



NÁMĚTY NA POKUSY A POZOROVÁNÍ VODNÍCH ŽIVOČICHŮ VE ŠKOLNÍM AKVÁRIU XIX (CHOV BERUŠKY VODNÍ, ASELLUS AQUATICUS, ISOPODA)

Subject Matter of Experiments and
Observations of Water Animals in
School Aquarium XIX (Pond Slater,
Asellus Aquaticus, Isopoda)

LUBOMÍR HANEL, lubomir.hanel@pedf.cuni.cz, lubomir.hanel@seznam.cz Univerzita Karlova, Pedagogická fakulta, Katedra biologie a environmentálních studií

Abstract.

The Pond pond slater (*Asellus aquaticus*) is common throughout the temperate zone, including Europe, Asia, and North America. It is found in rivers, streams, and standing waters, particularly where there are plenty of stones can be found. It hides under these stones and is a under which it hides. It is a detritivore. Pond The pond slater is relatively tolerant of a range of pollutants and has been used as an specific indicator of water quality. *Asellus aquaticus* can breed throughout the year, if the temperature is high enough: . they They do not breed under in cold temperatures. Maturity can be reached in only a few months under in warm summer temperatures, but maturation may take as much as two years in permanently cold water bodies of water (e.g., high-latitude or mountain waters). Females carry eggs in a brood pouch (i.e., marsupium) underneath their body. Aquarists worldwide are showing increasing interest towards the pond slater as a low-maintenance freshwater aquarium pet and tank cleaner. It is also often sold as live food for other fish. In this contribution , are presented some observations and experiments with pond slaters in school aquaria are presented.

Klíčová slova

školní akvárium, beruška vodní, *Asellus aquaticus*, chov, pozorování

Keywords

school aquarium, rearing, pond slater, *Asellus aquaticus*, Isopoda, observations

ÚVOD

Beruška vodní (*Asellus aquaticus*) patří mezi stejnonožé koryše (Isopoda). Je běžná v celém mírném pásmu včetně Evropy, Asie a Severní Ameriky. Dorůstá obvykle do délky 8–12 mm (někdy ale samci dosahují až 20 mm a samice 15 mm, Wouters et Vercauteren 2009), samci mají také relativně delší tykadla (Bertin et Cezilly 2003). Délka těla se s věkem prodlužuje a je závislá na teplotě vody (Bloor 2010). Zbarvení těla je šedavé, zelenohnědé až tmavě hnědé, různě skvrnitě (obr. 1).

Tělo berušky vodní se skládá ze tří částí: cephalothoraxu (články hlavy splývají s prvním hrudním článkem), hrudi (thoraxu) s volnými články a zadečku (pleotelsonu). Hlava nese dva páry nevětvených tykadel (první pár – antenuly – je kratší než druhý – antény) a čtyři páry příústních končetin. Na jednotlivých volných člancích hrudi se nachází sedm párů kráčivých končetin (pereopodů), s jejichž pomocí se beruška kráčivě pohybuje po substrátu dna a ve vodní vegetaci. Plavat ve vodním sloupci ale nedokáže. První pár pereopodů je nápadně menší a odlišuje se i funkcí, neboť slouží k přidržování potravy. Další tři páry končetin směřují dopředu, zbývající páry dozadu. Naspodu zadečku se nachází pět párů plochých, blanitých končetin (pleopodů), které slouží k dýchání. Na konci zadečku je jeden pár uropodů

(obr. 2). Rozlišovací detailní znaky pohlaví lze nalézt na internetovém odkazu ([https 1, ref-159548, ref-159549](https://www.researchgate.net/publication/3159548)). U samce má první kráčivá končetina (pereopod) plochý výrůstek a čtvrtý pereopod je zmenšený a zakřivený, sloužící k lepšímu uchopení samice. U samic na prvních čtyřech párech pereopodů jsou vyvinuty oostegity, které slouží k vytvoření plodové komůrky (marsupia), chránící vajíčka. Podrobný popis sexuálního dimorfismu berušky vodní uvádějí také Bertin et al. (2002).

Beruška vodní žije ve stojatých vodách různého typu, proniká i do mírně tekoucích vod, a dokonce i do vod podzemních. Vyskytuje se často velice hojně v široké škále sladkovodních ekosystémů. Najdeme ji v menších tůních, kalužích, větších rybnících a ná-

držích, vyskytuje se v tekoucích vodách od potoků až po dolní toky řek, kde vyhledává slepá ramena a klidnější úseky s kamenitým dnem, ve kterých se hromadí naplavený rostlinný materiál. Beruška vodní je schopna obývat také specifický biotop periodických jarních tůní, který sdílí se silně adaptovanou faunou. Berušky jsou aktivní hned po rozmrznutí ledu a patří mezi první živočichy, které můžeme z jara v tůňkách a rybnících pozorovat. Na vhodných místech může být její početnost velmi vysoká, Berezina (2003) např. uvádí abundanci u berušky vodní 800 ks/m². V závislosti na míře predace, dostupnosti potravy a stabilitě prostředí se ale může vyskytovat i v mnohem větších lokálních hustotách, někde je to i více než 20 000 jedinců na m² (Hargeby 1990).



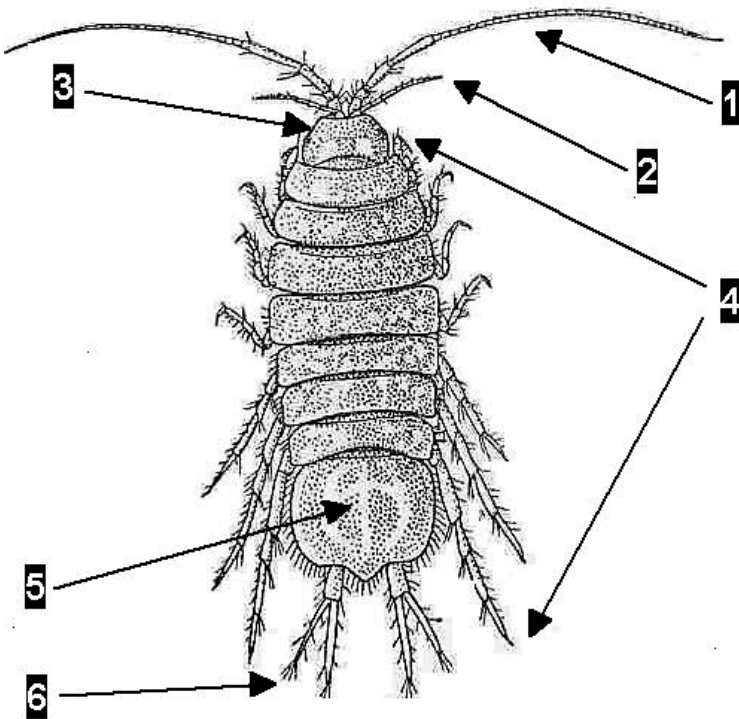
Obr. 1. Beruška obecná (*Asellus aquaticus*). https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/2/25/Asellus_aquaticus_64801077.jpg

Objevily se úvahy, že berušky vodní jsou schopny v určitých případech při vysychání lokality na malé vzdálenosti překonat souš a vyhledat tak příhodnější místo. Touto zajímavou otázkou se zabývala Koprnická (2013), nicméně svým pokusem neprokázala, že by berušky vodní vlivem stresových podmínek (vysychání biotopu) byly schopny osídlvat nové vodní plochy díky své aktivní migraci.

Beruška vodní se stejně jako většina jiných sladkovodních stejnonožců živí detritem (je to detritivor), listovým opadem, různými rostlinnými zbytky a nárostem na nich, neboli perifytonem (Arakelova 2001). Typická pro ni je často zmiňovaná schop-

nost skeletizace listů stromů napadaných do vody (jedná se o vyžírání rostlinného pletiva, takže zůstane jen žebrovní listů), Prus (1981) sledoval tuto činnost berušek na listech olše. Graça a kol. (1993) zkoumali trofickou biologii u berušky a zjistili, že v její potravě jsou důležitá také houbová mycelia, která seškrabává z povrchu listů.

Beruška vodní je častou potravou dravých larev vodního hmyzu, vodních ptáků a různých druhů ryb (Hargeby et al. 2004).



Obr. 2 Samice berušky vodní (*Asellus aquaticus*), Calman (1911), upraveno. 1 – anténa, 2 – antenula, 3 – cephalothorax, 4 – první až sedmý pár kráčivých končetin (pereopody), 5 – pleotelson (splynuté zadečkové články kryté horním štítkem, operkulem), 6 – uropod.

V České republice žije v čeledi beruškovitých (Asellidae) jediný zástupce rodu *Asellus*, a to beruška vodní (*Asellus aquaticus*), popsána Linnéem v roce 1758 jako *Oniscus aquaticus*. Záměna je u nás možná jen s podobnou, avšak méně hojnou beruškou jižní (*Proasellus coxalis*), která se liší protáhlejším tělem a morfologickými znaky na zadečkových končetinách (Buchar et al. 1995; zde je uváděna jako druh *Proasellus banyulensis*). Dobrým rozlišujícím znakem je zbarvení hlavy. V zadní části hlavy má beruška vodní dvě světlé skvrny od sebe oddělené tmavým proužkem, zatímco beruška jižní má v témže místě jednu velkou světlou skvrnu bez rozdělujícího tmavého proužku (Wouters et Vercauteren 2009, Kemp et al. 2020), obr. 3. Samci berušky jižní dosahují délky těla 7–10 mm, samice 5–8 mm, jsou tedy v průměru menší než u berušky vodní (Wouters et Vercauteren 2009).

Koprnická (2013) shrnuje známé údaje a uvádí, že na území České republiky byla beruška jižní poprvé zaznamenána roku 1947 v jižních Čechách v Horusicích u Veselí nad Lužnicí, na Moravě pak roku 1956 v Podskalském potoce v okrese Olomouc. Ve středních Čechách jsou objevy datovány z roku 1951 z přehrady Slapy u Cholína. V severních Čechách byla pak nalezena roku 1974 v louži u řeky Ploučnice u Novin pod Ralskem. V roce 1994 byla poprvé zjištěna i v Labi a na Pálavě. Po roce 2000 jsou evidovány její nálezy téměř z celého území České republiky.

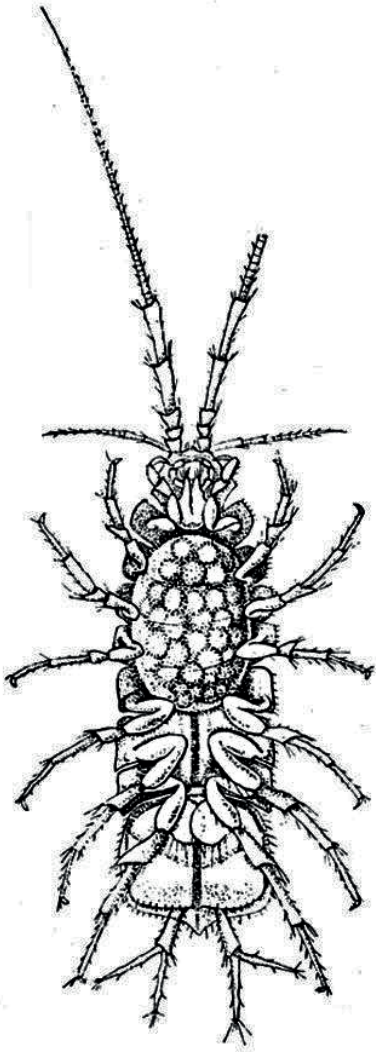
Beruška vodní se může množit celý rok v dostatečně teplé vodě. Rozmnožování začíná na jaře, kdy teplota vody dosáhne cca 7–8 °C. Odhadovaná inkubační doba je 23–35 dní, což by odpovídalo asi 300 denních stupňů při teplotách nad 4 °C (Økland 1978).



Obr. 3 Schéma rozmístění tmavé pigmentace na horní straně hlavy berušky vodní (*Asellus aquaticus*), nahoře, a berušky jižní (*Proasellus coxalis*), dole. Orig. autora

Pozn. Podstata myšlenky teplotního času (denních stupňů) je v tom, že organismus ve svém vývoji každý den akumuluje denní stupně, tedy rozdíl mezi průměrnou denní teplotou a teplotou, pod kterou se již nevyvíjí. Ke svému vývoji potřebuje určité množství denních stupňů, aby dosáhl dané vývojové fáze. Jestliže tedy máme dvě samice berušky se snůškou vajíček, které se nevyvíjí pod 4 °C, jednu z nich umístíme do prostředí o teplotě 10 °C a druhou do 20 °C. Jestliže předpokládáme, že doba potřebná pro inkubaci vajíček je 300 denních stupňů, pak by se

líhla mláďata berušky v chladnější vodě za 30 dnů ($300 : 10 = 30$), v teplejší vodě pak za 15 dnů ($300 : 20 = 15$).



Obr. 4 Samice berušky vodní (*Asellus aquaticus*) s marsupiem naplněným vajíčky (ecosystema.ru/08nature/w-invert/090.htm)

Beruška vodní je odděleného pohlaví s vnitřním oplozením. Samice má naspodu hrudi plodovou komůrku, zvanou marsupium, sloužící k odkládání oplodněných vajíček, která se zde vyvíjejí až do vylíhnutí mladých jedinců. Samice berušky tímto způsobem tedy hlídají a pečují o snůšku, jde tedy o maternální péči (Lellák et al. 1972). Samci mají druhý pleopod modifikovaný pro přenášení spermatu.

Ke kopulaci může dojít jen v poměrně krátkém období při svlékání samice. Uvádí se, že při teplotě 18–20 °C trvá vhodná doba pro kopulaci pouze asi 10 hodin. Aby nebyl tento okamžik zmeškán, je samec přichycen na samici svými pereopody již delší dobu před vlastní kopulací. V době rozmnožování stačí, aby se obě pohlaví pouze dotkla tykadly, pak samec okamžitě provede rychlý pohyb, kterým se dostane na hřbet samice a zde se pevně přichytí (<https://1.ref-42511.htm>). Předkopulační chování trvá 6–8 dní. Jeho délka závisí na nástupu svlékání samice (Lellák et al. 1972).

K vlastní kopulaci dojde, jakmile samice svlékne exuvii ze zadní části těla. Celá kopulace při 19 °C trvá asi 1,5 hod. Oplozená vajíčka jsou asi za tři hodiny po ukončení svlékání odkládána do marsupia samice (obr. 4).

U samic kolem 5 mm velkých byl zjištěn počet vajíček do 60 kusů, u samic 10 mm velkých do 150 kusů. Délka vývoje v marsupiu je určována teplotou vody. Při 15 °C dosahuje beruška vodní pohlavní dospělosti za 46–60 dní po vylíhnutí, její délka těla dosahuje v tuto dobu 3,5–4,0 mm (Marcus et al. 1978). V přirozených podmínkách byly pozorovány první samice s naplněným marsupiem v únoru a první volná mláďata v květnu. Marsupium opouštějí mláďata aktivně. Mladé berušky jsou po vylíhnutí velké přibližně jeden milimetr a morfologicky se již podobají dospělcům, jedná se tedy o přímý vývoj. U nás má beruška vodní dvě generace za rok – jarní a pod-

zimní. Jarní generace dorůstá menších velikostí a po podzimním množení hyne. Podzimní generace dorůstá do větších velikostí a přečkává zimu zahrabaná v sedimentu vod (Lellák et al. 1972, Murphy et Learner 1982). K rozmnožování dochází koncem zimy a začátkem jara. Pokud jsou do marsupia odložena neoplozená vajíčka, rozpadají se během několika dnů.

Tolerance k prostředí, široká ekologická valence a schopnost obsazovat lokality ve vysokých počtech jsou pro berušku vodní typické. Podrobný výzkum populací berušek v jezerech jižního Švédska odhalil její možnou adaptivní fenotypovou plasticitu. To znamená, že její genom (= veškerá genetická informace) obsahuje různé alely, díky kterým dokáže rychle měnit některé fenotypové charakteristiky (= změny vzhledu a vlastností ovlivněné určitými podmínkami prostředí). Při působení různého selekčního tlaku se tak rychle přizpůsobí. Jedním z konkrétních projevů této plasticity je vytváření dvou barevně a velikostně rozdílných ekotypů vázaných na dva druhy jezerních makrofyt (Hargeby et al. 2004). V porostu rákosu (*Phragmites australis*) byl ekotyp berušky tmavší a větší. Z něj se za pouhých 40 generací vyvinul světlejší a menší ekotyp obývajících porosty parožnatky (*Chara* sp.), která v jezeře předtím vůbec nerostla. Selekcí tlak na změnu fenotypu byl dán rozdílným typem predace. Parožnatka má světle zelenou barvu a roste ve větších hloubkách dál od břehu – hlavními predátory berušek jsou v tomto případě zrakem se orientující ryby, zatímco v neprostupném a temném rákosu jsou hlavním predátorem berušek hmatem se orientující larvy hmyzu. Velmi zajímavá je skutečnost, že tato rychlá adaptace proběhla minimálně v sedmi jihošvédských jezerech nezávisle na sobě a v mnoha dalších jezerech se vytvořily různé barevné varianty v závislosti na barvě substrátu (Hargeby et al. 2005).

Eroukhmanoff et Svensson (2009) zkoumali adaptace proti predátorům u dvou ekotypů berušky vodní (*Asellus aquaticus*) ve dvou švédských jezerech. Berušky v rákosovém biotopu koexistovaly s převážně bezobratlými predátory. Byly štíhlejší a měly vyšší únikovou rychlost než berušky v nově kolonizovaném prostředí šterkokamenitého dna, kde byla vyšší hustota rybích predátorů. Berušky zde vykazovaly opatrnější chování a více se přizpůsobovaly zbarvením svému okolí. Kolonizace nového biotopu s odlišným režimem predace tak posílila vztah mezi pigmentací a morfologií a oslabila únikovou výkonnost.

Podle pozorování Peška (2011) se morfologicky mírně odlišují i berušky obývající periodické tůně od těch nalézáných v tekoucích vodách. Berušky v tocích byly mnohdy až o polovinu menší, méně sklerotizované a světleji zbarvené než ty z tůní. Díky svým pozoruhodným vlastnostem je beruška tudíž využívána také jako eko-evoluční modelový organismus (Lafuente et al. 2021).

Di Lascio et al. (2013) studovali rychlost růstu, přežívání a reprodukci berušky vodní za vysoké teploty (30 °C) u dvou různých populací (jižní a severní Evropa). Vyšší tolerance k vysoké teplotě byla zjištěna u jižní populace, u níž byli všichni jedinci schopni dokončit celý biologický cyklus – naproti tomu všichni jedinci ze severní populace po 60 dnech uhynuli. Tento příklad analýzy vnitrodruhové variability napříč různými teplotními režimy souvisejícími s různými zeměpisnými šířkami ilustruje, jak může rostoucí teplota ovlivnit biologické vlastnosti organismu. Vitagliano et al. (1991) uvádějí, že beruška vodní se může dožít 9 (jižní Evropa) až 20 měsíců (severní Evropa); dále konstatují, že délka života i diapauzy (= klidového období s útlumem metabolismu a fyziologické aktivity) jsou ovlivněny geneticky.

Helešic et al. (2010b) stanovili maximální tolerovatelnou teplotu, při které je beruška schopna se rozmnožovat, a to 13 °C pro chladné období a 19 °C pro teplé období. Jako letální teplota LT 50 (tzn. že uhynie 50 % jedinců) byla potvrzena hodnota 31,7 °C po 24 hodinách expozice (jednalo se o pokus s jedinci ulovenými v chladném ročním období). Helešic et al. (2010a) klasifikují berušku vodní jako bioindikátora tzv. alfa-mezosaprobity. Sládeček et Sládečková (1997) pro ni určili hodnotu saprobního indexu (Si) na 2,8 při indikační váze $I_i = 3$.

Pozn. Saprobní index (Si) je u nás dosud nejrozšířenější metoda hodnocení kvality vody s důrazem na organické znečištění. Systém hodnocení je založen na toleranci jednotlivých indikačních druhů (saprobiontů) ke stupni znečištění vody lehce odbouratelnými organickými látkami (vyjádřené např. jako biochemická spotřeba kyslíku za pět dní, BSK₅), u bezobratlých je to především k absolutní výši koncentrace rozpuštěného kyslíku. Saprobní index nabývá hodnot od -1,5 do +8,5 (čím je hodnota nižší, tím voda obsahuje méně organických látek). Hodnota 2,8 již odpovídá středně znečištěné vodě (Kokeš et Vojtíšková 1999). Indikační váha druhu rozlišuje dobré a méně spolehlivé bioindikátory. Pro indikační váhu druhu platí, že hodnota 5 a 4 je u nejlepších indikátorů (vázaných na úzké rozpětí kvality vody, tzv. stenovalentních druhů), 3 u středních, 2 a 1 u nejhorších (tolerujících široké rozpětí kvality vod, tzv. euryvalentních druhů).

O'Callaghan et al. (2019) konstatují, že beruška vodní může být využita také jako akumulátorový organismus (hromadič) ke sledování množství toxinů ve vodním prostředí. Lockwood (1959) prezentuje berušku jako druh tolerující široké rozpětí salinity. Berezina (2003) stanovila rozpětí tolerované salinity pro berušku vodní mezi < 20–8100 mg/l (jednalo se o souhrn kationtů Na, K, Ca, Mg), Kemp et al. (2020) zjistili toleranci do 3300 mg/l chloridů.

V krasových systémech Itálie, Slovinska a Rumunska se vyskytuje několik jeskynních populací berušky vodní, které ztratily tělní i oční pigmentaci, ale některé z nich mají genetickou odlišnost od povrchových ekotypů poměrně nízkou (Turk et al. 1996). V laboratorních pokusech si většina z nich zachovala schopnost křížit se s povrchovými formami, takže se nejedná o nové druhy (Protas et al. 2011), i když Verovnik et al. (2003) našli v jihozápadním Slovinsku několik jeskynních populací, které se s povrchovými beruškami již nekříží. Tato forma dostala název poddruhu *Asellus aquaticus cavernicolus*. Balázs et al. (2021) studovali paralelní evoluci evropských jeskynních populací berušky vodní ve srovnání s povrchovými populacemi pomocí morfologických znaků a hodnocení sexuálního dimorfismu. Uvádějí, že zjištěné rozdíly pravděpodobně odrážejí vliv stanoviště působící na smyslové systémy, příjem potravy, péči o snůšku a obranné mechanismy proti predátorům. Pro berušku vodní, obývající velké množství různých sladkovodních ekosystémů v Evropě, je typická poměrně velká genetická rozmanitost, která tvoří šest nezávislých vývojových linií, jasně geograficky vymezených (Verovnik et al. 2005). Berisha et al. (2022) potvrdili větší pohybovou aktivitu u jeskynních populací berušky vodní než u jedinců pocházejících z povrchových vod.

Cook et al. (1998) popsali na berušce vodní epibiontní organismy (prvky a vířníky), kde dominovaly druhy *Carchesium polypinum*, *Pseudocarchesium aselli*, *Pseudocarchesium asellicola*, *Pseudocarchesium simulans* a *Opercularia hebes*. Nejvyšší epibiontní zátěže se vyskytly na ústních partiích, několika prvních břišních člancích a žábřácích. Zimmer et Bartholmé (2003) poprvé prokázali přítomnost bakteriálních endosymbiontů v hepatopankreatu berušky vodní. Tato skutečnost potvrzuje předpokládanou enzymatickou adaptaci sladkovodních detritivorních korýšů na jejich zdroje

potravy suchozemského původu, kdy přítomné bakterie přispívají k trávicím procesům.

Na závěr je vhodné připomenout, že mnozí akvaristé, zejména v zahraničí, projevují rostoucí zájem o berušku vodní jako nenáročného pomocníka při odstraňování organických nečistot a udržování čistoty ve sladkovodních nádržích.

ZAŘÍZENÍ AKVÁRIA

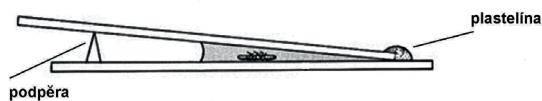
Stačí menší nádrž s písčitým dnem s kameny, kam umístíme trochu rostlinného detritu nalezeného v místě výskytu berušek a několik do vody spadlých listů stromů (např. olše). Lze použít i slabší filtraci umožňující mírnou cirkulaci vody v nádrži.

SBĚR V PŘÍRODĚ

V tekoucí vodě se zaměříme na úkryty pod kusy dřev a kameny (pod ně ve směru toku umístíme sítku nebo cedník a po jejich odklopení jsou do nich berušky splaveny proudem vody). Ve stojatých vodách nabíráme v měkkém dně organický materiál i s rostlinami, vysypeme ho na větší plochou misku s trochou vody. Pohybující se berušky vybíráme měkkou entomologickou pinzetou a převážíme v chladu s vodními rostlinami a trochou vody.

NÁMĚTY NA POZOROVÁNÍ

1. Pozorujte a popište stavbu těla berušky vodní.
2. Pozorujte pohyb berušky vodní v akváriu. Zkuste, jak se bude pohybovat po souši (po mokřém a suchém papíru, po hladkém a drsném povrchu).
3. Pod stereolupou pozorujte pohyb pleopodů (tento pohyb pleopodů lze prezentovat též na videosekvenci, viz [https 2](https://2)). Jak se liší frekvence pohybu pleopodů při různé teplotě vody?
4. Pod stereolupou pozorujte pohyb krvomízy v končetinách, případně v plátkovitých pleopodech na spodní straně zadečku.



K fixaci živé berušky vodní mezi sklíčky lze použít následující jednoduchou pomůcku ([https 3](https://3), upraveno).

V plátkovitých pleopodech berušky lze vidět hemolymfu, bezbarvou tekutinu skládající se z plazmy a améboidních leukocytů. Plazma obsahuje hemocyanin, sloučeninu obsahující měď, která je po okysličení namodralá a po odkysličení bezbarvá. Hemolymfa se pohybuje jedním směrem, zatímco voda je neustále poháněna kolem pleopodů v opačném směru. To naznačuje, že je přítomen protiproudý systém, který by udržoval strmý difúzní gradient pro rozpuštěné látky mezi vodou a hemolymfou v pleopodech (viz [https 2](https://2)).

5. Připravte si dvě malé nádržky s vodou. Do jedné k několika beruškám (např. 10 ks) vložte list (např. olše), který již delší dobu ležel ve vodě v lokalitě výskytu berušek. Pro srovnání do druhé nádržky se stejným počtem berušek použijte čerstvě utržený zelený list

- olše. Sledujte průběh a rychlost skeletizace při určité teplotě vody.
6. Při sběru berušek v přírodě sledujte velikost, tvar těla (poměr mezi délkou a šířkou těla) a zbarvení u jedinců získaných v tekoucích vodách a ve stojatých vodách (tůních).

Literatura

- Arakelova K. S. 2001: The evaluation of individual production and scope for growth in aquatic sow bugs (*Asellus aquaticus*). *Aquatic Ecology*, 35: 31–42. <https://doi.org/10.1023/A:1011446224456>
- Balázs G., Biró A., Fišer Ž., Fišer C., Herczeg G. 2021: Parallel morphological evolution and habitat-dependent sexual dimorphism in cave- vs. surface populations of the *Asellus aquaticus* (Crustacea: Isopoda: Asellidae) species complex. *Ecology and Evolution*, 11: 15389–15403. <https://doi.org/10.1002/ece3.8233>
- Berezina N. A. 2003: Tolerance of freshwater invertebrates to changes in water salinity. *Russian Journal of Ecology*, 34, 4: 261–266. <https://doi.org/10.1023/A:1024597832095>
- Berisha H., Horváth G., Fišer Ž., Balázs G., Fišer C., Herczeg G. 2022: Sex-dependent increase of movement activity in the freshwater isopod *Asellus aquaticus* following adaptation to a predator-free cave habitat. *Current Zoology*, zoac063, <https://doi.org/10.1093/cz/zoac063>
- Bertin A., Cézilly F. 2003: Sexual selection, antennae length and the mating advantage of large males in *Asellus aquaticus*. *Journal of Evolutionary Biology*, 16, 4: 698–707. <https://doi.org/10.1046/j.1420-9101.2003.00565.x>
- Bertin A., David B., Cézilly F., Alibert P. 2002: Quantification of sexual dimorphism in *Asellus aquaticus* (Crustacea: Isopoda) using outline approaches. *Biological Journal of the Linnean Society*, 77: 523–533. <https://doi.org/10.1046/j.1095-8312.2002.00125.x>
- Bloor M. C. 2010: Animal standardisation for mixed species ecotoxicological studies: Establishing a laboratory breeding programme for *Gammarus pulex* and *Asellus aquaticus*. *Zoologica Baetica*, 21: 179–190.
- Buchar J., Ducháč V., Hůrka K., Lellák J. 1995: Klíč k určování bezobratlých. *Scientia*, Praha, 310 str.
- Calman W. T. 1911: *Life of Crustacea*. New York: MacMillan company, 289 pp. <https://doi.org/10.5962/bhl.title.23941>
- Cook J. A., Chubb J. C., Veltkamp 1998: Epibionts of *Asellus aquaticus* (L.) (Crustacea, Isopoda): an SEM study. *Freshwater Biology*, 39, 3: 423–438. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2427.1998.00286.x>
ecosystema.ru/08nature/w-invert/090.htm
- Eroukhmanoff F., Svensson E. I. 2009: Contemporary parallel diversification, antipredator adaptations and phenotypic integration in an aquatic isopod. *Plos One*, July 9, <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0006173>
- Graça M. A. S., Maltby L., Calow P. 1993: Importance of fungi in the diet of *Gammarus pulex* and *Asellus aquaticus* I: feeding strategies. *Oecologia*, 93: 139–144. <https://doi.org/10.1007/BF00321203>
- Hargeby A. 1990: Macrophyte associated invertebrates and the effect of habitat permanence. *Oikos*, 57: 338–346. <https://doi.org/10.2307/3565963>
- Hargeby A., Johansson J., Ahnesjö J. 2004: Habitat-specific pigmentation in a freshwater isopod: adaptive evo-

- lution over a small spatiotemporal scale. *Evolution*, 58: 81–94. <https://doi.org/10.1111/j.0014-3820.2004.tb01575.x>
- Hargeby A., Stoltz J., Johansson J. 2005: Locally differentiated cryptic pigmentation in the freshwater isopod *Asellus aquaticus*. *Journal of Evolutionary Biology*, 18(3): 713–721. doi: 10.1111/j.1420-9101.2004.00837.x
- Helešic J., Rulík M., Adámek Z. 2010a: Indikace znečištění (jakosti) a ekologického stavu kontinentálních vod, 205–244. In: Adámek Z., Helešic J., Mašálek M., Rulík M.: Aplikovaná hydrobiologie. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, 350 str.
- Helešic J., Rulík M., Mašálek B., Rulík M. 2010b: Znečišťování kontinentálních vod, 47–121. In: Adámek Z., Helešic J.: Aplikovaná hydrobiologie. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, 350 str.
- https 1 (<https://www.galerie-insecte.org/galerie/wikig.php?tax=Asellus&offs=0>), [ref-42511.htm](https://www.galerie-insecte.org/galerie/wikig.php?tax=Asellus&offs=0), [ref-159548.htm](https://www.galerie-insecte.org/galerie/wikig.php?tax=Asellus&offs=0), [ref-159549.htm](https://www.galerie-insecte.org/galerie/wikig.php?tax=Asellus&offs=0)
- https 2 (https://www.google.com/search?sc_esv=563967382&q=asellus+breathing&tbm=vid&source=l-nms&sa=X&ved=2ahUKEwjx9Ib4pZ2BAxW0h_0HHcIWCSYQ0pQJegQIDBAB&biw=1377&bih=704&dpr=1.38#fpstate=ive&vld=cid:077a1450,vid:nLJoNk5tjoE,st:0)
- https 3 (<https://practicalbiology.org/cells-to-systems/circulation-in-animals/observing-blood-circulation-in-asellus>)
- Christensen, S. C. 2011: *Asellus aquaticus* and other invertebrates in drinking water distribution systems: Occurrence and influence on microbial water quality. Kgs. Lyngby, Denmark: Technical University of Denmark (DTU), 49 pp.
- Kemp J. L., Ballot A., Nilssen J. P., Spikkeland I., Eriksen T. E. 2020: Distribution, identification and range expansion of the common Asellidae in Northern Europe, featuring the first record of *Proasellus meridianus* in the Nordic countries. *Fauna Norvegica*, 40: 93–108. <https://doi.org/10.5324/fn.v40i0.3353>
- Kokeš J., Vojtíšková D. 1999: Nové metody hodnocení makrozoobentosu tekoucích vod. Výstup z resortního úkolu VÚV č. 233 „Hodnocení dopadu antropogenních faktorů na vybrané složky biocenóz povrchových vod“, zadaného Ministerstvem životního prostředí ČR. Výzkumný ústav vodohospodářský T.G. Masaryka, Brno, 55 str.
- Koprnická M. 2013: *Fylogeografie a invazní cesty druhu Proasellus coxalis* s.l. (Crustacea: Isopoda). Diplomová práce, Přírodovědecká fakulta UK, Praha, 67 str.
- Lafuente E., Lürig M. D., Rövekamp M., Matthews B., Buser C., Vorburger C., Räsänen K. 2021: Building on 150 Years of knowledge: The freshwater isopod *Asellus aquaticus* as an integrative eco-evolutionary model system. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 9: 748212. <https://doi.org/10.3389/fevo.2021.748212>
- Di Lascio A., Rossi L., Constantini M. L. 2013: Different temperature tolerance of northern and southern European populations of a freshwater Isopod Crustacean species (*Asellus aquaticus* L.). *Fundamental and Applied Limnology / Archiv für Hydrobiologie*, 179: 193–201.
- Lellák J., Kořínek V., Fott J., Kořínková J., Punčochář P. 1972: *Biologie vodních živočichů*. Skriptum Univerzity Karlovy, Fakulty přírodovědné. SPN, Praha, 230 str.
- Lockwood A. 1959: The osmotic and ionic regulation of *Asellus aquaticus* (L.). *Journal of Experimental Biology*, 36: 546–555. <https://doi.org/10.1242/jeb.36.3.546>
- Maltby L. 1991: Pollution as a probe of life-history adaptation in *Asellus aquaticus* (Isopoda). *Oikos*, 61, 1: 11–18. <https://doi.org/10.2307/3545402>
- Marcus J. H., Sutcliffe D. W., Willoughby L. G. 1978: Feeding and growth of *Asellus aquaticus* (Isopoda) on food

- items from the littoral of Windermere, including green leaves of *Elodea canadensis*. *Freshwater Biology*, 8, 6: 505–519. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2427.1978.tb01473.x>
- Murphy P. M., Learner M. A. 1982: The life history and production of *Asellus aquaticus* (Crustacea: Isopoda) in the River Ely, South Wales. *Freshwater Biology*, 12: 435–444. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2427.1982.tb00638.x>
- O'Callaghan I., Harrison S., Fitzpatrick D., Sullivan T. 2019: The freshwater isopod *Asellus aquaticus* as a model biomonitor of environmental pollution: A review. *Chemosphere*, 235: 498–509. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.06.217>
- Økland, K. A. 1978: Life history and growth of *Asellus aquaticus* (L.) in relation to environment in a eutrophic lake in Norway. *Hydrobiologia*, 59: 243–259. <https://doi.org/10.1007/BF00036504>
- Pešek P. 2011: Fylogeografie a genetická variabilita bentických korýšů v evropských vnitrozemských vodách. Bakalářská práce, Karlova univerzita, Přírodovědecká fakulta, 39 str.
- Protas M. E., Trontelj P., Patel N. H. 2011: Genetic basis of eye and pigment loss in the cave crustacean, *Asellus aquaticus*. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA*, 108: 5702–5707. <https://doi.org/10.1073/pnas.1013850108>
- Prus T. 1981: Decomposition of leaf litter by *Asellus aquaticus* L. (Isopoda, Crustacea), *Verhandlungen des Internationalen Verein Limnologie*, 21: 3, 1584–1588. <https://doi.org/10.1080/03680770.1980.11897238>
- Sládeček V., Sládečková A., 1997: Atlas vodních organismů se zřetelem na vodárenství, povrchové vody a čistírný odpadních vod. 2. díl: Konzumenti. Praha: Česká vědeckotechnická vodohospodářská společnost, 358 str.
- Steel E. A. 1961: Some observations on the life history of *Asellus aquaticus* (L.) and *Asellus meridianus* Radvitzka (Crustacea: Isopoda). *Proceedings of Zoological Society of London*, 137: 71–87. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7998.1961.tb06162.x>
- Turk S., Sket B., Sarbu S. 1996: Comparison between some epigeal and hypogean populations of *Asellus aquaticus* (Crustacea: Isopoda: Asellidae). *Hydrobiologia*, 337: 161–170. <https://doi.org/10.1007/BF00028517>
<https://doi.org/10.1023/A:1026085716777>
- Verovnik R., Sket B., Prevorcnik S., Trontelj P. 2003: Random amplified polymorphic DNA diversity among surface and subterranean populations of *Asellus aquaticus* (Crustacea: Isopoda). *Genetica*, 119: 155–165.
- Vitagliano G., Fano E. A., Marchetti E., Colangelo M. A., Vitagliano E. 1991: Importance of longevity, growth, and diapause in the evolution of *Asellus aquaticus*. *Italian Journal of Zoology*, 58, 2: 113–117, doi: 10.1080/11250009109355740
- Wouters K., Vercauteren T. 2009: *Proasellus coxalis* sensu auct. (Crustacea, Isopoda) in a lowland brook in Heist-op-den-Berg: first record in Belgium. *Lauterbornia*, 67: 53–61.
- Zimmer M., Bartholomé S. 2003: Bacterial endosymbionts in *Asellus aquaticus* (Isopoda) and *Gammarus pulex* (Amphipoda) and their contribution to digestion. *Limnology and Oceanography*, 48, 6: 2208–2213. <https://doi.org/10.4319/lo.2003.48.6.2208>