

**Univerzita Hradec Králové**  
**Přírodovědecká fakulta**  
**Katedra biologie**

**Generativní reprodukce a propagace rdestu**  
**(*Potamogeton praelongus* Wulfen) v přírodních**  
**podmínkách**

**Diplomová práce**

Autor: Zina Tomášová  
Studijní program: Biologie  
Studijní obor: Systematická biologie a ekologie  
Vedoucí práce: RNDr. Romana Prausová, Ph.D.

Hradec Králové

srpen 2017

Univerzita Hradec Králové

Přírodovědecká fakulta

## Zadání diplomové práce

**Autor:** Zina Tomášová

Studijní program: Biologie

Studijní obor: Systematická biologie a ekologie

Název práce: Generativní reprodukce a propagace rdestu dlouholistého (*Potamogeton praelongus*) v přírodních podmínkách

Název práce v AJ: Generative reproduction and propagation of stalked pondweed (*Potamogeton praelongus*) in the natural conditions

Cíl a metody práce: Cílem práce je monitoring populací kriticky ohroženého druhu vodní rostliny rdestu dlouholistého (*Potamogeton praelongus*) a stanovištních podmínek na jeho lokalitách. Zároveň je cílem této práce analýza sedimentu na poslední přirozené lokalitě druhu v PCHP Rameno u Stříbrného rybníka a potvrzení nebo vyvrácení přítomnosti jeho nažek v sedimentu.

Garantující pracoviště: Katedra biologie, Přírodovědecká fakulta

Vedoucí práce: RNDr. Romana Prausová, Ph.D.

Oponent: Mgr. Andrea Kučerová, Ph.D.

Datum zadání práce: 25. 2. 2015

Datum odevzdání práce: 20. 7. 2017

## Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracovala samostatně a že jsem v seznamu použité literatury uvedla všechny prameny, z kterých jsem vycházela

V Hradci Králové dne:

Zina Tomášová

## Poděkování

Tímto bych chtěla poděkovat vedoucí diplomové práce RNDr. Romaně Prausové, PhD. za její rady a čas, který mi při řešení dané problematiky věnovala. Dále bych chtěla poděkovat za pomoc RNDr. Pavlu Pechovi, PhD. Dále děkuji rodině za pomoc při kontrole diplomové práce.

## **Anotace**

TOMÁŠOVÁ, Z. *Generativní reprodukce a propagace rdestu dlouholistého (Potamogeton praelongus) v přírodních podmínkách*. Hradec Králové, 2017.

Diplomová práce na Přírodovědecké fakultě Univerzity Hradec Králové. Vedoucí diplomové práce Romana Prausová. 88 pp.

Diplomová práce se zabývá generativní reprodukcí a propagací kriticky ohroženého druhu vodní rostliny *Potamogeton praelongus*, který je ohrožený nejen v České republice, ale také v dalších evropských zemích jako Německo, Polsko, Dánsko a Francie. V rámci této práce a v souladu se schváleným záchranným programem pro rdest dlouholistý byl prováděn monitoring mikropopulací a stanovištních podmínek. Monitoring byl pravidelně prováděn na jeho poslední přirozené lokalitě na přechodně chráněné ploše Rameno u Stříbrného rybníka (dále PCHP) u Hradce Králové a v chráněné krajinné oblasti Kokořínsko, kde rostou záložní populace druhu. Součástí práce bylo též prozkoumání výskytu nažek tohoto druhu v sedimentu v PCHP Rameno u Stříbrného rybníka v Malšovicích

### **Klíčová slova**

Rdest dlouholistý, reprodukce, makrozbytky, semena, PCHP

## **Annotation**

TOMÁŠOVÁ, Z. *Generative reproduction and propagation of stalked pondweed (*Potamogeton praelongus*) in the natural conditions*. Hradec Králové, 2015. Diploma Thesis at Faculty of Science University of Hradec Králové. Thesis Supervisor Romana Prausová. 88 pp.

The Master thesis deals with the generative reproduction and propagation of the critically endangered aquatic plant species *Potamogeton praelongus*, which is endangered not only in the Czech Republic, but also in other European countries, such as Germany, Poland, Denmark and France. In terms of this thesis and according to the authorized rescue program for *Potamogeton praelongus*, monitoring of micropopulations and habitat conditions was regularly done in *Potamogeton*'s last natural site in the temporarily protected area of the Stříbrný pond (further TPA) in Malšovice near Hradec Králové and in the protected landscape area of Kokořínsko, where reserve populations grow. Part of thesis was examination of *Potamogeton*'s achenes involved in sediment in TPA of Stříbrný pond in Malšovice.

## **Keywords**

Long-stalked pondweed, reproduction, macrofossils, seeds, TPA

# Obsah

Terminologický slovník.....	1
Seznam použitých zkratk.....	3
Úvod.....	4
1. Cíle práce.....	6
2. Anatomie a morfologie .....	6
2.1. Popis rostliny.....	7
2.2. Ekologie rostliny.....	8
2.3. Životní cyklus.....	9
3. Rozšíření.....	9
3.1. Severní Amerika .....	10
3.2. Asie.....	11
3.3. Rdest dlouholistý v České republice – historie a současnost.....	11
4. Generativní rozmnožování rostliny.....	12
5. Propagace semen.....	13
6. Biologie klíčení .....	15
7. Popis lokality PCHP Rameno u Stříbrného rybníku .....	16
8. Lokality v zahraničí.....	17
9. Monitoring lokalit v České republice .....	19
10. Analýza makrozbytků .....	20
10.1. Radiokarbonová metoda – stručný princip.....	22
10.2. Makrozbytky napříč kontinenty .....	23
10.2.1. Afrika .....	23
10.2.2. Asie.....	23
10.2.3. Amerika .....	24
10.2.4. Evropa .....	24
11. Říční sediment.....	27
12. Metodika .....	28
12.1. Monitoring populací na lokalitách v České republice .....	28
12.1.1. Velikost a vitalita populací .....	28
12.1.2. Stanovištní podmínky.....	29
12.2. Semenná banka.....	31
12.2.1. Odběr sedimentu .....	31
12.2.2. Sušení vzorků.....	33
12.2.3. Prosévání/ rozplavování sedimentu.....	34
12.2.4. Určování semen .....	35

12.3.	Struktura sedimentu .....	36
12.4.	Fotodokumentace .....	37
13.	Výsledky .....	38
13.1.	Monitoring stanovištních podmínek .....	38
13.2.	Vývoj populací na říčních lokalitách .....	39
13.2.1.	Královéhradecko .....	39
13.2.2.	Českolipsko.....	41
13.2.3.	Kokořínsko.....	42
13.3.	Struktura sedimentu .....	42
13.4.	Přítomnost semen v sedimentu .....	46
13.4.1.	Nálezy v sedimentu .....	54
14.	Diskuze .....	56
14.1.	Monitoring stanovištních podmínek .....	56
14.2.	Vývoj populací na Královéhradecku .....	57
14.3.	Vývoj populace na Českolipsku a Kokořínsku.....	57
14.4.	Struktura sedimentu z hlediska mocnosti.....	58
14.5.	Struktura sedimentu z hlediska pozice v rameni .....	58
14.6.	Přítomnost semen v sedimentu .....	59
14.7.	Vliv lokalizace odběrného místa na množství nalezených semen a plodů. ....	60
14.8.	Vliv odběrových metod na četnost nálezů nažek rdestu dlouholistého a dalších semen a plodů rostlin .....	61
14.9.	Vliv struktury sedimentu na množství nalezených semen.....	62
14.10.	Jak ovlivní odbahnění možnost obnovy rdestu dlouholistého na lokalitě .....	62
15.	Závěr.....	63
16.	Literatura.....	66
17.	Přílohy .....	78
17.1.	Tabulky nálezů jednotlivých odběrů .....	78
17.2.	Nalezené taxony fotografiemi.....	80
17.3.	Půdní sondy z druhého odběru .....	83
17.4.	Další fotografie .....	88



## Terminologický slovník

abiotické podmínky – podmínky prostředí (teplota, pH, ...)

bioindikátor – organismus využívaný ke sledování stavu biotopu

biotické podmínky – podmínky tvořené živými organismy

biotop – prostředí ovlivněné živou složkou přírody

cirkumpolární rozšíření – areál rostlin vyskytujících se v subarktické zóně celé severní polokoule

distribuce – rozmístění

ekologická valence – rozmezí podmínek, ve kterých je organismus schopen přežít

ekologie – vztah organismu k ostatním organismům a vnějšímu prostředí

endozoochorie - šíření semen rostlin při projití trávicím traktem živočicha

eutrofizace – hromadění živin v prostředí, především dusíku a fosforu

eutrofní prostředí – prostředí bohaté na živiny

fenologická plasticita – schopnost přizpůsobit vzhled v závislosti na podmínkách v místě výskytu

fragmentace krajiny – rozčlenění souvislé krajiny často antropogenními překážkami, bránící volnému pohybu organismů

fytoocenologický snímek – soupis taxonů s jejich pokryvností dané plochy

fyziologická dormance – období klidu podmíněné vlastnostmi organismu

generativní rozmnožování – rozmnožování pomocí pohlavních orgánů (semen, plodů)

glaciál – doba ledová

holocén – geologické období trvající od 11,5 tisíců let po současnost

hydrochorie – šíření semen hodným prostředím

internodium – část stonku mezi uzlinami

introdukovaná vegetace – úmyslně zavlečená vegetace

makrozbytky – okem viditelné pozůstatky odumřelé pozůstatky rostlin a živočichů

mezotrofní prostředí – prostředí se středním obsahem látek

mikropopulace – dílčí populace druhu na lokalitě, kde druh netvoří souvislý porost

monitoring – sledování změn biotopu nebo organismu v průběhu času

monocenóza – porost tvořený jediným druhem rostliny

neolit – mladší doba kamenná

neutrofilní – vyžadující vodu o neutrálním pH

nodus – uzlina

oligotrofní prostředí – prostředí chudé na živiny

oplodí – pevná vrstva obalující plod, vznikající ze pestíku nebo semeníku

pleistocén – geologické období v rozmezí 2,58 milionů let po 11,5 let

pliocén – geologické období v rozmezí 5,3 až 2,58 milionů let

reintrodukce – opětovné vysázení rostlin nebo vypuštění živočichů na místo jejich přirozeného výskytu

revitalizace - soubor činností vedoucích k obnovení nebo k nápravě přirozených funkcí poškozených biotopů

sediment – usazenina

submerzní – ponořená

taxon – systematická jednotka zahrnující soubor organismů se společnými znaky

tetraploidní – obsahující čtyři sady genů

variabilita – různorodost, vzhledová a genetická

vegetační období – časový úsek během kalendářního roku, který se vyznačuje vhodnými podmínkami pro růst rostliny

vegetativní rozmnožování – rozmnožování organismů pomocí vegetativních orgánů (stonky, listy, oddenky)

vektor – přenašeč

vodní makrofyta – okem viditelné a určitelné vodní rostliny

zoochorie – šíření semen pomocí živočichů

## Seznam použitých zkratk

AOPK - Agentura ochrany přírody a krajiny

BP - before present

C14 - radioaktivní izotop uhlíku

cm - centimetr

g - gram

CHKO - chráněná krajinná oblast

kg - kilogram

mm - milimetr

N - dusík

P - fosfor

pH - vodíkový exponent, určuje kyselou nebo zásaditou reakci vodného roztoku

PCHP - přechodně chráněná plocha

$\mu\text{S}/\text{cm}$  - mikrosiemens na cm - jednotka vodivosti

## Úvod

Vodní prostředí je rozmanitým souborem mikroorganismů a makroorganismů. Vzhledem k jeho důležitosti pro život vůbec je důležité se zajímat o to, jak je toto prostředí kvalitní. Hodnotit vodní prostředí je možné mnoha způsoby. Nejpřesnějším z nich jsou laboratorní testy. Ty nám s přesností ukáží množství škodlivých látek (těžké kovy), látek eutrofizujících (N, P) a dalších. Další metodou jsou měření přenosnými přístroji, která nám ukáží např. pH vody, množství rozpuštěných iontů či obsah rozpuštěného kyslíku ve vodě.

Pokud nejsou přístroje k dispozici, máme ještě další možnost. Podmínky vodního prostředí (pH, množství živin, teplota vody, ...) jednoznačně ovlivňují druhové složení rostlin a živočichů, jež se v tomto prostředí nachází. Zhoršení podmínek se proto na druhové skladbě projeví. Změny v prostředí ať už vodním nebo suchozemským, lze odvodit z druhové skladby, kterou zjistíme pomocí fytoecologického snímkování. Zhoršení stavu (u vodního prostředí především eutrofizace) se nemusí projevit pouze vymizením nějakého druhu, ale naopak i tím, že se na lokalitě nějaký druh objeví nebo se začne výrazně šířit. Většinou v našich současných podmínkách zmizí druhy vázané na oligotrofní a mezotrofní prostředí (šídlatky, některé rdesty) a objevují se druhy snášející nebo dokonce upřednostňující eutrofní prostředí (stulík žlutý, okřehek menší nebo závitka mnohokořenná).

V minulosti docházelo k velké eutrofizaci, téměř ve všech vodních tocích a nádržích v ČR, to mělo za následek ubývání druhů citlivých na množství živin ve vodě (oligotrofní, mezotrofní). Mnoho z těchto druhů se proto užívá jako bioindikátory vodního prostředí a mnoho z těchto druhů se v České republice stalo ohroženými. Proto je u těchto druhů je důležitý monitoring, který ukáže, zda se rostlina v prostředí šíří (lze předpokládat zlepšení podmínek prostředí), nebo zda se stav populace nemění nebo dokonce zhoršuje. Pro hodnocení zlepšení nebo zhoršení stavu populace, je velmi důležité znát biologii a ekologii druhu, to znamená, jak druh roste, přezimuje nebo se rozmnožuje. Pokud se rostlina rozmnožuje

generativně, zajímá nás také, jakým způsobem jsou semena dispergována na jiné lokality a zda je lze najít v sedimentu na lokalitě současného výskytu druhu.

Změny ve vegetaci na určité lokalitě lze vnímat ze dvou hledisek, z krátkodobého nebo z dlouhodobého. Krátkodobým hlediskem je chápán monitoring lokality, ten je z hlediska vývoje krajiny opravdu krátkodobý, trvá totiž jen několik desítek let. Pokud nás zajímají dlouhodobé změny v řádech stovek, tisíců a desetitisíců let, používá se analýza makrozbytků, ta využívá určování nalezených organických zbytků (rostlinných, živočišných) a spolu s radiouhlíkovou metodou datace, jim pak přiřazuje určité stáří. Lze tak mapovat změny od současnosti po zhruba 50 000 až 60 000 let.

Krátkodobější změny (několik stovek let), nás pak zajímají především z hlediska možností obnovy lokality, jejího navrácení do stavu, než začala velkou měrou podléhat antropogennímu vlivu. Schopnost lokality vrátit se do původního stavu závisí i na semenné bance lokality.

## 1. Cíle práce

Diplomová práce má hlavní cíle:

1. monitoring českých lokalit s výskytem rdestu dlouholistého, ať už na poslední přirozené lokalitě druhu, na lokalitách založených reintrodukcemi nebo vytvořených dočasných záložních kultur využívaných jako zdroj rostlin pro výsadby pro posílení stávajících populací a reintrodukce.

2. prozkoumání zásoby semen v horní vrstvě sedimentu na dně slepého ramene v PCHP Rameno u Stříbrného rybníka).

3. prozkoumání struktury sedimentu v PCHP Rameno u Stříbrného rybníka za účelem zjištění stavu zazemnění v jednotlivých částech slepého ramene.

Práce si klade následující otázky:

1. Jaký je současný trend ve vývoji populací rdestu dlouholistého v ČR?

2. Lze v sedimentu ze slepého ramene v PCHP potvrdit nebo vyvrátit přítomnost nažek rdestu dlouholistého (*Potamogeton praelongus*)?

3. Vyskytují se v sedimentu semena a plody dalších druhů rostlin?

4. Shodují se druhy, jejichž makrozbytky (semena, plody) byly nalezeny v sedimentu, s druhy přítomnými ve slepém rameni a jeho břehovém porostu v současnosti?

5. Jaký je současný stav zazemňování slepého ramene (PCHP) a jaká je struktura sedimentu v jednotlivých částech slepého ramene?

6. Může plánovaná revitalizace slepého ramene, při níž bude mocnost sedimentu redukována sacím bagrem, ohrozit obnovu makrofytní vegetace ze semenné banky?

## 2. Anatomie a morfologie

## 2.1. Popis rostliny

Rdest dlouholistý (*Potamogeton praelongus* Wulfen) je tetraploidní rostlina  $2n=52$  (Kaplan 2010), která je v České republice kriticky ohroženým vodním druhem, patřícím spolu s ostatními druhy rodu rdest (*Potamogeton*) a rdestice (*Groenlandia*) do čeledi rdestovitých (*Potamogetonaceae*). Tato čeleď spadá do řádu žabníkotvarých (*Alismatales*), třídy jednoděložných (*Liliopsida*), oddělení cévnatých (*Tracheophyta*), říše rostlin (*Archeplastida*).

V České republice můžeme tuto rostlinu nalézt už jen na jediné její přirozené lokalitě, kterou je PCHP Rameno u Stříbrného rybníka v nivě řeky Orlice v Malšově Lhotě (Prausová 2016).

Vzhledem k vzácnému výskytu této rostliny a jejímu úbytku v průběhu let, došlo k výraznému snížení její genetické variability nejen v jednotlivých mikropopulacích, ale v celé české populaci jako takové (Kitner et al. 2013).

Pro *P. praelongus* je typický bohatý kořenový systém, který pomáhá rostlinu ukotvit v půdě. Ten je tvořen samotnými kořeny svazčitého typu, které vyrůstají z dlouhého plazivého oddénku (Kaplan 2010). Kromě kořenů a lodyh se na oddenku vytváří žlutavě bílé přezimovací pupeny (turiony) banánovitého tvaru (Prausová et al., 2014).

Lodyha je typická cik-cak prohýbáním v uzlinách, v našich podmínkách dosahující délky maximálně kolem 150 cm (Kaplan 2010a), přičemž vykazuje vysokou variabilitu. Zatímco v mělkých tůňkách dosahuje lodyha délky do 30 cm, v hlubokých skandinávských jezerech dorůstají lodyhy i více než 300 cm délky (Prausová 2016). Lodyha je buď jednoduchá, nebo většinou chudě, méně často i středně bohatě větvená, světle zelené až tmavě zelené barvy (Kaplan 2010).

Stejně tak internodia vykazují velkou variabilitu, jejich délky se pohybují od milimetrů (mělké tůně) po desítky centimetrů (hluboká jezera) (Vöge 2002).

Z nodů střídavě vyrůstají pouze submerzní, zprvu světle zelené, později sytě tmavě zelené listy, které mohou být podél žilek rezavě hnědé. I za sucha jsou však zelené, naopak u *P. alpinus* se listy mohou barvit do červena. Listy jsou 6–18 cm dlouhé a

1,4–4 cm široké se 11–19 podélnými žilkami. Jsou přisedlé kopinaté až vejčité, okraj je celistvý, někdy mírně zvlňný. Kápořitý vrchol listů způsobuje jejich rozštěpení při rozložení do plochy. Palisty jsou světlé, bělavé, srostlé na straně přivrácené k listu (Kaplan 2010a).

Květenstvím jsou válcovité klasy 2–8 cm dlouhé s mnoha květy. Stopky květenství dosahují 8–20 cm. Květy mají 4,5–5,5 mm v průměru, jsou nenápadné se světle zelenými okvětními lístky. Gyneceum je tvořené zpravidla ze 4 volných plodolistů (Kaplan 2010a).

Plodem rdestu dlouholistého jsou sytě zelené až černozelelé 3–5 mm dlouhé nažky, elipsoidního až obvejčitého tvaru, dozrávající v klasu v počtu mezi 20 a 100 plody. Typický je pro ně výrazný ostrý hřbetní kýl a zobánek, který je mnohem kratší než tělo nažky (Kaplan 2010a). Oplodí nažky je pevné (Prausová 2014), uvnitř je zatočené embryo (Prausová 2016).

## 2.2. Ekologie rostliny

*Potamogeton praelongus* je vytrvalá vodní bylina kořenící ve dně s masivním plazivým oddenkem. Nevytváří vzplývavé listy a k růstu vyžaduje trvalý vodní sloupec (Kaplan 2010).

Jedná se o rostlinu jezer a mírně proudících úseků řek, mezotrofního až mírně eutrofního charakteru s písčítým nebo bahnitým dnem (Casper et Krausch 1981). *P. praelongus* vykazuje velkou fenologickou plasticitu v závislosti na prostředí, délka lodyh závisí jednak na výšce vodního sloupce, ale také průhlednost vody je důležitým faktorem (Prausová 2016). V ČR je vázán na čisté stojaté či mírně tekoucí vody (Kaplan 2010a) o hloubkách 50–200 cm, nebo i v mělkých tůních (20–70 cm). Mělké tůně jsou ovšem v letních měsících náchylnější k přehřívání, tudíž je pro ně důležitý vyšší zástin (Prausová 2016). Z hlediska chemismu vody patří rdest dlouholistý (*Potamogeton praelongus* Wulfen) mezi neutrofilní (vyžaduje neutrální až mírně zásadité pH), mesotrofní až eutrofní, preferuje vody bohaté na vápník (Borsukiewicz 2013).



Z hlediska vegetace roste *P. praelongus* v asociaci *Potametum praelongi*, svazu *Potamion*. V tomto společenstvu je struktura určena dominantním rdestem dlouholistým, kdy může docházet až k vytvoření monocenózy tohoto druhu. Běžnější je ovšem výskyt tohoto společenstva s doprovodnými druhy, jako je *Potamogeton crispus*, *Elodea canadensis*, *Nuphar lutea*, *Lemna minor* nebo *Sparganium emersum*. Celkově je tato vegetace druhově chudá (Šumberová 2011).

### 2.3. Životní cyklus

V ČR stejně jako ve zbytku střední Evropy začíná vegetační období *P. praelongus* většinou na přelomu března a dubna (při obvyklém průběhu roku), když se teplota vody ustálí nad 10°C. Z mohutného systému oddenků vyráží nové lodyhy, které mají základ ve vegetativních přezimovacích pupenech (turionech) světle žlutobílého zbarvení. Lodyhy pokračují v růstu zhruba do května až června, kdy začínají kvést. Během července a srpna začnou rostliny plodit v klasech, kterým po dozrání postupně odumře stopka a celé klasy klesají ke dnu. U lodyh, které plodily, dochází zhruba na přelomu září a října k senescenci. Rostlina zimu přežívá především ve formě oddenku, případně s několika mladými lodyhami a turiony, nebo v nažkách, které na začátku další vegetační sezóny vyklíčí (Prausová et al. 2014).

## 3. Rozšíření

Rdest dlouholistý je rostlina severní polokoule s cirkumpolárním rozšířením. Lze ji najít na evropském, asijském i severoamerickém kontinentu.

V Evropě lze najít druh od Skandinávie po Slovinsko a pak po jednotlivé lokality ve Francii, Portugalsku a Bulharsku (S-J). Dále pak od Islandu až po Ural. Ve Velké Británii a Severním Irsku ho lze najít roztroušeně na celém území (Lansdown 2014). Ve Skotsku například v jezeře Loch Coire Cheap ve středním Perthu, v Anglii v řece Cam v Cambridge, ve Walesu v jezeře Llangorse a v Severním Irsku v jezeře

Lough Neagh (Botanical Society of Britain & Ireland 2017). Na Islandu je vzácný, lze ho nalézt například v nádrži Djaknatjorn v Akureyri, kde roste spolu s dalšími rdesty (Nordic Adventure Travel 2016). V Německu lze *P. praelongus* najít například v odvodňovacím systému v Drömlingu (Jentzsch et Reichhoff 2013). V Polsku ho lze najít například v Laguně řeky Iłżanky, nebo v jezeře Uściewierz (Prausová et al. 2017). V Lotyšsku byl nalezen například v jezeru Riču (Suško 2010). V Bělorusku je jednou z lokalit jeho výskytu jezero Naroch (ILEC 2017). Vyskytuje se na Ukrajině, v Rakousku, Slovinsku, Rumunsku, Estonsku a Litvě, v Dánsku (IUCN 2017). Dalšími lokalitami jsou norská jezera, například Kykelvatnet, Dagsjoen, Lomsen (Prausová et al. 2017) a další, které lze najít na norském mapovém portálu (Artskart 2017), švédské jezero Trummen (Prausová et al. 2017). Ve Finsku ho lze najít například v jezeře Selviikinlahti nebo Långträsk (Carlsson 2000), v Dánsku v jezeru Magleso (AAU Herbarium Database 2017).

### 3.1. Severní Amerika

Na tomto kontinentu lze najít rdest dlouholistý na území několika oblastí Kanady, a to Albery (IUCN 2017), Britské Kolumbie - jezero Shaka (ILEC 2017), jezero One Island (Lean 2014), Labradorského poloostrova, Manitoby, Nového Brunšviku, Newfoundlandu, Nového Skotska, Nunavutu, Ostrovech prince Edwarda, Quebecku, Ontaria, Yukonu, Saskatchewanu (IUCN 2017). Také roste v mnoha státech Spojených států Amerických jako je Aljaška, Kalifornie, Kolorado, Connecticut, Georgia, Idaho, Illinois (IUCN 2017), Indiana - jezero Saugany (herb. položka Mitchell 2003), Iowa, Maine, Maryland, Massachusetts, Michigan (IUCN 2017), Minnesota - jezero Pequot (herb. položka Myhre 1995), Montana, Nebraska, Nový Hampshire, New Jersey, New York, Severní Dakota, Ohio, Oregon, Pensylvánie (IUCN 2017), Jižní Dakota - jezero Pickerel (David et al. 2004), Utah, Vermont (IUCN 2017), Washington - jezero Loon (Parsons 2000), Wisconsin - jezero Patrick (Evans 2008), Wyoming (IUCN 2017).

### 3.2. Asie

Na tomto kontinentu můžeme druh najít v Číně v provinciích Heilongjiang, Jilin, Liaoning, Xinjiang a Yunnan, dále také v Kazachstánu, Mongolsku, (Youhao et al. 2010) a Japonsku, kde ho můžeme najít například v oblasti Hokkaido, provincii Ošuma, jezero Onuma v Onumském národním parku, dále v provincii Iburi v jezeře Hangetsu nebo v jezeře Akan v provincii Kushiro (Miyabe et Kudo 1924), V Rusku rdest roste například v jezeru Onega (ILEC 2017), dále v jezerech Velký Iškulov, Velký Tatkul, Turgojak, Malé Miassovo a Malý Elanchik (Veisberg 2015).

### 3.3. Rdest dlouholistý v České republice – historie a současnost

Je to vzácný druh, který se v minulosti nacházel zhruba na 18–20 lokalitách planárního až suprakolinního stupně. Záznamy o jeho výskytu jsou známy v termofytiku i mezofytiku (Kaplan 2010a). V termofytiku je druh znám z řeky Vltavy v Praze, kde byl naposledy pozorován roku 1983 (Rydlo 1986 a, b). Dalším územím výskytu je Hradecké Polabí, přesněji slepá ramena Orlice v Malšovicích a Malšově Lhotě (Kaplan 2010a). V Malšovicích se rdest nacházel v odstaveném rameni, nazývaném Jezuitské jezero, zde byla populace odhadována ještě v roce 1987 na sto tisíc lodyh, v důsledku eutrofizace tůň, ale tato populace během následujících několika let vyhynula (Husák et Kaplan 1997).

V mezofytiku se *P. praelongus* nacházel v Týnišťském úvalu (61b) ve slepém rameni Orlice v Albrechticích nad Orlicí, kde je poslední pozorování v roce 1909, v mrtvém rameni Orlice v Týništi nad Orlicí, s posledním pozorováním z roku 1921, v Blešně - Nepasicích ve slepém rameni Orlice, s posledním pozorováním z roku 1982. V Českolipské kotlině (53a) na řece Ploučnici u Mimoně v roce 1848 a v Zákupích v roce 1921. V Ralsko-bezděžské tabuli (52) na řece Ploučnici u Mimoně a v Ploužnickém rybníku před rokem 1878. Střední Povltaví (41) v Otavě u Jistce před rokem 1887 a U Martínka naposledy v roce 1924. V Budínské pánvi v Putimi roku 1871 (Kaplan 2010a).

Vzhledem k velké podobnosti *P. praelongus* a *P. alpinus* a k jejich snadné zaměnitelnosti, je mnoho literárních údajů o výskytu *P. praelongus* nesprávných (Kaplan 2010a). K chybnému určení, tedy k záměně se rdestem alpským, došlo v několika lokalitách. Jedná se o Ohři a Teplou u Karlových Varů, Ohři u Chebu, Bělčí nad Orlicí, Žďár nad Sázavou, Frýdlant a Podrudohoří (Kaplan 2010a).

V současné době se rdest dlouholistý (*Potamogeton praelongus* Wulfen) vyskytuje přirozeně v České republice na jediné lokalitě, kterou je PČHP Rameno u Stříbrného rybníka v Malšově Lhotě, kde přežívá v populaci, čítající několik málo jedinců.

Na dalších dvou lokalitách proběhla úspěšná reintrodukce. Jedná se o lokalitu Kašparo jezero, tj. slepé rameno Orlice na Slezském předměstí v Hradci Králové a slepé rameno Ploučnice u mostu v obci Heřmaničky na Českolipsku (Prausová et al. 2017).

Jako zdroj rostlin na výsadbu na potenciální lokality v Poorličí slouží záchranná kultura v Botanickém ústavu České Akademie věd v Třeboni, na Českolipsku jsou to záložní kultury druhu v revitalizovaných tůních v CHKO Kokořínsko. Jedná se o tůně u Medonos, Tupadel, Harasova, Štampachu a soustavu tůní pod Plešivcem (Prausová et al. 2017)

#### 4. Generativní rozmnožování rostliny

Vegetativní rozmnožování u druhu výrazně převažuje nad generativním. To generativní druhu slouží výhradně k dálkovému transportu a tím k zakládání nových populací (Kaplan 2010 a). Nicméně ke generativnímu rozmnožování v České republice i v zahraničí dochází. Rostliny v mírném pásu v Evropě začínají kvést během května a června, plody dozrávají v srpnu a v září, vegetační sezóna končí v říjnu, kdy dochází k odumírání lodyh. V arktických oblastech je vegetační

doba zkrácená, kvetení probíhá v srpnu a často tak nedojde ani k dozrání plodů (Vöge 2002).

Klasy rdestu dlouholistého obsahují 21–108 nažek, z nichž dozrává zhruba 50 % (58–59 nažek z 108), ale pouze 62 % procent nažek obsahuje vitální embrya. Nažky jsou opatřeny velmi tvrdým voděodolným oplodím, které zůstává velmi dlouho zachováno. Nažky často dozrávají ještě v klasech a stává se, že takto v klasech i vyklíčí, tento jev byl pozorován v Norsku v jezeru Kykkelvatnet v roce 2015 (Prausová et al. 2017), ale často zůstávají nažky v sedimentu, se kterým jsou příležitostně odnášeny a přemísťovány při povodňových stavech nebo při manipulaci sedimentem při odbahnění (Prausová et al. 2017). Nažky zůstávají po dlouhou dobu v sedimentu zachovány (Bennicke et Anderson 1998).

Jak již bylo zmíněno výše, plodem rdestu dlouholistého je nažka. Jsou polokulovitého nebo obvejčitého tvaru, laterálně zploštělé, nafouklé, se hřbetním kýlem, někdy s kýlem i na laterální straně, pokud je laterální kýl přítomen, pak nemá zobánek. Zobánek dorsálního kýlu je 0,6–1 mm dlouhý. Celá nažka je 4–6 mm dlouhá a 3,2–4 mm široká. Povrch nažky je pevný, vroubkovaný, matný hnědozelený (Bojňanský et Fargašová 2007). Uvnitř plodu je stočené embryo. Po vyklíčení semene se nejprve vytvoří listy, později vyrostou i kořínky. V této době je nažka ještě stále přimknutá k mladé rostlince, později odpadá (Prausová 2016).

## 5. Propagace semen

U rdestu dlouholistého (*Potamogeton praelongus* Wulfen) z drtivé většiny převládá vegetativní rozmnožování nad generativním, přičemž vegetativní rozmnožování udržuje stálou populaci a generativní rozmnožování, kdy vznikají 4–5 mm velké nažky, slouží pravděpodobně především k dálkovému transportu a tím k zakládání nových populací (Kaplan 2010a). Semena nejsou jedinou diasporou schopnou transportu, patří sem i odlomené části lodyh, které jsou schopny za předpokladu

příznivých podmínek (vhodné prostředí, substrát) zakořenit. Úspěšnost tohoto způsobu šíření je však nízká.

Obecně se většina semen rostlin nešíří na velké vzdálenosti, většinou se jedná o jeden až několik málo metrů. Jako šíření semen na velké vzdálenosti lze chápat přemístění semene na vzdálenost 100 metrů a více (Cain et al. 2000). Podstatné je, že schopnost šíření semen je pro rostliny kritickým faktorem k jejich přežití v dnešních omezeních jejich prostředí kvůli fragmentaci krajiny a klimatickým změnám. Data o vzdálenostech šíření semen jsou vzácná a modely šíření jsou známe jen pro některé druhy rostlin (Vittoz et Engler 2007).

U vodních rostlin převládá v disperzi semen hydrochorie, kdy jsou často semena vodních nebo mokřadních rostlin natolik lehká, že jsou schopna plout na hladině (*Carex flava*, *C. elata*), vzdálenost šíření vodou lze jen těžko odhadnout. Další možností šíření vodních rostlin je pak zoochorie, přesněji endozoochorie, kdy dojde k požití semene či celé rostliny nějakým živočichem, ať už obratlovcem či bezobratlým. Vzdálenost, na kterou se semena touto metodou rozšíří, pak závisí na mobilitě živočicha, který semeno pozřel (Vittoz et Engler 2007). Častým vektorem pro přenos semen endozoochorií pro vodní rostliny jsou polodivoké kachny (*Anas platyrhynchos*) a další druhy vodních ptáků. U rdestu hřebenitého bylo zjištěno, že menší semena mají opravdu šanci projít trávícím traktem neporušená a životaschopná, ačkoli menší semena mají obecně menší procento klíčení. Malá semena zůstávají v trávícím traktu déle a mají tedy možnost být vektorem přenesena na větší vzdálenosti (Figuerola et al. 2010).

Na vhodných lokalitách tvoří *P. praelongus* bohatý oddenkový systém, který ukotvuje rostlinu v půdě, ale slouží též k propagaci. Z jednoho oddenku vyrůstají desítky lodyh, které tvoří bohatý polykormon. Stejnocenné kořeny svazčitého typu vyrůstají z dlouhého plazivého oddenku a umožňují příjem dostatečného množství živin ze substrátu. Před zimou se na oddenku vytváří žlutavě bílé přezimovací

pupeny (turiony), které umožňují přežít nepříznivého období a zároveň jsou základem pro vznik prvních jarních lodyh (Prausová et al. 2017). Vegetativní rozmnožování převažuje na lokalitách, kde se druhu daří a propagace pomocí oddenků je pro populaci jistější, než tvorba malých a velmi zranitelných semenáčků. Z toho vyplývá i nerovnoměrná distribuce nejen u *P. praelongus*, ale i dalších zástupců rodu *Potamogeton*. Jedním z důvodů tohoto jevu mohou být jejich ekologické nároky, oproti běžně se vyskytujícím druhům mají poměrně úzkou ekologickou valenci. Právě rdest dlouholistý je vázaný na velmi čisté vody, nesnese příliš velkou disturbanci a je náchylný i na přechodné znečištění vody, což množství lokalit s vhodnými podmínkami pro jeho růst značně redukuje (Borsukiewicz 2013).

## 6. Biologie klíčení

Klíčení rdestu dlouholistého je ovlivněno fyziologickou dormancí a nízkým klíčným potenciálem. Ta je středně hluboká a jejím důsledkem je špatné pronikání vody do semene (Prausová et al. 2017). Narušení oplodí je důležité pro přerušení dormance, toho lze dosáhnout několika způsoby. Buď toho dosáhnou mikroorganismy přítomné v sedimentu, nebo je oplodí obroušeno hrubými částicemi sedimentu (Prausová et al. 2014).

Pro lepší pochopení životního cyklu rostliny a jejího rozmnožování proběhly v minulosti na Univerzitě Hradec Králové testy klíčivosti zaměřené na zjištění co nejefektivnějšího způsobu přerušení dormance u semen a iniciace jejich klíčení. Nejprve však bylo nutné nasbírat pro testy nažky. Jako materiál posloužily nažky ze záložních kultur CHKO Kokořínsko v tůni Štampach a v soustavě tůní pod Plešivcem. Celkem bylo na testy nasbíráno cca 2800 nažek. Nažky byly odděleny od klasu, vyčištěny a usušeny při pokojové teplotě. Výsledky ukázaly velký vliv skladovacích podmínek nažek na přerušení jejich dormance. Vyšší germinační

procento měli nažky skladované ve vodě. A jako nejúspěšnější způsob přerušení dormance se ukázal ten, který je přírodě nejbližší, a tím je střídání teplot (Prausová et al. 2013).

## 7. Popis lokality PCHP Rameno u Stříbrného rybníku

Lokalita se nachází v katastrálním území Malšova Lhota v Hradci Králové přibližně 400 m JZ od Stříbrného rybníka v nadmořské výšce 230 m n. m. Je to území Třebechovické tabule, okrsek Černilovská tabule, jejíž podloží je tvořeno slínovci z období křídy a kvarterními písky (Bína et Demek 2012). Půdním typem je glejová fluvizem, která je pro nivy řek typická (Tomášek 1995). Z hlediska klimatu patří oblast lokality do skupiny T2, kde je počet letních dnů 50–60 a délka vegetační sezóny je 160–170 dní (Quitt 1971). Fytogeograficky se lokalita nachází v Českém termofytiku, přesněji v Hradeckém Polabí (Slavík 1988). Jedná se o rameno Orlice, napojené na říční koryto. Průtočnost ramene je v jeho spodní části zajištěna přítokem Stříbrného potoka.

Slepé rameno podléhá zazemňování vlivem hromadění velkého množství organického materiálu, jednak z vodní a mokřadní vegetace, jednak z opadu břehových porostů. Zazemňování bylo již v minulosti shledáno jako problém, který byl řešen dvěma dílčími odbahněním v letech 2001 a 2003. Těžení bylo prováděno dvěma způsoby, prvním „klasicky“ bagrem s odvozem do meziskladu a druhým, sacím bagrem. Před odbahněním byla označena místa s populacemi *P. praelongus* a *P. alpinus* a rostliny ohrožené odsátím nebo poškozením byly vyjmuty, uloženy do polostínu do plastových nádob a po skončení byly zasázeny zpět. Po odbahnění se stav na lokalitě zlepšil, problém nastal, když se do slepého ramene začalo dostávat velké množství sedimentu ze Stříbrného potoka. Jako opatření proti nadměrnému zanášení pískem, který potok přinášel ze soustavy rybníků v hradeckých lesích, byla vybudována před zaústěním Stříbrného potoka do slepého ramene sedimentační nádrž a přehrážka (Prausová et al. 2017). Od roku



2003 se rameno zazemňuje, v letošním roce lze odhadovat mocnost sedimentu na 50–60 cm. Proto je v řízení odbahnění sacím bagrem, které by mělo být realizované v roce 2018 (Seminář k ukončení ZP 2017- ústní sdělení).

Populace rdestu dlouholistého na této lokalitě roste v místě zaústění ramene do řeky Orlice, kde ještě před rokem 1997 dosahoval na pravém břehu velikosti 20 m<sup>2</sup> a na levém 5 m<sup>2</sup> (Husák et Kaplan 1997). Populace ukazovala sestupnou tendenci až do let 2002 a 2003, kdy proběhla 2 dílčí odbahnění. V roce 2004 došlo k ověření přežívajících jedinců na lokalitě. Poté měla četnost populace vzestupnou tendenci, v roce 2009 bylo nalezeno na lokalitě necelých 500 lodyh a v roce 2010 maximum, tj. 1461 lodyh (z toho asi 200 fertilních). V roce 2013 došlo k výraznému poklesu četnosti populace, a to zhruba na jednu čtvrtinu, od té doby trvá sestupná tendence četnosti populace. Nyní lze pozorovat pouze jednotlivé lodyhy. Nynější stav populace má několik příčin, jednak přispělo zazemňování ramene, pak vyšší zástin, kolísání vodní hladiny zaviněné výkyvy počasí v posledních několika letech, ať už to byly povodňové stavy, způsobující odnos rostlin z lokality nebo zákal, který způsobil nízkou průhlednost vody, a tudíž menší množství světla důležitého pro růst rostliny (Prausová et al. 2017).

## 8. Lokality v zahraničí

V místech svého původního rozšíření se rdest vyskytuje jak v tekoucích, tak stojatých vodách mezotrofního až mírně eutrofního charakteru v hloubkách od několika desítek centimetrů po několik metrů v závislosti na podmínkách prostředí.

Ve Velké Británii jsou pro rdest typickými lokalitami oligotrofní až mezotrofní vody jezer s ponořenou vegetací oligotrofních vod anebo vegetace jednoletých

ponořených bylin, nebo jezera přirozeně eutrofní s vegetací typu *Magnopotamion* nebo vegetací mohutných volně plovoucích rostlin (Palmer 2008).

V Rusku je tomu podobně, rdestu vyhovují jezera s písčítým dnem a litorálem s vrstvou organického sedimentu (Veisberg 2015).

V Polsku se rdest vyskytuje v mezotrofních vodách s poměrně vysokým obsahem vápníku, na východě a severu území (Zalewska-Gałosz 2008). Jednou z Polských lokalit rdestu dlouholistého je laguna řeky Iłżanky eutrofního charakteru, která se velmi podobá lokalitám v ČR, jak parametry vody (hloubka cca 50 cm, průhlednost 30 cm, vodivost 321  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), tak i charakterem dna řeky v laguně, které je pokryté organickým sedimentem. Společně se rdestem dlouholistým na lokalitě rostl stulík žlutý (*Nuphar lutea*), růžkatce a stolístky. Dalšími polskými lokalitami jsou jezera ledovcového původu, pro která je typické písčité dno s malou vrstvou organického sedimentu, a mezotrofního charakteru (vodivost mezi 190–280  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ). Jedná se například o jezero Rogóźno, kde byla vodivost 281  $\mu\text{S}/\text{cm}$  a průhlednost vody 2,5 m, dále jezero Uściewierz s vodivostí 225  $\mu\text{S}/\text{cm}$  a průhledností vody 2,3 m nebo jezero Rotcze s vodivostí 192  $\mu\text{S}/\text{cm}$  a průhledností vody 2,0 m. Všechny tyto lokality jsou rekreačně využívány ke koupání a rybolovu (Prausová et al. 2017).

Dle Norského mapového portálu Artskart (2017) lze v této zemi rdest dlouholistý najít téměř po celém severojižním gradientu, a to především v jezerech, ačkoliv existují i lokality říční. Tato jezera jsou většinou mezotrofního charakteru (jezero Lømsen, jezero Storvassbekken, jezero Tolkvatnet), ale jsou zde i jezera oligotrofní (jezero Kykkelvatnet, j. Kvitblikvatnet). Rdest dlouholistý zde roste v hloubce i několik metrů (jezero Tolkvatnet), což je možné díky velké průhlednosti vody, která v norských jezerech dosahuje na řadě míst až na dno, takže rostliny mají dostatek sluneční radiace nutné pro jejich růst. V roce 2015 proběhla v rámci projektu MGS II-15 (řešitel UHK) zahraniční cesta do Norska, během které bylo navštíveno celkem 15 lokalit, které byly vybrány v gradientu od Osla po Bodo (60°

- 67° s. š.). 14 lokalit bylo jezerních a 1 říční, tam se bohužel rdest dlouholistý nepodařilo najít, stejně jako na jezeře Graurvatnet, které vykazovalo velmi nízkou konduktivitu (18  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), tedy i nízký obsah živin. Ve většině jezer tvořil rdest dlouholistý vitální porosty od několika lodyh až po porosty dosahující několika desítek metrů čtverečných. Dno jezer bylo většinou písčité, pokryté organickými zbytky z opadu, u jezer bohatších na živiny bylo dno pokryté organickým sedimentem. Jezera s nižší trofií byla charakterizována výskytem rostlin indikujících nižší obsah živin, jednalo se např. o šídlatku jezerní (jezero Kvitblikvatnet), prameničku obecnou (jezero Arvilingen), bublinatku menší (jezero Dovatnet). Většina jezer neměla významnější antropogenní zátěž, většina jezer sloužila k rekreaci a rybolovu (Dovatnet, Yttre Svea), některá jezera navíc sloužila jako rezervoár pitné vody (Malmsjøen), vzhledem k velikosti a četnosti jezer v Norsku byla antropogenní zátěž hodnocena jako minimální (Prausová et al. 2017).

Ve Švédsku lze najít rdest dlouholistý (*Potamogeton praelongus* Wulfen) roztroušeně po celém území, s největším výskytem lokalit v jižním Švédsku (Artfakta-Artdatabase), a to především v jezerech (Artportalen 2017). Roste zde ve vodách všech trofií, tj. od oligotrofních až po eutrofní. Jedná se například o oligotrofní jezero Södra Vixen, mezotrofní jezero Langen nebo eutrofní menší část jezera Trummen. Všechna tato tři jezera se nachází na jihu Švédska (Prausová et al. 2017). Ve středním Švédsku již není koncentrace lokalit taková, ale přesto jich je zde možné najít poměrně dost. Například v jezerech Grenåsjön, Rörströmsälven, Omnesjön a dalších. Na severu Švédska jsou to například jezero Naankijärvi nebo řeka Torne, která tvoří hranici mezi Švédskem a Finskem, tam se rdest nachází v oblasti mokřadů Ojansensaari (Artportalen 2017).

## 9. Monitoring lokalit v České republice

Monitoring abiotických a biotických podmínek na lokalitách, kde rostou populace rdestu dlouholistého (ať už se jedná o poslední přirozenou lokalitu na Orlici v Malšově Lhotě, či reintrodukované lokality jako Kašparovo jezero, rameno Ploučnice u Heřmaniček nebo lokality sloužící jako záložní kultury v CHKO Kokořínsko) je důležitý pro zajištění vhodných podmínek pro jeho růst v ČR (Prausová et Čepelová 2016).

Monitoring na lokalitách probíhá od roku 2005 do současnosti a skládá se z monitoringu populací, abiotických a biotických podmínek na jednotlivých lokalitách (Prausová et al. 2017). Monitoring stanovištních podmínek představuje zjišťování kvalitativních vlastností vody i sedimentu, kvůli čemuž jsou právě od roku 2005 každoročně prováděny chemické analýzy vzorků z několika lokalit na Králové Hradecku, Kokořínsku a Českolipsku (Prausová et Čepelová 2016). Kromě toho je na lokalitách zajištěno kontinuální měření teploty vody pomocí dataloggerů a opakované měření konduktivity a pH vody a její průhlednosti, hloubky vodního sloupce a množství rozpuštěného kyslíku při pravidelných návštěvách lokalit (Prausová et al. 2017). Monitoring biotických podmínek zahrnuje především zaznamenávání výskytu dalších druhů vodních makrofyt, které představují pro rdest dlouholistý (*Potamogeton praelongus*) konkurenci. Monitoring populací pak spočívá v každoročním záznamu velikosti, četnosti a vitality jednotlivých populací na českých lokalitách (Prausová et Čepelová 2016).

## 10. Analýza makrozbytků

Makrozbytky jsou takové částice, které jsou vidět pouhým okem a je možné s nimi manipulovat rukou či pinzetou. U rostlinných makrozbytků se jedná především o diaspory (semena, plody), ale patří sem i vegetativní části rostlin jako jsou listy, pupeny, květy, cibulky, kořeny, dřevo a další (Birks 2001). Ty jsou poté určeny do druhu (pokud je to možné), nebo alespoň do rodu nebo do čeledi. A podle jejich

skladby, lze přiblížit historii původní a introdukované vegetace. Makrozbytky také slouží jako zdroj etnobotanických informací, které indikují vztahy mezi rostlinami a kulturním děním v krajině (Landscape lines 1998).

Se zkoumáním makrozbytků pro odhalení vývoje vegetace se začalo v 19. století. Před objevením pylové analýzy to byla jediná dostupná metoda pro studování floristické historie a historie vegetace. Nejčastěji se analýza makrozbytků využívala pro rekonstrukci klimatických změn v posledním glaciálu a době poledové (meziledové). Ve 20. letech 20. století se objevila pylová analýza a analýza makrozbytků ustoupila do ústraní. Ovšem v 60. letech 20. století, kdy byly zjištěny limity pylové analýzy, se začala opět více používat analýza makrozbytků (Birks 2001).

Pro analýzu jsou využívána především jezera. Obor paleolimnologie zahrnuje zkoumání stáří jezer metodou analýzy makrozbytků a pylovými analýzami. Pro analýzu jsou většinou vybírána mělká jezera nebo jsou vybírána odběrná místa v litorálu jezer, kde se shromažďují organické zbytky (makrofosilie). Kromě toho jsou vhodnými odběrnými místy i ohyby a ramena pomalu proudících řek v mírném klimatickém pásu (Birks 2001). Tuto metodu je možné použít i pro zjištění vývoje suchozemské vegetace a kultury. Velmi obsáhlá analýza byla použita například v Pompejích (Landscape lines 1998).

Makrofosilie jsou získávány ze vzorků půdy (ať už se jedná o jezerní či říční sediment nebo „suchou“ půdu) a poté jsou roztríděny podle vrstev, ve kterých byly nalezeny. Semena nebo listy je poměrně snadné určit pomocí jejich morfologických charakteristik, některé plody lze určit i do druhu. Dřevo musí být podrobena mikroskopickému zkoumání a obecně ho lze určit maximálně do rodu (Landscape lines 1998).

Analýza makrozbytků, především pak makrozbytků rostlin slouží jako biologický archiv k rekonstrukci nastalých změn v hladinách jezer a tím pádem i změn klimatu. Toto využití vychází z předpokladu, že pro jednotlivé rostliny jsou typické určité mocnosti vodního sloupce a různé změny klimatu mohou vést ke změnám vodní vegetace, s přihlédnutím k chemismu a úživnosti vody. Pro studium výkyvů vodní hladiny jezer se ukázala jako nejvhodnější mezotrofní až eutrofní jezera (Hannon et Gaillard 1997).

### 10.1. Radiokarbonová metoda – stručný princip

Pro zařazení makrozbytků do časového období se využívá radiokarbonová metoda datování. V atmosféře je nastolena rovnováha, kdy na každý atom  $C^{14}$  připadá  $10^{12}$  atomů  $C^{12}$ . Díky záření dochází ke vzniku radioaktivního izotopu uhlíku  $C^{14}$ , zároveň ale tento izotop díky své nestabilitě zaniká, dochází tak k dynamické rovnováze, kdy je množství radioaktivního izotopu uhlíku v atmosféře konstantní. Živé organismy přijímají uhlík ve formě  $CO_2$  a i v nich se tedy nachází rovnovážná koncentrace radioaktivního izotopu. Dokud jsou organismy živé, je v nich konstantní koncentrace radioaktivního izotopu. Po smrti organismu dochází k zastavení příjmu uhlíku a koncentrace radioaktivního izotopu začne klesat. Čas, který uběhl od smrti organismu, se pak určí pomocí poměru  $C^{14}$  s izotopy  $C^{12}$  a  $C^{13}$ , které jsou na rozdíl od  $C^{14}$  izotopu stabilní a jejich množství v čase se nemění. Poměr mezi izotopem  $C^{14}$  a ostatními izotopy se bude od okamžiku smrti organismu měnit. Měřením získáme dobu, která uplynula od úmrtí organismu. Stáří organismu (makrozbytku) poté uvádíme v jednotkách let se zkratkou BP (before present). Poločas rozpadu radioaktivního izotopu uhlíku  $C^{14}$ , tedy doba, za kterou se rozloží přesně polovina přítomných atomů izotopu je 5 730 let. Pro tuto metodu jsou vhodné vzorky staré 50 000–60 000 let (Odpovídá pozdnímu pleistocénu a holocénu, to odpovídá zhruba době 10x delší, než je poločas rozpadu  $C^{14}$  a jeho množství ve vzorku pak zůstává velmi malé (Higham 1999).

## 10.2. Makrozbytky napříč kontinenty

Analýza makrozbytků je celosvětově využívaná metoda k určování a zkoumání stáří jezer (paleolimnologie) a zkoumání klimatických změn pomocí mapování změn ve vegetaci (Birks 2001).

### 10.2.1. Afrika

Paleolimnologické studie probíhala v devadesátých letech 20. století například v jezeře Turkana v Keni v Africe Cohenem (1981), výzkum zde byl založen na makrozbytcích živočišného původu. Na archeologickém nalezišti Nabta Playa, které se nachází zhruba 100 západně od Abu Simbel, města na řece Nil, probíhal výzkum, zjišťující rostlinné zdroje starověké Afriky. Naleziště spadalo do doby raného a středního neolitu. Bylo zde nalezeno zuhelnatělé dřevo. Plody a semena byly nalezeny pouze v několika nálezech, které byly datovány mezi 8095 a 7950 BP. Byla nalezena semena datlí, kapary, čeledi *Cyperaceae* a další rostliny využívané lidmi.

### 10.2.2. Asie

V jezeru Pumoyum, které se nachází na tibetské plošině v nadmořské výšce zhruba 5200 m n. m., byla zjišťována geochronologie půdních sond za pomoci radiouhlíkové metody datace. V půdních profilech ve vrstvách mezi 380 a 210 cm bylo nalezeno velké množství rostlinných makrozbytků převážně z čeledi *Potamogetanaceae*. V jezeře se v dnešní době z této čeledi nachází *Potamogeton pectinatus* a *Ruppia rostellata*. Stáří makrozbytků z půdní sondy odpovídá stáří 15000–20000 let (Watanabe et al. 2010).

Lokalita kotliny Káthmándú je jedním z nejstarších osídlených míst Nepálu. Nachází se v nadmořské výšce mezi 1220 a 1500 m n. m. Oblast je bohatá na

sedimenty říčního a jezerního typu, které obsahují velké množství makrozbytků. Ty byly získávány ze sedmi zón (vrstev, přičemž ve třech z těchto zón byl nalezen endokarp semen rodu *Potamogeton*. Makrozbytky pocházejí z období přelomu Pliocénu a Pleistocénu po Holocén, to odpovídá období od 5,3 milionu let po současnost (Bhandari et al. 2009).

### 10.2.3. Amerika

Analýza makrozbytků byla provedena i na Aljašce, kde šlo především o dataci organických zbytků rostlin v boreálních sedimentech a případně rozdílné výsledky v dataci v závislosti na velikosti vzorků. Testováno bylo hlavně dřevo. Zkoumané vzorky pocházely mimo jiné i z řeky Copper (Oswald et al. 2005).

V povodí Bluefish v Yukonu, kde probíhal výzkum posledního interglaciálu, bylo nalezeno poměrně velké množství makrozbytků, včetně *Potamogeton praelongus*, rdesty se vyskytovaly ve vzorku, jehož stáří bylo změřeno na 150 000 let BP. Z rodu *Potamogeton* byly kromě rdestu dlouholistého nalezeny ještě *P. zosteriformis*, *P. filiformis*, *P. Richardsonii*, *P. pectinatus* (Matthews et al. 1990).

### 10.2.4. Evropa

Analýza makrozbytků je v Evropě často používanou metodou, která slouží k poznávání historie, ať už jezer, nebo lesů (Wainman et Matthews 1987). Jedním z cílů je poznat historii jezera nebo jeho pozůstatků. Takto lze odhalit změny ve vegetaci nebo ve skladbě rozsivek či zooplanktonu, a to do stáří i několika desítek tisíců let.

Tato práce se zabývá především rdestem dlouholistým (*Potamogeton praelongus* Wulfen) a jemu příbuznými druhy. Obsahuje výsledky analýzy makrozbytků a paleolimnologie. V jezerech Ruska a Laponska proběhla datace sedimentů pomocí



C14 metody a poté byla provedena analýza makrozbytků. Ve třech jezerech byly nalezeny makrozbytky rdestu dlouholistého (jezera Mezhogornoe, Tumbulovaty, Njargajavri) ve formě semen a listů, jejichž stáří bylo pomocí C14 metody stanoveno na 11 500–10 000 let BP (Väliranta 2006). Podobný průzkum prováděli i Gałka et Sznel (2013) v přírodním parku Suwalski, kde vrstva sedimentu, v níž byl nalezen rdest, byla datována na stáří 11 600 let BP. Heggen et al. (2010) zkoumali dynamiku ekosystému malého jezera v Grónsku poblíž letiště Kargerlussuag. Půdní profily byly datovány do stáří 7000 BP. Ve vzorcích nebyl nalezen přímo rdest dlouholistý, nýbrž jeho příbuzný *Potamogeton pussilus*, jehož pozůstatky se nalézaly ve vrstvách starých 4000–6500 BP.

Hannon a Gaillard (1997) použili analýzu makrozbytků v jižním Švédsku v 11 jezerech pro zjištění změn ve výšce vodní hladiny. Jejich metoda byla založena na tom, že každá vodní rostlina má optimální hloubku pro růst. Stejně tak jsou pro litorál typické porosty a při dlouhodobých změnách výšky vodní hladiny se i mění rozmístění populací rostlin. Pro *P. praelongus* je optimum podle tohoto článku v hloubce od 0,5 do 3 m, ačkoli podle Vöge (2002) lze rdest ve vodách s vysokou transparentností najít i v hloubkách kolem 6 m. To slouží ke sledování klimatických změn z hlediska množství vody (tudíž oteplování). Datování ve Švédských jezerech bylo stanoveno až do stáří cca 9500 BP, přičemž rdest dlouholistý zde byl nalezen v sedmi jezerech (Bjäresjösen, Vielången, Krageholmssjön, Kumlan, Torreberga, Trummen, Bökeberg) a stáří jeho makrozbytků (semena, endokarp) bylo stanoveno až na 8500 let BP (Hannon et Gaillard 1997).

Využití makrozbytkové analýzy slouží také ke sledování relativně krátkodobých změn. Většinou se jedná o období posledních 200 let, což zhruba odpovídá začátku průmyslové revoluce. Madgwick (2009) se zabýval právě dlouhodobými změnami ve vodní vegetaci v Britských nížinných jezerech oblasti Norfolku a Midlandu. Podle historických záznamů se zjistilo, že rdest dlouholistý se v jezerech nacházel zhruba do roku 1960, ale poté už ne. Při analýze makrozbytků zde rdest

dlouholistý, resp. jeho pozůstatky (semena, listy, endokarp) nenašly, ale byly nalezeny makrozbytky jiných zástupců rodu *Potamogeton* (*P. obtusifolius*, *P. perfoliatus*, *P. pusillus*).

Davison et al. (2005) prováděli porovnání historických záznamů, makrofosílií a pylové analýzy vodních rostlin v rybníku Groby, které se nachází v Anglickém Midlandu. Jednalo se o eutrofní mělké jezero, u něhož byla zkoumána historie předchozích 250 let. Výsledky ukázaly přítomnost několika druhů rdestů. Davison et al. (2009) zkoumali možnosti obnovy jezera Llyn Cadarn ve Walesu, kde byly v sedimentu nalezeny makrofosílie *P. obtusifolius* ale i pozůstatky, které nebylo možné identifikovat do druhu. Podobnou studii prováděli Sayer et al. (2010) v jezeru Felbrigg Hall v severním Norfolkku. Tam byly v profilech sedimentů nalezeny makrofosílie *P. crispus* a dalších rdestů ve formě semen a listů. Další podobnou studii prováděli Madgwick et al. (2011) v Norfolkských pláních v jezeře Barton Broad, kde byly také nalezeny makrofosílie rdestů (většinou v podobě semen nebo listů). Všechny studie byly prováděny pro poznání vývoje jezera v posledních 200–250 letech, a to vzhledem k možnosti obnovy jezer. Během posledních dvou století, kdy jezera byla vystavena silnému antropogennímu vlivu, u nich došlo k výraznému poklesu diverzity. To kromě analýzy makrozbytků potvrzují u některých studií i historické záznamy.

Jedním z dalších využití analýzy makrozbytků je zjištění semenné banky v jezerech. Tímto se zabývali Koff et Vandel (2008) v Estonsku, kteří porovnávali druhové zastoupení vodní vegetace a jejich semena v povrchových sedimentech dvou malých jezer Juusa a Vitna. Další studie, která se zabývala touto tematikou, se zabývala jezerem Peipsi, které je lokalizováno na hranici Estonska a Ruska. Tam se jako nový druh v jezeře objevil rdest dlouholistý, který se v jezeru do osmdesátých let 20. století nenacházel (Mäemets et al. 2010). Větší studie tohoto typu byla prováděna v letech 2006–2011 (během vegetační sezóny), kdy bylo na severojižním gradientu Turecka vybráno 35 jezer na kterých bylo provedeno

porovnání zbytků rostlin ve svrchních vrstvách sedimentu a současné vodní vegetace (Levi et al. 2014). U studií prováděných Koffem a Vandelem v Estonsku a Levim et al. v Turecku bylo v sedimentu nalezeno zhruba 50 % druhů rostlin nacházejících se v jezerech. U druhé studie prováděné Mäemets et al. na hranici Ruska a Estonska dosahovalo množství rostlinných pozůstatků 70 % současné vodní vegetace.

Analýza makrozbytků má mnoho využití, pro tuto diplomovou práci však bylo nejpodstatnější využití k získání povědomí o semenech přítomných v sedimentu.

## 11. Říční sediment

Sediment je usazenina, složená z pevných částic látek, které se vlivem gravitace usadily na dně nějakého prostoru a podléjí se na půdotvorných procesech, jsou tedy součástí půd. Říčním sedimentem jsou tedy částice usazené na dně koryt řek.

Vznik sedimentu probíhá v několika etapách. jsou jimi za prvé mechanické rozrušování a zvětrávání horniny, za druhé odnos a transport částic vzniklých erozí, který je prováděn především proudící vodou (malé částice jsou transportovány v suspenzi, větší částice pak vlečením či kutálením). Větší částice jsou transportovány na horním toku, kde je rychlost proudu vyšší a unášecí schopnost vody je zde větší. Po transportu částic následuje jejich další, třetí etapa vzniku sedimentu, a to sedimentace, která může být poslední etapou vzniku sedimentu, nebo může docházet k tak zvané diagenézi (zpevnění sedimentu). K sedimentaci dochází při poklesu unášecí schopnosti proudící vody natolik, že již není schopná danou částici transportovat. Postupně klesá také velikost sedimentujících částic, což vede k vytrídění jednotlivých typů částic (na horním toku se usazují oblázky, níže štěrky, a ještě níže písek a jíly). Po sedimentaci může ještě dojít k čtvrté etapě, diagenézi sedimentu, což je v podstatě vznik zpevněného sedimentu z nezpevněného. Může být mechanická nebo chemická.

Mechanická diagenese vzniká kompakcí sedimentu, kdy se zmenšuje objem sedimentu díky narůstajícímu tlaku sedimentu ve svrchnějších vrstvách.

Pro sedimenty je typická vrstevnatá stavba, kde se vrstvy liší složením, zrnitostí nebo barvou. Uspořádání vrstev sedimentu se nazývá zvrstvení a v závislosti na podmínkách sedimentace se tato zvrstvení odlišují.

Mezi časté sedimenty středních toků patří psamity, kam patří písky. Jako říční písky jsou označovány ty, které se vyskytují především v říčních korytech a terasách. Dále jsou písky jezerní, mořské, glaciofluviální atd.

Dalším častým říčním sedimentem je sediment jílovitý. Jíly nezpevněné dle původu dělíme na residuální, deluviální, ledovcové, mořské a říční. Pak jsou jíly zpevněné. Říční jíly se nejčastěji ukládají na středním a dolním toku řek a jsou běžnou součástí říčních teras.

Důležitým typem sedimentu je sediment organogenní, který je tvořen nekromasou (odumřelé části organismů). Organogenních sedimentů je několik druhů. Patří sem humus, rašelina a sapropel (Zimák 2005).

## 12. Metodika

### 12.1. Monitoring populací na lokalitách v České republice

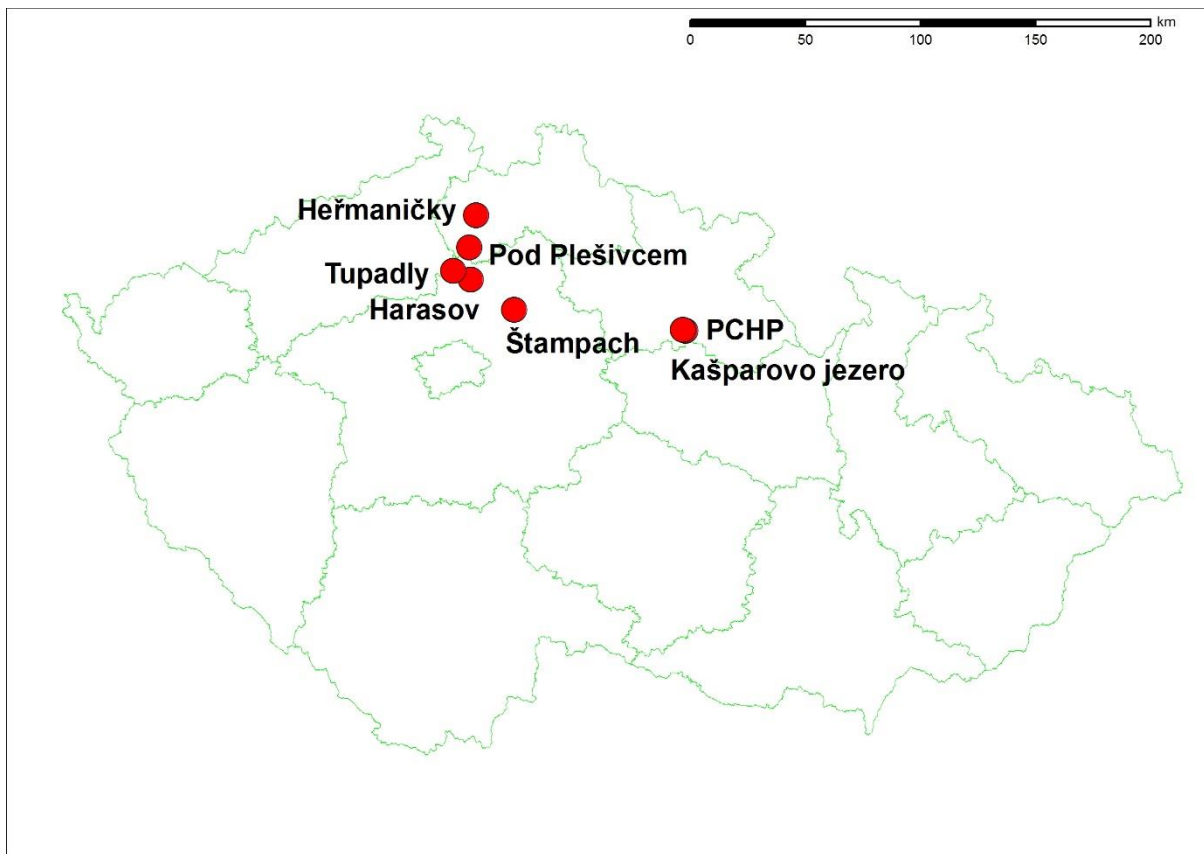
#### 12.1.1. Velikost a vitalita populací

Četnost populace byla zjišťována a vyjadřována dvěma způsoby, a to buď přesným počtem lodyh v populaci za současného odlišování trsů – polykormonů (při menší velikosti populace) anebo byla vyjádřena plochou (m<sup>2</sup>), kterou populace zarůstala.

Hodnocení vitality rostlin spočívalo v posouzení vnějšího stavu. Pro její hodnocení bylo sledováno několik parametrů: 1. barva (vitální rostlina je svěže světle zelená až tmavě zelená na všech listech, tj. bez změn, tmavých nebo světlých skvrn), 2. okus listů a květenství, příp. plodenství, 3. uhnívání listů, 4. přítomnost řas na rostlině.

#### 12.1.2. Stanovištní podmínky

Monitoring stanovištních podmínek na lokalitách byl zjišťován pomocí několika přístrojů. Pro zjištění průhlednosti a mocnosti vodního sloupce v místě výskytu populací byla použita Secchiho deska. Pro měření konduktivity, pH a nasycení kyslíkem a teploty vody byly použity přenosné multimetry Gryf a Hach. Pro zjištění zástinu byl použit luxmetr, kterým bylo měřeno oslunění konkrétního místa na vodní hladině a oslunění plně ozářeného a nezastíněného prostoru. Zástin byl vypočten jako rozdíl osvětlení naměřeného na lokalitě a 100 % osvětlení (poměr osvětlení vodní hladiny/osvětlení nezastíněného prostoru vyjádřený v procentech). K měření teploty vzduchu byl použit přenosný teploměr. Naměřené parametry byly průběžně zaznamenávány a vyjádřeny srovnávacími grafy. Změny v posledních pěti letech byly vyhodnoceny v programu Statistica.



Obr. č. 1 Ukazuje mapu ČR s lokalitami s populacemi *Potamogeton praelongus*, kde probíhalo pravidelné měření stanovištních podmínek (PCHP - poslední přirozená lokalita, Kašparovo j. a Heřmaničky - reintrodukované říční lokality, Štampach, Harasov, Tupadly, Pod Plešivcem - tůň sloužící jako záložní kultury pro výsadby).

Měření probíhalo na Královéhradecku, Kokořínsku a Českolipsku. V Hradci Králové se jedná o 2 lokality – PCHP slepé rameno Orlice u Stříbrného rybníka (poslední přirozená lokalita s výskytem *P. praelongus*) a Kašparovo jezero, což je pravobřežní slepé rameno Orlice na Slezském předměstí (reintrodukovaná říční lokalita). Na Českolipsku je to lokalita slepé rameno u obce Heřmaničky (reintrodukovaná říční lokalita). Na Kokořínsku se jednalo o 5 lokalit, přičemž 1 lokalita již není aktuální (nepřítomnost rdestu). Jsou to tůň u Harasova, Štampachu, Tupadel a soustava tůní pod Plešivcem. Poslední lokalitou byla tůň Medonos, kde se již rdest nevyskytuje.

## 12.2. Semenná banka

### 12.2.1. Odběr sedimentu

Pro odběr sedimentu byly použity dvě různé metody: zaprvé pomocí půdní sondy (první odběr - šest odběrových míst, druhý odběr - pět odběrových míst), za druhé pomocí bagrovacího odběrového zařízení (třetí odběr - tři odběrová místa).

Inspirací k tomuto průzkumu byl článek estonských výzkumníků (Koff et Vandel 2008), kteří se zabývali distribucí makrofosílií v povrchových sedimentech ve dvou malých estonských jezerech Juusa a Viitna. Odběr vrchní deseticentimetrové vrstvy sedimentu prováděli pomocí gravitační půdní sondy, odběrná místa vzorků zaznamenávali pomocí GPS a zorky sedimentu po odběru uložili do hermeticky uzavřených plastových nádob (Koff et Vandel 2008).

V rámci této diplomové práce byly první dva odběry provedeny pomocí půdní sondy, kterou byly získány půdní profily válcovitého tvaru o průměru cca 5 cm. U prvního odběru byl na každém odběrovém místě odebrán jeden půdní profil, který byl poté uložen do plastové nádoby a hermeticky uzavřen. Odběrová místa byla zaměřena pomocí GPS Garmin (obr. č. 2).



Obr. č. 2 - Mapa jednotlivých odběrových míst všech odběrů, odběr č. 1 zeleně, odběr č. 2 modře, odběr č. 3 žlutě.

Při druhém odběru bylo na každém z pěti odběrových míst odebráno pět půdních profilů. Z každého profilu byla poté odebrána vrchní vrstva sedimentu o mocnosti 15 cm. Z těchto částí profilu byl poté udělán směsný vzorek pro jedno odběrové místo a byl uložen do plastové nádoby a uzavřen. Odběrová místa byla zaměřena pomocí GPS Garmin.

Pro třetí odběr byla použita mírně modifikovaná odběrná metoda (Martin et al. 1993), kterou autoři použili při průzkumu vegetace na dně jezerech Loch Ness a Loch Morar, která dosahujících hloubek větších než 200 nebo 300 m. Zatímco zahraniční autoři použili několik odběrových zařízení, pro odběry na PCHP bylo použito pouze jedno z nich (v modifikaci). Toto odběrové zařízení lze označit jako bagrovací, skládá se z půlkruhového rámu, diagonální sítě a ocelového závaží,



které brání „přeskakování“ sedimentu během odběru. Vše je zajištěno lankem (Martin et al. 1993). Úprava zařízení spočívala v nahrazení půlkruhového rámu trojúhelníkovým rámem a nahrazením lanka teleskopickou kovovou tyčí uchycenou na horní části rámu. Tím byla umožněna dobrá kontrola odběru vzorku i bez přítomnosti olověného závaží.

Odběrové zařízení mělo následující parametry: a) rám se základnou o délce 22 cm a výšce 28 cm. b) látkový pytel o rozměrech 50 x 70 cm, který se navlékal na rám, c) teleskopická kovová násada, k níž byl dvěma šrouby upevněn rám s pytlím, násada sloužila k manipulaci s odběrným zařízením.

Po odebrání vrchní vrstvy sedimentu o mocnosti cca 10–15 cm byl vak se sedimentem sundán z rámu a celý uložen do plastové nádoby, kde z něj samovolně odtékala voda. Pro špatnou propustnost látky, trvalo „vypocení“ vody z pytle několik hodin. Poté byla voda vylita z plastové nádoby a sediment byl i s pytlím do nádoby opět uzavřen. Tento postup byl použit na všech třech odběrových místech. Vzhledem k mocnosti vody a sedimentu na zkoumané lokalitě se tato metoda ukázala jako vhodná. Před uzavřením sedimentu z něj byli odebráni a zpět na lokalitu vráceni vodní živočichové. Odběrová místa byla zaměřena pomocí GPS Garmin.

### 12.2.2. Sušení vzorků

Při prvním odběru nebylo sušení provedeno, vzorky se zpracovávaly za mokra.

Vzorky z druhého odběru byly nechány samovolně vysychat při teplotě cca 25–35 °C v plastových nádobách, do kterých byly vzorky předtím odebrány.

Sediment ze třetího odběru byl nejprve ponechán v látkových pytlích, kde na zemi ve venkovních podmínkách a za slunečného počasí došlo k pozvolnému odtékání vody. Poté byl již částečně odvodněný sediment přemístěn na kovové plechy. Za

příznivého počasí (slunečno) byl sediment ponechán venku na slunci, kde dále vysychal. Za špatných venkovních podmínek byl sediment přenesen do pokojové teploty (18–23 °C).

### 12.2.3. Prosévání/ rozplavování sedimentu

U výzkumu sedimentů v estonských jezerech (Koff et Vandel, 2008) byly pro analýzu vzorky rozmělněny ve vodě a promyty přes síto o velikosti 0,25 mm.

V rámci této diplomové práce byla použita k rozplavování sedimentu pedologická síta s oky o velikosti 0,8–6 mm. Důvodem této úpravy metodiky oproti práci výše citovaných autorů (Koff et Vandel 2008) bylo zaměření diplomové práce na makrozbytky většího charakteru (velikost semen rdestu dlouholistého: délka 4–6 mm, šířka 3,4–4 mm). Ještě mokrá sediment byl z plastové nádoby přenesen na soustavu na sebe postavených sít od největší velikosti ok po nejmenší. Celkem bylo použito pět sít o velikosti ok 6 mm, 5 mm, 4 mm, 1 mm, 0,8 mm. Po rozplavení zůstaly na sítích organické makrozbytky, které byly uloženy do papírových sáčků a popsány podle velikosti síta a odběrového místa.

Sediment z druhého odběru byl nechán samovolně vyschnout, poté musel být sediment jemně rozmělněn, aby se oddělily malé organické částice od půdních zrn. Množství sedimentu se pohybovalo v rozmezí mezi 1100 a 1300 g. Poté byl sediment proset pomocí laboratorní prosévačky, na kterou byla nasazena soustava sedmi sít a zásobní misky. Síta byla seřazena podle velikosti, to s největšími oky nahoře, to s nejmenšími dole. Velikosti ok u sít byly 5 mm, 4 mm, 3 mm, 2 mm, 1 mm a 0,5 mm. Po prosátí sedimentu zůstaly na sítích částice anorganického a organického charakteru. Pro zjednodušení třídění materiálu byl všechn materiál z každého síta postupně přesypán na filtrační papír, kde proběhlo třídění pomocí

pinzety. Organické částice byly odebrány a uschovány v papírovém sáčku s popisem čísla a místa odběru a velikosti síta.

Sediment ze třetího odběru byl také nechán k samovolnému vyschnutí, po usušení byl uložen do látkových pytlů. Pro velké množství sedimentu bylo z každého vzorku odváženo 2000 g, které byly dále použity k prosívání. K tomu byla opět použita laboratorní prosévačka se soustavou pedologických sít. Byla použita síta se stejnými velikostmi ok jako u předchozího prosevu (0,5–5 mm). Sediment byl před prosevem jemně rozmělněn, aby nedošlo k poškození organických částic. Po prosátí zůstaly na sítích částice anorganického i organického charakteru. Pro zpřehlednění třídění materiálu byl prosátý sediment z každého síta postupně přesypán na filtrační papír, kde byl sediment roztříděn. Organické částice, především semena a plody rostlin, byly poté dány do papírových sáčků a popsány podle odběru a odběrných míst a podle velikosti sít.

#### 12.2.4. Určování semen

Koff et Vandiel (2008) použili pro určování semen jako referenci kolekci z Institutu Ekologie a manuály pro popis semen (Beijerinck 1947, Katz et al. 1977, Birks 1980) a další. Určována byla residua, která neprošla sítím.

V rámci této diplomové práce bylo k určení semen použito několik zdrojů. Hlavním zdrojem pro identifikaci semen byla publikace „Atlas of Seeds and Fruits of Central and East-European flora“ (Bojňanský Fargašová, 2007). V případě pochybností s determinací podle výše uvedené publikace či při nutnosti kontroly podle fotografie byly využity dva webové zdroje (Digital Seed Atlas of the Netherlands 2017, USDA Plants Database 2017). Prvním byla databáze rostlin služby ochrany přírodních zdrojů ministerstva zemědělství Spojených států (USDA Plants

Database 2017). Tato databáze obsahuje především fotografie rostlin severoamerické flory a velmi často i fotografie jejich plodů a semen. Dalším webovým zdrojem byl digitální atlas semen Nizozemska (Digital Seed Atlas of the Netherlands 2017). Tento webový zdroj vznikl v roce 2006 pod záštitou Groningenského archeologického institutu.

Pokud panovala nejasnost mezi semeny dvou blízce příbuzných druhů, byl taxon určen pouze na úrovni rodu nebo byl ještě posouzen podle soupisů taxonů cévnatých rostlin udávaných z průzkumů v PCHP (Doležal 2013, Prausová 2016). Při volbě mezi dvěma druhy bylo přikloněno k tomu taxonu, který se v rameni a jeho blízkém okolí vyskytuje (přítomný ve floristických seznamech), nebo k druhu, který je v naší flóře běžnější, a tudíž je jeho výskyt v sedimentu pravděpodobnější.

Vzhledem k velikosti semen a plodů (často nebylo možné jejich určení pouhým okem, protože jejich distinkční znaky nebyly bez zvětšení dobře znatelné) byla k určení používána stereomikroskop Arsenal SZP 1102-T ZOOM s vlastním světelným zdrojem a 10–45 násobným zvětšením. Počty nalezených a určených semen a plodů byly poté statisticky vyhodnoceny v programu Microsoft Excel a pomocí Sørensonova koeficientu podobnosti:  $S = 2a / (2a + b + c)$ , kde **a** je počet taxonů společných pro oba porovnávané vzorky (odběry, stanoviště, ...), **b** je počet taxonů prvního porovnávaného odběru, které jsou odlišné od druhého porovnávaného odběru, **c** je počet odlišných taxonů z druhého porovnávaného odběru (Haruštiaková et al. 2012).

### 12.3. Struktura sedimentu

Jak již bylo zmíněno v kapitole o PCHP, dochází zde od roku 2003, kdy bylo provedeno druhé dílčí odbahnění, k intenzivnímu zazemňování. Sediment

nahromaděný v již odbahňované části ramene odpovídá stáří necelých 14 let, zatímco v dosud neodbahňovaných částech je starší. Struktura sedimentu v PCHP byla zkoumána především na místech, kde částečné odbahnění před 14 lety proběhlo na podporu vodních makrofyt. Při odběru sondou byly půdní profily ze sondy přeneseny na rovnou plochu. Tam byl k půdnímu profilu přiložen metr, aby byla zaznamenána jeho délka. Každý půdní profil byl vyfotografován celkově a poté ještě po každých 15 cm. Větší zvětšení u fotografií bylo účelné pro odečítání mocnosti jednotlivých vrstev sedimentu. Pro rozlišení vrstev byly stanoveny tři typy sedimentu založené na zrnitosti sedimentu a na přítomnosti organických částic. Jednalo se o následující typy vrstev: 1. jílovitá, 2. písčitá a 3. bahnitá (odpovídá hlinitému půdnímu typu). V každém profilu byl zjištěn počet vrstev sedimentu, a jejich procentuální zastoupení. Na každém odběrovém místě se vypočítávalo procentuální zastoupení vrstev sedimentu celkem z pěti odebraných půdních profilů. Získané údaje byly použity pro zhodnocení stavu zazemňování ve v konkrétní části profilu slepého ramene.

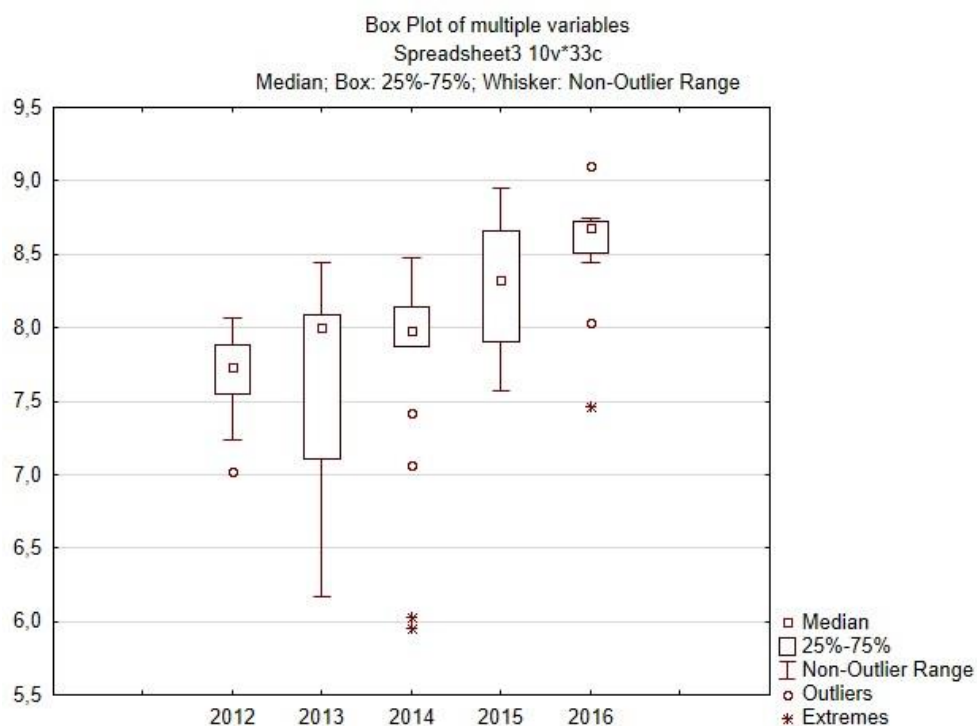
#### 12.4. Fotodokumentace

Jednotlivé metodické kroky byly dokumentovány fotoaparáty značky Sony a Canon. Pro fotodokumentaci nalezených plodů a semen byla použita fotostereolupa Nikon katedry biologie Přírodovědecké fakulty. Fotografování provedl RNDr. Pavel Pech, PhD. U větších plodů byl k fotodokumentaci využit fotoaparát Canon.

## 13. Výsledky

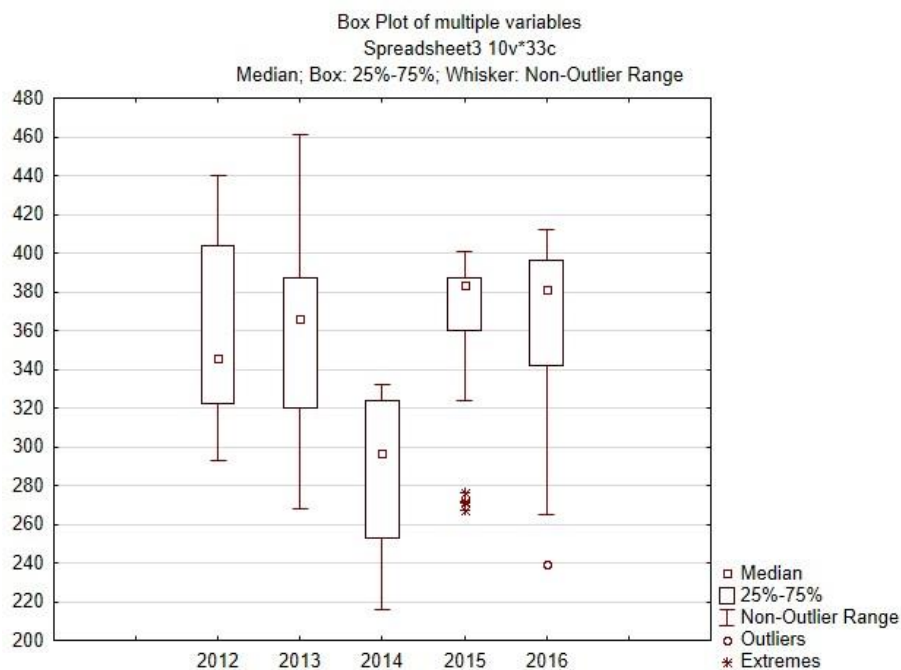
### 13.1. Monitoring stanovištních podmínek

Monitoring stanovištních podmínek probíhá na lokalitě PCHP od roku 2005. Během posledních 5 vegetačních sezón došlo k mírnému nárůstu pH (viz. obr. č. 3), což je zobrazeno na krabičkovém grafu, kde jsou znázorněny hodnoty pH v letech 2012–2016.



Obr. č. 3 – zobrazuje vývoj hodnot pH na lokalitě PCHP slepé rameno u Stříbrného rybníka na základě monitoringu stanovištních podmínek v letech 2012–2016.

Mírný nárůst, vykazuje i elektrická vodivost (viz obr. č. 4). Konduktivita určuje množství rozpuštěných iontů ve vodě a má tedy přímou souvislost s trofíí vody, tedy množstvím živin ve vodě rozpuštěných. Ty se do vody mohou uvolňovat rozkladem organických zbytků, které se do ramene dostávají jednak splachem z okolí, jednak z horní části ramene, do které jsou vypouštěny odpady ze zahrádkářské kolonie a jednak z opadu břehových porostů, který je jedním z největších zdrojů živin a přispívá ke zvyšování trofie.

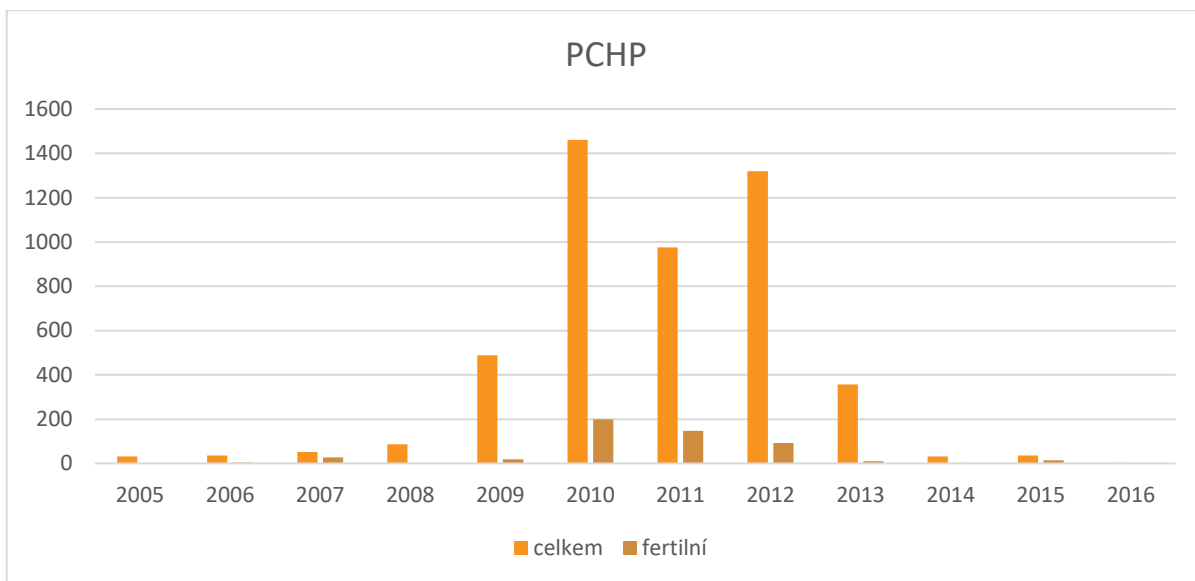


Obr. č. 4 – ukazuje vývoj hodnot vodivosti na lokalitě PCHP slepé rameno u Stříbrného rybníka na základě monitoringu stanovištních podmínek v letech 2012–2016.

## 13.2. Vývoj populací na říčních lokalitách

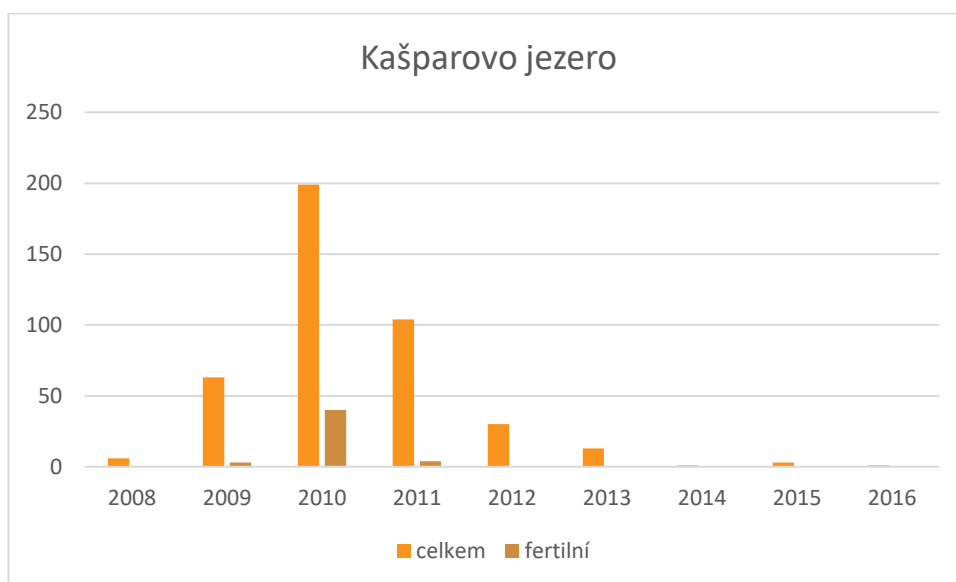
### 13.2.1. Královéhradecko

Jak ukazuje graf výše (obr. č. 5), od doby po odbahnění měla populace vzestupnou tendenci, avšak v posledních pěti letech se četnost populace drasticky zmenšila a v dnešní době zde přežívá pouze několik jedinců. Největší početnost populace byla zaznamenána v roce 2010 (1461 lodyh), v roce 2011 pak populace zaznamenala mírný úbytek, v roce 2012 byla četnost lodyh na lokalitě 1319 kusů, od tohoto roku však populace zaznamenala drastický úbytek až do loňského roku (2016), kdy na lokalitě byla zaznamenána pouze jediná lodyha.



Obr. č. 5 ukazuje vývoj populace na lokalitě PCHP slepé rameno u Stříbrného rybníka na základě monitoringů v letech 2005–2016.

Úbytek je přisuzován jednak zhoršujícím se konkurenčním podmínkám (zarůstání ramene stulíkem – *Nuphar lutea*), dalším důvodem byl požer býložravými rybami a polodivokými kachnami (Prausová et al. 2017). Jedním z důvodů může být i změna stanovištních poměrů.



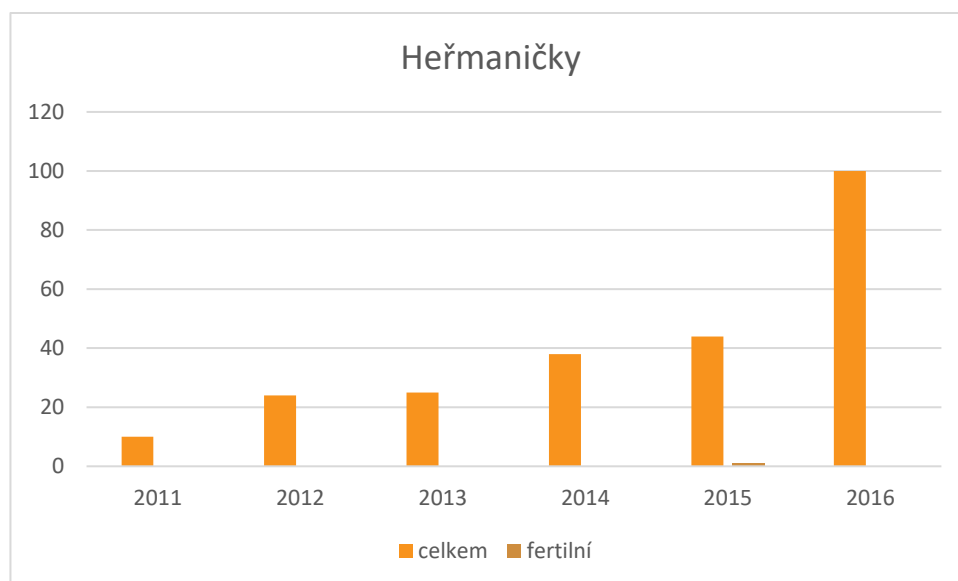
Obr. č. 6 ukazuje vývoj populace na lokalitě Kašparovo jezero na základě monitoringů v letech 2008–2016.



Výsadba na lokalitě Kašparovo jezero proběhla v roce 2008. Jednalo se o pokus o reintrodukci rdestu dlouholistého v oblastech jeho historického výskytu. Zde byla reintrodukce úspěšná a během dvou let se populace rdestu rozrostla. V posledních pěti letech však zaznamenala četnost populace výrazný úbytek. Vývoj populace od roku její výsadby je zobrazen na obrázku č. 4. Důvody úbytku populace se většinou shodují se situací v PCHP slepé rameno u Stříbrného rybníka.

### 13.2.2. Českolipsko

Poslední říční lokalitou s populací rdestu dlouholistého je slepé rameno Ploučnice u mostu v obci Heřmaničky. Nejedná se o populaci přirozenou, nýbrž o reintrodukovanou. Na řece Ploučnici byl rdest dlouholistý historicky doložen a tato lokalita se ukázala pro rdest dlouholistý jako vhodná (obr. č. 7). Výsadba zde byla provedena v roce 2011 a poté byla každoročně prováděna posilující výsadba. V posledních pěti letech se velikost populace zvětšila (populace zde dosáhla četnosti 100 lodyh) a má prozatím vzestupný charakter.



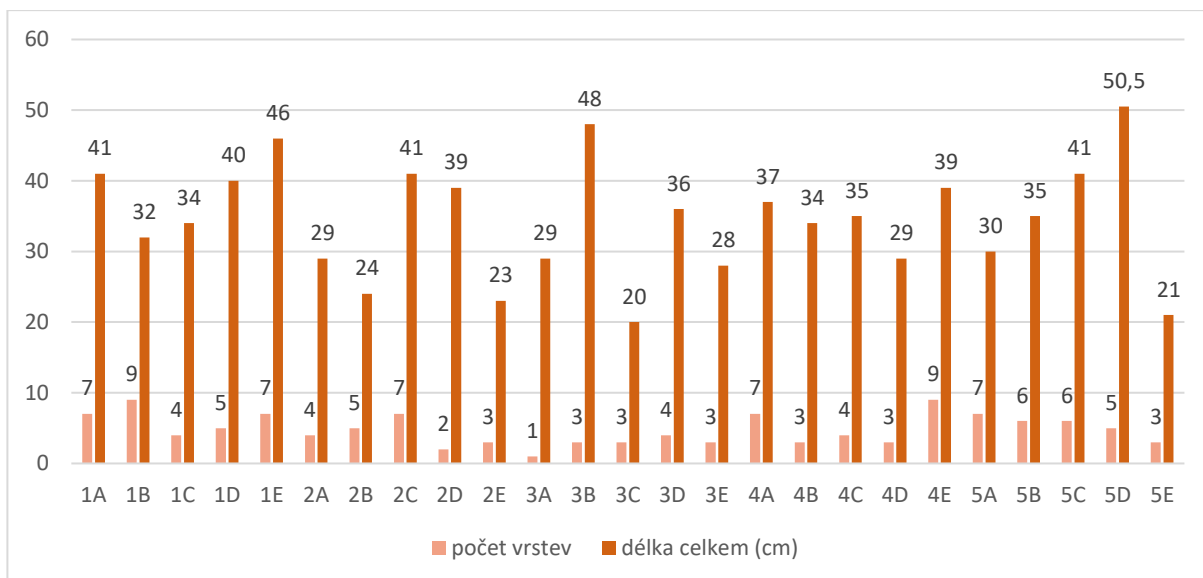
Obr. č. 7 ukazuje vývoj populace na lokalitě slepého ramena u obce Heřmaničky na Českolipsku v letech 2011–2016.

### 13.2.3. Kokořínsko

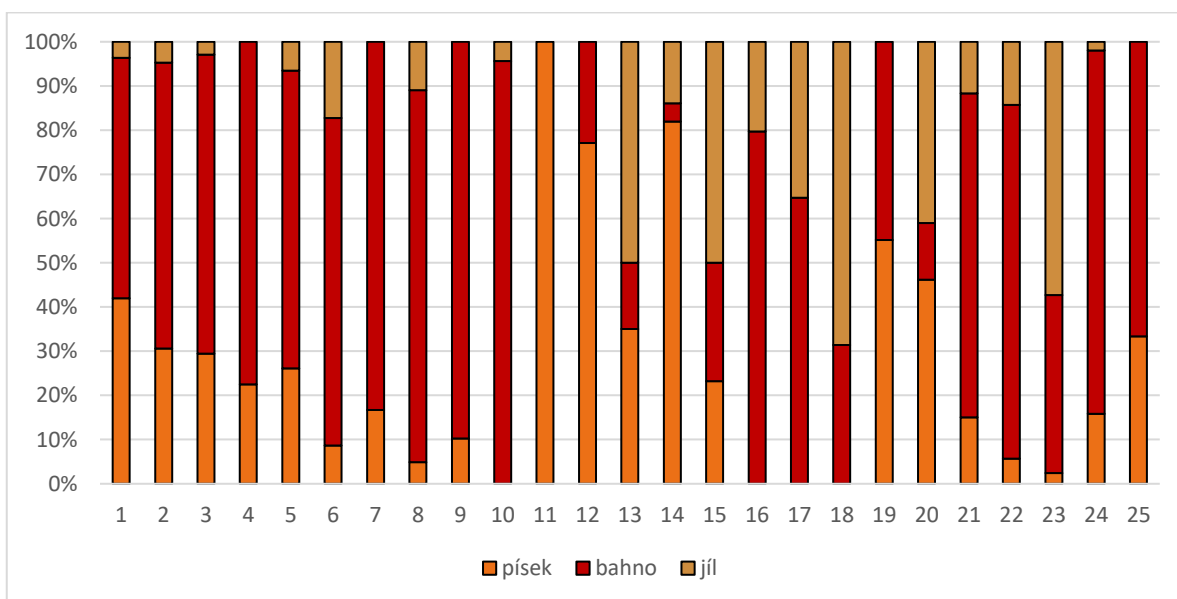
Populace v tůních, které slouží především jako záložní kultury, mají poměrně krátkou životnost. Největší nárůst populace v tůních zaznamenávají v prvních 3–5 letech. Pak se četnost populace postupně snižuje a tůň začíná degradovat, zarůstat rákosinou (*Phragmites australis*, *Typha latifolia*, *Typha angustifolia*) a vodním mechem (károvka – *Calliergonella* sp.). Jak vodní mech, tak druhy rákosin jsou konkurenčně silné rostliny, které během krátké doby populace rdestu i dalších vodních makrofyt vytlačí.

### 13.3. Struktura sedimentu

Struktura sedimentu představuje střídání jednotlivých vrstev a jejich mocnost. U 25 půdních profilů odebraných v druhém odběru bylo zjištěno průměrně 5 vrstev sedimentu (přesně 4,8, ale pro tento účel bylo nutné průměr zaokrouhlit na celé číslo) a průměrná délka půdních profilů byla 34,46 cm (obr. č. 8). V případě této práce jsem se setkala především s písky, jíly a humusem (bahno s velkým množstvím organické příměsi). Nejvíce stratifikované byly půdní profily označené 1B a 4E (z prvního a čtvrtého odběrového místa), měly 9 vrstev. Nejméně vrstev bylo celkem v 7 půdních profilech, v nichž byly pouze 3 vrstvy. Nejdelší půdní profil 5D měřil 50,5 cm, nejkratší profily 3C a 5E, byly dlouhé 20 cm.



Obr. č. 8 ukazuje délky jednotlivých půdních profilů a počet vrstev sedimentu v jednotlivých profilech z druhého odběru sedimentu.



Obr. č. 9, ukazuje procentuální zastoupení jednotlivých vrstev sedimentu v každém půdním profilu z druhého odběru.

Sloupce 1–5 (obr. č. 9) ukazují zastoupení jednotlivých vrstev v půdních profilech z prvního odběrového místa (půdní profily jinak označené jako 1A-1E), které se nacházelo u pravého břehu slepého ramene asi 10 m od zaústění do Orlice, s

výskytem populace rdestu dlouholistého. Z grafu vyplývá, že zde převládá bahnitá vrstva, tj. materiál s jemnou zrnitostí (zhruba odpovídá hlinitému typu půdy) a velkým podílem organické složky, která barví vrstvu do tmavě hnědo-černa. Podíl organického bahna tu představoval od 54,4 % do 77,5 %. Písečné vrstvy, tj. ty se středně hrubou zrnitostí a malým obsahem organické složky zde představovaly od 22,5 % do 42 %, jíl zde byl zastoupen minimálně, tj. 0 % až 6,5 %.

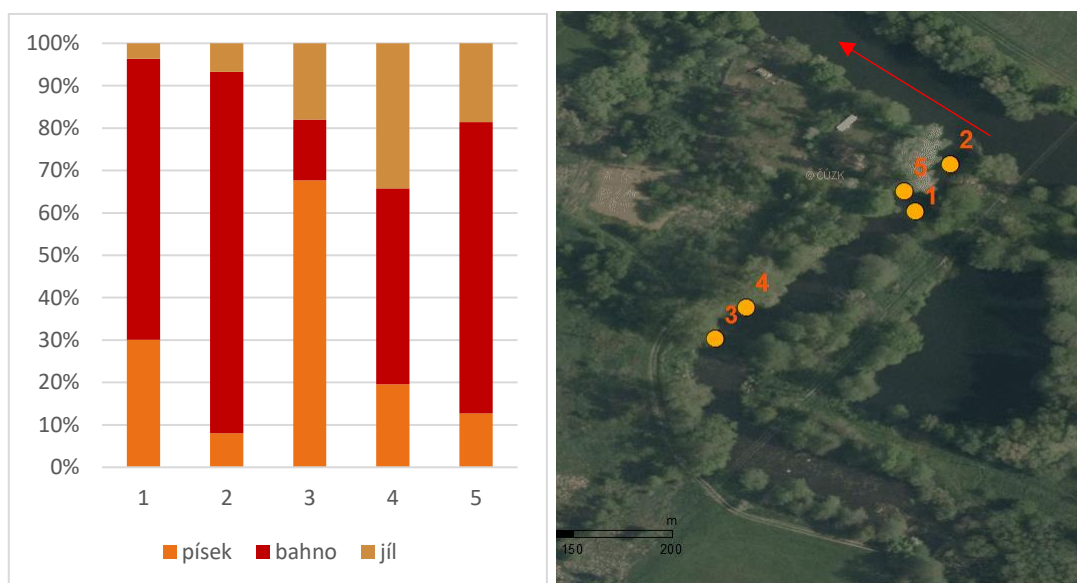
Sloupce 6–10 (obr. č. 9) ukazují poměry jednotlivých typů sedimentu v půdních profilech z druhého odběrového místa (půdní profily jsou jinak označeny 2A - 2E), které se nacházelo u pravého břehu slepého ramene v oblasti u zaústění do řeky Orlice s výskytem populace rdestu dlouholistého. Z grafu vyplývá, že i na tomto odběrovém místě v půdních profilech jednoznačně převládal bahnitý sediment. Jeho zastoupení v profilech se pohybuje od 74,1 % do 95,7 % a tvoří tedy jejich většinou složku. Písečná složka v půdních profilech druhého odběrového místa byla zastoupena od 0 % do 16,7 %, což je méně než v na prvním odběrovém místě. Jíl se v profilech nacházel v množství od 0 % do 17,2 %.

Sloupce 11–15 (obr. č. 9) ukazují procentuální zastoupení složek sedimentu na třetím odběrovém místě (půdní profily jinak označené 3A - 3E). To se nacházelo v u levého břehu slepého ramene, na konci jeho ohybu, kde se v minulosti nacházela populace rdestu dlouholistého. Procentuální zastoupení bahnitého sedimentu se zde pohybovalo v rozmezí 0 % až 26,8 %. Písek zde byl zastoupen v rozmezí 23,21 % až 100 %. Jíl se zde nacházel v množství od 0 % do 50 %.

Sloupce 16–20 (obr. č. 9) ukazují procentuální zastoupení jednotlivých složek sedimentu v místě třetího odběru (půdní profily jinak označené jako 4A - 4E), které se nacházelo u levého břehu ramene, zhruba 70 m od zaústění, asi 20 m od konce jeho ohybu. Písek se zde ve vrstvách vyskytoval v rozmezí 0 % - 55,2 %. Další

složkou v půdních profilech bylo bahno, které se zde vyskytovalo v rozmezí od 12,95 % do 79,7 %. Jíl se v těchto profilech vyskytoval v procentuálním zastoupení od 0 % do 68,6 %.

Sloupce 21–25 (obr. č. 9) ukazují procentuální zastoupení jednotlivých složek sedimentu na pátém odběrovém místě (půdní profily jinak značené jako 5A - 5E), které se nacházelo při levém břehu ramene, zhruba 15 metrů od zaústění do řeky Orlice. V těchto sondách byl nejvíce zastoupen bahnitý typ sedimentu. Jeho množství zde dosahovalo od 40,2 % do 82,2 % z celkového objemu půdních profilů. Ostatní složky se zde vyskytovaly ve výrazně nižší míře. Písek zde byl zastoupen od 2,5 % do 33,3 %, ale čtyři z pěti profilů měly procentuální zastoupení písku do 16 %. Procentuální zastoupení jílovité složky se pohybovalo v rozmezí od 0 % do 57,3 %, přičemž u čtyř z pěti profilů dosahoval podíl jílovité složky maximálně 15 %.



Obr. č. 10 (vlevo) Procentuální zastoupení složek sedimentu z druhého odběru,

Obr. č. 11 (vpravo) Lokalizace odběrových míst druhého odběru.

Graf výše vlevo (obr. č. 10) ukazuje srovnání procentuálního zastoupení jednotlivých půdních složek na odběrových místech z druhého odběru (každý

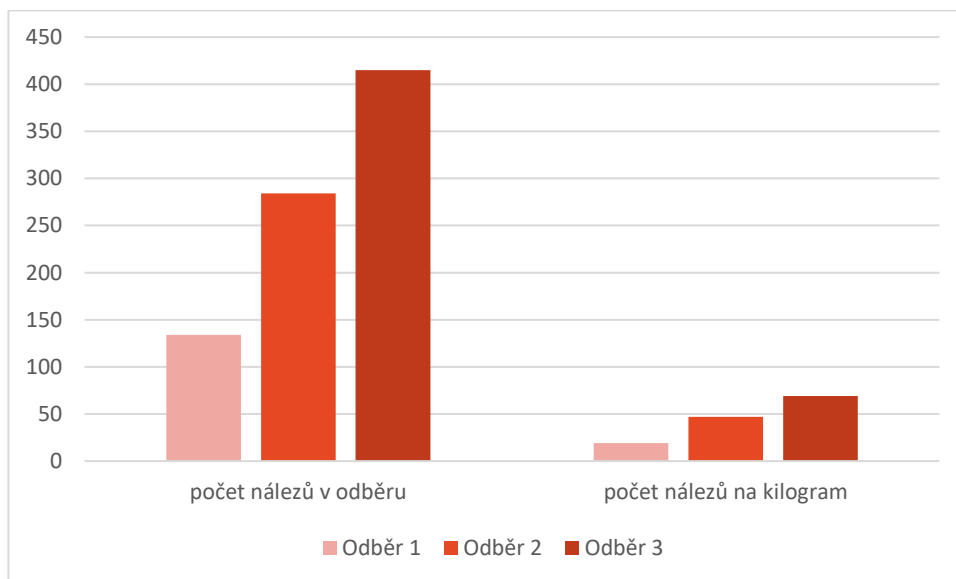
sloupec odpovídá souhrnu pěti půdních profilů z daného odběrového místa). Obrázek vpravo (obr. č. 11) pak zobrazuje jednotlivá odběrová místa druhého odběru ve slepém rameni.

Z grafu (obr. č. 10) vyplývá že nejmenší poměr písku v půdních sondách byl na druhém odběrovém místě, tudíž u pravého břehu před zaústěním do Orlice. Druhým místem s nejmenším množstvím písku bylo páté odběrové místo, tj. při levém břehu přibližně 15 m od zaústění. Naopak nejvíce písku se nacházelo na třetím odběrovém místě, tj. při levém břehu u konce ohybu ramene. Od ohybu k zaústění se snižovalo poměrné množství písku, a naopak se zvyšovalo množství bahna. Z grafu vyplývá, že větší množství jílu bylo obsaženo v profilech odebraných na levé straně slepého ramene (odběrová místa 3, 4 a 5). Nejvíce bahnitého sedimentu bylo na odběrových místech 2 a 5, což jsou odběrová místa nejbližší k zaústění do řeky Orlice. Celkově bylo nejvíce bahnitého sedimentu na druhém odběrovém místě, kde jeho procentuální zastoupení v příslušných půdních profilech činilo 85,3 %. Procentuální zastoupení bahnitého sedimentu na pátém odběrovém místě je srovnatelné s prvním odběrovým místem (1. 66,3 %, 5. 68,7 %). Z toho vyplývá, že bahno se nejvíce hromadí u pravého břehu směrem k zaústění do Orlice, oproti tomu na třetím odběrovém místě se usazoval nejvíce písčité sediment. Třetí odběrové místo je nejvzdálenější od zaústění do řeky Orlice. Z odběrů tedy vyplývá že částice s větší zrnitostí (písek) se usazují v rameni dříve než částice jemnější, které se usazují až u zaústění do řeky.

#### 13.4. Přítomnost semen v sedimentu

Na lokalitě PCHP byly provedeny celkem 3 odběry sedimentu pomocí dvou různých metodik. První dva odběry byly provedeny půdní sondou zapůjčenou povodím Labe (první odběr byl proveden pracovníkem povodí, při odběrech

vzorků na chemické analýzy 10.10.2014). Rozdílem v těchto odběrech bylo to, které vrstvy byly dále použity pro analýzu makrozbytků.



Obr. č. 12 - znázorňuje celkový počet semen a plodů v každém odběru (vlevo) a počet semen a plodů vztažených na jednotku hmotnosti – kilogram (vpravo)

U prvního odběru byl použit celý půdní profil, u druhého odběru bylo pak použito pouze vrchních 10-15 cm z půdního profilu, na každém odběrovém místě tedy bylo odebráno 5 půdních profilů a celkem bylo získáno průměrně 1200 g sedimentu (hmotnost za sucha). U prvního odběru se jednalo přibližně o 1100–1200 g sedimentu. Při porovnání těchto dvou odběrů bylo zjištěno, že druhý odběr byl na počet nálezů bohatší, a to jak celkově, tak při vztažení na jednotku hmotnosti (kg) U prvního odběru bylo nalezeno celkem 134 semen a plodů, což činí 19 nálezů na 1 kg sedimentu, u druhého odběru bylo nalezeno celkem 284 semen a plodů, což činí 47 nálezů na 1 kg sedimentu. To je více než 2,4násobné množství nálezů.

Třetí odběr byl prováděn jinou metodikou, která spočívala v odběru sedimentu pomocí tahového odběrného zařízení, do připojeného vaku byla odebírána svrchní vrstva (cca 15 cm) sedimentu. Tento odběr proběhl na třech odběrových místech, lokalizovaných v místech, kde se nacházely populace rdestu dlouholistého.

Porovná-li se druhý a třetí odběr, u nichž byla pro analýzu využita pouze svrchní část sedimentu, pak z výsledků vyplývá, že u třetího odběru bylo celkem nalezeno 415 semen (z každého odběrového místa bylo pro analýzu využito 2000 g usušeného sedimentu, je tedy pravděpodobné, že by při roztržení veškerého sedimentu bylo nalezeno semen více), to odpovídá množství 69 nálezů na 1 kg, což je 1,5krát více než ve druhém odběru.

Při porovnání prvního a třetího odběru bylo zjištěno, že množství nálezů na kilogram ve třetím odběru je 3,6 x větší než množství nálezů na kilogram v odběru prvním.

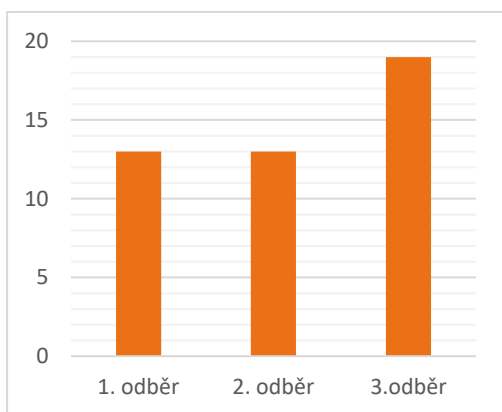


Obr. č. 13 - půdní použítá při prvním a druhém odběru (vlevo)

Obr. č. 14 - tahové odběrové zařízení použité při třetím odběru (uprostřed)

Obr. č. 15 - odběr prováděný odběrným tahovým zařízením (vpravo)



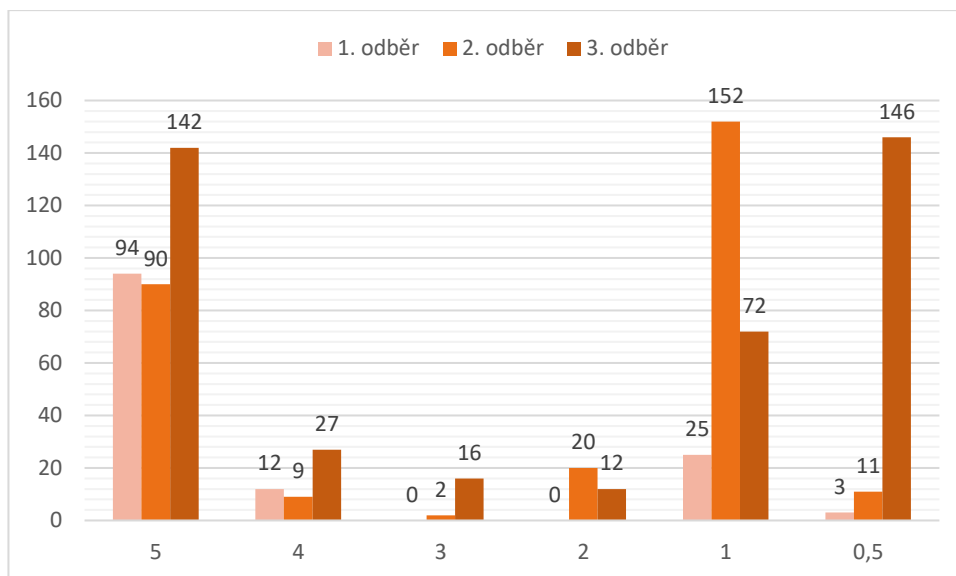


Obr. č. 16 - počet druhů semen rostlin nalezený v jednotlivých odběrech,

č. odběru	1	2	3
1		38,46 %	56,25 %
2	38,46 %		43,75 %
3	56,25 %	43,75 %	

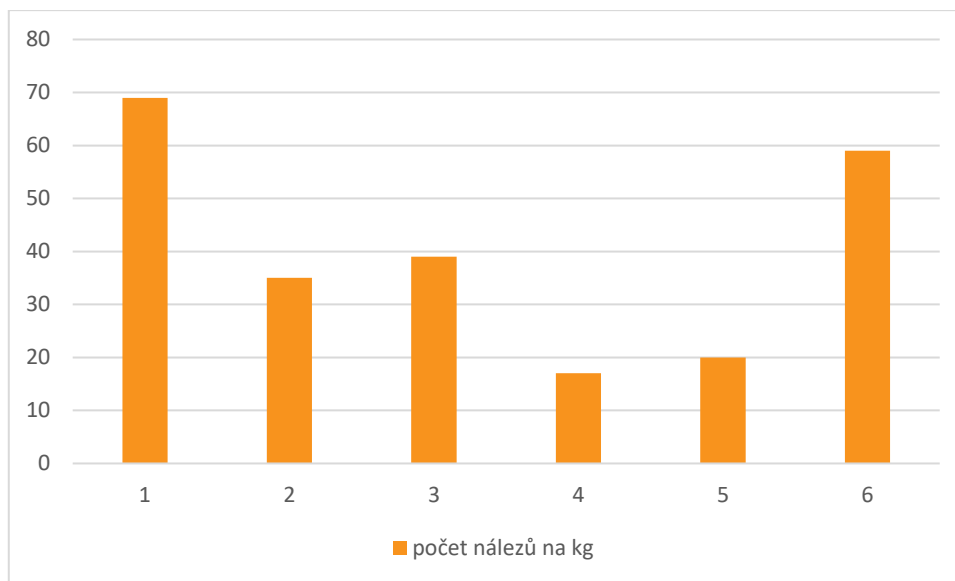
Tab. č. 1 - tabulka s výsledky výpočtu Sørensenova indexu podobnosti.

Celkem bylo ve všech odběrech nalezeno 28 druhů semen a plodů rostlin, z toho v prvním odběru bylo rozpoznáno 13 druhů, stejné množství druhů bylo rozpoznáno i v odběru druhém. Nejvíce druhů bylo nalezeno nalezeno ve třetím odběru - 19 (obr. č. 17). Jednotlivé odběry byly v tomto aspektu porovnány pomocí Sørensenova indexu podobnosti, jehož výsledky jsou zobrazeny v tabulce zobrazené výše v textu (obr. č. 18), ty ukazují vysokou podobnost mezi prvním a třetím odběrem 56,25 %, tento výsledek je způsoben shodou většiny nalezených druhů a velkým rozdílem v počtu nalezených druhů, počet druhů nalezených ve třetím odběru je podle grafu (obr. č. 17) o šest větší, což odpovídá necelé třetině. S Nejmenší podobnost mezi sebou pak vykazují odběry 1 a 2 - 38,45 %. Podobnost mezi odběrem 2 a 3 vychází na 43,75 %. Mezi prvním a druhým odběrem bylo společných 5 druhů semen, mezi prvním a třetím odběrem bylo společných 9 druhů semen a mezi 2 a třetím odběrem bylo společných 7 druhů semen.



Obr. č. 17 - graf znázorňující počet nálezů jednotlivých odběrů v závislosti na velikosti ok sít (velikosti ok sít jsou uváděny v [mm]).

Při zpracování sedimentu byla použita soustava pedologických sít, u prvního odběru byla použita síta s velikostí ok 6, 5, 4, 1 a 0,8 mm, protože by se nálezy zachycené v síti s velikostí ok 6 mm zachytily i v síti s velikostí ok 5 mm, byl počet nálezů z těchto dvou sít sečten, nálezy ze síta s velikostí ok 0,8 mm byly z podobného důvodu přeřazeny k nálezům na sítu s velikostí ok 0,5 mm. Z grafu pak vyplývá (obr. č. 19), že největší množství semen a plodů se zachytilo na sítích s nejmenšími velikostmi ok (1 mm a 0,5 mm). Jednalo se především o semena olše lepkavé, *Carex sp.*, *Chenopodium sp.*, dalšími sítí s nejčetnějšími nálezmi byla ta, s největší velikostí ok (5 mm), jednalo se především o šištice *Alnus glutinosa*, *Acer campestre*, *Quercus rubra* a *Prunus avium*. Na středních sítích se našlo nejméně semen a plodů, jednalo se především o semena *Ranunculus repens*, *Bistorta officinalis*, či *Robinia sp.*



Obr. č. 18 - graf znázorňující počet nálezů na 1 kg suchého sedimentu, vztážený na odběrová místa, potažmo na jejich GPS souřadnice.

Pro odběry, byly u druhého a třetího odběru vybírána taková místa, na nichž se vyskytují, či v minulosti vyskytovaly mikropopulace rdestu dlouholistého. U prvního odběru byla zahrnuta i místa, kdy se rdest v minulosti nevyskytoval (odběr probíhal v rámci odběrů na chemické analýzy vody a sedimentu 10. 10. 2014). Pro zlepšení vyhodnocení bylo provedeno seskupení odběrových míst, která se nacházela blízko sebe. Pod skupinou 1 (obr. č. 19) jsou seskupeny odběrové místo 1 z prvního odběru, 1 a 2 z druhého odběru a 1 ze třetího odběru, výsledná hodnota je přepočítaný počet nálezů na jednotku hmotnosti [kg] odběry v této skupině spadají do oblasti před zaústěním ramene do řeky. Pod skupinou 2 jsou odběrová místa 2 a 3 z prvního odběru, 3 a 4 z druhého odběru a 2 ze třetího odběru, odběrová místa z této skupiny se nachází v ohybu ramene, na jeho levém břehu. Skupina 3 skrývá odběrné místo 5 z druhého odběru a odběrné místo 3 ze třetího odběru, které se nachází cca 20-25 m od zaústění při levém břehu. Ostatní skupiny odpovídají odběrným místům z prvního odběru 4 skupina = 4 odběrové místo, 5 skupina = 5 odběrové místo, 6 skupina = 6 odběrové místo. Lokalizace jednotlivých odběrových míst je zobrazena na ortofotu na obrázku č. 20 (níže). Největší hustota nálezů byla podle grafu na odběrové skupině č. 1, tj. u zaústění ramene do řeky, kde

probíhá poměrně vysoká sedimentace organického materiálu (viz graf na obrázku č. 9). Druhou největší hustotu nálezů na 1 kg sedimentu vykazala skupina 6, tj. sediment ze šestého odběrového místa prvního odběru ten byl situován v zadní části ramene u výpustě Stříbrného rybníka, v okolí této části ramene je bohatý břehový porost a též porost stromový a hromadí se zde velké množství organického sedimentu z opadu (fotografie všech půdních profilů jsou v příloze).

Hromadění semen u skupiny 1 je nejspíš způsobeno tím, že zde dochází k většímu usazování sedimentu, při vstupu do ramene je zde několik desítek centimetrů zvodnatělého bahna, oproti tomu u levého břehu u zaústění je sedimentu méně. V ohybu ramene je velké množství písčitého sedimentu, takže se podklad zdá celkově pevnější a semena, která jsou lehčí než písek, jsou odnášena ramenem dále k zaústění. V ohybu ramene byla hustota nálezů semen a plodů poměrně malá, pouhých 35 nálezů na 1 kg sedimentu. Úplně nejmenší hustota nálezů v sedimentu byla pozorována u skupiny 4 (17 nálezů/1 kg) a poté u skupiny 5 (20 nálezů / 1 kg).

1. Odběr/ odb. místo	Počet semen		2. Odběr/ odb. místo	Počet semen		3. Odběr/ odb. místo	Počet semen
1	6		1	75		1	159
2	19		2	137		2	161
3	6		3	28		3	95
4	19		4	14			
5	22		5	30			
6	65						

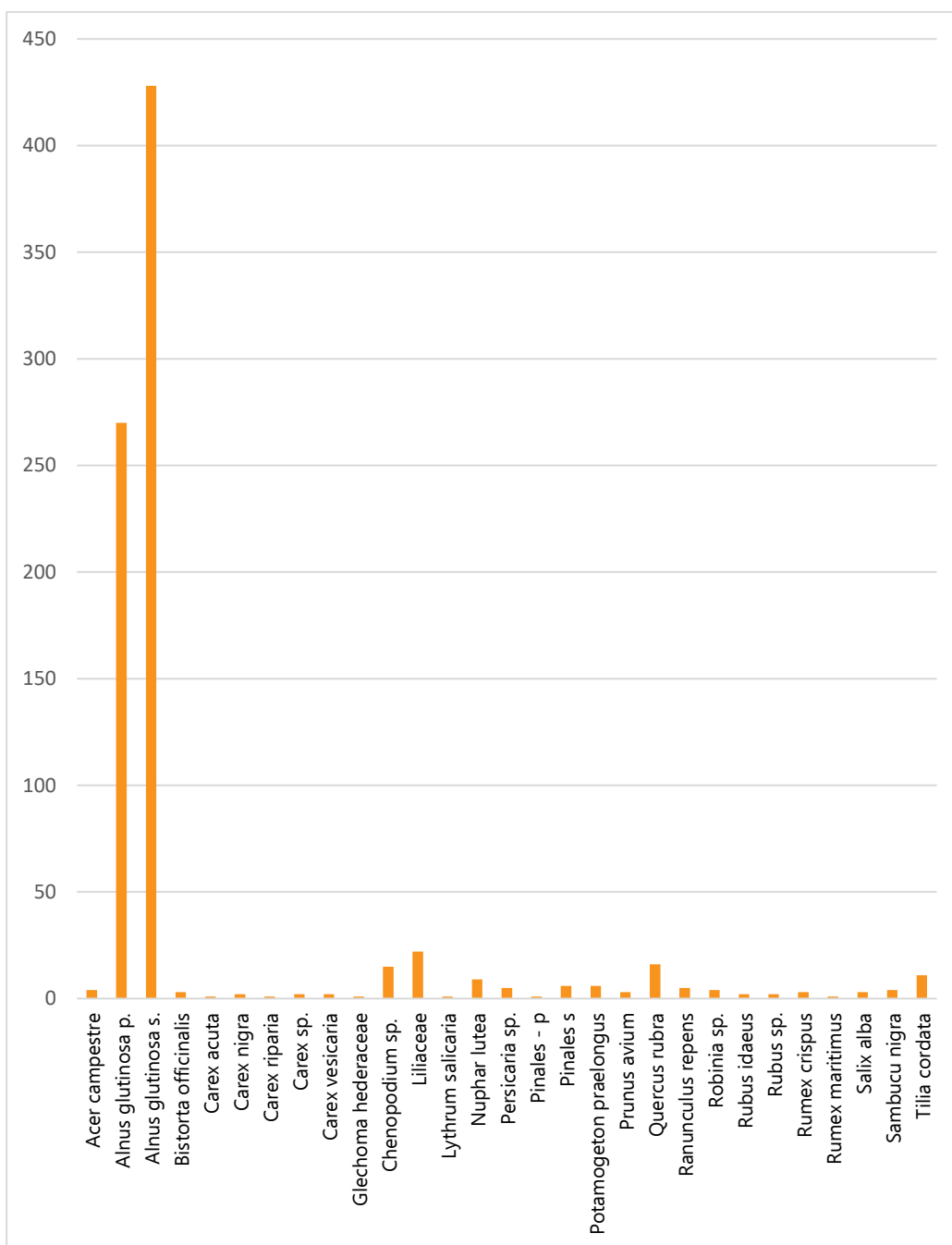
Tab. č. 2 - počet nálezů na jednotlivých odběrových místech jednotlivých odběrů

Tabulka č. 2 zobrazuje počet nálezů na jednotlivých odběrných místech v jednotlivých odběrech. Z tabulky vyplývá, že nejméně semen bylo u druhého a třetího odběru u levého břehu asi 25 m od zaústění. Nejvíce jich pak bylo u zaústění u pravého břehu ramene.



Obr. č. 19 - zobrazuje odběrová místa seskupená podle polohy v rameni (podle jejich GPS souřadnic)

### 13.4.1. Nálezky v sedimentu



Obr. č. 20 - zobrazuje všechny druhy (případně rody, nebo čeledě) semen a plodů, které byly v sedimentu nalezeny a určeny, a jejich četnost.

Graf výše (obr. č. 20) ukazuje nalezené druhy rostlin a semen včetně jejich četnosti. Celkem bylo v sedimentech nalezeno 28 taxonů (druhy, případě rody nebo čeledi) semen a plodů rostlin. Absolutní většinu zaujímaly šištice (označené jako *Alnus*

*glutinosa p.*) a semena (označené jako *Alnus glutinosa s.*) olše lepkavé, které tvořili necelých 85 % nálezů, jinak se v sedimentech nacházely časté druhy, které se na lokalitě běžně vyskytují. Důležitým objevem byla přítomnost nažek rdestu dlouholistého (*Potamogeton praelongus*) jehož četnost zde nebyla velká, pouhých 6 kusů ve všech odběrech. Z vodních rostlin zde pak byla ještě nalezena semena stulíku žlutého (*Nuphar lutea*), který je na lokalitě velmi hojný a velkou část lokality hustě zarůstá. Ostatní nálezy odpovídají rostlinám, které se běžně nacházejí v břehových porostech. Kromě rostlinných makrozbytků, zde byly nalezeny i živočišné schránky (schránka chrostíka, ulity, lastury), nebo části živočišných těl (obratle). Na lokalitě poměrně hojný výskyt velevrubů a škeblí, ty byly při odběrech ze sedimentu vyjmuty a vráceny do vody.

V příloze jsou uvedeny tabulky s jednotlivými seznamy druhů (rodů, čeledí) semen a plodů ve všech odběrech a odběrových místech. Na obrázcích níže (obr. č. 21), jsou semena rdestu dlouholistého (*Potamogeton praelongus* Wulfen) nalezené v jednotlivých odběrech v porovnání s odebranými nažkami, které byly sebrány RNDr. Romanou Prausovou, Ph.D. Nažky z prvních dvou odběrů (20-A a 20-E) jsou již zbaveny pevného oplodí. U třetího odběru jsou semena ještě s oplodím a viditelným hřbetním kýlem i zobánkem (20 B, C, D).



Obr. č. 21 - nažky *Potamogeton praelongus* - A) odběr 1, odběrové místo 1; E) odběr 2, odběrové místo 1; B) odběr 3, odběrové místo 2; C) a D) odběr 3, odběrové místo 1, F) nažky odebrané přímo z klasů rostlin

## 14. Diskuze

### 14.1. Monitoring stanovištních podmínek

Během let 2012 až 2016 došlo na lokalitě PCHP Rameno u Stříbrného rybníka k mírnému nárůstu pH a elektrické vodivosti. Nárůst pH může znamenat nárůst obsahu vápníku a hořčíku. Nárůstu obsahu iontů vápníku a hořčíku by napovídalo i zvýšení hodnot elektrické vodivosti. Tyto změny v abiotických podmínkách, mají kromě jiného za následek rozrůstání konkurenčně silných druhů (například *Nuphar Lutea*), které postupně konkurenčně slabší druhy (mezi nimi kromě *Potamogeton praelongus* i *P. alpinus*) vytlačují. Nárůst živin ve vodě je notnou měrou způsobován zazemňováním ramene, jak vyplývá z půdních profilů odebraných z ramene, je jeho mocnost více než 50 cm. Dochází i ke zvýšení množství planktonu, který způsobuje vyšší zákal vody, jak píše, který rdestu



dlouholistému neprospívá (Prausová et al. 2017). Pozitivní korelaci mezi pH, obsahem vápníku a hořčíku a elektrickou vodivostí potvrdila Poláková (2016).

#### 14.2. Vývoj populací na Královéhradecku

Populace v PCHP Rameno u Stříbrného rybníka i v Kašparově jezeře vykazují během posledních let velký početní úbytek. Ten je způsoben jednak abiotickými podmínkami (viz. předchozí odstavec), tak faktory biotickými. Na lokalitách byl pozorován okus býložravými rybami a polodivokými kachnami (Prausová 2017 et al.). Populace v PCHP vykázala výrazné zlepšení po dvou částečných odbahněních a posilujících výsadbách. Lze tedy předpokládat, že se po realizaci plánovaného odbahnění (plánováno na rok 2018) na lokalitě PCHP v Malšově Lhotě zlepší podmínky a za pomoci posilujících výsadeb selepší i stav populace. Odbahnění a další opatření (sedimentační nádrž na Stříbrném potoce, vybudovaná Lesy ČR, s. p. v roce 2013, přehrážka ve střední části ramene u zaústění Stříbrného potoka, která je součástí projektu odbahnění) by měla zajistit komplexní řešení problémů, které stávající lokalita má (Prausová et al. 2017, Řádek L., ústní sdělení na závěrečném semináři k projektu MGS II-15 „Realizace záchranného programu pro rdest dlouholistý (*Potamogeton praelongus* Wulfen)“). Pro záchranu populace v PCHP Rameno u Stříbrného rybníka je odbahnění nutné. Pro přežití populace je nutné zlepšit abiotické podmínky v rameni, snížit množství živin, čímž by se mělo snížit i množství planktonu a tím i zákal. Po odbahnění lze řešit i další opatření, jako jsou zábrany proti okusu ptáky. V Kašparově jezeře k tak intenzivnímu zazemňování nedochází, lze tedy předpokládat, že by zlepšení stavu napomohla posilující výsadba, která by čítala několik desítek lodyh a dále případná opatření proti okusu vodním ptactvem.

#### 14.3. Vývoj populace na Českolipsku a Kokořínsku

V Heřmaničkách se populace jeví podle grafu vývoje (obr. č. 7) jako stabilní. S každoročním rozrůstáním populace lze tedy předpokládat pozitivní vývoj i v dalších letech při ponechání samovolnému vývoji, nebo s posilujícími výsadbami.

Populace v tůních na Kokořínsku se zakládaly jako dočasné řešení, zejména ro vypěstování záložních kultur vhodných pro posilující výsadby. Jako opatření k udržování tůní docházelo k odstraňování rákosových porostů. I tak docházelo u tůní k rychlé degradaci a zanášení (Prausová et al. 2017). Tyto tůně mají význam, protože poskytly ideální podmínky pro studium druhu v přírodě blízkých podmínkách. V tůních docházelo ke generativnímu rozmnožování druhu, staly se tak zdrojem nažek pro testy klíčivosti, růstové pokusy a dopěstování pro výsadby.

#### 14.4. Struktura sedimentu z hlediska mocnosti

Profil ramene prošel během posledních 15 let poměrně velkými změnami, odbahnění v roce 2002 a 2003 odstranila část sedimentu a rameno se tím prohloubilo, ale v následujících 15 letech pak docházelo k opětovnému zanášení ramene a během té doby se na dně ramene usadilo i více než 50 cm nového sedimentu. To potvrdily sondy při odebírání půdních vzorků z jednotlivých profilů. Nejdelší odebraný půdní profil měřil 50,5 cm. Půdní profily byly ale odebírány spíše u břehů ramene, takže lze předpokládat, že v hlubších částech ramene (vprostřed) bude nosnost sedimentu ještě větší.

#### 14.5. Struktura sedimentu z hlediska pozice v rameni

Sledují-li se změny ve struktuře sedimentu směrem od zaústění ramene, je znatelné, že profily blíže k zaústění obsahují především bahnitý a jílovitý sediment, případně příměs drobnějšího písku. V ohybu ramene jsou profily z větší části tvořené pískem, případně s příměsí jílu či bahna. Zajímavé jsou i profily odebrané

pracovníky povodí Labe v na podzim 2014 ze zadní, poměrně hodně zazemněné části ramene. Vzhledem k bohatému porostu stulíků v této části ramene a bohatému břehovému porostu by se dalo předpokládat, že sediment bude tvořen především bahnitým a jílovitým substrátem. Ty sice tvoří poměrně velkou část profilu, ale je zde i mocná vrstva písku. Vzhledem k přítomnosti výpusti ze Stříbrného rybníka zde muselo dojít k vyplavení písku z rybníka a ten se poté nahromadil na dně této části ramene. Ve spodní části ramene jsou zajímavé příměsi písku v předních částech ramene u zaústění, a naopak příměsi bahna a jílu v písčítých profilech v ohybu ramene. Lze proto předpokládat cyklické změny v sedimentaci během roku. Na jaře, kdy odtává sníh a bývá vyšší stav vody, se zvětšuje i rychlost jejího proudění, což zvyšuje unášecí schopnost vody a písčítý sediment, který by se jindy usadil v ohybu ramene je odnesen až k jeho zaústění. Naopak v létě, kdy dochází ke snižování výšky vodní hladiny a zmírňuje se i proudění vody, dochází ke zmenšení unášecí schopnosti vody. Bahno nebo dokonce i jíl (má nižší zrnitost nežli bahno, bývá unášen dále), sedimentují již v ohybu ramene, nikoli u zaústění. Kromě cyklických změn v sedimentaci mohou hrát roli i necyklické změny, jako jsou například přívalové deště následované bleskovými povodněmi, tam se kromě zvýšení unášecí schopnosti sedimentu uplatňuje ještě eroze půdy a její splach do řeky (respektive ramene).

#### 14.6. Přítomnost semen v sedimentu

Na lokalitě PCHP Slepé rameno u Stříbrného rybníka se dle Prausové (2016) nachází 279 taxonů cévnatých rostlin ve vodním prostředí a břehových porostech. V sedimentu byla nalezena semena a plody 27 taxonů rostlin, což odpovídá cca 10 % taxonů nacházejících se na lokalitě. V porovnání s Koffem a Vandelem (2008), kteří dělali výzkum v jezerech v Estonsku je to zhruba 1/5. V Estonsku, našli diaspory zhruba 50 % taxonů na lokalitě přítomných druhů vodních rostlin. To způsobilo hned několik faktorů. První je, že Koff a Vandel porovnávali nálezy

v sedimentu pouze s vodními makrofyty a makrofyty v litorálu, dalším faktorem je charakter zkoumané lokality. Zatímco v Estonsku se jednalo o jezera, tak lokalita v Malšově Lhotě je odstavené rameno řeky, Ačkoli i v jezerech může probíhat jistá cirkulace vody (je-li jezero průtočné), většina semen a plodů, se dříve či později v jezeře usadí na dno. Oproti tomu semena a plody v řece podléhají unášecí schopnosti vody, a tak dochází k jejich odnosu do řeky a pak dále po proudu. Dalším faktorem je zaměření této práce a metoda prosévání sedimentu. Práce byla zaměřená především na přítomnost nažek rdestu dlouholistého v sedimentu, ty mají dle Bojňanského a Fargašové (2007) délku 4–6 mm a šířku 3,2–4 mm. Běžně se pro analýzu makrozbytků používá na rozplavení sedimentu používá síto o velikosti ok 0,25 mm (Koff et Vandel 2008, Mäemets et al. 2010, Levi et al. 2014), aby byla nalezena i malá semena rostlin jako mají například Lamiaceae, Utricularia (Bojňanský et Fargašová 2007). To ale nebylo hlavním účelem této práce, a tudíž mnoho malých semen nebylo zachyceno v sítích. Prosíván byl sediment usušený, to znamená, že v něm byly slepené kousky sedimentu, ve kterých se nějaká semena mohla ukrýt. Nebyly to natolik velké částice, aby v nich mohly být ukryty nažky rdestu dlouholistého. Nalezení diaspor menšího počtu taxonů tedy není překvapující. Jinak se v sedimentu nacházela semena a plody taxonů rostlin, které se vyskytují v rameni a jeho břehovém porostu. Pro případné další analýzy bude vhodné zdokonalit metodu separace semen ze sedimentu a zaměřit se i na menší semena a plody rostlin, aby se docílilo komplexnějších výsledků.

#### 14.7. Vliv lokalizace odběrného místa na množství nalezených semen a plodů.

Pro odběry byla vybírána místa, kde byla pravděpodobnost nálezů nažek rdestu dlouholistého. Nacházela se tedy v místech, kde se roste nebo v minulosti rostl rdest dlouholistý. Našla se semena a plody i jiných druhů a četnost těchto nálezů se lišila v závislosti na lokalizaci odběrů. Největší množství semen bylo nalezeno u

zaústění ramene do Orlice u pravého břehu ramene. Toto rameno Orlice je levobřežní a při pohledu z ramene proudí voda v řece zprava doleva. Předpokládá se tedy, že proudění v řece ovlivňuje procesy v nejbližší části ramene. Říční proud částečně zabíhá do ramene právě na pravé straně ramene a výrazně tam zpomaluje až zastavuje proudění vody v rameni. Tento jev je možné pozorovat po dešťových srážkách, kdy se zakalená voda z řeky Orlice mísí s vodou v rameni. Při zaústění ramene do Orlice dochází ke zvýšené sedimentaci jak anorganických, tak organických částic. Na levém břehu proudění bržděno není, a tudíž tam dochází k většímu odnášení semen a plodů rostlin. Podle tabulky (tab. č. 2) a grafů (obr. č. 18) bylo na levém břehu podstatně méně nálezů než na tom pravém, což tuto úvahu podporuje.

#### 14.8. Vliv odběrových metod na četnost nálezů nažek rdestu dlouholistého a dalších semen a plodů rostlin

Ačkoli byly odběry provedeny dvěma různými zařízeními, ve výsledku byly pro odběry použity tři metody. Podle výsledků byla nejméně úspěšná metoda první, kde odběry probíhaly půdní sondou a pro analýzu byly použity celé půdní profily. Je to logické, protože v sedimentu probíhají hnilobné procesy, a tak se mnoho semen ve spodních vrstvách rozloží a nelze je identifikovat. Druhá metoda byla úspěšnější. Odběr byly také provedeny pomocí půdní sondy, ale z profilů byla použita pouze jejich svrchní desetimetrová vrstva. Nejúspěšnější metodou na množství nalezených diaspor byla poslední z nich, kdy odběry byly provedeny tahovým odběrným zařízením. Předpoklad úspěšnosti této metody spočívá v tom, že se ve vaku, který je součástí zařízení, zachytil i nejsvrchnější zvodnatělý sediment, který se při odběrech půdní sondou rozvířil, a do půdní sondy se z většiny nedostal. Pro zjištění přítomnosti diaspor v sedimentu je tedy nejvhodnější použití metody, kde se odebere pouze svrchní vrstva sedimentu, kde semena ještě nepodlehla rozkladným a hnilobným procesům a zároveň se v něm zachytí i vrchní

zvodnatělá vrstva sedimentu. To, že semena v hlubších vrstvách podléhají rozkladným procesům, dokazují i nažky rdestu. Ty nalezené v prvním a druhém odběru již ztratily oplodí, to napovídá tomu, že v sedimentu byly déle, tudíž se musely nacházet v hlubších vrstvách sedimentu (cca 10 cm). U třetího odběru bylo u nažek oplodí zachováno včetně kýlů a zobánku, to napovídá tomu, že nažky byly v sedimentu kratší dobu pocházely z vrchní vrstvy sedimentu.

#### 14.9. Vliv struktury sedimentu na množství nalezených semen

Vzhledem k tomu, že pro analýzu byla používána svrchní vrstva sedimentu, jeho celková struktura na množství nálezů nemá vliv. Vliv má lokalizace odběru, a to vzhledem k vodním makrofytům, břehovému porostu. Tomu napovídá i to, že semena rdestu byla nalezena v sedimentu na místech, kde se nachází nebo nacházely jejich mikropopulace na lokalitě.

#### 14.10. Jak ovlivní odbahnění možnost obnovy rdestu dlouholistého na lokalitě

Odbahnění by mělo proběhnout v roce 2018. Odstraněn bude sediment tak, aby po odbahnění jeho mocnost byla kolem 10 cm (L. Řádek – ústní sdělení 28. 4. 2017). Otázkou je, zda tento způsob odstranění sedimentu nemůže ohrozit obnovu populace rdestu ze semen přítomných v sedimentu. V době, kdy byla populace nejsilnější, čítala její populace cca 1400 lodyh a cca 15 % z nich bylo fertilní (Prausová 2010). Z toho vyplývá, že se do sedimentu mohly dostat nažky. Ve třetím odběru sedimentu v místě, kde se největší mikropopulace nacházela byly nalezeny ve 2 kg suchého sedimentu 2 nažky. Tyto 2 kg byly odebrány na ploše cca 100 cm<sup>2</sup> = 0,01 m<sup>2</sup>. Dá se tedy předpokládat, že 50 lodyh zaujímalo plochu cca 1 m<sup>2</sup>, na vrcholu tedy mohla populace rdestu porůstat cca 28 m<sup>2</sup>. Pokud byly v prostoru

0,01m<sup>2</sup> 2 nažky, na celé ploše by se mohlo nacházet cca 2800 nažek, z nichž některé mohly být pozřeny, některé odneseny proudem. Klíčivost nažek je ovšem nejvyšší 1 rok starých nažek, a to je cca 20 % (Prausová et al. 2014), Tyto nažky by pocházely z roku 2010 a velká populace se na lokalitě nacházela i v letech 2011 a 2012 (Prausová 2012), Tyto nažky jsou 5 a více let staré a u nich klíčivost ještě dále klesá. I když rostlinky vyklíčí, jsou poměrně zranitelné V kontrolních testech klíčivosti bylo procento klíčivosti kolem 2 %. Kdyby tedy vyklíčily 2 % z cca 2800 nažek na lokalitě, bylo by to cca 60 semenáčků, a ne všechny by přežily, pokud by tedy byla populace po odbahnění zanechána samovolnému vývoji, znamenalo by to s velkou pravděpodobností její zánik. Pokud tedy bereme v úvahu všechny okolnosti, zdá se vhodnějším řešením radikálnější odbahnění, které zlepší podmínky pro růst rdestu dlouholistého, a jeho následná dovýsadba ze záchranných kultur.

## 15. Závěr

Tato práce byla zaměřená na vodní rostlinu rdest dlouholistý (*Potamogeton praelongus* Wulfen) a jeho situaci na své poslední přirozené lokalitě v České republice v Malšově Lhotě v Hradci Králové. Výsledky monitoringu ukázaly vážnou situaci, populace na Lokalitě byla během posledních let vystavena mnoha negativním vlivům. Některé působí na lokalitě dlouhodobě (eutrofizace, požer vodním ptactvem a býložravými rybami, zákal vody, rozrůstání konkurenčně silných druhů), některé vlivy byly jednorázové, nebo se opakovaly periodicky (nechtěné ulomení lodyhy, odnos při vyšších stavech vody, poničení horkem). Výsledkem, všech těchto vlivů je přežívání pouze několika málo jedinců druhu a hrozba vymizení druhu z této lokality.

Zdá se proto, že odbahnění a revitalizace ramene je jedinou možností, jak odstranit zdroje eutrofizace a nadměrného zatížení vodního prostředí. Obnova rostliny ze semenné banky není příliš pravděpodobná, a proto se přikláním k radikálnější formě odbahnění bez vytyčení bezzásahových ploch v místech růstu populace. Pro obnovu druhu na lokalitě doporučuji využít dopěstované rostliny ze záchranných a záložních kultur.

Pro zachování populace na Kašparově jezeře bude nutné provést posilující dovýsadbu a případně zajistit zábranu proti okusu rostlin. Pozitivní vývoj je pozorován na lokalitě Rameno u Heřmaniček, populace zde vykazuje stabilní nárůst, způsobený jednak vhodnými podmínkami pro rostliny, malou konkurencí, přiměřeným zástínem a posilujícími výsadbami. Monitoring všech tří lokalit bude probíhat s největší pravděpodobností i v budoucnu.

Tůň na CHKO Kokořínsko se ukazuje jako cenný zdroj genetického materiálu, vhodného na testy klíčivosti, růstové pokusy a dopěstování rostlin pro výsadby, je tedy vhodné, aby byla tato stanoviště i nadále zachována a obnovována, pro zamezení jejich degradace. Případně lze vytvářet další podobná stanoviště. Monitoring těchto lokalit bude s největší pravděpodobností probíhat i v dalších letech.

Pro budoucí analýzy přítomnosti diaspor v sedimentu na PCHP, ale i na dalších podobných lokalitách, bude vhodné zdokonalit metodu separování semen a plodů rostlin, tak aby nedocházelo k jejich ukrytí ve ztvrdlém sedimentu. Bude také vhodné se zaměřit i na menší semena a plody rostlin, aby bylo dosaženo komplexnějších výsledků analýz a většího množství nalezených taxonů.



Zkoumání struktury sedimentu na lokalitě ukázalo poměrně rychlé zazemňování lokality, čemuž díky opatřením jednak již provedeným, jednak plánovaným, bude možné dočasně zabránit, resp. zazemňování výrazně zpomalit.

Tato práce přinesla alespoň částečné povědomí o přítomnosti diaspor v sedimentu na PCHP a o celkovém vývoji lokality. Ačkoli je populace rdestu dlouholistého nyní na lokalitě na ústupu, lze dosáhnout vhodnými zásahy po odbahnění její obnovy (samovolné obnovení druhu je nepravděpodobné) a možné navrácení ke stavu, kdy bude čítat přes několik set jedinců.

## 16. Literatura

1. AAU *Herbarium Database* – Aarhus – Aarhus University, Denmark 2017: URL: [http://www.aubot.dk/search\\_form.php](http://www.aubot.dk/search_form.php)
2. ARTPORTALEN. *The Swedish Species Observation System - Artportalen*, Uppsala – The Swedish Species Information Centre of Swedish University of Agricultural Sciences, Sweeden 2017: URL: <https://www.artportalen.se/search/map/taxon/219597>, (cit. 2017-06-06).
3. ARTSKART. *Species Map Service*, Oslo – Global Biodiversity Information Facility, Norway 2017: URL: <http://artskart.artsdatabanken.no/FaneKart.aspx>
4. BEIJERINCK W. *Zadenatlas der nederlandsche flora ten behoeve van de botanie, palaeontology, bodemcultuur en warenkennis*. Veenman and Zonen, Wageningen 1947: 316 pp.
5. BENNICKE O. et ANDERSON J. N. *Potamogeton praelongus in West Greenland*. Nord. J. Bot. Copenhagen 1998, 18: p. 499–501.
6. BHANDARI S., KHUM N. PAUDAYAL et MOMOHARA A. *Climate change on the basis of plant macrofossil assemblages from the Late Quaternary sediment from the Mulpani section of the Gokarna Formation, Kathmandu Valley, Nepal*. In *Journal of Stratigraphic Association of Nepal* 2011, vol. 7: p. 47–58.
7. BÍNA J. et DEMEK J. *Z nižin do hor: geomorfologické jednotky České republiky*. Academia, Praha 2012: 344 pp. ISBN 978-80-200-2026-0.

8. BIRKS H. H. *Plant macrofossils in Quaternary lake sediments*. In *Archiv für Hydrobiologie* 1980, 15: p. 1–60.
9. BIRKS H. H. *Plant macrofossils*. In SMOL P. J., LAST M. L. et BIRKS B. J. H. *Tracking Environmental Change Using Lake Sediments*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht 2001 vol. (3): p. 49–74.
10. BOJŇANSKÝ V. et FARGAŠOVÁ A. *Atlas of seeds and fruits of Central and East-European flora: the Carpathian Mountains Region*. Springer, Dordrecht 2007: 1046 pp.
11. BORSUKIEWICZ L. *The distribution, ecology and phytosociology of rare Potamogeton species in central part of western Ukraine*. In: DYGUŚ, K. (red.). *Natural human environment – Dangers, protection, education*. Oficyna Wydawnicza WSEiZ w Warszawie, Warszawa 2012: p. 123–134.
12. BSBI. *BSBI distribution maps*, BSBI Bristol - Botanical Society of Britain & Ireland, Great Britain 2017: URL: <http://bsbi.org/maps>
13. CAIN L. M., MILLIGAN G. B. et STRAND E. A. *Long-distance seed dispersal in plant populations*. In *American Journal of Botany*. Botanical Society of America 2000, 87(9): p. 1217–1227.
14. CARLSSON R. *Ecology and Lifecycle of Myxas glutinosa (Müller) in Lakes on the Åland Islands, Southwestern Finland*. In *Journal of Conchology*. Conchological Society of Great Britain and Ireland, Bedfordshire 2000 vol. 37, no 2: p. 1–13.

15. CASPER S. et KRAUSCH H. D. *Süßwasserflora von Mitteleuropa*. Bd. 24: Pteridophyta und Anthophyta, VEB G. Fisher, Jena 1981.
16. COHEN A. *Paleolimnological research at Lake Turkana, Kenya*. In *Palaeoecology of Africa and the surrounding islands* 1981, 22: p. 61–82.
17. DAVID G. R. *Invertebrate and Aquatic Plant Studies of Two Mesotrophic Lakes in South Dakota*. In *Annual technical Report FY 2004*. South Dakota Water Research Insitute, Brookings 2004: p. 15–31.
18. DAVIDSON A. T., CLARKA C. G., RAWCLIFFE R., ROSE N., ROE K., SAYER C., TURNER S. et HATTON-ELLIS W. T. *Defining lake restoration targets at Llyn Cadarn - a palaeolimnological approach*. CCW Contract Science Report No. 871, Bangor 2009: 36 pp.
19. DAVIDSON A. T., SAYER D. C., BENNION H., DAVID C., ROSE N. et WADE P. M. *A 250 year comparison of historical, macrofossil and pollen records of aquatic plants in shallow lake*. In *Freshwater Biology* 2005, 50: p. 1671–1686.
20. DIGITAL SEED ATLAS OF THE NETHERLANDS - The Groningen Institute of Archaeology, Groningen, Netherlands 2006: URL: <http://dzn.eldoc.ub.rug.nl/index.php?page=search>
21. DOLEŽAL J. *Botanické posouzení Přechodně chráněnné plochy Rameno u Stříbrného rybníky. Podklad pro navrhovaný projekt „ID 1 – Orlice, Malšova Lhota, te vitalizace.“* Hradec Králové 2013: 27 pp.

22. EVANS R. *Lake Classification Report for Patrick Lake, Adams County*. Adams County Land & Water Conservation Institute, Friendship 2008: 79 pp.
23. FIGUEROLA J., CHARALAMBIDOU I., SANTAMARIA L. et GREEN J. *Internal dispersal of seed by waterflow: effect of seed size on gut passage time and germination patterns*. In *American Journal of Botany* 2005, 92(4): p. 696–699.
24. GAŁKA M. et SZNEL M. *Late Glacial and Early Holocene development of lakes in northeastern Poland in view of plant macrofossil analyses*. In *Quaternary International* 2013, 292: p. 124–135.
25. HANNON E.G. et GAILLARD M. *The plant-macrofossil record of past level changes*. In *Journal of Paelolimnology* 18: p. 15–28.
26. HARUŠTIAKOVÁ D., JARKOVSKÝ J., LITTNEROVÁ S. et DUŠEK L. *Vícerozměrné statistické metody v biologii*. Akademické nakladatelství CERM, Brno, 2012: 111 pp. ISBN 978-80-7204-791-8.
27. HEGGEN P. M., BIRKS H. H. et ANDERSON J. N. *Long-term ecosystem dynamics of a small lake and its catchment in west Greenland*. In *The Holocene* 2010, 20(8): p. 1207–1222.
28. HIGHAM T. *Radiocarbon web-info*, Hamilton - University of Waikato, New Zeland 1999: URL: <http://www.c14dating.com>, (cit. 19. 6. 2017).
29. HUSÁK Š. & KAPLAN Z. *Studium a záchrana vybraných ohrožených druhu rodu Potamogeton. I. Potamogeton praelongus (Rameno u Stríbrného rybníka)*. Studie pro AOPK ČR. BÚ Třebon a Průhonice 1997: 22 s.

30. ILEC. *World Lake Database* – International Lake Environment Committee 2017: URL: <http://wldb.ilec.or.jp/Home> (cti. 9.6.2017)
31. IUCN. *Red List of Threatened Species* – IUCN, Cambridge - International Union for Conservation of Nature and Natural Resources, Great Britain 2017: URL: <http://www.iucnredlist.org> (cit. 9.6.2017)
32. JENTZSCH, M. und REICHHOFF, L. *Handbuch der FFH-Gebiete Sachsen-Anhalts*. Hrsg. Landesamt für Umweltschutz Sachsen-Anhalt (Státní úřad pro ochranu životního prostředí Sasko-Anhaltsko). Halle (Saale) - Německo 2013: 616 pp. ISBN 9783000427114
33. KAPLAN Z. *Potamogeton L. - rdest.* In: CHRTEK J. (jun.), KAPLAN Z., ŠTĚPÁNKOVÁ J. (eds), *Květena České republiky 8. Vyd. 1.* Academia, Praha 2010a: p. 330–378.
34. KATZ N. J., KATZ V. S. et SKOBEEVA E. I. *Atlas of Plant Remains in Peat*. Nedra, Moscow 1977: 372 pp.
35. KOFF T. et VANDEL E. *Spatial distribution of macrofossil assemblages in surface sediments of two small lakes in Estonia*. In *Estonian Journal of Ecology* 2008, 57 (1): p. 5–20.
36. LANSDOWN, R.V. *Potamogeton praelongus*. The IUCN Red List of Threatened Species 2014: e.T167906A42402297. URL: <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2014-1.RLTS.T167906A42402297.en> (cit. 9.6.2017)

37. LEAN J. M. *One Island Lake 2011 – 2013 - BC Lake Stewardship and Monitoring Program*, Vancouver 2014: 26 pp.
38. LEVI E. E., ÇAKIROĞLU I. A., BUCAK T., ODGAARD V. B., DAVIDSON A. T., JEPPESEN E. et BEKLİOĞLU M. *Similarity between contemporary vegetation and plant remains in the surface sediment in Mediterranean lakes*. In *Freshwater Biology* 2014, 59: p. 724–736.
39. MADGWICK G. *Long term changes in aquatic plant communities in English lowland lakes*. Stirling, 2009: 189 pp. Ph.D. thesis.
40. MADGWICK G., EMSON D., SAYER D. C., WILLBY J. N., NEIL L. R., JACKSON J. M. et KELLY A. *Centennial-scale changes to the aquatic vegetation structure of a shallow eutrophic lake and implications for restoration*. In *Freshwater Biology* 2011, 56: p. 2620–2636.
41. MÄEMETS H., PALMIK K., HALDNA M., SUDNITSYNA D. et MELNIK M. *Eutrophication and macrophyte species richness in the large shallow North-European Lake Peipsi*. In *Aquatic Botany* 2010, 92: p. 273–280.
42. MARTIN S. D., SHINE J. A. et DUNCAN A. *The Profundal Founa of Loch Ness and Loch Morar*. In *The Scottish Naturalist* 1993, 105: p. 113–136.
43. MATTHEWS V. J., SCHWEGER E. CH. Et JANSSENS A. J. *The Last (Koy-Yukon) Interglaciation in the Northern Yukon: Evidence from Unit 4 at Ch'ijee's Bluff, Bluefish Basin*. In *Géographie physique et Quaternaire* 1990, 44 (3): p. 341–362.

44. MITCHELL A. S. *Potamogeton Praelongus Wulfen - Herbal item*. Herbarium of University of Sorona 2003: Dostupné online: <http://herbanwmex.net/portal/> (cit. 9.6.2017)
45. MIYABE K., KUDO Y. *Materials for a Flora of Hokkaido XI*. In *Transactions of the Sapporo Natural History Society*, Sapporo 1924, 9(1): 61-69
46. MYHRE K. *Potamogeton Praelongus Wulfen – Herbal item*. Herbarium of University of Sorona 2003: Dostupné online: <http://herbanwmex.net/portal/>
47. NATIONAL PARK SERVICE. *Landscape lines 7: Pollen, Phytolith, and Macroflora Analyses*. U.S. Department of the Interior 1998: 11 pp.
48. *Naturwissenschaften* 2010, 97: p. 555-565. URL: <http://link.springer.com/10.1007/s00114-010-0671-1> (cit. 9.6.2017)
49. NAT. Nordic Adventure Travel, Reykjavik - BIRGIR S., Island 2016: URL: <https://www.nat.is/default.htm> (cit. 9.6.2017)
50. OSWALD W. W., ANDERSON M. P., BROWN A. T., BRUBAKER B. L., HU S. F., LOZHKIN V. A., TINNER W. et KALTENRIEDER P. *Effect of sample mass and macrofossil type on radiocarbon dating of arctic and boreal lake sediments*. In *The Holocene* 2005, 15(5): p. 758–767.
51. PALMER M. *Plants of British standing waters: A conservation fact file*. Joint Nature Conservation Committee 2008: 60 pp.



52. PARSONS, J. *Aquatic Plant Technical Assistance Program, 1999 Activity Report*. Washington State Department of Ecology, Olympia, Washington 2000 Publication No. 00-03-018.
53. POLÁKOVÁ S. *Analýza dat ze záchranného programu pro rdest dlouholistý*. Beleco, Praha 2016: 33 pp.
54. POTŮČKOVÁ A. *Historie vegetace zaniklého jezera Šúr od pozdní doby ledové po dnešek*. Živa 2015, 2: s. 66–68.
55. PRAUSOVÁ R. *Máme v České republice místo pro rdest dlouholistý?* Živa 2016, 1: p. 18–22.
56. PRAUSOVÁ R. *Sukcesní změny na lokalitě Rameno u Stříbrného rybníka v Malšově Lhotě u Hradce Králové a jejich vliv na rdest dlouholistý (*Potamogeton praelongus*) a současnou druhovou diverzitu lokality*. Vč. Sb. Přír. Práce a studie 2016, 23: p. 57–85.
57. PRAUSOVÁ R. *Záchranný program pro rdest dlouholistý (*Potamogeton praelongus* Wulfen) – Zpráva za rok 2012*. Agentura ochrany přírody a krajiny, Praha 2012: 34 pp.
58. PRAUSOVÁ R. et ČEPELOVÁ B. *Záchranný program pro rdest dlouholistý (*Potamogeton praelongus* Wulfen) v České republice*. AOPK ČR, Praha 2016: 73 pp.
59. PRAUSOVÁ R. et TOMÁŠOVÁ Z. *Záchranný program pro rdest dlouholistý (*Potamogeton praelongus* Wulfen) – Zpráva za rok 2013*. Agentura ochrany přírody a krajiny, Praha 2013: 28 pp.

60. PRAUSOVÁ R. et TOMÁŠOVÁ Z. *Záchranný program pro rdest dlouholistý (Potamogeton praelongus Wulfen) – Zpráva za rok 2014*. Agentura ochrany přírody a krajiny, Praha 2014: 40 pp.
61. PRAUSOVÁ R., JANOVÁ J. et ŠAFÁŘOVÁ L. *Testing achene germination of Potamogeton praelongus Wulfen*. Central European Journal of Biology 2013, 8 (1): p. 78–86.
62. PRAUSOVÁ R., SIKOROVÁ P. et ŠAFÁŘOVÁ L. *Generative reproduction of long stalked pondweed (Potamogeton praelongus Wulfen) in the laboratory*. In *Aquat. Bot.* 2014, 120: p. 268–274.
63. PRAUSOVÁ R., ADAMEC, L., KITNER, M., PÁSEK, K. et DVOŘÁK V. *Záchrana rdestu dlouholistého (Potamogeton praelongus) v České republice*. Příroda, Praha 2014, 32: p. 17–37.
64. QUITT E. *Klimatické oblasti Československa*. Geografický ústav ČSAV, Brno 197. Kartografický dokument.
65. QUITT E. *Klimatické oblasti Československa: Climatic regions of Czechoslovakia*. Geografický ústav ČSAV, Brno 1971: 73 pp.
66. RYDLO J. *Potamogeton praelongus Wulfen* In KUBÁT K. (red.) *Floristický kurs ČSBS v Děčíně 1984*. Severočes. Přír., Suppl. 1686a, 1: p. 70–73.
67. RYDLO J. *Rdest dlouhý*. In *Nika* 1986b, 7: p. 16–17.

68. SAYER D. C., BURGESS A., KARI K., DAVIDSON A. T., PEGLAR S., YANG H. et ROSE N. *Long-term dynamics of submerged macrophytes and algae in small and shallow, eutrophic lake: implications for the stability of macrophyte-dominance*. In *Freshwater Biology* 2010, 55: p. 565–583.
69. SLAVÍK B. *Regionálně fytogeografické členění*. In *Květena ČSR I*. Academia, Praha 1988: mapová příloha.
70. SUŠKO U. *Macrophyte flora and vegetation of Lake Riču*. In *Acta Biologica Universitatis Daugavpiliensis* 2010, Supplement 2: p. 79–96.
71. ŠUMBEROVÁ, K. *Vegetace vodních rostlin zakořeněných ve dně (Potametea)*. In CHYTRÝ M., ŠUMBEROVÁ K., HÁJKOVÁ P., HÁJEK M., HROUDOVÁ Z., NAVRÁTILOVÁ J. et al. editors. *Vegetace České republiky 3 – Vodní a mokřadní vegetace*. Academia Praha 2011: p. 100–247.
72. TOMÁŠEK M. *Atlas půd České republiky*. Český geologický ústav, Praha 1. vydání 1995: 36 pp. ISBN 80-7075-198-3.
73. USDA, NCRS, *The Plants Database*, National Plant Data Team, Greensboro (USA) 2010: URL: <https://plants.usda.gov/java/> (cit. 9.6.2017)
74. VÄLIRANTA M. M. *Long-term changes in aquatic plant species composition in North-eastern European Russia and Finnish Lapland, as evidenced by plant macrofossil analysis*. In *Aquatic botany* 2006, 85: p. 224–232.

75. VEEN, M. *The exploitation of plant resources in ancient Africa*. Kluwer Academic/Plenum Publishers, New York 1999c: 283pp. ISBN 0-306-46109-9.
76. VEISBERG E. *Species composition and morpho-ecological groups of aquatic macrophytes in foothill lakes on the eastern slope of the Southern Urals (Chelyabinsk region, Russia)*. In *Check list, the journal of biodiversity data* 2015: article 1617, 6 pp.
77. VITTOZ P. et ENGLER R. *Seed dispersal distances: a typology based on dispersal modes and plant traits*. In *Botanica Helvetica*. Springer 2007, 117: p. 109–124.
78. VÖGE M. *Ecological studies on water plants of 14 sites around Kangerlussuaq, southern West Greenland, with special regard to Potamogeton*. Hamburk 2002, 42 pp.
79. WAINMAN N. et MATHEWS W. R. *Forest history of the last 12 000 years based on plant macrofossil analysis of sediment from Marion Lake, southwestern British Columbia* In *Canadian Journal of Botany* 1987, 65 (11): p. 2179–2187.
80. WATANABE T., MATSUNAKA T., NAKAMURA., NISHMURA., IZUTSU Y., MINAMI M., NARA W. F., KAKEGAWA T., WANG J. et ZHU L. *Last glacial-Holocene geochronology of sediment cores from a high-altitude Tibetan lake based on AMS <sup>14</sup>C dating of plant fossils: Implications for paleoenvironmental reconstructions*. In *Chemical geology* 2010, 277: p. 21–29.
81. YOUHAO G., HAYNES R. R., HELLQUIST C. B., KAPLAN Z. *Potamogetonaceae*. In Wu Z. Y., RAVEN P. H. et HONG D. Y. [eds.] *Flora of China*. Vol. 23 (*Acoraceae through*

*Cyperaceae*). Science Press Beijing and Missouri Botanical Garden Press, St. Louis 2010: p. 108–116.

82. ZALEWSKA-GAŁOSZ J. *Rodzaj Potamogeton L. w Polsce: taksonomia i rozmieszczenie = The genus Potamogeton L. in Poland: taxonomy and distribution* Nakładem Instytutu botaniki Uniwersytetu Jagiellońskiego, Kraków 2008: 218 pp.

83. ZIMÁK, J. *Petrografie sedimentů* - Univerzita Palackého v Olomouci, Olomouc 2005:  
URL: <http://www.geology.upol.cz/studenti/studijni-materialy-a9>. Skripta, (cit. 9.6.2017).

## 17. Přílohy

### 17.1. Tabulky nálezů jednotlivých odběrů

1. odběr							
Název rostliny / Odběrné místo (četnost nálezů)	1	2	3	4	5	6	celkem
<i>Alnus glutinosa</i> p.	6	12	4	11	11	49	93
<i>Alnus glutinosa</i> s.		2	1		8	1	12
<i>Carex riparia</i>				1			1
<i>Carex vesicaria</i>						1	1
<i>Lythrum salicaria</i>		1					1
<i>Nuphar lutea</i>		2	1				3
<i>Potamogeton praelongus</i>		1					1
<i>Prunus avium</i>							0
<i>Quercus rubra</i>							0
<i>Ranunculus repens</i>						2	2
<i>Robinia</i> sp.				3			3
<i>Rumex crispus</i>					1		1
<i>Sambucus nigra</i>				3			3
<i>Tilia cordata</i>					1		1
Celkový počet nálezů na odběrném místě	6	18	6	18	21	53	122

Tab. č. 3 - Soupis taxonů nalezených v sediment z prvního odběru s vyjádřením četností

2. odběr						
Název rostliny / Odběrné místo (četnost nálezů)	1	2	3	4	5	celkem
<i>Acer campestre</i>					2	2
<i>Alnus glutinosa</i> p.	27	17	3	6	5	58
<i>Alnus glutinosa</i> s.	46	117	10	4	21	198
<i>Bistorta officinalis</i>				1	1	2
<i>Carex acuta</i>				1		1
<i>Carex nigra</i>			2			2
<i>Glechoma hederaceae</i>				1		1
<i>Chenopodium</i> sp.		2	5	1		8
<i>Potamogeton praelongus</i>		1				1
<i>Rubus</i> sp.			1			1
<i>Rumex crispus</i>			1		1	2
<i>Rumex maritimus</i>			1			1
<i>Persicaria</i> sp.			5			5
<i>Tilia cordata</i>	2					2
Celkový počet nálezů na odběrném místě	75	137	28	14	30	284

Tab. č. 4 - Soupis taxonů nalezených v sediment z druhého odběru s vyjádřením četností

<b>3. odběr</b>				
<b>Název rostliny / Odběrné místo (četnost nálezů)</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>celkem</b>
<i>Acer campestre</i>	2	0	0	2
<i>Alnus glutinosa</i> p.	45	33	41	119
<i>Alnus glutinosa</i> s.	79	105	34	218
<i>Bistorta officinalis</i>	1	0	0	1
<i>Carex acuta</i>	0	1	0	1
<i>Carex</i> sp.	2	0	0	2
<i>Chenopodium</i> sp.	7	0	0	7
<i>Liliaceae</i>	10	7	5	22
<i>Nuphar lutea</i>	4	0	2	6
<i>Pinales</i> p.	0	0	1	1
<i>Pinales</i> s.	1	0	5	6
<i>Potamogeton praelongus</i>	1	3	0	4
<i>Prunus avium</i>	0	1	1	2
<i>Quercus rubra</i>	0	4	4	8
<i>Ranunculus repens</i>	0	2	1	3
<i>Robinia</i> sp.	0	0	1	1
<i>Rubus idaeus</i>	1	1	0	2
<i>Rubus</i> sp.	1	0	0	1
<i>Salix alba</i>	0	3	0	3
<i>Sambucu nigra</i>	1	0	0	1
<i>Tilia cordata</i>	4	1	0	5
Celkový počet nálezů na odběrném místě	159	161	95	<b>415</b>

Tab. č. 5 - Soupis taxonů nalezených v sediment ze třetího odběru s vyjádřením četností

17.2. Nalezené taxony fotografiemi



Obr. č. 22 - nalezené taxony





Obr. č. 23 - nalezené taxony



Obr. č. 24 - nalezené taxony



### 17.3. Půdní sondy z druhého odběru



Obr. č. 25 - sondy z prvního odběrového místa (Prausová R.)





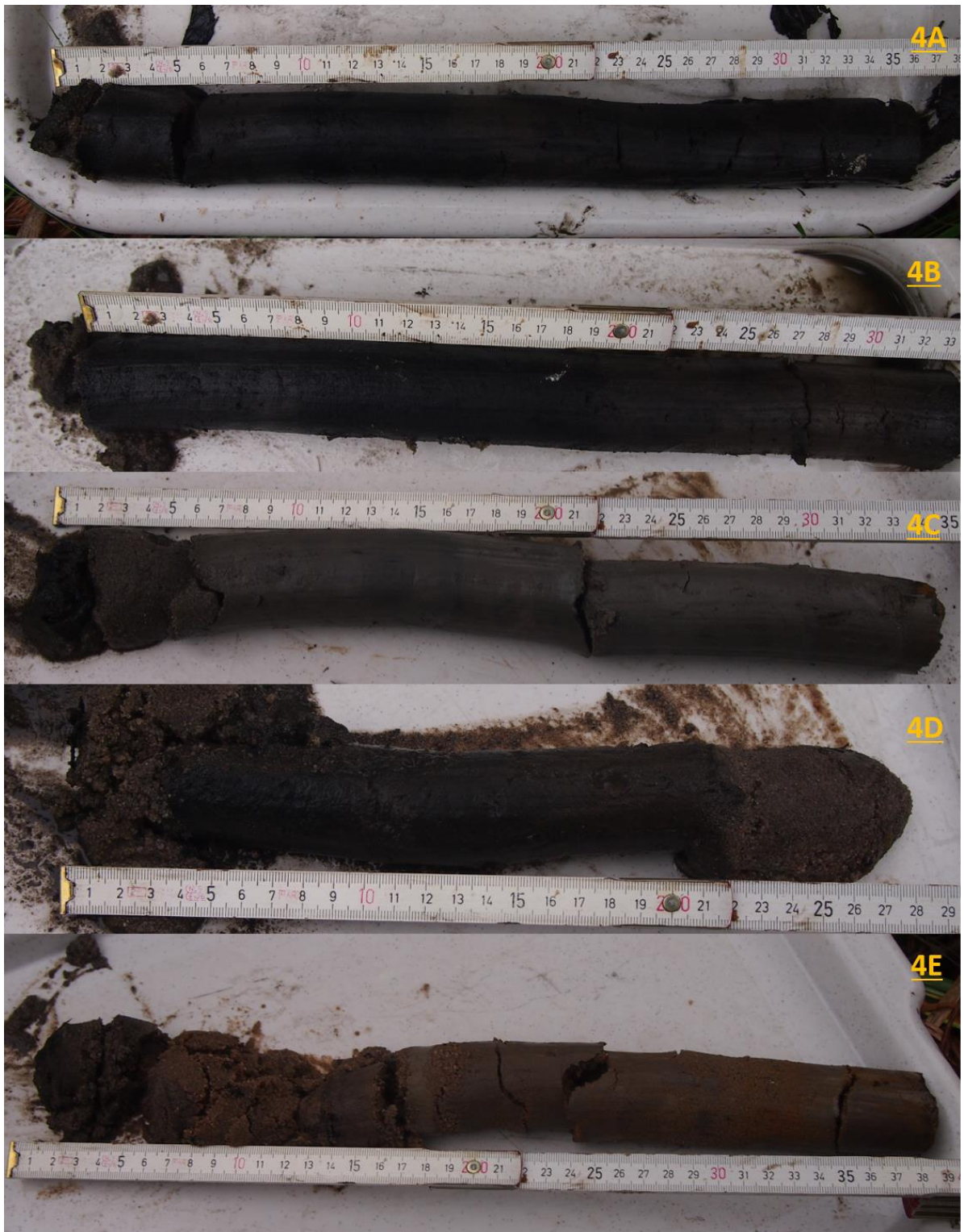
Obr. č. 26 - sondy z druhého odběrového místa (Prausová R.)





Obr. č. 27 - půdní sondy ze třetího odběrového místa (Prausová R.)





Obr. č. 28 - půdní sondy ze čtvrtého odběrového místa (Prausová R.)



Obr. č. 29 - sondy z pátého odběrového místa (Prausová R.)



#### 17.4. Další fotografie



Obr. č. 30 - pedologická síta



Obr. č. - 31 živočišné pozůstatky (zleva - ulity a lastury vodních měkkýšů, obratle).