

**ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA
V PRAZE**

FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ
KATEDRA PLÁNOVÁNÍ KRAJINY A SÍDEL



**INVAZNÍ VODNÍ MOR KANADSKÝ (*ELODEA
CANADENSIS*) V NADLIPENSKÉ ČÁSTI VLTAVY A
TEPLÉ VLTAVY – JEHO ROZŠÍŘENÍ A MOŽNOSTI
ERADIKACE**

INVASIVE CANADIAN WATERWEED (*ELODEA CANADENSIS*) IN THE
VLTAVA AND TEPLÁ VLTAVA RIVERS ABOVE THE LIPNO DAM – ITS
SPREAD AND POSSIBILITIES OF ERADICATION

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Vedoucí práce: RNDr. Jitka Horáčková, Ph.D.

Bakalantka: Tereza Nováková

2023

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Tereza Nováková

Územní technická a správní služba v životním prostředí

Název práce

Invasní vodní mor kanadský (*Elodea canadensis*) v nadlipenské části Vltavy a Teplé Vltavy – jeho rozšíření a možnosti eradikace

Název anglicky

Invasive Canadian waterweed (*Elodea canadensis*) in the Vltava and Teplá Vltava rivers above the Lipno dam – its spread and possibilities of eradication

Cíle práce

Vodní mor kanadský (*Elodea canadensis*) je obávaný invazní druh, který konkuruje původním makrofytům v našich vodách a může silně narušit kvalitu potravních zdrojů perlorodky říční v nadlipenské části Vltavy. Cílem BP bude:

- (1) Literární rešerše k biologii a ekologii druhu *Elodea canadensis*.
- (2) Literární rešerše k možnostem/metodám eradikace druhu ve vodních tocích.
- (3) Doplnění a dokončení již započatého monitoringu *Elodea canadensis* v nadlipenské části Vltavy resp. Teplé Vltavy v úseku Soumarský Most – v.n. Lipno.
- (4) Vyhodnocení současného stavu populace a rozšíření *Elodea canadensis* v nadlipenské části Vltavy resp. Teplé Vltavy.
- (5) Vypracování návrhů praktických opatření, která povedou k zamezení šíření druhu, příp. k jeho úplné eradikaci v toku.

Metodika

- (1) Pomocí WOS, Scopus a jiných zdrojů bude provedena literární rešerše k tématu.
- (2) Bude proveden vlastní monitoring *Elodea canadensis* v úsecích, kde ještě monitoring nebyl proveden (v rámci projektu NP Šumava), na ca 7 km toku Teplé Vltavy a Vltavy nad v. n. Lipno.
- (3) Běžným způsobem budou statisticky i graficky vyhodnocena všechna nálezová data o výskytu *Elodea canadensis*, včetně již existujících, která dostane studentka k dispozici.
- (4) Bude vypracován návrh praktických opatření vedoucích k zamezení šíření druhu, případně k jeho úplné eradikaci v toku, jsou-li takové postupy známy a metodicky ověřeny.

Doporučený rozsah práce

30 NS

Klíčová slova

Elodea canadensis, impakt, vodní makrofyta, eradikace, vodní tok

Doporučené zdroje informací

- Barrat-Segretain, M. H., 2001. Invasive species in the Rhône River floodplain (France): replacement of *Elodea canadensis* Michaux by *E. nuttallii* St. John in two former river channels. *Archiv für Hydrobiologie*, 152(2), 237-251.
- Barrat-Segretain, M. H., 2005. Competition between invasive and indigenous species: impact of spatial pattern and developmental stage. *Plant Ecology*, 180(2), 153-160.
<http://springerlink.metapress.com/link.asp?id=100328> doi: 10.1007/s11258-004-7374-7
- Bowmer, K. H., Jacobs, S. W. L., Sainty, G. R., 1995. Identification, biology and management of *Elodea canadensis*, Hydrocharitaceae. *Journal of Aquatic Plant Management*, 33, 13-19.
- Elodea canadensis*, *Elodea nuttallii* and *Elodea callitrichoides* – From: Online Database of the European Network on Invasive Alien Species – NOBANIS, www.nobanis.org
- Erhard, D., Gross, E. M., 2006. Allelopathic activity of *Elodea canadensis* and *Elodea nuttallii* against epiphytes and phytoplankton. *Aquatic Botany*, 85(3), 203-211.
<http://www.sciencedirect.com/science/journal/03043770> doi: 10.1016/j.aquabot.2006.04.002
- Gaya KS, Mathew L, Ramesh Babu MG (2017): An assessment of heavy metal accumulation capacity of five aquatic macrophytes and biochemical response. – *Int J Adv Res.* 5(10):839-47.
- Görner T., Šíma J., Pergl J. (2021): Invazní nepůvodní druhy s významným dopadem na Evropskou unii – jejich charakteristiky, výskyt a možnosti regulace. – *Metodika AOPK ČR*, Praha, 308 pp.
- Mjelde, M., Lombardo, P., Berge, D., Johansen, S. W., 2012. Mass invasion of non-native *Elodea canadensis* Michx. in a large, clear-water, species-rich Norwegian lake – impact on macrophyte biodiversity. *Annales de Limnologie – International Journal of Limnology*, 48(2), 225-240.
- Netten JJC, Van der Heide T, Smolders AJP (2013): Interactive effects of pH, temperature and light during ammonia toxicity events in *Elodea Canadensis*. – *Chem Ecol.* 29(5):448-58.
- Savicka M. et al. (2018): Impact of moderate heat stress on the biochemical and physiological responses of the invasive waterweed *Elodea canadensis* (Michx. 1803). – *Arch. Biol. Sci.* 70(3): 551-557.
-

Předběžný termín obhajoby

2022/23 LS – FŽP

Vedoucí práce

RNDr. Jitka Horáčková, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra plánování krajiny a sídel

V Praze dne 01. 02. 2022

Prohlášení autorky BP

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma: Invazivní vodní mor kanadský (*Elodea canadensis*) v nadlipenské části Vltavy a Teplé Vltavy – jeho rozšíření a možnosti eradikace vypracovala samostatně a citovala jsem všechny informační zdroje, které jsem v práci použila a které jsem rovněž uvedla na konci práce v seznamu použitých informačních zdrojů.

Jsem si vědoma, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, především ustanovení § 35 odst. 3 tohoto zákona, tj. o užití tohoto díla.

Jsem si vědoma, že odevzdáním bakalářské práce souhlasím s jejím zveřejněním podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a to i bez ohledu na výsledek její obhajoby.

Svým podpisem rovněž prohlašuji, že elektronická verze práce je totožná s verzí tištěnou a že s údaji uvedenými v práci bylo nakládáno v souvislosti s GDPR.

V Praze dne 30. 3. 2023

Podpis:.....

Poděkování

Ráda bych poděkovala především mé vedoucí RNDr. Jitce Horáčkové, Ph.D. za její trpělivost a ochotu, za cenné rady, které mi během psaní poskytla, ale také za vstřícný přístup a morální podporu. Dále bych chtěla poděkovat své rodině a přátelům za jejich trpělivost a podporu. Velké díky patří mému dědovi J. Šimkovi, který mi vždy byl motivací k dokončení studia.

Abstrakt

E. canadensis je ponořená vodní rostlina původem ze Severní Ameriky, která byla záměrně introdukována jako okrasný akvarijní druh v mnoha oblastech mimo svůj přirozený areál. Tento druh může vytvářet husté porosty, které mohou narušovat plavbu, přístavní infrastrukturu a další rekreační aktivity. Kromě toho tento druh konkuruje původním makrofytům, čímž snižuje biologickou rozmanitost v dané oblasti. Cílem této bakalářské práce je literární rešerše o biologii a ekologii *Elodea canadensis*, obecně známého jako vodní mor kanadský, a o možnostech a metodách likvidace tohoto druhu ve vodních tocích. Dále si práce klade za cíl doplnit probíhající monitoring *E. canadensis* v horní části Vltavy v dosud neprobádaných úsecích řeky a zhodnotit jeho současný stav a rozšíření v horní části Vltavy, konkrétně v Teplé Vltavě. Monitoring druhu *E. canadensis* je důležitý z několika důvodů, včetně potenciální hrozby, kterou představuje pro unikátní společenstva makrofyt a ohrožené druhy ve Vltavě, a možnosti dalšího šíření díky jeho ekologické toleranci. Výsledky literární rešerše a monitoringu provedeného v této práci budou využity Správou Národního parku Šumava a externími odborníky k vytvoření praktických opatření k zamezení šíření této potenciální hrozby.

Klíčová slova

Elodea canadensis, impakt, vodní makrofyta, eradikace, vodní tok, Šumava

Abstract

E. canadensis is a submerged aquatic plant native to North America that has been intentionally introduced as an ornamental aquarium species in many areas beyond its natural range. This species can form dense stands, which can interfere with navigation, harbor infrastructure, and other recreational activities. Additionally, the species competes with native macrophytes, reducing biological diversity in the area. The aim of this bachelor thesis is to provide a literature review on the biology and ecology of *Elodea canadensis*, commonly known as Canadian waterweed, and the possibilities and methods of eradicating this species in watercourses. Additionally, the thesis aims to supplement the ongoing monitoring of *E. canadensis* in the upper part of the Vltava River in previously unexplored sections of the river and evaluate its current state and distribution in the upper part of the Vltava River, specifically in Teplá Vltava. The monitoring of *E. canadensis* is important for several reasons, including the potential threat it poses to the unique macrophyte communities and endangered species in the Vltava River and the possibility of further spread due to its ecological tolerance. The results of the literature review and the monitoring conducted in this thesis will be used by the Šumava National Park and external experts to create practical measures to prevent the spread of this potential threat.

Key words

Elodea canadensis, impact, water macrophyta, eradication, water course, Šumava

Obsah

1	Úvod.....	9
2	Cíle práce	9
3	Biologie druhu	10
4	Ekologie druhu.....	11
4.1	Impakt druhu	13
4.1.1	Ekonomický a sociální impakt.....	13
4.1.2	Environmentální impakt.....	13
4.1.3	Impakt na organismy.....	14
5	Rozšíření <i>Elodea canadensis</i>	15
5.1	Rozšíření ve světě.....	15
5.2	Rozšíření v České republice	15
5.3	Rozšíření v nadlipenské Vltavě.....	16
6	Možnosti eradikace	17
6.1	Prevence	17
6.2	Snížení vodní hladiny	17
6.3	Biologická eradikace	18
6.4	Chemická eradikace.....	18
6.5	Fyzická a mechanická eradikace	20
6.6	Metoda vyčkávaní („do-nothing“ method).....	21
7	Metodika práce	22
7.1	Literární rešerše	22
7.2	Charakteristika zájmového území	22
7.3	Sběr dat o výskytu <i>Elodea canadensis</i>	24
7.3.1	Metodika monitoringu.....	24
7.3.2	Metodika sběru dat o poměrech na stanovištích s výskytem <i>Elodea canadensis</i>	27
7.3.3	Zpracování dat.....	28
8	Výsledky práce	29
9	Diskuse.....	33
10	Závěr	38
11	Literární zdroje.....	39

1 Úvod

Elodea canadensis, neboli vodní mor kanadský je ponořená vodní rostlina pomalu tekoucích vod, jejíž domovinou je Severní Amerika. Mimo svůj původní areál výskytu byl obvykle záměrně vysazen jako okrasný akvarijní druh. Jedná se o trvalku, která přezimuje v hlubší vodě. Tento druh má širokou ekologickou toleranci, a proto poměrně snadno a rychle rozšiřuje svůj areál. *E. canadensis* může tvořit husté porosty, které mohou narušovat plavbu, přístavní infrastrukturu a znepříjemňovat další rekreační činnosti. Kromě tohoto problému husté porosty konkurují původním druhům rostlin, a proto snižují biologickou rozmanitost v dané oblasti. Mimo jiné také zesiluje hromadění jemnějších organických naplavenin na místech výskytu, v jejichž důsledku se zvyšuje jeho růst a uvolňování živin do vodního prostředí.

Vodní mor konkuruje původním makrofytům v našich vodách. Jeho počínající výskyt byl v nadlipenské části Vltavy zaznamenán přibližně před pěti lety. V současné době byl zachycen na mnoha lokalitách Teplé Vltavy, v jejích přítocích a přilehlých tůních a v nadlipenské části Vltavy. Původní ohrožené druhy makrofyt, které se ve Vltavě vyskytují, představují důležitý potravní zdroj pro kriticky ohroženou perlorodku říční, na jejíž záchraně se společně s NP Šumava podílí i výzkumníci z FŽP České zemědělské univerzity. Vodní mor může v případě klimatické změny a oteplování prostředí konkurovat zdejším unikátním společenstvům makrofytních rostlin a zkomplikovat tak ekologické vztahy v prostředí s výskytem unikátních společenstev oligotrofních vod. Jeho monitoring je tak důležitý hned z několika důvodů.

2 Cíle práce

Cílem této bakalářské práce je vypracování literární rešerše k biologii a ekologii druhu *Elodea canadensis* a k možnostem a metodám eradikace tohoto druhu ve vodních tocích. Dále je jejím cílem doplnění již započatého monitoringu *E. canadensis* v nadlipenské části Vltavy v dosud neprozkoumaných úsecích řeky a vyhodnocení současného stavu a rozšíření v nadlipenské části Vltavy, resp. Teplé Vltavy. Výsledky rešerše i vlastního monitoringu BP budou využity NP Šumava i jejich externími experty za účelem vytvoření návrhů praktických opatření, která povedou k zamezení této potenciální hrozby.

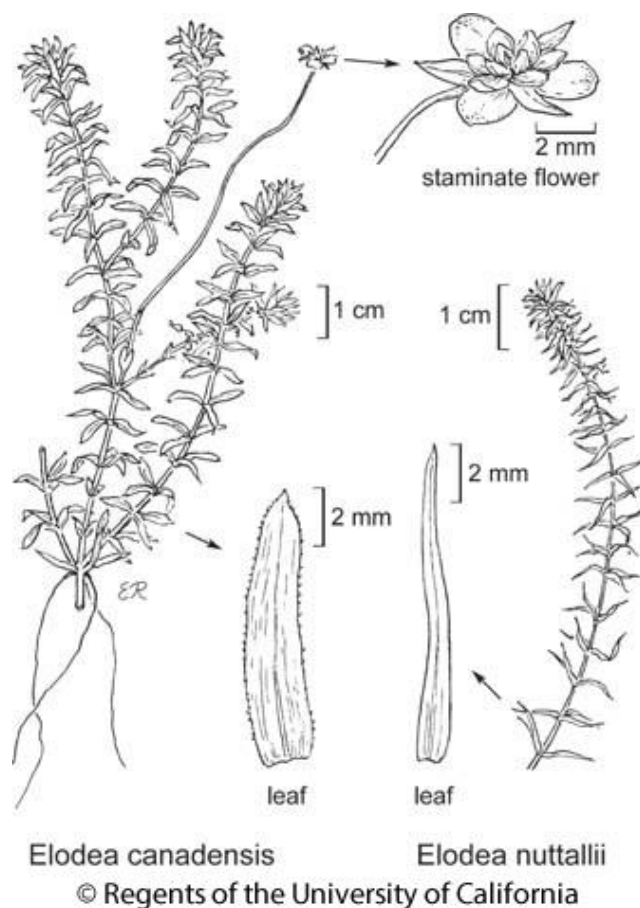
3 Biologie druhu

Vodní mor kanadský (*Elodea canadensis*) se na základě polohy obnovovacích pupenů, kterými rostliny přežívají nepříznivé období, řadí mezi hydrofyty (Obr. 1). Jedná se o životní formu rostlin, které mají obnovovací pupeny pod vodní hladinou, obvykle na dně. Jde o klonální bylinu, která má orgány klonálního růstu, tudíž může během svého života fragmentovat a vytvářet samostatné partikule (Cook, Urmí-KSnig 1985), které jsou schopny přežít a dále se rozrůstat. Na území České republiky může plně vyvinutá rostlina v generativním stavu vyskytující se ve volné přírodě dorůstat výšky v rozmezí 30 až 150 cm (Görner et al. 2021). Jde o dvoudomou rostlinu, najdeme u ní samičí i samčí jedince (Duenas-Lopez et al. 2022). Na území České republiky a Evropy byli zaznamenány až na pár výjimek pouze samičí jedinci, tudíž se rozmnožuje výhradně vegetativně. Plodem je tobolka (Štěpánková 2010). *E. canadensis* je hustě listnatá rostlina s přeslenitými nebo jednoduchými zelenými listy s bíle zbarveným květem, stopka samičího květu je přibližně 15 cm dlouhá a má zhruba 2–3 mm dlouhé okvětní lístky (Pladias ©2014). Samčí květy jsou drobné (Štěpánková 2010).



Obr. 1: *Elodea canadensis* - prýt rostliny a typické přeslenité větvení listů. (Foto: Tereza Nováková).

Velmi podobný je vodní mor americký (*Elodea nuttalli*), se kterým může dojít k záměněm (Obr. 2). *E. canadensis* má však širší a tmavší lístky, přibližně 2–5 mm široké, které jsou nejširší uprostřed a na konci jsou oblé. Oproti tomu *E. nuttalli* má často zkroucené, světle zelené a na konci dlouze a ostře zašpičatělé 1,4–2 mm široké listy (Kaplan 2019).



Obr. 2: Porovnání druhů *Elodea canadensis* a *Elodea nuttalli* (© 2023 Regents of the University of California). Podstatné jsou znaky na listech.

4 Ekologie druhu

E. canadensis roste ve všech typech oligotrofních až eutrofních, řidčeji dystrofních, stojatých nebo mírně tekoucích, měkčích a čistých vodách, jako jsou – rybníky, mělké přehrady, zatopené lomy, pískovny, hliníky, lesní klausury, mrtvá a slepá ramena, tůňe, kanály a náhony, drenážní příkopy, potoky a řeky (Štěpánková 2010). Můžeme jej najít i v rychle tekoucích vodách, to však pouze v malém množství. Preferuje vápenatou vodu s pH pohybujícím se okolo 6,5–10 (Duenas-Lopez et al. 2022). Často tvoří rozsáhlé porosty a může dominovat v hloubce 0,1–1,5 m, byl však také zaznamenán až ve vodě hluboké 12 m (USA; Cook, Urmi-KSnig 1985). Vodní mor je

světломilný druh, vyhýbá se trvalému zástínu (Štěpánková 2010). Daří se mu ale i v místech s menším přísunem světla a v kalných vodách (Josefsson 2011).

Stejně tak jej můžeme nalézt i v brakických pobřežních vodách (Duenas-Lopez et al. 2022), avšak optimální rozmezí salinity pro *E. canadensis* je 0,009 (sladká voda) - 1,2 g/l NaCl, při kterém byl pozorován nárůst sušiny a největší růst. Kritická výše salinity pro *Elodea* je 2,4–6 g/l NaCl, při kterém je pozorován pokles rychlosti růstu hlavních a postranních výhonů. Běžná salinita mořské vody se obvykle pohybuje v rozmezí 30 až 35 g soli na litr vody, salinita brakické vody při ústí řek do moře v rozmezí 0,5 až 30 g/l (Martemyanov, Tikhonenkov 2022).

Optimální teplotou pro růst této rostliny je 10–25 °C, dokáže však přežít i při výrazně nižších či vyšších teplotách. Při teplotách pod 10 °C může růst zpomalit nebo se zastavit, avšak dokáže přežívat a růst obnovit a zrychlit, jakmile se teplota opět zvedne (Josefsson 2011).

E. canadensis dává přednost pevným, jemně zrnitým sedimentům s vysokým obsahem živin a minerálních látek (Josefsson 2011), nicméně je schopen žít i v mnohem méně příznivých podmínkách z hlediska dostupnosti živin a hrubosti substrátu. Je často spojován s organicky bohatými bahny (Duenas-Lopez et al. 2022). Bylo zjištěno, že v oblastech, kde je sediment bohatý na železo, rostlina velmi rychle roste a po vyčerpání zásob železa se růst rychle ukončuje (Lehtonen 2000). Často invaduje nově vzniklé mělké rybníky s vysokou světelnou dostupností a malou konkurencí ostatních druhů, kde tvoří velké masy (Josefsson 2011).

E. canadensis vykazuje aktivní růst při teplotách nad 10 °C. Se zvyšující se teplotou na jaře se rostlina obnovuje z podzemních pupenů. Stonky rostou směrem k vodní hladině. V tomto vegetačním období *Elodea* zachycuje živiny, jako jsou fosfor a dusík, a může tak způsobovat nedostatek živin u konkurenčních makrofyt. Na počátku chladného počasí rostlina odkvétá, na podzim zčerná a vypouští do vody různé ionty, například mangan, jehož zvýšený obsah v říční vodě je pro různé organismy i pro perlorodky nepříznivý až toxický. Jedná se o křehkou rostlinu, která snadno fragmentuje, ale ne každá partikule je schopna zakořenit a vyvinout se v novou rostlinu (Cook, Urmi-KSnig 1985). Jak již bylo řečeno výše, rostlina se ve své domovině rozmnožuje i generativně, nicméně v Evropě jsou zaznamenávány pouze samiči

jedinci, což znamená, že se rostlina rozšiřuje výhradně vegetativně pomocí drobných partikulí (Cook, Urmi-KSnig 1985).

Díky schopnosti vegetativního rozmnožování se *Elodea* velmi rychle a účinně šíří. Části rostlin a přezimující pupeny jsou ve vodě přirozeně transportovány pomocí proudu, větru a vln, následně pak koření v sedimentu. Po souši napomáhají transportu vodní ptáci, především husy a labutě. Podstatnější je však šíření lidmi. Lodní doprava, ale i pohyb malých rekreačních loděk či kanoistika na vodních tocích a útvech (nebo mezi nimi) velmi napomáhá rostlině se šířit (Sand-Jensen 2000).

4.1 Impakt druhu

4.1.1 Ekonomický a sociální impakt

Vodní mor často vytváří husté, velké porosty, které narušují plavbu lodí, rybolov, ale i vodní rekreační aktivity. Může ucpávat přírodní potrubí do elektráren, vodáren a průmyslových provozů a omezit tak využití vody pro domácí a průmyslové potřeby (Brandrud 1999, Sand-Jensen 2000). *Elodea* může zhoršit průtok odvodňovacích kanálů, čímž se zvyšuje riziko povodní (Larson 2003). Navzdory negativním vlivům je *Elodea* využívána pro biologickou sanaci znečištěných vod, jelikož je účinná v přijímání těžkých kovů a živin. Zvláště účinná je v akumulaci kadmia (Josefsson 2011).

4.1.2 Environmentální impakt

Invazní vodní plevel *Elodea canadensis* může být pro přírodu a společnost přínosem, pokud se vyskytuje v nízkém množství, protože přispívá např. k regulaci živin v antropogenně eutrofizovaných jezerech. Zejména ve více degradovaném prostředí, ale může způsobit škody, pokud vytváří rozsáhlé monokultury, které dusí litorální zóny jezer (Carey 2016).

Jeho hustý růst poskytuje prostředí pro různé organismy, ale nízká teplota a koncentrace kyslíku v porostech může být pro mnoho druhů limitující (Cook, Urmi-KSnig 1985). Tvorbou hustých porostů, které mohou zaplnit vodní toky a jezera může změnit rovnováhu celého ekosystému. Husté porosty zabraňují světlu dostat se k ostatním ponořeným rostlinám a také omezují pohyb vody (Sand-Jensen 2000). Ze současných studií vyplývá, že *E. canadensis* má výrazný dopad na komunitu vodních makrofyt. Dochází tak zejména u druhů, které dominují ve stejné hloubce jako *E. canadensis*. U těchto makrofyt dochází k přesunu do mělkých nebo hlubších vod,

anebo k úplnému vymizení (Mjelde 2012). K tomuto dochází především v důsledku vyčerpání oxidu uhličitého ve vodním sloupci, vyčerpání živin nebo v důsledku efektu stínění (Nobanis 2014). Rostlina může zároveň změnit chemické složení vody. Během růstu přijímá živiny ze sedimentu a při rozkladu je uvolňuje do vodního sloupce. Tím přispívá k vnitřnímu hnojení vodního útvaru. Rozklad velkého množství biomasy může mít za následek extrémní eutrofizaci vody, při které může docházet až k deficitu kyslíku. Zvýšená dostupnost živin ve vodě pak může následně způsobit masivní přemnožení mikroskopických řas, což opětovně přispívá ke zvýšené eutrofizaci vod (Josefsson 2011).

Při zkoumání účinku *E. canadensis* na růst a chemické složení fytoplanktonu bylo zjištěno, že vodní mor snižuje růst některých druhů fytoplanktonu, řas a sinic. Vodní mor může uvolňovat alelopatické sloučeniny, jako jsou polyfenoly a terpenoidy, které narušují metabolismus fytoplanktonu (Erhard 2006).

4.1.3 Impakt na organismy

Vliv vodního moru kanadského na život živočichů může být pozitivní i negativní. *Elodea* může poskytnout útočiště například rakům a bezobratlým, nabízí potravu i prostředí pro mnoho druhů zoobentosu. Vodním ptákům, například husám a labutím se rovněž nabízí jako potrava (Josefsson 2011).

Zaznamenány byly i negativní účinky vodního moru na populace raků, zooplanktonu a ryb. Bylo zjištěno, že populace raků se drasticky snížily v důsledku ztráty biotopu poté, co *E. canadensis* kolonizoval jezero v Norsku. K poklesu populace raků mohly přispět i abiotické podmínky, protože v hustých porostech vodního moru lze pozorovat velké výkyvy obsahu kyslíku a pH. Zdá se, že většina druhů zooplanktonu byla z hustých porostů *Elodea* vyloučena, což mohlo způsobit úbytek potravních zdrojů pro mladé raky, a tím ztížit jejich vývoj a udržení populace (Hessen et al. 2004).

Elodea může vytvářet husté porosty v litorálních zónách a potencionálně ovlivňovat důležitá stanoviště pro růst a vývoj rybích mláďat, která využívají k hledání potravy a úkrytu před predátory. Tento vliv *E. canadensis* byl zkoumán na juvenilních jedincích lososa pacifického (*Oncorhynchus nerka*) v zamořeném jezeře na Aljašce. Vlivem vodního moru došlo ke snížení hustoty zooplanktonu a zvýšení hustoty makrobakterií. Tím může dojít k ovlivnění zdroje kořisti pro odchov ryb (Carey et al. 2023).

Při odumírání a rozkladu rostliny může dojít k anoxickému stavu – vymizení kyslíku, což je velmi negativní pro bezobratlé a ryby. Byly zaznamenány také změny ve společenstvech bezobratlých (Nobanis 2014).

5 Rozšíření *Elodea canadensis*

5.1 Rozšíření ve světě

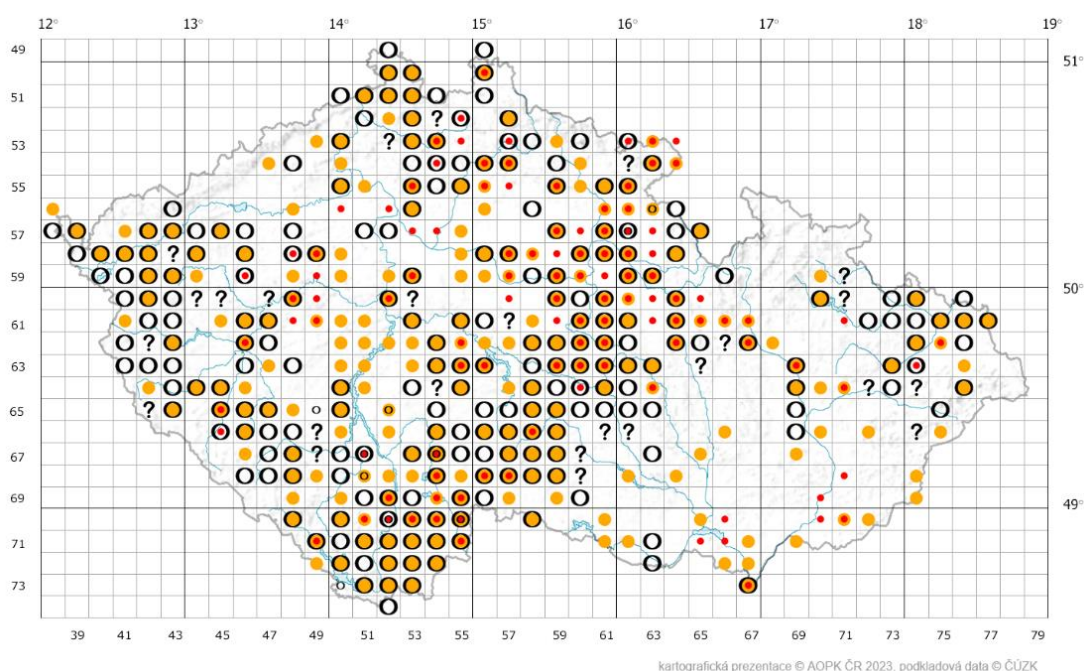
Elodea canadensis je vodní rostlina původem ze Severní Ameriky (Spicer, Catling 1988). Primárním areálem výskytu *E. canadensis* jsou neutrální až alkalické vody napříč většiny území jižní Kanady od Nového Skotska po Britskou Kolumbii. Ve Spojených státech amerických zasahuje na jih do Alabamy a Kalifornie. Velice hojně se vyskytuje v oblasti Velkých jezer v Kanadě a USA (Cook, Urmi-KSnig 1985).

Sekundárním areálem výskytu je Evropa, Afrika, Austrálie, Tasmánie, Nový Zéland a střední a východní Asie (Mlíkovský, Stýblo 2006). V Evropě byl poprvé objeven v Severním Irsku v roce 1836 a o šest let později ve Skotsku (Cook, Urmi-KSnig 1985). Začátkem roku 1847 se začal rychle šířit ve vodních tocích Velké Británie (Mlíkovský, Stýblo 2006). V kontinentální Evropě začalo šíření v roce 1859, kdy byl pěstován jako akvarijní rostlina a vysazován do bazénů botanických zahrad (Cook, Urmi-KSnig 1985). V roce 1859 byl poprvé pozorován v Německu v Berlíně. Dnes je rozšířen od Středomoří až po Norsko. V celém Evropském areálu je pravděpodobně přítomen pouze jeden samičí klon, který se šíří výhradně vegetativní cestou (Mlíkovský, Stýblo 2006). Na Nový Zéland byl zavlečen roku 1916, do Austrálie roku 1931. V obou případech se zde stal problematickým invazním druhem řek a jezer (Spicer, Catling 1988).

5.2 Rozšíření v České republice

Elodea canadensis se na území České republiky začal rozšiřovat koncem 19. století (Štěpánková 2010), první dokladovaný záznam o výskytu z území České republiky pochází z roku 1878 (Mlíkovský, Stýblo 2006). Do 80. let 20. století se masově rozšířil zvláště v oblastech s výskytem rybníků a podél vodních toků v nižších a středních polohách. Jedná se o jeden z nejrychleji se šířících druhů v minulosti, a to díky častému výskytu pivovarských rybníků s čistou vodou, které odpovídají ekologickým nárokům této vodní invazní rostliny (Štěpánková 2010). Vyskytuje se v klimaticky teplých a mírně teplých oblastech celého státu (Mlíkovský, Stýblo 2006) (Obr. 3). Nejvíce lokalit výskytu najdeme v Polabí, Povltaví, dolním Poorníčí, Podýjí

a Pomoraví. Často také v Budějovické a Třeboňské pánvi, na Plzeňsku, Blatensku, Podbrdsku, Sedlčansku, Vlašimsku, Českolipsku a Českomoravské vrchovině (Štěpánková 2010). Do vyšších poloh proniká vzácně (Mlíkovský, Stýblo 2006). V druhé polovině 20. století došlo ke změně hospodaření, druh v souvislosti s intenzivním hnojením rybníků a vysokou obsádkou kaprů značně ustoupil (Štěpánková 2010). V našich podmínkách byl původně pěstován jako akvarijní rostlina a byl rovněž vysazován do bazénů botanických zahrad. V průběhu invaze této rostliny lze vidět strmý nárůst lokalit a následně i ústup druhu z mnoha obsazených stanovišť. Tento jev se nazývá „boom-and-bust cycle“ a u invazních druhů je vzácný (Mlíkovský, Stýblo 2006).



Obr. 3: Výskyt *E. canadensis* v České republice (AOPK ČR 2023). Nálezy do roku 1948 – malý černý kroužek, nálezy v letech 1950-1989 – červený puntík, nálezy v letech 1990-2009 – žlutý puntík, nálezy do roku 2010 – velký černý kroužek, pouze nejisté nálezy - ?.

5.3 Rozšíření v nadlipenské Vltavě

Druh *Elodea canadensis* se poměrně hojně vyskytuje v oblasti Vltavského luhu. Méně často jej najdeme v oblasti želnavských tůní, kde je Vltava pod vlivem Lipenské nádrže. Nejčastěji se vyskytuje v osluněných a mírně zastíněných tůních, s bahnitým nebo bahnitopísčitým substrátem a v rozdílných hloubkách. Tento druh často najdeme jako součást jiných společenstev vodních makrofyt (Bufková, Rydlo 2008).

První mapování makrofyt v nadlipenské Vltavě proběhlo v rámci předchozích projektu NPŠ (Horáčková et al. 2022) a (Hladík et al. 2015) v rámci mapování perlorodky, díky kterým byla problematika vodního moru ve Vltavě zaregistrována.

V horním toku Vltavy byl výskyt vodního moru zaznamenán na několika lokalitách, konkrétně v oblasti Lipna nad Vltavou a Českém Krumlově (Pladias ©2014).

6 Možnosti eradikace

6.1 Prevence

V rámci prevence šíření vodního moru je velmi důležité zastavit rozptyl v rámci regionu. Například na Islandu je *Elodea* označena za škodlivý organismus a její dovoz na Island je zakázán, stejně tak v Norsku je zakázán dovoz a distribuce této rostliny. V České republice se již přistupuje k omezení invazivních druhů, o kterém pojednává nařízení komise EU 2016/1141, kterým se přijímá seznam invazních nepůvodních druhů s významným dopadem na Evropskou unii podle nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) č. 1143/2014. V EU seznamu invazních druhů jsou uvedeny například tyto druhy: chebule karolínská (*Cabomba caroliniana*), lysichiton americký (*Lysichiton americanus*) a pupečník pryskyřníkovitý (*Hydrocotyle ranunculoides*). V národním seznamu v různých kategoriích (šedý a varovný seznam) najdeme například azolu americkou (*Azolla filiculoides*), vodní mor americký (*Elodea nuttallii*) a vodní mor kanadský (*Elodea canadensis*). Všechny výše uvedené druhy se doporučuje monitorovat a mapovat, a to ve všech biotopech s výjimkou soukromých zahrad. Tyto uvedené druhy se dle nařízení 1143/2014 nesmí prodávat (Pergl 2016).

Dalším opatřením, které může zabránit šíření vodního moru, je informovat společnost o rizicích spojených se šířením tohoto druhu. Dezinfekce člunů, rybářského vybavení a omezení pohybu lodí mezi vodami, ve kterých se vyskytují oba invazní druhy rodu *Elodea* a dalšími ohroženými vodami by také mohlo zabránit dalšímu šíření (Josefsson 2011).

6.2 Snížení vodní hladiny

Snížením vodní hladiny dojde k vystavení vodní vegetace zimním mrazům nebo letnímu suchu a dojde tak k vymrznutí nebo vysušení, díky kterému se pak rostlina nemůže nadále šířit. Snížená vodní hladina může být zároveň využita pro snadnější mechanické odstranění vodní vegetace (Chapman et al. 1974).

Tato metoda je většinou využívána na rybníky nebo vodní nádrže a nemusí nutně vést k dlouhodobému snížení biomasy *E. canadensis*. Přestože rostlina mimo vodu rychle hyne, povrch po odčerpání vody může zůstat dostatečně vlhký a dát tak rostlině podnět k rychlému opětovnému růstu (Barrat-Segretain, Cellot 2007).

6.3 Biologická eradikace

Eradikace může probíhat pomocí rostlinožravých ryb, jako je například amur bílý (*Ctenopharyngodon idella*) (ÚKZÚZ ©2023). Tato metoda je ve světě široce využívána a může přinést dobré výsledky (Josefsson 2011). Na druhou stranu tento způsob eradikace nese i jistá negativa. Trávení rostlinného materiálu a vylučování rybích výkalů může zapříčinit eutrofizaci vod a také může dojít k rozvoji vodního květu (ÚKZÚZ ©2023). Podobně jako u snížení hladiny je tuto metodu možné používat u stojatých vod, resp. nádrží, nikoliv u postižených vodních toků.

K biologické regulaci *E. canadensis* se nabízí také využití plžů. Tato metoda byla zkoumána v souvislosti s plovatkou bahenní (*Lymnaea stagnalis*). Výsledkem bylo snížení počtu kořenů u *E. canadensis*, tudíž lze říci, že některé druhy plžů negativním způsobem ovlivňují tuto vodní rostlinu, ale pravděpodobně nejsou zcela účinnou metodou pro jeho eliminaci (Barrat-Segretain, Lemione 2007).

V Argentině byl studován potenciál biologické eradikace *E. canadensis* pomocí vodní mušky *Hydrellia pakistanae*. Byly vypuštěny dvě různé hustoty *H. pakistanae* a hodnotil se vliv na růst a biomasu vodního moru. Výsledky ukázaly, že vyšší hustota populace vodní mušky významně snížila biomasu *E. canadensis* až o 50 % a inhibovala její růst. Tyto výsledky tak naznačují, že *H. pakistanae* by mohl být životaschopným biologickým druhem vhodným k eradikaci *E. canadensis* (Argon et al. 2011).

6.4 Chemická eradikace

K regulaci a likvidaci *E. canadensis* se rovněž používá aplikace mnoha chemických herbicidů a látek (Carey 2016). Tato metoda regulace vodních plevelů má dlouhou tradici, ale také mnoho nevýhod. Eradikaci u vodního moru stěžuje povlak z bakterií, detritu a anorganických částic, který se vyskytuje na listech rostlin, který znesnadňuje proniknutí látek do rostliny (Bowmer et al. 1995). Zároveň je problémem obtížné pronikání herbicidů do hustých porostů (Bowmer 1985). Z tohoto důvodu může často dojít k úspěšnému vymýcení *E. canadensis* až po opakovaném použití v průběhu

několika let. Mnoho herbicidů, například fluridon a terbutryn vyžadují dlouhou dobu kontaktu pro správnou účinnost, což je v tekoucí vodě obtížné až nemožné (Bowmer et al. 1995).

Fluridon

Fluridon narušuje fotosyntézu a je přijímán výhonky a kořeny ponořených rostlin, při nízké koncentraci je selektivní vůči ponořeným vodním druhům rostlin z čeledi *Hydrocharitaceae*, avšak některé plovoucí rostliny jako lekníny mohou být tímto herbicidem negativně ovlivněny. Pro bezobratlé a ryby je nízkou toxický. Je známo, že vodní mor je na tento herbicid citlivý a k letalitě nejen u této vodní rostliny dochází do dvou až tří měsíců od ošetření (Sethi et al. 2017). Pro ošetření tekoucích vod je nepraktický vzhledem k dlouhé době kontaktu potřebné k tomu, aby byl účinný (Bowmer et al. 1995).

Terbutryn

Terbutryn se užívá k regulaci různých vodních plevelů včetně *E. canadensis*. Tato sloučenina má mnoho výhod, mezi které patří dlouhodobější účinek, potlačení růstu řas a menší škodlivost na necílové vodní organismy včetně ryb. Pro ošetření tekoucích vod je nepraktický vzhledem k dlouhé době kontaktu potřebné k tomu, aby byl herbicid účinný (Bowmer et al. 1995).

Akrolein

Akrolein poskytuje dočasný účinek v tekoucí vodě. Aplikuje se do vody a nechá se protékat přes plevelné porosty. Z výzkumu v Austrálii se zjistilo, že opakované ošetření akroleinem může znevýhodnit žádoucí původní druhy vodních rostlin, jako je například *Potamogeton tricarlinatus* (Bowmer et al. 1995).

Dikvát

Zejména aplikace dikvátu se zdá vysoce účinná, avšak v mnoha zemích a v Evropě je tento herbicid zakázán. Dikvát narušuje buněčné membrány rostliny a způsobuje tak rychlé usmrcení rostlin. V zakalených vodách je neúčinný, protože je inaktivován adsorpcí na půdní částice (Zehnsdorf 2015).

Z výše uvedených efektů chemických přípravků na likvidaci invazního vodního moru je zjevné, že je nelze prakticky využít k eradikaci druhu v tekoucích vodách a už vůbec ne bez následků na další vegetaci a ostatní organismy, aniž by nebyly narušeny jejich

ekologické vazby a prostředí. Tyto způsoby eradikace mohou být užitečné pouze v případech hubení masivních monokultur *Elodea* ve stojatých nádržích, kde jsou již veškeré původní ekologické vazby zničeny a ekosystém silně poškozený invazním druhem.

6.5 Fyzická a mechanická eradikace

K mechanické eradikaci větších ploch je možné využití speciálního stroje kombajnového typu, takzvaného vodního harvestoru (Obr. 4), který má hloubku řezu obvykle 1,8–3 metry (Zehnsdorf 2015). S tímto strojem máme v České republice zkušenosti z Boleveckého rybníka v Plzni, kde takto omezují výskyt vodního moru po několik let (ÚKZÚZ ©2023). Zdá se, že tato metoda je řešením alespoň na krátkou dobu. Jak se ukazuje, *Elodea* je vůči sečení poměrně odolná a v reakci na sekání má rostlina tendenci vytvářet více postranních větví a nadále se tak šířit (Mielecki, Pieczynska 2005). Kromě toho se v prořezaných oblastech zvyšuje dostupnost světla, což také podporuje rychlý opětovný růst. Alternativou jsou řezací stroje namontované na lodích nebo traktorech. Ty se používají v potocích a malých řekách. Posekaný rostlinný materiál se nechává plavat po proudu (Duenas-Lopez et al. 2022). Dalším způsobem je vyžínání vodními kosami (ÚKZÚZ ©2023) a vytrhávání pomocí hrabiček ze břehu (Zehnsdorf 2015). Bylo zkoušeno použití biologicky rozložitelných jutových rohoží k zakrytí příbuzné *E. nuttallii*, ale dosud pouze s účinky na růst po dobu jednoho vegetačního období. Poté byly rohože poškozené a neúčinné (Hoffmann et al., 2013). Novým nástrojem pro management ponořených rostlin je systém Hydro-Venture, kdy dochází k vytrhávání ponořené vegetace z měkkých sedimentů pomocí silného umělého vodního proudu. Tato metoda byla zkoušena v Nizozemsku k odstranění vodního moru z plavebního kanálu a ukázala se jako více účinnější metoda než běžně používaná kosící technika (Zehnsdorf 2015). Pomocí fólií na hladině, vysázením stromů podél břehů je možné rostliny zastínit (ÚKZÚZ ©2023). Často využívaná metoda bagrování sedimentu je účinná, ale nešetrná k ostatním organismům, které žijí v sedimentu nebo v jeho blízkosti, jako například ryby a mlži (Zehnsdorf 2015).

Přestože je mechanická eradikace náročná na pracovní sílu a je spojena s problémy, jako je nekontrolované šíření sklizené rostliny opětovným usazováním roztrhaných rostlinných úlomků v oblastech po proudu, představuje jedinou použitelnou metodu

regulace plevelů tam, kde jsou jiné metody, jako je vysazování býložravých ryb a používání herbicidů, zakázány a odvodňování není možné (Zehnsdorf 2015).



Obr. 4: Vodní harvester (© Aquatic Control 2020).

6.6 Metoda vyčkávání („do-nothing“ method)

Jak uvádí Zehnsdorf (2015), v mnoha případech bylo pozorováno, že masivní populace invazních vodních makrofyt se rychle rozpadají bez jakéhokoli určitého důvodu. Existuje řada situací téměř úplného vymizení *E. canadensis* ze sladkovodních biotopů. Někdy je *Elodea* nahrazena jinými vodními makrofyty, někdy vymizí a za několik let se vrátí. Tímto se dostáváme k tomu, že mechanismy populační dynamiky vodního moru nejsou dosud dostatečně známy. V jakých případech je možné nedělat nic a čekat, až masivní populace sama vymizí, závisí na příslušné situaci.

7 Metodika práce

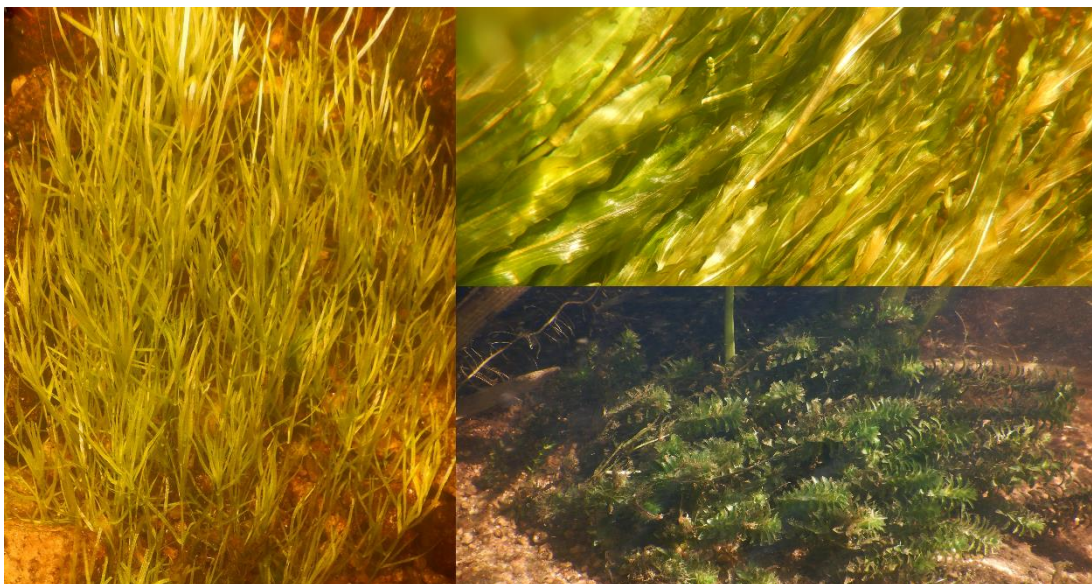
7.1 Literární rešerše

Rešeršní část bakalářské práce byla tvořena za pomoci důkladného prostudování literárních zdrojů jako jsou odborné publikace a elektronické články. Pro nalezení těchto literárních zdrojů bylo využito internetových databází vědeckých článků a odborných prací jako je například Web of Science nebo Google Scholar a jiných. Zde bylo čerpáno především o problematice tohoto tématu a zkušenostech ze zahraničí, zejména o poznacích šíření *Elodea canadensis* z historického a současného hlediska a zkušenostech s eradikací této invazivní vodní rostliny. Tyto zdroje byly vyhledávány za pomoci klíčových slov jako jsou: *Elodea canadensis*, impact, management, ecology, eradication, Vltava river a jiné. K získání literatury o šíření vodního moru v České republice bylo využito školní knihovny České zemědělské univerzity a knihovny Českého botanického ústavu v pražských Průhoncích.

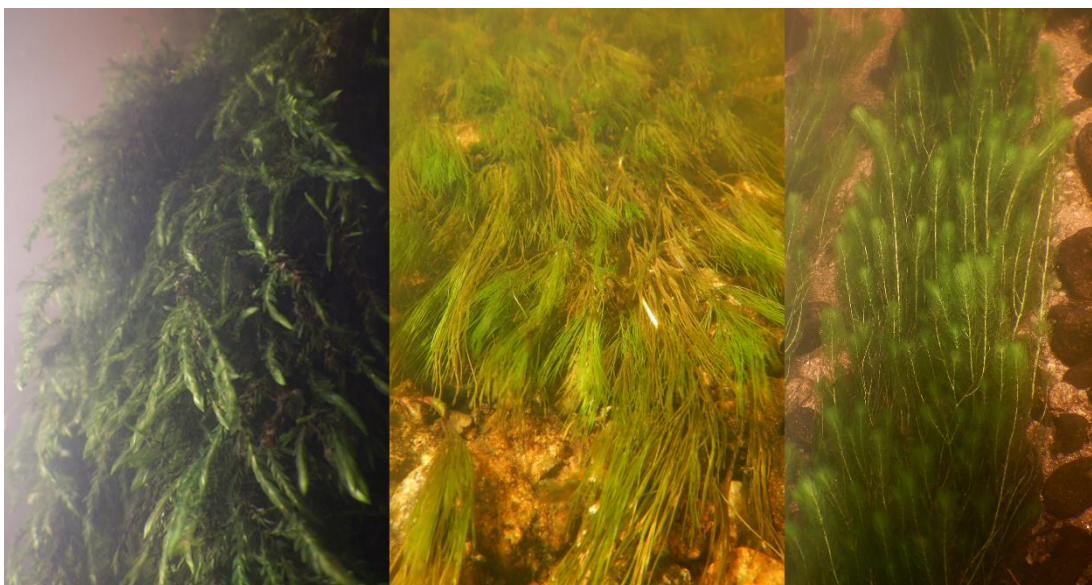
7.2 Charakteristika zájmového území

Terénní část práce byla situována do oblasti Vltavského luhu, který se nachází v klidové oblasti přírodní zóny (bývalé I. zóny) NP Šumava. Oblast Vltavského luhu o rozloze 1714,34 ha a nadmořské výšce 730–765 m n. m. se rozkládá v říční nivě. Říční nivu na dně starého třetihorního zlomového údolí tvoří řeka Vltava, resp. Teplá Vltava nad soutokem se Studenou Vltavou (Obr. 7). Toto údolí se nachází mezi obcemi Lenora a Nová Pec. Podloží je zde tvořeno převážně granitoidy, blíže k obci Stožec je tvořeno syenity (Ložek 2011). Klima je zde ovlivněno alpským fénem a srážkovým stínem, území je součástí chladné klimatické oblasti, avšak údolí je pod vlivem silné teplotní inverze. Řeka zde meandruje a má nízký spád (Bufková, Rydlo 2008). Její koryto, i když je do značné míry historicky opevněné velkými kameny, je přírodního charakteru a v místech, kde se již samovolně kamenné opevnění rozpadá, řeka zcela volně pracuje a jsou zde patrné přirozené hydromorfologické procesy jako např. vznik a zánik nových meandrů, přirozené rozsáhlé rozlivy při povodňových stavech, tvorba tůní apod. Jde o zcela unikátní řeku severského typu s oligotrofním prostředím a z hlediska chemicko-fyzikálních parametrů s velmi čistou kvalitní pitnou vodou, na jejíž prostředí je vázána celá řada u nás již velmi vzácných a ohrožených organismů (Pithart et al. 2023).

Najdeme zde 91 zvláště chráněných druhů rostlin a živočichů a nepřehledné množství dalších významných druhů figurujících na českých Červených seznamech (Chobot et al. 2017, Grulich et al. 2017). Jedinečné jsou zde především podvodní louky, resp. společenstva vzácných druhů podvodních rostlin, jako jsou např. stolístek střídavokvětý (*Myriophyllum alterniflorum*), hvězdoš háčkatý (*Callitriche hamulata*), rdest alpský (*Potamogeton alpinus*), lakušník vzplývavý (*Batrachium fluitans*) a vodní mech pramenička obecná (*Fontinalis antipyretica*) (Obr.5, Obr. 6).



Obr. 5: Vltavská makrofyta - hvězdoš háčkatý (*Callitriche hamulata*), silně ohrožený rdest alpský (*Potamogeton alpinus*) a invazní vodní mor kanadský (*Eloдея canadensis*) (Foto: Tereza Nováková).



Obr. 5: Vltavská vodní makrofyta – (zleva doprava) vodní mech pramenička obecná (*Fontinalis antipyretica*), lakušník vzplývavý (*Batrachium fluitans*), stolístek střídavokvětý (*Myriophyllum alterniflorum*) (Foto: Tereza Nováková).

Tato společenstva rostlin zde tvoří unikátní podvodní louky, jež jsou důležitým zdrojem detritu, který slouží jako potrava pro mnoho organismů i pro zde se vyskytující, kriticky ohroženou perlorodku říční (*Margaritifera margaritifera*), pro niž je právě ve Vltavském luhu realizován záchranný program (Švanyga et al. 2013) a je jednou z posledních nadějných populací v Čechách. Současné populace perlorodek v České republice (přibližně 16 000 jedinců) představují zhruba pouhé procento dřívější početnosti. Populační kolaps je připisován vlivu průmyslového znečištění vodních toků, intenzitě zemědělství a lesního hospodářství, vypouštění odpadních vod, regulaci vodních toků a dalším problémům (Simon et al. 2013), kterých byla do značné míry právě Teplá Vltava a Vltava pod soutokem se Studenou Vltavou až po Lipno ušetřena. Především Teplá Vltava zachovává poměrně stabilní meandry, které slouží jako útočiště pro různá vývojová stadia tohoto druhu. Toto prostředí poskytuje vhodné podmínky pro rekolonizaci juvenilními jedinci, pestré habitatové složení dna a jeho průlničitost bez zanášení jemnými splaveninami, což je problém většiny ostatních toků. Vltava pod soutokem S. Vltavy a T. Vltavy pod Mrtvým luhem se od Teplé Vltavy svým prostředím významně neliší, je však místy daleko hlubší, z menších přítoků je sem přinášeno daleko více splavenin i chemického znečištění z bodových zdrojů na přítocích, řeka je zde poněkud trofičtější než výše proti proudu atd. (Pithart et al. 2023). Přestože hostí značnou část dospělé perlorodčí populace, bude zapotřebí jí věnovat z hlediska ochrany biotopu ještě velkou pozornost. Z výše uvedených důvodů je nutné tento, v rámci střední Evropy zcela unikátní, biotop zachovalý ve velmi dobrém stavu chránit před nepříznivými disturbancemi ze strany člověka, k nimž bohužel patří i antropogenně vyvolaná invaze vodního moru kanadského, která je v poslední dekádě postupně výraznější, a především v nadlipenské Vltavě poměrně sílí.

7.3 Sběr dat o výskytu *Elodea canadensis*

7.3.1 Metodika monitoringu

Data o výskytu *Elodea canadensis* byla ve vymezeném území sbírána společně s daty o výskytu dalších druhů makrofyt a perlorodky již od roku 2018 v rámci probíhajícího pětiletého projektu OPŽP - Posílení a ochrana perlorodky říční v NP Šumava (2018–2022; Pithart a kol. 2023). Jelikož se v průběhu prvních let ukázalo, že oproti předchozímu projektu, který monitoroval stejným způsobem zdejší druhy makrofyt i perlorodky (2014–2015; Hladík a kol. 2015), se druh výrazně rozšířil, byla zadána

tato bakalářská práce, která pomohla v závěrečných letech projektu zmapovat ty části toku, na které již v projektu nebyl čas ani lidské zdroje, přestože se jedná o velmi důležitý monitoring.

Studijní území pro monitoring *Elodea canadensis* bylo vymezeno od Soumarského mostu v Teplé Vltavě až pod Ovesnou ve Vltavě (až pod ústí Starého potoka u Želnavy), jak ukazuje Obr. 7. Celkový úsek zkoumaného vodního toku o délce 25 km byl rozdělen v rámci probíhajícího projektu do 250 monitorovaných úseků, kdy jeden úsek řeky představuje jejich 100 délkových metrů. Jednotlivé úseky byly jasně vymezeny GPS souřadnicemi v systému WGS-84, se kterými jsem následně pracovala v mobilní aplikaci mapy.cz.



Obr. 6: Úsek Teplé Vltavy a Vltavy nad Lipnem, kde probíhal monitoring *Elodea canadensis* v letech 2018-2022 v rámci projektu OPŽP (Posílení a ochrana populace perlorodky říční v NP Šumava) (Tereza Nováková 2023).

V této bakalářské práci jsem se zaměřila na monitoring 7 km řeky, tedy monitoring *E. canadensis* na 70 stometrových úsecích řeky, které byly situovány jak v Teplé Vltavě, tak i v nadlipenské Vltavě všude tam, kde neproběhl monitoring v rámci zmiňovaného projektu nebo kde byl monitoring nedostatečný, protože se věnoval technicky náročnému monitoringu perlorodek s potápěčem. Pro potřeby mé bakalářské práce mi byly vymezeny následující úseky viz Obr. 8.

Jednotlivé úseky byly monitorovány metodou brodění řeky proti proudu za použití brodicích kalhot a aquaskopu (viz Příloha 1). Brodění se provádělo od spodního konce úseku k hornímu, neboť vzhledem k možnému ovlivnění podmínek pozorování a identifikace makrofyt uvolněnými sedimenty při brodění se postupovalo proti proudu.

Součástí monitoringu byla podvodní fotodokumentace nálezů *E. canadensis*, ostatních podvodních makrofyt a fotodokumentace lokalizace výskytu *Elodea* za pomoci Nikon Coolpix W300 (5x wide optical zoom 4,3-21,5 mm 1:2,8-4,9 ED VR, waterproof 30m/100ft). Dále probíhal monitoring podmínek na lokalitě, na které se *Elodea* vyskytuje a samotný zápis výsledků monitoringu do terénního protokolu (více viz níže kapitola 1.3.2).



Obr. 7: Úseky monitoringu *E. canadensis* – červeně.

Pro případný náhodný nález lastur perlorodek říčních, které byly v rámci projektu sbírány a vyhodnocovány, byla součástí terénního vybavení krabička a popisovací štítky, aby nedošlo k poničení naleznuté lastury a došlo k poznamenání přesného místa a data nálezu.

7.3.2 Metodika sběru dat o poměrech na stanovištích s výskytem *Elodea canadensis*

Během monitoringu jednotlivých úseků došlo k charakterizování základních rysů, parametrů a podmínek sledovaného úseku. Pro tyto potřeby byl vytvořen terénní protokol (viz Příloha 2). Mimo základních údajů o mapovateli a úseku (kód, délka, šířka, průtok na nejbližší hydroměrné stanici) zde bylo zapisováno počasí (zataženo/světlé mraky, jasno, polojasno), světlo (výborné, dobré, špatné), průhlednost vody (čirá, zhoršená – slabý zákal, špatná), což jsou parametry výrazně ovlivňující výsledky monitoringu, pokud je počasí či stav vody po deštích pro monitoring nepříznivý. Z podobných důvodů byl zaznamenáván i procentuální odhad přehlednosti dna (100–80 %, 75–50 %, 50–25 %, 20–0 %), aby bylo jasné jaké % stometrového úseku mapovatel skutečně prohlédl, neboť v některých hlubokých nebroditelných úsecích to bylo jen nízké procento, popř. doplněné o monitoring ze břehu, pokud to okolní podmínky dovozovaly.

Do popisu celého úseku i konkrétní lokality se odhadem zaznamenával procentuální poměr typu substrátu, který se v daném úseku/lokalitě vyskytoval na dně koryta (kameny, štěrkopísek, jemný písek, balvany, štěrk, hrubý písek, bahno, jíl a rovněž hrubá organika) a dále byla zaznamenávána celková stabilita substrátů říčního dna (stabilní, střídavě stabilní, nestabilní), či rychlost vody na lokalitě (stojatá, pomalu tekoucí, rychle tekoucí), aby bylo možné posléze vyhodnotit jaký typ substrátu, charakter dna a celkově stanoviště *Elodea* ve Vltavě preferuje.

Konečně byl samozřejmě zaznamenáván i výskyt makrofytních rostlin v korytě toku (na škále - velmi hojný, hojný, roztroušený, ojedinělý, vzácný), a to konkrétně u těchto druhů: *Elodea canadensis*, *Batrachium fluitans*, *Callitriche hamulata*, *Myriophyllum alterniflorum* a *Potamogeton alpinus*. Jedná se o nejhojnější druhy ve Vltavě, i když se zde samozřejmě ojediněle vyskytují i další druhy makrofyt, které jsou však z ochrannářského hlediska méně významné a v rámci projektu byly opomíjeny. Přímo na plochách s výskytem *E. canadensis* byl sledován typ substrátu, zastínění, rychlost proudění a pokryvnost (do 3 lodyh, do 10 lodyh, více jak 10 lodyh – pokryvnost odhadována v m²). Aby bylo možné výsledky porovnávat, přistoupila jsem k přepočtu pokryvnosti v m² na počet lodyh na příslušné ploše. V terénu jsem tak pro tento účel spočítala počet lodyh na 0,25 m² a došla jsem k tomu, že na 1 m² se obvykle vykytuje 45 lodyh vodního moru kanadského.

Posuzován byl opět odhadem i rozsah břehového porostu, resp. kolik procent obou břehů ve stometrovém úseku je lemováno lesem či pobřežním pásmem dřevin (100–80 %, 75–50 %, 50–25 %, 20–0 %), přičemž ve Vltavském luhu jde především o tyto dřeviny - vrby, olše, osiky, smrky a břízy. V návaznosti na to byl sledován také zástin na lokalitách s výskytem vodního moru (dle škály – bez zastínění, polostín, stín), aby bylo opět možné rámcově vyhodnotit, jaká stanoviště zde druh preferuje, neboť je o něm obecně známo, že je silně světlomilný nesnášející zastíněná stanoviště, přesto byl ve Vltavě vidán na několika polostinných stanovištích, i když ne ve zcela dobré kondici (Horáčková, ústní sdělení).

Část protokolu byla věnována i případným nálezům lastur perlorodek z výše zmíněných důvodů (kód úseku, délka lastury v mm po vyndání z vodního prostředí, sedimentační oblast v řece, GPS souřadnice, foto, čas, autor sběru, datum sběru). Popsané nálezy lastur byly vždy odevzdány vedoucím projektu a zaneseny do sbírky a databáze lastur vedenou J. Horáčkovou na FŽP ČZU, která bude posléze převedena do sbírek Národního muzea v Praze.

7.3.3 Zpracování dat

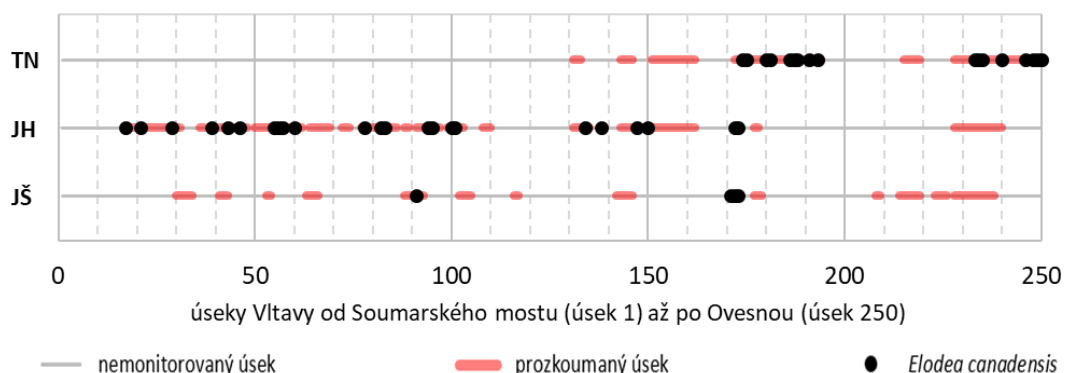
Terénní záznamy o výskytu *E. canadensis*, vlastnostech prostředí a výskytu ostatních makrofyt, které byly získány během monitoringu v roce 2022 jako součást mé bakalářské práce, byly zpracovány v programu MS Excel. Data byla zpracována jako součást již započatého monitoringu *Elodea canadensis* v letech 2018–2022 (Horáčková et al. 2022) a pro porovnání s předchozím stavem byla vyhodnocena i nálezová data z předchozího projektu z let 2014–2015 (Hladík et al. 2015). V tomto programu byl taktéž vytvořen graf a tabulka. Mapy s vyznačeným zájmovým územím a mnou zmapovanými úseky byly vytvořeny v programu ArcMap 10.8.2.

8 Výsledky práce

V průběhu monitoringu 70 stometrových úseků toku bylo v roce 2022 nalezeno ve Vltavě dalších 17 úseků s výskytem *E. canadensis* na celkem 20 stanovištích, jak ukazuje Obr. 9 a Tab. 1. Obrázek ukazuje v horní řadě monitoring úseků v rámci této BP, který významně doplňuje výsledky mapování v rámci projektů zobrazené v dolních řadách. V rámci BP došlo ke zmapování 28 doposud neprozkoumaných úseků a k opakovanému prozkoumání 42 úseků, které již byly částečně zmapovány během monitoringu v letech 2014–2022, nicméně nebyla jim věnována dostatečná pozornost, jak vysvětlují výše v metodice. Souhrnně lze tedy říci, že v rámci prozkoumaných 177 stometrových úseků na Vltavě bylo zjištěno, že se *E. canadensis* v současnosti vyskytuje ve 42 úsecích, což znamená, že je již téměř 24 % monitorovaných úseků řeky invadováno. Přihlédneme-li k faktu, že nebylo ještě vůbec zmapováno dalších 30 % úseků, je pravděpodobné, že více jak čtvrtina, možná třetina řeky je v současnosti zasažena invazí vodního moru kanadského.

Ačkoliv je monitoring makrofyt v projektech na ochranu perlorodky říční jen okrajovou záležitostí a jakousi přidanou hodnotou celého mapování a není ani co do rozsahu prací mezi lety plně srovnatelný, z výsledků monitoringu je i tak zjevné, že v poslední dekádě se zde skutečně *Elodea* nenápadně šíří. V průběhu předchozího projektu zaměřeného též na monitoring perlorodky a makrofyt v řece v letech 2014–2015 byl zjištěn v pouhých 4 úsecích řeky z mapovaných 71 úseků (tj. v 6 % z nich), z nichž v mnohých v současnosti již *Elodea* je přítomna (Obr. 9).

Zaznamenaná distribuce *Elodea canadensis* ve Vltavě



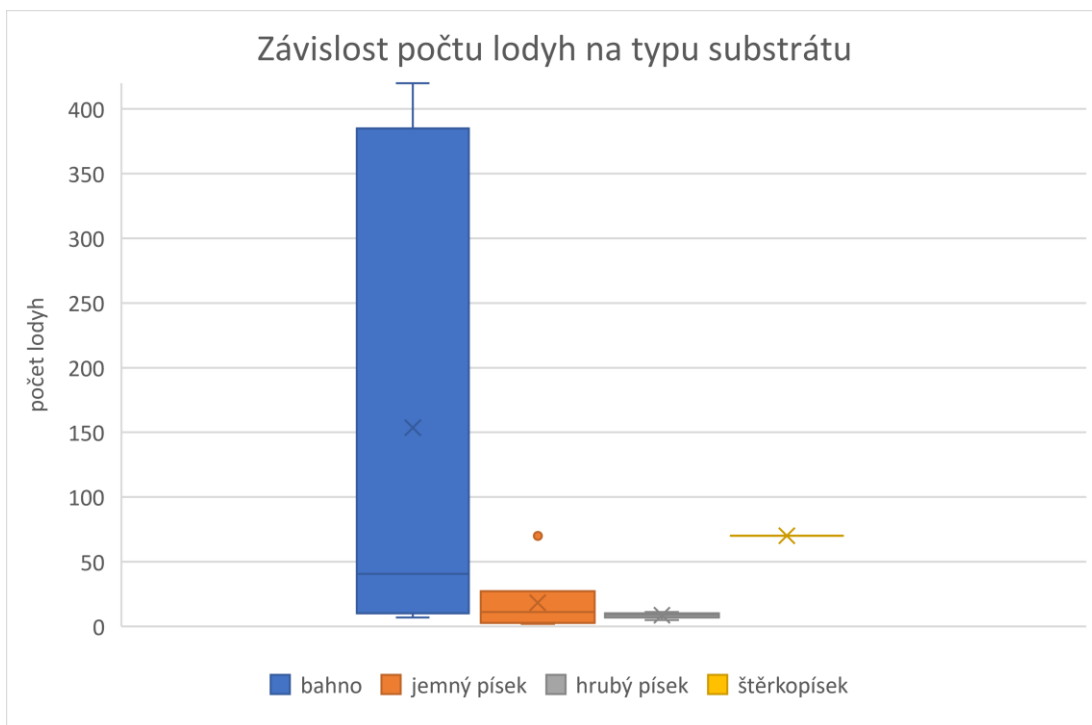
Obr. 8 : Monitoring distribuce *Elodea canadensis* ve zkoumaných úsecích ve Vltavě (červeně) a jeho potvrzený výskyt (černě). Horní záznam (TN) – zkoumané úseky a výskyt potvrzený T. Novákovou v rámci této BP, prostřední záznam (JH) – zkoumané úseky a výskyt potvrzený kolektivem J. Horáčekové v letech 2018–2022 v rámci projektu NPŠ (Horáčeková et al. 2022) a dolní záznam (JŠ) – výsledky monitoringu kolektivu J. Švanygy v rámci projektu NPŠ v letech 2014–2015 (Hladík et al. 2015).

Na 17 lokalitách bylo zaznamenáno 20 nálezů *E. canadensis* (viz Tab. 1). Rostlina se v největší početnosti vyskytuje v bahnitém substrátu a stojaté vodě. Teprve poté roste i v jemném či hrubém písku a v pomalu tekoucí vodě. V případě rychle tekoucí vody bývá součástí jiného společenstva, konkrétně porostů stolítku střídavokvětého (*Myriophyllum alterniflorum*) viz Obr. 12. Její nároky na světlo jsou vcelku jasné, na žádném ze zkoumaných úseků a lokalit nebyl vodní mor nalezen na polostinném nebo stinném stanovišti.

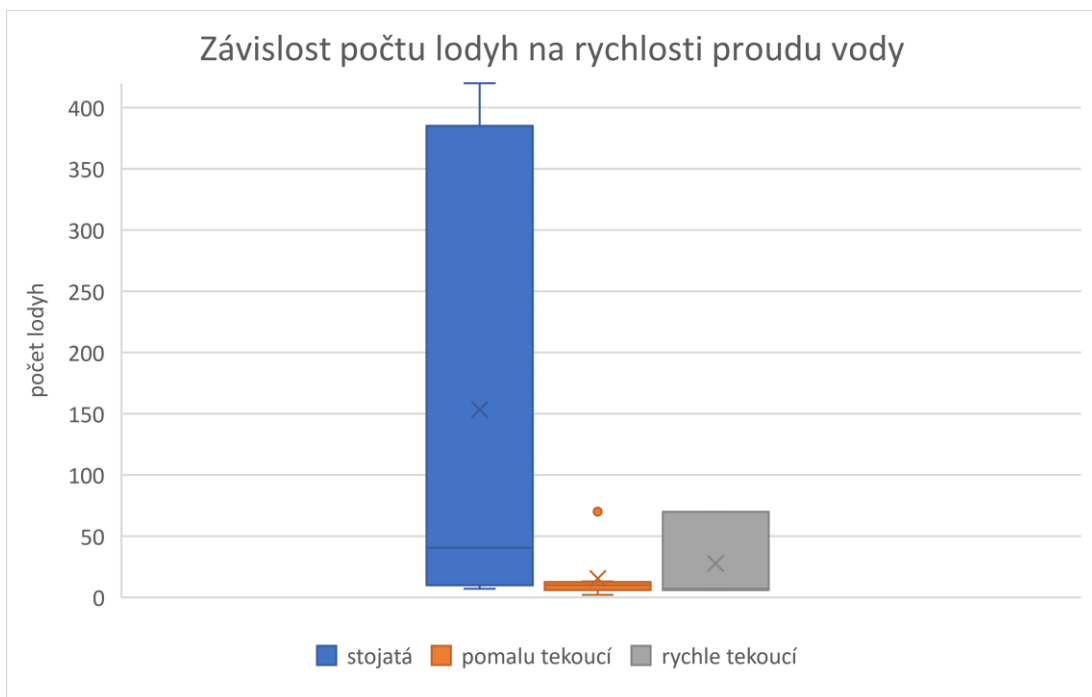
Tab. 1: Zaznamenané výskyty *E. canadensis* na jednotlivých lokalitách (Tereza Nováková).

nález	č. úseku	substrát	rychlost vody	počet lodyh	zástin
1	174	bahno	stojatá	420	bez zástinu
2	175	štěrkopísek (součást jiného společenstva)	rychle tekoucí	70	bez zástinu
3	175	jemný písek	pomalou tekoucí	3	bez zástinu
4	175	bahno	stojatá	7	bez zástinu
5	180	jemný písek	pomalou tekoucí	10	bez zástinu
6	181	jemný písek	pomalou tekoucí	12	bez zástinu
7	186	bahno	stojatá	10	bez zástinu
8	186	hrubý písek (součást jiného společenstva)	rychle tekoucí	7	bez zástinu
9	187	jemný písek	pomalou tekoucí	70	bez zástinu
10	188	hrubý písek	rychle tekoucí	6	bez zástinu
11	191	bahno	stojatá	420	bez zástinu
12	193	bahno	stojatá	70	bez zástinu
13	233	bahno	stojatá	280	bez zástinu
14	234	jemný písek	pomalou tekoucí	13	bez zástinu
15	235	hrubý písek	pomalou tekoucí	9	bez zástinu
16	240	jemný písek	pomalou tekoucí	2	bez zástinu
17	246	hrubý písek	pomalou tekoucí	10	bez zástinu
18	248	bahno	stojatá	11	bez zástinu
19	249	bahno	stojatá	10	bez zástinu
20	250	hrubý písek	pomalou tekoucí	9	bez zástinu

Největší počet lodyh byl zaznamenán v bahnitém substrátu, viz Tab. 1 a Obr. 10 a ve stojaté vodě viz Tab. 1. a Obr. 11.



Obr. 9: Závislost počtu lodyh na typu substrátu.



Obr. 10: Závislost počtu lodyh na rychlosti proudu vody.



Obr. 11: *E. canadensis* jako součást jiného společenstva – stolístek střídavokvětý (*Myriophyllum alterniflorum*) (Foto: Tereza Nováková).

9 Diskuse

9.1. Rozšíření *E. canadensis* v nadlipenské Vltavě

Historicky není zaznamenáno mnoho výskytů *E. canadensis* v nadlipenské Vltavě, spíše je znám z okolních tůní (Pladias ©2014). Monitoring ve Vltavě se provádí už dosti dlouho z různých důvodů, proto můžeme říci, že se rostlina nejspíše skutečně šíří až v rámci posledních několika let.

V rámci této bakalářské práce bylo zmapováno 70 stometrových úseků v nadlipenské Vltavě, kde v 17 z nich (tj. v 24 % úseků) byl zaznamenán na 20 lokalitách výskyt *E. canadensis*. Oproti tomu byl během starších průzkumů, které se však nesoustředily přímo na výskyt *Elodea*, ale mapovaly především perlorodku říční, nalezen jen na čtyřech úsecích v letech 2014–2015 při výzkumu J. Švanygy a jeho kolektivu (Hladík et al. 2015) a v letech 2018–2022 při výzkumu J. Horáčkové a jejího kolektivu byl zaznamenán výskyt již ve 23 úsecích (Horáčková et al. 2022), viz Obr. 9. Při každém průzkumu byl samozřejmě monitorován různý počet stometrových úseků, takže průzkumy nejsou zcela srovnatelné.

Pokud porovnáme data získaná při monitoringu v rámci projektů NPŠ (Horáčková et al. 2022 a Hladík et al. 2015) a data získaná při monitoringu pro potřeby mé bakalářské práce, můžeme vidět, že došlo k pozitivnímu nálezu na lokalitách, kde dříve *E. canadensis* nebyl zaznamenán, konkrétně na čtyřech lokalitách. Tyto nálezy nutně nemusí znamenat, že se již dříve vodní mor na daných lokalitách nevyskytoval, ale spíše to, že mapování *E. canadensis* v průběhu mapování perlorodky není prioritní a jedná se spíše o náhodné nálezy. Ve spodní části řeky se monitoring perlorodek provádí velmi obtížně za pomoci profesionálního potápěče, proto je zde potřeba v rámci detailního průzkumu provést opětovný monitoring soustředěný pouze na *E. canadensis*, tak jak tomu bylo v této BP. Nicméně tím, že *Elodea* není hluboko kořenící druh, je zároveň možné a bylo to také pozorováno, že se na nějakém úseku vyskytuje a za pouhý rok zcela zmizí, protože mělce zakořeněný trs je snadno silnější povodní vytržen a odnesen. I z tohoto pohledu jsou tedy výsledky monitoringu poněkud nesrovnatelné.

Ačkoliv průzkumy z let 2014–2015 nebyly rozsahem srovnatelné se současným průzkumem, i tak se ukazuje, že rozšíření vodního moru ve Vltavě je silnější než v minulosti. Dle ústního sdělení J. Horáčkové bylo prováděno po dobu 5 let opakované

pozorování na jedné lokalitě, kde se vodní mor nejdříve nevyskytoval a následně se zde v roce 2019 objevil, postupem času trs sílil až pokrýval 1 m² a následně byl při povodních v roce 2022 silou proudu utržen a již se zde nevyskytuje. Tímto je možné říci, že tento druh má ve Vltavě poměrně silnou dynamiku a dlouho se neudrží na jedné lokalitě. Jedná se totiž o původní rostlinu stojatých a pomalu tekoucích vod, která nemá natolik silný kořen, aby se zde udržela, proto je v případě pravidelných silnějších povodňových stavů vytrhána a šíří se po toku dále. Pravděpodobně z těchto důvodů není rostlina tak často registrována botaniky a nahodilým monitoringem.

Ze sledovaných 250 úseků Vltavy a Teplé Vltavy nebylo za poslední dekádu doposud zmapováno zbývajících 73 úseků. J. Horáčková zaznamenala výskyt také na dvou stanovištích nad Soumarským mostem pod Lenorou, tudíž by bylo vhodné oblast výzkumu rozšířit i do horní části Teplé Vltavy, a také se zaměřit na přilehlé tůň, mokřadní biotopy a přítoky Vltavy, kde se druh občas rovněž nachází.

Zde se však nabízí otázka, zda je na těchto místech po provedení monitoringu následně reálné nějakým způsobem, například konkrétně vytrháváním, rostlinu eradikovat, jelikož se zde často vyskytují i další chráněné druhy živočichů a rostlin, jako jsou například bublinatky a mechanické vytrhávání *Elodea* ve stojatých nádržích by tak nebylo vždy žádoucí. V případě, že by se z řeky mechanickou eradikací rostlinu úspěšně podařilo odstranit, může se do ní poté stejně opakovaně navrátit prostřednictvím okolních tůní a z přítoků.

Výskyt vodního moru v oligotrofních vodách je přitom znám a zaznamenán i ve Skandinávii, především ve Finsku a Švédsku, kde je považován za hojně rozšířený invazní a problematický druh, tudíž lze konstatovat, že vodní mor může být ve Vltavě jakožto oligotrofním toku skutečnou hrozbou, i když zde takto dosud nebyl orgány ochrany přírody ani přírodovědci vnímán.

Dle prováděcího nařízení komise (EU) 2016/1141 jsme povinni tyto problematické druhy, mezi které patří *E. canadensis* sledovat a mapovat, především právě na územích národních parků. Právě z tohoto důvodu jsem prostřednictvím mé bakalářské práce přispěla k významnému počínu, na který doposud NP Šumava nerefletoval. Dle nálezové mapy v PLADIAS je vidno, že nálezových dat z území Vltavy není mnoho a jedná se spíše o nálezy z okolních tůní. Hlavním výstupem mé bakalářské práce je tak nálezová tabulka s rozšířením tohoto invazního druhu v nadlipenské Vltavě, která

by měla být doplněna ještě v rámci mé navazující diplomové práce, následně předána Botanickému ústavu AV ČR a importována do databáze ND OP (AOPK ČR) a následně publikována (viz Příloha 3).

9.2. Stanovištní nároky *E. canadensis* v nadlipenské Vltavě

To, v jakých podmínkách byly nové výskyty druhu zaznamenány, potvrzuje již známé údaje o stanovištních podmínkách, které rostlina ke svému životu potřebuje a vyžaduje. Z výsledků je viditelné (Obr. 10), že v bahnitém substrátu nalezneme nejstatnější porosty a zároveň se v tomto prostředí na Vltavě objevuje *Elodea* nejčastěji. I v oligotrofním prostředí nejhořejší Vltavy tedy platí, že vodní mor často vyhledává organicky bohatá bahna a dává přednost pevným, jemně zrnitým sedimentům s vysokým obsahem živin, kde může přezimovat a není vymílán proudem. Také výskyty zaznamenané ve stojaté a pomalu tekoucí vodě naznačují, že rychlý proud vody vodnímu moru příliš nevyhovuje, jelikož rostlině znemožňuje udržet se v substrátu. Během monitoringu byly zaznamenány tři výskyty *E. canadensis* v rychle tekoucí vodě, avšak vodní mor se zde vyskytoval jako součást jiného společenstva rostlin, které mu umožnilo se na tomto místě lépe udržet (Obr. 12). Z toho vyplývá, že za běžných vodních stavů a průtoků *Elodea* patrně není schopna osídlit většinu plochy zkoumaného úseku Vltavy kvůli rychlému proudění. Nicméně tento stav mění situace, kdy na dlouhé měsíce poklesnou průtoky v řece v obdobích sucha, jak bylo pozorováno v letech 2018–2019 (Horáčková, ústní sdělení), kdy vody v korytě řeky bylo výrazně méně a docházelo i k obnažování částí říčního dna. V té době bylo pozorováno, že dochází k výraznému rozrůstání dříve pozorovaných drobných trsů *Elodea* na plochy 1–2 m² během jediných dvou let nízkých průtoků. I z pohledu distribuce živin a sedimentů v toku vznikají pro *Elodea* v řece na mnoha místech daleko příznivější podmínky než v letech s běžnými či vysokými průtoky. Vezmeme-li tedy v úvahu současné klimatické změny, nelze riziko šíření tohoto invazního druhu brát na lehkou váhu. V případě zvýšení teploty může dojít k rychlejšímu růstu a šíření, což by mohlo vést k většímu konkurenčnímu tlaku na jiné druhy vodních rostlin a vůbec ke změnám v celém unikátním ekosystému, které již byly popsány výše a které by mimo jiné mohly vést i k nepříznivému stavu biotopu kriticky ohrožené perlorodky říční, jejíž ochraně v povodí jsou věnovány nemalé finanční prostředky i lidské zdroje. Z hlediska světelného režimu vyhledává *Elodea* v řece výhradně místa bez zástinu s co nejvyšší intenzitou osvětlení, nicméně během průzkumu v roce 2021 v úsecích ještě

nad Soumarským Mostem (Horáčková et al. 2022) byl nalezen i na dvou lokalitách polozastíněných pobřežním lesním porostem, proto byl tento faktor při monitoringu v rámci BP sledován.

9. 3. Možnosti eradikace *E. canadensis* ve Vltavě

Existuje několik způsobů, jak může být *E. canadensis* likvidován. Při rozhodování, jakým způsobem vodní mor likvidovat, je nutné zvážit vedlejší dopady na životní prostředí a živočichy a také dodržovat místní regulační omezení. Co se týče použití herbicidů v podmínkách Vltavy, nejví se tento způsob jako ideální, jelikož bude mít zcela jistě negativní dopad na další nejen vzácné a ohrožené organismy vodního ekosystému, které se zde vyskytují. Zároveň jak je dokázáno, využití herbicidů je ve většině případů výhodné jen u stojatých vod, kde má herbicid možnost setrvat déle na jednom místě a lépe tak účinkovat, tedy i z těchto důvodů se nejedná o vhodný způsob, jak eradikovat tento druh přímo v říčním toku.

Umělé nasazení ryb, hmyzu nebo plžů, které se touto rostlinou živí, se na první pohled může jevit jako nejšetrnější a biologické řešení, avšak nemusí být reálně nasadit konkrétně tyto druhy do prostředí zdejších podmínek, jež pro ně nemusejí být vždy optimální. Je také nutno vzít v úvahu, že dosud nejsou známy vedlejší efekty nasazení těchto eradikačních organismů, i když jde o přirozené organismy, jejichž využití vypadá mnohem šetrněji než chemická řešení. Z hlediska likvidování invazí jinými organismy již dnes známe mnoho případů, kdy následkem jejich nasazení došlo sice k eradikaci invazního druhu, ale následně ke kolapsu ekosystému či populací jiných druhů vlivem nasazeného organismu. Konečně ani správci NP Šumava a některé zákony by patrně nedovolovali záměrné šíření takovýchto organismů.

Mechanické odstranění pomocí strojů jako je vodní harvester nebo speciální čluny, je využitelné především ve větších hloubkách, ideálně stojatých vodách a na hustých porostech s obrovskou pokrývností, což rozhodně není případ Vltavy. Vltava zde jednak nenabízí dostatečnou hloubku vodního sloupce pro pohyb takových lodí, navíc je zde splouvání v podstatě zakázáno zákonem č. 114/1992 Sb. a je povoleno za určitých podmínek jen s průvodci, v omezeném počtu a pouze pro kanoe. Takovéto odstraňování samozřejmě nedává smysl ani proto, že i kdyby vodní stav a správci dovolili pohyb takovým lodím s harvestory po Vltavě, docházelo by zde k narušování

dna řeky, což s ohledem na výskyt kriticky ohrožené perlorodky říční a celého společenstva podvodních luk není vůbec přípustné a myslitelné.

Proto zde dle mého názoru připadá v úvahu pouze ruční odstraňování. Tato metoda je výhodná všude tam, kde není ještě invaze *Elodea* tak silná a je touto metodou zvládnutelná, což je zcela jistě i případ Vltavy, kde se vyskytuje druh roztroušeně a většinou jen s minimální pokrývností. Její výhodou oproti předchozím diskutovaným metodám je to, že při ní prakticky nedochází k přímému ohrožování ostatních organismů včetně ostatních makrofyt, perlorodky a dalších druhů, které jsou zde chráněny. Metoda však nese také negativum, kterým je šíření rostliny pomocí úlomků rostlin a partikulí, které vznikají při ručním vytrhávání. V tomto ohledu může být eradikace kontraproduktivní, pokud není prováděna správně a šetrně a zároveň je také náročná na čas a lidskou sílu. Při vytrhávání prováděném přímo ve vodním toku je jistě také potřeba brát ohled na perlorodky ukryté v substrátu na dně řeky. Z tohoto důvodu by měla být pracovní síla instruována k tomu, jak při práci přesně postupovat, aby byla prováděna efektivně a bez negativních následků, které by měly být předem upřesněny a vysvětleny. Při mechanickém vytrhávání vidím jako hlavní problém šíření dalších partikulí do toku, kterému by šlo patrně velmi efektivně zabránit instalací nebo držením průtočných jemných sítí, které by zachytily po proudu pod trsem veškeré unikající partikule. U menších trsů do pár lodyh by k tomu patrně stačila Surberova síť na odběr vzorků bentosu, v případě rozsáhlejších porostů by to musela být skutečně jemná síťovina natažená na potřebné ploše pod vytrhávanou plochou od vodní hladiny až ke dnu, aby plovoucí partikule nemohly uniknout. Zachycený materiál by pak musel být zlikvidován mimo vltavskou nivu pokud možno úplným vysušením, aby bylo jisté, že žádná z partikulí se již nemůže nikde uchytit a likvidací zcela mimo dosah vodního prostředí.

Je otázkou, zda by tato metoda fungovala a zda by rostliny neobnovily svůj růst z pupenů ve dně, které by zde zůstaly. Lokalita by vždy poté musela být monitorována a metoda ještě pravděpodobně několikrát opakována do úplné likvidace na stanovišti. Pokud je mi známo, metoda ručního vytrhávání nebyla dosud nikde využívána, neboť likvidaci druhu je věnována pozornost především na lokalitách, kde již činí potíže a má vysokou pokrývnost. Otestování této metody by tedy mělo a mohlo být cílem mé budoucí diplomové práce.

10 Závěr

Závěrem lze konstatovat, že se *E. canadensis* vyskytuje přibližně na 25 % zkoumaného území. I když není na většině lokalit dominantní a ve vynikající kondici, při nízkých průtocích a suchu v letech 2018 a 2019 bylo pozorováno silné rozmáhání této rostliny a klimatická změna by mohla v budoucnu tento efekt zesílit. Rostlina má výrazný dopad na perlorodky a jejich potravu, stejně jako na jiné organismy a celé prostředí. Je tedy vhodné ji dále sledovat, zejména v NP Šumava a přemýšlet o způsobech její mechanické eradikace, neboť zde není hojná a eradikace je stále reálná. Vytrhávání rostliny by mohlo být jedním z možných řešení a mohlo by být součástí dalšího výzkumu, kterému bych se v následujících letech ráda věnovala v rámci diplomové práce. Je také vhodné zdůraznit, že zákaz dovozu a držení rostlin může situaci se šířením vodního moru zlepšit.

11 Literární zdroje

Aragon R., Peralta G., Medina L., Pacios F., 2011: Biological control of *Elodea canadensis* with the native insect *Hydrellia pakistanae* in an outdoor mesocosm. *Biological Control* 56 (2): P. 148-153.

Barrat-Segretain M.H., G. Lemione D., 2007: Can snail herbivory influence the outcome of competition between *Elodea* species? *Aquatic Botany* 86.2: P. 157-162.

Bowmer K. H., Shaw K., Adeney J. A., 1985: Management of submerged aquatic macrophytes with terbutryne: avilance, phytotoxicity and persistence. *Weed Res.* 25: P. 449-459.

Bowmer K. H., Jacobs S. W. L., Sainty G. R., 1995: Identification, Biology and Management of *Elodea canadensis*, Hydrocharitaceae. *J. Aquat. Plant Manage.* 33: P. 13-19.

Bufková I., Rydlo J., 2008: Vodní makrofyta a mokřadní vegetace odstavených říčních ramen horní Vltavy (Hornovltavský luh, NP Šumava). *Silva Gaberta* 14(2): 93-134.

Carey M. P., Reeves G. H., Sethi S. A., Tanner T. L., Young D. B., Bartz K. K., Zimmerman C. E., 2023: *Elodea* mediates juvenile salmon growth by altering physical structure in freshwater habitats. *Biological Invasions*: P. 1-17.

Carey M. et al., 2016: A primer on potential impacts, management priorities, and future directions for *Elodea* spp. in high latitude systems: learning from the Alaskan experience. *Hydrobiologia* 777: P. 1-19. (Carey 2016)

Cook C.D.K., Urmi-KSnig K., 1985: A revision of the genus *Elodea* (Hydrocharitaceae). *Aquat. Bot.* 21. P. 111-156. (Cook, Urmi-KSnig, 1985)

Erhard D., Gross E., 2006: Allelopathic activity of *Elodea canadensis* and *Elodea nuttallii* against epiphytes and phytoplankton. *Aquatic Botany* 85 (3): P. 203-211.

Görner T., Šíma J., Pergl J., 2021: Invazní nepůvodní druhy s významným dopadem na Evropskou unii – jejich charakteristiky, výskyt a možnosti regulace. – Metodika AOPK ČR, Praha, 308 pp.

Grulich V., Chobot K., Plesník J., 2017: Červený seznam ohrožených druhů České republiky: CÉVNATÉ ROSTLINY. *Příroda*: 1-178.

- Hessen D. O., Skurdal J., Braathen J. E., 2004: Plant exclusion of a herbivore; crayfish population decline caused by an invading waterweed.. *Biological Invasions* 6: P. 133-140.
- Hladík M., Simon O. P., Kladivová V., Kubečka J., Muška M., Tušer M., Slavík O., Douda K., Horký P., Dort B., 2015: Soužití člověka a perlorodky říční ve Vltavském luhu – část A – Detailní monitoring populace perlorodky říční v oblasti Vltavského luhu. Ms., NP Šumava, 28 pp.
- Hoffmann M. A., González A. B., Raeder U., & Melzer A., 2013: Experimental weed control of *Najas marina* ssp. *intermedia* and *Elodea nuttallii* in lakes using biodegradable jute matting. *J. Limnol.* 72 (3): P. 485–493.
- Chapman V. J., Brown J. M. A., Hill C. F., Carr J. L., 1974: Biology of excessive growth in the hydro-electric lakes of the Waikato River, New Zealand. *Hydrobiologia* 44: P. 349–363.
- Chobot K., Němec M., 2017: Červený seznam ohrožených druhů České republiky: OBRATLOVCI. *Příroda*: 1-182.
- Kaplan Z. (ed.), 2019: Klíč ke květeně České republiky. Academia, Praha: 1168 s.
- Ložek V., Neuhauslovová Z. (ed.), 2001: Geology. Geomorphology. In: The map of potential natural vegetation of the Šumava National Park. *Silva Gabreta, Supplementum 1*: P. 81–82.
- Barrat-Segretain M. H., Cellot B., 2007: Response of invasive macrophyte species to drawdown: The case of *Elodea* sp. *Aquatic Botany* 87: P. 255–261.
- Martemyanov V., Tikhonenkov D., 2022: Assessment of the tolerance range of salinity for invasive waterweed *Elodea canadensis* Michaux by parameters of water-salt homeostasis. *Biol Invasions* 24: P. 3845–3853.
- Mielecki M., Pieczynska E., 2005: The influence of fragmentation on the growth of *E. canadensis* Michx. in different light conditions. *Pol. J. Ecol.* 53 (2): P. 155–164.
- Mjelde M., Lombardo P., Berge D., & Johansen S. W., 2012: Mass invasion of non-native *Elodea canadensis* Michx. in a large, clear-water, species-rich Norwegian lake – impact on macrophyte biodiversity 48 (2): P. 225-240.

Mlíkovský J., Stýblo P., eds., 2006: Nepůvodní druhy fauny a flóry České republiky. Praha: ČSOP, 496 s.

Pithart D. et al. 2023: Posílení a ochrana populace perlorodky říční v NP Šumava – závěrečná projektová zpráva z let 2018–2022. Ms., NP Šumava, Vimperk, 220 p.

Sand-Jensen K., 2000: An introduced vascular plant – the Canadian waterweed (*Elodea canadensis*). Introduced species in the Nordic countries. NordTema 13: P. 96-100.

Savicka M., Petjukevičs A., Batjuka A., Škute N., 2018: Impact of moderate heat stress on the biochemical and physiological responses of the invasive waterweed *Elodea canadensis* (Michx. 1803). Arch. Biol. Sci. 70(3): P. 551-557.

Sethi S. A., Carey M. P., Morton J. M., Guerron-Orejuela E., Decino R. , Willette M., Boersma J., Jablonski J. , Anderson Ch., 2017: Rapid response for invasive waterweeds at the arctic invasion front: Assessment of collateral impacts from herbicide treatments. Biological Conservation 212: P. 300-309.

Simon O., 2013: The status of freshwater pearl mussel in the Czech Republic: Several successfully rejuvenated populations but the absence of natural reproduction. Limnologica-Ecology and Management of Inland Waters 50: P. 11-20.

Spicer K. W., Catling P. M., 1988: The biology of Canadian weeds. 88. *Elodea canadensis* Michx. Canadian Journal of Plants Science 68: P. 1035-1051.

Štěpánková J. (ed.), 2010: KVĚTENA ČR, díl 8. Academia, Praha: 767 s.

Legislativa

Nařízení Evropského parlamentu a rady (EU) č. 1143/2014.

Internetové zdroje

Český rozhlas 2013: Plzeň koupila speciální loď na boj s přemnoženým morem kanadským (online) [cit. 2023.01.10], dostupné z

<https://www.irozhlas.cz/regiony/plzen-koupila-specialni-lod-na-boj-s-premnozenym-morem-kanadskym-201301171526_imanour>

Duenas-Lopez M. A., Popay I., Dawson H., 2022: *Elodea canadensis* (Canadian pondweed) (online) [cit. 2023.01.10], dostupné z

<<https://www.cabidigitallibrary.org/doi/10.1079/cabicompndium.20759>>.

Josefsson, M., 2011: NOBANIS - Invasive Species Fact Sheet – *Elodea canadensis*, *Elodea nuttallii* and *Elodea callitrichoides* (online) [cit. 2022.11.04], dostupné z <https://www.nobanis.org/globalassets/speciesinfo/e/elodea-nuttallii/elodea.pdf>.

Pladias – databáze české flóry a vegetace, ©2014: *Elodea canadensis* – vodní mor kanadský (online) [cit. 2022.10.9], dostupné z <https://pladias.cz/taxon/overview/Elodea%20canadensis>.

ÚKZÚZ ©2023: vodní mor americký (online) [cit. 2023.01.10], dostupné z https://eagri.cz/public/app/srs_pub/fytoportal/public/?key=%22dbaba86ad2a1c4e4358e7385039d0761%22#r|p|so|plevele|detail:dbaba86ad2a1c4e4358e7385039d0761.

Přílohy

Seznam příloh:

Příloha č. 1: Monitorování *E. canadensis* za pomoci aquaskopu a brodicích kalhot

Příloha č. 2: Terénní protokol

Příloha č. 3: Tabulka nálezových dat do ND OP pro AOPK ČR

Příloha 1: Monitorování *E. canadensis* za pomoci aquaskopu a brodicích kalhot



Příloha 2: Terénní protokol

mapovatel(é) NOVÁKOVÁ NESLÁDEK		kód úseku Vltava (pod tím název úseku)	233	průtok na nejbližší stanici Chlum 2,84 m ³ s ⁻¹
datum 19.7.22		šířka úseku 25 metrů	začátek úseku GPS N 48° 48' 10.4421" E 13° 56' 23.6131"	konec úseku GPS N 48° 48' 10.4421" E 13° 56' 23.6131"
délka úseku 100 metrů				
počasí (zakroužkovat)	jasno	zataženo /světlo mraky	polojasno, večer	dobu trvání mon. úseku (od-do) 14 ¹⁵ - 14 ³⁵
světlo	výborné	dobré	špatné	
průhlednost	čirá	zhoršená (slabý zákal, barva)	špatná	
vodní stav	velmi nízký	nízký	mírně zvýšený	

popis úseku	(procentem odhad příznivého habitatu pro MM)				%						
dno (zakroužkovat)	kameny	%	šterkopísek	%	jemný písek	%	jíl	%			
balvany	%	šterk	%	90	hrubý písek	%	bahno	10	%	hrubá organika	%
průhlednost dna	100-80 %	(75-50 %)	50-25%	20-0%							
stabilita dna	stabilní (tvrdé dno)	střídavě stabilní dočasné zanešené nestabil. substrátem	X	nestabilní (měkké dno)	pozn.:						

rostliny v korytě toku (ponořené uvádět vždy - zaškrtnout)	velmi hojný	hojný	roztroušené	ojediněle	vzácné
<i>Elodea canadensis</i>		X			
<i>Batrachium filitans</i>	X				
<i>Callitriche hamulata</i>	X				
<i>Myriophyllum alterniflorum</i>	X				
<i>Potamogeton alpinus</i>					
<i>Fontinalis antipyretica</i>					
břehový porost (dřeviny - zaškrtnout)	100-80 %	75-50 %	50-25 %	20-0 %	
vrba				X	
olše				X	
osika				X	
smrk				X	
bříza				X	
zástin (zakroužkovat)	bez	polostín	stín		

metoda monitoringu	brodění + aquaskop
--------------------	--------------------

pozn. výskyt <i>E. canadensis</i>	hřina - 2 m ² , bahno, bez zástinu
-----------------------------------	---

Nálezy lastur (F fragment, SL stará lastura kompletní, L lastura, LC čerstvá lastura)					
kód	délka (mm)	sedimentační oblast	GPS souřadnice WGS-84 N	GPS souřadnice WGS-84 E	foto + čas
BEZ NÁLEZU					

Příloha 3: Tabulka nálezových dat do ND OP pro AOPK ČR

úsek	Druh	N_WGS_84	E_WGS_84	mapovatel	datum	pokryvnost
none	<i>E. canadensis</i>	48.9109974	13.8211767	J. Horáčková	28.04.2021	
17	<i>E. canadensis</i>	48.9019142	13.8298197	J. Švanyga	21.06.2021	
21	<i>E. canadensis</i>	48.9000575	13.8317750	J. Švanyga	04.09.2020	
29	<i>E. canadensis</i>	48.8978200	13.8385261	J. Švanyga	04.09.2020	
39	<i>E. canadensis</i>	48.8952603	13.8462575	J. Švanyga	05.09.2020	
43	<i>E. canadensis</i>	48.8937956	13.8473077	J. Švanyga	06.09.2020	
46	<i>E. canadensis</i>	48.8924639	13.8461531	J. Švanyga	06.09.2020	
55	<i>E. canadensis</i>	48.8884949	13.8521920	J. Švanyga	08.08.2020	
56	<i>E. canadensis</i>	48.8886625	13.8534808	J. Švanyga	08.08.2020	
57	<i>E. canadensis</i>	48.8888072	13.8545269	J. Švanyga	08.08.2020	
60	<i>E. canadensis</i>	48.8884519	13.8579630	J. Švanyga	07.08.2020	
78	<i>E. canadensis</i>	48.8807772	13.8692950	J. Švanyga	09.08.2020	
82	<i>E. canadensis</i>	48.8787786	13.8701642	J. Švanyga	11.08.2020	
83	<i>E. canadensis</i>	48.8787064	13.8714622	J. Švanyga	11.08.2020	
94	<i>E. canadensis</i>	48.8772517	13.8788916	J. Horáčková	05.08.2019	
95	<i>E. canadensis</i>	48.8768833	13.8797118	J. Horáčková	05.08.2019	
100	<i>E. canadensis</i>	48.8761533	13.8829783	J. Horáčková	17.07.2022	
101	<i>E. canadensis</i>	48.8757153	13.8831253	J. Horáčková	26.04.2021	
107	<i>E. canadensis</i>	48.8742144	13.8857150	J. Horáčková	27.04.2021	
108	<i>E. canadensis</i>	48.8737311	13.8851275	J. Horáčková	27.04.2021	
134	<i>E. canadensis</i>	48.8601872	13.8952819	J. Švanyga	31.07.2021	
138	<i>E. canadensis</i>	48.8599050	13.8938400	J. Švanyga	04.08.2021	
147	<i>E. canadensis</i>	48.8544664	13.8975253	J. Švanyga	03.08.2021	
150	<i>E. canadensis</i>	48.8528867	13.9003306	J. Švanyga	03.08.2021	
172	<i>E. canadensis</i>	48.8521581	13.9202469	J. Horáčková	30.04.2021	
173	<i>E. canadensis</i>	48.8514592	13.9210731	J. Horáčková	30.04.2021	
174	<i>E. canadensis</i>	48.8507672	13.9220761	T. Nováková	10.08.2022	3 m ²
175	<i>E. canadensis</i>	48.8501319	13.9230525	T. Nováková	10.08.2022	0,5 m ²
180	<i>E. canadensis</i>	48.8463650	13.9210131	T. Nováková	10.08.2022	10 prýtů
181	<i>E. canadensis</i>	48.8455742	13.9216325	T. Nováková	10.08.2022	12 prýtů
186	<i>E. canadensis</i>	48.8432547	13.9262300	T. Nováková	09.08.2022	17 prýtů
187	<i>E. canadensis</i>	48.8425239	13.9269917	T. Nováková	09.08.2022	0,5 m ²
188	<i>E. canadensis</i>	48.8423156	13.9282469	T. Nováková	09.08.2022	6 prýtů
191	<i>E. canadensis</i>	48.8408117	13.9300708	T. Nováková	09.08.2022	3 m ²
193	<i>E. canadensis</i>	48.8391594	13.9298133	T. Nováková	09.08.2022	0,5 m ²
233	<i>E. canadensis</i>	48.8191525	13.9443689	T. Nováková	19.07.2022	2 m ²
234	<i>E. canadensis</i>	48.8184161	13.9446022	T. Nováková	19.07.2022	13 prýtů
235	<i>E. canadensis</i>	48.8181325	13.9458897	T. Nováková	19.07.2022	9 prýtů
240	<i>E. canadensis</i>	48.8149944	13.9481600	T. Nováková	19.07.2022	2 prýtů
246	<i>E. canadensis</i>	48.8101919	13.9460358	T. Nováková	18.07.2022	10 prýtů
248	<i>E. canadensis</i>	48.8084767	13.9462986	T. Nováková	18.07.2022	11 prýtů
249	<i>E. canadensis</i>	48.8077031	13.9458258	T. Nováková	18.07.2022	10 prýtů
250	<i>E. canadensis</i>	48.8068283	13.9460333	T. Nováková	18.07.2022	9 prýtů