

Univerzita Palackého v Olomouci

Přírodovědecká fakulta

Katedra botaniky



**Distribuce, invazní potenciál a likvidace
slávičky mnohotvárné (*Dreissena polymorpha*)**

Marek Borunský

Bakalářská práce předložená na Katedře botaniky
Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého v Olomouci

Vedoucí práce: RNDr. Vladimír Uvíra, Dr.

Olomouc 2015

Abstrakt

Tato bakalářská práce je literární rešerší na témata distribuce, environmentální požadavky, invazivní potenciál a metody likvidace a kontroly slávičky mnohotvárné (*Dreissena polymorpha*) v Evropě a Severní Americe. Shrnuje dosavadní dostupné informace o jejím výskytu v evropských státech a ve federacích a provinciích kontinentu Severní Ameriky. Práce se také zabývá vlivem abiotických a biotických podmínek, které limitují její výskyt a hojnost společně s přírodními a antropogenními mechanismy jejího rozšiřování. Environmentální a ekonomický dopad, invazní potenciál a prevence jsou další kapitoly této práce. Kontrolní metody pravděpodobných napadení a samotná likvidace slávičky mnohotvárné biologickými, chemickými, fyzikálními a mechanickými prostředky je rovněž podstatná kapitola.

Cílem bakalářské práce je vyhledat dostatečné množství informací o její dosavadní a potenciální distribuci a kontrole a likvidaci v napadených zařízeních a vodních systémech.

Klíčová slova: *Dreissena polymorpha*, slávička mnohotvárná, distribuce, habitat, likvidace

Abstract

This bachelor thesis is literature search of topics of distribution, environmental requirements, invasive potential and means of removal and control of zebra mussels (*Dreissena polymorpha*) in Europe and North America. It summarizes accessible information dealing with occurrence in European countries and in federations and provinces in continent of North America. Thesis is also dealing with abiotic and biotic conditions, which are limiting the presence and abundance together with natural and anthropogenic mechanisms of its dispersal. Environmental and economical impact, invasive potential and itself removal of zebra mussel by biological, chemical, physical and mechanical means is also important chapter.

The object was to get the most of information about presence and potential distribution and control and removal in infested facilities and water systems.

Key words: *Dreissena polymorpha*, zebra mussel, distribution, habitat, removal

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracoval samostatně pod vedením RNDr. Vladimíra Uvíry, Dr. a jen s uvedením citovaných literárních pramenů.

V Olomouci, dne 10. 8. 2015

.....

Obsah

1. Úvod	7
2. Literární rešerše.....	8
2.1 Historie a původ slávičky mnohotvárné.....	8
2.2 Fyziologická charakteristika slávičky mnohotvárné	9
2.3 Environmentální podmínky	10
2.3.1 Salinita	11
2.3.2 Teplota.....	11
2.3.3 Substrát.....	12
2.3.4 Vápník a pH.....	12
2.3.5 Další faktory.....	12
2.4 Mechanismy rozšiřování	13
2.4.1 Přírodní mechanismy.....	13
2.4.2 Antropogenní mechanismy	14
2.5 Distribuce habitatu	16
2.6 Geografická distribuce	18
2.6.1 Evropa.....	19
2.6.2 Severní Amerika	28
2.7 Environmentální dopad a potencionální invaze.....	33
2.8 Likvidace a kontrola slávičky mnohotvárné.....	36
2.8.1 Biologické metody likvidace	36
2.8.2 Chemické metody likvidace	37
2.8.3 Fyzikální metody likvidace.....	38
2.8.4 Mechanické metody likvidace	38
3. Závěr.....	40
4. Seznam literatury.....	41

1. Úvod

Slávička mnohotvárná (*Dreissena polymorpha*) se ze své původní Ponticko-Kaspické domoviny, která zahrnuje povodí Kaspického, Černého, Aralského a Azovského moře rozšiřuje dramatickým tempem již více než 230 let. Patří mezi nejagresivněji se šířící invazivní druh. Cílem práce je nashromáždit co nejvíce informací o distribuci, invazním potenciálu a likvidaci slávičky mnohotvárné z dostupných literárních a internetových zdrojů.

V práci je zmíněn její dávný evoluční vývoj a historie rozšiřování v období čtvrtohor, které hrají významnou roli v její dnešní fyziologické charakteristice. Práce se zabývá fyziologickou charakteristikou a environmentálními požadavky tohoto mlže, které jsou důležité v osidlování dalších vodních těles. Rozšiřování může být zprostředkováno celou řadou přírodních a antropogenních mechanismů. Nejúčinnější je však kombinace těchto dvou mechanismů. Slávička se dokáže velmi lehce přemisťovat jak ve své pelagické planktonní larvální fázi, tak jako dospělý jedinec přichycováním se k jiným pevným materiálům pomocí proteinových byssových vláken. Je schopna obsadit téměř všechny druhy vodních těles, které splňují limity jejího výskytu. Podstatná kapitola této práce se zabývá geografickou distribucí. Nejprve je uvedena její distribuce napříč starým kontinentem od počátku 19. století, kdy se začala rozšiřovat ze své původní domoviny především vlivem lidské aktivity při budování kanálů a vodních cest propojujících nová vzdálená povodí až na území západní Evropy, odkud poté v polovině 80. let 20. století pokračovala ve své distribuci balastní vodou zaoceánských lodí směrem do Nového světa. Byla vypuštěna v oblasti Velkých jezer a dále se rozšiřuje napříč Spojenými státy americkými a jižní Kanadou. Výrazně ovlivňuje původní ekosystémy ekonomickými i ekologickými ztrátami. Kapitola o likvidaci shromažďuje některé metody kontroly výskytu slávičky. Tyto metody mohou být biologické, ty jsou většinou nejšetrnější pro místní životní prostředí, ale také chemické, fyzikální a mechanické.

2. Literární rešerše

2.1 Historie a původ slávičky mnohotvárné

Slávička mnohotvárná (*Dreissena polymorpha*) (Pallas 1771) se s největší pravděpodobností vyvinula společně se zástupci čeledi slávičkovití (Dreissenidae) z čeledi korbikulovití (Corbiculidae) v raném eocénu přibližně před 33,9 miliony let. Další významná evoluce probíhala v proměnlivých podmínkách během výskytu velkých jezer, moří a ústí řek v Paratethysu přibližně před 20 miliony let. V průběhu raných čtvrtohor se široce rozšířila přes řeku Volhu a její přítoky a začala obsazovat vodní systémy severnějších oblastí východní Evropy, odkud pronikla do západní Evropy a nakonec se usadila v tehdejší Aralském moři (Andrusov 1897). Severní hranice výskytu byla omezena pomyslnou spojnicí dnešních měst Iževsk, Nižnij Novgorod a Voroněž v Rusku a městem Mohylev na území dnešního Běloruska. V období příchodu interglaciálu Mindel/Riss ve středním pleistocénu, byla celá tato hranice posunuta více na sever (Orlova 2002). Následovala zvyšující se úroveň vodní hladiny v Ponticko-Kaspické oblasti, kde slávička začala kolonizovat její střed a horní části. Když se objevilo spojení mezi řekou Pripjať a řekou Bug, napadla řeku Vislu. Odtud pokračovala ve své expanzi až daleko do Nizozemí a Anglie přes prvotní interglaciální proudy. Počátkem Würmu ustoupila zpět do Ponticko-Kaspického regionu (Orlova 2002). Během posledních ledovcových období pleistocénu byl rozsah výskytu slávičky mnohotvárné dramaticky snížen vlivem nepříznivých klimatických podmínek. Oblast jejího výskytu byla redukována pouze na malé Ponticko-Kaspické oblasti zahrnující brakické vody Kaspického a Aralského moře a méně slané regiony Azovského a Černého moře společně s vodními tělesy na Balkánském poloostrově (Andrusov 1897; Bobat et al. 2004). V raném holocénu byl její rozsah omezen ještě více na pouhé části povodí Kaspického, Aralského, Černého a Azovského moře. Dlouhodobá adaptace na brakické a sladkovodní podmínky během evoluce v dobách velkých jezer a moří Paratethysu a nedávnější úspěchy adaptace v ústích řek Ponticko-Kaspické oblasti jsou předpokladem pro úspěšnou invazi a zakládání nových populací v cílových regionech (Orlova 2002).

První hlášení o výskytu tohoto mlže v novodobé éře bylo z povodí řeky Ural a to roku 1769, kdy ji zde zaznamenal německý přírodovědec, v té době žijící a pracující v Rusku, Piotr Simon Pallas. Popsal jej jako *Mytilus polymorphus*. Slávička mnohotvárná se ze své původní Ponticko-Kaspické domoviny rekolonizovala více než na své původní habitaty před pleistocéním ledovcovým obdobím a rozšířila se téměř do všech částí Evropy (Lancioni & Gaino 2006). V polovině 80. let 20. století pronikla do vodstva Severní Ameriky a dnes spadá do skupiny takzvaných amphi-atlantských vetřelců. Jde tedy o druh, který osídlil východní i západní pobřeží Atlantského oceánu. Momentálně pokračuje ve svém rozšiřování napříč Spojenými státy americkými. Vyskytuje se ve sladkých i brakických vodách Evropy a Severní Ameriky (Orlova 2002).

2.2 Fyziologická charakteristika slávičky mnohotvárné

Slávička mnohotvárná je mlž o velikosti v průměru kolem 25-35 mm (DeVries 2015), zpravidla však menší, má trojhranné člunkovité silnostěnné lastury s tmavohnědými klikatými čarami. Žije přisedlý na různých předmětech ve vodě, na sloupech, člunech a vorech, na kamenech, stoncích rostlin a na schránkách jiných měkkýšů. K podkladu je připevněn pomocí byssových vláken. Díky svým dávným mořským předkům se v průběhu jejího vývoje zachovává planktonní larvální stádium zvané veliger (Mlíkovský & Stýblo 2006). Obývá větší řeky a jejich ramena, jezera i brakické vody (Pfleger 1988). Slávička mnohotvárná je polyfágní požírač sestonu. Živí se částicovou organickou hmotou o velikosti 1-500 μm . Kromě zbytečných anorganických částic se vyhýbá přijímání lepkavě vypadajících rozsivek, velkých kolonií Chlorophyt a Cyanophyt a nemísitelných organických kapalin. Denní příjem potravy závisí na velikosti jedince, na výživových hodnotách, koncentracích sestonu a abiotických charakteristikách životního prostředí (Orlova 2002).

Délka života slávičky mnohotvárné je obvykle 3-5 let. Reprodukční cyklus mlže je lehce ovlivněn podmínkami životního prostředí. Rozmnožovací období je převážně vázáno na období od konce jara do začátku podzimu. Doba a část roku pro rozmnožovací sezónu je však velmi variabilní a závisí na geografické poloze lokality (Karatayev et al. 1998). Slávička mnohotvárná je gonochorista s vnějším oplodněním. Gamety jsou

vypouštěny buď synchronně, nebo odděleně do vodního sloupce pro vnější oplodnění. Byl zaznamenán také příležitostný hermafroditismus. Oplodnění se děje ve vodním sloupci, které je doprovázeno protostomickým vývojem a spirálním rýhováním (Ackerman 1995). Aby došlo k rozmnožování, musí být teplota vody vyšší než 12 °C. Samička o velikosti 25-30 mm vypouští více než milion vajíček během jednoho reprodukčního období. Při teplotním rozmezí 12-24 °C mohou být vajíčka oplodněna téměř do pěti hodin po vypuštění, zatímco spermie mohou být aktivní až po dobu 22 hodin. Volně plovoucí planktonní larvy se poté objevují od pěti dní do pěti týdnů. V tomto stádiu jsou přemisťovány především vodními proudy (Ludyanskiy et al. 1993; DeVries 2015).

Schopnost invaze tohoto druhu je usnadňována několika biologickými charakteristikami, mezi které patří například vysoká plodnost a schopnost planktonní larvy veligeru rychle se rozšiřovat (Gherardi 2007). Larvy se usazují na dně, kde se plazí pomocí svalnaté nohy, hledající vhodný substrát. K přichycení vylučují byssová vlákna z bysální žlázy uložené v noze (DeVries et al. 2015). Tato proteinová vlákna umožňují pevné přichycení k tvrdým substrátům (Gherardi 2007).

2.3 Environmentální podmínky

Slávička mnohotvárná se velmi lehce přizpůsobuje novým prostředím, tato prostředí však přesto musí splňovat určitá kritéria (Strayer 1991). Primární environmentální podmínky jsou ty, které jsou nezbytné pro její životní funkce. Zahrnují fyzikálně-chemické požadavky. Patří zde teplota a kvalita vody - salinita, úroveň pH, koncentrace vápníku, saturace kyslíkem a viditelnost. Sekundární podmínky jsou ty, které mohou mít dopad na hojnost mlžů ve specifických lokalitách a mohou určovat přítomnost pravděpodobných kolonií v již zanesených vodách. Mezi tyto požadavky patří hydrodynamické podmínky. Rychlost proudění vody, hloubka, typ substrátu a vznášející se sediment, místní hydrologická charakteristika a tvar nádrže nebo dalších struktur a v neposlední řadě také biologické parametry. Predace, kompetice, dostupnost potravy a hojnost hostitelů (Ludyanskiy et al. 1993; Sanz-Ronda et al. 2014). Prostředí, splňující tato kritéria jsou nejpravděpodobnějším místem dalších kolonizací. Ve vodstvu Ruska

a v Evropě je však slávička schopna napadat i tělesa s horšími vlastnostmi, než která by se dala považovat za ty s optimálními parametry. Vzhledem ke své vysoké genetické variabilitě je schopna přizpůsobovat se v průběhu vývoje a měnit tak hranice svých limitujících podmínek (Zhadin 1946).

Nejpodstatnější z fyzikálních faktorů, omezujících zvětšování populací a rozvoj tohoto mlže, jsou teplota a salinita. Slávička se vyskytuje ve sladkovodních a oligohalinních podmínkách, její expanze do slanějších vod je omezena tolerancí salinity larválních stádií (Orlova 2002).

2.3.1 Salinita

Slávička projevuje fyziologické charakteristiky, které odrážejí její původ v brakických vodách, přesto má omezenou schopnost odolávat mírnému nárůstu salinity. Je dobře adaptována na přežití při přechodu z úplně sladké vody na vodu brakickou (Karatayev et al. 1998). Je tedy pravděpodobné, že napadne ústí a brakické vody, stejně jako sladkovodní systémy (Ludyanskiy et al. 1993). Různé populace slávičky se vyskytují v odlišných prostředích a proto je každá adaptovaná na rozdílné podmínky, obecně se dá říct, že slávička je schopna tolerovat salinitu do 14 ‰ (Karatayev et al. 1998). Optimální limit je však mnohem nižší a například v Baltském moři je horní míra salinity stanovena hodnotou 5,5 ‰. Je to primárně sladkovodní organismus a i přes její toleranci k mírně brakickým vodám ji mořské vody znemožňují přežití (Ludyanskiy et al. 1993; Karatayev et al. 1998).

2.3.2 Teplota

Teplota je velmi důležitý faktor ovlivňující růst a přežití slávičky mnohotvárné (McMahon 1996). Rozmezí se pohybuje zhruba mezi 0 °C a 30-34 °C pro přežití dospělého. Larvy jsou na rozsah teplot méně tolerantní než dospělí jedinci. Horní limit pro přežití buněk je však 40-42 °C (Karatayev et al. 1998). Jak již bylo zmíněno 12 °C je dolní limitující hranice pro rozmnožování tohoto mlže (Karatayev et al. 1998; Orlova 2002). Optimální průměrný rozsah teploty je 17-23 °C. Je zde však značná neshoda, co se do maximálního limitu tolerance slávičky týče. Vše se odvíjí od teploty, na kterou je slávička aklimatizována a tak se dá předpokládat, že bude časem častěji kolonizovat i lokality s vyšší teplotou než

30°C (Ludyanskiy et al. 1993). Slávička je teplovodní druh, ale dobře toleruje studené zimy a pokrytí ledem až na mrznutí mlžů samotných (Antsulevich et al. 2003).

2.3.3 Substrát

Slávička většinou preferuje pevný substrát pro usazení, jako jsou kameny, dřevo a štěrky a vyhýbá se sypkým pískům, bahnu, nánosům a jílu. V jemnějších sypkých sedimentech je tak přítomna jen příležitostně a přisedá k dostupným rostlinám, jiným měkkýšům, dřevu, kamenům nebo na umělé substráty a postupně přisedají jedna na druhou, čímž formují drúzy. Skoro všechny vhodné pevné substráty ve vodních tělesech s dobrou kvalitou vody bývá pokrytý slávičkou (Ludyanskiy et al. 1993; Lyakhnovich et al. 1994; Karatayev et al. 2015).

2.3.4 Vápník a pH

Vápník je pro slávičku velmi důležitý, především pro její raný vývoj. Oproti ostatním sladkovodním měkkýšům slávička vyžaduje vyšší koncentraci vápníku ve vodě a vyšší hodnotu pH (McMahon 1996). Rozsah pH se v přírodě pohybuje mezi 7 a 9. Nejrychleji slávička roste při koncentracích vápníku okolo 70 mg/l. Minimální požadované koncentrace jsou odlišné v závislosti na prostředí, ve kterém se slávička mnohotvárná vyskytuje. Podle evropských údajů se hodnota pohybuje okolo 28 mg/l, nicméně v Severní Americe přežívá i koncentrace 15 mg/l (Ludyanskiy et al. 1993; McMahon 1996). Na základě zjištění množství rozpuštěného vápníku ve vodě se dá předpovědět potenciální distribuce slávičky (Strayer 1991). Také chlór, draslík a hořčík jsou důležitými látkami pro vývoj slávičky.

2.3.5 Další faktory

Růst a vývoj slávičky je ovlivněn vodními proudy, prouděním vzduchu, ledovou abrazí, vysokou koncentrací rozptýlených sedimentů a dalšími fyzikálními faktory (Allen and Ramcharan 2001). Jako aktivní přisedlý filtrátor požaduje mezotrofní podmínky v habitatu s příznivou koncentrací sestonu. Složité vnitrodruhové struktury a různorodost požadavků na životní prostředí umožňuje slávičce mnohotvárné osídlit stanoviště se širokou škálou environmentálních podmínek v její původní

oblasti – v Ponticko-Kaspickém regionu. Vyskytuje se ve sladkých i brakických vodách Evropy a Severní Ameriky. Výskyt slávičky v rozdílných podmínkách je také ovlivněn jejími vlastními genetickými předpoklady (Orlova 2002).

2.4 Mechanismy rozšiřování

Slávička je velmi agresivní invazivní druh disponující jedinečnými schopnostmi rozptylování. Přírodní rozšiřování vodními proudy, ptactvem a dalšími živočišnými druhy, stejně tak jako distribuce zapříčiněná člověkem, umožňuje slávičce přesunovat se proti proudu a po proudu řek nebo přes pevninu do jiných vodních těles (Ludyanskiy et al. 1993). Je velmi obtížné pochopit vzájemné vztahy mezi rozptylováním, životním cyklem a fyziologickými tolerancemi k určení distribuce slávičky mnohotvárné. Kombinace vhodného iontového složení a hydrologie vodního tělesa vede k potencionálně největšímu předpokladu napadení slávičkou (Allen and Ramcharan 2001). Velmi rychlé rozšíření slávičky, které je podporováno spojením přírodních vlivů a lidmi zapříčiněných přenosů, umožňuje její obrovská schopnost reprodukce a migrování již během planktonního larválního stádia. Velkou roli hraje podobnost původních a nově osídlených vodních těles (Allen and Ramcharan 2001).

Slávička je ideálně uzpůsobena k úspěšnému obsazení sladkých vod. Volně plovoucí veliger je schopen cestovat dlouhé vzdálenosti pomocí proudů i aktivním pohybem pomocí svalnaté nohy nebo přemísťováním s využitím byssových vláken v období dospělosti. Rozšiřování se tedy děje v jakémkoliv stádiu vývoje, ať už je to veliger, mladý jedinec nebo dokonale vyvinutý dospělý mlž. Mechanismy jsou však odlišné v každém z těchto stádií (Ludyanskiy et al. 1993).

2.4.1 Přírodní mechanismy

Přírodní rozšiřování je nejčastěji zajišťováno během larvální pelagické fáze. Veligery jsou transportovány především pomocí vodních proudů. V další fázi vývoje dochází k rozšiřování postveligerů a dospělých jedinců již schopných tvořit byssová vlákna pomocí nichž se drží pevně podkladu (Zaiko & Olenin 2006). Veligery zůstávají součástí planktonu několik týdnů a koncentrují se větrem a vodními proudy v zátokách, podél řek nebo v jezerech (Minchin et al. 2002). Mladí jedinci jsou schopni aktivního pohybu

svalnatou nohou. Dospělci jsou při oddělení od substrátu schopni lézt a následně se znova přichytit (Uvíra et al. 2009). Rychlé kolonizaci napomáhají její biologické charakteristiky, například vysoká plodnost - až milion vajíček na samici během jednoho reprodukčního období. Biologické specifikace tohoto druhu jsou nejdůležitějším předpokladem pro její úspěšný přesun, ale také pro finální krok zakládání nových populací v cílové lokalitě (Minchin et al. 2002; Orlova 2002). Mlži přichycení na úlomcích rostlin jsou přemísťováni větrem a vodními proudy do jiných částí jezera a v některých případech také proti proudu řek. Bouře, přesun dobytka napadenými oblastmi slávičkou, stejně jako aktivita vodního ptactva a ryb, poskytují další možnosti přírodního rozptylování (Minchin et al. 2002). Slávička se také přesouvá pomocí přichycení se k jiným migrujícím živočichům. Byla například nalezena na karapaxu želv a raků nebo na nohou ptáků, či schránkách plžů a mlžů nebo v ojedinělých případech i na těle najády vážky *Gomphus vastus* (Uvírová-Velecká et al. 2003). V přírodě jsou nejhojněji obsazovány kameny, štěrkové naplaveniny a skály. Často je také slávička přichycena na ponořené části rostlin. Při obsazování areálu s převahou rostlin jsou populace slávičky většinou méně stabilní vzhledem k sezónnímu odumírání rostlin (Burlakova et al. 2006).

2.4.2 Antropogenní mechanismy

Lidmi zapříčiněné, tedy antropogenní mechanismy jsou považovány za nejběžnější, co se distribuce slávičky mnohotvárné týče, a to především v mezikontinentálním hledisku nebo mezi oblastmi doposud nepropojenými vodou. Toto rozšiřování začalo koncem 18. století v době, kdy se důležitou součástí lidské společnosti stala lodní doprava. Slávičce tak bylo umožněno rozšiřovat se nepřírozeně proti proudu velkých řek přichycením k trupům lodí pomocí byssových vláken. Velkou roli v antropogenním rozšiřování hrálo budování říčních kanálů a umělých vodních cest propojujících splavné říční sítě jinak přirozeně oddělených povodí. Komerční rybaření, plavby zaoceánských a rekreačních lodí a obojživelná letadla jsou dalšími mechanismy rozšiřování (Mackie and Schloesser 1996; Minchin et al. 2002).

Nejvyšším rizikem přenosu slávičky do nových habitatů jsou zanesené trupy lodí, balastní zátěžová voda, pozemní transport přívěsy rekreačních a rybářských plavidel a vodních skútrů, sítě k lovu ryb, transport dřeva a říčního štěrku, zarybňování nebo také

úmyslná introdukce lidmi. K založení nových populací však může přispět také vypouštění akvárií, zanesené kotvy a řetězy lodí, kánoe, potápěčská výstroj, rybářské pomůcky, voda v podpalubí nebo třeba krabice s návnadami (Orlova 2002; Minchin et al. 2002; Zaiko & Olenin 2006). Významným příspěvkem ke kolonizaci nových oblastí byl transport malých lodí na přívěsech mezi státy Evropy a Severoamerickými zeměmi, jenž byl prováděn napříč vnitrozemskými jezery. Dospělí mlži také hojně přisedají ke kotvám nebo jejich řetězům v Evropských přístavech. Tyto objekty se poté ukládají na palubě a v případě vhodných vlhkostních podmínek umožní přežití plavby napříč oceánem. Kotvy s řetězy se poté shazují do vody v cílové destinaci, kde se přeživší jedinci uchytí (Mackie and Schloesser 1996). Je také prokázáno, že se slávička přesunuje přichycením ke kládám určeným k transportu po vodní hladině (Martens 1865). Binder (1965) zmiňuje, že slávička putovala společně s Napoleonovou armádou při ústupu z Ruska v první polovině 19. století.

V poslední době přispívá k antropogenní distribuci především záliba v rekreačním rybaření a plavení, která umožňuje slávičce napadání od sebe vzdálených vodních těles po pevnině na přívěsech člunů a jachet. Během přesunu nedochází k řádnému očištění plavidel a v případě, že je slávička přesunuta dříve, než zaschne, usadí se v další navštívené lokalitě (Allen and Ramcharan 2001; Birnbaum 2011). Rychlá expanze mlže mezi Velkými jezery se pravděpodobně stala pomocí lodí a člunů nesoucích dospělé měkkýše na svých kýlech a trupech, následována výběrem nejvhodnějšího substrátu v napadených vodách nově se rodícími veligery a přesunujícími se mladými jedinci. Většina vlastního rozšíření slávičky z regionu Velkých jezer do jiných vodních těles byla skrze kanály a transportem na převážených člunech do vzdálených pozemních míst (Ludyanskiy et al. 1993). Často jsou mlži nalézáni přichyceni k vodním rostlinám, které byly zachyceny lodními šrouby nebo motorem. Tyto odlomené části rostlin jsou pak lehce transportovány z vodního tělesa, pokud přetrvají cestu v přirozeně vlhkém a zastíněném prostředí. Larvy mohou být nevědomě transportovány v živých sádkách, v podpalubí, uvnitř chladicí jednotky motoru nebo dokonce v návnadách a sběracích kbelících (Kingcounty 2002).

2.5 Distribuce habitatu

Napadáním limnetických jezer, řek, umělých vodních těles a oligohalinních mořských prostředí se slávička stává dominantním druhem v bentických komunitách těchto habitatů. Slávička mnohotvárná jako R-stratég, který pomocí četných larev schopných rychlého rozptylu s proudy, kolonizuje všechny přístupné habitaty v cílových lokalitách. Je to živočich schopný zakládat populace v širokém rozsahu sladkovodních a oligohalinních habitatů v mírných klimatech. To je dáno jeho evoluční historií, kdy se vyskytoval v rozdílných podmínkách salinity a teploty. Biologické vlastnosti určují limity potenciačního rozptylu v habitatech (Orlova 2002). Populace slávičky mnohotvárné v Evropských jezerech, přehradách, nádržích, rybnících a lagunách tolerují široký rozsah podmínek životního prostředí.

Jednou přisedlá slávička obvykle zůstává na svém místě, výjimkou je vzrůst salinity nebo zhoršení kvality vody (Minchin et al. 2002). V České republice se nachází ve větších vodních tocích s vyšším obsahem živin nebo v nádržích s nižším obsahem živin či ve vodních plochách vzniklých těžbou (Mlíkovský & Stýblo 2006). Slávička mnohotvárná požaduje tvrdý substrát pro přichycení, díky kterému je lépe adaptována na nestabilní prostředí litorální zóny, kde je větší proudění a vlnění vody (Lyakhnovich et al. 1994; Karatayev et al. 2015).

Na měkkých a usazených dnech může také obrůst prázdné schránky a živé měkkýše stejných nebo jiných druhů, stejně tak kousky a sutiny jiného tvrdého substrátu. Vertikální distribuce druhů závisí na dostupnosti tvrdého substrátu a vhodných potravinových zdrojích. Mlži mohou žít od příbřežních zón do hloubky desítek metrů. Ve vodních tělesech se zimním ledovým pokrytím je distribuce slávičky směrem k pobřeží limitována ledovou abrazí, v jezerech a nádržích je pak často omezována kolísavou vodní hladinou (Lyakhnovich et al. 1994; Orlova 2002). Obrůstá zakořeněné a ponořené makrofyty a v mělčích a bahnitých areálech jsou převažujícím substrátem vhodným pro přichycení slávičky rákosovité rostliny a mlži čeledi Unionidae (Minchin et al. 2002). Vítr pohánějící vodní proudy má výrazný efekt na vertikální distribuci larválních stádií slávičky. Proto se larvy vyskytují spíše hlouběji ve vodním

sloupci, kde nejsou vertikálně míchány vlivem proudění vzduchu. Karatayev et al. (1998) uvádějí, že růst slávičky mnohotvárné je rychlejší v mělčích vodách než ve vodách hlubších. Lepší podmínky pro růst slávičky jsou ve vodním sloupci nade dnem, kdy je uchycena k některému z pevných podkladů, jako jsou například bóje, klece, ponořené konstrukce nebo plovoucí objekty, než na samotném měkkém dně. Slávička dosahuje větší biomasy v jezerech a kanálech než v řekách. V některých regionech, kde mají řeky silný proud vody, zarůstají slávičky houbami a mechovci, což jim zabraňuje dobře se usadit. V jezerech formuje rozsáhlé povrchy pokrývající většinou kameny, skalnaté povrchy a nábřežní stěny (Minchin et al. 2002).

Jezera

Slávička může být nalezena v širokém rozsahu typů vodních těles, nicméně většina prací zabývajících se slávičkou se soustředí na faktory ovlivňující její přítomnost a hojnost v jezerech. Podstatná je morfometrie jezer (Strayer 1991). Velikost jezera a proudění vody má dopad na kolísání populací slávičky. Na základě získaných evropských dat Strayer (1991) uvádí, že malá teplá jezera jsou vhodnější pro výskyt slávičky než hluboká a chladná. Typ trofie ovlivňuje pravděpodobnosti výskytu tohoto mlže v jezerech (Lyakhnovich et al. 1994).

Přehradý a nádrže

V nádržích vytvořených přehrazováním řek kolonizuje slávička veškerý vhodný substrát, často ve velkých hustotách. Obzvláště velké hustoty tvoří v nádržích vytvořených zaplavováním zalesněných oblastí. Slávička totiž velmi snadno kolonizuje zaplavené pařezy, kmeny a větve stromů, ale také chrastí (Lyakhnovich et al. 1994). Extrémně velké hustoty jsou nalezeny na různých člověkem vytvořených površích, například na betonových zdivech chladících nádrží (Karatayev et al. 1998).

Řeky

V řekách se slávička nejčastěji vyskytuje v ustáleném vodním proudu. Zde jsou nejčastějším pevným substrátem pro uchycení velcí mlži a plži. Velkým hustotám populací brání pohyb sedimentů u dna v řekách, kde se vlivem vodního proudu dno

rozvíří. Nejhojnější výskyt slávičky je v oblastech dolních toků a deltách řek, kde je proud pomalý a pohyb sedimentů na dně je tak redukován.

Kanály

V kanálech jsou hustoty slávičky extrémně vysoké, díky jejich antropogennímu původu. Kanály mají tvrdý pevný povrch a vyskytuje se v nich stálý jednosměrný proud s ustáleným sedimentem na dně (Lyakhnovich et al. 1994).

2.6 Geografická distribuce

Slávička mnohotvárná byla poprvé v novodobé historii nalezena v dolním toku řeky Ural v roce 1769. Rozpad Tethysu izoloval slávičku s velmi omezenou distribucí na oblasti střední Evropy a sever Malé Asie až daleko na východ Aralského moře a řeky Eufkrat (Bobat et al. 2004). Během čtvrtohorní glaciální epochy byla distribuce slávičky redukována na malou oblast zahrnující brakické oblasti Kaspického, Aralského a sladkovodní areály Azovského a Černého moře. Dále na Balkánský poloostrov, kde obývala především delty řek. Z této oblasti slávička rekolonizovala většinu své původní distribuce a rozprostřela se přes západní Evropu skrze řeky a kanály vnitrozemských vodních cest propojených díky obchodu během průmyslové revoluce (Jazdewski and Konopacka 2002; Bobat et al. 2004). Slávička by bez lidského zapříčinění pravděpodobně zůstala dlouhou dobu uvnitř svého přirozeného areálu, ale od roku 1775 zjednodušovalo slávičce distribuci spojování vodních cest a narůstající lodní doprava (Uvíra et al. 2009; Bobat et al. 2004; Mlíkovský a Stýblo 2006). Nejprve byl vybudován ve východní Evropě kanál spojující Dněpr a Západní Bug, který odstartoval její expanzi z regionu Černého moře. V roce 1804 pak byl vybudován kanál Oginski, který spojoval řeku Dněpr a Němen a tím slávička získala přístup do Baltského moře. Pozdější výstavba kanálů z Volhy do řeky Don poskytla příležitost k přesunu populací z kaspického regionu. První populace slávičky osidlující severovýchodní část Evropy tedy pocházejí z Černého moře (Michnich et al. 2002). Do Západní Evropy se slávička dostala přes řeku Volhu díky kanálům propojujícím řeky do Litvy, odkud byla dále v 1. polovině 19. století přesunuta do severozápadní Evropy dřevem z Baltského moře (Van der Velde et al. 2002). Komerční

a mezinárodní obchod velkou měrou přispíval k rozšiřování slávičky v Evropě, které se však zmírnilo výrazným zhoršením kvality vody díky průmyslové revoluci. Expanze slávičky se tak pozastavila na téměř celé století (Zhadin 1946; Michnich et al. 2002). Další budování kanálů vedlo k šíření slávičky přes střed Evropy a to díky centrálnímu koridoru zahrnujícího řeky Dněpr, Vislu, Odru, Labe a Rýn až k severozápadu kontinentální části Evropy. Roku 1992 byl poprvé kompletně splavněn průplav Rýn-Mohan-Dunaj, spojující řeky Dunaj a Rýn, který se začal budovat v roce 1960 a byl částečně otevřen roku 1972 (Bij de Vaate et al. 2002; Van der Velde et al. 2002). V 60. letech 20. století začalo druhé významné rozšiřování slávičky v celosvětovém měřítku další distribuci v Evropě a novém rozšiřování v Severní Americe, kam byl tento druh zavlečen v polovině 80. let. Rozšíření slávičky od roku 1962 do roku 2008 bylo rychlejší než první rozšiřování napříč Evropou v době jejího největšího rozmachu. V tomto čase docházelo k rozšíření napříč kontinenty, státy, ale také mezi regiony jednotlivých zemí (Karatayev et al. 2015). Ve 20. století už byl tento druh široce rozšířen ve sladkých a brakických vodách Evropy a Severní Ameriky (Strayer 1991). Slávička kolonizovala většinu Evropy během posledních dvou století a nyní je k nalezení od Irska na západě po Rusko na východě a od Švédska na severu po Itálii na jihu (Karatayev et al. 2015).

V Severní Americe byla invaze slávičky během posledních tří desetiletí dramatická. Slávička začala zakládat populace napříč velkými částmi USA a jižní Kanady (Gallardo et al. 2013). Ale i přes její schopnosti rozšiřovat se rychle skrze velké geografické areály, bylo tempo její kolonizace vnitrozemských jezer v Evropě a v Severní Americe velmi pomalé (Karatayev et al. 2015).

2.6.1 Evropa

Slávička mnohotvárná byla v minulosti široce rozšířena po celé Evropě, nicméně byla během posledních glaciálních období zatlačena do oblastí okolo Černého, Kaspického, Azovského a Aralského moře a dolního toku řeky Volhy. Tato distribuce setrvala až do 18. století kdy se začala rozšiřovat znova díky lidské aktivitě. Limitovaná distribuce okolo roku 1800 je důkazem tisíciletých přirozených procesů. Mezi lety 1800 a 1900 slávička více než zdvojnásobila rozsah rozšíření na území Evropy. Koncem 19. století tento druh kolonizoval většinu vnitrozemních vod západní a střední Evropy a ústí

Baltského a Severního moře. Během druhé poloviny 20. století byla považována za dominantní bentický druh mnoha přehrad postavených na velkých řekách ve východní Evropě. Byla také nalezena v alpinských jezerech (Orlova 2002).

Baltské moře

Důvodem nynějšího výskytu slávičky v Kurském zálivu Baltského moře je vybudování Dněpersko-Němenské vodní cesty, která byla otevřena roku 1803 (Minchin et al. 2002). Slávička se nachází od Kronstadtu (Petrohradský region) na východě po souostroví Pellinki na západě včetně příbřežních souostroví a ostrovů. V Baltském moři obývá všechna ústí významných řek a mizí ve směru oblastí s narůstající salinitou (Antsulevich et al. 2003). Není přítomna v pobřežních vodách Finska od souostroví Pellinki po Turku, v oblasti mezi Finským a Botnickým zálivem a v Botnickém zálivu samotném. To znamená, že se slávička musela setkat se svými přírodními limity rozšíření, které jsou způsobené především bariérou salinity. Distribuce slávičky kolem estonského pobřeží je stále neznámá. Slávička je přítomna v celé východní polovině Narvského zálivu ale dále na východ od města Kohtla-Järve se nevyskytuje.

Osídlení Finského zálivu začalo nejpravděpodobněji z Narvského zálivu ve 40. letech 20. století. Každopádně v roce 1937 už byla slávička zaznamenána v dolní části řeky Narva (Sepp 1937). Od 80. let 20. století se slávička nachází v jihovýchodních brakických vodách tohoto zálivu a rozšiřuje se dále severně podél finského pobřeží (Minchin et al. 2002). Její distribuce zde dosud nebyla známa i přes fakt, že byla přítomna v nedalekém sladkovodním jezeře Ladoga již 150 let před napadením Finského zálivu. Nalezena byla také v méně slaných částech Rižského zálivu (Minchin et al. 2002). V severní části Finského zálivu obývá oblasti s extrémními přírodními podmínkami pro tento druh. Podél jižního pobřeží je spíše běžná v zálivu Koporsky na východě a v zálivu Narva na západě. Byla také nalezena na všech nedalekých ostrovech, ležících v otevřeném prostranství zálivu. Nejbohatší kolonie byly pozorované podél Ruské části Finského zálivu. Zamoření Finského zálivu se objevilo přirozeně, a to přesunem planktonní larvy. Teplotní podmínky ve finském zálivu nejsou optimální. Jedinci dorůstají menších velikostí a mají nižší tempo růstu v porovnání s jižnějšími populacemi (Starobogatov 1994).

Velká Británie

Do Velké Británie se slávička mnohotvárná rozšířila díky přepravě vlhkého dřeva z Kurského zálivu přes Baltské a Severní moře okolo roku 1824 (Van der Velde et al. 2002), kde byla zaznamenána v Londýnských přístavech na řece Temži. Dřevo bylo převáženo na hladině po proudu a bylo exportováno z litevského přístavu Klaipéda v Kurském zálivu, ale také z Rigy v Lotyšsku a Gdaňsku v Polsku. Následovalo široké rozšiřování během dalších deseti let. V letech 1831-1833 dosáhla hrabství Yorkshire a o rok později nížin ve Skotsku. Po roce 1835 se objevovaly časté záznamy její další distribuce ve Velké Británii, která se však po roce 1850 stabilizovala a stagnovala po více než století. Přístavního města Exmouth na jihozápadním pobřeží Velké Británie dosáhla roku 1842, pravděpodobně s dalšími zásobami dřeva. Byla přítomna v mnoha vnitrozemských vodách splavných v roce 1850. Dřevo bylo převáženo do několika jiných evropských přístavů a po příjezdu mohlo být dále převáženo řekami a kanály (Minchin et al. 2002).

Nizozemí

Slávička dosáhla vodstva Nizozemí roku 1826 (Van der Velde et al. 2002). Byla nalezena v řekách Rýn a Rotterdam, zavlečena nejpravděpodobněji se zásobami dřeva z Baltu nebo připutovala z Německa po řece Rýn. První zmínky o nález slávičky časově souhlasí, nicméně zdali putovala do Nizozemí přes západní Německo nebo přímou přepravou dřeva do brakických vod z Baltu není zřejmé. Nové kanály spojuje také suchozemský transport poskytující příležitosti pro další expanze slávičky nesené na trupech plavidel. Jednou introdukovaná slávička do nového říčního systému může rychle expandovat po proudu řeky. Slávička výrazně rozšířila svou oblast výskytu po uzavření jezera IJsselmeer od přístupu k Severnímu moři po roce 1932. To mělo za následek pokles salinity z 6 ‰ na méně než 0,5 ‰ a tedy vynikající prostředí pro tohoto mlže (Minchin et al. 2002).

Maďarsko

Slávička se roku 1932 objevila v největším jezeře střední Evropy, v jezeře Balaton v Maďarsku (Minchin et al. 2002). Byla zde roku 1930 zavlečena nehodou při otevření kanálu Sió, který propojuje řeku Dunaj s jezerem Balaton. Po vlastním procesu invaze

se slávička velmi rychle rozšířila a rozprostřela se po celém jezeře v průběhu dvou až tří let (Sebestyén 1937). V současné době patří v jezeře Balaton mezi dominantní zástupce bezobratlých (Balogh et al. 2008). Měkké usazeniny na dně jezera jsou nevhodné pro kolonizaci. Nicméně přes sto kilometrů dlouhý umělý kamenný břeh, který byl budován mezi lety 1930 a 1965, je ideálním povrchem pro kolonizaci touto mušlí (Balogh et al. 2008).

Německo

Do západního Německa byla slávička zavlečena pravděpodobně v průběhu rozšiřování vnitrozemských vodních sítí počátkem prvního desetiletí 19. století (Birnbaum 2011). Nicméně Minchin et al. (2002) uvádějí, že se slávička do německého vodstva dostala okolo roku 1830 díky přepravě vlhkého dřeva z Kurského zálivu přes Baltské a Severní moře do hamburského přístavu. Roku 1938 byla zaznamenána v Labi (Van der Velde et al. 2002; Minchin et al. 2002). V německých sladkých vodách je slávička nejpodstatnějším bezobratlým invazním živočichem. Vyskytuje se v jezerech, přehradách a velkých řekách, stejně tak jako v brakických vodách Severního a Baltského moře. Zvyšováním znečišťování vod v polovině 20. století byly však populace slávičky německého vodstva silně zredukovány. V 80. letech 20. století došlo ke zlepšení kvality vody a začaly se vytvářet nové populace.

Rakousko

Do Rakouska byl tento druh zavlečen v 60. nebo 70. letech 19. století. Po vniknutí do ekosystému Rakouska kolonizovala především jezera a stojaté vody. Tato expanze byla nejpravděpodobněji zprostředkována přemísťováním rekreačních lodí (Birnbaum 2011).

Dánsko

V Dánsku byli zástupci poprvé zaznamenáni kolem roku 1840 a to v Kodaňském kanálu (Minchin et al. 2002). Odtud se po jeho zvětšení rozšířili do menších místních jezer, do jezera Fure kolem roku 1915, do jezera Esrum mezi lety 1922 - 1923 a v roce 1939 do řeky Susy ležící na ostrově Seeland. Dnes je rozšířena dokonce až do Jutska, objevuje se v jezerech Jels a Faarup a ve velmi nedávné době byla také zaznamenána v povodí

řeky Gudenå. V tomto systému byl vliv výskytu slávičky velmi dramatický (Birnbaum 2011).

Švédsko

Na jihu Švédska se slávička mnohotvárná poprvé objevila ve 20. letech 20. století (Minchin et al. 2002).

Estonsko

První zavlečení slávičky do Estonska proběhlo ve 40. letech 19. století přes ústí řeky Põlula ve Finském zálivu a přes zátoku Pärnu v Rižském zálivu (Minchin et al. 2002). Druhé zavlečení se odehrálo přes Čudsko-pskovské jezero do nejvýchodnější části Finského zálivu během 30. let 20. století (Birnbaum 2011).

Francie

Minchin et al. (2002) uvádějí, že slávičky na francouzském území pochází taktéž z oblasti Kurského zálivu, kdy byl odtud převážen náklad s vlhkým dřevem přes Baltské a Severní moře. Do francouzského vodstva se slávička pravděpodobně začlenila někdy ve 40. letech 19. století.

Lotyšsko

V Lotyšsku je slávička známa již od počátku 19. století přítomností v Rižském zálivu.

Finsko

Do Finského zálivu slávička doputovala na přelomu 80. a 90. let 20. století přes řeku Něvu, zhruba 150 let poté, co byla přítomna v relativně nedalekém jezeře Ladoga na území Ruska (Minchin et al. 2002; Orlova 2002; Birnbaum 2011). Její rozšíření je nyní známo podél celého severního pobřeží Finského zálivu od Petrohradské protipovodňové bariéry až na východ k souostroví Pellinki. Jedinci byli také nalezeni na všech nedalekých ostrovech ležících v otevřeném prostranství zálivu. Něva je hlavním přítokem Baltského moře a propojuje vodní cestu mezi Finským zálivem a jezerem Ladoga (Orlova and Panov 2004).

Rusko, Ukrajina, Bělorusko

V Rusku, Bělorusku a na Ukrajině je slávička prakticky přítomna ve většině přírodních i antropogenních vodních tělesech. Tato oblast byla její původní domovinou a také díky budování kanálů se přes tyto oblasti rozšířila dále do západní Evropy. Je přítomna od jihu v oblasti Černého a Kaspického moře po sever k Ladožskému a Oněžskému jezeru.

Švýcarsko

Švýcarského vodstva dosáhla slávička přesunem do Ženevského, Curyšské a Bodamského jezera v 60. letech 20. století (Binder 1965; Minchin et al. 2002).

Itálie

Poprvé byla slávička zaznamenána v Itálii roku 1971 v Gardském jezeře (Ambrogi 2002), kam byla nejpravděpodobněji transportována přichycena k trupům rekreačních lodí z Německa (Gherardi 2007; Michnich et al. 2002). Odtud pokračovala ve své expanzi až do střední Itálie. Přítomnost slávičky na jihu Itálie je nejistá, nicméně další rozšiřování by mělo pokračovat tímto směrem (Ambrogi 2002).

Byla nalezena v různých částech Itálie jako fosilní zbytky z období čtvrtohor, avšak v období Würmu byla vytlačena chladnými teplotami (Orlova et al. 2002). V roce 2007 byla již zaznamenána v osmi italských regionech, ve 14 přírodních a v šesti uměle vytvořených jezerech. Byla také monitorována na 21 přírodních i umělých říčních vodních cestách. Většina oblastí výskytu slávičky se nachází v severnější části Itálie. Lokality ve střední Itálii jsou limitovány na Toskánsko. Přítomna je v několika velkých říčních oblastech, mezi které patří povodí řek Adige, Brenta, Reno, Arno, Tiber, Biferno a Po (Cianfelli et al. 2007).

Polsko

V Polsku byla slávička poprvé identifikována na konci 19. století. Mezi lety 1900 a 1925 byl ve vodstvu Polska zaznamenán jen mírný výskyt. Během dalších 25 let se populace slávičky začaly rychle zvyšovat. Od roku 1975 však její výskyt klesá společně s výskytem všech živočišných druhů vyskytujících se na shodných lokalitách (Birnbbaum 2011). V Polsku žije tento druh v jezerech, přehradách a velkých řekách, stejně jako v brakických zátokách spojených s Baltským mořem, ne však v Baltu samotném. Obzvláště hojný výskyt

populací slávičky je ve Viselské zátocce a ve Štětínském zálivu. V severním Polsku je druh velmi běžný, především v Mazurské a Pomořanské jezerní plošině. V jižnějších částech této země je její výskyt omezen na velké řeky Odru a Vislu a na umělá přehradní jezera. Také v Polsku se slávička stále rozšiřuje do nových habitatů, jako jsou uměle vytvořená jezera vybudovaná na Pilici - levém přítoku řeky Visly (Jazdewski and Konopacka 2002).

Bulharsko

V Bulharsku byla slávička poprvé zaznamenána v řece Dunaj (Kreglinger 1870). Později se začala rozšiřovat po jeho přítocích, ale také při pobřežích jezer a řek v oblasti Černého moře (Wohlberedt 1911; Trichkova et al. 2008).

Irsko

Po objevení prvních jedinců ve Velké Británii a v severozápadní Evropě trvalo zhruba 150 let, než slávička osídlila vodstvo Irska. Poprvé byla spatřena v přístavu města Limerick v ústí řeky Shannon na jaře 1995. Zde se mlži pravděpodobně usadili roku 1994 nebo i dříve. Slávička se do vodstva Irska dostala přesunem plavidel z vodstva Velké Británie, Německa nebo Nizozemí. Byla zavlečena na Shannon-Ernskou vodní cestu a do jezera Lough Derg přemístěním zanesených lodí (Pollux et al. 2003). Odtud pravděpodobně putovaly larvy po proudu až do 20 km vzdáleného Limericku. Dnes slávička podstupuje rychlou expanzi a byla rozšířena lodní aktivitou také do jezer proti proudu řek (Minchin et al. 2002).

Španělsko

Vodstva Španělska dosáhla slávička roku 2001, kde započala svou expanzi v dolním toku řeky Ebro. Je také přítomna v povodích španělských řek Júcar, Segura a Guadalquivir. Slávička se stala podstatným ekologickým a ekonomickým problémem místního vodstva (Rajagopal et al. 2009; Sanz-Ronda et al. 2014).

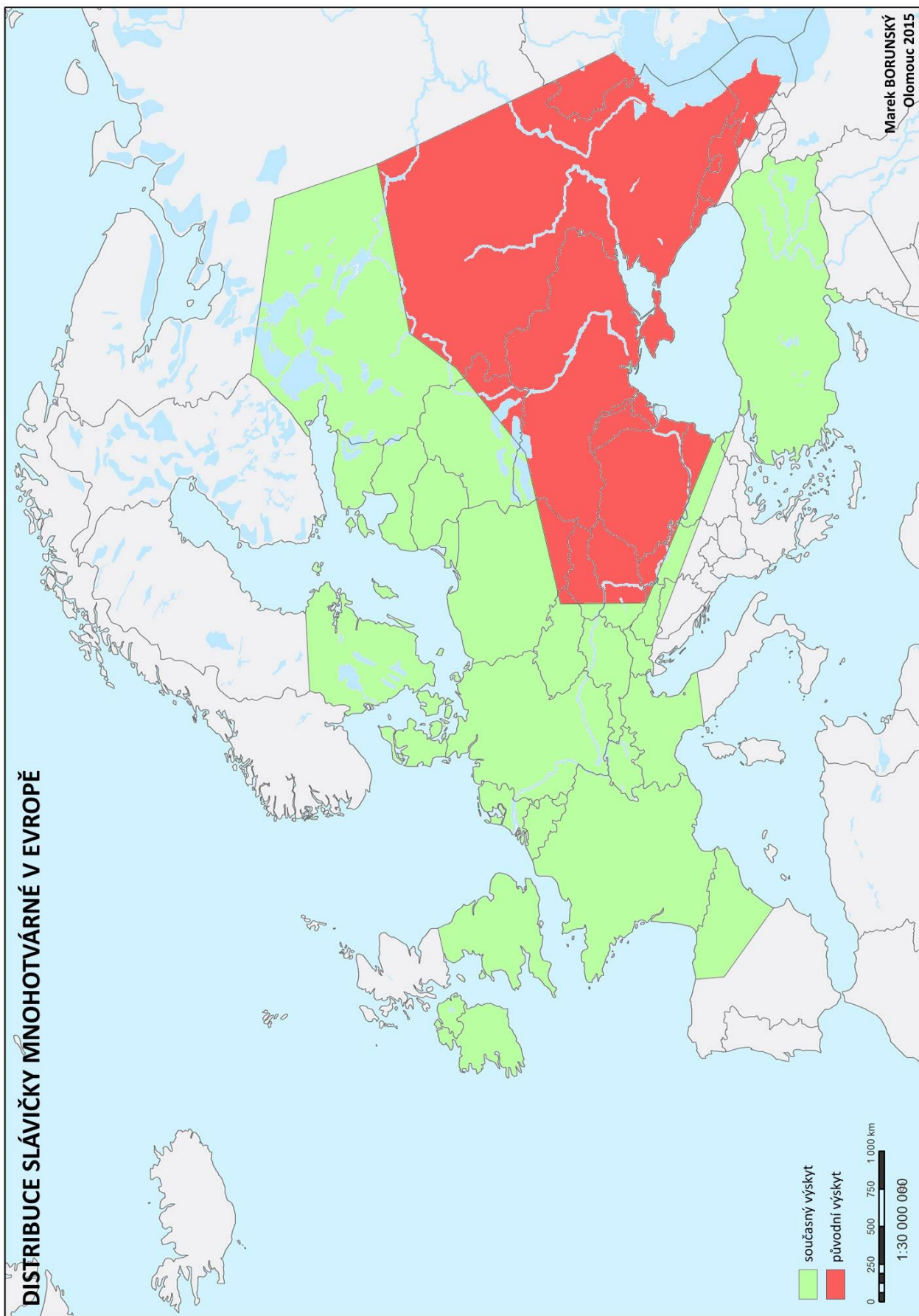
Turecko

Slávička je také původním druhem tureckých sladkých vod a je přítomna v mnoha tureckých jezerech (Demirsoy 1998). Nyní obývá všechny přehrady povodí Eufratu (Bobat et al. 2004).

Česká republika

V období před příchodem glaciálů slávička dosahovala svým rozsahem až na území dnešní Moravy. S příchodem chladnějšího období čtvrtohor vymizela (Birnbaum 2011). V pozdější fázi rozšiřování se slávička vrátila na území České republiky. Rozšířila se pomocí řeky Labe z Německa, a proto první nalezený jedinec pochází z řeky Labe v okolí Ústí nad Labem (Mlíkovský & Stýblo 2006). Mezi lety 1951 a 1990 existuje velmi málo informací o výskytu slávičky mnohotvárné. Mlíkovský a Stýblo (2006) uvádějí, že výskyt slávičky byl v této době omezen díky silnému znečištění řeky Labe.

Birnbaum (2011) uvádí, že slávička byla objevena na území České republiky koncem 19. století v Labi. I přes detailní výzkumy v minulosti se o výskytu slávičky mnohotvárné na území Moravy dozvídáme až z pozdějších záznamů (Mlíkovský & Stýblo 2006). V oblasti Moravy (přesněji řečeno v oblasti jižní Moravy v pískovně u Ostrožské Nové Vsi nebo u Moravské Nové Vsi) byla rozšířena pravděpodobně později než v Čechách, někdy v období 70. let 20. století. Poprvé se na střední Moravě slávička objevuje v roce 1991. K významnému rozšíření tohoto mlže přispěly rozsáhlé povodně roku 1997 na řece Moravě. Povodně zapříčinily expanzi slávičky do několika pískoven, mezi které řadíme Poděbrady v Horce na Moravě, Chomoutov, Náklo, Troubky nebo Tovačov. Její další rozšiřování směřovalo do oblastí v okolí obcí Hulín, Kvasice a Otrokovice. Jsou známy také případy antropogenních přenosů slávičky potápěči a rybáři. Takto se tento mlž dostal například do Výkleků a Nové Vsi (Uvírová-Velecká et al. 2003; Uvíra et al. 2009). Výskyt slávičky mnohotvárné se v Čechách i na Moravě soustředí v okolí větších vodních toků (Mlíkovský & Stýblo 2006). V Čechách je dominantním zdrojem populací řeka Labe a na Moravě řeka Morava.



2.6.2 Severní Amerika

Největší pozornost si slávička mnohotvárná získala v době, kdy byla objevena v Severní Americe. Na tomto kontinentě byla poprvé objevena roku 1986 v Erijském jezeře (Baker and Hornbach 2008, Karatayev et al. 2015). V roce 1988 byl sesbírán první jedinec v jezeře svaté Kláry, které leží mezi Michiganským a Ontarijským jezerem. Většina vědců se shoduje, že slávička byla zavlečena v roce 1985 nebo 1986 v balastní vodě vypuštěné ze zahraničních zaoceánských lodí ve formě planktonních larválních stádií (Ludyanskiy et al. 1993; McMahon 1996; Stepien et al. 2002) nebo také přichycena na kotevních řetězech (Minchin et al. 2002). V roce 1989 již byla přítomna ve všech pěti Velkých jezerech. Počátkem 90. let 20. století se velikost populace rychle rozrůstala a v roce 1991 pronikla do řeky Illinois a poté do řeky Mississippi, odkud se napojila do povodí řeky Hudson. Komerční a volnočasová plavidla společně s larvální distribucí velmi usnadňovaly její šíření. Naneštěstí leží Velká jezera vysoko v rozvodí, což nevyhnutelně vyústilo v rozšiřování do rozsáhlých planin povodí řeky Mississippi, kde jsou populace nejhojnější a na východ do povodí a ústí řeky Svatého Vavřince a Hudson (Minchin et al. 2002; USGS 2011). V roce 1992 se tedy objevovala téměř po celé délce řeky Mississippi, Ohio a Tennessee a v dolním toku řeky Arkansas (McMahon 1996; USGS 2011). Roku 1993 dosahovalo její rozšíření až na jih k Mexickému zálivu přítomností ve městě New Orleans. Rychlost původní expanze především přes splavné vodní cesty se poté dramaticky zpomalila (Allen and Ramcharan 2001). Šíření bylo nadále zprostředkováváno pozemním rozptýlením do vnitrozemských jezer, nádrží a přehrad. Pokračovala také v rozšiřování proti proudu řek Arkansas ve východní Oklahomě (Minchin et al. 2002; USGS 2011). Její výskyt je také stále více zaznamenáván v Kanadských provinciích Ontariu a Québecu. Kolonizace nových oblastí mezi Huronským a Michiganským jezerem do izolovaných vodních těles a proti proudu řek byla relativně rychlá díky pozemským přesunům s vodními rostlinami zachycenými na přívěsech a motorech lodí (Minchin et al. 2002). Následně dosáhla vodstva Vermontu a Pennsylvánie (USGS 2011). Nadále pokračovala v napadání menších jezer v oblasti kolem Velkých jezer. Následující roky se pak její populace rozšiřovaly především v povodí řeky Mississippi. V roce 1997 pak napadla řeku Monongahelu a Ohio v Pennsylvánii.

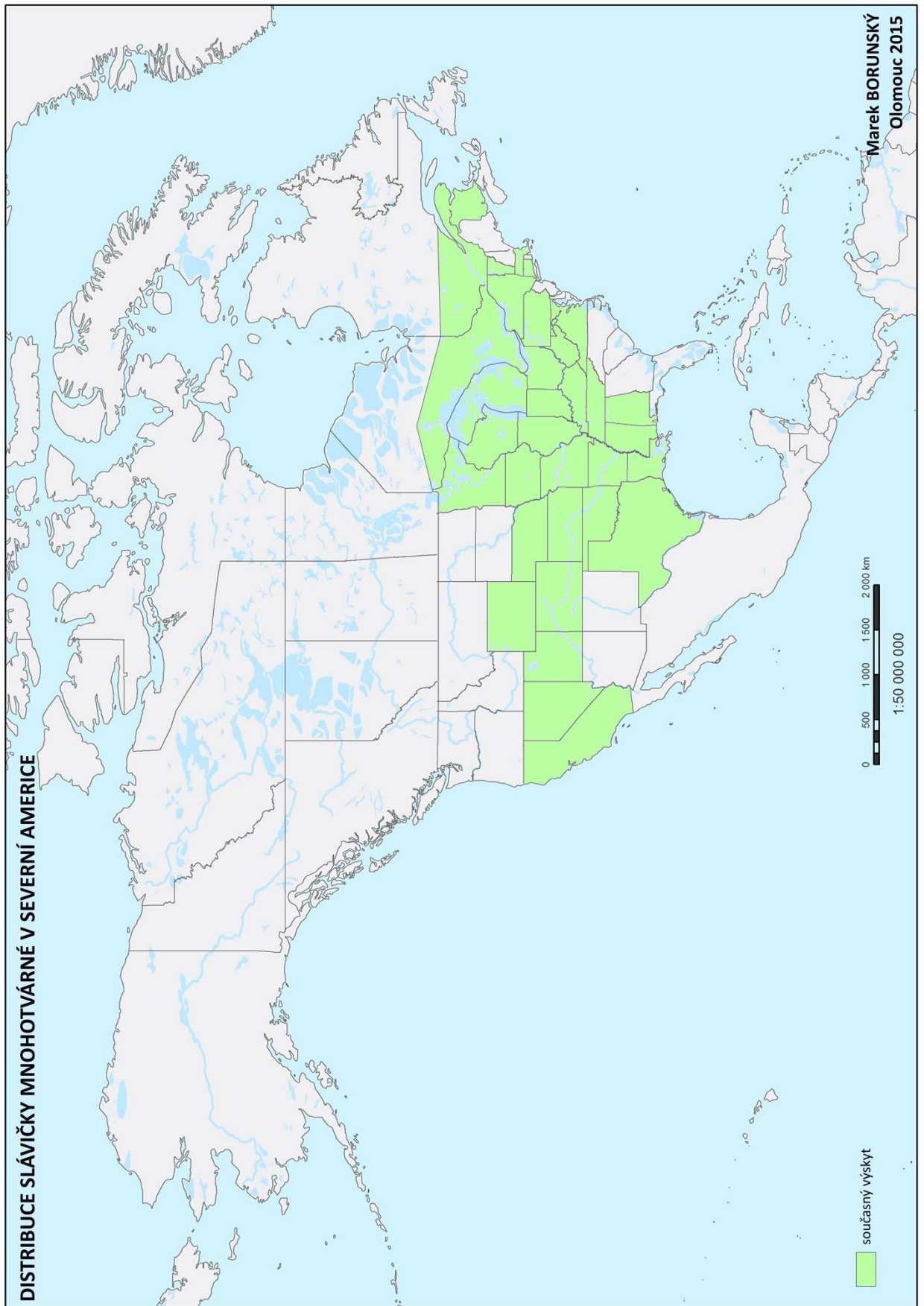
Napadení řeky Arkansas už bylo v té době velmi výrazné a populace dále rostly i v řece Tennessee. Roku 1998 byla objevena v Connecticutu. Koncem 90. let 20. století její šíření pokračovalo až do řeky Missouri ve státě Iowa. V novém tisíciletí nadále pokračovala ve své expanzi a roku 2002 už napadala vodstva Virginie a Kansasu. Rok 2008 byl přelomový, protože dosáhla vodstva států ležících na západním pobřeží Spojených států amerických. Zaznamenána byla v Kalifornii, Utahu a Coloradu, kam se dostala díky převozu rekreačních lodí na přívěsech. V roce 2009 byl její výskyt i ve státech Texas a Massachusetts a o rok později napadla i Nebrasku (USGS 2011). V roce 2011 už byla přítomna v přibližně třiceti státech USA. Její rychlé šíření je většinou výsledkem schopností přichytit se k lodím, které splavují tyto řeky, stejně jako jejich schopnost ve všech životních stádiích přežít transport mezi jednotlivými státy (DeVries 2015). V jižní Kanadě se slávička také rozšiřovala rychle díky již dříve postavenému kanálu Rideau a vodní cesty Trent-Severn v Ontariu a přes Erijský kanál a řeku Mohawk ve státě New York. Tyto vodní cesty neumožňují komerční dopravu, ale pouze rekreační, která je zde velmi častá a probíhá mezi zamořenými vodami Ontarijského a Erijského jezera (Allen and Ramcharan 2001).

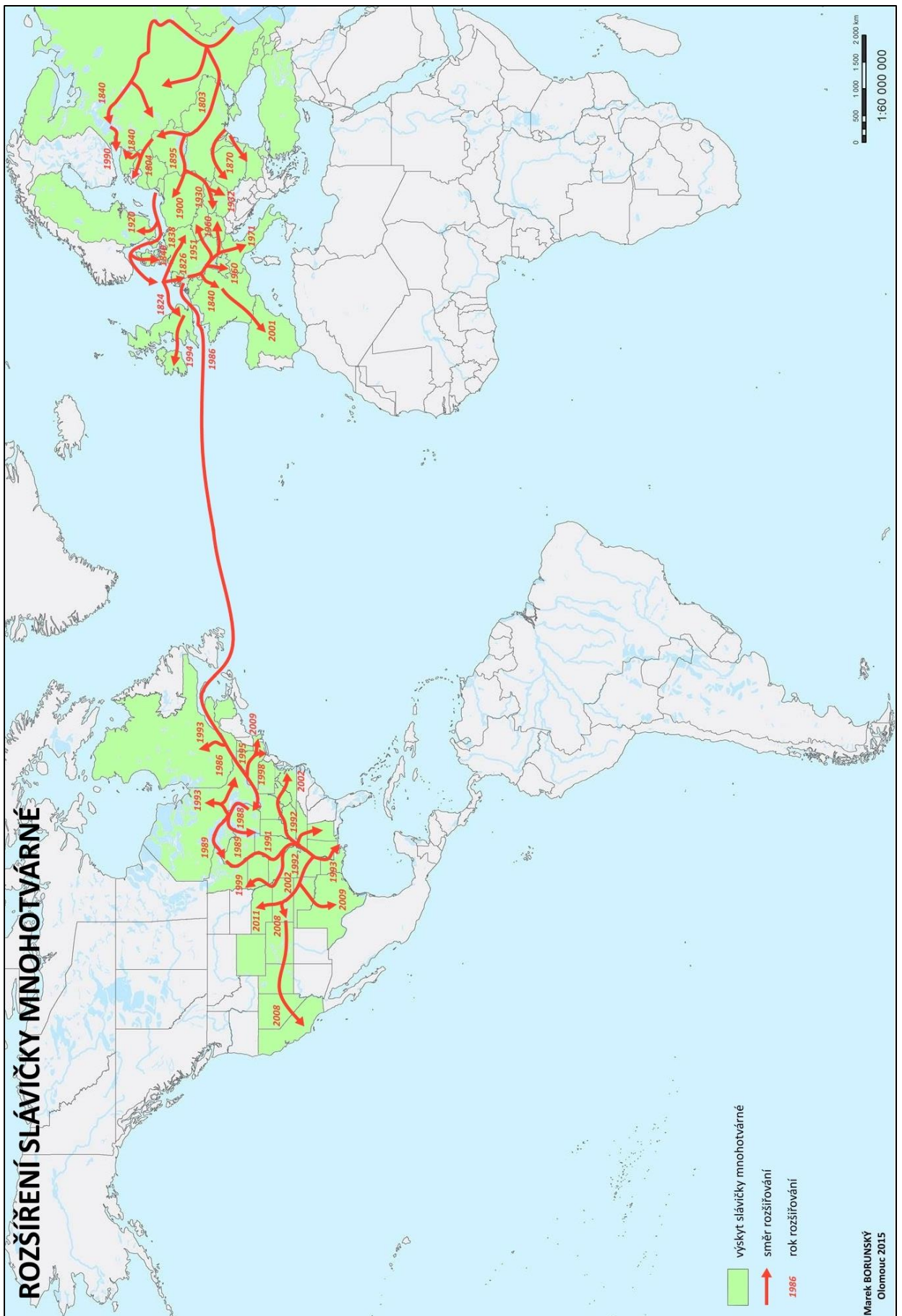
Od první invaze v polovině 80. let 20. století slávička výrazně rozšířila své území čítající na třicet států (Kirsch and Dzialowski 2012). V současné době se vyskytuje ve státech Alabama, Arkansas, Colorado, Connecticut, Denver, Illinois, Indiana, Iowa, Kalifornie, Kansas, Kentucky, Louisiana, Massachusetts, Michigan, Minnesota, Missouri, Mississippi, Nebraska, Nevada, New York, Ohio, Oklahoma, Pensylvánie, Tennessee, Texas, Utah, Virginie, Vermont, Wisconsin, Wyoming a Západní Virginie a v provinciích Ontaria a Quebecu. Silně zamořila všech pět Velkých jezer: Hořejší, Huronské, Michiganské, Ontarijské i Erijské a je přítomna v mnoha říčních tocích. Mezi nejvýznamnější patří řeka Mississippi, Sv. Vavřinec, Hudson, Illinois, Arkansas, Missouri a Tennessee.

Většina oblasti Nové Anglie, která momentálně napadena není, stejně jako oblasti jihovýchodního a západního pobřeží jsou v riziku dalšího napadání. Nicméně větší část amerického západu bude pravděpodobně pro slávičku neobyvatelná (Bossenbroek et al. 2007; Connely et al. 2007). Rozšíření do vodstva Britské Kolumbie se zřejmě také odehraje pozemním transportem. Možná je také expanze slávičky opačným směrem z vodstva Ameriky do Evropy. V Severní Americe znečišťuje slávička velké geografické

areály s různými typy habitatů (Ludyanskiy et al. 1993). Slávička mnohotvárná má mimořádné schopnosti přizpůsobit se novému prostředí. Její charakter se tak mění po fyziologické a ekologické stránce poté, co se rozšíří do vodstva Severní Ameriky. V případě zpětné introdukce těchto nově vzniklých populací do vodstva Evropy mohou nastat významné ekologické i ekonomické problémy (Minchin et al. 2002).

Na základě genetického vzorkování a porovnávání populací ze Severní Ameriky a z Evropy zjistili Stepien et al. (2002), že severoamerické populace nepocházejí z populací povodí Černého moře dolního Dněpru a řeky Bug poblíž měst Cherson a Nikolajev na Ukrajině, jak uvádějí Ludyanskiy et al. (1993) a McMahon (1996), nýbrž z populací severozápadní a středu severní Evropy. Populace nacházející se ve Velkých jezerech Severní Ameriky jsou v nejbližším příbuzenském vztahu s populacemi sesbíranými v severní Evropě z vodstva Nizozemí a Polska, a ze střední Evropy z povodí řeky Rýn (Stepien et al. 2002).





2.7 Environmentální dopad a potencionální invaze

Slávička mnohotvárná je učebnicový příklad toho, jak živočišný druh dokáže změnit svým působením ekosystém (Sax et al. 2005). Vliv na ekosystém může být jak pozitivní, tak negativní v závislosti na hojnosti výskytu tohoto mlže. Svými filtračními schopnostmi zvyšuje průhlednost vody a rychlost přeměny organického materiálu na materiál anorganický. To redukuje množství sestonu ve vodním sloupci a biomasa je tak přesunuta z pelagické na bentické potravní řetězce. Zvýšená průhlednost vody má za následek větší hojnost a diverzitu zoobentosu. Obrůstáním makrofytů a původních mlžů zvyšuje hojnost bentivorů (Gherardi 2007). Může také obohatit vodní ekosystém jako dodatečný zdroj potravy pro ryby a ptáky (Antsulevich et al. 2003).

Pozitivní vliv

Slávička má pozitivní efekt na původní bentické bezobratlé, ryby a bentické makrofyty (Sax et al. 2005). Mezi bezobratlé patří například různonožci, stejnonožci, pijavice, ploštěnky, polypovci a někteří máloštětinatci a pakomáři, kterým struktury vytvořené slávičkou poskytují útočiště a také zdroje potravy (Karatayev et al. 2015). Dospělý jedinec filtruje fytoplankton přibližně z jednoho litru vody denně a může znatelně pozměnit kvalitu vody (DeVries 2015).

Negativní vliv

Uchycování slávičky způsobuje původním mlžům čeledi Unionidae značné škody (Sax et al. 2005). Soupeření o potravu také negativně ovlivňuje ostatní organismy živící se planktonem (DeVries 2015). Organismy, které se zahrabávají do dna (máloštětinatci a pakomáři) jsou také negativně ovlivňovány. Slávička jim svými výkaly ubírá potřebný kyslík. Feces a pseudofeces jsou odpadní materiály tohoto filtrátora, které také negativně ovlivňují chuťové a pachové vlastnosti vody (Kingcounty 2002). Negativní vliv má však především na zařízení využívané lidmi. Při kolonizaci potrubí omezuje průtok vody nebo například zanáší zásobárny vody vodních elektráren. Při zanášení trupů lodí snižuje jejich výkonnost a při větších hustotách dokonce potápí navigační bóje (DeVries 2015).

Invazní potenciál

Slávička mnohotvárná je schopna progresivně se adaptovat na místa s odlišnými ekologickými podmínkami oproti podmínkám v původním areálu. Tento stav se nazývá expanze niky (Gallardo et al. 2013). Oproti původním mlžům disponuje několika výhodami ve sladkovodním prostředí. Je schopna opakovaně se přizpůsobovat na nové životní prostředí díky tomu, že nejprve kolonizuje oblasti klimaticky podobné svému domovskému regionu. Z těchto oblastí se poté dále rozšiřuje do nových oblastí a tak rapidně zvětšuje svou distribuci. Tato schopnost je umožněna kombinací schopnosti přizpůsobit se environmentálním podmínkám, genetického složení ale také lidskou činností (Rajagopal et al. 2009; Gallardo et al. 2013). Znalost ekologie a biologie tohoto druhu v nově napadených oblastech je velmi důležitá pro předpovídání následných událostí (Antsulevich et al. 2003).

V poslední době nejvíce přispívá k osidlování nových lokalit převážení a přesun lodí mezi jednotlivými vodními tělesy. Jakmile se slávička dostane do zatím nenapadeného tělesa, je téměř nemožné zabránit jí v dalším rozšiřování. V Severní Americe je brán zřetel na rekreační jachtaře a rybáře, kteří jsou povinni řádně čistit svá plavidla před přesunem do jiných vodních těles (Kingcounty 2002).

Nedávné ekologické modely potencionální invaze slávičky mnohotvárné do USA předpovídají pravděpodobné invaze do všech 48 států. Jihovýchod a povodí řek tichomořského pobřeží jsou však v nejvyšším riziku (Bossenbroek et al. 2007; Oliver 2014). V České republice se dá další šíření předpokládat především do nově vytvářených pískoven. Větší hustoty ovlivňují naše původní mlže a extrémní hustoty mohou ohrozit také další skupiny živočichů (Mlíkovský a Stýblo 2006).

Exotické druhy jsou v současnosti považovány za jednu z největších hrozeb přirozených ekosystémů po celém světě. Jedním z nejagresivnějších recentních vodních vetřelců je právě slávička mnohotvárná. Vzhledem k jejímu velkému dopadu na životní prostředí a ekonomiku v místech jejího výskytu se úřady a vědci postižených i nepostižených zemí pokouší o prevenci a plán dalších pravděpodobných invazí. Slávička je ve sladkých vodách napříč zeměmi bývalého sovětského svazu, východní a západní Evropy agresivní po dobu více než dvě stě let, v Severní Americe téměř třicet let. Na území České republiky je další kolonizace možná ve všech velkých řekách.



obr. č. 1: Informativní plakát upozorňující na místa napadaná slávičkou vhodná k očištění [online][cit. 2015-06-25].

Dostupné z: <https://lakeecosystems2014.wordpress.com/environmental-change/invasive-species/>

Prevence

V Severní Americe je rozmach rekreačního rybaření, jachtaření a dalších volnočasových vodních aktivit velmi častý, proto zde vznikají informativní brožury, plakáty a internetové stránky zabývající se problematikou slávičky mnohotvárné. V těchto médiích se nachází například podrobné informace a rady o čištění a vysoušení lodí. Tento způsob informování je velmi praktický, protože se díky němu částečně zabraňuje dalšímu antropogennímu šíření slávičky. V některých státech je důkladné čištění lodí uzákoněno pod vysokými sankcemi (Kingcounty 2002).

2.8 Likvidace a kontrola slávičky mnohotvárné

Metody kontroly rozšíření slávičky mnohotvárné můžeme rozdělit do dvou hlavních skupin. Na preventivní, neboli na ty, které se aplikují do zatím nenapadených nebo právě vyčištěných zařízení a vodních těles a na reakční, kterými se řeší odstraňování již zanesených lokalit.

Mezi preventivní se řadí například odpuzující konstrukce materiálů, protizanášecí povlaky, chemické metody a teplotní šetření. Existuje řada materiálů, které svými vlastnostmi odpuzují uchycování slávičky. Mezi ně se řadí potrubí o malém průměru a vybavení z mědi, mosazi nebo pozinkované oceli.

Reakční metoda je pak mechanické čištění, vysokotlaké stříkání vodou, použití oxidu uhličitého, mrznutí nebo vysoušení. Chemická a tepelná metoda se dá použít jako reakční šetření při čištění systému a následně preventivně jako běžná údržba proti dalšímu napadení. Protože reakční metody kontroly slávičky mnohotvárné musí být opakovány v pravidelných intervalech a odstraňování a likvidace jejich schránek je nákladný a neustávající proces, prosazují se spíše preventivní metody kontroly. Likvidaci slávičky bychom mohli rozdělit do čtyř kategorií dle typu. Na biologické, chemické, mechanické a fyzikální (Boelman et al. 1997).

2.8.1 Biologické metody likvidace

Slávička je výhodným a hojně využívaným potravním zdrojem pro některé ryby, mezi které patří například kapr obecný (*Cyprinus carpio*), amur černý (*Mylopharyngodon piceus*), střevele potoční (*Phoxinus phoxinus*), úhoř říční (*Anguilla anguilla*), a pro některé vodní ptáky jako je polák velký (*Aythya ferina*), polák chocholačka (*Aythya fuligula*), lyska černá (*Fulica atra*) a slípka zelenonohá (*Gallinula chloropus*). Ze savců ji vyhledává např. ondatra pižmová (Amborgi 2002; Uvíra et al. 2009).

Komerční prostředek pro biologickou likvidaci slávičky mnohotvárné se nazývá Zequanox. Aktivní přísadou v tomto produktu jsou mrtvé buňky bakterie *Pseudomonas fluorescens* CL145A. Slávička tuto látku nerozpozná jako potencionálně škodlivou a Zequanox ji při filtraci usmrtí zničením jejího trávicího traktu. Při dodržování správných

koncentrací se ukázalo, že má tato látka minimální nebo žádný dopad na necílové organismy (Meehan et al. 2014). Kmen *Pseudomonas fluorescens* CL145A je netoxický a neinfekční (Molloy et al. 2013).

Mezi další biologickou metodu řadíme využití nepůvodního amura černého z Asie požírajícího měkkýše. Tato metoda je riskantní a postrádá vědecké základy. Při zavlečení amura černého do nového ekosystému je celá oblast vystavena riziku. Protože je velmi obtížné předpovědět chování této ryby v cizím prostředí, není jisté, zda by slávičku mnohotvárnou požírala. Víme, že černý amur je v Číně krmen malými plži, ne mlži. Nelze očekávat, že bude plavat a požírat slávičku mnohotvárnou, aniž by nehledal své oblíbené plže. V horším případě amur černý může vyhladovět a začít požírat něco jiného, například původní druhy měkkýšů. Dospělý černý amur také přináší různé parazity z původní domoviny. Kromě toho, černý amur žere jen v relativně teplých vodách a to ho činí nepravděpodobným predátorem slávičky mnohotvárné, která se vyskytuje také v chladnějších spodních vodách (USA Today 1993).

2.8.2 Chemické metody likvidace

V boji se slávičkou mnohotvárnou byla testována celá řada chemických látek lišící se úrovněmi úspěšnosti a přijatelnosti. Výhodou chemikálií je, že mohou ochránit skoro celé zařízení. Naopak nevýhodou jsou ekologické omezení znemožňující jejich vypouštění. Chemické látky můžeme rozdělit do dvou skupin. První skupinou jsou oxidující látky, mezi které patří chloramin (NH_2Cl), oxid chloričitý (ClO_2), bróm, ozon (O_3), manganistan draselný (KMnO_4), chloritan sodný (NaClO_2) nebo metoda odvápnění. Druhou skupinou jsou látky neoxidující, mezi které patří moluskocidy, detoxifikace, draslík a flokulace (Boelman et al. 1997; USGS 2015). Pro kontrolu slávičky v komerčních zařízeních, vodních potrubích a komorách je mezinárodně nejčastěji využíván chlór (Meehan et al. 2014). Díky environmentálním obavám je ale považován za dlouhodobě nepřijatelné řešení (Molloy et al. 2013).

2.8.3 Fyzikální metody likvidace

Regulování teploty je obecně přijímanou nechemickou technologií snižující zanášení přirozených vodních systémů bezobratlými živočichy. Termální ošetření je hospodárná a účinná metoda pro kontrolu slávičky. Teplotní metoda se dá považovat za environmentálně bezpečnější než metoda chemická. Problém je ale v tom, že menší jedinci dokáží tolerovat větší teploty, než jedinci větší. Teplotní zacházení můžeme rozčlenit na dvě metody. Jedná se o akutní nebo chronické zacházení s teplotou. Pod akutním, neboli rychlým zacházením nastává po dosažení potřebné teploty okamžitá smrt, po níž je voda navrácena na operativní teplotu. Tato metoda je nejpoužívanější v přírodních podmínkách. Chronická, neboli pomalá metoda zahrnuje stálou smrtelnou teplotu po dobu potřebnou k dosažení smrti oběti (Boelman et al. 1997).

2.8.4 Mechanické metody likvidace

Mechanické metody zahrnují mechanickou filtraci. Sítky, cedníky a ultrafiltrace mohou být efektivní při blokování dospělých mlžů i schránek. Nejsou však schopné zabránit průchodu veligerů. Mezi další metody likvidace slávičky mnohotvárné řadíme škrábání, drhnutí, vysokotlaké čištění vodním proudem a odstraňování pomocí oxidu uhličitého. Zmrazováním a vysoušením lze odstranit mrtvé organismy a schránky. Mechanické odstraňování slávičky použitím drátěných kartáčů, škrabek nebo dalších fyzických způsobů je efektivní. Specializované nátěry, efektivní při kontrole slávičky v přirozených vodních systémech řadíme také mezi mechanické metody likvidace. Tradiční proti-zanášecí materiály vylučují toxiny, většinou oxid měďný a zabraňují přichycení slávičky mnohotvárné k podkladu. Tyto produkty jsou efektivní přibližně 2-5 let. Nátěry mají kovový charakter. Z kovů je využíván zinek, měď nebo mosaz. Nátěry odpuzují slávičku pomalým rozpouštěním kovových iontů do vody. Zinkový sprej také poskytuje vysokou odolnost proti korozi na ocelových površích (Boelman et al. 1997).

Další kontrolní zařízení používají k usmrcení nebo k zabránění rozšiřování slávičky mnohotvárné do přírodních potrubí metodu kombinace elektrického proudu

a vzduchových bublin. Díky tomu, že tkáň a orgány žijících organismů jsou elektricky vodivé, má elektrický proud značný fyziologický efekt na chování živých organismů (Baddour and Lenson 1994). K dalším metodám likvidace slávičky mnohotvárné patří zdokonalování přívodního potrubí, použití akustiky, elektrického pole a UV světla. Výhodou těchto metod je možnost jejich instalace do již existujících zařízení nebo nově vybudovaných zařízení (Boelman et al. 1997; USGS 2015).

3. Závěr

Cílem bakalářské práce bylo zpracování literární rešerše na témata distribuce, environmentální požadavky výskytu, mechanismy rozšiřování, geografická distribuce, invazní potenciál a likvidace slávičky mnohotvárné (*Dreissena polymorpha*). Pro dosažení dostatečných informací o vybraném tématu bylo použito 60 primárních a sekundárních zdrojů, mezi kterými jsou knihy nebo jejich kapitoly, články i internetové zdroje. V průběhu zpracování literární rešerše byla potřeba pokročilejší znalost anglického jazyka a pochopení souvislostí s daným tématem z geografického i biologického hlediska. K dotvoření lepšího pochopení distribuce slávičky mnohotvárné jsou součástí práce mapové podklady zobrazující původní i současnou distribuci a rozšiřování tohoto invazivního mlže. V průběhu vypracovávání této práce jsem se seznámil s novými biologickými a geografickými informacemi. Tyto poznatky mohou přispět v budoucnu k dalším dílčím úspěchům v navazujícím studiu.

4. Seznam literatury

Knihy

- Gherardi, F. (2007): Biological invaders in inland waters: profiles, distribution and threats. *Invading nature: Springer series in invasion ecology 2*: 103-121. ISBN 978-1-4020-6028-1
- Mlíkovský, J. & Stýblo, P. (2006): *Nepůvodní druhy fauny a flóry České republiky*. Praha: ČSOP, 2006, 496. ISBN 80-86770-17-6.
- Pfleger, V. (1988): *Měkkýši*. Praha: Artia. 191: 182-183. ISBN: 37-003-88
- Sax, D. F., Stachowicz, J. J. & Gaines, S. D. (2005): *Species Invasions: Insight into Ecology, Evolution and Biogeography*. Sunderland, Massachusetts. Sinauer Associates 495. ISBN: 0-87893-811-7

Kapitoly z knihy

- Ambrogi, A. O. (2002): Current status of aquatic introductions in Italy. Pages 311-324 in Leppäkoski, E., Gollash, S. & Olenin, S. (editors) *Invasive aquatic species of Europe: Distribution, impacts and management*. Kluwer Academic Publishers.
- Cianfelli, S., Lori, E. & Bodon, M. (2007): Non-indigenous freshwater molluscs and their distribution in Italy. Pages 103-121 in Gherardi, F. (editor) *Biological invaders in inland waters: profiles, distribution and threats*. *Invading nature*. Springer series in invasion ecology 2.
- DeVries, D. R. (2015): Environmental impact of zebra mussels: In *Encyclopedia of Environmental Issues: Water and Water Pollution*. Salem Press Encyclopedia. 151.
- Jazdewski, K. & Konopacka, A. (2002): Invasive ponto-caspian species in waters of the Vistula and Oder basins and the southern Baltic sea. Pages 384-398 in Leppäkoski, E., Gollash, S. & Olenin, S. (editors) *Invasive aquatic species of Europe: Distribution, impacts and management*. Kluwer Academic Publishers.
- Minchin, D., Lucy, F. & Sullivan, M. (2002): Zebra mussel: Impacts and spread. Pages 135-146 in Leppäkoski, E., Gollash, S. & Olenin, S. (editors) *Invasive aquatic species*

of Europe: Distribution, impacts and management. Kluwer Academic Publishers.

Orlova, M. I. (2002): *Dreissena* (D.) *polymorpha*: Evolutionary origin and biological peculiarities as prerequisites of invasion success. Pages 127-134 in Leppäkoski, E., Gollash, S. & Olenin, S. (editors) Invasive aquatic species of Europe: Distribution, impacts and management. Kluwer Academic Publishers.

Van der Velde, G., Nagelkerken, I., Rajagopal, S. & Bij de Vaate, A. (2002): Invasions by alien species in inland freshwater bodies in western Europe: The Rhine delta. Pages 360-372 in: Leppäkoski, E., Gollash, S. & Olenin, S. (editors) Invasive aquatic species of Europe: Distribution, impacts and management. Kluwer Academic Publishers.

Články

Ackerman, J. D. (1995): Zebra mussel life history. Proceedings of the fifth international zebra mussel and other aquatic nuisance organisms conference, Toronto, Canada. 8.

Allen, Y. C. & Ramcharan, Ch. W. (2001): *Dreissena* distribution in commercial waterways of the US: using failed invasions to identify limiting factors. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 58: 898-907.

Antsulevich, A. E., Välipakka, P. & Vaittinen, J. (2003): How are the zebra mussel doing in the Gulf of Finland? Proceedings Estonian Academy of Science, Biology and Ecology 52 (3): 268-283.

Baddour, R. E., & Lenson, W. J. (1994): United States Patent. Zebra mussel control device for water intakes. 11.

Baker, S. M. & Hornbach, D. J. (2008): Zebra mussels (*Dreissena polymorpha*) attached to native mussels (Unionidae) or inanimate substrates: Comparison of physiological rates and biochemical composition. The American Midland Naturalist 160: 20-28.

Balogh, C., Muskó, I. B., Tóth, L. G. & Nagy, L. (2008): Quantitative trends of zebra mussels in Lake Balaton (Hungary) in 2003-2005 at different water levels. Hydrobiologia 613: 57-69.

- Bij de Vaate, A., Jazdewski, K., Ketelaars, H. A. M., Gollasch S. & Van der Velde, G. (2002): Geographical patterns in range extension of Ponto-Caspian macroinvertebrate species in Europe. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 59: 1159-1174.
- Bobat, A., Hengirmen, M. O. & Zapletal, W. (2004): Zebra mussel and fouling problems in the Euphrates basin. *Turkish Journal of Zoology* 28: 161-177.
- Boelman, S. F., Neilson, F. M., Dardeau, E. A. Jr. & Cross, T. (1997): Zebra mussel (*Dreissena polymorpha*) control handbook for facility operators, first edition. 93.
- Bossenbroek, J. M., Johnson, L. E., Peters, B. & Lodge, D. M. (2007): Forecasting the expansion of zebra mussel in the United States. *Conservation Biology* 21 (3): 800-810.
- Burlakova, L. E., Karatayev, A. Y. & Padilla, D. K. (2006): Changes in the distribution and abundance of *Dreissena polymorpha* within lakes through time. *Hydrobiologia* 571: 133-146.
- Connely, N. A., O'Neill, Ch. R. Jr., Knuth, B. A. & Brown, T. L. (2007): Economic impacts of zebra mussels on drinking water treatment and electric power generation facilities. *Journal of Environmental Management* 40: 105-112.
- Gallardo, B., zu Emgassen, P. S. E. & Aldridge, D. C. (2013): Invasion ratcheting in the zebra mussel (*Dreissena polymorpha*) and the ability of native and invaded ranges to predict its global distribution. *Journal of Biogeography* 40: 2274-2284.
- Karatayev, A. Y., Burlakova, L. E. & Padilla, D. K. (1998): Physical factors that limit the distribution and abundance of *Dreissena polymorpha* (Pallas). *Journal of Shellfish Research* 17 (4): 1219-1235.
- Karatayev, A. Y., Burlakova, L. E. & Padilla, D. K. (2015): Zebra versus quagga mussels: a review of their spread population dynamics, and ecosystem impacts. *Hydrobiologia* 746: 97-112.
- Kirsch, K. M. & Dzialowski, A. R. (2012): Effects of invasive zebra mussels on phytoplankton turbidity, and dissolved nutrients in reservoirs. *Hydrobiologia* 686: 169-179.

- Lancioni, T. & Gaino, E. (2006): The invasive zebra mussel *Dreissena polymorpha* in Lake Trasimeno (Central Italy): Distribution and reproduction. *Italian Journal of Zoology* 73 (4): 335-346.
- Ludyanskiy, M. L., McDonald, D. & MacNeill, D. (1993): Impact of the zebra mussel, a bivalve invader. *BioScience* 43 (8): 533-544.
- Mackie, G. L. & Schloesser, D. W. (1996): Comparative biology of zebra mussels in Europe and North America: An overview. *American Zoologist* 36: 244-258.
- McMahon, R. F. (1996): The physiological ecology of the zebra mussel, *Dreissena polymorpha* in the North America and Europe. *American Zoologist*. 36: 339-363.
- Meehan, S., Shannon, A., Gruber, B., Rackl, S. M. & Lucy, F. E. (2014): Ecotoxicological impact of Zequanox®, a novel biocide, on selected non-target Irish aquatic species. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 107: 148-153.
- Molloy, D. P., Mayer, D. A., Gaylo, M. J., Morse, J. T., Presti, K. T., Sawyko, P. M., Karatayev, A. Y., Burlakova, L. E., Laruelle, F., Nishikawa, K. C. & Griffin, B. H. (2013): *Pseudomonas fluorescens* strain CL145A – a biopesticide for control of zebra and quagga mussels (Bivalvia: Dreissenidae). *Journal of Invertebrate Pathology* 113: 104-114.
- Oliver, M. E. (2014): Linking zebra mussel invasion and waterborne commerce in the USA. *Water Policy* 16: 536-556.
- Orlova, M. I. & Panov, V. E. (2004): Establishment of the zebra mussel, *Dreissena polymorpha* (Pallas), in the Neva Estuary (Gulf of Finland, Baltic Sea): distribution, population structure and possible impact on local unionid bivalves. *Hydrobiologia* 514: 207-217.
- Pollux, B., Minchin, D., Van der Velde, G., Van Alen, T., Moon-Van der Staay, S. Y. & Hackstein, J. (2003): Zebra mussel (*Dreissena polymorpha*) in Ireland, AFLP-fingerprinting and boat traffic both indicate an origin from Britain. *Freshwater Biology* 48: 1127-1139.
- Sanz-Ronda, F. J., López-Sáenz S., San-Martín, R. & Palau-Ibars, A. (2014): Physical habitat of zebra mussel (*Dreissena polymorpha*) in the lower Ebro River (Northeastern Spain): influence of hydraulic parameters in their distribution. *Hydrobiologia* 735: 137-147.

- Sousa, R., Pilotto, F. & Aldridge, D. C. (2011): Fouling of European freshwater bivalves (Unionidae) by the invasive zebra mussel (*Dreissena polymorpha*). *Freshwater Biology* 56: 867-876.
- Stepien, C. A., Taylor, C. D. & Dabrowska, K. A. (2002): Genetic variability and phylogeographical patterns of nonindigenous species invasion: a comparison of exotic vs. native zebra and quagga mussel populations. *Journal of Evolutionary Biology* 15: 314-328.
- Strayer, D. L. (1991): Projected distribution of the zebra mussel *Dreissena polymorpha*, in North America. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 48 (8): 1389-1395.
- Trichkova, T. A., Kozuharov, D. S., Hubenov, Z. K., Botev, I. S., Zivkov, M. T. & Cheshmedjiev, S. D. (2008): Characteristics of zebra mussel (*Dreissena polymorpha*) populations in infested reservoirs, northwest Bulgaria. *Journal of Natural History* 42 (5-8): 619-631.
- Uvíra, V. a kol. (2009): Slávička mnohotvárná (*Dreissena polymorpha*) v zatopených písčokvách a lomen na Moravě. *Limnologické noviny* č. 2: 1-5.
- Uvírová-Velecká, I., Uvíra, V. & Bartoš, M. (2003): Invaze slávičky mnohotvárné (*Dreissena polymorpha*) v písčokvách střední Moravy po katastrofální povodni v roce 1997. *Acta Facultatis Ecologiae* 10 (1): 308.

Internetové zdroje

- Birnbaum, C. (2011): Invasive alien species fact sheet – *Dreissena polymorpha*. In: Nobanis - european network on invasive alien species [online]. [cit. 2013-11-15]. Dostupné z: https://www.nobanis.org/globalassets/speciesinfo/d/dreissena-polymorpha/dreissena_polymorpha.pdf
- Kingcounty (2002): Zebra mussels: a dangerous invader. In: Kingcounty [online]. [cit. 2015-3-26]. Dostupné z: <http://www.kingcounty.gov/environment/waterandland/lakes/facts/zebramu ssels.aspx>

- USA Today Magazine (1993): Chinese black carp vs. zebra mussel 122: 2583. [online]. [cit. 2015-4-8]. Dostupné z:
<http://www.thefreelibrary.com/Chinese+black+carp+vs.+zebra+mussel.-a014672818>
- USGS (2011): Science for a changing world: Progression of zebra mussel (*Dreissena polymorpha*) and quagga mussel (*D. rostriformis bugensis*) distributions in North America. In: U. S. Geological survey [online]. [cit. 2015-5-12]. Dostupné z:
http://fl.biology.usgs.gov/Nonindigenous_Species/ZM_Progression/zm_progression.html
- USGS (2015): Science for a changing world. Frequently asked questions about the zebra mussel. In: U. S. Geological survey [online]. [cit. 2015-5-12]. Dostupné z:
http://fl.biology.usgs.gov/Nonindigenous_Species/Zebra_mussel_FAQs/zebra_mussel_faqs.html
- Zaiko, A. & Olenin, S. (2006): Delivering alien invasive species inventories for Europe – *Dreissena polymorpha*. In: Daisie Species Factsheets [online]. [cit. 2013-10-26]. Dostupné z:
<http://www.europe-aliens.org/speciesFactsheet.do?speciesId=50169>

Sekundární citace

- Andrusov, N. I. (1897): Fossil and living Dreissenidae of Eurasia. Trudy Sankt-Petersburgskogo obshchestva Estestvoispytatelei. Saint Petersburg, Russia. 25. In: Ludyanskiy, M. L., McDonald, D. & MacNeill, D. (1993): Impact of the zebra mussel, a bivalve invader. BioScience 43 (8): 533-544.
- Binder, E. (1965): Un mollusque enhavissant, la *Dreissena polymorpha*. Musee de Geneve 54: 2-4. In: Ludyanskiy, M. L., McDonald, D. & MacNeill, D. (1993): Impact of the zebra mussel, a bivalve invader. BioScience 43 (8): 533-544.
- Kreglinger, C. (1870): Systematisches Verzeichnis der in Deutschland lebenden Binnen-Mollusken. Weisbaden. 402. In: Trichkova, T. A., Kozuharov, D. S., Hubenov, Z. K., Botev, I. S., Zivkov, M. T. & Cheshmedjiev, S. D. (2008): Characteristics of

- zebra mussel (*Dreissena polymorpha*) populations in infested reservoirs, northwest Bulgaria. *Journal of Natural History* 42 (5-8): 619-631.
- Lyakhnovich, V. P., Karatayev, A. Y., Andreev, N. I., Andreeva, S. I., Afanasiev, S. A., Dyga A. K., Zakutskiy, V. P., Zolotareva, V. I., Lvova, A. A., Nekrasova, M. Y., Osadchikh, V. F., Pligin, Y. V., Protasov, A. A. & Tischikov, G. M. (1994): Living conditions. 109-119. *Systematics, Ecology, Practical Meaning*. Nauka Press, Moscow (in Russian) In: Karatayev, A. Y., Burlakova, L. E. & Padilla, D. K. (1998): Physical factors that limit the distribution and abundance of *Dreissena polymorpha* (Pallas). *Journal of Shellfish Research* 17 (4): 1219-1235.
- Martens, E. (1865): Eine eingewanderte Muschel. *Zoologische Garten* 6: 50-59; 89-97. In: Ludyanskiy, M. L., McDonald, D. & MacNeill, D. (1993): Impact of the zebra mussel, a bivalve invader. *BioScience* 43 (8): 533-544.
- Rajagopal, S., Pollux, B. J. A., Peters, J. L., Cremers, G., Moon-van der Staay, S., Van Alen, T., Eygensteyn, J., Van Hoek, A., Palau, A., Bij de Vaate, A. & Van der Velde, G. (2009): Origin of Spanish invasion by the zebra mussel, *Dreissena polymorpha* (Pallas, 1771) revealed by amplified fragment length polymorphism (AFLP) fingerprinting. *Biological Invasions* 11: 2147-2159. In: Sanz-Ronda, F. J., López-Sáenz S., San-Martín, R. & Palau-Ibars, A. (2014): Physical habitat of zebra mussel (*Dreissena polymorpha*) in the lower Ebro River (Northeastern Spain): influence of hydraulic parameters in their distribution. *Hydrobiologia* 735: 137-147.
- Sebestyén, O. (1937): A Balaton régi lakóinak küzdelme a vándorkagylóval. (The struggle of certain members of the original Balaton fauna and flora against *Dreissena polymorpha* Pallas. *Állattani Közlemények* 34: 157-164. (in Hungarian). In: Balogh, C., Muskó, I. B., Tóth, L. G. & Nagy, L. (2008): Quantitative trends of zebra mussels in Lake Balaton (Hungary) in 2003-2005 at different water levels. *Hydrobiologia* 613: 57-69.
- Sepp, L. (1937): *Dreissena polymorpha* Pallas. Narva jõe alamjooksul. *Eesti Loodus*, 5: 155-157. In: Antsulevich, A. E., Välipakka, P. & Vaittinen, J. (2003): How are the zebra mussel doing in the Gulf of Finland? *Proceedings Estonian Academy of Science, Biology and Ecology* 52 (3): 268-283.

- Starobogatov, J. I. (1994): Freshwater zebra mussel *Dreissena polymorpha* (Pallas)(Bivalvia Dreissenidae) Systematics, Ecology, Practical Meaning. Moscow, Nauka (in Russian). In: Antsulevich, A. E., Välipakka, P. & Vaittinen, J. (2003): How are the zebra mussel doing in the Gulf of Finland? Proceedings Estonian Academy of Science, Biology and Ecology 52 (3): 268-283.
- Wohlberendt, O. (1911): Zur Molluskenfauna von Bulgarien. Abhandlungen und Berichte der Naturforschenden Gesellschaft zu Görlitz 27: 167-234. In: Trichkova, T. A., Kozuharov, D. S., Hubenov, Z. K., Botev, I. S., Zivkov, M. T. & Cheshmedjiev, S. D. (2008): Characteristics of zebra mussel (*Dreissena polymorpha*) populations in infested reservoirs, northwest Bulgaria. Journal of Natural History 42 (5-8): 619-631.
- Zhadin, V. I. (1946): The traveling shellfish *Dreissena*. Priroda 5: 29-37 (in Russian). In: Karatayev, A. Y., Burlakova, L. E. & Padilla, D. K. (1998): Physical factors that limit the distribution and abundance of *Dreissena polymorpha* (Pallas). Journal of Shellfish Research 17 (4): 1219-1235.