Karolíny v USA. Kořist láká nejen nektarovými žlázami na obvodu listu, ale i leskem a barvou listů. Ty jsou přeměněny ve sklapovací pasti. Na povrchu listů jsou velmi citlivé chloupky, které v případě opakovaného dotyku uzavírají past tvořenou ze dvou polovin listové čepele. Když se past uzavře, drobné žlázky začnou produkovat tekutinu, která lapenou kořist začne postupně rozkládat.

Špirlice neboli saracenie (rod *Sarracenia*) rostou v Severní Americe a jsou převážně subtropické. Část přeměněného listu označujeme jako ***láčku***. Ta má zvláštní vnitřní povrch, na kterém se střídají různé, pro lapený hmyz špatně schůdné plochy. V horní části je „víčko“, které zabrání ředění obsahu láčky deštěm. V horní části láčky nalezneme také žlázky, které produkují nektar, jehož cílem je přilákat případnou kořist. Hlouběji je vnitřní část láčky kryta voskovými stěnami, které znemožňují únik lapených organismů. Ve spodní části je tekutina, v které se lapený hmyz utopí. Na jejím vzniku se částečně podílejí žlázky, které produkují trávicí enzymy a kořist rozloží.

Láčkovky jsou rostliny tropických deštných lesů nebo tropických horských mlžných lesů (od Madagaskaru a souostroví Seychely přes jižní Asii včetně Filipín a Indonésie až po souostroví Nová Kaledonie východně od Austrálie). Jsou to největší masožravé rostliny, mohou mít i několik metrů dlouhé popínavé nebo plazivé lodyhy. Konvicovité láčky obsahují slizkou a vysoce smáčivou trávicí tekutinu.



2.17 Lapací zařízení masožravých rostlin
a) rosnatka; b) špirlice; c) mucholapka; d) bublinatka; e) tučnice; f) láčkovka; g) aldrovandka

2.5 ROSTLINY A JEJICH STANOVIŠTĚ

Tělo organismů obsahuje mnoho prvků, které jsou pro ně nepostradatelné. Takové prvky označujeme jako ***biogenní***. V rostlinách jsou to hlavně uhlík (C), kyslík (O), vodík (H), dusík (N), draslík (K), vápník (Ca), hořčík (Mg), fosfor (P) a síra (S). Rostliny tyto prvky přijímají z vnějšího prostředí buď jako plyny ze vzduchu, nebo kořenovým systémem v podobě minerálních látek z půdních roztoků. Výskyt určitých druhů rostlin nám může o prostředí prozradit řadu zajímavých informací, například jaká je tam půda, jaká matečná hornina je skrytá pod ní, které z prvků jsou v prostředí zastoupeny ve zvýšené míře. Podle typu prostředí dělíme rostliny do různých skupin. Pojmenování skupiny je vždy složeno z vlastnosti prostředí a z přípony –*filní* nebo –*fobní*. Přípona -filní znamená, že rostlině prostředí o dané vlastnosti vyhovuje, přípona –fobní naopak znamená, že jí toto prostředí nevyhovuje (filie = náklonnost, fobie = strach, obava).

Podle půdní reakce můžeme dělit půdy na kyselé, zásadité a neutrální. Tuto charakteristiku značně ovlivňuje typ matečné horniny. Následné rozdělení platí pouze obecně, neznamená to, že "zásadité vápence" nemohou obsahovat "pecky" kyselého křemene, naopak některé pískovce mohou být i zásadité apod.
Kyselé (acidické) půdy bývají na matečné hornině typu žula, rula, svor, pískovec, slepenec a břidlice (rovněž často na píscích a štěrku). Tyto horniny jsou bohaté na oxid křemičitý. Mezi ***acidofilní rostliny***, kterým se daří na tomto typu půdy, patří kostřava ovčí, vřes obecný, bika hajní, rosnatka okrouhlolistá, brusnice borůvka, vřesovce, lupina, bříza bělokorá, janovec, většina mechorostů (například bělomech sivý, rašeliník) a řada dalších rostlin.
Zásadité (bazické) půdy prakticky neobsahují křemen. Vyskytují se na vápenci, dolomitu, čediči, gabru, andezitu, často jsou na spraších. Mezi ***bazofilní rostliny***, kterým se na zásaditých půdách daří, patří třemdava bílá, lomikámen latnatý, kalina, dryádka osmiplátečná, kruštík tmavočervený, pěchava vápnomilná, střevíčník pantoflíček, vojtěška a řada dalších rostlin.

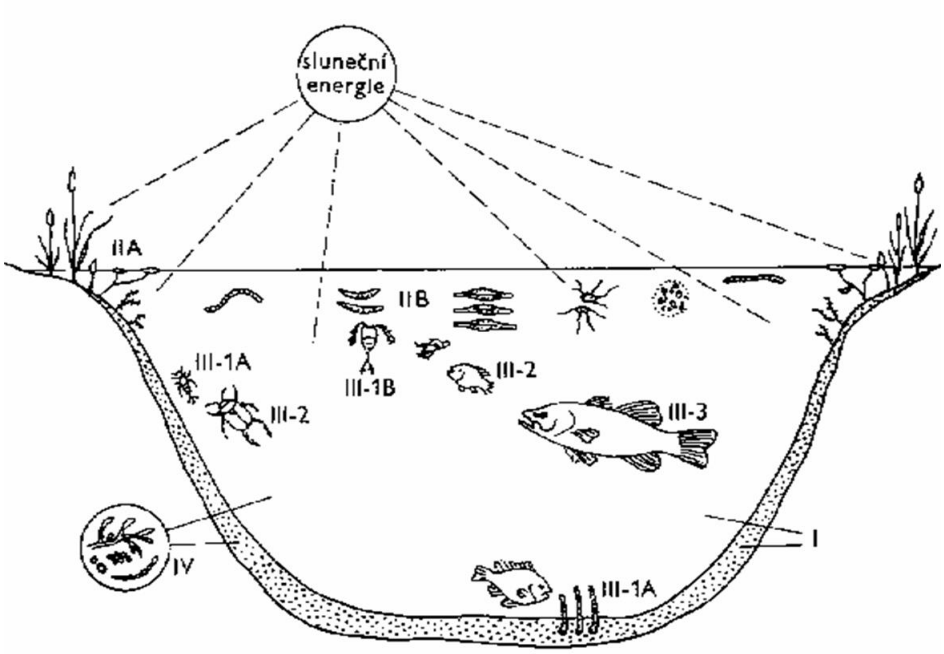
Na půdách bohatých na dusík se vyskytují ***nitrofilní rostliny***. Často jsou to půdy na okraji skládek či stavenišť, na zbořeništích (tzv. rumištní stanoviště), ale třeba i v suťových lesích je půda velmi bohatá na tento prvek. Z rostlin do této kategorie patří například kopřiva dvoudomá, mochna husí, bršlice kozí noha, kakost smrdutý, česnáček lékařský, šťovíky, merlíky, pelyňky a lebedy.

Na stanovištích chudých na dusík rostou ***nitrofobní rostliny***. Vyšší obsah dusíku v půdě tyto rostliny zastavuje při klíčení i v jejich růstu. Jsou charakteristické například pro rašeliniště. Mezi tyto rostliny patří masožravé rostliny, rojovník nebo klikva bahenní.

Na zasolených půdách se vyskytují ***halofilní rostliny***, které snášejí vyšší koncentraci solí v půdě. Patří k nim například solnička, slanorožec, slanobýl, příležitostně třeba i mochna husí nebo některé druhy merlíku a lebedy.

3 PŘÍJEM A VÝDEJ LÁTEK V EKOSYSTÉMU

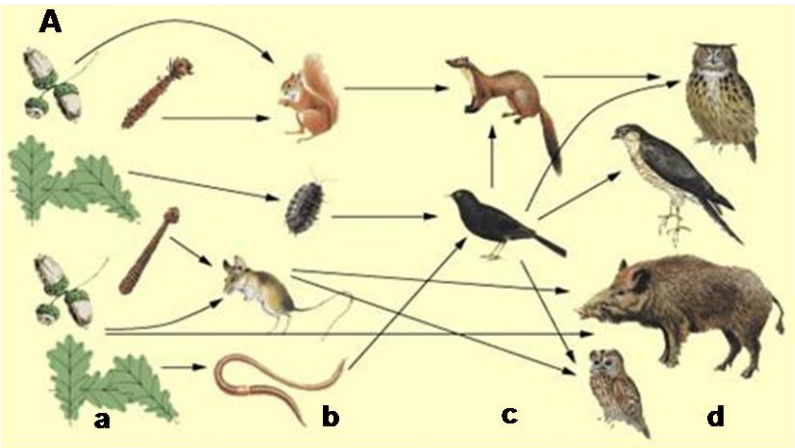
Ekosystémy jsou otevřené systémy tvořené společenstvem organismů a vnějším prostředím. Uvnitř tohoto složitého systému dochází k vzájemným interakcím a toku látek a energie (obr 3.1).

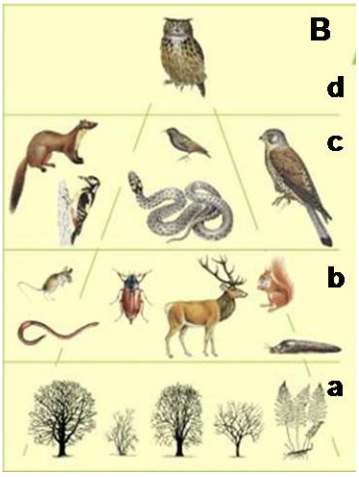


3.1 Ekosystém rybníka

Producenty v rybníku mohou být fotosyntetizující zelené rostliny (IIA) nebo drobné řasy a sinice (IIB). Fytoplanktonem (IIB) se živí drobní konzumenti prvního řádu (III-1, např. někteří prvoci, drobní korýši, vířníci), ti jsou pak potravou konzumentů druhého řádu, jako jsou ryby a draví brouci (III-2), nebo konzumentů vyšších řádů (III-3). Mrtvé organismy jsou rozkládány destruenty (dekompozitory, rozkladači, reducenty), jako jsou různé druhy bakterií (IV).

V ekosystémech existují složité potravní vztahy a tudíž i složité toky energie. Můžeme pozorovat sled organismů, kde jeden je potravou dalšího. Tyto řady vytvářejí tzv. potravní řetězce. V přírodě jsou jednotlivé řetězce navzájem propojeny do složitých potravních sítí (obr 3.2A). Míru využití energie v těchto sítích můžeme vyjádřit potravní pyramidou (obr 3.2B). Na bázi pyramidy stojí ***producenti*** – organismy schopné fotosyntézy, které si vytvářejí vlastní organické látky z látek minerálních. ***Primární konzumenti*** (konzumenti prvního řádu) jsou organismy, které se živí producenty. Označujeme je rovněž jako býložravce. Těmi se živí ***sekundární konzumenti*** (konzumenti druhého řádu) neboli masožravci. Často následují konzumenti vyšších řádů, mezi něž patří jak masožravci, tak všežravci. ***Destruenti*** (označovaní též jako rozkladači, dekompozitoři nebo reducenti) rozkládají těla uhynulých organismů postupně zpět až na minerální látky.





3.2 Potravní síť a pyramida

Vztahy mezi organismy uvnitř ekosystému můžeme vyjádřit potravní sítí (A) nebo potravní pyramidou (B). Součástí potravních řetězců jsou producenti (a), konzumenti prvního řádu (b), konzumenti druhého řádu (c) a konzumenti vyšších řádů (d), někdy označovaní jako vrcholoví predátoři v daném ekosystému. Potravní pyramida vyjadřuje i množství energie, které systémem protéká.

Jak vidíš, ekosystém je tvořen jak rostlinami, tak živočichy (a mnoha jednoduchými organismy). Rostliny už jsme probrali, nyní se tedy zaměříme na živočichy.

4 DÝCHÁNÍ ŽIVOČICHŮ

Co je to dýchání?

Asi si říkáš – co je to za hloupou otázku? Prostě se nadechnu a vydechnu... Ono to ale tak jednoduché není. Dýchání je jedna z nejzákladnějších činností všech organismů a v živočišné říši se vyvinula nepředstavitelně bohatá škála způsobů, jak dýchat.

Základní úroveň dýchání probíhá v jednotlivých buňkách. Jak už víš z části o buňce, buněčné dýchání je děj, při kterém organismy získávají energii. Výjimečně může být dýchání pouze bez účasti kyslíku. U většiny živočichů ale na toto dýchání navazuje další fáze, při které buňky využívají molekulární kyslík a získávají ze stejného množství živin řádově více energie.

Dýchání organismů při využití kyslíku je v zásadě srovnatelné se spalováním benzinu smíchaného s kyslíkem v motoru auta, přestože se rozhodně liší v provedení. Palivem pro dýchání jsou živiny, „výfukovými“ zplodinami pak oxid uhličitý a voda. Výsledkem je energie využitelná pro pohon všech tělesných pochodů, která je uložená v molekulách ATP.

Kromě vlastního buněčného dýchání zahrnuje dýchací proces jak příjem kyslíku a výdej oxidu uhličitého, tak i přenos plynů k tkáňovým buňkám a od nich.

Kyslík ve vzduchu a ve vodě

Informace, že ve vzduchu je kyslík, tě určitě nepřekvapí. V rozpuštěné podobě se ale kyslík vyskytuje také ve vodě. Ve výskytu plynů v obou prostředích jsou však výrazné rozdíly.

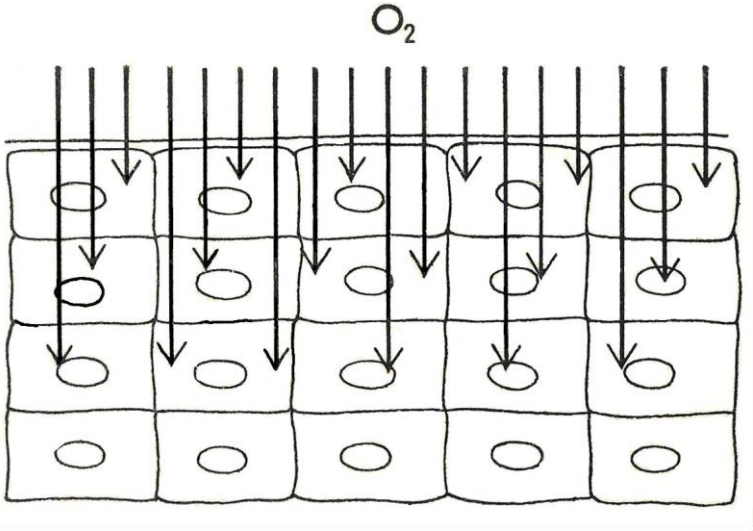
Všechny molekuly plynů **ve vzduchu** se stále neuspořádaně a rychle pohybují. Přitom mají snahu se pohybovat z míst, kde je jejich koncentrace vyšší, na místa, kde je jejich koncentrace nižší. Tento jev se obecně nazývá difúze. Tak se stane, že v plynech jsou jednotlivé molekuly, tedy i kyslík, rovnoměrně rozptýleny. Ve vzduchu je kyslíku přibližně jedna pětina (21 %) a tento poměr je všude v atmosféře stejný.

Do vody se kyslík dostává rozpouštěním z atmosféry. Dalším zdrojem je kyslík, který vzniká jako odpadní produkt při fotosyntéze vodních rostlin. Také ve vodě se molekuly látek stále pohybují, ale mnohem pomaleji než ve vzduchu, nepromíchávají se tedy tak rychle (difúze látek v kapalině je mnohem pomalejší než v plynném prostředí). Proto není obsah kyslíku ve vodách všude stejný, místy je ho víc, třeba kolem vodních rostlin, místy míň a obzvlášť u dna může často klesnout až k nule.

4.1 VÝMĚNA PLYNŮ MEZI VNĚJŠÍM A VNITŘNÍM PROSTŘEDÍM

A zase jsme u toho nádechu a výdechu! Co je na tom složitého? Uvidíš, že problém, jak dostat kyslík až k buňkám a oxid uhličitý od buněk ven z těla, je v živočišné říši řešen mnoha způsoby.

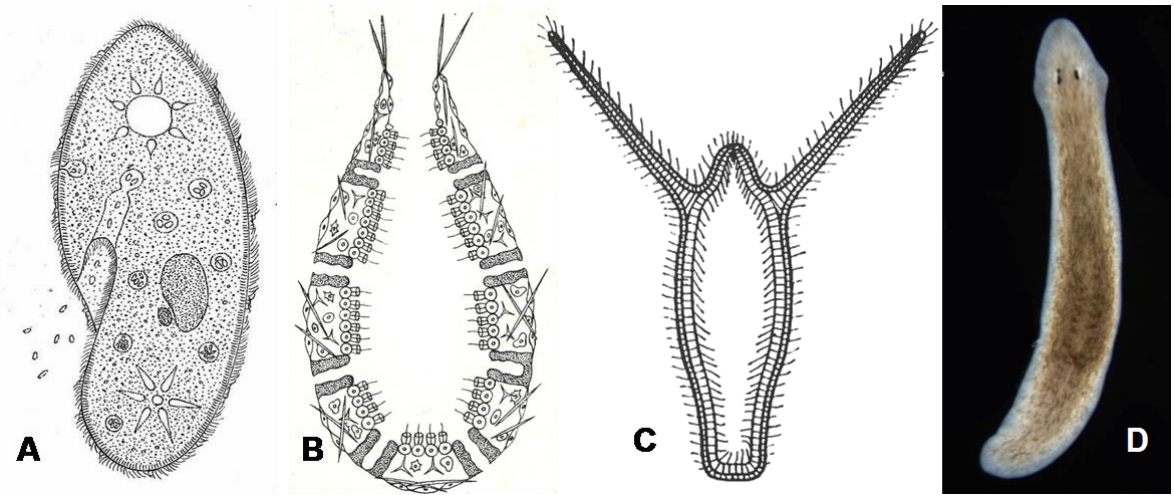
Plyny pronikají tkáněmi na základě difúze. Protože hlavní součástí tkání je voda, je difúze kyslíku pomalá (viz strana 31). Navíc buňky jednotlivých vrstev, kterými kyslík prochází, část spotřebovávají pro svou potřebu. V určité vzdálenosti od povrchu po průchodu několika vrstvami buněk proto již žádný kyslík není (obr. 4.1).



4.1: Schéma difúze kyslíku živočišnou tkání.

4.1.1 Dýchání celým povrchem těla + difúze

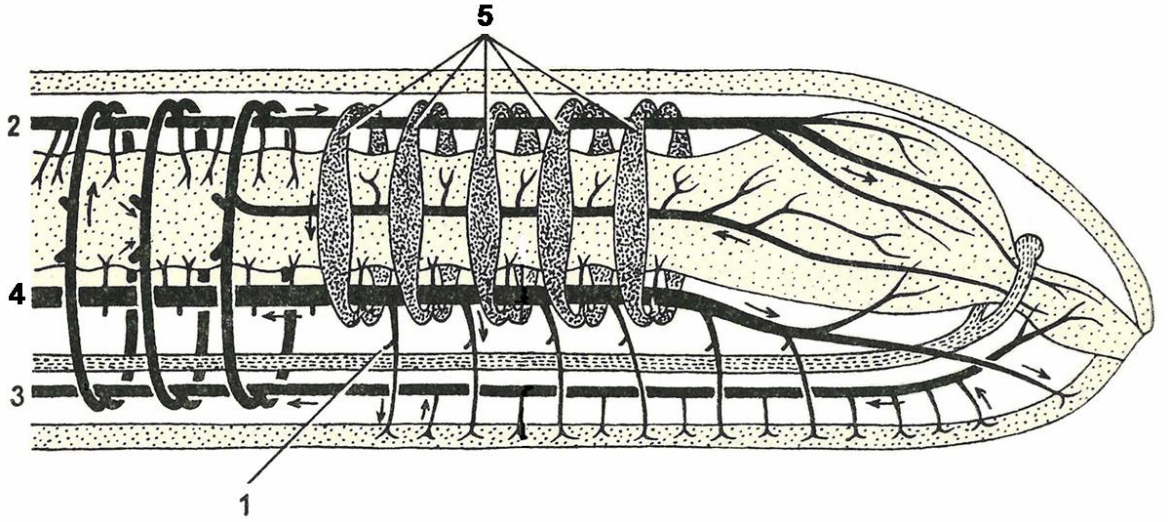
Pouhou difúzí mohou proto přijímat kyslík jen organismy jednobuněčné, velmi malé nebo ploché. Podmínkou je tenká povrchová vrstva a život ve vlhkém až vodním prostředí. U těchto organismů se může kyslík dostat difúzí ke všem buňkám těla. Takto dýchají například prvoci, houbovci, žahavci a volně žijící ploštěnci (obr. 4.2).



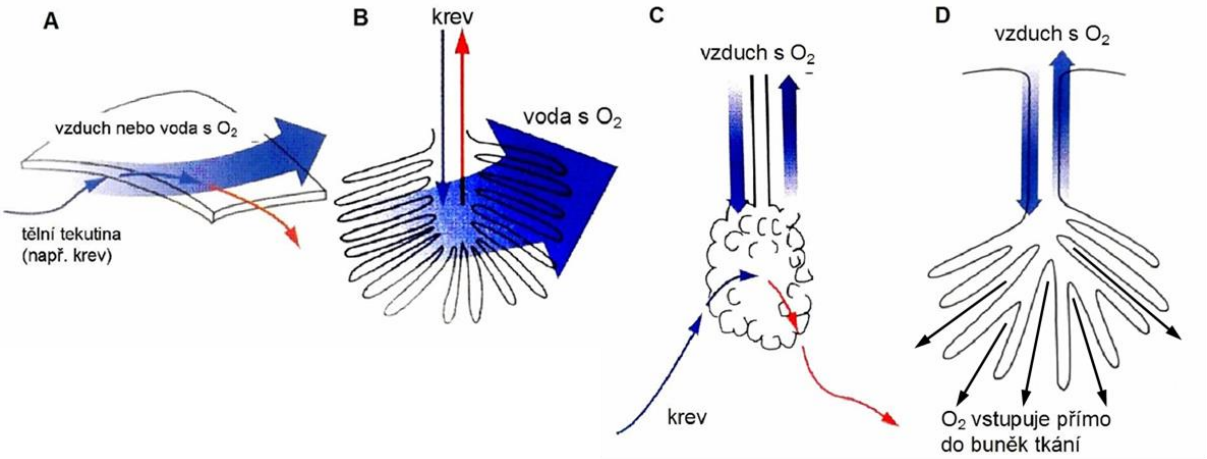
4.2 Organismy, které dýchají celým povrchem těla. Jednobuněčný prvok (A, trepka). Houbovec (B) a nezmar (C) mají jen dvě vrstvy buněk, mezi kterými je tělní tekutina, přenos plynů difúzí je proto snadný. Ploštěnka (D), jak její název napovídá, je i přes svou velikost velmi plochá, proto i jí stačí prostup plynů difúzí.

4.1.2 Dýchání celým povrchem těla + rozvod plynů

Také někteří větší živočichové, kteří žijí ve vlhkém nebo vodním prostředí (například kroužkovci), přijímají kyslík celým povrchem těla. Difúze plynů tkáněmi jim už ale nestačí. Rozvod po těle musí obstarat specializovaná oběhová soustava (obr. 4.3).



4.3 Schéma cévní soustavy žížaly (černě) na podélném řezu přídí těla. Všimni si bohatého rozvětvení vlásečnic (1) pod pokožkou, kde dochází k výměně dýchacích plynů. 2, 3 a 4 jsou velké cévy, 5 párové spojky mezi hřbetní a břišní cévou. Šipky označují směr proudění krve.

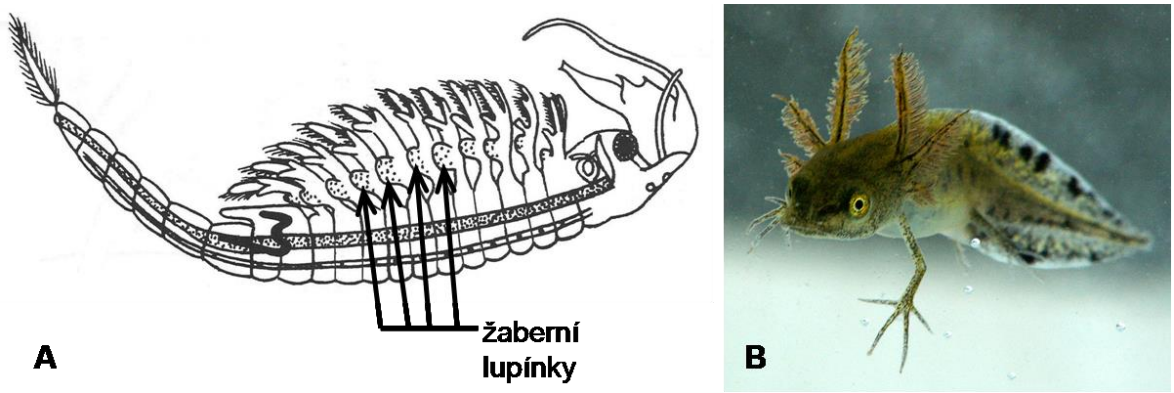


4.4 Schéma různých typů dýchacích orgánů. Výměna kyslíku (O_2) mezi vnějším prostředím (silné modré šipky) a tělem živočicha (slabé šipky – modrá značí odkysličenou a červená okysličenou tělní tekutinu např. krev). Dýchání celým povrchem těla (A), žábry (B), plíce (C) a vzdušnice (D).

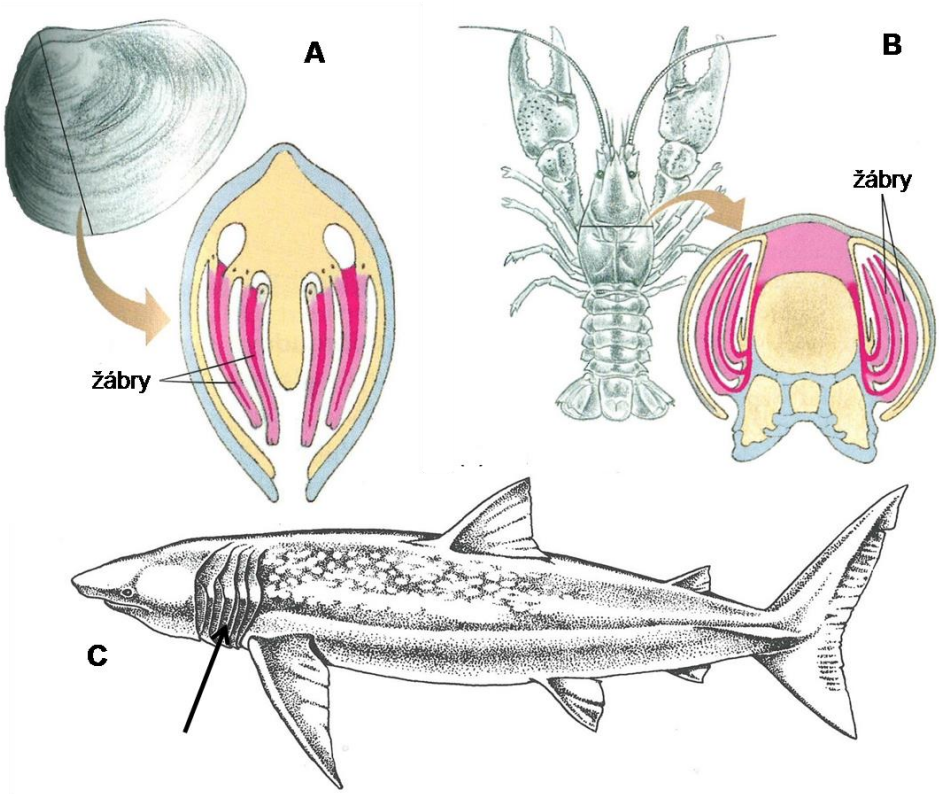
4.1.3 Dýchání pomocí orgánů za účasti tělních tekutin

Dalším krokem ve vývoji dýchání je vznik specializovaných orgánů napojených na oběhovou soustavu. Tyto ***dýchací orgány*** (obr. 4.4) mají na povrchu tenkou vrstvu buněk a pod ní bohatou síť vlásečnic s tělními tekutinami – krví (například u obratlovců) nebo krvomízou (například u měkkýšů, korýšů). Pro zjednodušení budeme tuto tekutinu v dalším textu označovat souhrnně jako krev. Kyslík prochází na základě difúze povrchovou vrstvou, je pohlcen tělními tekutinami ve vlásečnicích a je přenášen ke tkáním. Oxid uhličitý je naopak přenášen tělními tekutinami z tkání

k dýchacím orgánům a uvolňuje se do vnějšího prostředí. Můžeme rozlišit dva základní typy dýchacích orgánů: žábry a plíce.



4.5 Příklad živočichů s vnějšími žábrami. Žábronožka (A) má žábry v podobě lupenitých rozšíření na končetinách. Larva čolka (B) má keříčkovité žábry za hlavou.

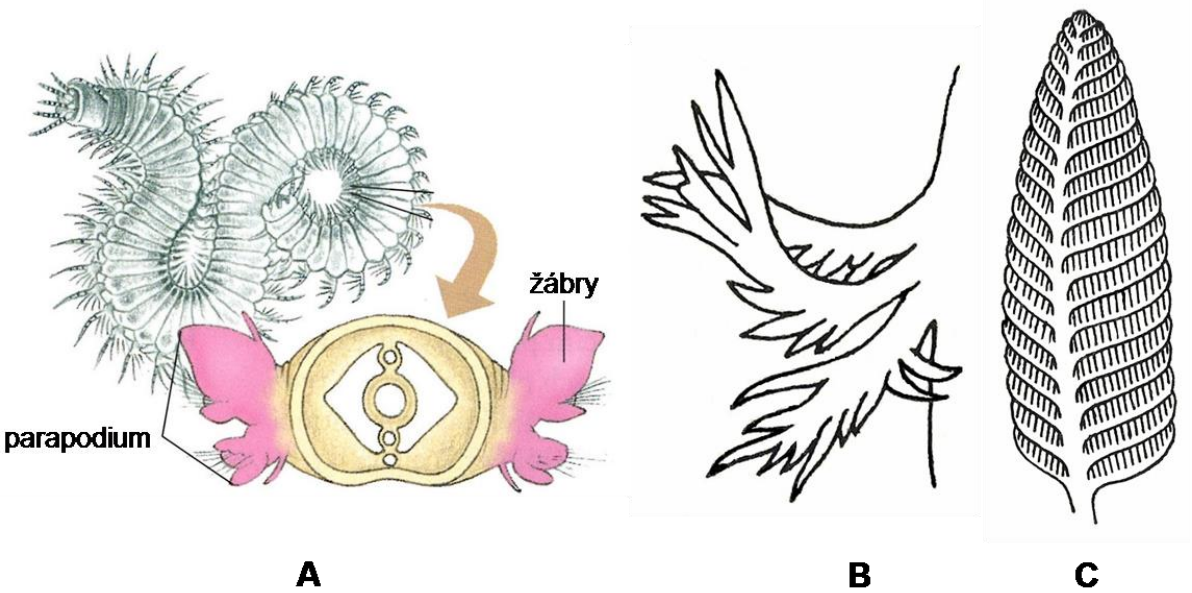


4.6 Příklady živočichů se zanořenými žábrami. U mlžů (A) jsou žábry v dutině pod lasturami, u mnoha korýšů, např. u raka (B) pod krunýřem. U paryb (C) jsou žábry na žaberních obloucích uloženy v žaberních dutinách (šipka) po stranách těla za hlavou.

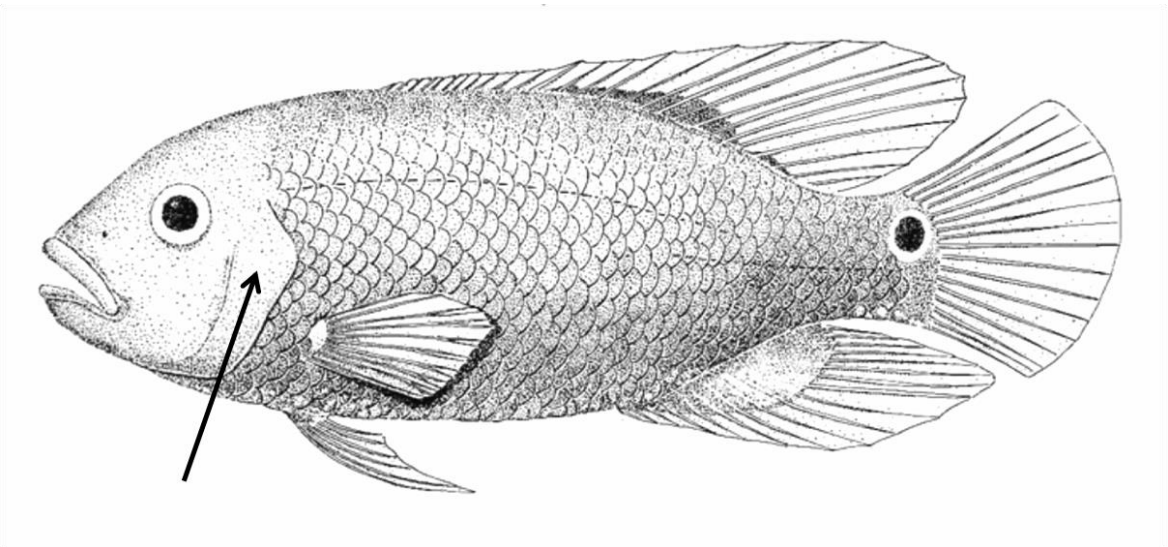
Žábry

K výměně plynů dochází na jejich vnějším povrchu ve vodním prostředí. Žábry jsou v přímém kontaktu s okolní vodou a v původním stavu volně vyčnívají z těla do prostředí (obr 4.5). V průběhu evoluce postupně docházelo k zanořování žaber do různých dutin, aby byl tento životně důležitý orgán chráněn. (obr 4.6). Zároveň došlo k rozčlenění povrchu a tím jeho zvětšení, od jednoduchých lupínků (viz obr 4.5) po

složité struktury (obr 4.7). Kolem žaber je třeba stále udržovat proud okysličené vody, ať už pasivně (využití toku vody) nebo aktivně (například pohybem skřelí - obr 4.8).



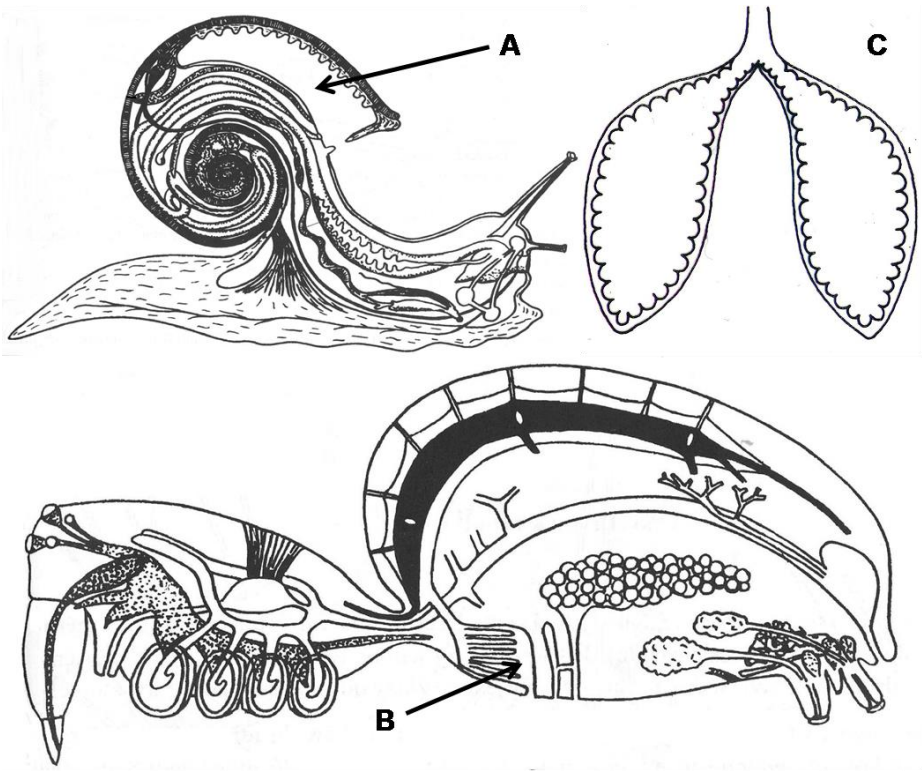
4.7 Příklady postupného rozčlenění žaber a tím zvětšení jejich povrchu. Mořský mnohoštětinatec nereidka (A) má lalokovité žaberní výběžky na pohybových orgánech (parapodiích) po stranách těla, larvy obojživelníků mají keříčkovité žábry (B) a u sépie se žábry vyvinuly ve složitě větvenou strukturu (C). Porovnej tyto žábry s jednoduchým lupínkem žábronožky na obr 4.5.



4.8 Skřele ryb (šipka) uzavírají žaberní dutinu. Střídavé otevírání a zavírání dutiny pomocí skřelí spolu s polykáním vody udržuje proud čerstvé vody kolem žaber. Na obrázku vidíš tilapii.

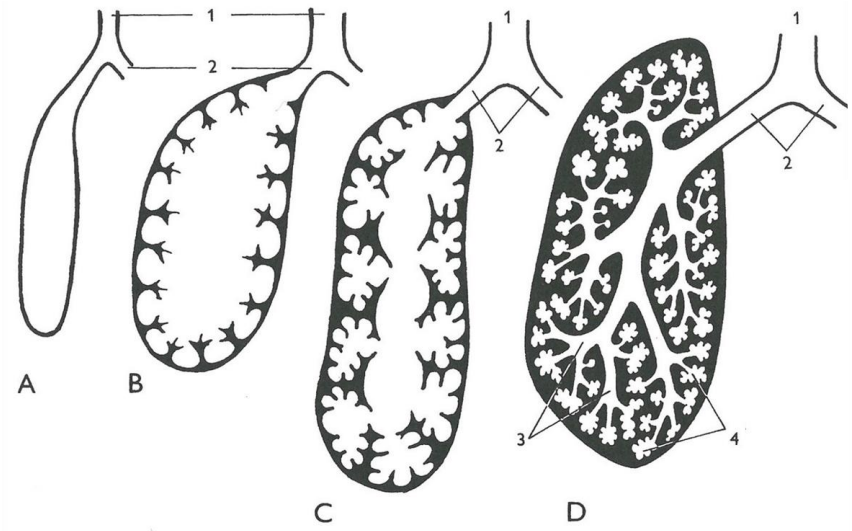
Plíce

Základem dýchací soustavy je tělní dutina, v níž na vnitřním povrchu dochází k výměně plynů mezi vzduchem a krví. Tento způsob dýchání se vyvinul během evoluce několikrát nezávisle na sobě u různých skupin živočichů, a to ve spojitosti s přechodem na souš. Díky tomu se vyvinuly různé formy plic − ***plicní vaky*** u některých plžů, například u hlemýždě, ***plicní vaky*** u pavouků nebo ***pravé plíce*** u obratlovců (obr 4.9).



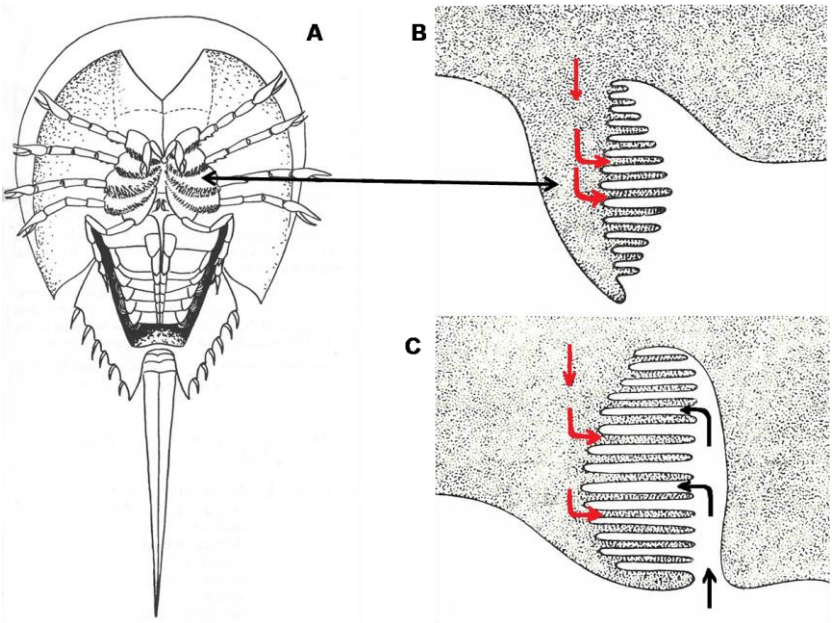
4.9 Různé typy plic. Plicní vak v plášťové dutině plicnatých plžů (A), plicní vak pavouka (B) a jednoduché plíce obratlovců (C).

Podobně jako u žaber docházelo i u plic v průběhu evoluce k postupnému členění vnitřních dutin od prostého vaku žáby po ***plicní sklípky*** savců (obr 4.10). Výměně plynů mohou napomáhat ***dýchací pohyby***, které jsou podmíněny činností svalové soustavy (například u savců pohyb bránice a mezižeberních svalů).



4.10 Postupné členění plic vede ke zvětšení vnitřního povrchu, kde probíhá výměna plynů. Schematicky jeznázorněna vždy polovina plic. Primitivní obojživelník (A) a pokročilý obojživelník (B), plaz – šupinatí (C) a savec (D): 1– průdušnice, 2 – průdušky, 3 – průdušinky, 4 – plicní sklípky.

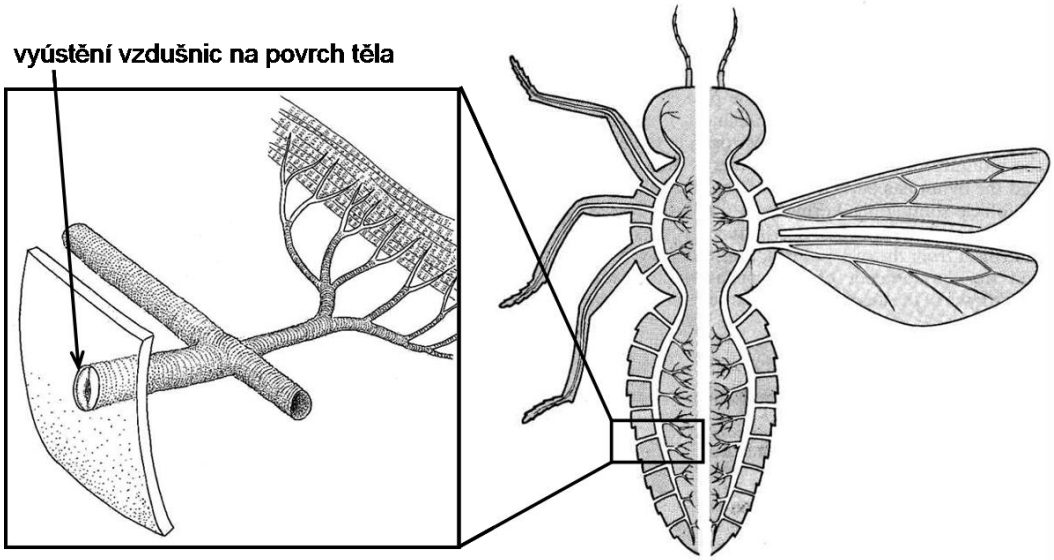
Poznámka k evoluci: Plíce vznikly ve spojitosti s přechodem na souš (obr 4.11). Zůstávají však zachovány i u živočichů, kteří se druhotně vrátili do vody (plicnatí plži, vodouch, karety, ploutvonožci, kytovci). U těchto živočichů se proto vyvinula celá řada mechanismů, jak se s tím vypořádat.



4.11 Možný vznk plicních vaků. U mořského klepítkatce ostrorepa (A) jsou na nohou žaberní lupínky (B). Jejich zanořením do těla mohly u suchozemských klepítkatců vzniknout plicní vaky (C – viz obr. pavouka 4.9).

4.1.4 Dýchání pomocí vzdušnic – bez pomoci tělních tekutin

V principu úplně jiný systém přenosu dýchacích plynů se vyvinul například u stonožek, mnohonožek a hmyzu. K přenosu plynů do tkání dochází pouze v plynné fázi, bez účasti pohybu krve. Slouží k tomu ***vzdušnice***, trubičky vyplněné vzduchem, které jsou otevřené na povrch těla a větví se k jednotlivým orgánům (obr 4.4, 4.12).



4.12 Celkový pohled na soustavu vzdušnic u hmyzu a detail. Všimni si, že vzdušnice zabíhají až k jednotlivým buňkám.

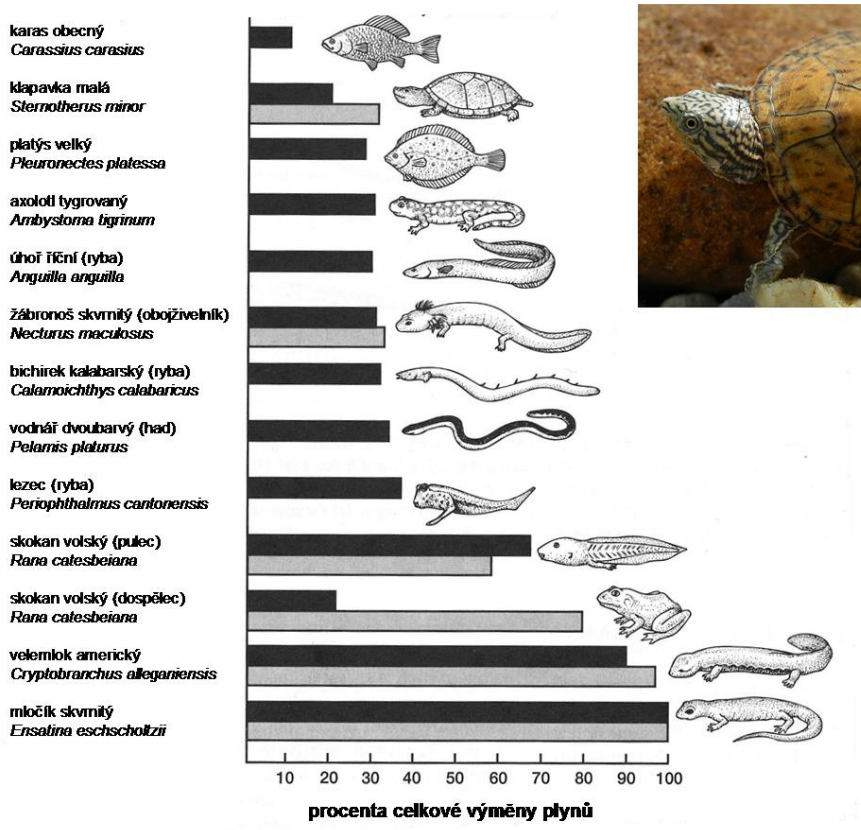
Výměna kyslíku a oxidu uhličitého se děje přímo mezi vzduchem ve vzdušnicích a tkáněmi. K přenosu plynů ve vzdušnicích dochází většinou jen difúzí. Pouze výjimečně si některé druhy pomáhají dýchacími pohyby, například včely prodlužují a zkracují zadeček. Vzhledem k složitému větvení vzdušnic v nich není přenos plynů difúzí na větší vzdálenosti možný. Živočichové, kteří takto dýchají, proto nemohou dosáhnout velkých rozměrů.

4.2 ZVLÁŠTNOSTI DÝCHÁNÍ ŽIVOČICHŮ

Čtyři základní možnosti přenosu plynů u živočichů už znáš. V přírodě se ale vždy vyskytuje mnoho výjimek a drobných změn. O některých z nich, které se týkají dýchání, se dočteš v následující části textu.

4.2.1 Dýchání bez účasti kyslíku

Organismy, které neumějí využít pro dýchání kyslík nebo žijí v prostředí ***bez kyslíku***, mají také schopnost získat z živin energii. Jak už víš, je jí ale podstatně méně, než při oxidaci kyslíkem. To ale nemusí být problém, protože tyto organismy většinou žijí v prostředí bohatém na živiny. Jsou to například bakterie, kvasinky nebo vnitřní parazité, například tasemnice, motolice, škrkavky, roupi.



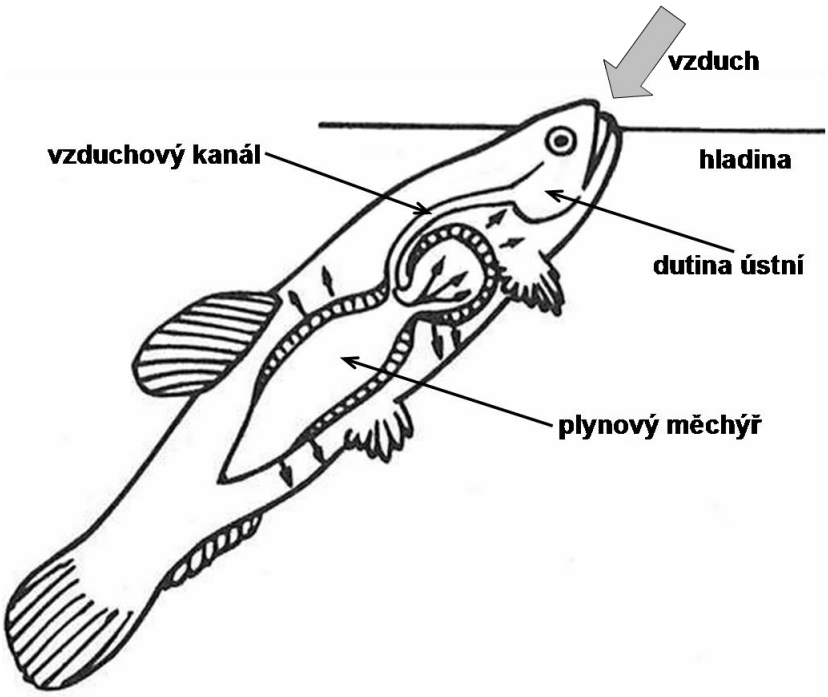
4.13 Doplňkové dýchání přes pokožku se u některých živočichů významně podílí na celkové výměně dýchacích plynů. Černě je znázorněn podíl kyslíku, šedě podíl oxidu uhličitého, které procházejí pokožkou (spodní měřítko ukazuje 100 % výměny plynů). Na grafu si všimni některých zajímavostí. Mločíci, zvláštní skupina obojživelníků, mají v dospělosti zakrnělé plíce a dýchají výhradně pokožkou. Velmi vysoký podíl kožního dýchání je u mnoha dalších obojživelníků, ale i u některých ryb a plazů (vpravo fotografie želvy klapavky malé – viz strana 39).

4.2.2 Doplňkové dýchání

Doplňkové dýchání je důležité pro výměnu plynů ve vodním prostředí s nízkým obsahem kyslíku nebo u živočichů s méně výkonnými dýchacími orgány. Při něm mohou živočichové využít prakticky jakoukoli ***bohatě prokrvenou sliznici***. Velmi často se jedná o sliznici částí trávicí soustavy – například sliznice střeva (sumýš, některé ryby), sliznice dutiny ústní a hltanu (paúhoř elektrický, žáby, velemloci a některé vodní želvy), sliznice kloaky (některé vodní želvy). Dalším hojně rozšířeným typem doplňkového dýchání je ***dýchání přes vlhkou pokožku*** (žáby, úhořovité ryby a dokonce i plazi, například želva klapavka malá). Kyslík se v obou případech dostává do oběhové soustavy přes prokrvenou sliznici nebo kůži (obr 4.13).

4.2.3 Dýchání plynovým měchýřem

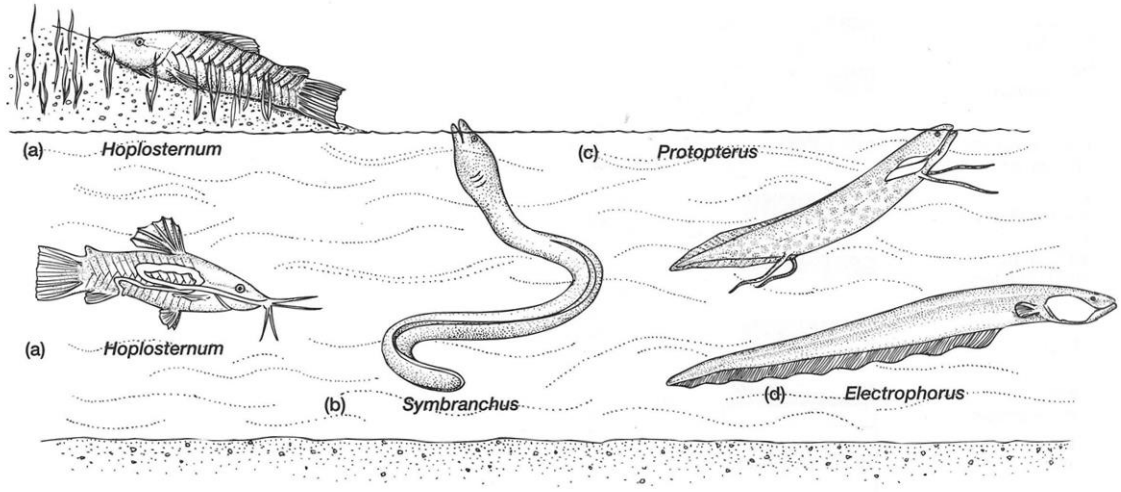
Některé ryby využívají doplňkové dýchání pomocí ***plynového měchýře***. Ryba se při něm vynoří nad hladinu a polyká vzduch do trávicí soustavy. Vzduch se spojovacím kanálem dostává z jícnu do plynového měchýře, kde přes sliznici proniká do krve (obr 4.14). Takto dýchají ryby v mělkých tropických mořích a ryby z bažinatých oblastí (například arapaima)



4.14 Ryby mohou k dýchání využít i plynový měchýř. Vzduch se z úst dostává přes hltan, jícen a vzduchový kanál do plynového měchýře, kde dochází ke vstřebání kyslíku. Stejnou cestou, ale opačně, odchází i oxid uhličitý.

4.2.4 Schopnost dýchat žábrami i plícemi

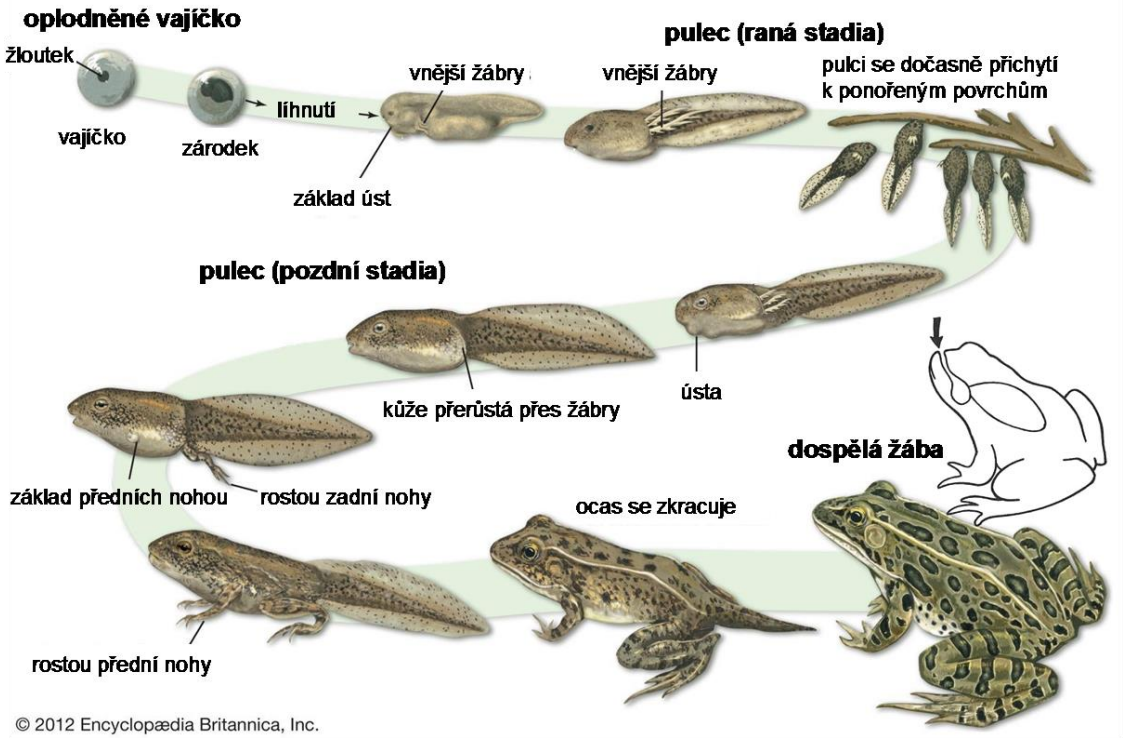
Bahníci patří mezi ryby dvojdyšné. Kromě dýchání žábrami, které využívají ve vodě, dýchají v období sucha vzdušný kyslík plicními vaky (obr 4.15).



4.15 Různé typy doplňkového dýchání u ryb. Ryby polykají vzduch u hladiny, kyslík je však přijímán různými orgány. Pancéřníček (*Hoplosternum*) přijímá kyslík přes sliznici střeva (díky tomu dokáže dočasně přežít i na souši). Úhořovitá ryba *Symbranchus* přesune bublinu až do žaberní dutiny a kyslík vstřebává žábrami přímo ze vzduchu v bublině. Paúhoř elektrický (*Electrophorus*) přijímá kyslík sliznicí dutiny ústní. Bahník (*Protopterus*) má vyvinuté jednoduché vakovité plíce.

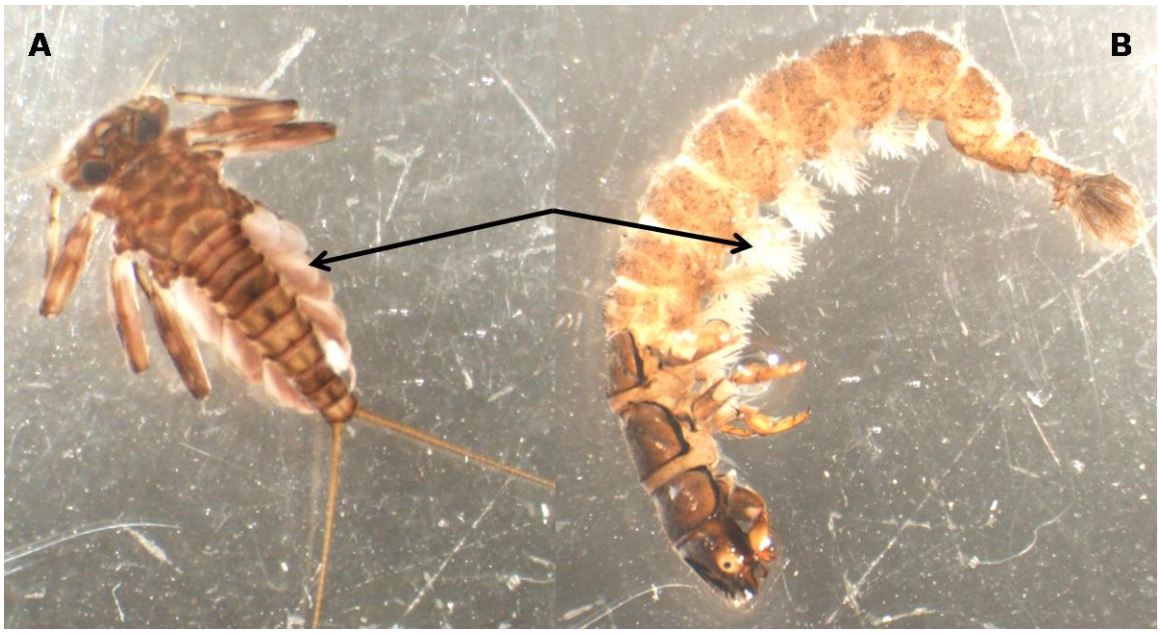
4.2.5 Různé dýchání v larválním a dospělém stadiu

Pulci (larvy žab, které žijí ve vodě) mají nejprve ***vnější*** a pak ***vnitřní keříčkovité žábry***. V období proměny v dospělce, kteří jsou schopni žít i mimo vodu, začínají dýchat vzdušný kyslík plícemi (obr 4.16).



4.16 Vývoj jedince u obojživelníků (obzvlášť žab) provázejí většinou výrazné změny dýchacích orgánů. V první fázi má pulec vnější žábry, které postupně přerostou záhybem kůže a změní se tím na vnitřní žábry. Při přeměně na dospělce (metamorfóze) tyto žábry zanikají a dýchací funkci přebírají jednoduché vakovité plíce.

K podobné změně dochází i u hmyzu.
Dospělci vodního hmyzu (brouci, ploštice) dýchají vždy vzdušný kyslík, který si nabírají u hladiny buď přímo do vzdušnic (například jehlanka), nebo do zásobní bubliny na těle (vodomil). Podobnými způsoby dýchají vzdušný kyslík také larvy některých skupin hmyzu (brouci, ploštice, komáři).
Larvy dalších skupin **hmyzu** (jepice, vážky, pošvatky, chrostíci) dýchají pomocí útvarů, které jsou v principu podobné žábrám. Rozdílem je, že pod tenkou pokožkou místo vlásečnic s krví probíhají vzdušnice. Kyslík rozpuštěný ve vodě přechází do plynné fáze uvnitř vzdušnic. Například u larev jepic ústí vzdušnice do vnějších keříčkovitých žaberních lupínků (obr 4.17), larvy šídel a některých vážek mají vzdušnice vychlípené do konečníku, do kterého nasávají vodu.

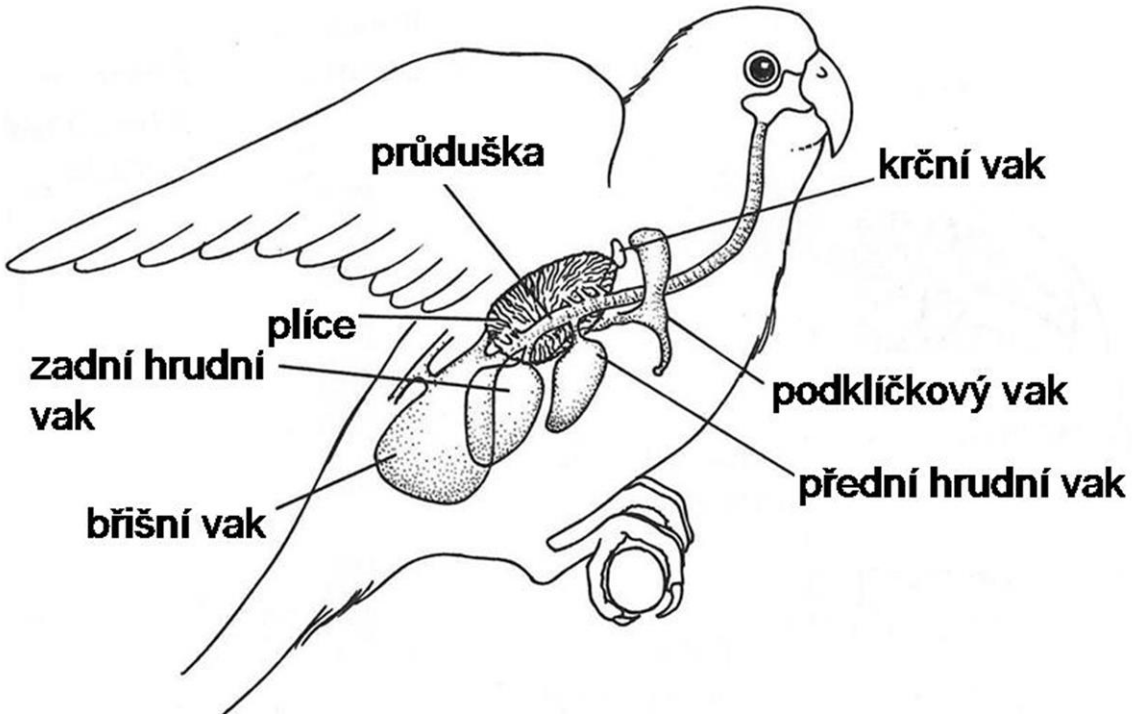


4.17 Vzdušnicové žábry u vodních larev hmyzu jsou většinou uloženy po stranách zadečku. Mohou mít různý tvar, např. lupínky (A, jepice) nebo keříčky (B, chrostík). Do žaber zabíhají jemné vzdušnice.

Poznámka k evoluci: Podobně jako u plic je to opět ukázka evolučního omezení. Hmyz, který se druhotně vrátil do vodního prostředí, se musí vypořádat s problémem, jak dýchat pomocí vzdušnic, které jsou určené k dýchání vzdušného kyslíku.

4.2.6 Vzdušné vaky ptáků

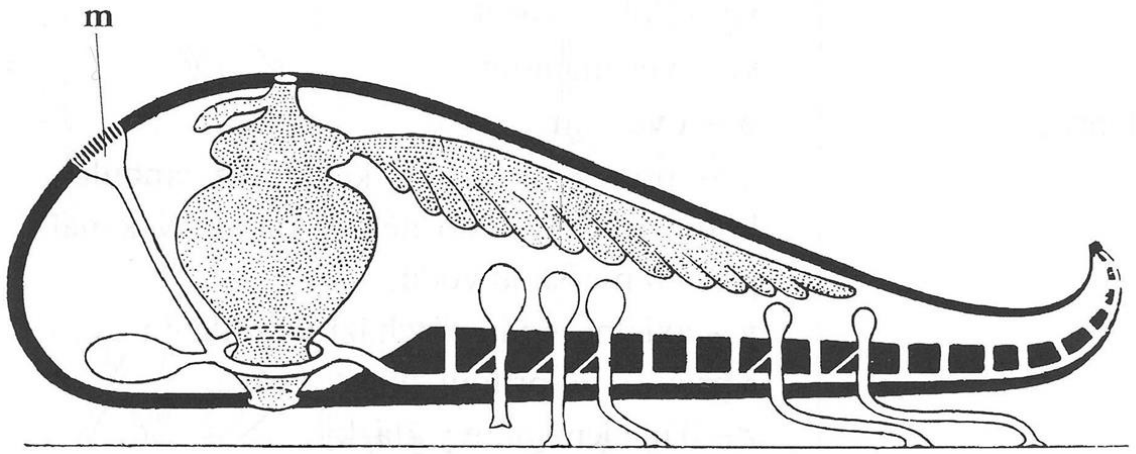
Ptáci mají poměrně malé plíce, jejichž objem se při dýchání nemění. Mají také jinou vnitřní stavbu než plíce ostatních obratlovců, jsou tvořeny systémem trubiček, kterými vzduch proudí. Na dýchání se podílí pět párů ***vzdušných vaků***, které zasahují mezi tělní orgány, pod kůži i do dutých kostí. Při nádechu a výdechu vzduch v soustavě vaků a plic koluje, plícemi proto prochází neustálý proud vzduchu. Krev je v plicích plynule okysličována a dýchání je tak mnohem účinnější než u plic se sklípky (obr 4.18).



4.18 Plíce a vzdušné vaky ptáků (boční pohled).

4.2.7 Ostnokožci

Výjimkou z výše uvedených principů dýchání jsou ostnokožci, u kterých je vyvinuta zvláštní síť kanálků − ***ambulakrální soustava***. Je spojena s vnějším prostředím a proudí v ní mořská voda. Tato soustava plní v těle ostnokožců několik funkcí zároveň (například pohybovou, vylučovací). Díky rozvodu vody po celém těle plní i funkci dýchací (obr 4.19).



4.19 Ambulakrální soustava hvězdice (bíle) na řezu ramenem a středovým terčem. Přes pórovitou destičku (m) je soustava spojena s vnějším prostředím. Soustava se vzhledem k proudění tekutiny podílí na mnoha funkcích těla včetně dýchání.

4.3 ZAJÍMAVÉ PODROBNOSTI O DÝCHÁNÍ ANEB VÍŠ, ŽE...

Proč vylézají **žížaly při dešti** na povrch země i ve dne, když jim světlo vadí? Žížaly mají vlhkou, silně prokrvenou pokožku. Vzdušný kyslík se ve vlhké pokožce rozpouští a vstupuje do cév, které ho rozvádějí po těle. Při dešti jsou chodbičky žížal zaplaveny vodou, která vytlačí vzdušný kyslík. Žížale tak při dešti hrozí v chodbičkách udušení. Na povrchu se ale dostávají do dalšího problému – mohou být poškozeny UV zářením a často na účinky ozáření umírají.

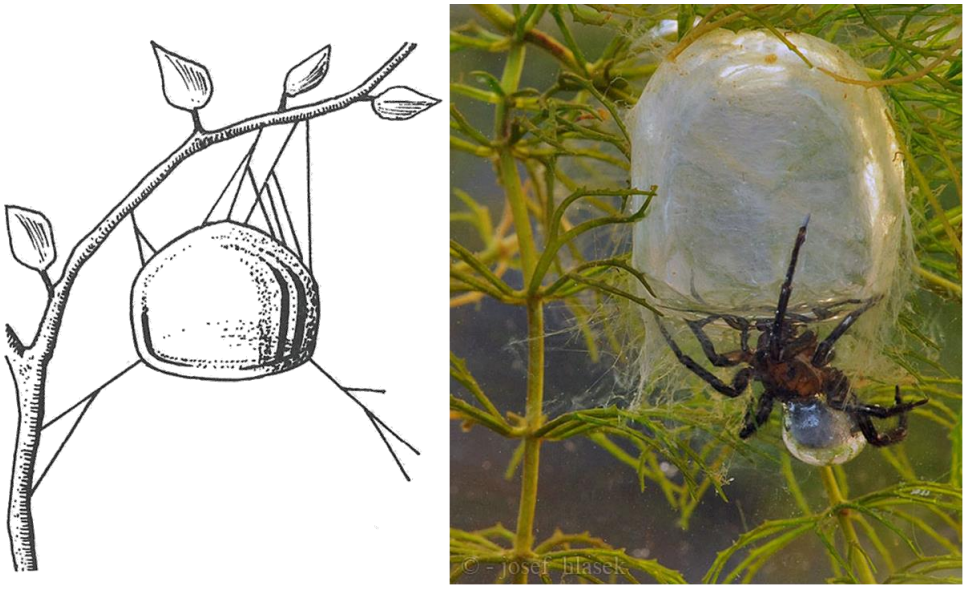
Většina druhů našich **plžů** ze skupiny **plicnatých**, například hlemýžď zahradní nebo páskovky, žije na souši. Z původně suchozemských druhů se některé druhotně vrátily do vody, jako například plovatka bahenní nebo okružák ploský. Stále však dýchají vzdušný kyslík plicním vakem. Jak ale kyslík přijímají? Jednoduše – plž se musí občas vynořit u hladiny a vzduch se do plicního vaku dostává uzavíratelným dýchacím otvorem (obr 4.20).

4.20 Plovatka bahenní nabírá u hladiny vzduch do plicního vaku.

Dýchací orgány korýšů odpovídají jejich vodnímu způsobu života. Jsou to různým způsobem utvářené žaberní lupínky, umístěné na hrudních nebo zadečkových končetinách. Někteří **korýši** ale opustili vodní prostředí a žijí **na souši**. Je to například poustevníček palmový, který má žábry značně redukované. Místo nich má na vnitřní straně žaberních dutin silně prokrvené výrůstky pokožky, přes které proniká vzduch do krve. Vzniká tak obdoba plicních dutin. Naši suchozemští korýši stínky a svinky mají na zadečkových nožkách rozvětvené vchlípeniny, do kterých se dostává vzduch, a kyslík pak jejich stěnou pomocí difúze proniká do krve.

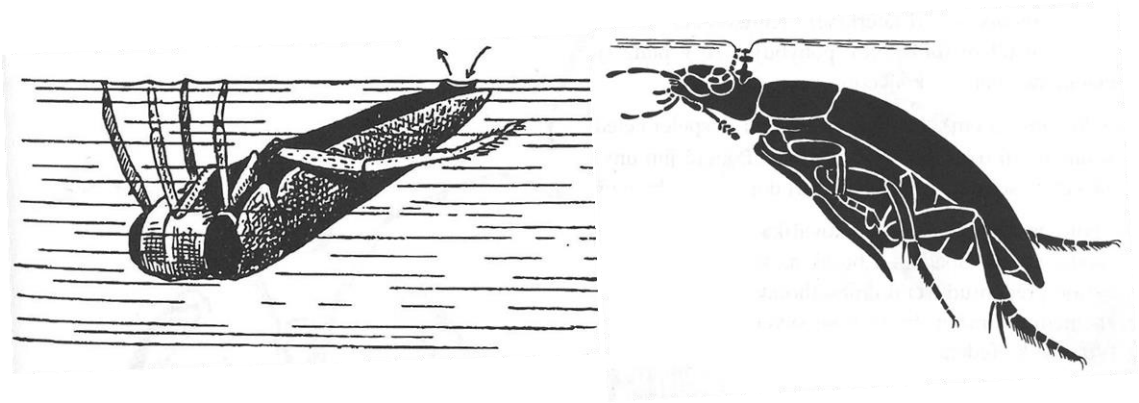
Vodouch stříbřitý je jediný druh pavouka, který žije trvale pod vodou, ale přesto se u něj k dýchání nevyvinulo žádné výrazné přizpůsobení. Co mu tedy umožňuje pod hladinou dýchat? Vodouch má zadeček hustě pokrytý chloupky. Když se vynoří nad hladinu, zachytí se na nich bublina vzduchu, takže zadeček vodoucha vypadá pod vodou jako stříbrný. Tato bublina mu sice umožňuje dýchat vzdušný kyslík i pod

vodou, nevydrží mu ale dlouho. Aby se nemusel neustále chodit nadechovat k hladině, utká si mezi vodními rostlinami hustou pavučinovou plachetku podobnou sítím pokoutníků a nanosí si pod ni vzduch tak, že ho nohama stírá ze zadečku. Tím vznikne ***vzduchová bublina***, která stoupá vzhůru, až pavučinu zvonovitě vyklene (obr 4.21). Pavouk ve ***zvonu*** dlouhodobě bydlí, protože zde má dostatečnou zásobu vzduchu. Spotřebovaný kyslík se navíc do bubliny doplňuje difúzí z vody. Ve zvonu tedy číhá na kořist a zpracovává ji, svléká se, páří a klade vajíčka. Žijí zde i malí pavoučci do doby, než jsou schopni si utkat vlastní zvon a nanosit do něj zásobu vzduchu.

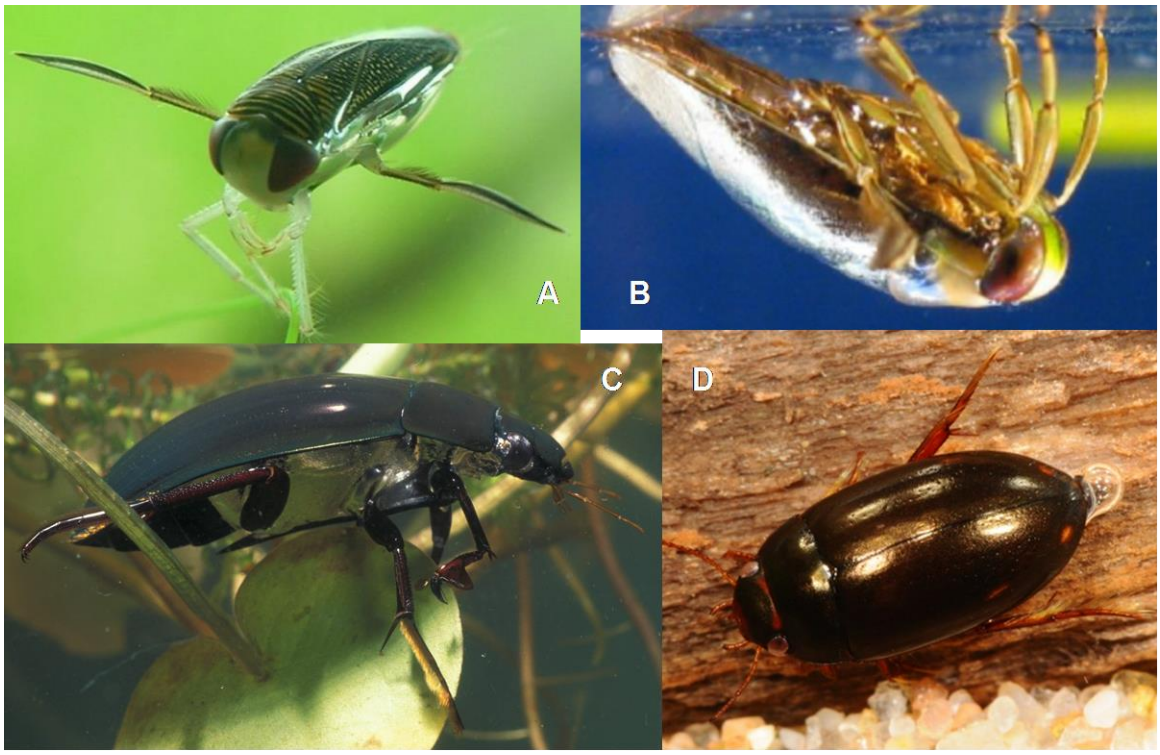


4.21 Vodouch stříbřitý a jeho podvodní pavučinový zvon s bublinou. Nákres zvonu přichyceného k ponořené vegetaci a zvon s pavoukem na fotografii.

U některých **vodních ploštic a brouků** je velmi rozšířené dýchání pomocí ***bubliny přichycené na těle***, ze které přechází kyslík do vzdušnic (obr 4.23). Vzduchovou bublinu mají většinou zachycenou na nesmáčivém ochlupení na spodní straně těla, pro obnovení kyslíku se musí občas vynořit na hladinu (obr 4.22). I zde dochází k částečnému doplnění kyslíku v bublině difúzí z vody.

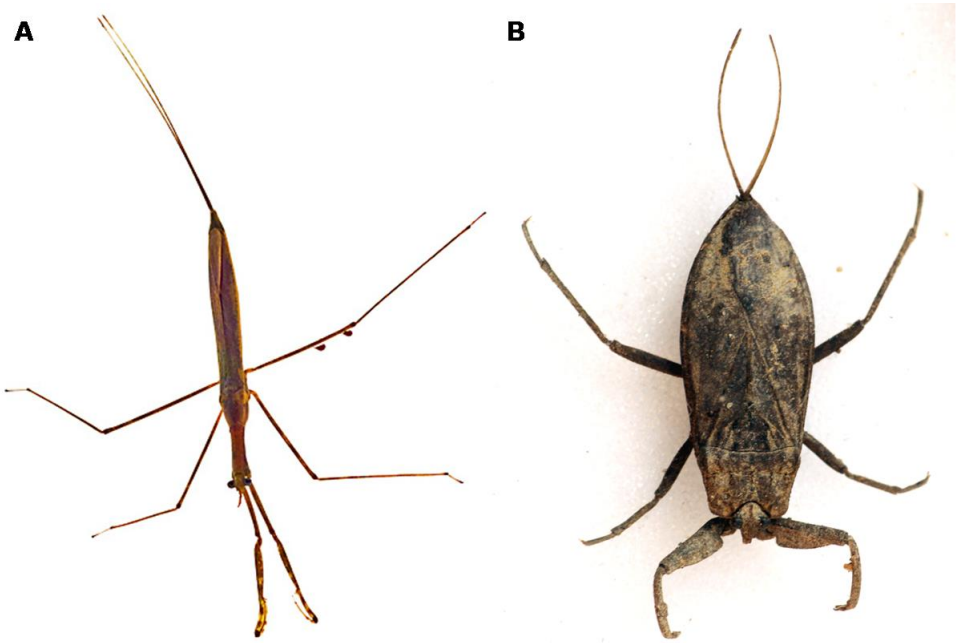


4.22 Nadechování hmyzu u hladiny. Znakoplavka (vlevo) se pomocí chloupků „zakotví“ do hladinové blanky, prorazí hladinu zadečkem, a vzduch pak proudí do vzdušnic, případně do bubliny na spodní straně těla. Vodomil (vpravo) k hladině připlouvá hlavou napřed, hladinu proráží speciálně tvarovaným levým tykadlem; vzduch proudí podél něj do bubliny na břiše.



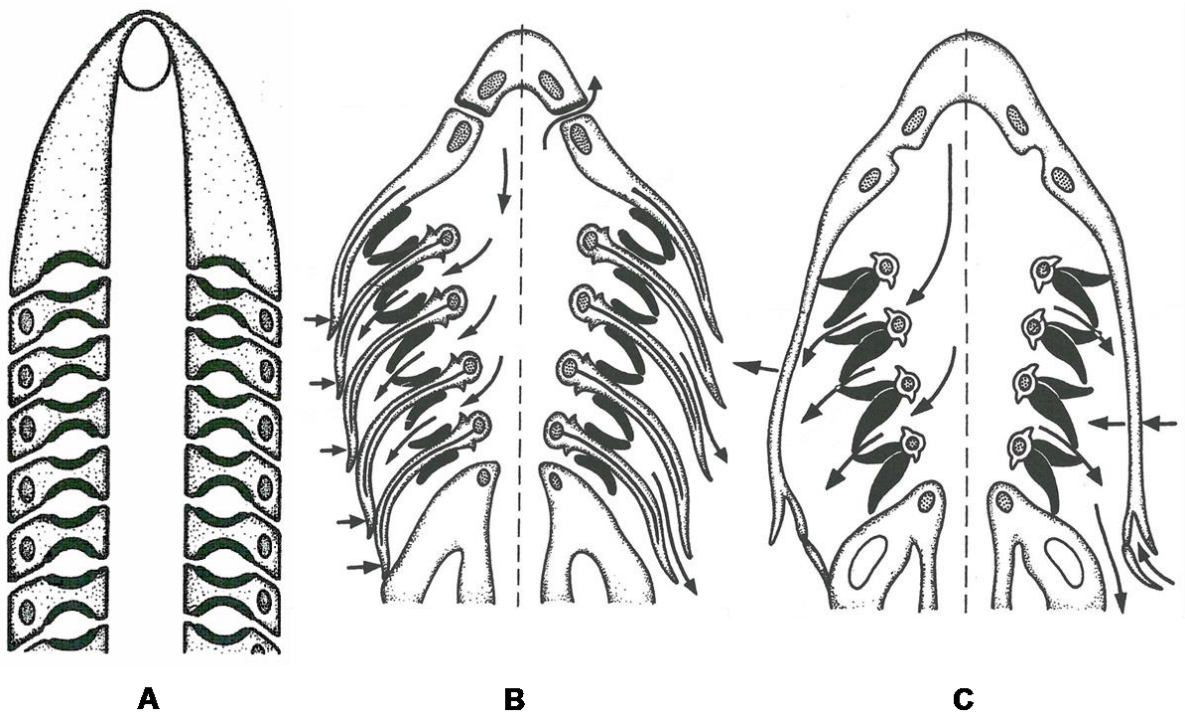
4.23 Mnoho zástupců vodního hmyzu dýchá vzdušný kyslík z bubliny přichycené na těle. Obvykle je tato bublina na spodní straně těla (A – klešťanka, C – vodomil). Všimni si, že u znakoplavky (B, plave naznak – hřbetem dolů) je tedy na křídlech. Výjimkou jsou potápníci (D), kteří mají bublinu schovanou pod krovkami, odkud malá část „vykukuje“.

Jiné **vodní ploštice** si zásobu vzdušného kyslíku nabírají přímo do vzdušnic pomocí ***dýchacích trubiček***. Výhodou pro ně je, že při nabírání vzduchu se nemusí vynořit, stačí, když vystrčí konec dlouhých trubiček nad hladinu jako šnorchl (obr 4.24).



4.24 Vodní ploštice jehlanka (A) a splešťule (B) jsou příkladem dýchání pomocí dýchací trubičky, která funguje jako šnorchl. Je tvořena dvěma výrůstky, které po přiložení k sobě vytvoří dutý útvar.

Poznámka k evoluci: U vodních strunatců je v průběhu evoluce jasně patrný vývoj žaber a jejich umístění. Například u mihulí je na každé straně těla vyvinuto sedm párů ***žaberních oblouků***. Tento počet je postupně snižován, u žraloků jich je pět, u kostnatých ryb také, ale žábry nesou jen čtyři páry oblouků. Zde navíc dochází k umístění žaberních oblouků na jedné straně těla do jedné společné dutiny kryté skřelí (obr 4.25).



4.25 Redukce počtu žaber (vyznačeny černě): mihule (A), žralok (B) a ryba (C). Šipky znázorňují proudění vody při „nádechu“ v levé polovině obrázků a při „výdechu“ v pravé polovině.

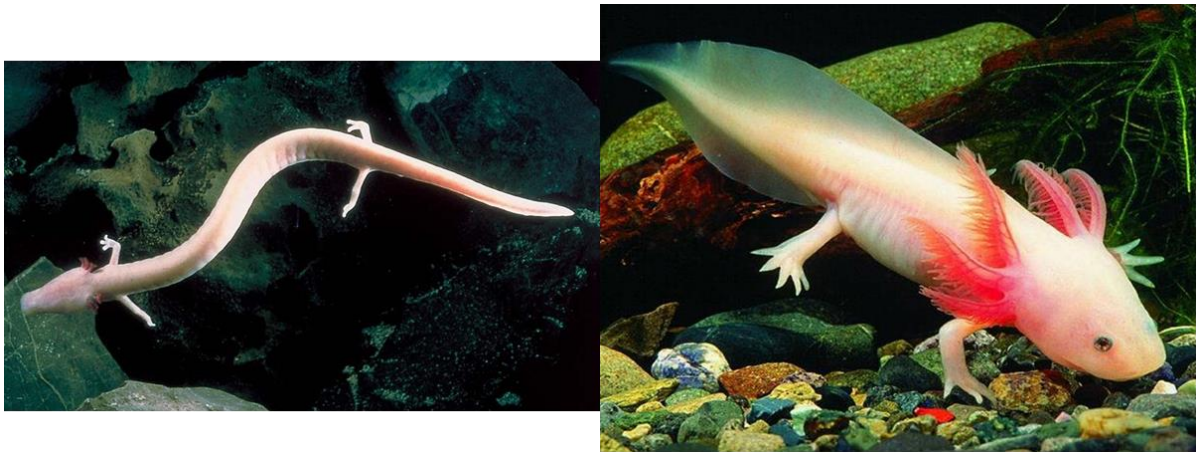
Kruhoústí (mihule, sliznatky) mají žábry uložené ve zvláštních kulovitých žaberních váčcích, které ústí na povrch samostatně po stranách přední části těla. Většinou jich je sedm párů (obr 4.25).

U **žraloků** vznikají komůrky oddělené žaberními přepážkami. Většinou jich je pět párů. Žaberní štěrbiny ústí samostatně po stranách přední části těla (obr 4.25). Voda k žábrám proudí ústy a vytéká ***žaberními štěrbinami***. Pouze někteří žraloci mohou k žábrám vodu aktivně pumpovat pomocí svalů. Většina žraloků však udržuje tento proud neustálým plaváním s otevřenými ústy. Uplatňuje se zde princip pozitivní zpětné vazby − čím rychleji žralok plave, tím intenzivnější je přísun kyslíku a tím rychleji zase může žralok plavat. Naopak žralok, který nemůže plavat (například uvízne v síti), se udusí, neboť okysličená voda přestane proudit kolem žaber. Proud vody kolem žaber však nemusí vždy vznikat aktivitou žraloka. Velmi známé jsou záběry některých druhů žraloků odpočívajících v podmořských jeskyních. Ukázalo se, že v těchto jeskyních jsou silné vodní proudy. Žraloci zde leží hlavou proti proudu s otevřenými ústy, a voda jim tak neustále omývá žábry.

Bahníci patří mezi ryby dvojdyšné. Současné druhy žijí v suchých oblastech tropů, kde vody občas nebo pravidelně vysychají. Jako hlavní dýchací orgán mají bahníci sice žábry, ale vyvinul se u nich navíc jeden nebo dva plicní vaky, což jim umožňuje přežít období sucha (obr 4.15). Bahník australský a jeden z afrických bahníků se v období sucha stahují do malých kaluží na dně řek a dýchají plicními vaky. Ostatní druhy bahníků žijící v Africe nebo v Americe si vyhrabávají na dně řek na počátku období sucha 50–80 cm hluboké svislé šachty. Na jejich dně si vytvoří prostornější dutinu, šachta funguje po vyschnutí koryta řeky jako větrací kanál. Bahník upadne do stavu strnulosti, životní pochody včetně dýchání jsou velice omezeny. V tomto stavu může bahník přežít až čtyři roky, než přijde období dešťů.

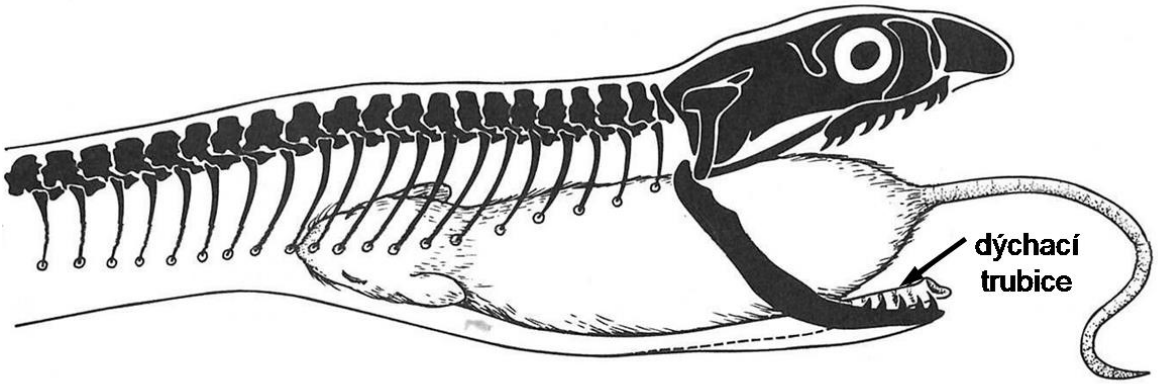
Mezi ryby, které mohou přijímat kyslík i pomocí sliznice střeva, patří američtí sumci **pancéřníčci**, kteří žijí v tropické Jižní Americe (od Panamy až po Argentinu). Mají vyvinuté přídatné střevní dýchání. Na hladině polykají vzduch, který protlačí střevem (obr 4.15). Kyslík přechází stěnami střeva do krve. Podobným způsobem dýchají i naše ryby **piskoři**.

Obojživelníci nemají vytvořený uzavřený hrudní koš, který by pomáhal při dýchacích pohybech. Proto pumpují vzduch do plic pohybem spodní části úst nahoru a dolů, vzduch „***polykají***“. Zároveň mají velmi dobře vyvinuté ***přídatné kožní dýchání***. Kůže je vlhká, bohatě prokrvená. Jak již bylo zmíněno v textu, mohou přijímat kyslík i sliznicí ústní dutiny a hltanu.
Pulci žab mají vyvinuté vnější žábry jen velmi krátce, pak dýchají až do konce larválního vývoje vnitřními žábrami (obr 4.16). U ocasatých obojživelníků naopak vnější žábry přetrvávají po většinu larválního života a mohou zůstávat i v dospělosti (obr 4.26).
U obojživelníků, kteří žijí trvale ve vodě i v dospělosti, zůstává dýchání žábrami zachováno. Většinou dýchají vnitřními žábrami, u některých jsou však zachovány vnější keříčkovité žábry. Typickým příkladem je macarát jeskynní. Podobně je tomu u axolotla, který za určitých okolností zůstává ve vodě celý život (obr 4.26).



4.26 Macarát (vlevo) a axolotl (vpravo) jsou příklady obojživelníků, kteří mají zachovány vnější keříčkovité žábry.

U **hadů**, kromě krajt a hroznýšů, je vzhledem k jejich protáhlému tělu vyvinuta pouze pravá plíce. Je výrazně protažená a při polykání kořisti slouží jako zásobárna vzduchu. Navíc jsou hadi při polykání kořisti schopni vysunout svalnatou dýchací trubici dopředu (obr 4.27).



4.27 Hadi při polykání kořisti mohou dýchat. Tohle doma nezkoušej! Hadi polykají kořist celou, i když je často v porovnání s jejich tělem mnohem větší. Dokážou však vysunout dýchací trubici podél kořisti, a tak mohou po celou dobu polykání dýchat. Na rozdíl od lidí.

U **živočichů s plícemi** se při návratu k životu **ve vodě** musely vyvinout různé adaptace. Jednou z nich je mimo jiné schopnost uzavírat dýchací otvory (nozdry) před ponořením. Platí to například pro krokodýly, vydry, hrochy, lachtany, tuleně a kytovce.

Kytovci mají na hřbetní straně těla dýchací otvory, ozubení jeden, kosticovci dva (obr 4.28). Pro usnadnění pohybu pod vodou vydechují před ponořením, nadechují se naopak těsně po vynoření. Při výdechu vzniká viditelná výdechová fontána - „vodotrysk“, který je tvořen sraženou vodní párou.

4.28 Kytovci mají dýchací otvory posunuté na hřbetní stranu těla. Kosticovci (velryby, plejtváci) mají dýchací otvory dva (vlevo, plejtvák obrovský), ozubení (vorvani, kosatky, delfíni…) mají pouze jeden (vpravo, delfín skákavý).

U **kytovců a hrochů** je dalším problémem porod mláďat, která přicházejí na svět pod vodou. Jejich mláďata mají vrozenou schopnost plavat, hned po porodu tedy sama vyplavou k hladině, aby se mohla nadechnout.

5 TRÁVENÍ ŽIVOČICHŮ

V kapitole o dýchání jsme si objasnili, že organismy získávají energii na veškeré životní pochody oxidací živin. Jaké jsou to ale živiny, jak je organismy získávají a zpracovávají?

Trávení slouží k získání ***látek a energie*** nezbytných pro stavbu a fungování těla. V průběhu života potřebuje každý živočich svoje tělo z něčeho postavit a pak je také udržovat v chodu. Látky k tomu potřebné získává z potravy, ať už přímo, nebo přeměnou přijatých látek. Ke stavbě a udržování těla potřebuje také energii. I tu získává z potravy, „spalováním“ vhodných živin při dýchání. A podobně jako u dýchání, i u trávení se u živočichů vyvinula celá škála způsobů, jak tyto živiny získávat a jak je zpracovávat.

Dělení organismů podle způsobu získávání uhlíku

Jak už jsme řekli, živočichové získávají látky na stavbu těla i energii z potravy. Neplatí to však pro všechny organismy.

Podle způsobu získávání uhlíku jsou organismy děleny na dvě základní skupiny.

Autotrofní organismy už znáš, většinou získávají uhlík z oxidu uhličitého pomocí fotosyntézy. Jsou to některé bakterie, sinice a zelené rostliny obsahující chlorofyl (viz strana 23).

Heterotrofní organismy získávají uhlík z již hotových organických látek. Tyto organické látky mohou získávat buď z živých organismů (***býložravci, masožravci***, ***paraziti***) nebo z jejich odumřelých těl (***saprofágové*** – například žížala). Kromě živočichů se saprofágně živí většina bakterií.

Některé organismy jsou schopné kombinovat oba způsoby výživy, těm říkáme **mixotrofní organismy**. Například krásnoočko štíhlé (prvok, bičíkovec) ztrácí ve tmě a v prostředí s vyšším množstvím rozpuštěných organických látek chloroplasty a přechází z autotrofní výživy na heterotrofní. Dalším příkladem ***mixotrofie*** jsou masožravé rostliny (viz strana 26).

5.1 ZÁKLADNÍ DĚJE PŘI TRÁVENÍ

Nyní už se pojďme věnovat pouze heterotrofním organismům, především živočichům. Nejprve nás bude zajímat, z čeho se vlastně jejich potrava skládá a co se s ní při trávení děje.

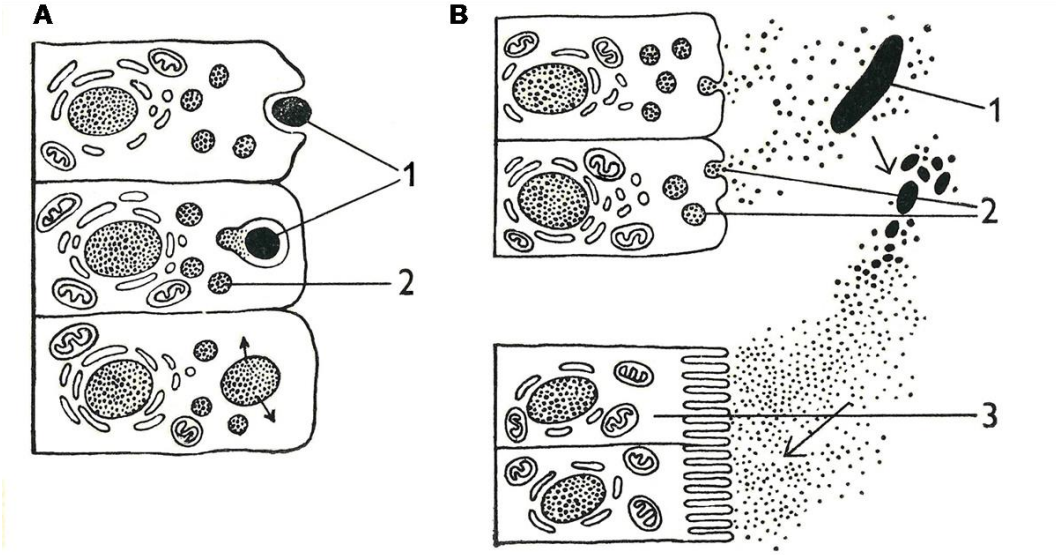
Potrava, kterou živočich přijímá, obsahuje většinou živiny ve formě složitých látek, jako jsou ***bílkoviny***, ***sacharidy*** nebo ***tuky***. Tyto sloučeniny jsou při trávení štěpeny na jednodušší látky. Tyto jednoduché látky jsou už schopné procházet přes cytoplazmatickou membránu buněk, vstřebávat se.

Bílkoviny jsou štěpeny na aminokyseliny (organické kyseliny obsahující charakteristickou skupinu $–NH_2$). Škrob je štěpen na jednoduché cukry (glukózu), tuky na organické kyseliny s větším počtem uhlíků (mastné kyseliny) a na alkohol glycerol. Velké molekuly živin jsou štěpeny vodou (hydrolytické děje), tyto reakce probíhají pomocí ***trávicích enzymů***, které působí jako ***katalyzátory*** (látky umožňující nebo urychlující reakce).

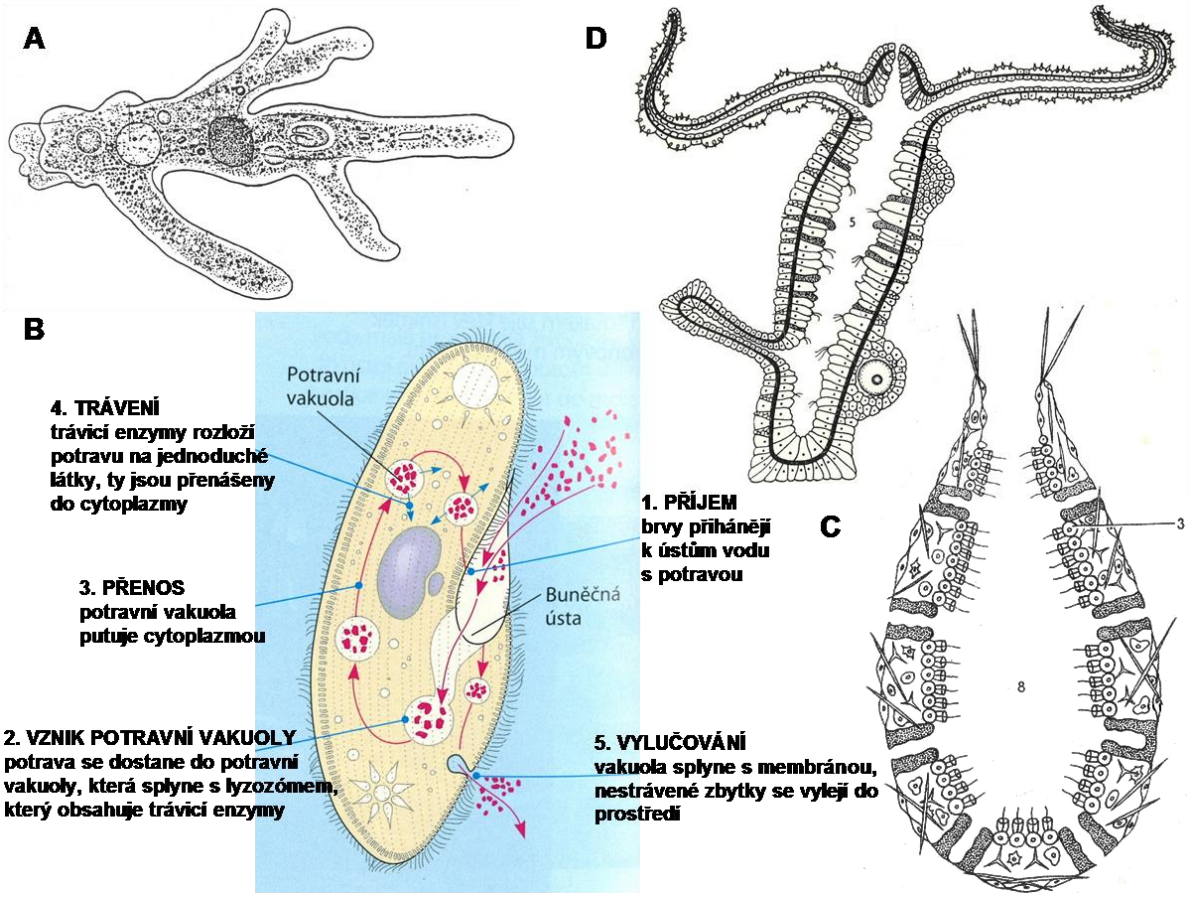
Trávení nitrobuněčné a mimobuněčné

Trávení nitrobuněčné je vývojově původnější, probíhá uvnitř buněk. Jednobuněčné organismy mohou přijímat drobné částice potravy buď ***difúzí***, nebo ***fagocytózou***. Při difúzi pronikají živiny přes cytoplazmatickou membránu do buňky, pokud jejich koncentrace v prostředí je větší než v buňce. Při fagocytóze je potrava obklopena výběžky buňky a uzavřena do buňky ve váčku z cytoplazmatické membrány (například potravní vakuola u prvoků). V buňce splyne tento váček s váčkem obsahujícím ***trávicí enzymy (lyzozomem)***. Díky enzymům dojde k rozložení složitých látek na jednodušší a ty pak pronikají z váčku do cytoplazmy buňky (obr 5.1, 5.2 B). Trávení uvnitř buňky probíhá i u jednoduchých mnohobuněčných organismů, jako jsou houbovci. U žahavců probíhá trávení potravy nejprve mimo buňky (viz dále mimobuněčné trávení), ale je dokončeno uvnitř buněk ve stěnách trávicí soustavy (obr 5.2.)

Při **trávení mimobuněčném** (obr 5.1 B) vyprazdňují buňky váčky s trávicími enzymy do trávicí soustavy, kde je potrava štěpena. Vzniklé jednoduché látky jsou vstřebávány do buněk trávicí soustavy a dále do tělních tekutin. Tento typ trávení využívá většina mnohobuněčných živočichů včetně člověka.



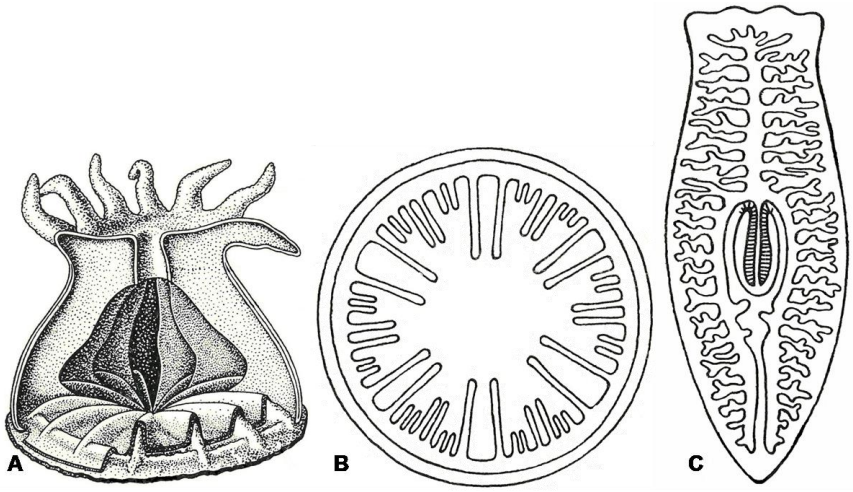
5.1 Nitrobuněčné (A) a mimobuněčné (B) trávení. Při nitrobuněčném trávení je potrava (1) pohlcena do buňky a tam zpracována trávicími enzymy uloženými v lyzozomech (2). Při trávení mimobuněčném jsou enzymy (2) pro zpracování potravy uvolněny z lyzozomů mimo buňku, látky z rozložené potravy jsou vstřebány (šipka) do buněk trávicí dutiny nebo trubice (3).



5.2 Příklady organismů s nitrobuněčným trávením. Měňavka (A), trepka (B). Na obrázku trepky je podrobně znázorněna cesta potravy buňkou. U houbovců (C) dochází k nitrobuněčnému trávení v límečkových buňkách (3), které vystýlají vnitřní dutinu (8). U nezmara (D) dochází k částečnému natrávení potravy mimobuněčně v trávicí dutině (5), dokončení trávení pak probíhá nitrobuněčně.

5.2 ZÁKLADNÍ TYPY TRÁVICÍCH SOUSTAV

Podle toho, zda má trávicí soustava jeden nebo dva otvory, rozlišujeme trávicí dutinu (obr 5.3) a trávicí trubici.

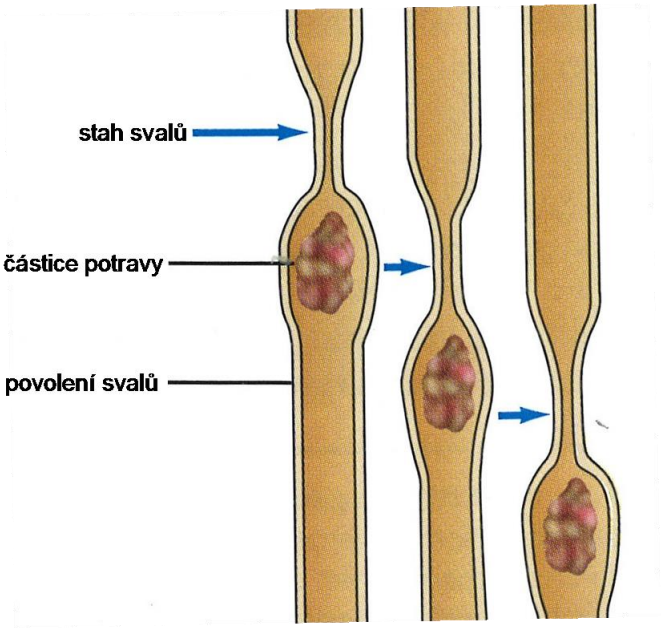


5.3 Zvětšení povrchu trávicí dutiny, která zároveň slouží k rozvodu živin do celého těla. U sasanky trávicí dutina lemuje vnitřek těla, které je rozděleno částečnými přepážkami (A – pohled dovnitř, B – řez). U ploštěnky (C) se trávicí dutina větví do celého těla.

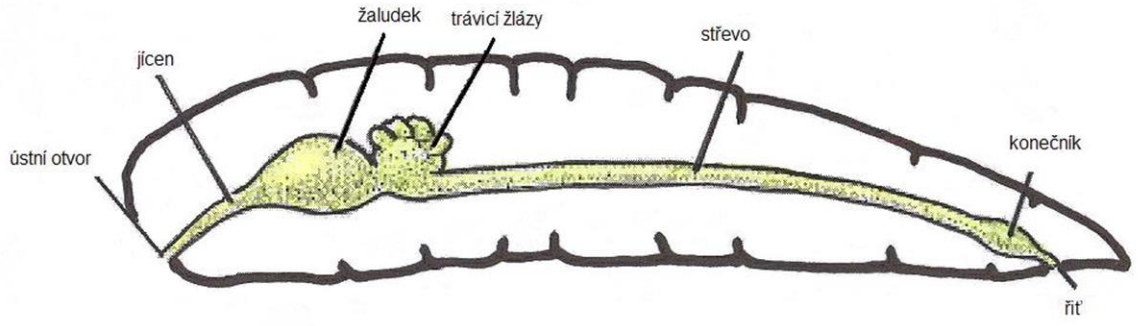
Trávicí dutina má jediný otvor, který je současně přijímací i vyvrhovací. Poté, co je potrava do dutiny přijata, je zde strávena pomocí trávicích enzymů. Vzniklé látky jsou vstřebány a nestravitelné zbytky jsou z dutiny vyvrženy. Pak teprve živočich přijme novou potravu. Nevýhodou trávicí dutiny je nízká účinnost reakcí, při kterých je potrava štěpena. Živočichové s trávicí dutinou – žahavci a ploštěnci – nemají vyvinutou oběhovou soustavu.

Poznámka k evoluci: V evolučním vývoji této dutiny dochází ke zvětšení vstřebávacího povrchu. Děje se tak buď přepážkami v dutině (sasanka), nebo rozvětvením dutiny (medúza, ploštěnka, motolice – obr. 5.3). Rozložené látky se tak dostanou ke všem tkáním těla. Trávicí dutina částečně nahrazuje oběhovou soustavu a je označovaná jako ***gastrovaskulární*** (gastro – ve významu žaludek, žaludeční; vaskulární = cévní).

Trávicí trubice má na jednom konci otvor přijímací – ústní, a na druhém otvor vyvrhovací – řitní (obr. 5.5). Potrava je jednotlivými díly trávicí trubice posunována činností svalů (obr 5.4), k trávení dochází postupně. K příjmu další potravy dochází průběžně, i když jsou v zadních oddílech trubice ještě zbytky předchozí dávky. Vstřebané látky jsou předávány do oběhové soustavy, která je roznáší ke všem tkáním těla. Trávicí trubice je vyvinuta u všech vývojově pokročilejších živočišných skupin (hlísti, měkkýši, kroužkovci, členovci, strunatci).

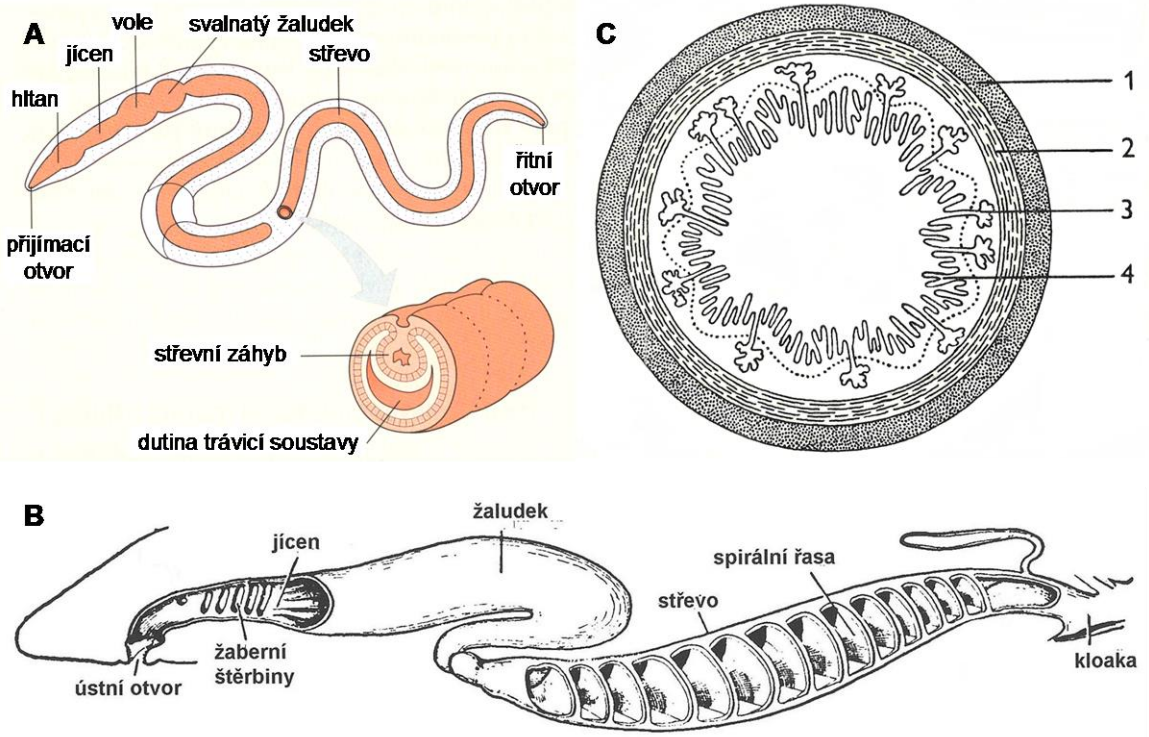


5.4 Posun částice potravy trávicí trubicí pomocí stahů svalů ve stěně trubice.



5.5 Schéma jednoduché trávicí trubice a jejích hlavních částí. K trubici jsou připojeny i trávicí žlázy, které vytvářejí látky rozkládající potravu.

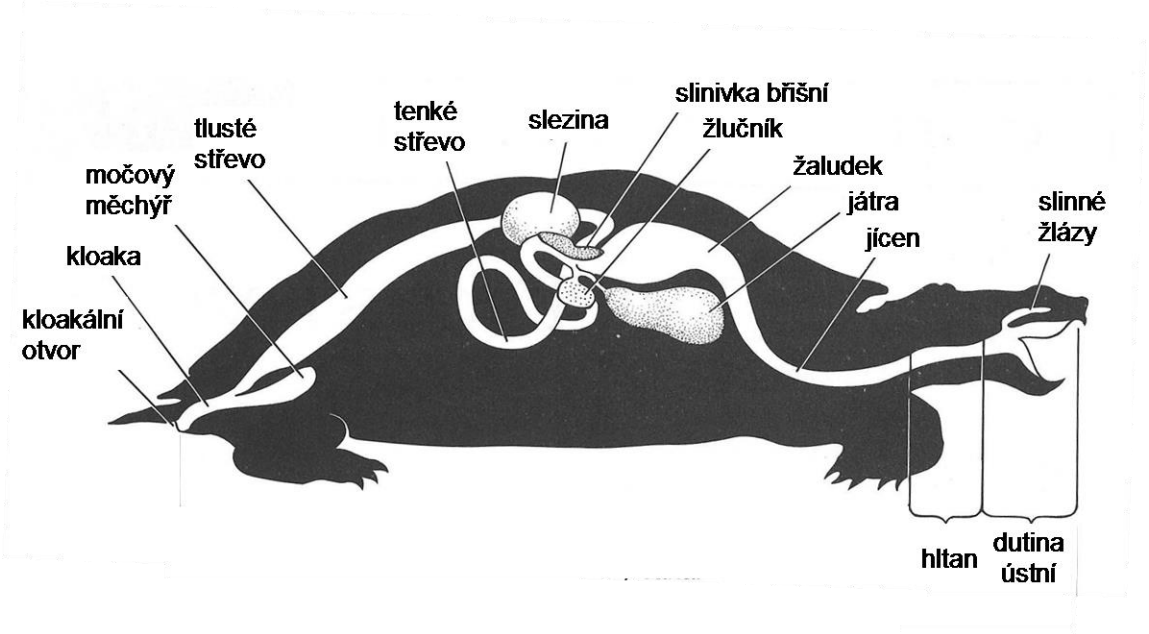
Poznámka k evoluci: V průběhu evoluce dochází ke zvětšení vstřebávacího povrchu trávicí trubice (obr 5.6). Jednou možností je její prodloužení, může být i několikanásobně delší než tělo a je v těle stočená, může mít i slepé výběžky (***slepá střeva***). Další možností je vznik povrchových struktur, rozčlenění. Je to například ***střevní záhyb*** – řasa u žížaly, u žraloků zvětšuje vstřebávací plochu střeva ***spirální řasa***. Nejdále je tento proces dotažen u obratlovců, kde dále vznikají na vnitřním povrchu střeva prstovité malé výběžky – ***klky***.



5.6 Zvětšení povrchu trávicí trubice. Střevní záhyb v trubici žížaly (A), spirální řasa ve střevě žraloka (B), klky (4) na průřezu střevem člověka (C). Podélná (1) a okružní (2) svalovina, žlázky vylučující trávicí enzymy (3).

Dochází i ke zvětšení povrchu, který produkuje enzymy. Část buněk ze stěny trávicí trubice se přesunuje do nově vzniklých ***žláz*** (například slinivka břišní u obratlovců). Enzymy z těchto žláz jsou vylučovány zvláštním vývodem do trávicí trubice.

Postupně dochází u různých skupin živočichů k rozlišení trávicí trubice na jednotlivé části, které vykonávají odlišné funkce. Na počátku trávicí trubice, v ***ústní dutině***, se vyvíjejí orgány sloužící k uchopení a k ***mechanickému zpracování*** potravy. Ústí sem často i ***slinné žlázy***, většinou zde začíná i ***chemické trávení*** potravy. V ***žaludku*** probíhá jak mechanické, tak chemické zpracování potravy. Trávení se dokončuje ve ***střevě***, kde se i vstřebávají produkty štěpení živin. V posledním oddílu trávicí trubice se vstřebává hlavně voda a před odstraněním se zde hromadí zbytky nestrávené potravy (obr 5.7).
Celkově je trávení v trávicí trubici daleko účinnější než v trávicí dutině.



5.7 Trávicí soustava želvy. Trávicí trubice je rozčleněna na jednotlivé specializované úseky a jsou vytvořeny žlázy pro tvorbu trávicích látek. U obojživelníků, plazů a ptáků je koncový úsek (kloaka) společný pro trávicí, vylučovací a pohlavní soustavu. Na obrázku jsou znázorněny i močový měchýř, který je na trávicí soustavu napojen svým vyústěním a slezina, která je uložena mezi orgány trávicí soustavy.

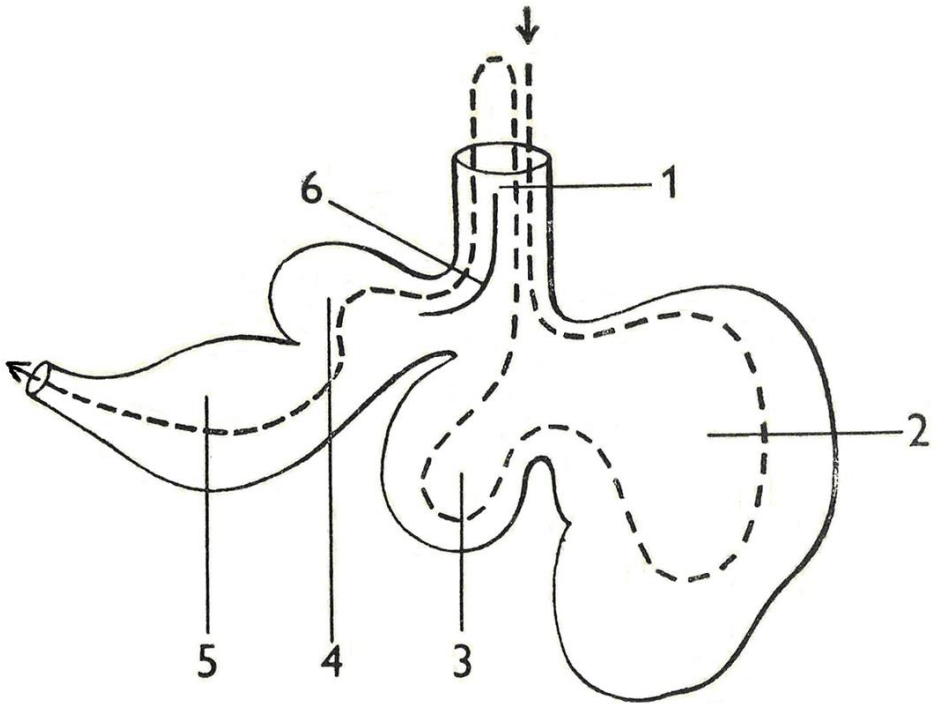
5.3 TYPY POTRAVY ŽIVOČICHŮ

Živočichové, kteří přijímají mikroskopické částečky potravy, je většinou ***filtrují*** z vody (škeble, perloočka), někteří je získávají i z půdy, například žížala.
Živočichové, kteří přijímají potravu větších rozměrů, se dělí podle typu potravy na ***býložravce*** (například chroust, husa, jelen), ***masožravce*** (například střevlík, štika, orel) a ***všežravce*** (například kapr, sýkora, prase).

Býložravci se živí částmi rostlin, ve kterých jsou živiny uzavřeny v buňkách s buněčnou stěnou tvořenou převážně ***celulózou***. Většina býložravců nedovede celulózu strávit, protože netvoří odpovídající trávicí enzymy, které by ji rozložily na cukry. Mají proto vyvinuty orgány určené pro mechanické zpracování potravy, aby se trávicí enzymy po rozdrcení celulózních buněčných stěn dostaly k živinám. Jejich trávicí soustava také často obsahuje mikroorganismy, které jim pomáhají celulózu rozložit (viz strana 58).

Rostlinná potrava je u býložravců většinou nejprve rozdělena na menší části nebo rozmělněna (k tomu slouží například kusadla hmyzu nebo zuby obratlovců).
K dalšímu mechanickému zpracování dochází v žaludku, který je například u hmyzu vybaven tvrdými útvary pro drcení potravy. U ptáků, kteří zobákem rostlinnou potravu často pouze přijímají, jsou části rostlin, hlavně semena, nejprve natrávena ve ***žláznatém žaludku*** a pak drcena ve ***svalnatém žaludku*** vystlaném rohovinovou vrstvou. Často drcení potravy napomáhají i spolykané kamínky. U přežvýkavců se potrava vrací ze žaludku do ústní dutiny k dalšímu mechanickému zpracování. Žaludek má čtyři díly: tři předžaludky (***bachor, čepec, kniha***) a vlastní žaludek (***slez***).

Podíváme se teď na cestu potravy u přežvýkavců (obr 5.8):
Potrava jde nejprve do bachoru, kde je zpracovávána symbiotickými prokaryotickými organismy a ***nálevníky*** (***bachořci***), kteří jsou schopni celulózu rozkládat. Přes čepec se pak vrací do ústní dutiny, kde je přežvýkána, znovu spolknuta a přes další předžaludek – knihu – jde do vlastního žaludku – slezu. Tam probíhá chemické trávení pomocí enzymů. Pak trávenina postupuje do střev.

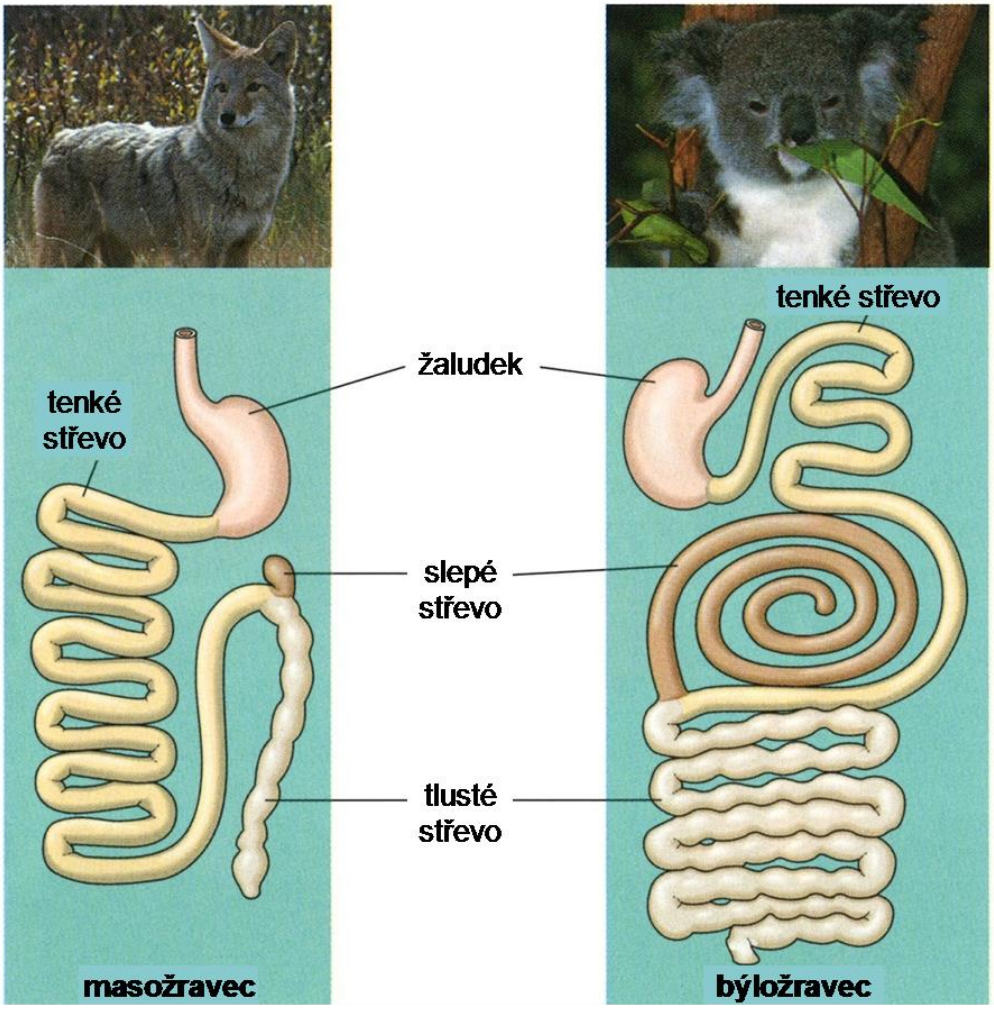


5.8 Cesta potravy složeným žaludkem přežvýkavců. 1 – jícen, 2 – bachor, 3 – čepec, 4 – kniha, 5 – slez, 6 – chlopeň, která usměrňuje dráhu potravy.

Býložravci, kteří se živí především listy a stonky, ve kterých je živin velice málo, musí konzumovat velké množství potravy. Pro představu: **slon africký** každý den zkonzumuje 300−450 kg trávy, listů a větví. To představuje až 10 % hmotnosti jeho těla. Spočítej si, kolik jídla bys při stejném poměru musel(a) denně sníst!

Podobně extrémní případ můžeme najít u **sarančí**. Kromě toho, že musí přijímat velké množství potravy (listy, stébla), jsou navíc schopny z ní využít jen malý zlomek živin. Saranče proto každý den sní až tolik potravy, kolik sama váží. Jen pro představu: při přemnožení tvoří saranče stěhovavá hejna, ve kterých jsou miliardy jedinců, a každý den takové hejno spase až milion tun potravy. Přemnožení sarančí je spojeno s likvidací zeleně na území celých států.

Masožravci mají dobře vyvinuté orgány, kterými se zmocňují kořisti (končetiny a ústní ústrojí hmyzu, zuby obratlovců, zobák a drápy dravých ptáků, drápy kočkovitých šelem, vymrštitelný jazyk žab a chameleonů atd.). Mají méně vyvinuté orgány trávicího ústrojí pro mechanické zpracování potravy, protože živočišná potrava je lehce stravitelná, tvořená hlavně snadno rozložitelnými bílkovinami. Proto jsou někteří živočichové schopni polykat kořist vcelku a zpracovávají ji jen chemicky (sovy, hadi).
Masožravci mají trávicí soustavu výrazně kratší než býložravci odpovídající velikosti, zvláště je to patrné na délce střev (obr. 5.9).



5.9 Srovnání trávicí soustavy masožravce (kojot) a býložravce (koala). Přestože jsou oba živočichové téměř stejně velcí, trávicí soustava koaly je mnohem delší. Díky tomu jsou listy blahovičníků důkladněji zpracovány, a jsou tak lépe přístupné pro trávicí enzymy. Koala má velmi dlouhé i slepé střevo (2 m), ve kterém žijí symbiotické mikroorganismy a probíhá v něm kvašení.

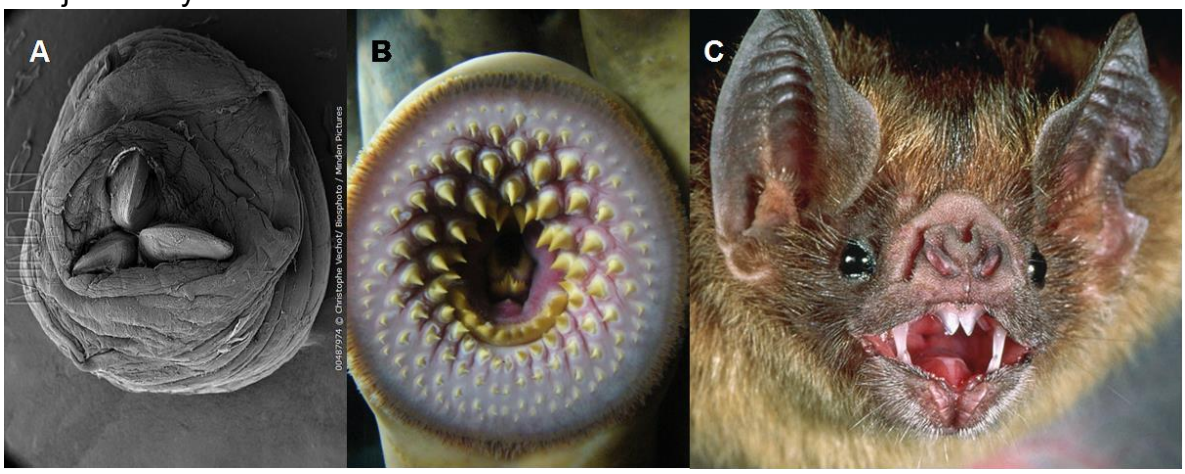
5.4 ZVLÁŠTNOSTI V PŘIJÍMÁNÍ POTRAVY

5.4.1 Různá přizpůsobení (adaptace) živočichů, kteří se živí krví a dalšími tělními tekutinami:

Živočichové, kteří se živí krví a dalšími tělními tekutinami jiných živočichů (a přitom se nejedná o endoparazity), musí při získávání této potravy překonat řadu obtíží. Musí se udržet na povrchu svého hostitele. K tomu jim slouží různé příchytné orgány. Mohou to být ***přísavky*** (motolice, pijavky, mihule), ***klepítka*** (klíště) nebo ***drápky*** (komáři, upíři).

Dále se potřebují k tělní tekutině dostat. Buď do hostitele zabodnou ústní ústrojí (klíšťata, dravé ploštice, komáři), nebo naruší povrch jeho těla a živí se volně vytékající tekutinou. Pijavky k tomu používají jemné obloukovité destičky, mihule mají velké množství rohovitých zubů a upíři mají samozřejmě zuby (obr 5.10).

Živočichové, kteří se živí krví, pobývají často na svém hostiteli delší dobu. Musí si zajistit, aby se krev nesrážela a aby si jich napadený živočich pokud možno nevšiml. Do rány proto vypouštějí nejen ***látky zabraňující srážení krve***, ale také ***anestetika***, což jsou látky tlumící bolest.



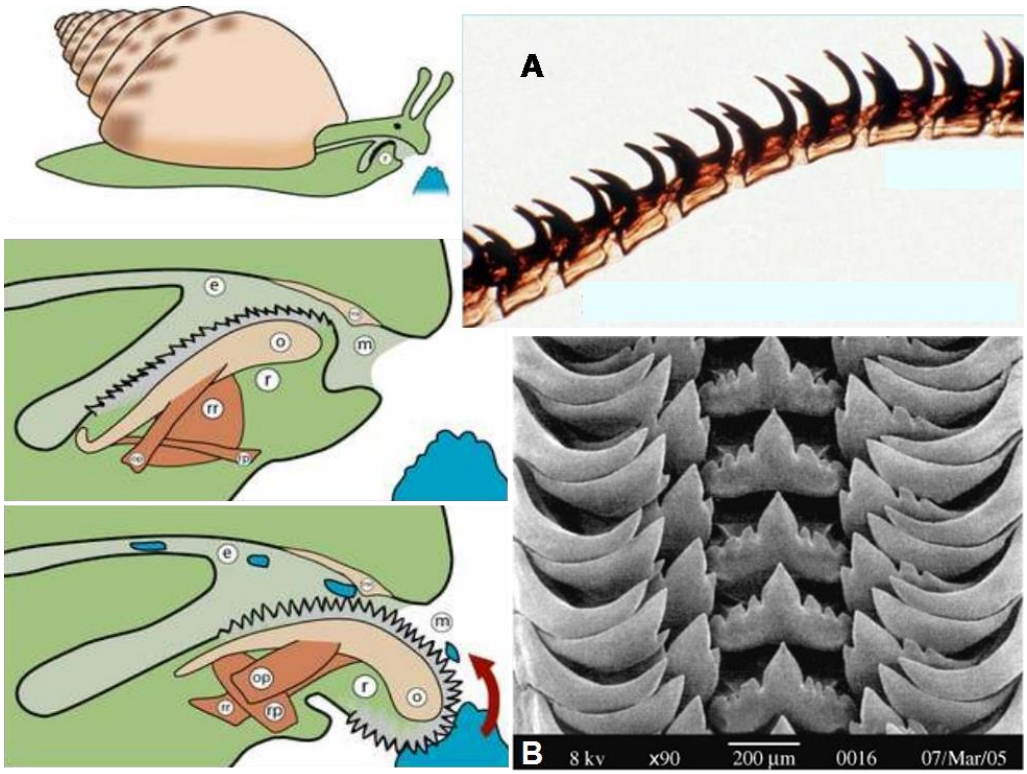
5.10 Aby se parazité dostali ke krvi hostitele, musí nejprve narušit povrch jeho těla. Pijavky k tomu používají tři ozubené chitinové destičky postavené do tvaru Y (A – pijavka lékařská), mihule mají ústní otvor obklopen děsivě vyhlížející soustavou rohovitých zubů (B – mihule mořská, průměr ústního terče cca 5 cm) a upíři používají k prokousnutí kůže řezáky (C – upír obecný).

5.4.2 Mimotělní trávení

Kromě nitrobuněčného a mimobuněčného trávení jsou někteří živočichové schopni využívat ***trávení mimotělní***, kdy živočich dopraví do těla nebo na tělo kořisti trávicí enzymy. Pavouci klepítky, dravé ploštice bodavě sacím ústním ústrojím vstříknou do těla kořisti trávicí enzymy, počkají, až se vnitřní orgány rozloží a pak vzniklou tekutou potravu vysají. Některé hvězdice (ostnokožci) jsou schopné vychlípit žaludek na kořist (například na tělo mlže po rozevření lastur nebo na korály), vypustí trávicí enzymy a pak nasají rozložené tkáně. Tento způsob přijímání potravy je energeticky velice výhodný. Tělo přijímá většinou jen využitelné látky a nezatěžuje se nestravitelným obalem (chitinová kutikula hmyzu, vápenaté schránky korálů a mlžů).

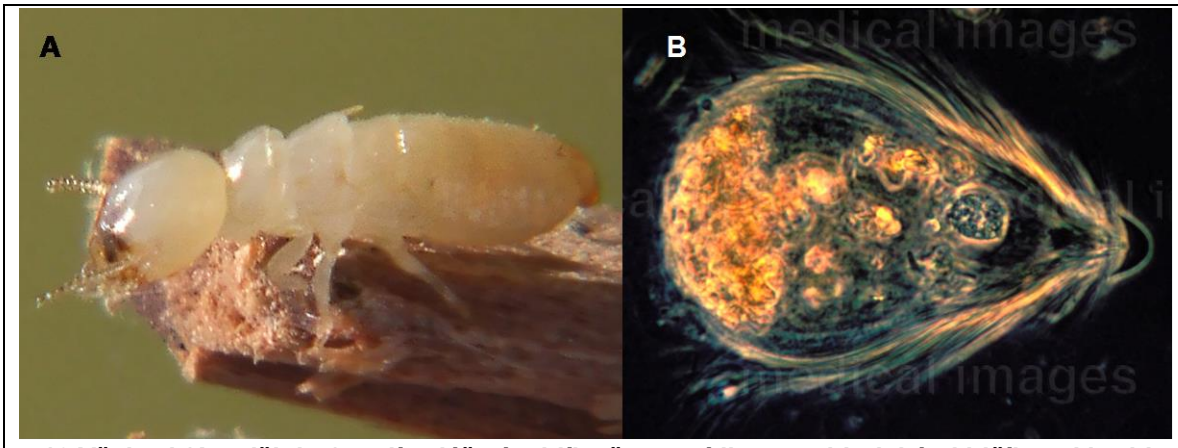
5.4.3 Schopnost trávit celulózu

Někteří býložraví živočichové vytvářejí enzym ***celulázu***. Jsou tedy schopni rozkládat celulózu, což je látka obsažená v buněčné stěně rostlin. Jsou to někteří měkkýši, například hlemýžď, který rostlinnou potravu nejprve rozmělní jazykovou páskou – ***radulou*** (obr 5.11), aby se mohly enzymy dostat k obsahu buněk, a navíc rozloží celulózu buněčných stěn na rozpustné stravitelné cukry. Celulázu vylučují střevními buňkami i larvy hmyzu, které se živí dřevem (tesaříci, kůrovci, červotoči).



5.11 Radula plžů vypadá a funguje jako hrubý pilník, který neustále dorůstá. Na obrázcích vlevo vidíš, jak jí plži potravu „strouhají“. Radula přílipky při pohledu z boku (A, zvětšení 20x), Radula ampulárky (*Pomacea*) v detailu ze skenovacího elektronového mikroskopu (B).

Jiní býložraví živočichové mají v trávicí soustavě ***symbiotické prokaryotické organismy*** nebo ***prvoky***, jak bylo uvedeno u přežvýkavců. Do této skupiny patří například i všekazi (termiti – obr 5.12), kteří mají v trávicí soustavě prvoky s mnoha bičíky – ***brvitky***. Brvitky pak žijí v symbióze s bakteriemi, které tvoří enzym celulázu.



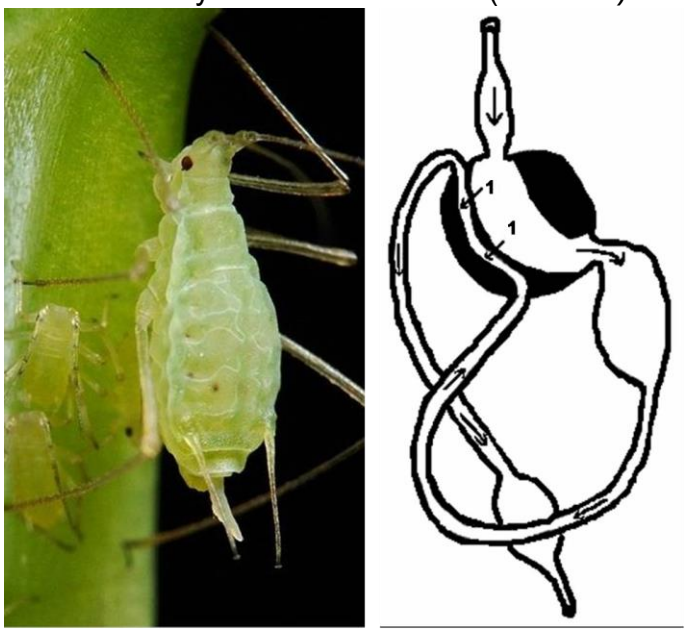
5.12 Všekazi (A – dělnice) mají zvláštní oddíl střeva osídlen symbiotickými bičíkovci brvitkami (B – brvitka *Trichonympha*). Bakterie na povrchu brvitek produkují celulázu, která štěpí celulózu v potravě.

5.5 LZE PŘIJÍMAT POTRAVU Z ŘITNÍHO OTVORU?

Možná se ti to nebude úplně líbit, ale následující příklady tě přesvědčí o tom, že ano.

5.5.1 Co je to medovice?

Medovici vylučují z řitního otvoru mšice. Mšice se živí šťávou z rostlinných pletiv, která obsahuje značné množství cukrů, ale málo bílkovin. Musí proto této potravy konzumovat velké množství a přebytečné vody a cukrů se zbavit. K tomu jim slouží zvláštní uspořádání trávicí soustavy – „zkratka“ mezi přední a zadní částí střeva. Zatímco bílkovinná část potravy prochází celou trávicí soustavou, roztoky jednoduchých cukrů pomocí této zkratky „přeskočí“ rovnou na konec a jsou v podobě medovice vyloučeny z těla. Čerstvě vyloučená medovice obsahuje asi 80 % vody, jednoduché cukry, menší množství složitějších cukrů, zbytky bílkovin a aminokyselin, minerální látky a rostlinná barviva (obr 5.13).



obr 5.13 Mšice a nákres její trávicí soustavy. Šipkami je znázorněna cesta potravy a „zkratka“ (1) pro přebytečné cukry.

Symbiotický vztah mezi mšicemi a mravenci je známý, pěkně je popsán třeba ve Ferdovi Mravenci. **Mravenci** vyhledávají **mšice** pro jejich sladké výkaly a mšice využívají ochranu, kterou jim mravenci poskytují. Méně už je známá skutečnost, že medovici sbírají velice intenzivně i včely a že je hlavní složkou tzv. medovicového neboli lesního medu.

5.5.2 Jak krmí koala mládě?

Koala je ***vačnatec***, i když se mu pro jeho roztomilost říká medvídek koala. Živí se jen jedním druhem potravy, listím blahovičníků. Mládě se jako u všech vačnatců narodí velice nedokonale vyvinuté a vývoj dokončuje ve vaku matky, kde se drží bradavky a saje mléko. Samice má vak otevřený směrem k řitnímu otvoru. Tato zvláštnost má zajímavé vysvětlení: Když mláděti koaly už nestačí mateřské mléko, přestane samice v určité části dne vstřebávat přijatou potravu a vylučuje řitním otvorem řídkou natrávenou kaši z listů blahovičníků, kterou mládě olizuje. Díky tomu mládě získá z trávicí soustavy matky i mikroorganismy, které mu budou pomáhat v trávení celulózy.

5.5.3 Živí se nějaký živočich pravidelně svým trusem?

Vzhledem k předchozím příkladům už asi očekáváš kladnou odpověď. Ano, a je to velice známý živočich, **králík** nebo **zajíc**. Oba jsou býložravci, přijímají tedy potravu velice obtížně využitelnou. A poradili si s tím jinak než třeba přežvýkavci. Mají velké slepé střevo, kde žijí mikroorganismy, které jsou schopné celulózu rozložit. Přitom vzniká kašovitá trávenina, která většinou v noci vychází řitním otvorem a králík ji sežere. A teprve pak dojde k dokonalému trávení a vstřebání živin a vzniká tvrdý trus, známé bobky. Tento jev, kdy živočich žere a tráví vlastní trus, se odborně nazývá ***cekotrofie***.

6 VYLUČOVÁNÍ

Co je to vylučování?

Obecně vylučování znamená odstraňování látek z těla. Těchto látek je velké množství a jsou odstraňovány různým způsobem: ***vylučovacími orgány***, trávicí soustavou, potními žlázami, slznými žlázami, dýchací soustavou a dalšími orgány. V této kapitole se budeme zabývat hlavně vylučováním (***exkrecí***) látek, které vznikly jako zplodiny látkové přeměny živin a nejsou dále pro tělo potřeba, ba dokonce by mohly být škodlivé.

V živinách, které živočichové přijímají, jsou hlavními prvky uhlík, vodík, kyslík a dusík. Z uhlíku vzniká při reakcích oxid uhličitý, který živočichové vydechují, z vodíku vzniká voda, která je základní složkou živých těl. Dusík je součástí bílkovin, které jsou rozkládány na jednodušší látky, ***aminokyseliny***. Ty jsou většinou dále využity ke stavbě bílkovin těla. Při konečném odbourávání aminokyselin vzniká produkt, který většinou není v plynné podobě a nelze jej proto snadno odstranit z těla. Hlavní funkcí vylučovacích orgánů se tak stává odstraňování ***dusíkatých zplodin*** ve formě jednoduchých, ve vodě rozpustných látek.

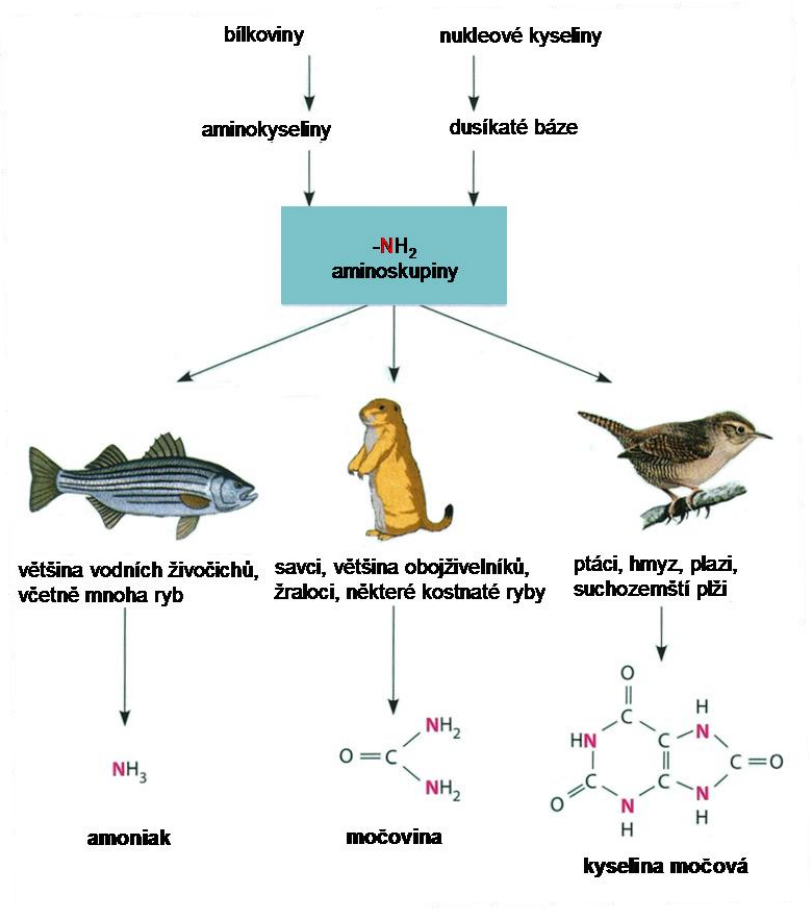
6.1 VYLUČOVANÉ DUSÍKATÉ LÁTKY (obr 6.1)

Základní zplodinou při odbourávání aminokyselin je vždy ***amoniak*** (čpavek), NH_3. Amoniak je však pro živočichy jedovatý, v těle ho mohou mít jen ve velmi nízkých koncentracích.

Vodní živočichové se amoniaku zbavují snadno, nechávají jej difúzí odcházet do okolní vody.

Suchozemští živočichové, například savci, přeměňují amoniak na ***močovinu***, kterou mohou v tělních tekutinách hromadit ve vyšší koncentraci, protože jim neškodí tolik jako amoniak. Mohou ji snadno vylučovat při použití malého množství vody.

Suchozemští živočichové, kteří kladou **vejce**, například plazi, ptáci, hmyz a suchozemští plži, musí během vývoje zárodku ve vajíčku hromadit dusíkaté zplodiny v něm, nemohou je nikam vyloučit. Vytvářejí proto z amoniaku ***kyselinu močovou***, která je ve vodě velmi málo rozpustná. Ve větší koncentraci se z roztoku vysráží v krystalické podobě a může být takto ve vajíčku bez problémů uložena. Tito živočichové mají i v dospělosti ***kašovitou moč*** plnou krystalků kyseliny močové. Je to dobře patrné u ptáků, kteří z ***kloaky*** uvolňují současně trus a bílou kašovitou moč.



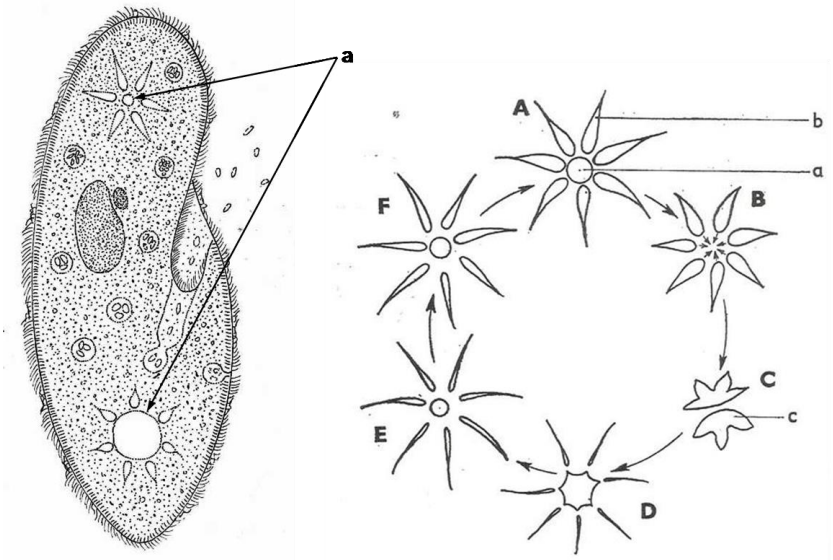
6.1 Živočichové vylučují dusíkaté odpadní látky v jedné ze tří forem.

Vylučování a příjem vody
Z předchozího textu vyplývá, že typ vylučovaných dusíkatých odpadů závisí především na evoluční historii živočicha a dostupnosti vody. K vylučování amoniaku je potřeba přijímat velké množství vody, mohou si je tedy dovolit jen vodní živočichové. Většina suchozemských a mnoho mořských živočichů však musí s vodou velmi šetřit. Vylučují proto buď močovinu, nebo kyselinu močovou. Ty lze vyloučit při použití jen velmi malého množství vody. Platí za to však vysokou daň v podobě energie nutné pro přeměnu amoniaku na tyto produkty. Například obojživelníci proto ve stadiu vodního pulce vylučují amoniak (šetří energii), naopak suchozemští dospělci přechází na vylučování močoviny (šetří výdej vody).

6.2 ZPŮSOBY VYLUČOVÁNÍ LÁTEK

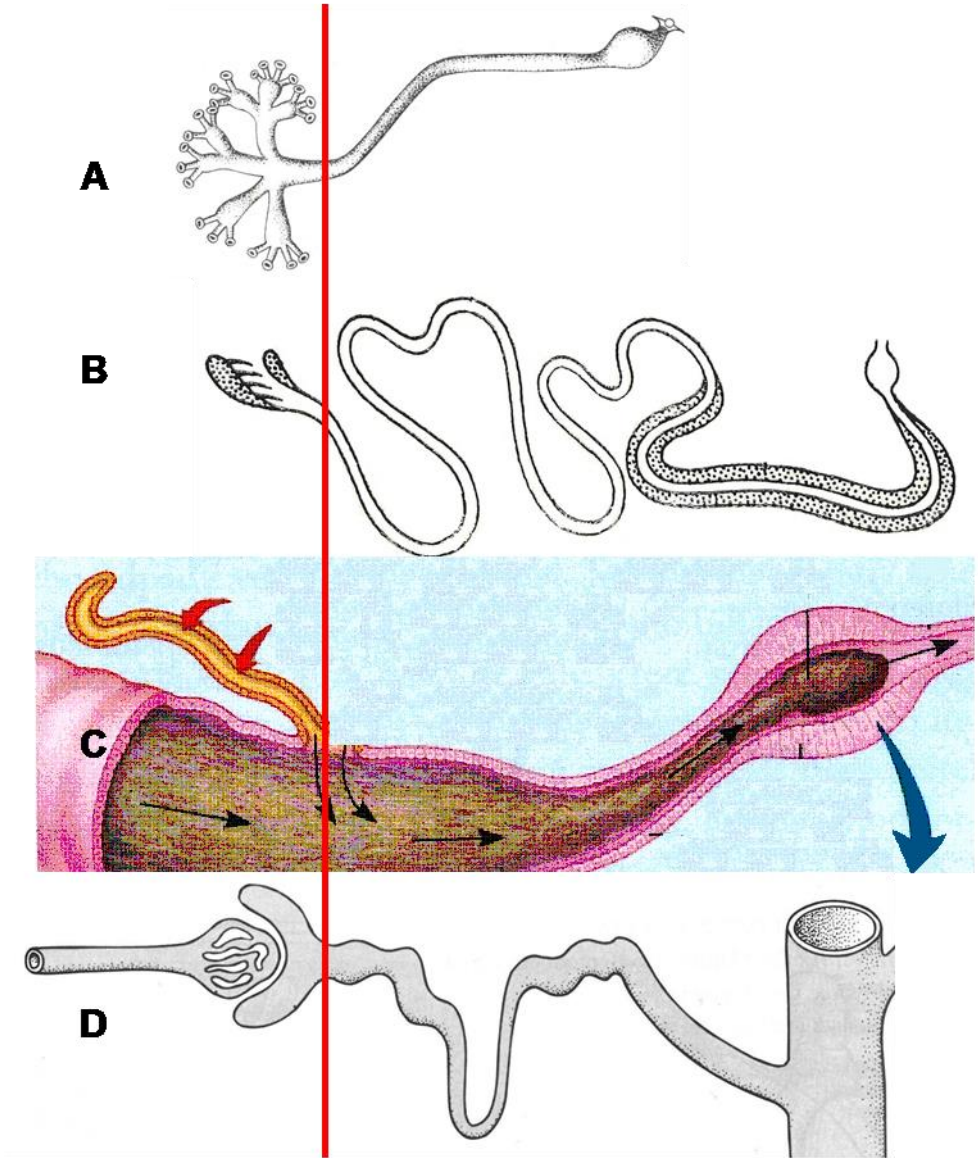
Princip vylučování je založen na difúzi látek, kdy částice přecházejí z koncentrovanějšího prostředí do méně koncentrovaného (viz strana 7).

U některých **prvoků, houbovců a žahavců** dochází k ***difúzi*** látek celým povrchem těla.
Sladkovodní prvoci mají stažitelné neboli ***pulzující vakuoly***. Jimi odstraňují z těla odpadní látky a především přebytečnou vodu, která do jejich těla proniká na základě osmotických jevů. Nezapomněl(a) jsi, co je to ***osmóza***? Raději rychle zopakujeme: Molekuly vody přecházejí přes polopropustnou membránu z méně koncentrovaného prostředí do koncentrovanějšího, zřeďují ho a tím se postupně v obou prostředích koncentrace vyrovnává. A prostředí, ve kterém žijí sladkovodní prvoci, je méně koncentrované než prostředí uvnitř jejich buněk, proto do nich voda stále vstupuje a prvok se jí musí zbavovat (obr 6.2).



6.2 Sladkovodní nálevníci jako trepka žijí v hypotonickém prostředí (viz obr 1.3). Musí proto neustále pumpovat z těla vodu, která do nich proniká na základě osmózy. Slouží jim k tomu pulzující vakuola (**a**), do které je voda aktivně transportována z paprsčitých váčků (**b**). Po naplnění vakuola splyne s cytoplazmatickou membránou, a voda je tak vyčerpána ven. Cyklus plnění a vyprázdnění vakuoly vidíš v pravé části obrázku. Spolu s vodou se takto trepka zbavuje i části odpadních látek.

Mnohobuněčné organismy se složitější stavbou těla odstraňují odpadní látky různými typy ***vylučovacích orgánů***. Základní princip je ale u všech těchto orgánů stejný a stavba tudíž v hrubých rysech podobná (obr 6.3).



6.3 Stavba základních jednotek různých typů vylučovacích orgánů. Je jasně patrné, že všechny vypadají podobně a fungují na stejném principu. Mají část, kde dochází k filtraci (nalevo od červené čáry), a kanálky, které odvádějí moč a v nichž dochází ke zpětnému vstřebávání látek z filtrátu (napravo od červené čáry). Protonefridie (A), metanefridie (B), Malpighiho trubice (C) a nefron ledviny (D). Detaily k jednotlivým typům jsou na dalších obrázcích.

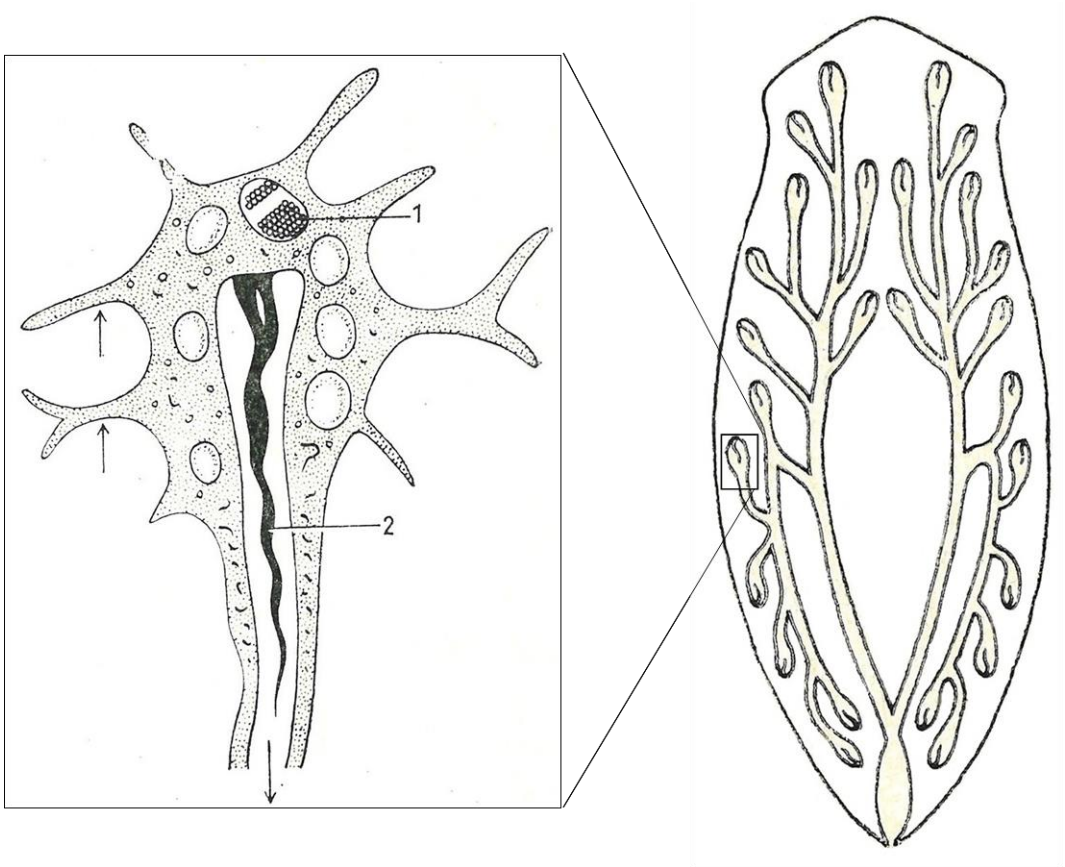
V principu proces vylučování v těchto orgánech připomíná úklid v garáži nebo skladu, kde je plno harampádí. Napřed všechny věci bez rozdílu vyneseme ven. Věci, které si chceme nechat, pak nanosíme zpátky a všechno ostatní zahodíme. A stejně to probíhá i ve vylučovacích orgánech.

Vylučovaných látek je totiž celá řada. Není to jen močovina nebo kyselina močová, ale i různé meziprodukty látkové přeměny, jedy, látky jen částečně rozštěpené či látky, které má tělo v nadbytku. Nelze tudíž mít pro každou vylučovanou látku

speciálního přenašeče – transportní bílkovinu, která látku převede z těla (tělní tekutiny) do ***moči***. I u složitějších vylučovacích orgánů je tedy prvním krokem ***filtrace*** látek. Při ní se do moči dostane úplně všechno – odpadní produkty metabolismu, jedy, minerály, cukry, aminokyseliny a samozřejmě voda. Tato fáze odpovídá tomu, že nejprve vše vyneseme z garáže.

Dalšími kroky při vylučování je ***odvod*** moči a ***zpětné vstřebání*** potřebných látek. K odvodu u všech vylučovacích orgánů slouží různě dlouhé a složité ***kanálky***. V nich také většinou dochází ke vstřebávání. Při vstřebávání látek se již uplatňují specializované ***transportní bílkoviny***, které vracejí vybrané látky z moči zpět do těla. Typicky se jedná o ionty sodíku a draslíku, glukózu, aminokyseliny a samozřejmě o vodu. Tato fáze odpovídá tomu, když potřebné věci uklízíme zpět do garáže.

Tento transport již není tedy samovolný, ale je na něj potřeba ***energie***. Na základě osmotických jevů provází tento transport také vstřebávání velkého množství vody. Z toho, co jsme si řekli, je zjevné, že vylučovací orgány se kromě vlastního vylučování významně podílejí také na udržování ***chemické rovnováhy*** v těle a hospodaření s vodou.

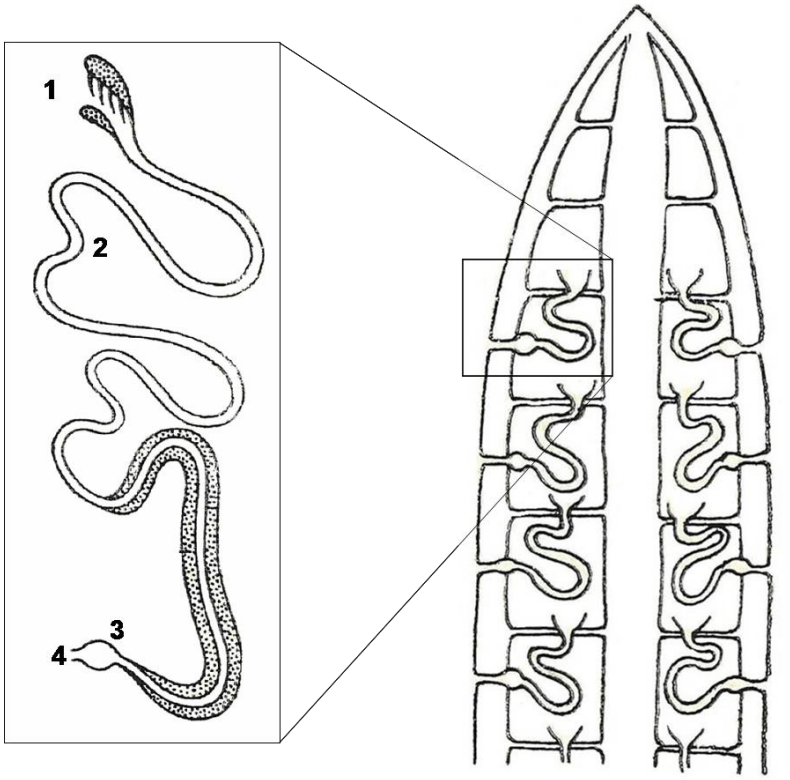


6.4 Plaménková buňka – na detailu vlevo – je místem filtrace látek. 1 – jádro buňky, 2 – plamének z vlnících se bičíků. Odvodné kanálky se postupně spojují a ústí ven z těla. Vylučovací orgán složený z plaménkových buněk a kanálků označujeme jako protonefridii.

6.3 TYPY VYLUČOVACÍCH ORGÁNŮ U RŮZNÝCH SKUPIN ŽIVOČICHŮ

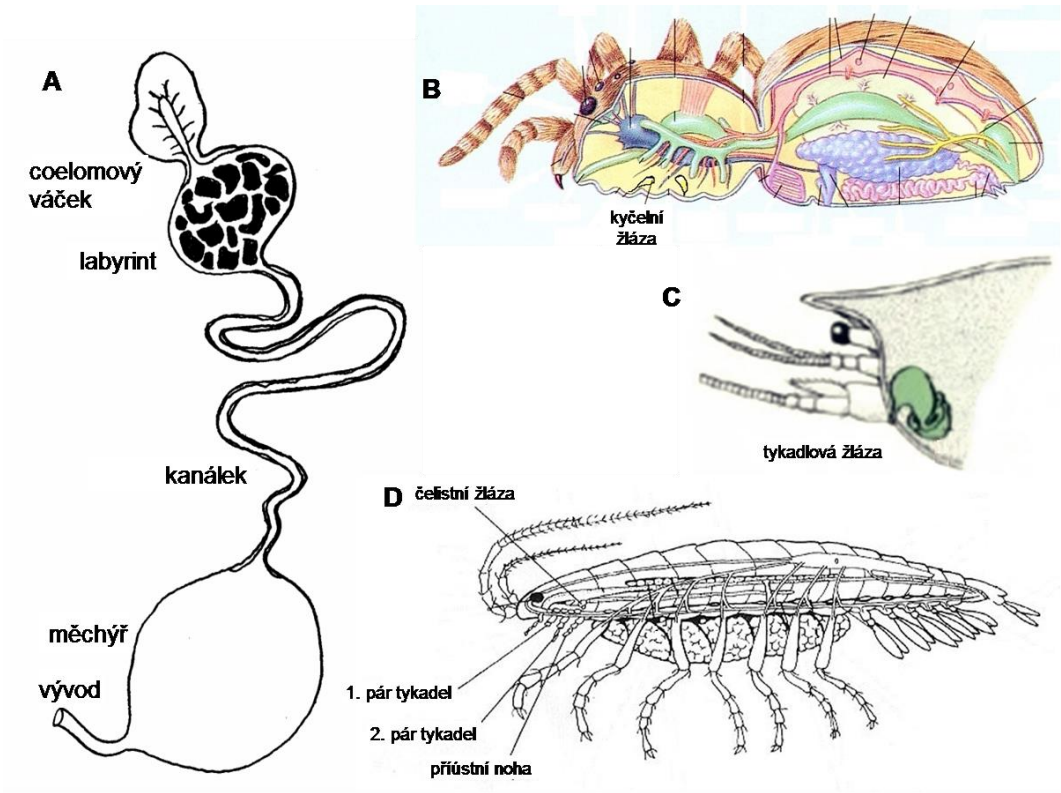
Základem **protonefridií** jsou ***plaménkové buňky***. Trs bičíků v dutině plaménkové buňky svým pohybem vytváří filtrační proud, který nasává látky a vodu z těla do plaménkové buňky. Z každé plaménkové buňky vychází ***kanálek***. Kanálky se postupně spojují, až vyústí na povrch těla. Zároveň v nich dochází ke zpětnému vstřebávání látek. (obr 6.4) Protonefridie se vyskytují především u ploštěnců. Jednobuněčné vylučovací trubice na principu protonefridií mají také hlístice, například škrkavky. Trubice jsou uloženy na bocích, na přídi těla se spojují a vyúsťují jedním vylučovacím otvorem.

Základem **metanefridií** kroužkovců a měkkýšů jsou ***obrvené nálevky***, do kterých se sbírají odpadní látky z těla. U kroužkovců je v každém článku těla pár nálevek. Ty přecházejí v ***kanálky***, které v následujícím článku ústí na povrch těla (obr 6.5).
U měkkýšů odcházejí odpadní látky vývodem vedle řitního otvoru do plášťové dutiny.

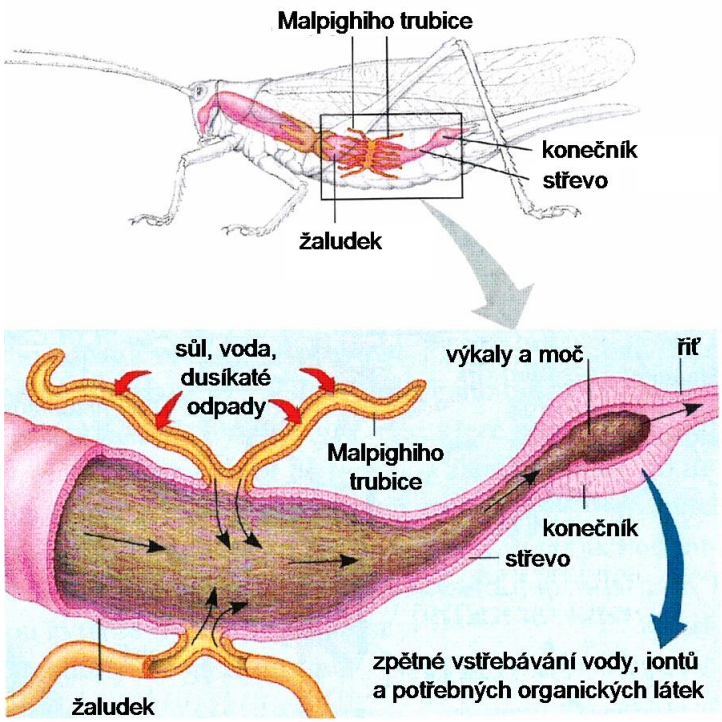


6.5 Metanefridie – na detailu vlevo – se skládá z nálevky (1), odvodného kanálku (2), sběrného měchýře (3) a vývodu (4). Je typická pro živočichy s článkovaným tělem, v každém článku se vyskytuje jeden pár metanefridií. Nedochází zde k jejich vzájemnému propojení.

Vylučovací orgány typu metanefridií se vyskytují i u členovců. Z tradičních důvodů se označují jako žlázy, spolu s označením jejich umístění. Například u štírů, pavouků nebo roztočů jsou to ***kyčelní žlázy***, které jsou umístěné na začátku končetin.
U korýšů se jedná o ***čelistní žlázy***, které jsou na začátku druhého páru čelistí, nebo o ***tykadlové žlázy*** na začátku druhého páru tykadel. Čelistní žlázy jsou vyvinuty také u hmyzu (obr 6.6).



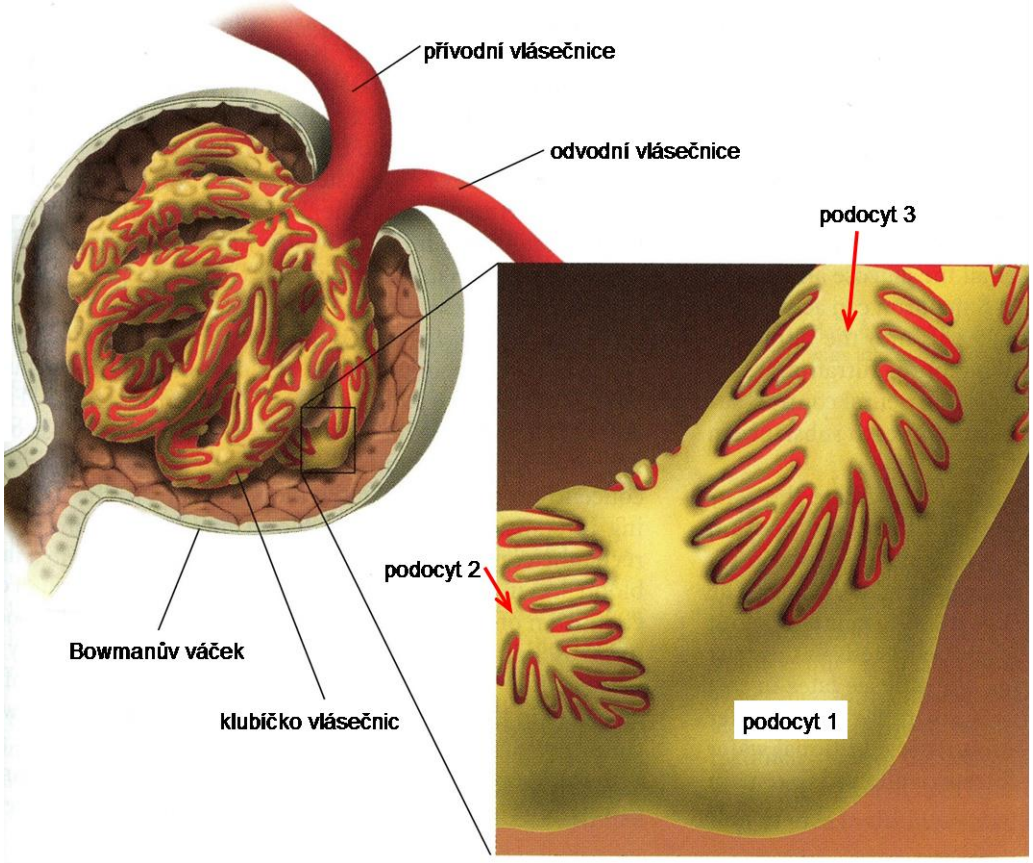
6.6 U členovců zůstávají zachovány 1–2 páry orgánů odvozených od metanefridií. Základní stavba (A) se nemění – v coelomovém váčku dochází k filtraci, labyrint a kanálek slouží ke zpětnému vstřebávání látek. Výsledná moč je shromažďována v měchýři a vývodem odchází z těla. U klepítkatců (B) jsou tyto žlázy umístěny na začátku končetin (5. článek těla), u některých korýšů (C) na začátku tykadel, u některých korýšů a u hmyzu (D) u čelistí. U klepítkatců a hmyzu se na vylučování podílí také Malpighiho trubice (viz obr 6.7).



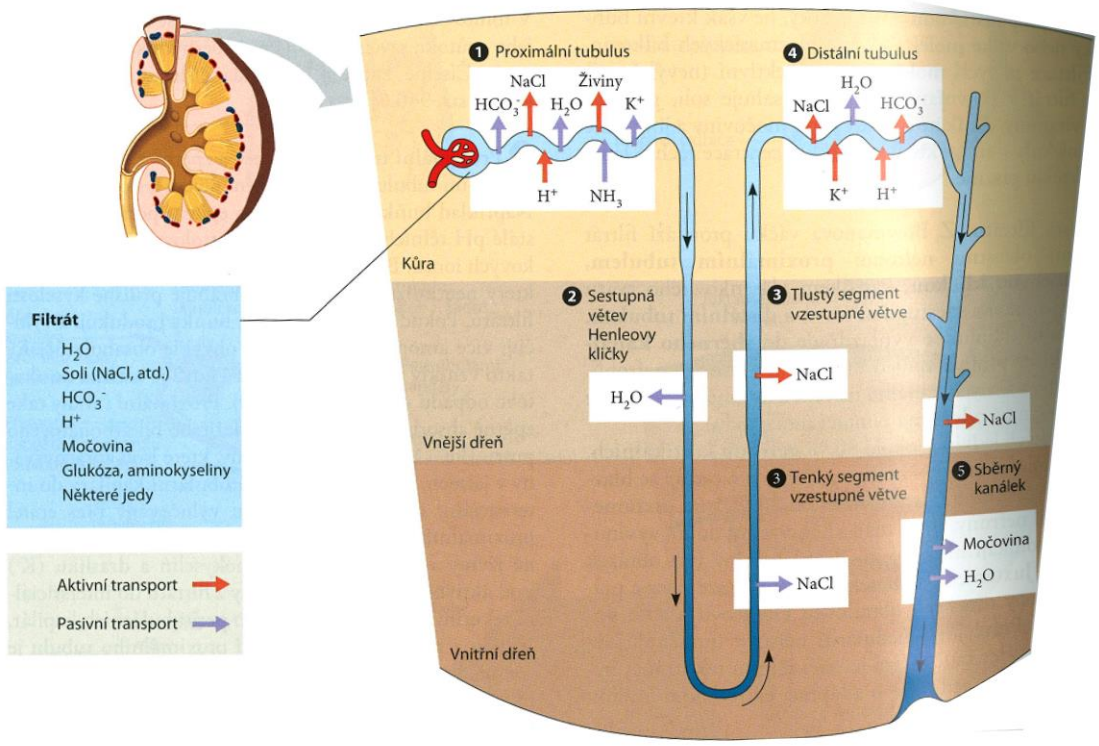
6.7 Malpighiho trubice jsou vychlípené ze střeva a jsou do nich filtrovány odpadní látky. Ke zpětnému vstřebávání dochází až v konečníku.

Malpighiho trubice (někdy se můžeš setkat s názvem malpigické trubice) jsou tenké trubičky, které vznikly jako ***vychlípeniny střeva***, kam odvádějí odpadní látky z tělní dutiny. Jsou vyvinuty zejména u hmyzu a některých dalších suchozemských členovců (například u štírů a stonožek – obr 6.7).

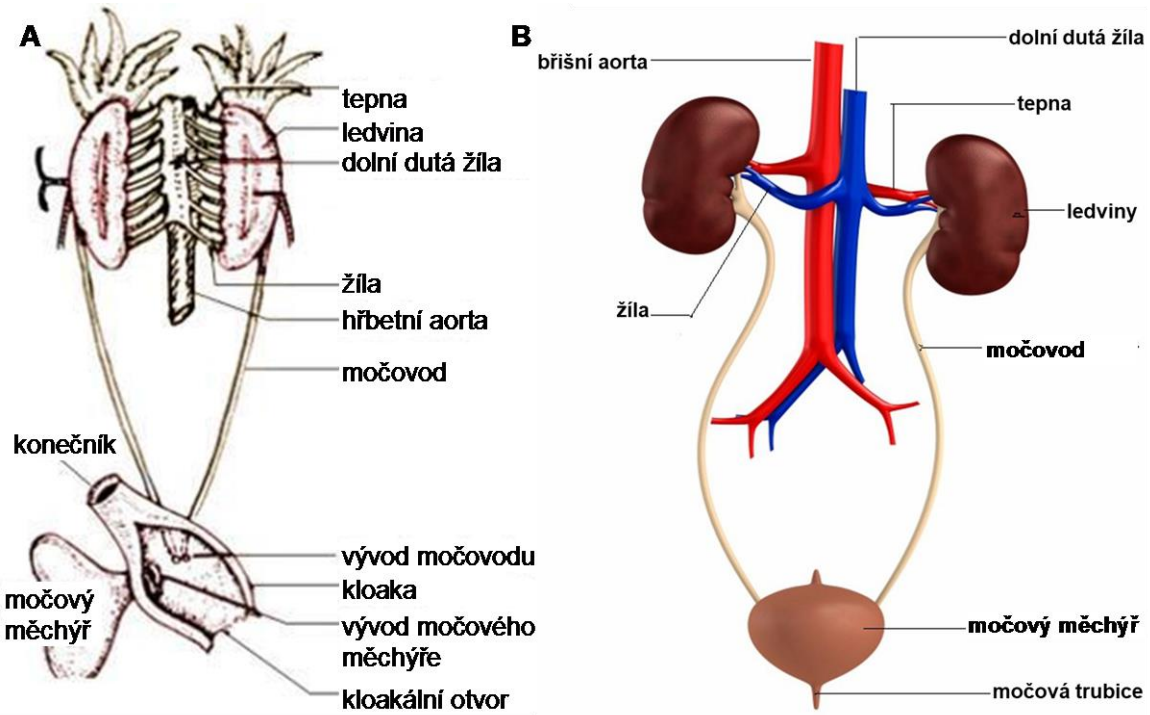
Ledviny jsou vylučovacími orgány u obratlovců, u jednotlivých skupin můžeme rozlišit různé typy ledvin. Základní jednotkou je vždy ***nefron*** – ***klubíčko vlásečnic*** uzavřené v ***Bowmanově váčku*** (obr 6.8). Na ten je napojený odvodný ***kanálek***. V Bowmanově váčku se z krve filtrují různé látky a voda, které jsou odváděny kanálkem. V kanálcích se zpětně vstřebává voda a pro tělo důležité látky (obr 6.9). Vzniká moč, která se sbírá v odvodném místě ledviny a je dále odváděna ***močovody***. U obratlovců, kteří mají kloaku, ústí močovody přímo do ní. U většiny ryb a u většiny savců ústí močovody do močového měchýře a odtud je moč odváděna močovou trubicí ven z těla (obr 6.10).



6.8 V ledvinách obratlovců je místem filtrace látek z krve do moči klubíčko vlásečnic v Bowmanově váčku. Stěny vlásečnic jsou tvořeny buňkami (podocyty), které do sebe vzájemně zapadají prstovitými výběžky. Právě na tomto rozhraní (na obrázku červeně) jsou látky filtrovány jako přes cedník.



6.9 Zpětné vstřebávání látek v ledvinách. Tento obrázek je jen pro představu (ne pro učení). Znázorňuje, jak v kanálcích ledvin dochází ke zpětnému vstřebávání látek, především iontů a vody. Uplatňuje se zde jak aktivní, tak pasivní transport (viz šipky).



6.10 Ledviny a krevní oběh. V ledvinách jsou látky filtrovány z krve, proto jsou ledviny napojeny na velké cévy, aby byl zajištěn dostatečný průtok krve. Základní stavba vylučovací soustavy zůstává od obojživelníků již zachována, liší se pouze v detailech konečného vyústění z těla. U obojživelníků (A), plazů a ptáků ústí močovody do kloaky, u většiny savců (B) je vytvořen samostatný vývod z těla.

6.4 ZVLÁŠTNOSTI VE VYLUČOVÁNÍ LÁTEK

6.4.1 Kříž křižáků

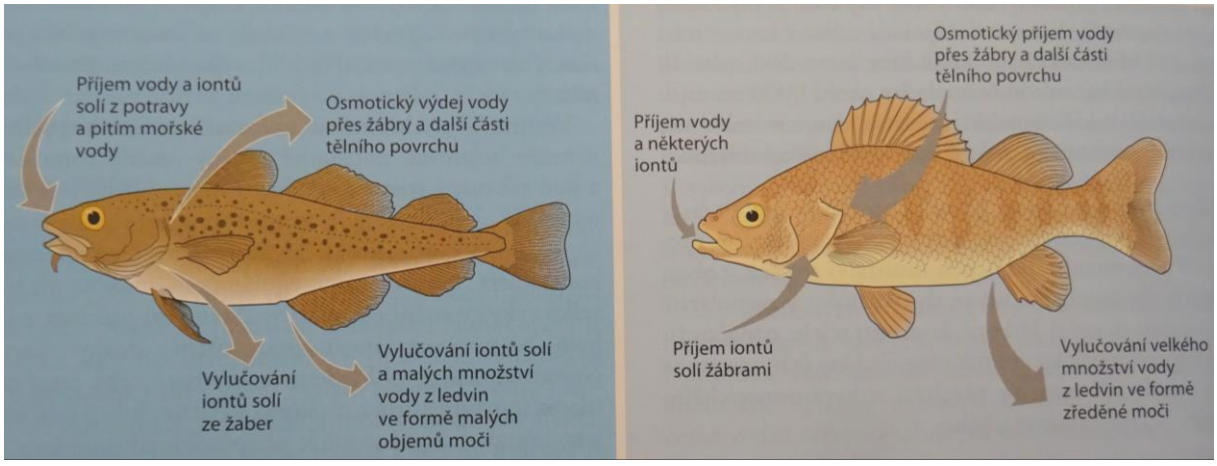
Hlavním odpadním produktem odbourávání dusíkatých látek pavouků je látka zvaná ***guanin***. U křižáků se však nevylučuje všechen ven z těla, část guaninu se v podobě krystalů ukládá pod povrchem hřbetní strany zadečku. Guanin zcela odráží bílé světlo, proto má bílé zbarvení. Na zadečku křižáků tak vznikají charakteristické kříže nebo skvrny, které slouží jako varovné zbarvení pro predátory. Při svlékání je pak guanin odstraněn spolu se starou pokožkou, a tak se ho křižák definitivně zbaví.

6.4.2 Solné žlázy

U mořských ptáků a plazů se do těla dostává spolu s potravou i mořská voda a tudíž značné množství soli. Bylo zjištěno, že jejich ledviny nejsou dostatečně účinné, aby tělo této nadbytečné soli zbavily. Například racek by musel denně vyloučit dva litry moči, aby to zvládl. Tito mořští ptáci a plazi mají proto speciální žlázy, schopné účinně vylučovat tělní sůl. U ptáků slaný sekret většinou vytéká nozdrami a odkapává z konce zobáku. Mořské želvy mají tyto žlázy v okolí očí, vypadá to tedy jako by plakaly. Zcela nezávisle a velice podobně se ***solné žlázy*** vyvinuly v nozdrách u galapážských leguánů mořských, kteří se za potravou – mořskými řasami – potápějí do moře.

6.4.3 Jak jsou sladkovodní a mořské ryby přizpůsobeny rozdílnému prostředí?

Sladkovodní ryby žijí v ***hypotonickém prostředí*** (obr 1.3), tedy v prostředí o nižší koncentraci látek, než mají jejich tělní tekutiny. Proto do jejich těla proniká na základě osmotických jevů velké množství vody žábrami i povrchem těla. Přebytečnou vodu vylučují ledvinami v podobě velkého množství velmi řídké moči. (obr 6.11)
Mořské ryby žijí naopak v ***hypertonickém prostředí***, tedy v prostředí o vyšší koncentraci látek, než mají jejich tělní tekutiny. Voda proto z jejich těla odchází na základě osmózy. Ztráty vody doplňují pitím, přebytečné soli pak vylučují silně koncentrovanou močí a žábrami (obr 6.11).



6.11 Ryby v moři (treska, vlevo) **a ve sladké vodě** (okoun, vpravo) řeší z hlediska vylučování opačný problém. Vzhledem k osmotickým dějům má v moři voda tendenci tělo opouštět, naopak ve sladké vodě do těla pronikat. V obou prostředích musí ryby tento trend vyrovnávat, aby si udržely vnitřní chemickou rovnováhu. Objem vstupu i výstupu látek je znázorněn velikostí šipek.

6.4.4 Jak se mořské vodě přizpůsobily paryby, například žraloci?

Paryby mají jiný způsob, jak se vyrovnat s životem ve slané vodě. Není u nich tak velký rozdíl mezi koncentrací mořské vody a jejich tělních tekutin jako u ryb. V jejich krvi se totiž nachází zhruba 0,8 % močoviny, která není odstraňována při vylučování. Jejich tělní tekutiny tak mají podobnou koncentraci látek jako okolní mořská voda (***izotonické prostředí***), voda tak nemá snahu odcházet z těla.

6.4.5 Jak se ledviny savců přizpůsobily prostředí?

Součástí ***nefronu*** ledvin u savců je velmi úzký kanálek zvaný ***Henleova klička***. V ní dochází zejména ke vstřebávání vody a moč se tím silně zahušťuje. Podle prostředí, v němž savci žijí, dochází u různých druhů ke změnám v délce Henleovy kličky. Někteří pouštní savci (například tarbíkomyš – obr 6.12) ji mají extrémně dlouhou, jejich moč je tedy silně koncentrovaná s minimem vody. Naopak třeba bobři, kteří rozhodně netrpí nedostatkem sladké vody, mají Henleovu kličku velmi krátkou.

6.12 Tarbíkomyš

Milý / milá soutěžící!
Pokud čteš tyto řádky, tak ses prokousal(a) celým studijním textem, a to nás velice těší. Samozřejmě se mohlo stát, že ti některé složitější části textu nebyly zcela jasné. Věříme, že když požádáš o pomoc učitele přírodopisu, najde si čas a pomůže ti s pochopením problémových partií. Ale i když se to nestane, nic se neděje.
V samotné soutěži určitě najdeš mnoho úkolů, které ti budou jasné a ve kterých uspěješ.

Končíme podobně, jak jsme uvedli v úvodu: Přejeme ti, aby tě potěšilo, že ses dověděl(a) hodně zajímavých věcí, aby tě vlastní soutěž bavila a abys uspěl(a) nejen ve školním kole, ale případně i v kolech dalších.

S pozdravem

autoři

7 LITERATURA A ODKAZY

Anděra M., Červený J.: Svět zvířat III, Savci (3). Albatros Praha 2000, 151 pp.
Buchar J.:Stručný přehled soustavy bezobratlých (obrazová část). PERES Praha 1995, 192 pp.
Campbell N.A., Reece J.B.: Biologie. Computer Press Brno 2008, 1332 pp.
Gaisler J., Zima J.: Zoologie obratlovců. Academia Praha 2007, 692 pp.
Guttman B.S.: Biology. WCB/McGraw-Hill Boston Massachusettts 1999, 1177 pp.
Hanzák J., Veselovský Z.: Světem zvířat, I. díl - Savci. Albatros Praha 1975, 558 pp.
Kardong K.V.: Vertebrates: Comparative anatomy, function, evolution, 2nd edition. WCB/McGraw-Hill Boston Massachusettts 1998, 747 pp.
Kubišta V.: Fyziologie živočichů. Státní pedagogické nakladatelství Praha 1978, 142 pp.
Lang J., Pravda O., Doskočil J., Hůrka K.: Zoologie I.díl. Státní pedagogické nakladatelství Praha 1971, 384 pp.
Pfleger V.: Měkkýši. Artia Praha 1988, 191 pp.
Sedlák E.: Zoologie bezobratlých. Masarykova univerzita Brno 2005, 338 pp.
Veselovský Z.: Sloni a jejich příbuzní. Státní zemědělské nakladatelství Praha 1977, 123 pp.

http://araneidae-cz.sweb.cz/opavoucich.html#vyluc
https://cs.wikipedia.org/wiki/Medovice#Tvorba_medovice
https://cs.wikipedia.org/wiki/Paryby#C%C3%A9vn%C3%AD_soustava
https://cs.wikipedia.org/wiki/Ryby
https://cs.wikipedia.org/wiki/Trávení
https://rybicky.net/atlasryb/celed/Callichthyidae
https://is.muni.cz/el/1431/podzim2006/Bi7630/um/9022
http://www.abicko.cz/clanek/casopis-abc/176/placu-placu-sul.html
https://www.ceskaveterina.cz/cekotrofie-cvt-1127-9441.html
http://www.hadiodadoz.estranky.cz/clanky/soustavy.html
https://www.nationalgeographic.com/animals/invertebrates/group/locusts/
http://www.rybarstvi.eu/dok%20rybari/ichtyologie/plynovy%20mechyr.pdf
http://www.zoochleby.cz/rozmnozovani-vacnatcu-a-ptakoritnych-5300/

Zdroje obrázků:

Za doplnění studijního textu kresbami autoři děkují Danielu Jankovičovi, Sáře Melicharové, Elišce Němečkové a Elišce Pituchové, studentům Biskupského Gymnázia Hradec Králové. V případě, že obrázek je převzatý z publikace uvedené v seznamu literatury, je zde pouze zkrácená citace.

1.2 http://www.studiumbiochemie.cz/bunka4.html
1.3 https://eluc.kr-olomoucky.cz/verejne/lekce/11
1.4 http://www.studiumbiochemie.cz/bunka4.html
1.5 http://www.studiumbiochemie.cz/bunka4.html
1.6 https://www.nestacertified.com/oxidative-phosphorylationcellular-aerobic-energy-production-also-known-as-cellular-respiration-aerobic-oxidation-and-oxidative-phosphorylation/

2.3 trpitele.blog.cz/0806/rozdily-mezi-rostlinami-dvoudeloznymi-a-jednodeloznymi
2.4 https://www.opi.zcu.cz/download/drevo.pdf

2.6 http://www.kbg.fpv.ukf.sk/slovnik/show_img.php?ido=160
foto © Ivo Králíček
2.8 http://www.leavingcertbiology.net/chapter-25-nutrition-in-the-flowering-plant.html
2.9 http://www.sci.muni.cz/~anatomy/dermal_tissues/html/eleagnus_3.htm
http://www.sbs.utexas.edu/mauseth/weblab/webchap10epi/10.3-10.htm
2.10 https://www.cact.cz/noviny/2005/03/Lithops_optica.htm
2.11 http://www.botaniliberec.cz/nahosemenne.php
2.12 http://ziva.avcr.cz/2015-1/lakusniky-vykladni-skrin-evoluce-skryta-v-nasich-vodach.html
http://www.kvetenacr.cz/detail.asp?IDdetail=445
2.13 http://www.melesy.cz/jmeli-na-stromech-v-mestske-zeleni-parcich
2.14 http://prestasiherfen.blogspot.com/2015/12/
2.15 http://www.mycorrhiza.de/vorteile.html
2.16 http://docplayer.cz/45486347-Mykoheterotrofie-a-mixotrofie-orchideji.html
foto © Ivo Králíček
2.17 Biologická olympiáda 2008/2009 – zadání školního kola

3.1 http://www.oskole.sk/?id_cat=54&clanok=6281
3.2 http://slideplayer.cz/slide/2886870/

4.1 Kubišta 1978: Fyziologie živočichů
4.2 A: http://www.biology-resources.com/drawing-paramecium.html
B: Lang a kol. 1971: Zoologie
C: Buchar 1995:Stručný přehled soustavy bezobratlých
D: https://alchetron.com/Dugesia#-
4.3 Lang a kol. 1971: Zoologie
4.4 Guttman 1999: Biology
4.5 A: Buchar 1995:Stručný přehled soustavy bezobratlých
B: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/4/4e/TriturusCristatusMiddleSizedLarva.jpg
4.6 A, B: Campbell, Reece 2008: Biologie
C: Gaisler, Zima 2007: Zoologie obratlovců
4.7 A: Campbell, Reece 2008: Biologie
B, C: Kubišta 1978: Fyziologie živočichů
4.8 http://www.biology-resources.com/drawing-fish-tilapia-01.html
4.9 A, B: Buchar 1995:Stručný přehled soustavy bezobratlých
C: Gaisler, Zima 2007: Zoologie obratlovců
4.10 Gaisler, Zima 2007: Zoologie obratlovců
4.11 A: Buchar 1995:Stručný přehled soustavy bezobratlých
B, C: Lang a kol. 1971: Zoologie
4.12 http://www.biology-resources.com/drawing-insect-tracheal.html
http://www.biology-resources.com/drawing-insect-spiracle.html
4.13 graf: Kardong 1998: Vertebrates
fotografie: http://www.virginiaherpetologicalsociety.com/reptiles/turtles/striped-necked-musk-turtle/
4.14 Kardong 1998: Vertebrates
4.15 Kardong 1998: Vertebrates

4.16 https://www.britannica.com/media/full/21445/43164
Kardong 1998: Vertebrates
4.17 foto © Jan Špaček
4.18 Kardong 1998: Vertebrates
4.19 Buchar 1995:Stručný přehled soustavy bezobratlých
4.20 foto © Jiří Hotový
4.21 Buchar J., Kůrka A.: Naši pavouci. Academia Praha 2001, 154 pp.
http://www.hlasek.com/argyroneta_aquatica_hy7180.html
4.22 Buchar 1995:Stručný přehled soustavy bezobratlých
4.23 A: http://flyandlure.org/articles/fly_tying/tying_the_corixa_pattern
B: https://www.researchgate.net/figure/Lateral-view-on-the-water-bug-Notonecta-glauca_fig1_51697474
C: http://www.freenatureimages.eu/animals/Coleoptera,%20Kevers,%20Beetles/Hydrophilus%20piceus,%20Great%20Silver%20Water%20Beetle/index.html#
D: http://www.biopix.com/agabus-unguicularis_photo-67508.aspx
4.24 A: https://alchetron.com/Ranatra#-
B: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/2/24/Water_Scorpion_-_Nepa_cinerea_-_Queens_Wood_-_Hunsdon_-_UK_-_Flickr_-_Bennyboymothman.jpg
4.25 Gaisler, Zima 2007: Zoologie obratlovců
4.26 http://slovinsko.cz/turistika/jeskyne/jeskyne-postojna/olm-macarat-jeskynni/
http://www.wallpapers13.com/axolotl-mexican-walking-fish/
4.27 Kardong 1998: Vertebrates
4.28 https://www.videoblocks.com/video/large-blue-whale-breathing-air-on-sea-water-surface-and-dives-into-ocean-near-sri-lanka-coast-h8ktebomgiwl59ebd
https://en.wikipedia.org/wiki/Common_bottlenose_dolphin#/media/File:Tursiops_truncatus_01-cropped.jpg

5.1 Kubišta 1978: Fyziologie živočichů
5.2 A: Buchar 1995:Stručný přehled soustavy bezobratlých
B, D: Lang a kol. 1971: Zoologie
C: Campbell, Reece 2008: Biologie
5.3 A: Lang a kol. 1971: Zoologie
B, C: Kubišta 1978: Fyziologie živočichů
5.4 Guttman 1999: Biology
5.5 https://eluc.kr-olomoucky.cz/verejne/lekce/84
5.6 A: Campbell, Reece 2008: Biologie
B: Roček Z.: Historie obratlovců: Evoluce, fylogeneze, systém. Academia Praha 2002, 511 pp.
C: Kubišta 1978: Fyziologie živočichů
5.7 Kardong 1998: Vertebrates
5.8 Kubišta 1978: Fyziologie živočichů
5.9 Campbell, Reece 2008: Biologie
5.10 A: https://www.mindenpictures.com/search/preview/sem-close-up-view-of-medicinal-leech-hirudo-medicinalis-showing-three-jaws/0_00487974.html
B: https://gl.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Petromyzon_marinus.003_-_Aquarium_Finisterrae.JPG
C: http://crimewriters.blogspot.com/2013/10/encounter-with-bat.html

5.11 https://en.wikipedia.org/wiki/Odontophore#/media/File:Radula_diagram3.png
A: http://www.asnailsodyssey.com/LEARNABOUT/LIMPET/limpRadu.php
B: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1519-69842007000400019
5.12 A: https://nv.wikipedia.org/wiki/E'elyaaígíí:Workertermite1.jpg
B: https://www.medicalimages.com/stock-photo-image-image22425674.html
5.13 http://growmart.cz/nejcastejsi-skudci-msice/
http://www.bumblebee.org/invertebrates/Hemiptera1.htm

6.1 Campbell, Reece 2008: Biologie
6.2 A: http://www.biology-resources.com/drawing-paramecium.html
6.3 A: Lang a kol. 1971: Zoologie
B: Kubišta 1978: Fyziologie živočichů
C: Campbell, Reece 2008: Biologie
D: Kardong 1998: Vertebrates
6.4 detail: Lang a kol. 1971: Zoologie
celek: Kubišta 1978: Fyziologie živočichů
6.5 Kubišta 1978: Fyziologie živočichů
6.6 A: https://www.gbri.org.au/OldClasses/2012/Dardanusmegistos%7CStormMartin.aspx?PageContentID=3319
B: http://web.csulb.edu/~dlunderw/entomology/3-OverviewoftheArachnida.pdf
C: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/7/7c/Coxal-gland.jpg
D: http://thekeesh.com/biofinal/4a.html
6.7 Campbell, Reece 2008: Biologie
6.8 Guttman 1999: Biology
6.9 Campbell, Reece 2008: Biologie
6.10 A: http://www.brainload.info/mogu/amphibians-excretory-system-vux.php
B: https://sites.google.com/a/st.cabarrus.k12.nc.us/2nd-period-group-7-tennis/urinary-system
6.11 Campbell, Reece 2008: Biologie
6.12 Guttman 1999: Biology