

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ

Katedra aplikované ekologie

**VLIV ODPADNÍCH VOD NA KONCENTRACI ŽIVIN  
V MOKŘADNÍCH ROSTLINÁCH**

**Wastewater effect on nutrient concentrations in macrophytes**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Vedoucí práce: prof. Ing. Jan Vymazal, CSc.

Autor práce: Jiří Březina

Praha 2020

# ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Jiří Březina

Environmentální vědy  
Aplikovaná ekologie

Název práce

**Vliv odpadních vod na koncentraci živin v mokřadních rostlinách**

Název anglicky

**Wastewater effect on nutrient concentrations in macrophytes**

---

### Cíle práce

Cílem práce je porovnat koncentrace dusíku, fosforu a uhlíku v rostlinách na stanovišti, které je dlouhodobě ovlivněno odpadními vodami a stanovišti, které se nachází v bezprostřední blízkosti, avšak zcela z dosahu vlivu odpadních vod.

### Metodika

1. Průzkum vybrané lokality u České Lípy.
2. Odběr nadzemní biomasy rostlin, které se nacházejí v místě ovlivněném a neovlivněném odpadní vodou.
3. Analýza biomasy v laboratoři.
4. Vypracování bakalářské práce.

**Doporučený rozsah práce**

40 stran včetně příloh

**Klíčová slova**

odpadní vody, živiny, makrofyta, mokřady

---

**Doporučené zdroje informací**

Deyl, M., Hísek, K., 2008. Naše květiny. Academia Praha.

Chytrý, M. (ed.), 2011. Vegetace České republiky. 3. Vodní a mokřadní vegetace. Academia, Praha.

Lambers, H. et al., 1998. Plant Physiological Ecology. Springer, New York



---

**Předběžný termín obhajoby**

2019/20 LS – FŽP

**Vedoucí práce**

prof. Ing. Jan Vymazal, CSc.

**Garantující pracoviště**

Katedra aplikované ekologie

---

Elektronicky schváleno dne 6. 2. 2020

**prof. Ing. Jan Vymazal, CSc.**

Vedoucí katedry

---

Elektronicky schváleno dne 11. 2. 2020

**prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.**

Děkan

V Praze dne 27. 06. 2020

## **Prohlášení:**

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně, pod vedením prof Ing Jana Vymazala CSc.. Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal. Prohlašuji, že tištěná verze se shoduje s verzí odevzdanou přes Univerzitní informační systém.

V Praze dne 30.6.2020

.....

Jiří Březina

**Poděkování:**

Tímto bych chtěl poděkovat svému vedoucímu práce Prof. Ing. Janu Vymazalovi, CSc. za odbornou pomoc, trpělivost, ochotu a rady. Děkuji Vám, že jste si udělal čas a osobně navštívil vybranou lokalitu.

## **Abstrakt**

Odpadní vody jsou nedílnou součástí lidských obydlí už od samotného počátku člověka. Přečištění odpadní vody pomocí rostlin může pomoci nejen ke zlepšení kvality a čistoty vody, ale i k jejímu zadržení v půdě. Odpadní voda bývá kanalizací odváděna do čističky odpadních vod a následně do řek. Bylo by lepší pro zadržování vody, kdyby odpadní voda z rodinných domů, z domácí čističky byla znovu přečištěna rostlinami a až následně vtékala do řek. Tato práce je zaměřena na zkoumání vlivu odpadních vod na obsah živin v rostlinách rostoucích v jejich toku a porovnává to se stejnými rostlinami rostoucími v lokalitě bez výskytu odpadní vody. Výsledek práce porovnává 10 druhů mokřadních rostlin. Práce popisuje výběr lokality, jakým způsobem byly odebírány rostliny a jak byly analyzovány v laboratoři a následně je to prezentováno v grafech.

## **Klíčová slova**

Odpadní vody, živiny, makrofyta, mokřady

## **Abstract**

Wastewater has been an integral part of human habitation from the beginning of mankind. The purification of wastewater through the use of plants can help not only to improve the quality and purity of water, but also to remain it in the soil. Wastewater is usually drained through a sewer to a wastewater treatment plant and then into the rivers. It would be better for water retention, if the wastewater from family houses, from the home wastewater treatment plant was again purified by plants and only then flowed into the rivers. This work is focused on the study of the influence of wastewater on the nutrient content of plants growing in wastewater flow and compares it with the same plants growing in the site without impact of wastewater. The result compares 10 species of wetland plants. The work describes the selection of the site, how the plants were taken and how they were analysed in the laboratory and then it is presented in graphs.

## **Key words**

Wastewater, nutrients, macrophytes, wetlands

## Obsah

1. Úvod .....	1
2. Cíle práce .....	2
3. Literární rešerše .....	3
3.1. Živiny .....	3
3.1.1. Dusík (N).....	4
3.1.2. Uhlík (C).....	5
3.1.3. Fosfor (P).....	7
3.2. Odpadní voda .....	8
3.3. Makrofyta .....	8
3.4. Mokřady .....	9
4. Metodika .....	10
4.1. Zkoumané druhy rostlin.....	10
4.1.1. Chrastice rákosovitá ( <i>Phalaris arundinacea</i> ) .....	10
4.1.2. Kopřiva dvoudomá ( <i>Urtica dioica</i> ).....	11
4.1.3. Svlačec rolní ( <i>Convolvulus arvensis</i> ) .....	12
4.1.4. Netýkavka žláznatá ( <i>Impatiens glandulifera</i> ) .....	13
4.1.5. Kyprej vrbice ( <i>Lythrum salicaria</i> ).....	14
4.1.6. Třtina křovištní ( <i>Calamagrostis epigejos</i> ) .....	15
4.1.7. Tužebník jilmový ( <i>Filipendula ulmaria</i> ).....	16
4.1.8. Merlík bílý ( <i>Chenopodium album</i> ).....	17
4.1.9. Mléč rolní ( <i>Sonchus arvensis</i> ) .....	18
4.1.10. Ostružiník křovitý ( <i>Rubus fruticosus</i> ).....	19
4.2. Průzkum vybrané lokality .....	20
4.3. Odběr nadzemní biomasy rostlin .....	22
4.4. Analýza biomasy v laboratoři.....	23
4.5. Odběr půdy.....	25
4.6. Statistika .....	27
5. Výsledky.....	28
5.1. Chrastice rákosovitá ( <i>Phalaris arundinacea</i> ) .....	29
5.2. Kopřiva dvoudomá ( <i>Urtica dioica</i> ).....	30
5.3. Svlačec rolní ( <i>Convolvulus arvensis</i> ) .....	31
5.4. Netýkavka žláznatá ( <i>Impatiens glandulifera</i> ) .....	32
5.5. Kyprej vrbice ( <i>Lythrum salicaria</i> ).....	33
5.6. Třtina křovištní ( <i>Calamagrostis epigejos</i> ) .....	34
5.7. Tužebník jilmový ( <i>Filipendula ulmaria</i> ).....	35



5.8.	Merlík bílý ( <i>Chenopodium album</i> ).....	36
5.9.	Mléč rolní ( <i>Sonchus arvensis</i> ).....	37
5.10.	Ostružiník křovitý ( <i>Rubus fruticosus</i> ).....	38
5.11.	Rozbor půdy.....	39
6.	Diskuze .....	40
7.	Závěr a přínos práce.....	43
8.	Přehled literatury a použitých zdrojů .....	44
	Bibliografie.....	44
	Seznam obrázků.....	46

## 1. Úvod

Koncentrace živin v rostlinách se hromadí nabývajícím stářím rostlin v každém prostředí, proto je zajímavé si porovnat v jedné lokalitě rostliny, které jsou pravidelně zamokřovány odpadní vodou s rostlinami v blízkosti tohoto místa, avšak bez zamokření odpadní vodou. Výsledkem průzkumu je ukázat do jaké míry mění odpadní voda z rodinného domu obsah živin v biomase. V minulosti se jednalo o zcela běžnou věc, lidé nepoužívali čističky odpadních vod, a tudíž bylo zcela běžné mít buď kořenovou čističku nebo vypouštět odpadní vodu na louku, kde se vsákne do hlíny, a tudíž se zde stejně vyskytovaly mokřadní rostliny, které odpadní vodu využívaly ke svému růstu. Předpokladem výsledku je, že se obsah živin bude měnit v závislosti na odpadní vodě. Očekáváme že místo, které je zamokřeno odpadní vodou, tak bude mít zvýšené hodnoty výskytu dusíku, uhlíku a fosforu a však jakým způsobem a do jaké míry, tak o tom pojednává tato práce.

Co je důležité zmínit je, že se zabývám 10 rostlinami nasbíranými na dané lokalitě. Nejčastěji používanými rostlinami na přečištění vody pomocí rostlin je rákos obecný (*Phragmites australis*) nebo chrastice rákosovitá (*Phalaris arundinacea*), já se zabývám též chrasticí, ale i dalšími 9 rostlinami, vyskytující se na vybrané lokalitě, které běžně tolik zkoumané nejsou, protože se v kořenových čistírnách běžně nepoužívají.

V dnešní době je stále méně vody a s vodou se začíná šetřit, často je kanalizací přes městskou čističku odpadních vod odváděna přímo do řek a není nijak zadržována. Důležité je navracet vodu zpět do ekosystému a zkoumat další způsoby přečištění a zadržení vody. K přečištění vody a jejímu zadržení slouží i kořenové čističky odpadních vod (KČOV). Zkoumáním obsahu chemických prvků a jejich porovnávání mezi sebou napříč místem odběru se může určit, které rostliny jsou vhodné na přečištění vody a které nikoli.

## 2. Cíle práce

Cílem práce je porovnat koncentraci dusíku, fosforu a uhlíku v rostlinách na stanovišti, které je dlouhodobě ovlivněno odpadními vodami a stanovišti, které se nachází v bezprostřední blízkosti, avšak zcela z dosahu vlivu odpadních vod.

## 3. Literární rešerše

### 3.1. Živiny

Jsou čtyři možnosti, jakým způsobem se minerální živiny dostávají do půdy. Živiny se prvně dostanou do půdy ve srážkové vodě a prachu a až z půdy se dostávají do rostlin, této formě se říká vstup z atmosféry. Ve střední Evropě se živiny pouze minimálně dostávají do půdy z minerálů, tomuto způsobu se říká zvětrávání půdotvorného substrátu, výskyt živin je ovlivněn oxidací v půdě (Keddy, 2010). V České republice jsou ideální povětrnostní podmínky i klima pro uvolňování živin z organického materiálu, zejména pro dusík a fosfor, nazývá se to mineralizace odumřelé organické hmoty. Posledním možným způsobem jsou antropogenní vstupy a ty jsou z průmyslových hnojiv a z organických hnojiv (Rejšek & Vácha, 2018; Jurčík, 1978).

V dnešní době už začíná být problém s hnojením organickými hnojivy. Je jich nedostatek a z toho důvodu se přechází na průmyslová hnojiva. Pokud je nedostatek živin v půdě, tak na rostlině se to může poznat vizuálně. Dále se jedná o zpomalení růstu u rostlin nebo změna barev asimilačního aparátu (Rejšek & Vácha, 2018).

Výživa rostlin musí být vyvážená, nelze očekávat, že když splním pouze část příjmu živin a některé živiny úplně zanedbám, že rostlina bude prosperovat. (Rejšek & Vácha, 2018) Vždy se rostlinám bude dařit podle prvku, kterého je v půdě nejméně, tomuto jevu se říká Liebigův zákon minima.

Živiny v půdě ovlivňuje hlavní půdní jednotka, (Smatanová & Sušil, 2018) která určuje půdní typy, subtypy, půdotvorné substráty, zrnitost, hloubku půdy, daný typ, reliéf území a stupeň zamokření. Rozlišuje se 13 základních skupin, které se rozdělují do 78 hlavních půdních typů. Důležitým předpokladem pro výskyt živin v půdě je skeletovost a hloubka půdy. (BPEJ, 2019) Je velký rozdíl, pokud se bude jednat štěrkovitou půdu nebo o jílovitou zeminu.

Důležitým faktorem pro obsah půdní organické hmoty v půdě je mimo zemědělské kultury a hlavní půdní jednotky nadmořská výška ve které se daná lokalita nachází. BPEJ rozlišuje 10 klimatických regionů (VT: velmi teplý, suchý; T 1: teplý, suchý; T 2: teplý, mírně suchý; T 3: teplý, mírně vlhký; MT 1: mírně teplý, suchý; MT 2: mírně teplý, mírně vlhký; MT 3: mírně teplý až teplý; MT 4: mírně teplý vlhký; MCH: mírně chladný, vlhký, CH: chladný) (Smatanová & Sušil, 2018).

### 3.1.1. Dusík (N)

Dusík je jednou z hlavních živin pro rostliny a tvorbu biomasy a je potřeba k funkci buněk organismů, dále se vyskytuje v chlorofylu. Vyskytuje se všude kolem nás ve formách anorganických i organických. V následující části se zaměřím, jak je tomu ve vodním prostředí u anorganické formy:

Většina dusíku je obsažena v litosféře a to až 98 % (Šimek & Cooper, 2004). Nejčastěji se vyskytuje elementární molekulární dusík –  $N_2$  a z toho je složeno z nejvíce % atmosféry, podle (Jurčík, 1978) až 77,5 %. Tento molekulární dusík je rozpustný ve vodě. Když je velmi zastoupený ve vodě, tak je nedostupný pro rostliny a je to z toho důvodu, že se vyskytuje v trojně vazbě, které je velmi obtížně štěpitelná. Pouze malá část organismů dokáže tuto molekulu rozštěpit, je to například bakterie, která žije v hlízách, na kořenech bobovitých rostlin. Ve vodním prostředí jsou to např. sinice (*Ananbeana*) (Šimek & Cooper, 2004), které pomocí enzymu dokážou rozštěpit molekulu dusíku. Po tomto rozštěpení pak může dusík vytvořit novou formu (Bílý, 2020).

Dále ve vodě jsou zastoupeny 2 anionty, obě formy jsou v oxidované formě, pokud tyto záporně nabitě ionty budou mít k sobě kladně nabitý kationt, tak vytvoří buď dusitanovou nebo dusičnanovou formu, ve vodě se však nejčastěji vyskytují ve formě iontu:

- Dusitanový iont:  $NO_2^-$ , jedná se o trojmocný  $N^{III}$  a má oxidovanou formu.
- Dusičnanový iont:  $NO_3^-$ , je dusík pětímocný  $N^V$  a má též oxidovanou formu.

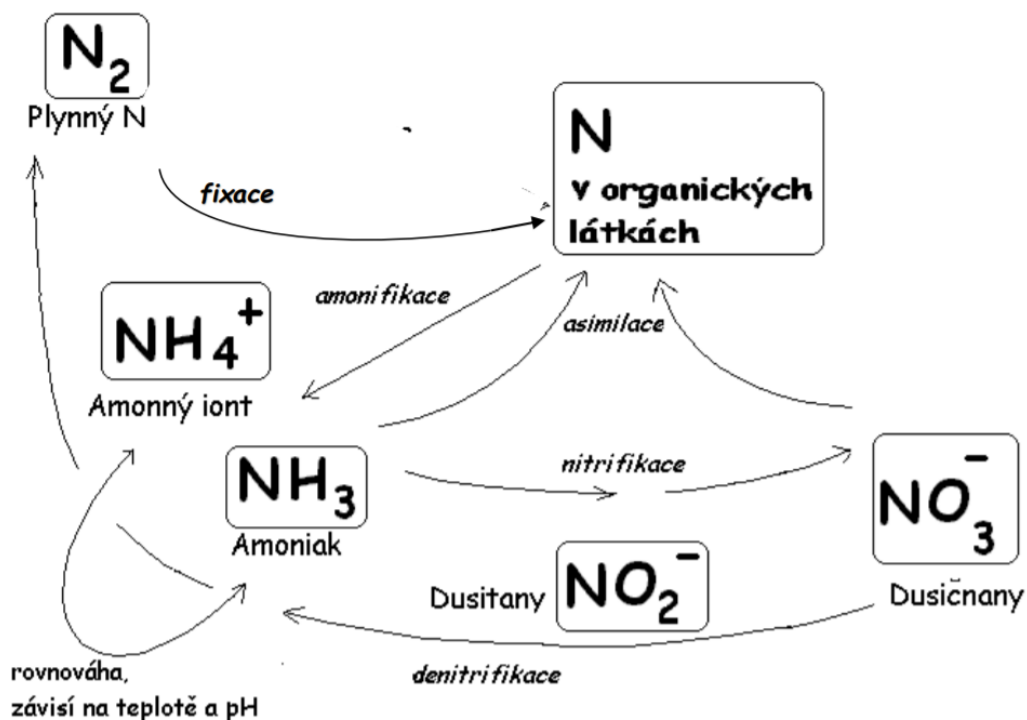
Další formou je amoniak  $NH_3$ , jedná se o trojmocný  $N^{III}$ , jde o redukovanou formu a je těkavý.

Dále se zde vyskytuje amonný kationt  $NH_4^+$ , jde o trojmocný  $N^{III}$  též v redukované formě, což je velmi důležitá forma dusíku ve vodě, z toho důvodu, že se jedná o primární zdroj dusíku pro rostliny.

Poměr forem dusíku  $NH_3$  a  $NH_4^+$  závisí na pH, při pH nižším než 8 je nejvíce  $NH_4^+$  a to až 90 % a  $NH_3$  je pouze 10 %, nad 8 pH se to razantně mění % obsah, až do 9,5 pH, kde se sobě rovná % obsah  $NH_4^+$  a  $NH_3$ . a pH větší než 9,5 může být výskyt  $NH_3$  vyšší než  $NH_4^+$ . Zvýšený výskyt amonného iontu  $NH_4^+$  se děje u výtoku z čističky odpadních vod, kde je nízká hodnota pH (př. Vyskytenský potok, ČM vysočina, pod ČOV) (Bílý, 2020).

Všechny tyto formy se mohou přeměnit na jinou formu. Záleží na určité teplotě vody a jejím pH, jestli bude ve vodě amoniak nebo amonný iont. Z amoniaku se

pomocí nitrifikace může vytvořit dusitan a poté dusičnan a obráceně z dusičnanů pomocí denitrifikace se může stát molekula dusíku  $N_2$ . Fixace elementárního molekulárního dusíku  $N_2$  je popsána výše. Z amoniaku nebo z dusičnanu se pomocí asimilace může dusík přesunout do organických látek. V obráceném případě může pomocí amonifikace vzniknout amoniak nebo amonný iont, viz Obrázek 1.



Obrázek 1. Koloběh dusíku (Bílý, 2020)

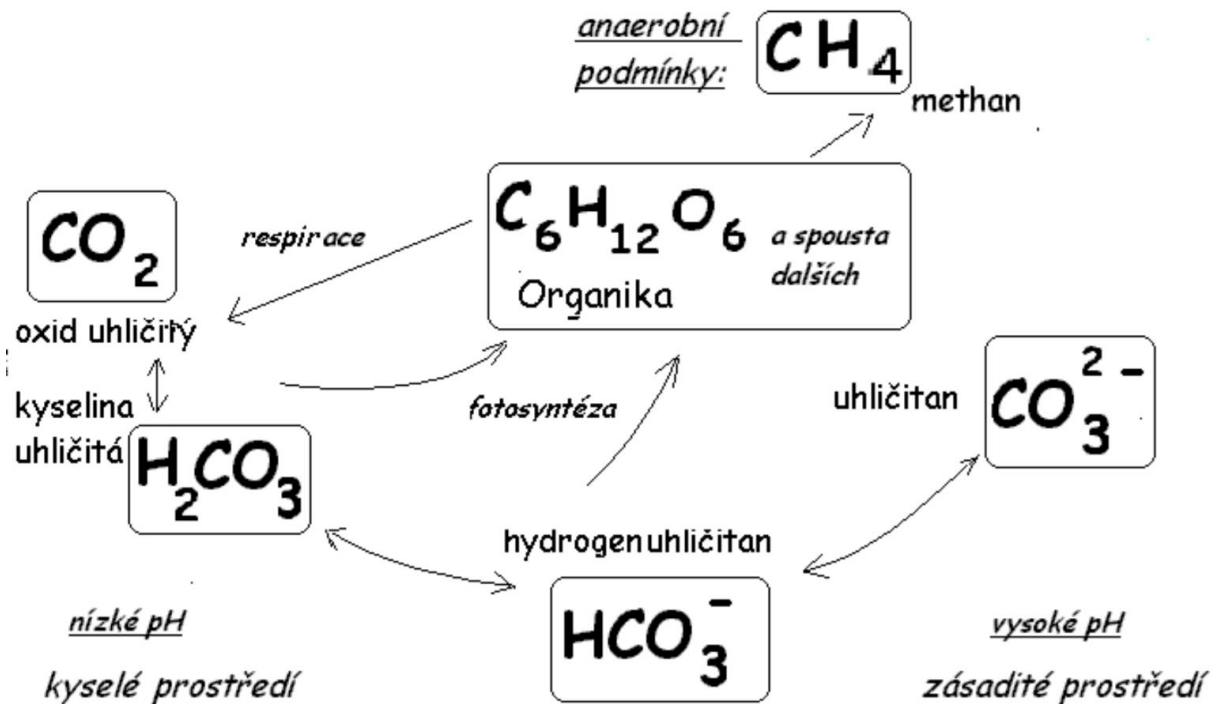
### 3.1.2. Uhlík (C)

Uhlík má různé anorganické formy, ve kterých se může vyskytovat v odpadních vodách (Bílý, 2020):

- Oxid uhličitý  $CO_2$ , tento plyn se vykytuje hojně v atmosféře při styku s hladinou vody se do vody rozpustí. Oxid uhličitý s kyselinou uhličitou jsou důležitými molekulami pro fotosyntézu.
- Kyselina uhličitá  $H_2CO_3$ , oxid uhličitý  $CO_2$  reaguje s vodou  $H_2O$  a tak vznikne kyselina uhličitá  $H_2CO_3$ . Kyselina uhličitá je přeměňována na  $CO_2$ ,  $HCO_3^-$  a  $CO_3^{2-}$ , výskyt forem je podle hodnoty pH.
- Hydrogenuhlíčanový iont  $HCO_3^-$ , po oddělení 1 kationtu vodíku z kyseliny uhličitě, vznikne aniont – hydrogenuhlíčanový iont  $HCO_3^-$ ,
- Uhlíčanový iont  $CO_3^{2-}$ , při oddělení 2 kationtů vodíku z kyseliny uhličitě  $H_2CO_3$ , vznikne aniont – Uhlíčanový iont  $CO_3^{2-}$ . Je nerozpustný.

- Methan  $\text{CH}_4$  – organická sloučenina, která vzniká při nedostatku kyslíku, nejčastěji na dně vodní plochy.

V kyselých vodách převládá oxid uhličitý s kyselinou uhličitou, kdy voda má pH 4. Naopak je tomu u zásadité vody, kde je pH 12, tam převládá nerozpustný uhličitan. Oxid uhličitý, kyselina uhličitá slouží jako zdroj pro fotosyntézu rostlin, některé rostliny využívají i hydrogenuhličitan pro fotosyntézu (Bílý, 2020). Viz Obrázek 2.



Obrázek 2. Koloběh vodíku, Zdroj: Michal Bílý, 2020

Uhlík je hojně zastoupen v kořenových částech rostlin (Rejšek & Vácha, 2018), ale též v listech, stoncích nebo květech. Zastoupení uhlíku v zemědělské půdě je ve svrchní půdě (0–20 cm) pohybuje v širokém intervalu a to od 0,6 % C do 3,23 % C. Většina zemědělských půd v České republice se vyskytuje v intervalu od 1 % C do 2 % C (Smatanová & Sušil, 2018). V mokřadech je obsah uhlíku od 12-60 % a rašeliniště mají typický obsah uhlíku 55 % (Craft, et al., 2018).

Uhlík v půdě se nejčastěji vyskytuje jako oxidovaný organicky vázaný uhlík – Cox. Cox značí hlavní organickou hmotu, a to v podobě rozložených, či nerozložených kořenů, případně kořenového vlášení. Též se tak označují zbytky odumřelých mikroorganismů, organická hnojiva a humusové kyseliny (Smatanová & Sušil, 2018).

V České republice je nejvíce půdního Cox v zastoupeno v trvale travních porostech, kde se vyskytuje podle mediánu 2,17 % Cox. Dále záleží na tom, o jakou půdní jednotku se jedná, nejnižší zastoupení je hnědozemi a luvisoly a to 1,32 % Cox a nejvíce pak v glejích (půda prosycená vodou) a to 2,04 % Cox (Smatanová & Sušil, 2018).

### 3.1.3. Fosfor (P)

Fosfor je běžným prvkem vyskytujícím se v půdě a jeho průměrný obsah je kolem 0,1 % v litosféře a to od 0,1 % do 1 %. (Matěchová, 2019) Ve vodě se vyskytuje pouze jedna rozpuštěná anorganická forma: orthofosforečný iont  $\text{PO}_4^{3-}$ . Nerozpuštěná anorganická forma fosforu se vyskytuje v minerálních částicích nebo v jílu. Organický fosfor se rozpuštěný nachází v organických molekulách a nerozpuštěný organický fosfor v tělech organismů. Tudíž se z těl organismů, stanou organické molekuly, ze kterých vznikne orthofosfát  $\text{PO}_4^{3-}$  (Bílý, 2020).

Globální cyklus fosforu má čtyři hlavní části, po ukončení čtvrté fáze cyklus začíná znovu (Ruttenberg, 2003).

1. Tektonický vzestup hornin s obsahem fosforu a následné působení sil zvětrávání
2. Fyzikální (mechanické) a chemické zvětrávání hornin a přesun fosforu do řek
3. Říční doprava fosforu do jezer a oceánů
4. Sedimentace fosforu s částmi organismů a minerálů

Poměr fosforu a dusíku (N:P) je v organických sloučeninách (rostlinné biomase) je 7:1 a v čistých sladkých vodách je poměr 20:1 (Bílý, 2020). Pro vodní a mokřadní rostliny je optimální poměr N:P 16:1 (Verhoeven, 1986).

Fosfor je velmi důležitý pro růst rostlin a má důležité postavení v biochemických reakcích a v přenosu energie. Důležitým faktorem, kterým je ovlivňován příjem fosforu rostlinami, je dostatek organických látek v půdě, a to závisí na půdní reakci a hodnotě pH (ideální je přibližně pH 6,0) (Smatanová & Sušil, 2018).

Průměrný obsah fosforu v zemědělské půdě v České republice je 90 mg/kg, přičemž 25,47 % plochy ČR má půdu s nízkou zásobou fosforu, vysoká zásoba fosforu je na 24,63 % výměry ČR. Kvalita půdy se liší podle krajů, Liberecký kraj má nejvyšší průměrnou hodnotu v ČR a to 112 mg/kg. Půda s nízkým obsahem fosforu v půdě se v libereckém kraji vyskytuje na 11,17 % půdy, což je dvakrát méně, než tomu bylo v průměru u ČR a půda s vysokým a velmi vysokým obsahem fosforu



v půdě zde představuje až 42,76 %, což je skoro dvojnásobek průměru ČR (Smatanová & Sušil, 2018).

Limitujícím prvkem pro růst rostlin je fosfor, pokud je ho v půdě nedostatek, tak se to projeví na rostlinách (Rejšek & Vácha, 2018; Bílý, 2020).

### 3.2. Odpadní voda

Jako odpadní voda je označena voda, která je znečištěna lidskou činností. Do odpadní vody patří černá voda, šedá voda a srážková voda. Pokud je nalezeno stopové množství šedé vody ve vodě, tak se jedná o indikátor znečištěné vody (odpadní) (Cheng, et al., 2012), k určení odpadní vody se může využívat výskyt bakterie *Escherichia coli* (Easton, et al., 2005), která se může vyskytovat v černé vodě.

- Černá voda – voda znečištěná exkrementy (fekálie a moč)
- Šedá voda – ostatní voda z domácností, bez černé vody (voda z koupelny, kuchyně)
- Srážková voda – voda ze střech a zpevněných povrchů

### 3.3. Makrofyta

Pojmem makrofyta jsou označovány vyšší vodní rostliny rostoucí ve vodním prostředí. Jsou tři druhy rostlin: ponořené pod hladinou, vzplývavé a rostoucí na hladině. Rozdíl od zcela suchozemských rostlin je ten že jsou adaptovány na život ve vodním prostředí. Vyskytují se ve vodních tocích, ale i ve stojatých vodách. Makrofyta často slouží jako bioindikátor čisté vody (Trnková, 2008). Mokřadní rostliny jsou adaptovány životaschopností obývat zamokřená místa, které představují rozmanitý prostor k různým životním strategiím rostlin. Ty umožňují přežití v zaplavených nebo nasycených půdách. (Cronk & Fennessy, 2001).

U zaplavených částí rostlin se může vyskytovat anaerobní prostředí a to hypoxie (částečný nedostatek kyslíku) a v hlubších částech anoxie (úplný nedostatek kyslíku) (Voesenek L & Sasidharan, 2013). Kyslík je přijímán přes listy a pomocí difuze je v rostlinných pletivech přesouván do kořenových částí rostliny, kde je kyslíku nedostatek. V kořenech v anoxické části substrátu je důležitá rovnováha mezi dýcháním kořenové tkáně a oxidací rhizosféry (Votrubová & Pecháčková, 1996).

Velmi často zkoumanou rostlinou používanou pro přečišťování odpadních vod je rákos obecný (*Phragmites australis*), z důvodu velké tolerance vůči znečištění (Vymazal, 2003). Může se vyskytovat v anoxické půdě.

### 3.4. Mokřady

Mokřady jsou nedílnou součástí pro zadržování vody a též přispívají k jejímu čištění. Tento biotop se vyskytuje v zamokřených oblastech. Jedná se buď o povrchovou vodu nebo a podzemní vodu s vysokou hladinou podzemní vody. Mokřady jsou dvojího typu, stále zamokřené nebo dočasně vysychající. V České republice patří některé mokřady do Ramsarské úmluvy, (úmluva o mokřadech majících mezinárodní význam především jako biotopy vodního ptactva) definuje mokřad takto: „území bažin, slatin, rašelinišť i území pokrytá vodou, přirozeně i uměle vytvořená, trvalá či dočasná, s vodou stojatou či tekoucí, sladkou, brakickou či slanou, včetně území s mořskou vodou, jejíž hloubka při odlivu nepřesahuje šest metrů“ (MŽP, 2019).

## 4. Metodika

### 4.1. Zkoumané druhy rostlin

V rámci výzkumu, co byl prováděn na obsah živin (dusík, uhlík, fosfor), tak byly odebrány různé druhy bylin nacházející se na dané lokalitě. V nadcházejících podkapitolách si blíže specifikujeme odebrané rostliny a budou zařazeny do jednotlivých čeledí.

#### 4.1.1. Chrastice rákosovitá (*Phalaris arundinacea*)

Jedná se o vytrvalou rostlinu s nekvetoucími výhonky v paždí stéblových listů (Obrázek 3) Lata je dlouhá 10–25 cm, podlouhlá a může být načervenalá. Klásky jsou lesklé a bývají velmi nahloučené. Jazyček je 3-5 mm dlouhý. Kvete od června do července a velikost se pohybuje od 0,8 – 2,5 metru. Vykytuje se ne březích řek a rybníků, příkopů, mokřích luk nebo v lužních lesích a v rákosinách. Patří do společenstva rákosin a vysokých ostřic tekoucích vod (Petříček, et al., 1999) Bývá pěstována v zahradách. Je podobná rákosu obecnému, rozeznají se od sebe tak že rákos má jazyček nahrazen věnečkem chlupů (Kaplan, et al., 2019).



Obrázek 3. Chrastice rákosovitá (*Phalaris arundinacea*) na vybrané lokalitě v České Lípě, Zdroj: Autor (Jiří Březina), 2.8.2019

#### 4.1.2. Kopřiva dvoudomá (*Urtica dioica*)

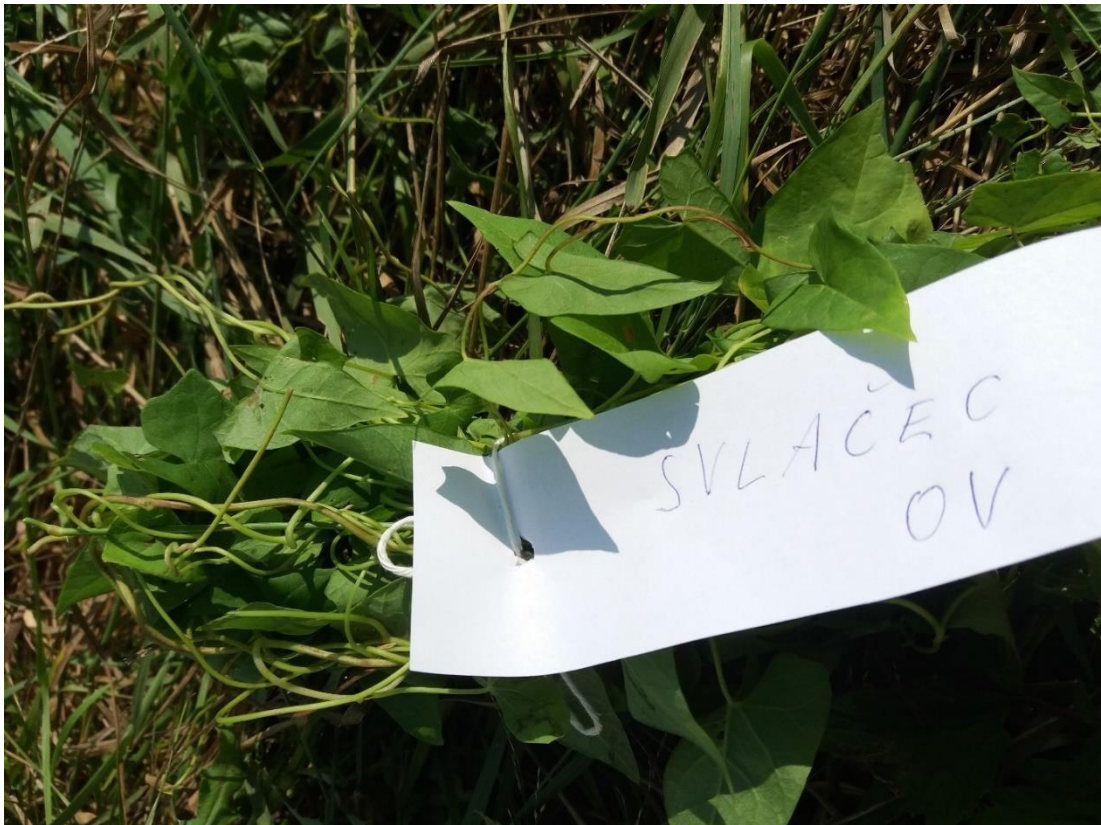
Kopřiva dvoudomá (Obrázek 4) patří do čeledi Kopřivovité (*Urticaceae*) a jedná se o vyšší žahavou trvalku. Roste velmi hojně v lužních lesích, vlhkých křovinách, v příkopech u silnic, u plotů a na rumišťích. Nejhojněji roste na zvláště hnojených půdách. Jedná se léčivku, která kvete od června do září (Deyl & Hísek, 2004).



Obrázek 4. Kopřiva dvoudomá (*Urtica dioica*) na vybrané lokalitě v České Lípě, Zdroj: Autor (Jiří Březina), 2.8.2019

#### 4.1.3. Svlačec rolní (*Convolvulus arvensis*)

Svlačec rolní (Obrázek 5) patří do čeledi svlačcovité (*Convolvulaceae*) a jedná se o vytrvalou popínavou nebo poléhavou rostlinu s dlouhými, tenkými lodyhami. Je velmi častá jako polní plevel a roste na mezích, v příkopech, na neudržovaných plotech a na pastvinách nebo ve stepních stráních. Kvete od května do září (Deyl & Hísek, 2004).



Obrázek 5. Svlačec rolní (*Convolvulus arvensis*) na vybrané lokalitě v České Lípě, Zdroj: Autor (Jiří Březina), 2.8.2019

#### 4.1.4. Netýkavka žláznatá (*Impatiens glandulifera*)

Jedná se o invazní rostlinu, která se řadí k nejinvazivnějším na celém světě, co se rychlosti týče, vyskytuje se hlavně kolem vodních toků, na březích potoků a vlhkých rumišťích (Obrázek 6). Nejčastěji kvete v srpnu, a to růžovou, červenofialovou nebo bílou barvou. Roste velmi hustě a má výšku až 3,2m, čímž dokáže přerůst kopřivu dvoudomou (*Urtica dioica*). Rozmnožuje se pomocí semen, které dokáže vystřelit do velké vzdálenosti. Horní lodyžní listy jsou vstřícné v 3četných přeslenech. Původní výskytem, kde roste přirozeně, jsou Himaláje (Kaplan, et al., 2019). Invaze Netýkavky žláznaté nastala v 19. a 20. stol. (Chytrý, et al., 2011).



Obrázek 6. Netýkavka žláznatá (*Impatiens glandulifera*) na vybrané lokalitě v České Lípě, Zdroj: Autor (Jiří Březina), 2.8.2019

#### 4.1.5. Kyprej vrbice (*Lythrum salicaria*)

Kyprej vrbice (Obrázek 7) patří do čeledi Kyprejovité (*Lythraceae*), jedná se o vysokou trvalku, která roste na vlhkých stanovištích, vyskytuje se v pobřežních křovinách, na podmáčených loukách a v bažinách. Doba květenství je od začátku června do konce září (Deyl & Hísek, 2004).



Obrázek 7. Kyprej vrbice (*Lythrum salicaria*) na vybrané lokalitě v České Lípě, Zdroj: Autor (Jiří Březina), 2.8.2019

#### 4.1.6. Třtina křovištní (*Calamagrostis epigejos*)

Třtina křovištní (Obrázek 8) je charakteristická drsnými stébly, roste velmi často v suchém lese a v křovinách. Dále roste na březích vod na mýtinách a v písčinách. Doba květenství je od června do července. Patří do čeledi lipnicovité (*Poaceae*) (Deyl & Hísek, 2004). Vyskytuje se na lokalitách s celkovou eutrofizací půdy (Chytrý, et al., 2011).



Obrázek 8. Třtina křovištní (*Calamagrostis epigejos*) na vybrané lokalitě v České Lípě, Zdroj: Autor (Jiří Březina), 2.8.2019



#### 4.1.7. Tužebník jilmový (*Filipendula ulmaria*)

Tužebník jilmový (Obrázek 9) je vysoká vytrvalá rostlina, nejčastěji roste ve vlhkých lukách, v luzích a v pobřežních křovinách. Jedná se o léčivou bylinu, která v minulosti byla v České republice používána k lidovému léčení (Hron & Zejbrlík, 1979). Kvete od června do srpna. Patří do čeledi růžovité (Rosaceae) (Deyl & Hísek, 2004).



Obrázek 9. Tužebník jilmový (*Filipendula ulmaria*) na vybrané lokalitě v České Lípě, Zdroj: Autor (Jiří Březina), 2.8.2019

#### 4.1.8. Merlík bílý (*Chenopodium album*)

Merlík bílý (Obrázek 10) je vyšší jednoletá rostlina, často roste na polích, na rumišťích, v zahradách a u cest. Jedná se o velmi proměnlivý druh. Kvete od začátku července do konce září (Deyl & Hísek, 2004).

Od roku 2009 nepatří do čeledi merlíkovité (*Chenopodiaceae*) ale do čeledi laskavcovitých (*Amaranthaceae*) a čeleď merlíkovité se stala podčeledí (Anon., 2019).



Obrázek 10. Merlík bílý (*Chenopodium album*) na vybrané lokalitě v České Lípě, Zdroj: Autor (Jiří Březina), 2.8.2019

#### 4.1.9. Mléč rolní (*Sonchus arvensis*)

Mléč rolní (Obrázek 11) je vysoká vytrvalá rostlina, která se nachází v pobřežních houštinách, na pasekách a na mezích (Dostál & Vlasta, 1958). Jedná se o rychle rostoucí plevel na polích. Kvete od června do října a patří do čeledi Hvězdnicovité (*Asteraceae*) (Deyl & Hísek, 2004).

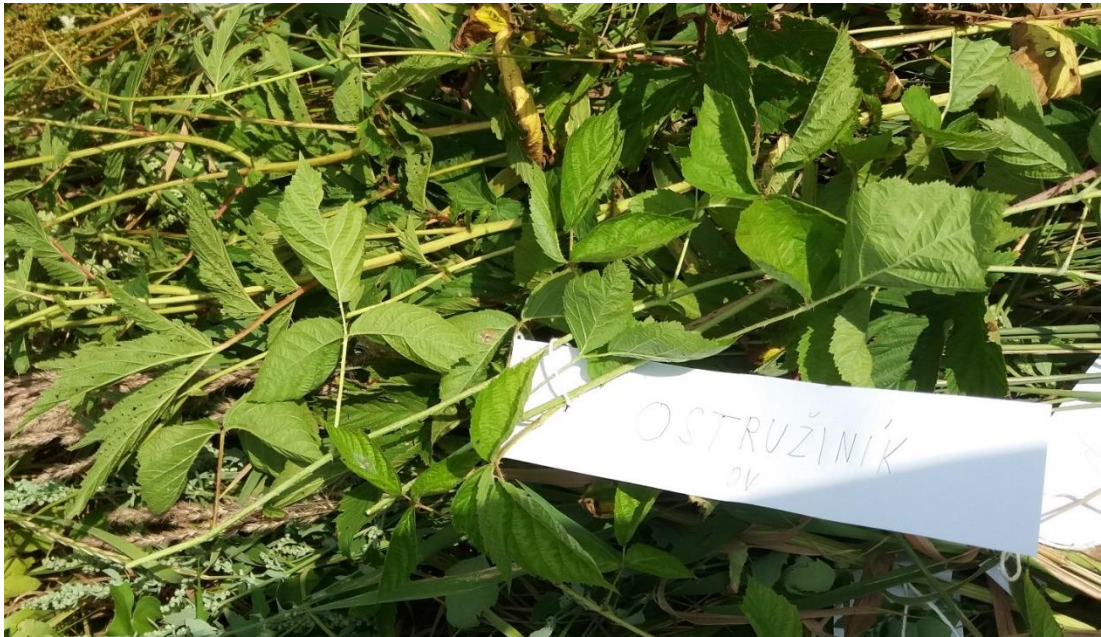


Obrázek 11. Mléč rolní (*Sonchus arvensis*) na vybrané lokalitě v České Lípě, Zdroj: Autor (Jiří Březina), 2.8.2019

#### 4.1.10. Ostružiník křovitý (*Rubus fruticosus*)

Ostružiník křovitý (Obrázek 12) je keř s dvouletými prýty, který se vzniká pučením z kořene. První rok je vysoký od 60 cm do 200 cm. Prýty mají barvou od zelené po červenohnědou a jsou nejčastěji lysé, případně řídce chlupaté. Ostny pokrývající prýt jsou rozmístěny roztroušeně až shloučeně. Patří do čeledi růžovité (*Rosaceae*) (Kaplan, et al., 2019; Gutzerová, 2014).

Vyskytuje se na březích potoků, vlhkých místech a v půdě bohaté na živiny (Kaplan, et al., 2019; Gutzerová, 2014).



Obrázek 12. Ostružiník křovitý (*Rubus fruticosus*) na vybrané lokalitě v České Lípě, Zdroj: Autor (Jiří Březina), 2.8.2019


## 4.2. Průzkum vybrané lokality

Prvním důležitým krokem bylo nalezení vhodné lokality pro zkoumání vlivu odpadní vody na koncentraci živin v mokřadních rostlinách. Jako vhodnou lokalitou se projevila lokalita u České Lípy, ta se nachází u starého roubeného domu, kde je jímka, ze které odpadní voda vytéká na louku pod ní.

Nadmořská výška ve vybrané lokalitě je 240 m. n. m. Z toho důvodu zde lze očekávat rostliny nížin.

Lokalita je v katastru nemovitostí evidována jako trvale travní porost. (Obrázek 13) S výměrou 1400 m<sup>2</sup> (ČÚZK, 2019). Bonitovaná půdně ekologická jednotka má číslo 5.72.01, jedná se o třídu číslo 5, podle Vyhlášky č. 48/2011 Sb., která je pro zemědělství postradatelná a nízkým stupněm ochrany. Dále tato třída ukazuje že se jedná o klimatický region, který je teplý a mírně vlhký, je to typická oblast, která se vyskytuje v severní části České křídové tabule. Celkový obsah skeletu je do 25 %. Jedná se o lokalitu s velice nízkou rychlostí infiltrace půdy, to je dáno hlavně tím, že se zde vyskytují především jíly, ten je velmi málo propustný a však je až v hloubce od 30 cm. Díky nepropustnosti půdy je lokalita vhodná ke stavbě nádrže nebo k zatravnění. Nevhodné by bylo zalesnění pozemku (BPEJ, 2019).

### Informace o pozemku

Parcelní číslo:	<a href="#">324/1</a>	
Obec:	<a href="#">Česká Lípa [561380]</a>	
Katastrální území:	<a href="#">Dubice u České Lípy [621528]</a>	
Číslo LV:	<a href="#">1674</a>	
Výměra [m <sup>2</sup> ]:	1400	
Typ parcely:	Parcela katastru nemovitostí	
Mapový list:	DKM	
Určení výměry:	Ze souřadnic v S-JTSK	
Druh pozemku:	trvalý travní porost	

Sousední parcely

### Vlastníci, jiní oprávnění

Vlastnické právo	Podíl

### Způsob ochrany nemovitosti

Název
zemědělský půdní fond

### Seznam BPEJ

BPEJ	Výměra
<a href="#">57201</a>	1400

Obrázek 13. Výpis z katastru nemovitostí, Zdroj: cuzk.cz

Hlavní půdní jednotka má číslo 72 a tudíž se jedná o gleje, tudíž o půdu, která bývá zasycená vodou, nastává zde snížení sloučenin železa, čímž vzniká typická skvrnitost půdy. Jedná se o půdu, která má trvale vysokou hladinu podzemní vody

s vrstvou jílu na povrchu nebo těsně pod ním. Často se jedná o mělké půdy s téměř nepropustným podložím (BPEJ, 2019).

Prováděný management na lokalitě je pravidelné kosení ruční kosou, minimálně jednou ročně. V minulosti se zde prováděla, seč kosou častěji, a to až 5krát ročně. Louky v blízkosti se sekali traktory, z důvodu podmáčení se na zkoumané lokalitě nemohlo sekat též traktorem.

Pod loukou je soutok Robečského potoka a řeky Ploučnice, tudíž se jedná o vlhkou lokalitu i z tohoto důvodu, lze očekávat vlhkomilné rostliny. Studované území se nachází v těsné blízkosti Evropsky významné lokality Dolní Ploučnice, která spadá do soustavy chráněných území evropského významu Natura 2000.

Území se nachází v povodňové zóně 2, tudíž se jedná o zónu s nízkým výskytem povodně/ záplavy (Obrázek 14). S tím souvisí, že v minulosti byla lokalita několikrát zaplavena, naposledy to bylo v roce 2013 a v roce 2002. Tudíž i kvůli těmto událostem, které se stali v minulosti, tak mohly sloužit k obohacení půdy o živiny i ve studované lokalitě. To se může promítnout v rostlinách, které rostou mimo místo zamokřené odpadní vodou, že i u nich bude zvýšený obsah živin, avšak nemělo by to zásadně ovlivnit celkové výsledky.

## Riziková zóna pro vybranou adresu

### Zóna 2

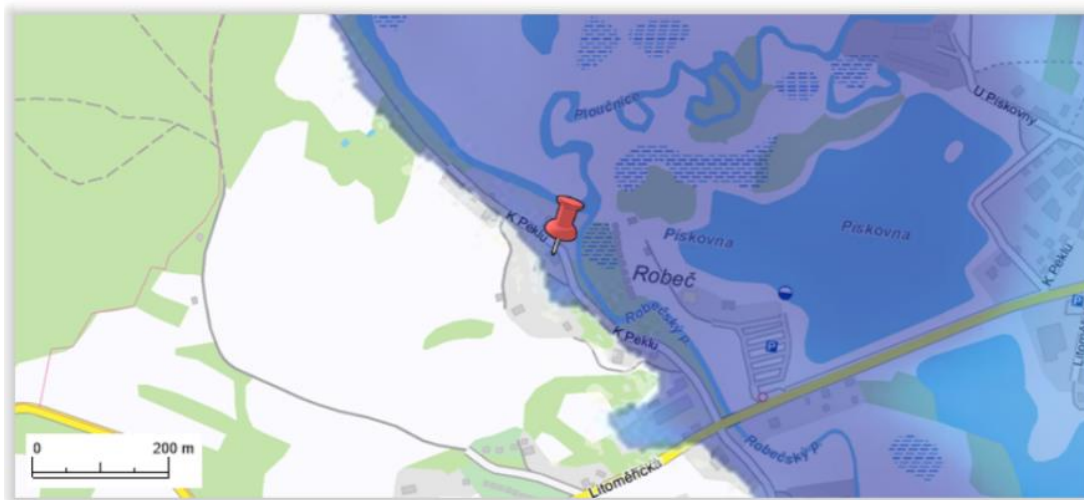
zóna s nízkým nebezpečím výskytu povodně/ záplavy.

## Doplňující informace

Souřadnice S-JTSK: X: -728500.40 Y: -979265.61

Souřadnice GPS: N: 50°40'21,86" E: 14°29'55,94"

Kód adresy: (dle registru RÚIAN)



## Vysvětlivky pojmů

Na základě vyhodnocení všech aspektů jsou definovány 4 tarifní povodňové zóny podle míry nebezpečí výskytu povodní:

**Zóna 1** – zóna se zanedbatelným nebezpečím výskytu povodně/ záplavy.

**Zóna 2** – zóna s nízkým nebezpečím výskytu povodně/ záplavy.

**Zóna 3** – zóna se středním nebezpečím výskytu povodně/ záplavy.

**Zóna 4** – zóna s vysokým nebezpečím výskytu povodně/ záplavy.

Souřadnice S-JTSK (Systém jednotné trigonometrické sítě katastrální) - geodetický souřadnicový systém používaný v ČR

Kód adresy - předávací kód adresního místa dle registru RÚIAN

Poskytovatel služby: Intermap Technologies, s.r.o. Více informací na [www.intermap.cz](http://www.intermap.cz).

**INTERMAP**

Obrázek 14. Povodňová mapa, Zdroj:

[https://riskportal.intermap.cz/Intermap.ISF.Web.UI/Views/CS/CAP\\_Public/MainWizard.aspx?culture=cs](https://riskportal.intermap.cz/Intermap.ISF.Web.UI/Views/CS/CAP_Public/MainWizard.aspx?culture=cs)

### 4.3. Odběr nadzemní biomasy rostlin

Dalším krokem pak bylo odebrání samotné biomasy, to probíhalo tak, že byly vybrány rostliny na stanovišti ovlivněné odpadní vodou a dále stejné rostliny na stanovišti v bezprostřední blízkosti, avšak zcela z dosahu vlivu odpadní vody. Odebráno bylo dostatečné množství rostlin, aby i po usušení rostliny, bylo dosaženo u listu, stonku nebo květu minimální hmotnosti 1 gram sušiny. Byly odebrány vždy tři rostliny a každá z nich byla analyzována samostatně.

Při odebírání vzorků se všechny rostliny popisovaly, aby bylo zřejmé, které jsou ovlivněné odpadní vodou a které nikoli. Dále je potřeba zmínit že rok 2019, byl

extrémně suchým rokem, a tudíž některé rostliny kvetly dříve, než kvetou obvykle. Lokalita, která vždy byla podmáčená, tak z důvodu sucha, byla pouze trochu zamokřená.

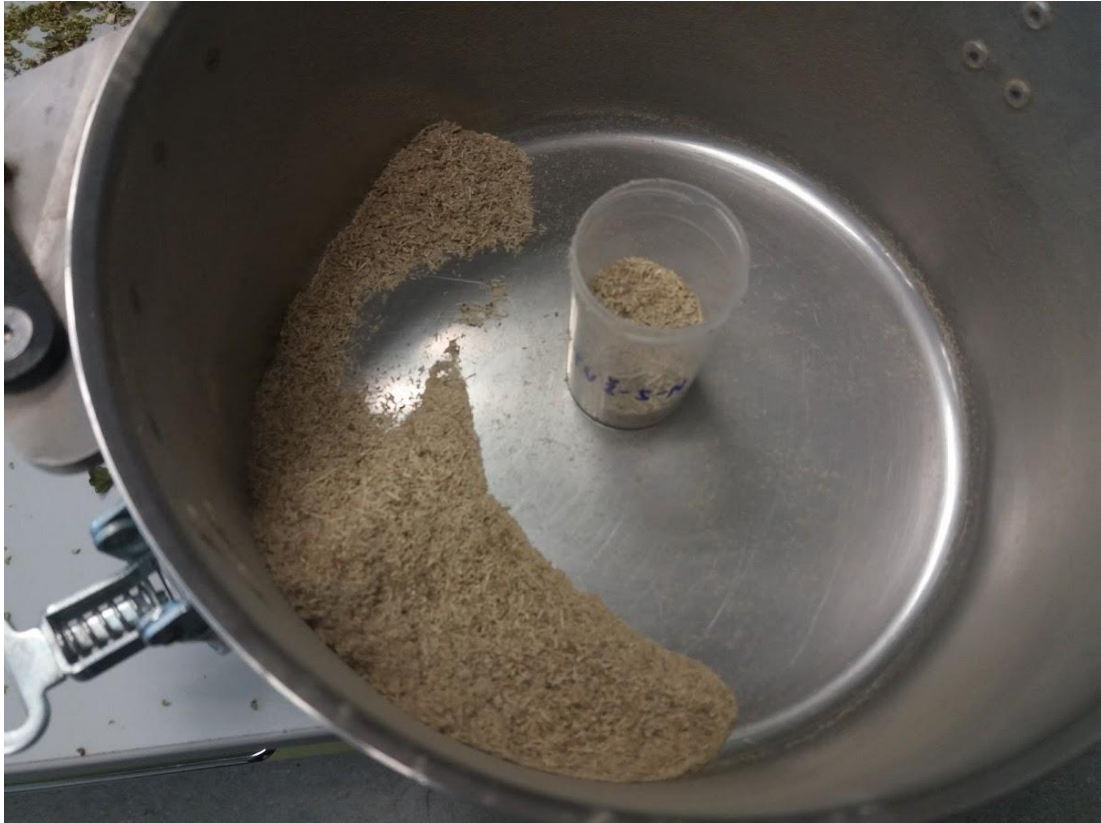
Nachází se zde jedna z nejznámějších invazivních rostlin, a to netýkavka žláznatá (*Impatiens glandulifera*) (MŽP, 2020), je to hlavně z toho důvodu že se jedná o lokalitu poblíž vodního toku, kde se nejčastěji šíří. V rámci odběru biomasy s profesorem Vymazalem bylo dohodnuto odebrání i této invazivní rostliny a byl proveden její rozbor.

Nakonec rostliny byly odvezeny do laboratoře na fakultu Životního prostředí České zemědělské univerzity v Praze, kde probíhala samotná analýza.

#### 4.4. Analýza biomasy v laboratoři

Rostlinná biomasa byla v laboratoři rozdělena na listy, stonky, případně květy u kvetoucích druhů (Obrázek 15) a vysušena při 60 °C do konstantní hmotnosti. Poté byla biomasa homogenizována (Obrázek 16) na řezacím mlýnku typu FRITSCH-Pulveriste 15 (Idar-Oberstein, Německo) (Obrázek 17). Stanovení celkového dusíku a uhlíku bylo provedeno přímou metodou na přístroji Skalar – PRIMACS SNC Analyzer (Breda, Nizozemí). Ke stanovení celkového fosforu je nutná mineralizace, při níž jsou veškeré přítomné formy fosforu nejprve převedeny na orthofosforečnany, které se následně stanoví např. kolorimetricky. Mineralizace se provádí pomocí kyseliny dusičné a kyseliny chloristé (Sommers & Nelson, 1972). Kolorimetrická metoda je součástí stanovení celkového fosforu dle ČSN EN ISO 6878. Jako standardní referenční materiál pro stanovení N, C a P bylo použito broskvové listí (NIST 1547 Peach Leaves, National Institute of Standards and Technology, Gaithersburgh, MD, USA).





Obrázek 16. Homogenizovaná biomasa Zdroj: Jiří Březina (autor) 20.11.2019



Obrázek 15. Separace vzorků, podle typu (list, stonk, květ) Zdroj: Jiří Březina (autor) 20.11.2019



Obrázek 17. Mlýnek FRITSCH-Pulverisette 15 (Idar-Oberstein, Německo) Zdroj: Jiří Březina (autor) 20.11.2019

#### 4.5. Odběr půdy

Pro podrobnější prozkoumání lokality jsem odebral ještě 8 vzorků půdy (Obrázek 18 a Obrázek 19) z půdního profilu 0-30 cm. Čtyři vzorky byly odebrány v lokalitě ovlivněné odpadní vodou, a další čtyři pak v blízké lokalitě, avšak kde se nevyskytuje odpadní voda. Osm vzorků se odebíralo z důvodu lepšího postižení případné variability. Z půdy se provede rozbor na obsah živin – dusíku a uhlíku.

Odebírání půdy probíhalo za použití zahradnického náčiní, konkrétně zahradnické lopatky a vypichovače plevele. Půda se odebírala do popsaných zkumavek a analýza probíhala též na přístroji Skalar – PRIMACS SNC Analyzer (Breda, Nizozemí)



*Obrázek 18. Pohled na lokalitu od severovýchodu, v zemi jsou patrné díry od odebrání půdy, Zdroj: Jiří Březina (autor), 2. března 2020*



Obrázek 19. Odběr půdy, Zdroj: Jiří Březina (autor), 2. března 2020.

#### 4.6. Statistika

Byl prováděn statistický dvouvýběrový t-test na porovnání výsledků na základě místa odběru rostlin, byl prováděn na naměřených hodnotách a je zobrazen v grafech v kapitole Výsledky, je označen písmeny vyneseny nad jednotlivými sloupci. Pokud se data statisticky neliší, tak se písmena shodují (takzvaně pokud t.test vyšel nad 0.05), pokud se statisticky liší, tak je zapsán odlišnými písmeny. Počítá se zde se směrodatnou odchylkou, která je znázorněna kladnou kolmicí od sloupce se zakončením, ve tvaru písmene T, pod jednotlivými písmeny. Ta byla vytvořena ze třech měření, co proběhly v laboratoři.

## 5. Výsledky

Výsledky prezentují, jaký obsah daného prvku (dusík, uhlík, fosfor) se vyskytuje v jednotlivé části rostliny v závislosti, jestli byla rostlina odebraná v místě, kde je zamokřena odpadní vodou a v místě, které se nachází na stejné lokalitě, ale není zde žádný vliv odpadní vody. Studie u typických mokřadních rostlin jako je rákos obecný (*Phragmites australis*) a chrastice rákosovitá (*Phalaris arundinacea*), které se používají na přečišťování odpadní vody, prokázala větší procentní zastoupení prvků v listech než ve stonku (Vymazal, et al., 2009), lze předpokládat obdobný výsledek i u studovaných rostlin.

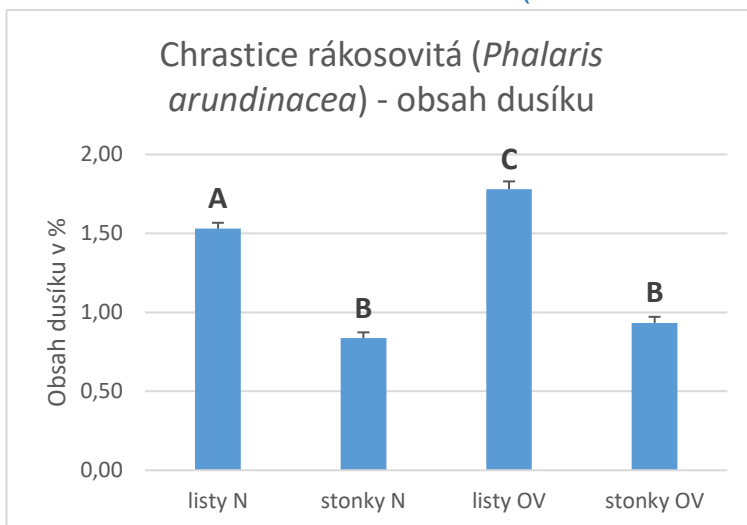
V poslední části výsledku jsou prezentována data z odebrané půdy ve vybrané lokalitě, jedná se o půdu, která byla odebrána v místě kudy protéká odpadní voda anebo v bezprostřední blízkosti, avšak tam, kde již znečištěná voda neprotéká. Obsah živin v rostlinách záleží na obsahu živin v půdě, a proto je zde i proveden rozbor půdy.

V textu jsou použité zkratky značené písmeny:

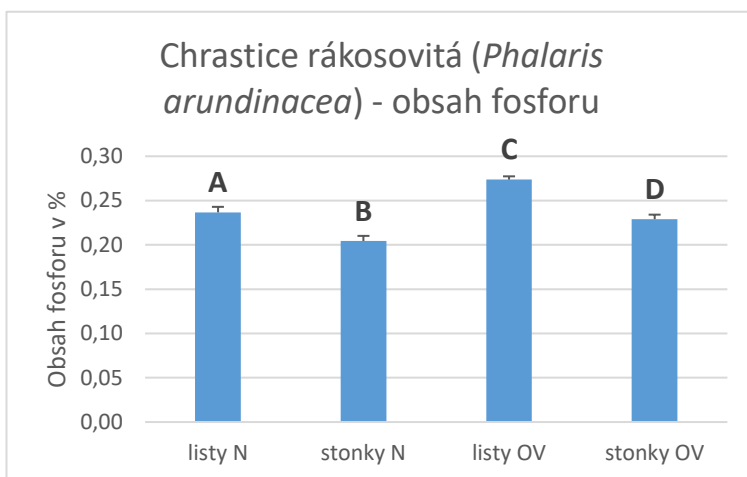
OV, O – značící lokalitu kde se vyskytuje odpadní voda

N, Č – značící rostliny, které jsou bez odpadní vody

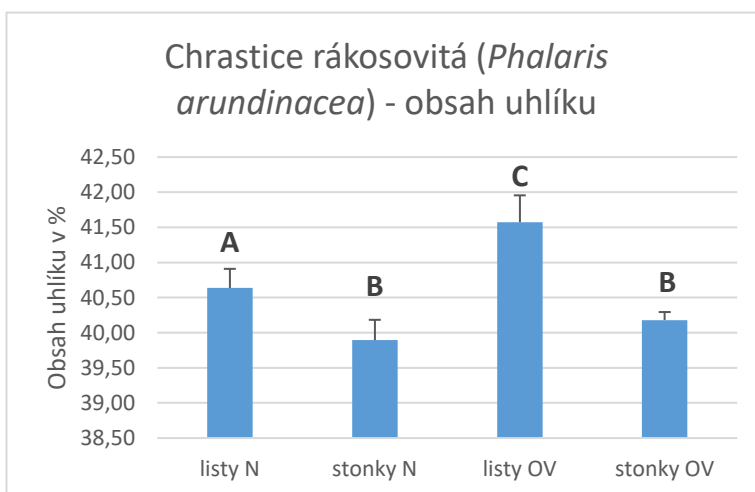
## 5.1. Chrastice rákosovitá (*Phalaris arundinacea*)



Graf 1. Chrastice rákosovitá (*Phalaris arundinacea*) - obsah dusíku v sušině průměrné hodnoty se shodných písmenem jsou statisticky nevýznamné na hladině alfa = 0,05. Chybové úsečky představují směrodatnou odchylku (n=3)



Graf 3. Chrastice rákosovitá (*Phalaris arundinacea*) - obsah fosforu v sušině vysvětlivky viz Graf 1



Graf 2. Chrastice rákosovitá (*Phalaris arundinacea*) - obsah uhlíku v sušině vysvětlivky viz Graf 1

Graf 1 uvádí vztah mezi obsahem dusíku a místem kde se nachází v rostlině v závislosti na odebraném místě. Z grafu je zřejmé, že je zde významný statistický rozdíl u odebraných listů rostliny, v případě odpadní vody je hodnota

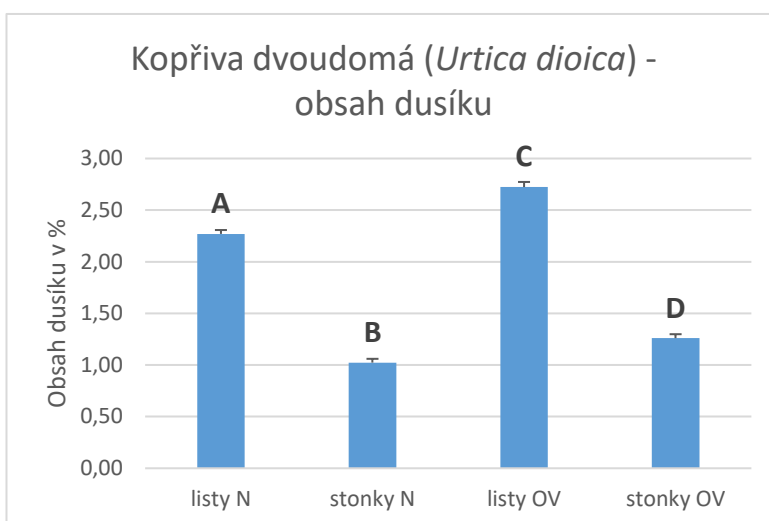
statisticky vyšší než u listů bez odpadní vody.

U stonků se nejedná o statisticky významný rozdíl.

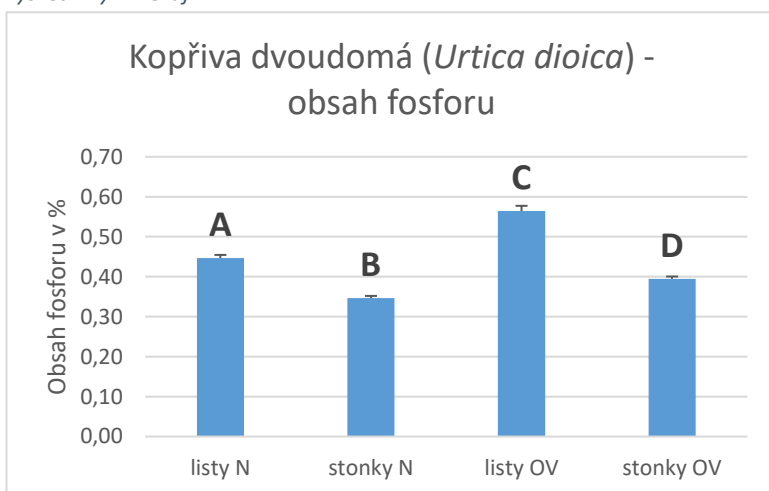
Graf 3 Obsah fosforu je větší v OV u listů i u stonku, je zde významný statistický rozdíl.

Graf 2 udává že měření uhlíku se liší pouze u listů, kde je větší koncentrace v OV. U stonků není významný statistický rozdíl.

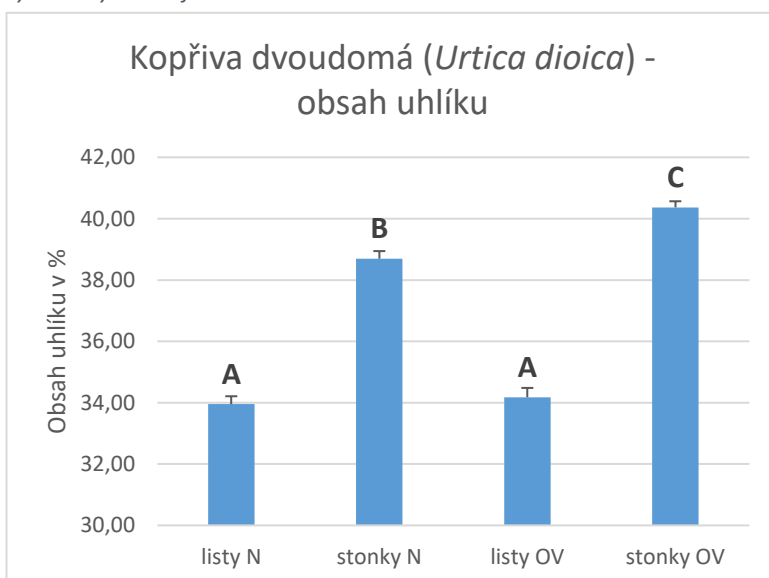
## 5.2. Kopřiva dvoudomá (*Urtica dioica*)



Graf 4. Kopřiva dvoudomá (*Urtica dioica*) - obsah dusíku v sušině vysvětlivky viz Graf 1



Graf 5. Kopřiva dvoudomá (*Urtica dioica*) - obsah fosforu v sušině vysvětlivky viz Graf 1



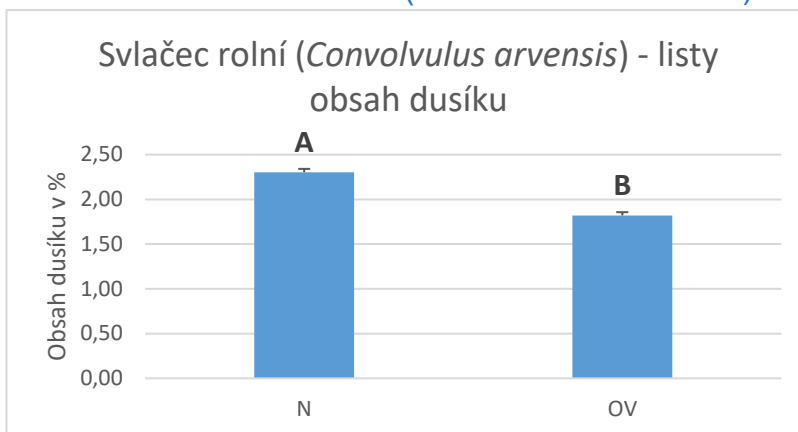
Graf 6. Kopřiva dvoudomá (*Urtica dioica*) - obsah uhlíku v sušině vysvětlivky viz Graf 1

Graf 4 uvádí obsah dusíku u rostliny: Kopřiva dvoudomá (*Urtica dioica*), z grafu je zřejmé že zkoumaná kopřiva, která rostla v odpadní vodě, tak má zvýšený obsah dusíku než ta, která rostla v čistém prostředí.

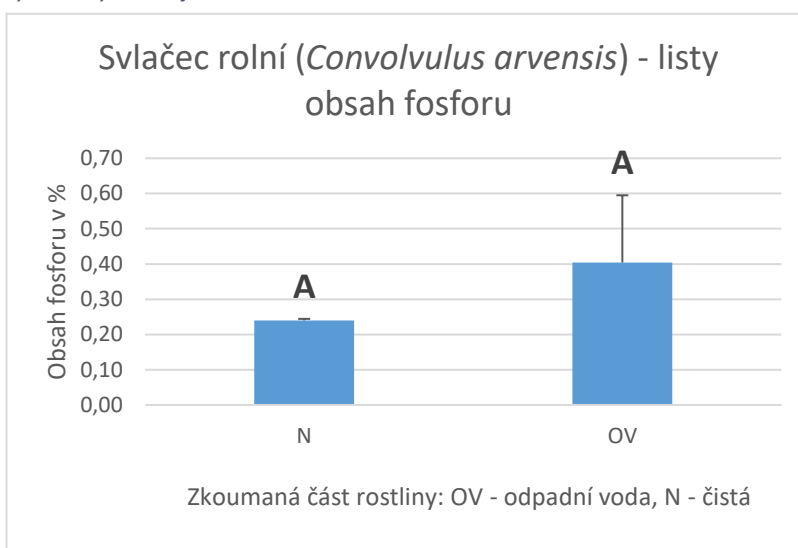
Graf 5 udává obsah fosforu a je zde patrný rozdíl v koncentraci fosforu u rostliny která, rostla v odpadní vodě.

Graf 6. Obsah uhlíku u rostliny: Kopřiva dvoudomá (*Urtica dioica*) prezentuje rozdíl koncentrace uhlíku ve stoncích rostliny v odpadní vodě je významný rozdíl a je zde mnohem větší naměřená hodnota.

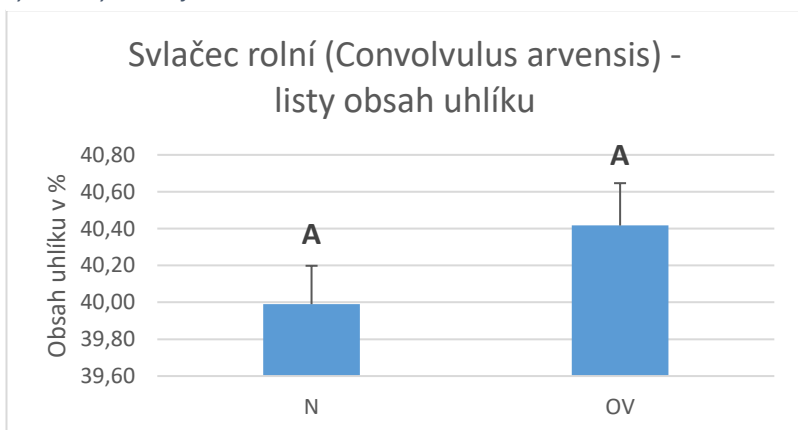
### 5.3. Svlačec rolní (*Convolvulus arvensis*)



Graf 7. Svlačec rolní (*Convolvulus arvensis*) - listy obsah dusíku v sušině vysvětlivky viz Graf 1



Graf 8. Svlačec rolní (*Convolvulus arvensis*) - listy obsah fosforu v sušině vysvětlivky viz Graf 1



Graf 9. Svlačec rolní (*Convolvulus arvensis*) - listy obsah uhlíku v sušině vysvětlivky viz Graf 1

U svlačce rolního (*Convolvulus arvensis*), byly zkoumány pouze listy, je to z důvodu že v aktuální dobu nekvetl a bylo by velmi problematické rozebírat zvláště stonky a zvláště listy.

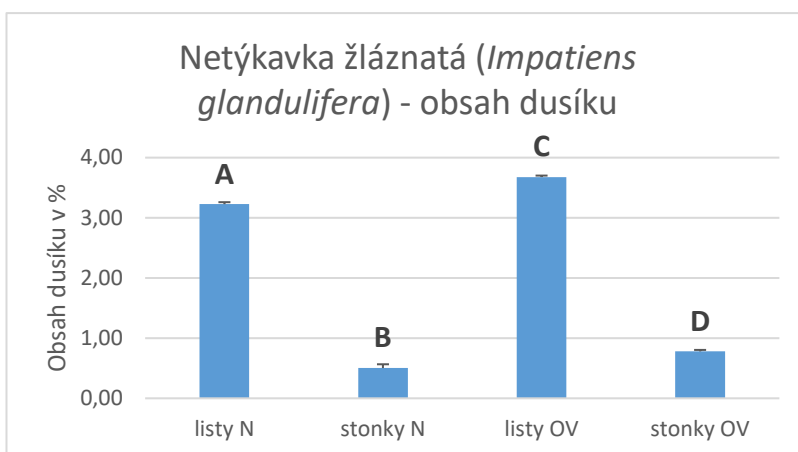
Graf 7 udává obsah dusíku ve Svlačci rolním (*Convolvulus arvensis*). Je zde významný rozdíl v obsahu dusíku, avšak v lokalitě N bylo naměřeno více dusíku, než tomu je v místě kudy protéká odpadní voda

Graf 8 znázorňuje obsah fosforu v rostlině a nejedná se o statisticky významný rozdíl.

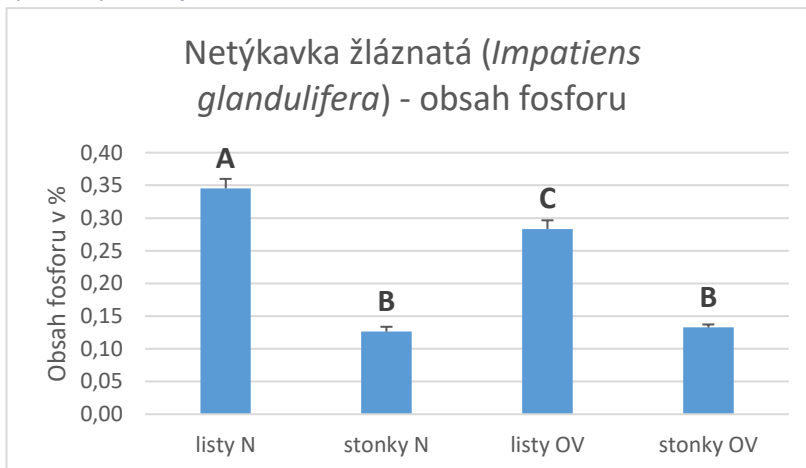
Graf 9 uvádí obsah uhlíku v % a je podobný grafu 8, nejedná se o významný statistický rozdíl.



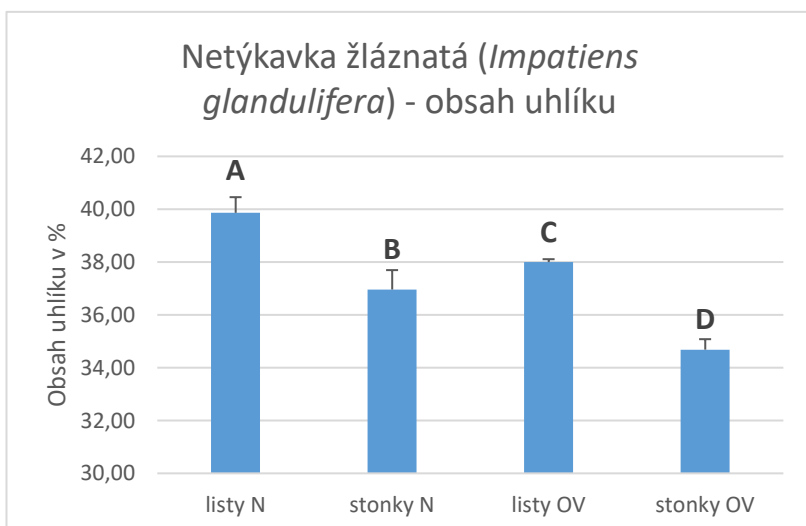
#### 5.4. Netýkavka žláznatá (*Impatiens glandulifera*)



Graf 11. Netýkavka žláznatá (*Impatiens glandulifera*) - obsah dusíku v sušině vysvětlivky viz Graf 1



Graf 10. Netýkavka žláznatá (*Impatiens glandulifera*) - obsah fosforu v sušině vysvětlivky viz Graf 1



Graf 12. Netýkavka žláznatá (*Impatiens glandulifera*) - obsah uhlíku v sušině vysvětlivky viz Graf 1

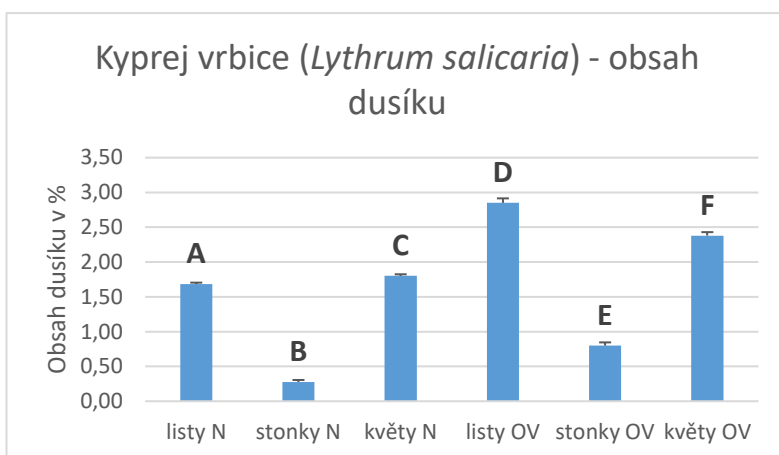
Dalším zkoumaným druhem je invazní druh: Netýkavka žláznatá (*Impatiens glandulifera*)

Graf 11 udává obsah dusíku, jedná se o vůbec největší obsah dusíku ze všech testovaných rostlin, jak u listů OV, tak u listů N. U stonků je obsah dusíku snížený. U listů i stonků se obsah dusíku liší, v odpadní vodě je významný rozdíl obsahu dusíku.

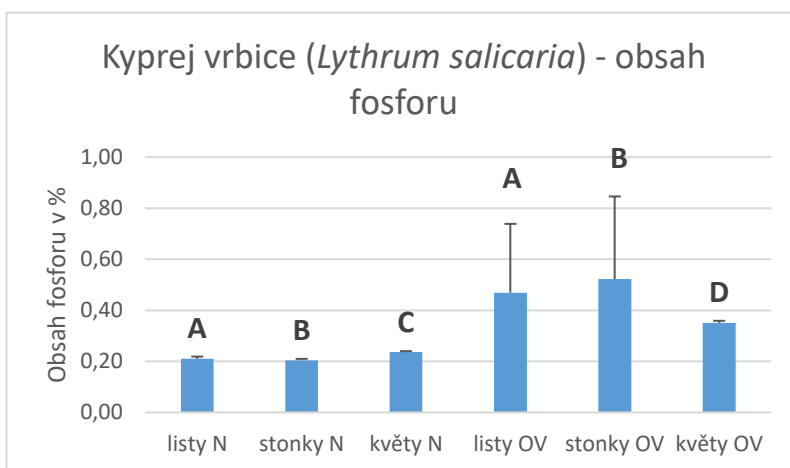
Graf 10 znázorňuje obsah fosforu, ze zkoumaných rostlin se jedná o velmi nízké hodnoty. U listů je rozdíl v obsahu, v případě listů OV je měřená hodnota menší, než u N. Hodnoty u stonku se výrazně neliší.

Graf 12. Obsah uhlíku se u netýkavky žláznaté (*Impatiens glandulifera*) liší, u N jsou hodnoty vyšší než u OV v případě stonků i listů.

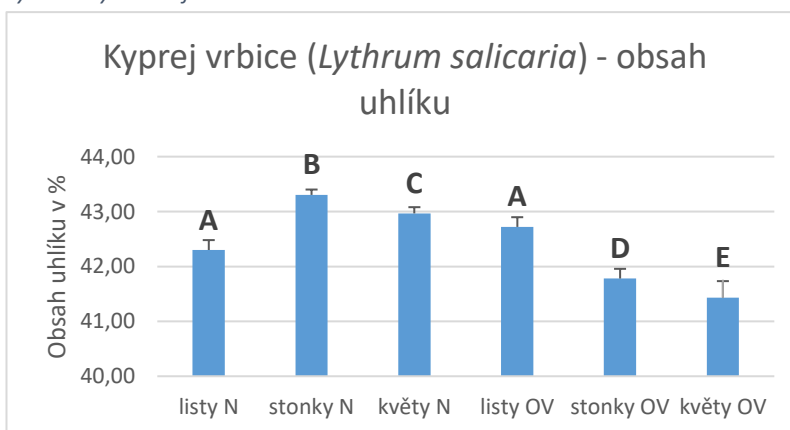
## 5.5. Kyprej vrbice (*Lythrum salicaria*)



Graf 14. Kyprej vrbice (*Lythrum salicaria*) - obsah dusíku v sušině vysvětlivky viz Graf 1



Graf 13. Kyprej vrbice (*Lythrum salicaria*) - obsah fosforu v sušině vysvětlivky viz Graf 1



Graf 15. Kyprej vrbice (*Lythrum salicaria*) - obsah uhlíku v sušině vysvětlivky viz Graf 1

rozdíl. Květy OV, mají významný rozdíl obsahu fosforu než květy N.

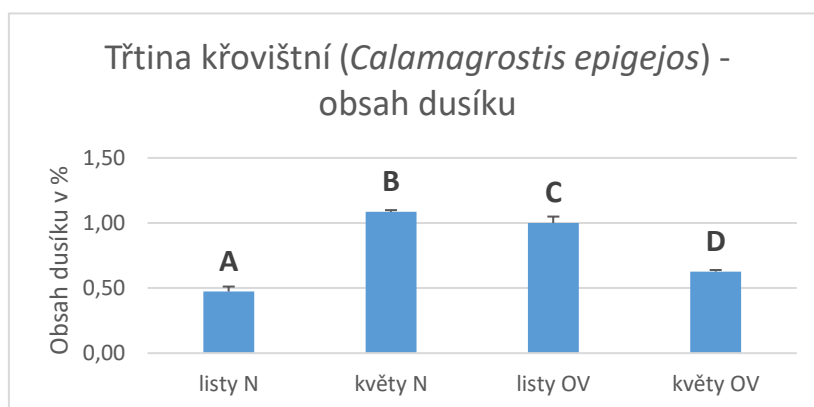
Graf 15 znázorňuje obsah uhlíku, v listech se nejedná o významný rozdíl, rozdíl je však u stonků a květů, kdy rostliny N mají větší obsah uhlíku.

Kyprej vrbice (*Lythrum salicaria*) byl odebíráán v době, kdy právě kvetl, proto byl proveden rozbor živin i v květu

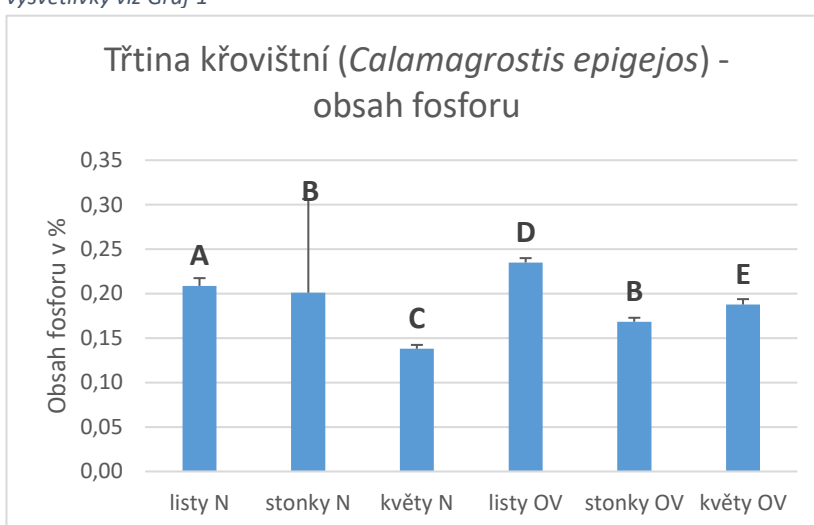
Graf 14. Na grafu je patrná větší koncentrace dusíku ve všech částech rostliny u OV. Listy OV mají skoro dvojnásobné množství obsahu dusíku než listy u N. U stonku N byl naměřen nejmenší obsah dusíku ze všech zkoumaných rostlin

Graf 13 udává obsah fosforu u rostliny: Kyprej vrbice (*Lythrum salicaria*). I když je průměrný obsah fosforu v listech OV a stoncích OV větší, tak se nejedná o statisticky významný

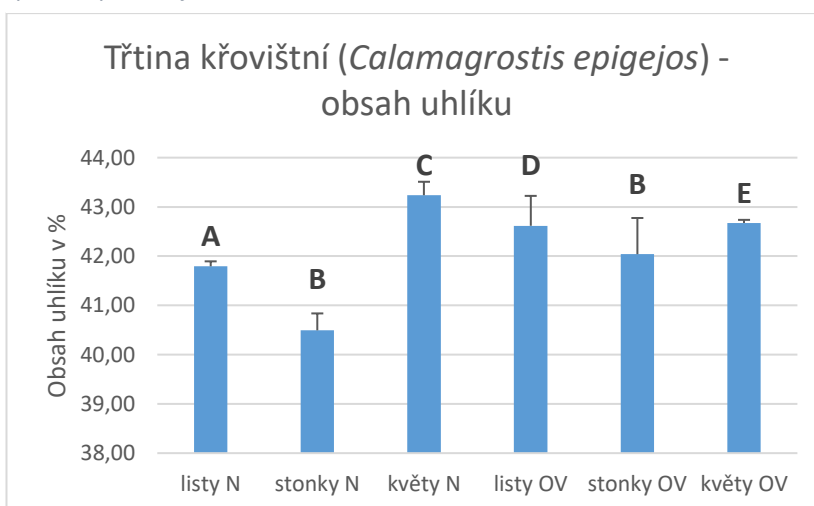
## 5.6. Třtina křovištní (*Calamagrostis epigejos*)



Graf 16. Třtina křovištní (*Calamagrostis epigejos*) - obsah dusíku v sušině vysvětlivky viz Graf 1



Graf 17. Třtina křovištní (*Calamagrostis epigejos*) - obsah uhlíku v sušině vysvětlivky viz Graf 1



Graf 18. Třtina křovištní (*Calamagrostis epigejos*) - obsah fosforu v sušině vysvětlivky viz Graf 1

mají zvýšený obsah uhlíku, u stonků OV je průměrná hodnota též větší, avšak je to statisticky nevýznamný rozdíl.

Další zkoumanou rostlinou je třtina křovištní (*Calamagrostis epigejos*), kdy v případě dusíku byl proveden rozbor pouze na obsah dusíku v listech a květech.

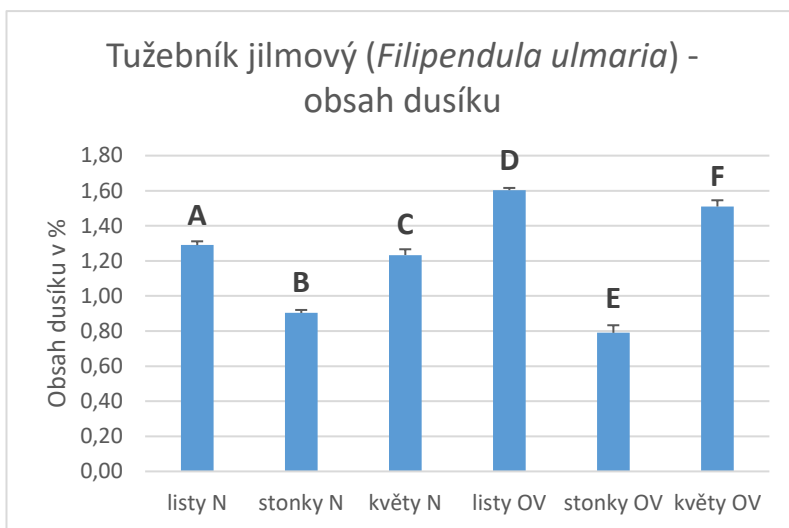
Graf 16 znázorňuje obsah dusíku, listy v OV mají více než dvojnásobnou hodnotu dusíku, avšak květy OV, mají dvakrát menší hodnotu než květy N.

Graf 17 udává obsah fosforu, u listů a květů je zvýšený obsah v OV. U stonků se nejedná o významný statistický rozdíl.

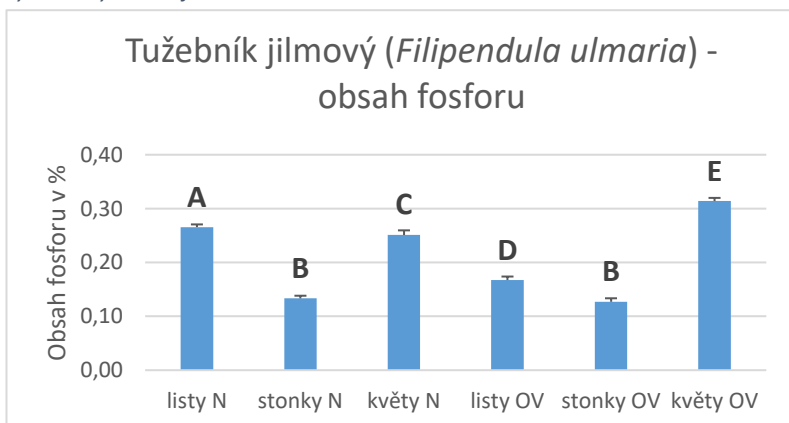
Graf 18 udává obsah uhlíku u třtiny křovištní (*Calamagrostis epigejos*).

Listy OV

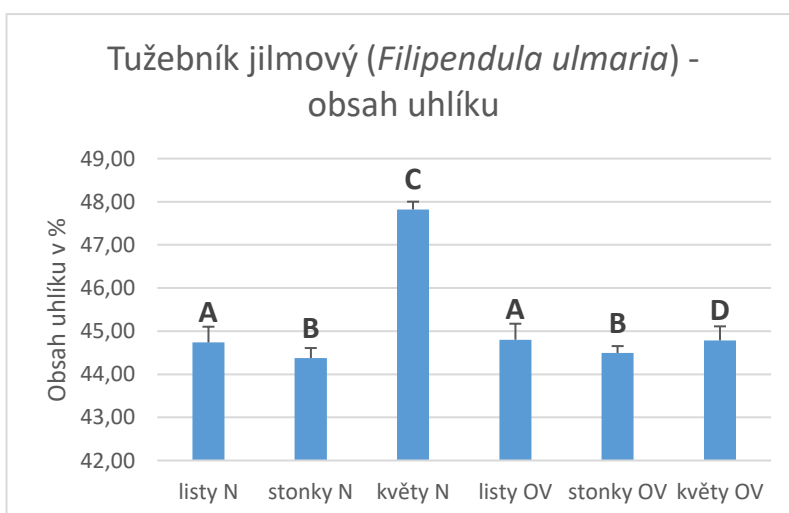
## 5.7. Tužebník jilmový (*Filipendula ulmaria*)



Graf 19. Tužebník jilmový (*Filipendula ulmaria*) - obsah dusíku v sušině vysvětlivky viz Graf 1



Graf 20. Tužebník jilmový (*Filipendula ulmaria*) - obsah fosforu v sušině vysvětlivky viz Graf 1



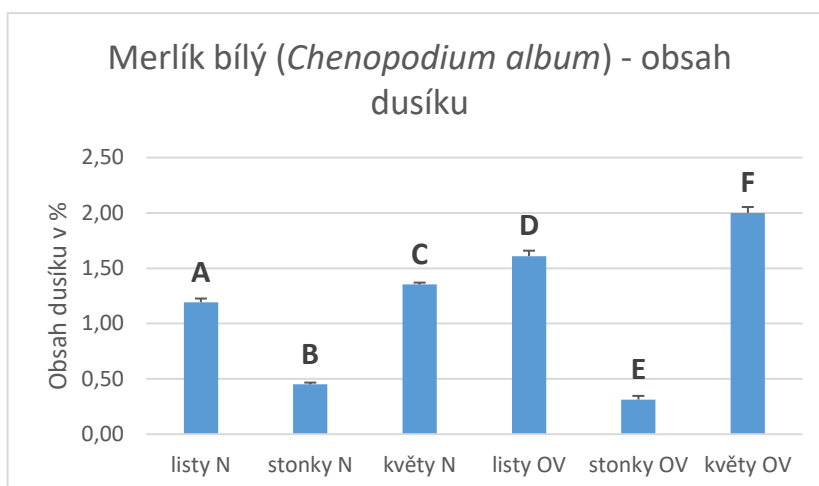
Graf 21. Tužebník jilmový (*Filipendula ulmaria*) - obsah uhlíku v sušině vysvětlivky viz Graf 1

Graf 19 udává obsah dusíku. V listech OV a květech OV je vyšší obsah dusíku než u N. u stonků je tomu naopak, stonky N mají více dusíku než stonky OV.

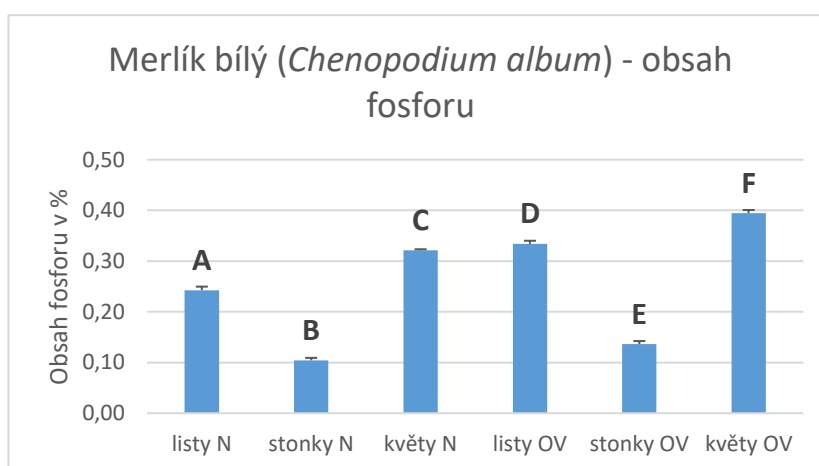
Graf 20 znázorňuje obsah fosforu v Tužebník jilmový (*Filipendula ulmaria*). V květech OV je zvýšený obsah dusíku, v listech je tomu naopak a N je zde vyšší. U stonků se hodnoty neliší.

Graf 21. U květů N byla naměřena velká hodnota uhlíku, jedná se o tu nejvyšší hodnotu ze všech měřených rostlin a je vyšší než u květů OV. V případě listů a stonků se též jedná o nadprůměrné hodnoty, avšak listy a stonky se od sebe výrazně neliší.

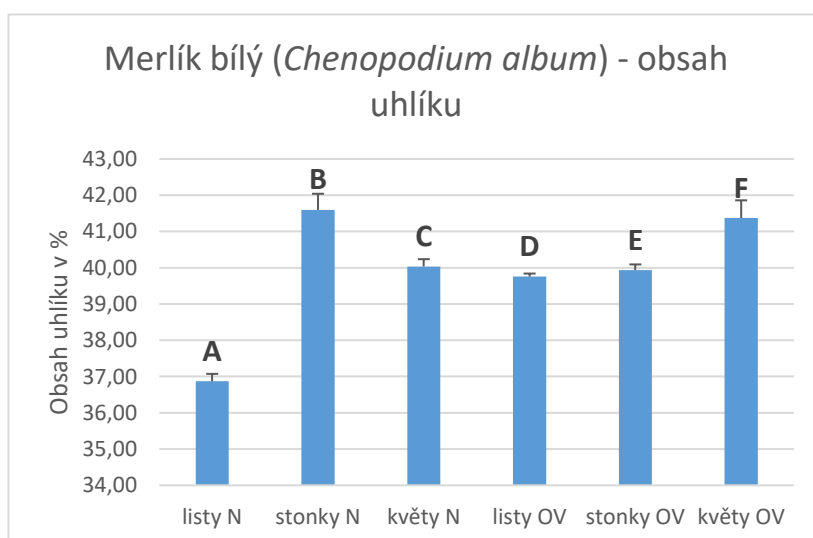
## 5.8. Merlík bílý (*Chenopodium album*)



Graf 22. Merlík bílý (*Chenopodium album*) - obsah dusíku v sušině vysvětlivky viz Graf 1



Graf 23. Merlík bílý (*Chenopodium album*) - obsah fosforu v sušině vysvětlivky viz Graf 1



Graf 24. Merlík bílý (*Chenopodium album*) - obsah uhlíku v sušině vysvětlivky viz Graf 1

opačně je tomu pouze u stonků, kde byla naměřena vyšší hodnota u N.

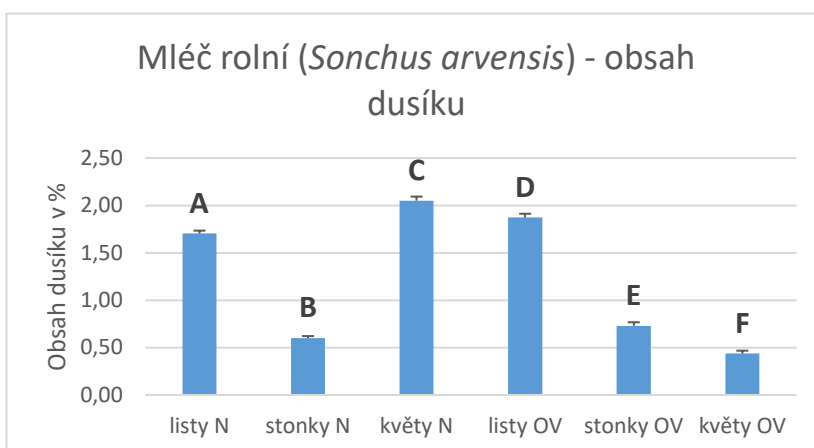
Další zkoumanou rostlinou je Merlík bílý (*Chenopodium album*).

Graf 22 udává zvýšené hodnoty dusíku v odpadní vodě u listů i květů OV, naopak je tomu u stonků N, kde je hodnota vyšší než u OV.

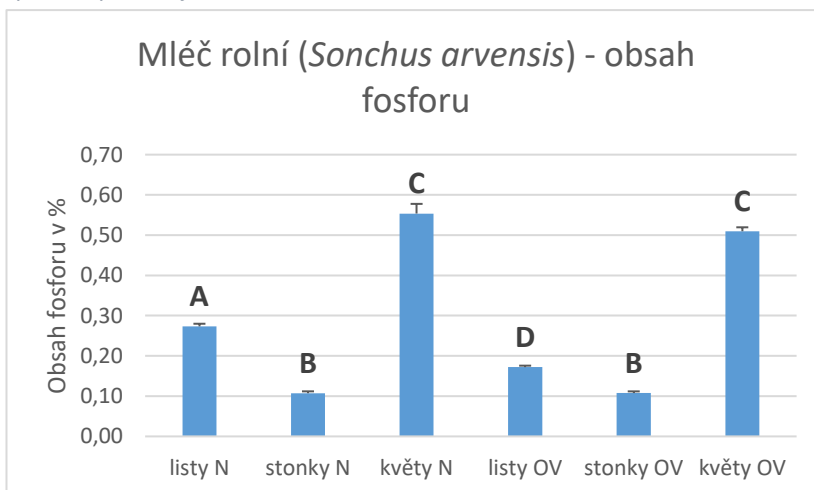
Graf 23 uvádí hodnoty naměřeného fosforu a ve všech případech je v odpadní vodě větší koncentrace fosforu, než je tomu u rostlin, které rostly v bezprostřední lokalitě bez odpadní vody. U stonků N se jedná o nejmenší obsah fosforu ze všech měřených rostlin.

Graf 24 prezentuje vyšší hodnoty v odpadní vodě u listů a u květů.,

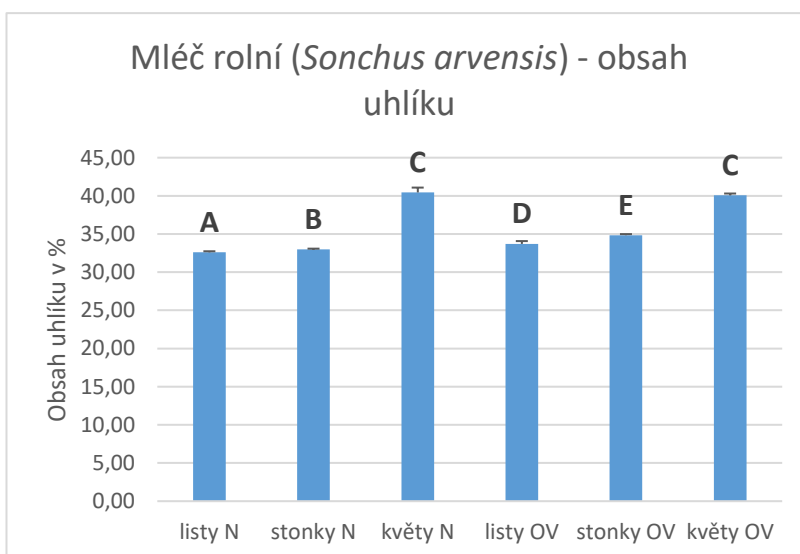
## 5.9. Mléč rolní (*Sonchus arvensis*)



Graf 25. Mléč rolní (*Sonchus arvensis*) - obsah dusíku v sušině vysvětlivky viz Graf 1



Graf 27. Mléč rolní (*Sonchus arvensis*) - obsah fosforu v sušině vysvětlivky viz Graf 1



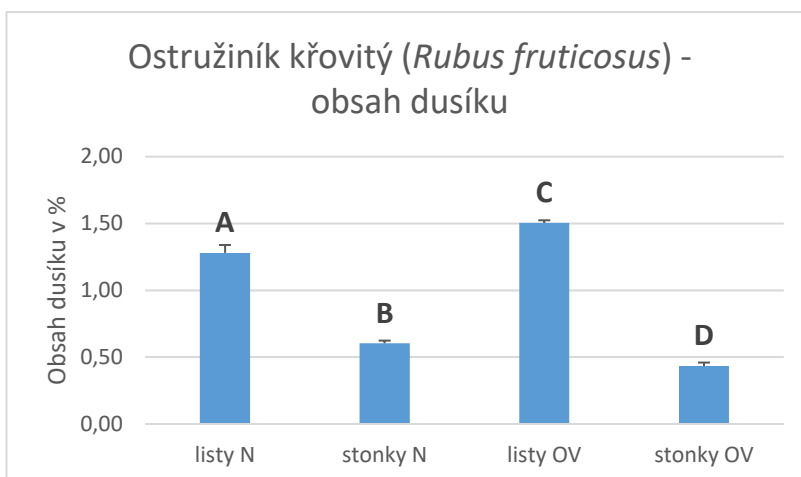
Graf 26. Mléč rolní (*Sonchus arvensis*) - obsah uhlíku v sušině vysvětlivky viz Graf 1

Graf 25 má zvýšený obsah dusík u listů OV a stonků OV. Naopak tomu je pouze u květů OV, kde je naměřená hodnota čtyřikrát menší, než je tomu u květů N.

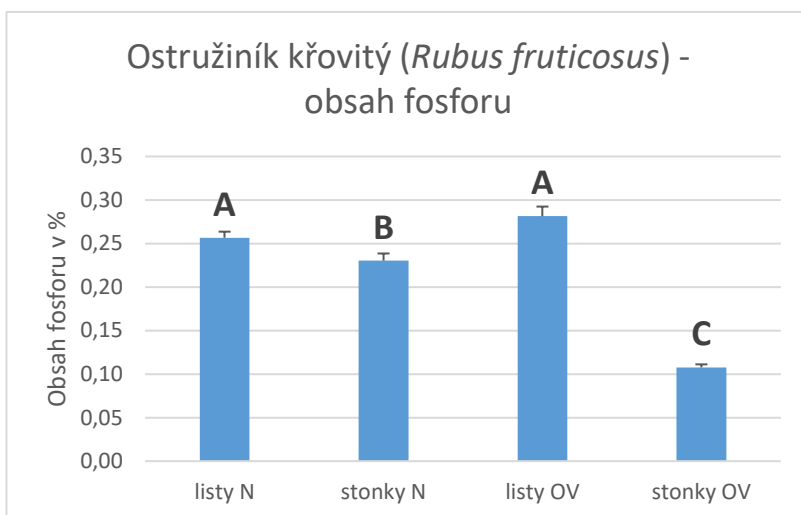
Graf 27 prezentuje vyšší naměřenou koncentraci fosforu u listů N. U stonků a květů se podle provedeného t.testu od sebe výrazně neliší OV od N.

Graf 26 udává hodnoty naměřeného uhlíku vyšší u listů OV a stonků OV než u N. Výrazná změna není u květů.

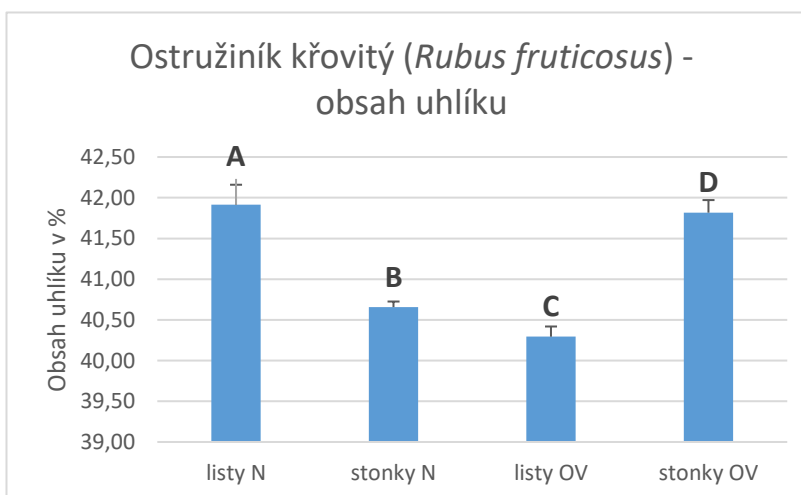
## 5.10. Ostružiník křovitý (*Rubus fruticosus*)



Graf 28. Ostružiník (*Rubus fruticosus*) - obsah dusíku v sušině vysvětlivky viz Graf 1



Graf 29. Ostružiník (*Rubus fruticosus*) - obsah fosforu v sušině vysvětlivky viz Graf 1



Graf 30. Ostružiník (*Rubus fruticosus*) - obsah uhlíku v sušině vysvětlivky viz Graf 1

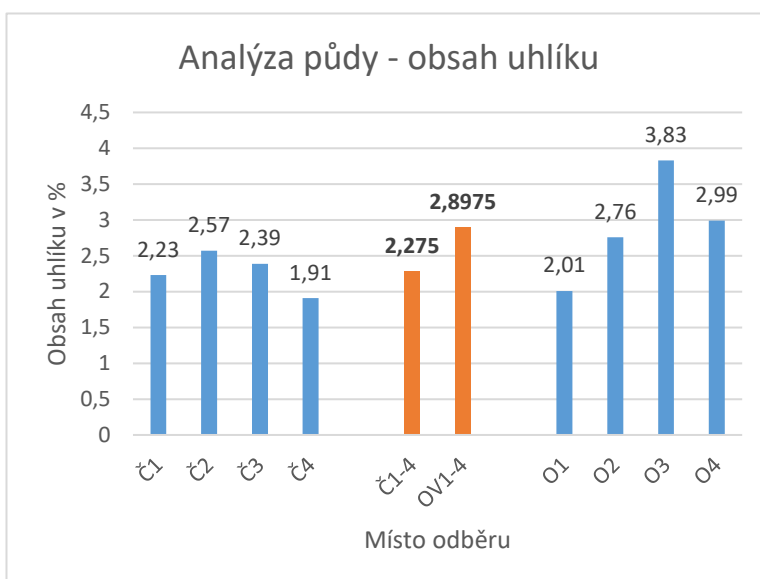
Poslední zkoumanou rostlinou je Ostružiník křovitý (*Rubus fruticosus*).

Graf 28 udává zvýšený obsah dusíku v listech OV. Naopak je tomu u stonků, kde N je vyšší než OV.

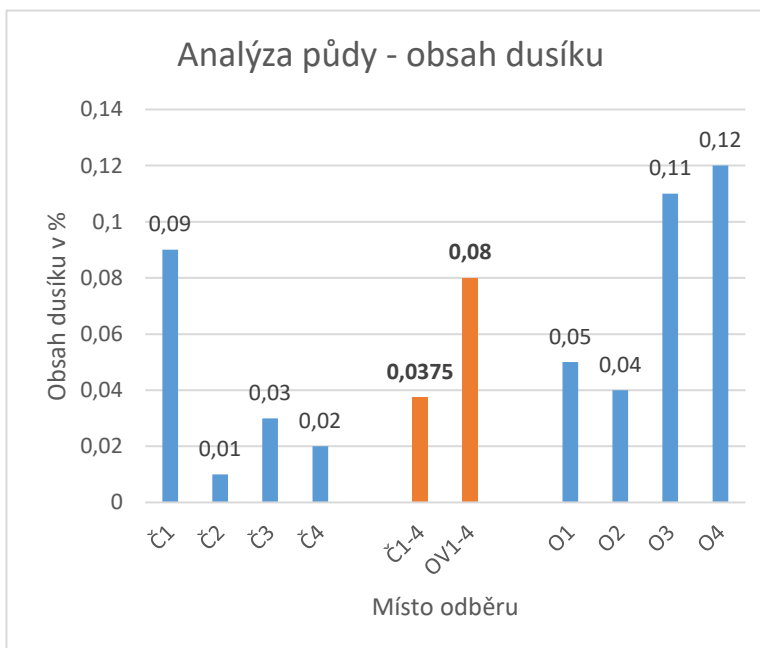
Graf 29 má vyšší koncentraci fosforu u stonků N, a to až dvojnásobně oproti stonkům OV. Listy mají vyšší naměřenou hodnotu u OV, avšak nejedná se o významný statistický rozdíl.

Graf 30 prezentuje vyšší koncentraci uhlíku u stonků OV a však v případě listů je tomu naopak a vyšší koncentrace je u N.

## 5.11. Rozbor půdy



Graf 31. Analýza půdy – obsah uhlíku v půdě



Graf 32. Analýza půdy – obsah dusíku v půdě

liší. Nejedná se o statisticky významný rozdíl (Graf 32).

Průměrná hodnota je znázorněna uvnitř grafů (Graf 31 a Graf 32) oranžovou barvou, značena jako Č1-4 a OV1-4.

Další zkoumanou položkou je obsah půdy na živiny, konkrétně na uhlík a dusík. Jsou rozděleny podle místa odběru na Č a O. Písmeno Č značí čistou lokalitu, bez odpadní vody. Písmeno O značí lokalitu, kde se nachází odpadní voda.

Obsah dusíku v půdě je velmi chudý na dusík, zvláště v čisté části.

U obsah uhlíku byl proveden t.test jestli se od sebe výrazně liší lokality a p hodnota je  $0,171 > 0,05$ , tudíž se nejedná o statisticky významný rozdíl (Graf 31).

U obsahu dusíku byl též proveden t.test, jestli se od sebe lokality výrazně



## 6. Diskuze

V bakalářské práci bylo probíráno téma, jak odpadní voda ovlivňuje rostliny, které rostou u výtoku z jímky od rodinného domu. Záleží na mnoha faktorech, které mohou ovlivňovat výskyt jednotlivých prvků v rostlinách. Jedná se hlavně o množství protečené vody a s tím související počet osob vyskytující se v rodinném domě. Dále záleží na tom, jestli je voda přečišťována čističkou, jestli protéká skrze vícekomorový septik nebo jestli se jedná o jímku, bez přečištění vody nebo bez akumulaci odpadní vody. Podle množství výtokové odpadní vody se bude měnit skladba rostlin vyskytující se za výtokem, při trvalém zamokření se zde bude vyskytovat jiná skladba rostlin než při občasném zaplavování nebo mírném zamokření. Každá rostlina bude jinak snášet hypoxii a anoxii.

Další faktory ovlivňující růst rostlin na lokalitě je obsah živin vyskytujících se v půdě. Výskyt živin v rostlinách byl v této práci zaměřen pouze na 3 prvky, ale je zde mnohem více faktorů, mnohem více prvků, které ovlivňují růst rostlin na vybrané lokalitě, uplatňuje se zde Liebigův zákon minima, který ovlivňuje rostliny podle toho prvku, kterého je v půdě nejméně. Pro lepší prozkoumání lokality a biomasy v ní se vyskytující, by bylo dobré provést analýzu rostlin i na další prvky a však vybrané prvky (fosfor, uhlík, dusík) jsou těmi nejdůležitějšími pro stavbu rostlin.

U stejné rostliny se například může vyskytovat větší koncentrace prvku v odpadní vodě v listech, ale naopak je tomu u stonku stejné rostliny, kde je větší koncentrace v neovlivněné lokalitě, přitom se jedná o stejnou rostlinu.

Některé rostliny odebírány ze stejného místa, obsahují zvýšený obsah živin jen u jednoho z prvků a u některých to bude naopak i když jde o stejné stanoviště a stejný zkoumaný druh rostliny.

Některý statistický t.test potvrdil vyšší koncentraci živin nacházející se v lokalitě bez zamokření odpadní vodou. Může to být dáno tím, že se daná lokalita nachází poblíž řeky, do které vytéká odpadní voda z čističek odpadních vod a při povodních se může řeka rozlít i na běžně nezamokřené lokality a tím se může koncentrace živin vyskytovat i na jinak „čisté“ lokalitě.

Největší koncentrace živin v biomase se nacházela v odpadní vodě, kde byla vyšší koncentrace než u rostlin nacházející se mimo odpadní vodu. Z lze usuzovat, že odpadní voda má zásadní vliv na koncentraci prvku v rostlinách. V závěru práce jsou vyjmenovány rostliny, kde se nachází vyšší/nížší obsah živin nebo u kterých to není statisticky významný rozdíl.

		listy	stonky	květy
Chrastice rákosovitá	dusík	zeleně	oranžově	bíle
	fosfor	zeleně	zeleně	bíle
	uhlík	zeleně	oranžově	bíle
Kopřiva dvoudomá	dusík	zeleně	zeleně	bíle
	fosfor	zeleně	zeleně	bíle
	uhlík	oranžově	zeleně	bíle
Svlačec rolní	dusík	červeně	bíle	bíle
	fosfor	oranžově	bíle	bíle
	uhlík	oranžově	bíle	bíle
Netýkavka žláznatá	dusík	zeleně	zeleně	bíle
	fosfor	červeně	oranžově	bíle
	uhlík	červeně	červeně	bíle
Kyprej vrbice	dusík	zeleně	zeleně	zeleně
	fosfor	oranžově	oranžově	zeleně
	uhlík	oranžově	červeně	červeně
Třtina křovištní	dusík	zeleně	bíle	červeně
	fosfor	zeleně	oranžově	zeleně
	uhlík	zeleně	oranžově	červeně
Tužebník jilmový	dusík	zeleně	červeně	zeleně
	fosfor	červeně	oranžově	zeleně
	uhlík	oranžově	oranžově	červeně
Merlík bílý	dusík	zeleně	červeně	zeleně
	fosfor	zeleně	zeleně	zeleně
	uhlík	zeleně	červeně	zeleně
Mléč rolní	dusík	zeleně	zeleně	červeně
	fosfor	červeně	oranžově	oranžově
	uhlík	zeleně	zeleně	oranžově
Ostružiník křovitý	dusík	zeleně	červeně	bíle
	fosfor	oranžově	červeně	bíle
	uhlík	červeně	zeleně	bíle

Tabulka 1. Tabulka vychází z grafů a porovnává lokalitu kudy protéká odpadní voda s lokalitou bez vlivu odpadní vody. Pomocí barev prezentuje, kde se nalézá vyšší koncentrace živin: v odpadní vodě (zeleně), v lokalitě nezamokřené odpadní vodou (červeně) nebo kde je to statisticky nevýznamný rozdíl na hladině alfa (oranžově), hodnoty bílé nebyly měřeny.

Z Tabulka 1 je patrné, v jakých částech rostliny se nalézala vyšší koncentrace živin v odpadní vodě a kde tomu bylo naopak, anebo kde není statisticky významný rozdíl. Výsledky prezentují jednotlivé rostliny, pro přehlednost byla vytvořena tabulka, kde je přesně znázorněno, ve které části rostliny je vyšší nebo nižší koncentrace živin.

Chrastice rákosovitá (*Phalaris arundinacea*) má jednu z největších koncentrací prvků v místě znečištěném odpadní vodou. Má významný rozdíl mezi porovnávanými lokalitami. Jedná se o rostlinu, která může významně přečišťovat odpadní vodu.

Kopřiva dvoudomá (*Urtica dioica*) má nejvíce zvýšení obsah živin u odpadní vody a až na jeden výsledek, kde nevyšel statistický rozdíl, tak je vždy větší koncentrace živin v odpadní vodě.

Svlačec rolní (*Convolvulus arvensis*) Koncentrace živin byla zkoumána v nadzemní část rostliny, ale oddenky rostliny bývají dlouhé a rozrůstají se do šíře a nemusely růst pouze v odpadní vodě. To může být důvod, proč zde není významný statistický rozdíl.

Merlík bílý (*Chenopodium album*) v t. testu se prokázal větší koncentrací živin v rostlině vyskytující se v odpadní vodě a to až v 7 případech z 9.

## 7. Závěr a přínos práce

Tato bakalářská práce se zabývá hodnocením obsahů prvků v rostlinách v závislosti na odpadní vodě. Konkrétně jsem zkoumal množství uhlíku, dusíku a fosforu v rostlinách, na které působí odpadní voda a porovnával jsem je se stejnými rostlinami, které rostou v bezprostřední blízkosti bez odpadní vody. Prvně proběhl průzkum vybrané lokality.

Výsledky prezentují zvýšený obsah prvků v biomase, která se vykytuje v odpadní vodě než v biomase, která se nalézá v bezprostřední blízkosti. Tyto rostliny, které rostou v odpadní vodě přečišťují vodu o přebytečné živiny v půdě a můžou být dalším předmětem zkoumání pro přečišťování odpadní vody z rodinných domů.

Rostliny, které měly vyšší koncentraci živin a nacházely se v odpadní vodě, byly tyto: chrastice rákosovitá, kopřiva dvoudomá, kyprej vrbice, třtina křovištní, merlík bílý a mléč rolní. Jedná se o rostliny, které jasně prokázaly vyšší koncentrace živin v biomase v rostlinách v místě, které bylo ovlivněno odpadními vodami než stejné rostliny v její blízkosti.

Rostliny, které měly vyšší koncentraci živin v lokalitě nezamokřené odpadní vodou jsou ostružiník křovitý a netýkavka žláznatá, tyto rostliny měly větší koncentraci živin v biomase v rostlinách na lokalitě nezamokřené odpadní vodou.

Rostliny, které se neměly významný rozdíl v obsahu živin v závislosti na lokalitách, jsou: svlačec rolní a tužebník jilmový.

Díky této práci jsem zjistil, jakým způsobem se zkoumá koncentrace živin v rostlinách a v půdě, uvědomil jsem si problematiku spojenou s odpadní vodou a jejím přečišťování. Myslím že z důvodu sucha a zadržování vody, se v budoucnosti začnou více využívat kořenové čističky odpadních vod. Má práce prezentuje, že je více rostlin, které přečišťují odpadní vodu a berou si z ní přebytečné živiny a ty používají pro svůj růst.

## 8. Přehled literatury a použitých zdrojů

### Bibliografie

Anon., 2019. *Biolib*. [Online]

Available at: <https://www.biolib.cz/cz/main/>

Bílý, M., 2020. *Základy hydrobiologické chemie*, Praha: Michal Bílý.

BPEJ, 2019. *Kód 5.72.01*. [Online]

Available at: <https://bpej.vumop.cz/>

Craft, C., Vymazal, J. & Kröpfelová, L., 2018. Carbon sequestration and nutrient accumulation in floodplain and depression wetlands. *Ecological Engineering*, 114, 137-145.

Cronk, J. K. & Fennessy, S. M., 2001. *Wetland Plants: Biology and Ecology*. 1 ed. s.l.:CRC Press.

ČÚZK, 2019. *Český úřad zeměměřický a katastrální*. [Online]

Available at:

[https://nahlizenidokn.cuzk.cz/ZobrazObjekt.aspx?encrypted=G7umzPGHm07ggJN2BRYPc-fRRFU-1iCKo4unzjbwUxbj8w9NTUO1yYNqD3UxDiQ7IOHGd1YwAOaQsk4uJT\\_E-8rIFvcknMyw-xjOpA1emDWBmecuXOPz0xbHuy5NrPq](https://nahlizenidokn.cuzk.cz/ZobrazObjekt.aspx?encrypted=G7umzPGHm07ggJN2BRYPc-fRRFU-1iCKo4unzjbwUxbj8w9NTUO1yYNqD3UxDiQ7IOHGd1YwAOaQsk4uJT_E-8rIFvcknMyw-xjOpA1emDWBmecuXOPz0xbHuy5NrPq)

Deyl, M. & Hísek, K., 2004. *Naše květiny*. Praha: Academia.

Dostál, J. & Vlasta, K., 1958. *Klíč k úplné květeně ČSR*. Praha: Nakladatelství Československé akademie věd.

Easton, J. H., Gauthier, J. J., Lalor, M. M. & Pitt, R. E., 2005. DIE-OFF OF PATHOGENIC E. COLI O157:H7 IN SEWAGE CONTAMINATED WATERS. *Journal of the American Water Resources Association* 41, 1187-1193.

Gutzerová, N., 2014. *RUBUS IDAEUS L. – ostružiník maliník / ostružina malinová*. [Online]

Available at: <https://botany.cz/cs/rubus-idaeus/>

Hron, F. & Zejbrlík, O., 1979. *Rostliny luk, pastvin, vod a bažin: kapesní atlas*. Praha: Státní pedagogické nakladatelství.

Cheng, L., Carolien, K., Arjen, Y. & Winnie, G.-L., 2012. Past and future trends in grey water footprints of anthropogenic nitrogen and phosphorus inputs to major world rivers. *Ecological Indicators* 18, 42-49.

Chytrý, M. a další, 2011. *Vegetace České republiky 3. Vodní a mokřadní vegetace*. Praha: Academia.

Jurčík, F., 1978. *Živiny v půdě*. Praha: Institut výchovy a vzdělávání MZVŽ ČSR.

Kaplan, Z. a další, 2019. *Klíč ke květeně České republiky*. Praha: ACADEMIA.

Keddy, P., 2010. *Wetland ecology: principles and conservation*. 2 editor:Cambridge University Press.

Matěchová, M., 2019. *Hodnocení obsahu fosforu přijatelného ozimou pšenicí*. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů Katedra agroenvironmentální chemie a výživy rostlin.

MŽP, 2019. *Ministerstvo životního prostředí*. [Online]  
Available at: [https://www.mzp.cz/cz/ramsarska\\_umluva\\_o\\_mokradech](https://www.mzp.cz/cz/ramsarska_umluva_o_mokradech)  
[Přístup získán 23 Listopan 2019].

MŽP, 2020. *Nepůvodní a invazní druhy*. [Online]  
Available at: [https://www.mzp.cz/cz/nepuvodni\\_a\\_invazni\\_druhy](https://www.mzp.cz/cz/nepuvodni_a_invazni_druhy)

Petříček, V. a další, 1999. *Péče o chráněná území I.*. Praha: Agentura ochrany přírody a krajiny ČR.

Rejšek, K. & Vácha, R., 2018. *Nauka o půdě*. Olomouc: Agripint.

Ruttenberg, K. C., 2003. The Global Phosphorus Cycle. *Treatise on Geochemistry* 8, 585-643.

Smatanová, M. & Sušil, A., 2018. *Výsledky agrochemického zkoušení zemědělských půd za období 2012–2017*. Brno: Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský.

Sommers, L. & Nelson, D., 1972. Determination of total phosphorus in soils: a rapid perchloric acid digestion procedure.. *Soil Science Society American Journal* 36, 902-904.

Šimek, M. & Cooper, J. E., 2004. *Biogeochemical cycles of elements*. České Budějovice: University of South Bohemia, Faculty of Biological Sciences.

Trnková, K., 2008. *Makrofyta jako indikátor kvality tekoucí vody*, Brno: Masarykova univerzita v brně.

Verhoeven, J. T. A., 1986. Nutrient dynamics in minerotrophic peat mires. *Aquatic Botany* 25, 117-137.

Voesenek L, A. C. J. & Sasidharan, R., 2013. Ethylene – and oxygen signalling – drive plant survival during flooding. *Plant Biology*, 10 Duben, pp. 425-620.

Votrubová, O. & Pecháčková, A., 1996. Effect of nitrogen over-supply on root structure of common reed. *Folia Geobot. Phytotax*, Březen, pp. 119-125.

Vymazal, J., 2003. *Kořenové čistírny odpadních vod: současný stav v České republice*. 4 editor Praha: Veronica.

Vymazal, J., Švehla, J., Kröpfelová, L. & Chrástný, V., 2009. Trace metals in *Phragmites australis* and *Phalaris arundinacea* growing in constructed and natural wetlands. *Science of The Total Environment* 380, 154-162.

## Seznam obrázků

Obrázek 1. Koloběh dusíku (Bílý, 2020).....	5
Obrázek 2. Koloběh vodíku, Zdroj: Michal Bílý, 2020 .....	6
Obrázek 3. Chrastice rákosovitá ( <i>Phalaris arundinacea</i> ) na vybrané lokalitě v České Lípě, Zdroj: Autor (Jiří Březina), 2.8.2019 .....	10
Obrázek 4. Kopřiva dvoudomá ( <i>Urtica dioica</i> ) na vybrané lokalitě v České Lípě, Zdroj: Autor (Jiří Březina), 2.8.2019 .....	11
Obrázek 5. Svlačec rolní ( <i>Convolvulus arvensis</i> ) na vybrané lokalitě v České Lípě, Zdroj: Autor (Jiří Březina), 2.8.2019 .....	12
Obrázek 6. Netýkavka žláznatá ( <i>Impatiens glandulifera</i> ) na vybrané lokalitě v České Lípě, Zdroj: Autor (Jiří Březina), 2.8.2019 .....	13
Obrázek 7. Kyprej vrbice ( <i>Lythrum salicaria</i> ) na vybrané lokalitě v České Lípě, Zdroj: Autor (Jiří Březina), 2.8.2019 .....	14
Obrázek 8. Třtina křovištní ( <i>Calamagrostis epigejos</i> ) na vybrané lokalitě v České Lípě, Zdroj: Autor (Jiří Březina), 2.8.2019 .....	15
Obrázek 9. Tužebník jilmový ( <i>Filipendula ulmaria</i> ) na vybrané lokalitě v České Lípě, Zdroj: Autor (Jiří Březina), 2.8.2019 .....	16
Obrázek 10. Merlík bílý ( <i>Chenopodium album</i> ) na vybrané lokalitě v České Lípě, Zdroj: Autor (Jiří Březina), 2.8.2019 .....	17
Obrázek 11. Mléč rolní ( <i>Sonchus arvensis</i> ) na vybrané lokalitě v České Lípě, Zdroj: Autor (Jiří Březina), 2.8.2019 .....	18
Obrázek 12. Ostružiník křovitý ( <i>Rubus fruticosus</i> ) na vybrané lokalitě v České Lípě, Zdroj: Autor (Jiří Březina), 2.8.2019 .....	19
Obrázek 13. Výpis z katastru nemovitostí, Zdroj: cuzk.cz .....	20
Obrázek 14. Povodňová mapa, Zdroj: <a href="https://riskportal.intermap.cz/Intermap.ISF.Web.UI/Views/CS/CAP_Public/MainWizard.aspx?culturename=cs">https://riskportal.intermap.cz/Intermap.ISF.Web.UI/Views/CS/CAP_Public/MainWizard.aspx?culturename=cs</a> .....	22
Obrázek 15. Separace vzorků, podle typu (list, stonek, květ) Zdroj: Jiří Březina (autor) 20.11.2019.....	24
Obrázek 16. Homogenizovaná biomasa Zdroj: Jiří Březina (autor) 20.11.2019.....	24
Obrázek 17. Mlýnek FRITSCH-Pulveristte 15 (Idar-Oberstein, Německo) Zdroj: Jiří Březina (autor) 20.11.2019 .....	25
Obrázek 18. Pohled na lokalitu od severovýchodu, v zemi jsou patrné díry od odebrání půdy, Zdroj: Jiří Březina (autor), 2. března 2020 .....	26
Obrázek 19. Odběr půdy, Zdroj: Jiří Březina (autor), 2. března 2020. ....	27