

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Fakulta životního prostředí**

**Katedra aplikované ekologie**



**Bakalářská práce**

**Akumulace živin ve vegetaci umělého mokřadu pro  
čištění drenážních vod**

**Jakub Láska**

© 2021 ČZU v Praze

# ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Jakub Láška

Krajinářství  
Územní technická a správní služba

Název práce

**Akumulace živin ve vegetaci umělého mokřadu pro čištění drenážních vod**

Název anglicky

**Nutrient accumulation in vegetation in a constructed wetland treating agriculture drainage**

---

### Cíle práce

Cílem práce je určit množství fosforu a dusíku, které jsou akumulovány v nadzemní biomase rostlin v umělých mokřadech určených pro čištění drenážních vod ze zemědělského povodí.

### Metodika

1. Stanovení nadzemní biomasy rostlin v umělých mokřadech u obce Velký Rybník.
2. Určení koncentrace fosforu a dusíku v jednotlivých částech nadzemní biomasy.
3. Výpočet množství akumulovaných živin v nadzemní biomase rostlin.
4. Porovnání množství kumulovaných živin v biomase s množstvím živin, které přitečou na mokřad za rok.

**Doporučený rozsah práce**

40 stran včetně příloh

**Klíčová slova**

umělé mokřady, makrofyta, živiny, drenážní vody

---

**Doporučené zdroje informací**

- Richardson, C.J. and Vymazal, J. 2001. Sampling macrophytes in wetlands. In: Rader, R.B., Batzer, D.P. and Wissinger, S. (eds.), Bioassessment and Management of North American Freshwater Wetlands. John Wiley and Sons, pp. 297-337.
- Vymazal, J. a Kröpfelová, L., 2010. Nutrient accumulation by *Phragmites australis* and *Phalaris arundinacea* growing in two constructed wetlands for wastewater treatment. In: J. Vymazal (ed.), Water and Nutrient Management in Natural and Constructed Wetlands. Springer Science and Business Media B.V., Dordrecht, The Netherlands, pp. 133-149.
- Vymazal, J., Kröpfelová, L., 2008. Wastewater treatment in constructed wetlands with horizontal subsurface flow. Springer, Dordrecht, Nizozemí.

---

**Předběžný termín obhajoby**

2020/21 LS – FŽP

**Vedoucí práce**

prof. Ing. Jan Vymazal, CSc.

**Garantující pracoviště**

Katedra aplikované ekologie

---

Elektronicky schváleno dne 2. 2. 2021

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

Vedoucí katedry

---

Elektronicky schváleno dne 10. 2. 2021

**prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.**

Děkan

V Praze dne 15. 03. 2021

### **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma: Akumulace živin ve vegetaci umělého mokřadu pro čištění drenážních vod vypracoval samostatně a citoval jsem všechny informační zdroje, které jsem v práci použil a které jsem rovněž uvedl na konci práce v seznamu použitých informačních zdrojů.

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

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

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

V Rakovníku dne 29. 3. 2021

---

## **Poděkování**

Rád bych touto cestou poděkoval prof. Ing. Janu Vymazalovi, CSc. za cenné rady, odborné připomínky a čas, který mi věnoval. Dále mi velice pomohla Ing. Lidia Constanza Betancourt Macuase, děkuji za její pomoc při práci v laboratoři. A hlavně děkuji výše zmíněným za ochotu a velikou trpělivost.

## **Abstrakt**

Přírozené, přírodou vytvořené, mokřady patří bezesporu mezi důležité ekosystémy, ale současně i mezi velice ohrožené. Budováním umělých mokřadů můžeme tento úbytek zmírnit a zároveň kontrolovaně využít jejich hlavní funkce – čištění vod.

Hlavním cílem studie bylo určit množství dusíku a fosforu nadzemní biomasy v umělých mokřadech, které jsou určeny pro čištění drenážních vod ze zemědělského povodí.

Vzorky biomasy byly sklizeny 6. 8. 2020. Z tří umělých mokřadů bylo odebráno 36 vzorků (chrastice rákosovitá, zblochan vodní), které byly následně vysušeny a analyzovány v laboratořích FŽP.

Po výpočtu standing stock a koncentrace fosforu a dusíku v jednotlivých částech rostlin, bylo naměřeno nejvíce SS jednotek v mokřadu M1, u kterého se z ročního souhrnu dat vypočítala největší eliminace živin. Z toho vyplývá, že technologie použité na mokřadu M1 jsou nejúčinnější pro čištění zemědělských drenážních vod.

Následně bylo provedeno srovnání množství odstraněných živin s hodnotami ostatních prací na dané téma. Ze srovnání lze vidět velice dobrou schopnost akumulovat živiny v nadzemní biomase umělých mokřadů určených pro čištění zemědělských drenážních vod. Množství dusíku bylo srovnáno s výzkumem z předešlého roku na totožných mokřadech, a tak lze vidět důležitou funkci biomasy na umělých mokřadech.

**Klíčová slova:** umělé mokřady, makrofyta, živiny, drenážní vody

## **Abstract**

Naturally created wetlands are undoubtedly very important ecosystems, but also very endangered. By building artificial wetlands, we can alleviate this loss and at the same time make controlled use of their main function, which is water purification.

The main goal of the study was to determine the amount of nitrogen and phosphorus of aboveground biomass in artificial wetlands, which are intended for the treatment of drainage water from agricultural catchments.

Biomass samples were harvested on 6.8.2020. 36 samples (*Phalaris arundinacea*, *Glyceria maxima*) were taken from three artificial wetlands. These samples were subsequently dried and analyzed in FŽP laboratories.

After calculating the standing stock and the concentration of phosphorus and nitrogen in individual parts of the plants, the most SS units were measured in the M1 wetland, for which the largest nutrient elimination was calculated from the annual data summary. As a result, the technologies used on the M1 wetland are most effective in treating agricultural drainage waters.

Subsequently, a comparison was made based on the amount of nutrients removed with the values of other studies on the topic. The comparison shows a very good ability to accumulate nutrients in the aboveground biomass of artificial wetlands intended for the treatment of agricultural drainage waters. The amount of nitrogen was compared with research from the previous year on identical wetlands, and so an important function of biomass on artificial wetlands can be seen.

**Keywords:** constructed wetland, macrophyte, nutrients, drainage water

# Obsah

<b>1 Úvod</b> .....	<b>1</b>
<b>2 Cíl práce</b> .....	<b>2</b>
<b>3 Literární rešerše</b> .....	<b>3</b>
3.1 Mokřady .....	3
3.1.1 Přirozené mokřady.....	4
3.1.2 Umělé mokřady .....	4
3.2 Kořenové čistírny odpadních vod.....	5
3.3 Vegetace.....	7
3.3.1 Chrastice rákosovitá.....	7
3.3.2 Zblochan vodní.....	7
3.3.3 Rákos obecný .....	8
3.4 Živiny .....	8
3.4.1 Fosfor .....	8
3.4.2 Dusík.....	8
3.5 Umělé mokřady pro čištění drenážních vod.....	9
<b>4 Metodika</b> .....	<b>10</b>
4.1 Popis umělých mokřadů.....	10
4.2 Odběr nadzemní biomasy.....	11
4.3 Zpracování vzorků .....	12
4.4 Zpracování dat .....	14
<b>5 Výsledky práce</b> .....	<b>16</b>
5.1 Umělý mokřad M1 .....	16
5.2 Umělý mokřad M2.....	19
5.3 Umělý mokřad M3.....	22
5.4 Roční eliminace živin .....	25
<b>6 Diskuse</b> .....	<b>28</b>
<b>7 Závěr</b> .....	<b>29</b>
<b>8 Seznam použitých zdrojů</b> .....	<b>30</b>
<b>9 Přílohy</b> .....	<b>33</b>



# 1 Úvod

Problematika čištění odpadních vod pomocí umělých mokřadů se v posledních letech dostává do povědomí širší veřejnosti. Je tomu tak hlavně díky nedávnému ověření účinnosti technologie pro čištění odpadních vod. Na rozdíl od obvyklého způsobu čištění odpadních vod umělé mokřady nemají tak vysoké náklady na provoz, zároveň se vyznačují snadným ovládním a údržbou.

Nedílnou součástí každého mokřadu je přítomnost vegetace, která plní spoustu funkcí, jako například estetickou a izolační, ale její hlavní funkce je absorpce velkého množství živin a toxických látek. Mezi tyto toxické látky patří například fosfor a dusík, kterými se v bakalářské práci zabývám. Právě koncentrace toxických látek v mokřadní biomase je velice důležitá pro následné určení účinnosti filtrování odpadní vody pomocí umělých mokřadů.

Téma bakalářské práce „Akumulace živin ve vegetaci umělého mokřadu pro čištění drenážních vod“ navrhl vedoucí práce prof. Ing. Jan Vymazal, CSc. a také mě nasměroval, jakým způsobem v práci postupovat.

## 2 Cíl práce

Cílem bakalářské práce je určit množství fosforu a dusíku, které je obsaženo v nadzemní biomase rostlin v umělých mokřadech. Tyto umělé mokřady se nacházejí poblíž Humpolce, konkrétně v obci Velký Rybník a jsou určeny k čištění drenážních vod ze zemědělského povodí.

Byla snaha shrnout dosavadní poznatky o mokřadech a kořenových čistírnách odpadních vod. Na toto téma byla zpracována literární rešerše, která popisuje danou problematiku.

Práce je zaměřena na určení přesné koncentrace dusíku a fosforu. Dále je založena na výpočtu množství akumulovaných živin v rostlinách a následné porovnání množství kumulovaných živin v biomase s množstvím živin, které mokřadem protečou za rok.

## 3 Literární rešerše

### 3.1 Mokřady

Ministerstvo životního prostředí (2008) definuje mokřad podle Ramsarské úmluvy 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*“.

Naopak Mitsch a Gosseling (2015) definují mokřad podle tří kritérií. Mokřad (angl. Wetland), se vyznačuje přítomností vody jak na povrchu, tak v kořenové zóně. Často se zde vyskytují unikátní půdní podmínky. Výskyt hydrofytů, což je vegetace adaptovaná na vlhkost.

Mokřady v přírodě jsou považovány za velice ceněné a produktivní biotopy, z vodohospodářského hlediska jsou velmi významné především díky jejich schopnosti aktivně zadržovat vodu v krajině (Pokorný 2004). Často tvoří tzv. ekotony, což jsou hraniční ekosystémy mezi vodou a souší. Vyskytují se také na plochách s kolísající hladinou vody (podzemní i nadzemní), proto je často obtížné určit přesnou hranici mokřadu (Čížková a kol. 2017).

Na našem území je definováno celkem 16 typů mokřadů:

- Tok úsek toku
- Nivní jezero, mrtvé rameno, tůň
- Jiné vodní a bažinné biotopy
- Lužní les, či jiné mokřadní lesy
- Pramen, prameniště
- Zaplavovaná nebo mokrá louka
- Rákosina, ostřicová louka
- Rašeliniště a slatiniště
- Průmyslová odkalovací nádrž
- Horské jezero

- Slanisko
- Kanál, stoka, příkop
- Rybník, klausura
- Lom, štěrkovna, pískovna
- Soustava rybníků
- Údolní nádrž (AOPK ČR 2021)

Jedno z hlavních rozdělení mokřadů souvisí hlavně s jejich vznikem. Jedná se o mokřady přirozené a mokřady umělé. I přes jejich rozdílný způsob vzniku se vždy jedná o velice unikátní biotopy, v kterých se nachází mnoho vzácných společenstev (Štěch a kol. 2007).

### **3.1.1 Přirozené mokřady**

Přirozený mokřad byl až do 60. let 20. století považován za bezcenný biotop (Vymazal 2004). Tyto přírodní biotopy se nachází na pomezí souše a vody a jsou pro ně charakteristické vlastnosti obou míst, díky tomu se zde nachází široká škála hydrologických a ekologických typů (Gallant 2015). Již mnoho desítek let dochází k využívání přirozených mokřadů pro čištění odpadních vod. Bohužel, v mnohých případech šlo spíše o neřízené vypouštění odpadních vod, čímž docházelo k devastaci velikých mokřadních ploch kvůli nekontrolovatelnému vypouštění odpadu (Vymazal 1995).

### **3.1.2 Umělé mokřady**

Umělé mokřady jsou vytvořeny za účelem čištění odpadních vod. K jejich vědomému využívání dochází již přes 40 let, přičemž v České republice je nejrozšířenější mokřad s horizontálním podpovrchovým průtokem (Vymazal a kol. 2014). Při navrhování umělého mokřadu k čištění odpadních vod je největší důraz kladen na využívání procesů, které probíhají v přirozených mokřadech. K rozdělování umělých mokřadů lze použít mnoho kritérií, ale nejrelevantnější je

způsob průtoku odpadní vody a druh použité vegetace. Dle druhu vegetace lze umělé mokřady rozdělit na:

- Mokřady s plovoucí vegetací
- Mokřady s ponořenou vegetací
- Mokřady s rostlinami s plovoucími listy
- Mokřady s vynořenou vegetací

Mokřady s vynořenou (emerzní) vegetací lze dále rozdělovat podle přítomnosti vodní hladiny. Pokud je u mokřadu přítomna vodní hladina, jedná se o systém s povrchovým tokem, naopak umělý mokřad s podpovrchovým tokem je systém bez přítomnosti volné hladiny (Vymazal 2013).

Brix (1993) upřednostňuje umělé mokřady před mokřady přirozenými hlavně díky výhodám, jako je například rozměrová flexibilita, výběr lokality, nebo možnost volby filtračního materiálu a doby zdržení.

### **3.2 Kořenové čistírny odpadních vod**

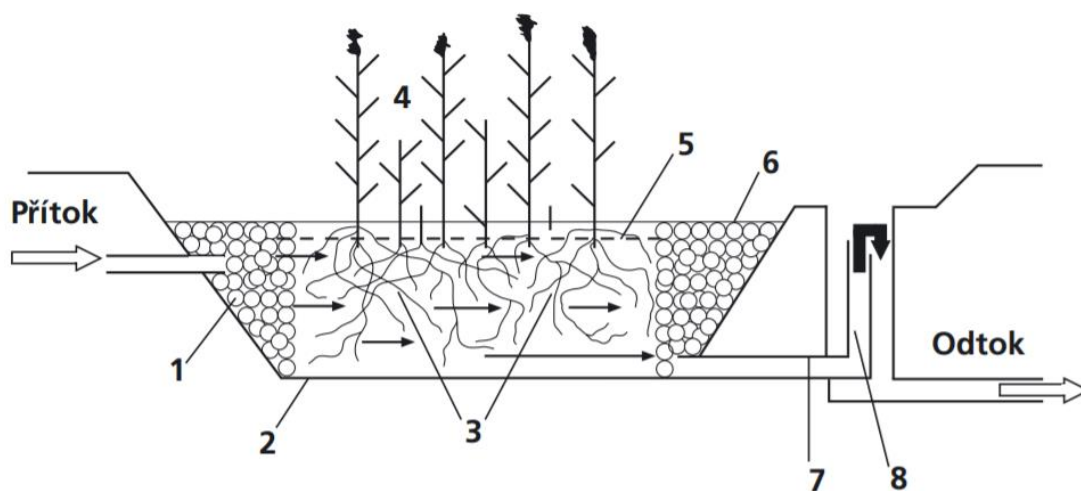
Vymazal (2004) vysvětluje vznik názvu „kořenová čistírna“ z anglického „root zone method“, což bylo označení v 70. a 80. letech 20. století pro umělý mokřad s podpovrchovým horizontálním průtokem. Právě horizontální průtok vody přes propustný substrát s mokřadními rostlinami je charakteristický pro kořenové čistírny. Následně dochází k čištění odpadních vod pomocí kombinace chemických, fyzikálních a biologických procesů.

Kořenové čistírny odpadních vod, také označovány jako KČOV, mají vysokou účinnost odstraňování bakteriálního či organického znečištění, naopak dusík nebo fosfor jsou odstraňovány s nižší účinností (Mlejnská a kol. 2015). Účinnost odstraňování organických a nerozpuštěných látek je 80-95 %. Naopak odstraňování fosforu je v případě kořenových čistíren s horizontálním podpovrchovým průtokem nízké (10-30 %). Účinnost odstraňování fosforu lze však zvýšit použitím filtračních materiálů, které mají vysoké sorpční schopnosti (např. termicky upravená struska nebo jíl) (Vymazal, Kröpfelová 2008).

Pro čištění odpadních vod pomocí KČOV je vždy nutné mechanicky předčistit vodu před přivedením na filtrační lože. V případě, že by nedošlo k mechanickému předčištění, nedojde k odstranění nerozpuštěných látek a následně hrozí ucpání filtračního lože.

Poté je voda přiváděna do filtračního lože, které má hloubku 60 až 80 cm a je vyplněno dostatečně propustným substrátem. V dnešní době se nejčastěji využívá praný štěrk, kačírek o zrnitosti 4/8 nebo 8/16 a drcené kamenivo stejné frakce. Je vhodné používat pouze jeden typ substrátu, neboť při použití více typů může docházet k nedokonalému promísení, a to vede ke zkratkovým proudům. Je nutné používat pouze prané materiály, které jsou zbaveny prachu a zeminy. Na dně filtračního lože se nachází nepropustná vrstva, nejčastěji z plastové fólie (PVC, PE).

Na konci filtračního lože je uloženo sběrné potrubí, které je ve výpustné šachtě spojeno s výpustním mechanismem, v němž lze nastavovat výšku vodní hladiny ve filtračním loži (Obr. 1). Na nastavení výšky hladiny se v poslední době nejčastěji používají plastové trubky či flexibilní hadice zavěšené na řetízcích. Za běžných provozních podmínek se nechává výška hladiny vody 5-10 cm pod povrchem filtračního lože (Čížková a kol. 2017).



Obr. 1: Typické uspořádání kořenové čistírny (Vymazal 2004).

1 – distribuční zóna (kamenivo, 50-200 mm), 2 – nepropustná bariéra (PE nebo PVC), 3 – filtrační materiál (kačírek, štěrk, drcené kamenivo), 4 – vegetace, 5 – výška vodní hladiny v

kořenovém loži nastavitelná v odtokové šachtě, 6 – odtoková zóna (shodná s distribuční zónou), 7 – sběrná drenáž, 8 – regulace výšky hladiny

### **3.3 Vegetace**

V mokřadech se vyskytuje hydrofytní vegetace, což jsou rostlinné druhy, které jsou schopné růst i v zamokřené půdě (Vymazal 1995). Rostliny v kořenových čistírnách plní čtyři nezastupitelné funkce:

1. Zateplují povrch lože;
2. Kořeny a oddenky vytváří podklad pro přisedlé bakterie, které se podílejí na odstranění znečištění;
3. Do filtračního lože difunduje z kořenů kyslík, který není spotřebován na respiraci a který je nutný pro aerobní procesy;
4. Poutají minerální živiny (Čížková a kol. 2017).

#### **3.3.1 Chrastice rákosovitá**

Chrastice rákosovitá, latinsky *Phalaris arundinacea*, je vytrvalá bylina, která může dorůst až do výšky 3 m. Kořenový systém neprorůstá do veliké hloubky (0,2 – 0,3 m). Velice rychle se rozmnožuje a je tolerantní na promrzání i znečištění. V České republice ji můžeme najít především na pahorkatinách a v nížinách. Ve světě se vyskytuje v celé Evropě, v Severní Americe a západní Asii (Vymazal 1995).

#### **3.3.2 Zblochan vodní**

Zblochan vodní, latinsky *Glyceria maxima*, patří mezi trávy. Výška může dosahovat až 3 metrů. Neprorůstá do veliké hloubky a velice dobře zvládá zaplavení až do 50 cm. Vyznačuje se dlouhým vegetačním obdobím. Zblochan nalezneme především v nížinách a na nízkých pahorkatinách, a to v celé Evropě, Severní Americe a v mírných pásech Asie (Vymazal 1995).

### **3.3.3 Rákos obecný**

Rákos obecný, latinsky *Phragmites australis*, je nejpoužívanější druh vegetace, který se v České republice používá k osázení kořenových čističek odpadních vod. Tato trvalá rostlina se průměrně dorůstá délky 2-4 metry a v optimálních klimatických podmínkách může dorůstat až do výšky osmi metrů, čímž se řadí mezi naše největší trávy. Rákos má velice dobrou schopnost prorůstat do velkých hloubek, běžně se udává hloubka od 60 cm až do 100 cm. Vyznačuje se především svojí tolerancí vůči vysoké míře znečištění a zaplavení. Rákos obecný můžeme nalézt téměř po celém světě, ale nejvíce se mu daří v nížinách (Vymazal 1995).

## **3.4 Živiny**

### **3.4.1 Fosfor**

Fosfor lze v mokřadech nalézt v podobě fosforečnanu v organických i anorganických sloučeninách. Mikrobiální společenstva přijímají fosfor velmi rychle, ale množství takto využitého fosforu je malé. Po odstranění fosforu z odpadních vod se velmi rychle vrací zpět do prostředí po odumření mikroorganismů a vyšších rostlin. Pro lepší odstraňování P je možné použít materiály s lepšími sorpčními vlastnostmi (např. kalcit, apatit, zeolit nebo strusky z odpadních pecí). Při použití těchto správných materiálů lze dosáhnout účinnost odstraňování P přes 95 %. Nevýhodou těchto materiálů je omezená sorpční vlastnost, a proto je pro dosažení maximální efektivity nutné vyměnit náplň filtračního lože po vyčerpání sorpční kapacity (Vymazal 2016a).

### **3.4.2 Dusík**

Dusík se může vyskytovat v mnoha anorganických i organických formách. V mokřadech se nejčastěji vyskytuje ve formě organické (močovina, aminokyseliny, puriny, aminy a pyrimidiny). Ve formě anorganické se vyskytuje především v podobě amoniaku, dusitanů a dusičnanů. V mokřadech se neustále mění organické sloučeniny na anorganické a naopak. Pro tyto procesy je charakteristické, že vyžadují energii a jiné ji naopak uvolňují. Díky této rovnováze mohou mokřadní



organismy růst a přežívat v daném ekosystému, což je nezbytný předpoklad k fungování mokřadního ekosystému. Oxidace amoniaku na dusičnany (nitrifikace) je v KČOV limitována především omezeným přístupem kyslíku do filtračního lože. Naopak redukce dusičnanů na plynné formy dusíku (denitrifikace) má v kořenových čistírnách odpadních vod velice dobré podmínky (Vymazal 2016a).

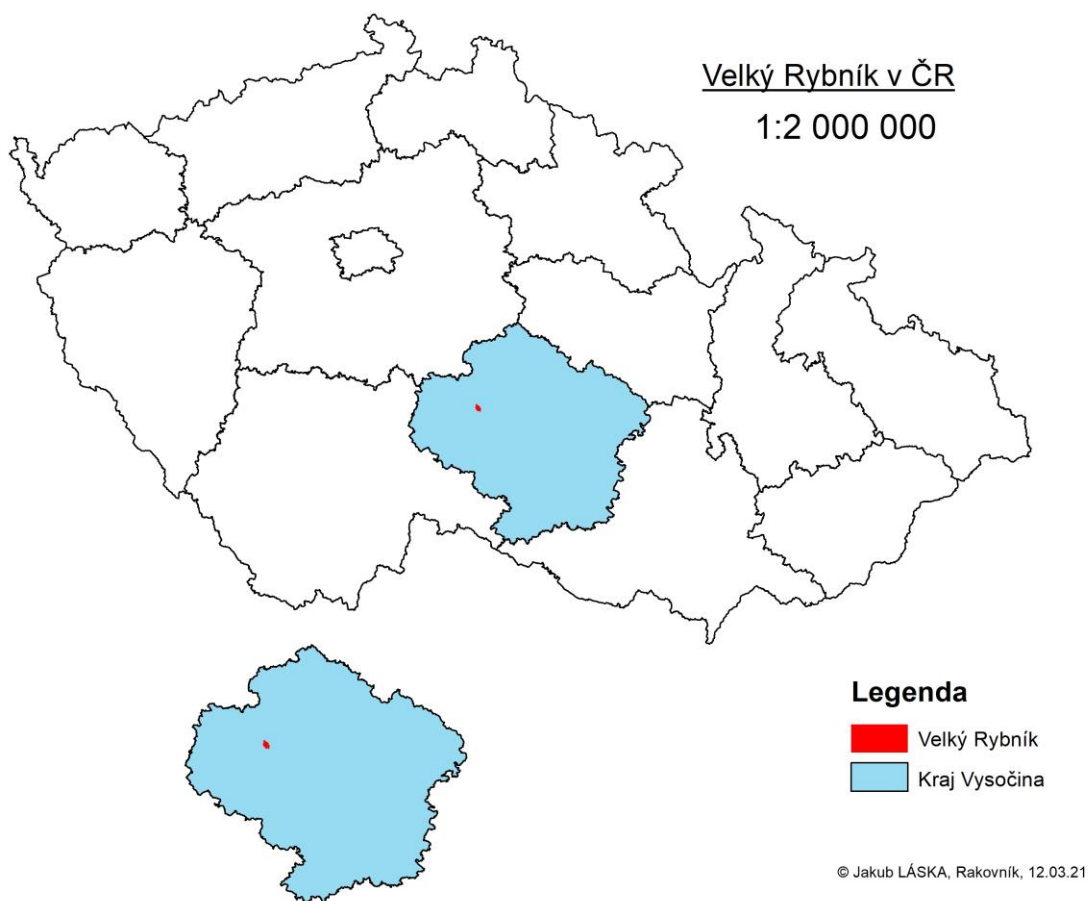
### **3.5 Umělé mokřady pro čištění drenážních vod**

Umělé mokřady byly na počátku 90. let navrženy jako vhodný nástroj k odstraňování dusíku ze zemědělské drenáže (Misch 1992; Van der Valk a Jolly 1992). Většina umělých mokřadů učených pro odstraňování živin z drenážních vod byla vybudována s otevřenou vodní hladinou (Kadlec a Wallace 2009; Tanner a Sukias 2011). Vymazal (2016b) uvádí, že neexistuje přímá závislost mezi zadrženým množstvím fosforu a dusíku a poměrem plochy mokřadu a plochy povodí. Množství živin zadržených v umělých mokřadech určených pro čištění drenážních vod může být značně ovlivněno skladbou půdního substrátu, druhem vegetace, a hlavně případným sklízením vegetace.

## 4 Metodika

### 4.1 Popis umělých mokřadů

Umělé mokřady navržené pro čištění drenážních vod se nacházejí u obce Velký Rybník nedaleko Humpolce (Obr. 2). Umělé mokřady byly postaveny v letech 2017 a 2018 a provoz byl zahájen v srpnu 2018. Mokřady byly vybudovány v rámci projektu, na kterém se podílela i ČZU v Praze společně s Výzkumným ústavem meliorací a ochrany půd a firmou Dekonta.



Obr. 2. Obec Velký Rybník na mapě České republiky.

Umělé mokřady čistí drenážní vodu z povodí o rozloze 15,73 ha, z čehož 9,85 ha je pod zemědělskou drenáží. Plocha jednotlivých mokřadů je 79 m<sup>2</sup> (M1), 90 m<sup>2</sup>

(M2) a 98 m<sup>2</sup> (M3). Všechny mokřady jsou hluboké 1 metr a jako filtrační materiál byly použity tyto materiály:

M1 a M2: drcené kamenivo (frakce 4-8 mm) ve směsi (10:1) s březovou štěpkou

M3: drcené kamenivo (frakce 4-8 mm) převrstvené 20 cm vrstvou březové štěpky

V mokřadech M1 a M3 je hladina vody trvale udržována 10 cm nad povrchem filtračního materiálu, v mokřadu M2 je voda trvale udržována 5 cm pod povrchem filtračního materiálu. Mokřady jsou osázeny kombinací chrastice rákosovité (*Phalaris arundinacea*) a zblochanu vodního (*Glyceria maxima*) v paralelních pruzích (Obr. 3) (Vymazal a kol., 2020).



Obr. 3. Umělý mokřad M2. (Foto J. Vymazal)

## 4.2 Odběr nadzemní biomasy

Nadzemní biomasa byla sklizena 6. srpna 2020. Všechny mokřady byly rozděleny na dvě části – přítokovou (PŘ) a odtokovou (OD) a v každé části byly odebrány vždy tři čtverce 50 x 50 cm v porostu obou rostlin (Obr. 4). Odběrová

plocha 0,25 m<sup>2</sup> je dostatečná plocha pro odběr homogenního porostu emerzních rostlin (Richardson a Vymazal 2001). Celkově bylo odebráno 36 čtverců. Rostliny byly odebírány na úrovni povrchu mokřadu.



Obr. 4. Odběr biomasy z plochy 0,25 m<sup>2</sup>. (Foto J. Láska)

### 4.3 Zpracování vzorků

Ihned po odběru byly vzorky rostlin převezeny do laboratoře a usušeny v sušárně při teplotě 60 °C do konstantní hmotnosti. Po usušení byly rostliny rozděleny na stonky a listy, případně na květy, pokud tyto byly přítomny. Dále byly vzorky homogenizovány s využitím řezacího mlýnu FRITSCH-Pulverisette 15 (Ida-Oberstein, Německo) (viz. Příloha 1).

Stanovení celkového dusíku bylo provedeno přímou spalovací metodou na přístroji Skalar - PRIMACS SNC Analyzer (Breda, Nizozemí).

Stanovení fosforu v biomase bylo provedeno po mineralizaci pomocí kyseliny dusičné a kyseliny chloristé (Sommers a Nelson 1972). Nejprve je nutné navázat do

zkumavek 0,1 g rozemleté biomasy. Jednotlivé váhy vzorků zaznamenáváme a na konci výzkumu je bude nutné přesně přepočítat. Celkem je k dispozici 40 zkumavek, z toho dvě budou použity pro kontrolu (peach a blank).

Do každé zkumavky se vzorkem odměříme přesný objem kapaliny pomocí pipety - 2ml 65 %  $\text{HNO}_3$  p.a. (kyselina dusičná určená pro analýzu). Následně je nutné vzorky vystavit určité teplotě po přesnou dobu. K tomu nám poslouží přístroj DigiPREP HT, na němž nastavíme teplotu 125 °C na 4 hodiny.

Po vychladnutí přidáme 3ml  $\text{HClO}_4$  (kyselina chloristá) a znovu biomasu vystavíme teplotě, tentokrát 190 °C po dobu 1,5 hodiny.

Vzorek rozložený mineralizací doplníme na 50 ml demineralizovanou vodou a následně přelijeme do 100 ml plastové vzorkovnice (nálevka, baňka).

Do 50 ml baňky odměříme pomocí pipety 20 ml vzorku, který byl dolit demineralizovanou vodou. K tomu přidáme kapku fenolftaleinu ( $\text{C}_{20}\text{H}_{14}\text{O}_4$ ) a hydroxid sodný (5N NaOH). Hydroxid sodný se přidává, dokud vzorek nezmění barvu. Spotřeba bývá kolem 5 ml. Následně přilejeme 20 ml pracovního roztoku a baňku znovu doplníme destilovanou vodou do 50 ml.

Pracovní roztok byl namíchán v poměru 1:1:8 (roztok A : roztok B : demineralizovaná voda).

Roztok A a roztok B:

- Roztok A se bude skládat z 0,607 g vlnanu ( $\text{KNaC}_4\text{H}_4\text{O}_6$ ), 25 g molybdenanu amonného ( $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ), který bude rozpuštěn ve 200 ml a 250 ml kyseliny sírové ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ). Po celkovém smíchání roztok doplníme destilovanou vodou na 500 ml.
- Roztok B získáme smícháním 22 g kyseliny askorbové ( $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$ ) v 250 ml destilované vody.

Důkladně promícháme a necháme 30 minut odstát.

Finální měření bylo prováděno na spektrometru Cary 60 UV-Vis od společnosti Agilent. V počítači je nutné zapnout program přímo určený na měření fosforu. Následně je potřeba změřit hodnotu kontrolního vzorku blank a poté můžeme pokračovat v měření ostatních vzorků.

Označení bylo prováděno následujícím způsobem:

- M1 / M2 / M3 (rozdělení mokřadů)
- PŘ / OD (přítoková / odtoková část)
- 1 / 2 / 3 (číslo vzorku)
- P / G (*Phalaris* / *Glyceria*)
- S / L / K (stonky, listy, květy)

Kompletní označení vzorku tedy může vypadat následovně: M2 – PŘ1 – P – S. Tato zkratka nám říká, že tento první vzorek byl odebrán z druhého mokřadu, konkrétně v přítokové zóně, jednalo se o chřastici rákosovitou a po usušení byl odebrán vzorek stonku.

#### **4.4 Zpracování dat**

Průtok vyčištěné vody byl měřen kontinuálně průtokoměry firmy Fiedler. Jednotlivá měření jsou prováděna každých deset minut. Pro výpočty byly použity průtoky v den, kdy probíhaly odběry vzorků na odtoku a přítoku ze všech mokřadů. V roce 2020 bylo uskutečněno celkem 58 odběrů vzorků vody (viz. Příloha 2).

Všechny analýzy vzorků vody byly provedeny v laboratoři FŽP ČZU. Stanovení celkového dusíku bylo provedeno přímou spalovací metodou přístroji Skalar FORMACS (Breda, Nizozemí). Stanovení celkového fosforu bylo provedeno spektrofotometrickou metodou s peroxidisíranem draselným podle ČSN EN ISO 6878.

Po stanovení celkového fosforu a dusíku ve vzorcích byla koncentrace přepočítána na jednotky SS (standing stock), což je množství jednotlivých živin, které se nachází v nadzemní biomase na jednotkové ploše. Standing stock se

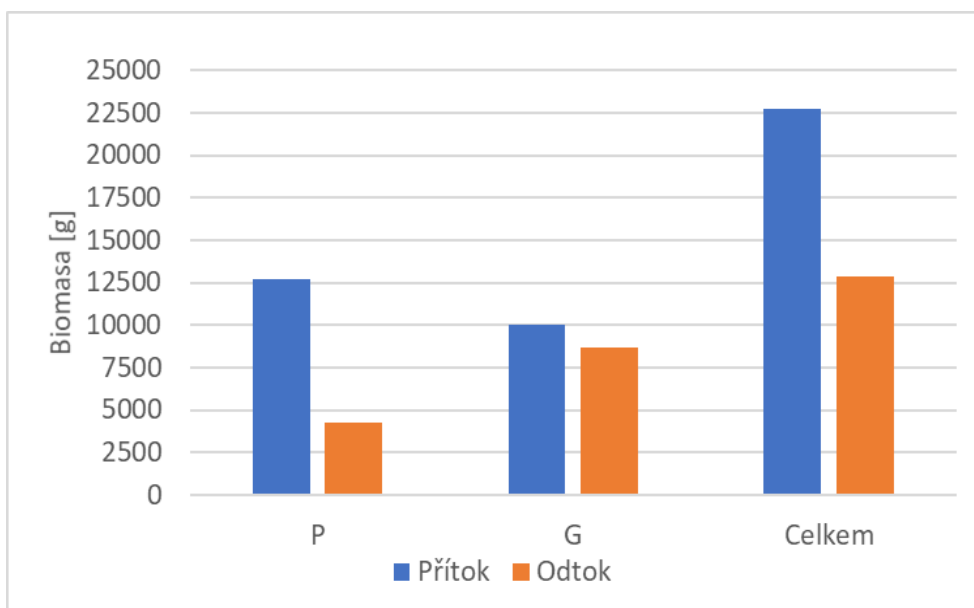
vypočítává vynásobením suché biomasy a koncentrace příslušného prvku v biomase. Hodnota SS jednotek je udávána v  $\text{g/m}^2$  (Vymazal a Kröpfellová 2008).

Díky důkladnému sběru dat známe průměrné průtoky na každém mokřadu a množství N a P na přítoku i odtoku. Tím můžeme získat data o množství dusíku a fosforu, který je ročně z vody odstraněn. Všechna data, výpočty a grafy byly zpracovány v programu MS Office Excel.

## 5 Výsledky práce

### 5.1 Umělý mokřad M1

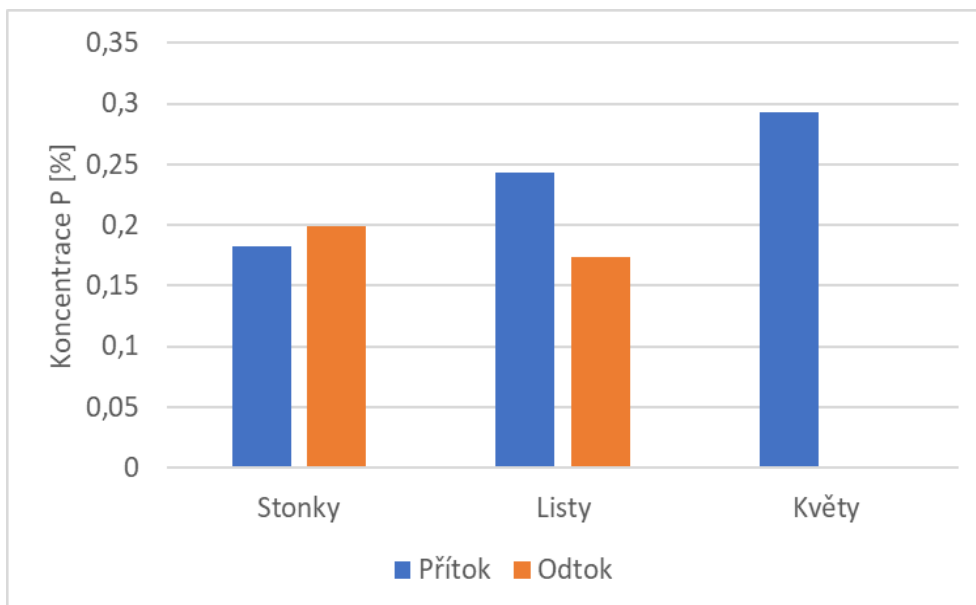
Množství biomasy na prvním mokřadu (M1) v gramech můžeme vidět znázorněné na grafu 1, kde je biomasa rozdělena na přítok a odtok. Z grafu je patrné, že nejvíce biomasy se nachází na přítokové části.



Graf 1: Množství biomasy zblochanu vodního (G) a chrastice rákosovité (P) na M1 [g].

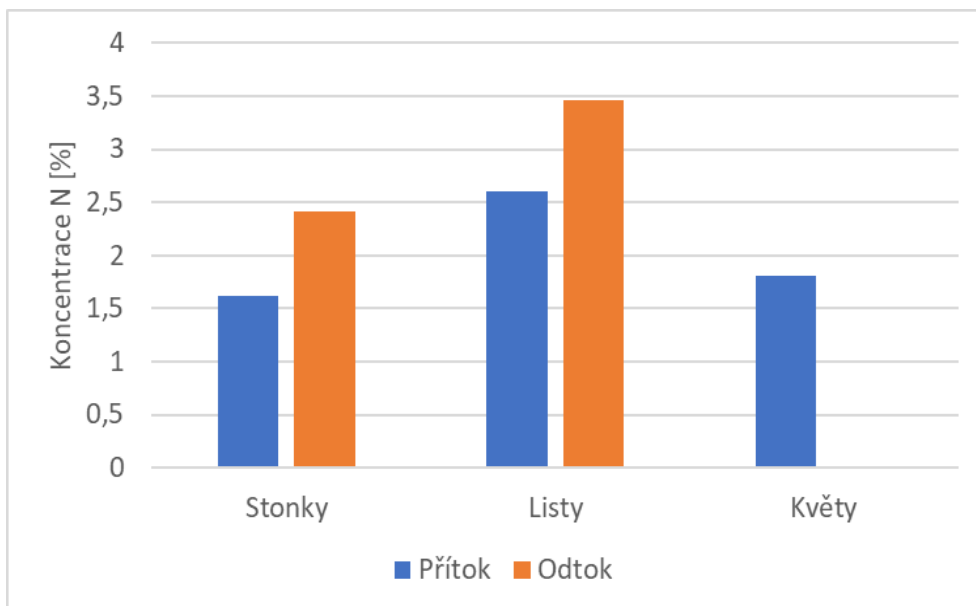
Procentuální koncentraci fosforu na prvním mokřadu rozdělenou do přítokové a odtokové části je možné vidět na grafu 2. Největší koncentrace fosforu je v květech (přítok).





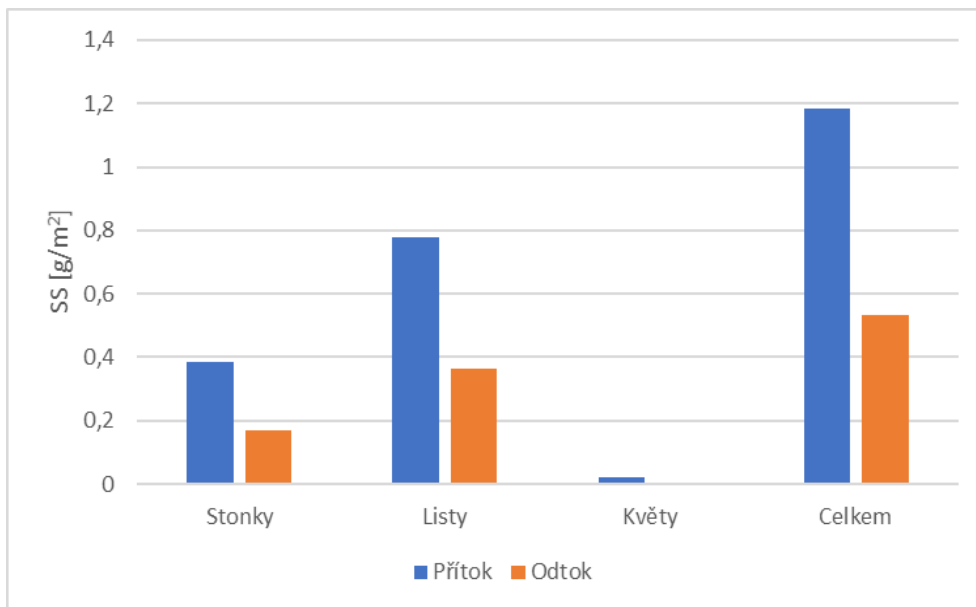
Graf 2: Koncentrace P zblochanu vodního (G) a chrastice rákosovité (P) v jednotlivých částech rostlin na odtoku a přítoku v M1 [%].

Na grafu 3 lze vidět koncentrace dusíku zblochanu vodního a chrastice rákosovité v jednotlivých částech rostlin vyjádřenou v procentech. Dusík byl nejvíce nahromaděný v listech na odtoku.



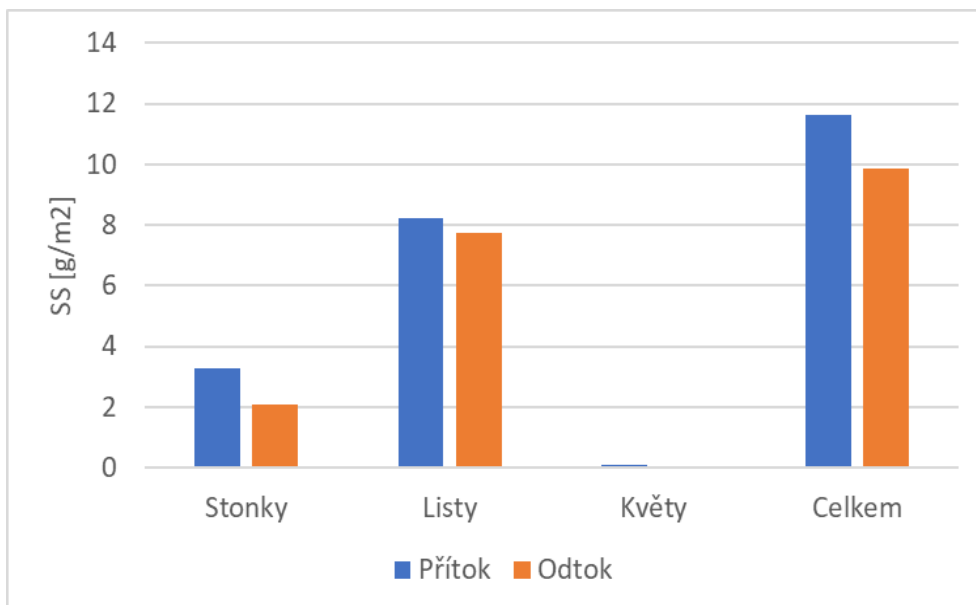
Graf 3: Koncentrace N zblochanu vodního (G) a chrastice rákosovité (P) v jednotlivých částech rostlin na odtoku a přítoku v M1 [%].

Graf 4 znázorňuje množství fosforu (SS, z angličtiny standing stock) kumulovaného v nadzemních částech zblochanu vodního a chrastice rákosovité v mokřadu M1. Data jsou uvedena v g/m<sup>2</sup>. Největší množství je v přítokové zóně. Z jednotlivých částí se nejvíce kumulovaného fosforu nachází v listech.



Graf 4: Množství fosforu (standing stock, SS) kumulovaného v nadzemních částech zblochanu vodního a chrastice rákosovité v jednotlivých částech rostlin na odtoku a přítoku v M1 [g/m<sup>2</sup>].

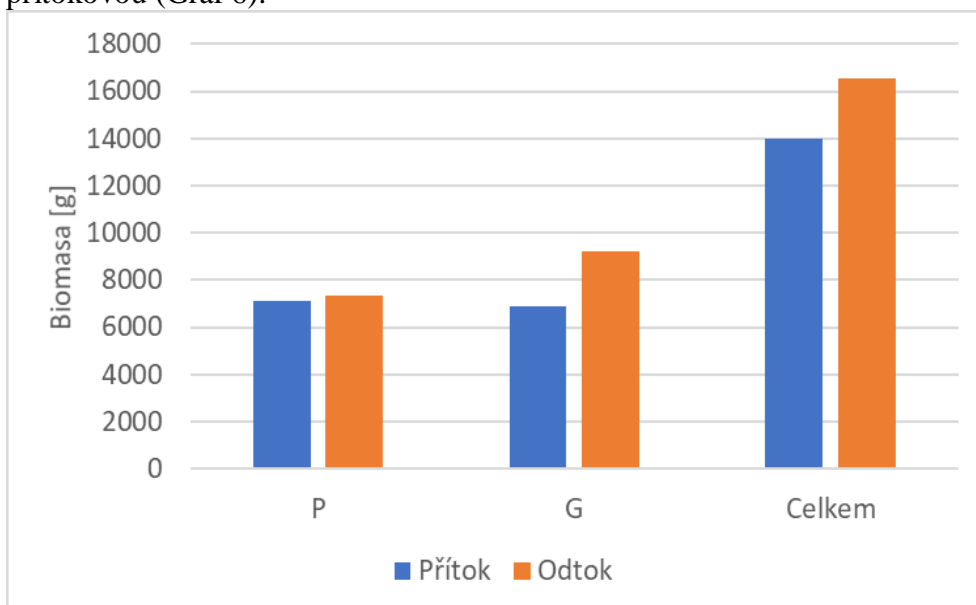
Množství dusíku kumulované v nadzemní biomase zblochanu vodního a chrastice rákosovité rozdělené na listy, stonky a květy je zobrazeno na grafu 5. Nejvíce dusíku je kumulováno v listech a celkově je v přítokové části více dusíku na metr čtvereční než v části odtokové.



Graf 5: Množství dusíku (standing stock, SS) kumulovaného v nadzemních částech zblochanu vodního a chrastice rákosovité v jednotlivých částech rostlin na odtoku a přítoku v M1 [g/m<sup>2</sup>].

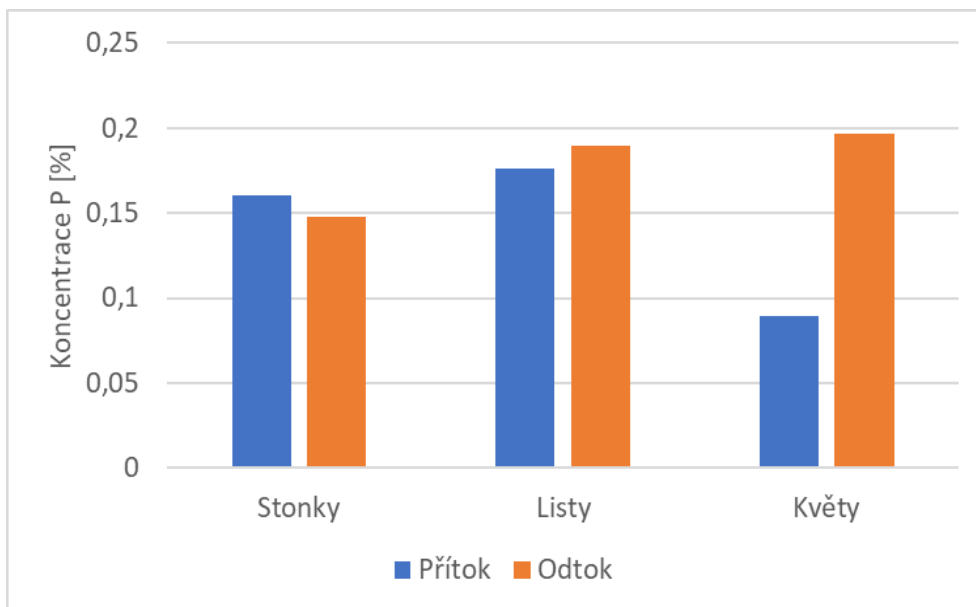
## 5.2 Umělý mokřad M2

U druhého mokřadu (M2) převažuje v množství biomasy odtoková zóna nad přítokovou (Graf 6).



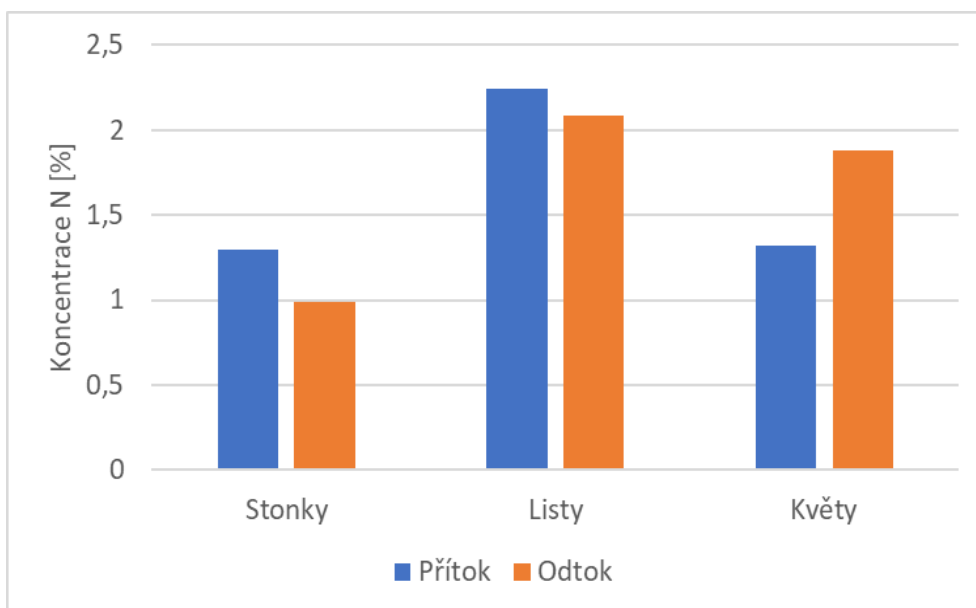
Graf 6: Množství biomasy zblochanu vodního (G) a chrastice rákosovité (P) na M2 [g].

Graf 7 ukazuje koncentraci fosforu ve stoncích, listech a květech mokřadu M2. Kromě hodnot u květů můžeme vidět velice vyrovnané koncentrace P v částech rostlin na odtoku i přítoku.



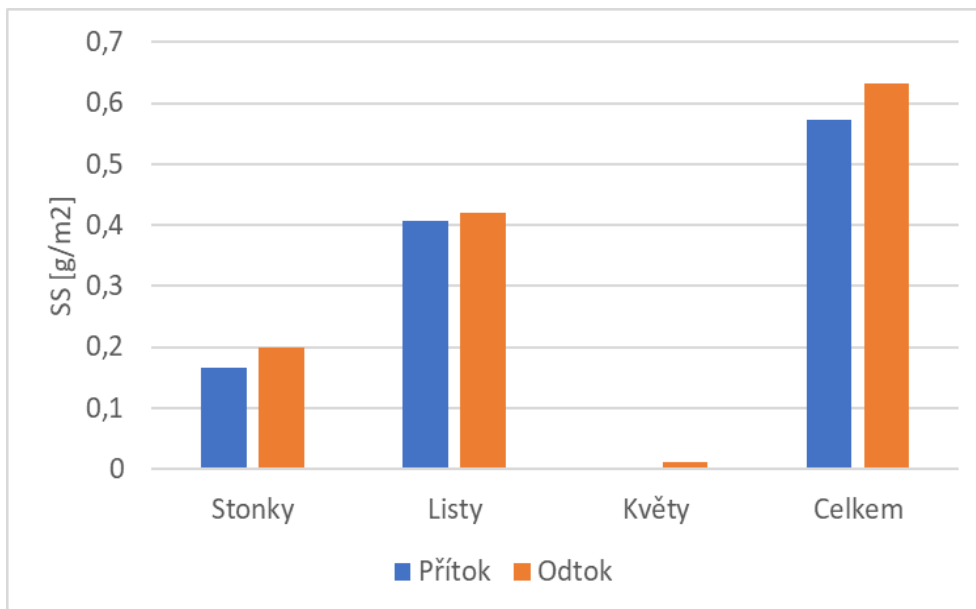
Graf 7: Koncentrace P zblochanu vodního (G) a chrastice rákosovité (P) v jednotlivých částech rostlin na odtoku a přítoku v M2 [%].

Koncentrace dusíku v M2 převažuje v přítokové zóně a nejvyšší naměřená procentuální hodnota byla v listech (graf 8).



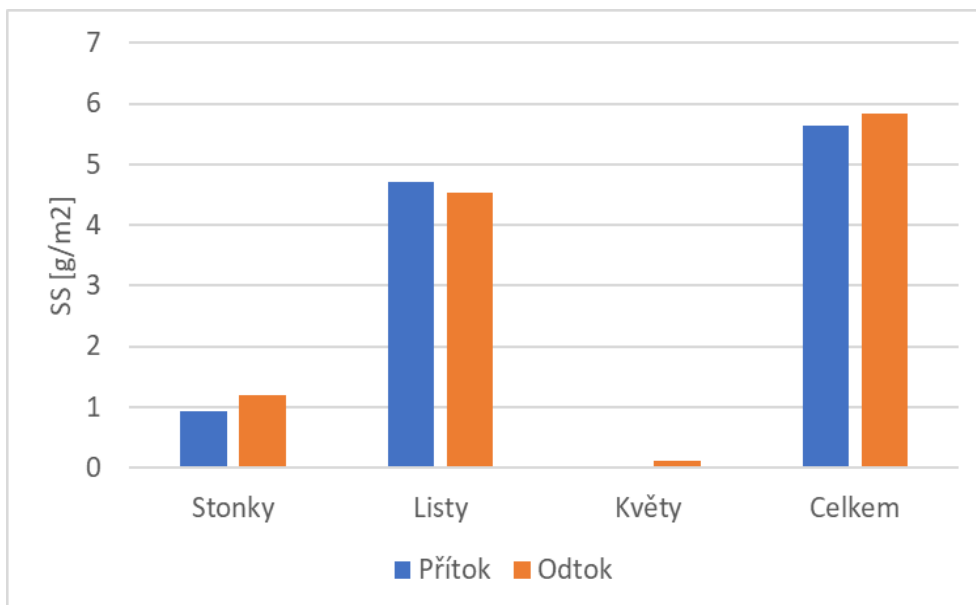
Graf 8: Koncentrace N zblochanu vodního (G) a chrastice rákosovité (P) v jednotlivých částech rostlin na odtoku a přítoku v M2 [%].

Ve druhém mokřadu vykazují téměř všechny části jednotlivých rostlin stejné množství kumulovaného fosforu a nebyl zde zaznamenán veliký rozdíl. Stejně jako u předchozího mokřadu se největší množství kumulovaného fosforu nachází právě v listech (graf 9).



Graf 9: Množství fosforu (standing stock, SS) kumulovaného v nadzemních částech zblochanu vodního a chrastice rákosovité v jednotlivých částech rostlin na odtoku a přítoku v M2 [g/m<sup>2</sup>].

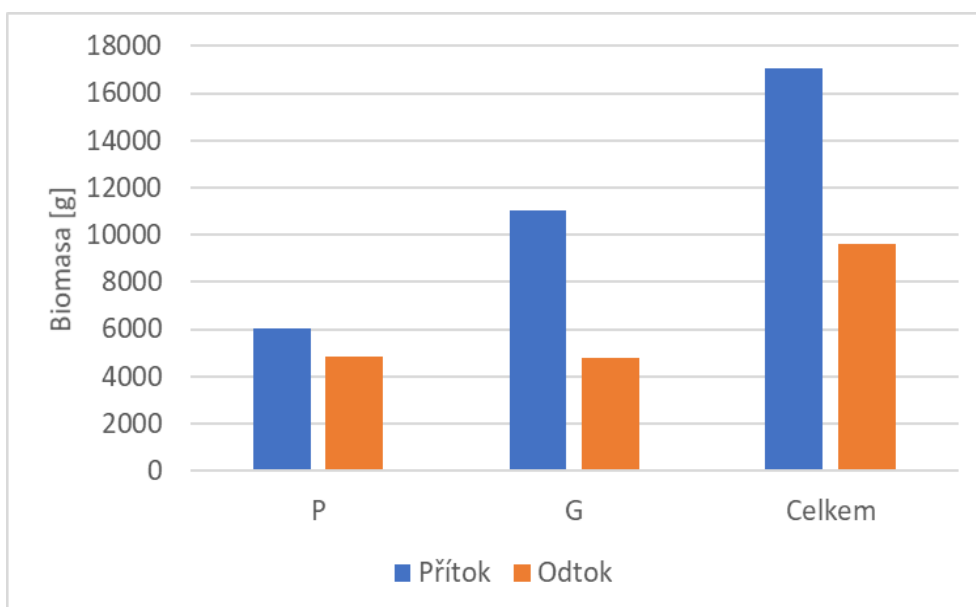
V grafu 10 jsou vyrovnané hodnoty kumulovaného dusíku (standing stock, SS) na odtoku, přítoku i v jednotlivých částech rostlin. Oproti předchozímu mokřadu M1 vykazuje M2 téměř poloviční kumulaci dusíku v nadzemních částech zblochanu vodního a chrastice rákosovité.



Graf 10: Množství dusíku (standing stock, SS) kumulovaného v nadzemních částech zblochanu vodního a chrastice rákosovité v jednotlivých částech rostlin na odtoku a přítoku v M2 [g/m<sup>2</sup>].

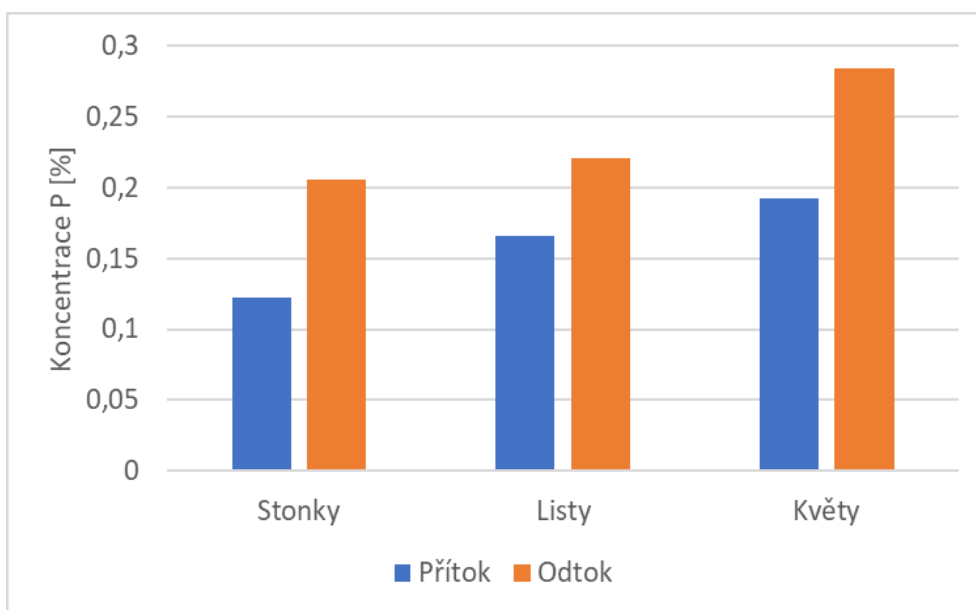
### 5.3 Umělý mokřad M3

Graf 11 popisuje množství biomasy na M3. Maximální hodnoty jsou shodné s M2, ale na rozdíl od předchozího mokřadu zde převažuje množství biomasy na přítoku.



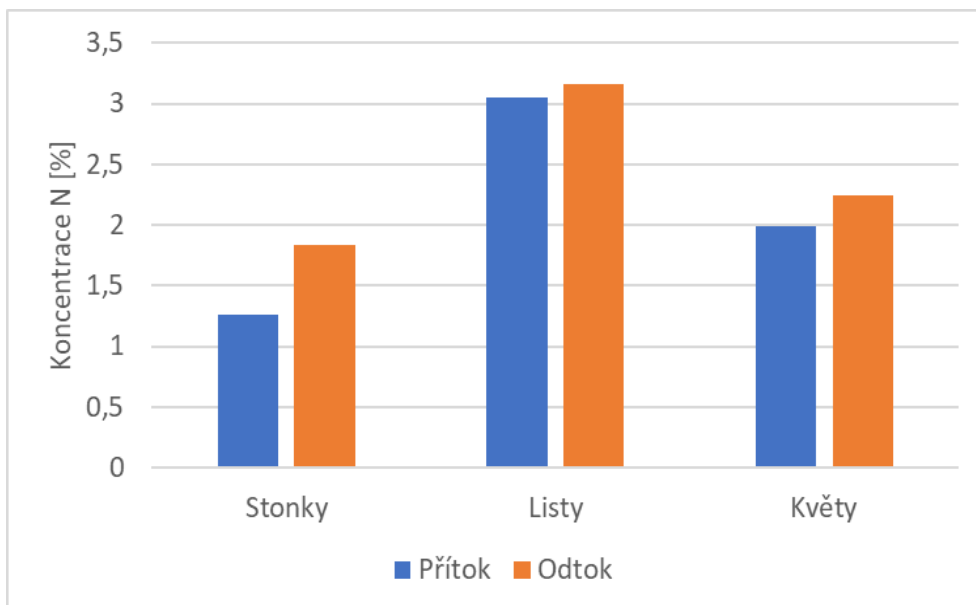
Graf 11: Množství biomasy zblochanu vodního (G) a chrastice rákosovité (P) jednotlivých částí rostlin na M3 [g].

Koncentrace fosforu v procentech je znázorněna grafem 12. Odtoková část mokřadu vykazuje větší množství koncentrace P než část přítoková. To samé platí pro všechny části rostlin.



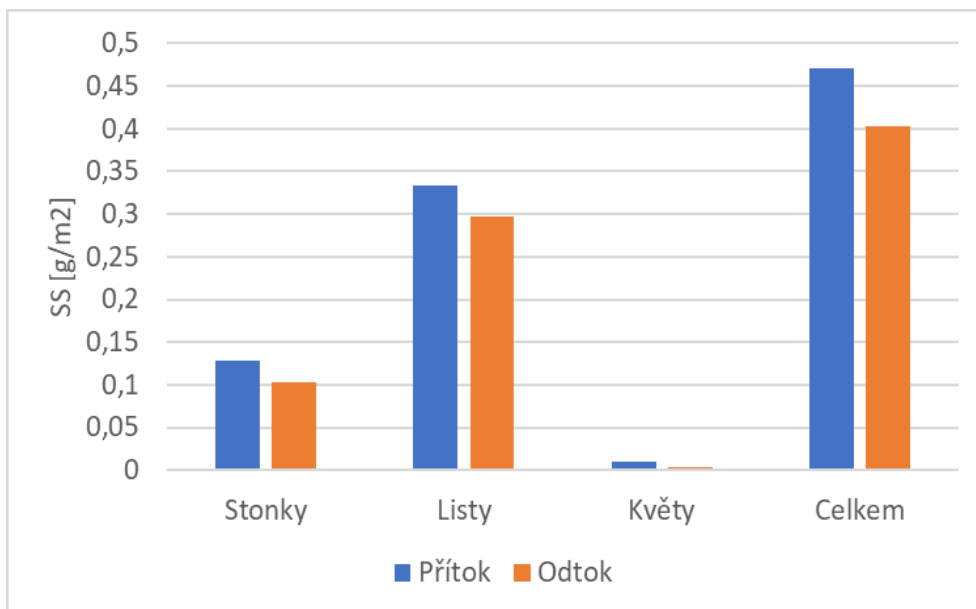
Graf 12: Koncentrace P zblochanu vodního (G) a chrastice rákosovité (P) v jednotlivých částech rostlin na odtoku a přítoku v M3 [%].

Graf 13 zobrazuje procentuální koncentraci dusíku chrastice rákosovité a zblochanu vodního v jednotlivých částech nadzemní biomasy. Největší koncentrace je v listech.



Graf 13: Koncentrace N zblochanu vodního (G) a chrastice rákosovité (P) v jednotlivých částech rostlin na odtoku a přítoku v M3 [%].

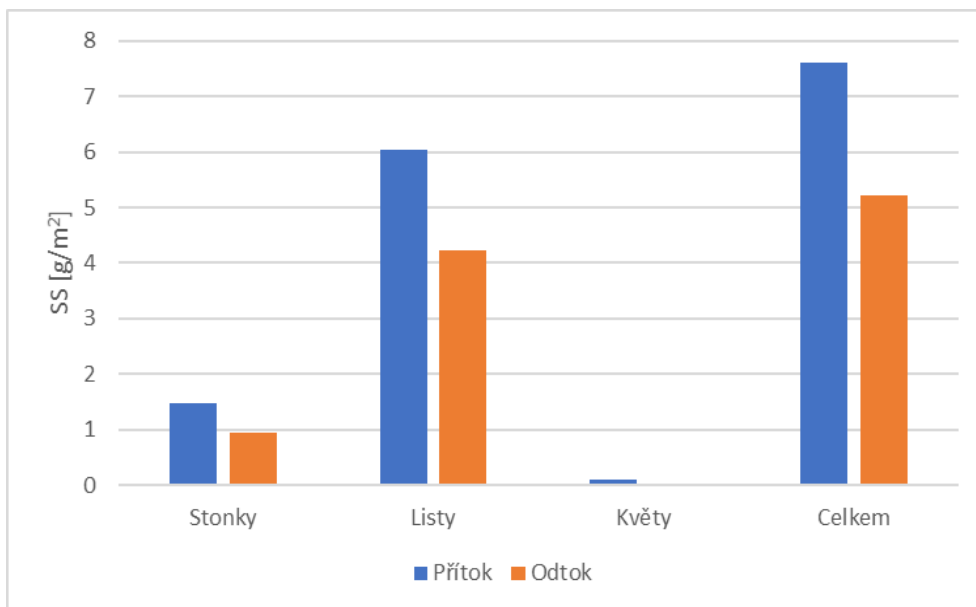
Graf 14 v gramech na metr čtvereční vyobrazuje standing stock v jednotlivých částech rostlin na odtoku a přítoku mokřadu M3. Nejvíce jednotek se nachází v listech a celkově převažuje přítok nad odtokem.



Graf 14: Množství fosforu (standing stock, SS) kumulovaného v nadzemních částech zblochanu vodního a chrastice rákosovité v jednotlivých částech rostlin na odtoku a přítoku v M3 [g/m²].



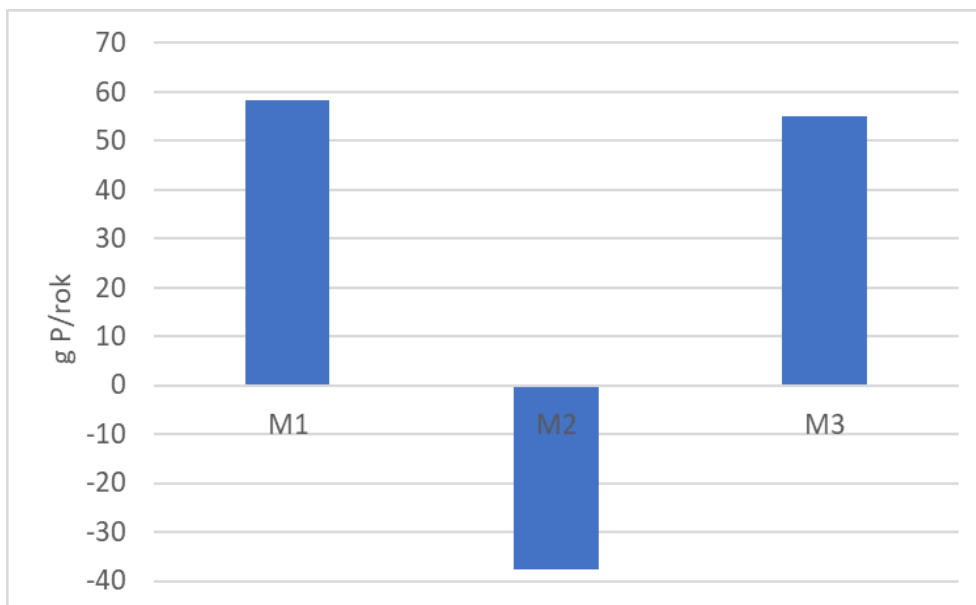
Množství kumulovaného dusíku v nadzemních částech zblochanu vodního a chrastice rákosovité v umělém mokřadu M3 je podrobně zobrazeno v grafu 15. Nejvíce gramů na metr čtvereční se nachází na přítoku, konkrétně v listech.



Graf 15: Množství dusíku (standing stock, SS) kumulovaného v nadzemních částech zblochanu vodního a chrastice rákosovité v jednotlivých částech rostlin na odtoku a přítoku v M3 [g/m<sup>2</sup>].

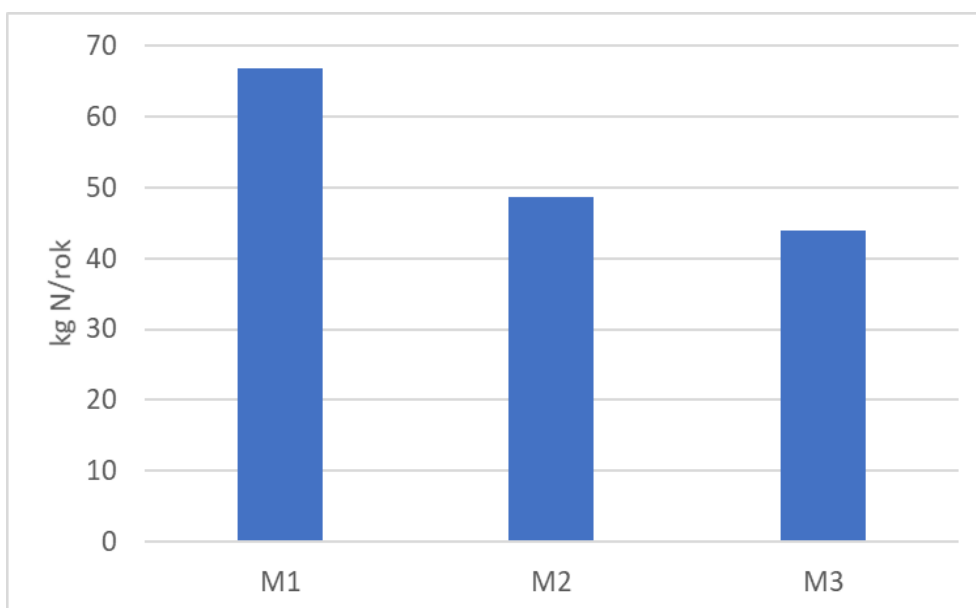
#### 5.4 Roční eliminace živin

Graf 16 znázorňuje roční eliminaci fosforu na mokřadech (M1, M2, M3) v gramech za rok. Mokřad M1 ročně eliminoval nejvíce fosforu. Naopak M2 vykazuje hodnoty záporné.



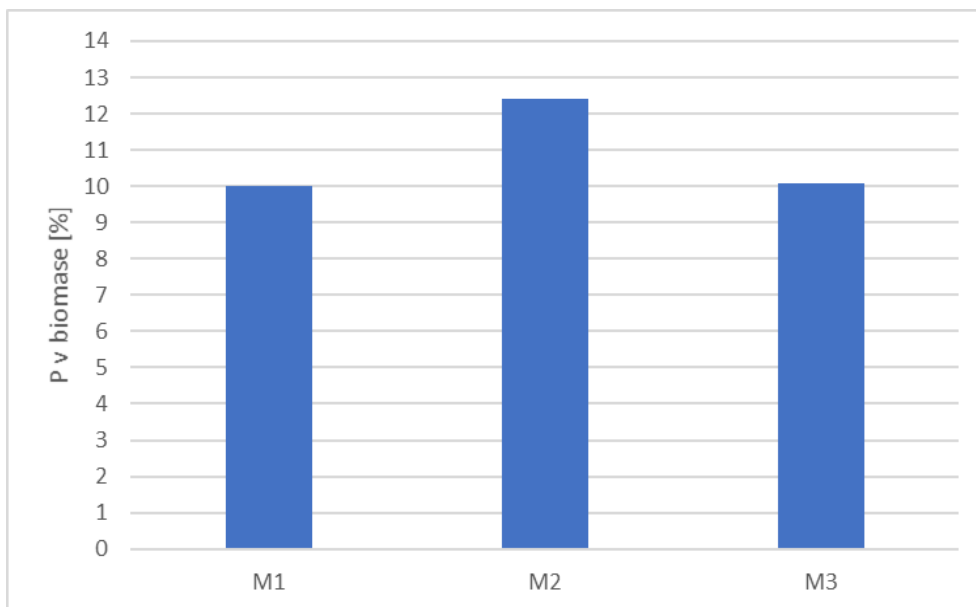
Graf 16: Množství eliminovaného P v mokřadech M1, M2 a M3 [g P/rok].

Na grafu 17 lze vidět množství eliminovaného dusíku v kilogramech za rok na sledovaných mokřadech. Nejvíce dusíku vyloučil mokřad M1 a nejméně M3.



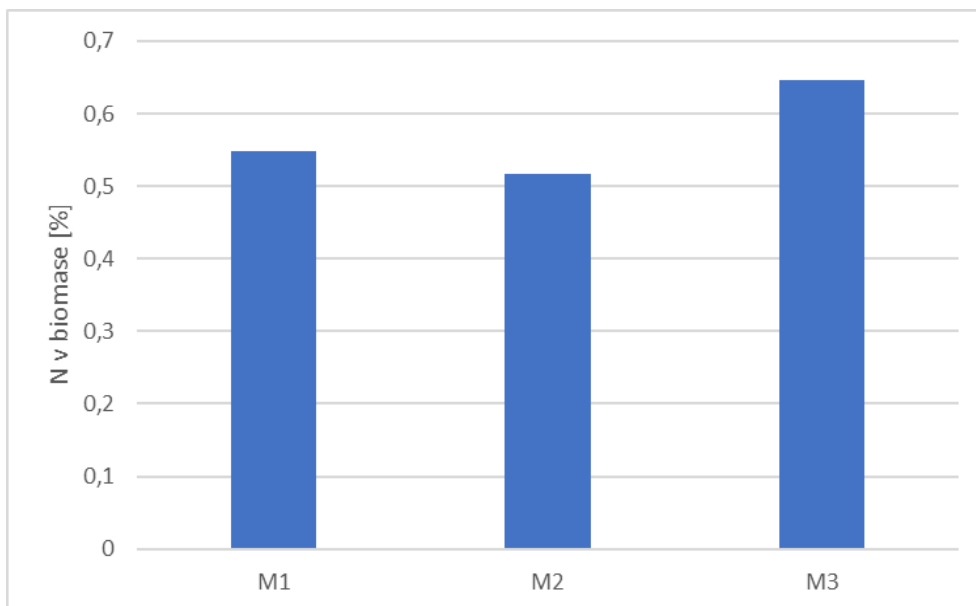
Graf 17: Množství eliminovaného N v mokřadech M1, M2 a M3 [kg N/rok].

Graf 18 procentuálně ukazuje kolik fosforu z přítoku se nachází v nadzemní biomase v jednotlivých mokřadech (M1, M2, M3).



Graf 18: Porovnání množství kumulovaného fosforu v nadzemní biomase s množstvím, které ročně přiteče na mokřad [%].

Graf 18 procentuálně ukazuje kolik dusíku z přítoku se nachází v nadzemní biomase zblochanu vodního a chrastice rákosovité v jednotlivých mokřadech (M1, M2, M3).



Graf 18: Porovnání množství kumulovaného dusíku v nadzemní biomase s množstvím, které ročně přiteče na mokřad [%].

## 6 Diskuse

Z výzkumu je patrné, že největší množství naakumulovaných živin, ať už dusíku nebo fosforu, se nachází v listech. Koncentrace dusíku byla největší v listech a koncentrace fosforu dosahovala nejvyšších hodnot v listech a květech. Největší množství biomasy v g/m<sup>2</sup> se nachází na mokřadu M1 (viz příloha 3).

Roční zadržení fosforu ze zemědělských drenážních vod činilo u umělých mokřadů M1 a M3 7,38/5,60 kg P/ha/rok, což je velice srovnatelné množství s výzkumem, který v USA provedl Díaz a kol. (2012), a hodnota fosforu zadrženého ze zemědělských drenážních vod v umělých mokřadech byla 5,8 kg P/ha/rok. Mokřad M2 vykazoval záporné hodnoty (-4,18 kg P/ha/rok), což může být zapříčiněno vyplavováním fosforu z filtračního pole.

Tanner a kol. (2005) ve své práci sledoval množství zadrženého dusíku umělými mokřady na ploše 260 m<sup>2</sup>. Roční množství odstraněného dusíku bylo 8410 kg N/ha/rok, což je srovnatelná hodnota s mokřadem M1, který odstranil 8471 kg N/ha/rok na ploše 79 m<sup>2</sup>. Mokřad M2 a M3 (5402/4478 kg N/ha/rok) je srovnatelný s výzkumem Arheimera a Wittgrena (2002), kde roční odstranění dusíku ze zemědělských drenážních vod dosahovalo 4336 kg N/ha/rok.

Vymazal a kol. (2020) vypracoval studii o odstraňování dusíku ze zemědělských drenážních vod pomocí umělých mokřadů. Studie se zabývá umělými mokřady, které jsou zároveň zkoumány v mé bakalářské práci. Hodnoty dusíku odstraněného z drenážních vod pro rok 2019 jsou M1 – 1885, M2 – 1180, M3 – 1457 kg N/ha/rok. Tato hodnota nám ukazuje, jak je pro správné fungování umělého mokřadu důležitá vegetace. Po uvedení KČOV do provozu nebyla vegetace zcela rozrostlá, avšak po dvou letech od uvedení do provozu se ukazuje účinnost a efektivita biomasy pro čištění zemědělských drenážních vod.

## 7 Závěr

Bakalářská práce měla za cíl určit množství fosforu a dusíku, které je akumulováno v nadzemní biomase zblochanu vodního a chrastice rákosovité v umělých mokřadech určených pro čištění drenážních vod ze zemědělského povodí. Dále byla určena koncentrace dusíku a fosforu v jednotlivých částech rostlin. Výsledné množství odstraněných živin z mokřadů bylo porovnáno s ostatními výzkumy. Z práce je patrné, že odstraňování živin z vody nejlépe funguje v mokřadech, které si udržují stálou hladinu vody 10 cm nad povrchem filtračního materiálu. Osvědčilo se kombinovat hladinu nad povrchem filtračního lože a jako materiál filtračního lože používat drcené kamenivo (frakce 4-8 mm) ve směsi (10:1) s březovou štěpkou. Sledované umělé mokřady vykazaly veliké množství odstraněného dusíku a fosforu. Z výsledků práce je patrné, jaké technologie jsou nejúčinnější pro umělé mokřady v budoucnu, budou-li určeny na čištění zemědělských drenážních vod.

Množství kumulovaného fosforu v zblochanu vodním ( $0,72 \text{ g P/m}^2$ ) je větší než v chrastici rákosovité ( $0,55 \text{ g P/m}^2$ ). Poměr přítoku a odtoku pro množství fosforu kumulovaného v biomase je  $0,74/0,53 \text{ g P/m}^2$ . V rostlinách se zachytí 10,8 % fosforu z přítoku.

Množství kumulovaného dusíku v zblochanu vodním je  $8,5 \text{ g N/m}^2$  a chrastice rákosovitá dosahuje hodnoty  $6,76 \text{ g N/m}^2$ . Kumulovaného dusíku v biomase je více na přítoku ( $8,64 \text{ g N/m}^2$ ) než na odtoku ( $7,85 \text{ g N/m}^2$ ). Ve všech rostlinách se nachází 0,57 % dusíku z přítoku.

Výzkum, který byl proveden na identických umělých mokřadech v předchozím roce, nám ukazuje, jak je pro odstraňování živin z drenážních vod důležitá vegetace. Konkrétně listy mají schopnost kumulovat veliké množství živin. Faktem zůstává, že pokud rostlina dosáhne svého maximálního limitu živin, tak není schopna přijmout další. Proto je nutné brát v potaz, že pravidelné sklizení biomasy má veliký význam na odstraňování živin z drenážních vod.

## 8 Seznam použitých zdrojů

### Odborné publikace

**Arheimer B., Wittgren H.B., 2002:** Modelling nitrogen removal in potential wetlands at catchment scale. *Ecological Engineering* 19, 63-80.

**Brix H., 1993:** Wastewater treatment in constructed wetlands: system design, removal processes, and treatment performance. In: MOSHIRI A.G., (ed.): *Constructed Wetlands for Water Quality Improvement*. CRC Press, Boca Raton, Florida, 9-22.

**Čížková H., Vlasáková L., Květ J., 2017:** Mokřady: Ekologie, ochrana a udržitelné využívání. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, České Budějovice. 630 s.

**Díaz F.J., O'Green A.T., Dahlgren R.A., 2012:** Agricultural pollutant removal by constructed wetlands: Implications for water management and design. *Agricultural Water Management* 104, 171-183.

**Gallant A. L., 2015:** The challenges of remote monitoring of wetlands. *Remote sensing* 7, 10938-10950.

**Kadlec R.H., Wallace S.D., 2009:** *Treatment Wetlands*, 2nd edition. CRC Press, Boca Raton, Florida.

**Misch W.J., 1992:** Landscape design and the role of created, restored, and natural riparian wetlands in controlling nonpoint source pollution. *Ecological Engineering* 1, 29-47.

**Mitsch W. J., Gosselink J. G., 2000:** *Wetlands*. John Wiley and Sons, 5rd ed., New York.

**Mlejnská E., Rozkošný M., Baudišová D., 2015:** Optimalizace provozu a zvýšení účinnosti čištění odpadních vod z malých obcí pomocí extenzivních technologií. Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, Praha.

**Mlejnská E., Rozkošný M., Baudišová D., Váňa M., Wanner F., Kučera F., 2009:** Extenzivní způsoby čištění odpadních vod. Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. M., Praha.

**Richardson C.J., Vymazal J., 2001:** Sampling macrophytes in wetlands. In: Rader, R.B., Batzer, D.P. and Wissinger, S. (eds.), *Bioassessment and Management of North American Freshwater Wetlands*. John Wiley and Sons, 297-337.

- Sommers L.E., Nelson D.W., 1972.** Determination of total phosphorus in soils: a rapid perchloric acid digestion procedure. *Soil Science Society of America Journal* 36, 902-904.
- Štěch M., Hroudová Z., Kaplan Z., Hrouda L., 2007:** Vodní a mokřadní rostliny-taxonomy, společenstva, vztahy. Česká botanická společnost, Praha.
- Tanner C.C., Nguyen M.L., Sukias J.P.S., 2005:** Nutrient removal by a constructed wetland treating subsurface drainage from grazed dairy pasture. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 105, 145-162.
- Tanner C.C., Sukias J.P.S., 2011:** Multiyear Nutrient Removal Performance of Three Constructed Wetlands Intercepting Tile Drain Flows from Grazed Pastures. *J. Environ. Qual.* 40, 620-633.
- Van der Valk A.G., Jolly R.W., 1992:** Recommendations for research to develop guidelines for the use of wetlands to control rural nonpoint source pollution. *Ecological Engineering* 1, 115-134.
- Vymazal J., 1995:** Čištění odpadních vod v kořenových čistírnách. ENKI, Třeboň.
- Vymazal J., 2004:** Kořenové čistírny odpadních vod. ENKI, Třeboň.
- Vymazal J., 2013:** Vegetation development in subsurface flow constructed wetlands in the Czech Republic. *Ecological Engineering* 61, 575-581
- Vymazal J., 2016a:** Kořenové čistírny odpadních vod, Využití ve světě, České republice a Plzeňském kraji, Krajský úřad Plzeňského kraje, odbor životního prostředí, Plzeň.
- Vymazal J., 2016b:** Využití umělých mokřadů pro čištění drenážních vod ze zemědělských ploch. *Vodní hospodářství* 66, 5-7.
- Vymazal J., Kröpfelová L., 2008:** Wastewater treatment in constructed wetlands with horizontal sub-surface flow. Springer Science + Business Media B. V., Dordrecht.
- Vymazal J., Kröpfelová L., Hrnčíř P., 2014:** Hybridní kořenová čistírna se zvýšeným účinkem při odstraňování dusíku. *Vodní hospodářství*, č4
- Vymazal J., Sochacki, A., Fučík, P., Šereš, M., Kaplická, M., Hnátková, T., Chen, Z., 2020:** Constructed Wetlands with subsurface flow for nitrogen removal from tile drainage. *Ecological Engineering* 155, 1-10.

### **Internetové zdroje**

**AOPK ČR, ©2021:** Typ mokřadu (online) [cit.2021.01.28]. Dostupné z <http://mokrady.ochranaprirody.cz/o-mokradech-typ-mokradu/>.

**Dekonta, ©2020:** Kořenové čistírny (online) [cit.2021.03.05], dostupné z [https://www.dekonta.cz/files/uploads/Let%C3%A1ky/KCOV\\_CZ\\_16.3.2020\\_FIN%C3%81L.pdf](https://www.dekonta.cz/files/uploads/Let%C3%A1ky/KCOV_CZ_16.3.2020_FIN%C3%81L.pdf).

**MŽP, ©2008:** Ramsarská úmluva o mokřadech (online) [cit.2021.01.03]. Dostupné z [https://www.mzp.cz/cz/ramsarska\\_umluva\\_o\\_mokradech](https://www.mzp.cz/cz/ramsarska_umluva_o_mokradech).

**Pokorný J., 2004:** Koncepce řešení malých vodních nádrží a mokřadů (online) [cit. 2021.03.25], dostupné z <https://doczz.cz/doc/230224/pdf-mok%C5%99ady---jamiprojekt>.



## 9 Přílohy

Příloha 1: řezací mlýn FRITSCH-Pulverisette 15



Příloha 2: Naměřené hodnoty fosforu a dusíku ve vodě na přítoku a odtoku a průměrné průtoky v mokřadech M1, M2 a M3.

Datum	M1	M2	M3	TN	M1	M2	M3	TP (mg/l)	M1	M2	M3
	průtok (l/s)	průtok (l/s)	průtok (l/s)	(mg/l) přítok	odtok	odtok	odtok	přítok	odtok	odtok	odtok
2.1.20	0,0399	0,0041	0,0456	12,32	3,92	0,33	6,66				
7.1.	0,033	0,034	0,038	10,2	4,93	0,96	6,67	0,03	0,03	0,03	0,04
15.1.	0,043	0,017	0,046	11,65	7,25	3,85	9,39				
30.1.	0,055	0,034	0,059	11,85	7,61	4,16	8,53				
6.2.	0,182	0,181	0,178	141	52,89	55,01	120,18	0,1	0,11	0,08	0,05
11.2.	0,195	0,194	0,207	22,95	18,82	21,02	17,32	0,132	0,065	0,065	0,032
20.2.	0,063	0,063	0,062	19,87	18,23	18,63	18,47	0,078	0,045	0,041	0,038
4.3.	0,106	0,1	0,114	19,56	14,69	15,83	14,83	0,07	0,06	0,05	0,05
5.3.	0,0872	0,0844	0,0745	19,12	16,01	15,58	15,47	0,065	0,04	0,5	0,06
18.3.	0,0691	0,0564	0,0791	18,06	17,01	16,61	15,11	0,07	0,05	0,03	0,05
25.3.	0,0451	0,0425	0,0581	16,82	14,15	14,03	15,07	0,09	0,08	0,025	0,04
31.3.	0,056	0,051	0,078	17,33	11,71	13,03	11,36	0,03	0,02	0,03	0,03
2.4.	0,0347	0,0339	0,0427	15,5	11,31	12,61	10,64	0,07	0,04	0,025	0,025
8.4.	0,016	0,0184	0,0201	14,03	6,07	6,83	7,16	0,06	0,025	0,03	0,04
8.4.	0,026	0,023	0,038	16,23	10,01	11,79	11,23	0,03	0,03	0,03	0,04
17.4.	0,0146	0,0224	0,03	12,75	1,26	3,01	1,28	0,08	0,03	0,025	0,06
24.4.	0,0188	0,0179	0,0412	13,08	1,18	1,74	1,24	0,1	0,05	0,05	0,06
29.4.	0,043	0,027	0,045	17,25	2,86	2,8	3,59	0,05	0,06	0,05	0,04
30.4.	0,125	0,0142	0,0164	13,76	1,11	0,79	1,05	0,08	0,08	0,03	0,07
6.5.	0,0184	0,017	0,0339	12,99	1,11	0,84	1,33	0,06	0,025	0,03	0,025
13.5.	0,045	0,037	0,0685	12,63	1,46	1,43	0,97	0,09	0,06	0,4	0,02
19.5.	0,0163	0,009	0,024	12,75	1,18	2,93	0,79	0,07	0,05	0,06	0,08
26.5.	0,514	0,655	0,191	31,52	13,23	13,8	10,07	0,15	0,3	0,27	0,07
27.5.	0,1002	0,0996	0,0223	31,97	26,51	29,61	16,35	0,108	0,108	0,095	0,117
5.6.	0,102	0,029	0,0956	18,19	6,71	8,22	4,75	0,104	0,095	0,108	0,098
7.6.	0,21	0,07	0,155	22,11	10,31	15,2	3,95	0,13	0,055	0,07	0,05
8.6.	0,187	0,091	0,164	33,54	20,59	16,2	7,41	0,05	0,07	0,08	0,08
11.6.	0,221	0,15	0,2427	34,75	24,88	25,3	10,6	0,095	0,101	0,114	0,098
18.6.	1,1144	0,96	0,4758	18,75	15,32	14,75	7,41	0,23	0,11	0,13	0,15
23.6.	1,347	0,411	0,1044	41,23	36,58	39,35	29,41	0,08	0,07	0,03	0,04
25.6.	1,0382	0,113	0,0704	13,38	23,23	11,46	14,13				
29.6.	1,8952	1,535	1,2	31,28	11,82	11,88	11,05	0,04	0,21	0,23	0,043
1.7.	0,5891	0,315	0,1658	22,87	14,62	17,31	13,57				

10.7.	0,4213	0,302	0,5721	23,12	18,43	13,53	15,28	0,14	0,04	0,08	0,08
16.7.	0,2088	0,103	0,1123	27,88	25,07	23,41	14,3				
21.7.	1,0356	0,644	0,596	25,13	6,73	3,75	5,93	0,08	0,23	0,21	0,14
6.8.	0,1494	0,061	0,1511	21,52	13,22	2,93	7,92	0,094	0,087	0,088	0,09
20.8.	0,0644	0,007	0,0672	19,83	10,71	1,74	6,21	0,088	0,094	0,088	0,088
25.8.	0,0442	0,0066	0,0497	14,3	8,83	2,56	4,99	0,05	0,07	0,19	0,12
3.9.	0,0589	0,017	0,0939	15,49	6,92	1,19	4,64	0,16	0,168	0,152	0,157
10.9.	0,0379	0,014	0,0685	15,5	4	0,99	4,27	0,154	0,167	0,155	0,152
17.9.	0,0319	0,0162	0,0509	7,21	3,1	4,27	5,86	0,04	0,08	0,17	0,07
18.9.	0,0247	0,014	0,0523	14,96	2,47	0,94	4,22	0,159	0,161	0,151	0,158
25.9.	0,0912	0,048	0,101	9,62	1,95	7,25	5,03	0,209	0,153	0,154	0,585
30.9.	0,0807	0,0686	0,1132	14,3	6,86	8,07	8,02	0,08	0,07	0,06	0,05
8.10.	0,06	0,02	0,05	13,71	6,48	2,42	5,56	0,1	0,09	0,08	0,09
13.10.	0,122	0,07	0,114	12,23	5,85	4,73	6,7	0,05	0,07	0,05	0,05
14.10.	0,425	0,345	0,438	19,85	5,32	2,11	6,01	0,1	0,04	0,065	0,03
16.10.	0,2189	0,18	0,2066	17,12	5,67	10,35	8,47	0,09	0,1	0,08	0,09
28.10.	0,1069	0,065	0,0812	17,87	11,92	16,12	12,07	0,099	0,094	0,105	0,095
4.11.	0,3637	0,3644	0,3519	26,12	13,88	2,66	12,54	0,17	0,05	0,055	
10.11.	0,1636	0,1231	0,1379	26,89	19,57	5,65	19,3	0,05	0,04	0,05	0,03
13.11.	0,1603	0,108	0,1279	23,1	20,54	22,37	20,2	0,1	0,095	0,09	0,093
1.12.	0,1082	0,0595	0,0779	21,68	18,7	18,44	18,66	0,093	0,092	0,085	0,086
8.12.	0,1016	0,073	0,0831	19,52	18,54	17,34	17,57	0,085	0,081	0,075	0,069
průměr	0,231	0,149	0,145	21,241	12,061	10,904	11,651	0,093	0,085	0,101	0,082
sm. odchylka	0,368836	0,261842	0,19256	17,72549	9,5668597	10,366166	15,913446	0,0435005	0,055529	0,092272	0,082185

Příloha 3: Množství biomasy zblochanu vodního (G) a chrastice rákosovité (P) na přítoku a odtoku mokřadů M1, M2, M3 [g/m<sup>2</sup>].

	M1		M2		M3	
	P	G	P	G	P	G
Přítok	642	509	316	307	246	450
Odtok	214	438	327	409,00	196,67	195,00