

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI

Přírodovědecká fakulta

Katedra Ekologie a životního prostředí



# Početnost a stav populací velkých mlžů v náhonu

## Strhanec se zaměřením na velevruba tupého

### *(Unio crassus, Philipsson 1788)*

**Radovan Coufal**

Bakalářská práce

předložená

na Katedře ekologie a životního prostředí

Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého v Olomouci

jako součást požadavků

na získání titulu Bc. v oboru

Ekologie a ochrana životního prostředí

Vedoucí práce: Doc. RNDr. Martin Rulík, Ph.D.

Olomouc 2017



Coufal, R (2017): Početnost a stav populací velkých mlžů v náhonu Strhanec se zaměřením na velevruba tupého (*Unio crassus*, Philipsson 1788). Bakalářská práce, Katedra ekologie a životního prostředí, Přírodovědecká fakulta, Univerzita palackého, 39 s., v češtině

## Abstrakt

Velevrub tupý (*Unio crassus*, Philipsson 1788) byl ještě na počátku minulého století hojný v celé Evropě. V dnešní době je to však silně ohrožený druh zahrnutý v soustavě NATURA 2000. V náhonu Strhanec byl v roce 2016 proveden průzkum za účelem posouzení velikosti této metapopulace. Během odlovu jedinců byla potvrzena potřeba prosívání sedimentu, aby nedošlo k silnému podhodnocení odhadu. Metapopulace podle odhadu čítá 102 000 – 129 996 jedinců ve 12 km toku. 22,90% všech odlovených v. tupých byli juvenilní jedinci (délka lastury <30 mm) a průměrný počet jedinců v 1 m<sup>2</sup> činil 8,5 jedince, což ukazuje na dobrý stav populace. Metapopulace škeble říční (*Anodonta anatina*, Linnaeus 1758) je v náhonu také početně zastoupena. Z odlovených jedinců bylo 36,36% juvenilních (<35 mm). Velevrub malířský (*Unio pictorum*, Linnaeus 1758) se v náhonu také vyskytuje, ovšem nalezeny byly převážně prázdné lastury na hromadě, což ukazuje na predaci ondatrou pižmovou (*Ondatra zibethicus*, Linnaeus 1766). Z výsledků vyplývá, že populace v. tupého a š. říční v náhonu prosperují, v. malířský nikoli.

Klíčová slova: Česká republika, velcí mlži, Unionoidea, velikostní struktura

Coufal, R (2017): Abundance and condition of populations of freshwater mussels in race mill Strhanec with emphasis on thick-shelled river mussel (*Unio crassus*, Philipsson 1788). Bachelor's thesis, Department of Ecology and Environmental Sciences, Faculty of Science, Palacky University in Olomouc, 39 pp., in Czech

## Abstract

Thick-shelled river mussel (*Unio crassus*, Philipsson 1788) was abundant in Europe on the beginning of last century. Nowadays it is endangered species contained in NATURA 2000 system. Metapopulation living in mill race Strhanec was surveyed in 2016 to assess its size and viability. The need for using excavation while assessing population size was confirmed during the field work to avoid underestimation. Based on estimation, population counts 102 000 – 129 996 specimens in 12 km of stream. 22,90% of all found *U. crassus* specimens were juveniles (<30 mm) and average count of individuals in 1 m<sup>2</sup> was 8,5 which shows that the population is in good condition. Metapopulation of the duck musel (*Anodonta anatina*, Linnaeus 1758) is also abundant in mill race. There was 36,36% juvenile individuals (<35 mm) found. The painter's mussel (*Unio pictorum*, Linnaeus 1758) is also present in Strhanec, but there were predominantly dead shells found on one spot, which shows predation of muskrat (*Ondatra zibethicus*, Linnaeus 1766). Results show that populations of thick-shelled river mussel and the duck mussel prosper, but the painter's mussel does not.

Key words: Czech republic, freshwater mussels, Unionoidea, size structure

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracoval samostatně pod vedením Doc. RNDr.

Martina Rulíka, Ph.D. a jen s použitím citované literatury.

V Olomouci dne:

.....

Podpis

## Obsah

Seznam obrázků.....	vii
Seznam tabulek.....	vii
Seznam příloh.....	vii
1. Úvod.....	1
1.1    Ohrožení velkých mlžů.....	1
1.2. Situace velevruba tupého v ČR.....	2
1.3. Zájmové druhy.....	3
1.4 Metodologie odlovu a historie malakozoologických průzkumů na lokalitě Strhanec.....	5
2. Cíle práce.....	7
3. Materiál a metody.....	8
4. Výsledky.....	10
4. 1 Vyhodnocení metody odlovu.....	10
4.2 Odhad velikosti metapopulace v. tupého.....	10
4.3 Velikostní struktura a skladba odlovených jedinců.....	11
5. Diskuze.....	14
6. Závěr.....	18
7. Literatura.....	19
8. Přílohy.....	29

## Seznam obrázků

Obr. 1: Mapa výskytu velevruba tupého v ČR .....	10
Obr. 2: Počet a velikost nalezených <i>U. crassus</i> .....	20
Obr. 3: Počet a velikost nalezených <i>U. pictorum</i> .....	20
Obr. 4: Počet a velikost nalezených <i>A. anatina</i> .....	21

## Seznam tabulek

Tab. 1: Poměr pozorovaných a zahrabaných jedinců <i>U. crassus</i> .....	18
Tab. 2: Podíly odlovených jedinců.....	21

## Seznam příloh

Příloha 1: Náhon Strhanec.....	37
Příloha 2: Práce s aquascopem v kvadrátu.....	37
Příloha 3: Odlov odběrovým aparátem v kvadrátu.....	38
Příloha 4: Nález prázdných lastur - predace Ondatrou pižmovou.....	38
Příloha 5: Nalezené prázdné lastury v. tupého.....	39
Příloha 6: Jedinci v. tupého se značkami užitými při metodě CMR.....	39

## Poděkování

Chtěl bych poděkovat vedoucímu mé bakalářské práce, Doc. RNDr. Martinu Rulíkovi, Ph.D. za odborné konzultace, cenné rady a pomoc v terénu. Rád bych také poděkoval Mgr. Janu Losíkovi za pomoc s metodou CMR a RNDr. Ivoně Uvírové, Ph.D. za konzultaci. Dále bych chtěl poděkovat mé rodině a přátelům za podporu během studia.



# 1. Úvod

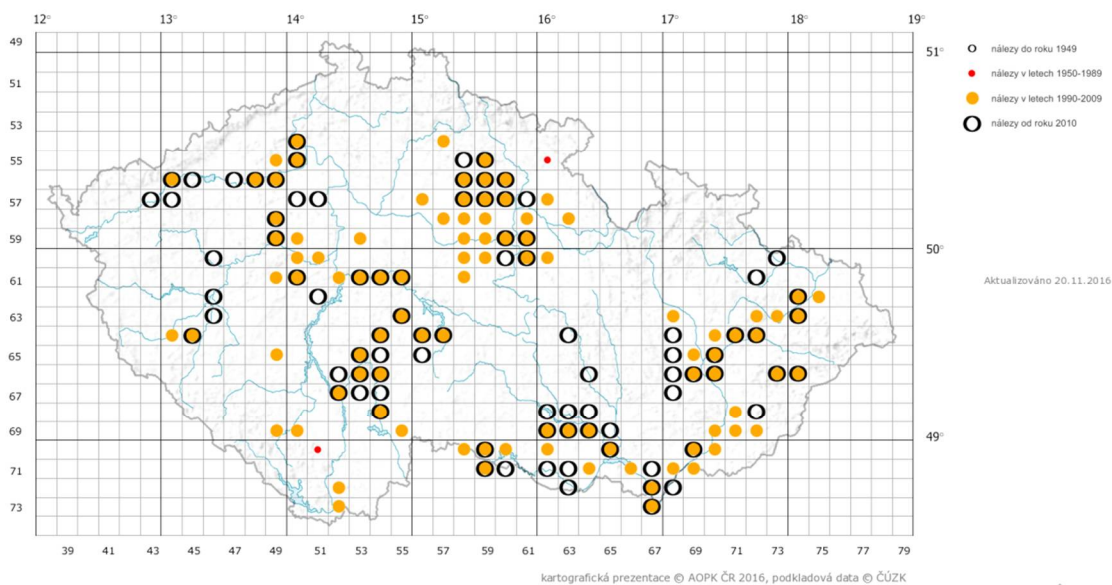
## 1.1 Ohrožení velkých mlžů

Velcí mlži (*Unionida*) je řád vyskytující se po celém světě. Stejně jako jejich výskyt je celosvětový problém jejich rapidního úbytku (Vaughn & Taylor, 2000; Lydeard et al., 2004). Nejsilněji byli zasaženi perlorodka říční (*Margaritifera margaritifera*) a velevrub tupý (*Unio crassus*), na kterého je zaměřena tato práce. V. tupý byl ještě v minulé polovině 20. století běžný a hojný druh (Beran, 2000; Beran & Douda, 2009). Používal se, společně s ostatními druhy řádu, jako krmivo pro dobytek a výrobu knoflíků (Uličný, 1892-95). Bohužel, na většině evropských lokalit došlo k jeho úplnému vyhynutí. V dnešní době přežívají pouze izolované populace. Tato nepříznivá situace má mnoho příčin, zejména stavba příčných objektů způsobuje drastické změny v přirozené dynamice toku. Mlži tudíž nemohou migrovat v podobě glochidií (larválních vývojových stádií) přichycených na rybách (Poff, 1997; Beran, 2002; Douda, 2015) a populace tak zeslábnou nebo vyhynou. Studie vlivu přehrad na mlže provedená Vaughnovou a Taylorem (1999) na řece Little River v Oklahomě ukázala, že se společenstva plně zotaví až po 53 km. Vlastnosti vody vypouštěné přehradou se totiž značně liší od přirozeného toku a ohrožují zejména zranitelné juvenilní jedince (Fisher & LaVoy, 1972; Layzer et al., 1993). Voda ze spodních výpustí je studenější a zpomaluje tak jejich metabolismus, což je nejkritičtější v době jejich rozmnožování (McMahon, 1991). Příliš redukované průtoky dále snižují množství transportovaných živin (Mehlhop & Vaughn, 1994). Regulace koryta, především čištění a prohlubování, má destruktivní vliv nejen na populace mlžů, ale i na jejich rybí hostitele (Beran, 2000). Biotická homogenizace rybích společenstev má vliv i na v. tupého kvůli jeho střední míře hostitelské specializace (Douda, 2015).

## 1.2. Situace velevruba tupého v ČR

Velevrub tupý byl v minulosti hojný druh v celé Evropě, Českou republiku nevyjímaje. O jeho četnosti svědčí hojné paleontologické nálezy (Uličný, 1892-95). Zvýšený obsah organického materiálu mu umožnil výskyt i v podhorských potocích společně s p. říční. Jeho výskyt byl běžný také v našich největších řekách (Labe, Vltava, Morava, Dyje). V Čechách se dnes vyskytuje pouze v povodí Labe (např. Lukavecký potok, Ohře a Sázava). Na Moravě je jeho situace lepší, početná populace se nachází v povodí Odry a Moravy. Do povodí Moravy spadá řeka Bečva, v jejíchž náhonech se nachází silná metapopulace (Beran & Douda, 2009). Slabší populace jsou známy z říčky Rokytné u Moravského Krumlova, dále v Kyjovce a Dyji. Kvůli ochraně v. tupého bylo v ČR vyhlášeno 13 evropsky významných lokalit (EVL). Aktuálně se v ČR nachází asi 15 lokalit s prosperujícími populacemi (Beran 2007b). Občasné nálezy nových lokalit svědčí spíše o nedostatečných znalostech o rozšíření druhu než o nově osídlených lokalitách.

Výskyt druhu *Unio crassus* podle záznamů v ND OP



Obr. 1: Mapa výskytu velevruba tupého v ČR. Zdroj: AOPK ČR



### 1.3. Zájmové druhy

Velevrub tupý je nejmenší zástupce čeledi *Unionidae* s evropským areálem výskytu. V kategorii zákonné ochrany je druh uveden jako silně ohrožený a v červeném seznamu ČR je veden jako ohrožený (EN). Jako jediný mlž je zahrnut v soustavě NATURA 2000. V ČR běžně dosahuje velikosti do 70 mm (Horsák et al., 2013). Průměrně se dožívá 8 až 15 let (Hochwald, 2001), ovšem byli nalezeni jedinci dosahující velikosti až 94 mm s odhadovaným stářím 75 let (Timm, 1994), někteří dokonce s 90 přírůstkovými liniemi (Timm & Mutvei, 1993). Má oválné a silnostěnné lastury, typické pro rod *Unio*. Přední část je pravidelně zaoblená, zadní část je protáhlejší a jazykovitá. Lastury do sebe zapadají mohutnými zámkovými zuby. Periostrakum má tmavě až světle hnědou barvu, která často přechází v okrovou a bývá doplněna zelenými pruhy. U schránek jedinců mrtvých desítky až stovky let barva periostraka přechází k temně hnědé až černé (Beran, 2012). Nedávné studie naznačují, že druh je mnohem tolerantnější k eutrofizaci a koncentraci dusičnanového dusíku ( $\text{N-NO}_3^-$ ) (Douda, 2010; Beran, 2011; Denic, 2014). Denic a kolektiv (2014) také zjistili, že v úsecích toku osídlených velevrubu bývají vyšší koncentrace amoniakálního ( $\text{N-NH}_4$ ) a dusitanového dusíku ( $\text{N-NO}_2$ ). Tato zjištění podporují tvrzení o plasticitě druhu (Hochwald, 2001; Beran & Douda, 2009). Přesné chemické nároky druhu nejsou známy, několikrát prokázána byla pouze vazba na vyšší obsah kyslíku (např. Hochwald, 2001; Douda & Beran, 2009; Beran, 2011; Denic, 2014). Z tohoto důvodu se vyskytuje pouze v tekoucích vodách, na rozdíl od příbuzných druhů v. malířský (*Unio pictorum*) a v. nadmutý (*Unio tumidus*), kteří žijí také ve stojatých vodách. Díky své plasticitě se vyskytují v méně úživných, rychle tekoucích potocích pstruhového pásma společně s perlorodkou říční (*Margaritifera margaritifera*), v pomaleji tekoucích řekách společně s škeblí říční (*Anodonta anatina*) až po pomalu tekoucí řeky společně s ostatními unionoidy (Wolff, 1968). Recentní studie (Stoeckl et al., 2016) ukazuje, že dospělí jedinci v. tupého preferují jemný substrát a pomaleji tekoucí úseky vodních toků.

Velevrubovití jsou odděleného pohlaví. Gravidní samice se poznají podle toho, že vnější část jejich žaber je zduřelá. Při dozrávání vajíček se žábry stanou lesklejšími a začnou se barvit do hněda. Hochwald (2001) při svých výzkumech zjistila, že čím větší je tělo samice, tím plodnější jedinec je. Velevrubi dokáží soustředit energii do reprodukce na úkor ostatních tělesných funkcí. Podobný vztah byl prokázán i u P. říční (Bauer, 1994). Po oplození vzniká glochidium – parazitické larvální stadium o velikosti okolo 200 µm (Brodniewicz, 1968). Glochidie jsou po tisících vypouštěny do vody. Bylo dokázáno, že jedinci dokáží pozastavit reprodukci na jedno období, aby mohl následující sezónu rozmnožovat až pětkrát (Hochwald, 2001). Po vypuštění se glochidium musí přichytit na rybího hostitele pro úspěšné dokončení vývoje (Rogers-Lowery & Dimock, 2006). Největší úspěšnost přežívání mají glochidie, kterým se povedlo přichytit na žábry (Beran, 2000) (Vincentini, 2005). Preference rybích hostitelů se liší mezi populacemi (Engel, 1990; Hochwald, 1997; Douda & Beran, 2009; Douda et al., 2012). Douda a kolektiv (2012) zkoumal kompatibilitu rybích hostitelů na rybách z řeky Lužnice. Ve své práci uvádí jako primární hostitele perlína ostrobřichého (*Scandinius erythrophthalmus*), střevli potoční (*Phoxinus phoxinus*), vranku obecnou (*Cottus gobio*) a také ostroretku stěhovavou (*Chondrostoma nasus*). Kopeček (2013), který studoval hostitelskou kompatibilitu na řece Bečvě a jejích náhonech, ve své práci uvádí jelce tloušť (*Leuciscus cephalus*) jako nejvhodnějšího hostitele. Jelec tloušť je také označován za primárního hostitele pro německé populace. Po přichycení na nekompatibilního rybího hostitele glochidium nemůže dokončit vývoj. To je zřejmě způsobeno imunitním systémem ryby (Rogers-Lowery et al., 2007; Douda et al., 2012). Taeubert a kolektiv (2012) uvádí, že proměna glochidie trvá 20-50 dní. Výsledky Doudy a kolektivu (2012) ukazují, že 14-40. To je přibližně pětkrát déle než u *M. margaritifera* (Denic et al., 2015). Rychlost proměny je ovlivněna teplotou vody. Po dokončení parazitární fáze odpadá plně metamorfovaný jedinec na dno, kde se zahrabe do sedimentu. Juvenilní jedinci zůstávají zahrabaní 2 roky, než se poprvé vydávají na povrch (na rozdíl od perlorodky, jejíž juvenilové zůstávají zahrabaní 5 let)(Denic, 2014). Od ostatních velkých mlžů se v. tupý liší také tzv. spurting behaviour (tryskání). Jedinci za teplých letních dní vylézají ke břehu, vystrkují anální sifon nad hladinu a tryskají vodu směrem ke středu vodního toku. Badatelé se nejprve domnívali, že se tak zbavují exkrementů (Israel, 1913). Později se tvrdilo, že trpěli přehřátím (Metzen, 1926). Až Vincentini

(2005) při svém výzkumu zjistil, že výstřiky obsahují glochidie. Samice tímto chováním zvyšují pravděpodobnost infestace rybích hostitelů glochidii a umocňují jejich rozptyl. Voda dopadající na vodní hladinu totiž imituje aktivitu hmyzu, kterým se ryby živí.

Škeble říční je náš nejhojnější mlž. Je hojná po celém území a nemá žádný status ochrany. Jedná se o eurosibiřský druh, který dorůstá velikosti kolem 120 mm. Lastury jsou tenkostěnné, kosočtverečně vejčité s nápadně vystouplým štítem. Periostrakum má hnědo zelenou barvu. Obývá stojaté a především tekoucí vody, je téměř indiferentní k eutrofizaci. Vyskytuje se na celém území ČR až do výšky 500 m. n. m., ojediněle nad 600 m. n. m. (Beran, 2002). Často bývá zaměňována za škebli rybníčnou (*A. cygnea*), od které se liší strukturou vrcholů. Juvenilní jedince lze také často zaměnit se škebličkou plochou (*Pseudanodonta complanata*), od které se také liší strukturou vrcholů (Horsák et al., 2013).

Velevrub malířský je nejhojnější zástupce rodu *Unio*. Obývá stojaté i pomalu tekoucí vody a je nenáročný na obsah kyslíku ve vodě. Navzdory své hojnosti je v kategorii zákonné ochrany veden jako kriticky ohrožený. Jeho lastury jsou protáhlé, mají rovnoběžnou horní a spodní stranu a dosahují délky až 100 mm. Zbarvení periostraka je světle zelené bez paprsků. V ČR se nejčastěji vyskytuje v rozmezí 150-250 m. n. m. (Beran, 2002)

#### **1.4 Metodologie odlovu a historie malakozoologických průzkumů na lokalitě Strhanec**

Existuje několik metod pro odhad velikosti populace mlžů. Nejběžnější a zcela neinvazivní je pozorování dna bez prostředků. To lze ovšem provádět pouze v pomalu tekoucích řekách s nízkou turbiditou. Viditelnost také komplikují odlesky na hladině a zkreslení. Další možností je použití aquascopu (nazýván také bathyscope), který nám umožní detailnější průzkum dna a lze jej využít v kalnějších vodách. Zcela neinvazivní metodou je také šnorchlování, popř. potápění, které je ale možné použít pouze ve větších tocích. Jedná se o metody kvalitativní, které jsou vhodné při zjišťování přítomnosti/nepřítomnosti druhu. Všechny tyto metody jsou ovšem nedostačující při

snaze odhadnout denzitu populace, protože juvenilní jedinci mlžů zůstávají zavrtáni v sedimentu (Amyot & Downing, 1991). Také dospělci jsou známí svou oblibou zůstávat v sedimentu, proto pouhým pozorování dna dochází k podhodnocení populace a ve skutečnosti prosperující populace může být chybně označena za přestárlou. Pro správný odhad populace je tedy nutné použít kvantitativní odlov a prohledat sediment (Miller & Payne, 1988; Obermeyer, 1998; Lamand & Biesel, 2014). Smith et al. (2000) přímo uvádějí, že pokud je méně než 40% jedinců detekovatelných zrakem, je potřeba prosívat sediment. Je ovšem známo, že tyto zásahy narušují ekosystém a samotné velké mlže (Aldridge, 2000).

Na lokalitě Strhanec proběhlo několik malakozoologických výzkumů. Beran zde v roce 2003 provedl průzkum pomocí kombinace vizuální metody a odběrů ze sedimentu a zjistil přítomnost velevruba tupého na všech 5 lokalitách, které navštívil. Na 4 z těchto lokalit popisuje výskyt jako ojedinělý (méně než 1 jedinec na 1 m<sup>2</sup>) a na jedné ojedinělý až roztroušený (1-20 jedinců na 1 m<sup>2</sup>). Dále potom ve článku s Doudou (2009) odhadují velikost populace na 3000-10 000 na základě výsledků svého předchozího průzkumu (2003). Dále zde Galová (2013) provedla výzkum na stanovištní preference v. tupého. Lokalita Strhanec byla také zahrnuta v pracích Kopečka, který zde zjišťoval vhodné rybí hostitele pro v. tupého (2014) a následně zjišťoval stav populace (2016). Ve svých výsledcích uvádí odhad velikosti populace na 2200 jedinců. Tento odhad je pravděpodobně značně podhodnocený z důvodu užití pouze vizuální metody při průzkumu dna. Uvedená zjištění byla podnětem k sepsání této bakalářské práce.

## **2. Cíle práce**

- Rešerše dostupné literatury cílená na zájmové druhy, především na v. tupého
- Velikostní struktura populací velkých mlžů
- Odhad velikosti metapopulace velevruba tupého

### 3. Materiál a metody

Pro tuto práci byl vybrán náhon Strhanec. Od Bečvy se odděluje mezi Lipníkem nad Bečvou a Osekem nad Bečvou nad tzv. lipenským jezem, část protéká podél cyklostezky z Lipníka do Přerova. Dále odbočuje k Oseku nad Bečvou a teče skrz obec Prosenice a přes NPR Žebračka se dostává do Přerova, kde ústí zpátky do Bečvy. Nachází se ve výšce 225 m. n. m.

V místě odlovu (49.5098831N, 17.5378247E) je vodní tok lemován úzkým pruhem stromů s hustou vegetací. Částice dna jsou nejjemnějšího charakteru (loam – 0,006 mm). Průměrná koncentrace  $\text{N-NH}_4$  v korytě je 0,38 mg/l a průměrná koncentrace  $\text{N-NO}_3^-$  je 0,36 mg/l. Sediment obsahuje v průměru 3,83% organické složky a 1,72% organického dusíku v sušině. Volná voda má obsah kyslíku 11,7 mg/l, redoxní potenciál 195 mV a průměrná teplota je 3 °C. Konduktivita je 529 ( $\mu\text{S/cm}$ ) a pH 8,25. Průměrná rychlost proudění vody je 0,55 ( $\pm 0,06$ ) m/s (Galová, 2013).

Terénní práce (odlovy jedinců) byly provedeny 27. 7. (dále odlov 1), 17. 8. (dále odlov 2), 6. 9. (dále odlov 3) a 26. 9. (dále odlov 4) v roce 2016. Sběr lastur uhynulých jedinců byl proveden v délce 10 m ve vzdálenosti 50 cm od břehu. Dno bylo nejprve prozkoumáno pomocí aquaskopu (viz Příloha 2) a následoval ruční sběr. Velká část uhynulých lastur pocházela z místa pod norou predátora, pravděpodobně ondatry pižmové. Dle barvy periostraka se jednalo o recentně uhynulé jedince (Beran, 2012). Parametry lastur byly následně měřeny digitálním posuvným měřítkem Digital Caliper 0-150 mm (dále uváděno jen jako posuvné měřítko) v laboratoři.

Odlov 1 byl proveden v délce 10 m a jeho cílem bylo určit techniku, která nejlépe poslouží cílům této práce. Nejprve bylo provedeno pozorování dna bez prostředků, následně pomocí aquascopu. Následoval ruční sběr, sběr kruhovým kuchyňským sítem s průměrem 25 cm a nakonec odběrovým aparátem s parametry 25x20 cm. Jako nejúčinnější se ukázala metoda odlovu odběrovým aparátem, proto byl použit u všech následujících odlovů.



2. odlov probíhal v úseku 10 m, ve kterém byly vytyčeny 3 kvadráty. Povrch sedimentu v kvadrátu byl nejprve prohledán pomocí aquascopu a následně odebrán odběrovým aparátem do hloubky 10-15 cm (Lamand & Biesel, 2014). Živí jedinci byli na místě přeměřeni (délka, výška a šířka lastur, přičemž déle byla použita pouze délka) posuvným měřítkem a jedinci v. tupého byli označeni lakem na nehty bílé barvy značky Rimmel London 60 seconds pro odhad velikosti populace metodou Capture-Mark-Recapture (dále jen CMR). V laboratorních podmínkách bylo otestováno, že lak na lasturách vydrží Po označení byli navraceni zpět na místo odběru. Lastury uhynulých jedinců byly sesbírány ze dna toku o délce 10 m a následně změřeny v laboratoři.

Odlovy 3 a 4 probíhaly obdobně, s tím rozdílem, že při 3. odlovu byl aplikován lak růžové barvy a při 4. odlovu lak aplikován nebyl.

Pro vyhodnocení metody CMR byl využit Chapmanův vzorec (Chapman estimator) kvůli poměrně malému počtu jedinců.

$$\hat{N}_c = \frac{(K + 1)(n + 1)}{k + 1} - 1$$

Z důvodu nepřesnosti metod používaných pro odhad věku jedinců (Nagel et al., 2015), popř. nemožnost jejich použití při kvantitativních metodách (Neves et al., 1988) jsem jedince dělil na juvenilní a adultní. U druhu *U. crassus* jsem považoval jedince s délkou <30 mm za juvenilní a >30 mm za adultní. U druhů *U. pictorum* a *A. anatina* jsem hranici mezi nedospělцем a dospělцем stanovil na 35 mm, protože v dospělosti dorůstají větších rozměrů.

Pro statistické metody byl použit program R. Pro testování rozdílů v početnosti živých a mrtvých jedinců byl použit test dobré shody, stejně jako pro rozdíly mezi počty jedinců nalezených vizuálním a exkavačním průzkumem. Pro testování rozdílu mezi velikostmi lastur byla použita ANOVA.

## 4. Výsledky

### 4.1 Vyhodnocení metody odlovu

Vizuální průzkum dna se ukázal jako nedostatečný při hledání jedinců v. tupého. Při následném použití odběrového aparátu byli velevrubí objeveni zahrabaní v sedimentu (viz. Tab. 1). Při vizuálním průzkumu se nepodařilo nalézt žádného juvenilního jedince (<30 mm), pouze 3 (5,88%) adultní (>30 mm). 48 jedinců bylo objeveno po prohledání dnového substrátu. Rozdíl mezi pozorovanými jedinci a jedinci objevenými při vykopávání je signifikantní (Chi-squared;  $X^2 = 39,71$ ;  $df = 1$ ;  $p < 0,005$ ). Rozdíl v počtu nalezených jedinců při 3. a 4. odběru je také signifikantní ( $X^2 = 18,75$ ;  $df = 1$ ;  $p < 0,005$ ).

**Tab. 1: Poměr pozorovaných a zahrabaných jedinců *U. crassus*.** Udávány jsou počty jedinců zjištěných při vizuálním průzkumu (P) a při průzkumu odběrovým aparátem (O).

	1. čtverec	2. čtverec	3. čtverec
Datum	P/O	P/O	P/O
6.9	0/9	2/13	1/17
26.9	0/3	0/1	0/5

Při odlovu mlžů z kvadrátů bylo také nalezeno 36 živých jedinců *A. anatina* a pouze 1 živý *U. crassus*.

### 4.2 Odhad velikosti metapopulace v. tupého

Pomocí metody CMR jsem odhadl, že v 10 metrech délky toku se nachází  $108,33 \pm 41,6$  (odhad  $\pm$  SE) jedinců. Za předpokladu rovnoměrné distribuce v celé délce toku (12 km) je odhad velikosti metapopulace  $129\,996 \pm 49\,920$  (odhad  $\pm$  SE) jedinců.

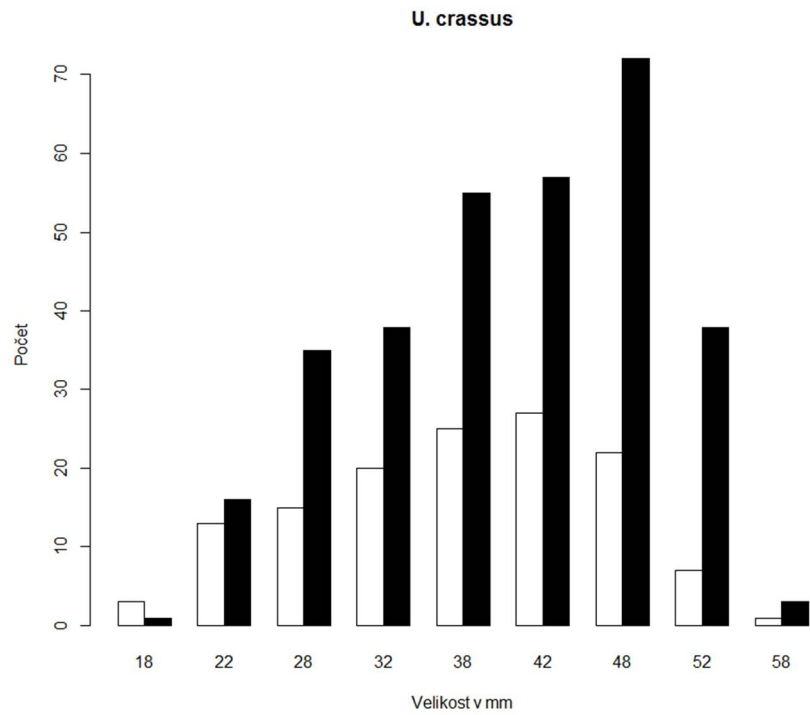
Při zprůměrování jedinců nalezených v kvadrátech vychází koncentrace 8,5 jedince na 1 m<sup>2</sup>. Za předpokladu rovnoměrné distribuce v celé délce toku vychází odhad metapopulace na 102 000 jedinců.

#### 4.3 Velikostní struktura a skladba odlovených jedinců

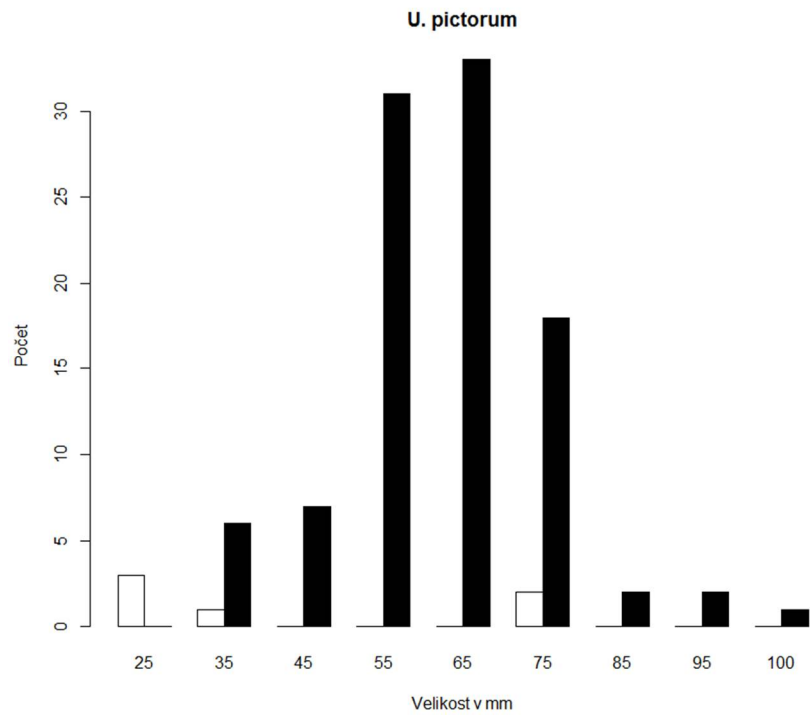
Průměrná délka lastur v. tupého činila 39,39 mm. Nejmenší nalezený jedinec měřil 16,85 mm a jednalo se o živého jedince. Největší měřil 58 mm. Rozdíl mezi velikostmi živých a mrtvých jedinců není signifikantní (ANOVA;  $F = 1,09$ ;  $p = 0,529$ ). Rozdíl mezi počty živých a mrtvých jedinců je signifikantní (Chi-squared;  $X^2 = 73,94$ ;  $df = 1$ ;  $p < 0,001$ ). Živí jedinci byli nejvíce zastoupeni velikostní skupinou 38-42 mm (20,61%). Mezi mrtvými byla nejpočetnější velikostní skupina 42-48 mm (19,73%). Pouze ve skupině 0-18 mm převažovali živí jedinci nad mrtvými (viz. Graf 1).

Průměrná délka lastur velevruba malířského činila 61,01 mm. Nejmenší nalezený jedinec měřil 25,63 mm a největší 100,2 mm. Rozdíl v počtu živých a mrtvých velevrubů je signifikantní (Chi-squared;  $X^2 = 83,36$ ;  $df = 1$ ;  $p < 0,001$ ). Poměr živých a mrtvých jedinců je velice nevyrovnaný. Nejpočetnější velikostní skupinou živých jedinců je rozmezí 0-25 mm (50% všech živých). Nejvíce mrtvých jedinců je v kategorii 55-65 mm (37%)(viz Graf 2).

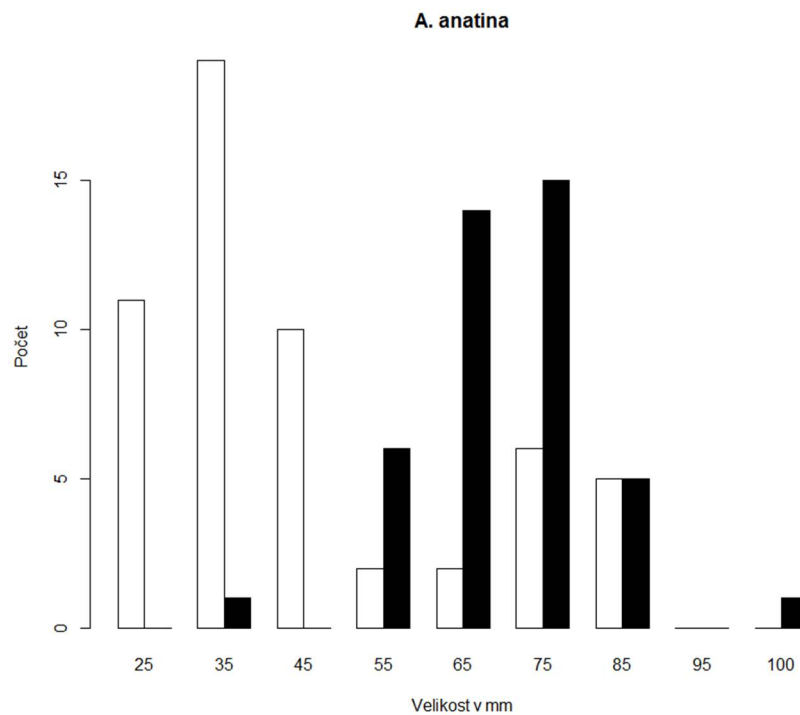
Průměrná délka lastur škeble říční je 55,89 mm. Nejmenší nalezený jedinec měl 24,08 mm a největší 107,20 mm. Rozdíl v počtu živých a mrtvých jedinců není signifikantní (Chi-squared;  $X^2 = 0,65$ ;  $df = 1$ ;  $p = 0,419$ ). Nejvíce živých jedinců spadá do velikostní skupiny 25-35 mm (36,36%). Tato skupina je zároveň nejpočetnější ze všech. Nejvíce mrtvých jedinců je ve velikostní skupině 65-75 mm (34,88%). V intervalech 0-25 a 35-45 mm nejsou žádní mrtví jedinci a v intervalu 25-35 je pouze jeden uhynulý jedinec (viz. Graf 3).



**Obr. 2: Počet a velikost nalezených *U. crassus*.** Bílé sloupce ukazují nalezené živé jedince, černé sloupce prázdné lastury.



**Obr. 3: Počet a velikost nalezených *U. pictorum*.**



**Obr. 4: Počet a velikost nalezených *A. anatina***

Velevrubů tupých bylo zaznamenáno 448, z toho 133 (29,24%) živých jedinců a 315 (70,76%) mrtvých. Velevrubů malířských bylo zaznamenáno 106, z toho 6 (5,66%) živých a 100 (94,34%) mrtvých. Škeblí rybníčných bylo zaznamenáno 97, z toho 55 (56,70%) živých a 43 (44,33%) mrtvých. Podrobnější skladba jedinců viz. Tab. 2.

**Tab. 2: Podíly odlovených jedinců.** Tabulka udává skladbu odlovených mřížů v relativním a absolutním zastoupení. A – adultní jedinci, J – juvenilní jedinci

Druh	Živí a mrtví	Živí	Mrtví
	A/J	A/J	A/J
<i>U. crassus</i>	365 (81,47%)/83(18,53%)	100 (76,34%)/31 (23,66%)	265 (83,60%)/52 (16,40%)
<i>U. pictorum</i>	101 (95,28%)/5 (4,72%)	3/3	98/2
<i>A. anatina</i>	75 (77,32%)/22 (22,68%)	34 (61,85%)/21 (38,18%)	41 (95,35%)/2 (4,65%)

## 5. Diskuze

Velcí mlži jsou živočichové, kteří svůj život tráví na dně vodních toků, popř. zavrtání v sedimentu. Zvláště známý svým zavrtáváním (tzv. burrying behaviour) je velevrub tupý. Z tohoto důvodu je nemožné správně odhadnout rozsah jeho populace pouze na základě pozorování dna nebo za použití aquascopu, který je vhodný spíše k zaznamenání přítomnosti určitého druhu nebo pro odhad populace výhradně epibentických organismů. Lamand a Biesel (2014) ve své práci uvádí, že vizuálními metodami zjistili pouze 10% populace, a to především dospělé jedince. Tyto údaje jsou v souladu s výsledky této práce, protože při terénní práci byli pozorováni pouze 3 adultní jedinci (5,88%) z celkového počtu 51 nalezených při prosívání sedimentu v kvadrátech. Mladí jedinci zůstávají zahrabáni první 2 roky svého života v sedimentu, proto jsou zrakem v podstatě nedetekovatelní. Lamand a Biesel (2014) také naznačují, že pro kvantitativní odhad je nutné prosívání sedimentu. Smith et al. (2000) přímo uvádějí, že pokud je méně než 40% populace viditelné, je nutno provádět průzkum sedimentu. Na druhou stranu je vykopávání pro velevruby stresující a narušuje ekosystém dna (Aldridge, 2000), proto je nutné tuto metodu praktikovat jen omezeně. Z těchto důvodů byl odlov proveden pouze na malém úseku toku. Dalším negativem této metody je fyzická a časová náročnost. Malý počet jedinců pozorovaných aquascopem mohl být podmíněn poměrně vysokou turbiditou v toku, která zhoršuje viditelnost a ztěžuje vizuální průzkum. Metody využívající zraku mohou být také ovlivněny hloubkou vody a meteorologickými podmínkami.

Beran a Douša (2009) odhadli velikost metapopulace *U. crassus* žijící ve Strhanci na 3000-10 000 jedinců. Ve svých výsledcích neuvádí přesnou metodiku odhadu populace. Kopeček (2014) odhadl velikost metapopulace na 2200 jedinců. Ve své práci uvádí, že použil pouze vizuální metody bez prohledávání sedimentu, z čehož je patrné, že jeho odhady jsou silně podhodnocené (Lamand & Biesel, 2014). Ve své práci jsem použil dvě metody k odhadu velikosti populace: CMR a přepočítání z průměru jedinců nalezených v kvadrátech. Na základě výsledků čítá metapopulace ve Strhanci

102 000 - 126 996 ± 49 920 (SD) jedinců. Velký rozdíl mezi mými odhady a odhady Kopečka (2016) ukazuje, jak velkému podhodnocení dochází při odhadu pouze na základě vizuálních metod. Odhad Berana a Doudy (2009) je zjevně také podhodnocen navzdory tomu, že jejich metoda odhadu je zřejmě jiná, než Kopečkova. Některé starší studie (Amyot & Downing, 1997) provedené na druhu *Elliptio complanata* naznačují, že se mlži shlukují za účelem rozmnožování, tudíž jejich distribuce není rovnoměrná. Recentní studie (Zieritz et al., 2014), provedená přímo na *U. crassus* naznačuje, že tento druh se neshlukuje. Z tohoto důvodu lze předpokládat, že se vyskytuje po celé délce toku. Toto tvrzení podporuje práce Berana (2003), který zjistil přítomnost druhu na všech 5 místech průzkumu. Výsledky odhadu populace uvedené v této práci mohou být také podhodnocené, protože odlovy proběhly pouze na pravém břehu toku. Velevrub tupý se nejčastěji vyskytuje podél břehů v mělké vodě (Beran, 2003), tudíž by reálný odhad populace mohl být i dvojnásobný.

Živých jedinců v. tupého bylo zaznamenáno 131, z toho 30 (22,90%) mělo délku <30 mm. Tyto jedince jsem považoval za juvenilní. Stoeckl et al. (2015) uvádějí, že pokud je z odlovených jedinců >20% nedospělých nebo je jejich hustota větší než 3 mlži na m<sup>2</sup>, populace je životaschopná. Oba tyto předpoklady populace žijící ve Strhanci splňuje (22,90 % juvenilů, 8,5 jedinců na m<sup>2</sup>), tudíž ji lze označit jako životaschopnou. Co se týče velikostní struktury, nejpočetnější kategorie u živých jedinců byla v rozmezí 38-42 mm (20,61%). Tato kategorie zahrnuje dospělé jedince schopné se rozmnožovat. Nejpočetnější velikostní kategorie prázdných lastur byla 42-48 mm (19,73%). Následující kategorie jsou poměrně málo početně zastoupeny a vykazují klesající trend. Nejdelší nalezení jedinci dosahovali délky 58 mm. Velevrubi v tomto toku nedosahují svých průměrných délek (75 mm) pravděpodobně proto, že náhon Strhanec patří do parmového pásma, které je dosti úživné. Při dostatku potravy mají mlži rychlejší metabolismus (Bauer et al., 1991), rostou rychleji a žijí kratší dobu (Mutvei & Westermark, 2001). Oproti tomu např. populace žijící v Německu v pstruhovém a lipanovém pásmu jsou dlouhověké (Hochwald, 1997). Kopeček (2016) při průzkumu Strhance našel pouze jednoho jedince delšího než 58 mm. Nejmenší živý nalezený jedinec dosahoval délky 16,85 mm. Absenci menších jedinců v odlovech je pravděpodobně způsobena datem prováděných prací, které byly uskutečněny v srpnu

a v září 2016, tudíž generace roku 2015 mohla dorůst větších rozměrů. Dalším možným vysvětlením je migrace letošních jedinců ve stádiu glochidie stále přichycené na rybím hostiteli po proudu nebo proti proudu. Při prohledávání sedimentu, navzdory pečlivosti, mohli být jedinci přehlédnuti nebo se mohli nacházet v jiné části toku. Poslední ze zmíněných možností je nejpravděpodobnější vzhledem k omezenému rozsahu plochy odlovu.

Živých jedinců v. malířského se podařilo nalézt pouze 6. Na druhou stranu prázdných lastur bylo nalezeno 100. To vypovídá o nepříznivé situaci, která je pravděpodobně způsobena predací o. pižmovou (viz. dále v diskuzi). Ze 6 nalezených živých jedinců byli 3 <35 mm, tudíž metapopulace ještě nevymřela úplně, v rámci tohoto toku je na tom ale velice špatně. Nejčtenější velikostní kategorie mrtvých jedinců je 55-65 mm (37%). Větší velikostní kategorie vykazují obdobný sestupný trend jako u v. tupého, což podporuje hypotézu o vysoké úživnosti toku.

Škeblí říčních bylo zaznamenáno 55 živých, z toho 20 (36,36%) <35 mm. Počet nalezených živých jedinců (55) také převažuje nad počtem prázdných lastur (43). Škeblí s délkou lastury 0-45 mm bylo nalezeno 40 živých a pouze 1 mrtvá. To ukazuje na poměrně vysokou reprodukční úspěšnost. Nejvyšší mortalita je ve velikostní kategorii 65-75 mm (34,88%).

Velká část lastur uhynulých mlžů byla nalezena nahromaděná u břehu (viz Příloha 4). Koryto náhonu v tomto místě není nijak členité, proto lze vyloučit možnost spontánní akumulace proudem. Možným vysvětlením je predace ondatrou pižmovou (*Ondatra zibethicus*), která sice patří mezi herbivory, ale je známo, že fakultativně preduje velké mlže (Zahner-Meike & Hanson, 2001). Tito autoři uvádějí, že ondatra je schopná úplné decimace populací mlžů. Podobné případy jsou známy i z České republiky (Douda & Beran, 2009) na EVL Lukavecký potok, kde hlodavec téměř vyhubil populaci v. tupého nebo z Kanady, kde má velký podíl na kritickém stavu perlorodky říční (Bauer, 1988). Tento predátor, v roce 1905 zavlečený do Evropy, je dokonce uváděn jako druhá největší hrozba pro velké mlže. Není přesně známo, jaký druh mlžů ondatra preduje nejvíce, její preference se měnily mezi zkoumanými lokalitami i v časovém rámci zkoumání jedné lokality (Zahner-Meike & Hanson, 2001). Jedinci



(popř. jedinec) predující náhon Strhanec preferují pravděpodobně velevruba malířského, soudě podle poměru živých jedinců (5,66%) a mrtvých schránek, z nichž většina byla nalezena na stejném místě. Velevrub malířský dorůstá větší velikosti, poměrně málo se zavrtává do sedimentu a díky barvě jeho lastur je dobře viditelný na dně. Díky těmto vlastnostem je vhodným cílem pro ondatru. Úhyn v. malířských způsobený zhoršením životních podmínek v toku je nepravděpodobný, protože je znám svými poměrně nízkými nároky na kvalitu prostředí.

## 6. Závěr

Velevrub tupý patří mezi nejvíce ohrožené druhy mlžů v Evropě. Pro co nejefektivnější ochranu je tedy nutné znát jeho ekologické nároky, výskyt a nejvhodnější způsob monitoringu. Výsledky této práce potvrzují, že pro správný odhad velikosti populace je důležité prohledávat sediment, aby nedošlo k silnému podhodnocení. Metapopulace žijící v náhonu Strhanec čítá 102 000 – 129 000 jedinců. Populace škeble říční je zde také početná s velkým zastoupením mladých jedinců. Situace velevruba malířského je ovšem dosti špatná, způsobená pravděpodobně predací ondatrou pižmovou.

Pro zachování silné populace v. tupého a ostatních mlžů by bylo vhodné monitorovat aktivitu predující ondatry. Dalším vhodným opatřením je omezení vypouštění náhonu, především v jarních a letních měsících, kdy se velcí mlži rozmnožují, případně jej omezit a také zabránit odstraňování sedimentu z koryta náhonu těžkou technikou.

## 7. Literatura

- Aldridge, D. C. (2000) "The impacts of dredging and weed cutting on a population of freshwater mussels (Bivalvia: Unionidae)." *Biological Conservation* 95.3 247-257.
- Amyot, J.-P. & Downing, J. A. (1998) "Locomotion in *Elliptio complanata* (Mollusca: Unionidae): a reproductive function?." *Freshwater Biology* 39.2 351-358.
- Amyot, J.-P. & Downing, J. A. (1991) "Endo-and epibenthic distribution of the unionid mollusc *Elliptio complanata*." *Journal of the North American Benthological Society* 10.3 280-285.
- Amyot, J.-P. & Downing, J. A. (1997) "Seasonal variation in vertical and horizontal movement of the freshwater bivalve *Elliptio complanata* (Mollusca: Unionidae)." *Freshwater Biology* 37.2 (1997): 345-354.
- Barker, J. C. (1976) "Growth efficiencies and factors controlling size in some mytilid bivalves. Especially *Mytilus edulis* L.: review and interpretation." *Ophelia* 15.2 175-192.
- Bauer, G. (1988). "Threats to the freshwater pearl mussel *Margaritifera margaritifera* L. in central Europe" *Biological Conservation*, 45(4), 239-253.
- Bauer, G. (1992) "Variation in the life span and size of the freshwater pearl mussel." *Journal of animal ecology* (1992): 425-436.
- Bauer, G. (1994) "The adaptive value of offspring size among freshwater mussels (Bivalvia; Unionoidea)." *Journal of Animal Ecology* 933-944.

- Bauer, G. (1998) "Allocation policy of female freshwater pearl mussels." *Oecologia* 117.1 90-94.
- Bauer, G. (2001) "Factors affecting naiad occurrence and abundance." *Ecology and evolution of the freshwater mussels Unionoida*. 155-162.
- Beran, L. (2000) "Velevrub tupý (*Unio crassus*)." *Ochrana přírody* 55.7 208-209.
- Beran, L. (2002) "Vodní měkkýši České republiky: rozšíření a jeho změny, stanoviště, šíření, ohrožení a ochrana, červený seznam". *Přírodovědný klub v Uherském Hradišti*.
- Beran, L. (2003) "Vodní měkkýši náhonu Strhanec (střední Morava)." *Bulletin Lampetra V., ZO ČSOP Vlašim* 5 22-26.
- Beran, L. (2007) "Příspěvek k poznání vodních měkkýšů Vsetínské Bečvy a okolí (Česká republika)." *Malacol. Bohemos.* 6: 38-47.
- Beran, L. (2011) "Příspěvek k poznání vodních měkkýšů evropsky významné lokality Bystřice se zaměřením na populaci velevruba tupého." *Unio crassus* 10-17.
- Beran, L. (2012) "Vodní malakofauna dolního toku Lužnice se zaměřením na stav populace velevruba tupého (*Unio crassus*) Aquatic molluscan fauna of the lower part of the Lužnice River (South Bohemia, Czech Republic) with focus on the population of *Unio crassus*."
- Beran, L., and Douda, K. (2009) "Bečva – nejvýznamnější moravská lokalita velevruba tupého." *Ochrana přírody* 64.2 19-21.
- Brodniewicz, I. (1968) "On glochidia of the genera *Unio* and *Anodonta* from the Quaternary fresh-water sediments of Poland." *Acta Palaeontologica Polonica* 13.4

- Covich, A. P. T. and James, H. (1991) "Ecology and classification of North American freshwater invertebrates" No. 592 *ECO*
- Denic, M. et al. (2014) "Physicochemical assessment of *Unio crassus* habitat quality in a small upland stream and implications for conservation." *Hydrobiologia* 735.1 111-122.
- Denic, M., Taeubert, J.-E. and Geist, J. (2015) "Trophic relationships between the larvae of two freshwater mussels and their fish hosts." *Invertebrate Biology* 134.2 129-135.
- Douda, K. (2015) "Velcí mlži a jejich hostitelské vazby" *Živa* 5 222-224.
- Douda, K. (2010) "Effects of nitrate nitrogen pollution on Central European unionid bivalves revealed by distributional data and acute toxicity testing." *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 20.2 189-197.
- Douda, K. (2013) "Quantifying the host relationships of endangered freshwater mussels—*Unio crassus* demonstrates a need for unifying methodologies." *Biological Conservation* 159 (2013): 548-549.
- Douda, K., and Beran, L. (2009) "Ochrana velevruba tupého v České republice." *Ochrana přírody* 64.2 16-19.
- Douda, K., and Beran, L. (2009) "Ochrana velevruba tupého v České republice." *Ochrana přírody* 64.2 16-19.
- Douda, K., Horký, P. and Bílý, M. (2012) "Host limitation of the thick-shelled river mussel: identifying the threats to declining affiliate species." *Animal Conservation* 15.5 536-544.

- Engel, H. H. B. J. (1990) *Untersuchungen zur Autökologie von Unio crassus (PHILIPSSON) in Norddeutschland.*
- Fisher, S. G., and Lavoy, A. (1972) "Differences in littoral fauna due to fluctuating water levels below a hydroelectric dam." *Journal of the Fisheries Board of Canada* 29.10 1472-1476.
- Galová, M. (2013) "Stanovištní preference velevruba tupého v povodí Bečvy." [bakalářská práce]. [Olomouc (CZ)]: Univerzita Palackého. 28s.
- Gelnar, M. (2006) "Temporal and spatial distribution of glochidial larval stages of European unionid mussels (Mollusca: Unionidae) on host fishes." *Folia Parasitologica* 53.2 98.
- Graf, D. L., and Cummings, K. S. (2006) "Palaeoheterodont diversity (Mollusca: Trigonioidea+ Unionoidea): what we know and what we wish we knew about freshwater mussel evolution." *Zoological Journal of the Linnean Society* 148.3 343-394.
- Hochwald, S. (1997) Das Beziehungsgefüge innerhalb der Größenwachstums- und Fortpflanzungsparameter bayerischer Bachmuschelpopulationen (*Unio crassus* PHIL. 1788) und dessen Abhängigkeit von Umweltparametern. BITÖK, Wiss. Sekretariat, Univ. Bayreuth
- Hochwald, S. (2001) "Plasticity of life-history traits in *Unio crassus*." *Ecology and evolution of the freshwater mussels Unionoidea* 127-141.
- Horsák, M., Juříčková, L. and Picka, J. (2013) "Měkkýši České a Slovenské republiky. " *Nakladatelství Kabourek.*

- Hus, M., et al. (2006) "Occurrence of *Unio crassus* (Bivalvia, Unionidae) depending on water chemistry in the foreland of the Polish Carpathians." *Polish Journal of Environmental Studies* 15.1 169.
- Kat, P. W. (1984) "Parasitism and the Unionacea (Bivalvia)." *Biological Reviews* 59.2 189-207.
- Kat, P. W., and Davis, G. M. (1984) "Molecular genetics of peripheral populations of Nova Scotian Unionidae (Mollusca: Bivalvia)." *Biological Journal of the Linnean Society* 22.2 157-185.
- Kopeček, R. (2014) "Limitace velkých mlžů dostupností hostitelů - zhodnocení potenciálních rybích hostitelů rodu *Unio* v řece Bečvě. " [bakalářská práce]. [Olomouc (CZ)]: Univerzita Palackého. 40pp.
- Lamand, F., and Beisel, J.-N. (2014) "Comparison of visual observation and excavation to quantify density of the endangered bivalve *Unio crassus* in rivers of north-eastern France." *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems* 413 11.
- Layzer, J. B., Gordon, M. E. and Anderson, R. M. (1993) "Mussels: the forgotten fauna of regulated rivers. A case study of the Caney Fork River." *River Research and Applications* 8.1-2 63-71.
- Lydeard, Ch. et al. (2004) "The global decline of nonmarine mollusks." *BioScience* 54.4 321-330.
- Mehlhop, P. and Vaughn, C. C. (1994) "Threats to and sustainability of ecosystems for freshwater mollusks." *WW Covington and LF DeBano, technical coordinators, Sustainable ecological systems: implementing an ecological approach to land management. General Technical Report RM-247, USDA Forest Service, Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station, Fort Collins, CO* 68-77.

- Miller, A. C., and B. S. Payne.(1988) "The need for quantitative sampling to characterize size demography and density of freshwater mussel communities." *American Malacological Bulletin* 6.1: 49-54.
- Miller, A. C., and Payne, B. S. (1988) "The need for quantitative sampling to characterize size demography and density of freshwater mussel communities." *American Malacological Bulletin* 6.1 49-54.
- Miller, A. C., and Payne, B. S. (1993) "Survey for Freshwater Mussels (Unionidae) in the Lower Green and Barren Rivers, Kentucky" No. *WES/TR/EL-93-8. ARMY ENGINEER WATERWAYS EXPERIMENT STATION VICKSBURG MS ENVIRONMENTAL LAB*
- Mutvei, H. and Westermark, T. (2001) "How environmental information can be obtained from Naiad shells." *Ecology and evolution of the freshwater mussels Unionoidea*. 367-379.
- Nagel, K-O., Dumpelmann, C. and Pfeiffer, M. (2015) "Effective growth cessation in adult *Unio crassus* Philipsson, 1788 (*Bivalvia: Unionidae*) from Germany." *Folia Malacologica* 23.4
- Neves, R. J., and Moyer, S. N. (1988) "Evaluation of techniques for age determination of freshwater mussels (*Unionidae*)." *American Malacological Bulletin* 6.2 179-188.
- Obermeyer, B. K. (1988) "A comparison of quadrats versus timed snorkel searches for assessing freshwater mussels." *The American midland naturalist* 139.2 331-339.
- Piette, R. R. (2005) "Guidelines for sampling freshwater mussels in wadable streams." No. Report No. 0092-01-09.



- Poff, N. L. (1997) "Landscape filters and species traits: towards mechanistic understanding and prediction in stream ecology." *Journal of the north american Benthological society* 16.2 (1997): 391-409.
- Rizhinashvili, A. L. (2008) "On the relationships between absolute and allometric shell growth in unionid mussels (*Bivalvia, Unionidae*) from European Russia." *Inland Water Biology* 1.3 241-247
- Rogers-Lowery, C. L., Dimock, R. V. and Kuhn, R. E. (2006) "Encapsulation of attached ectoparasitic glochidia larvae of freshwater mussels by epithelial tissue on fins of naive and resistant host fish." *The Biological Bulletin* 210.1 51-63.
- Rogers-Lowery, C. L., Dimock, R. V. and Kuhn, R. E. (2007) "Antibody response of bluegill sunfish during development of acquired resistance against the larvae of the freshwater mussel *Utterbackia imbecillis*." *Developmental & Comparative Immunology* 31.2 143-155.
- Sethi, S. A., et al. (2004) "Response of unionid mussels to dam removal in Koshkonong Creek, Wisconsin (USA)." *Hydrobiologia* 525.1 157-165.
- Schloesser, D. W., and Nalepa, T. F. (1994) "Dramatic decline of unionid bivalves in offshore waters of western Lake Erie after infestation by the zebra mussel, *Dreissena polymorpha*." *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 51.10 2234-2242.
- Smith, D. R., et al. (2000) "How much excavation is needed to monitor freshwater mussels." *Proceedings of the first Freshwater Mollusk Conservation Society symposium. Ohio Biological Survey, Columbus.*
- Smith, D. R., Vilella, R. F., and Lemarié, D. P. (2001) "Survey protocol for assessment of endangered freshwater mussels in the Allegheny River, Pennsylvania." *Journal of the North American Benthological Society* 20.1: 118-132.

- Stoeckl, K. and Geist, J. (2016) "Hydrological and substrate requirements of the thick-shelled river mussel *Unio crassus* (Philipsson 1788)." *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*.
- Stoeckl, K. Gum, B. and Geist, J. (2012) "Host-specificity of the endangered thick-shelled river mussel (*Unio crassus*, Philipsson 1788) and implications for conservation." *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 22.1 36-46.
- Stoeckl, K., Taeubert, J.-E. and Geist, J. (2015) "Fish species composition and host fish density in streams of the thick-shelled river mussel (*Unio crassus*)—implications for conservation." *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 25.2 276-287.
- Stoeckl, K., Taeubert, J.-E. and Geist, J. (2015), Fish species composition and host fish density in streams of the thick-shelled river mussel (*Unio crassus*)—implications for conservation. *Aquatic Conserv: Mar. Freshw. Ecosyst.*, 25: 276–287
- Timm, H. (1994) "Big clams of the Estonian freshwaters: comparison of the age, shell length, and shell weight in different species and populations." *Proceedings of the Estonian Academy of Sciences, Biology*. Vol. 43. No. 3.
- Timm, H., and Mutvei, H. (1993) "Shell growth of the freshwater unionid *Unio crassus* from Estonian rivers." *Proceedings of the Estonian Academy of Sciences, Biology*. Vol. 42. No. 1.
- Vahl, O. (1981) "Energy transformations by the Iceland scallop, *Chlamys islandica* (OF Müller), from 70 NI The age-specific energy budget and net growth efficiency." *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 53.2-3 281-296.

- Vahl, O. (1981) "Energy transformations by the Iceland scallop, *Chlamys islandica* (OF Müller), from 70 NI The age-specific energy budget and net growth efficiency." *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 53.2-3 281-296.
- Vaughn, C. C., and Taylor, Ch. M. (1999) "Impoundments and the decline of freshwater mussels: a case study of an extinction gradient." *Conservation Biology* 13.4 912-920.
- Vaughn, C. C., and Taylor, Ch. M. (1999) "Impoundments and the decline of freshwater mussels: a case study of an extinction gradient." *Conservation Biology* 13.4 912-920.
- Vaughn, C. C., and Taylor, Ch. M. (2000) "Macroecology of a host-parasite relationship." *Ecography* 23.1 11-20
- Vaughn, C. C., Nichols, S. J. and Spooner, D. E. (2008) "Community and foodweb ecology of freshwater mussels." *Journal of the North American Benthological Society* 27.2 409-423.
- Vaughn, C. C., Nichols, S. J. and Spooner, D. E. (2008) "Community and foodweb ecology of freshwater mussels." *Journal of the North American Benthological Society* 27.2 409-423.
- Vicentini, H. (2005) "Unusual spurting behaviour of the freshwater mussel *Unio crassus*." *Journal of Molluscan Studies* 71.4 409-410
- Wolff, W. J. (1969) "The Mollusca of the estuarine region of the rivers Rhine, Meuse and Scheldt in relation to the hydrography of the area. II. The Dreissenidae." *Basteria* 33.5/6 93-103.

- Young, M. R., Cosgrove, P. J. and Hastie, L. C. (2001) "The extent of, and causes for, the decline of a highly threatened naiad: *Margaritifera margaritifera*." *Ecology and Evolution of the Freshwater Mussels Unionoida*. 337-357.
- Zahner-Meike, E. and Hanson, J. M. (2001) "Effect of muskrat predation on naiads." *Ecology and evolution of the freshwater mussels Unionoida*. Springer Berlin Heidelberg. 163-184.
- Zavaleta, E. S., and Hulvey, K. B. (2004) "Realistic species losses disproportionately reduce grassland resistance to biological invaders." *Science* 306.5699 1175-1177.
- Zettler, M. L., and Jueg, U. (2007) "The situation of the freshwater mussel *Unio crassus* (Philipsson, 1788) in north-east Germany and its monitoring in terms of the EC Habitats Directive." *Mollusca* 25.2 165-174.
- Zieritz, A., Geist, J. and Gum, B. (2014) "Spatio-temporal distribution patterns of three stream-dwelling freshwater mussel species: towards a strategy for representative surveys." *Hydrobiologia* 735.1 123-136.

## 8. Přílohy

Příloha 1: Náhon Strhanec (foto:© Martin Rulík)



Příloha 2: Práce s aquascopem v kvadrátu (foto: ©Martin Rulík)



Příloha 3: Odlov odběrovým aparátem v kvadrátu (foto: ©Martin Rulík)



Příloha 4: Nález prázdných lastur - predace Ondatrou pižmovou (foto: ©Martin Rulík)



Příloha 5: Nalezené prázdné lastury v. tupého (foto autora)



Příloha 6: Jedinci v. tupého se značkami užitými při metodě CMR (foto autora)

