



Česká zemědělská univerzita v Praze



Ústřední komise Biologické olympiády

Biologická olympiáda

54. ročník

školní rok 2019–2020

Studijní text – část 1

k tématu: **Těžký život ve vodě**

kategorie C a D

Hana Korčáková, Lucie Starčevská, Jarmila Ichová, Klára Dragová

Praha 2019

Obsah

| | | |
|-------|--|----|
| 1 | Úvod..... | 3 |
| 2 | Voda jako prostředí | 5 |
| 2.1 | Opravdu existuje slaná a sladká voda? | 5 |
| 2.2 | Brakická voda..... | 7 |
| 3 | Jak se živočichové vyrovnávají s různou koncentrací solí | 7 |
| 3.1 | Jak jsou na tom ti, co žijí v moři?..... | 7 |
| 3.2 | A jak to mají sladkovodní živočichové? | 9 |
| 4 | Některé zajímavé vlastnosti vody a z toho vyplývající skutečnosti..... | 12 |
| 4.1 | Kam se na zimu podějí vodní živočichové aneb Teplotní anomálie vody..... | 12 |
| 4.2 | Mají organizmy v rybníku dostatek kyslíku, aneb Jak souvisí kyslík s teplotou vody | 15 |
| 4.3 | Vliv teploty vody na organizmy | 17 |
| 4.4 | Jak pH ovlivňuje organizmy..... | 20 |
| 5 | Obecná přizpůsobení obratlovců životu ve vodě..... | 22 |
| 5.1 | Adaptace bezobratlých živočichů na dýchání ve vodním prostředí | 24 |
| 5.2 | Adaptace živočichů na potápění..... | 26 |
| 6 | Někdy je potřeba se přestěhovat - migrace | 29 |
| 6.1 | Rybí migrace a jejich dělení | 29 |
| 6.2 | Migrace dalších vodních živočichů | 32 |
| 7 | Jak se rostliny přizpůsobily vodnímu prostředí? | 32 |
| 7.1 | Co udělal život ve vodě s vnitřní stavbou rostlin? | 33 |
| 7.2 | A co vnější stavba těla vodních a vlhkomilných rostlin?..... | 34 |
| 7.2.1 | Ponořené rostliny | 35 |
| 7.2.2 | Vzplývavé rostliny | 36 |
| 7.2.3 | Vynořené rostliny | 38 |
| 8 | Rozmnožování vodních rostlin..... | 39 |
| 8.1 | Pohlavní rozmnožování..... | 39 |
| 8.2 | Vegetativní (nepohlavní) rozmnožování | 41 |
| 8.3 | Šíření plodů, semen a semenáčků | 42 |
| 9 | Živočichové a rostliny v různých vodních prostředích | 42 |
| 9.1 | Oceány a moře..... | 42 |

| | | |
|-------|--|----|
| 9.1.1 | Přilivová zóna..... | 43 |
| 9.1.2 | Život v mělkých mořích – kelpové lesy | 48 |
| 9.1.3 | Pelagická zóna..... | 50 |
| 9.1.4 | Bentická zóna..... | 52 |
| 9.1.5 | Hlubinná zóna | 53 |
| 9.1.6 | Korálové útesy | 60 |
| 9.2 | Není to moře, ale je tam hodně soli. Co to je? | 65 |
| 9.2.1 | Jak je to s přizpůsobením rostlin životu v zasoleném prostředí | 65 |
| 9.2.2 | Mangrove | 66 |
| 9.3 | Vysychající sladkovodní rezervoáry | 68 |
| 9.3.1 | Jako ryba na suchu? | 68 |
| 9.3.2 | Nádrže pro obojživelníky | 70 |
| 9.3.3 | Život v periodických vodách | 71 |
| 9.4 | Mokřady a rašeliniště | 72 |
| 10 | Zdroje: | 76 |

1 Úvod

Milí soutěžící,

ještě než se ponoříte do čtení této brožury, zaposlouchejte se do známé písničky pánů Zdeňka Svěráka a Jaroslava Uhlíře „Hlavně že jsme na vzduchu“. Chtěli byste žít pod vodou nebo jste rádi, že žijete na souši?

<https://www.youtube.com/watch?v=sIWtcNiexs>

Podle současných vývojových teorií vznikl život na Zemi asi před 3,85 miliardami let a dlouho se vyvíjel ve vodě. Na souši se první organizmy pravděpodobně zabydlely asi před 500 miliony let. My lidé jsme se vyvinuli a žijeme na souši, a proto nám život na souši připadá tak nějak normálnější a snadnější než život ve vodě. Snažíme se vodní ekosystémy podrobněji poznávat a zkoumat a často přitom narážíme na problémy, jak do nich hlouběji proniknout, protože životu ve vodě nejsme přizpůsobeni. Harry Potter při boji o Ohnivý pohár použil pro splnění úkolu v jezeře žaberník a jeho soupeři bublinové kouzlo či neúplnou přeměnu na žraloka. Ale jak řeší nejrůznější výzvy života ve vodě různé živočichové a rostliny? Pojďme se v tomto ročníku biologické olympiády pokusit odpovědět alespoň na některé otázky, které nám při přemýšlení o životě ve vodě vyvstanou na mysli.

Studijní text je rozdělen na dvě části. Část, kterou právě teď čtete, je třeba si prostudovat před školním kolem, avšak kromě **částí v rámečcích, které jsou určeny pro okresní a krajská kola**, tj. ve školním kole se informace z rámečků nebudou vyskytovat, proto je můžete zatím přeskočit.

Druhá část studijního textu – **komiksy** – je určena zejména pro okresní a krajské kolo. Doporučujeme však všem, aby se na komiksy, které pro vás vytvořili starší studenti, podívali pro zábavu i poučení. Návod, jak s komiksy pracovat, najdete na začátku druhé části studijního textu.

Jako každý rok je a webových stránkách olympiády i seznam organismů pro teoretickou a praktickou část soutěže a vstupní úkoly.

Seznam pro **teoretickou část** se týká organismů, se kterými se v různých kolech soutěže setkáte v teoretické části (v testu). Většinou jsou uvedeny i ve studijním textu, ale mohou tam být i některé jiné, běžné organismy, o kterých je třeba si z literatury nastudovat některé informace týkající se tématu. Organismy, kterých se mohou týkat otázky ve školním kole, jsou vyznačeny 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 vás některý z úkolů zaujme, můžete na něm začít pracovat klidně již na podzim. Pokud ale chcete čekat až na to, zda se do okresního kola dostanete, budete mít mezi školním a okresním kolem na vypracování vstupního úkolu dost času.

Přejeme vám mnoho zábavy a poučení v průběhu celé biologické olympiády.

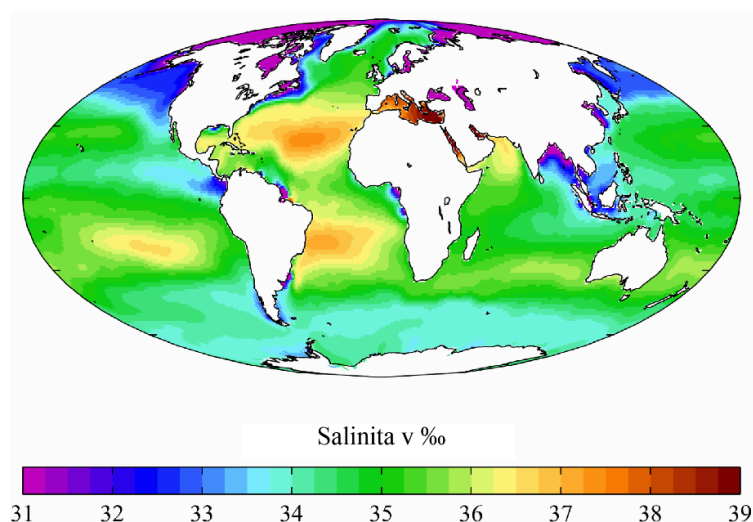
2 Voda jako prostředí

Voda má asi 775krát vyšší hustotu než vzduch, a to je jeden z důvodů, proč je stavba těla organismů žijících ve vodě jiná než těch, které se adaptovaly na život na souši. Suchozemci musí mít mnohem bytelnější opěrné orgány a jejich velikost je limitovaná tím, zda je tyto orgány unesou. Oproti tomu vodní organizmy jsou nadnášené a stačí jim tedy slabší opěrné orgány, díky čemuž mohou dosáhnout i mimořádných rozměrů. Stačí srovnat plejtváka obrovského, největšího žijícího živočicha, a jeho hmotnost 100 tun s hmotností největšího žijícího suchozemského živočicha slona afrického, který váží průměrně 6 tun. U rostlin je situace obrácená. Rekordní velikosti dosahují suchozemské rostliny díky opěrným strukturám. Například sekvojovce a sekvoje mohou dosáhnout výšky i přes 130 m, zatímco největší chaluhy jen zhruba polovinu. K tomu je ještě nutné dodat, že obrovské sekvoje rostou 2 – 3 tisíce let, zatímco nejstarším chaluhám je přibližně 15 let.

Z úvodních informací by se mohlo zdát, že ve vodě je život „lehčí“. Někdy tomu tak skutečně je, v řadě případů ale život ve vodě vyžaduje mnoho různých přizpůsobení, která nám, suchozemcům, mohou připadat hodně zvláštní. Abychom těmto adaptacím porozuměli snáz, seznámíme se nejprve s fyzikálními a chemickými vlastnostmi vody.

2.1 Opravdu existuje slaná a sladká voda?

Ve skutečnosti neexistuje sladká voda, ale jen málo slaná voda. Zatímco průměrný obsah solí v oceánech je 35 g/l (což je 35 ‰), v jednom litru sladké vody je rozpuštěno 0,05–0,4 g solí (což je 0,05–0,4 ‰). Podíl rozpuštěných solí ve vodě se označuje jako **salinita**. Z následujícího obrázku zjistíte, že salinita moří a oceánů není všude stejná. Také se mění v průběhu roku.



Obr. 1: Mapa průměrného obsahu solí v povrchové vodě světových oceánů.
https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/3/3e/Wiki_plot_04.png autor: Plumbago

Na mapce lze také vidět, že v místech, kde převažuje odpařování nad srážkami, je salinita větší. Naopak v oblastech s nízkými teplotami, a tedy i menším odparem, je salinita menší. Slanost moří snižují velké řeky nebo tající ledovce, které přivádějí do moře sladkou vodu. Pro lepší pochopení je uvedena tabulka se slaností některých moří a jezer (Mrtvé moře je ve skutečnosti jezero).

| název | Množství rozpuštěné soli |
|------------------|--------------------------|
| Mrtvé moře | 330 g/l |
| Rudé moře | 42 g/l |
| Středozevní moře | 38 g/l |
| Černé moře | 19 g/l |
| Baltské moře | 4 g/l |

Mořská sůl je zhruba ze 70 % tvořena chloridem sodným (NaCl = sůl kuchyňská) a dalšími sloučeninami hořčíku, vápníku, draslíku atd. Reakce (pH) mořské vody je díky rozpuštěným solím poměrně stálá, mírně zásaditá v rozmezí pH 8,1–8,3 (více o pH se dozvíte v kapitole 4.4). Teplota tuhnutí (zmrznutí) je díky soli také posunuta až na $-1,8\text{ }^\circ\text{C}$. Led z mořské vody obsahuje nepatrné množství solí.

Hustota mořské vody je větší než hustota vody sladké. Jestliže mořská voda při salinitě 35 ‰ má hustotu $1024,8\text{ kg/m}^3$ (1 m^3 má hmotnost 1024,8 kg), tak hustotu sladké vody ovlivňuje spíše teplota. Více se dozvíte v kapitole o teplotní anomálii vody. Ale můžete se zamyslet, jestli voda přitékající z řek do moře teče po dně moře nebo se drží při povrchu.

2.2 Brakická voda

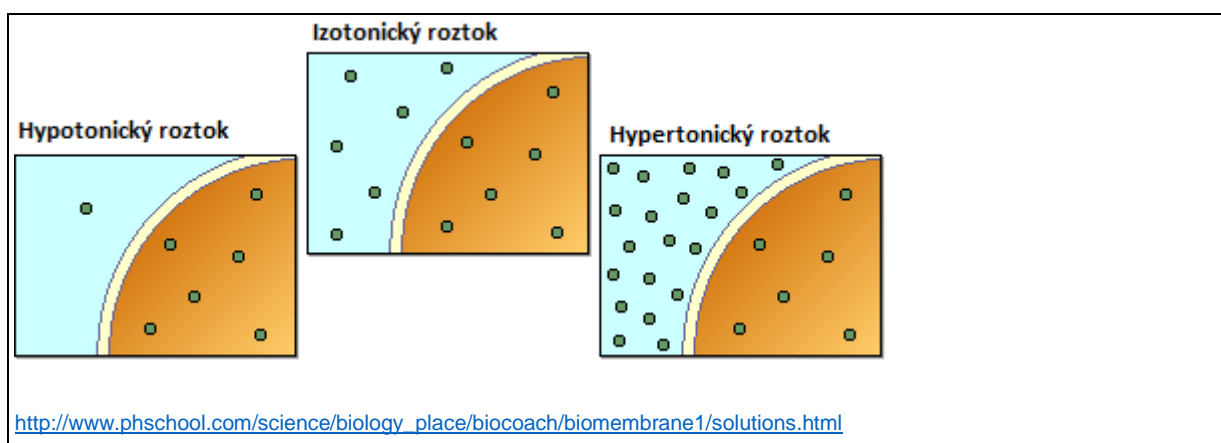
Brakická voda je směs sladké a mořské vody v oblastech ústí velkých řek vlévajících se do moří. V této zóně značně kolísá slanost vody. Při odlivu se zóna plní přitékající sladkou vodou, při přílivu naopak slaná voda proniká hluboko do ústí řek. Proto v této oblasti mohou trvale žít jen organizmy, které dobře snášejí kolísání slanosti a mohou se zde i dobře rozmnožovat.

Brakická voda obsahuje od 0,5 do 30 g soli na litr vody.

3 Jak se živočichové vyrovnávají s různou koncentrací solí

3.1 Jak jsou na tom ti, co žijí v moři?

Většina mořských bezobratlých živočichů má tělní tekutiny svým složením blízké mořské vodě – jsou izotoničtí s mořskou vodou (izotonický = tělní tekutiny mají stejnou koncentraci solí jako okolní prostředí). Tito živočichové nemají žádné zvláštní adaptace, kterými by koncentraci solí v tělních tekutinách dokázali aktivně upravovat, a tudíž mohou žít pouze ve vodě s více méně stálým obsahem solí. Patří sem například **ploštěnci, žebernatky, žahavci, měkkýši, ostnokožci**.



Obr. 2: Znázornění relativní koncentrace rozpuštěných látek, které neprojdou membránou.

Většina mořských bezobratlých tedy nemá ráda výkyvy koncentrací solí ve vnějším prostředí. Nicméně jsou známy i případy živočichů, kterým takové změny nevadí. Nejznámějším v tomto směru je asi **krab říční** (známý také jako krab čínský), který je schopen udržet si v těle takovou koncentraci solí, aby přežil při přechodu z moře do brakické, a dokonce i do sladké vody. Umožňuje mu to jednak velmi malá propustnost tělního povrchu a také schopnost aktivně vychytávat chlorid sodný z okolní vody.

Někteří bezobratlí jsou schopni žít i v podmínkách extrémně vysoké koncentrace solí (například larvy mouchy **břežnice** a **žábronožka solná** žijí ve slaných jezerech ve vodě obsahující až 22 % NaCl).

Obratlovci však nejsou vzhledem k mořské vodě izotoničtí. Například ryby žijící v mořském prostředí mají tělní tekutiny asi třikrát zředěnější než je mořská voda. Žijí tedy v prostředí hypertonickém, což vede k neustálému odsávání vody z jejich těla do okolního prostředí, protože voda má vždy sklon přesouvat se z míst s nižší koncentrací solí a dalších rozpuštěných látek do míst, kde je jejich koncentrace vyšší. Tito živočichové se tedy musí stále bránit ztrátám vody, aby nedocházelo ke zvyšování koncentrace solí v jejich tělech. Mají proto zlepšenou koncentrační schopnost ledvin a produkují jen malé množství vysoce koncentrované moči. Toto opatření však ještě není dostatečné. Proto tyto ryby pijí velké množství vody, ze které do těla (díky trávicí soustavě) pustí jen vodu a téměř všechny chlorid sodný vyloučí žábry nebo již zmiňovanou močí.

Zvláštností paryb (například žraloků) je, že mají v krvi obsaženo asi 0,8 % močoviny. Tato hodnota výrazně převyšuje hodnotu močoviny v krvi obvyklou pro mořské ryby. Paryby tak vyrovnávají osmotický tlak okolní mořské vody – vůči mořské vodě jsou mírně hypertonické, mořská voda je vůči jejich tělu mírně hypotonická. Přesto musí vylučovat nadbytečné soli přijaté s potravou. Činí tak pomocí žlázy napojené na zadní část střeva, kudy se soli dále odvádějí do kloaky.

Zajímavý způsob vylučování nadbytečných solí se vyvinul u mořských ptáků a některých plazů (**leguán mořský** žijící na Galapágách, mořské želvy). Sůl aktivně

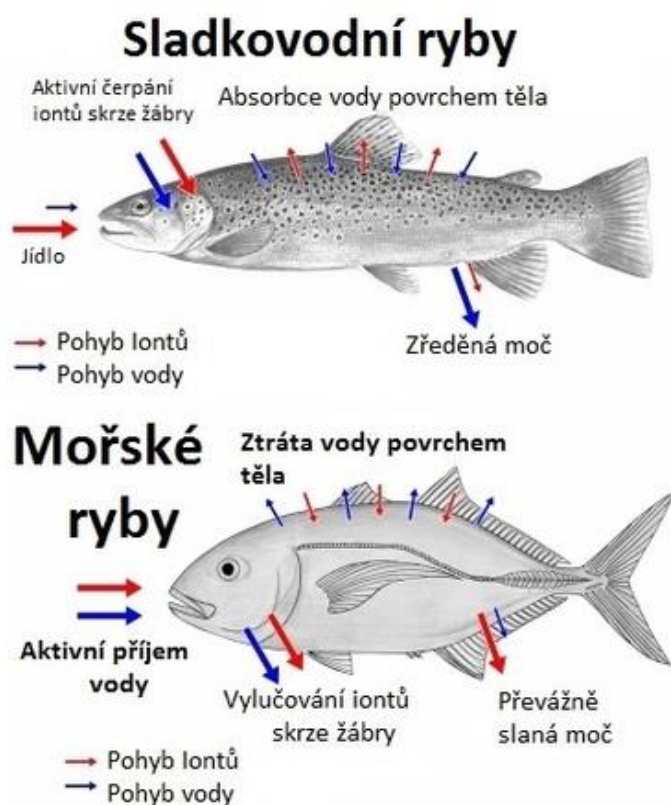
vylučují speciálními solnými žlázami, u želv umístěnými u očí, u ptáků na zobáku a u ještěřů v nose. Více si můžete přečíst v článku v Ábíčku:

<https://www.abicko.cz/clanek/casopis-abc/176/placu-placu-sul.html>

3.2 A jak to mají sladkovodní živočichové?

Sladkovodní ryby žijí v prostředí hypotonickém, to znamená, že koncentrace solí v okolní vodě je menší než koncentrace solí v jejich tělních tekutinách. U sladkovodních ryb je tedy okolní voda neustále nasávána do těla. Sladkovodní ryby jsou tedy v neustálém nebezpečí, že budou mít v těle příliš mnoho vody.

Přebytečnou vodu z těla odstraňují vylučováním velkého množství moči pomocí ledvin. Soli přijímají v potravě a aktivně vychytávají žábry z okolního prostředí.



https://www.vedanasbavi.cz/orisek-36-zs-vnb-ii-10-salinita?ID_mesta=3&IDp=2

Obr. 3: Regulace množství vody a solí u ryb

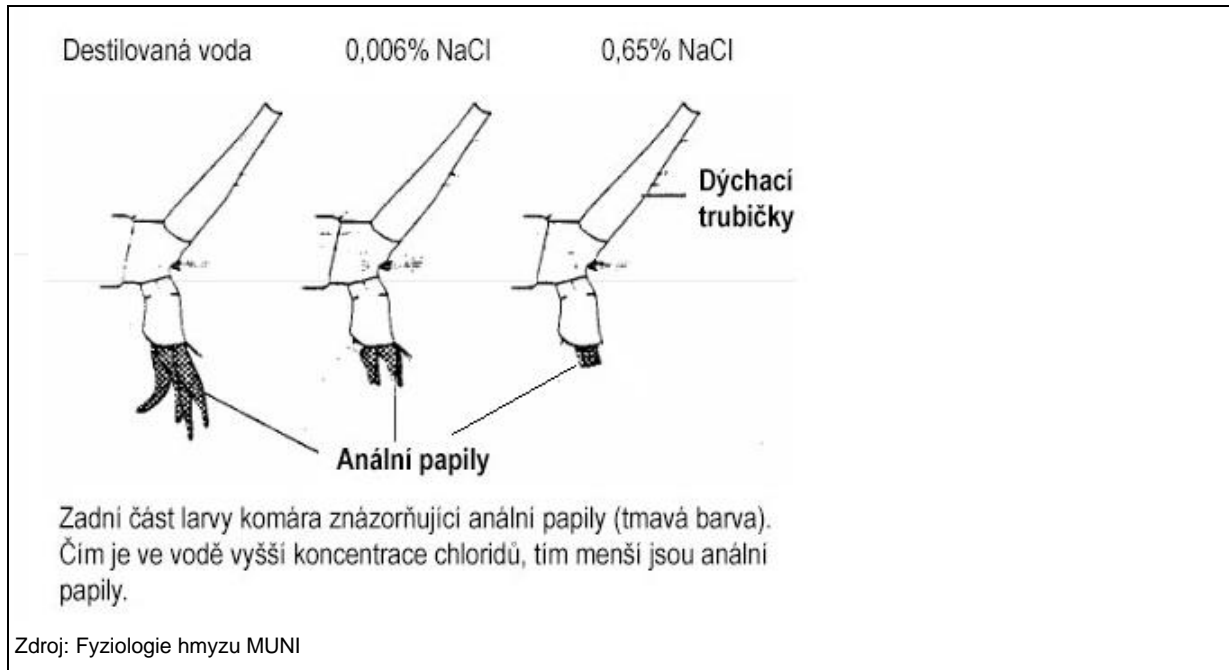
Zajímavá je situace u ryb, které se během svého životního cyklu stěhují z moře do sladké vody a naopak (lososi, úhoři). Během těchto migrací se mění propustnost jejich žaber pro vodu a klesá či stoupá schopnost vychytávat soli z okolního prostředí.

Larvy některých druhů sladkovodního hmyzu, například komárů (**komár pisklavý**, **komár tropický**), šídel, vážek a dalších, jsou schopné se přizpůsobit na změnu vodního prostředí (například při vyschnutí nádrže) díky análním papilám. Jsou to výrůstky seřazené kolem řitního otvoru, které se mohou zvětšovat či zmenšovat. Čím je obsah solí v okolním prostředí nižší, tím usilovněji jsou z prostředí papilami vychytávány chloridy a následně jsou aktivně předávány do těla. Papily se přitom zvětšují. Naopak pokud se koncentrace iontů v okolí zvýší, papily se zmenšují a aktivní vychytávání iontů je omezeno.



Obr. 4: Larva komára - šipka označuje anální papily.

http://entnemdept.ufl.edu/creatures/aquatic/southern_house_mosquito.htm



Obr. 5: Velikost análních papil larvy komára

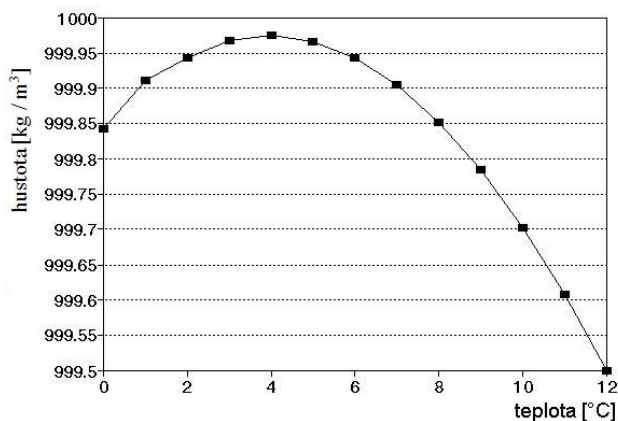
Více si o vylučování živočichů a možnostech vypořádání se s osmotickými problémy můžete přečíst ve studijním textu 53. ročníku biologické olympiády v kapitole Vylučování živočichů.

4 Některé zajímavé vlastnosti vody a z toho vyplývající skutečnosti

4.1 Kam se na zimu podějí vodní živočichové aneb Teplotní anomálie vody

Přemýšleli jste někdy, proč led plave na vodě? Proč rybník nebo jezero zamrzá od hladiny a ne od dna a kam se na zimu podějí ryby a další vodní živočichové? Toto vše souvisí s tím, že hustota vody je nejvyšší při asi 4 °C (přesně při 3,98 °C).

S teplotou klesající pod 4 °C a stoupající nad 4 °C se hustota vody snižuje. Voda o teplotě 4 °C tedy klesá ke dnu, a tak u dna mohou přes zimu přežívat ryby a další organizmy.



http://www.osel.cz/popisek_old.php?popisek=18414&img=1322280930.jpg

Pojďme se však na **teplotní stratifikaci** neboli teplotní rozvrstvení v nádržích podívat podrobněji. Situace, kterou si popíšeme, platí pro mírné pásmo, tj. podnebný pás, kde se střídají čtyři roční období, a spíše pro hlubší nádrže (více než 5 m).

Začněme létem. Jistě si vzpomenete, že když jste plavali v rybníku začátkem léta, vrstva teplé vody u hladiny byla poměrně tenká. Koncem léta jste na studenou vodu narazili až o něco hlouběji. Tento jev souvisí s denními rytmy, kdy se ve dne voda u hladiny rychle ohřeje, v noci zase vychládá. Jak se celá horní vrstva v létě postupně ohřívá, vrstva, která se ohřeje během dne, se také zvětšuje. Něco podobného funguje i v měřítku celého jezera v průběhu celého roku.

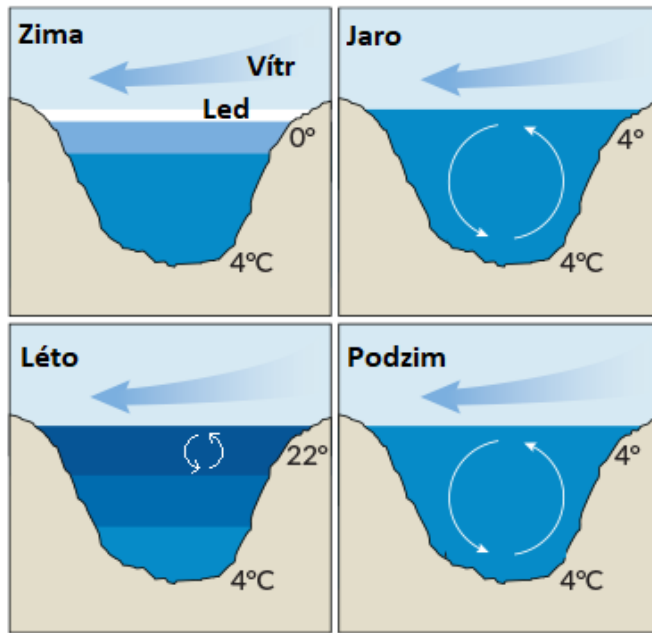
Za slunečného, bezvětrného letního dne sluneční záření rychle ohřívá vodu těsně u hladiny, do hloubky teplota vody rychle klesá. Večer a v noci se však svrchní vrstva vody ochlazuje vyzařováním tepla i odparem rychleji než hlouběji ležící vrstvy. Její

hustota se proto zvětšuje a ochlazená voda klesá do hloubky, až narazí na vrstvu stejně chladné vody se stejnou hustotou. Teplejší a „lehčí“ voda (přesněji voda s menší hustotou) je současně vynášena vzhůru. Oteplováním a ochlazováním svrchních vrstev vody vzniká proudění a dochází k promíchávání svrchních vrstev vody během dne podpořené ještě prouděním vyvolaným větrem. Promíchávání vody zasahuje do takové hloubky, ve které toto proudění vody již nemůže narušit stabilitu studených vrstev vody. Na této hranici vznikne **teplotní skočná vrstva**, v níž lze na 1 m hloubky naměřit pokles teploty o několik stupňů.

Teplotní stratifikaci v létě jsou v mírném pásmu tedy vodní masy stojatých vod rozděleny **na tři zóny**: na horní vrstvu o teplotě většinou kolem 20 °C a spodní vrstvu o teplotě 4 °C, mezi nimiž je více či méně silná přechodná (skočná) vrstva. Ta funguje jako fyzická bariéra, která brání míchání horní a spodní vrstvy po období několika měsíců.

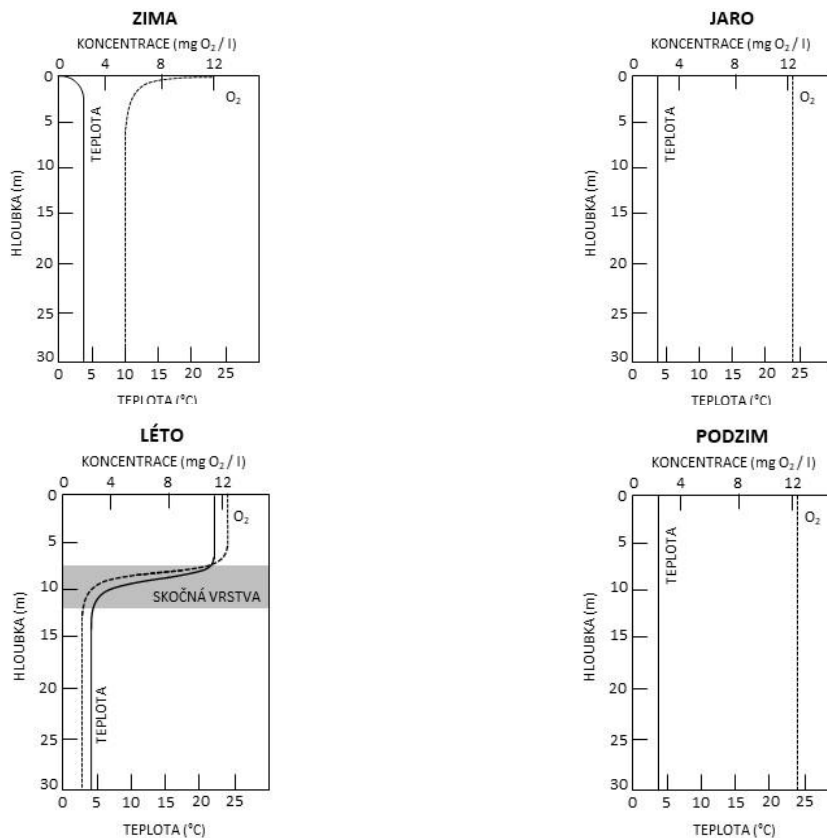
Hloubka, do které dochází k promíchávání vody, závisí částečně na větru, ale zejména na velikosti nádrže. U malých až středních nádrží o rozloze 20–500 ha (tuto velikost mají například některé české rybníky – téměř 500 ha má největší rybník v České republice Rožmberk) v severním mírném pásmu můžeme v létě očekávat rozvrstvení a bohaté promíchávání do hloubky 3–7 m, u větších jezer až do 10–15 m. S podzimním ochlazováním teplota horní vrstvy stále klesá a míchají se stále hlubší vrstvy vody. Při teplotě vody 4 °C dochází k úplnému promíchání vodního sloupce – hovoříme o úplném **podzimním promíchání**, kdy dochází k prudkému rozvířování vody a to včetně jemných usazenin na dně a tím **k obohacování celého vodního sloupce o živiny**.

Následuje **zima**, „nejtěžší“ voda (přesněji voda s nejvyšší hustotou) o teplotě 4 °C je opět u dna. Nad ní je studenější (a „lehčí“) voda krytá na hladině ledem. Tato vlastnost vody **umožňuje vodním živočichům přežít v zimním období u dna**. Vrstva ledu chrání vodní sloupec také před promícháváním větrem, ale když nádrž není zamrzlá, ani silný vítr „lehkou“ vodu o teplotě kolem 1 °C není schopen promíchat s „těžší“ teplejší vodou, takže rozvrstvení přetrvává celou zimu. Po roztátí ledu na jaře dochází k opětovnému promíchání celého vodního sloupce – **jarnímu promíchávání**. Teplota vody v celé nádrži je 4 °C, stejně jako na podzim. V té době je také ve vodě nejvíce živin, protože v ní není mnoho organismů, které by je spotřebovávaly.



Obr. 6: Teplota vody v nádrži v různých ročních obdobích

<http://feedbox.com/2017/05/lakes-worldwide-feel-the-heat-from-climate-change/>



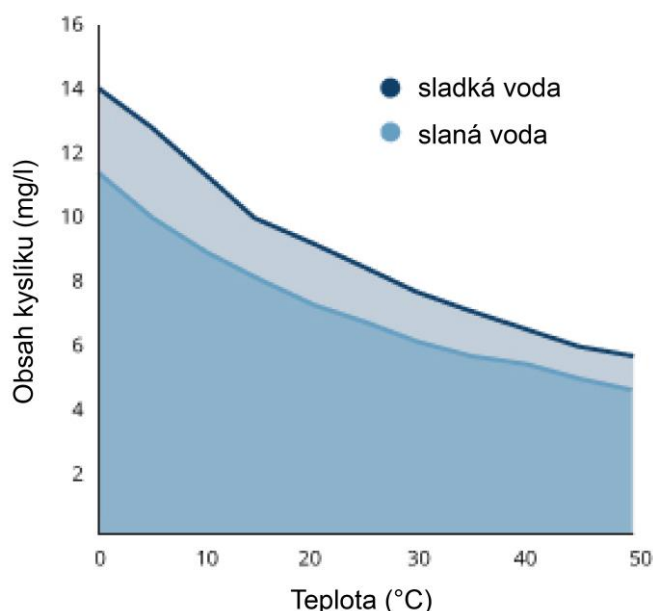
Obr. 7: Teplota vody a koncentrace kyslíku v nádržích v různých ročních obdobích v závislosti na hloubce

http://hgf10.vsb.cz/546/Ekologicke%20aspekty/leniticky_system/teplota_images/dimikticke_jezero.jpg

4.2 Mají organizmy v rybníku dostatek kyslíku, aneb Jak souvisí kyslík s teplotou vody

Na začátku této kapitoly konstatujeme základní fakta:

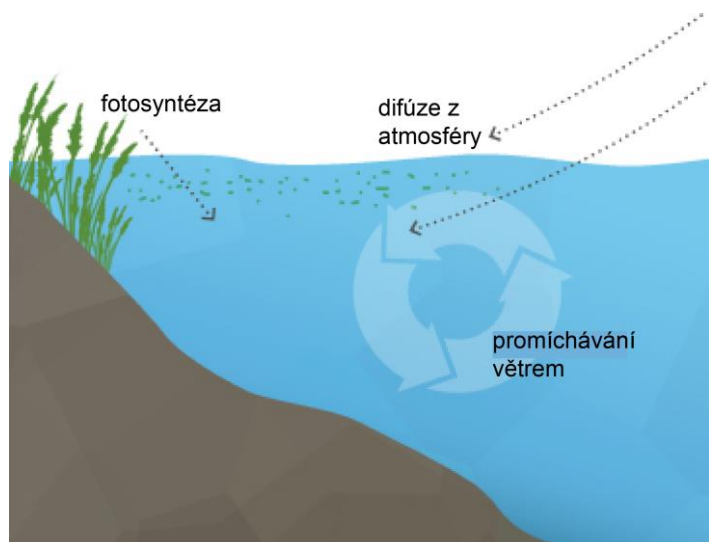
1. Zatímco v atmosféře je stabilně 21 % kyslíku a jeho množství se mění pouze s nadmořskou výškou, množství kyslíku ve vodě je proměnlivé a závisí na mnoha faktorech. Ve vodě se může rozpustit maximálně kolem 14 mg kyslíku na litr vody (tedy 20x méně než ve vzduchu), většinou je však obsah kyslíku nižší než uvedená hodnota.
2. Rozpustnost kyslíku ve vodě závisí na teplotě – čím **vyšší** teplota, tím **méně kyslíku** se může ve vodě rozpustit.



Obr. 8: Závislost obsahu kyslíku na teplotě

<https://www.fondriest.com/environmental-measurements/parameters/water-quality/dissolved-oxygen/>

3. Při rozkladných procesech (= rozklad odumřelých organizmů) se spotřebovává kyslík. Rychlost rozkladu závisí na teplotě – čím **vyšší** teplota, tím **rychlejší rozklad** a tím **vyšší spotřeba** kyslíku, tj. tím **nižší obsah** kyslíku ve vodě.
4. Rostliny produkují kyslík při fotosyntéze, proto čím je **větší množství rostlin** (zejména řas) ve vodě, tím **vyšší je obsah kyslíku**.
5. Čím **více** přichází voda do kontaktu se **vzduchem** (= promíchávání, kyslík se dostává do vody difuzí), tím **více kyslíku** je ve vodě.



Obr. 9: Pronikání kyslíku do vody

<https://www.fondriest.com/environmental-measurements/parameters/water-quality/dissolved-oxygen/>

A jak je to s kyslíkem v nádržích? Tentokrát začněme **zimou**. Jelikož se voda v nádrži nepromíchává a pokud nádrž je dlouhodobě zamrzlá, obsah kyslíku ve vodě je v zimě dosti nízký. Obsah kyslíku však závisí i na tloušťce ledu (kyslík se do vody nedoplňuje difuzí) a případné sněhové pokrývce. Pokud sněhová pokrývka nezabraňuje pronikání světla do vody, probíhá fotosyntéza. Avšak vzhledem k nízkým teplotám (všechny biochemické děje jsou zpomaleny), nízkým intenzitám světla a tomu, že řas je většinou ve vodě v zimě málo, může dojít k situaci, kdy ryby a další vodní organizmy uhynou z důvodu nedostatku kyslíku. Proto také někdy rybáři vysekávají do ledu díry (dejte na ně pozor při bruslení!), případně přidávají promíchávání pomocí čerpadla.

Na jaře i na podzim dochází k promíchání vody v nádrži, takže díky promíchání a také díky nízké teplotě vody je kyslíku v té době dostatek. Navíc rozkladné procesy jsou vzhledem k nízké teplotě pomalé.

V létě je situace odlišná v horní a spodní vrstvě vody. Přestože v horní vrstvě je vyšší teplota vody, obsah kyslíku zde bývá vyšší díky přítomnosti fotosyntetizujících organismů a kontaktu se vzduchem. Ve spodní vrstvě však snadno nastává nedostatek kyslíku. Jednak zde neprobíhá promíchávání a naopak zde probíhají rozkladné procesy, které kyslík spotřebovávají. V extrémním případě může dojít až k úplnému vyčerpání kyslíku a v důsledku toho k uhynutí organismů. Stává se to například při přemnožení sinic v nádrži – tomuto jevu říkáme **vodní květ**. Ke vzniku vodního květu dochází v důsledku **eutrofizace**, kdy se do vody zejména

činností člověka dostává nadměrné množství živin, hlavně sloučenin dusíku a fosforu. Řasy a sinice nežijí příliš dlouho, jejich odumřelé stélky klesají ve velkém množství ke dnu, kde se činností bakterií rozkládají a přitom dochází k vyčerpání kyslíku.

4.3 Vliv teploty vody na organizmy

Jak jsme si již řekli, teplota vody má vliv na rozpustnost kyslíku, na rychlost rozkladu organických látek, ale i přímo na životní funkce organismů. Teplota tak významně ovlivňuje výskyt organismů ve vodě.

Teplota vody má značný vliv hlavně na „studenokrevné“ organizmy, jako jsou ryby, obojživelníci nebo plazi. Teplota těla těchto živočichů je stejná jako teplota prostředí, případně jen mírně vyšší (například při aktivním pohybu může tělní teplota ryby vzrůst až o 2 °C). U organismů obecně platí, že se vzrůstající teplotou (do optimálních hodnot) roste i rychlost látkové přeměny a tím i jejich aktivita. U bezobratlých živočichů teplota vody ovlivňuje například začátek rozmnožování, délku larválního období, růst i velikost živočicha v dospělosti. U některých plazů teplota ovlivňuje i určení pohlaví. Je tomu tak u krokodýlů, většiny želv a některých ještěřů.

Pokud se vajíčka krokodýlů vyvíjejí při teplotě do 30 °C, vylíhnou se převážně samečkové, při teplotě nad 32 °C převažují samičky, při teplotě kolem 31 °C je poměr pohlaví přibližně vyvážený. (Uvedené teploty jsou průměrné, mohou se mírně lišit v závislosti na druhu.) Podobně je tomu u želv. V současné době se objevují výzkumy, které uvádějí, že v některých místech se vlivem globálního oteplování líhnou pouze samičky, a tak hrozí další ubývání až vyhynutí některých druhů želv (ohrožená je například populace karety obrovské, rozmnožující se v oblasti Velkého bariérového útesu u Austrálie).

Co se týče ryb, teplota prostředí ovlivňuje například i délku vývoje jiker a rychlost dospívání. Naše ryby snášejí dobře sezónní změny teplot. V zimě jsou ryby schopny přežít i při teplotě 0 °C, v létě jsou schopny se adaptovat na teplotu 20–30 °C. Záleží samozřejmě na druhu ryby, například pro kaprovité ryby (kromě kapra například i cejn, karas nebo lín) je optimální teplota 18–28 °C, zatímco pro lososovité ryby (například pstruh nebo siven) 8–18 °C. Velice kritické jsou však pro ryby náhlé

teplotní změny, například rychlé změny o více než 12 °C. Při teplotním šoku ryby hynou za příznaků ochrnutí dýchacích a srdečních svalů. V přírodě se však takové prudké změny teplot vyskytují zřídka.

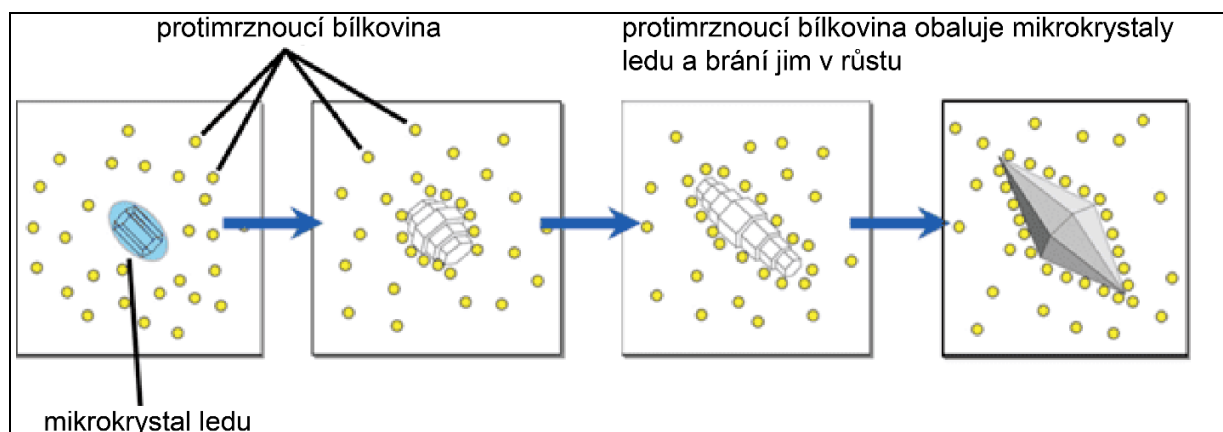
Tuňák má do jisté míry vyvinutou schopnost termoregulace. Díky svalové činnosti, velkému srdci, specializované cévní síti a velkému množství krve dokáže zvýšit teplotu těla oproti teplotě prostředí až o 20 °C. Proto vykazuje stejně intenzivní pohybovou aktivitu jak v tropických mořích při teplotě vody přes 30 °C, tak v arktickém prostředí s teplotou vody kolem 4 °C.

Specifické termoregulační schopnosti mají též **polární druhy**, žijící pod ledem v úzkém teplotním rozpětí od -2 °C do +6 °C (mořská voda zamrzá, až když teplota klesne na -2 °C). Například v antarktických mořích žije přes 260 druhů ryb. Jejich tělní tekutiny jsou proti zmrznutí chráněny zvláštními bílkovinami, díky nimž se v krvi nevytvoří krystalky ledu ani při teplotě pod 0 °C. Tyto bílkoviny obalují vznikající mikrokrystalky a zabraňují jejich zvětšování, čímž je zabráněno poškození tkání. Příkladem takové ryby je **ledovka antarktická** nebo některé druhy **platýsů**. Metabolismus těchto ryb je také velmi zpomalen, například ledovce srdce tepe rychlostí 10 tepů za minutu (srdce člověka rychlostí kolem 70 tepů za minutu).



Obr. 10: Ledovka antarktická

<https://www.ceskenoviny.cz/fotogalerie/?id=2006>



Obr. 11: Princip působení „nemrznoucí směsi“ v krvi ryb

<https://alchetron.com/Antifreeze-protein>

Opačný extrém představují některé severoamerické halančikovité ryby, které snášejí teplotu vody přes 40 °C.

V teplotní toleranci mohou existovat geografické rozdíly i mezi populacemi téhož druhu. Zajímavým příkladem této schopnosti je výskyt lososovitých ryb v geotermální řece, v níž siven americký a pstruh obecný přežívají bez problémů maximální denní teploty vody dosahující v létě i 28 °C.

Abychom nezapomněli na autotrofní organizmy, dodáme ještě, že vysoké teploty snášejí také sinice – přežijí i v teplotách téměř 80 °C.

V nejextrémnějších teplotách však žijí prokaryotické organizmy ze skupiny Archaea (dříve **archebakterie**), které žijí v horkých pramenech. Některé druhy přežijí i teploty nad 100 °C. Neznámější oblastí s výskytem horkých pramenů ve světě je Yellowstoneký národní park.

Kromě vysokých teplot je v horkých pramenech také často značně zvýšený obsah minerálních látek. Známé jsou například **sirné prameny**. Uvolňují se z nich sirné plyny, z nichž nejvíce bývá zastoupen sírovodík (sulfan), který je známý svým charakteristickým zápachem – nejčastěji připomíná zkažená vejce. V Čechách najdeme sirné prameny například v Buchlovicích, v Beskydech a západních Čechách.

Horké sirné prameny najdeme také v mořích. Příkladem extrémního života v mořských sirných pramenech je kroužkovec *Lamelibranchia luymesii*, který obývá mořské dno Mexického zálivu poblíž hlubokomořských horkých pramenů. Dožívá se

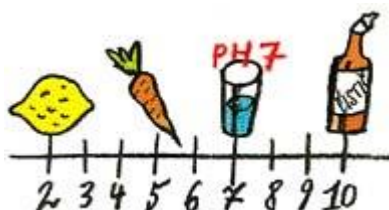
až 250 let, přitom by podle energetických bilancí neměl mít na tak dlouhý život dost energie. Výzkum odhalil, že tento kroužkovec získává energii symbiózou se sirnými bakteriemi. Nechává si od bakterií vyrábět sirné sloučeniny a pro tuto výrobu sám dodává bakteriím surovinu (sírany).



Obr. 12: *Lamellibrachia luymesii*

4.4 Jak pH ovlivňuje organizmy

Na začátek trocha chemie: pH je číslo, kterým vyjadřujeme, zda je vodný roztok kyselý, nebo zásaditý (alkalický). Nabývá obvykle hodnot 0–14, přičemž destilovaná voda má **neutrální pH = 7**, roztoky s **pH < 7 jsou kyselé** a roztoky s **pH > 7 jsou zásadité**. Například šťáva z citronu má pH 2, ocet pH 3 a roztok klasického tvrdého mýdla má pH kolem 8, některé čisticí prostředky v domácnosti mají pH kolem 10.

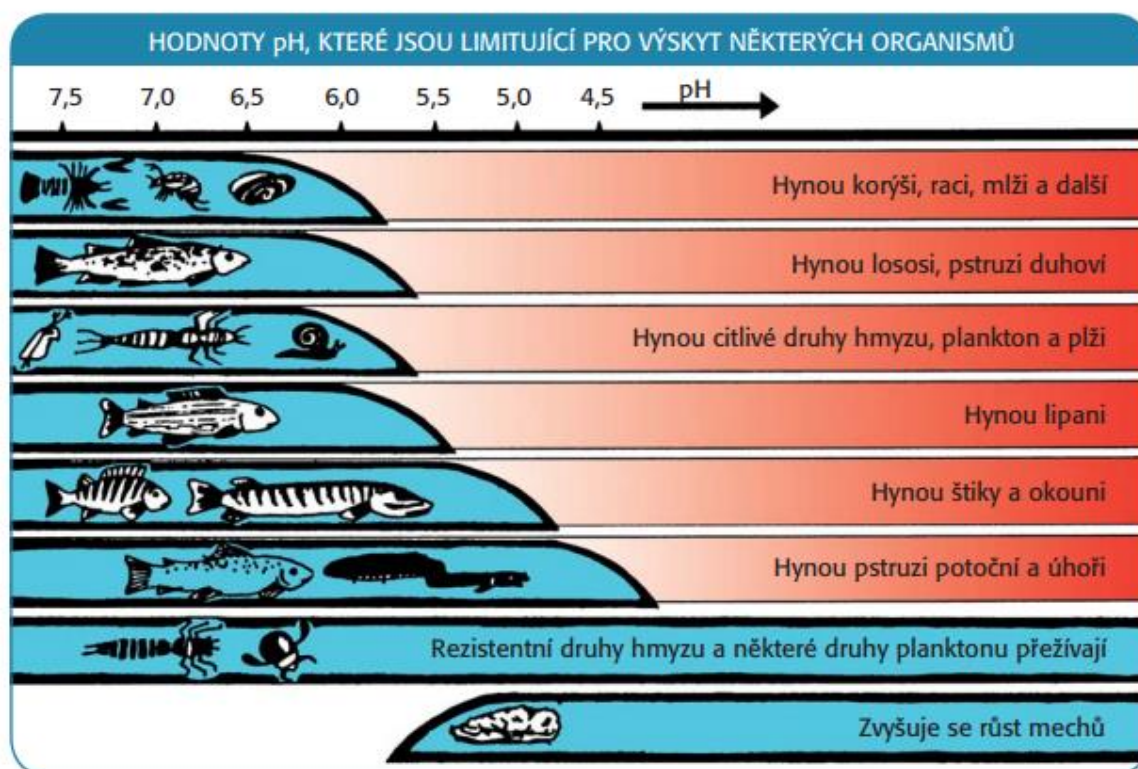


Obr. 13: pH některých potravin

<https://www.abicko.cz/clanek/casopis-abc/2038/sila-octa.html>

V běžných povrchových vodách pH kolísá mezi 6 a 8,5. To je pH, které vyhovuje většině organismů. Naopak extrémní hodnoty pH mohou být pro vodní organizmy smrtící. V přírodě se zpravidla jedná o problém s okyselováním vody, kdy pH klesá například vlivem kyselých dešťů. Při pH kolem 4,5 – 5 jsou zničena vajíčka většiny

druhů ryb a objevuje se poškození dospělých ryb (například krvácení v oblasti žaber), při pH mezi 3 a 3,5 je většina ryb během několika hodin usmrcena.



Obr. 14: Vliv pH na organizmy

<https://globe-czech.cz>

Existuje však **maruta sachalinská**, což je kaprovitá ryba žijící v Japonsku, která se přizpůsobila kyselému prostředí: žije ve vodě s pH 3,4–3,8, tedy ve vodě s pH odpovídajícímu pH octa!

Z dalších obratlovců snášejí kyselou vodu nejhůře obojživelníci. O něco tolerantnější k nižšímu pH jsou ocasatí obojživelníci, zejména čolci. Například **čolek hranatý** přežije i pH <3, z našich žab je ke kyselé vodě nejtolerantnější **skokan štíhlý**. Obecně lze ale říci, že pH pod 4 je pro obojživelníky nevhodné. Nízké hodnoty pH zastavují vývoj zárodků, zpomalují, až zastavují růst larev a snížena je i regenerační schopnost dospělců.

Z bezobratlých při nižším pH vymizí například **blešivci** už při pH < 6, **plži** při pH < 5. Korýši i plži mají totiž při nižším pH problém s udržením pevnosti krunýře a s tvorbou ulity, ve vodě již totiž není dostupný uhličitán vápenatý. Z okyselených vod vymizí

často také některé druhy **chrostíků**, **jepic** a **pošvatek**, naopak odolnější jsou larvy **muchniček**, **vírníci**, **klešťanky** a **vážky**.

Organizmy, které snášejí extrémní pH, jsou například sinice, které mohou žít při pH v rozsahu 5–13!

Zvláště kritickým momentem pro život ve vodě je pH kolem 3,5, kdy se z podloží vyplavuje pro organizmy toxická forma hliníku, který je běžně ve vázané formě přítomen v horninách.

Nesmíme však zapomenout, že pH vody je také ovlivňováno fotosyntetizujícími organizmy, tedy zejména řasami a sinicemi, ale i vyššími rostlinami. (Jedná se zvláště o stojaté vody, protože v tekoucích vodách dochází neustále k promíchávání vody a vliv rostlin se příliš neprojevuje.) Oxid uhličitý, který vzniká při dýchání organismů i při rozkladu odumřelé organické hmoty, se rozpouští ve vodě. Tak vzniká kyselina uhličitá, která způsobuje mírně kyselé prostředí. Avšak pokud je oxid uhličitý spotřebováván při fotosyntéze, pH vody stoupá k zásaditým hodnotám.

Vysoké pH (dosahující hodnot až k 10) se objevuje zejména v eutrofizovaných vodách s bohatě vyvinutým fytoplanktonem nebo hodně zarostlých vodními rostlinami, a to v odpoledních hodinách při silném slunečním svitu. V nočních hodinách, kdy fotosyntéza neprobíhá, se pH vody opět postupně snižuje (pH kolem 6). Během dne tedy pH vody může velmi silně kolísat.

Opačný případ – snížení pH činností rostlin – můžeme pozorovat v rašelinných vodách, kde při rozkladu rašeliníku a jiných rostlin vznikají huminové kyseliny, které mohou snížit pH až na hodnoty 5–3.

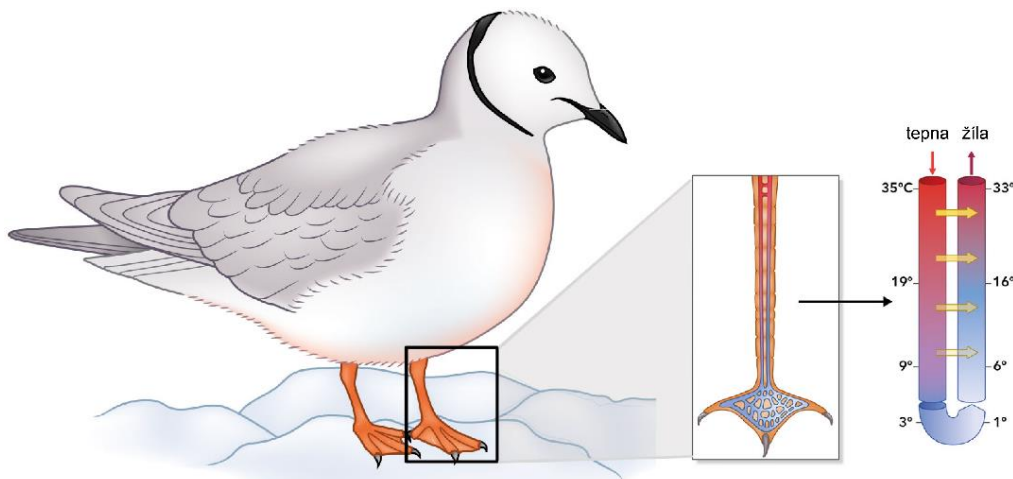
5 Obecná přizpůsobení obratlovců životu ve vodě

Největší problém, který řeší živočichové žijící trvale ve vodním prostředí, je dostatečné zásobování buněk těla kyslíkem. Tuto problematiku popisuje velmi podrobně text BiO 2018/2019 v kapitole 4, kterou doporučujeme si prostudovat.

Proto se v této části budeme zabývat jenom zajímavostmi a výjimkami.

Další problém života ve vodě, který musí řešit teplokrevní (endotermní) živočichové, je udržení tělesné teploty. Voda je 50–100krát účinnější ve vedení tepla než vzduch.

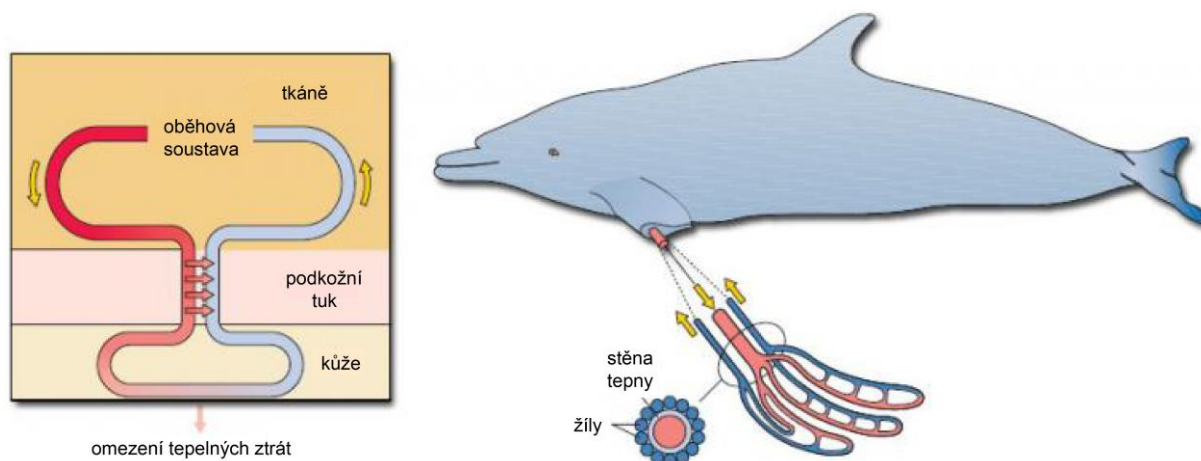
To je důvod, proč se v horkém dni rychle ochladíme ponořením do chladné vody. Na souši obvykle postačuje k izolaci od chladného vzduchu vrstva peří nebo srsti. Izolační síla vrstvy chlupů nebo peří závisí především na tom, kolik vzduchu se v této vrstvě zachytí. U ptáků pohybujících se na vodě a pod vodou je peří většinou dostatečně promaštěné, a tak svoji funkci pro udržení tepla plní velmi dobře. Problém ale nastává u nohou, které nejsou kryty peřím, a to zvláště u ptáků, kteří chodí často po ledě – viz obrázek.



Obr. 15: Obrázek znázorňuje protiproudovou výměnu tepla mezi tepnami a žilami u ptáků.

<https://files.allaboutbirds.net/wp-content/uploads/2017/01/GullFeet-FI.jpg>

Srst savců však v mokrém stavu ztrácí svoji izolační sílu. Proto většina mořských savců spoléhá především na silnou vrstvu podkožního tuku. Ploutve či ocas ale tukovou vrstvu postrádají. Jak u nohou ptáků, tak u ploutví savců proto došlo k úpravě cévní soustavy. Aby se zabránilo ochlazování těla studenou krví, kterou přivádějí žíly z končetin, vyvinul se u těchto druhů protiproudový systém vedení teplé tepenné krve kolem žil s chladnou krví. Protože teplo se pohybuje směrem od teplejšího předmětu k chladnějšímu, tepenná krev cestou k povrchu těla odevzdá teplo žilní krvi proudící do středu těla. Nepochází tak k ochlazování středu těla a zároveň se omezí výdej tepla do okolí.



Obr. 16: Schéma protiproudové výměny tepla mezi tepnami a žílymi u savců

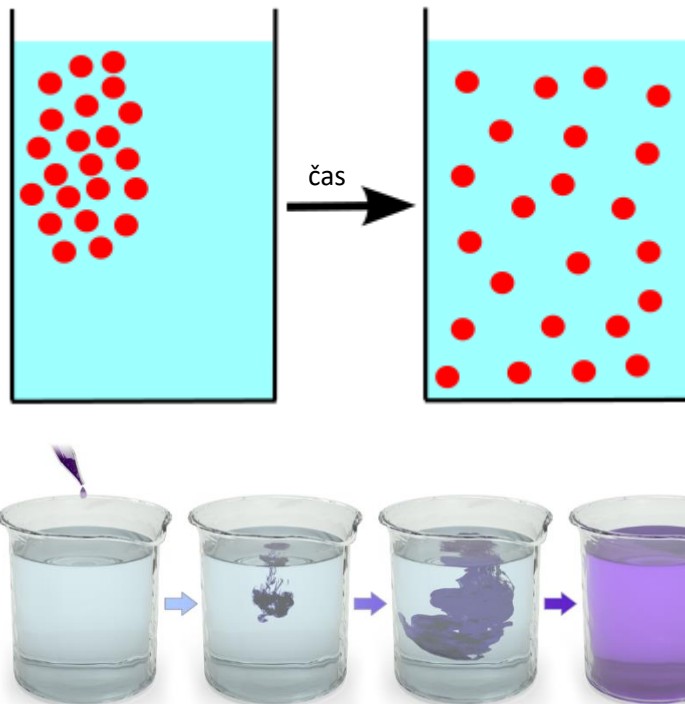
https://www.open.edu/openlearn/ocw/pluginfile.php/64034/mod_oucontent/oucontent/426/c1168bdf/70010d9f/s182_7_002i.jpg

5.1 Adaptace bezobratlých živočichů na dýchání ve vodním prostředí

Významným životním projevem živočichů je dýchání. Vodní živočichové využívají k dýchání kyslík rozpuštěný ve vodě či dýchají vzdušný kyslík, nebo mohou oba způsoby kombinovat. Je důležité si uvědomit, že podmínky dýchání ve vodě jsou pro živočichy méně příznivé, než na souši. Množství kyslíku rozpuštěného v určitém objemu vody je mnohonásobně menší, než ve stejném objemu vzduchu (viz výše, kapitola 4.2).

Výměna dýchacích plynů se děje difuzí. Difuze je samovolné rozptylování částic v prostoru. Částice látky cestují z míst, kde je látky více do míst, kde je jí méně – viz obrázek 17. Přírozenou vlastností látek je, že pokud se její částice mohou pohybovat, rozptylují se do celého prostoru, kterého mohou dosáhnout, a postupně ve všech jeho částech vyrovnají svou koncentraci. Difuze probíhá především v plynných nebo kapalných směsích. Představte si například, jak se louhuje čaj z pytlíku, nebo jak se rozptýlí šťáva, kterou nalijete do sklenice vody. Podívej se na video znázorňující difuzi:

<https://en.wikipedia.org/wiki/Diffusion#/media/File:DiffusionMicroMacro.gif>



Obr. 17: Difuze

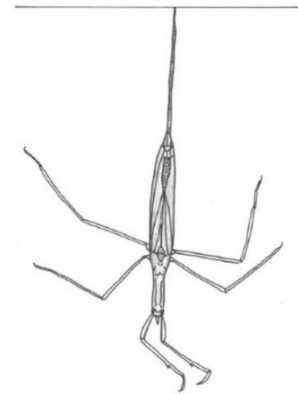
<https://en.wikipedia.org/wiki/Diffusion>

Malí vodní živočichové si často vystačí s kyslíkem, který prochází celým povrchem těla. I u vyšších bezobratlých, kde již jsou vyvinuty dýchací orgány, může hrát dýchání celým povrchem těla významnou roli. Sladkovodní máloštětinatci (**nitěnka obecná**) mohou využívat i střevní dýchání.

U většiny vodních měkkýšů se setkáváme s žaberním dýcháním, přičemž proudění vody v okolí žaber je zajišťováno (s výjimkou hlavonožců) pohybem řasinek nacházejících se na povrchu pláště a žaber.

Jednotlivé skupiny hmyzu jsou stavbou vzdušnic, uspořádáním stigmat (stigma = vyústění vzdušnic na povrch těla) a řízením dýchání dalekosáhle přizpůsobeny životním podmínkám, ať již jde o druhy suchozemské nebo vodní. Některé druhy vodního hmyzu si vytvářejí rezervu atmosférického vzduchu na spodní straně těla (**vodomil, znakoplavka**) či pod krovkami (**potápník**). U některých druhů dravých

ploštic (**splešťule, jehlanka**), které neplavou, je zajištěno vedení vzduchu do vzdušnic trubičkou na konci zadečku.



Obr. 17: Jehlanka válcovitá při dýchání (Hanel L., 2018)

Unikátní způsob využití vzdušného kyslíku nacházíme u pavouka **vodoucha stříbřitého**. Ten si nosí zásobu vzduchu mezi hustými chloupky porůstajícími tělo. Nejprve si upřede pod vodou pavučinu, kterou postupně naplní vzduchem, takže získá tvar zvonu. V něm pak probíhají veškeré jeho životní pochody jako příjem potravy a svlékání. Pro páření samice vytváří nový zvon, a pro vajíčka pak další, do něhož uloží kokon.



Obr. 18: Vodouch stříbřitý a jeho pavučinový ZVON (Hanel L., 2018)

5.2 Adaptace živočichů na potápění

Mnoho savců a ptáků má schopnost krátkodobě přežívat v místech, kde nejsou schopni přijímat kyslík, a poradí si i se zvýšeným tlakem vody, se kterým se setkají při potápění do velkých hloubek. V této kapitole si popíšeme některá jejich přizpůsobení k potápění. Další zajímavosti se pak dočtete v kapitole o hlubinné zóně moře. Příklady, jak dlouho vydrží někteří savci pod vodou na jedno nadechnutí, naleznete na následujícím odkazu:

<http://www.savci.upol.cz/teorie/rychlost.htm>

Při ponoření musí živočich dýchající plicemi samozřejmě řešit problém zásobování buněk kyslíkem. Dlouhodobé ponoření také způsobí velké nahromadění oxidu uhličitého v krvi. Zde je třeba podotknout, že to, co živočicha nutí nadechnout se, není nedostatek kyslíku, ale především nadbytek oxidu uhličitého v krvi.

Úspěšné přežití při ponoření závisí tedy jednak na schopnosti „zabránit potřebě se nadechnout“ a jednak na dostatečném přísunu kyslíku do orgánů, které jsou snadno jeho nedostatkem poškozovány (srdce, mozek). V této souvislosti dochází u ptáků, savců i jiných živočichů k potlačení dýchacích reflexů tak, že dojde-li k ponoření nozder, uzavřou se například pomocí svěracích svalů (kytovci) či speciálními chlopněmi (hroch). Aby bylo dodáno dostatečné množství kyslíku k mozku a srdci, došlo k adaptaci oběhového systému. U všech potápěčích se živočichů klesá po ponoření srdeční frekvence na 5–10 % klidových hodnot. Spolu se snížením srdeční frekvence nastává změna v krevním oběhu. Ten na jedné straně přednostně zásobuje životně důležité orgány, na druhé straně omezuje průtok v orgánech, které nedostatek kyslíku relativně snášejí (svaly končetin, kůže, střeva nebo ledviny). Další adaptace spočívá i v úsporném pohybu a ve schopnosti svalů pracovat na kyslíkový dluh.

Jedním z přizpůsobení je také schopnost navázat kyslík na barvivo myoglobin ve svalech a na hemoglobin v krvi. Zvířecí potápěči mají někdy i dvakrát větší množství krve na kilogram tělesné váhy, než má člověk. Často mají i velkou slezinu, ze které se při potopení uvolňují červené krvinky. Například u potápěčích se tuleňů stoupá díky tomu podíl červených krvinek v krevní plazmě až o polovinu během 10–12 minut potápění.

Když se živočichové dýchající vzduch chtějí potopit, je také výhodné vydechnout vzduch z plic, aby snížili vztlak (tedy zvětšili svoji hustotu). Toto přizpůsobení také zabraňuje dekompresní nemoci.

Dekompresní neboli kesonová nemoc souvisí s potížemi, kterými trpěli potápěči potápěčící se ve zvonu – kesonu. Keson si lze představit jako sklenici otočenou dnem vzhůru a ponořenou do vody. Vzduch v ní zůstává, ale čím je sklenice hlouběji, tím se v ní zvyšuje tlak vzduchu. Totéž se děje se vzduchem v plicích. Když se potopíme, zvýší se jeho tlak a všechny plyny obsažené ve vzduchu začnou

přecházet do krve. Problém je v tom, že dusík se vstřebává pomalu, což se projeví při vynořování, kdy by měl probíhat opačný proces. Při vynořování se dusík (a zbytek kyslíku) rozpuštěný předtím za vysokého tlaku začne kvůli poklesu tlaku vylučovat ve formě bublinek. Je to podobné, jako když otevřeme láhev s minerálkou. Jakmile zátka povolí, klesne v láhvi tlak a oxid uhličitý rozpuštěný ve vodě zašumí. Zatímco bublinky oxidu uhličitého dodají nápoji osvěžující chuť, bublinky dusíku mají na tělo neopatrného potápěče devastující účinky – mohou bránit průtoku krve v cévách s následnými nepříznivými důsledky pro mozek – bezvědomí, a plíce – embolie, či mohou způsobit až smrt.



Obr. 19: Jak může nastat kesonová nemoc

<https://breatheornot.wordpress.com/2013/04/21/the-bends-decompression-sickness/>

Potápějící se savci mají v plicích rovněž vzduch a tlak hlubin na ně působí stejně jako na člověka. Ukazuje se, že při dosažení určité hloubky (50 až 70 m) jejich plíce zkolabují a smrští se, čímž se z nich zcela „vyfoukne“ vzduch do málo stlačitelné prostorné průdušnice. Z plic by přecházel dusík do krve, avšak stěny průdušnice jsou pro tento plyn neprostupné, do krevního oběhu tedy nepřichází další dusík a jeho další rozpouštění v krvi a tkáních je tak potlačeno. Podobná situace je u ptáků, avšak jejich vzdušné vaky zasahují i do kostí, které jsou nestlačitelné, proto ani vzdušné vaky nelze zcela stlačit.

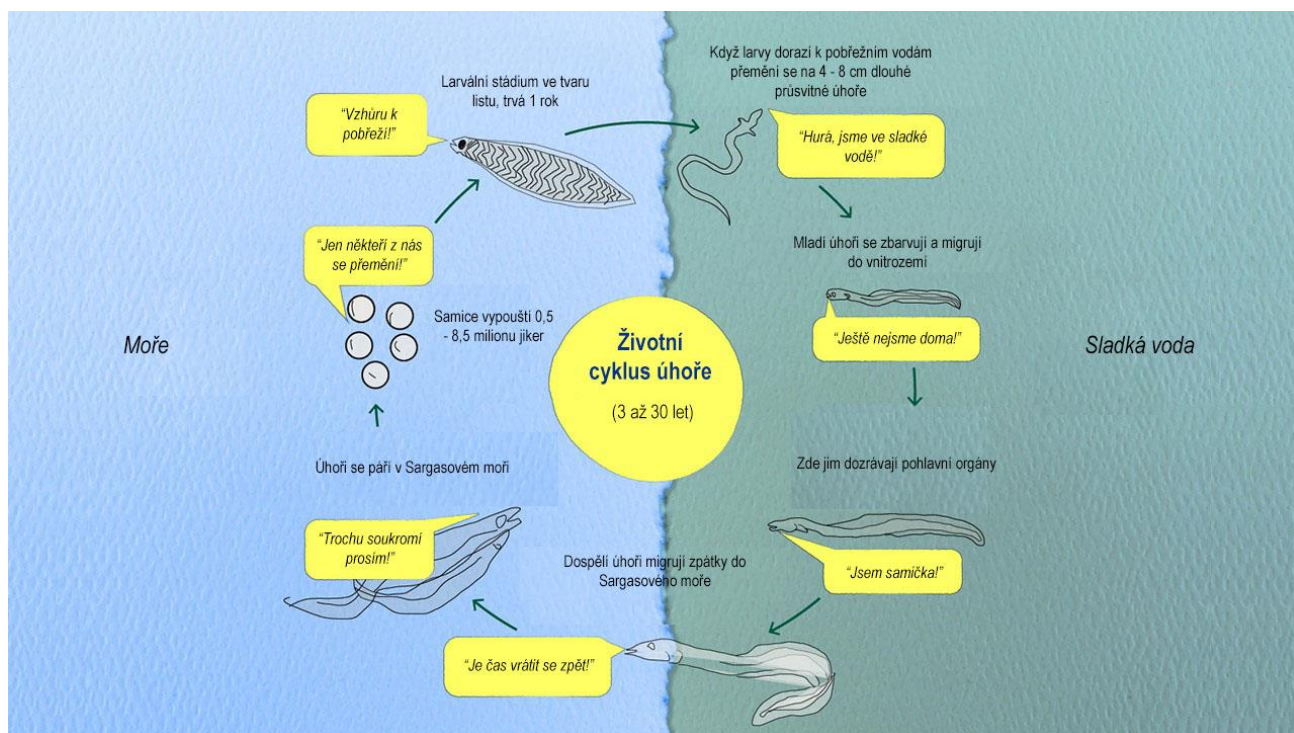
Za běžných podmínek tedy u těchto živočichů kesonová nemoc nehrozí. Může nastat jen ve výjimečných případech, kdy dojde k opravdu velmi rychlému vynoření.

6 Někdy je potřeba se přestěhovat – migrace

Migrace je hromadný pohyb jedinců téhož druhu určitým směrem z jednoho místa na druhé a zase zpátky (jedinec vždy nemusí vykonat celý cyklus). Potřeba migrovat je uložena v genetické výbavě jedince. Navíc ji může ovlivňovat mnoho dalších vlivů (změna počasí, výskyt predátora aj.). Nejčastěji se setkáme s dělením migrací podle jejich biologického účelu na migrace za **potravou**, kvůli **rozmnožování** a migrace do **bezpečí**. Je potřeba upozornit na to, že pro organizmy nemusí a často nejsou migrace takto jasně odděleny a zároveň, že jedinec může podniknout všechny výše zmíněné druhy migrace během svého života a to i několikrát. Migrace mohou trvat hodiny, dny nebo i roky, stejně jako mohou být na vzdálenost několika metrů nebo i mnoha tisíc kilometrů. Běžně se dočteme, že patrně nejdelší migraci vykonává tažný pták **rybák dlouhoocasý**, který dvakrát za rok překoná téměř polovinu planety – z Arktidy, kde vyvádí mláďata, táhne do Antarktidy a přitom urazí až 17000 km. Dále, že neméně pozoruhodné jsou i migrační projevy některých druhů ryb – například tahy lososů nebo úhořů na trdliště z míst svého narození. Nicméně nejrozsáhlejší migrace světa vykonávají organizmy, které každý den míří z chladných hloubek oceánů vzhůru do teplejších vrstev a za rozbřesku zase zpět (například kril, **vznášivky**, **medúzy** aj.).

6.1 Rybí migrace a jejich dělení

Jistě už každý z vás slyšel o dlouhých migracích lososů, kteří se vydávají na dalekou cestu z moří do velkých řek a dále do menších přítoků hluboko do vnitrozemí, kde se třou a následně (u některých druhů) pak tisíce dospělých jedinců v průběhu několika málo dní hynou. Stejně tak jsou dobře známé migrace úhořů opačným směrem z řek do oceánu a pak do Sargasového moře, kde ve velkých hloubkách dochází k jejich rozmnožování. Délky těchto migrací dosahují tisíců kilometrů a jsou ohromujícím přírodním divadlem. Skoro by se zdálo, že jsou zbytečným mrháním přírody, ale při hlubším poznání se jedná o velmi důmyslný mechanismus přežití jednoho druhu uprostřed nejrůznějších vlivů prostředí a konkurence dalších organismů.



Obr. 20: Životní cyklus úhoře říčního

<https://www.whoi.edu/image-of-day/mysterious-life-of-eels>

Člověk svou činností těmto rybám někdy migrace ztěžuje, či dokonce znemožňuje výstavbou přehradních nádrží a dalších vodních děl na řekách. Proto je často nutné stavět takzvané rybí přechody, které mají zajistit rybám přirozený pohyb při migraci.



Obr. 21: Rybí přechod na říčce Pšovka (vlevo) a na řece Colorado v USA (vpravo)

https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/6/60/Harasov_2977-1.jpg

https://cs.wikipedia.org/wiki/Ryb%C3%AD_p%C5%99echod#/media/File:John_Day_Dam_fish_ladder.jpg

Migrace mohou být **pravidelné** (cyklicky se opakující) – například ptačí tahy nebo pohyb fytoplanktonu k hladině a do hloubky – a **nepravidelné**, vyvolané různými změnami v prostředí, například přemnožením nebo zhoršením životních podmínek, jako je znečištění vody či úbytek potravy.

Podle způsobu pohybu migrujících jedinců rozeznáváme migrace **aktivní** a **pasivní**. Aktivní migrace vyžadují svalovou aktivitu jedinců, a tudíž určitý výdej energie. Výhodou aktivní migrace je možnost pohybu proti proudu a to i za poměrně silného proudění. Ryby mohou při aktivních migracích dokonce překonávat i příčné překážky – například **pstruh obecný** je při svých migracích v době tření schopen překonat skokem překážku až do výše více než 1 m. Pasivním migrantům nezbývá nic jiného než využít proudění vody. Nemohou si vybírat, ale zase nepotřebují k pohybu vydávat žádnou zvláštní energii.

Pasivní migrace jsou typické zejména pro nedospělá stádia ryb, která bývají z míst líhnutí z jiker unášena proudem a usazují se ve vyhovujících podmínkách. Proudění vody je typické nejen v tekoucích vodách, ale probíhá i ve vodách stojatých a v mořích. Mořských proudů využívá k migraci například plůdek **sledě obecného**, který je unášen mořským proudem a může tak urazit vzdálenost až 1 000 km, nebo larvy **úhoře říčního**, které využívají Golfského proudu k migraci ze Sargasového moře k evropským břehům (viz [video ČT – Planeta věda \(úhoř říční\)](#)).

Podle prostředí, do kterého ryby táhnou za účelem rozmnožování, rozeznáváme migrace **katadromní**, což znamená pohyb ze sladké vody do mořské (například již výše zmíněný **úhoř říční**) a **anadromní**, kdy ryby táhnou opačným směrem tedy z mořské vody do sladké (například **losos**).

Ryby, které migrují z řek do moří či naopak, musí řešit, jak přežít tak velké rozdíly v salinitě vodního prostředí. Kdyby všechny tyto ryby měly velkou toleranci ke kolísání koncentrace rozpuštěných solí, byl by problém vyřešen. Samozřejmě některé druhy to tak mají, ale velká část z nich ne. U těch pak jde o fyziologickou adaptaci. Například u lososa fyziologická adaptace spočívá ve změně hospodaření s ionty a vodou v průběhu životního cyklu. Tato změna se ovšem odehrává ještě v řekách, tedy dříve než ryby odplují do moře, což jim přináší nemalé obtíže (aby taky ne, když už jsou fyziologicky připravené na mořské prostředí a jsou stále ve sladké vodě). Naopak jim toto přizpůsobení ale umožní rychleji proniknout brakickou vodou do slané vody.

6.2 Migrace dalších vodních živočichů

Všichni jste jistě slyšeli o migracích mořských želv. Během svého života se vyskytují na místech, kde se rozmnožují, ale kde se moc nenažerou, protože je zde potrava vzácná, a na místech, kde je potravy dostatek. Mezi těmito územími, která mohou být vzdálena i tisíce kilometrů, želvy během života opakovaně putují.

Nejrozsáhlejší migrace, ať už je hodnotíme dle počtu jedinců nebo celkové biomasy, jsou migrace probíhající každodenně ve vodách oceánů a jezer. Nejruznější skupiny živočichů, počínaje planktonními filtrátory živícími se mikroskopickými řasami přes medúzy až po drobné ryby, zamíří za soumraku z chladných hloubek vzhůru do teplejších vrstev. Opačným směrem vyrážejí za rozbřesku – s přibývajícím světlem mizí zpět do temnějších hlubin, často o několik set metrů níže. Planktonní živočichové, o nichž se mnozí lidé domnívají, že se jen vznášejí ve vodním sloupci, tedy každý den aktivně překonávají vzdálenosti odpovídající několika tisícinásobkům délky vlastního těla.

V případě aktivně se pohybujících jednobuněčných organismů (nejčastěji migrují bičíkovci, například obrněnky) bývá hlavním motivem přesun mezi hlubšími vrstvami, kde je dostatek limitujících živin (fosforu a dusíku), a vrstvami blíže hladině, kde je světlo nezbytné pro fotosyntézu.

Migrace planktonních korýšů (například perlooček) má obvykle jednoznačný důvod – únik před predátory, kteří se orientují zrakem. V noci se k hladině tedy přesouvají nakrmit řasami, s příchodem dne se přesunou do hloubek, kde tolik nehrozí nebezpečí predace. Navíc u hladiny ve dne hrozí poškození UV zářením. Podobný důvod k migracím mají i dravci, například dravé druhy korýšů nebo menší ryby.

Někteří, například medúzy, často následují migrace své kořisti.

Za zmínku stojí také vertikální migrace **loděnký hlubinné**, která v noci hledá potravu v hloubkách kolem 200 m, zatímco ve dne se ukrývá před predátory v hloubkách kolem 700 m.

7 Jak se rostliny přizpůsobily vodnímu prostředí?

Adaptace (přizpůsobení) na vodní prostředí se vyskytla v průběhu evoluce cévnatých rostlin mnohokrát. Předkové vyšších rostlin v období starších prvohor postupně opustili vodní prostředí, ve kterém probíhal veškerý předchozí vývoj, uzpůsobovali se

k životu na souši (vznik zpevňovacích a vodivých pletiv – cévních svazků) a suchozemské prostředí osídlili. Vyšší (suchozemské) rostliny se vyvinuly ze společného předka. Některé druhy se pak do vodního prostředí **druhotně vrátily** (například předkové **leknínu bílého**).

Terminologie označení pro vodní a vlhkomilné rostliny se v různých zdrojích liší, proto pro účely biologické olympiády zavedeme následující pojmy. Ve vztahu vodě, jako životnímu prostředí si rostliny můžeme rozdělit na rostliny **vlhkomilné** (včetně tzv. bahenních), které nazýváme **hygrofyty** a rostliny **vodní**, které označujeme jako **hydrofyty**.

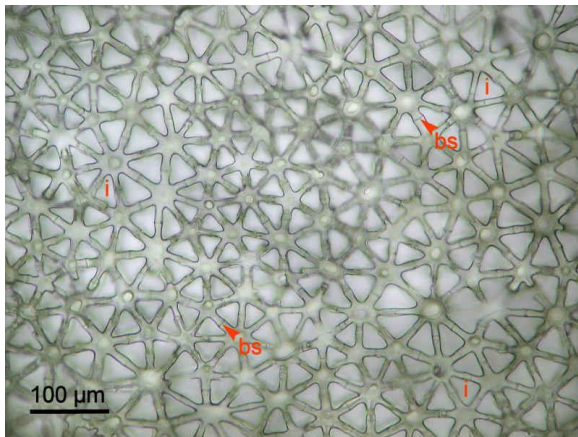
Často používaný je také název **vodní makrofyty** (což jsou vodní rostliny větších velikostí) a **vodní mikrofyty** (tedy řasy a sinice, kterým se věnuje obor algologie). Oproti suchozemským rostlinám obývají vodní rostliny rozdílné prostředí, které snižuje působení zemské přitažlivosti, brání vysychání rostlin a udržuje značnou teplotní stabilitu – ačkoli menší a mělké vodní plochy jsou většinou teplotně méně stabilní než vodní plochy velké a hluboké, rychle se prohřejí, ale také rychle vychladnou. Důležitými faktory jsou také zamrzání hladiny a vytvoření teplotní stratifikace (viz kapitola 4.1). Dalšími důležitými faktory limitujícími život vodních rostlin jsou světlo a chemismus vody. **Světlo** – ve vodě je často snížena ozáření prostřednictvím odrazu světla od hladiny a jeho pohlcení částicemi a rozpuštěnými látkami. Makrofyty se vyskytují pouze v zóně, kam proniká světlo, což je až několik desítek metrů. Existují ale i fotoautotrofní organizmy vyskytující se hlouběji, okolo 100–200 metrů, jedná se především o ruduchy (více viz kapitola 9.1.5).

Na rozdíl od suchozemských rostlin ovlivňuje vodní rostliny i **chemismus** – v nehybné vodě proudí rozpuštěné látky velmi pomalu, koncentrace rozpuštěných plynů (O_2 , CO_2) ve vodě je obecně jiná než ve vzduchu a závisí především na teplotě, dalším důležitým faktorem je pH (viz kapitola 4). Ve vodě je naopak rozpuštěno velké množství důležitých minerálních i organických látek, které se nevyskytují ve vzduchu.

7.1 Co udělal život ve vodě s vnitřní stavbou rostlin?

Vnitřní (anatomická) stavba těla vodních a vlhkomilných rostlin je zcela přizpůsobena jejich životnímu prostředí. V jejich základním pletivu jsou zvláště **silně vyvinuté mezibuněčné prostory** (interceluláry), ve kterých se hromadí nejčastěji vzduch. Tyto

prostory tvoří soustavu kanálků, které provzdušňují a zároveň nadlehčují ve vodě celé tělo rostliny. Takovým příkladem tenkostěnného pletiva s velkými, vzduchem vyplněnými prostory mezi buňkami, je **aerenchym**. Toto přeměněné parenchymatické pletivo má za úkol dodávat kyslík do podzemních orgánů rostlin nebo nadnášet různé rostlinné orgány. Najdeme ho například v řapících listů **kotvice** a **tokozelky nadmuté**, takzvaného **vodního hyacintu**, listech **sítiny** atd. U vodních rostlin se opěrná (mechanická) pletiva vyvíjejí jen málo. Proto většinou ponořené vodní rostliny po vytažení z vody mají listy i lodyhy chabé a zplihlé. Ve stoncích vodních rostlin jsou cévní svazky zpravidla redukovány na jediný, který probíhá středem stonku.



Obr. 22: Aerenchym dřeně stonku sítiny sivé (vlevo) a stonku vachty trojlisté (vpravo)
i = intercelulára, bs = buněčná stěna

http://worldofplants.net/wp-content/uploads/2018/01/Akvarijn%C3%AD_rostliny_adaptace_rostlin_web_m.pdf

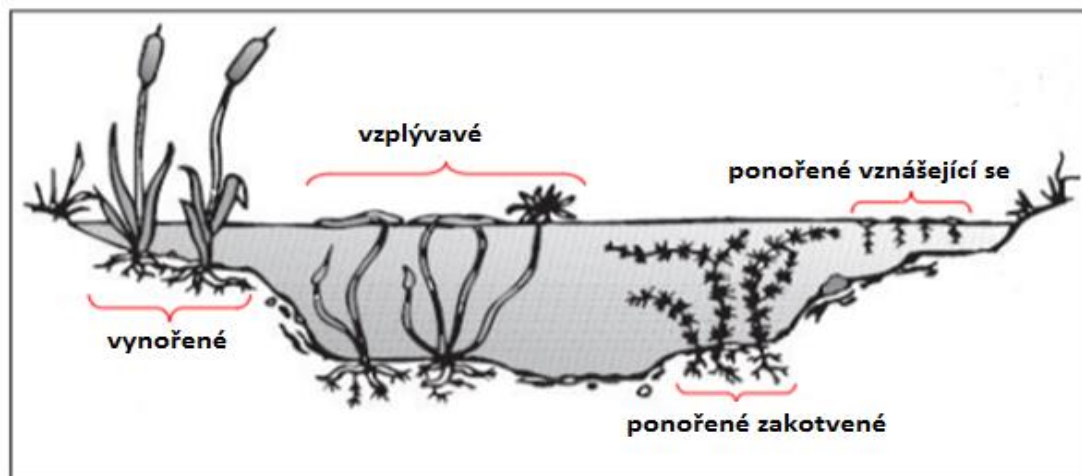
7.2 A co vnější stavba těla vodních a vlhkomilných rostlin?

Morfologické rozdíly u vodních a vlhkomilných rostlin souvisí s tím, jak rostliny využívají vodní sloupec. Jedná se tedy o rostliny:

- ponořené
- vzplývavé, tj. s listy plovoucími na hladině a kořeny v bahně
- vynořené, tj. s listy vynořenými nad hladinu a kořeny v bahně

Odborné názvy rostlin podle využití vodního sloupce:

- ponořené = **submerzní** rostliny
- vzplývavé, tj. s listy plovoucími na hladině a kořeny v bahně = **natantní** rostliny
- vynořené, tj. s listy vynořenými nad hladinu a kořeny v bahně = **emerzní** rostliny



Obr. 23: Členění rostlin podle vztahu k vodě

<https://www.natur.cuni.cz/biologie/ucitelstvi/nabidka/materialy-pro-ucitele/bahenni-rostliny/podzim-zak.pdf>

7.2.1 Ponořené rostliny

mohou být vznášející se (například **okřehek trojbrázdý**, **růžkatec ponořený**) nebo zakotvené v bahně (například **stolístek klasnatý**, **žebrotka bahenní**, **vodní mor kanadský**, **rdest** (některé druhy)). Cévní svazky ponořených rostlin bývají zakrnělé nebo silně redukováné. Tyto rostliny mají jemné kořínky s kořenovými vlásky. Někdy se však kořeny nevyvíjejí vůbec – například chybějí u **růžkatce** a **bublinatek**. Látky přijímají celým povrchem těla, mají velmi tenkou kutikulu (u některých může kutikula úplně chybět), povrch těla zvětšují jemným dělením listů až na nitovité úkrojky. Častá je absence průduchů, vyvinut je aerenchym.



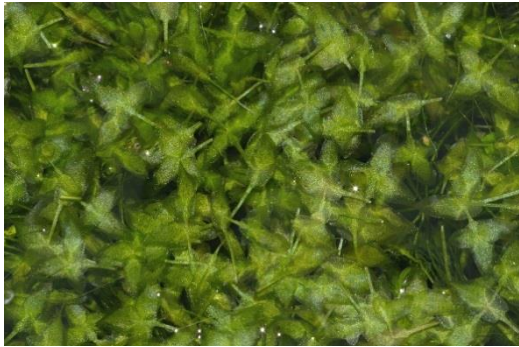
Obr. 24: Žebrotka bahenní

<https://www.zahrada-cs.com/foto/cz/30332/>

https://rybicky.net/atlasrostlin/elodea_canadensis



Obr. 25: Vodní mor kanadský



Obr. 26: Okřehek trojbrázdý

Obr. 27: Stolístek klasnatý

<https://www.biolib.cz/cz/image/id162984/>
<https://www.biolib.cz/cz/image/id153135/>

7.2.2 Vzplývavé rostliny

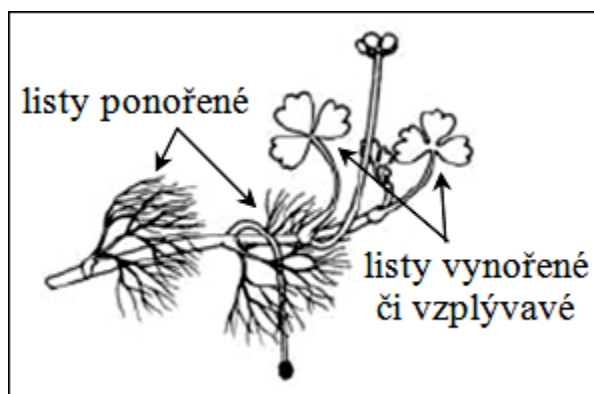
Listy na hladině mají nejčastěji **okrouhlý tvar s rozšířenou čepelí**. Nasazení řapíku se posouvá více do středu listu, což je nejvýhodnější umístění, neboť listy musí být schopny vzdorovat vlnobití, silnému dešti atd., aniž by došlo k jejich odtržení. Z uvedených důvodů u této skupiny prakticky neexistuje dělený typ listu a obvyklý je celistvý okraj listu. U největších forem (rod **viktorie**) je navíc okraj listů zahnut vzhůru, takže je schopen lépe odolávat vlnám. Listy jsou **pevné a kožovité s paprščitou žilnatinou**. Hlavní cévní svazky vystupují na spodní straně listové čepele a vytvářejí jakási zpevňovací žebra. Jako obrana proti smáčení je horní povrch listů hladký s voskovou vrstvou kutikuly, anebo hustě posetý trichomy (chloupky) zadržujícími vzduch. **Průduchy bývají vyzdviženy nad úroveň vlastní pokožky**, což usnadňuje transpiraci (výdej vody rostlinou v plynném stavu). Ve velmi vlhkém vzduchu tyto rostliny často vylučují vodu v kapalném stavu. Typické pro ně je rychlé vadnutí na suchém vzduchu.

Zástupci vzplývavých rostlin jsou kořenující – **lakušník, stulík, leknín, rdest vzplývavý**, a plovoucí – **nepukalka plovoucí, okřehek menší**.

Na výšku vody většina vodních rostlin reaguje velmi pružně a citlivě změnou tvaru, a tak **stejný druh často vytváří více přechodných forem**. Po vypuštění rybníků a vyschnutí tůní rostou ještě na vysychajících plochách lekníny, stulíky a rdesty. Často tvoří mezi rozpukánými políčky bahna a v trhlínách zakrslé, tzv. hladové formy.

V tropech, kde se pravidelně střídá doba dešťů a doba sucha, nastává v důsledku pravidelného vysychání vody obnažování celých obrovských ploch jezer. Rostliny zde přetrvávají ve vyschlém bahně a v korytech řek jen v oddencích a hlízách – například (africké a australské) druhy **kalatek** a **lekníny**.

Také naše rostliny reagují na změny a výkyvy výšky vodního sloupce, například změnou tvaru listů. **Šípatka vodní** vytváří během růstu tři typy listů a přechodné formy mezi nimi. První listy jsou dlouhé, úzké, pentlicovité, ponořené pod vodu, další mají čepele vzplývavé na hladině a nakonec se vytvářejí úplně vynořené střelovité listy. Tento jev označujeme jako různolistost – heterofylii. Rostlina má tedy více různých typů listů, a to buď postupně v průběhu vývoje (viz šípatka) anebo současně na různých částech těla díky přizpůsobení se prostředí – **rdest**, **kalatka**, **lakušník**.



Obr. 28: Lakušník vodní vytváří lupenité listy plovoucí na hladině (nebo u suchozemských forem), čepele jsou na obrysu ledvinité, 3–7laločné. Ponořené listy mají niťovité úkrojky.

<https://www.natur.cuni.cz/biologie/ucitelstvi/nabidka/materialy-pro-ucitele/bahenni-rostliny/podzim-zak.pdf>

<https://botanika.wendys.cz/index.php/14-herbar-rostlin/121-batrachium-peltatum-lakusnik-stitnaty>



Obr. 29: Heterofylie – vlevo kalatka, vpravo rděst vzplývavý

http://www.akvaportal.cz/index.php?clanek=soubory/atlasrostlin&id_obr=98&id_gal=1

http://plantillustrations.org/illustration.php?id_illustration=108954&SID=0&mobile=0&code_category_taxon=9&size=1

Jiným faktorem, který působí na utváření stavby těla vodních rostlin, je **proudění vody**. Některé rostliny, například lekníny, je nesnášejí vůbec a vyskytují se v klidných zátočinách.

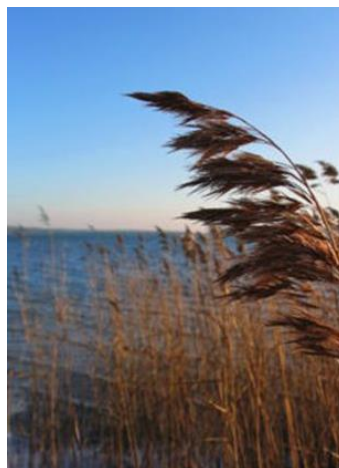
7.2.3 Vynořené rostliny

Tyto rostliny mají mnohé znaky podobné stavbě ponořených vodních rostlin a současně také znaky suchozemských rostlin. Musely se přizpůsobit jak podmínkám vodního prostředí (kořeny a mladé listy), tak podmínkám prostředí suchozemského (květy a již vyvinuté listy). Obvyklé rysy těchto rostlin jsou: rozvoj aerenchymu, ztráta trichomů, ztenčování listů, redukce kutikuly, snížení počtu průduchů ve srovnání se suchozemskými rostlinami, vyvinutý mohutný kořenový systém.

Zástupci vynořených rostlin jsou například **rákos obecný**, **orobince**, **chrastice rákosovitá**, **zblochan vodní**, **šmel okoličnatý**, **kosatec žlutý**, různé druhy **ostřic**, **karbinec evropský**, **vachta trojlístá**, **d'áblík bahenní** a další.



Obr. 30: Orobinec úzkolistý



Obr. 31: Rákos obecný

Fotografie vodních rostlin najdete také zde:

<https://docplayer.cz/16594346-Makrotyta-vyssi-rostliny.html>

nebo zde <https://slideplayer.cz/slide/3966894/>

8 Rozmnožování vodních rostlin

8.1 Pohlavní rozmnožování

V této kapitole uvedeme některé příklady rozmnožování vodních rostlin.

Sladkovodní rostliny řeší problém s opylováním květů poměrně jednoduše: květ většinou vysunou nad hladinu a zpřístupní ho tak nejen větru, ale také včelám, motýlům a dalším létajícím opylovačům. Pyl může být přenášen také vodou (hydrogamie). Je to způsob opylování zejména u ponořených rostlin kvetoucích pod vodou (**růžkatec ponořený**). Tyto rostliny mají redukované květní obaly, často rostou pospolitě a kvetou ve stejné době (vyšší pravděpodobnost opylení).

Dále pak rostliny řeší problém se stabilitou vynořeného květu nebo květenství, protože je potřeba květy nadnášet. Bylo tedy nutné přizpůsobit vegetativní části – například seskupit plovoucí listy do blízkosti květenství, zkrátit články stonku, posílit listové přesleny podpírající květenství apod.

Mořské rostliny mají pohlavní rozmnožování složitější – často je nad nimi tak vysoký vodní sloupec, že by k hladině nedosáhly a nad ní stejně mnoho hmyzu nelétá. Hlavním opylovačem jsou pro kvetoucí mořské rostliny mořské proudy, které unášejí pylové částice. Existují však tvorové, kteří přenášejí pyl z květu na květ i v oceánech. Nejedná se ovšem o hmyz, ale o drobné zástupce planktonu. Nejčastějšími opylovači jsou larvy krabů (larva kraba = zoëa) a drobní mnohoštětinatci. Tyto opylovače využívá **vocha**, známá jako "mořská" nebo "želví tráva". Je to dvoudomá rostlina a přenos pylu je proto závislý na dalších organismech.

Za přenos pylu nabízí mořská tráva svým opylovačům potravu – sladký a výživný sliz, jímž jsou pylová zrna obalena. Sliz je ovšem také lepkavý. Mnohá zrna se proto přilepí na různé výběžky a nerovnosti na tělech korýšů či jiných bezobratlých, kteří je pak přenášejí dál.



Obr. 32: Larvy mořských krabů a mnohoštětinatců opylují vochu („mořskou trávu“).

<https://www.abicko.cz/clanek/precti-si-priroda/21226/kvety-pod-vodou-opylovani-na-morske-louce.html>

Zajímavostí je, že některé vodní rostliny mají dokonalé systémy zpoždění klíčení a načasování na optimální období a na vhodnou fázi vodního prostředí. Extrémně dlouhá životnost byla zjištěná u semen **lotosů** – až stovky let.

8.2 Vegetativní (nepohlavní) rozmnožování

Vegetativní rozmnožování je nejčastějším způsobem rozmnožování vodních rostlin. Je realizováno hlavně formou rozpadu rostliny na části. Je oproti pohlavnímu rozmnožování vysoce účinné s minimem vynaložené energie. Vodní rostliny mají málo mechanických pletiv a jsou tedy náchylnější k narušení těla a rozdělení na více samostatných částí. Každá takto oddělená část může dát vznik nové rostlině. Nejčastěji se takto množí například **vodní mor**, **stolístek**, **růžkatec**, **závitka**, **okřehek** nebo **bublinatka**.

Vlhkomilné rostliny rostoucí v bahně, například **orobinec**, **zblochan**, **rákos**, pak vytváří dlouhé plazivé **oddenky**, kdy mateřská rostlina je obvykle na stejném místě a z něho se šíří do okolí. Odumřením mateřské rostliny se postupně dceřiná rostlina osamostatňuje (**skřípina**, **žabníček**, **pobřežnice** apod.).

Různé oddenky mají tendenci vytvářet místní ztluštění, které slouží jako zásobní orgány. Některé **lekníny**, nebo například **šípátky** také vytváří na koncích oddenkových výběžků **velké hlízy**, které zůstávají „spící“ a následující sezónu obnovují růst. Mnohé vodní rostliny však přezimují také pomocí **turionů**, které začne rostlina vytvářet s nadcházejícími méně příznivými klimatickými podmínkami (zpravidla zima, ale může to být někdy i sucho aj.). Jedná se vlastně o specializovaný vrchol prýtu (= nadzemní část rostliny), který je bohatě zásoben živinami, například škrobem a jinými sacharidy. Po odumření mateřské rostliny se turiony osamostatňují a klesají na dno, kde je teplota vody kolem 4 °C, tak zde mohou snadněji přezimovat. Turiony některých druhů rostlin mohou snášet i dlouhodobější vyschnutí. Na jaře, když se voda dostatečně prohřeje, turiony zakoření a vyrostou z nich nové rostliny.



Obr. 33: Turion stolítku přeslenitého

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Myriophyllum_verticillatum_turion.jpeg



Obr. 34: Turion rdestu kadeřavého

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Potamogeton_crispus_ueberdauerungsform.jpeg

8.3 Šíření plodů, semen a semenáčků

Vodní rostliny nejčastěji rozšiřují svá semena a plody pomocí vody. Takovému šíření říkáme **hydrochorie**. Plody či semena mají schopnost po určité období plavat. Je to dané buď bobtnáním semen či plodů, přítomností voskové vrstvy na povrchu nebo přítomností povrchových struktur zadržujících vzduch, jako například u nažek **žabníku jitrocelového** a **olše lepkavé**, které mají na povrchu vrstvu buněk obsahujících velké množství vzduchu. Podobně to mají semena **blatouchu bahenního** nebo **stulíku žlutého**. V tropech je přizpůsoben šíření vodou známý **kokosový ořech** s pevnou tvrdou skořápkou, kterou obklopuje vrstva vláken vzdušného pletiva.

Málo rozšířená je **anemochorie** (šíření plodů a semen větrem, například **olše**, **vrba**, **topol**), častější je **zoochorie** (šíření plodů a semen živočichy), například semena **stulíku**, **rdestu** nebo **žabníku jitrocelového** šíří ryby v trávicím ústrojí.

Šíření vodou jsou někdy také přizpůsobena semena suchozemských rostlin, například nažky pryskyřníku plazivého plavou, protože jsou na povrchu síťkované a v mikroskopických rýhách udržují drobné vzduchové bublinky.



Obr. 35: Souplodí nažek žabníku jitrocelového



Obr. 36: Nažky pryskyřníku plazivého

http://www.jvsystem.net/app19/FotoBrowser.aspx?pk=10663&fk=10018&lng_user=1
https://cs.wikipedia.org/wiki/Souplod%C3%AD#/media/File:Alisma_plantago-aquatica_fruit_1.jpg

9 Živočichové a rostliny v různých vodních prostředích

9.1 Oceány a moře

Prostředí oceánů a moří můžeme rozdělit do několika zón: přílivové, pelagické, benthické a hlubinné. Přílivová zóna má dno nejčastěji písčité (měkké) nebo skalnaté

(tvrdé). Žijí zde hlavně řasy, plži, mlži a menší druhy ryb. Pelagická zóna zahrnuje volné moře, najdeme zde organizmy od velikosti mikroskopického planktonu až po organizmy velkých rozměrů jako jsou kytovci. Bentická zóna zahrnuje mořské dno a nejnižší vrstvu vody nad ním. Najdeme zde například houbovce (neboli živočišné houby), žahavce – například sasanky, větevníky a jiné korálnatce, hvězdice, sumýše a jiné ostnokožce, kroužkovce, měkkýše nebo ploštěnce. Hlubinná zóna je specifická jednak nízkou teplotou a hlavně nedostatkem světla, proto se zde vyskytují zcela specifické organizmy.

9.1.1 Přílivová zóna

Život na pobřeží je ovlivňován střídáním přílivu a odlivu více než jakýmkoli jiným činitelem. *Zopakuj si, proč dochází k přílivu a odlivu například na odkazu:*

<http://www.menhouse.eu/menhouse-clanek-1795-Cestovani-Jak-vznika-priliv-a-odliv>

Organizmy zde žijící část dne tráví pod vodou a část na vzduchu, což na ně klade velké fyzické nároky. Musí odolávat vyschnutí, dochází zde k velkému kolísání teploty (až několik desítek stupňů během jediného dne), mění se také potravní nabídka. Pojdme se podívat, jakými organizmy jsou osídlena pobřeží a jak se vypořádávají s těmito výzvami.

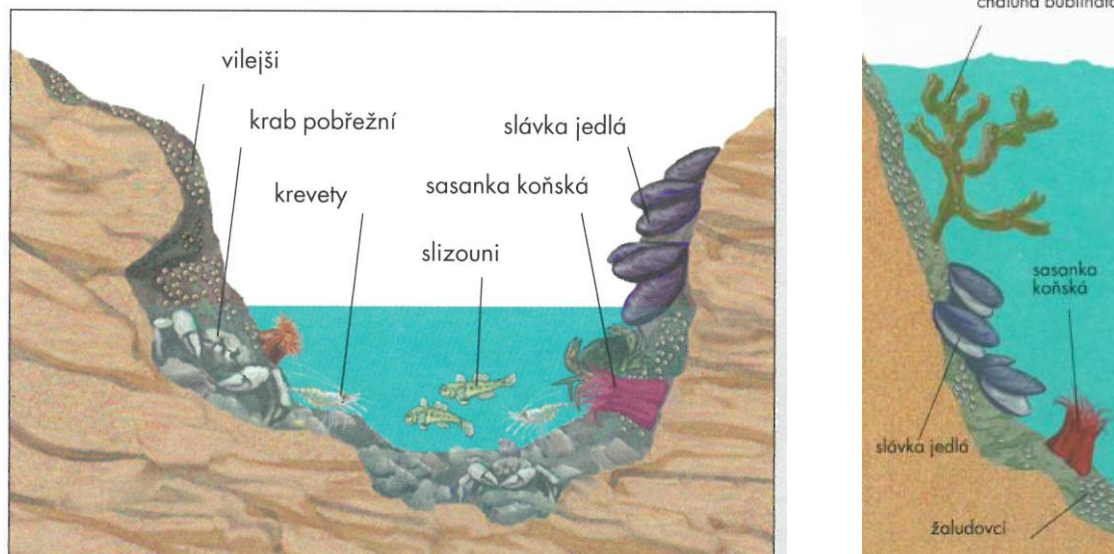
Tvrdá – skalnatá pobřeží jsou zpravidla osídlena pouze na svém povrchu, osídlení pod povrchem je zde totiž obtížné. Organizmy zde žijící jsou označovány jako epifauna a epiflóra (epi = na povrchu). Snadno se zde uchytí řasy, ale poměrně nesnadno cévnaté rostliny. Mezi přizpůsobení, která se zde organismům hodí, patří schopnost pevně se uchytit a výhodou je také pevná schránka. Organizmy, žijící blízko zóny maximálního přílivu, bývají velmi dobře přizpůsobeni vysychání a životu na vzduchu, ale jejich hlavní nevýhodou je to, že jsou při odlivu velmi vystaveni působení suchozemských predátorů.

Řasy se přichycují ke skalám sítí silných výběžků podobných kořenům. Z živočichů zde žijí převážně plži a mlži, kteří jsou chráněni schránkou (každý jistě viděl při zkoumání skal na pláži mořského plže **přilipku**, která využívá silnou svalnatou nohu jako přísavku) nebo také **svijonožci** (patřící mezi koryše, například **vilejš**, který vyvinul mnohem silnější lepidlo, než dokážou vyrobit mnohé obchodní společnosti). Mlži se přichycují k podkladu silnými bílkovinnými vlákny, která vytváří speciální žláza v jejich svalnaté noze (byssová žláza). Schopnost uchycení k podkladu mají

dokonce i některé ryby, například **hlaváči**, jejichž břišní ploutve jsou srostlé a přeměněné v přísavku.

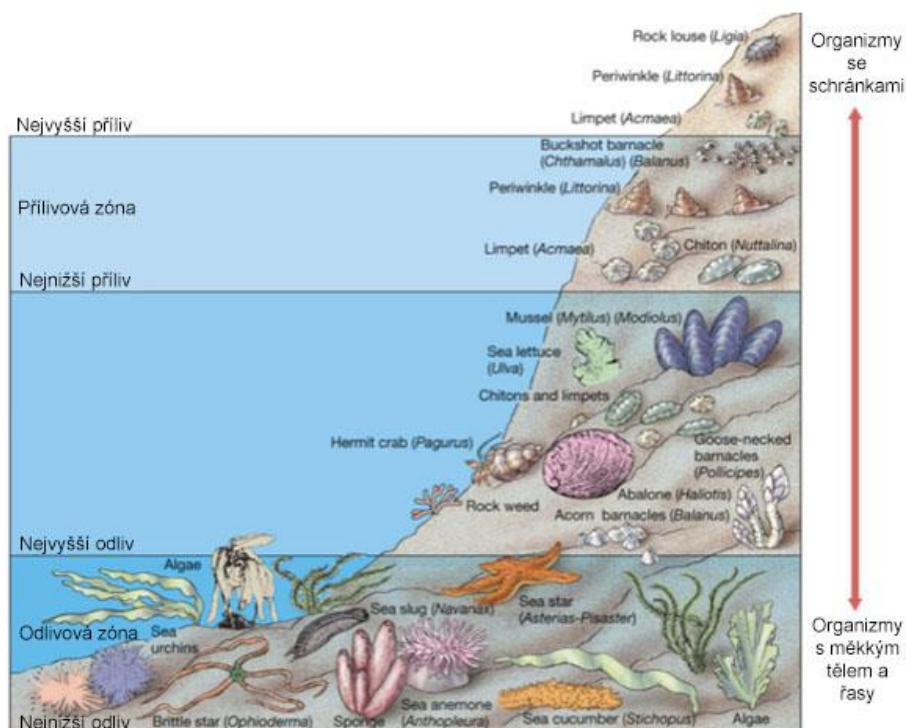
Při přílivu živočichové otvírají své schránky a filtrují potravu, při odlivu se musí uzavřít, protože jsou ohroženi vyschnutím. **Chroustnatky** mohou přežít ztrátu 75 % vody z tělních tkání, **chaluhy** dokonce až 90 %. Před přehřátím mohou organismům pomoci světlé barvy, například plži **surmovky** mají kromě hnědé také bílou formu, takže v místech, kde je riziko přehřátí větší, převládají bílé surmovky. Některé organismy přežívají odliv v přílivových tůňkách, kde nedochází k tak velkým výkyvům teplot, nebo v různých úkrytech.

Čím dále od zóny maximálního přílivu, tím méně jsou organismy přizpůsobeny vysychání a životu na vzduchu. Nejsou tolik ohroženy predátory lovcími na pobřeží. Ve střední přílivové zóně se setkáme s dalšími měkkýši jako je například výše zmíněná **chroustnatka**, **slávka**, **ušeň**, ale také s kraby a řasami (například **porost locikový** nebo různé druhy chaluhy jako je **chaluha bublinatá**, a ruduch). V nejnižší přílivové zóně žije mnoho ostnokožců (jako **hvězdice**, **sumýši**, **ježovky** a **hadice**), **sasank** (ze skupiny žahavců) a **houbovců** a vyskytuje se zde i mnoho druhů řas.



Obr. 37: Příklady organismů v přílivové tůňce a na skalnatém pobřeží.

Modrá planeta, str. 68–69



Obr. 38: Skalnaté pobřeží – obrázek různých druhů obývajících skalnatá pobřeží je pouze ilustrativní (Thurman, H.V., Trujillo, A. P., Oceánografie, Praha, Computer Press, 2005)

Naproti tomu měkká – písčité nebo jílovité pobřeží jsou obvykle osídlena jak na povrchu (epifauna), tak i pod povrchem (endofauna; endo = v, uvnitř). Řasy se zde uchycují obtížně, naopak cévnaté rostliny pomocí kořenů lépe. Na hranici přílivu mohou růst slanomilné rostliny jako **slanorožec** nebo **solnička**, bez poškození přežijí příležitostné zaplavení. Mnoho živočichů se zde zahrabává do písku, mohou tak snadno přežít i odliv. Často se jedná o filtrátory, kteří se živí drobnou potravou, kterou přináší voda. V zahrabávání je mistrem například mnohoštětinatý kroužkovec **pískovník rybářský**, který se živí podobně jako naše žížala – polyká písek nebo bahno, ze kterého stráví organické látky a zbytek vyvrhne. Na 1 m² najdeme až 70 pískovníků! Zahrabávají se i další mnohoštětinatí kroužkovci a z měkkýšů zejména mlži (jistě jste si u moře sebrali lasturu **srdcovky**). I přes zahrabávání jsou mnozí obyvatelé písčitých pobřeží uloveni predátory, k nimž patří zejména krabi (třeba **krab houslista**) a ptáci – například **jespák písečný**, **ústřičník**, **koliha** nebo **vodouš**.



Obr. 39: Vodouš



Obr. 40: Korýš ze skupiny různonožců typických pro písčité pobřeží.

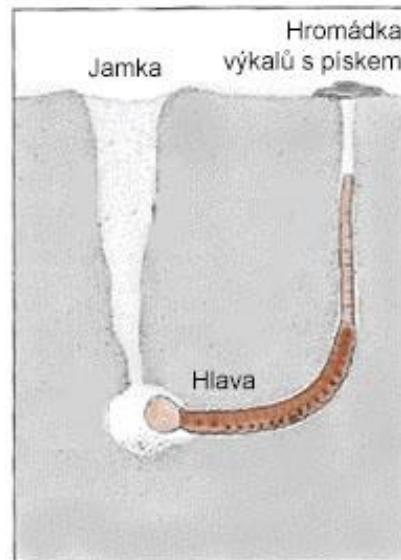
<https://www.biolib.cz/cz/taxonimage/id293402/?taxonid=86368>

<https://www.biolib.cz/cz/taxonimage/id28817/?taxonid=136883>

V mělké vodě žijí různí drobní korýši, mnoho druhů mlžů (například **střenka**, která se také často zahrabává do písčitého dna), dále **sasanky** a **ježovky**. Při přílivu mlži zahrabaní v písku vysunují své sifony (rourkovité výrůstky) do vody, aby zachycovali částičky potravy. Musí však být opatrní, protože ryby, například **platýs**, se snaží sifony měkkýšů okusovat. Trvale ponořena ve slané vodě roste „mořská tráva“ **vocha mořská**, nesnáší vyschnutí.

Zajímavý je původ měkkých pláží. Tam, kde je působení vln méně intenzivní, vzniká bahnitá pobřeží, činnost velkých vln vytváří písčné pláže. Ve vyšších zeměpisných šířkách (tj. v subtropích, mírném a subpolárním pásmu) jsou písčné pláže z nerostů, převážně z křemene. Bílé písčné pláže tropů jsou živočišného původu – tvoří je rozdrčené schránky korálů a jiných živočichů a trus živočichů požírajících korály.

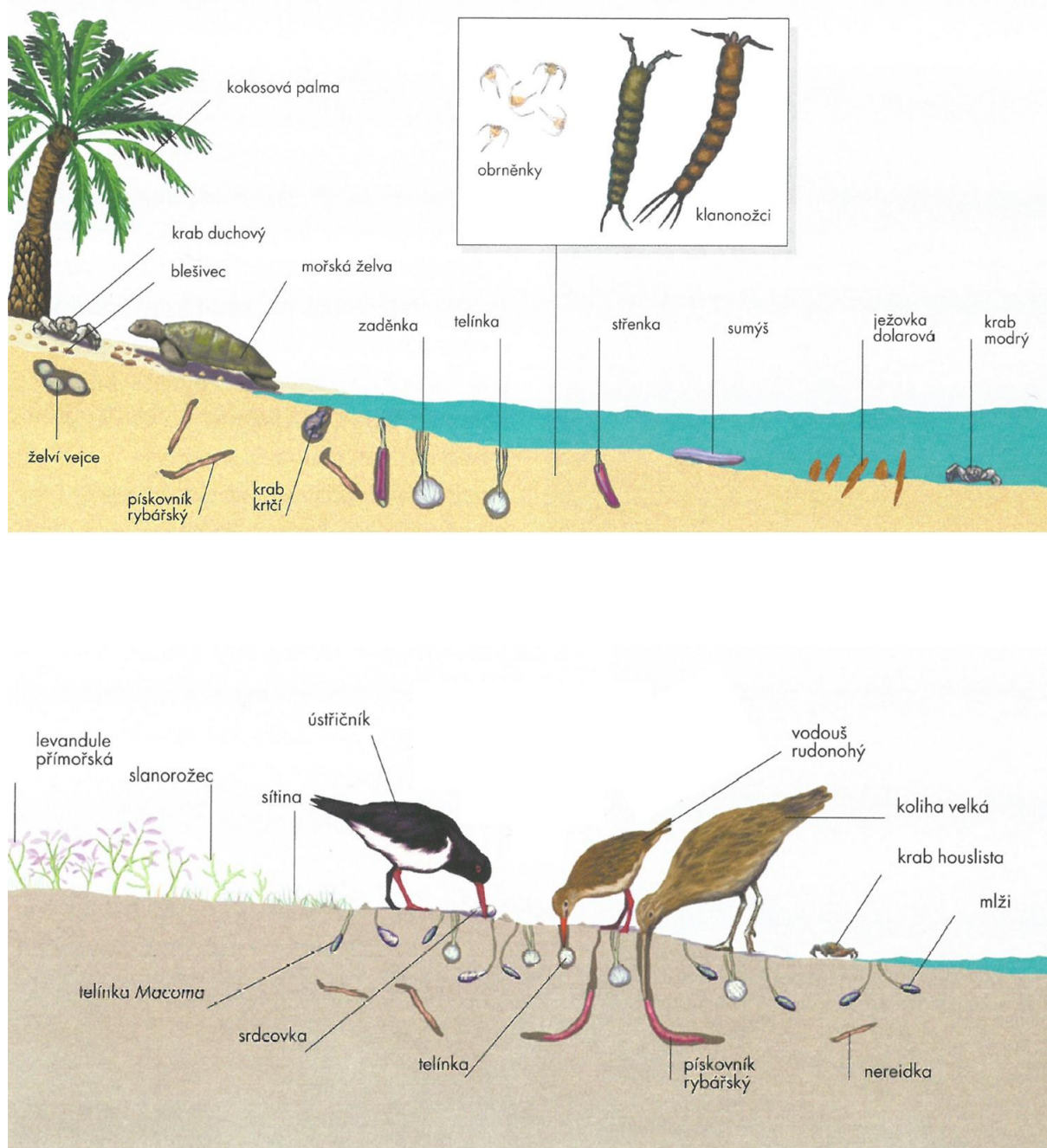
Výskyt živočichů je také významně ovlivněn velikostí zrn. Hrubé písky ztrácejí vodu rychleji než bahno, proto je na písčných plážích relativně méně živočichů než na bahnitých. V bahně je ale obvykle nedostatek kyslíku, proto si živočichové zde žijící museli vytvořit nějaký účinný způsob získávání kyslíku. Mlži například používají výše zmíněné sifony, které vysunují nahoru, **pískovníci** si vyhrabávají chodbičky ve tvaru písmene U a to jim zaručuje trvalé proudění vody, kterou navíc pohánějí štětky na povrchu těla.



Obr. 41: Pískovník má do chodbičky ve tvaru U dva vchody: jedním otvorem proudí dovnitř voda, druhým vyvrhuje ven písek, který prošel jeho zažívacím ústrojím.

<https://www.planetseafishing.com/lugworm-explained/>

<http://www.asnailsodyssey.com/LEARNABOUT/POLYCHAETA/lugworm.php>



Obr. 42: Příklady živočichů na písčitém pobřeží. Modrá planeta, str. 69

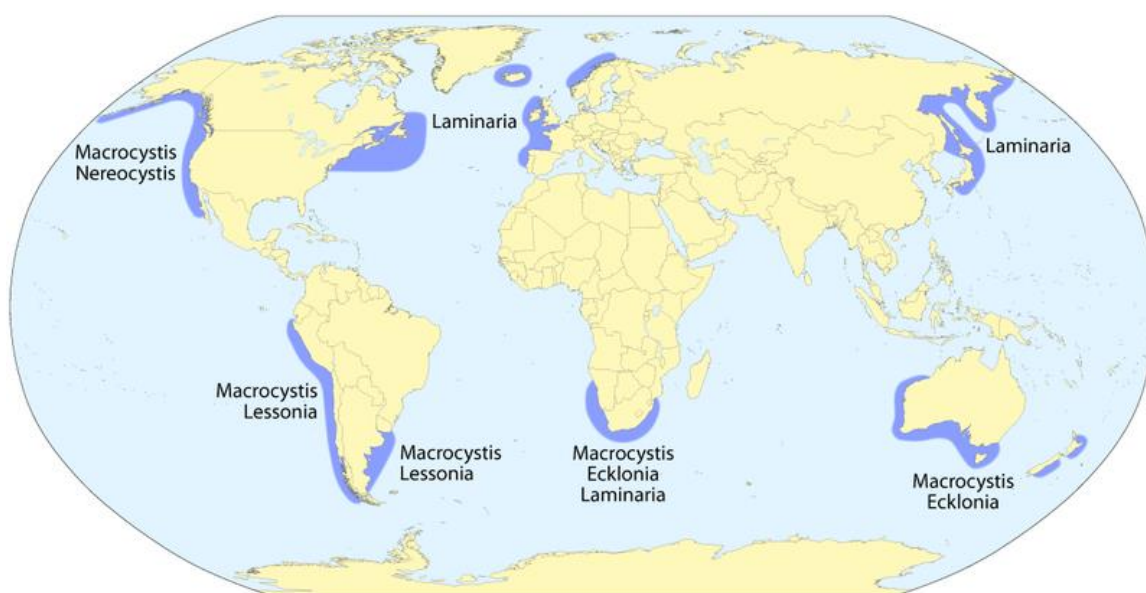
9.1.2 Život v mělkých mořích – kelpové lesy

V mělkých oceánech často najdeme rozsáhlé porosty hnědých řas ze skupiny **chalu**, takzvané kelpové lesy. Tyto řasy potřebují chladnější vodu (o teplotě mezi 6 a 14 °C) bohatou na živiny. Jsou závislé na dostatku světla, proto kelpové lesy najdeme v hloubce maximálně 40 metrů, častěji méně. Chaluhy rostou velmi rychle, některé druhy mohou vyrůst až o půl metru denně a dorůstají délky až 80 metrů.

Jedná se celosvětově o asi 27 rodů chaluh, nejčastější jsou **čepelatka** a hlavně **bobulák**. Potřebují pevné ukotvení, jsou to obyvatelé skalnatého dna. Stélky se vznášejí ve vodě pomocí měchýřků naplněných plynem. Kelpové lesy poskytují potravu i úkryt tisícům druhů živočichů i řas, je to ekosystém s vysokou biodiverzitou. Za takzvaný klíčový druh kelpových lesů na pacifickém pobřeží USA je považována vydra mořská. Reguluje totiž populace ježovek, pro něž jsou chaluchy hlavní potravou. Tělo ježovek je chráněno pevnou vápnitou schránkou s ostny, často i jedovatými. Vydra jako jeden z mála predátorů dokáže ostny olámat a schránku rozbít pomocí kamenů. V místech, kde v minulosti došlo k vyhubení vyder, protože byly loveny pro kožešinu, se ježovky přemnožily a přeměnily území bývalého kelpového lesa na pustinu. Více čtete v článku:

<https://www.abicko.cz/clanek/precti-si-priroda/13316/podivuhodna-zvirata-mohou-vydry-zachranit-planetu.html>

Je však pravda, že v některých kelpových lesích se ježovkami živí i jiní predátoři, například ryby z čeledi pyskounovitých, některé langusty a hvězdice u pobřeží Kalifornie.



Obr. 43: Výskyt kelpových lesů (*Macrocystis* – bobulák, *Laminaria* – čepelatka)

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Kelp_forest_distribution_map.png

Ponořte se jako potápěči do moře a prozkoumejte kelpový les:

<https://www.youtube.com/watch?v=GcbU4bfkDA4>

Jak důležité jsou vydry mořské pro kelpový les:

<https://www.youtube.com/watch?v=K5tMr-7RYsg>

9.1.3 Pelagická zóna

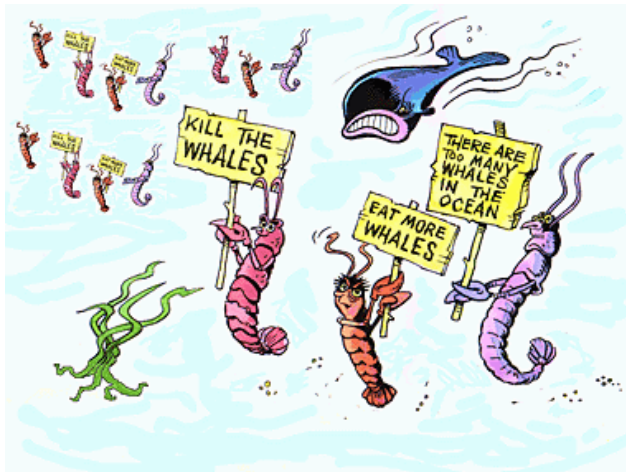
Pelagická zóna je zóna otevřeného moře. Organismy obývající tuto zónu se dělí podle schopnosti aktivního pohybu na **plankton** a **nekton**.



Obr. 44: Plankton

<https://ekolist.cz/cz/zpravodajstvi/zpravy/cesti-vedci-mapuji-mikrosvet-morskeho-planktonu>

Planktonní organismy se vznášejí ve vodním sloupci více či méně pasivně, a pokud mají schopnost aktivního pohybu, nestačí jejich síly překonávat mořské proudy nebo velké vzdálenosti. Tyto organismy dělíme na fytoplankton a zooplankton. Naprostá většina planktonních organismů má mikroskopické rozměry, avšak pasivně se ve vodě vznášejí také různí medúzovci, kteří mají průměr i kolem 2 metrů a ramena několik metrů dlouhá (největší známá medúza **talířovka obrovská** – průměr 2,3 m, ramena o délce až 37 m nebo polypovec **trubýš pochybný** s rameny až 50 m dlouhými). Mezi mikroskopickými nebo až několik centimetrů velkými planktonními organismy jsou bohatě zastoupeny různé druhy korýšů – tvoří obvykle přes 70 % zooplanktonu (například **perloočky**, **buchanky**, **lasturnatky**, **krunýřovky** a planktonní **rakovci**, například **vidlonožci**). Krunýřovky a další druhy korýšů zejména v polárních mořích, jsou označovány jako kril. Jsou (stejně jako veškeré planktonní organismy), i vzhledem ke své velikosti až několik centimetrů, důležitým článkem potravního řetězce. Slouží jako potrava rybám, ale také **tuleňům** nebo **kosticovcům** (**velryba**, **plejtvák**). Méně známo je, že planktonem se příležitostně živí i někteří ptáci, třeba **racci** nebo **buňňáci**.



Obr. 45: Krunýřovka krilová je hlavním druhem tvořícím kril. Je dlouhá až 6 cm.

<http://wordinfo.info/L-Gk-plankton-phyto-zooPt2.html>

https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/c/c7/Antarctic_krill_%28Euphausia_superba%29.jpg

V zooplanktonu dále najdeme prvoky, žahavce, kroužkovce ze skupiny mnohoštětinatců a možná překvapivě i mnoho druhů plžů, jejichž ulita byla buď úplně zredukována, nebo zůstaly zachované jen lehké tenkostěnné ulity. Mnohé organizmy začínají svůj životní cyklus jako planktonní – jedná se o různé volně se vznášející larvy, bez nadsázky platí, že v mořském planktonu je zastoupen každý živočišný kmen, protože většina druhů má planktonní larvy.

Některí mnohoštětinatci přecházejí k planktonnímu životu v době kladení vajíček, například tichomořský **palolo zelený**, jehož rozmnožování je řízeno fázemi měsíce. V říjnu až listopadu při poslední měsíční čtvrti, se při hladině objevují na několik hodin zadní části těl naplněné pohlavními buňkami. Ty jsou posléze uvolněny do vody, a po oplození vzniká planktonní larva, která později přisedá. Dospělec žije na skalnatém podloží a odtržená zadní část těla mu postupně doroste. Domorodci loví zadní části těl u hladiny a využívají jako pochoutku bohatou na bílkoviny a tuky.



Obr. 46: Palolo zelený se sice jmenuje zelený, ale ve skutečnosti je barevně velmi variabilní. <https://twitter.com/zoologimy/status/834343336135647232>

Mořský fytoplankton tvoří zejména drobné řasy a sinice. Vyskytují se zde ale také organizmy podobné řasám, zejména **rozsivky** (které tvoří nejvýznamnější část mořského fytoplanktonu a mají křemičité schránky) a **obrněnky** – například **svítilka třpytivá**. Svítilka způsobuje takzvané modré světélkování moře díky bioluminiscenci (viz str. 53). Svícením se snaží bránit proti sežráním. Záblesky jednak dezorientují zooplankton a ten pak vyfiltruje méně fytoplanktonu, a jednak záblesky lákají predátory, kteří zooplankton sežerou.

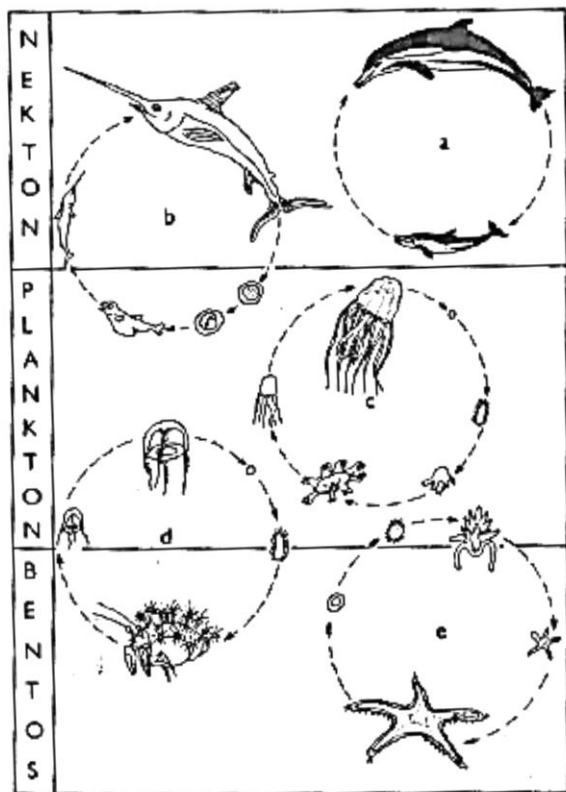
(Poznámka: K podobnému cyklu planktonu dochází během roku i ve sladkovodních nádržích mírného pásma. Na jaře dochází k velkému rozvoji jednobuněčných zelených řas a bičíkovců, ale jakmile se namnoží zooplankton, který se jimi živí, nastává pročištění vody od vegetačního zákalu. Poté nastupují větší řasy, postupně převládají vláknité, které jsou odolné proti filtraci perlooček a dalšího zooplanktonu. V pokročilém létě se namnoží sinice, které nejsou závislé na dusíku ve vodě, protože si ho samy váží ze vzduchu. Na podzim pak postupně dojde k úhynu planktonu a tím k pročištění vody.)

Nektonní organizmy jsou aktivní plavci, kteří jsou schopni cestovat často na obrovské vzdálenosti, nezávisle na proudění mořské vody. Patří k nim především ryby a ostatní mořští obratlovci, z bezobratlých hlavonožci.

9.1.4 Bentická zóna

Biotop mořského dna je mnohem proměnlivější než prostředí pelagické zóny, protože je ovlivňován mnoha faktory – prouděním vody, hloubkou, vzdáleností od pevniny nebo sedimenty na dně. Proto i společenstva bentické zóny jsou velmi rozmanitá. Organizmy žijící na dně se nazývají **bentos**. Na pevném skalnatém dně žije mnoho přisedlých organismů – jedná se o epifaunu a epifloru. Více než kde jinde je klíčem k jejich přežití detrit, odumřelá organická hmota. Filtrují vodu a vylouvají z ní drobné organické částičky i bakterie rozkládající odumřelé organizmy. Jmenujme například korály, houbovce, mlže (**slávka**, **ústřice**), přisedlé mnohoštětinatce (**rounatec**). Mezi těmito přisedlými organizmy prolézá a proplouvá množství pohyblivých organismů. Jsou to hlavně mnohoštětinatci (například **afroditka**, **neraidka**), hvězdice, plži a korýši (**krabi**, **humři**), ale samozřejmě také ryby. Nejúspěšnějšími mezi rybami mořského dna jsou ryby ploché a maskované tak, aby

je neviděli predátoři, ani vlastní kořist. Nejplošší jsou **platýsi**. Zajímavé je, že na počátku života vypadají jako běžné rybí larvy s očima na obou stranách hlavy. Během vývoje se však otáčejí na bok, oko, které bylo přivraceno směrem ke dnu, se odstěhuje na druhou stranu hlavy a pak obě oči leží na horní straně hlavy.



Obr. 47: **Příklady mořských živočichů a jejich vztah k nektonu, planktonu a bentosu**

a – Delfín obecný, jehož celý vývojový cyklus je nektonní. b – mečoun obecný – vajíčka a larvy jsou planktonní, mladé a dospělé ryby jsou nektonní. c – talířovka svítivá – po celý život je součástí planktonu. d – vývojový cyklus polypovce s rodozměnou, polypové stádium je přisedlé (je součástí bentosu), při nepohlavním rozmnožování polyp odškrcuje volně plovoucí (planktonní) medúzy, které se rozmnožují pohlavně, z jejich vajíček se

vyvíjí planktonní larva, která přisedá na dno a vyvíjí se opět stadium polypa. e – hvězdice – z vajíček se líhnou planktonní larvy, v dospělosti jsou hvězdice součástí bentosu.

Základy oceánografie, str. 399

9.1.5 Hlubinná zóna

Sluneční světlo, které potřebují rostliny k fotosyntéze, proniká v moři do hloubky asi 200 m, maximálně v takové hloubce tedy najdeme fotosyntetizující organizmy.

Příkladem živočichů, kteří se potopí do hloubek víc než 500 m a vydrží tam od 20 minut až po hodinu, jsou **tuleni**, kytovci (**vorvani**), velcí **tučňáci** a mořské **želvy**.

Nepatrné zbytky paprsků mohou proniknout do hloubky asi 1000 m, sem se tedy může vydat většina mořských živočichů. Nejlepší potápěči z říše zvířat se dostanou až do hloubky kolem 2000 m, troufnou si sem i někteří živočichové dýchající vzdušný

kyslík, třeba **vorvaň**, **rypouš** nebo **kožatka**, třebaže je zde teplota jen 2–4 °C a tlak 200 atmosfér (1 atmosféra = tlak, kterým působí těleso o hmotnosti 1 kg na plochu 1 cm²; takový je tlak u hladiny moře. Tlak 200 atmosfér si tedy můžete představit tak, jako když postavíte těleso o hmotnosti 200 kg na plochu 1 cm²). Ale ani hloubky několik kilometrů pod hladinou nejsou bez života, přestože je zde absolutní tma, extrémní tlak a nedostatek potravy.

Největším problémem, kterému musí čelit organizmy žijící v moři ve velkých hloubkách, je opravdu vysoký tlak.

Vysokému tlaku se musely přizpůsobit zejména organizmy s plynovými dutinami v těle, protože vysoký tlak ovlivňuje mnohem více plyn než kapalinu. Pokud si představíme PET láhev naplněnou vzduchem, při ponoru na dno moře se zborťí. Láhev naplněná syceným nápojem se v takovém případě jen trochu prohne a láhev naplněná vodou si „ničeho nevšimne“.

Většina ryb má plynový měchýř, který se při poklesu ryby do hloubky stlačí (jako vzduch v PET láhvi) a při výstupu se rozpíná. Pro vaši představu bude stačit, když si uvědomíte, že vzduch v plynovém měchýři ryb je v hloubce 10 metrů stlačen na polovinu původního objemu u hladiny a v hloubce 40 m na 1/5 objemu.

Více o stlačování plynů:

<https://cs.wikipedia.org/wiki/Boyle%20a%20Mariott%20z%20A1kon>

Některé druhy, které žijí u mořského dna, proto plynový měchýř ztratily, aby nemusely tento problém řešit – například **d'as celebeský**. Avšak ryby, které v noci migrují z hloubek k hladině kvůli potravě, plynový měchýř nutně potřebují pro ovlivnění celkové hustoty těla, mají ho tedy přizpůsobený extrémním podmínkám hlubokého moře. Tlak uvnitř měchýře odpovídá tlaku okolí, a aby ryby mohly při změně hloubky rychle změny tlaku vyrovnávat, mají také přizpůsoben cévní systém (zejména hospodaření s oxidem uhličitým). Například **hlubinovky** ve dne žijí v hloubkách 600–1200 m a v noci, kdy u hladiny nehrozí tak velké nebezpečí jako ve dne, plavou k hladině pro potravu. Ryby, které žijí hlouběji, už k hladině obvykle nemigrují, ale existují i výjimky.

Organismům bez orgánů naplněných vzduchem (hvězdicím, krabům, ploštěncům apod.) vysoký tlak ve velkých hloubkách zdaleka tak nevádí – viz příklad s PET láhví.

Protože v hloubce je nedostatek potravy, najdeme zde extrémně dravé ryby s dlouhými zahnutými zuby. Široké čelisti a roztažitelné žaludky jim umožní pohltnout kořist téměř stejně velkou, jako jsou samy. Kromě lovení živé potravy se často živí i mršinami. Kvůli nedostatku potravy šetří energií, proto pomalu rostou, pomalu se pohybují a zřídka se rozmnožují (tyto skutečnosti samozřejmě souvisí i s nízkou teplotou prostředí). Koneckonců najít v úplné tmě partnera je velmi obtížné, samozřejmě i potrava se potmě hledá těžko. Mnoho z hlubokomořských organismů tedy produkuje vlastní světlo, které slouží k nalákání kořisti nebo k zastrašení predátora (například u některých medúz), případně k vnitrodruhové komunikaci. Světélkování organismů se nazývá bioluminiscence a světlo vzniká při chemické reakci, kdy látka zvaná **luciferin** reaguje za účasti enzymu luciferázy s kyslíkem. Během tohoto procesu se 96 % energie uvolní ve formě světla a jen 4 % ve formě tepla, jedná se tedy o velmi efektivní metodu (pro porovnání – energie rozsvícené klasické žárovky se z 90 % přeměňuje na teplo a jen z 10 % na světlo). Zajímavou metodou osvětlení je přechovávání svítících bakterií v kožních záhybech. Bakterie svítí neustále, pokud živočich potřebuje zhasnout, jednoduše překryje své bakterie kožní řasou.



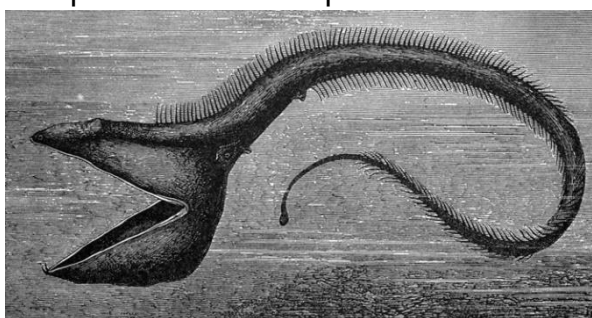
Obr. 48: „Řekla jsem už před hodinou: Vypnout světla!“

<https://cz.pinterest.com/szimmermanart/uneartthed-comics-by-sara-zimmerman/?lp=true>

Podívejte se na videu na zářící organizmy:

https://www.youtube.com/watch?time_continue=28&v=UXI8F-eIoIM

Méně známými příklady hlubokomořských ryb jsou **svítivka vousatá**, **zubatka štíhlá** nebo **zubatice obecná**. Svítivka i zubatka mají za okem růžový světélkující orgán, svítivka má i další světélkující orgán na konci bradového vousu a řadu drobných světélkujících orgánů podél těla. Zubatka má z obratlovců vůbec nejdelší zuby v poměru k hlavě. Zuby zůstávají vně hlavy, pokud je tlama zavřená. Také zubatice má velké zahnuté zuby, aby jí kořist nemohla snadno uniknout. Opravdu bizarně vypadá **šírotlamka pelikánovitá**, která má světélkující konec ocasu a kořist lapá do vaku podobnému vaku pelikána.



Obr. 49: Šírotlamka pelikánovitá

<http://www.sokujiciplaneta.cz/priroda/sub-neobykla-ryba-sirotlamka-pelikanovita>

<http://fishesofaustralia.net.au/home/species/1780>



Obr. 50: Svítivka vousatá



Obr. 51: Zubatka štíhlá

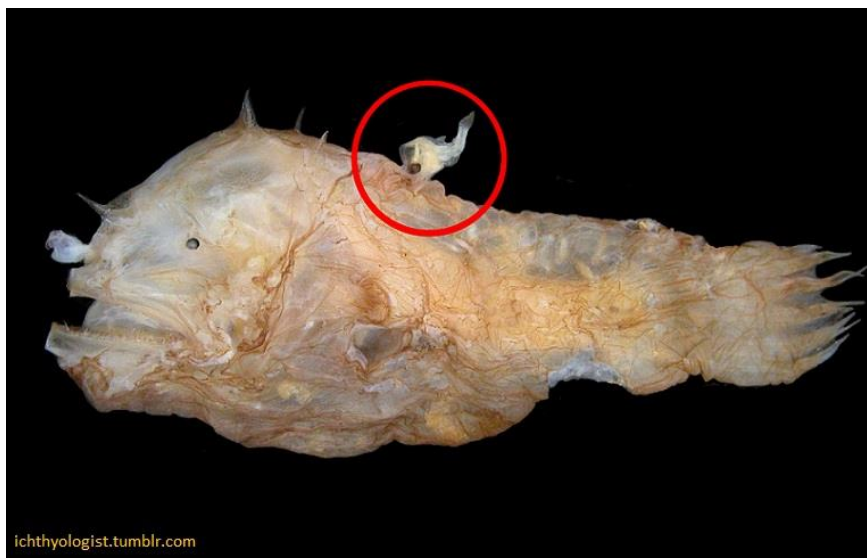
<https://lobosonda.files.wordpress.com/2014/07/madeira-3-399.jpg>

http://www.digitalfishlibrary.org/cached/0x0_174607-165%20Anoplogaster%20cornuta%20-%20MRI.jpg



Obr. 52: Zubatice obecná

Problémy s hledáním partnera ve tmě řeší zajímavě hlubokomořský **d'as**, který je známý svou pohlavní dvojtvárností (samce a samici lze na první pohled odlišit). Hlavním cílem malých samců je najít výrazně větší samici, ke které se poté trvale připojí včetně krevního oběhu a pouze produkuje spermie. Na samici se takto může připojit několik samců. Postupně zakrňují, až zbydou jen jejich pohlavní žlázy.



Obr. 53: Samice ďasa s připojeným redukováným samcem

<http://nadherna-priroda.blog.cz/1311/sexualni-parazitismus-u-ryb>

Podmořský inkubátor pro rejnoky

Vývoj vajíček rejnoka trnitého, který se zdržuje v hloubce 800 až 3000 metrů, trvá až čtyři roky. Nedaleko Galapág byla nalezena jeho vajíčka v blízkosti horkých vývěrů vody, takzvaných mořských kuřáků. Rejnok se tímto způsobem snaží urychlit vývoj vajíček, protože v hloubce kolem 3 kilometrů je teplota vody obvykle jen kolem 3°C. Jistě nejde o náhodu, nalezená vajíčka byla z různých let, takže tento ostrov tepla zřejmě slouží rejnokům jako inkubátor dlouhodobě. V živočišné říši se však zřejmě jedná o ojedinělý případ, neboť využití tepla ze sopečné činnosti bylo zatím prokázáno jen u tabona Pritchardova, což je pták žijící v Polynésii, který klade vajíčka do teplého sopečného popela a dále u některých dinosaurů.

Nejhlouběji pozorovaná ryba

Vědci objevili pomocí podmořského robota v Mariánském příkopu v Tichém oceánu rybu (která zatím nemá a asi ani nebude mít český název) v hloubce 8 178 metrů! Je to zatím nejhlouběji pozorovaná ryba, žíví se korýši a má průsvitnou kůži bez šupin. Několik jedinců tohoto druhu bylo i vyloveno, ale „jen“ z hloubek menších než 8 km.



Obr. 54: Nejhlouběji pozorovaná ryba

Gerringer M. E. et al., Vesmír, ročník 97 (148), leden 2018

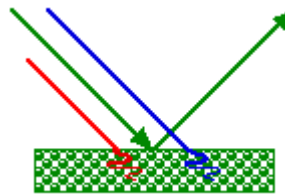
Řasy a sinice rostoucí v hloubce

Nejhlouběji rostoucími fotosyntetizujícími organizmy jsou řasy ze skupiny **ruduch**. Mohou pronikat až do hloubky kolem 200 metrů, jako například ruduchy vyskytující se poblíž Baham, kde mají k dispozici jen 0,0005 % ze záření na hladině. Dokážou totiž využívat modrozelené spektrum světla díky červenému barvivu fykoerytrinu (který dává ruduchám červenou barvu) a modrému fykocyaninu, která jsou v jejich buňkách obsažena společně s chlorofylem. Tato barviva dokážou zachytit i malé množství modrozeleného světla pronikajícího i do větší hloubky. Jeho energii předají chlorofylu, což umožňuje fotosyntézu i v hloubkách, kam už světlo zachytitelné chlorofylem nepronikne.

Dalšími hlubokomořskými fotosyntetizujícími organizmy jsou prokaryotické **sinice**, které také obsahují fykocyanin a fykoerytrin a vyskytují se rovněž až do hloubek kolem 200 metrů.

Rostlinná barviva, barva světla a pronikání světla do hloubky

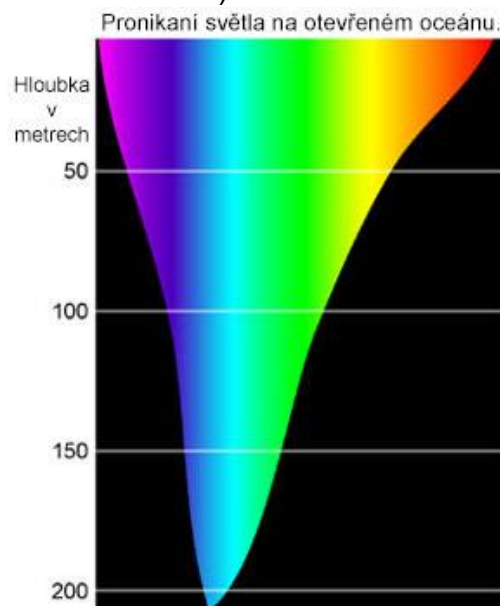
Všichni víte, že hlavním fotosyntetickým barvivem je chlorofyl. Zachycuje energii světelného záření a používá ji na syntézu cukrů z oxidu uhličitého a vody. Chlorofyl absorbuje modrou a červenou část světelného spektra a ostatní odráží, tím se jeví jako zelený a udává tak základní barvu všem fotosyntetizujícím rostlinám.



Obr. 55: Lom a odraz světla

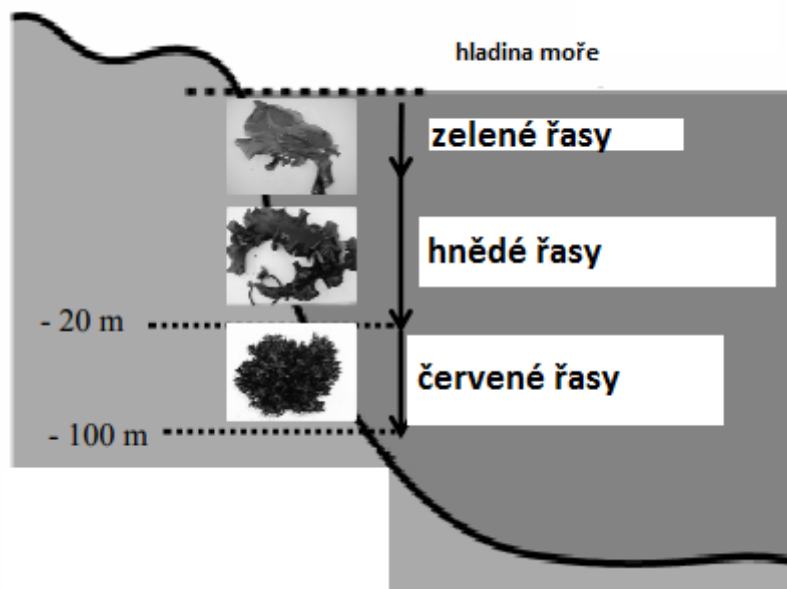
<https://ux1.eiu.edu/~cfadd/3050/Ch17Color/Sub.html>

Při pronikání viditelného světla do vody jsou nejdříve absorbovány červené složky světla (dlouhovlnné záření), do větší hloubky pronikají modré a zelené složky světla (krátkovlnné záření).



Obr. 56: Snižující se intenzita světla při průniku mořskou vodou

<https://oceanexplorer.noaa.gov/explorations/04deepscope/background/deeplight/media/diagram3.html>



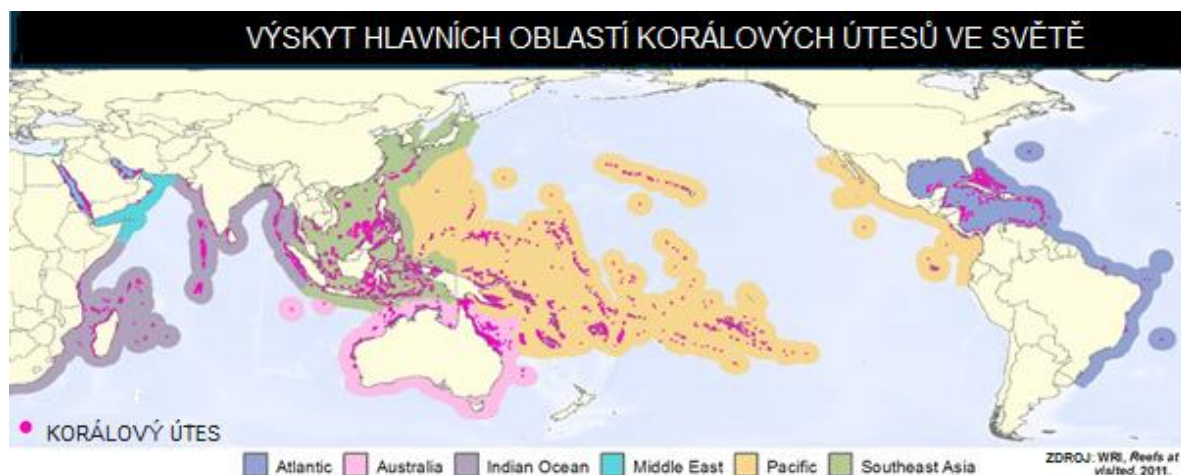
Obr. 57: Výskyt řas v moři v závislosti na hloubce

<http://biofyzika.upol.cz/userfiles/file/3%20-%20Fotosyntetick%C3%A9%20pigmenty.pdf>

9.1.6 Korálové útesy

Korálové útesy jsou podmořské útvary vznikající v mělkém moři s teplou, prosluněnou a čistou vodou (mapa rozšíření viz obrázek). Jsou tvořeny schránkami malých mořských žahavců – korálových polypů. Ti nejstarší se na Zemi objevili před více než 500 miliony let. O sto milionů let později někteří začali měkká těla ukrývat ve schránkách z uhlíčitanu vápenatého. Před asi 250 miliony lety už své schránky spojovali do kolonií a vytvářeli obrovské stavby, obývané miliony drobných polypů (vysvětlení níže).

Útesy pokrývají okolo 300 000 km² dna mělkých moří po celém světě a patří mezi nejsložitější a nejkrásnější ekosystémy na Zemi, které jsou domovem neuvěřitelného množství živočichů i jiných organizmů.



Obr. 58: Korálové útesy

Jednotlivé organizmy, které tvoří kolonii, se nazývají koráloví polypi. Polypi útesotvorných korálnatců vylučují vápenec, díky kterému se přichytí na podklad, na kterém žijí. Životní cyklus je pak velice jednoduchý – polypi se množí, šíří, hynou a svými vápenitými schránkami, které po nich zbydou, tak rozšiřují útes.

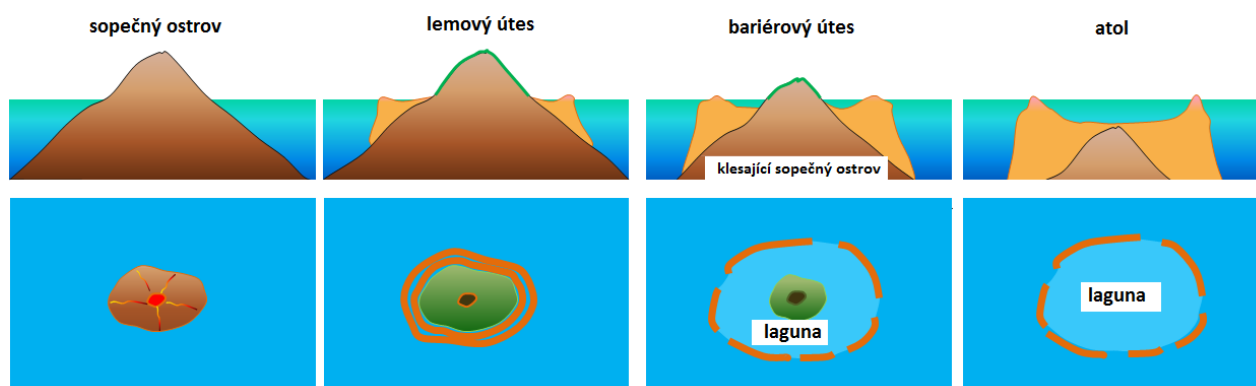
Dalšími organizmy, které přidávají pozůstatky svých schránek k útesu, jsou **měkkýši** a **ostnokožci**. Přispívají i jiní živočichové hledající si potravu na korálových útesech, neboť úlomky korálů, které díky nim vzniknou, dopadají do písku a vyplňují mezery mezi útesy. Řasy i jiné organizmy pak pomáhají spojovat písek a úlomky korálů dohromady. Většina útesů neroste plynule, ale během etap rychlého růstu, které se střídají s klidnějšími obdobími, jež jsou někdy reakcí na poškození útesu bouří. Rychlost růstu útesu závisí na druhu polypa a kolísá od několika milimetrů po asi 15 cm za rok.

K životu korálnatců jsou nezbytné drobné organizmy žijící uvnitř těl polypů – fotosyntetizující obrněnky zooxantely, jež korálům poskytují většinu potřebných živin a navíc jim dávají jejich zářivé barvy (samotní koráli ve skutečnosti většinou barevní nejsou). Toto soužití je výhodné pro oba druhy – obrněnka nachází v těle korálu bezpečný úkryt, za který platí cukrem a kyslíkem, které vyrábí pomocí sluneční energie (fotosyntéza). Naopak korál obrněnce poskytuje oxid uhličitý. Koráli jsou na obrněnce téměř úplně závislí – až 90 % živin získávají právě od ní.

Přestože všechny korálové útesy, jak jsme se již dozvěděli, vznikají růstem a nahromaděním vápenatých koster produkovaných především korálovými polypy,

jejich vzhled a složení je ale různé. Podle vzniku a umístění je dělíme na tři hlavní typy: **lemové (břehové)**, **bariérové (bradlové)** a **atoly**.

Lemový útes budují koráli rostoucí těsně u břehu v mělké vodě. Tento druh útesů najdeme například na východním pobřeží Afriky, Madagaskaru, Jávě či Šalamounových ostrovech. **Bariérové útesy** jsou širší a od pevniny jsou oddělené úsekem vody, nazývaným laguna, který může být i několik kilometrů široký a desítky metrů hluboký. Nejznámějším příkladem je Velký bariérový útes u Austrálie. **Atoly** jsou velké prstencové útesy, které obklopují centrální mělkou lagunu a vznikají postupnou přeměnou podmořských sopek. Většina atolů se nachází ve značné vzdálenosti od pevniny. Nejznámější a nejvíce studovaný atol je u Kokosových ostrovů v Indickém oceánu.



Obr. 59: Typy korálových útesů

<https://opentextbc.ca/geology/wp-content/uploads/sites/110/2015/08/fringing-reef-a-barrier-reef-and-an-atoll.png>

Kromě útesotvorných korálnatců jsou teplé prosluněné vody kolem útesu osídleny řasami a nesmírně rozmanitým společenstvem různých živočichů. Jako první nás zřejmě zaujmou ryby – na korálových útesech žije asi 1/3 všech známých druhů mořských ryb. Jmenujme alespoň **ploskozubce**, **klipky**, **bodloky**, **murény** nebo **perutýny**, mezi největší ryby útesů patří draví **kanicové**. Nejsou to však jen ryby, kdo zde má svůj domov. Útesy obývá nesčetné množství dalších, především bezobratlých mořských organizmů. Mezi ně patří mořští houbovci, mnohoštětinatci, sasanky, pérovníci (další korálnatci netvořící útesy), měkkýši (plži, mlži i hlavonožci), korýši (garnáti, humři, krabi) a ostnokožci (hvězdice, ježovky a jim příbuzní). Z plazů bychom se v okolí útesů mohli setkat s několika druhy mořských želv (například **kareta pravá** nebo **kareta obrovská**) a některými hady (například **vodnář**). Nepočítáme-li potápěče, pak se tady jen výjimečně setkáme se savci. K tomu

dochází obvykle jen při náhodných návštěvách kytovců, například **delfínů**, kteří se živí částmi korálů nebo na nich žijícími řasami. Prostě každý kout a škvíra útesu slouží různým živočichům jako úkryt a značné množství druhů zde nachází i potravu. Nesmíme zapomenout, že všechny organizmy na útesu jsou součástí složitých vzájemných vazeb. U mnoha druhů se dokonce vyvinul určitý druh soužití, ze kterého mají prospěch obě strany (nejznámější **sasanka a klaun očkatý**).

Korálové útesy v hloubkách

Kromě korálnatců žijících v teplých vodách existují i další druhy, které nejsou závislé na slunečním světle a teple. Právě naopak, korálnatci, kteří tyto útesy vybudovali, žijí ve věčné tmě, ve vodě, jejíž teplota se pohybuje od 4 do 13 °C a kde barvy ztrácejí význam. Přesto jsou hlubokomořské korálové útesy stejně rozlehlé a bohaté na život, jako ty z mělkých vod. Protože se však vyskytují v hloubkách kolem 1000 m a možná i větších, ví se o nich zatím jen málo. Koráloví polypi žijící ve věčné tmě samozřejmě nemohou využívat zooxantely k získávání živin, musejí se proto uživit vlastními silami. Vědci v posledních letech zjistili, že v jejich životě možná hrají významnou roli bakterie, které zpracovávají ze dna unikající uhlovodíky jako je například metan. Tyto bakterie by tak mohly stát na počátku hlubokomořského potravního řetězce a být hlavním zdrojem energie pro korálnatce.

Oceány a změna klimatu

Oceány zásadně ovlivňují klima planety Země, proto by nás mělo zajímat, že hned několik jejich parametrů se v dnešní době rychle mění. První co nás napadne je samozřejmě zvýšující se teplota, obzvláště v povrchových vodách. Některé organizmy jsou schopné se rychlým změnám teploty přizpůsobit například tím, že se přesunou do větší hloubky.

Přisedlé a dlouhověké organizmy jako například koráli ale ve velkém přichází o své symbiotické řasy a umírají a tak dochází k takzvanému bělení korálových útesů.

Symbiotické obrněnky **zooxantely** jsou totiž mimořádně vnímavé vůči podmínkám okolního prostředí – pocítí i docela malé zvýšení teploty nebo zhoršení kvality vody. To způsobí, že obrněnky začnou produkovat nadměrné množství kyslíku, což korálu škodí a korál ji proto ze svého těla vypudí. Spolu s ní ztratí nejen zářivou barvu, ale

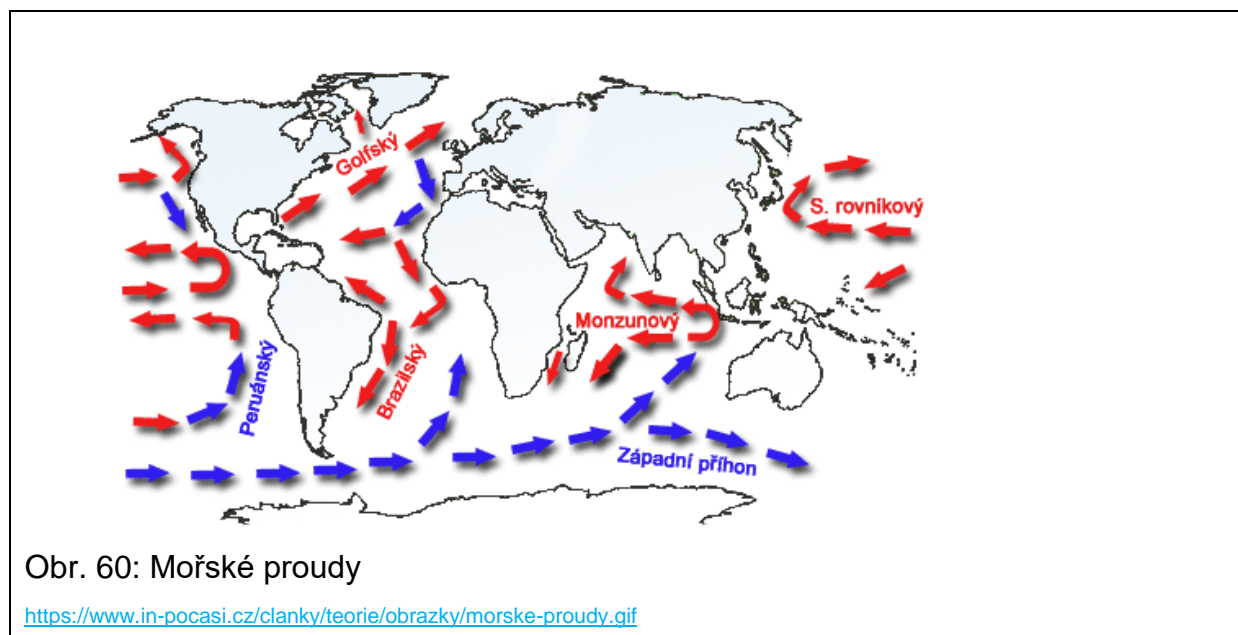
také svého živitele a začne trpět hladem. Pokud tato situace trvá déle, vybledlí a vyhladovělí koráli nakonec umírají. Video:

[https://youtu.be/ ZfGIKiSwwQ](https://youtu.be/ZfGIKiSwwQ)

Oceány mají obrovskou tepelnou kapacitu, umí do sebe pojmout nevídané množství tepla, ale jedná se o pomalý děj. Stejně tak bude trvat staletí, než se přebytečného tepla oceány zase zbaví, pokud se podaří globální oteplování zastavit. Vedlejším efektem ohřívání povrchu oceánů je, že teplejší voda se roztahuje, tudíž má větší objem. Problém zvyšující se hladiny moří není způsoben jen táním ledovců. Třetinu ze 100 cm zvýšení hladiny během posledního století má na svědomí právě termální expanze vody.

Druhým problémem, kterému oceány čelí, je jejich okyselování. Asi třetina oxidu uhličitého vznikajícího lidskou činností je absorbována oceány. CO₂ se částečně rozpouští ve vodě za vzniku kyseliny uhličité, což už vedlo ke snížení pH oceánů od průmyslové revoluce asi o 0,1 na 8,1. Nezdá se to jako mnoho, ale je třeba si uvědomit, že snížení pH o 0,1 představuje nárůst koncentrace vodíkových iontů H⁺ v oceánech o třetinu. Takováto změna již působí mořským organismům problémy. I například pro člověka je změna pH krve o 0,1 život ohrožující. Z hlediska mořských ekosystémů je asi největší hrozbou v souvislosti s okyselováním to, že mikroskopické organismy, které tvoří základnu potravní pyramidy, mají problém s budováním schránek z uhličitanu vápenatého. Ten se v kyselejších pH snáze rozpouští.

Třetí potenciální hrozba se skrývá ve změnách oceánských proudů. Pro klima na Zemi je důležité, že teplá voda z tropických oblastí proudí směrem k pólům (pokud vám vrtá hlavou, jak se voda do tropického pásu vrací, je to tak, že poté, co se ochladí, klesne do hloubky a proudí v opačném směru zpět). Tento teplotní výměník je zásadní v Atlantském oceánu. Například Evropa se ohřívá o několik stupňů Celsia a má dostatek srážek díky Golfskému proudu. Nicméně v poslední době se toto proudění kvůli vyšším teplotám a tání ledovců v Arktidě oslabuje. Odhaduje se, že to povede k extrémnějšímu počasí – teplejším létům a tužším zimám v Evropě a také častějším hurikánům na východním pobřeží Severní Ameriky.



Obr. 60: Mořské proudy

<https://www.in-pocasi.cz/clanky/teorie/obrazky/morske-proudy.gif>

9.2 Není to moře, ale je tam hodně soli. Co to je?

9.2.1 Jak je to s přizpůsobením rostlin životu v zasoleném prostředí

Se zasolením (tj. vysokým obsahem anorganických iontů) se rostliny vyrovnávají v mořských a oceánských vodách, dále u břehů a v ústích řek, které se do moře vlévají a jejichž voda se s mořskou mísí (**vody brakické**).

Vysoký obsah solí způsobuje, že voda je pro rostliny obtížně dostupná. Rostliny se totiž nacházejí v hypertonickém prostředí, proto voda ztrácí tendenci proudit do rostliny (viz kapitola 3). Proto na řadě zasolených stanovišť bývají způsoby adaptace a obranné mechanismy podobné těm při stresu z nedostatku vody.

Obecně jsou průduchy uloženy hluboko v prohlubních (kvůli snížení výparu) a v listech je hojný sklerenchym (tzv. „kamenné pletivo“ bez mezibuněčných prostor).

Příkladem takto přizpůsobené rostliny je **kamýš písečný**. Je to travina žijící v písku na mořském pobřeží, často ve slané vodě. Je původní na pobřežích Evropy a Afriky, například v Kalifornii je však nepříjemnou invazní rostlinou.

Některé druhy rostlin, například některé **mangrovy** (porosty bahnitých mořských břehů a brakických vod, viz níže) vylučují nadbytečné množství anorganických iontů již z buněk kořenů. Ve vnitřním prostředí rostliny tak udržují normální hladiny iontů.

Jiné druhy rostlin tolerují určitou zvýšenou hladinu anorganických solí v buněčných stěnách kořenů i nadzemní části rostliny a **nadbytek solí mohou ukládat do vakuol**. Častěji je ale **vylučují solnými žlázkami** na povrch nadzemní části rostliny

nebo je ukládají do specifických útvarů – **solných vlásků**, které nakonec opadávají. Příkladem rostliny s tímto přizpůsobením je **limonka obecná (statrice)**.

Rostliny přizpůsobené k životu v zasolených oblastech se nazývají **halofyty**. Dalšími příklady rostlin snášejících zasolené prostředí jsou **slanorožec evropský**, který roste na pobřežních dunách a v mangrovech. Ve štěrbinách a puklinách vápencových pobřežních skal prakticky celé Evropy, od Skotska až po Řecko, můžete vidět **motar přímořský**, který dokonce potřebuje, aby jej občas zalilo moře.



Obr. 61: Halofyty (zleva): slanorožec evropský, motar přímořský, limonka obecná

<https://www.chorvatsko.cz/tema/motar-primorsky.html>

9.2.2 Mangrove

Jde o porosty na pobřežích teplých tropických moří. Rostou v místech, kde dochází k periodickému zaplavování a vysychání vlivem přílivu a odlivu. Dominují zde **dřeviny s tuhými listy s tlustou kutikulou a zanořenými průduchy**, což slouží k omezení výparu. Časté je vegetativní rozmnožování a kořeny adaptované na zaplavování – **chůdovité kořeny** s opěrnou a někdy i dýchací funkcí.



Obr. 62: Pohled na mangrove <https://botany.cz/cs/mangrove/>

Druhy rostoucí v mangrovech musí snést vysoké koncentrace solí. Vyrovnávají se s ní buď účinnou filtrací soli v kořenech, nebo vylučováním soli speciálními žlázkami na listech, nebo sůl ukládají do starých odumírajících listů a kůry.

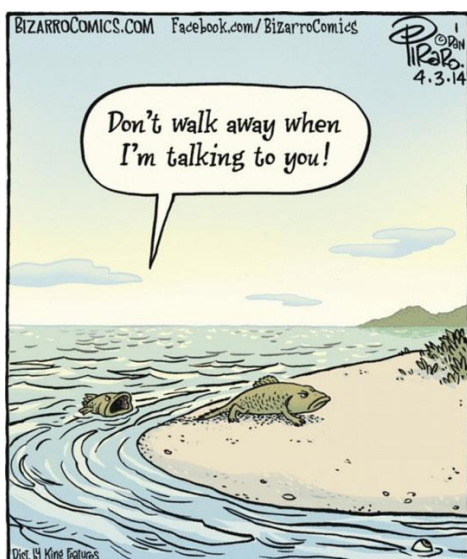
Další adaptací je klíčení semenáčků, které začínají klíčit a růst již přímo na větvi mateřské rostliny a spadnou pod ni už jako životaschopné mladé rostlinky, které se špičatými kořeny zapíchnou do bahna.

Specializovaných „mangrovových“ druhů je málo, ale většina z nich má rozšíření v mangrovových porostech po celém světě. Tyto specializované dřeviny rostoucí v mangrovech zahrnují **kořenovníky, kuželovníky, kyjovníky a jiné**.

V různých mangrovech světa najdeme různé živočichy. Zde uvádíme pouze několik příkladů živočichů, kteří se mohou v mangrovech vyskytovat.

Na ponořených kořenech žijí **ústřice, sasanky** a jiní **korálnatci, hvězdice**. Silně zastoupenou skupinou jsou korýši, jako například **krabi, raci (rak poustevníček)** a **krevety**. Setkáme se zde s množstvím druhů ryb – jistě znáte **lezce** z mangrovových oblastí jihovýchodní Asie, Afriky i Austrálie, který často vylézá z vody kvůli potravě (živí se drobnými organizmy, které vyhledává v bahně). Odstrkuje se pomocí silných prsních ploutví, umí dokonce i skákat do výšky až 60 cm a lézt na stromy a skály, ploutve mu slouží jako přísavky. Kyslík získává z vody, kterou zadržuje v žaberních dutinách, kde ji mísí se vzduchem. Dokáže ale přijímat i vzdušný kyslík kůží i sliznicí ústní dutiny. Při delším pobytu pod vodou se dokonce může „utopit“. Na videu uvidíte, jak dva lezci bojují o teritorium:

<https://www.youtube.com/watch?v=NdpDNx2p67E>



Obr. 63: Nechoď pryč, když s tebou mluvím!

<https://me.me/i/bizarrocomics-com-facebook-com-bizarrocomics-dont-walk-away-when-im-talking-to-you-13377893>

Z obratlovců mangrove s oblibou vyhledávají želvy (**karety, kožnatky**), **krokodýli, ještěři** (například **varan mangrovový**), hadi (**vodnáři, užovky**). Ptáci zde hnízdí a na zemi i ve vodě shání potravu, například **volavky, jespáci** nebo **kolpíci**. Koruny stromů obývají opice (například **kahau nosatý, mirikiny, chápani**).



Obr. 64: Vzdušné a opěrné kořeny

<http://www.afrikaonline.cz/view.php?cisloclanku=2010113001>

<https://cs.wikipedia.org/wiki/Mangrovy>

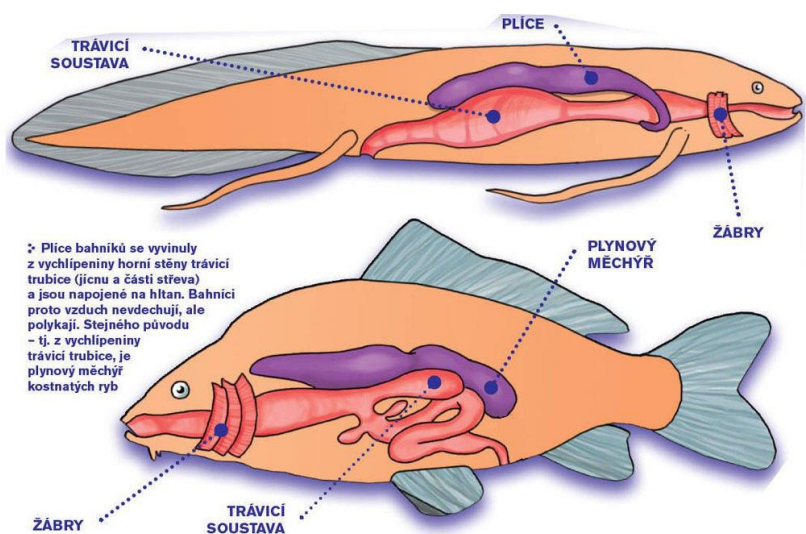
9.3 Vysychající sladkovodní rezervoáry

9.3.1 Jako ryba na suchu?

Jak známo, ryby potřebují k životu vodu. Jsou však známy případy, kdy ryby přežijí dlouhá období bez vody. Pojďme si o nich něco říci.

Některé ryby obývají takzvané sezónní nádrže, které pravidelně vysychají. Známa je schopnost **bahníků**, tropických dvojdyšných ryb, přežít dlouhá období sucha. Více si o nich můžete přečíst v časopise ABC na odkazu:

<https://www.abicko.cz/clanek/precti-si-priroda/10950/bahnici-starsi-nez-dinosauri.html>



Obr. 65: Adaptace bahníků na vysychání

Video o bahnicích:

<https://www.youtube.com/watch?v=UEV29dEVi-s>

Některé druhy ryb sezonní vyschnutí nádrže přežijí ve stádiu zárodku. V tom jsou unikátní **halančici**.



Obr. 66: Samec halančíka z Tanzanie

<http://ziva.avcr.cz/files/ziva/pdf/anualni-halancici-ryby-adaptovane-na-sezonne-vysyc.pdf>

Některé druhy halančků žijí v afrických savanách, jiné v jihoamerických pampách, v tůňích naplňovaných obvykle pouze srážkami. Když se tůň se začínajícím obdobím dešťů naplní vodou, halančci se líhnou, velice rychle rostou, pohlavně dospívají (někdy už za 17 dní) a začnou prakticky denně klást jikry až do opětovného vyschnutí nádrže, ke kterému může dojít za 2–11 měsíců. Dospělci hynou, avšak jikry přežívají. Jedním z přizpůsobení je silnější vrstva jikerných obalů než u ostatních ryb, která snižuje ztráty vody. Zárodek se začíná vyvíjet, vývoj se však může až ve 3 různých fázích zastavit, a to na tři týdny, několik měsíců nebo i let! Tato strategie je adaptací na nepředvídatelnost srážek.



Obr. 67: Vlevo – Takto může vypadat tůň, kde žijí halančci (Mosambik, Afrika)...

Vpravo: ...a zde jsou uloženy jikry halančků během období sucha.

<http://ziva.avcr.cz/files/ziva/pdf/anualni-halancici-ryby-adaptovane-na-sezonne-vysyc.pdf>

9.3.2 Nádrže pro obojživelníky

Vajíčka obojživelníků postrádají pevné obaly zabraňující vysychání, proto se většinou musejí vyvíjet ve vodě, a také pro jejich larvy, které dýchají žábami, je voda nezbytná. Co ale dělat, když vodní rezervoár vyschne?

Druhá největší žába světa (po veleskokanu goliáším) **hrabatka drsná** žije v Africe, tráví většinu života zahrabána pod zemí a vylézá jen při velkých deštích. Také období sucha přežívá pod zemí. V období dešťů klade samička až 400 vajíček do kaluže. Sameček poté vajíčka a posléze i pulce pečlivě hlídá. Protože mělké kaluže, ve kterých hrobatky žijí, v letních vedrech vysychají, má tento druh velmi rychlý larvální vývoj. Pulci se líhnou již za 20 hodin a během 18 dnů se přemění v dospělé (pro porovnání – u našich žab trvá proměna obvykle 12–16 týdnů dle druhu, teploty a potravní nabídky). I tak se ale může stát, že louže vysychá dříve, než byla proměna dokončena, a tak dělá sameček vše pro to, aby své potomstvo zachránil.

S obrovským nasazením pulcům vyhrabává cestu do okolních nádrží, aby se tam mohli dále vyvíjet. I tak se ale někdy stane, že se samci potomstvo zachránit nepodaří...

Video, jak samec hřabky vyhrabává kanál:

<https://www.youtube.com/watch?v=l3uO2lO9JDk&feature=youtu.be>

Pulci **ropuchy krátkonohé** se snaží zachránit sami a často tvoří shluky, aby zadrželi vodu ve vysychající kaluži, a také si často hloubí jamky ve dně.

Také rodiče jiho- a středoamerických žabek **pralesniček** – dendrobatek – se starají, aby jejich potomstvo během vývoje nevyschlo. Rozmnožování se u různých druhů mírně liší, společné jim ale je to, že pulci se vyvíjejí v různých drobných nádržkách v korunách stromů v deštném lese, nejčastěji v trychtýřích bromélií nebo v dutinách stromů naplněných vodou. Některé druhy kladou vajíčka na okraje listů, jiné do jamek v zemi nebo do vlhkého listí, sameček poté vajíčka hlídá a udržuje je vlhká – skrání je vodou nabranou do kloaky. Když se vylíhnou pulci, nabere je sameček nebo samička na hřbet a roznese je do několika výše zmíněných nádržek, většinou má každý pulec svou nádržku. Jednak proto, že se jedná o opravdu malé území k životu, ale i proto, že pulci se mohou chovat kanibalisticky a požírat své sourozence, nebo do vody vylučovat hormony zpomalující jejich vývoj. Samička často pulce krmí neoplozenými vajíčky. Mimochodem – u **pralesničky drobné** se takto mladé žabky stávají jedovatými. Samice totiž získává jedovaté alkaloidy ze své potravy – mravenců a roztočů, a jedovaté alkaloidy přecházejí do neoplozených „výživových“ vajíček a posléze do jimi krmených pulců. Pokud jsou pulci uměle krmeni vajíčky jiných druhů, jedovaté látky se v jejich těle neobjeví.

Podobně jako pralesničky se v nádržkách v korunách stromů rozmnožují i jiné žáby, například **rosnička včelí**, její pulci se vyvíjejí ve stromových dutinách naplněných vodou ve výšce až kolem 30 metrů.

9.3.3 Život v periodických vodách

Celá řada adaptací a způsobů, jak přežít vyschnutí nádrže, se vyvinula také u bezobratlých. Uvedeme si několik příkladů.

Podobné přizpůsobení jako u halančíků se vyvinulo i u drobných korýšů ze skupiny lupenonožců – **žábřonožek**. Během jejich životního cyklu dokonce musí dojít k vyschnutí nádrže, kde žijí, aby mohl vývoj zdárně pokračovat. Například **žábřonožka sněžní** žije v nivách (říční niva = část údolí kolem řeky, která je pravidelně zaplavována) našich největších řek (Labe, Odry a Moravy). Zde obývá periodické tůně (tj. dočasné tůně, které každoročně na nějakou dobu vysychají). Může se vyskytovat i v loužích. Tento druh má raději nízké teploty, proto se s ním setkáme koncem zimy nebo brzy na jaře. Po naklazení vajíček dospělci hynou. Vývoj embrya ve vajíčku se může zastavit i na několik let, k vylíhnutí dojde až za vhodných podmínek. Podobný vývojový cyklus má i **žábřonožka letní**, která toleruje větší rozsah teplot, a můžeme se s ní setkat od jara do podzimu. Dalšími známými obyvateli periodických tůní jsou **listonoh jarní** a **listonoh letní**, kteří také patří do skupiny lupenonožců. Listonoh jarní je aktivní od března do května, listonoh letní od května do srpna. Zbytek roku oba druhy také přežívají ve formě vajíček.



Obr. 68: Žábřonožka sněžní <https://www.biolib.cz/cz/taxonimage/id104133/?taxonid=32621>

Podobně se chovají některé **perloočky** (například z rodu *Daphnia* a *Moina*) a mnoho druhů **buchanek** a **vznášivek**. Také jejich specializovaná vajíčka jsou schopna zastavit vývoj a přežít ve vyschlých biotopech dokonce až několik desítek let!

9.4 Mokřady a rašelinště

Pod pojmem mokřad si můžeme představit stále, či jen po určité období roku, zatopené území. Jedná se o území, která tvoří jakýsi přechod mezi suchozemskými a vodními ekosystémy. Tyto ekosystémy mají mnoho podob, jmenujme například bažiny, tůně, rašelinště, slatiniště, lužní louky a lužní lesy.

Většina mokřadů vzniká v terénních sníženinách, kde se voda hromadí z důvodu nepropustného podloží. Voda do mokřadu může být dodávána vodními toky nebo se jedná o vodu podzemní. Některé mokřady jsou sycené pouze srážkovou vodou, zejména tam, kde je hodně srážek a malý výpar. Například v chladných severských oblastech jsou rozsáhlé mokřady, i když tam mohou být roční srážky jen 200 mm, což v jižnějších šířkách odpovídá polopouštím.

Mokřady jsou nejčastěji sladkovodní, ale existují i zasolené mokřady (okolí vnitrozemských slanisek, přímořské periodicky zaplavované oblasti).

Množství živin v jednotlivých typech mokřadů se může velmi lišit, od velmi malého (například horská rašeliniště) po velké (například ústí velkých řek).

V mokřadech rostou hlavně suchozemské rostliny, které se musely podmínkám speciálně přizpůsobit. Hlavním problémem je občasné nebo trvalé zaplavení a s tím související občasné nebo i trvalý nedostatek kyslíku. Proto mají mokřadní rostliny často v kořenech **aerenchym** (viz kapitola 7.1). Při zaplavení se často vytvářejí **adventivní kořeny** (náhradní kořeny), zasahující do povrchových vrstev půdy, kde je více kyslíku, a přebírají tak funkci hlavního kořene, který je zaplaven. Rostliny rostou rychle, aby dostaly nadzemní část ze zaplaveného prostředí.

Některé mokřady jsou periodické a jsou vlhké jen část roku. Rostliny tak mohou nepříznivé období přežívat ve formě **diaspor** (jakékoli části rostlinného těla, které umožňují další šíření). Mohou přežívat jen vyživovací orgány (například kořen) nebo semena. Někdy přežijí jen jedinci v malých ostrůvkovitých oblastech a v příznivých podmínkách se opět rozšíří na větší území.

Většina mokřadů je bezlesá a dominují v nich například **ostřice, skřipina, suchopýr, sítina a rákos**, protože většina dřevin dlouhodobě zaplavení a nedostatek kyslíku nesnáší.

Zajímavým typem mokřadů jsou **rašeliniště a slatiniště**, kde dochází k velkému hromadění organické hmoty a vzniku rašeliny. V rašeliništích je rašelina tvořena zejména odumřelými těly mechu z rodu **rašeliník**, ve slatiništích dominují jiné druhy mechu a šáchorovité rostliny. Základní rozdíl mezi těmito typy je v chemismu vody – **rašeliniště** jsou **kyselá až neutrální**, **slatiniště zásaditá** (viz kapitola 4.4). Slatiniště jsou vázaná na minerálně bohaté prameny (u nás například Polabské černavy) nebo oblasti se zásaditými horninami (vyvěřelé horniny s vysokým obsahem živců).

Významnými rostlinami rašelinišť a slatinišť jsou například **kyhanka, suchopýry, klikva, vlochyně, rojovník** a řada dalších.

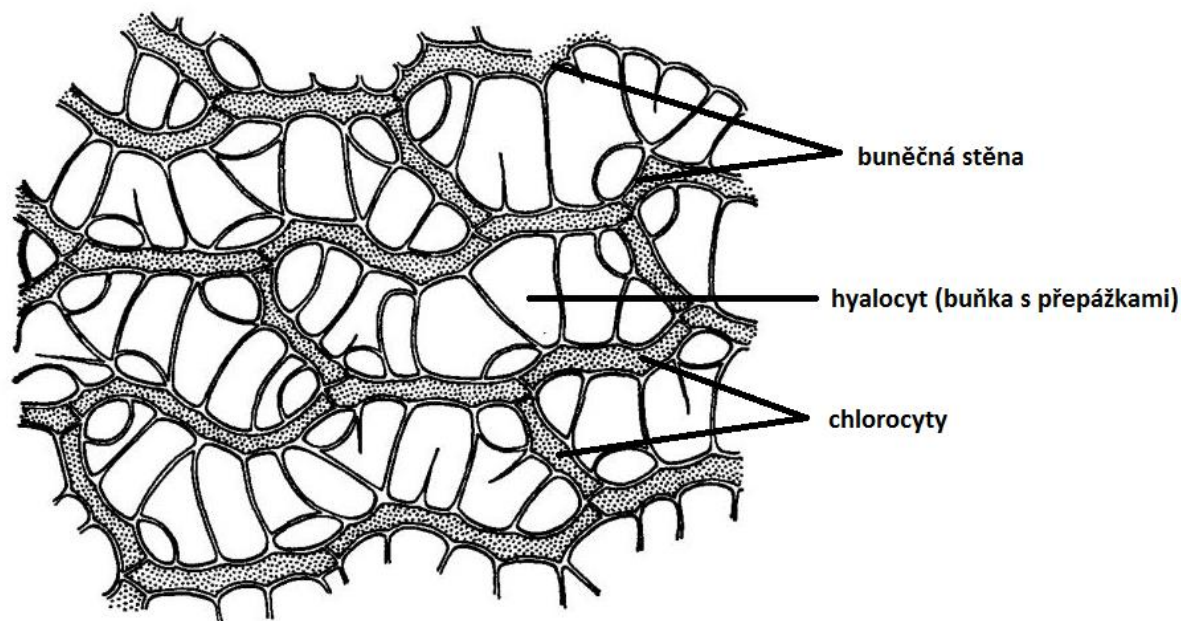
Hlavní rostlinou rašelinišť je však již výše zmíněný mech **rašeliník**. Tento mech nemá na rozdíl od ostatních druhů mechů přichytná vlákna. V horní části stále dorůstá a zespodu neustále odumírá, protože tato část je neustále zaplavená a bez kyslíku. Tím vzniká rašelina. Koberce rašeliníku, pokud mají dostatek vláhy a jsou vystaveny přímému slunci, rostou velmi rychle. Každoroční přírůstek může činit až několik centimetrů. Povrch rašeliniště tak rok od roku neustále přirůstá. Mohou zde tedy přežít jen ty druhy rostlin, které dokáží předstihnout růst povrchu svými výběžky (například **klikva, suchopýr, rosnatka**), což není v podmínkách nedostatku živin snadná záležitost. Koberce rašeliníku se mohou také rozrůstat do stran. Tímto způsobem vznikají a rozšiřují se rozsáhlé rašeliništní komplexy v arktické a subarktické části Evropy a Severní Ameriky. Rašeliníky jsou schopny ve zvláštních odumřelých buňkách (hyalocytech) **uskladnit až asi dvacetkrát víc vody, než samy váží**. Vodu sice snadno absorbují, ale neochotně ji vydávají – polštář rašeliníku je po většinu času nasáklý vodou. Rašeliníky navíc způsobují kyselost prostředí. Silně kyselé anaerobní prostředí snižuje dostupnost živin a omezuje mikrobiální rozklad. Tím tento mech sám sobě vytváří nejhodnější životní prostředí a to mu umožňuje obstát v konkurenci o světlo třeba i vůči celému lesu.



Obr. 69: Rašeliník je hlavní rostlinou rostoucí v rašeliništích

<https://www.biolib.cz/cz/image/id26906/>

<https://pixabay.com/cs/photos/ra%C5%A1elini%C5%A1t%C4%9B-mok%C5%99ad-mo%C4%8D%C3%A1l-stanovi%C5%A1t%C4%9B-86740/>



Obr. 70: Buňky rašeliníku pod mikroskopem.

Hyalocyty jsou odumřelé buňky hromadící vodu, za sucha jsou vyplněny vzduchem.

Chlorocyty jsou živé buňky s chloroplasty zajišťující fotosyntézu.

<https://fehrplay.com/obrazovanie/86631-stroenie-sfagnuma-moh-sfagnum-foto.html>

Naše mokřady jsou z hlediska fauny důležité především tím, že hostí mnoho životních stádií různých druhů živočichů, například hmyzu či obojživelníků. Z hmyzu lze jmenovat snad všudypřítomné **komáry** či **pakomáry** nebo **vážky**, **ovády**. Dále je zde možné potkat ptáky – **tetřívka obecného**, **bekasinu otavní** nebo **chřástaly**, kteří se díky dlouhým prstům snadno pohybují v měkkém podkladu. Typickými živočichy pro tento ekosystém jsou obojživelníci. Kromě hmyzu jsou právě oni představiteli druhů, které se zde vyskytují v několika životních stádiích, od vajíčka, které se vyvíjí ve vodě, přes larvy až po dospělé, který žije po většinu života na souši. Jmenujme například **skokana ostronosého**.

10 Zdroje:

BIOLOGICKÁ OLYMPIÁDA 2006–2007, 41. ročník, Organizmy a abiotické faktory prostředí. Přípravný text kategorie A, B

Byatt A., A. Fothergill, M. Holmes, Modrá planeta, Přírodopis oceánů. Knižní klub, Praha, 2002

Gerringer M. E. et al., Vesmír, ročník 97 (148), leden 2018

Hanel L., Náměty na pokusy a pozorování vodních živočichů ve školním akváriu II – dýchání vodních živočichů. PF UK Praha, 2018

Hanzák J. a kol., Světem zvířat. Albatros 1973

Hošek P., Žabí matky vyzbrojují své pulce, Vesmír, 93, 375, 2014/6

Hummelová S., Chemismus a fyzikální parametry rybníků během hydrologického roku, bakalářská práce. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Fakulta rybářství a ochrany vod, 2017

Hůrka K., Rozmnožování a vývoj hmyzu. SPN 1978

Kráska A., Jsou žábřonožky vzácné, nebo jen dlouhodobě přehlížené? Vesmír 93, 22, 2014/1

Kučerová-Kolmanová A., P. Pokorný: Trpaslík vítězí nad obrem, nepříznivé podmínky umožňují rašeliništním rostlinám obstát v konkurenci. Vesmír 78, 449, 1999/8

Kukal Z. a kol., Základy oceánografie. Academia, Praha, 1990

Losos B. a kol., Ekologie živočichů. SPN 1984

Malcová K., pracovní listy – podzim. Botanická zahrada Univerzity Karlovy, 2014

Mikátová B., Vlašín, M., Ochrana obojživelníků. Brno 2002

Neil A. Campbell a kol., Biologie, Computer Press a. s. 2006

Patočka J., Hrabatka drsná. Vesmír 93, 607, 2017/11

Petrusek A., Z. Musilová, Hlubokomořské pytlíky vody. Vesmír, ročník 97 (148), listopad 2018

Pokorný J., Prezentace na téma: Mokřady II. Život v mokřadech

Reichard M., Anuální halančiči – ryby adaptované na sezónně vysychající biotopy. Živa 6/2013, str. 289–293

Rybka V., Biologie vodních rostlin, soubor přednášek. Univerzita Palackého v Olomouci

Salinas-de-León P. et al., Vesmír, ročník 97 (148), duben 2018

Svobodová Š., Vliv vody na živé organizmy, přednáška. FAPPZ, ČVZU Praha
Voeselek L. A. C. J. et al., How plants cope with complete submergence. New
Phytologist, 2006

Zelenková S., soubor přednášek 2013, KEBR, PřF UK

[http://czech-](http://czech-press.cz/index.php?option=com_content&view=article&id=1397:hlubokomoske-bizarnosti-sp-402197590&catid=1610&Itemid=148)

[press.cz/index.php?option=com_content&view=article&id=1397:hlubokomoske-bizarnosti-sp-402197590&catid=1610&Itemid=148](http://czech-press.cz/index.php?option=com_content&view=article&id=1397:hlubokomoske-bizarnosti-sp-402197590&catid=1610&Itemid=148)

<http://fauna-flora-mineralia.cz/obojzivelnici-a-plazi/rozmnozovani-dendrobatek.html>

<http://fblt.cz/skripta/iv-pohybova-soustava/7-metabolismus-svalove-tkane/>

http://hgf10.vsb.cz/546/Ekologicke%20aspekty/cviceni/cviceni_loticky/acidifikace.htm

http://tolweb.org/Lepidogalaxias_salamandroides

http://www.apnea4all.com/wp-content/uploads/2013/12/freediving_LudekSefc.pdf

<http://www.chovatelstvi-teraristika.estranky.cz/clanky/clanky---pralesnicka-a-jejich-chov/pralesnicka-aneb-zive-drahokamy-v-terariich--obecny-popis-chovu-.html>

<http://www.pima.gov/cmo/sdcp/species/fsheets/vuln/ld.html>

<http://dx.doi.org/10.14712/25337556.2018.2.2>

<http://www.rybarstvi.eu/dok%20rybari/botany/Vyznam.pdf>

<http://www.sci.muni.cz/botany/studium/nr-rasy.htm>

<http://ziva.avcr.cz/files/ziva/pdf/annualni-halancici-ryby-adaptovane-na-sezonne-vysyc.pdf>

<https://thefisheriesblog.com/2014/09/12/extreme-fishes/>

<https://vesmir.cz/cz/casopis/archiv-casopisu/2017/cislo-7/nejrozsahlejsi-migrace-sveta.html>

<https://www.abicko.cz/clanek/precti-si-priroda/9296/kde-vladne-absolutni-tma-zivot-na-hranici-moznosti.html>

https://www.lidovky.cz/relax/veda/zelvy-prisly-v-teple-o-samce-v-australii-se-rodiovetsinou-jen-samicky.A180125_134840_In_veda_ape

<https://www.mrk.cz/clanek.php3?id=1571>

<https://www.nps.gov/chis/learn/nature/kelp-forests.htm>

www.abicko.cz/clanek/precti-si-priroda/21226/kvety-pod-vodou-opylovani-na-morskelouce.html