

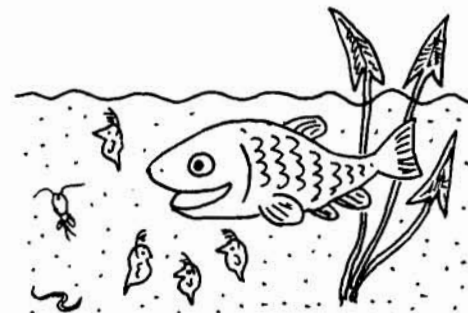
ÚSTŘEDNÍ KOMISE BIOLOGICKÉ OLYMPIÁDY

BIOLOGICKÁ OLYMPIÁDA 1994-1995

ÚVOD DO HYDROBIOLOGIE

Přípravný text pro kategorie A, B

Michal BÍLÝ
Jan ČERNÝ
Lenka CHVÁTALOVÁ
Petr MUSIL
Radka PICHLOVÁ
Antonín REITER



Institut dětí a mládeže
Ministerstva školství, mládeže a tělovýchovy ČR
Praha 1994

ÚVOD DO HYDROBIOLOGIE

O b s a h

1. Úvod	1
2. Fyzikální a chemické vlastnosti vody	3
3. Voda na zemském povrchu	5
4. Vodní ekosystémy	5
4.1. Charakteristika společenstev vodních ekosystémů	6
4.1.1. Stojaté vody	6
4.1.2. Tekoucí vody	7
4.2. Základy biologie vodních organismů	8
4.2.1. Bakterie	8
4.2.2. Sinice a řasy	8
4.2.3. Prvoci	11
4.2.4. Bezobratlí živočichové	11
4.2.4.1. Plankton stojatých vod	12
4.2.4.2. Bentos stojatých vod	17
4.2.4.3. Přisedle žijící živočichové stojatých a pomalu tekoucích vod	21
4.2.4.4. Živočichové periodických tůní	22
4.2.4.5. Živočichové rychleji tekoucích vod	22
4.2.5. Vodní makrofyta	25
4.2.5.1. Morfologické adaptace vodních rostlin	25
4.2.5.2. Ekologie vodních rostlin	28
4.2.5.3. Ekofyziologie vodních rostlin	30
4.2.6. Obratlovci a voda	32
4.2.6.1. Rybovití obratlovci	32
4.2.6.1.1. Morfologické adaptace	33
4.2.6.1.2. Fyziologické adaptace	34
4.2.6.1.3. Pásma vodních toků a typická společenstva ryb	35

4.2.6.2. Obojživelníci	38	6. Přílohy	79
4.2.6.3. Plazi	40	6.1. Obrázky	79
4.2.6.4. Ptáci	41	6.2. Vegetace vod	103
4.2.6.5. Savci	46		
4.3. Fungování vodních ekosystémů	47	7. Seznam použité a doporučené literatury	107
4.3.1. Tekoucí vody	48		
4.3.2. Stojaté vody	50		
4.3.2.1. Sluneční záření	50		
4.3.2.2. Teplota	51		
4.3.2.3. Produkční procesy	52		
4.3.3. Koloběhy látek	54		
4.3.3.1. Koloběh kyslíku	54		
4.3.3.2. Koloběh uhlíku	54		
4.3.3.3. Koloběh dusíku	56		
4.3.3.4. Koloběh fosforu	56		
4.3.3.5. Koloběh síry	58		
4.3.3.6. Koloběh křemíku	58		
4.3.3.7. Koloběh železa	59		
4.3.4. Trofie vod	59		
4.4. Působení člověka na vodní ekosystémy	60		
5. Základní metodika studia ekosystémů	61		
5.1. Odběr vzorků	61		
5.1.1. Odběr planktonu	61		
5.1.2. Nárůstové organismy	63		
5.1.3. Odběr bentosu	64		
5.1.4. Kvantitativní odběry	65		
5.2. Fixace a uchovávání vzorků	65		
5.3. Náměty k samostatným pozorováním a pokusům	66		
5.3.1. Měření obsahu kyslíku ve vodě	66		
5.3.2. Pokus demonstrující stabilitu stratifikace (rozvrstvení) vody ve stojaté nádrži	67		
5.3.3. Pozorování vodních organismů v jejich přirozeném prostředí	67		
5.3.4. Pozorování vodních organismů v akváriu	67		
5.3.5. Chov a pozorování vybraných organismů	68		
5.4. Ilustrační pokusy z ekofyziologie vodních makrofyt	72		

1. ÚVOD

Tato příručka byla vytvořena jako pomůcka pro účastníky biologické olympiády 1994 - 1995 (kategorie A a B), kdy bylo jako ústřední téma zvolena hydrobiologie. Cílem příručky je seznámit čtenáře se základy tohoto oboru a přispět tak k rozšíření jejich znalostí. Předkládaný text se zabývá pouze hydrobiologií v rámci stojatých a tekoucích sladkých vod.

Hydrobiologie je odvětvím ekologie. Zabývá se totiž studiem vodních ekosystémů, přesněji jejich živou složkou. Možná někoho napadne, proč právě vodní ekosystém má svůj vlastní vědní obor. Jedním z důvodů je jistě fakt, že vodní prostředí je natolik odlišné od prostředí suchozemského, že řada probíhajících procesů, dějů i zákonitostí je specifická právě pro něj. Stejně tak pro organismy ve vodě žijící (ať už trvale či dočasně) jsou mnohé morfologické i funkční adaptace zcela charakteristické. Na druhé straně ovšem má vodní ekosystém řadu obecných vlastností, které jsou společné všem ekosystémům. Vodní prostředí je zdánlivě ohraničeno od svého okolí, přesto však mezi suchozemskými a vodními ekosystémy existuje řada souvislostí a přechodů: každý potok, řeka, jezero či rybník má své povodí, tedy oblast, ze které srážková voda vymývá nejružnější látky; bažiny a obecné příbřežní části vodních nádrží a toků jsou přechodem mezi čistě vodním a suchozemským biotopem.

Studium vodních organismů a procesů probíhajících ve vodním prostředí je jednak zajímavé z obecné biologického hlediska, jednak velmi podstatné pro lidskou společnost. Člověk se neobejde bez pitné vody, v mnohých oblastech zeměkoule jsou vodní organismy významnou součástí potravy. Přesto však lidé zacházejí s tímto přírodním zdrojem značně bezohledně. Mnohé řeky a jezera jsou postiženy znečištěním odpady průmyslovými, zemědělskými i odpady z lidských sídlišť. Účinné snahy o nápravu či zpomalení negativních procesů však musí být podloženy pochopením struktury a fungování vodních ekosystémů.

Na tomto místě ještě vysvětlení a omluvu všem čtenářům. Příručku psalo šest autorů. Tato spolupráce sice umožnila obsáhnout poměrně velkou šíři oboru, nicméně způsobila jistou nevyrovnanost některých pasáží textu z hlediska obsahu i stylu.

2. FYZIKÁLNÍ A CHEMICKÉ VLASTNOSTI VODY

Voda, sloučenina složená ze dvou atomů vodíku a jednoho atomu kyslíku, je nezbytnou podmínkou života na naší planetě. Málokdo pochybuje o tom, že právě v ní vznikly první organismy. Proč právě tato jednoduchá chemická látka sehrála a hraje jednu z nejdůležitějších rolí v zázračném divadle života ?

Odpověď je ukryta ve zvláštním typu chemických vazeb (tzv. vodíkových můstcích), které vznikají díky tomu, že molekula vody je polární (atomy vodíku jsou nabitý kladně, kyslík záporně) a zároveň asymetrická (atomy vodíku a atom kyslíku neleží v jedné přímce). Výsledkem je schopnost molekul vody vzájemně se přitahovat opačně nabitými částmi a vytvořit tak podmínky pro vznik tzv. vodíkové vazby, která je asi dvakrát delší a asi 10-20krát slabší než kovalentní vazba mezi atomem kyslíku a vodíku v molekule vody. Obrovské množství těchto vazeb i v sebemenší kapičce má velký vliv na chemické a fyzikální vlastnosti vodního prostředí.

Srovnáme-li vodu s chemicky příbuznými látkami (např. H_2S - sirovodíkem nebo NH_3 - čpavkem), udiví nás, jak má H_2O vysoký bod tání a bod varu, vysokou tepelnou kapacitu (množství tepla nutného k ohřátí 1 kg vody o $1^\circ C$), vysoké skupenské teplo tání (množství tepla nutného k roztátí 1 kg ledu o teplotě $0^\circ C$), vysoké skupenské teplo vypařování (množství tepla nutného k vypaření 1 kg kapalné vody teplé $100^\circ C$) a velkou tepelnou vodivost. Všechny tyto unikátní vlastnosti vody se dají vysvětlit existencí vodíkových vazeb, jejich přítomnost brání změně vnitřního uspořádání vody a mnoho tepelné energie se spotřebuje na "rozlámání" vodíkových můstků. To má pak dalekosáhlý vliv na teplotní režim celé planety (vodní plochy mění teplotu pomaleji než souše), na vodní organismy (mohou počítat s poměrně konstantní teplotou svého životního prostředí) a vlastně na všechny organismy, protože jejich těla jsou tvořena z velké části právě vodou.

Další důležitou vlastností molekul vody je jejich soudržnost navzájem (koheze) a přilnavost k pevným látkám (adheze). Spolupůsobením těchto vlastností vzniká na rozhraní mezi plynným

a kapalným prostředím tzv. povrchové napětí vody, které pro řadu organismů představuje opornou plochu.

Nejvyšší hustotu má při teplotě $3,98^{\circ}\text{C}$ ($1\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$) - zahříváním nad tuto teplotu i ochlazováním pod ni se objem vody zvětšuje a tak její hustota klesá. Přejde-li voda ve skupenství tuhé, její objem se opět zvětšuje a klesá její hustota (na hodnotu $0,9173\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$).

Tento jev je opět způsoben přítomností vodíkových vazeb. Při různých teplotách se vytváří různá prostorová uspořádání molekul a mění se i jejich vzájemná vzdálenost. Zvláštnímu charakteru změny hustoty vody v závislosti na teplotě se říká hustotní anomálie a má velký význam pro život ve vodním prostředí. Led, který je lehčí než voda, plave na hladině a tím se podstatně zpomaluje promrzání nádrží i tekoucích vod ke dnu. Navíc v tekoucích vodách nedochází k výraznému rozrývání dna ledovými krami unášenými proudem.

Voda samotná plní ve vodních ekosystémech řadu funkcí. Především je rozpouštědlem, dále je prostředím, v němž probíhají nejrůznější chemické a fyzikální pochody. Mnoha chemických pochodů se voda sama účastní. Při některých z nich se rozkládá na kationt H^+ a aniont OH^- . V čisté vodě jsou tyto ionty zastoupeny ve stejném množství a je jich zanedbatelně málo. Některé látky, pokud jsou v ní rozpuštěny, zvyšují koncentraci kationtů H^+ (kyseliny), jiné aniontů OH^- (zásady). Záporné logaritmické vyjádření koncentrace iontů H^+ a OH^- se označuje pH a patří mezi důležité charakteristiky vodního prostředí.

Pokud mluvíme v biologii o vodním prostředí, jen velice zřídka kdy tím myslíme čistou vodu (tedy chemickou látku H_2O). Taková totiž v přírodě asi ani neexistuje (i dešťová voda obsahuje rozpuštěné prachové částice a atmosférické plyny). Vždy se jedná o více nebo méně koncentrovaný roztok nejrůznějších látek, jehož vlastnosti se od čisté vody často velice výrazně liší. Množstvím rozpuštěných látek je ovlivněno již zmíněné pH, bod varu (ten se s množstvím rozpuštěné látky zvyšuje), bod tání (s množstvím rozpuštěné látky se snižuje), povrchové napětí nebo např. elektrická vodivost.

3. VODA NA ZEMSKÉM POVRCHU

Voda pokrývá podstatnou část zemského povrchu. Největší množství vody je obsaženo v mořích a oceánech a dále v ledovcích, kde je voda vázaná v pevném stavu. Jen přibližně dvě procenta celkového objemu tvoří tzv. voda sladká, někdy též nazývaná kontinentální.

Kontinentální vodstvo je tradičně členěno na vody podzemní a povrchové, povrchové pak na vody stojaté (lentická stanoviště) a tekoucí (lotická stanoviště).

Mezi tekoucí vody řadíme nejrůznější stružky, potoky, říčky, řeky, patří sem i zavlažovací a plavební kanály apod. Termínem stojaté vody označujeme jezera přirozená i umělá (přehradní nádrže), rybníky, tůně, stará říční ramena, zatopené lomy, ale i nejrůznější louže a tůňky, třeba v prohlubních skal (litotelmy) nebo ve vykotlaných párech (dendrotelmy) a dále pak močály a rašeliniště.

4. VODNÍ EKOSYSTÉMY

Pod pojmem ekosystém si můžeme představit jakýkoliv relativně ucelený soubor vlastností prostředí, organismů a vzájemných vztahů mezi nimi. Každá voda stojatá či tekoucí takovým souborem rozhodně je. Při studiu těchto ekosystémů si budeme všimnout jejich struktury prostorové i funkční. Prostorová struktura charakterizuje jakousi morfolonii a anatomii ekosystému, zabývá se jednotlivými společenstvy organismů, struktura funkční pak vypovídá o vzájemných vztazích mezi organismy a celkové dynamice ekosystému.

4.1. Charakteristika společenstev vodních ekosystémů

4.1.1. Stojaté vody

Každou vodní nádrž lze rozčlenit na několik ekologických pásem, skýtajících různé podmínky k životu a osídlených různými společenstvy organismů. V nejjednodušším případě to je pelagiál (volná voda) a bentál (dno nádrže).

Pelagiál je obýván organismy trvale se vznášejícími ve vodním sloupci, a to buď víceméně pasivně, nebo vlastním aktivním pohybem. První skupina je označována jako plankton, druhá jako nekton. Toto rozdělení je do jisté míry umělé, neboť je mnohdy obtížné vést mezi těmito skupinami přesnou hranici. Zjednodušeně lze říci, že planktonem nazýváme malé vodní organismy nechávající se často unášet vodními proudy: bakterie, mikroskopické sinice a řasy, prvoky, vířníky, pelagické korýše, či některé larvy hmyzu. Nekton je pak představován většími živočichy aktivně plujícími po celém prostoru nádrže, tedy především rybami. Pod pojem plankton jsou tedy zahrnovány i organismy vyvíjející pomalý, leč vlastní pohyb.

Planktonní organismy dále rozdělujeme na fytoplankton (řasy, sinice), zooplankton (živočichové) a bakterioplankton. Jejich schopnost udržet se ve vodním sloupci je zajišťována nejrůznějšími mechanismy. V nejjednodušším případě má organismus stejnou specifickou hmotnost jako voda, popř. ji může měnit za pomoci plyných měchýřků nebo jiných dutých struktur. Jindy je přítomen nějaký pohybový aparát - mohou jím být bičíky, brvy, tykadla, nohy nebo speciálně uzpůsobené ústní ústrojí. Mnohdy má tělo živočicha či rostliny (nebo jeho část) padákovitý tvar a zpomaluje klesání.

Ve všech oblastech pelagiálu nejsou stejné podmínky, zvláště světelné a tepelné, což má za následek vertikální rozvrstvení planktonu.

Bentál je osídlen organismy souhrnně nazývanými bentos. Jeho druhové složení je proměnlivé v závislosti na charakteru dna nádrže a její hloubce. V oblastech, kam dopadá jen malé množství světla, nejsou příznivé podmínky pro růst rostlin a v biomase převládají živočichové. Ti buď nedokážou vůbec plavat (škeble),

nebo plavou jen pomalu a neohrabaně (mnohé larvy hmyzu, kroužkovci, hlísti, korýši). Je zde též bohaté osídlení mikroskopickými organismy (bakterie, prvoci, bentičtí vířníci).

Příbřežní částí nádrže tvoří oblast zvanou litorál. Jsou pro ni charakteristické porosty makrofyt - vyšších vodních rostlin, jimž je věnována zvláštní kapitola (č. 4.2.5). Litorál se vyznačuje druhovou bohatostí organismů. Žijí zde jak obyvatelé dna, tak volné vody a navíc se v tomto pásmu setkáváme se specifickou litorální flórou a faunou - téměř v každé skupině vodních organismů nalezneme typické litorální druhy. Některí jinak pelagičtí živočichové sem kladou vajíčka, jiní se sem přemísťují za potravou. Porosty vegetace mohou sloužit jako úkryt před dravci, kteří toho ovšem využívají a rovněž se sem stahují. Na vodních rostlinách, ale i na kamenech a jiných podkladech dále nacházíme přisedlé žijící organismy - nezmory, houby, nárostové řasy atd.

Zvláštní společenstva se nacházejí na hladině - je to tzv. neuston (mikroorganismy) a pleuston (větší organismy). Využívají povrchového napětí vody a pohybují se buď na svrchní, nebo spodní straně povrchové blanky. Na hladinu vody klade též velké množství živočichů svá vajíčka.

4.1.2. Tekoucí vody

Biologické osídlení vodních toků se liší od stojatých vod tím více, čím rychleji voda teče. Především je to proudění, díky němuž zde téměř nenacházíme zooplankton (záleží na rychlosti toku). U bentických živočichů se zde setkáváme s nejrůznějšími adaptacemi, které jim umožňují udržet se na místě. Mohou to být rozmanité přichytné orgány (přísavky, vlákna, lepkavé sekrety), dále plochý tvar těla, zatížené či pevně ukotvené schránky apod. Mnozí obyvatelé tekoucích vod žijí na spodní straně kamenů nebo zahrabání ve dně. U některých živočichů je vyvinuta tzv. pozitivní reotaxe, instinktivní pohyb proti proudu.

Také rostlinstvo vodních toků bývá omezeno na přisedlé či nárostové formy. S fytoplanktonem se setkáváme pouze v pomaleji tekoucích úsecích potoků a řek. Dalším faktorem, odlišujícím tekoucí vody od stojatých, je obecně větší koncentrace rozpuš-

těného kyslíku. Proto zde často nacházíme organismy náročnější na obsah kyslíku v prostředí (např. pošvatky).

Také v tekoucích vodách můžeme rozlišit jednotlivé ekologické oblasti. Rozeznáváme pásma s pomalým tokem (fluviatilní) a s tokem rychlým (torrentilní). Horní úseky toku se většinou vyznačují rychlým proudem, kamenitým dnem, čistou vodou, nízkou teplotou a vysokým obsahem kyslíku. Dolní úseky naproti tomu mívají pomalý proud, bahnité dno atd.

Potoky a řeky lze rozčlenit na tzv. biologická pásma, charakterizovaná přítomností typických organismů. Nejčastěji se rozlišují čtyři hlavní pásma, pojmenovaná podle ryb. Směrem od pramene k ústí je to pásmo pstruhové, lipanové, parmové a cejnové.

4.2. Základy biologie vodních organismů

4.2.1. Bakterie

Stejně jako v suchozemských, i ve vodních ekosystémech hrají bakterie nezastupitelnou roli. Množství bakterií v jednom mililitru je značně proměnlivé, závisí na typu vody. Ve velmi čistých vodách se pohybuje kolem 10^3 až 10^4 , v běžných řekách, jezerech a čistších rybnících od 10^5 do 10^7 . V bahnitých sedimentech dosahuje počet bakteriálních buněk hodnot až 10^8 v jednom ml.

Podle oblasti výskytu můžeme rozlišit tři základní společenstva bakterií ve vodě, a to bakterie v planktonu, v nárostech a v sedimentech. Pro ekosystém mají bakterie význam především jako destruenti (rozkladači), řada bakterií má důležitou úlohu v kolo-běžích jednotlivých chemických prvků.

4.2.2. Sinice a řasy

Pojmem řasy označujeme celou řadu skupin tzv. nižších rostlin. Řasy jsou morfologicky, fyziologicky i ekologicky velice různorodé. I když známe druhy, kterým stačí pro růst vlhký substrát, většina řas se vyskytuje ve vodním prostředí. Nacházíme mezi nimi řadu forem od mikroskopických, jednobuněčných, po několikametrové, u kterých jsou již buňky značně rozrůzněny a vytvářejí jakási

nepravá pletiva. Nezávisle na systematickém rozdělení můžeme u řas rozlišit různé vývojové stupně stavby těla (stélky). Podívejme se nyní na hlavní typy řas vyskytujících se ve sladkých vodách. Většina níže zmíněných forem je vyobrazena na obr. I, II, III, IV.

Řasy, žijící ve volné vodě jako fytoplankton, bývají často jednobuněčné. Mohou plavat pomocí bičíku, jako např. krásnoočka (*Euglena*), někdy mají pohybové bičíky dva (*Chlamydomonas*, *Cryptomonas*) i více. Jiné skupiny planktonních řas bičíky nemají, jsou však charakteristické tvarem svých buněk. Ten může zpomalovat či zabraňovat jejich klesání ve vodním sloupci (*Staurastrum*), případně i zabraňovat konzumaci živočichy, živícími se fytoplanktonem.

Buňky řas mohou tvořit jednodušší nebo složitější kolonie, často druhově typické (*Scenedesmus*, *Pediastrum*). Koloniálně žijí i některé bičíkaté řasy (*Volvox* neboli váleč, *Synura*).

Mnohé řasy mají charakteristické schránky z různého materiálu (*Trachelomonas*). Ty mohou mít někdy komplikované tvary, jako např. krunýř obrněnek (*Dinophyta*). Mezi nimi vyniká druh *Ceratium hirundinella*, který je navíc schopen cyklomorfózy, změny tvaru během sezóny. Většina planktonních řas je mikroskopická, pouhým okem neviditelná. Jejich hojnou přítomnost můžeme vnímat jako zelené až žlutohnědé zbarvení vody (podle toho, která skupina řas v planktonu převládá).

Mezi přisedle žijícími, nárostovými řasami, nalezneme též množství jednobuněčných druhů. Tyto formy mívají často slizové obaly (*Chlorobotrys*) nebo stopku (*Characium*). V daleko větší míře, než je tomu u fytoplanktonu, se v nárostech setkáváme s mnohobuněčnými řasami. Jejich stélka bývá vláknitá, a to buď nevětvené (*Spirogyra* čili šroubatka) nebo větvené (*Stigeoclonium*). Takovéto řasy již bývají makroskopické (*Cladophora* čili žabí vlas, jejíž živé zelené svazky a chomáče jsou všeobecně známy). Druhy rostoucí v rychlých tocích mívají tvar korovitých nárostů, např. ruducha rodu *Hildebrandia*, tvořící temně červené povlaky na kamenech v některých čistých potocích.

Všudypřítomnou skupinou řas jsou rozsivky (*Bacillariophyceae*). Jsou vždy jednobuněčné, i když někdy žijí koloniálně. Vyznačují se dvojdílnou schránkou tvořenou převážně

oxidem křemičitým. Tato schránka může mít nejrůznější tvar, často s pozoruhodnou strukturou (několik typů je uvedeno na obr. IV). Některé druhy jsou typicky planktonní (*Asterionella formosa*, obr. IV/3), jiné litorální a nárostové. Jsou známy i druhy, které tato pásma sezónně střídají: zprvu žijí přisedle (někdy na stopkách), v určitém období se pak uvolní od podkladu a dostanou se do planktonu. Za pomoci podélného zářezu ve schránce, zvaného raphe (čti:rafé) je část druhů schopna aktivního pohybu, jehož mechanismus není dosud uspokojivě vysvětlen. Rozsivky tvoří důležitou součást nárostů tekoucích vod, kde jsou jejich porosty pozorovatelné jako žlutohnědé koberce na kamenech.

Sinice (*Cyanophyta*) jsou fotoautotrofní (kap. 4.3.) prokaryotní organismy. Na rozdíl od bakterií bývají dobře viditelné ve světelném mikroskopu, neboť jejich buňky jsou velikostně srovnatelné s buňkami řas. Od těch je odlišíme podle víceméně homogenní struktury buněk, bez organel, jako je jádro nebo plastidy. Sinice jsou buď jednobuněčné, nebo tvoří kolonie, nejčastěji vláknité. Vlákna některých druhů jsou obalena slizovou pochvou, s jejíž pomocí se sinice dokáží pomalu pohybovat (to může být také dobrým odlišovacím znakem od vláknitých řas). Jiné druhy mají ve svých vlákních přítomny heterocyty a akinety, buňky tvarové a velikostně odlišné od ostatních buněk vlákna (obr. III/1). S podobným jevem se rovněž u vláknitých řas nesetkáváme. Tyto buňky slouží jednak k rozmnožování, jednak jsou schopny vázat molekulární dusík - to je další pozoruhodná a důležitá vlastnost sinic.

Sinice se liší od většiny řas složením doplňkových fotosyntetických barviv, v důsledku toho mívají charakteristické temné zelené, šedo-zelené či zelenomodré zbarvení. Barva mnohých druhů je proměnná v závislosti na vlnové délce dopadajícího světla. To je způsobeno změnou uspořádání molekul barviv, kterou se sinice přizpůsobují momentálním světelným podmínkám a zvyšují množství pohlcovaného záření.

Se sinicemi se setkáváme v nárostech i v planktonu. Planktonní formy bývají (na rozdíl od řas) velmi často vláknité. Ve vodním sloupci se udržují pomocí plyných měchýřků čili aerotopů. Tyto struktury jsou známy pouze u sinic a nemají nic společného s rostlinnými vakuolami, se kterými bývají často mylně

ztotožňovány. Masový výskyt sinic v planktonu stojatých vod je znám jako tzv. vodní květ (kap. 4.4.). Několik běžných typů našich sinic je zobrazeno na obr. III., IV.

Určování řas a sinic je bez jisté praxe dosti obtížné. Je to dáno jednak obrovským množstvím druhů, dále mnohotvárností (různá vývojová stadia jednoho druhu mohou vypadat naprosto odlišně, mnohdy byla popsána nezávisle na sobě jako více druhů) a také vývojovým paralelismem (dva druhy řas patřící k různým skupinám mohou mít v důsledku adaptace takřka shodné vzezření). Často se potýkáme s nedostatkem znaků - mnohé jednobuněčné řasy mají vzhled "zelených kuliček", které od sebe ani zkušený odborník nedokáže odlišit. Pro začátek nám poslouží Klíč k určování bezcévných rostlin (Svrček, 1976), při podrobnějším studiu se však neobejdeme bez obsáhlejších knih jako jsou např. Sinice a řasy (Fott, 1967), Sladkovodné riasy (Hindák, 1978), nebo Klíč na určování výtrusných rostlin (Hindák, 1973).

4.2.3. Prvoci

Prvoci jsou všudypřítomní, tvoří důležitou složku osazenstva všech typů vod. Žijí jednak ve volné vodě (jako tzv. mikrozooplankton), především však mezi nárosty a při dně. Zvláště ve větších hloubkách početné mnohonásobně převyšují sinice a řasy, které jsou zde limitovány světlem. Mezi vodními prvoky nacházíme obrovské množství forem. Známe prvoky detritožravé, dravé i parazitické. Mnozí prvoci, zvláště bičíkovci, se živí bakteriemi. Prvoci mohou být volně plovoucí i přisedlí, odděleně žijící i koloniální. Tvarově nejbohatší je skupina nálevníků (*Ciliophora*), jejichž některé význačné typy ukazuje obr. V.

4.2.4. Bezobratlí živočichové

Těžko bychom mezi živočichy hledali větší systematickou jednotku, v níž by se nevyskytovaly druhy žijící ve vodě. Někdy je vodní prostředí typické pro celou skupinu (láčkovci, mlži, korýši), někdy jen pro část zástupců (plži, kroužkovci). Zvláště pro živočichy, jejichž příbuzní jsou suchozemští, přináší s sebou život ve

vodě celou řadu přízpůsobení v mnoha životních funkcích, od pohybu přes vylučování až po rozmnožování.

Nesmírně zajímavou kapitolu představuje například dýchání. Někteří živočichové dokážou přijímat pouze atmosférický kyslík a proto se musí čas od času nadechnout u hladiny. Mnozí si sebou pod vodu nosí zásobu vzduchu. Kyslík do této bubliny přechází difuzí z okolní vody (v důsledku koncentračního spádu), stejně jako ji opouští přebytečný oxid uhličitý. Bublina se však postupně difuzí "rozpuští" a musí být čas od času obnovována. Nejdokonaleji si v tomto směru počiná pavouk vodouch stříbřitý (*Argyroneta aquatica*), který si ve vodě staví ponorný vzduchový "zvon" zakotvený pavučinou na vodních rostlinách. Jiní živočichové přijímají kyslík z vody: buď celým povrchem těla nebo jen některou jeho částí, popřípadě speciálními dýchacími orgány - žábami. Pozoruhodná je situace hmyzu, kde je na vodní prostředí vázána často jen larva, zatímco dospělý jedinec žije na souši. Mnohé larvy mají vyvinuty tzv. tracheální žábry umožňující výměnu plynů rozpuštěných ve vodě s plyny obsaženými v tracheálním systému živočicha. Tyto orgány představují jakousi přestupní stanici mezi vodním prostředím vně a "suchým" uvnitř těla.

V následující stati se pokusíme o nahlédnutí do pestrého světa bezobratlých živočichů našich vod. Je to jen velmi stručný přehled skupin charakteristických pro jednotlivé typy vodního prostředí. Rozdělení do kapitol je spíše orientační, neboť mnozí živočichové nejsou pevně vázáni pouze na jedno prostředí.

Jako určovací literaturu lze doporučit např. Stručný klíč sladkovodních živočichů (Chejsin 1955), první díl Fauny ČSSR, obsahující mimo hmyz většinu živočichů našich vod (Hrabě a kol. 1954) dále Klíč vodních larev hmyzu (Rozkošný a kol. 1980) a nejnovější Klíč k určování bezobratlých (Buchar a kol., 1994).

4.2.4.1. Plankton stojatých vod

PERLOOČKY (*Cladocera*)

Tito koryši jsou jednou z nejběžnějších součástí sladkovodní fauny. Nalezneme je převážně v pelagiálu téměř každé stojaté nádrže, jsou však známy i litorální a bentické druhy. Jsou to

vesmés drobní živočichové, jejichž velikost se pohybuje od 0,2 do 5 mm. Až na výjimky mají perloočky tělo kryto dvouchlopňovou průhlednou schránkou, jejíž základní stavební jednotkou je chitin. Tato schránka může mít různý tvar, charakteristický pro jednotlivé skupiny perlooček (obr. VI). I v rámci jednoho druhu však může být schránka dosti variabilní, některé druhy jsou schopny tzv. cyklo-morfózy - sezónních změn tvaru schránky (obr. XXI/1). Pokud je ve vodě nižší koncentrace kyslíku, mívají perloočky červenavou barvu díky zvýšenému obsahu hemoglobinu v hemolymfě, tělní tekutině.

Perloočky se pohybují pomocí druhého páru tykadel, který je velmi silně vyvinutý, větvený a opatřený brvami. Pohyb je dosti pomalý - perloočka se máváním tykadel udržuje v určité hloubce vodního sloupce, popřípadě se pohybuje určitým směrem drobnými poskoky. Hejna perlooček mohou však migrovat v prostoru nádrže, a to ve směru horizontálním i vertikálním.

I když známe i dravé druhy, naprostá většina perlooček se živí planktonními řasami. Tato potrava často způsobuje zelené zbarvení trávicí soustavy perlooček, která je v mikroskopu dobře pozorovatelná. Perloočky získávají potravu filtrací vody, pomocí brv umístěných na hrudních končetinách. Pohybem končetin posunují potravu tzv. břišní rýhou (prostorem mezi končetinami) směrem k ústnímu otvoru. Pohyb hrudních nožek má i význam dýchací, neboť jsou na nich umístěny žábry. Konec zadečku tvoří výběžek se dvěma drápkami, zvaný postabdomen, který slouží k pročišťování břišní rýhy.

Perloočky jsou odděleného pohlaví, avšak jejich samečky nalezneme jen zřídka, zpravidla koncem léta. Po většinu sezóny jsou populace tvořeny partenogeneticky se rozmnožujícími samičkami. Proto se mohou perloočky za příznivých podmínek velice rychle namnožit. Z vajíček, která samičky nosí v prostoru mezi hřbetem a dorsální částí schránky, se líhnou mladé perloočky tvarově podobné dospělým jedincům. Zimní období mohou perloočky přečkávat ve formě tzv. zimních vajíček, uložených v útvech zvaných sedélka či efipia (obr. VI/5). Ta vznikají z části schránky samičky a přetrvávají v bahně na dně vodní nádrže. Dají se často nalézt také v povrchové blance vody, kde mohou plavat díky vzdušným komůrkám. Perloočky však při dostatku potravy žijí

a rozmnožují se i v zimě, i když je jejich vývoj podstatně zpomalen.

BUCHANKY (*Cyclopoida*)

Jsou to korýši ze skupiny klanonožců (*Copepoda*). Mají zřetelně článkované tělo, přičemž hlava splývá s prvními hrudními články v hlavohruď. Hrudní články a zadeček se dozadu zužují, takže živočich má kyjovitý tvar. Na posledním zadečkovém článku je nápadný vidlicovitý přívěsek zvaný furka, vyskytující se i u jiných korýšů, ale u buchanek obzvláště vyvinutý. Charakteristické je jedno nepárové oko v přední části hlavohrudi. Pohybovým orgánem jsou prutovitá tykadla prvního páru. (obr. VII/3)

Buchanky se ve vodě pohybují rychlými skoky, delšími, než jakými plavou perloočky (lze je také pipetou ulovit daleko obtížněji). Ve většině případů jsou to dravci živící se jinými drobnými živočichy. Jsou odděleného pohlaví, dospělé samičky mívají po stranách zadečku dva vácčky s vajíčky. Vývoj je nepřímý. Z vajíčka se líhne larva čili nauplius, která se živí filtrací, ta se posléze přemění na stadium zvané kopepodit. Teprve po několikerém svlékání vznikne dospělý jedinec.

Buchanky žijí ve všech typech stojatých vod. Vyskytují se hojně po celý rok, i v zimním období pod ledem. Dobře snášejí i nižší koncentrace kyslíku.

VZNÁŠIVKY (*Calanoida*)

Od buchanek, se kterými je řadíme do společné skupiny klanonožců, se liší především delšími tykadly (ta bývají delší než tělo), a dlouhou protáhlou hlavohruď zřetelně oddělenou od zadečku. Rozdílný je i způsob pohybu. Vznášivky se volně vznášejí ve vodě, přičemž jim široce roztažená tykadla slouží jako padák. Občasným prudkým pohybem hrudních nožek živočich poposkočí. Samičky nosí vajíčka v jediném vácčku na konci těla v blízkosti furky. Ta není, na rozdíl od buchanek, zakončena dlouhými brvami, ale kratším "kartáčkem" brv. (obr. VII/2).

Vznášivky jsou býložravé, podobně jako perloočky filtrují fytoplankton. Filtrační brvy se u nich nacházejí na příústních končetinách. Vývoj je podobný vývoji buchanek.

Se vznášivkami se setkáváme především ve volné vodě.

LASTURNATKY (*Ostracoda*)

Jsou drobní korýši velikosti do 3 mm, jejichž celé tělo je uzavřeno v dvouchlopnové skořápce. Z ní vyčnívají jen pohybové orgány - tykadla a končetiny. Skořápka bývá různě zbarvena, ve hřbetní části prosvítá oko (obr. VI/6,7).

Vyskytují se hlavně při bahnitém dně nádrží, jeden druh také pod povrchovou blankou vody (velká lasturnatka *Notodromas monacha*, jejíž jedince lze spatřit i pouhým okem jako hejna kuliček pomalu rejdicích pod hladinou). Lasturnatky se živí většinou detritem.

VÍRNÍCI (*Rotatoria*)

Jsou mikroskopičtí živočichové příbuzní hlístům, mezi které jsou podle některých systémů i řazeni. Jsou takřka průhlední, takže lze dobře pozorovat jejich vnitřní stavbu. V přední části těla mají vířivý orgán, sloužící k získávání potravy a u planktonních druhů také k pohybu. Nápadné je žvýkadlo čili mastax, umístěné v trávicí trubici za ústním otvorem. Některé druhy mají tělo kryto krunýřem, jehož tvar je velmi rozmanitý a je důležitým určovacím znakem. (obr. XVI/1 - 4). I zde však může být tvar krunýře během sezóny proměnlivý, podobně jako u perlooček.

Jsou známy i dravé druhy vířníků, většina se však živí filtrací jednobuněčných řas. Draví vířníci obvykle bývají podstatně větší. Pozoruhodný je životní cyklus - střídá se zde partenogenetické a pohlavní rozmnožování, přičemž samečkové jsou velice malé, žijí mnohdy jen několik hodin a až na pohlavní orgány mají silně redukovanou tělesnou stavbu. Běžné pozorování "vířníci" jsou vždy samičky.

KOMÁŘI (*Culicidae*)

Larvy tohoto všeobecně známého hmyzu lze nalézt téměř ve všech typech našich stojatých vod, např. i v sudech s dešťovou vodou. Mají zřetelně vyvinutou hlavu, kulovitou hruď a dlouhý zadeček. Dýchají atmosférický kyslík, který přijímají stigmaty - otvory tracheálního systému umístěnými na 8. článku zadečku. Stigmata vyúsťují buď na tzv. dýchací misce, což je políčko obklopené brvami, nebo dýchací rourkou čili sifem. (obr. XIV/4).

V klidu jsou larvy zavěšeny na povrchové blance vody, jakmile se však dotkneme hladiny, mrskavým pohybem sestoupí do větší hloubky. Podobně se chovají i velmi pohyblivé kukly (obr. XIV/3). Larvy se vesměs živí filtrací mikroorganismů, k tomu účelu mají poblíž ústního otvoru vyvinuty vějířky vířivých brv.

KORETRY (*Chaoboridae*)

V planktonu některých vod mohou dominovat podlouhlí, téměř průhlední živočichové, s nápadnými černými očima a dvěma páry tmavších měchýřků. Jejich délka se pohybuje do 10 mm. (obr. XIV/1). Jsou to larvy koreter, hmyzu z řádu dvoukřídlých (*Diptera*). Živí se dravě, k lapání kořisti mají uzpůsobená tykadla. Dýchají celým povrchem těla, pozůstatkem tracheálního systému jsou ony měchýřky, podle nichž často jinak bezbarvého živočicha zaregistrujeme. Mají obdobnou funkci jako plovací měchýř ryb, změnou objemu vzduchu v měchýřku mění živočich relativní hustotu svého těla.

VODULE (*Hydracarina*)

Jsou skupinou roztočů adaptovanou na vodní prostředí. Až na několik druhů patří ekologicky spíše mezi nekton, neboť aktivně a rychle plavou za pomoci 4 párů nohou opatřených dlouhými brvami (obr. VII/4). V našich vodách žije na 300 druhů vodulí, z nichž mnohé jsou pestře zbarvené. Největší z nich má průměr kulovitého těla asi 5 mm.

Dospělé vodule jsou dravci, kořist lapají příuštními končetinami zvanými pedipalpy - ty jsou někdy dosti dlouhé budí dojem páteho páru nohu. Vývoj vodulí je velmi složitý, střídají se v něm pohyblivá, klidová, i na hmyzu parazitující stadia. Zpočátku mají nymfy jen 3 páry nohou.

Díky produktům svých kožních žláz a pevné kutikule většinou nejsou vodule konzumovány jinými živočichy. Jsou to typičtí obyvatelé litorálních porostů.

4.2.4.2. Bentos stojatých vod

MÁLOŠTĚTINATCI (*Oligochaeta*)

Nejznámějším zástupcem této skupiny jsou nitěnky (rod *Tubifex*), patří sem však řada dalších živočichů - např. naidky (*Nais*, *Stylaria*). Tito kroužkovci žijí buď v bahnitěm dně (někdy si zde zhotovují obytné rourky jako je tomu u nitěnek) nebo v nárostech a mezi rostlinami. Dokážou i hadovitým způsobem plavat.

Jsou detritožraví, živí se polorozloženou organickou hmotou. Druhy žijící v bahně potravu selektivně nevybírají a po způsobu žíhal jim prochází trávicím traktem přímo materiál dna. Dýchají celým povrchem těla, někteří mohou po delší čas snášet bezkyslíkaté prostředí. Máloštětinatci často tvoří jednu ze základních složek biomasy dna, zvláště v bahnitých rybnících..

PAKOMÁŘI (*Chironomidae*)

Larvy tohoto dvoukřídlého hmyzu patří k nejrozšířenějším sladkovodním živočichům. Přes svoji druhovou bohatost, schopnost adaptace na různá prostředí (tekoucí i stojaté vody, bahnitě, písčité i kamenité dno, vodní vegetace) i rozličné potravní specializace (druhy detritožravé, dravé, ojedinele i parazitující) mají jednotný vzhled - protáhlé válcovité tělo, jeden pár panožek na prvním hrudním článku a několik přívěsků na konci zadečku (obr. XIV/2). Určování druhů je velmi obtížné a vyžaduje preparaci ústního ústrojí. Larvy mohou být nejrůzněji zbarveny, např. jasně červeně.

Nejspíše se s larvami pakomárů setkáme v bahnitěm dně stojatých vod, kde si často staví chodbičky či rourky. Tyto bentické druhy se živí ponejvíce polorozloženým organickým materiálem, detritem a mikroorganismy. Tuto potravu, sedimentující na dně nádrže, larvy buď přímo sbírají, nebo zachycují do filtračních sítí zhotovovaných ze sekretu slinných žláz a umístěných u ústí obytných rourek. Larvy pakomárů jsou schopny i aktivního plavání mrskavým pohybem ze strany na stranu.

Tito živočichové tvoří často největší součást biomasy bentosu. Jsou známy mezi akvaristy jako tzv. patentky.

DALŠÍ LARVY DVOUKŘÍDLÝCH (*Diptera*)

Kromě koreter, komárů a pakomárů má vodní larvy celá řada dalších dvoukřídlelých. Společným znakem všech larev tohoto řádu je nepřítomnost hrudních končetin, mnozí zástupci se však vyznačují různými panožkami a párovými i nepárovými výrůstky různých částí těla. Některé druhy mají zakrnělou nebo zatažitelnou hlavu. Vyskytují se ponejvíce v bentosu, ale většinou dokážou i plavat. Nemají nikdy tracheální žábry: dýchají buď celým povrchem těla (jako pakomáři), nebo otvory tracheálního systému přijímají atmosférický kyslík, pro který si musí čas od času vyplout k hladině. K tomu účelu mohou mít na konci zadečku různé tvarované dýchací rourky (jako někteří komáři). Největší délky dosahuje rourka (sifo) u larvy pestřenky (*Eristalis*), (tzv. žumpové larvy), která dokáže žít i v silně znečištěných fekálních vodách v prostředí téměř bez kyslíku.

JEPICE (*Ephemeroptera*)

Larvy jepic jsou názornou ukázkou schopnosti ekologické adaptace. Jejich vzhled je velmi variabilní, podle typu prostředí, které obývají. Přesto však u nich nacházíme několik znaků, podle nichž larvu jepice vždy bezpečně poznáme. Až na jedinou výjimku mají všechny druhy na konci zadečku tři štětovité přívěsky a po stranách zadečkových článků vždy několik párů tracheálních žaber. Ty ovšem mohou mít různý tvar, od lupínkovitého přes péřitý až po nitkovitý. Na druhém a třetím hrudním článku jsou patrné základy křídel, tzv. křídelní pochvy, jejichž velikost se zvětšuje se stářím larvy.

Ve stojatých vodách jsou rozšířeny především dva typy larev - plovací a lezoucí. Plovací typ (např. rod *Siphonurus*, obr. IX/3) má poměrně dlouhé nohy, celkové protáhlý tvar a přívěsky na zadečku bývají opatřeny ploutevnimi lemy z jemných brv. Tyto larvy se vyskytují hlavně v litorále, mezi porosty vodních rostlin. Většina larev jepic dokáže plavat mrskavým pohybem zadečku, avšak larvy plovacího typu nejobratnější. Lezoucí typ žije především v bahnitěm dně a mezi nárosty. Příkladem je rod *Caenis* (obr. IX/4), který má navíc zvláštním způsobem tvarován druhý pár tracheálních žaber, tvořící u něj tzv. polokrovky. Překrývá

všechny ostatní, funkční páry žaber a tím je chrání před zanesením bahnem.

Většina larev jepic je býložravá či detritožravá. Ačkoliv imaga žijí mnohdy jen jeden až dva dny a vůbec nepřijímají potravu, larvy jsou relativně dlouhověké - žijí mnoho měsíců, často i déle než rok.

VÁŽKY (*Odonata*)

Vyznačují se robustní hlavou s velkýma očima a jedinečným ústním ústrojím, které nemá jiné obdoby. Je jím tzv. maska, spodní pysk přeměněný ve lžicovitý útvar se dvěma bočními pohyblivými laloky. Maska je v klidu složená na spodní straně hlavy, může však být rychlým pohybem vymrštna vpřed. Slouží k lovení potravy - larvy vážek jsou velcí dravci. Larvy podřádu *Anisoptera* (šídla a vážky v užším slova smyslu) jsou poměrně zavalité (obr. X) a jsou to typičtí obyvatelé bahnitěho dna. Larvy podřádu *Zygoptera* (šídélka a motýlice), které často nalezneme na vodních rostlinách jsou naopak značně subtilní. Vyznačují se třemi ploutvičkami na konci zadečku, které slouží jako vylučovací orgány a snad i jako tracheální žábry. Dýchání je však u larev vážek zprostředkováno především střevní stěnou.

CHROSTÍCI (*Trichoptera*)

Jejich larvy jsou známy svými schránkami, které si zhotovují z nejrůznějšího materiálu - písku, kamínků, větviček i kůry spadlé do vody. Schránky jsou druhově charakteristické. Část druhů (převážně dravých) si schránky nestaví, to jsou však ponejvíce obyvatelé tekoucích vod. Obě skupiny se od sebe liší i postavením hlavy - u dravých larev nasedá hlava na hrud v prodloužení osy těla, kdežto u býložravých kolmo (podobně jako je tomu u housenek). Oba typy ukazuje obr. XII.

Druhy stojatých vod mají schránky většinou přenosné, neukotvené k podkladu. Většina larev žije na dně, některé však mají lehkou schránku z kousku listu, která jim dovoluje plavat mezi vodními rostlinami. Schránka chrání larvu před dravci, neboť její zadeček je měkký, nechitinizovaný a bez schránky snadno zranitelný. Za normálních okolností má živočich ze schránky

vysunutou hlavu část hrudi a končetiny, v nebezpečí se zatáhne dovnitř celý. Ve schránce se larva udržuje pomocí panožek na konci zadečku a vytáhnout jí ven je velmi obtížné.

STŘECHATKY (*Megaloptera*)

Larvy střechatek jsou další bentičtí dravci. Poznáme je podle mohutné hlavy, o něco užší hrudi a dlouhého, dozadu se zužujícího zadečku s vakovitými žaberními přívěsky (obr. X/4). Typický je obranný reflex, kdy se larva stočí do kuličky.

KORÝŠI (*Crustacea*)

Dno stojatých vod je i domovem různých korýšů. K nejmenším patří plazivky (*Harpacticidae*), příbuzní buchaneč a vznášivek (obr. VII/1). Velice běžná je beruška vodní (*Asellus aquaticus*) (obr. VIII/4), dosahující velikosti 2-3 cm. Největší jsou raci (rod *Astacus*).

PLŽI (*Gastropoda*)

Plži se vyskytují nejvíce v litorálním pásmu na vodních rostlinách, které jsou jejich hlavní potravou. Někteří dokážou plavat pod hladinou, díky vzduchu v plášťové dutině. To jsou tzv. plži plicnati (*Pulmonata*), kteří dýchají atmosférický kyslík - okružáci (*Planorbis*), plovatky (*Limnea*) a mnoho dalších, menších druhů. Zástupcem plžů předožábřých (*Prosobranchiata*), které poznáme mimo jiné podle ulity uzavíratelné víčkem, je bahenka (*Viviparus*).

MLŽI (*Bivalvia*)

Kromě všeobecně známé škeble (*Anodonta cygnea*), jsou ve stojatých vodách běžně rozšířené hrachovky (*Pisidium*), drobné škebličky s lasturami velikosti a tvaru třešňové pecky. Mlži se většinou živí detritem dna. Škeble mají larvy parazitující na rybách.

DALŠÍ ŽIVOČICHOVÉ DNA

Do skupiny bentosu můžeme zařadit i některé zástupce hmyzu, vyskytujícího se hlavně v litorále. Jsou to především brouci (*Coleoptera*), a to potápníkovití (*Dytiscidae*), vodomilovití (*Hydrophilidae*), *Helodidae* a několik dalších skupin. Dospělí

potápníci jsou dravci, stejně jako jejich larvy, které se vyznačují mohutnými kusadly (obr. XI/2). Vodomilové jsou naproti tomu býložraví, poznáme to i podle jejich neohrabaného pohybu (plavou hrabavým pohybem všech končetin, zatímco potápníci rychle veslují třetím párem). Vodní brouci dýchají atmosférický kyslík, imaga i larvy musí čas od času vyplout k hladině. Imaga si nosí pod vodu zásobu vzduchu pod krovkami.

Další skupinou hmyzu jsou vodní ploštice (*Heteroptera*) (obr. XIII) - jsou to býložravé klešťanky (*Corixa*), dravé znakoplavky (*Notonecta*) a další druhy. Známá je dravá spleštule blátivá (*Nepa cinerea*) žijící v bahně. Některé druhy - vodoměrky (*Hydrometra*), bruslařky (*Gerris*) žijí na hladině vody jako pleuston, podobně jako brouci vírníci (*Gyrinus*).

Mezi bentos lze počítat i pijavky (*Hirudinea*). Žije u nás několik druhů. Parazitické jsou jen některé z nich - chobotnatka rybí (*Piscicola geometra*), většinou jsou volně žijící, všežravé, jako naše nejhojnější pijavka bahenní (*Herpobdella octoculata*). Mimo zmíněné živočichy se můžeme v bentosu setkat s mnoha dalšími, drobnými až mikroskopickými obyvateli. Jsou to např. hlísti (*Nematoda*), bentičtí vírníci (*Rotatoria*) kteří nemají schránku, nebo břichobrvky (*Gastrotricha*). Některé z nich ukazuje obr. XVI.

4.2.4.3. Přisedle žijící živočichové stojatých a pomalu tekoucích vod

NEZMAŘI (*Hydra sp.*)

Jsou láčkovci ze skupiny polyvoců (*Hydrozoa*). Vyskytují se převážně v litorálu na listech vodních rostlin. Jejich velikost se většinou pohybuje kolem 1 cm - záleží na tom, zda je živočich stažen či roztažen. Nezmaři se rozmnožují buď pohlavně nebo pučáním. Druhý způsob je daleko častější, běžně můžeme nalézt exemplář ve stadiu dosud neúplného oddělení dceřiných jedinců. Nezmaři loví kořist za pomoci ramen s žahavými buňkami. Jsou velmi žraví, dokážou pozřít kořist daleko větší, než jsou sami.

HOUBY (*Porifera*)

jsou mikroskopičtí živočichové, tvořící kolonie tvaru povlaků, keříčků, bochníků a pod. Několik málo sladkovodních druhů je běžně rozšířeno v našich vodách, kde se dají nalézt na nejružnějších ponořených předmětech - kamenech, větvích i živých rostlinách.

MECHOVKY (*Bryozoa*)

Podle současných názorů představují mechovky zvláštní živočišný kmen nejasného systematického postavení. Tvoří nárostovité kolonie zvláště na vodních rostlinách. Již při sledování lupou jsou vidět jednotliví živočichové sedící v rourkách, ze kterých vysunují vějířovitá chapadélka (obr. XVI/9). Živí se drobnými částicemi rozptýlenými ve vodě - tzv. sestonem.

4.2.4.4. Živočichové periodických tůní

Tzv. periodické nádrže jsou ty, které pravidelně vysychají a opět se naplňují vodou. Jsou dvojího typu: Jarní, které leží na propustném geologickém podloží a plní se v době tání záplavami či stoupající hladinou podzemní vody a letní, které mívají podloží nepropustné a plní se letními srážkami (popřípadě pravidelným stoupáním hladiny podzemní vody).

Takovéto tůně mají své charakteristické obyvatele. Jsou to především tři skupiny koryšů, zábronožky (*Anostraca*), škeblivky (*Conchostraca*) a listonozi (*Notostraca*) (obr. VIII). Jejich vajíčka musí projít obdobím sucha, aby se z nich příští rok vylíhli noví jedinci. Také někteří komáři (*Culicidae*) přečkávají zimní období ve formě vajíček na dně vyschlých louží.

4.2.4.5. Živočichové rychleji tekoucích vod

LARVY HMYZU

JEPICE (*Ephemeroptera*)

Jepice tekoucích vod jsou snad nejnázornějším příkladem morfologické adaptace na toto prostředí. Kromě lezoucích a plovoucích

larev, známých i ze stojaté vody, se zde vyskytují zde dva specifické typy larev.

Reofilní typ představují ploché larvy, se širokou hlavou a hrudí a hákovitými končetinami. U jednoho z rodů dokonce vytváří žaberní lupínky na spodní straně těla přísavný terč. Druhý typ, který nazýváme hrabavým, si vytváří chodbičky v písčitéch březích toků (někdy i vod stojatých), má lopatkovitě utvářený první pár končetin a válcovitý tvar těla. Lupínky tracheálních žaber má peříčkovitě tvarované a uložené na hřbetní straně zadečku (obr. IX/2). Jepice jsou i pěknou ukázkou koloběhu života v tekoucích vodách: imaga po vylíhnutí letí proti proudu, kladou vajíčka v oblasti horního toku a vzápětí hynou. Vylíhlé larvy jsou pak opět unášeny po proudu.

POŠVATKY (*Plecoptera*)

Larvy pošvatek jsou typičtí obyvatelé čistých, hodně prokysličených tekoucích vod. Mají plochý tvar těla, širokou hlavu a silně vyvinutá kusadla - větší část druhů se živí dravě (zvláště velké druhy). Na konci zadečku mají dva dlouhé štěty. Keříčky tracheálních žaber mohou mít různé umístění, např. na bázi končetin (obr. XI/1).

CHROSTÍCI (*Trichoptera*)

V tekoucích vodách se často setkáváme s volně se pohybujícími larvami bez schránek. Pokud schránku mají, je buď pevně přichycená k podkladu, nebo postavená z těžkého materiálu. Ve schránkách přilepených na spodní straně kamenů můžeme též nalézt kukly chrostíků.

Dravé druhy tekoucích vod, které schránky nemají, poznáme podle panožek s drápkou na konci zadečku a relativně krátkých hákovitých končetin. Na jednotlivých člancích zadečku mohou, ale nemusí mít tracheální žábry (obr. XII/1, 2). Některé z dravých druhů si tkají lapací sítě.

DVOUKŘÍDLÍ (*Diptera*)

Tekoucí vody jsou domovem celé řady larev dvoukřídlých, známých i ze stojatých vod, především všudypřítomných pakomárů. Živočichy

typickými pouze pro tekoucí vody, jsou však larvy muchniček (*Simuliidae*), jejichž imaga sají krev teplokrevných živočichů. Larvy mají konec soudečkovitého zadečku opatřen přísavkou a první hrudní článek nepárovou panožkou. S jejich pomocí se larva dokáže píďalkovitě pohybovat (obr. XV).

Mimo tento aktivní pohyb se larva může nechat volně unášet proudem, přičemž je k původnímu stanovišti připoutána kotevním vláknem ze sekretu slinných žláz. Tito živočichové jsou filtrátoři. Ústní ústrojí mají tvořeno vějířky brv, jimiž zachycují potravu unášenou proudem.

Jinými typickými obyvateli toků jsou larvy přísalek (*Blepharoceridae*), které jsou vybavené dvěma řadami přísavek.

PIJAVKY (*Hirudinea*)

Rovněž pijavky, žijící v tekoucích vodách, mohou být tvarově přizpůsobeny (např. bělivka plochá, *Glossiphonia complanata*) i když zde najdeme např. obecně rozšířenou hltanovku bahenní klasického tvaru pijavek. Ploché jsou kokony pijavek, pokryté hladkou slupkou, takže se udrží přilepené na kameni i ve velkém proudu.

PLOŠTĚNKY (*Turbellaria*)

Drobné, často mikroskopické druhy ploštěnek, např. ze skupiny rovnostřevných (*Rhabdozoela*), žijí i v litorále stojatých vod, velké druhy ze skupiny trojvětvených (*Tricladida*) jsou však typičtí obyvatelé vod tekoucích. Žijí většinou na kamenech, často na jejich spodní straně. Od pijavek je snadno odlišíme podle nečláňovaného těla a nepřítomnosti přísavek. Jejich velikost se pohybuje do 2 cm. Mnohé druhy jsou indikátory čisté vody.

PLŽI (*Gastropoda*)

Typickým druhem rychle tekoucí vody je kamomil říční (*Ancylus fluviatilis*), jehož ulita má tvar ploché černé čepičky. Setkáme se s ním v čistších potocích a řekách s kamenitým dnem.

MLŽI (*Bivalvia*)

Zástupci mlžů tekoucích vod jsou okružanky (*Sphaerium*), žijící zahrabané v písku, velevrubi (*Unio*) podobní škeblím a slávička mnohotvárná (*Dreissenia polymorpha*) tvořící přisedlé kolonie ve větších řekách (Dunaj, Labe). Velmi vzácná je dnes perlorodka říční (*Margaritana margaritifera*).

BLEŠIVCI (*Gammaridae*)

Jsou koryši žijící v čistých potocích a prameništích. Jsou ze stran zploštělí a pohybují se vleže na boku (obr. VIII/5). Žijí pod kameny, někdy též zahrabáni v písku nebo v trsech vodních rostlin.

4.2.5. Vodní makrofyta

Vodní prostředí se svými fyzikálními a chemickými vlastnostmi a svým působením na vyšší rostliny natolik liší od prostředí suchozemského, že si vynutilo u vyšších rostlin vznik mnoha specifických vlastností. V této kapitole chceme poukázat na vzájemné vztahy některých vlastností prostředí a vyšších rostlin.

4.2.5.1. Morfologické adaptace vodních rostlin

Vodní rostliny nejsou, pokud jde o příjem vody a živin, striktně vázány na kořeny. Kořenový systém vodních rostlin bývá proto často redukován, někdy úplně chybí (např. růžkatec - *Ceratophyllum*) - viz obr. XVII. Rozvětvený kořenový systém slouží často hlavně k uchycení rostliny ve dně (u rostlin tekoucích vod, ale i např. u leknínu - *Nymphaea*, kotvice - *Trapa* apod.). Samozřejmě zůstává zachována i původní funkce kořene: stejně jako u suchozemských rostlin zelené části zajišťují zásobení oxidem uhliku, kořeny dodávají další biogenní prvky, především dusík a fosfor. Nezřídka nacházíme u vodních rostlin i mohutné, silné kořeny, případně oddenky. Ty slouží jako zásobní orgány pro klidové období, v nich uložené zásobní látky se spotřebovávají při rašení na počátku nové vegetační sezóny. Oddenky mohou sloužit i jako orgán vegetativního rozmnožování (obr. XVII).

Výrazné změny můžeme pozorovat i v anatomii a morfologii stonků. U rostlin kořenujících ve dně bývá uvnitř stonku aerenchym - specificky utvářené vzdušné pletivo s dutinami, které vedou vzdušný kyslík ke kořenům. Kořeny si totiž jako nezelené části rostlin nemohou kyslík k dýchání samy vytvářet a musí jim být dodáván z jiných částí rostlin a nejčastěji zvenčí (z kyslíkatého prostředí nad hladinou). Dutiny samozřejmě pokračují i do kořene. Ovšem dojde-li k velkému mechanickému poškození (např. usečení, ukousnutí) rostliny pod vodou, zalije se aerenchym vodou a rostlina se doslova utopí.

Velká část vodních rostlin (ale i rostlin rostoucích ve vlhkém prostředí) má redukovaný skelet stonků. Skelet u nich nahrazují dutiny vyplněné vodou, jejíž tlak udržuje stonek vzpřímený. Rostliny se tak vyhnou energeticky i materiálově náročné tvorbě zpevňovacích pletiv. Postupná ztráta vody - vadnutí má pak u těchto rostlin přesně tyž následek, jako vypouštění vzduchu z nafukovacího zvířátka. U některých rostlin by byl skelet spíše zátěží - např. u rostlin rostoucích v proudící vodě by mohlo dojít k lámání zpevněných částí.

Velmi zřejmé jsou i rozdíly v listové anatomii rostlin vodních a suchozemských. Jestliže u suchozemských rostlin jsou průduchy na obou površích listu (pak většinou na spodním povrchu hustší) nebo pouze na spodním povrchu, u vodních rostlin najdeme průduchy pouze na povrchu, který není trvale ponořen. U vzplývajících listů je to pouze povrch svrchní a u ponořených listů průduchy vůbec nenajdeme. Vysvětlení je snadné: průduchy zprostředkovávají spojení rostliny s jejím plynným okolím - vzduchem. Pod vodou jsou tedy nefunkční. U suchozemských rostlin je limitujícím faktorem prašnost prostředí - průduchy na svrchním povrchu listů se snadno zanášejí prachem.

Podle morfologie listů lze snadno určit i energetiku prostředí (intenzitu a četnost pohybů). Voda má totiž oproti vzduchu mnohem větší hustotu, takže neobtěká listy tak snadno jako vzduch. U rostlin tekoucích vod bývají listy buďto velmi drobné nebo niťovité, případně dělené v niťovité úkrojky. Mají-li větší plochu, pak bývají velmi tenké a měkké a kopírují pohyb vody. U rostlin stojatých vod najdeme několik typů listů. Listy ponořené bývají

měkké, s tenkou kutikulou a bez průduchů, často velkoplošné, ale někdy (zvláště u litorálních rostlin, kde se projevuje vliv příboje) také dělené v niťovité úkrojky, které ovšem nejsou tak přísně rovnoběžné a bývají i kratší než u rostlin tekoucích vod (viz obr. XVIII). Listy vzplývavé mají svrchní povrch hladký, bez trichomů (výjimkou je pouze kapradina nepukalka vzplývavá - *Salvinia natans* - viz obr. XVIII) a s průduchy, spodní povrch je bez průduchů, někdy s trichomy nebo dutinkami zadržujícími vzduch, který usnadňuje udržení listu na hladině. Vzplývavé listy mívají velkou plochu, která též usnadňuje vzplývání, a bývají velmi nesmáčivé, takže jestliže se občas dostanou pod vodu vlivem vlnění, případně deště apod., voda z nich okamžitě steče a opět vyplavou na hladinu. Jsou-li listy trvale vynořené nad hladinu, odpovídá jejich anatomie a morfologie listům suchozemským. U vodních rostlin se často setkáváme s různolistostí (heterofylií), protože různé listy jedné rostliny může obklopotvat různé prostředí. Tak nacházíme na jedné rostlině ponořené listy niťovité nebo čárkovité i vynořené listy suchozemského typu (u haluchy vodní - *Oenanthe aquatica*, žabníků - *Alisma*, šípky - *Sagittaria* aj.), nebo silné listy vzplývavé i měkké ponořené s tenkou kutikulou a bez průduchů (stulík žlutý - *Nuphar luteum*) - viz obr. XVIII. Zvláštní listy mají rostliny čeledi okřehkovitých (*Lemnaceae*), u nichž je list vlastně celou rostlinou, až na drobný kořínek spuštěný do volné vody. Podobnou zvláštnost najdeme i u nepukalky, kde je vždy jeden ze tří listů v přeslenu přeměněn na svazek vláken plnicích funkci kořínku (někteří autoři uvádějí, že svazek vláken je stonkového původu) - viz obr. XVIII.

Pokud jde o povrch listů a stonků, můžeme zobecnit některé vlastnosti. Rozhodně je to síla kutikuly - oproti suchozemským rostlinám je kutikula tenčí, protože nemusí bránit výparu vody. Nutnost šetřit vodou je u mnohých suchozemských rostlin i důvodem, proč u nich vznikají různá přizpůsobení povrchu kutikuly - trichomy, vosková vrstvička apod., která znamenají pro vodní rostliny zbytečné plýtvání energií a hmotou. U nich najdeme trichomy častěji pouze naspodu vzplývavých listů jako strukturu usnadňující vzplývání.

U některých vodních rostlin existují i zvláštnosti v morfo-
logii květů (kvetou-li pod hladinou, jako např. růžkatec
- *Ceratophyllum* - viz obr. XVIII) a plodů, které mohou být přizpů-
sobeny pro plavání (u rostlin využívajících vodu jako transportní
medium), případně mít zvýšenou odolnost proti působení vlhkosti
(vysoký obsah taninů, tříslovin, nesmáčivé obaly apod.) - viz obr.
XVII.

4.2.5.2. Ekologie vodních rostlin

Různá stanoviště vodních nádrží nebo toků podmiňují svými
vlastnostmi přítomnost rostlin s typickým habitem (vnějším vzhle-
dem) - tzv. ekotypů. Tak můžeme v rámci nádrže stojaté vody rozli-
šit tyto hlavní ekotypy:

1) rostliny plovoucí na hladině (např. druhy rodu okřehek
- *Lemna*).

2) rostliny vznášející se ve vodním sloupci, případně
ukotvené ve dně bezkořennou bází, ale nekořenující a nevyčnívající
nad hladinu. Sem můžeme zařadit např. vodní mor - *Elodea* nebo
růžkatec - *Ceratophyllum*.

3) rostliny kořenující ve dně, ale nevyčnívající nad hladinu.
Tento ekotyp u nás najdeme zřídka, patří sem například vzácný rod
šídlatka (*Isoetes*), příbuzný přesličkám, jehož zástupce můžeme
najít u nás pouze na Šumavě v Černém jezeře. Někdy nacházíme
submerzní (ponořené) formy i u bažinných a pobřežních rostlin
(žabníky - *Alisma*, šípátka - *Sagittaria* apod.).

4) rostliny kořenující ve dně, prorůstající celým vodním
sloupcem a vyčnívající nad hladinu (alespoň vzplývavými listy).
Příkladem tohoto ekotypu jsou např. stulíky (*Nuphar*) nebo kotvice
plovoucí (*Trapa natans*), v mělčích nádržích a trvalejších kalužích
pak hvězdoše (*Callitriche*).

5) rostliny pobřežních mělčin (litorálu) kořenující ve dně
s velkou částí vyčnívající nad hladinu. Zde nacházíme velké
bohatství druhů od rákosu (*Phragmites*) přes sítiny (*Juncus*)
a ostřice (*Carex*) až k žabníku (*Alisma*) a haluše vodní (*Oenanthe*
aquatica). Litorální rostliny často vystupují až na nezaplavený

břeh a jsou schopny růst i na jiných podmáčených stanovištích,
takže tvoří přechod mezi vodou a souší. Nacházíme je i na mokřých
loukách, v zamokřených příkopech u silnic, na okrajích rašeliníšť
apod. Samozřejmě některé z těchto druhů můžeme najít i na okrajích
rychleji tekoucích vod. V mělké vodě u břehu se totiž do jisté
míry stírá rozdíl vody stojaté a tekoucí, protože vliv proudu je
zde téměř nulový. Jediný větší rozdíl je v úživnosti substrátu,
protože u tekoucích vod je pravděpodobnější odnos, zatímco na
březích vod stojatých dochází spíše k akumulaci (ukládání)
materiálu.

U rychle tekoucích vod (pomalu tekoucí vody se z tohoto
hlediska spíše podobají vodám stojatým) je škála ekotypů o něco
chudší. Nemohou se tu totiž uplatnit nekořenující rostliny.
Najdeme tu:

1) rostliny rostoucí uvnitř toku. Vyznačují se rozvětveným
kořenovým systémem, který udrží rostlinu na místě i ve velkém
proudu, drobnými, nitovitými (nebo dělenými v rovnoběžné nitovité
úkrojky) listy (zřídka měkkými nezpevněnými velkoplošnými), které
snadno odolávají pohybu vody - viz obr. XVIII, a jejich jedinci
bývají velmi dlouzí (až několik metrů), rostliny poléhají, často
v uzlinách (nodech) vytvářejí adventivní kořínky apod. Jako
příklad uvádíme z vyšších rostlin lakušník říční (*Batrachium*
fluitans), krásné příklady však nacházíme u nižších rostlin - mech
prameničku (jinak zdrojovku - *Fontinalis*) nebo řasu žabí vlas
(*Cladophora*).

2) rostliny pobřežních mělčin rychle tekoucích vod. Rostliny
tohoto ekotypu se svým habitem dosti podobají předchozímu ekotypu.
Jejich jedinci dosahují velké délky, jsou poléhaví, mají rozvět-
vený a pevný kořenový systém. Hlavní odlišnost je v listové morfo-
logii. U pobřežních rostlin často existuje různolistost: rozdílný
vzhled listů ponořených a vynořených. Vzplývající listy u rostlin
tekoucích vod nenacházíme, protože turbulence vznikající v rychle
proudících vodách znemožňují udržení listů na hladině. Příkladem
tohoto ekotypu mohou být některé druhy pryskyřníků (*Ranunculus*)
a lakušníků (*Batrachium*).

3) rostliny rostoucí na březích. Pokud jde o habitus a šíři
výskytu, můžeme přibližně položit rovnítko mezi tento ekotyp

a ekotyp uvedený u stojatých vod pod č. 5). Nacházíme zde někdy i stejné druhy, ale často je druhové složení pobřežních porostů tekoucích vod odlišné. Je to dáno hlavně menší úživností substrátu, ale i tím, že rychle tekoucí vody u nás najdeme nejčastěji ve větších nadmořských výškách, a nemůžeme zde tedy očekávat teplomilné rostliny. Často nacházíme tyto druhy na rašelinistích a horských zamokřených loukách. Podél malých vodních toků najdeme např. druhy rodu zblochan (*Glyceria*), rozrazil potoční (*Veronica beccabunga*) nebo řeřišnici hořkou (*Cardamine amara*).

Z toho, co bylo řečeno v bodě 5) u stojatých vod a v bodě 3) u vod tekoucích, je zřejmé, že nelze stanovit přesnou hranici mezi porosty vodními a suchozemskými. Stejně jako je kontinuální změna vlhkosti směrem z vody na souš, tak se kontinuálně mění morfoloogické, anatomické a fyziologické vlastnosti rostlin i druhové složení porostů. Hranice mezi jednotlivými pásmy můžeme tedy stanovit pouze přibližně.

Různé druhy rostlin, patřící do stejného ekotypu, často rostou pohromadě a vytváří tak rostlinná společenstva charakteristická pro různé typy vodních stanovišť. V příloze této příručky uvádíme stručný přehled našich vodních rostlinných společenstev, v němž se lze podrobněji poučit o tom, jaké prostředí obsazují význačné (časté, známé apod.) druhy vodních rostlin naší flóry.

4.2.5.3. Ekofyziologie vodních rostlin

Vodní rostliny mají samozřejmě i mnohá ekofyziologická přizpůsobení (specifické fyziologické vlastnosti zlepšující šanci rostliny na přežití v daných podmínkách prostředí). K nim patří například schopnost fotosyntetizovat při velmi nízké intenzitě světla.

Intenzita fotosyntézy roste s rostoucí intenzitou světla. Pro život rostlin je nutné, aby spotřeba CO_2 fotosyntézou byla v dlouhodobém průměru větší než produkce CO_2 dýcháním (jehož intenzita závisí hlavně na teplotě a koncentraci CO_2 v prostředí). Jedině tehdy totiž rostlina přijímá CO_2 z prostředí a může ho tedy

použít jako hlavní stavební látku pro svůj růst. Převáží-li dlouhodobě dýchání nad fotosyntézou, rostlina spotřebovává zásobní látku svého těla a lze říci, že umírá hladem. Protože voda pohlcuje mnohem větší procento světla než vzduch, mají podvodní rostliny k dispozici mnohem menší intenzity světla než rostliny suchozemské. Aby "nevyhladověly", musejí být schopny fotosyntetizovat i při velmi nízkých hodnotách světelné intenzity. Běžné jsou vodní rostliny schopny fotosyntetizovat až při stokrát nižší intenzitě světla, než suchozemské rostliny rostoucí na plně osvětlených stanovištích. Zjednodušeně tedy můžeme říci, že vodní rostliny jsou extrémně stínomilné.

Kromě schopnosti pohlcovat světlo má na vodní rostliny velký vliv schopnost vody rozpouštět plyny, a to hlavně CO_2 . Způsob rozpouštění CO_2 ve vodě v závislosti na pH je podrobně popsán v kap. 4.3.3.2.

Většina vodních rostlin je schopná přijímat z vody CO_2 pouze ve formě CO_2 (nikoli ve formě HCO_3^- nebo CO_3^{2-}). Tyto rostliny jsou schopny fotosyntetizovat pouze při pH nižším než 8,5 (viz graf č. 1 - kap. 4.3.3.2.). Ovšem při tomto pH je koncentrace CO_2 již tak malá, že intenzita dýchání převyšuje intenzitu fotosyntézy a rostlina není v tomto prostředí schopna dlouhodobě přežít.

Některé vodní rostliny jsou však schopny využívat k fotosyntéze i CO_2 ve formě HCO_3^- . To jim umožňuje fotosyntetizovat až do pH = 12 (viz graf č. 1). Z iontu HCO_3^- však zpracují jen CO_2 a zbytek - hydroxylový ion - musí vyloučit. Častá je odlišná lokalizace obou operací: HCO_3^- přijímá rostlina svrchním povrchem listu a OH^- vylučuje spodním povrchem. V bezprostřední blízkosti spodního povrchu listu se pak zvyšuje koncentrace OH^- iontů, tedy pH, a to vede (podle grafu č. 1) ke zvýšení koncentrace CO_3^{2-} . Vysoká koncentrace CO_3^{2-} pak může zvyšovat srážlivost karbonátů s nízkým součinem rozpustnosti (CaCO_3 apod.), zvláště ve vodách dobře zásobených minerálními látkami (vápníkem apod.). Metabolismus rostlin tedy může způsobit velké lokální změny chemismu prostředí.

Další ekofyziologická přizpůsobení lze najít u vodních rostlin kořenujících ve dně. Tato přizpůsobení jsou často stejná jako u rostlin mokřadů a zaplavovaných půd, nespoívá tedy přímo

se vztahem rostlin a vodního prostředí. Proto o nich nebudeme v této příručce podrobněji mluvit. Popis některých příkladů můžete nalézt v kap. 3.1.3.2 loňské příručky (Miko, 1993).

4.2.6. Obratlovci a voda

Obratlovci (*Vertebrata*) jsou skupinou živočichů, která je vlivem morfologických a ekologických zvláštností, a především relativně velkých rozměrů jedinců (a s tím spojených metodických odlišností studia), oddělována a obvykle studována samostatně, často bez přímé návaznosti na výzkumy prováděné v oborech studujících celé ekosystémy (pedobiologie, hydrobiologie). To poněkud znesnadňuje začlenění této kapitoly do příručky, zároveň to ale ukazuje na nutnost překonávat tyto "oborové" bariéry, neboť obratlovci patří k funkčním vodním ekosystémům stejně neoddelitelně jako bezobratlí či vodní mikro- a makroflóra.

Mezi obratlovci najdeme v naší fauně jak organismy primárně vodní (kruhouští - *Cyclostomata*, ryby - *Pisces*), tak reprezentující přechod z vody na souš (obojživelníci - *Amphibia*), a nakonec i organismy primárně žijící mimo vodní prostředí a v různé míře adaptované na získávání potravy, vyhledávání úkrytů či rozmnožování ve vodě nebo její bezprostřední blízkosti (někteří plazi - *Reptilia*, ptáci - *Aves*, savci - *Mammalia*).

4.2.6.1. Rybovití obratlovci

Pod tímto termínem shrnujeme v rámci naší fauny dvě systematické třídy - kruhousté (*Cyclostomata*) a ryby (*Pisces*). První z nich je reprezentována jen několika málo poměrně vzácnými druhy, druhá zahrnuje více než 60 původních a zdomácnělých (člověkem vysazených a v přírodě přežívajících) druhů. Oběma je společné to, že se jedná o primárně vodní obratlovce, že nemají stálou tělesnou teplotu (jsou poikilotermní) a rozmnožují se jednoduchými vajíčky, která jsou oplozována mimo tělo samice. S těmito skutečnostmi jsou spjata mnohá morfologická a fyziologická přizpůsobení, která mají závažné ekologické a funkční důsledky.

4.2.6.1.1. Morfologické adaptace

Primárně vodní způsob života rybovitých obratlovců nám dává možnost sledovat složité a dlouhodobě vzniklé adaptace na vodu jako prostředí k pohybu. Podobně jako u mnohých bezobratlých, i u těchto obratlovců nacházíme dokonale hydrodynamický tvar těla, tělní pokryv (šupiny či pevná hladká kůže) a slizové povlaky na povrchu těla, které zmenšují tření ve vodním prostředí. Také způsob pohybu je typický - pohyby ocasní ploutve (či ploutevniho lemu v zadní části těla) udělují tělu rychlost, ostatní ploutve udržují především rovnováhu a podílejí se na směrové koordinaci pohybu.

Podle tvaru těla, přesněji řečeno podle poměru délky, výšky a šířky těla, můžeme rozdělit naše rybovitě obratlovce do několika skupin, charakteristických pro určitá prostředí - typy vod nebo části toků či nádrží. Nejčastějším tvarem těla je protáhlý, tzv. proudnicový, tvar těla, kdy největší výška těla je v délce obsažena cca 3,5 - 4,5krát a průřez těla je elipsovitý, mírně ze stran zploštělý. Ryby tohoto tvaru obývají nejrůznější prostředí, nejčastěji ale střední část vodního sloupce. Představiteli této skupiny jsou např. rody pstruh (*Salmo*), jelec (*Leuciscus*), okoun (*Perca*).

Ryby s tvarem těla vysokým a plochým (výška je v délce obsažena 3krát i méně), ze stran silně zploštělým, obývají nejčastěji pomalu proudící a stojaté vody a zdržují se obvykle ve střední až spodní části vodního sloupce. Jako příklad můžeme uvést rody cejn (*Abramis*) a karas (*Carassius*).

Ryby s nízkým tělem a průřezem téměř kruhovým, případně shora zploštělým nebo i výrazně trojúhelníkovitým, s širokou břišní stranou, jsou pak většinou obyvateli dna, a to jak prudce, tak pomaleji tekoucích i stojatých vod - např. rod sumec (*Silurus*) a parma (*Barbus*).

Vezmeme-li v úvahu ještě další výrazný morfologický prvek - polohu a tvar úst, můžeme si udělat poměrně dobrou představu o tom, jak a kde asi bude žít ryba, kterou pozorujeme. Nejčastějším tvarem úst jsou tzv. koncová ústa, která jsou umístěna v podélné ose těla. Jsou typická pro druhy, získávající potravu ve

vodním sloupci. Sem patří jednak druhy dravé - např. štika obecná (*Esox lucius*), jednak druhy živící se planktonem - rod síh (*Coregonus*) a druhy živící se vodními makrofyty - např. amur bílý (*Ctenopharyngodon idella*).

Častým typem jsou ústa spodní, která směřují dolů od podélné osy těla, případně jsou umístěna pod rostrem (rostrum = dopředu protažená část hlavy v "nosní" oblasti, tj. mezi očima a ústním otvorem). Jsou typická pro ryby hledající potravu na dně, jako je parma (*Barbus*). Tento typ úst je často opatřen hmatovými vousky.

Posledním, poněkud méně běžným typem, jsou ústa horní. Směřují šikmo vzhůru a jsou specializována na sběr potravy z hladiny, nejčastěji tedy na lov hmyzu a jiných živočichů žijících na hladině, nebo na hladinu spadlých. Taková ústa najdeme např. u oukleje obecné (*Alburnus alburnus*).

Vyobrazení jednotlivých druhů ryb a popisovaných morfologických znaků najdete např. v publikaci Hraběte, Olivy a Opatrného (1973), Čihaře (1978) nebo Gaislera (1983).

Závěrem je třeba poznamenat, že všechno, co lze z morfologie vyvodit podobným způsobem, jako jsme se o to pokusili v této podkapitole, je vždy idealizací skutečného stavu. Často totiž nacházíme plynulé přechody mezi extrémními stavy jednotlivých morfologických znaků i jednotlivé druhy organismů s vyhraněnými způsoby získávání potravy či nároky na stanoviště, které do obecných pravidel nezapadají.

4.2.6.1.2. Fyziologické adaptace

Vzhledem k rozdílu vodního a suchozemského prostředí (viz předchozí kapitoly) musí být obratlovci žijící trvale ve vodě fyziologicky značně odlišní od obratlovců suchozemských. Ucelený přehled o fyziologii ryb můžeme získat např. v učebnici Gaislera (1983). V této příručce se pokusíme jen o stručný nástin několika fyziologických charakteristik ryb, které mají přímé a zřejmé ekologické důsledky.

První z nich je společná rybovitým obratlovcům, obojživelníkům a plazům. Zástupci těchto tří skupin nemají stálou tělesnou

teplotu (jsou poikilotermní). Jedním z důsledků nestálé tělesné teploty je i menší spotřeba energie.

Dalším ekologicky významným fyziologickým rozdílem oproti suchozemským obratlovcům je dýchání žábami, které je kromě ryb známo ještě u larev obojživelníků (*Amphibia*). Závislost na množství kyslíku rozpuštěného ve vodě (může být velmi rozdílné v různých typech vod - viz předchozí kapitoly) určuje obvykle výskyt konkrétních druhů v jednotlivých typech vod.

Způsob rozmnožování je poslední ekofyziologickou charakteristikou, o které se zde zmíníme. V základních rysech se tu shodují naši rybovití obratlovci a většina obojživelníků. Samice produkují velké množství vajíček (u ryb nazývaných jikry), která jsou samci oplozována mimo tělo samice. Od okolního prostředí nejsou vajíčka oddělena žádnými specializovanými obaly, které by snižovaly kontakt vajíčka s okolním prostředím, pouze tenkou slizovou vrstvou. Po určité době zárodečného vývoje se z vajíček vylíhnou mladí jedinci se žlutkovým vakem a řadou larválních znaků. O nakladená vajíčka se ryby většinou nestarají vůbec, pouze několik málo našich druhů pečuje o vajíčka až do vylíhnutí, případně i o vylíhlé jedince. Obecně lze ale říci, že ohledně rozmnožování jsou ryby mezi obratlovcí extrémními r-stratégy (bližší např. Fuchs 1987). To znamená, že investují mnoho energie do produkce velkého počtu potomků a relativně málo energie do péče o potomstvo. V optimálních podmínkách se tedy mohou velmi rychle rozmnožit a dokonale jich využít, v podmínkách méně příhodných dochází k velkým ztrátám (úmrtnosti, mortalitě) mladých jedinců.

4.2.6.1.3. Pásma vodních toků a typická společenstva ryb

Vzhledem k tomu, že pásmovitost vodních toků u nás obecně užívaná pro jejich charakteristiku, byla odvozena od typických druhů jejich rybní obsádky, pokusíme se teď o stručný přehled toho, které skupiny či druhy ryb se v jednotlivých pásmech vyskytují a jak jsou začleněny do potravních vztahů.

V pásmu pstruhovém je struktura rybního společenstva velmi jednoduchá. Prakticky zde nenajdeme druhy býložravé či živící se

planktonem. Ryby žijící při dně jsou reprezentovány např. rodem vranka (*Cottus*). Vzhledem k tomu, že vodní sloupec je v tomto pásmu toků obvykle dosti nízký, většina druhů ryb operuje v celé jeho výšce. Příkladem může být rod pstruh (*Salmo*) a střevele potoční (*Phoxinus phoxinus*). Potravou všech zmíněných druhů jsou vodní bezobratlí a také suchozemské druhy bezobratlých splavené tokem či spadlé na hladinu. Pstruzi požírají i drobné ryby. V pstruhovém pásmu se také často vyskytují zástupci třídy kruhouští (*Cyclostomata*). Jsou to mihule rodů *Lampetra* a *Eudontomyzon*. Mají typickou larvu (minohu), která žije v písčitých nánosech s obsahem detritu a živí se zde filtrací organických zbytků a rozsivek. Zajímavé je, že toto larvální stadium trvá čtyři až pět let, což je většina délky života jedince. V dospělosti mihule buď vůbec nepřijímají potravu, nebo parazitují na rybách. Na rozdíl od většiny ryb se pouze jedenkrát rozmnožují (třou) a poté hynou.

Lipánové pásmo je druhově bohatší, neboť v rychle proudících úsecích nalezneme prakticky všechny druhy pásma pstruhového a v mírnějších částech se vyskytují další nové druhy. Objevují se zde první druhy částečně býložravé - ostroretka stěhovavá (*Chondrostoma nasus*), která seškrabává řasové nárosty ze dna, a plotice obecná (*Rutilus rutilus*), v jejíž potravě se objevují jak planktonní organismy, tak i vodní makrofyta. Druhy, obývající vodní sloupec, jsou obohaceny o lipana podhorního (*Thymallus thymallus*). Můžeme se zde také setkat s jelci (*Leuciscus*), úhořem říčním (*Anguilla anguilla*) a mníkem jednovousým (*Lota lota*), kteří se živí bezobratlými i rybami a jsou více rozšířeni v následujících pásmech. Soubor druhů žijících na dně je bohatší o rod hrouzek (*Gobio*), který je běžný i v následujících pásmech.

Parmové pásmo už většinou neobsahuje druhy pásma pstruhového a typické druhy pásma lipánového se zde vyskytují jen v proudech a mimořádně čistých úsecích. V tomto pásmu se už na většině našich řek projevují intenzivně důsledky lidské činnosti - znečištění a meliorace toků. Přibývají zde další druhy dna - především rod parma (*Barbus*) a v hlubších úsecích podoustev říční (*Vimba vimba*), které jsou specializované na sběr bezobratlých z kamenitého dna. Pomocí mohutné stavěné přední části hlavy jsou schopny obracet

i značné velké kameny, pod kterými se bezobratlí často ukrývají. Z obyvatel vodního sloupce se objevují dravé, převážně rybami se živící formy - štika obecná (*Esox lucius*) a bolen dravý (*Aspius aspius*). Oba poslední druhy se nejpočetněji vyskytují v dalším pásmu:

Cejnové pásmo je charakterizováno podrobnějším členěním druhů obývajících vodní sloupec. Objevují se druhy specializované na život u hladiny - např. ouklej obecná (*Alburnus alburnus*), které částečně sbírají hmyz z hladiny a částečně filtrují plankton, dále druhy typicky býložravé - z našich původních druhů např. perlín ostrobřichý (*Scardinius erythrophthalmus*). Výrazně se rozšiřuje spektrum druhů žijících v dolní části vodního sloupce, které se živí alternativně sběrem potravy ze dna, nebo filtrací planktonu. Do této skupiny patří většina našich původních kaprovitých ryb, mimo jiné lín obecný (*Tinca tinca*), rod cejn (*Abramis*) a cejnek (*Blicca*), karas (*Carassius*) a také kapr obecný (*Cyprinus carpio*), který pravděpodobně byl v našich vodách rozšířen prostřednictvím člověka ve středověku. Charakteristickými obyvateli dna jsou piskoř pruhovaný (*Misgonus fossilis*) a ježdík obecný (*Gymnocephalus cernua*), kteří se živí bezobratlými, a převážně rybožravý sumec velký (*Silurus glanis*) a candát obecný (*Stizostedion lucioperca*).

Podobná struktura rybí obsádky se udržuje i v přirozených či umělých vodních nádržích. Obecně lze říct, že nejvíce odpovídají cejnovému pásmu nádrže prohrávané a eutrofní. Se snižováním teploty a obsahu živin se častěji objevují druhy žijící ve vodním sloupci vyšších pásem toku. Největší vliv na složení rybích společenstev nádrží má ovšem v současné době člověk. Jednotlivé druhy zvýhodňuje umělým odchovem a vysazováním, jiné se snaží potlačovat selektivním odlovem. Závažným zásahem je také vysazování nepůvodních druhů. U nás jsou takto úspěšně rozšiřovány jednak druhy živící se planktonem - např. pelagicky žijící rod síh (*Coregonus*) nebo rod tolstolobik (*Hypophthalmichthys*), který je specializovaný na požívání fytoplanktonu. Podobné je s úspěchem chován amur bílý (*Ctenopharyngodon idella*), jehož potravou jsou vodní makrofyta. I další druhy ryb byly u nás v nedávné minulosti vysazeny, ovšem s menším úspěchem - např. sumeček americký (*Ictalurus nebulosus*).

V současné době byl do jihočeských rybníků zavlečen drobný druh parmička východní (*Pseudorasbora parva*), který se zde velmi rychle množí a konkuruje kaprovitým rybám. Je názorným příkladem toho, jak náhodně zavlečený konkurenčně schopný druh dokáže za vhodných podmínek značně negativně ovlivnit stávající vztahy ve vodním ekosystému.

Nastíněná představa obsazení jednotlivých úseků vodních toků a nádrží rybami je pochopitelně značně zjednodušená, protože v různých pásmech toků mohou vznikat různé velké úseky, s podmínkami odpovídajícími jinému pásmu. Záleží na velikosti a dostupnosti těchto enkláv, kolik druhů, obsazujících odpovídající podmínky, se do nich prostřednictvím migrace dostane. Tento problém se stal zvláště aktuálním v souvislosti s činností člověka, s jeho ovlivňováním přirozené struktury toků. Větší jez v pstruhovém pásmu může lokálně umožnit přežívání parmám nebo mníkovi, stejně jako chladná a okysličená voda, vytékající přes turbínu vodní nádrže, postavené v parmovém pásmu řeky, může dát vznik pstruhovému úseku v délce několika kilometrů pod hrází nádrže. Není pak výjimkou, že v místech, kde efekty prokysličení a ochlazení vyznívají, se mohou společně vyskytovat prakticky všechny, nebo alespoň jakékoli druhy ryb.

4.2.6.2. Obojživelníci

Obojživelníci (*Amphibia*) jsou z hlediska ekologie vodních ekosystémů skupinou méně důležitou než ryby, přesto však mají svůj nesporný význam především ve dvou ohledech. Za prvé larvální stadia mohou být v menších nebo periodických nádržích, kde nejsou přítomny ryby, nejvýznamnější skupinou velkých konzumentů. Neméně významná je i skutečnost, že dospělci (a v menší míře i larvy) se už delší dobu využívají jako vhodné objekty pro bioindikaci - na základě jejich přítomnosti, absence či změn početnosti se posuzuje kvalita daných lokalit z hlediska obecných hodnot životního prostředí, případně jsou pomocí náhlých výkyvů početnosti zaznamenávány různé (nejčastěji negativní) změny ve funkčnosti ekosystému.

Většina ekologických vztahů obojživelníků je provázána s jejich rozmnožováním. Detailní informace o něm lze najít jak v učebnici Gaislera (1983), tak v publikacích Baruše a Olivy (1993), Zwacha (1992) a v mnoha dalších.

Z obecně biologického hlediska je dobré si uvědomit, že sled vývojových stadií obojživelníků představuje model přechodu obratlovců na souš. Z hlediska fungování vodních ekosystémů je zajímavé to, že larvy (pulci) žab (*Anura*) jsou často býložravé, případně všežravé. Seškrabují nárostové organismy z ponořených rostlin a jiných předmětů, nebo i filtrují planktonní organismy. Larvy ocasatých obojživelníků (řád mloci - *Urodela*) a také některých druhů žab (*Anura*) se živí živočišnou potravou, stejně jako všichni dospělí obojživelníci. Za určitých podmínek mohou být velmi významnými konzumenty prvního i vyšších řádů (viz kap. 4.3.2.3.).

Pokud se jedná o dospělé, jsou jednotlivé druhy různou měrou vázané na blízkost vodních ekosystémů, a tedy i různé zapojené do jejich trofických a dalších vztahů. Na vodní ekosystémy nejméně vázané druhy vyhledávají vodu jen k naklazení vajíček (resp. k porození larev) a to jedenkrát ročně na krátké období. Sem patří mlok skvrnitý (*Salamandra salamandra*) a většina druhů žab (*Anura*), typicky např. tzv. "hnědé" druhy skokanů, reprezentované skokanem hnědým (*Rana temporaria*), a všechny druhy ropuch (*Bufo*).

Jiná skupina druhů je na vodu vázána jen po určité období roku. Jsou to všechny druhy čolků (*Triturus*), kteří v jarním a letním období žijí ve vodě, kde se živí vodními bezobratlými a sami jsou potravou na vodu vázaných predátorů. Jednotlivé druhy mají tuto "vodní fázi" různé dlouhou a životu ve vodě se do různé míry morfologicky přizpůsobují (ploutevní lemy, nitkovité výrůstky na ocase apod., výrazněji vyvinuté u samců). Obývaný typ vod je vždy podobný - drobnější stojaté nádrže či litorál větších nádrží.

Poslední skupina je na vodní ekosystémy vázána celoročně, i když pochopitelně jednotlivé migrující jedince můžeme zastihnout i značně daleko od vody. Typickými představiteli této skupiny jsou kuňky (*Bombina*) a "zelené" druhy skokanů (*Rana esculenta synclepton*). Žijí v nejruznějších nádržích od horských tůňek po litorál velkých rybníků a živí se hmyzem a jinými bezobratlými, vázanými na vodu a její bezprostřední okolí. Zelení skokani jsou

schopni lovit i drobné obratlovce a sami bývají často potravou různých predátorů (na rozdíl od nebezpečně jedovatých kuněk).

Do potravních vztahů spjatých s vodními ekosystémy se ovšem často zapojuje i většina ostatních druhů obojživelníků v průběhu celé sezóny. Mají totiž pokožku snadno propustnou pro vodu, a proto jsou nuceni trvale se zdržovat ve vlhkém prostředí, které brání přílišným ztrátám vody. Některé druhy (např. všichni skokani - *Rana*) ve vodě často i zimují.

4.2.6.3. Plazi

Třída plazů (*Reptilia*) obsahuje v naší přírodě tři druhy významněji závislé na vodních ekosystémech. Vzhledem k tomu, že plazi jsou první skupinou obratlovců, která úplně přešla k rozmnožování mimo vodní prostředí, je dobré si uvědomit, že se tak stalo díky vzniku povrchové struktury (obalu) vajíček, která umožňuje jejich přežívání na souši bez nebezpečných ztrát vody, a vzniku zárodečných obalů embrya, které udržují vhodné prostředí pro embryo uvnitř takto uzavřeného vajíčka. Plazi, kteří žijí ve vazbě na vodní ekosystémy se tedy vracejí do vody druhotně a rozmnožují se primárně na souši.

V naší přírodě se můžeme setkat s jedním zástupcem skupiny sladkovodních semiakvatických (částečně vodních) želv. Je to želva bahenní (*Emys orbicularis*). Její potravou jsou různé druhy vodních bezobratlých, obojživelníci a ryby. V současné době žije vzácně na dolním toku řeky Moravy a několika dalších lokalitách, je ale pravděpodobné, že se většinou nejedná o původní výskyt, ale o populace vysazené.

Druhou skupinou plazů závislých potravně na vodním prostředí jsou užovky rodu *Natrix*. Užovka obojková (*Natrix natrix*) je běžná v litorálu všech typů vod. Její potravou jsou obojživelníci, v menší míře i ryby, bezobratlí a drobní savci. Užovka podplamatá (*Natrix tessellata*) je výrazněji specializovaná na lov ryb. Je poměrně vzácná, žije např. okolo Berounky, Vltavy, Dyje a Moravy.

4.2.6.4. Ptáci

Ptáci (*Aves*) jsou druhově velmi početnou třídou obratlovců, a tedy rozrůzněnou i co do nároků na prostředí. Celá řada systematických skupin ptáků se plně nebo částečně specializovala na život ve vodních a mokřadních ekosystémech. Řada druhů ptáků je na tyto biotopy vázána potravně, mnohé druhy zde nacházejí vhodné podmínky pro úkryt a zejména pro hnízdění.

Mezi ptáky obývajícími vodní a mokřadní ekosystémy lze nalézt druhy býložravé, druhy živící se převážně bezobratlými živočichy i druhy rybožravé, ale především se tu setkáme s mnohými druhy, které nejsou potravně specializované a jejichž potrava se často mění v závislosti na stáří, roční době, zapojení do reprodukčního cyklu i na konkrétní lokalitě jejich výskytu. Tyto závislosti však mnohdy nejsou dostatečně prozkoumány. Přesto můžeme hovořit o určitých skupinách ptáků specializovaných na jistý typ potravy.

Na vodní makrofyta a porosty pobřežních rostlin jako výhradní nebo převažující zdroj potravy jsou zaměřeny především husy (*Anser*), labutě (*Cygnus*) a částečně i mnohé druhy kachen (*Anatinae*) a krátkokřídlých (*Gruiformes*). Jen těžko lze ale stanovit, do jaké míry jsou například jednotlivé druhy kachen vázány na rostlinnou nebo živočišnou složku potravy.

Velkou a značně různorodou trofickou skupinou vodních ptáků jsou druhy živící se bezobratlými živočichy. Lze u nich vysledovat různé způsoby získávání potravy:

- z vody: menší druhy potápek (*Podicipediformes*) a brodivých (*Ciconiiformes*), většina druhů kachen (*Anatinae*), lyska černá (*Fulica atra*) (viz poznámka o kachnách výše)
- ze vzduchu nad vodou a nad litorální a přibřežní vegetací: rybáci (*Chlidonias*, *Sterna*), rackové (*Larus*), některé druhy pěvců (*Passeriformes*) (např. konipasí - *Motacilla*, vlaštovkovití - *Hirundidae*, slavík modráček - *Luscinia svecica*, rákosníci - *Acrocephalus* aj.)
- z litorální a přibřežní vegetace: někteří brodiví (*Ciconiiformes*), chřástalovití (*Rallidae*) a především pěvci (*Passeriformes*) obývající tyto biotopy
- z písčitých a bahnitých břehů: bahňáci (*Limicolae*), rackové

(*Larus*), konipasí (*Motacilla*), slavík modráček (*Luscinia svecica*)

- z okolních biotopů: husa velká (*Anser anser*), moták pochop (*Circus aeruginosus*), někteří brodiví (*Ciconiiformes*), bahňáci (*Limicolae*), racci (*Larus*)

Tyto způsoby se často střídají v závislosti na momentální potravní nabídce, dostupnosti potravy, povětrnostních podmínkách, individuální fyzické kondici a jiných faktorech. Například kachny (*Anatinae*) mohou sbírat potravu z vodní hladiny, z litorální vegetace, z písčitých i bahnitých břehů nebo z vody, přičemž mohou do vody ponořovat hlavu, hlavu a krk, přední polovinu těla (tzv. panáčkování) nebo se potápět za potravou (u některých druhů až do hloubky kolem 20 m). Některé druhy kachen zase zaletují za potravou (na pastvu) i do okolních biotopů.

Pro různé způsoby získávání výše zmíněných druhů potravy jsou nutné i různé morfologické adaptace celého těla a jeho jednotlivých částí (zobák, nohy, křídla, délka krku aj.). Nejčastěji se v této souvislosti zmiňuje speciální stavba zobáku, který bývá plochý, široký a mívá na okrajích vroubkovanou strukturu, přes kterou se potrava z vody vycezuje. Nejpokročilejší adaptace lze v tomto směru nalézt u lžičáka pestrého (*Anas clypeata*) nebo u kolpíka bílého (*Platalea leucorodia*). Zástupců bahňáků (*Limicolae*) jsou naopak vybaveni typickým různě dlouhým a různě zahnutým pinzetovitým zobákem, kterým sbírají drobné bezobratlé z povrchu půdy a kamenů, nebo je vytahují i z hlubších vrstev půdy, ze dna mělčin a z obnaženého dna vypuštěných nádrží.

Zajímavým ptačím druhem žijícím se vodními bezobratlými je skorec vodní (*Cinclus cinclus*) patřící mezi pěvce (*Passeriformes*). Je typickým obyvatelem horních toků potoků a říček, kde se potápí i v prudce proudících úsecích, plave pod vodou a loví bezobratlé z kamenitého dna.

Obecně známá je skupina rybožravých ptáků. Patří sem např. potáplice (*Gaviiformes*), potápky (*Podicipediformes*), veslonoží (*Pelecaniformes*), někteří brodiví (*Ciconiiformes*), z vrubozobých (*Anseriformes*) pak morčáci (*Mergus*), z dravců orlovec říční (*Pandion haliaetus*), a částečně i orel mořský (*Haliaetus albicilla*). Další, na lov ryb specializované zástupce, najdeme

i mezi racky (*Larus*) a rybáky (*Sterna*). Znáмым ptákem lovicím ryby je také ledňáček říční (*Alcedo atthis*) z řádu srostloprstých (*Coraciiformes*). Příležitostně však mohou lovit ryby i některé další druhy ptáků.

Stejně jako při lovu bezobratlých, se i zde můžeme setkat s různými způsoby lovu, jako jsou: potápění pod vodou (potápky - *Podicipediformes*, kormoráni - *Phalacrocorax*, morčáci - *Mergus*), střemhlavý útok ze vzduchu (např. rybáči - *Sterna*, ledňácci - *Alcedo*), lov ryb z vodní hladiny (pelikáni - *Pelecanus*, orel mořský - *Haliaetus albicilla*, orlovec říční - *Pandion haliaetus*), číhání nebo kráčení v mělké vodě a harpunování ryb zobákem (brodiví - *Ciconiiformes*).

K těmto způsobům získávání kořisti jsou většinou ptáci specificky adaptováni, např. hydrodynamickým tvarem těla umožňujícím rychlé plavání pod vodou. S ním jsou spojené další adaptace - např. prodloužená hrudní kost, velká plocha koncové části nohou či schopnost plavat pomocí křídel, relativně velká specifická hmotnost těla. Typickým všeobecně známým příkladem přizpůsobení části těla lovu ryb je zobák pelikána (*Pelecanus*). Jinou adaptací jsou například dlouhé nohy a krk volavek (*Ardea*), umožňující pohyb i v relativně velké hloubce a velký dosah výpadu zobákem. Nejčastějšími morfologickými adaptacemi sloužícími k uchopení kořisti jsou různé zoubky, zářezy, ostré hrany a drsné plošky na zobáku (většina druhů loví jen za pomoci něho), ale např. i ostré lamely na spodní straně běháků orlovce říčního (*Pandion haliaetus*).

Při lovu ryb (ale například i vodních bezobratlých) nejsou ptáci limitováni pouze dostatkem vhodné kořisti. Důležitým faktorem ovlivňujícím úspěšnost jejich lovu je také možnost zjištění kořisti ve vodě. Proto rybožraví ptáci například v severní Evropě preferují jezera s větší průhledností vody, kde mohou spatřit kořist na větší vzdálenosti. Z toho je zřejmé, jaký vliv zde může hrát znečištění vody.

Pokud se zmiňujeme o trofických vztazích mezi ptáky a vodními a mokřadními biotopy, nelze opomenout ještě jeden aspekt. V současné době je v důsledku dlouhodobé intenzifikace zemědělské výroby (používání insekticidů, likvidace rozptýlené zeleně, luk aj.)

snížená nabídka potravy ve velké části ekosystémů kulturní krajiny. Břehy a blízké okolí vodních nádrží často slouží jako refugium pro mnohé druhy, které se zde zřejmě uživi lépe než v okolní zemědělské krajině (např. bramborníček hnědý - *Saxicola rubetra*, některé druhy bahňáků - *Limicolae*).

Vazba ptáků na vodní a mokřadní biotopy není zdaleka omezena jen potravně. Řada druhů nachází v okolí vodních nádrží také vhodné úkrytové podmínky a to jak v době hnízdění, tak i v mimo-hnízdním období, kdy se zde shromažďují často v obrovských koncentracích. Rozsáhlé porosty litorálních rostlin umožňují skrytý způsob života mnohým druhům ptáků, snižují riziko predace hnízd, mláďat i dospělců.

Mezi druhy vázanými svým hnízděním na porosty litorální a příbřežní vegetace jsou ve střeoevropských podmínkách nejhojněji zastoupeni pěvci (*Passeriformes*), především rákosníci (*Acrocephalus*), cvrčilký (*Locustella*), strnad rákosní (*Emberiza schoeniclus*), slavík modráček (*Luscinia svecica*), sýkořice vousatá (*Panurus biarmicus*) aj. Setkáme se zde ale i s mnohými zástupci ostatních ptačích řádů: potápek (*Podicipediformes*), brodivých (*Ciconiiformes*), vrubozobých (*Anseriformes*), krátkokřídlých (*Gruiformes*), bahňáků (*Limicolae*) dlouhokřídlých (*Lariformes*) a dravců (*Falconiformes*). Některé druhy ptáků hnízdí i na stromech a keřích v okolí vod. Zajímavým příkladem je moudivláček lužní (*Remiz pendulinus*), který zavěšuje svá hnízda na převislé větve stromů.

Jiným typem umístění hnízd vodních ptáků jsou plovoucí hnízda, která staví například potápky (*Podiceps*, *Tachybaptus ruficollis*) nebo někteří rybáci (*Chlidonias*). Tato hnízda bývají většinou zakotvena v porostech vodních rostlin vzplývajících na hladině, na ponořených nebo z vody vyčnívajících předmětech. Jsou sice poměrně značně nápadná, ale zároveň jsou téměř absolutně chráněná proti suchozemským (terestrickým) predátorům. Dobrý výhled umožňuje ptákům sedícím na hnízdech nejen včas uniknout při jakémkoliv nebezpečí, ale velice často ještě stačí i zakrýt hnízdo tak, že vypadá jako hromádka tlejících rostlin. Rybáci (*Chlidonias*, *Sterna*) naopak svá hnízda proti různým predátorům brání. Pro hnízda plovoucí na vodní hladině jsou obvykle menším

nebezpečím výkyvy vodní hladiny, která často ohrožují hnízda umístěná v litorální vegetaci, na ostrovech či březích vod.

Častým typem hnízdního prostředí vodních ptáků jsou i ostrovy jezer, rybníků a řek, kde se setkáme s obdobnými skupinami vodních ptáků jako například v litorální vegetaci. V našich podmínkách zde nejhojněji hnízdí kachny (*Anatinae*), husy (*Anser*), rackové (*Larus*) a rybáci (*Sterna*).

Zvláštní skupinou jsou bahňáci (*Limicolae*) hnízdící na bahnitých či písčitých březích vod. V našich podmínkách tyto ptáky velice často zahnízdí na dnech vypuštěných a polovypuštěných rybníků a jsou potom vystaveni nebezpečí zničení hnízda při opětovném napuštění nádrže.

Další ptačím hnízdním biotopem jsou strmé a převislé břehy, v nichž si některé druhy (např. břehule říční - *Riparia riparia*, ledňáček říční - *Alcedo atthis* a vlha pestrá - *Merops apiaster*) - aktivně vyhrabávají nory. V současnosti využívají tyto druhy i lidské výtvořky - stěny pískoven apod. Jiné druhy si staví hnízda v obnažených kořenech vodních rostlin, pod mosty apod. (např. skorec vodní - *Cinclus cinclus*, střízlík obecný - *Troglodytes troglodytes*, konipasové - *Motacilla*).

Vodní plochy a zejména porosty vegetace, která je obklopuje poskytují úkryt také mnohým suchozemským (terestrickým) druhům ptáků, v průběhu tahu. V této souvislosti je možno jmenovat např. špačky (*Sturnus*), vlaštovkovité (*Hirundinae*) i jiné drobné pěvce (*Passeriformes*).

Ačkoliv vodní ptáci představují často vrchol potravní pyramidy, mohou jen výjimečně výrazněji ovlivnit trofickou strukturu vodního společenstva. Zejména díky své mobilitě jsou však často skupinou, která poměrně citlivě reaguje na lokální změny v úživnosti vod. Většina druhů ptáků je vázána především na větší vodní nádrže s dostatkem potravy (tedy eutrofní) a úkrytových možností. Tento typ vod u nás reprezentují především větší rybníky, řeky a méně hluboké přehrady. Nesmí se však jednat o extrémně eutrofizované vody, kde dochází ke změnám trofických vztahů i ke snížení dostupnosti potravy.

4.2.6.5. Savci

I v třídě savců (*Mammalia*) najdeme v naší přírodě druhy využívající k životu vodní ekosystémy. Představitelé řádu hlodavců (*Rodentia*) jsou převážně býložraví. Z původních forem je běžný hryzec vodní (*Arvicola terrestris*), naopak velmi vzácné se vyskytuje bobr evropský (*Castor fiber*). Oba jsou závislí na vodních ekosystémech spíše tak, že se ve vodě dobře pohybují a v březích si budují nory. Vodní makrofyta tvoří jen menší část jejich potravní základny, většinou se žíví pobřežní vegetací. Ondatra pižmová (*Ondatra zibethicus*), která k nám byla vysazena ze Severní Ameriky a prakticky u nás zdomácněla, se žíví ve větší míře právě vodními makrofyty a je tak na vodních ekosystémech závislá výrazněji.

Z dravých forem můžeme mezi živočichy svázané s vodním prostředím počítat rejsce vodního (*Neomys fodiens*) z řádu hmyzožravců (*Insectivora*), který žije v těsném okolí vod a žíví se převážně vodními bezobratlými i drobnými obratlovci, které nezdřídka loví pod hladinou. Dalším druhem, závislým především na potravě získané z vodních ekosystémů, je vydra říční (*Lutra lutra*) z řádu šelem (*Carnivora*), která loví ryby, méně i obojživelníky, drobné savce a vodní bezobratlé.

Savci vázaní na vodní ekosystémy mají v různé míře vyvinutá morfologická přizpůsobení pro pohyb ve vodě, např. plovací blány mezi prsty končetin, typický tvar ocasu, který používají jako hlavní pohybový orgán při plavání (bobr), nebo jako směrové kormidlo (ostatní), srst s hustou a bohatou podsadou, která se za normálních okolností nepromočí až na kůži a brání tak ztrátám tepla.

Také další savci, žívící se živočišnou potravou, loví často v okolí vod. Jako příklady můžeme uvést netopýra vodního (*Myotis daubentoni*) a další druhy netopýrů (*Chiroptera*), kteří často loví hmyz létající nad vodní hladinou a dále několik druhů šelem (*Carnivora*) - z kunovitých (*Mustelidae*) rod norek (*Lutreola*) a tchoř tmavý (*Putorius putorius*), ze psovitých (*Canidae*) psík mývalovitý (*Nyctereutes procyonoides*) - které chodí za potravou často kolem břehů vod, kde loví obojživelníky, drobné savce

a podobně. Všechny tyto druhy jsou ale na vodních ekosystémech závislé jen okrajově a dokážou přežít i bez jejich blízkosti.

Co se týká toho, jaké typy vod savci obývají, je třeba si uvědomit, že vzhledem ke své pohyblivosti, teplokrevnosti a relativně malé přímé vázanosti na vodu, jsou při výběru stanoviště méně omezovali než jiné skupiny obratlovců. Limitující pro jejich výskyt je v podstatě jen úživnost ekosystémů a míra znečišťování, terénních úprav a pronásledování ze strany člověka, kterou je ten který druh ochoten tolerovat. Přítomnost vhodných úkrytových možností je také limitující jen v podmínkách pozmeněných člověkem, u nenarušených toků a nádrží problémem nebývá.

4.3. Fungování vodních ekosystémů

Jak už bylo naznačeno v předchozím textu, funkční struktura ekosystému vypovídá o vzájemných vztazích mezi organismy, ale také o toku energie a koloběhu látek.

V tekoucích a stojatých vodách řada procesů probíhá stejně nebo velmi podobně, v některých se však oba typy vod liší, a proto budou probrány zvlášť.

Úvodem ještě vysvětlíme několika pojmů, běžně užívaných v ekologické terminologii: Živé organismy můžeme z hlediska funkce v ekosystému rozdělit do těchto základních skupin: Jako **primární producenty** označujeme ty organismy, které mají schopnost syntézy organických látek z látek anorganických (autotrofové) za pomoci energie slunečního záření (fotoautotrofové) nebo chemické energie redukovaných anorganických látek (chemoautotrofové). Fotoautotrofové (zelené rostliny, sinice a řasy) tvoří, v přepočtu na vytvořenou biomasu naprostou většinu producentů. Někdy je mezi producenty řazena jen tato skupina. Konzumenti pro tvorbu své biomasy využívají energie nahromaděné v tělech jiných organismů (producentů i konzumentů), podle typu přijímané potravy se často rozlišují na konzumenty prvního řádu - býložravce, konzumenty druhého (a vyšších) řádů - masožravci či predátoři. Jsou to z hlediska typu přijímané energie heterotrofové, stejně jako i další skupina - **destruenti** (někdy též reducenti, mikrokonzumenti nebo dekompozitoři), kteří rozkládají odumřelá těla organismů

a produkty jejich metabolismu na jednodušší látky a vracejí tak živiny do koloběhu látek. Destruenti jsou v širším slova smyslu rovněž konzumenti.

Mezi organismy na různých trofických úrovních tedy existují potravní vztahy, které mohou být dvojího typu. Pásevní-kořistnický řetězec je sled od producentů přes konzumenty prvního řádu až po predátory, ve vodním prostředí je takovým řetězcem například tato řada: řasy jsou potravou pro perloočky, ty jsou pak konzumovány rybami (kapr, plotice apod.), které mohou být loveny dravou rybou. Detritický či destruktivní řetězec zahrnuje činnost destruentů. Na mrtvé organické hmotě se živí bakterie, prvoci, ale i máloštětinatci, larvy hmyzu (např. pakomáři). Energie organických látek využívají ke stavbě svých těl a zároveň napomáhají rozkladu těchto látek. I když jsou potravní vztahy mezi organismy vždy součástí výše uvedených řetězců, většinou je reálnější hovořit spíše o potravních sítích. Většina organismů kombinuje typy přijímané potravy, např. perloočky v rybníce se živí zčásti také detritem, kapr požívá jak perloočky, tak pakomáři, ale i vodní rostliny.

4.3.1. Tekoucí vody

Za obvyklých přírodních podmínek v mírném klimatickém pásmu je hlavním zdrojem energie pro tekoucí vody přísun allochtonních (cizích, v ekosystému nepůvodních) organických látek nad primární produkci v toku.

Jedním z významných zdrojů je vyplavování detritu a živin z povodí, tomuto procesu velmi napomáhá člověk nerozumným hospodařením s půdou. Dalším podstatným zdrojem je opad listů ze stromů podél toků. Mrtvá hmota je okamžitě zpracovávána celou řadou destruentů, bakteriemi, houbami a ihned je zapojena do potravních řetězců. Rozmělněný organický materiál je unášen vodou a značná část vodních organismů tento materiál zachytává pomocí různých sítí, filtračních vějířků či brv. Na přítékajících živinách jsou závislé i nárostové organismy (sinice, řasy a mechy) na kterých se zase živí další konzumenti, jejichž spektrum sahá až po ryby.

Charakter vodního toku je dán především sklonem údolí a vlastnostmi geologického podkladu. Ze spádu údolí je odvozena rychlost proudění, která má vliv na řadu jevů a pochodů. Bystře tekoucí proud unáší veškeré malé částice, ty se pak v pomalejších úsecích ukládají do sedimentu.

Ekosystém tekoucích vod je často střídající se sérií dvou různých, ale vzájemně se ovlivňujících stanovišť: turbulentní proudící vody a klidnějších úseků - tůň (viz též kap. 4.1.2.). Tato stanoviště mají poněkud odlišný režim probíhajících procesů, také oživení je různé, různá rychlost proudu vyžaduje různé morfoloogické i ekologické adaptace organismů.

Pomineme-li nyní přísun allochtonních zdrojů energie, můžeme říci, že v rychle tekoucí vodě převažuje spíše primární produkce nad dekompozicí. Nárosty řas, sinic a mechů vytvářejí biomasu, která je částečně strhávána proudem a částečně slouží jako potrava pro některé živočichy. Naopak v pomalejších úsecích, kde se částice unášené vodou ukládají, převažuje rozklad a opětné uvolňování živin. Velkou roli zde hraje i zastínění toku, které bývá často na horních úsecích řek větší.

Rychle tekoucí voda má také velmi dobrý kontakt s atmosférou, proto je zde voda dobře prosycena kyslíkem i dalšími plyny, v tůňkách může někdy koncentrace kyslíku značně poklesnout.

Teplota vodních toků je jedním z velmi podstatných faktorů určujících oživení. Je ovlivňována teplotou vzduchu, slunečním zářením, případně zdrojem vzniku (potok vytékající ze sněhového pole, vliv přítoku podzemní vody do koryta apod.). V poslední době je neopominutelný i vliv lidské činnosti - viz kapitola 4.4.

Tekoucí vody od pramene po ústí představují většinou plynule se měnící soubor fyzikálních i chemických vlastností, které jsou sledovány plynulou posloupností životních forem a adaptací. Jen málokteré organismy najdeme jak na dolním, tak na horním toku řeky.

V tekoucích vodách je každá látka (molekula, iont) po opuštění těla organismu unášena vodním proudem a může být opět využita na místě několik metrů až stovek kilometrů vzdáleném. V důsledku pohybu organismů proti proudu (např. imaga hmyzu, letící vyklášt vajíčka proti proudu od místa vylíhnutí) se však

daná látka může vrátit zpět. Tento jev se označuje jako spirálování látek.

V každém toku (i v nenarušené přírodě), se postupně samovolně zvyšuje množství unášených partikulí. Každá říčka či potok má jiné povodí a tak někdy může "špinavější" tok ústít do čistšího. Pak můžeme pozorovat jev zvaný samočištění: organický materiál je v toku velmi rychle zpracován společenstvy detritofágů. Tato ozdravující schopnost se může velmi dobře uplatnit také např. po vtoku odpadních vod.

4.3.2. Stojaté vody

Do skupiny stojatých vod se řadí jak nádrže, kde voda víceméně "stojí" (mrtvá ramena, tůně, jezera), tak nádrže, které mají větší či menší (pozorovatelný) průtok (rybníky, přehradní nádrže). Určité zadržování vody na jednom místě má však vždy značné důsledky pro koloběh látek i tok energie.

Stojatá voda je především uzavřenější ekosystém než voda tekoucí. Ve stojatých vodách může být molekula nebo iont určitého prvku několikrát součástí těl různých organismů než nádrž opustí odtokem. I tento ekosystém je však leckterých faktorech prostředí závislý na přísunu zvenčí (sluneční záření, přítok, přísun látek z povodí, srážky atd.).

Hlavními faktory, ovlivňujícími dynamiku dějů ve stojatých vodách, jsou sluneční záření, teplota a cyklus živin.

4.3.2.1. Sluneční záření

Sluneční záření je ve stojatých vodách hlavním zdrojem energie. Energie záření je jednak pohlcována fotosyntetizujícími organismy (tzv. fotosynteticky aktivní záření: 400 - 700 nm), jednak je absorbována jako teplo. Při průchodu vodou dochází k rozptylu a pohlcování záření živými i neživými mikroskopickými částicemi, rovněž i molekulami anorganických a organických látek. Hloubka, do které proniká sluneční záření, je tedy ovlivněna "čistotou" vody.

Prosvětlená vrstva vody se pak nazývá eufotická vrstva nebo též vrstva trofogenní, neboť pouze zde může probíhat fotosyntéza. Pod ní leží vrstva afotická či trofolytická, kde intenzita pronikajícího světla již nepostačuje potřebám fotoautotrofů a dominují zde procesy heterotrofní (rozkladné). V mělkých nádržích tato spodní vrstva vůbec nemusí být vytvořena a trofogenní vrstva sahá až na dno.

4.3.2.2. Teplota

Velký vliv na řadu pochodů ve vodním prostředí má teplota vody. Hlavním zdrojem, ovlivňujícím teplotu je sluneční záření, někdy může mít význam i teplo zemského nitra (termální prameny), případně činnost člověka (kap.4.4.).

Vzhledem k proměnlivé hustotě vody v závislosti na teplotě a k její anomálii (kap.2.), dochází ve vodním sloupci k určitému rozvrstvení vody o různé teplotě - "hustší" voda klesá vlivem gravitace ke dnu. Tento jev je označován termínem **teplotní stratifikace**. V podmínkách podnebí mírného pásu navíc dochází k charakteristickému cyklu:

V zimě je teplota hladiny blízka nule nebo je hladina pokryta ledem, se vzrůstající hloubkou se voda mírně otepluje, u dna má pak teplotu 4 °C (voda nejhustší). Začátkem jara se svrchní vrstvy postupně ohřívají a spolu s působením na jaře obvyklých silných větrů dochází k tzv. jarní cirkulaci, kdy se voda v celé nádrži zamíchá, což má za následek vyrovnání teplot. Počátkem léta (začátek května až první polovina června) se povrchové vrstvy ohřívají již velmi rychle a záhy se ustanoví tzv. letní stagnace. Ve svrchní vrstvě (v našich podmínkách max. do 10 m) zvané **epilimnion** zůstává lehká teplá voda. Tato vrstva je prakticky homogenní, protože se neustále promíchává (vítr, noční ochlazení, odpařování). Pod ní leží tzv. **hypolimnion** s vodou chladnější (hustší), která se s horní vrstvou nemíchá. Vrstva přechodu, tzv. **skočná vrstva**, kde dochází k prudké změně teploty na malém rozdílu hloubky se nazývá **metalimnion**. Koncem léta se voda začíná od hladiny ochlazovat, teplotní rozdíly se vyrovnávají a celá nádrž

se opět zamíchá - tzv. podzimní cirkulace. S dalším ochlazením se vytváří nová rovnováha - zimní stagnace (obr. XXI/2).

V tekoucích vodách, zvláště prudších, jsou tepelné rozdíly prakticky smazány turbulentním prouděním. Na dolních úsecích řek může být voda tepelně rozvrstvena v průběhu během slunečného dne, v noci je však opět teplotně homogenní. Údolní nádrže tvoří jakýsi přechod, záleží zde na rychlosti průtoku a době zdržení vody. Přitékající voda (řeka) se zde podle své teploty "zanořuje" do příslušné teplotní vrstvy. Teplotní dynamiku přehrad ovlivňuje značnou měrou obvyklý odběr vody od "paty" hráze, kdy se vlastně vypouští hypolimnion.

Teplotní stratifikace má velké důsledky pro koloběh živin v nádrži. Při jarním a podzimním míchání se živiny z vrstev vody nad sedimentem uvolňují do volné vody, zároveň se spodní vrstvy obohatí kyslíkem. Začátkem letní stagnace (spolu se vzrůstající teplotou vody) dochází k velkému nárůstu fytoplanktonu. Rozsivky, které potřebují pro stavbu svých schránek křemičitany (a které jsou jinak deponované v sedimentu), dosahují právě na jaře maxima výskytu. Po vyčerpání rozpuštěných křemičitanů se rozsivky přestanou rozmnožovat a jsou nahrazovány jinými řasami. Při letní stagnaci působí hypolimnion jako jakási "černá díra". Odumřelé organismy, uvolněné živiny, ale i živý plankton, neschopný vlastního aktivního pohybu pomalu klesají působením gravitace ke dnu. Pokud se udrží v epilimniu, mohou být opět vynášeny prouděním vody vzhůru. Jakmile se však dostanou do hypolimnia, které se prakticky nemíchá, klesají do sedimentu dna. Částečně jsou konzumovány "cestou", částečně detritofágní faunou dna.

4.3.2.3. Produkční procesy

PRODUCENTI

Hlavními primárními producenty jsou v eufotické vrstvě pelagiálu sinice a řasy (kap. 4.2.2.), v litorále pak makrofyta (kap. 4.2.5.). Určitou roli mají též nárostové řasy.

Společenstvo fytoplanktonu se během sezóny mění v závislosti na abiotických faktorech (teplota, přítomnost živin), zároveň je

ovlivňováno společenstvy konzumentů, převážně filtrátorů (perloočky, vířníci, vznášivky, nauplia atd.). U některých sinic a řas můžeme pozorovat adaptace, které je zřejmě před konzumenty chrání. Mohou to být nestravitelné slizové obaly, různé výrůstky a vlastně i velikost, protože velké částice nemohou být drobnými filtrátory sežrány.

KONZUMENTI

Jak už bylo výše řečeno, jsou společenstva konzumentů v pelagiálu tvořena převážně filtrátory. Průchod sinic a řas jejich střevem je někdy natolik rychlý, že tyto organismy mohou zůstat téměř neporušené. "Odpad" ve výkalech filtrátorů je obvykle velmi bohatý na organické látky, které jsou opět využitelné řasami buď přímo či po rozkladu vsudypřítomnými bakteriemi.

Filtrátoři (perloočky, vířníci, vznášivky) jsou významnou součástí potravy jiných bezobratlých a zejména ryb, které mezi organismy trvale žijícími ve vodě figurují obvykle na vrcholu potravní pyramidy (větší nebo dravé ryby již nemají ve vodě predátora).

Litorální makrofyta jsou jen z menší části konzumovány přímo (některé larvy hmyzu, měkkýši, býložravé ryby), většinou se stávají potravou až po odumření pro společenstva destruentů.

DESTRUENTI

Společenstva destruentů jsou lokalizována obvykle blízko dna nádrže, část rozkladných procesů se však probíhá i v pelagiálu (bakterie).

SROVNÁNÍ SE SUCHOZEMSKÝM PROSTŘEDÍM

Základní rozdíl mezi společenstvy suchozemskými a vodními je patrný ve volné vodě. V pelagiálu, kde prakticky chybí možnost fixace pomocí kořinek, mohou žít jen velmi malé rostliny. Ty jsou většinou celé sežrány herbivory, kteří mohou být také malí. Herbivoři jsou pak opět převážně celi sežráni rybami. Na suché zemi jsou rostliny v důsledku zakořenění žrány jen částečně.

4.3.3. Koloběhy látek

Koloběh látek lze pro zjednodušení uvažovat jako koloběh prvků. Pro organismy mají asi největší význam koloběhy hlavních biogenních prvků, tedy kyslíku, uhlíku, dusíku fosforu a některých dalších - síry, křemíku a železa. Tyto prvky se v přírodě vyskytují volně (např. ve formě plynňé - O_2 , N_2), ve formě anorganické či organické i jako součást nejrůznějších sloučenin.

Cílem této kapitoly je poukázat zjednodušenou formou na některé základní rysy koloběhů jmenovaných prvků, s důrazem na děje podstatné pro fungování vodního ekosystému.

4.3.3.1. Koloběh kyslíku

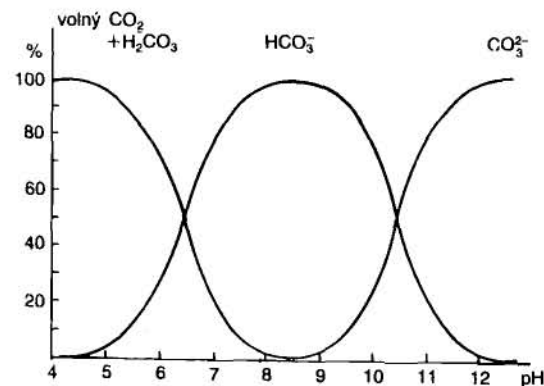
Kyslík je součástí dvou hlavních metabolických pochodů, jimiž organismy získávají energii - fotosyntézy a respirace. Jeho hlavní zásobárnou je atmosféra. Mezi atmosférou a vodním prostředím je přímý kontakt prostřednictvím difuze - kyslík prostupuje hladinou a rozpouští se ve vodě. V objemové jednotce je však ve vodě podstatně méně kyslíku než ve vzduchu a proto může ve vodě docházet k velmi podstatným krátkodobým změnám v koncentraci kyslíku v důsledku životních procesů.

Množství ve vodě rozpuštěného kyslíku závisí jednak na teplotě vody (ve studené vodě se rozpouští lépe), jednak na intenzitě fotosyntézy a respirace. Často proto můžeme v rybníku s velkým množstvím řas za letního dne zjistit podstatně vyšší koncentraci kyslíku, než by odpovídalo dané teplotě vody.

4.3.3.2. Koloběh uhlíku

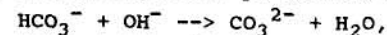
Klíčovým procesem v koloběhu uhlíku je rovněž fotosyntéza a respirace. V případě fotosyntézy dochází k fixaci anorganického uhlíku do organických sloučenin, v případě respirace naopak k uvolňování anorganického uhlíku ze sloučenin organických. Tento obecný děj má ale ve vodním prostředí navíc další důsledky. Změny koncentrace oxidu uhličitého ve vodě totiž souvisí s pH vody, které je důležité pro řadu dalších chemických a biochemických pochodů.

Oxid uhličitý se může ve vodě vyskytovat ve třech různých formách: CO_2 , HCO_3^- a CO_3^{2-} . Vzájemný podíl těchto tří složek přímo souvisí s pH vody. Tento vztah ilustruje graf č. 1.



(převzato z Lelláka, Kubička, 1993)

Z grafu je patrné, že při $pH = 4$ je veškerý anorganický uhlík ve vodě v podobě CO_2 . Při postupném zvyšování pH od 4 do 8,5 se CO_2 slučuje s ionty OH^- za vzniku HCO_3^- , a tím se snižuje procento CO_2 ve formě CO_2 a zvyšuje procento CO_2 ve formě HCO_3^- . Je-li pH vody rovno 6,7, je 50% CO_2 ve vodě ve formě CO_2 a 50% ve formě HCO_3^- . Při $pH = 8,5$ je všechen oxid uhličitý přítomen ve vodě ve formě HCO_3^- . Při dalším zvyšování pH dochází k reakci:



takže se zvyšuje procento CO_3^{2-} na úkor HCO_3^- . Při $pH = 10,3$ je poměr těchto sloučenin 1:1. Při $pH \geq 12$ je všechen anorganický uhlík ve vodě ve formě CO_3^{2-} .

Celkový obsah anorganického uhlíku ($CO_2 + HCO_3^- + CO_3^{2-}$) ve vodě nezávisí na pH vody, takže při změnách pH se obsah jednotlivých forem CO_2 mění nejen relativně, ale i absolutně. Znamená to, že např. při zvyšování pH od 8,5 roste nejen poměr $HCO_3^- : CO_3^{2-}$, ale i absolutní koncentrace CO_3^{2-} ve vodě, zatímco koncentrace HCO_3^- klesá. Proto mohou lokální změny pH vody, způsobované např. metabolismem řas, způsobovat zásadní změny chemismu látek obsažených ve vodě (např. rozpustnost soli).

4.3.3.3. Koloběh dusíku

Dusík je velmi důležitý stavební prvek biologicky významných makromolekul. Jeho hlavní zásobárnou je atmosféra, kde je ve formě plynu N_2 zastoupen asi 78%. Tato forma je však pro naprostou většinu organismů nevyužitelná. Schopnost jeho fixace mají pouze některé skupiny bakterií a sinic, které molekuly dusíku N_2 zabudovávají do svých bílkovin, mnohé z nich žijí právě ve vodním biotopu. Ostatní autotrofové dovedou přijímat pouze dusík vázaný v anorganických sloučeninách - amoniak, respektive amonné kationty NH_4^+ , dusičnanové anionty NO_3^{2-} , dusitanové anionty NO_2^- . Heterotrofové přijímají dusík ve sloučeninách organických - aminokyseliny, proteiny atd.. Pro zelené organismy jsou nejdůležitějšími formami amonný kationt a dusičnanové anionty. Významným zdrojem těchto sloučenin je rovněž lidská činnost.

Velmi důležitou roli v koloběhu dusíku hrají bakterie, které přeměňují různé sloučeniny dusíku na jiné (bakterie nitrifikační, denitrifikační apod.). Koloběh dusíku je poměrně komplikovaný, jeho schema je uvedeno v příloze obr. XIX.

4.3.3.4. Koloběh fosforu

Vedle sloučenin dusíku jsou sloučeniny fosforu dalšími základními živinami pro zelené rostliny. V přirozených podmínkách kontinentálních vod je množství využitelných forem dusíku několikanásobně větší než množství využitelných forem fosforu. Z toho vyplývá i ohromná důležitost pohybu a přeměn různých forem fosforu pro celý vodní ekosystém. Fosfor je totiž v naprosté většině případů limitujícím prvkem pro růst a rozvoj sinic, řas i vodních makrofyt.

Zde bude na místě malá odbočka do obecné ekologie. Každý organismus ke svému životu potřebuje určité podmínky, zdroje. Zdrojem může být potrava, živiny, stopové prvky, energie, možnost úkrytu, sexuální partner apod. Obecně platí zákon (tzv. Liebigův zákon minima), že organismus je limitován právě tím prvkem prostředí, který je zastoupen nejméně.

Fosfor se ve vodním prostředí vyskytuje v mnoha formách, anorganický i organicky vázaný. Využitelný pro autotrofy je především tzv. orthofosfátový iont PO_4^{3-} . Filtrující zooplankton přijímá fosfor vázaný v různých částicích a naopak vylučuje orthofosfát, čímž opět uvolňuje živiny pro autotrofy.

Podstatnými faktory pro koloběh fosforu ve stojaté vodě je (kromě přítoku a odtoku) sedimentace a teplotní stratifikace - kap. 4.3.2.2.

Dalším velmi významným dějem je pohyb fosfátu mezi sedimentem a volnou vodou. Zde je koloběh fosforu propojen s koloběhem železa. Je-li u dna přítomen kyslík, jsou ionty železa v oxidované formě, čili Fe^{3+} a ochotně se vážou s orthofosfátovým iontem za vzniku nerozpustné sraženiny, která tvoří špatně propustnou mikrovrstvu na povrchu bahna (hnědé barvy). Tím je část fosforu blokována v sedimentu. Dojde-li k vyčerpání kyslíku nade dnem (např. činností rozkladných bakterií), železo se redukuje na Fe^{2+} a fosfátový iont se uvolní (bahno má pak šedočernou barvu). Přísun kyslíku do anaerobních vrstev naopak způsobí oxidaci iontu železa a tím i vytvoření fosforečnanové sraženiny. Koncentrace fosfátu u dna se rovněž zvyšuje působením bakterií, rozkládajících sedimentovanou organickou hmotu. Při míchání nádrže se pak tento fosfor znova dostane do vodního sloupce, do eufotické vrstvy.

Přirozeným zdrojem fosforu u nás je větrání hornin. Daleko významnějším zdrojem v současnosti je však lidská činnost, zejména hnojení nevhodně aplikovanými odpady ze živočišné výroby (keřda) v zemědělství a nedokonalé čištění odpadních vod. Hnojiva, která zemědělské plodiny nestačí využít se vymývají do podloží a částečně se vážou na půdní částice (pro sloučeniny fosforu má půda vysokou sorpční kapacitu). Odtud se pak při větším dešti dostávají do povrchových i podzemních vod. Většina stávajících technologií čištění odpadních vod z domácností a velkochovů (fekálie, prací prášky...) však neumožňuje odstranění sloučenin dusíku a fosforu. Pro doplnění : postupy na jejich odstranění - tzv. terciární čištění - se už místy zavádějí i u nás).

Schéma koloběhu fosforu ukazuje obr. XX.

4.3.3.5. Koloběh síry

Metabolismus sloučenin síry ve vodním prostředí je doménou několika skupin bakterií a je velmi zajímavý z biologického hlediska. Mezi tzv. sirnými bakteriemi můžeme totiž nalézt prakticky všechny známé způsoby získávání a zpracování energie. Některé z nich jsou možné jen v prostředí neobsahujícím vůbec kyslík (ve formě molekulární i vázaný v některých oxidech), které se často vytváří na dně stojatých vod. Některé bakterie redukují oxidované formy (např. sírany na sirovodík), jiné oxidují redukované formy např. síru na sírany nebo sirovodík na sírany, některé produkují sirovodík při rozkladu organické hmoty obsahující síru. Některé sirné bakterie mají schopnost fotosyntézy. Zatímco však při fotosyntéze zelených rostlin dochází k rozkladu vody a současné tvorbě kyslíku, při fotosyntéze zelených sirných bakterií se štěpí sirovodík za vzniku síry.

Ve volné vodě se síra vyskytuje převážně ve formě aniontu SO_4^{2-} , který je ve vodě také druhým nejhojnějším iontem vůbec. Sirovodík se někdy může ve větším množství hromadit u dna. Ve vodách s alkalickou nebo neutrální reakcí se sráží se železnatým iontem na nerozpustný sulfid železa FeS, čímž část železa blokuje.

4.3.3.6. Koloběh křemíku

Sloučeniny křemíku jsou základní stavební komponentou schránek rozsivek, které často tvoří významnou součást planktonu a nárostových společenstev. Množství sloučenin křemíku ve vodě (oxidy, křemičitany, hlinitokřemičitany) je dáno přísunem z povodí (výluh hornin) a dynamikou pohybu vody v nádrži. Z odumřelých rozsivek (které klesají ke dnu) se totiž křemičitany opět uvolňují a jejich koncentrace ve vrstvách u hladiny se zvýší po míchání vody. Část křemičitanů se za přítomnosti kyslíku může vázat s trojmocným železem v sedimentech.

4.3.3.7. Koloběh železa

Koloběh železa je významným způsobem provázán s koloběhy některých dalších prvků (fosfor, síra, křemík). Za určitých podmínek se ve stojatých i tekoucích vodách může vazba železa s fosfátovým aniontem stát regulujícím faktorem pro rozvoj fytoplanktonu.

Pro organismy je tento prvek důležitý v mnoha enzymatických a oxidačně-redukčních procesech.

4.3.4. Trofie vod

Trofie (úživnost), charakterizuje celkové množství sloučenin fosforu a dusíku, tedy živin pro primární producenty v prostředí. Trofie je v případě vodních ekosystémů významně ovlivňována povodím, ze kterého se do vodního toku či nádrže vymývají živiny - tedy sloučeniny dusíku a zejména fosforu. V podmínkách sladkých vod je totiž právě fosfor limitujícím prvkem (jeho využitelné formy) - viz výše.

Vodní nádrže s nízkým obsahem těchto živin a tudíž s nízkou primární produkcí označujeme jako oligotrofní a najdeme je nejspíše někde v horách, kde je v povodí jen málo volných živin. Eutrofní toky a nádrže jsou naopak živinami bohaté, primární produkce (a následně i ostatní trofické úrovně) dosahuje několika-násobku hodnot předchozího typu. Termínem eutrofizace se pak označuje děj, kdy se zvyšuje trofie (úživnost) nádrže. Tento proces probíhá i přirozenou cestou: živiny, které se vymývají z povodí, v nádrži ve většině případů zůstávají, takže po dostatečně dlouhé době se může jejich množství značně zvýšit, přičemž neustále kolují mezi volnou vodou a sedimentem. Tím, jak se zvyšuje množství sedimentu (nádrž se zanáší) se vlastně živiny více koncentrují.

Eutrofizací se však v dnešní době většinou rozumí zvýšení úživnosti lidskou činností.

4.4. Působení člověka na vodní ekosystémy

Člověk působí na sladkovodní ekosystémy už odedávna. Lidé využívali podzemní i povrchové vodstvo jako zdroj pitné i užitkové vody, jako zdroj potravy, jako dopravní cestu, odpadní kanál, dále pak energie vody pro pohon strojů (např. vodní mlýny). S růstem lidské populace, s rozvojem průmyslu a zemědělství se však intenzita antropogenních vlivů podstatně zvýšila.

Zásahy člověka do vodních ekosystémů můžeme podle typu působení rozčlenit následujícím způsobem:

- **Mechanické zásahy** mění více či méně vlastní charakter a vzhled vodního toku či nádrže - sem můžeme zařadit vysoušení mokřadů, zakládání rybníků, úpravy koryt vodních toků (např. přímování, stavba jezů apod.), stavby přehrad, zavlažovacích kanálů atd..

- **Znečištění různého druhu :**

Chemické znečištění může být způsobeno látkami trojího druhu - biologicky nerozložitelnými, případně toxickými a biologicky rozložitelnými, přičemž oba druhy ovlivňují významným způsobem ekosystém. Mezi biologicky nerozložitelné (nebo jen velmi pomalu se rozkládající) řadíme např. různé minerální kaly z průmyslových i zemědělských závodů (papírenství, potravinářství), nejrůznější biocidy (pesticidy, herbicidy apod.), radioaktivní látky, oleje či ropné produkty (vytvoří na hladině film, který jednak změní povrchové napětí vody a jednak znemožní výměnu plynů). Těžké kovy mohou být velmi nebezpečné svojí kumulací v tělech organismů na vyšších trofických úrovních (např. ryb, ptáků).

Biologicky rozložitelné látky pocházející ze splaškových vod z domácností a velkochovů i ze splachů ze zemědělských kultur působí dvojnásobně. Jednak při jejich bakteriálním rozkladu dochází k vyčerpání kyslíku, což ohrožuje většinu ostatních organismů; jednak velké množství živin (obsažených ve fekáliích, zbytcích pracích prášků apod.) vyvolá za zvýšené teploty vody (obvykle v létě) ohromný nárůst fytoplanktonu. Dominují zde zejména některé druhy sinic, které jsou konkurenčně úspěšnější při omezeném zdroji světla a oxidu uhličitého. Sinice (převážně rody *Anabaena*, *Microcystis*, *Aphanizomenon*) vytvářejí tzv. vodní květ. Pro zooplankton je většina těchto sinic obtížně filtrovatelná.

Sinice začnou samy sebe zastiňovat a dojde k hromadnému odumírání, rozkladné bakterie pak značně sníží koncentraci kyslíku.

Dalším typem znečištění je tzv. **tepelné znečištění**, které vzniká např. pod přehradami, protože ve většině případů se voda vypouští od paty hráze, tedy voda studenější, což značně ovlivňuje oživení toku; pod chladicími zařízeními elektráren je naopak vypouštěna voda teplejší.

5. ZÁKLADNÍ METODIKA STUDIA VODNÍCH EKOSYSTÉMŮ

5.1. Odběr vzorků

5.1.1. Odběr planktonu

Základním nástrojem, bez kterého se žádný hydrobiolog neobejde, je planktonní síť čili planktonka (obr. XXII/1). Slouží ke sběru organismů vznášejících se ve vodě. Je to kónický pytel, zhotovený z jemné tkaniny, svým ústím navlečený na pevný kruhový rám (obruč). Při tažení planktonky do ní voda vniká jejím ústím, přes stěny se filtruje a v zadní části (ve špičce pytle) se hromadí nalovené organismy. Pro lov ve volné vodě používáme tzv. vrhací planktonku, jejíž rám je za pomoci tří oček přichycen na provaz. Pro lov při břehu a v porostech vodní vegetace se používá planktonka litorální, která je připevněna na tyči.

Zacházení s vrhací planktonkou není složité, vyžaduje však jistý cvik (viz obr. XXIII/1).

- 1. Postavíme se čelem k vodě, levou nohou vykročíme mírně vpřed, pravou nohou pevně přišlápneme k zemi volný konec provazu, leváci dělají vše obráceně.
- 2. Provaz volně smotáme do kruhu o ϕ asi 40 cm, ten uchopíme levou rukou. Pravou rukou držíme provaz zhruba 40 cm od konce, na kterém je uvázána planktonka.
- 3. Pravou rukou silně roztočíme konec provazu s planktonkou. Ta opisuje kruh, jehož rovina je kolmá na vodní hladinu a rovnoběžná se směrem vrhu. Pozor! Důležitý je směr pohybu. Planktonka se musí spodem k vodě přibližovat a vrchem vzdalovat!

- 4. Při jednom ze spodních průletů planktonku vrhneme vpřed. V tomto okamžiku uvolníme sevření levé ruky. Jak planktonka letí, provaz se odmotává. Při dostatečném cviku se nám podaří planktonku vrhnout i do mnohametrové vzdálenosti.
- 5. Planktonku přibližujeme ke břehu plynulým, rovnoměrným tahem. Rychlostí tahu určujeme hloubku, ve které je planktonka vlečena.
- 6. Po vytažení z vody planktonku obrátíme naruby a opláchneme v nádobce s malým množstvím vody. Možná budete napoprvé překvapeni, kolik drobných živočichů ve vodě plave.

Lepší typy vrhacích planktonek mají na svém konci sběrnou nádobku, nebo výpustní kohout. Není-li náš exemplář takto vybaven, je zapotřebí špičku pytle nějak zatížit. Při vrhnutí se v ní totiž drží vzduchová bublina a bez zátěže se pytel vznáší nad obručí, místo aby byl za ní tažen.

Při lovu litorální planktonkou provádíme tyčí osmičkovité pohyby, přičemž dbáme na to, aby ústí planktonky bylo vždy kolmé na vodní hladinu, nebo aby směřovalo mírně vzhůru.

Nejvhodnější tkaninou pro zhotovení planktonky je tzv. mlynářské hedvábí nebo umělohmotná tkanina uhelon, který může mít velikost ok třeba jen 40 μm . Ten se však obtížně shání. Pro začátek postačí jakékoliv jemné plátno či jiná tkanina. S velkým úspěchem lze použít nylonovou punčochu. Je-li příliš řídká, aplikujeme ji ve 2-3 vrstvách. Takováto vícevrstevná planktonka se však obtížněji vyplachuje.

Pokud planktonku šijeme, je výhodné použít t.zv. dutý steh, abychom zabránili průniku drobných organismů v místě spojů.

Aby nám planktonka dlouho a dobře sloužila, je zapotřebí jí věnovat určitou péči. Po každém používání ji propláchneme a do vyschnutí necháme volně viset, nikoli však na přímém slunečním světle.

Planktonku používáme především pro lov zooplanktonu - perlo-oček, buchaneč, vznášivek, lasturnatek, některých larev hmyzu (např. koreter, komárů), dále drobného nektonu - vodulí, ploštic apod. Pro lov vířníků je již zapotřebí velmi jemné planktonky (velikost ok 40 μm). Fytoplankton je běžnými typy planktonek téměř nezachytitelný s výjimkou větších a vláknitých druhů.

Vodu s živočichy naloženými planktonkou je vhodné nalít do mělké bílé misky, ve které se takovýto vzorek nejlépe pozoruje. Pro vybírání jednotlivých živočichů za účelem mikroskopování je dobrým nástrojem skleněná pipetka s balónkem (místo balónku poslouží i gumový dudlík) obr. XXIII/2. S výhodou si při tom pomůžeme malou umělohmotnou lžičkou, na kterou živočicha chytíme a teprve pak nasajeme do pipetky.

Pro sledování živého fytoplanktonu, který většinou do planktonky nezachytíme, je zapotřebí nějakým způsobem zahustit vzorek vody odebraný jednoduše do láhve. Nejlepší je, máme-li možnost koncentrace vzorku na ruční nebo elektrické odstředivce (centrifuze). Odstředivka bývá častou, i když ne pravidelnou součástí výbavy laboratoří středních škol. Pokud nemáme odstředivku k dispozici, můžeme se pokusit o přefiltrování přes několikvrstevný filtrační papír, či jinak improvizované zahuštění vody. Vzorky fytoplanktonu můžeme odebírat i z různých hloubek a sledovat tak vertikální rozmístění fytoplanktonu v nádrži. Nejjednodušším zařízením, které nám takovéto odběry umožňuje, je tzv. Mayerova láhev, jejíž princip je patrný z obr. XXII/2. Láhev musí být dostatečně zatížena, aby i ve stavu, kdy je plná vzduchu, klesala ke dnu. Zátku je vhodné navoskovat, aby dostatečně klouzala a šla snadno vytrhnout z hrdla láhve. Při odběru láhev opatrně spustíme do žádané hloubky, prudkým trhnutím provazu ji otevřeme a po naplnění (u hladiny se přestanou objevovat bubliny) ji rychle vytáhneme.

5.1.2. Nárostové organismy

Neobyčejně zajímavá a pestrá společenstva představují nárosty na nejrozličnějších podkladech - kamenech, listech vodních rostlin apod. Máme dvě možnosti, jak vzorky nárostových organismů získat: buď sběrem z přirozených podkladů, nebo z podkladů uměle instalovaných.

V případě přirozených podkladů vyjmeme z vody příslušný předmět, (např. kámen) a odstraňujeme z něj nárosty pomocí kartáče či štětce, nejlépe do mělké misky. Z tohoto materiálu pak můžeme zhotovovat mikroskopické preparáty. Větší organismy můžeme sbírat z podkladů měkkou pinzetou (obr. XXIII/3).

Podklady umělé, které do vody na určitý čas instalujeme, používáme z několika důvodů. Nejčastějším bývá nedostatek přirozených podkladů vyjmutelných z vody. Na přírodních podkladech bývá navíc velké množství bahna a rozloženého organického materiálu, což je na závadu při mikroskopování. Za pomoci série umělých podkladů, které odebíráme z vody ve vhodných časových intervalech, můžeme též sledovat rychlost kolonizace podkladu nárostovými organismy. Umělé podklady mohou svým složením napodobovat přirozené dno nádrže či toku, mohou však být i velice odlišné. Zvláštním případem podkladu, a pro naše účely nejvýhodnějším, jsou **podložní mikroskopická skla**. Po expozici dlouhé od 1 týdne (rybníky) do 1 měsíce (čisté potoky, zatopené lomy), sklo vyjmeme, do sucha utřeme jednu jeho stranu, druhou přiklopíme krycím sklíčkem a můžeme prohlížet mikroskopem nárost v jeho přirozené podobě. I když jde o podklad nepřirozeně hladký, je kolonizován stejnými mikroskopickými organismy, jako podklady ve vodě původní. Osvědčený způsob instalace skel je znázorněn na obr. XXII/3. Do velké korkové zátky uděláme 4 zářezy (do nich pak zasadíme skla) a opatříme ji očkem pro přichycení na provaz. Ten můžeme připevnit např. na bójku. Takovéto zařízení je samonosné a udržuje skla ve svislé poloze - kdyby byla skla instalována vodorovně, hromadilo by se na jejich horní ploše množství sedimentů.

Tato metoda je vynikající pro sledování řas a sinic, a to nejen nárostových, ale i planktonních, které se mezi nárosty mohou zachytit. Rovněž je to ideální způsob pro pozorování prvků, některých vířníků, hlistů, ploštěnek a v nárostech se vyskytujících drobných larev hmyzu. Často na sklech nacházíme nezmaly.

5.1.3. Odběr bentosu

Pro sběr organismů žijících ve dně toků či nádrží, tzv. bentosu, používají hydrobiologové nejrůznějších drapáků a sond. Nám prozatím plně postačí dostatečně hustý cedník, nejlépe připevnitelný k delší tyči. Nabereme jím hmotu ze dna, vyneseme k hladině a potom, s okrajem cedníku nad hladinou, krouživými pohyby vyplavujeme bahno a jemný písek. Když je tento drobný materiál odstraněn, vyklopíme obsah cedníku na misku nebo do malého lavoru

a pinzetou vybíráme přítomné živočichy. Stejně jako u planktonu nám může být dobrým pomocníkem malá lžička. Takto lovíme především larvy hmyzu - jepic, vážek, střechatek, chrostíků, z dvoukřídlých zvláště pakomárů, dále kroužkovce, měkkýše i některé korýše (beruška vodní), v tekoucí vodě jepice, pošvatky, muchničky, měkkýše, pijavky, ploštěnky, blešivce atd., záleží na typu vody. V rychleji tekoucích vodách je obrácení kamenů pod které podkládáme cedník hlavní metodou získávání vzorků.

5.1.4. Kvantitativní odběry

Metody popsané v předcházejících statích jsou tzv. kvalitativní - získáme jimi představu o druhovém složení jednotlivých společenstev. Pokud chceme získat představu o množství organismů, musíme se pokusit o kvantitativní odběr. Nejsnáze se zjišťuje kvantita zooplanktonu, principem je zahuštění vody o známém objemu a spočítání živočichů v tomto vzorku. U menších nádrží lze takový odběr provést nádobou na dlouhé tyči (šoufkem). Opakovaným nabráním získáme 1 - 2 l vody (objem přesně změříme např. kuchyňskou odměrkou) a vodu přecedíme přes co nejhustší čajový cedníček. Zachycenou masu živočichů pak spláchneme do lahvičky, nafixujeme (viz kap. 5.2.), necháme usadit a přebytečnou vodu opatrně slejeme.

Pro počítání pod binokulární lupou vzorek po částech přeléváme do Petriho misky, na jejímž dně máme nerozpustným fixem nakreslenou čtvercovou mřížku. Pro počítání pod mikroskopem si můžeme zhotovit počítací komůrku, jejíž schema je na obr. XXIII/4. Jejím základem je podložní mikroskopické sklo s nakreslenou mřížkou (vhodné vyrýt pilníčkem) a s nalepenými okraji z umělé hmoty.

5.2. Fixace a uchovávání vzorků

Vodní organismy je nejvhodnější pozorovat za živa, mnohdy je však zapotřebí jejich uchování jako studijní či dokladový materiál. Usmrcení některých živočichů bývá navíc i potřebné pro detailnější mikroskopování či určování. K fixaci a uchovávání vzorků je tradičně používán univerzální formalin, respektive 4% roztok

formaldehydu. Stejně dobře však poslouží i denaturovaný lih, který se však rychleji vypařuje i přes zátky a vzorky se musí čas od času kontrolovat a doplňovat. Pro fixaci řas je nejvhodnější tzv. Lugolův roztok (jodjodkalium), který uchová i jemné struktury bičíků.

5.3. Náměty k samostatným pozorováním a pokusům

5.3.1. Měření obsahu kyslíku ve vodě

O tom, kolik rozpuštěného kyslíku je ve vodě přítomno, si můžeme udělat přibližnou představu následujícím pokusem. Malou uzavíratelnou lahvičku naplníme po okraj vzorkem zkoumané vody, což bychom měli provádět bez zbytečného bublání. Pokud plníme lahvičku z jiné nádoby, např. Mayerovy láhve, je vhodné tak činit pomocí hadičky, abychom zabránili kontaktu přelévání vody s atmosférou. Je vhodné nechat vodu lahvičkou chvíli protékat. Kapátkem pak do lahvičky přidáme tři kapky koncentrovaného roztoku jakékoliv manganaté soli a tři kapky hydroxidu sodného nebo draselného. Lahvičku uzavřeme tak, aby v ní nebyla vzduchová bublina a protřepeme. Intenzita žlutohnědé barvy vzniklé sraženiny je úměrná obsahu kyslíku ve vodě. Není-li ve vodě žádný rozpuštěný kyslík, sraženina je bílá. Tímto způsobem můžeme vzájemně porovnávat obsah kyslíku v různých nádržích i v různých hloubkách jedné nádrže (odběr vody Mayerovou lahví), v různé rychle tekoucí vodě, ve vodě o různé teplotě a pod. Zajímavé je sledovat čtyřiašedesátihodinové změny v závislosti na fotosyntéze fytoplanktonu.

V akváriích či sklenicích si můžeme demonstrovat úbytek kyslíku vlivem rozkladu organické hmoty. Na dno jednoho akvária dáme pouze písek, na dně druhého převrstvíme písek listím. Vzájemné srovnání obsahu kyslíku provádíme za několik dní. Množství kyslíku můžeme sledovat i podle živočichů dýchajících atmosférický kyslík, které v akváriu chováme a u nichž pozorujeme frekvenci vyplouvání k hladině. Ideální pro tento pokus jsou okružáci či jiní plicnatí plži (*Pulmonata*), larvy brouků potápníkovitých (*Dytiscidae*) nebo vodní ploštice, např. kleštanky (*Corixa sp.*).

5.3.2. Pokus demonstrující stabilitu stratifikace (rozvrstvení) vody ve stojaté nádrži

Do poloviny výšky láhve nebo malého akvária nalijeme vodu, ve které rozpustíme cukr nebo sůl (roztok musí být dostatečně hustý). Tuto hustou vodu opatrně převrstvíme obyčejnou vodou, nejlépe pomocí tenké trubičky zahnuté do pravého úhlu tak, aby z ní voda vytékala vodorovně. Obě tekutiny předem odlišíme různou vodovou barvou. Vzniklé dvě vrstvy mají velkou tendenci se nemíchat, i když na hladině vyvoláme proudem vzduchu vlnění.

5.3.3. Pozorování vodních organismů v jejich přirozeném prostředí

Metodami popsanými v kapitole 5.1. můžeme sledovat osídlení různých vodních biotopů, změny během roku (např. výskyt jednotlivých vývojových stadií hmyzu, výskyt vodních květů sinic a jejich vliv na ostatní organismy, sezónní změny množství planktonu), dále čtyřiašedesátihodinové změny (vertikální migrace planktonu za světlem) atd. Chceme-li však vodní organismy poznat blíže, je vhodné pokusit se o jejich akvarijní chov.

5.3.4. Pozorování vodních organismů v akváriu

Většinu našich vodních organismů lze dlouhodobě chovat v akváriu a sledovat jejich životní projevy. Za akvárium nám může posloužit jakákoliv nádoba z průhledného skla s dostatečně velkým ústím, např. sklenice od okurek. Akvárium zařizujeme podle toho, které organismy v něm chováme, snažíme se vždy o vytvoření co nejpřirozenějších podmínek. Vodu je vhodné (i když ne bezpodmínečně nutné) vzít přímo z místa odběru. Také dno akvária upravujeme podle původního stanoviště (písek, bahno, kameny). Dostatek kyslíku můžeme zajišťovat vzduchovacím akvaristickým motorkem, ale pokud se nejedná o chov živočichů rychle tekoucích vod, postačí osázení vodními rostlinami. Akvárium umístíme na světle, ale mimo přímé sluneční záření. Nesmíme zapomenout na neustálý přísun vhodné potravy pro své chovance, pokud ovšem v akváriu není zajištěna její reprodukce. Pokud v akváriu máme larvy vodního hmyzu a chceme

je odchovat do dospělosti, musíme jim dát možnost vodu opustit (stačí kus dřeva plujícího na hladině nebo větvička čnicí z vody). Pozor, larvy střechatek a vodních brouků se kuklí na souši!

Popsaným způsobem si můžeme vytvořit i miniaturní model vodního ekosystému se všemi jeho složkami. Velké množství organismů však lze chovat i víceméně laboratorním způsobem (např. jen ve sklenici s vodou), věnujeme-li jim dostatečnou péči.

5.3.5. Chov a pozorování vybraných organismů

KRÁSNOOČKO (*Euglena sp.*)

Krásnoočko je jedním z našich nejhojnějších rostlinných bičíkovců. V největším množství (mohou tvořit i hustý zelený zákal) se vyskytují v organicky znečištěných nádržích, např. v návesních rybníčcích, popř. i v loužích do nichž prosakuje močůvka. Souvisí to s jejich částečně heterotrofním způsobem výživy. Proto i jejich kulturu pěstujeme v nádrži (stačí malá sklenička) s vhozeným kouskem organické hmoty bohaté bílkovinami (bílek, kousek tvrdého sýra, masa, hrách).

Krásnoočko pod mikroskopem: Můžeme na něm sledovat buněčné orgány, jejichž popis nalezneme v každé učebnici biologie.

Bičík se zviditelní, přidáme-li do vody na podložním skle trochu tuše. Aby nám krásnoočka rychle nemizela ze zorného pole (někdy se dost rychle pohybují), vložíme mezi podložní a krycí sklo několik vláken vaty.

Pozitivní fototaxe: O tom, že se krásnoočka aktivně pohybují za světlem, se přesvědčíme následujícím pokusem. Zkumavku s kulturou krásnooček zabalíme do černého papíru, pouze v jednom místě (nejlépe na konci) necháme otvor o velikosti asi 1 x 2 cm. Ten natočíme směrem ke zdroji světla. Po nějakém čase papír sejměte a pozorujte nahromadění krásnooček v osvětleném místě.

Adaptace na dlouhodobé světelné podmínky: Jednu kulturu krásnooček pěstujte na světle, druhou ve tmě. Sledujte změny, ke kterým došlo na jedincích v "tmavé" kultuře a jejich navrácení do původního stavu, jestliže krásnoočkům světlo opět vrátíme.

SPÁJIVÉ ŘASY (*Conjugatophyceae*)

Spájkivé řasy mají charakteristický způsob pohlavního rozmnožování, tzv. spájení. Vždy dvě buňky se při něm speciálními výběžky spojují za vzniku spory, klidového stadia, ze kterého za příznivých okolností opět vyrůstá vegetativní stélka řasy. Jako mnohé vodní organismy, i spájkivé řasy se nejintenzivněji pohlavně rozmnožují ve zhoršujících se podmínkách.

Zástupcem spájkivých řas je šroubatka (*Spirogyra*), vláknitá řasa snadno poznatelná podle šroubovité uspořádaných chloroplastů (obr. VII/4). Podaří-li se nám ji v nárostu nalézt, přeneseme její chomáč do Petriho misky a tu umístíme za okno. Takovýto vzorek nevyžaduje takřka žádnou péči, pouze musíme misku mírně zastínit před přímým slunečním zářením a občas doplňovat odpařenou vodu. Po několika týdnech, kdy již začínají řasy v misce pomalu zahnívat a kultura dostává odpudivý vzhled, je optimální doba pro sledování kopulace. U některých druhů šroubatek spolu kopulují buňky dvou různých vláken, u jiných dvě sousední buňky jednoho vlákna. Vznikající spory jsou velké, tmavé, kulovité.

KULTURA PLANKTONÍCH ŘAS

Řasovou kulturu využíváme např. pro krmení perlooček v chovu. Lze ji získat tak, že do malého akvária (cca 20 x 10 x 5 cm) dáme vodu z rybníka, přefiltrovanou přes punčochu, a malou planktonožravou rybku (mladý karas). Ten za nějaký čas vyžere z vody drobný zooplankton a fytoplankton, zbavený tak svých konzumentů se začne rychle množit (voda zezelená). Řasovou kulturu pak necháme na osvětleném místě. (Je to i vhodná metoda, jak si opatřit planktonní řasy v dostatečné koncentraci pro mikroskopování. V takovýchto kulturách však většinou převládne jen jeden či několik málo druhů). Kulturu je výhodné vzduchovat akvaristickým motorkem.

PRVOCI (*Protozoa*)

Prvky můžeme pozorovat ve vhodně odebraných vzorcích vody (nejlépe ode dna či z nárostů, případně z povrchové blanky stojatých eutrofních vod), výhodné však je zředit si jejich chov, tzv. nálev. Běžně používaný je senný nálev, který zhotovíme následu-

jičím způsobem. Sklenici nebo skleněný válec naplníme vodou odebranou z přírody (potok, rybník), nikdy ne vodou vodovodní. Vložíme do ní listí nebo seno (možno použít i několik listů salátu) a zatěžkáme tak, aby nevyplouvalo k hladině. Kulturu necháme stát na zastíněném, dobře větraném místě. Z několik dní začne voda zahnívat. Nádobu však nepříkrýváme, pouze, až se na jejím povrchu objeví bakteriální blána, zakryjeme hrdlo gázou. Po několika dalších dnech se při hladině začne objevovat množství nejružnějších prvoků. Téměř každý senný nálev má poněkud jiné druhové složení prvoků, podle odebrané vody a použitého organického materiálu.

NEZMAR (*Hydra sp.*)

Nezmary nalezneme tůních, v litorálním pásmu rybníků a pomaleji tekoucích řek, zvláště na listech rostlin. Na rostlině vytažené z vody jsou však nezmaři téměř nepostřehnutelní. Rostlinu proto přeneseme do sklenice s čistší vodou (nejlépe rybniční, nikdy ne chlorovanou!) a asi po hodině pozorujeme proti světlu, zda jsou na rostlině nezmaři přítomni.

Nezmary lze chovat v akváriu či větší sklenici po neomezeně dlouhou dobu. Nutné je bohaté osázení vodními rostlinami (nezmaři jsou citliví na obsah kyslíku ve vodě) a dostatek potravy, nejlépe perlooček.

Pohyb: Na nezmarech v akváriu můžeme pozorovat pohyb z místa na místo pomocí ústního otvoru a přísavného terče. Tento pohyb můžeme vyprovokovat přemístěním nezmara mimo rostlinu, na dno sklenice a pod. Sledujte pohyby nezmara jako reakce na doteky preparační jehlou: v klidu je nezmar natažen do délky, při podráždění se stáhne do tvaru kuličky. Pozorujte závislost intenzity těchto pohybů na síle a místě dotyku.

Potrava: Několik dní nekrmenému nezmarovi předložíme perloočku či jiného drobného živočicha. Pozorujeme ulovení potravy za pomoci ramen a její následné pozření. Tento děj se nejlépe sleduje lupou, na nezmaru přeneseném do Petriho misky.

Rozmnožování: Je-li teplota vody vyšší než přibližně 10 °C, množí se nezmaři nepohlavně, pučením. Sledujte vznik, tvar, a oddělování pupenů. Ve které části těla nezmara se pupeny tvoří?

Pokuste se zjistit závislost rychlosti pučení na teplotě vody a množství potravy. Při zhoršení podmínek, např. při snížení teploty pod 10 °C, se nezmaři začínají rozmnožovat pohlavně. U nezmarů chovaných po několik dní v ledničce pozorujeme vznik pohlavních orgánů (vajíčka, varlata). Některé druhy nezmarů mají oddělená pohlaví, jiné jsou hermafroditi.

Regenerace: Žiletkou rozřízneme nezmaru na dvě části a pozorujeme, jak dorůstá zbytek těla. Sledujte rychlost regenerace. Proveďte tento pokus na nezmaru s vajíčky přeneseného opět do příznivých podmínek (teplota, světlo, kyslík). Co se s vajíčkem během regenerace stane?

Nezmar pod mikroskopem: Živého nezmara je nejvhodnější pozorovat na podložním skle s jamkou. Dobře viditelné jsou dvě vrstvy buněk jimiž je tvořeno tělo nezmara a žahavé buňky na ramenech.

PERLOOČKY (*Cladocera*)

Perloočky lze úspěšně chovat i v malé nádobě, vyžadují však dostatek potravy. Tou mohou být řasy z kultury, jejíž založení je popsáno výše, ale též tzv. Bantova tekutina, ve vodě vylouhovaný koňský trus a hrabanka. Perloočky lze krmit i droždím.

Na perloočkách lze sledovat rozmnožování, životní cyklus, závislost tělesného růstu, tvorby a počtu vajíček na množství potravy, na osvětlení, na teplotě či na množství jedinců v kultuře.

Můžeme pozorovat vznik efipii při náhlé změně podmínek (např. při prudkém snížení koncentrace potravy). Ve zhuštěné populaci lze sledovat vznik samců (vyznačují se menší velikostí a delšími tykadly prvního páru, které jsou u samic velmi krátké). Někdy se nám podaří zaznamenat cyklomorfózu, změnu tvaru schránky, zvláště hlavové přílby. K tomu účelu je vhodné perloočkám dlouhodoběji měnit podmínky, např. na čas je přemístit do většího akvária s dalšími živočichy, včetně dravců.

5.4. Ilustrační pokusy z ekofyziologie vodních makrofyt

Vyšší rostliny rostoucí ve vodě a makroskopické vodní řasy (parožnatka - *Chara*) se společně řadí do skupiny nazývané vodní makrofyta. Mají mnohá přizpůsobení pro život ve vodě; nejdůležitější z nich jsou popsány v kapitole o vyšších rostlinách v této příručce. Uvádíme zde pokusy, jejichž pomocí můžete přizpůsobení vodních rostlin lépe poznat a uvědomit si jejich význam. Provedení většiny těchto pokusů vám může usnadnit řešení úkolů biologické olympiády. Součástí návodů jsou seznamy druhů doporučených jako materiál k pokusům. Ve skupině vodních rostlin jsou zde uváděny někdy i rostliny suchozemské, které jsou však stínomilné, vlhkomilné či mokřadní - mají tedy podobná přizpůsobení jako vodní rostliny a tato přizpůsobení bývají někdy lépe pozorovatelná u rostlin nerostoucích přímo ve vodě. Správnost výsledků si můžete ověřit v kapitole o vodních makrofytech v této příručce.

POKUS Č. 1: ROZDÍLY VE STAVBĚ POVRCHU LISTŮ

pomůcky a materiál: listy vodních a suchozemských rostlin, bezbarvý lak na nehty, isolepa (bezbarvá, průhledná, bez vroubků), podložní sklo, diamant, lihový fix nebo nálepky k označení preparátů, mikroskop.

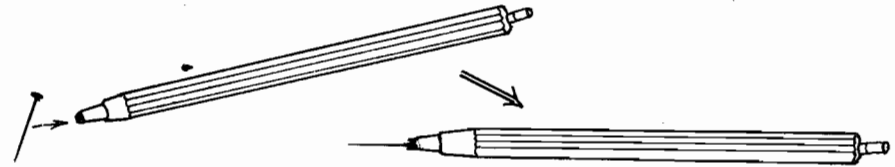
doporučené rostliny:

vodní: leknín (*Nymphaea*), stulík (*Nuphar*)

suchozemské: listnaté dřeviny, muškát (*Pelargonía*); pokud možno rostliny s lysými listy

postup: Zhotovte si otiskové preparáty svrchních a spodních povrchů listu rostliny vodní a suchozemské: část povrchu listu (nejméně 1 * 1 cm) natřete tenkou rovnoměrnou vrstvou bezbarvého laku a nechte zaschnout. Pak natřené místo pečlivě přelepte proužkem isolepy, isolepu s lakem sloupněte a nalepte na podložní sklo (v nouzi poslouží i jiný malý kousek tenčího skla.) Pozor, aby se vám při práci netvořily záhyby na isolepě! Každý preparát

si označte. Mikroskopujte při malém zvětšení a srovnejte výsledky pozorování jednotlivých preparátů.



obrázek: výroba provizorní preparační jehly

POKUS Č. 2: STONKOVÁ MORFOLOGIE VODNÍCH ROSTLIN

pomůcky a materiál: stonky (případně listy mající charakter stonku - sítna) vodních a suchozemských rostlin, nůž, případně žiletka nebo skalpel, pro tenké stonky preparační jehla (lze nahradit špendlíkem nebo jehlou zasunutou do mechanické tužky - verzatilky - viz obrázek), bezová duše (není podmínkou), podložní a krycí skla, mikroskop (příp. silná lupa - 10* až 12* zvětšující), voda - není podmínkou, silné stonky lze pozorovat i pouhým okem.

doporučené rostliny:

vodní: sítna (*Juncus*), leknín (*Nymphaea*)

suchozemské: hrách (*Pisum*), fazol (*Phaseolus*), muškát (*Pelargonía*), podražec (*Aristolochia*)

postup: Ze stonku (příp. listu majícího charakter stonku) vodní a suchozemské rostliny se pokuste udělat co nejtenčí řez (řežte žiletkou nebo skalpelem nejlépe v bezové duši - postup vám poradí váš učitel biologie). Z jednoho stonku dělejte řezů několik, pod mikroskopem vyberete nejlepší. Řezy zakápněte vodou,

preparační jehlou podeberte a přeneste do kapky vody na podložním skle. Dbejte, aby řez nebyl přeložen nebo zprohýbán. Přikryjte krycím sklem a mikroskopujte. Pozorujete-li pohybem okem, stačí stonek - příčně přeříznout. Pokuste se najít a zdůvodnit nejmarkantnější rozdíly v morfologii stonků rostlin vodních a suchozemských.

POKUS Č. 3: ZÁVISLOST POVRCHOVÝCH STRUKTUR NA VODNÍ BILANCI PROSTŘEDÍ

pomůcky a materiál: nadzemní části (listy a stonky) vodních a suchozemských (stepních) rostlin, lupa (alespoň 3* zvětšující)

doporučené rostliny:

vodní: leknín (*Nymphaea*), stulík (*Nuphar*), sítina (*Juncus*), žabník (*Alisma*)

suchozemské: divizna (*Verbascum*), jahodník (*Fragaria*), tařice (*Alyssum*), koniklec (*Pulsatilla*), hadinec (*Echium*)

postup: pozorujte lupou povrch stonků a listů rostlin a najděte rozdíly mezi rostlinami vodními a suchozemskými (použijte alespoň dvě rostliny vodní a dvě suchozemské). Rozdíly se pokuste zdůvodnit.

POKUS Č. 4: PROPAGAČNÍ ORGÁNY VODNÍCH ROSTLIN

pomůcky a materiál: semena vodních rostlin, lupa, žiletka nebo skalpel, tvrdá pinzeta

doporučené rostliny: rdest (*Potamogeton*), kotvice (*Trapa*)

postup: Rozřízněte příčně semeno vodní rostliny a pozorujte jeho anatomii. (Při řezání si semena přidržujte tvrdou pinzetou, bývají malá a dost tvrdá.) Uvažujte, které z orgánů, jež vidíte, usnadňují šíření semen vodou, nebo zajišťují ochranu proti vlhku.

POKUS Č. 5: SKELET

pomůcky a materiál: jedinci vlhkomilných a suchomilných rostlin

doporučené rostliny:

vlhkomilné: netýkavka (*Impatiens*), halucha (*Oenante*), tetluha (*Aethusa*), sasanka (*Anemone*)

suchomilné: kostřava (*Festuca* - stepní druhy), mochna písečná (*Potentilla arenaria*), chrpa (*Centaurea* - stepní druhy), pelyněk (*Artemisia* - stepní druhy), hadinec (*Echium*)

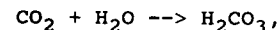
postup: Nasbírejte si několik jedinců rostlin vlhkomilných a suchomilných. Nechte rostliny volně na vzduchu a pozorujte změny, které u těchto rostlin způsobuje ztráta vody.

POKUS Č. 6: FOTOSYNTÉZA

pomůcky a materiál: zelené (asimilační) části vodních rostlin, průhledná čirá nádoba s dobře těsnícím uzávěrem (nejlépe zábrusová láhev, lze použít i obyčejnou láhev se širším hrdlem, např. od mléka, a dobře uzavřít igelitem a gumičkou), indikátory pH nebo pH-metr, sodová voda (sifon).

doporučené rostliny: vodní mor (*Elodea*), růžkatec (*Ceratophyllum*), stolístek (*Myriophyllum*), akvariální rostliny

postup: Větší množství asimilačních částí rostlin vložte do nádoby. Změřte co nejpřesněji pH sifonu a rostliny v nádobě zalijte sifonem tak, aby byla nádoba úplně naplněná. Nádobu těsně uzavřete a nechte stát od rána do večera na dobře osvětleném místě. Večer (před setměním!) slijte sifon a opět změřte jeho pH. Znáte-li tuto chemickou reakci, která probíhá ve vodě s rozpuštěným oxidem uhličitým:



pokuste se zdůvodnit změnu pH kapaliny vlivem činnosti zelených částí rostlin.

POKUS Č. 7: FOTOSYNTÉZA II

pomůcky a materiál: jako v pokusu č. 6, nádoby jsou potřeba dvě.

doporučené rostliny:

1. skupina: jako v pokusu č. 6
2. skupina: trávy (*Poaceae*), brukvovité (*Brassicaceae*), bobovité (*Fabaceae*)

postup: Ponořte všechny rostliny pod vodu a ponechte alespoň jeden den a noc. Potom vložte do jedné nádoby se sifonem rostliny 1. skupiny a do druhé nádoby rostliny 2. skupiny. Dále postupujte stejně jako v pokusu č. 6. Zdůvodněte rozdíl ve změně pH v první a druhé nádobě.

POKUS Č. 8: SOUVISLOST ZAPLAVENÍ A HABITU

pomůcky a materiál: semena nebo mladí jedinci vodních rostlin, nádoby s nepropustným dnem, půda, voda.

doporučené rostliny: žabník (*Alisma*), šípátka (*Sagittaria*), sítina žabí (*Juncus bufonius*)

postup: Alespoň do dvou nádob zasadte nebo zasejte několik jedinců jednoho druhu rostliny. V jedné nádobě pěstujte rostliny tak, aby hladina vody byla ± na úrovni povrchu půdy, ve druhé nádobě tak, aby celé rostliny byly stále ponořeny pod vodou. Pozorujte rozdíly habitu rostlin vynořených a ponořených (všimněte si hlavně celkového vzrůstu a tvaru listů).

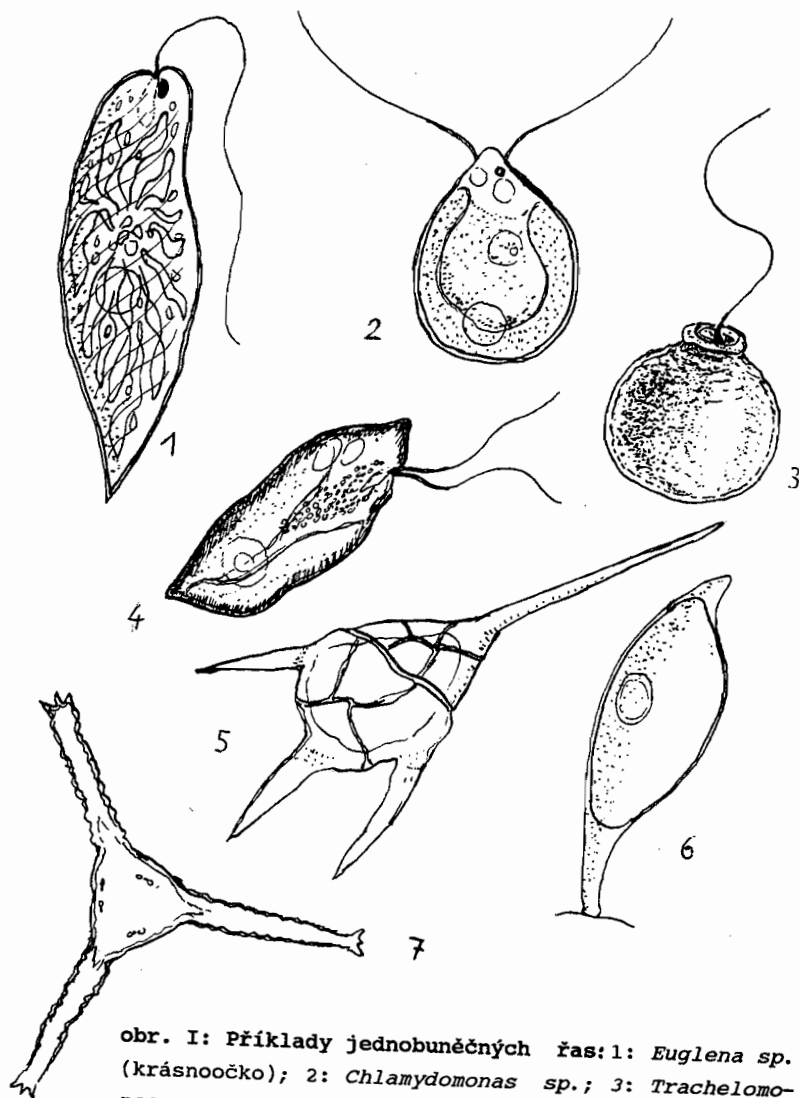
poznámka: Jedná se o dlouhodobý pokus náročný na čas, prostor a materiál. Doporučujeme ho pouze vážnějším zájemcům o problematiku vodních makrofyt. Neprovedení tohoto pokusu nebude handicapem při řešení úkolů biologické olympiády.

6. PŘÍLOHY

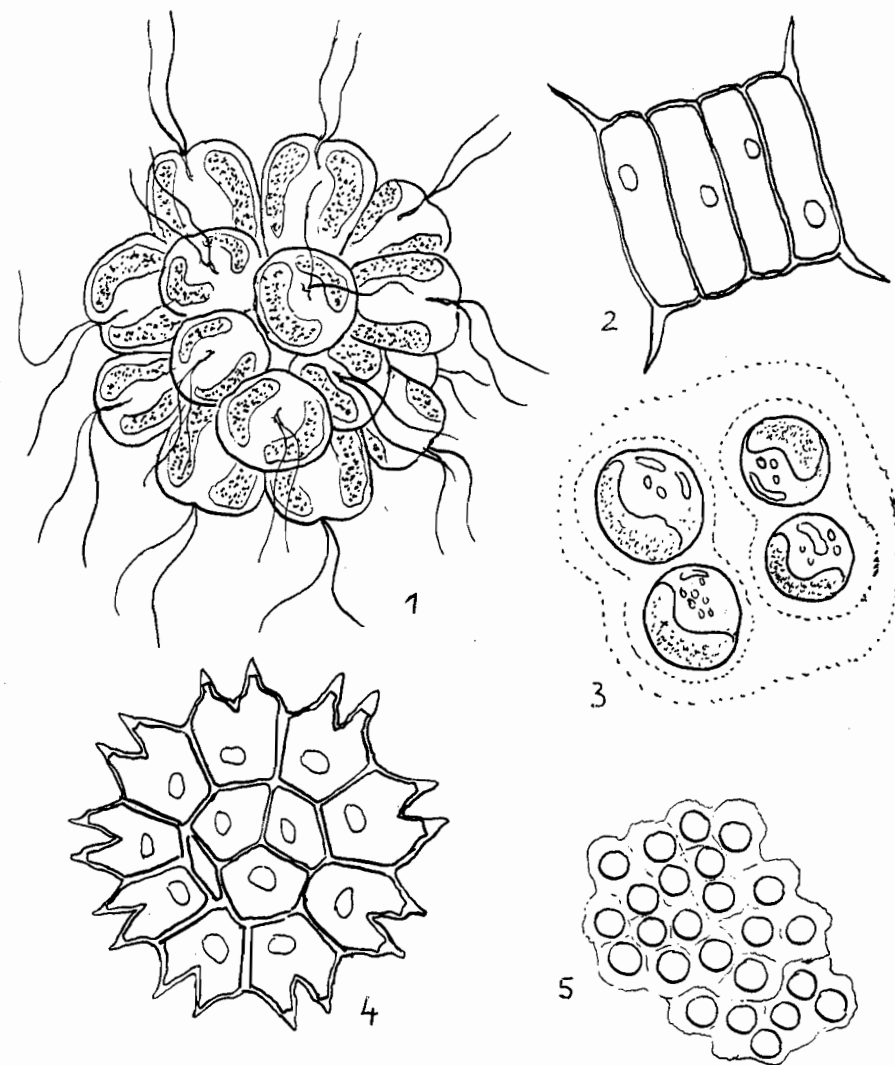
6.1. Obrázky

Seznam obrázků:

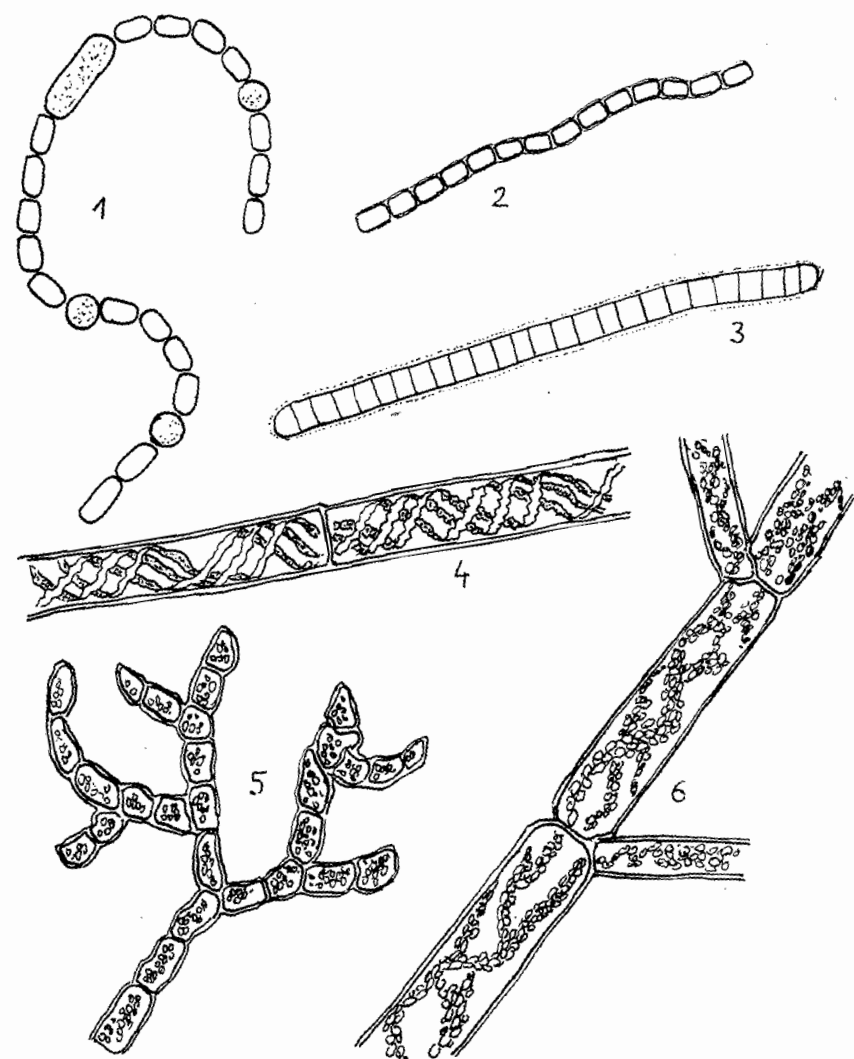
- obr. I: Příklady jednobuněčných řas.
- obr. II: Příklady koloniálně žijících jednobuněčných řas (1-4) a sinic (5).
- obr. III: Příklady vláknitých sinic (1-3) a řas (4-6).
- obr. IV: Příklady rozsivek.
- obr. V: Tvarové charakterističtí nálevníci.
- obr. VI: Drobní planktonní korýši.
- obr. VII: Drobní korýši (1 - 3) a vodule (4).
- obr. VIII: Někteří větší korýši.
- obr. IX: Typy larev jepic.
- obr. X: Larvy vážek (1-3) a střechatek (4).
- obr. XI: Larvy pošvatek (1) a některých brouků (2, 3).
- obr. XII: Typy larev chrostíků.
- obr. XIII: Běžné vodní ploštice (dospělci).
- obr. XIV: Nedospělá stadia běžného dvoukřídleho hmyzu.
- obr. XV: Larva muchničky (čel. Simuliidae).
- obr. XVI: Drobní živočichové našich vod.
- obr. XVII: Vodní makrofyta I.
- obr. XVIII: Vodní makrofyta II.
- obr. XIX: Schéma koloběhu dusíku.
- obr. XX: Schéma koloběhu fosforu.
- obr. XXI: 1: Cyklomorfoza perloočky
2: Schéma rozvrstvení vody v hluboké nádrži.
- obr. XXII: Pomůcky pro odběr a pozorování vodních organismů.
- obr. XXIII: Další metodické obrázky.



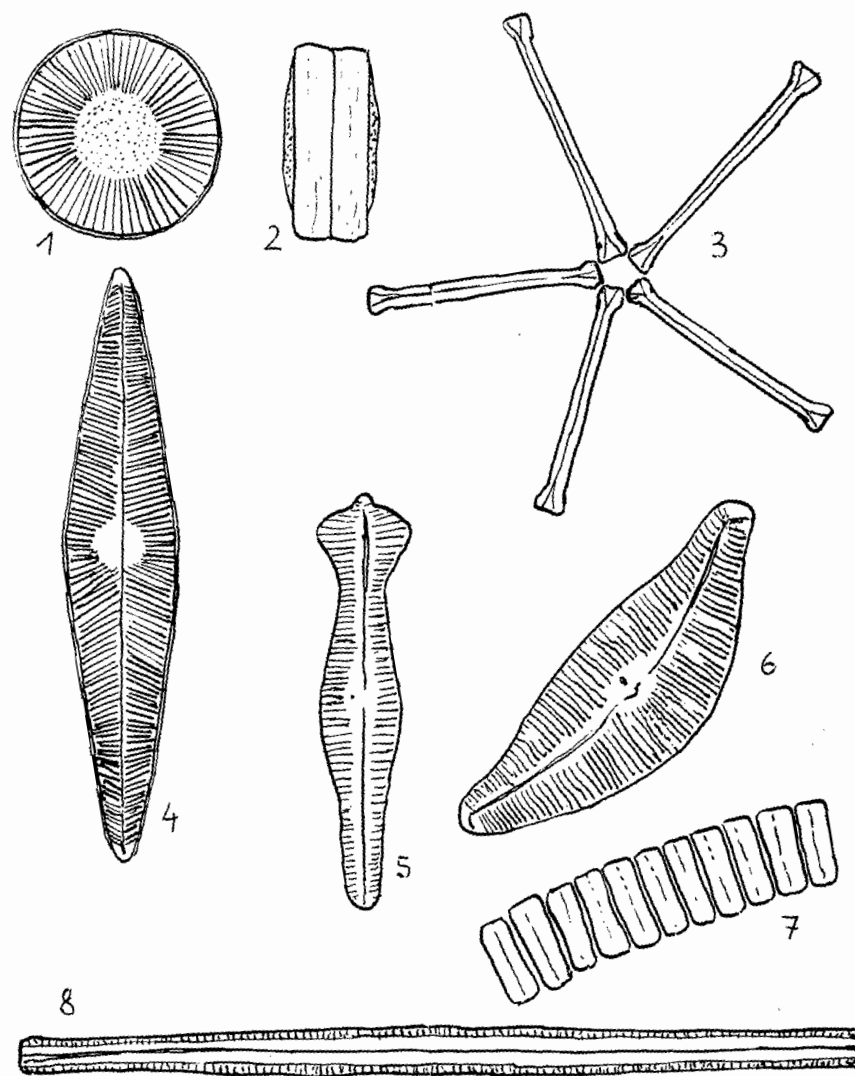
obr. I: Příklady jednobuněčných řas: 1: *Euglena* sp. (krásnoočko); 2: *Chlamydomonas* sp.; 3: *Trachelomonas* sp.; 4: *Cryptomonas* sp.; 5: *Ceratium hirundinella*; 6: *Characium* sp.; 7: *Staurostrum* sp. (orig.)



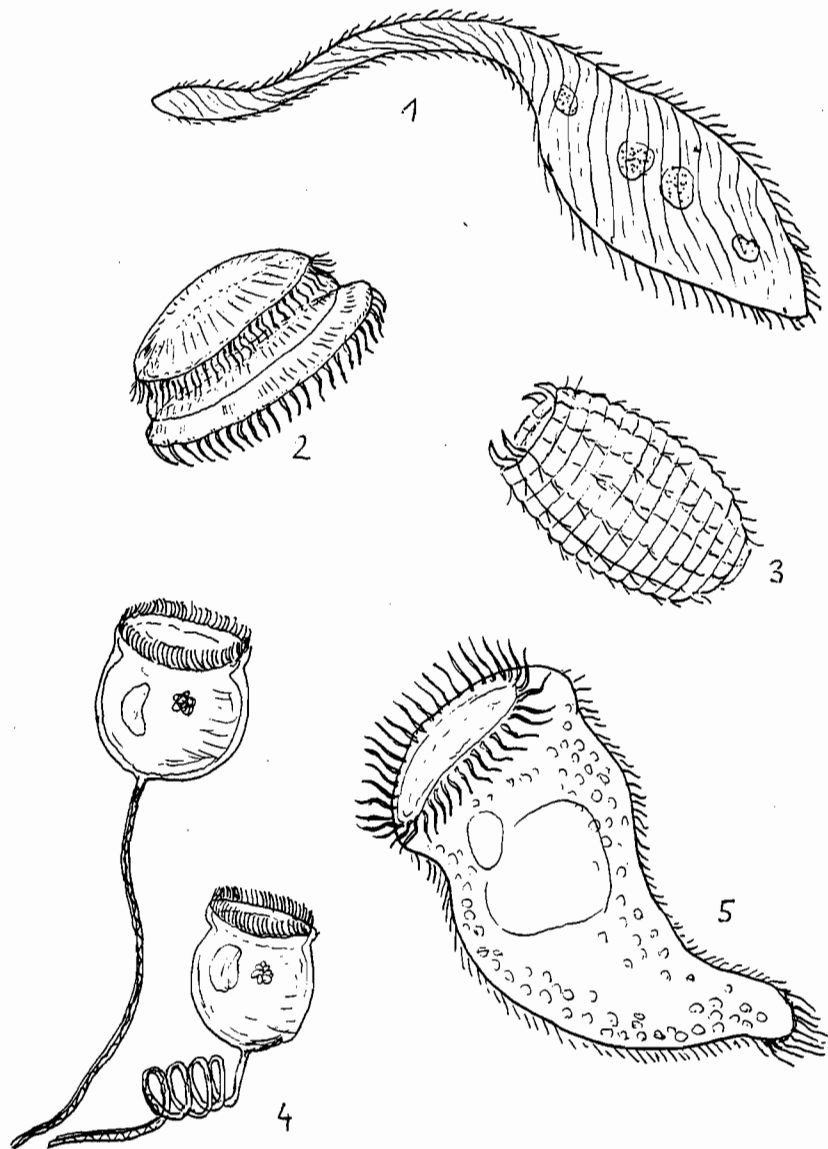
obr. II: Příklady koloniálně žijících jednobuněčných řas (1-4) a sinic (5): 1: *Synura* sp.; 2: *Scenedesmus quadricauda*; 3: *Chlorobotrys* sp.; 4: *Pediastrum boryanum*; 5: *Microcystis* sp. (orig.)



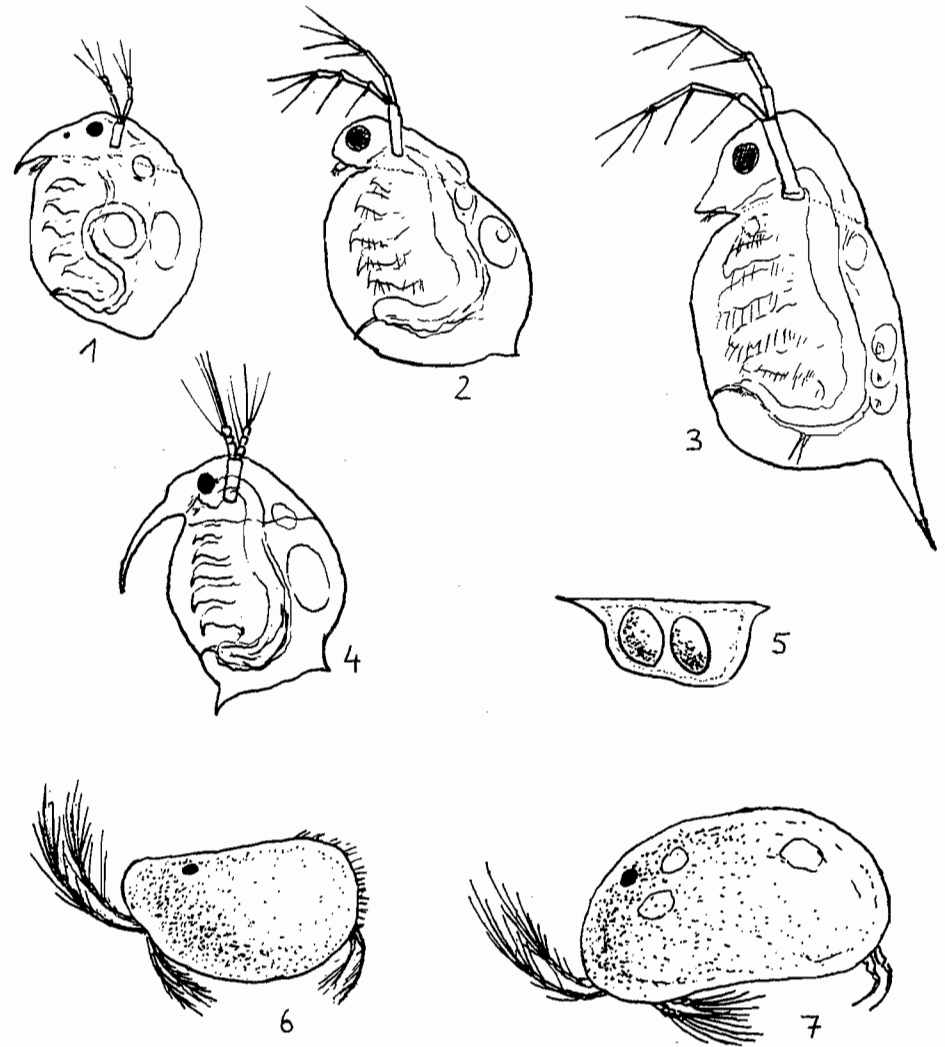
obr. III: Příklady vláknitých sinic (1-3) a řas (4-6): 1. *Anabaena* sp.; 2. *Planktothrix* sp.; 3. *Oscillatoria* sp.; 4. *Spirogyra* sp. (šroubatka); 5. *Stigeoclonium* sp.; 6. *Cladophora* sp. (žabí vlas).
(orig.)



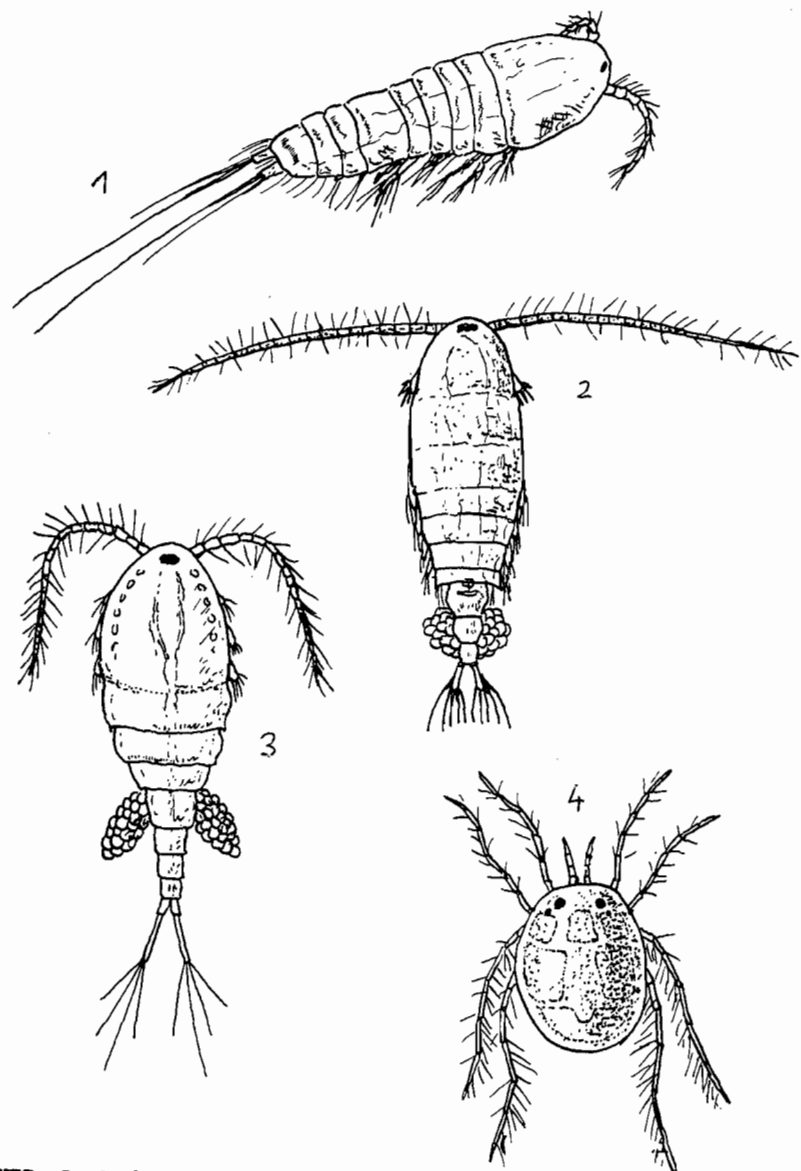
obr. IV. Příklady rozsivek: 1: *Cyclotella* sp., pohled shora; 2: *Cyclotella* sp., pohled z boku; 3: *Asterionella formosa*; 4: *Navicula radiosa*; 5: *Gomphonema acuminatum*; 6: *Cymbella* sp.; 7: *Fragilaria construens*; 8: *Synedra ulna*. (orig.)



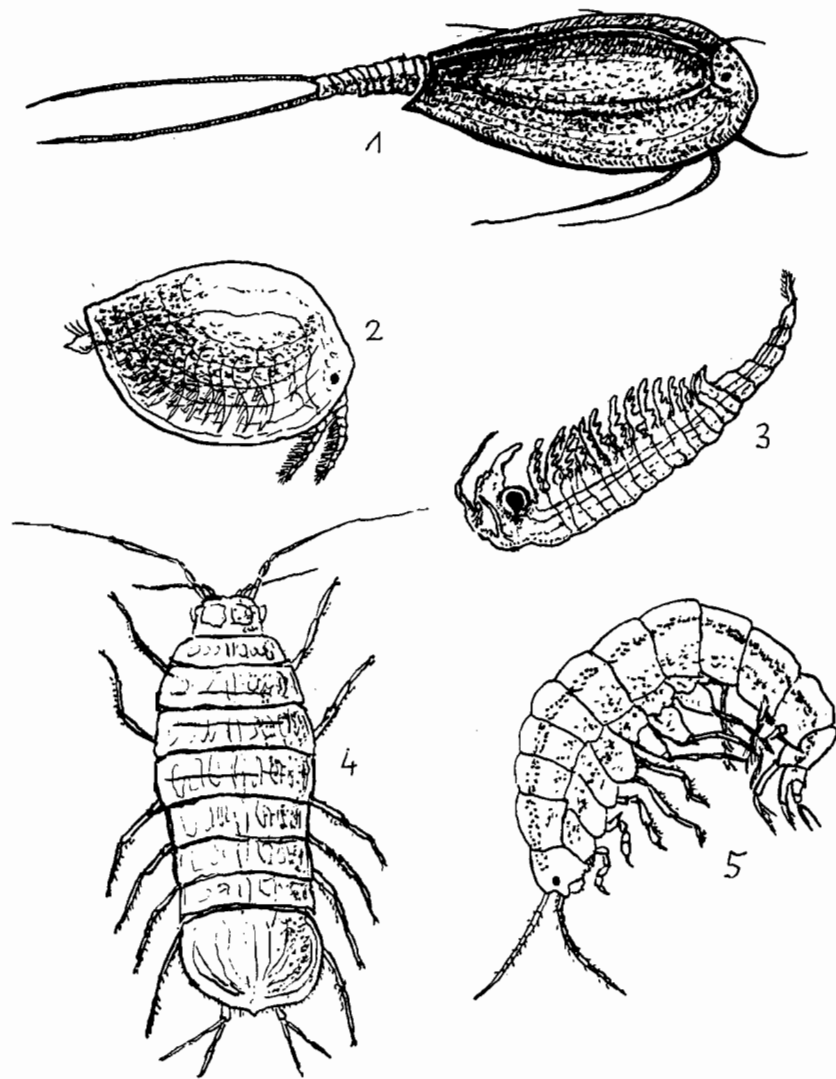
obr. V. Tvarově charakterističní nálevníci: 1: *Lacrymaria* sp.,
2: *Trichodina* sp., 3: *Coleps* sp., 4: *Vorticella*, 5: *Stentor* sp.
(orig.)



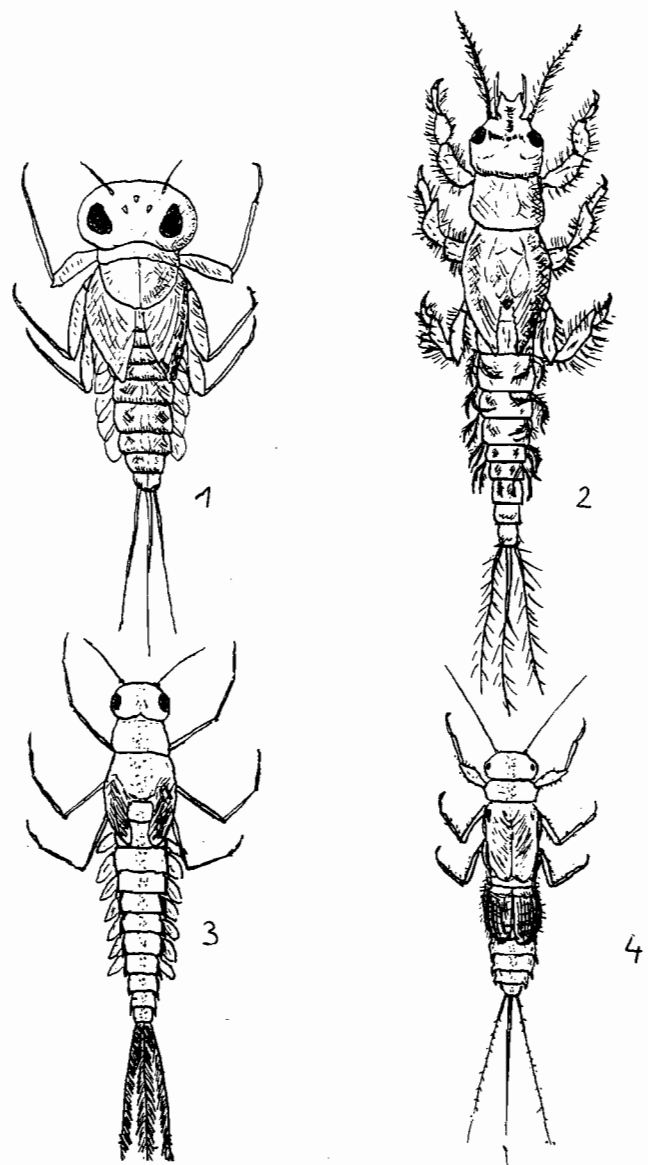
obr. VI. Drobní planktonní korýši: 1 : *Chydorus* sp.,
2: *Ceriodaphnia* sp., 3: *Daphnia* sp., 4: *Bosmina* sp., 5: epiplum
perloočky s trvalými vajíčky, 6, 7 : dva typy lasturnatek (orig.)



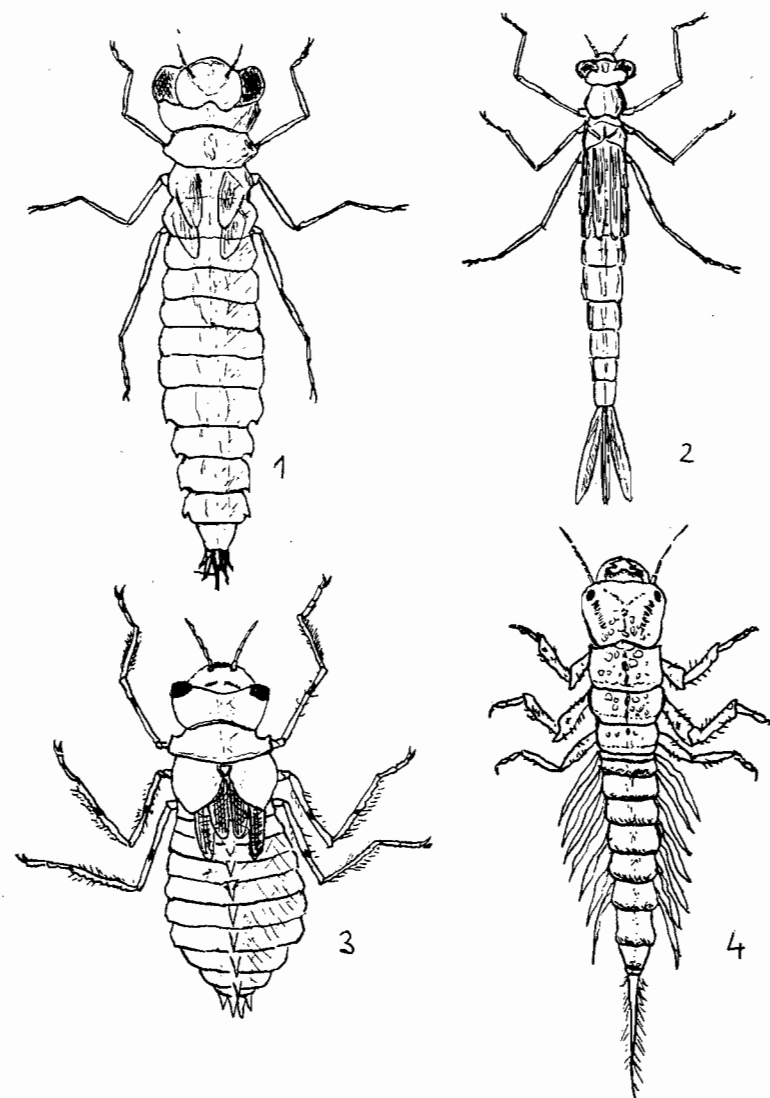
obr. VII. Drobni koryši (1 - 3) a vodule (4): 1: plazivka (Harpacticoida), 2: vznášivka (*Diaptomus*), 3: buchanka (Copepoda) 4: vodule (Hydracarina) (orig.)



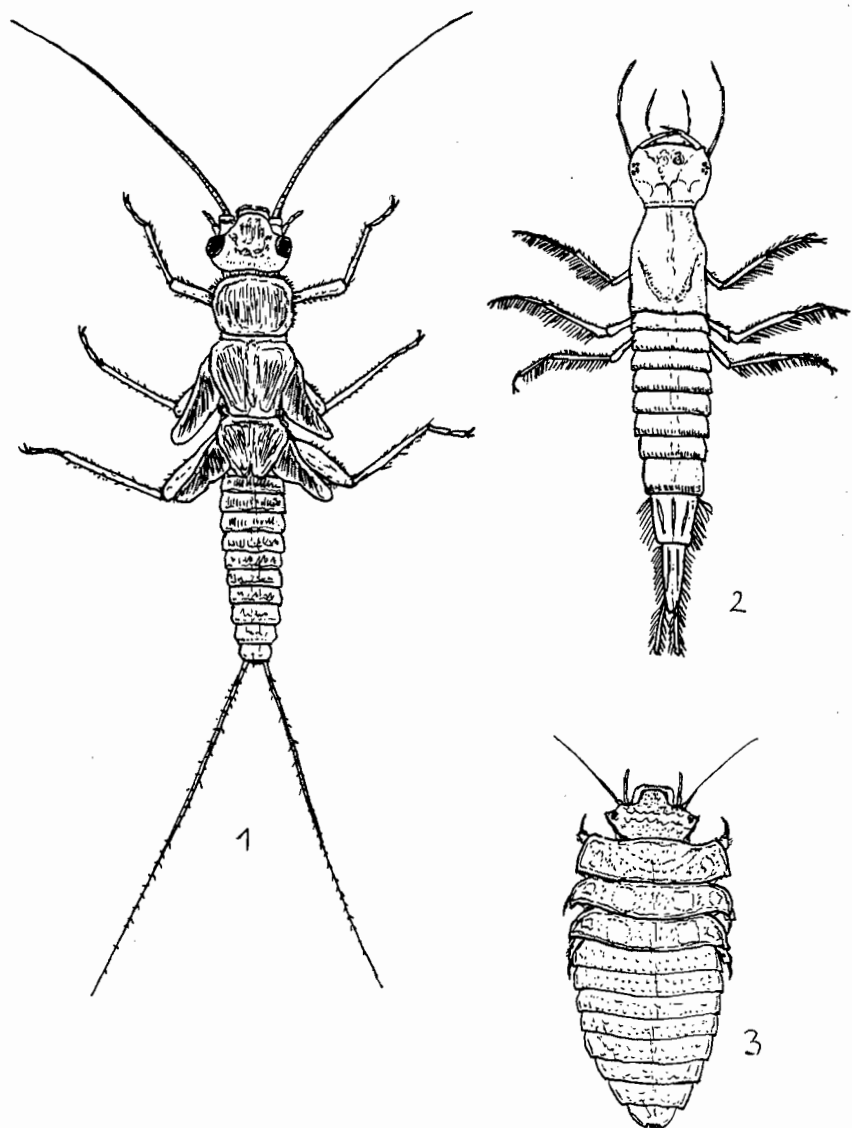
obr. VIII. Někteří větší koryši: 1: listonoh letní (*Triops cancriformis*), 2: škeblovka (*Limnadia* sp.), 3: žábronožka (*Branchipus* sp.), 4: beruška vodní (*Asellus aquaticus*), 5: blešivec (*Gammarus* sp.) (orig.)



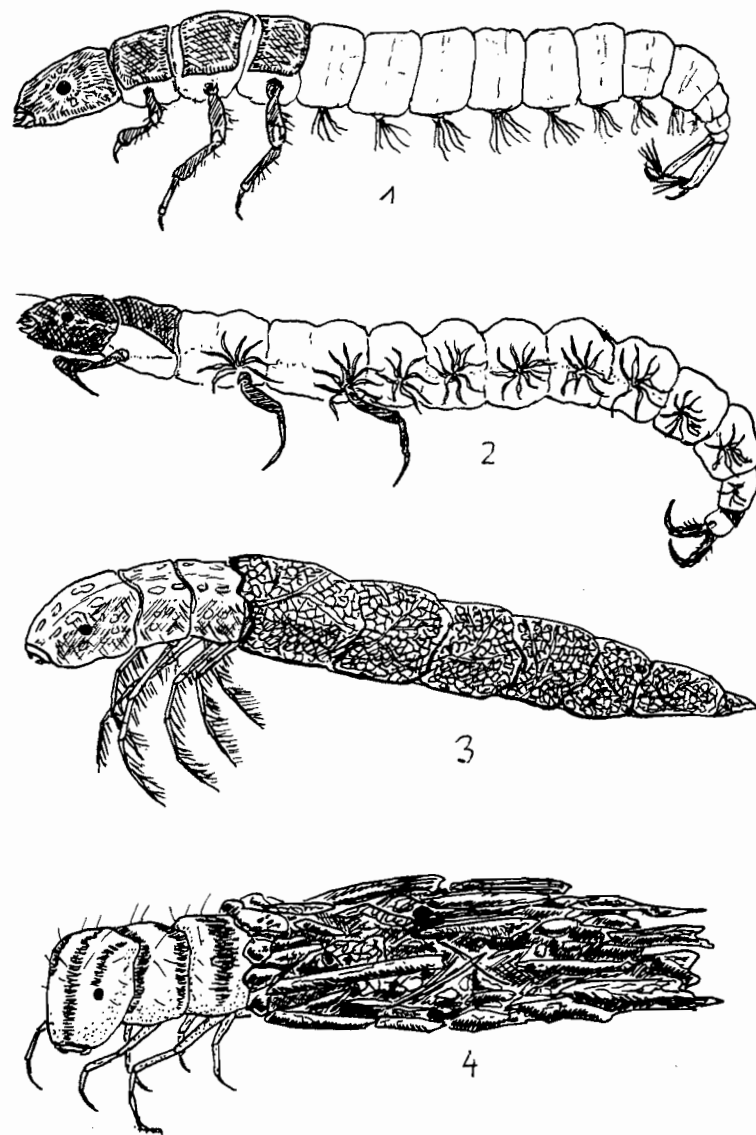
obr. IX. Typy larev jepic: 1: typ reofilní (*Rhitrogena sp.*),
 2: typ hrabavý (*Ephemera sp.*), 3: typ plovací (*Siphonurus sp.*),
 4: typ lezoucí (*Caenis sp.*) (orig.)



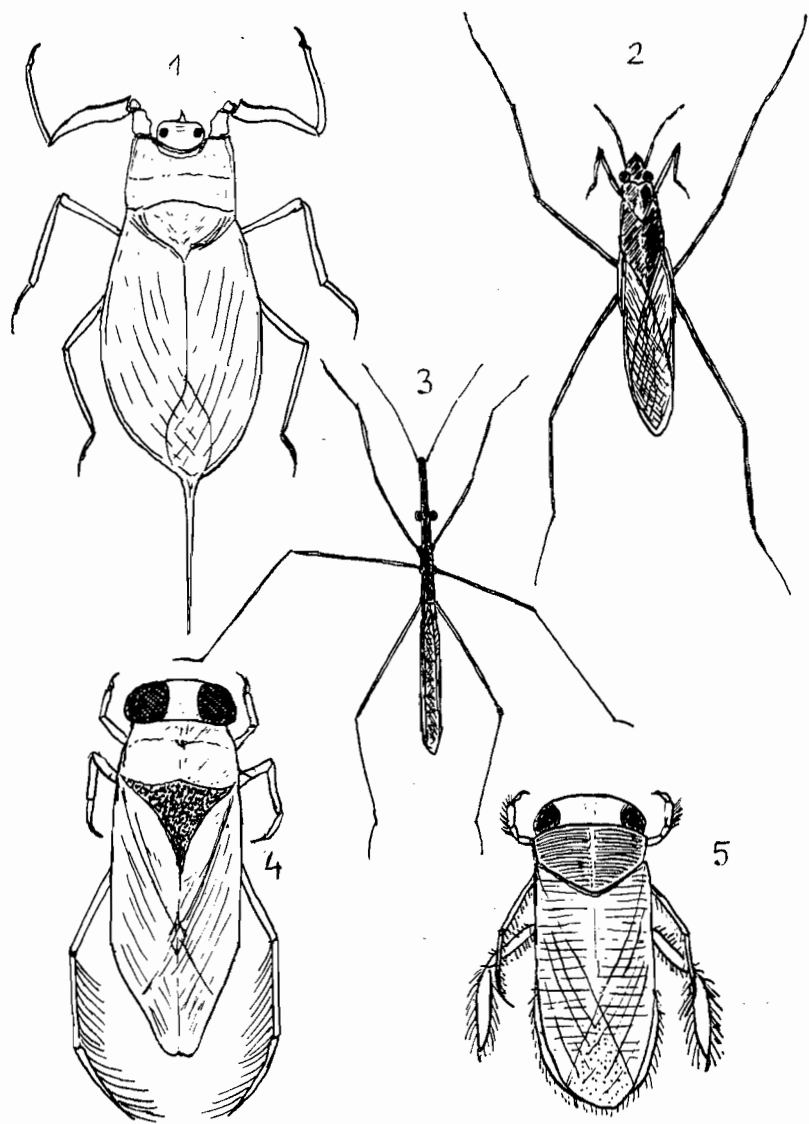
obr. X. Larvy vážek (1-3) a střechatek (4): 1: šídlo (*Aeschna sp.*)
 2: šídélko (*Argion sp.*), 3: vážka (čel. *Libellulidae*),
 4: střechatka (*Sialis sp.*) (orig.)



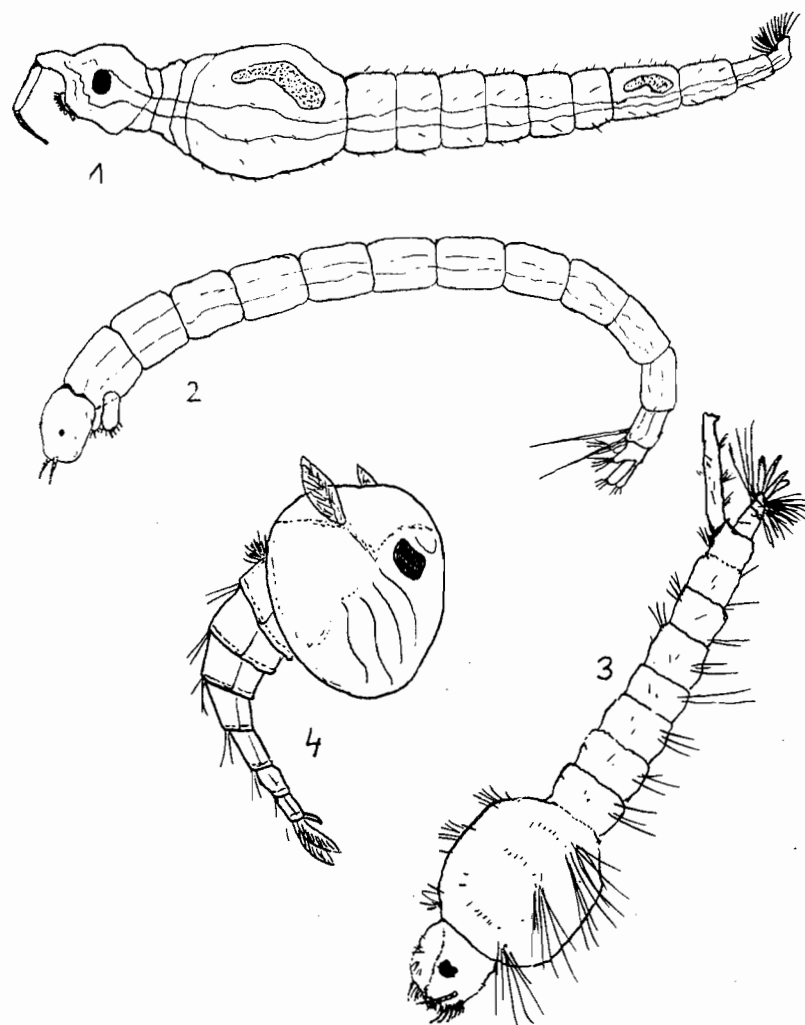
obr. XI. Larvy pošvatek (1) a některých brouků (2, 3): 1: pošvatka (řád Plecoptera), 2: potápník (*Dytiscus* sp.). 3: *Helodes* sp. (orig.)



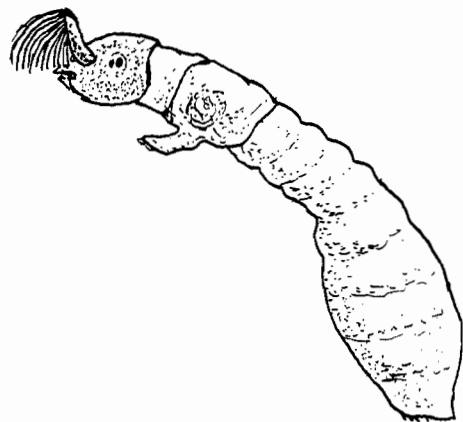
obr. XII. Typy larev chrostíků. 1: *Hydropsyche* sp., 2: *Rhyacophila* sp., 3: *Triaenodes* sp. (schránka z listu rostliny) 4: *Halesus* sp. (orig.)



obr. XIII. Běžné vodní ploštice (dospělci). 1: splešťule blátivá (*Nepa cinerea*), 2: bruslařka (*Gerris sp.*). 3: vodoměrka (*Hydrometra sp.*), 4: znakoplavka obecná (*Notonecta glauca*), 5: klešťanka (*Corixa*). (orig.)



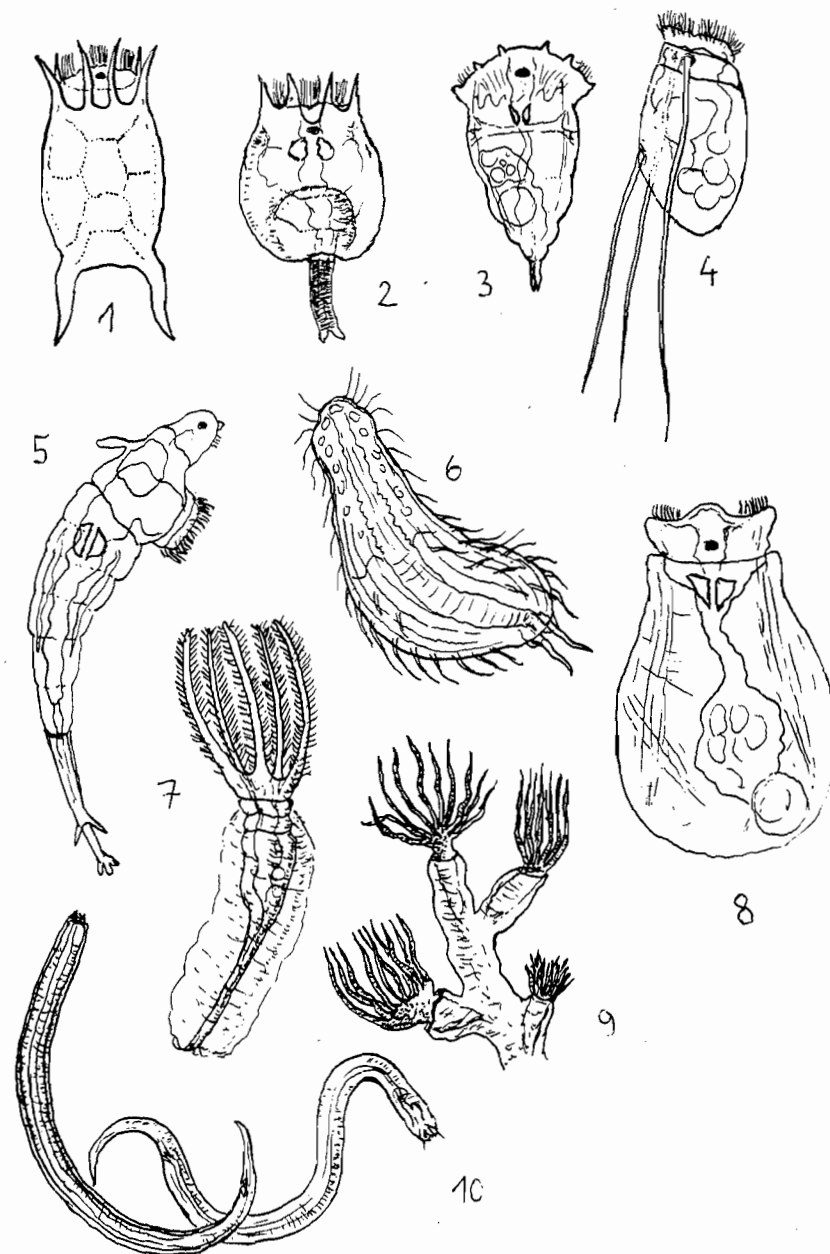
obr. XIV. Nedospělá stadia běžného dvoukřídleho hmyzu: 1: koretra (*Chaoborus sp.*) - larva, 2: pakomár (*Tanypus sp.*) - larva, 3: komár (*Culex sp.*) - larva, 4: komár (*Culex sp.*) - kukla (orig.)

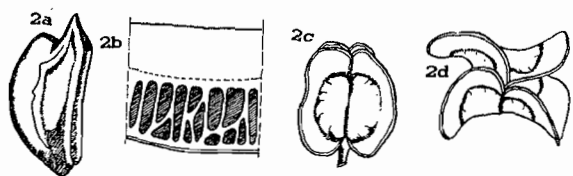
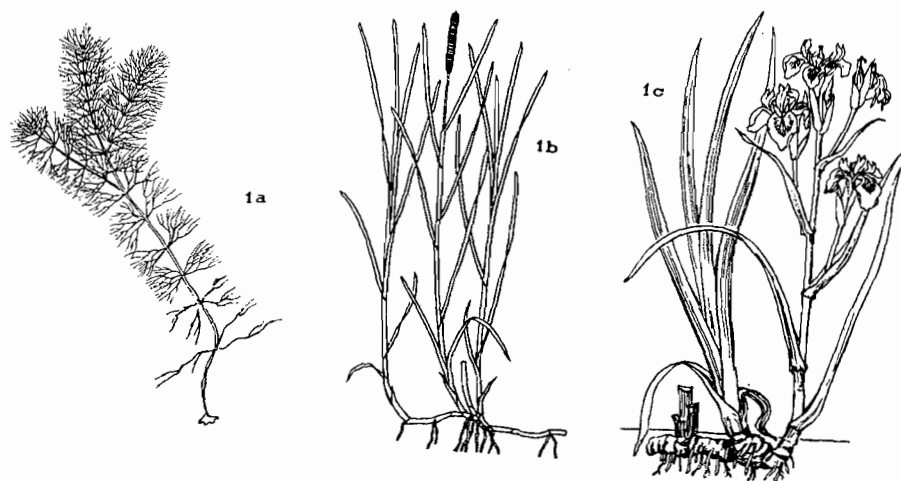


obr. XV. Larva muchničky (čel. Simuliidae) (orig.)

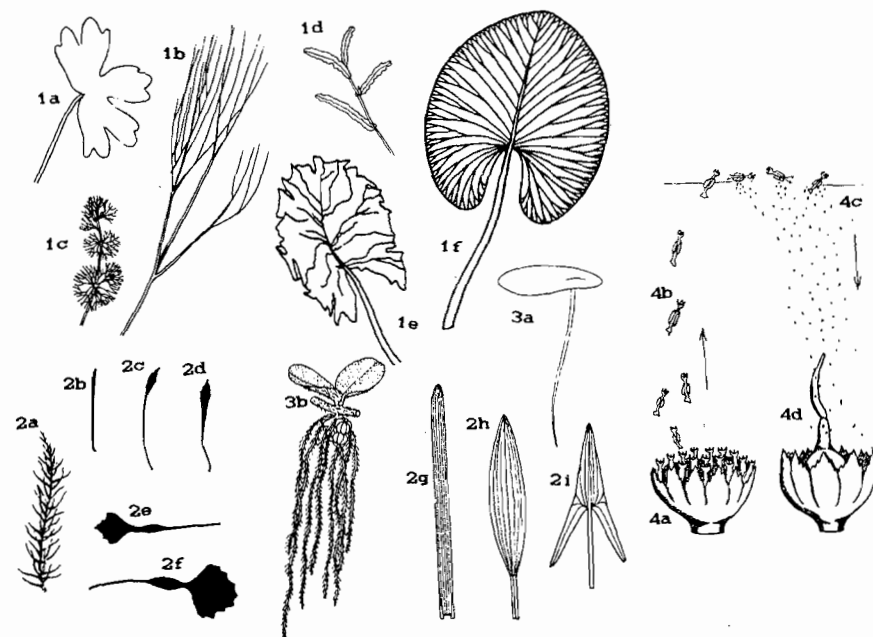
následující strana:

obr. XVI. Drobní živočichové našich vod: 1: planktonní vířník *Keratella* sp., 2: planktonní vířník *Brachionus* sp., 3: planktonní vířník *Synchaeta* sp., 4: planktonní vířník *Filinia* sp., 5: bentický vířník *Rotaria* sp., 6: břichobrvka (Gastrotricha), 7: přisedlý vířník *Stephanoceros* sp., 8: dravý planktonní vířník *Asplanchna* sp., 9: mechovka (Bryozoa), 10: hlísti (Nematoda) (orig.)





obr. XVII. Vodní makrofyta I: 1: adaptace kořenů vodních rostlin: 1a: rúžkatec ostnitý (*Ceratophyllum demersum*) - bezkořená báze rostliny s přeměněnými větvemi sloužícími k ukotvení; 1b: oddenky orobince široolistého (*Typha latifolia*); 1c: oddenky kosatce žlutého (*Iris pseudacorus*); 2 - generativní diaspory vodních rostlin: 2a: rdest vzplývavý (*Potamogeton natans*) - semeno; 2b: r. vzplývavý - příčný řez povrchovou vrstvou semene s dutinami usnadňujícími plavání; 2c, d: plod (tvrčka) hvězdoše (*Callitriche*) s obaly lehčími než voda (převzato z publikací: obr. 1a - HEJNÝ, SLAVÍK 1988, 1b, c - ROTHMALER 1988, obr. 2 - SCULTHORPE 1967)

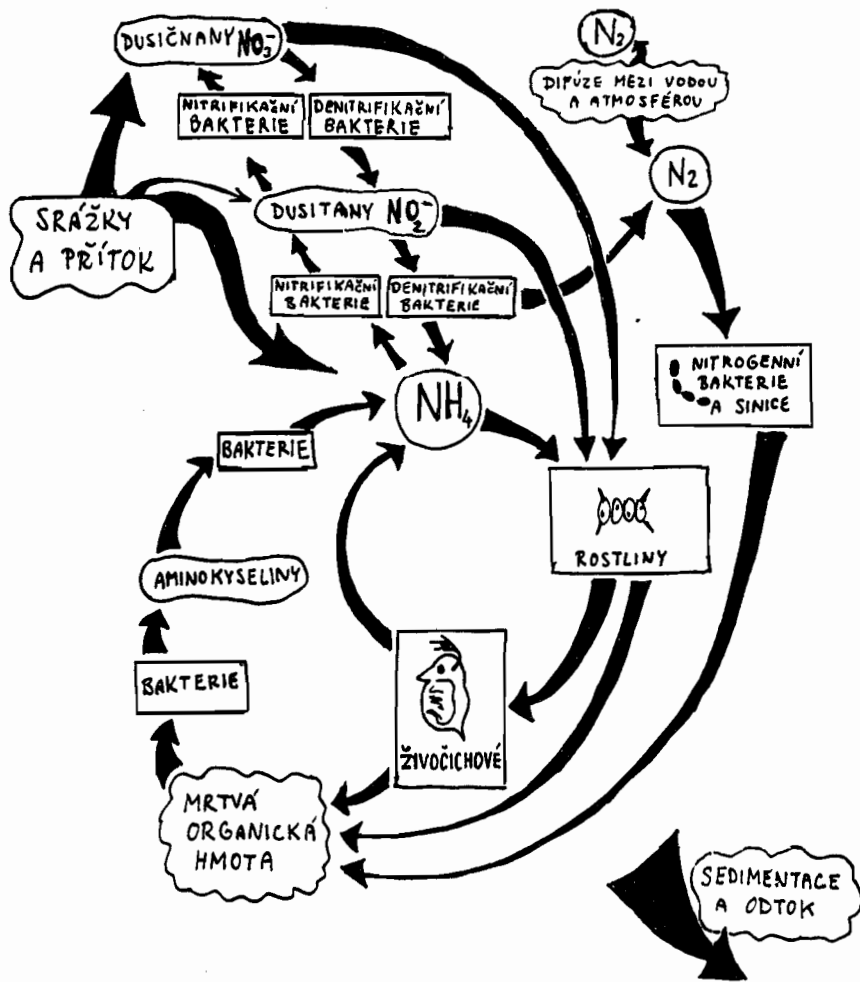


obr. XVIII: Vodní makrofyta II: 1 - 3: listová morfologie vodních rostlin: 1a: lakušník štětičkový (*Batrachium penicillatum*) - rostlina tekoucích vod - vynořený list; 1b: l. štětičkový - ponořený list; 1c: l. okrouhlý (*B. circinatum*) - rostlina stojatých vod - ponořený list; 1d: rdest kadeřavý (*Potamogeton crispus*) - část lodyhy s kadeřavými listy kopírujícími snadno pohyb vody; 1e: stulík žlutý (*Nuphar luteum*) - ponořený měkký list; 1f: s. žlutý - vzplývavý list; 2a - f: kotvice plovoucí (*Trapa natans*) - listy jednoho jedince seřazené od nejbližšího dnu po nejbližší hladině (vzplývavý); 2g - i: šípátka strelolistá (*Sagittaria sagittifolia*) - list hluboko ponořený, blízký hladině a vynořený; 3a: okřehek menší (*Lemna minor*) - jedna rostlinka; 3b: nepukalka vzplývající (*Salvinia natans*) - jeden přeslen s kulovitými sporokarpy na bázi ponořených úkrojků; 4: ponořený květ a průběh opylení rúžkatce ostnitého (*Ceratophyllum demersum*): 4a: samčí květ s tyčinkami; 4b: uvolněné tyčinky vyplouvající na hladinu; 4c: uvolněná pylová zrna klesající ke dnu; 4d: samičí květ s čnělkou, na niž se zachytává pyl

(převzato z publikací: obr. 1a - c, 3b - HEJNÝ, SLAVÍK 1988,

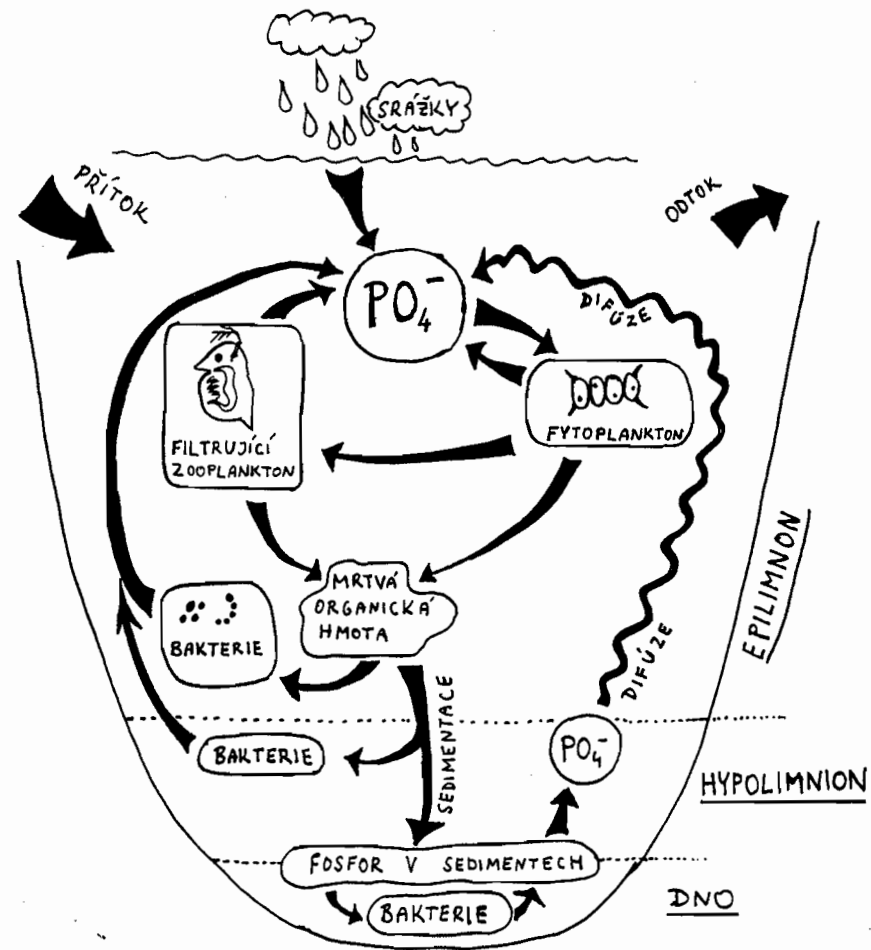
obr. 1d - f, 2a, g - i, 3a - ROTHMALER 1988, obr. 2b - f,

4a - d - SCULTHORPE 1967)

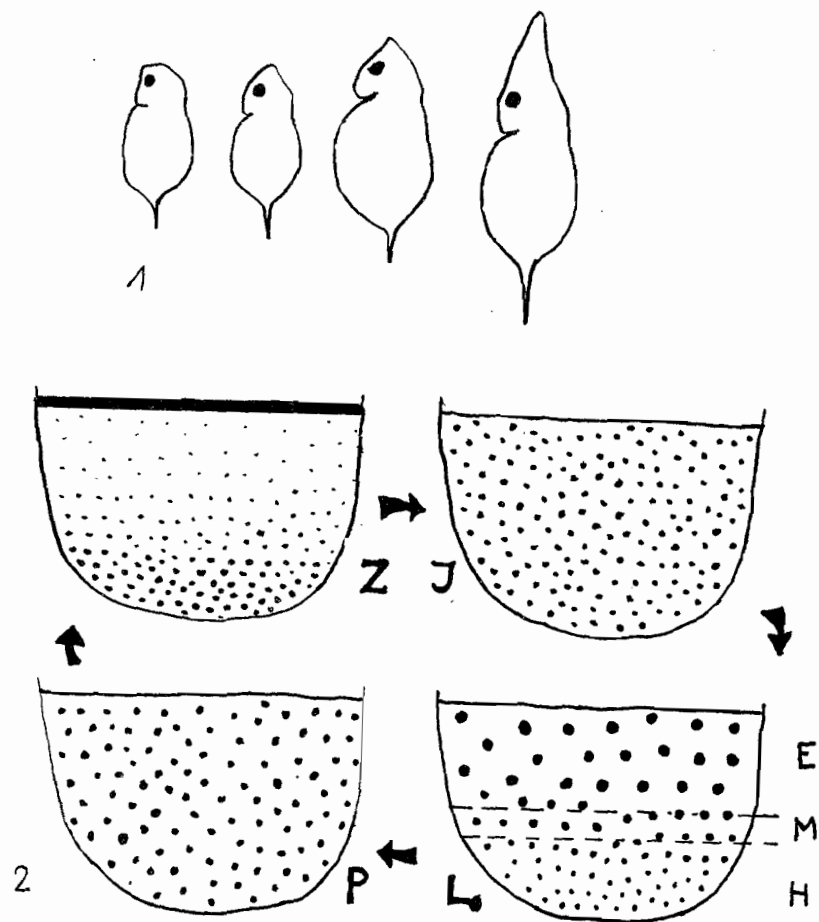


obr. XIX. Schéma koloběhu dusíku.

(pozn.: z důvodu přehlednosti obrázku byl vypuštěn vztah bakterií a živočichů - drobní filtrátoři konzumují bakterie) (orig.)



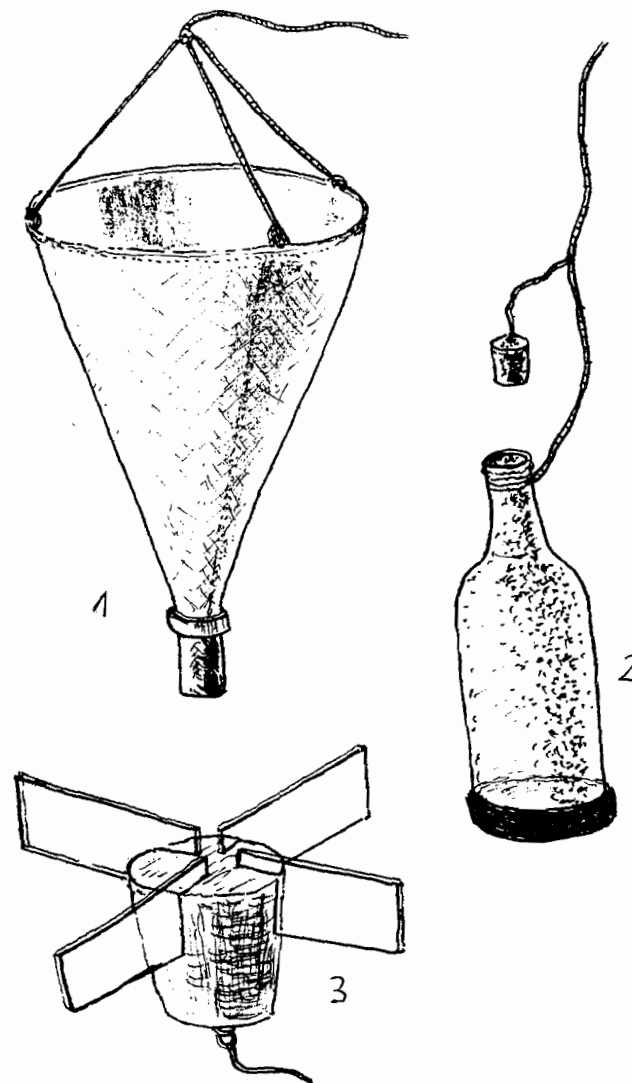
obr. XX. Schéma koloběhu fosforu. (orig.)



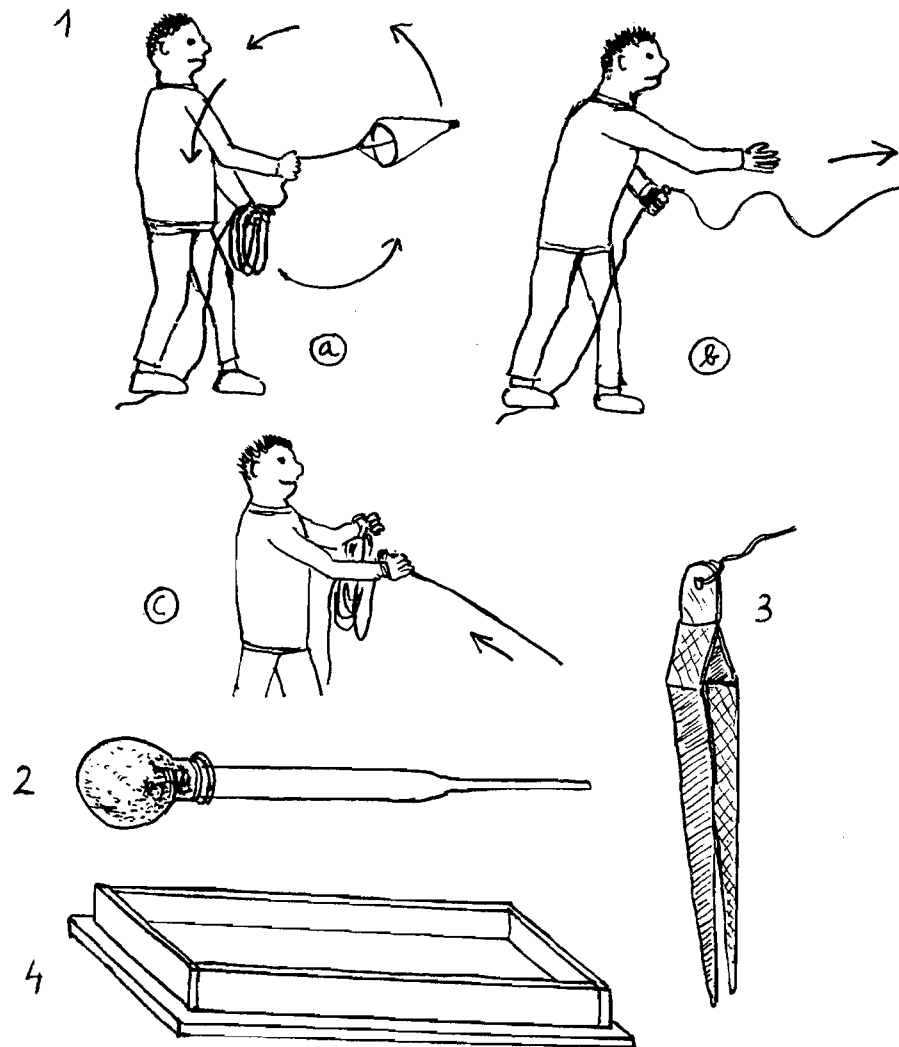
obr. XXI. 1: Cyklomorfóza perloočky *Daphnia cucullata* (podle
Lelláka, Kubička, 1993)

2: Schéma rozvrstvení vody v hluboké nádrži. Z - zima, J - jaro,
P - podzim, L - léto, E - epilimnion, M - metalimnion,
H - hypolimnion

Vyšší teplotu vody znázorňují větší tečky. (orig.)



obr. XXII. Pomůcky pro odběr a pozorování vodních organismů:
1: vrhací planktonka, 2: Mayerova láhev, 3: nárostová sklička
v korkové zátce (orig.)



obr. XXIII. Další metodické obrázky: 1: schéma vrhu planktonkou, 2: pipeta s balónkem, 3: měkká pinzeta, 4: počítací komůrka (orig.)

6.2. Vegetace vod

Jak vyplývá z předchozí kapitoly, postupným přizpůsobováním specifickým vlastnostem vodního prostředí vznikaly druhy schopné toto prostředí osidlovat - tedy specifická květena (flóra) vod. Některé z těchto druhů rostou často na stejných stanovištích v typických vzájemných poměrech, vytvářejí tedy specifická společenstva. Souhrn společenstev určitého území nazýváme vegetací.

Věda zabývající se vegetací se nazývá fytocenologie. Podle typického složení řadí porosty do společenstev jednotlivých systematických kategorií. Toto je hierarchie základních jednotek používaného systému (názvy jednotek jsou odvozeny z vědeckých názvů druhů typických pro danou jednotku):

jednotka	používaná	příklad
	koncovka	
TŘÍDA	-ETEA	QUERCO-FAGETEA
ŘÁD	-ETALIA	FAGETALIA
SVAZ	-ION	FAGION
podsvaz	-enion	Eu-Fagenion
asociace	-etum	Dentario-Fagetum
subasociace	-etosum	Dentario-Fagetum salvietosum glutinosae

Do vodní vegetace bývají zahrnována i společenstva mokřadů, rašelinišť, pramenišť apod. V následujícím přehledu uvádíme jen nejčastější společenstva vodních nádrží a toků na úrovni svazů, které zařazujeme do tříd, a uvádíme nejznámější druhy, které lze v těchto společenstvech najít. (Uváděné druhy se nekryjí přesně se skupinou diagnostických druhů!) Zájemce o podrobnější znalosti odkazujeme na příslušnou literaturu (MORAVEC 1983).

tř. LEMNETEA: společenstva plovoucích a vzplývavých rostlin (pleustontů) kořenujících ve vodě:

sv. Lemnion minoris: společenstva okřehkovitých rostlin ve stojatých a mírně tekoucích vodách, s trvalejším výskytem ve vodách obohacovaných dusíkem:

druhy rodu okřehek (*Lemna sp. div.*), závitka mnohokořená (*Spirodella polyrrhiza*), nepukalka vzplývající (*Salvinia natans*).

sv. *Utricularion vulgaris*: společenstva plovoucích, mírně ponořených masožravých rostlin:

druhy rodu bublinatka (*Utricularia sp. div.*), druhy rodu okřehek (*Lemna sp. div.*).

sv. *Hydrocharition*: společenstva nezakořeněných rostlin s optimem výskytu v akumulacním pásu zanášených vodních nádrží:

vodánka žabí (*Hydrocharis morsus-ranae*), řezan pilolistý (*Stratiotes aloides*).

tř. POTAMETEA: společenstva sladkovodních rostlin kořenujících ve dně: sv. *Nymphaeion albae*: společenstva zakořeněných rostlin s listy plovoucími na hladině stojatých vod:

žebratka bahenní (*Hottonia palustris*), druhy rodů stolítek (*Myriophyllum sp. div.*), stulík (*Nuphar sp. div.*) a leknín (*Nymphaea sp. div.*), kotvice plovoucí (*Trapa natans*), rdest vzplývavý (*Potamogeton natans*), rdesno obojživelné (*Polygonum amphibium*).

sv. *Potamion lucentis*: společenstva ponořených rostlin většinou s velkými listy, rostoucí v hloubce do 2m:

druhy rodů růžkatec (*Ceratophyllum sp. div.*), stolítek (*Myriophyllum sp. div.*), rdest (*Potamogeton sp. div.*), žabník (*Alisma sp. div.*), hvězdoš (*Callitriche sp. div.*), vodní mor kanadský (*Elodea canadensis*).

sv. *Potamion pusilli*: společenstva ponořených vodních rostlin s drobnými nitovitými a čárkovitými listy, rostoucích v hloubce 0,5 - 1m:

druhy rodu rdest (*Potamogeton*).

sv. *Batrachion fluitans*: společenstva vzplývavých a ponořených vodních rostlin mělkých tekoucích vod:

vodní mor kanadský (*Elodea canadensis*), mech zdrojovka (pramenička - *Fontinalis antipyretica*), okřehek trojbrázdý (*Lemna trisulca*), druhy rodu rdest (*Potamogeton*).

sv. *Batrachion aquatilis*: společenstva vzplývavých a ponořených vodních rostlin mělkých stojatých vod, jejichž existence je podmíněna dočasným vynořením půdy nad hladinu:

šmel okoličnatý (*Butomus umbellatus*), šípatka střelolistá (*Sagittaria sagittifolia*), zevar nejmenší (*Sparganium minimum*), žebratka bahenní (*Hottonia palustris*).

tř. LITTORELLETEA: společenstva pobřežnice:

sv. *Isoëtion lacustris*: společenstva šidlatek v mělkých vodách při pobřeží oligotrofních horských jezer:

druhy rodu šidlatka (*Isoëtes sp. div.*), zevar úzkolistý (*Sparganium angustifolium*).

sv. *Littorellion uniflorae*: společenstva bahničky jehlicovité na mělkém pobřeží rybníků střední Evropy:

druhy rodu úpor (*Elatine sp. div.*), bahnička jehlicovitá (*Littorella uniflora*), hvězdoš bahenní (*Callitriche palustris*), pryskyřník plamének (*Ranunculus flammula*), sítina cibulkatá (*Juncus bulbosus*).

tř. PHRAGMITI-MAGNOCARICETEA: společenstva rákosin a vysokých ostřic:

sv. *Phragmition communis*: sladkovodní společenstva rákosin stojatých vod:

áron plamatý (*Acorus calamus*), přeslička říční (*Equisetum fluviatile*), rákos obecný (*Phragmites communis*), zblochan vodní (*Glyceria maxima*), kosatec žlutý (*Iris pseudacorus*), skřipinec jezerní (*Schoenoplectus lacustris*), karbinec evropský (*Lycopus europaeus*), starček říční (*Senecio fluviatillis*), druhy rodů rdesno (*Polygonum*) a orobinec (*Typha*), zevar vzpřímený (*Sparganium erectum*).

sv. *Oenanthion aquaticae*: přirozená i antropicky ovlivněná společenstva stojatých vod (mrtvých říčních ramen, tůní, rybníků) i periodických vod s kolísající vodní hladinou:

druhy rodu žabník (*Alisma*), halucha vodní (*Oenanthe aquatica*), rukev obojživelná (*Rorippa amphibia*), kamyšník přímořský (*Bolboschoenus maritimus*), šmel okoličnatý (*Butomus umbellatus*), zblochan vzplývavý (*Glyceria fluitans*).

sv. *Phalaridion arundinaceae*: říční rákosiny na recentních náplavech toků se silně kolísající vodní hladinou:

chrastice rákosovitá (*Phalaris arundinaceae*), druhy rodů barborka (*Barbarea sp. div.*) a máta (*Mentha sp. div.*), lipnice bahenní (*Poa palustris*).

sv. *Sparganio-Glycerion fluitans*: pobřežní porosty malých vodních toků:

druhy rodů zblochan (*Glyceria sp. div.*) a zevar (*Sparganium sp. div.*), rozrazil potoční (*Veronica beccabunga*).

sv. *Cicution virosae*: společenstva nezpevněných půd v akumu-
lačním pásmu stojatých vod:

rozpuč jizlivý (*Cicuta virosa*), blatouch bahenní (*Caltha pa-
lustris*), zábělník bahenní (*Comarum palustre*), vachta trojlistá
(*Menyanthes trifoliata*), lilek potměchuť (*Solanum dulcamara*).

7. POUŽITÁ A DOPORUČENÁ LITERATURA:

- Altmann, A., E. Lišková, 1979. Praktikum ze zoologie. SPN, Praha.
- Baruš, V., O. Oliva, 1992. Fauna ČSFR. Obojživelníci. Academia, Praha.
- Buchar, J. a kol., 1994. Klíč k určování bezobratlých. Scientia, Praha.
- Čihař, J. a kol., 1978. Příroda v ČSSR. Práce, Praha.
- Fott, B., 1967. Sinice s řasy. Academia, Praha.
- Fott, J. a kol., 1978. Hydrobiologie pro postgraduální studium. Univ. Karlova, fak. přírod., SPN, Praha.
- Fuchs, R., 1985. Úvod do ekologie. [Biologická olympiáda 1985/1986 - přípravný text pro kategorie A, B]. ÚDPM JF, Praha.
- Gaisler, J., 1983. Zoologie obratlovců. Academia, Praha.
- Hejný, S., B. Slavík, 1988. Květena České socialistické republiky 1. Academia. Praha.
- Hindák, F. a kol., 1973. Klíč na určovanie výtrusných rastlín. I. diel. Riasy. SPN, Bratislava.
- Hindák, F. a kol., 1978. Sladkovodné riasy. SPN, Bratislava.
- Hrabě, S., a kol., 1954. Klíč zvířeny ČSR. Díl I. NČSAV, Praha.
- Hrabě, S., a kol., 1973. Klíč našich ryb, obojživelníků a plazů. SPN, Praha.

- Chejsin, J. M., 1955. Stručný klíč k určování sladkovodních živočichů. SPN, Praha.
- Lellák, J. a kol., 1982. Biologie vodních živočichů. Univ. Karlova, fak. přírod., SPN, Praha
- Lellák, J. a Kubiček, F., 1992. Hydrobiologie. Karolinum, Praha
- Miko, L., 1993. Úvod do půdní biologie. [Biologická olympiáda 1993/1994 - přípravný text pro kategorie A, B]. Institut dětí a mládeže MŠMT ČR. Praha
- Moravec, J., 1983. Rostlinná společenstva České socialistické republiky a jejich ohrožení. Severočeskou přírodou roč. 1983, příloha 1. Litoměřice
- Rothmaler, W., 1988. Exkursionsflora für die Gebiete der DDR und BRD, Band 3 - Atlas der Gefäßpflanzen, Vohl und Wiesen Verlag, Berlin
- Rozkošný, R. a kol., 1980. Klíč vodních larev hmyzu. ČSAV, Praha.
- Sculthorpe, C. D., 1967. The Biology of Aquatic Vascular Plants. Edward Arnold Publishers. London
- Schubert, A., J. Lellák, 1973. Život ve sladkých vodách. SPN, Praha.
- Slavíková, J., 1986. Ekologie rostlin. SPN. Praha
- Smith, R. L., 1986. Elements of ecology. Harper&Row, Publishers, New York
- Svrček, M. a kol., 1976. Klíč k určování bezcévných rostlin. SPN, Praha.
- Zwach, I., 1990. Naši obojživelníci a plazi ve fotografii. SZN, Praha.

ÚVOD DO HYDROBIOLOGIE

Biologická olympiáda 1994 - 1995
přípravný text pro kategorie A, B

- Autoři :** Mgr. Michal Bílý - kapitoly 4.1., 4.2.1., 4.2.2.,
4.2.3., 4.2.4., 5.1., 5.2., 5.3., 6.1.
Mgr. Jan Černý - kapitola 2.
Lenka Chvátalová - kapitoly 4.2.5., 4.3.3.2., 5.4.,
6.2.
RNDr. Petr Musil - kapitola 4.2.6.4.
Radka Pichlová - kapitoly 1., 3., 4.3. vyjma kap.
4.3.3.2., 4.4.
Antonín Reiter - kapitoly 4.2.6. vyjma kap. 4.2.6.4.
- Spolupráce :** Alice Fonová
- Recenze :** doc. RNDr. Jaroslav Hrbáček, DrSc.
RNDr. Jan Fott, CSc. - kapitoly 4.3., 4.4.
RNDr. Jan Pokorný, CSc. - kapitoly 4.2.5., 5.4., 6.2.
- Redakce :** Radka Pichlová, Mgr. Michal Bílý
- Vydal :** Institut dětí a mládeže MŠMT ČR v Praze 1994
1000 výtisků
- Vytiskl :** MISTRAL, tiskárna skript a brožur, Praha 1, Bílkova 17
Bez jazykové úpravy
ISBN 80-85105-78-0

Pro potřeby biologické olympiády.