

Univerzita Palackého v Olomouci
Přírodovědecká fakulta
Katedra ekologie a životního prostředí



**Vliv kovových materiálů na přisedání
sláviček mnohotvárných (*Dreissena
polymorpha*)**

Bc. Markéta Poledníková

Diplomová práce
předložená

Katedře ekologie a životního prostředí
Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého v Olomouci

Jako součást požadavků
na získání titulu: Mgr. v oboru
Ochrana a tvorba životního prostředí

Vedoucí práce: RNDr. Petr Hekera, Ph.D.

Olomouc 2017

Poledníková, M. (2017): Vliv kovových materiálů na přisedání sláviček mnohotvárných (*Dreissena polymorpha*). Diplomová práce, Katedra ekologie a životního prostředí, Přírodovědecká fakulta, Univerzita Palackého Olomouc, v češtině, 46 s.

Abstrakt (česky)

Práce se zabývala vlivem kovových materiálů na přisedání sláviček mnohotvárných (*Dreissena polymorpha*). Slávičky byly získány koncem listopadu ze dvou zdrojových lokalit. První odběrovou lokalitou bylo Chomoutovské jezero. Jako druhé místo pro odběr vzorků byla vybrána pískovna Poděbrady. Materiál byl získán ze břehů a za pomoci potápěčské techniky. Výzkum probíhal v laboratoři na Katedře zoologie v Olomouci. Praktická část pojednává o chovu sláviček mnohotvárných. Jejich životní strategií a přisedání v akváriích s vybranými materiály. Nezbytností experimentu bylo seznámit se s chovem a napodobením reálných podmínek, které byly použity. Primárním cílem práce bylo zhodnocení kovových podkladových materiálů s ohledem na přisedání sláviček. V experimentu byly slávičky umístěny na vybrané kovové podklady (pozinkovaný, nerezový a měděný plech). Posuzovalo se přisednutí sláviček, opuštění kovového podkladu slávičkami a neschopnost dalších reakcí.

Slávičky na měděném podkladu vykazovaly minimální pohyb. Sláviček přisedlých na měděný podklad bylo 0,63 % a 5,93 % přisedlo na sklo akvária. Na nerezový podklad slávičky přisedaly v největší míře - 23,43 %. Na pozinkovaný podklad přisedlo 7,81 % sláviček. Na skla akvária vertikálně i horizontálně přisedlo přibližně stejně sláviček. V akváriu s pozinkovaným materiálem přisedlo 57,81 % jedinců na sklo a u nerezových materiálů přisedlo 56,56 % jedinců na sklo. V kontrolním akváriu na skleněný povrch přisedlo 97,5 % jedinců.

V procesu tvorby diplomové práce jsem využila vícezdrojového sběru informací z odborných publikací, knih a také konzultace s odborníky.

Klíčová slova: Slávička mnohotvárná, *Dreissena polymorpha*, kovové materiály, přisedání

Poledníková, M. (2017): Influence of metallic materials on zebra mussels attachment. Department of Ecology and Environmental Sciences, Faculty of Science, Palacky University Olomouc, in Czech, 46 pp.

Abstract (anglicky)

The thesis deals with the influence of metallic materials on the attachment of the multi-form zebra mussels. (*Dreissena polymorpha*). Mussels were collected at the end of November from two source locations. The first sample location was Chomoutov lake. The Pobebrady Sandpit was chosen as the second sample location. The material was obtained from the shores with using diving techniques. The research was conducted in a laboratory at the Department of Zoology in Olomouc. The practical part is focused on breeding of the multi-form zebra mussels, their life strategies and attachment in aquariums with selected materials. The necessity of the experiment was to become acquainted with the breeding and imitation of the real conditions that were used. The primary aim of the work was to evaluate the selection of the metal underlying material and to assess the possibility of mussels' attachment. In the experiment, the mussels were placed on selected metal underlying material (galvanized, stainless steel and copper sheets). The possibility of mussels' attachment, abandonment of the metal basement by the mussels and the inability of further reactions were assessed.

The slaves proved minimum movement on the copper basement. 0.63% of the mussels attached the basement and 5.93% attached on the glass of the aquarium. The largest amount - 23.43% of the mussels attached on the stainless basement. 7.81% of the mussels attached on the galvanized sheet the same amount of the mussels attached the glass of the aquarium vertically and horizontally. 57.81% individuals attached on the galvanized sheets on the glass and 56.56% mussels attached on the stainless sheets on the glass. To sum up 97.5% of the individuals attached on the glass surface in the aquarium.

During the research a lot of various sources of information from specialised literature were used and all the data were discussed with professionals.

Key words: zebra mussels, *Dreissena polymorpha*, metallic materials, attachment

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracovala samostatně pod vedením RNDr. Petra Hekera, Ph.D., s použitím citovaných literárních pramenů.

V Olomouci dne:

.....

podpis studenta/ky

Poděkování

Děkuji RNDr. Petru Hekerovi, Ph.D., za vedení práce a odběry sláviček mnohotvárných za pomoci potápěčské techniky. Také bych chtěla poděkovat RNDr. Vladimíru Uvírovi, Dr., za zajištění víkendového přístupu do laboratoře a odběry sláviček. Oběma bych chtěla poděkovat za technické instalace kovových konstrukcí a rozvodu vzduchotechniky a celkové pomoci se zajištěním patřičného chovu sláviček. Mé poděkování patří také Danielovi Orlíkovi za technickou podporu a instalaci web-kamer. Rovněž musím zmínit mé blízké za přívětivost kdykoli mi poradit.

OBSAH

1	ÚVOD	1
1.1	Charakteristika druhu slávičky mnohotvárné.....	2
1.2	Výskyt a rozšíření slávičky mnohotvárné.....	3
1.3	Problematika výskytu slávičky mnohotvárné.....	5
1.4	Pozitiva slávičky mnohotvárné.....	8
2	CÍLE PRÁCE	9
3	MATERIÁL A METODIKA	10
3.1	Popis lokalit.....	10
3.2	Odběr sláviček mnohotvárných.....	12
3.3	Laboratorní experimenty.....	13
3.3.1	Charakteristika vybraných kovových podkladů.....	13
3.4	Experiment I. – sledování přisedání.....	15
3.5	Experiment II. – značení lastur.....	16
3.6	Experiment III. - sledování pohyblivosti sláviček za pomoci web-kamer.....	17
4	VYHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ	18
4.1	Experiment I.	18
4.1.1	Statistická analýza.....	19
4.2	Experiment II.....	22
4.3	Experiment III.	22
5	DISKUZE	25
6	ZÁVĚR	30
7	LITERATURA	31
	PŘÍLOHY	44

Seznam obrázků

Obr. 1: Rozšíření <i>Dreissena polymorpha</i> v roce 2012, Pickering et al.....	4
Obr. 2: Výskyt slávičky mnohotvárné v ČR v roce 2006, Mlíkovský & Stýblo	4
Obr. 3: Chomoutovské jezero (Mapy.cz).....	11
Obr. 4: Poděbrady v Horce nad Moravou (Mapy.cz)	12
Obr. 5: Slávičky mnohotvárné s označením lastur za pomoci dekorativních laků na nehty	17
Obr. 6: Grafické znázornění přisedlosti sláviček na kovové materiály	20
Obr. 7: Rozlišení v úspěšnosti přisednutí na kovový podklad malých a velkých jedinců.	21
Obr. 8: Poškození zinkové vrstvy	27
Obr. 9: Akvárium rozděleno na dvě komory perforovanou přepážkou.	44
Obr. 10: Fotografie pořízena web-kamerou, zahájení experimentu.....	44
Obr. 11: Posun pozinkovaného podkladu slávičkami mnohotvárnými	45
Obr. 12: Posun nerezového podklad slávičkami mnohotvárnými	45
Obr. 13: Agregáčnı́ chování sláviček mnohotvárných.....	45
Obr. 14: Odběr vzorků, slávičky tvořící drůzy	45

Seznam tabulek

Tab. 1: GLM s Poissonovou distribucı́	19
Tab. 2: Velikostnı́ rozlišení sláviček v přisedlosti na kovové podklady.....	21
Tab. 3: Výsledná měření experimentu I:.....	40
Tab. 4: Souhrnné výsledky v počtu jedinců v opakování experimentu I.....	42
Tab. 5: Procentuálnı́ souhrn přisedlosti jedinců.....	43

1 ÚVOD

Slávička mnohotvárná, s latinským názvem *Dreissena polymorpha* (Pallas, 1771), je známá téměř po celém světě. Anglický název slávičky mnohotvárné je Zebra mussel, německý název Wandermuschel. Slávička mnohotvárná má původ v úmoří Kaspického a Černého moře. V 19. století se slávička po zavlečení do Evropy šířila dál, až do Ameriky, kde způsobuje značné škody. Podle globální databáze pro invazní druhy je slávička považována za nejvíce agresivní invazní sladkovodní druh na severní polokouli (Global Invasive Species Database, 2017).

Historie její invaze, stejně jako ekologie, je velmi dobře prozkoumána. Slávička je považována za jednu z největších hrozeb na původní ekosystémy. Státy, ve kterých zatím není výskyt slávičky mnohotvárné, zajišťují a plánují zábrany a opatření před další invazí tohoto druhu. Invaze sláviček mění vodní ekosystémy, kvalitu vody a zvyšuje množství cizorodých látek v potravních řetězcích. Ekonomickými důsledky mohou být především škody na potrubí pro přívod vody, u malých vodních elektráren a u dalších infrastruktur. Pro slávičky je typické tvořit kolonie a to na jakémkoli podkladě. V jejich koloniích se může vyskytovat až 700 000 jedinců na jeden metr čtvereční. Agregáčnı chování tohoto druhu bylo popsáno již v šedesátých letech v polském zálivu Štětın (Wiktor, 1969).

Slávička je značně tolerantní k podmínkám okolního prostředí. To naznačuje její schopnost obývat sladké i slané vody, např. se nachází v Aralském jezeře, kde salinita je až 14 promile. Její teplotní optimum pro růst a rozmnořování je v rozmezí 10° až 30°C, ovšem slávička je schopná přizpůsobit se okolním podmínkám. Preferuje vody s vyšším obsahem kyslíku, ale je schopná přežit i několik hodin na suchu. (Karatayev, et al., 1998). Slávička je uzpůsobená k rozšiřování v každém stadiu životního cyklu. Planktonní larva veliger se šíří volně ve vodě. Mladý jedinec se vyvine až po měsıci, kdy se veliger usadí na dně. Pohyb uskutečňuje za pomoci svalnaté nohy a pátrá tak po vhodném substrátu k přisednutí. Mladı jedinci mívají tendenci se přichytit byssovými vlákny v blízkosti dospělých jedinců. Přestože jsou pohyblivější, nejsou schopni se udržet v rychle proudících vodách. Dospělým jedincem se slávičky stávají v jednom až dvou letech, kdy můžou začít nový reprodukční cyklus (Commonwealth of Massachusetts, 2017).

1.1 Charakteristika druhu slávičky mnohotvárné

Slávička mnohotvárná, Pallas (1771) patří do kmene měkkýši (*Mollusca*), který je zařazený do třídy mlži (*Bivalvia*), řádu *Veneroidea*, čeledi *Dreissenidae* (slávičkovití). Druhy této čeledi se značně podobají svým přisedlým způsobem života mořským mlžům. Slávička je jediný sladkovodní druh, který přisedá na podklad. Od ostatních mlžů se slávička liší svým tvarem lastur (Horsák, et al., 2013).

Slávička mnohotvárná dosahuje maximální velikosti pěti centimetrů. Tělo slávičky je tvořeno silnostěnnou, trojhrannou lasturou se zámkem bez zoubků. Zbarvení lastury je žlutošedé, až béžové s tmavými klikatými proužky (Macháč, 2008). Slávička má slabě vyvinutou svalnatou nohu. Noha je redukována a již neslouží k rytí, ale k pohybu. Lastury se otevírají směrem nahoru za pomoci závěsných vazů (Horsák, et al., 2013). Její břišní rýha vede k byssovým žlázám, které produkují rychle tuhnoucí sekret Byssová žláza je u sláviček zachována po celý životní cyklus. Byssová žláza umožňuje jedincům žít na tvrdých či nezpevněných podkladech (Rzepecki & Waite, 1993). Tato žláza produkující sekret je složena z několika segmentů, a to z kořene, vláken, stopky a disku. Udržení slávičky u substrátu zajišťuje právě disk. Tato soustava obsahuje bílkoviny. U vláken je to elastin a v disku, stopce a kořenu je obsažen kolagen. Dále byssová vlákna obsahují protein, který je bohatý na dihydroxyfenylalanin, tyrosin a cystein. V dospělosti vyloučí slávičky až 23 byssových vláken za týden. Rychlost vylučování může být omezena např. kvalitou prostředí, teplotou vody nebo jejich velikostí. (Bonner & Rockhill, 1994). Slávičky se pomocí těchto byssových vláken pevně přichycují na jakýkoli podklad. Slávičky dokážou přisednout na části rostlin, pevné povrchy, jako jsou kameny, kovové, plastové a skleněné materiály. Slávičky přisedají na jiné živočichy, především mlže, plže a raky. (Lewandowski, 1976; Mackie, 1991).

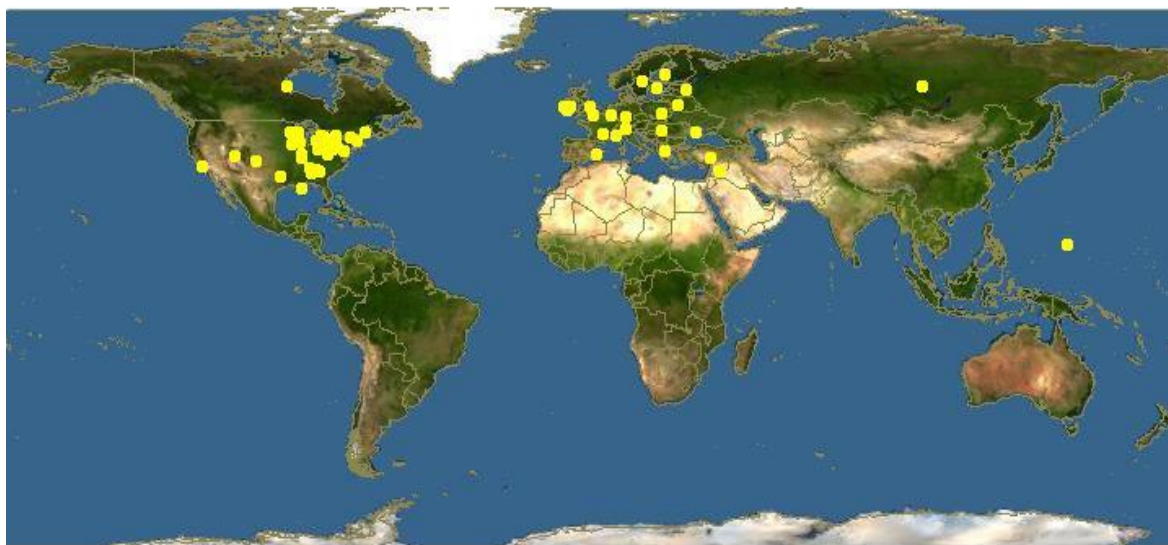
Slávičky mohou na podkladu tvořit drúzy či souvislé kolonie typicky propojených jedinců. V některých případech tito jedinci mohou tvořit husté shluky i o více než 700 000 jedinců na metr čtvereční. Kritická situace může nastat zejména u lastur mlžů, jestliže je pokryta větším počtem přisedlých jedinců. Napadený mlž ztrácí schopnost otevírat lastury. U těchto mlžů dochází k narušení přirozených aktivit, jako jsou pohyb, dýchání, příjem potravy. Dochází celkově k omezení růstu lastur a jejím deformacím, které mohou vést až k úhynu jedince (Lewandowski, 2001; Beran, 1998; Birnbaum, 2011; Commonwealth of Massachusetts, 2017).

1.2 Výskyt a rozšíření slávičky mnohotvárné

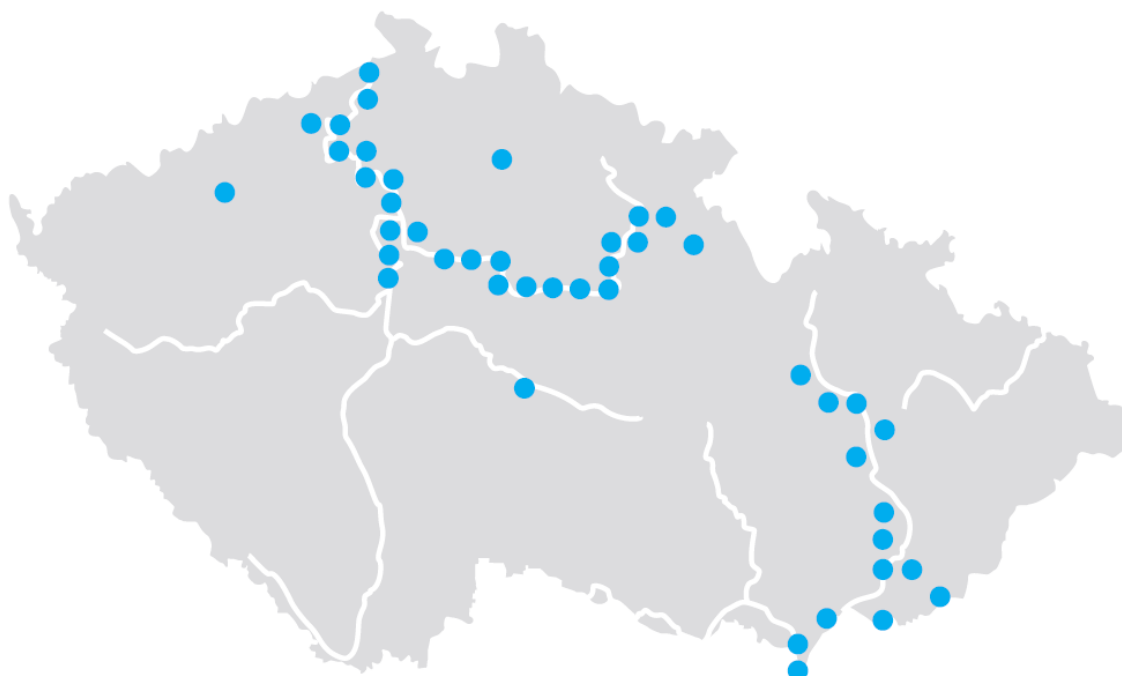
Slávička mnohotvárná se vyskytuje v brakických i sladkých vodách s původem pontokaspických oblastí (Sedlák, 2005). Slávička přisedá na trupy nejen lodí a jachet, ale šíří se také vypouštěním balastní vody z plavidla (Griffiths, et al., 1991). S velmi invazivním chováním sláviček se potýkají v nejméně 30 státech Severní Ameriky, kde kolonizovaly mnohá jezera (Woodward & Quinn 2011). Slávičky se šíří driftem po toku řeky Mississippi do Mexického zálivu (Ložek, 2004; Minchin, et al., 2002). Tento druh se vyskytuje ve Velkých kanadských jezerech, kde se poprvé objevil při otevření St. Lawrence Seaway. St. Lawrence je vnitrozemská vodní cesta s častým výskytem zdymadel a kanálů. Nachází se mezi Amerikou a Kanadou. Tato vodní cesta umožňuje plavbu oceánským lodím trasou Atlantského oceánu (Obr. 1). (Ricciardi, et al., 1996; Horsák, et al., 2013; Pichlová, 2004; Commonwealth of Massachusetts, 2017). Slávičky se značně rozšířily prostřednictvím obchodu a lodní dopravy z evropského kontinentu (Charvát, 2004).

Ve Velké Británii mají slávičky negativní vliv na zdejší toky. Hojný výskyt sláviček je v kanále La Manche. Další výskyt slávičky mnohotvárné je ve státech: Itálie, Španělsko, Švýcarsko, Švédsko, Nizozemí, Dánsko, Bělorusko, Ukrajina. V Maďarsku je slávička objevená a rozšířená po celém jezeru Balaton od roku 1933. Její výskyt v současnosti zde dosahuje nejvyšší hustoty populací (Muskó & Bakó, 2005; Ricciardi, et al., 1996). Značný výskyt je také v Německu (Rosenberg & Huber 2011). Právě z Německa se slávička za pomoci lodní dopravy z řeky Labe dostala do České republiky (Obr. 2).

Populace slávičky jsou v České republice izolované. Údaje o výskytu jsou nepřesné (Uvíra, et al., 2009). Zmapované výskyty jsou jen na některých lokalitách, např. na řece Želivce, v pískovnách Příšovic u Jizery a ve vodním díle Nové Mlýny (Geriš & Jahodová, 2015; Zpravodaj o vodě, 2015). Do dolních toků Moravy se slávička rozšířila přes řeku Dunaj mnohem později. Uvádí se, že v 10 až 20 letech 20. století (Mlíkovský & Stýblo, 2006). Podél horního toku Moravy se slávičky vyskytují ve vodních útvech, např. Náklo, Troubkya, Tovačov, Otrokovice a Hulín (Ulvíra, et al., 2009).



Obr. 1: Rozšíření *Dreissena polymorpha* v roce 2012, Pickering et al.



Obr. 2: Výskyt slávičky mnohotvárné v ČR v roce 2006, Mlíkovský & Stýblo

1.3 Problematika výskytu slávičky mnohotvárné

PROBLEMATIKA VE SVĚTĚ

Z jednoho úhlu pohledu je slávička vítaným obyvatelem vodních nádrží kvůli své filtrační schopnosti. Jedinec slávičky je schopen přefiltrovat jeden až dva litry vody za den. Z jiného úhlu pohledu je ovšem nevítaným hostem, který se velice rychle šíří a rozmnožuje. Z důvodu jejího masivního přemnožení může převzít nejdůležitější roli v ekosystému, a tím narušit potravní vztahy původních živočišných druhů. Slávička je konkurentem původních druhů mlžů i dalších bezobratlých filtrujících potravu. Tento druh čistí vodu, čímž způsobuje úbytek planktonu, kterým se živí další živočichové včetně ryb. Vědci z celého světa se shodují, že mnohé druhy mlžů, především čeled' Unionidae, jsou značně ohroženi výskytem slávičky. Pokud je na lokalitě absence pevného substrátu, pak právě v takových oblastech přisedá na lastury původních mlžů, ať živých nebo mrtvých (Burlakova, et al., 2000; Beran, 2002; Horsák, et al., 2009; Padilla, 1997; Sousa, et al., 2011; Birnbaum, 2011).

Nárůsty sláviček ovlivňují funkčnost vodních staveb a technických zařízení. Jejich lastury ovlivňují vodní přírůdky, hráze, zdymadla a další hydrotechnická zařízení, což má značný ekonomický dopad (Mackie, et al., 1989; O'Neill, 1997). V Americe již vláda vydala nemalé finance na její likvidaci, z důvodu ucpávání potrubí elektráren a veřejných vodovodů. Likvidace sláviček je náročná, protože se dokáže uchytit v malých a obtížně dosažitelných místech (Boelman, et al., 1997; Lorencová, 2014). Miniaturní larva veliger se může dostat kamkoliv a přichytí se vlákny. Když dospěje, může ucpat i větší zařízení. Dokonce i po odumření způsobují korozi kovových zařízení a zhoršují kvalitu pitné vody. V lodní dopravě způsobují obtíže zanášením lodních trupů a navigačních konstrukcí (Lorencová, 2014).

Vodní měkkýši hrají důležitou roli v akvatických společenstvech a v nich probíhajících potravních řetězcích (Lorencová, 2014). Narušení těchto společenstev může ovlivnit funkci celého ekosystému (Carlton, et al., 1999). V Bělorusku zkoumali a potvrdili, že slávička zvyšuje intenzitu a šíření infekce *Conchophthirus acuminatus* (Burlakova, et al., 1998).

PROBLEMATIKA V ČR

Česká populace sláviček se skládá z různě velkých izolovaných subpopulací. Hojný výskyt je kolem řeky Labe, kde se slávička rozšířila nejdříve. Do řeky Moravy se slávička dostala přes řeku Dunaj. Slávička se nenachází jen v tocích, ale i ve slepých ramenech řek, jezerech, lomech a pískovných (Mlíkovský & Stýblo, 2006). V Olomouckém kraji se slávička rozšířila téměř na všechny vodní útvary. Masivní rozšíření se přičítá především povodním v roce 1997. K rozšíření sláviček přispěli také v mnohých případech lidé, a to pro jejich schopnost čištění vody (Uvíra, et al., 2009). Slávičky prosvětlují eufotickou vrstvu v nádržích a zvyšují průhlednost vody. Tento jev ale netrvá dlouho a následně dojde k redukci fytoplanktonu a rozvoji makrofyt. Slávička neustále filtruje živiny a další suspendované částice, které přesouvá na dno vodních útvarů. Dochází tedy ke změně v přístupnosti živin a následné přeměně ekosystému, kdy se slávička stává na lokalitě hlavním druhem. S rozvojem vodní flóry vznikají pro slávičku další možná místa na přisednutí (Taševská, 2014). Změna ekosystému ovšem není jediný problém. Slávička je také spojená s onemocněním leptospirózou, která je přenášena močí hlodavců. Pokud je slávička přisedlá poblíž břehu, hlodavci ji využívají jako potravinový zdroj. Dané problémy se vyskytly např. na lokalitách Poděbrady a Náklo (Melicherčíková, 2016).

Z důvodu negativního vlivu sláviček na technická zařízení vodních děl, jsou značné obavy např. u vodní nádrže Švihov na řece Želivce, kde se hojně vyskytuje (Koželský, 2016). Vodní nádrž slouží jako zdroj pitné vody pro Středočeský kraj. Slávička by mohla na zařízení napáchat nemalé škody. Obavy jsou na vodním díle Dalešice, kde je značné riziko výskytu sláviček. Mohlo by tak dojít k ucpání filtrů na turbínách a poškození chladičů (Zpravodaj o vodě, 2015). Dalešice slouží jako přečerpávací elektrárna, s čímž jsou spojeny značné výkyvy ve výšce hladině vody. Právě tento jev se hodnotí jako jediné znevýhodnění pro invazi sláviček. Rizika mohou nastat také na dalších vodních elektrárnách (Hekera, 2017).

Novomlýnské elektrárně hrozilo kvůli slávičce vyřazení z provozu. Slávička se rozmnožila tak, že vodní elektrárně hrozilo ucpání potrubí. Její schránky se také vyskytovaly v potrubí a v hradících tabulích, které slouží k regulaci průtoku vody (Solaříková, 2015).

Opatření proti slávičce

Řada opatření je účinná při boji proti dospělým jedincům, ale nejsou účinné v ochraně před larválním stadiem veliger. Některá opatření jsou časově a finančně náročná. K nejdůležitějším opatřením patří zamezení šíření sláviček lidskou činností. Nejúčinnějším opatřením je především zabránit invazi na nová stanoviště kombinací vybraných metod. Důležitou metodou v opatření proti slávičce je především preventivní opatření ve formě kontrol. Mechanicky se musí odstranit nánosy bláta, rostlin a další nečistoty z lodí, přívěsů, rekreačních zařízení, ale také z pádel a dalších věcí, které byly v kontaktu s vodou. V případě, že plavidlo mění vodní útvar, doporučuje se, aby před změnou bylo po dobu pěti dní na slunci. Lodní zátěžové nádrže musí být vypuštěny (Commonwealth of Massachusetts, 2017). U technických konstrukcí se doporučuje v opatření proti přisedání sláviček používat materiály, které je odpuzují. Mohou to být např. měděné a mosazné materiály nebo materiály se zinkem a nátěry (Boelman, et al., 1997). K mechanickému čištění se používá odstraňování za pomoci prudkého proudu, horké vody nebo páry, která musí dosahovat vyšších teplot než 140 °C.

V průmyslových potrubních systémech se používají především kombinace ozonizace a mechanického odstranění lastur. V technických zařízeních a přívodních potrubích se k usmrcení sláviček používá elektrický proud, UV záření, akustické plašiče či provzdušňovací systémy (Boelman, et al., 1997).

K odstranění sláviček se používají také chemické látky. Použití chemikálií je neúčinnější a nejlevnější metodou při odstranění sláviček. Mezi nejčastěji používané chemikálie řadíme chlorované vody, molluscicidy, kanabinoidy a další koncentráty jako jsou 100% ocet a roztok lysolu (Deval, et al., 2010). Chemické látky způsobují největší škody na životním prostředí a mnohdy je špatně předvídatelný jejich dopad. Při používání chemických látek se musí dbát na opatrnost, aby nedošlo k zhoršení kvality vody a především, aby se zamezilo negativnímu působení na původní druhy (Afanasyev, et al., 2005; Molloy, et al., 2013).

Jisté problémy nese i použití biologických metod, protože se nedají aplikovat v hydrodynamických podmínkách, technických zařízeních a vodovodních potrubích. Biologické metody zahrnují genové inženýrství, použití dravců a parazitů (Afanasyev, et al., 2005). Mnohé ryby nejsou schopny jíst slávičky, protože nemohou rozdrtit lastury. V našich vodách se jimi krmí kapr, sumec, cejn, amur černý. Značný predátor sláviček je

invazní druh hlaváč vousatý, který se v současnosti šíří do našich vod proti proudu řeky Dunaje ((Ray & Corkum, 1997). Z vodních ptáků jsou slávičky sezonní potravou především kachen. Stávají se potravou potkanů a ondatr. Biologické metody sice sniží počty jedinců, ale není to dostatečné k regulaci výskytu sláviček. Tyto metody nebývají dostatečné z důvodu vysoké reprodukční schopnosti sláviček a mohou vést ke zvýšení počtu predátorů (Thorp, et al., 1998).

Slávička je také zařazená v Operačním programu Životního prostředí pro období 2014-2020, a to v oddíle prevence šíření a omezování výskytu invazních druhů.

1.4 Pozitiva slávičky mnohotvárné

V předchozích studiích bylo zjištěno, že někteří vodní měkkýši jsou účastníci procesu čištění vody, jiní mohou být také bioindikátory kvality vody. Čím dál více se studie zaměřují právě na slávičky. Slávičky využívají v zahraničí v systémech včasného varování, kvůli jejich neustálé filtrační schopnosti. Jelikož citlivě reagují uzavřením lastury na změny v chemismu vody. Tyto varovné systémy jsou navrhovány tak, aby včasně detekovaly znečištění vod (Borcherding, 2006). Vysoká schopnost filtrovat vybrané studované látky podporuje bioakumulaci. Změny koncentrace jsou tak v biomase sláviček dobře měřitelné. Slávičky mají poměrně dlouhou délku života a jsou odolné vůči negativním účinkům akumulace toxických chemikálií. Slávičky se využívají k posouzení biologického a trofického přenosu znečišťujících látek (Carrasco, et al., 2008; Faria, et al., 2010; Richman & Sommers, 2005). Nedávné studie dokonce potvrdily vhodnost použití sláviček pro čištění pitné vody. Slávička je schopna přefiltrovat minerální látky, znečišťující látky, ale i živé patogeny a bakterie. Bylo zjištěno, že slávička dokáže přefiltrovat toxickou přísadu lodní barvy tributylcín, také parazita *Cryptosporidium* a bakterii *E. coli*“ (Bervoets, et al., 2005).

U slávičky bylo zjištěno, že rychlost filtrace se zvýší při teplotě 22 °C. Akutní letální teplota je pro 50 % testovaných jedinců teplota 37 °C, což dokazuje, že slávičky mají tepelné tolerance, které je možné následně využít v pozitivní prospěch (Ng, 2016).

2 CÍLE PRÁCE

Základem práce bylo seznámit se s problematikou invazního mlže slávičky mnohotvárné (*Dreissena polymorpha*) a jejího vlivu na technická zařízení vodních děl.

Vytvořit metodiku srovnávacího experimentu přisedání sláviček na vybrané kovové povrchy a popř. vyzkoušet možnost kontinuálního záznamu pohybu.

Vybrat vhodné zdrojové lokality k uskutečnění terénního odběru vzorků, zpracovat a vyhodnotit data získaná z experimentu.

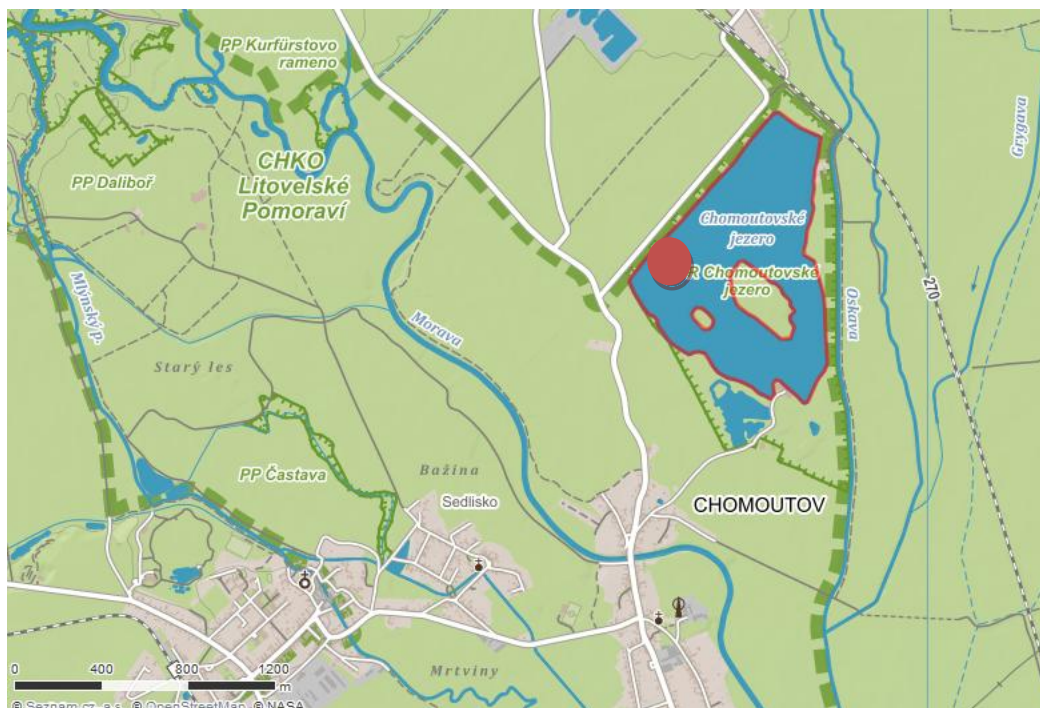
3 MATERIÁL A METODIKA

Experimenty byly provedeny v laboratorních podmínkách, za použití akvaristických materiálů. Pro odběr sláviček byly zvoleny lokality s hojným výskytem v Olomouckém kraji. První týden před experimenty se slávičky aklimatizovaly v laboratorních podmínkách, kde jim byly vytvořeny přijatelné fyzikální podmínky (Chase, et al., 1995). Také při průběhu experimentů byla zajištěna světelná perioda po dobu 9 hodin (časový spínač EverFlourish, typ: 1FD/2A), aby se částečně napodobily přírodní podmínky v malé hloubce. Pro uskutečnění experimentu bylo odebráno více než 1 500 jedinců ze dvou zdrojových lokalit.

3.1 Popis lokalit

Odběry sláviček probíhaly na začátku listopadu 2016 ze dvou zdrojových lokalit v Olomouckém kraji. První odběrovou lokalitou bylo zvoleno Chomoutovské jezero ležící 10 km od Olomouce v místní části Chomoutov. Chomoutovské jezero leží v nadmořské výšce 220 m a s průměrnou hloubkou cca 3,5 m (Obr. 3). Příčinou vzniku jezera byla těžba šterkopísku. Od roku 2010 má jezero statut přírodní památky a je členěno na dvě části. Velké jezero, kde probíhal odběr sláviček mnohotvárných, a Malé jezero (Štefáček, 2010). Nachází se zde jedna z největších hnízdních kolonií racka chechtavého (*Larus ridibundus*) zaznamenaná na Moravě. Lokalita je tedy významná z ornitologického hlediska. Rozšířenými zástupci makrofytní vegetace jsou zejména lakušník okrouhlý (*Batrachium circinatum*), růžkatec ostnitý (*Ceratophyllum demersum*), stolístek klasnatý (*Myriophyllum spicatum*) a mnohé druhy ostřic (*Carex*).

Z ptáků zde uvidíme labuť velkou (*Cygnus olor*), potápku roháče (*Podiceps cristatus*), motáka pochopa (*Circus aeruginosus*) a další druhy. Z nehnízdících ptáků můžeme zahlédnout například kormorána velkého (*Phalacrocorax carbo*), volavku bílou (*Ardea alba*), nebo také čapa bílého (*Ciconia ciconia*). Ojediněle na lokalitě můžeme narazit i na uměle vysazeného bobra evropského (*Castor fiber*) (Morávek, 2017a).



Obr. 3: Chomoutovské jezero (Mapy.cz)

Jako druhé místo odběru byla vybrána zatopená pískovna Poděbrady v Horce nad Moravou. Jezero s rozlohou 28 ha patří do správy CHKO Litovelské Pomoraví (Obr. 4). Hloubka vody se pohybuje od 2 m do 3,5 m (Hekera, 2017). Významným zástupcem vodních rostlin je silně ohrožený druh voďanka žabí (*Hydrocharis morsus-ranae*). Také zde nalezneme regionálně významný druh stulík žlutý (*Nuphar lutea*). Z dalších významných druhů rostlin zde můžeme vidět šťovík koňský (*Rumex hydrolapathum*), zevar vzpřímený (*Sparganium erectum*) a mátu vodní (*Mentha aquatica*).

Z ptáků zde můžeme zahlédnout racka chechtavého (*Larus ridibundus*), potápku roháče (*Podiceps cristatus*) a další běžné zástupce české fauny (Morávek, 2017b).

Právě v lokalitě Poděbrady byl zaznamenán první objev slávičky mnohotvárné v pískovnách střední Moravy (Velecká, et al., 2003; Bryja & Zukal, 2003), kdy povodeň v roce 1997 přispěla k nárůstu abundance invazivní slávičky, a v důsledku toho začal ubývat fytoplankton (Kostkan & Rulík, 2013).



Obr. 4: Poděbrady v Horce nad Moravou (Mapy.cz)

3.2 Odběr sláviček mnohotvárných

Na uvedených lokalitách byly odebrány slávičky z dosahu břehů a z hlubších vod za pomoci potápěčské techniky. Byli upřednostněni jedinci, kteří byli přisedlí k různým materiálům či se vyskytovali v drúzách. Slávičky byly opláchnuty od prvotních nečistot a ve velkých plastových nádržích převezeny do laboratoře. V laboratoři byly slávičky za pomoci nůžek a skalpelu uvolněny od podkladu a opatrně byla přestřižena jejich byssová vlákna. Poškozené lastury byly vyraženy. Následně byly slávičky opláchnuty dechlorovanou vodou. Délka lastury byla měřena pomocí posuvného plastového měřidla. Lastury byly roztříděny na dvě velikosti. Malé lastury v rozmezí od 1 cm do 1,5 cm a velké od 1,6 cm do 2 cm. Jedinci byli vloženi do velkých akvárií se vzduchovou technikou, aby se aklimatizovali. Byla použita pitná voda, která byla zbavená chlóru v barelech. Světelná perioda byla nastavena po dobu 9 hodin a teplota vody se pohybovala v rozmezí okolo 16°C +/- 1°C. Slávičky byly krmeny obden krmnou akvarijní řasou přípravkem Spirulina vločky (obsahuje 35 % řas Spirulina) v dávkách 10 ml na jedno zásobní akvárium. Během aklimatizačního týdne byly slávičky kontrolovány. Uhynulí jedinci byli odstraněni, aby nedošlo ke znehodnocení vody.

3.3 Laboratorní experimenty

Laboratorní experimenty byly provedeny ve 13 akváriích, přičemž každé akvárium bylo rozděleno perforovanou plexisklovou přepážkou. Z těchto akvárií vzniklo 26 komor o plochách 26,8 cm a 12,6 cm. Do každého akvária byly umístěny kovové podklady o velikosti 10 x 10 cm (Obr. 9). Pouze kontrolní akvárium o dvou komorách bylo bez kovového podkladu. Byly zde dodrženy stejné fyzikální podmínky jako u aklimatizace. Vzduch byl zaveden do každé komory s provzdušňovacím kamenem. Slávičky byly nakrmeny před vložením do experimentálních akvárií a poté krmeny nebyly. K jednomu experimentu bylo zapotřebí 260 jedinců, zbytek sláviček byl ponechán v aklimatizačních akváriích a nadále krmen každý druhý den po dobu jednoho měsíce. Slávičky, které již byly použity v experimentu, se v dalším opakování nepoužily, z důvodu možnosti snížení fitness.

Jako kovové podklady byly vybrány plechy z materiálu: pozinkovaný (zinek), nerez a měď. Materiály byly řádně očištěny. Další možnosti k přisednutí měly slávičky sklo akvária a plexisklovou perforovanou přepážku, které jsou vhodnými materiály k přisednutí, a z daného důvodu se jim již nedávala možnost dalšího podkladu. Slávičkám byla ponechaná snadná možnost úniku za pomoci svalnaté nohy (Kobak, 2004).

3.3.1 Charakteristika vybraných kovových podkladů

Kovové podklady pro experiment byly zakoupeny od firmy Salvator Střechy s.r.o v Olomouci. Pozinkovaný a měděný plech s tloušťkou 0,55 mm a nerezový plech o tloušťce 0,50 mm.

Pozinkovaný plech

Zinek řadíme do skupiny těžkých kovů, tedy mezi kovy se specifickou hustotou vyšší než 5 g a 1 cm³. Elementární zinek je použit na galvanizaci neboli pozinkování. Pozinkování je proces, kdy je nejčastěji na ocel nanesen zinkový ochranný povlak. Zinek slouží jako protikorozní ochrana. Zinek se často používá jako slitina. Nejznámější mosaz je slitina zinku a mědi.

Slitiny zinku se uplatňují v průmyslové i domácí sféře. Před druhou světovou válkou se pozinkované trubky používaly pro vnitřní rozvody vody. Problém nastal při používání pozinkového potrubí u rozvodu horké vody, jelikož ochrana povlaku zinku měla krátkou životnost. Docházelo ke vzniku bodové koroze. Příčiny úbytku zinkové ochranné vrstvy jsou přirozeným jevem, ale také působením fyzikálních změn, chemických změn a působením mikroorganismů (Žabička, 2013).

Pozinková ochrana je mnohdy nedostatečná v případě neustálého vystavení agresivním látkám. To zahrnuje také venkovní použití, kde jsou vystaveny kyselým dešťům, začne plech po několika desetiletích rezivět. Často se proto používají výrobky nerezové oceli, které jsou dražší než pozinkování (Havel, et al., 2017).

Nerezový plech

Nerez, neboli korozivzdorná ocel, je nerezavějící ocel, která je odolná proti korozi. Jsou základní čtyři typy nerezavějící oceli podle mikrostruktury - feritické, martenzitické, austenitické a austeniticko-feritické (duplexní). Tyto oceli se liší v odolnosti proti korozi způsobené určitými činiteli. Základem je ocel, tedy slitina železa a uhlíku s přidáním dalších prvků ve vysokém množství (chrom, nikl, mangan). V menším množství ocel obsahuje další austenitotvorné prvky (uhlík, molybden, dusík, měď).

Pro náš experiment byla zakoupena austenitická chrom-niklová ocel, která je nejpoužívanějším typem nerezové oceli. Používají se jak v potravinářství, chladiřnictví, gastronomii, tak ve stavebnictví, interiérech či exteriérech. Obsahuje 0,01–0,15 % uhlíku, 12–25 % chromu, 8–38 % niklu. Chrom rozpuštěný v oceli brání další korozi vytvořením pasivní vrstvy oxidu chromitého na vzduchu. Nikl napomáhá odolnosti v agresivním prostředí. Austenitické oceli jsou velmi dobře čistitelné alkalickými roztoky, organickými rozpouštědly a jsou odolné i před mechanickým čištěním (Pilous, 2012).

Měděný plech

Měď řadíme do skupiny těžkých kovů, kterou můžeme definovat jako kovy se specifickou hustotou nebo hmotností vyšší než 5 g na 1 cm³ (Kalina, 2004; Cibulka, 1991). Měď je odolná vůči korozi, protože se za působení oxidu uhličitého pokryje tenkou vrstvou tzv. měděnky, která chrání proti korozi. Měď je základem k výrobě slitin, především bronzu, který vzniká slitinou mědi a nejčastěji cínu. Měď také slouží k výrobě mosazi, tedy slitiny mědi se zinkem.

Ve 30. letech 20. století se měď začala používat pro vodovodní rozvody teplé a studené vody. Měď se uplatňuje při radiátorovém, podlahovém, stěnovém vytápění, a také pro rozvod plynu. Měď je využívána pro výrobu chladičů technických zařízení a jako vodovodní potrubí, kde se za působení patřičných faktorů uvolňuje do pitné a užitkové vody. Ve vodním prostředí měď negativně ovlivňuje chuť vody a je toxická pro vodní organismy (Velíšek, et al., 2014; Pomykačová, et al., 2007).

3.4 Experiment I. – sledování přisedání

Akvária byla naplněná do 1/3 dechlorovanou vodou. Do středu akvária byl položen kovový podklad. V prvních osmi komorách akvária byl umístěn pozinkovaný plech, dále osm podkladů z nerezového plechu, osm podkladů z měděného plechu. Dvě komory bez kovového plechu sloužily pro kontrolu přežívání sláviček. V jednom akváriu nikdy nebyly umístěny dva kovy. Opět byly vybírány slávičky, které v aklimatizačních akváriích přisedly na stěny, aby se zajistila jejich preference k přisedání na podklad.

Slávičky byly na kovové podklady pokládány po deseti jedincích do kruhu cca jednoho centimetru od okraje podkladu, aby měly všechny slávičky stejnou možnost podklad opustit. Pro snadnější pohyb z kovového podkladu byli jedinci pokládáni spodní stranou těla.

U třídních experimentů nebylo naprosto zřetelné úmrtí sláviček. Pro vyhodnocení množství mrtvých jedinců byly slávičky vloženy do nové dechlorované vody bez kovového podkladu. Následně byly pozorovány po dobu 7 hodin. V daném časovém úseku se projeví svou filtrací živi jedinci, kteří byli postupně odebíráni. V závěru byla úmrtnost průkazná.

Časové rozvržení experimentů bylo následující:

1. den: Zahájení – Kovové podklady byly vloženy do akvárií s odstátou vodou. Následně byly slávičky kruhově rozmístěny na kovové materiály. Slávičky byly vždy po deseti jedincích v jedné komoře.

2. den: Kontrola – Proběhla kontrola pohybu sláviček a vzduchotechniky, aby nedošlo k nedostatku nebo přesycení vzduchem.
3. den: Vyhodnocení – Slávičky byly hodnoceny dle svého rozložení/pozice. Hodnotilo se, zda slávičky byly či nebyly přisedlé a zda na kovovém podkladě nebo na skle akvária. Slávičky měly možnost přichytit se vertikálně na bocích akvária.

Experiment byl proveden ve čtyřech opakováních. Mezi jednotlivými pokusy byla akvária řádně vyčištěna. Byla použita nová dechlorovaná voda, s novými jedinci. Poslední opakování probíhalo souběžně s experimentem III.

3.5 Experiment II. – značení lastur

Současně s experiment I také probíhal vedlejší výzkum experiment II. Ten zkoumal vliv značení laku na nehty na lastury sláviček. K označení lastur sláviček bylo vybráno deset barevných laků na nehty (červená, oranžová, bílá, zelená, modrá, stříbrná, žlutá, růžová, fialová, perleťová). Laky na nehty byly nanесeny na lastury v pěti variantách. Byly vybrány značky od nejjednoduššího po složitější tvar. Jako první byla zvolena malá značka (tečka), která byla lakem nanесena na jednu stranu lastury slávičky. Dále byly vytvořeny dvě značky (dvě tečky) na jedné straně lastury, poté po obou stranách lastury (čtyři tečky). Další variantou byl lakem vytvořený jeden pruh na boku lastury. Poslední zkoušenou variantou bylo nanесení laku na celou lasturu (Obr. 5). V daném experimentu nebyla rozlišovaná velikost sláviček a fyziologické podmínky byly zachovány stejně, jako u aklimatizačních akvárií a byly nadále krmeny. Na rozdíl od prvního experimentu nebylo jedincům napomáháno s orientací spodní stranou k podkladu. Jedinci, kteří byli použiti v tomto experimentu, se již dále nevyužili.



Obr. 5: Slávičky mnohotvárné s označením lastur za pomoci dekorativních laků na nehty

3.6 Experiment III. - sledování pohyblivosti sláviček za pomoci web-kamer

Slávičky byly obarveny dekorativními laky na nehty. V jedné komoře se vyskytovalo deset jedinců. Pro lepší rozlišení při pozorování se každý jedinec označil jinou barvou. Opět bylo zachováno rozdělení velikostí v komorách akvárií. V levé komoře se nacházeli malí jedinci a v pravé komoře se nacházeli větší jedinci sláviček. K experimentu byly použity web-kamery typů: 1 x Media-Tech MT-4023, 2 x Genius FaceCam 320, 4 x Trust Exis Webcam, které byly napojeny na počítačový program iSpy. Snímky byly automaticky pořizovány po deseti vteřinách. Jedna kamera zabírala dvě akvária s kovovým podkladem (Obr. 10). Pro kontrolu byla použita samostatná kamera. Časové rozvržení experimentu III. bylo shodné s experimentem I. Přibližně po šesti hodinách navozené noci bylo světlo automaticky rozsvíceno. Z důvodu možnosti zdokumentování pohybu sláviček za tmy. Tento úsek trval 15 minut. Ve snímání se dále pokračovalo ráno. Ranní snímání probíhalo přibližně 9 hodin.

4 VYHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ

4.1 Experiment I.

Jedinci byli hodnoceni ve velikostní kategorii sláviček malí (M) jedinci a velcí (V) jedinci za každou komoru zvlášť (Tab. 3) a také v sumarizaci v opakování experimentu s rozlišením M a V (Tab. 4). Byli vyhodnoceni všichni jedinci v kategoriích M a V: nepřisedlý jedinec na kovový podklad; přisedlý jedinec na kovový podklad; nepřisedlý jedinec mimo kovový podklad, tedy na sklo akvária horizontálně; přisedlý jedinec mimo kovový podklad, na sklo akvária horizontálně; přisedlý jedinec vertikálně na skle akvária (Tab. 3).

Experiment prokázal možnost sláviček přisednout na nerezový plech a v menší míře na pozinkovaný (zinek) plech.

Zinek

Velkých sláviček zůstalo nepřisedlých 46 jedinců. Malé slávičky byly v pohybu aktivnější. Nepřisedlých malých sláviček zůstalo na podkladě 30 jedinců. Na kovový podklad přisedlo 14 malých jedinců a velkých 11 jedinců. Jedinci, kteří změnili svou původní pozici, ale nepřisedli na žádné místo v akváriu, bylo 17 malých jedinců a stejně tak velkých 17 jedinců. Nejčastěji jedinci přisedli na sklo akvária. Malých sláviček přisedlo horizontálně 75 jedinců a vertikálně 24 jedinců. Ze skupiny velkých sláviček přisedlo horizontálně 70 jedinců a vertikálně 16 jedinců.

Nerez

Sláviček, které zůstaly nepřisedlé na kovovém podkladě, bylo v kategorii malých 23 jedinců a velkých 29 jedinců. V přisednutí na kovový podklad byl znatelnější rozdíl u velkých sláviček, kterých přisedlo 48 jedinců, a malých pouze 27 jedinců. Nepřisedlých sláviček v akváriu mimo kovový podklad bylo velkých a malých dohromady 12 jedinců. Malí jedinci přisedali nejdále od kovového podkladu, horizontálně 73 jedinců a vertikálně 31 jedinců. Velkých sláviček přisedlých horizontálně na skleněném podkladu bylo 65 jedinců a vertikálně 12 jedinců.

Měď

Slávičky se na měděném podkladě neprojevovaly aktivně. Většina jedinců nefiltrovala, ani se nepohybovala. Z kategorie malých sláviček zůstalo na podkladě 130 jedinců a velkých 128 jedinců. Pouze jeden malý a jeden velký jedinec z celého experimentu se přichytil byssovými vlákny na měděný podklad. Nepřisedlých malých sláviček mimo kovový podklad bylo 21 jedinců a velkých 18 jedinců. Horizontálně přisedli mimo kovový podklad 4 malí jedinci, 10 velkých jedinců a vertikálně 4 malí jedinci a 3 velcí jedinci.

Kontrola

V kontrolních akváriích byli malí jedinci všichni přisedlí. 34 jedinců přisedlo horizontálně a vertikálně 6 jedinců. Z velkých velikostí nepřisedli nikam 2 jedinci, přisedlých horizontálně bylo 29 jedinců a 9 jedinců přisedlo vertikálně.

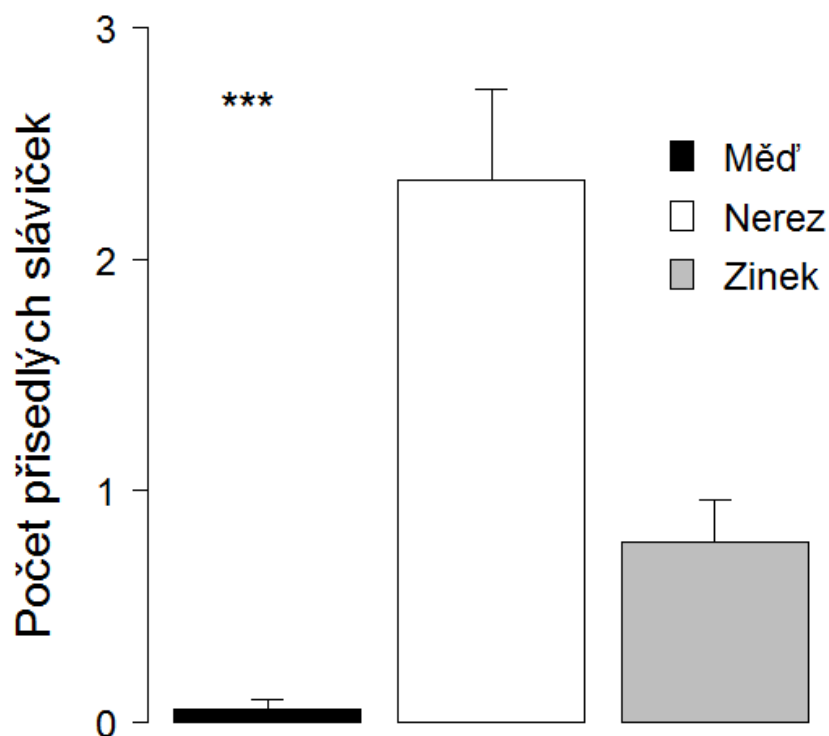
4.1.1 Statistická analýza

Data byla zpracovaná pomocí programu R 3.2.5. (R Core Team 2016). Byl analyzován počet přisedlých sláviček v závislosti na druhu kovového podkladu (Tab. 1), následně s rozdílem rozlišení velikostní třídy (Tab. 2). Byl použit zobecněný lineární model (GLM – generalized linear model), z důvodu diskrétních čísel, které nesplňují potřeby pro ANOVU (Tab. 3). Odhady průměrů (Kof.) a střední chyby (SE) jsou na logaritmické škále (link funkce pro GLM s Poissonovou distribucí). Zinek je zde použit jako referenční hladina. P-hodnoty značí signifikanci rozdílů mědi a nerezů od zinku.

Tab. 1: GLM s Poissonovou distribucí

Kovový podklad	Kof.	SE	P-hodnota
Zinek	-0,25	0,2	-
Měď	-2,78	0,717	< 0,001
Nerez	0,85	0,116	< 0,001

Grafické znázornění průměrného počtu a střední chybu průměru přisedlých sláviček na kovových podkladech – měděný, nerezový a pozinkovaný (Obr. 6). Rozdíly mezi skupinami byly vysoce průkazné (***) značí $P < 0,001$; zobecněný lineární model s Poissonovou distribucí).



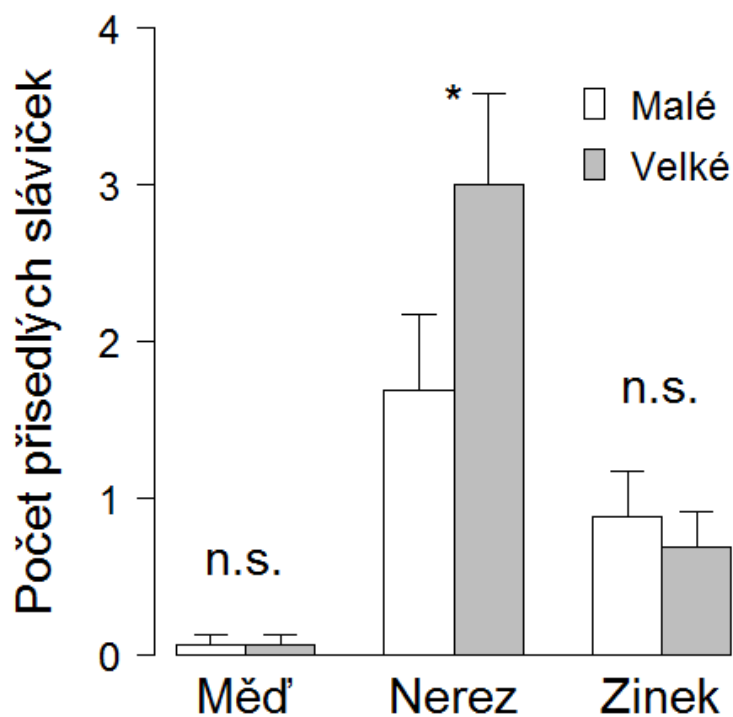
Obr. 6: Grafické znázornění přisedlosti sláviček na kovové materiály

Data byla analyzována zobecněným lineárním modelem s Poissonovou distribucí (GLM). Vliv velikosti sláviček (malé nebo velké) na přisedání byl testován pro každý kovový podklad zvlášť (měď, nerez, zinek). Deviance, což je statistika stanovující kvalitu proložení dat modelem, stupně volnosti (d. f.) a P-hodnota jsou uvedeny v tabulce 2. Počet opakování pro každý kovový podklad je $n = 32$. Neprůkazné rozdíly jsou uvedeny jako n.s. (not significant).

Tab. 2: Velikostní rozlišení sláviček v přisedlosti na kovové podklady

Kov	Deviance	d.f.	P-hodnota
a) měď			
velikost (malé vs. velké)	0	1	n.s.
b) nerez			
velikost (malé vs. velké)	5,96	1	0,01
c) zinek			
velikost (malé vs. velké)	0,36	1	n.s.

Na obrázku 7 jsou znázorněny rozdíly v úspěšnosti přisedání malých a velkých sláviček na třech kovových podkladech (měď, nerez, zinek). Výšky sloupců značí průměry, vertikální čáry jsou střední chyby průměru. Rozdíly byly statisticky vyhodnoceny zobecněným lineárním modelem (GLM) s Poissonovou distribucí (* značí $P = 0,01$; n.s. znamená neprůkazný rozdíl).



Obr. 7: Rozlišení v úspěšnosti přisednutí na kovový podklad malých a velkých jedinců.

4.2 Experiment II.

Po aplikaci laku na nehty se u týdenního pozorování nezjistilo žádné omezení pro slávičky. Slávičky byly schopné se přichytit i přímo na nanesený lak, bez jakýchkoli negativních známek. Za tímto účelem bylo použito 100 jedinců, k úmrtí došlo pouze u jednoho jedince a můžeme usuzovat, že úmrtí nemělo spojitost s experimentem.

Značení sláviček za pomoci dekorativních laků na nehty se prokázalo jako vhodné na experimenty s kratší dobou trvání. Laky se zhruba po týdnu začínaly odlupovat. Vzhledem k potřebě tří dnů pro pozorování za pomoci web-kamer se použité značení osvědčilo.

4.3 Experiment III.

V tomto experimentu bylo hodnoceno snímkování za pomoci web-kamer. Výsledky o přisedání na vybrané kovové podklady byly zpracovány v rámci vyhodnocení experimentu I.

Zinek

Malé slávičky byly pohyblivější. Někteří jedinci se dali do pohybu ihned po umístění na kovový podklad. Do patnácti minut po umístění sláviček na plech vykazovaly alespoň pohyby na místě. Slávičky, které byly v pohybu, přelézaly po kovovém podkladu na sklo akvária a zase zpět.

Velké slávičky nebyly natolik pohyblivé, jako malé slávičky. Jedinci sláviček, velikostně velké, měli častější tendenci se shlukovat k sobě na kovovém podkladu.

Za pomoci noční kontroly bylo zjištěno, že obě velikosti sláviček se za tmy přemístily mimo své předchozí místo. Některé slávičky se přemístily pryč z kovového podkladu, nebo se na kovovém podkladu seskupily k sobě, některé se pouze posunuly

přibližně centimetr k vedlejší slávičce. Opět přes noc byly pohyblivější menší sláviček a přesunuly se na větší vzdálenost.

V průběhu celého dne nebyl zaznamenán žádný výrazný pohyb sláviček. Někteří jedinci z malých velikostí se pouze pootočily na místě.

Noční kontrola prokázala, že se uskutečnily pohyby tří sláviček (z celkového počtu 80 jedinců) v přemístění z kovového podkladu na sklo akvária. V průběhu snímání v patnáctiminutové kontrole nebyl zaznamenán pohyb. Od patnáctiminutové kontroly do konce experimentu se již neuskutečnil žádný pohyb sláviček.

Nerez

Slávičky se neprojevovaly natolik aktivně, jako u zinku. Nebyly pozorovány ani výrazné rozdíly mezi malými a velkými jedinci. Jen málo sláviček mělo tendenci opustit kovový podklad.

Po nočním režimu slávičky změnilly své původní pozice cca o jeden centimetr, především směrem k ostatním slávičkám.

Více méně se po celý experiment slávičky pootáčely, či mírně posunovaly, kolem původního místa položení.

Měď

Někteří malí jedinci sláviček se začali ihned po zahájení experimentu pohybovat. Slávičky zde ovšem měly tendenci po přestupu na sklo se zase navrátit ke kovovému podkladu.

U větších jedinců sláviček se projevoval pouze mírný či až nepatrný pohyb. Slávičky větších jedinců měly tendenci se seskupit k sobě, ale neslézaly z povrchu.

Po prvním úseku tmy se slávičky mírně posunuly, až na šest jedinců z celkového počtu 80 sláviček. Do konce experimentu slávičky neprojevily pohyb.

Celkově se slávičky na mědi projevovaly pohyblivostí pomaleji než u předešlých kovových podkladů. Zde byla zjištěná zvláštnost, že když se pohybovaly kolem jiné slávičky, narazily do ní, někdy u ní zůstaly a pak pokračovaly dále.

Kontrola

V experimentu slávičky projevovaly malé pohyby na místě, již tři minuty po zahájení experimentu. Po čtyřech minutách experimentu jeden malý jedinec změnil původní pozici. Po půl hodině od zahájení experimentu všech dvacet jedinců pro kontrolní akvárium vykazovalo alespoň malý pohyb. V noční kontrole byla prokázána změna pozic některých sláviček. V patnáctiminutové noční kontrole nebyl zaznamenán pohyb sláviček. Ve zbylých cca šesti a půl hodinách noci opět některé změnilly předcházející pozici. Během celého dne se slávičky nepřemístily. Noční kontrola opět prokázala aktivitu jedné slávičky. Přes den zaznamenaná další aktivita nebyla.

5 DISKUZE

Podle nespočtu studií, které probíhají od prvních invazí slávičky mnohotvárné a to nejen u nás, je cílem mnoha výzkumů zajistit účinná opatření před škodlivými vlivy právě tohoto živočicha. U nás byla slávička poprvé objevena v roce 1892 u Ústí nad Labem, a to jenom z důvodu nízké hladiny vody v Labi. Velkou část rozšíření měla za následek lodní doprava s Německem. Mnohdy české lodě kotvily v německých přístavech za účelem prodeje zboží i více let a následně se kvůli opravám vracely zpět. Tudíž slávičky měly velmi dlouhou dobu k osídlení nejen trupu lodí. Zajisté tomu napomohla i pravidelná lodní doprava (Blažka, 1893).

Slávičky mohou být pro nás i přínosem. Jsou velmi tolerantní k okolnímu prostředí, mají schopnosti bioindikace a čištění vod, např. jak je uvedeno ve výzkumu Carrasco, et al., 2008 při vyhodnocení rtuti v odpadních průmyslových vodách. V takových situacích je se správným zabezpečením mnohem vhodnější poskytnout jim materiály pro jejich přirozené přisednutí. Je ale také nezbytností nalézt způsob kvalitní ochrany před přisedáním sláviček na technické zařízení, kde páchají nemalé škody.

V souvislosti s problematikou vhodného opatření proti přisedání sláviček proběhly v rámci této práce experimenty, které byly zaměřeny na to, jak bude slávička reagovat na vybrané kovové materiály.

Experiment I, potvrdil, že je pro slávičky přirozené se přichycovat na jakékoliv materiály. V kontrolním akváriu přisedlo 97,5 % jedinců. Jedinci sláviček v akváriu s pozinkovaným a nerezovým materiálem se také ve velké míře přemístili na skla akvária. U pozinkovaného materiálu činí přisednutí jedinců 57,81 % a u nerezového podkladu 56,56 %. Zde hraje důležitou roli charakteristika podkladu. Na nerezový podklad přisedlo nejvíce jedinců a to 23,43 %. Na pozinkovaný materiál přisedlo 7,8 % jedinců. Ovšem na měděný podklad přisedli pouze 2 jedinci v posledním opakování experimentu, tedy 0,625 % jedinců bylo schopno se přichytit byssovými vlákny na měděný podklad. Měď také vykazovala největší úmrtnost jedinců a to 14,375 % jedinců, zatímco na nerezový podklad, na který přisedali nejvíce, byla úmrtnost sláviček pouze 3,125 %. Celkové procentuální zastoupení jedinců je uvedeno v tabulce 5 v příloze. Měděný podklad tedy i v krátkých experimentech vykazoval toxické působení pro vodní organismy, jak uvádí i literatura Velíšek, et al., 2014. Kobak, et al., 2002 uvádějí, že v jejich sedmidenních experimentech nepřežil do konce experimentu na měděném podkladu žádný jedinec.

Jaroslav Kobak ve své práci: *Recruitment and small-scale spatial distribution of Dreissena polymorpha (Bivalvia) on artificial material* uvádí, že možností nepřesných informací v porovnání s dalšími experimenty, např. Raju, et al., 1998 by mohla mít za následek doba trvání experimentu. Důvodem je možnost změny podkladu chemickým vlivem. Následek změny se zvyšuje s časovým působením a tvorbou biofiltrů na studovaném podkladu či výskytu jiných organismů. Pro zamezení nežádoucího působení byly zvoleny třídní experimenty, které probíhaly v laboratorních podmínkách, aby nedošlo k jakémukoli narušení sláviček v přisedání na zkoumané materiály. Vybrané kovové materiály ale nebyly vyměňovány za nové. Mohlo by tak dojít k narušení struktury povrchu kovu. Z důvodu možnosti změny podkladu mohly mít slávičky ve čtvrtém opakování lepší podmínky k přichycení na podklad. Pro slávičky je charakteristická preference štěrbin, okrajů, rýh a jiných nerovností povrchu před nepřerušovanými a hladkými plochami (Hunter, et al., 1996). Austenitická nerez je odolná proti mechanickému drhnutí, ale narušení povrchu by vysvětlovalo, proč byly mnohdy odlišné výsledky v přisednutí na podklad. Nemohu ale potvrdit, že by byl konkrétně nějaký kovový podklad poškozen, protože ne vždy bylo použito do stejného akvária při opakování experimentu. Podklady byly vždy řádně očištěny a znovu popsány pro lepší orientaci, ale nebyly dodrženy popisky z předešlého experimentu. Toto bych nyní vyhodnotila jako značný nedostatek, a v dalších experimentech bych doporučila zajistit naprostou shodnost v pořadí a použití podkladů.

Ve čtvrtém opakování v experimentu I u nerezového podkladu se slávičky chovaly velmi odlišně než v předešlém vyhodnocování, jak je vidět v tabulce 3 v příloze. Nebyly pozměněné fyzikální podmínky, to by mohly rozdíly vykazovat i slávičky na podkladu z pozinku nebo mědi. Nemyslím si, že bych zvolila méně pohyblivé jedince, protože nerez byl umístěný v pořadí jako druhý kov a nadále v aklimatizačních akváriích zůstávaly slávičky pro možné další použití. Takže má dedukce je, že se po opakovaném přisedání musel změnit, či jinak narušit nerezový podklad a umožnil tak slávičkám větší možnost přisednutí. Ovšem mnozí jedinci nebyli přichycení na nerezový podklad. Podle sledování za pomoci web-kamer se jedinci ani nepohybovali po akváriu. Pro dané chování nemám odůvodnění.

U sláviček mnohotvárných byl proveden experiment pro zjištění síly přichycení k podkladu pomocí byssových vláken. Průměrná naměřená síla sláviček činila hodnotu nižší než 1 N (Kobak, et al., 2009). Tato síla má dle mého názoru za následek schopnost

sláviček odsunout kovový podklad (obr.: 11, 12). Slávičky měly tendenci obcházet hrany kovových podkladů.

Mnoho experimentů poukazuje na to, že slávičky odmítají materiály, které obsahují měď a zinek (Kobak, 2005; Race & Miller, 1992 a, b).

V této práci byl proto zvolen pozinkovaný materiál, abychom zjistili, jaké budou reakce sláviček právě na zinkovou vrstvu na ocelovém podkladě. Úbytek zinkové vrstvy je přirozený jev, který je urychlen působením okolních vlivů. Jak je vidět na fotografii níže, došlo k porušení zinkové ochrany.



Obr. 8: Poškození zinkové vrstvy

Porušení zinkové vrstvy nastalo již v druhém opakování experimentu I. Podklad nese stopy obrysu sláviček, které ani nebyly přichycené byssovými vlákny na podklad. V průběhu opakování, jak je vidět v tabulce 3, docházelo k postupnému nárůstu počtu přichycených jedinců. Základním předpokladem je tedy přímé ovlivnění korozních dějů vytvořením vazby s povrchem. Důsledkem aktivity sláviček na povrchu kovů je koroze kovu ovlivněná jednak chemickými změnami prostředí a jednak v důsledku působením proteinového sekretu.

Boelman, et al., 1997 uvádějí, že v opatření proti přisedání sláviček je vhodné použít materiály se zinkem. Náš experiment prokázal, že pouze pozinkovaná vrstva na materiálu v odpuzování sláviček nestačí. V experimentu byl použit galvanicky pozinkovaný plech. Ke galvanickému zinkování je použita odlišná technologie a výsledné vlastnosti jsou méně odolné proti povětrnostním vlivům, než při žárovém zinkování. Žárové zinkování totiž probíhá v poslední fázi tak, že se ocelové materiály ponoří do roztaveného zinku. Tak dojde na povrchu oceli k vytvoření povlaku od 3 090 mikronů. Takto vyrobené materiály mají dlouho odolnost proti korozi, kde se udává úbytek 13 mikronů za rok. Ocelový materiál je pokryt po celé ploše ve stejné vrstvě a je odolná proti vlivům. Galvanické zinkování neboli elektrolytické zinkování, je metoda galvanického pokovování elektrolýzou. Ocelový materiál se zavěsí do vodního roztoku zinečnaté soli a zapojí se jako katoda. Používá se rozpustná anoda čistého zinku, který se nanáší jako povlak na katodu. Za použití elektrického proudu se ionty kovu vyloučí na katodu. Běžná vrstva zinku galvanizací je 58 mikronů (Mohyla, 1995; Kraus, 2000).

Pro časové urychlení experimentu, byl zvolen typ galvanického pozinkování, protože i u žárového pozinkování postupem času materiál ztratí zinkovou vrstvu. Pro lodní kotevní řetězy jsou použity žárové zinkované řetězy. Je však prokázáno přisednutí sláviček i na lodní řetězy.

V experimentu III byla pozorovaná slávička malé velikosti na pozinkovaném podkladu, která očividně hledala vhodné místo na přisednutí. Prolezla celou plochu akvária a několikrát přešla po zinkovém podkladě. Před zhasnutím se slávička stále pohybovala. V půlnoční kontrole byla slávička umístěná z boku u kovového podkladu. Nicméně nemohu hodnotit, zda byla slávička přisedlá či nikoli. U kovového podkladu zůstala slávička celý den. Slávička se nepohnula ani po dobu tmy, ani následující den. V době ukončení výzkumu byla slávička přisedlá na skle akvária u kovového podkladu. Z tohoto chování lze usuzovat, že slávička hledala vhodné místo k přichycení, jak už bylo zmíněno výše, preferují okraje a další nerovnosti u povrchů.

Při kontrolním stanovení úmrtnosti jedinců v experimentu I byly slávičky po vytažení z experimentálního akvária přesunuty do nové dechlorované vody. Protože slávičky filtrují neustále a to i při plném nasycení, začaly ihned otevírat lastury. Slávičky, které byly v experimentu na měděném podkladu, začínaly filtrovat později. Také po mechanickém kontaktu s lastury se uzavíraly znatelně pomaleji. Slávičky vytažené

z komor ze zinku a nerezi toto chování nejevily a jejich reakce nevykazovaly žádné znatelné odlišnosti od běžných reakcí. U měděného podkladu byly zaznamenány odlišnosti v rychlosti reakce slávičky na dotyk a mnohdy i opakovaném dotyku na lasturu. Z toho důvodu usuzují, že měděný povrch by byl pro slávičky toxický a po delší době dochází k úhynu (Kobak, et al., 2002).

Z důvodu nezaznamenání pohybu sláviček v noční kontrole a ani následné části k ránu, mohou jen usuzovat, že pohyby sláviček se uskutečnily v úseku cca šesti hodin po nastolení tmy. Následující den sice již nebyly zaznamenány žádné hromadné velké pohyby, ale potvrdilo se, že mladí jedinci jsou aktivnější. Podle kontrolního měření přisedlosti se také potvrdilo dle Uvíra, et al., 2009, schopnost jedinců se od substrátu oddělit a následně se přichytit na jinou pozici v akváriu.

V experiment III, při pozorování pohybu sláviček, byl zvolen cenově nejjednodušší způsob pozorování. Pro zachycení snímku byla tato metoda vhodná. Fotografie nebyly znehodnocovány vzduchováním a pohyby sláviček byly dobře viditelné (Obr. 10). Pro potřebu lepšího přiblížení bych doporučila použít více kamer. Web-kamerový systém, ale nebyl schopen zachytit slávičky po dobu nočního režimu. Pro nutnost tohoto měření by bylo zapotřebí použití infrakamer.

Značení jedinců sláviček za pomoci laku na nehty není samozřejmě optimální k použití v terénu. Při sledování jsme zvolili web-kamery, které také nejsou použitelné v terénních podmínkách. Literatura Mehler, et al., 2016 uvádějí nové použití v USA v terénních podmínkách pro prostorové rozložení sláviček v tocích. Nyní se nově používá sonarová technologie a analýza podvodních snímků. Vznikají tak videa a statické snímky výskytu sláviček, které napomáhají ve vytváření modelů pro lokality vhodné k invazi sláviček. Naše velmi zjednodušená metoda pozorování pohybu se ale osvědčila a vznikly jednoduchým systémem snímkové záběry se znatelným zaznamenáním pohybu sláviček v akváriích. Z těchto snímků byly snadno vyhodnoceny reakce a pohyby jedinců.

6 ZÁVĚR

Tato práce se zaměřila na invazně úspěšné slávičky mnohotvárné. V laboratoři se analyzovala jejich schopnost přichytit se byssovými vlákny k vybraným kovovým podkladům. Byly vybrány tři kovy, které se používají v technologických zařízeních nebo jsou hodnoceny jako významná opatření proti přisednutí jedinců sláviček. Jako podklad byl aplikován nerez, pozink a měď. Materiály byly otestovány v laboratorních podmínkách za použití akvaristické techniky.

U experimentu I bylo do akvárií umístěno celkově 1 040 jedinců. V průběhu čtyř cyklů se prokázala schopnost sláviček přisednout na pozinkovaný a nerezový materiál. Měděný podklad se projevil jako nevhodný, jelikož slávičky na něm nevykazovaly žádnou reakci. Můžeme předpokládat, že výsledky poukazují na nevhodnost použít pozinkovaný materiál jako opatření proti přisedání slávičky. Tímto mohou urychlit proces koroze a tak po narušení pozinkované vrstvy se na tento povrch přichytit. Bylo by vhodné se danou problematikou zabývat v dalších experimentech, aby se minimalizovaly rizika ohrožení vodních elektráren a dalších hydrotechnických zařízení. Protože je očividné, že slávička napomohla k narušení kovového povrchu.

V experimentu II bylo provedeno označení 100 jedinců pomocí dekorativních laků na nehty. Nebylo zde zjištěno žádné omezení či negativní působení laků na jejich lastury. Toto značení bylo využito v experimentu III pro lepší sledovanost jedinců za pomoci web-kamer. Web-kamery se velmi osvědčili pro laboratorní pozorování jedinců. Tato metoda je levná a nenáročná na údržbu provozu. Velmi kladně bych hodnotila možnost pořizování snímku a dalších nastavení.

Slávičky v České republice stále více způsobují komplikace u technických zařízení, a je tedy prioritou používat materiály, které nejsou přijatelné pro přisednutí sláviček. Z hlediska obecných závěrů nad schopností přisedání sláviček na vybrané materiály práce prokázala, že slávičky nejsou schopné přisednout na měděný materiál.

Výstupem statistické analýzy byly průkazné rozdílnosti mezi preferencí sláviček jednotlivými materiály.

7 LITERATURA

Afanasyev S., et al., (2005): Technology for eliminating Dreissena biofouling in hydrofacilities. Water Quality Research Journal of Canada. Canada: 142-148.

Beran L., (1998): Vodní měkkýši ČR. Metodika ČSOP. Vlašim (17): 113pp. ISBN 8090246994x.

Beran L., (2002): Vodní měkkýši České republiky - rozšíření a jeho změny, stanoviště, šíření, ohrožení a ochrana, červený seznam. Sborník přírodovědeckého klubu v Uh. Hradišti (10): 258pp. ISBN 80-86485-05-6.

Bervoets L., Vlete J., Smolders R., Blust R., (2005): Metal accumulation and condition of transplanter zebra musel (*Dreissena polymorpha*) in metal polluted rivers. *Aquatic Ecosystem Health & Management* 8 (4) : 451-460.

Birnbaum Ch., (2011): NOBANIS – Invasive Alien Species Fact Sheet – *Dreissena polymorpha* [online]. Database of the European Network on Invasive Alien Species. [Cit. 13.4.2017]. Zdroj: https://www.nobanis.org/globalassets/speciesinfo/d/dreissena-polymorpha/dreissena_polymorpha.pdf

Blažka F., (1893): Do Čech zavlečená slávka: *Dreissena polymorpha* Pall. Vesmír 22 (15): 177-178.

Boelman S. F., et al., (1997): Zebra Mussel (*Dreissena polymorpha*) control handbook for facility operators. U.S. Army engineer waterways experiment station. Port Royal road: 93pp.

Bonner T. P. & Rockhill R. L., (1994): Ultrastructure of byssus of the zebra mussel (*Dreissena polymorpha*, Mollusca: Bivalvia). Transactions of the American Microscopic Society (113): 302-315.

Borcherding J., (2006): Ten years of practical experience with the Dreissena-Monitor, a biological early warning system for continuous water quality monitoring. *Hydrobiologia* (556): 417-426.

Bryja J. & Zukal J., (2003): Zoologické dny Brno. Sborník abstraktů z konference 13.-14. února 2003. Ústav biologie obratlovců AV ČR, Brno. 1. vydání. ISBN 80-239-0073-0

- Burlakova L. E., Karatayev A. Y., Molloy D. P., (1998):** Field and laboratory studies of Zebra mussel (*Dreissena polymorpha*) infection by the Ciliate *Conchophthirus acuminatus* in the Republic of Belarus. *Journal of Invertebrate Pathology* 71 (3): 251-257.
- Burlakova L. E., Karatayev A. Y., Padilla D. K., (2000):** The impact of *Dreissena polymorpha* (Pallas) invasion on unionid bivalves. *International Review of Hydrobiology* (85): 529–541.
- Carlton J. T., (1999):** Molluscan invasions in marine and estuarine communities. *Malacologia* (41): 439-454.
- Carrasco L., et al., (2008):** Assessment of mercury and methylmercury pollution with zebra mussel (*Dreissena polymorpha*) in the Ebro River (NE Spain) impacted by industrial hazardous dumps. *Science of the total environment* (407): 178-184.
- Cibulka J., et al., (1991):** Pohyb olova, kadmia a rtuti v biosféře. Academia, Praha: 427pp. ISBN 80-200-0401-7.
- Commonwealth of Massachusetts (2017):** Energy and Environmental Affairs. Zebra Mussels Life History [online]. Division of Fisheries & Wildlife [Cit. 15.4.2017]. Zdroj: <http://www.mass.gov/eea/agencies/dfg/fba/zebra-mussels.html#>
- Deval L. P., et al., (2010):** Stop the spread of zebra mussels: *Dreissena polymorpha*: an invasive mussel. Massachusetts. Department of Conservation and Recreation. Lakes and Ponds Program: 2pp.
- Faria M., et al., (2010):** Contaminant accumulation and multi-biomarker responses in field collected zebra mussels (*Dreissena polymorpha*) and crayfish (*Procambarus clarkii*), to evaluate toxicological effects of industrial hazardous dumps in the Ebro river (No Spain). *Chemosphere* 78(3): 232-240.
- Geriš R. & Jahodová D., (2015):** Orientační sledování fytoplanktonu rekreačních nádrží v povodí Moravy v roce 2015. *Biologie rekreačních nádrží. Ročenka 2014/2015*: 17pp
- Griffiths R. W., et al., (1991):** Distribution and dispersal of the zebra mussel (*Dreissena polymorpha*) in the Great Lakes region. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 48 (8): 1381-1388.
- Hekera P.,** Osobní sdělení doktora (univerzita Palackého v Olomouci, Šlechtitelů 11) dne 24. dubna 2017.

Horsák M., et al., (2009): Impact of reservoirs and channelization on lowland river macroinvertebrates: A case study from Central Europe. *Limnologica* (39): 140–151.

Horsák M., Juříčková L., Pícka J., (2013): Měkkýši České a Slovenské republiky: Molluscs of the Czech and Slovak Republics. Kabourek, Zlín: 159-160. ISBN 978-80-86447-15-5.

Hunter R. D., et al., (1996): Zebra mussels in a small river: Impact on unionids. Sixth International Zebra Mussel and Other Aquatic Nuisance Species Conference, Dearborn, MI.

Charvát H., (2004): Indianapolis Star: "Zóny smrti" zůstávají po nezodpovědné lodní dopravě [Online]. Ekolist.cz [Cit. 20.4.2017]. Zdroj: <http://ekolist.cz/cz/zpravodajstvi/zpravy/indianapolis-star-quotzony-smrti-quot-zustavaji-po-nezodpovedne-lodni-doprave>

Chase R. & McMahon R. F., (1995): Effects of starvation at different temperatures on dry tissue and dry shell weights in the Zebra mussel, *Dreissena polymorpha* (Pallas). University of Texas at Arlington. Department of Biology. Technical report (4): 23pp.

Invasive Species Specialist Group (2017): Global Invasive Species Database [Online]. Italy [Cit. 11.4.2017]. Zdroj: <http://www.iucngisd.org/gisd/search.php>

Kalina M., (2004): Kompostování a péče o půdu. Grada Publishing a.s. Česká zahrada: 116pp. ISBN 80-2476-4342.

Karatayev A. Y., et al., (1998): Physical factors that limit the distribution and abundance of *Dreissena polymorpha* (Pall.). *Journal of Shellfish Research*, 17 (4): 1219–1236.

Kobak J., Klosowska M., Wisniewski R., (2002): Impact of copper substrate on survival, mobility and attachment strength of adult *Dreissena polymorpha* (Pall.). *Folia Malacologica* 10 (2): 91-97.

Kobak J., (2004): Recruitment and small-scale spatial distribution of *Dreissena polymorpha* (Bivalvia) on artificial materials. *Archiv für Hydrobiologie* 160 (1): 25-44.

Kobak J., (2005): Recruitment and distribution of *Dreissena polymorpha* (Bivalvia) on substrates of different shapes and orientation. *International Review of Hydrobiology* 90 (2): 159–170.

Kobak J., et al., (2009): Effect of attachment status and aggregation on the behaviour of the zebra mussel *Dreissena polymorpha*. *Journal of Molluscan Studies* (75): 119-126.

- Kostkan V. & Rulík M., (2013):** Chomoutovské jezero u Olomouce–revitalizace versus samovolný vývoj. Sborník z konference Jezera a mokřady ve zbytkových jámách po těžbě nerostů (16): 85-88.
- Koželský J., (2016):** Podvodníci na Žernovce. Obecní zpravodaj pro Mukařov, Srbín a Žernovku 2 (3): 12pp.
- Kraus V., (2000):** Povrchy a jejich úpravy. 1. vyd. Západočeská univerzita, Plzeň: 216pp. ISBN 80-708-2668-1.
- Lewandowski K., (1976):** Unionidae as a substratum for *Dreissena polymorpha* Pall. Polskie Archiwum Hydrobiologii 23 (3): 409–420.
- Lewandowski K., (2001):** Development of populations of *Dreissena polymorpha* (Pall.) in lakes. Folia Malacologica 9 (4):171-216.
- Lorencová E., (2014):** Invazní druhy vodních měkkýšů v České republice. Bakalářská práce, ústav botaniky a zoologie, Přírodovědecká fakulta, Masarykova univerzita Brno, v češtině
- Ložek V., (2004):** Vetřelci o jedné noze. Expanze a invaze plžů i mlžů. Vesmír (83): 558-561.
- Mackie G. L., (1991):** Biology of the exotic zebra mussel, *Dreissena polymorpha*, in relation to native bivalves and its potential impact in Lake St. Clair. Hydrobiologia (219): 251–268.
- Mackie G. L., Gibbons W. N., Muncaster B. W., Gray I. M., (1989):** The zebra mussel, *Dreissena polymorpha*: A synthesis of European experiences and a preview for North America. Report prepared for Water Resources Branch, Great Lakes Section. Available from Queen's Printer for Ontario. ISBN 0-7729-5647-2.
- Machač O., (2008):** *Dreissena polymorpha* - slávička mnohotvárná [online]. Natura Bohemica/příroda České republiky [Cit. 10.4.2017]. Zdroj: <http://www.naturabohemica.cz/dreissena-polymorpha/>
- Mehler K., et al., (2016):** Sonar technology and underwater imagery analysis can enhance invasive *Dreissena* distribution assessment in large rivers [online]. Hydrobiologia: 1-13. [Cit. 9.4.2017] Zdroj: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10750-016-3040-z>

- Melicherčíková V., Škaloud J., Kočíšová A., (2016):** Konference XII. – 2016 Přívorovy dny. Zprávy centra epidemiologie a mikrobiologie. Informace z NRL a odborných pracovišť SZÚ, Praha 25 (5): 181-184.
- Minchin D., Lucy F., Sullivan M., (2002):** Zebra mussel: impacts and spread. In Invasive aquatic species of Europe. Distribution, impacts and management. Springer Netherlands: 135-146.
- Mlíkovský J. & Stýblo P., (2006):** Nepůvodní druhy fauny a flóry České republiky. Praha ČSOP: 496pp. ISBN 80-86770-17-6.
- Mohyla M., (1995):** Technologie povrchových úprav kovů. 1. vyd. VŠB, Ostrava: 151pp. ISBN 80-707-8267-6.
- Molloy D. P., et al., (2013):** Pseudomonas fluorescens strain CL145A – a biopesticide for control of zebra and quagga mussels (Bivalvia: Dreissenidae). Journal of Invertebrate Pathology (113): 104-114.
- Morávek O., (2017a):** Chomoutovské jezero [online]. Sagittaria – Sdružení pro ochranu přírody střední Moravy. [Cit. 25.4.2017] Zdroj: http://www.sagittaria.cz/cs/piskovny-chomoutovske_jezero
- Morávek O., (2017b):** Poděbrady [online]. Sagittaria – Sdružení pro ochranu přírody střední Moravy. [Cit. 25.4.2017] Zdroj: <http://www.sagittaria.cz/cs/piskovny-podebrady>
- Muskó I. B. & Bakó B., (2005):** The density and biomass of Dreissena polymorpha living on submerged macrophytes in Lake Balaton (Hungary). Archiv für Hydrobiologie (162): 229-251.
- Ng M., (2016):** The effects of thermal acclimation on feeding rates and thermal tolerance in the invasive zebra mussel (Dreissena polymorpha) in Lake Champlain VT, USA. mUVM honors college senior theses.
- O'Neill Ch. R. Jr., (1997):** Economic impact of zebra mussels- results of the 1995 National Zebra Mussel Information Clearinghouse Study. Great Lakes Research Review 3 (1): 35-44.
- Padilla D., (1997):** The effects of Dreissena polymorpha (Pallas) invasion on aquatic communities in eastern Europe. Journal of Shellfish Research (16): 187-203.
- Pickering J., et al., (2012):** Global Mapper zebra mussel. University of Florida Malacology [Online]. @ Field Museum of Natural History, [Cit. 15.4.2017]. Zdroj: <http://www.discoverlife.org/mp/20m?kind=Dreissena+polymorpha&flags=glean>

Pichlová R., (2004): Velká jezera a člověk – aneb o antropogenních vlivech, vědeckém bádání a věcech souvisejících. Limnologické noviny. Česká limnologická společnost, Praha (2): 12pp. ISSN 1212-2920.

Pilous V., (2012): Svařování konstrukcí z korozivzdorných ocelí ve shodě s ČSN EN 1011-3 [online]. Odborný časopis pro stavebnictví a strojírenství [Cit. 21.4.2017] Zdroj: <http://www.konstrukce.cz/clanek/svarovani-konstrukci-z-korozivzdornych-oceli-ve-shode-s-csn-en-1011-3/>

Pomykačová I., et al., (2007): Kovy a související látky v pitné vodě: Výskyt mědi v pitné vodě v České republice. In: Projekt Meteau: výroční zpráva [online]. Zdravotnický ústav, Ostrava. Zdroj: http://meteau.cz/zpravy/2007/zprava_cu_2007.pdf

Race T. & Miller A. C., (1992 a): Copper-based marine antifoulants. – Zebra Mussel Technical Notes Collection, U. S. Army Engineer Research & Development Center, Vicksburg: 2pp.

Race T. & Miller A. C., (1992 b): Zinc rich paints. – Zebra Mussel Technical Notes Collection, U. S. Army Engineer Research & Development Center, Vicksburg: 2pp.

Ray J.W. & Corkum L.D., (1997): Predation of zebra mussels by round gobies, *Neogobius melanostomus*. Environmental Biology of Fishes (50): 267 – 273.

Ricciardi A., Whoriskey F. G., Rasmussen J. B., (1996): Impact of the *Dreissena* invasion on native unionid bivalves in the upper St. Lawrence River. Canadian journal of fisheries and aquatic science 53 (6): 1434-1444.

Richman L. & Somers K., (2005): Can we use zebra and quagga mussels for biomonitoring contaminants in the Niagara River? Water, Air, & Soil Pollution (167): 155-178.

Rosenberg G. & Huber M., (2011): *Dreissena polymorpha*. In: MolluscaBase (2017). [Online]. World Register of Marine Species. [Cit. 20.4.2017]. Zdroj: <http://www.marinespecies.org/aphia.php?p=taxdetails&id=181566>

Rzepecki L. M. & Waite J. H., (1993): The byssus of the zebra mussel, *Dreissena polymorpha*. I: morphology and in situ protein processing during maturation, Molecular Marine Biology and Biotechnology (2): 255-266.

Sedlák E., (2005): Zoologie bezobratlých. Masarykova univerzita, 2. přeprac. vyd. Brno: 336pp. ISBN 80-210-2892-0.

- Solaříková I., (2015):** Přehradu čistí od mušlí. [online]. Pražská vodohospodářská společnost a.s. Vodohospodářství regiony. [Cit. 10.4.2017] Zdroj: <http://www.pvs.cz/media/index.php?wkt=pvs3&wdpzo=27.4.2015&wdpzd=27.4.2015>
- Sousa R., Pilotto F., Aldridge D. C., (2011):** Fouling of European freshwater bivalves (Unionidae) by the invasive zebra mussel (*Dreissena polymorpha*). *Freshwater Biology* 56 (5): 867-876.
- Štefáček S., (2010):** Encyklopedie vodních ploch Čech, Moravy a Slezska, Jezero Chomoutov. Nakladatelství Libri, Praha: 97pp. ISBN 978-80-7277-440-1.
- Taševská B., (2014):** Zavlečený mlž čistí nádrže, ohrožuje tak ale další živočichy ve vodě [online]. *Idnes.cz*. [Cit. 20.4.2017] Zdroj: http://olomouc.idnes.cz/zavlecena-slavicka-mnohotvarna-ohrozuje-na-olomoucku-ekosystemy-vodnich-nadrzi-ggp-/olomouc-zpravy.aspx?c=A140926_2102968_olomouc-zpravy_stk
- Thorp J. H., DeLong M. D., Casper A. A. F., (1998):** In situ experimenty na dravé regulaci a mlže (*Dreissena polymorpha*) v Mississippi a Ohio řeky. *Sladkovodní biologie* (39): 649-661.
- Uvíra V., et al., (2009):** Slávička mnohotvárná (*Dreissena polymorpha*) v zatopených pískovnách a lomech na Moravě. *Limnologické noviny*. Česká limnologická společnost, Praha (2): 16pp. ISSN 1212-2920.
- Velecká I., Uvíra V., Bartoš M., (2003):** Rozvoj populace slávičky mnohotvárné (*Dreissena polymorpha*, Pallas) v pískovně Poděbrady u Olomouce. *Zoologické dny*. Sborník abstraktů z konference 13.-14. Února. Brno: 244pp.
- Velišek J., et al., (2014):** Vodní toxikologie pro rybáře. Jihočeská univerzita, Fakulta rybářství a ochrany vod. České Budějovice: 600pp. ISBN 978-80-87437-89-6.
- Wiktor J., (1969):** The biology of *Dreissena polymorpha* (Pall.) and its ecological importance in the Firth of Szczecin. *Stud. Mat. MIR Gdyni* (5): 1-88.
- Woodward S. L. & Quinn J. A., (2011):** Encyclopedia of invasive species: from Africanized honey bees to zebra mussels. (ebook), ABC-CLIO, California: 764pp. ISBN 978-0-313-38221-5.
- Zpravodaj o vodě, redakční rada (2015):** Slávička mnohotvárná poškozuje technologická zařízení MVE Nové Mlýny (rozhovor). *Povodí Moravy, s.p.* Brno (3): 25-27.

Žabička Z., (2013): Problémy pozinkovaného ocelového potrubí [online]. Technické zariadenia budov. TPS Brno [Cit. 25.4.2017] Zdroj: <https://www.asb-portal.cz/tzb/zdravotni-technika/problemy-pozinkovaneho-oceloveho-potrubu>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ

M	Malý - jedinec o velikosti od 1 do 1,5 cm
V	Velký - jedinec o velikosti od 1,6 do 2 cm
Zinek	Pozinkovaný plech
VEL	Velikost
NKP	Nepřisedlá na kovovém podkladě
PKP	Přisedlá na kovovém podkladě
NMPK	Nepřisedlá na kovovém podkladě
PMKP	Přisedlá mimo kovový podklad
VER	Vertikálně přisedlá
FILT	Filtrující
ZAV	Zavřená lastura
KON	Kontrola

TABULKY

Tab. 3: Výsledná měření experimentu I:

KOV-kovový materiál; VEL-velikost lastury; NPK-nepřisedlá na kovovém podkladě; PKP-přisedlá na kovovém podkladě; NMPK-přisedlá mimo kovový podklad; PMKP-přisedlá mimo kovový podklad; VER-vertikálně přisedlá; FILTR-filtrující jedinec; ZAV-zavřená lastura; ÚHYN-uhynulý jedinec; Kon-kontrola

MĚŘENÍ	KOV	VEL	NKP	PKP	NMPK	PMKP	VER	FILTR	ZAV	ÚHYN
1	Zinek	M	1	0	2	5	2	7	3	5
2	Zinek	V	7	0	1	2	0	7	3	
3	Zinek	M	2	2	1	5	0	10	0	
4	Zinek	V	5	0	1	4	0	5	5	
5	Zinek	M	1	0	2	4	3	7	3	
6	Zinek	V	2	0	1	5	2	8	2	
7	Zinek	M	3	0	0	3	4	7	3	
8	Zinek	V	7	0	1	2	0	5	5	
9	Zinek	M	4	2	1	3	0	7	3	1
10	Zinek	V	5	0	1	1	3	9	1	
11	Zinek	M	4	0	4	1	1	6	4	
12	Zinek	V	6	0	2	1	1	4	6	
13	Zinek	M	3	0	2	2	3	5	5	
14	Zinek	V	1	0	2	5	2	9	1	
15	Zinek	M	3	0	0	6	1	7	3	
16	Zinek	V	2	2	0	4	2	10	0	
17	Zinek	M	0	1	1	5	3	8	2	4
18	Zinek	V	1	1	1	7	0	5	5	
19	Zinek	M	1	2	2	3	2	7	3	
20	Zinek	V	1	1	2	5	1	8	2	
21	Zinek	M	3	0	0	7	0	7	3	
22	Zinek	V	0	0	2	8	0	10	0	
23	Zinek	M	0	0	1	8	1	9	1	
24	Zinek	V	1	2	0	6	1	0	10	
25	Zinek	M	2	4	0	4	0	0	10	6
26	Zinek	V	5	1	0	4	0	0	10	
27	Zinek	M	1	1	0	7	1	8	2	
28	Zinek	V	1	2	1	5	1	3	7	
29	Zinek	M	0	1	0	7	2	1	9	
30	Zinek	V	1	0	1	6	2	9	1	
31	Zinek	M	2	1	1	5	1	5	5	
32	Zinek	V	1	2	1	5	1	8	2	
1	Nerez	M	1	1	0	4	4	8	2	2
2	Nerez	V	0	1	0	8	1	10	0	
3	Nerez	M	0	0	1	6	3	10	0	
4	Nerez	V	1	0	2	7	0	7	3	

5	Nerez	M	1	0	0	7	2	9	1	
6	Nerez	V	1	1	0	5	3	10	0	
7	Nerez	M	0	0	0	10	0	7	3	
8	Nerez	V	0	1	0	9	0	6	4	
9	Nerez	M	1	6	0	2	1	8	2	2
10	Nerez	V	0	5	0	4	1	10	0	
11	Nerez	M	0	0	0	8	2	10	0	
12	Nerez	V	0	7	0	3	0	10	0	
13	Nerez	M	0	4	0	6	0	10	0	
14	Nerez	V	1	2	2	5	0	10	0	
15	Nerez	M	0	1	0	6	3	10	0	
16	Nerez	V	0	5	0	5	0	10	0	
17	Nerez	M	0	0	0	6	4	10	0	2
18	Nerez	V	2	1	0	6	1	9	1	
19	Nerez	M	0	1	0	4	5	10	0	
20	Nerez	V	2	0	0	7	1	10	0	
21	Nerez	M	0	1	0	6	3	10	0	
22	Nerez	V	0	4	0	3	3	10	0	
23	Nerez	M	0	0	0	7	3	10	0	
24	Nerez	V	0	7	0	2	1	10	0	
25	Nerez	M	4	3	2	0	1	4	6	4
26	Nerez	V	6	4	0	0	0	2	8	
27	Nerez	M	4	4	1	1	0	1	9	
28	Nerez	V	6	3	1	0	0	0	10	
29	Nerez	M	5	4	1	0	0	0	10	
30	Nerez	V	4	5	1	0	0	0	10	
31	Nerez	M	7	2	1	0	0	2	8	
32	Nerez	V	6	2	0	1	1	5	5	
1	Měď	M	10	0	0	0	0	2	8	12
2	Měď	V	10	0	0	0	0	3	7	
3	Měď	M	9	0	1	0	0	1	9	
4	Měď	V	10	0	0	0	0	3	7	
5	Měď	M	10	0	0	0	0	0	10	
6	Měď	V	9	0	1	0	0	0	10	
7	Měď	M	1	0	6	0	3	0	10	
8	Měď	V	2	0	3	3	2	0	10	
9	Měď	M	8	0	2	0	0	0	10	11
10	Měď	V	10	0	0	0	0	1	9	
11	Měď	M	10	0	0	0	0	0	10	
12	Měď	V	10	0	0	0	0	0	10	
13	Měď	M	9	0	1	0	0	0	10	
14	Měď	V	10	0	0	0	0	0	10	
15	Měď	M	9	0	1	0	0	0	10	

16	Měď	V	6	0	2	2	0	0	10	9
17	Měď	M	10	0	0	0	0	0	10	
18	Měď	V	7	0	2	0	1	0	10	
19	Měď	M	9	0	1	0	0	0	10	
20	Měď	V	10	0	0	0	0	0	10	
21	Měď	M	9	0	1	0	0	0	10	
22	Měď	V	10	0	0	0	0	0	10	
23	Měď	M	9	0	1	0	0	1	9	
24	Měď	V	9	0	1	0	0	1	9	
25	Měď	M	10	0	0	0	0	0	10	14
26	Měď	V	7	0	2	1	0	0	10	
27	Měď	M	4	1	3	1	1	0	10	
28	Měď	V	6	0	3	1	0	0	10	
29	Měď	M	6	0	1	3	0	0	10	
30	Měď	V	10	0	0	0	0	1	9	
31	Měď	M	7	0	3	0	0	0	10	
32	Měď	V	2	1	4	3	0	0	10	
K1	Kon	M	X	X	0	9	1	10	0	0
K2	Kon	V	X	X	0	6	4	8	2	
K3	Kon	M	X	X	0	10	0	10	0	0
K4	Kon	V	X	X	0	6	4	9	1	
K5	Kon	M	X	X	0	9	1	9	1	0
K6	Kon	V	X	X	2	7	1	8	2	
K7	Kon	M	X	X	0	6	4	10	0	0
K8	Kon	V	X	X	0	10	0	10	0	

Tab. 4: Souhrnné výsledky v počtu jedinců v opakování experimentu I

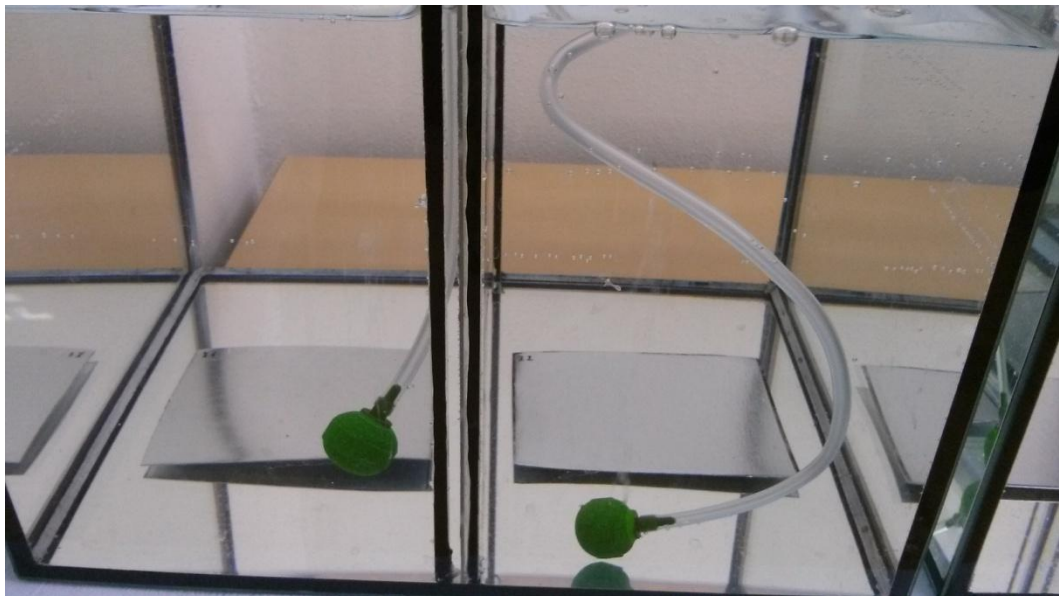
KOV-kovový materiál; VEL-velikost lastury; NPK-nepřisedlá na kovovém podkladě; PKP-přisedlá na kovovém podkladě; NMPK-přisedlá mimo kovový podklad; PMKP-přisedlá mimo kovový podklad; VER-vertikálně přisedlá; Kon-kontrola

KOV	VEL	NKP				PKP				NMPK				PMKP				VER				Celkem
		pokus	1)	2)	3)	4)	1)	2)	3)	4)	1)	2)	3)	4)	1)	2)	3)	4)	1)	2)	3)	
Zinek	M	7	14	4	5	2	2	3	7	5	7	4	1	17	12	23	23	9	5	6	4	160
Zinek	V	21	14	3	8	0	2	4	5	4	5	5	3	13	11	26	20	2	8	2	4	160
Nerez	M	2	1	0	20	1	11	2	13	1	0	0	5	27	20	25	1	9	6	15	1	160
Nerez	V	2	1	4	22	3	19	12	14	2	2	0	2	29	17	18	1	4	1	6	1	160
Měď	M	30	36	37	27	0	0	0	1	7	4	3	9	0	0	0	2	3	0	0	1	160
Měď	V	31	36	36	25	0	0	0	1	4	2	3	9	3	2	0	5	2	0	1	0	160
Kon	M	X	X	X	X	X	X	X	X	0	0	0	0	9	10	9	6	1	0	1	4	40
Kon	V	X	X	X	X	X	X	X	X	0	0	2	0	6	6	7	10	4	4	1	0	40

Tab. 5: Procentuální souhrn přisedlosti jedinců

	Na kovu %	Na skle %	Úhyn %
Zinek	7,81	57,81	5
Nerez	23,43	56,56	3,125
Měď	0,625	5,93	14,375
Kon	X	97,5	0

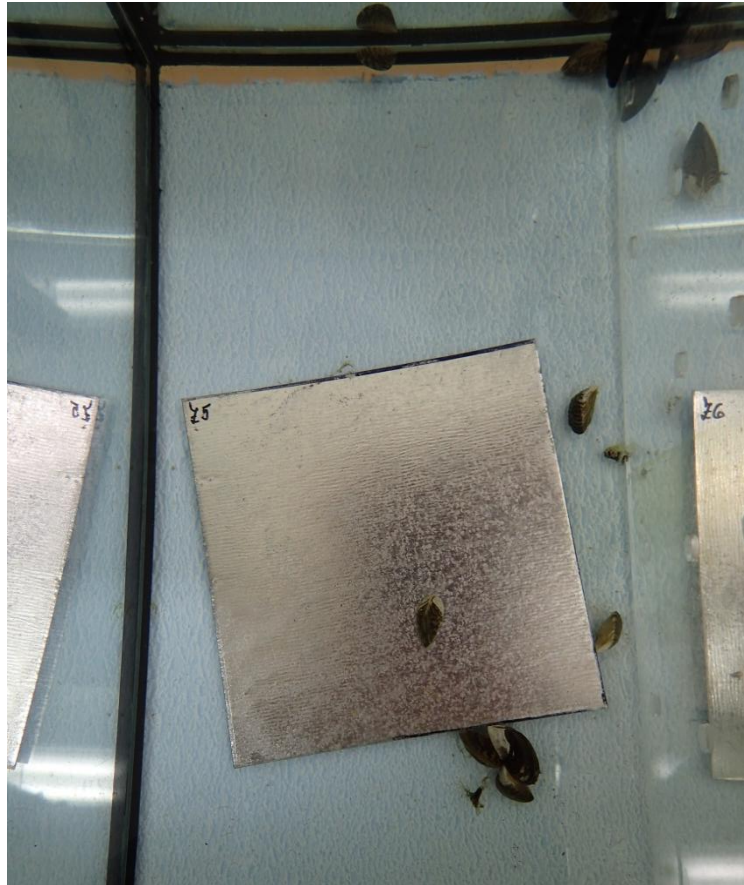
PŘÍLOHY



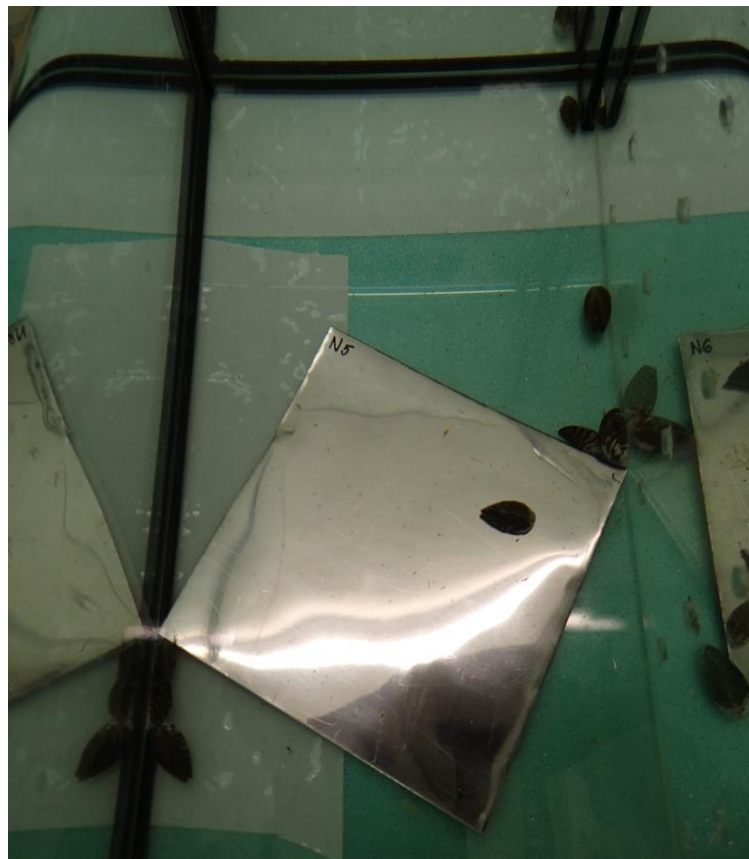
Obr. 9: Akvárium rozděleno na dvě komory perforovanou přepážkou. V každé komoře zaveden vzduch. Ve středu komory je vložen pozinkovaný podklad.



Obr. 10: Fotografie pořízena web-kamerou, zahájení experimentu. Dvě akvária s perforovanou přepážkou. Podkladový materiál měď. V první a třetí komoře jsou umístěni velikostně velcí jedinci sláviček. Ve druhé a čtvrté komoře jsou umístěni velikostně malí jedinci sláviček.



Obr. 11: Posun pozinkovaného podkladu slávičkami mnohotvárnými



Obr. 12: Posun nerezového podklad slávičkami mnohotvárnými



Obr. 13: Agregční chování sláviček mnohotvárných



Obr. 14: Odběr vzorků, slávičky tvořící drůzy