

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLMOUCI

PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA

Katedra zoologie a ornitologická laboratoř



Sukcese makrofyt v uměle vytvořeném mokřadu u Plumlovské přehrady

Bakalářská práce

Ivan Filipický

B1501: Biologie a ekologie

Prezenční studium

Vedoucí práce: RNDr. Vladimír Uvíra, Dr.

Olomouc 2016

Termín odevzdání: 21. 12. 2016

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně pod vedením RNDr. Vladimíra Uvíry, Dr. a že veškeré citované zdroje uvádím v seznamu literatury.

V Olomouci 21. prosince 2016

.....

Podpis

Poděkování:

Děkuji vedoucímu RNDr. Vladimíru Uvírovi, Dr. a Mgr. Bronislavě Janíčkové, MBA za ochotu, vstřícnost a obětovaný čas.

Bibliografická identifikace

Jméno a příjmení autora: Ivan Filipický

Název práce: Sukcese makrofyt v uměle vytvořeném mokřadu u Plumlovské přehrady

Typ práce: bakalářská práce

Pracoviště: Katedra zoologie a ornitologická laboratoř, Přírodovědecká fakulta Univerzity Palackého v Olomouci

Vedoucí práce: RNDr. Vladimír Uvíra, Dr.

Rok obhajoby práce: 2017

Abstrakt:

Hlavním důvodem špatné jakosti vody ve Vodní nádrži Plumlov v posledních letech byla vysoká koncentrace fosforu v přítocích Plumlovské přehrady. Zjistilo se, že nejvýznamnějšími zdroji tohoto znečištění jsou odpadní vody z přilehlých obcí. Fosfor v Plumlovské přehradě je limitujícím faktorem výskytu vodního květu sinic. Známostí schopností mokřadů, resp. mokřadních makrofyt, je redukovat koncentrace této eutrofizačně významné živiny. Tohoto jevu bylo využito při revitalizaci VN Plumlov tak, že zde byl vybudován mokřad s iniciační umělou výsadbou vodních makrofyt, který by měl pomoci při zlepšování jakosti vody z přítoků zásobujících nádrž. Tento revitalizační zásah předpokládal následnou přirozenou sukcesí. Mokřad dále poskytuje vhodné prostředí dalším mokřadním organismům. Stav vody v mokřadu za poslední dva roky byl vyšší než v předchozích letech, což mělo vliv na i vysázené rostliny. Čistící schopnost tohoto mokřadu je ale omezená, a proto zde neustále probíhají další zásahy pro zlepšení situace, v nichž je třeba nadále pokračovat.

Klíčová slova: sukcese, vodní rostliny, mokřad, Plumlovská přehrada, eutrofizace, kvalita vody

Počet stran: 43

Počet příloh: 24

Jazyk: český

Bibliographical identification

Author's first name and surname: Ivan Filipský

Title: Succession of macrophytes in an artificial wetland at Plumlov reservoir

Type of thesis: bachelor thesis

Department: Department of Zoology and Laboratory of Ornithology, Faculty of Science, Palacký University, Olomouc, Czech Republic

Supervisor: RNDr. Vladimír Uvíra, Dr.

The year of presentation: 2017

Abstract:

The main reason of the poor water quality in the Plumlov reservoir in recent years has been high concentrations of phosphorus in tributaries flowing into the Plumlov reservoir. The most important sources of this pollution are considered sewage from near villages. Phosphorus in the Plumlov reservoir is the limiting factor in water blooms caused by cyanobacteria. The known ability of wetlands or more precisely wetland macrophytes is to reduce the concentration of this nutrient crucial for eutrophication. This phenomenon has been used during revitalization of the Plumlov reservoir, so an artificial wetland was constructed there with the initiating artificially planted aquatic macrophytes, to help in improving the water quality of the tributaries supplying the reservoir. This revitalization action should be followed by natural succession. The wetland also provides a suitable environment for other wetland organisms. For the last two years the water level in the wetland was higher than in the previous years, which also influenced the planted macrophytes. The cleaning ability of the wetland is limited, and therefore further action needs to continue to take place to improve the situation.

Keywords: succession, water plants, wetland, Plumlov reservoir, eutrophization, water quality

Number of pages: 43

Number of appendices: 24

Language: czech

Obsah

Úvod.....	1
1 Literární rešerše	2
1.1 Mokřad	2
1.1.1 Ochrana mokřadů.....	3
1.2 Sukcese.....	6
1.2.1 Sukcese mokřadů	7
1.3 Problematika kvality vody	8
1.3.1 Trofie.....	8
1.3.2 Eutrofizace	8
1.3.3 Vodní květ.....	9
1.3.4 Sinice.....	9
1.3.5 Problematika dusíku a fosforu	10
1.4 Makrofyta.....	12
1.5 Makrofyta jako indikátory sukcese a prostředí	14
1.6 Význam mokřadních makrofyt pro kvalitu vody	17
1.7 Metodika odběru a studia makrofyt	19
1.7.1 Fytocenologie.....	19
1.7.2 Postupy odběru makrofyt.....	20
2 Lokalita.....	25
2.1.1 Plumlov	25
2.1.2 Vodní nádrž Plumlov	25
2.1.3 Problematika kvality vody VN Plumlov	26
2.1.4 Revitalizační zásahy provedené na VN Plumlov.....	28
2.2 Mokřad u Plumlovské přehrady	31
2.2.1 Sukcese makrofyt v mokřadu.....	34
Závěr	35
Seznam použitých pramenů a literatury:.....	36
Seznam příloh.....	42

Úvod

Tato bakalářská práce je rozdělená do dvou celků. V první části, která je literární rešerší, vymezují hlavní pojmy jako mokřad a sukcese a věnují se obecné problematice kvality vod a příčin jejich znečištění. Ukazují, jak jsou mokřady a v nich rostoucí makrofyta pro člověka i prostředí důležité. Pro posuzování stavu prostředí je klíčová schopnost těchto vodních rostlin indikovat vlastnosti dané lokality. Další významnou schopností mokřadních makrofyt je schopnost zlepšovat kvalitu vody. Součástí této obecné části je také metodika pro terénní výzkum makrofyt.

Druhá část představuje lokalitu Vodní nádrž Plumlov a zabývá se problematikou kvality vody na přehradě i jejích přítokových oblastí. Zahrnují zde i výčet provedených revitalizačních zásahů a opatření, jež měly vést ke zlepšení jakosti vody. Zabývám se i budováním mokřadu u Plumlovské přehrady. Zmiňuji důvody vytvoření mokřadu a stručně popisují jeho následný vývoj a fungování.

1 Literární rešerše

1.1 Mokřad

Pojem mokřad je poměrně široký. Některé zdroje uvádějí definici mokřadu jako území, jež je alespoň z části roku zamokřené nebo zaplavené. Pojmem mokřad v užším slova smyslu rozumíme oblast tvořící rozhraní mezi terestrickými a vodními biotopy, kde vodní hladina leží blízko povrchu substrátu, nebo má toto území mělce zaplavený povrch půdy (tzn. půda je zcela nasycená vodou). Toto pravidlo ale nemusí platit po celý rok – existují fungující mokřady, jež pravidelně vysychají nebo bývají mohutně zaplavovány a stav vody během těchto změn může být mnohonásobně vyšší, popř. nižší oproti normálu. Mezi mokřady lze řadit močály, bažiny, rašeliniště a slatiniště. Mokřadem můžeme rozumět také prameniště, tůň, jezírka, lužní louky a lesy, ale třeba i zamokřené dno opuštěného lomu či desítky let vypuštěného rybníka, strouhu či trvalou louži v poli atd. (Hartman a kol. 2005; Rybka & Šafář 1996).

Význam mokřadů pro člověka

Mokřady lze rozlišit na přirozené a uměle vytvořené. Obzvláště v předminulém století byly původní zamokřené oblasti přeměňovány v ornou půdu. Člověk tehdy ještě neznal průmyslová hnojiva a oblasti mnohých typů mokřadů (lužní lesy, rašeliniště apod.) vysoušel a následně zemědělsky využíval pro jejich úživné půdy. K omezení znehodnocování mokřadů přispělo až studium těchto biotopů a pomocí získaných poznatků o přirozených mokřadech se začaly konstruovat mokřady umělé, které se díky své samočistící schopnosti využívají jako biologické čistírny odpadních vod (tzv. vegetační kořenové čistírny) (Šálek & Malý 2000; Hartman a kol. 2005). Tyto fungující celky také poskytují unikání prostředí dalším na mokřady vázaným druhům organismů a zadržují vodu v krajině. (Hartman a kol. 2005; Šeffer 1996).

Mokřady jako vegetační kořenové čistírny

Konstruování umělých mokřadů, jakožto vegetačních kořenových čistíren, má mnoho výhod. Jsou ekologického charakteru a jejich začlenění do krajiny je tedy snadné. Oproti umělým (mechanicko-biologickým) čistírnám jsou jednodušší ve stavebním i technologickém provedení a jejich vytvoření vyžaduje podobné či nižší náklady. Mají také minimální potřebu

energií, menší nároky na obsluhu, provozní náklady a snesou nárazové přetížení. Jejich výhodou je poměrně dobrý čistící účinek již v počátku provozu a poutání dusíku, fosforu i těžkých kovů. V tomto účinku hrají nenahraditelnou roli makrofyta. Umělé mokřady jsou konstruovány tak, aby co nejpřesněji napodobily podmínky přirozeného mokřadu, proto je nutné zvolit vhodný substrát filtračního lože s dostatečnou hydraulickou propustností, který vytvoří vysázeným rostlinám vyhovující podmínky pro růst. Jako vhodný materiál pro substrát se používá písek a štěrk. Čištění probíhá v porézním filtračním mokřadním prostředí v součinnosti s mokřadní vegetací (Hartman a kol. 2005; Šálek & Malý 2000).

Význam mokřadů pro ekologii

Ekologický význam mokřadů nespočívá pouze v jejich čistící schopnosti, ale jsou to také biotopy s vysokým stupněm diverzity. Díky specifickým podmínkám se zde vyskytují druhy živočichů a rostlin, které jsou přizpůsobené k životu v zamokřených podmínkách (Hartman a kol. 2005). Principem nejen těchto ekosystémů jsou mezidruhové interakce organismů (např. makrofyta a nitrifikační bakterie na jejich kořenech). V závislosti na míře narušení těchto vztahů může dojít ke kolapsu celého ekosystému.

Další úlohou mokřadů je zadržování povrchové i podpovrchové vody. To má význam zejména v období sucha, kdy mokřady postupně uvolňují své zásoby vody. Schopnost zadržovat větší množství vody je zásadní i během povodňových stavů. V mokřadu dochází ke zpomalení rychlosti průtoku vody. Tímto zadržením dokáží snížit hladiny toků, voda z mokřadů je uvolňována postupně, a nedochází tak k nárazovým povodňovým vlnám (Šeffler 1996). Mokřady také mohou za horkých dní odpařováním vody ochlazovat prostředí. Navíc některé typy mokřadů patří mezi nejproduktivnější ekosystémy – obzvláště lužní lesy (Rybka & Šafář 1996).

1.1.1 Ochrana mokřadů

Základním právním předpisem zahrnujícím i ochranu mokřadů je *Zákon č. 114/1992 Sb.*, o ochraně přírody a krajiny, odstavec 2i). Ochrana je zde definována jako ovlivňování vodního hospodaření v krajině s cílem udržovat přirozené podmínky pro život vodních a mokřadních ekosystémů při zachování přirozeného charakteru a přírodě blízkého vzhledu vodních toků, ploch a mokřadů. Vedle tohoto zákona se na ochranu mokřadních biotopů vztahuje například *Zákon č. 254/2001 Sb.*, o vodách a o změně některých zákonů.

Natura 2000

Dalším nástrojem sloužícím nejen k ochraně mokřadů je soustava chráněných území zvaná Natura 2000, jež vyplývá z naplňování dvou směrnic Evropského společenství, a to konkrétně směrnice č. 2009/147/EC (o volně žijících ptácích) a směrnice č. 92/43/EEC (o ochraně přírodních stanovišť, volně žijících živočichů a planě rostoucích rostlin). Cílem soustavy Natura 2000 je chránit ohrožené, vzácné typy a druhy stanovišť, popř. jiným způsobem vyžadující pozornost (endemické druhy a druhy specifických stanovišť apod.), a to vždy na základě vědeckých principů. Z mokřadních biotopů jsou součástí soustavy Natura 2000 např. živá vrchoviště, přechodová rašeliniště, prameniště s tvorbou pěnovce, vápnité slatiny a různé typy stanovišť sladkých stojatých i tekoucích vod (Pokorný 2000).

Ramsarská úmluva

Posledním nástrojem ochrany mokřadů, jímž se budu zabývat, je tzv. Ramsarská úmluva (popř. konvence) pojmenovaná podle místa jejího přijetí – iránského města Ramsar. Jde o úmluvu na mezinárodní úrovni, zaměřenou pouze na mokřady, která byla podepsána roku 1971 a která vstoupila v platnost v roce 1975. Země, která k úmluvě přistoupí, se zavazuje chránit své mokřady, kdy podmínkou je zapsat alespoň jednu její lokalitu na seznam mezinárodně významných mokřadů. K roku 2014 k úmluvě přistoupilo 168 zemí a ČR je smluvní stranou od 2. července 1990 (což upravuje *Zákon č. 396/1990 Sb.*). V roce 1993 byl oficiálně ustaven Český ramsarský výbor, který je koordinačním a poradním orgánem MŽP. Podle úmluvy je každý členský stát povinen podporovat jejich zachování a správné zacházení s mokřady zařazenými v Seznamu mezinárodně významných mokřadů i s ostatními mokřady na svém území. Český ramsarský výbor rozděluje mokřady do čtyř kategorií: R – mokřady splňující kritéria Ramsarské konvence pro zařazení do celosvětového seznamu mokřadů mezinárodního významu, dále M – mokřady nadregionálního významu, N – mokřady regionálního významu a L – mokřady lokálního významu. Stupeň ochrany lokality je stanovován dle *zákona č. 114/1992 Sb.* (NPR – národní přírodní rezervace, PR – přírodní rezervace, NPP – národní přírodní památka, PP – přírodní památka, CHKO – chráněná krajinná oblast, NP – národní park, N – návrh na ochranu a O – bez ochrany). Ramsarská konference r. 1990 stanovila kritéria pro výběr mokřadů mezinárodního významu: 1. pro reprezentativní nebo unikátní mokřady, 2. kritéria založená na rostlinách nebo živočiších, 3. specifická kritéria založená na vodních ptácích (AOPK ČR 2014; Hudec a kol. 1995; Rybka & Šafař 1996). Česká republika má na Seznamu mezinárodně významných mokřadů několik lokalit:

- RS1: Šumavská rašeliniště (102 km², zápis r. 1990)
- RS2: Třeboňské rybníky (96 km², zápis r. 1990)
- RS3: Novozámecký a Břežský rybník (9 km², zápis r. 1990)
- RS4: Lednické rybníky (7 km², zápis r. 1990)
- RS5: Litovelské Pomoraví (62 km², zápis r. 1993)
- RS6: Poodří (44 km², zápis r. 1993)
- RS7: Krkonošská rašeliniště (2 km², zápis r. 1993)
- RS8: Třeboňská rašeliniště (11 km², zápis r. 1993)
- RS9: Mokřady dolního Podyjí (115 km², zápis r. 1993)
- RS10: Mokřady Liběchovky a Pšovky (4 km², zápis r. 1993)
- RS11: Podzemní Punkva (16 km², zápis r. 2004)
- RS12: Krušnohorská rašeliniště (112 km², zápis r. 2006)
- RS13: Horní Jizera (23 km², zápis r. 2012)
- RS14: Pramenné vývěry a rašeliniště Slavkovského lesa (32 km², zápis r. 2012)

Ochrana lokalit je zajištěna formou Národního parku (RS1, RS7), Chráněné krajinné oblasti (RS2, RS5, RS6, RS8, RS10, RS11, RS13, RS14) nebo Národní přírodní rezervace (RS3, RS4, RS9; data AOPK ČR 2014).

1.2 Sukcese

Sukcesí rozumíme soubor autoregulačních mechanismů, s jejichž pomocí společenstvo (cenóza) směřuje ke stále větší uspořádanosti, akumulaci biomasy, energie a informací. Cílem tohoto procesu je dosažení rovnovážného stavu mezi příjmem a výdejem energie a hmoty. Jiné definice prezentují sukcesí jako nesezónní, směřovaný a kontinuální proces kolonizace a zániku populací jednotlivých druhů na určitém místě (Clements 1916).

Typy sukcese

Na nově zformovaných ekotopech (tj. stanovištích zahrnujících pouze abiotickou složku prostředí) bez doposud zformovaného společenstva, vytvořené půdy a propagulí (nebo po jejich odstranění) probíhá sukcese primární. Disturbancemi zapříčiňujícími primární sukcesí mohou být přírodní katastrofy (např. záplavy, zemětřesení, hurikán, výbuch sopky) nebo lidská aktivita.

Vedle primární sukcese rozlišujeme ještě sukcesí sekundární, jež následuje po významné disturbanci, která způsobila odstranění společenstva, ale půda a biologický materiál zůstal zachován (nejčastěji propagule, popř. i přeživší dospělí jedinci) (Odland & del Moral 2002). Příkladem takovéto disturbance může být kupříkladu lesní požár.

Průběh sukcese

Typický vývoj skladby rostlinných druhů během primární sukcese z hlediska životních strategií bývá od pionýrských druhů – hlavně tzv. r-stratégů (ruderních specialistů – např. rychle se vyvíjející efemery) po c-stratégy (konkurenční specialisty). Proces, při němž raně sukcesní pionýrské druhy připravují prostředí pro nástup druhů klimaxových, se nazývá *facilitace*. Ačkoliv sukcese spěje k uspořádanějšímu stavu (klimaxu), dosažení zcela vyrovnaného stavu (*equilibria*) je díky neustálým disturbancím a změnám faktorů v praxi téměř nemožné. Asi nejužívanější definice sukcese F. E. Clementse hodnotí sukcesí pomocí funkcí vegetace a jejích procesů (tj. zahájení kolonizace, migrace, uchycení druhů, kompetice a následná reakce a stabilizace společenstva). Za základ vývoje společenstva (sukcese) považuje vztah tří faktorů – habitatu (biotopu), životních forem, postupného vývoje, popř. formování vegetace (Clements 1916; Walker & del Moral 2003).

1.2.1 Sukcese mokřadů

Jeden z novějších kvantitativních modelů sukcese sladkovodních mokřadů – podle Gleasonova přístupu, je rovněž založen na třech složkách, tzv. životních strategiích druhů (z ang. „life strategies“). Těmito složkami rozumíme délku života, životnost propagulí a požadavky k jejich uchycení. Kombinací těchto znaků můžeme rozeznat dvanáct typů životních strategií mokřadních makrofyt. Změny v druhovém složení makrofyt dle Gleasonova modelu v mokřadech bývají zapříčiněny: 1) zničením veškeré nebo části vegetace (patogeny, herbivory nebo lidskou činností), 2) změnou fyzikálních či chemických podmínek (např. záplavy, nárazovité splachy živin ze zemědělských ploch po bouřkách atd.), 3) vztahy mezi jednotlivými druhy (kompetice, alelopatie), 4) invazí a uchycením nových druhů. Teoreticky je možné předpovědět změny druhového složení při dostatku informací o složkách životních strategií (rozptyl propagulí, klíčení semen, růstová rychlost při různých podmínkách prostředí, produkci semen, náchylnost k patogenům, konkurenceschopnost, délka života atd.). Ale tyto informace o všech přítomných druzích v praxi není možné podchytit a vytvořit generalizovaný Gleasonův model sukcese mokřadu. S dostatečnými informacemi lze eventuálně sestavit pouze Gleasonův model alogenní sukcese a charakterizovat možné chování makrofyt. (Alogenní sukcese je poměrně vzácný typ, kdy jsou druhy ve společenstvech nahrazovány jinými díky měnícím se geofyzikálním podmínkám vnějšího prostředí, např. ukládání splavenin a sedimentů v mokřadech, zvyšování salinity a následný vznik slanisek apod.) (van der Valk 1981).

1.3 Problematika kvality vody

Kvalitu vody lze posoudit na základě souboru vlastností vody z hlediska její vhodnosti pro různé druhy využití, dále z hlediska míry toxicity vody pro organismy, popř. obecně ve vztahu k přírodnímu prostředí. Mezi faktory hodnotící jakost vody z biologického hlediska patří saprobita, toxicita, radioaktivita, fyzikální faktory, eutrofizace, acidifikace a salinita, z nichž největší vliv na rozvoj vodního květu má eutrofizace (jíž se budu dále zabývat) a také stupeň saprobity (Sládeček & Sládečková 1996).

1.3.1 Trofie

Trofie (úživnost) vody vyjadřuje obsah živin (popř. pro organismy významných látek) hodnocený na základě složení organické hmoty (organické produkce), přičemž zpravidla na živiny chudé vody (oligotrofní) vykazují nízkou organickou produkci a úživné (eutrofní) naopak. Tato produktivita obvykle koreluje s průhledností vody (zjednodušeně se uvádí, že průhlednost <1m znamená eutrofní vodu). Úživnost lze přesněji zhodnotit pomocí tzv. potenciální produktivity, používaným biotestem založeným na kultivaci řasy Úživnost lze přesněji zhodnotit pomocí tzv. potenciální produktivity (MTV, Mean trophic value), používaným biotestem založeným na kultivaci řasy *Scenedesmus quadricauda* standardních podmínek (osvětlení, teplota, přívod CO₂ atd.) a následném sledování její růstové odezvy (spektrofotometrickým stanovením koncentrace chlorofylu). Tyto hodnoty se poté srovnají s tabulkovými hodnotami. (Potenciální produktivita – metoda ukazující maximální rozvoj producentů, jež by mohl nastat za optimálních podmínek) (Adámek a kol. 2014).

1.3.2 Eutrofizace

Pojem „eutrofizace“ pocházející z řečtiny („eu“ – hojný a „trophi“ – potrava) byl poprvé použit právě při charakteristice mokřadů (Weber 1907). Lidé, žijící u úživných jezer a jiných stojatých vod, si v polovině 20. století začali všimnout intenzivního zeleného zakalení vody, zvýšeného úhynu ryb a zlepšení růstu vodních makrofyt. Eutrofizací rozumíme proces, během něhož dochází k přesycování půdy a povrchových vod minerálními živinami,

především dusíkem a fosforem uvolňovanými ze sedimentů půdy a odumřelých organismů (Kukol 2013; Smith et al. 1999). Ačkoliv se jedná o přirozený proces, až díky eutrofizaci zapříčiněné lidskou činností se z tohoto jevu stal vážný problém znečišťování vod. Hlavními zdroji dusíku a fosforu v přehradách dnes bývá vypouštění odpadních a splaškových vod do vodních toků a splach z uměle hnojených polí. V případě rybníků bývá eutrofizace důsledkem umělého dokrmování za účelem zvýšení produkce ryb. Souhrou vhodných podmínek, jako dostatek světla a tepla, se tyto nutrienty stávají limitujícím faktorem růstu a šíření vodního květu (Štěřba & Rosol 1989).

1.3.3 Vodní květ

V silně eutrofních vodách dochází díky eutrofizaci k masivnímu rozvoji fytoplanktonu, z něhož nejproblematictější skupinou bývají sinice, popř. řasy s vláknitými stélkami. Ty se hromadí při vodní hladině (v neuston) – tento stav označujeme jako vodní květ. První pokusy o redukci vodního květu, například aplikace síranu měďnatého (CuSO_4), odstraňovaly spíše jeho důsledky (tj. likvidovaly sinice) než příčiny (vysoký obsah živin). Velmi kuriózní metodou pro redukci vodního květu je, nejspíš díky fenolickým sloučeninám, i aplikace slámy z ječmene (Znachor 2005). Až koncem 60. let vědci začali zcela chápat spojení mezi zvyšováním obsahu živin a rozvojem vodního květu. I když současné vědecké poznání pokročilo, problém vodního květu neustále zaměstnává vodohospodáře a limnology po celém světě (Schindler 2006).

1.3.4 Sinice

Předchůdci dnešních sinic (Cyanobacteria) byli pravděpodobně nejstaršími autotrofními organismy na Zemi. Nejstarší sinice s prokaryotickými (bezjadernými) buňkami jsou doloženy již z dob před 3,2 miliardami let. Hlavním fotosyntetickým barvivem je chlorofyl a pro sinice specifické fykobiliny (fykocyanin a fykoerytrin). Jednou z příčin vitálnosti, a tím pádem problémovosti sinic z pohledu jakosti vody, je jejich schopnost fotosyntetizovat i v anaerobním prostředí s nižšími nároky na světlo (dokáží využít specifické části světelného spektra) a schopnost žít se také mixotrofně. Díky těmto vlastnostem mohou klesnout do hlubších neprosvětlených vrstev vody, bohatých na živiny a znovu se vrátit k hladině, kde je dostatek světla pro fotosyntézu. Další vlastností zvyšující

konkurenceschopnost sinic je adaptace pro získávání uhlíku z vody i za poměrně vysokých hodnot pH vody, kdy se uhlík nachází ve formě hydrogenuhličitánů. Sinice mívají kokální nebo vláknitou stélku a často tvoří slizovité kolonie. Unikátními adaptacemi vláknitých sinic pak jsou heterocyty (útvary pro fixaci a uchování vzdušného dusíku) a akinety (odolná klidová stádia) (Kalina 1997; Kalina & Váňa 2005). Silně rozvinutý vodní květ má dva hlavní negativní dopady na jakost vody. Jednak ochuzuje vodu o kyslík a sinice také produkují látky nepříznivě ovlivňující okolí.

Sinice a kyslík

Sinice kyslík při fotosyntéze produkují, ale protože se vodní květ obvykle nachází u hladiny, vyprodukovaný kyslík uniká do atmosféry. V případě úhynu sinic (na podzim) rozkladné procesy kyslík výrazně spotřebovávají. Během nocí také sinice využívají ve vodě rozpuštěný kyslík k buněčnému dýchání. Přítomností na hladině rovněž brání průniku světla do hlubších vrstev vodního sloupce, takže brání ve fotosyntéze případným níže rostoucím producentům, například submerzním makrofytům.

Alelopatie sinic

Sinice produkují mnoho typů látek s různými účinky na své okolí. Nejvýznamnějšími jsou pravděpodobně cyanotoxiny, které mohou způsobit u člověka značné zdravotní komplikace (známy jsou i smrtelné případy) (Znachor 2005). Kyslíkový deficit i otrava cyanotoxiny mohou navíc zapříčinit masivní úhyny ryb. Přítomnost toxinů a nedostatek kyslíku či světla způsobený vodním květem mohou zapříčinit i kolaps daného ekosystému.

1.3.5 Problematika dusíku a fosforu

Německý chemik a agronom Justus von Liebig (1803 – 1873) vyslovil tzv. zákon minima. Liebigův zákon minima říká, že růst rostlin je určován, popř. limitován, faktorem (prvkem), jehož je nedostatek relativně k požadavkům organismu, nebo je ve srovnání s ostatními faktory v minimu, přičemž má pro daný organismus velký význam. Z minerálních nutričních látek jde zpravidla o dusík a fosfor.

Význam dusíku a fosforu pro fytoplankton

Počínání lidstva takřka téměř zdvojnásobilo množství dusíku v jeho terestrickém koloběhu. Dusík patří mezi makrobiogenní prvky (tj. obsažený v organismech více než 1 %). Dusík bývá jinak považován za limitující faktor růstu rostlin a v mnoha studiích je

dokumentován lineární vztah mezi relativní růstovou rychlostí (RGR, Relative growth Rate) a koncentrací dusíku v rostlině. Modely, jež se tímto studiem zabývají, sledují vliv dostupnosti dusíku přímo v rostlině na její růst a rozmístění dusíku v ní (Smith et al. 1999; Verkroost & Wassen 2005). Ve vodních ekosystémech platí velmi podobné principy, a to nejen pro makrofyta, ale veškeré fotosyntetizující organismy (primární producenty) včetně fytoplanktonu. V případě sinic a fytoplanktonu v letních měsících jsou tedy limitujícím faktorem téměř vždy živiny (Duras 2014; Pitter 2009). Dusík se ve vodě vyskytuje v různých formách (iontové i neiontové) jako elementární, anorganicky vázaný (amoniak, dusitany, dusičnany) a dusík organicky vázaný (Pitter 2009).

Limitace fosforem

V silně eutrofizovaných vodách bývá dusík z pohledu sinic obvykle v nadbytku. K limitaci uhlíkem může docházet jen vzácně (hlavně při nedostatku CO₂, jež se většinou přirozeně doplňuje z atmosféry či rozkladnými procesy), takže jediný faktor, jímž lze účinně omezovat vodní květ, je fosfor. Fosfor se do vody dostává jednak přirozenou cestou – erozí hornin a také nepřirozenou cestou – lidskou činností. Nejvýznamnějšími faktory lidské činnosti znečišťujícími vody jsou splachy ze zemědělských ploch (hnojení fosforečnými hnojivy) a také nedůsledně řešený systém kanalizace, popř. čištění odpadních vod a následná kontaminace vodních toků. Největšími znečišťovateli odpadních vod anorganickým fosforem bývají prádelny, textilní a dokonce pivovarnický průmysl. Při znečištění odpadních vod z domácností jsou problémové prací a čisticí prostředky a také organický fosfor z živočišné i rostlinné biomasy. Koncentrace fosforu může dosáhnout tisícín i setin mg/l (Duras 2014; Pitter 2009; Rybka & Šafář 1996).

1.4 Makrofyta

Makrofyta, jakožto vyšší rostliny vázané na vodní prostředí, mají oproti terestrickým příbuzným několik výhod. Hlavní výhodou je neomezený přísun vody. Proto některá makrofyta obsahují i přes 90% vody v pletivech (Little 1979). Ponořená (submerzní) makrofyta snadno vzrůstají ve vodním sloupci díky podobné hustotě rostlinného těla a okolního prostředí. Jiné druhy zase disponují vzdušnými pletivy (tzv. aerenchymem), takže jejich orgány (listy, květy) plavou na hladině. Díky jmenovaným vlastnostem vody tato makrofyta neinvestují tolik do zpevňovacích a podpůrných pletiv.

Životní formy a typy makrofyt

Na základě klasického dělení životních forem z hlediska ochrany obnovovacích pupenů (dle Raunkiaera) můžeme vodní rostliny obecně zařadit mezi kryptofyty – tzn., že obnovovací meristémy jsou chráněny v půdě nebo ve vodě (Raunkiaer 1934). Vodní makrofyta dělíme na emerzní (z části vynořené) a submerzní (zcela ponořené) popř. amfibické (kořenující ve dně či vlhké půdě s listy a květy na hladině).

Emerzní rostliny – hygrofyta (popř. helofyta), jimiž se v této práci primárně zabývám, jsou rostliny kořenující v mokřích až zabahněných půdách s trvale vysokou půdní vlhkostí (typicky rostoucí na okrajích vodních nádrží, tj. litorálu – pobřeží stojatých vod). Tyto rostliny mají fotosyntetické i generativní orgány zpravidla nad úrovní nebo na úrovni vodní hladiny (Bronmark & Hansson 2005).

Hygrofyta mělkých vod mívají vystoupavou lodyhu výše nad vodní hladinou, např. orobinec (*Typha*, Typhaceae), rákos (*Phragmites*, Poaceae), zevar (*Sparganium*) a mnoho dalších. Tyto rostliny se rozmnožují nejčastěji vegetativně a vytvářejí v nádržích často velké porosty (Hartman a kol. 2005). Hlouběji kořenující emerzní makrofyta mívají asimilační orgány přímo na hladině. Patří sem lekníny, stulík (*Nymphaea*), kotvice plovoucí (*Trapa natans*), některé druhy rdestů (*Potamogeton*), které mají vzdušné listy vzplývající na vodní hladině.

Posledním typem emerzních makrofyt, o nichž se zmíním, jsou na hladině volně plovoucí (natantní) makrofyta: okřešky (*Lemna*), drobnička bezkořenná (*Wolffia arrhiza*,

Araceae), nepukalka vzplývající (*Salvinia natans*, Salviniaceae). Volně vzplývající makrofyta rostou obvykle v eutrofních vodách (Bronmark & Hansson 2005).

Zajímavou skupinou makrofyt z hlediska získávání živin jsou vodní a mokřadní masožravky, např. rosnatky (*Drosera intermedia*, *Drosera anglica*, *Drosera rotundifolia*), tučnice (*Pinguicula alpina*, *Pinguicula vulgaris*) či aldrovandka měchýřkatá (*Aldrovanda vesiculosa*). Bublinatky (*Utricularia* sp.) mají poměrně unikátní způsob lovu – listy mají přeměněné v měchýřky, na jejichž stěnách vzniká podtlak. Po podráždění citlivých chloupků dojde ke spuštění lovného mechanismu a kořist je doslova spolknuta (typicky buchanky Cyclopodia či perloočky – Cladocera). Tento způsob výživy je adaptací na nedostatek dusíku v oligotrofních vodách, kde se vyskytují aldrovandky i bublinatky. V rašeliništích rostoucí tučnice a rosnatky se uchýlily k této strategii, protože je zde dusík nedostupný díky nízkému pH (Reichholf 1998).

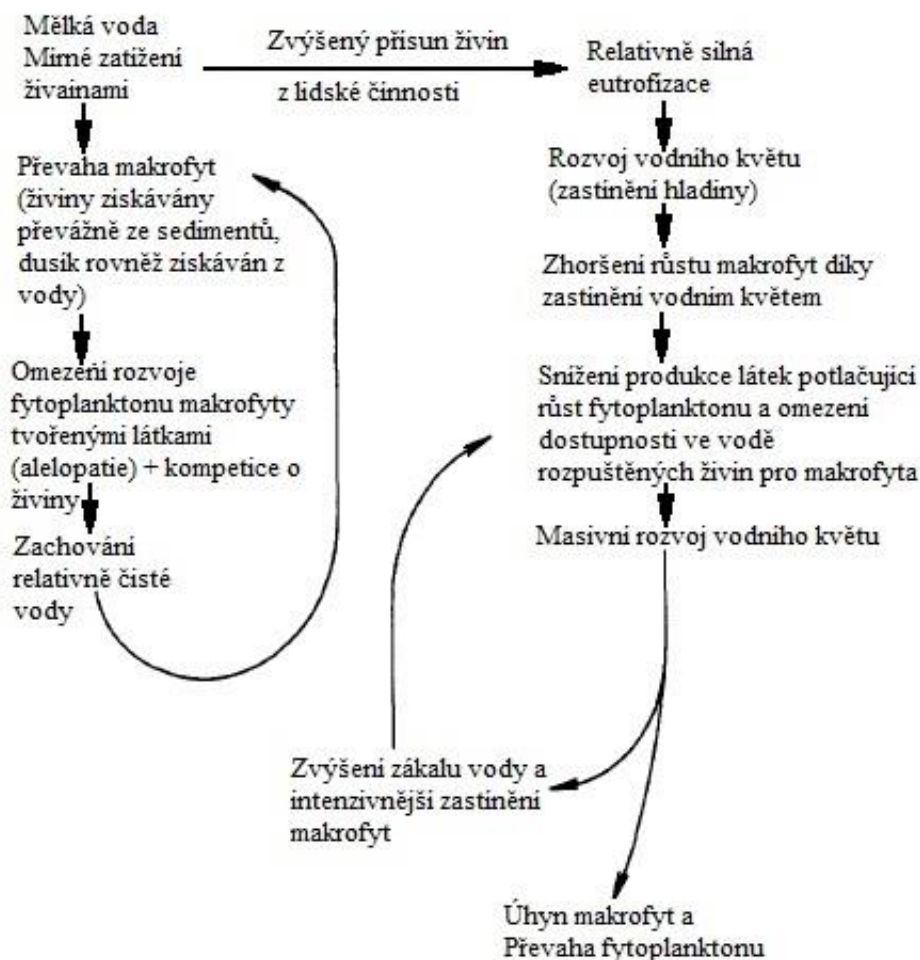
Rozmnožování makrofyt

Vodní makrofyta obvykle upřednostňují vegetativní rozmnožování před semenným, jež bývá méně spolehlivé. Většina pohlavně se množících makrofyt (vč. ponořených) mívá květonosné lodyhy a kvetení probíhá ve vzdušném prostředí (anemogamie či entomogamie). U rostlin kvetoucích pod vodou buď dojde k opylení v rámci uzavřeného květu, nebo existují zvláštní adaptace na opylení ve vzduchu a vývoj semene pod vodou, kupříkladu vod'anka (*Vallisneria*, Hydrocharitaceae) (Bednářová 1983).

1.5 Makrofyta jako indikátory sukcese a prostředí

Kvalitativní (druhové) složení, popř. nepřítomnost či přítomnost jednotlivých druhů makrofyt a také jejich prospívání (přežívání, reprodukce, popř. vegetativní šíření) v daném prostředí, mohou vypovědět o stavu a ekologických podmínkách tohoto prostředí (např. úživnost půdy i vody, typ podkladu, či kolísání vodní hladiny). Toto je umožněno díky znalosti různých nároků určitých druhů na podmínky tohoto prostředí nebo schopností tolerance k nejrůznějším faktorům a změnám v něm. Tyto nároky jednotlivých druhů však nejsou dostatečně prozkoumány, takže je vhodné k posouzení skutečného stavu využít i další ukazatele a metody. Z hlediska požadavků na podmínky prostředí rozlišujeme druhy s úzkým rozsahem nároků na daný faktor (stenovalentní) a širokým rozsahem (euryvalentní). Stenovalentní makrofyta (méně tolerantní) mají zpravidla vyšší výpovědní hodnotu o ekologických podmínkách v daném prostředí – například rdest alpský (*Potamogeton alpinus*) (Kočí a kol. 2011; Grulich & Vydrová 2006).

Vědecké poznatky dále ukazují, že volně plovoucí makrofyta mohou poukazovat na juvenilní fázi sukcese vodních nádrží a naopak emergentní vodní rostliny indikují pozdější sukcesní stadium. (Obot & Mbagwu 1988). Výpovědní hodnotu o vlastnostech prostředí může mít i absence makrofyt na dané lokalitě. Geologické složení, typ substrátu, hloubka vody či zákal mohou být pro jejich výskyt limitující. Nepřítomnost makrofyt je typická pro oligotrofní horská jezera, rašelinné (dystrofní) vody, silně zastíněné vody a geologické formace (např. flyš) (Grulich & Vydrová 2006). Jednou z příčin nepřítomnosti submerzních makrofyt může být předešlý prudký rozvoj vodního květu (*Obr. č. 1*). V menších nádržích mohou submerzním makrofytům významně konkurovat o světlo volně plovoucí nebo v substrátu kořenující makrofyta s asimilačními orgány na úrovni hladiny. Submerzní makrofyta mohou reagovat na nedostatek světla např. změnou z vertikálního růstu na horizontální šíření (Phillips et al. 1978; Portielje & Roijackers 1995). Distribuce, druhové složení a rozšíření makrofyt také úzce souvisí s jejich tolerancí k zaplavování či saturací substrátu vodou, nebo naopak k vysychání. Poměrně překvapujícím faktem je, že významnější vliv mají stáří nádrže a poklesy hladiny než doba zaplavení (van Geest et al. 2005; Odland & del Moral. 2002). Mezi další faktory ovlivňující složení druhů a distribuci makrofyt mohou tedy patřit věk nádrže a její tvar (napoví při stanovování fáze sukcese) nebo také přístup dobytka ke břehu (van Geest et al. 2005).



Obr. č. 1 Problematika úbytku submerzních makrofyt v silně eutrofizovaných vodách (upraveno podle Phillips et al. 1978).

Hodnocení stupně eutrofizace vod pomocí makrofyt

Z hlediska této práce nejvýznamnější schopností makrofyt je schopnost indikovat trofii (úživnost) vody. Pro vyhodnocení ekologického stavu všech typů sladkovodních ploch na základě druhové skladby makrofyt se využívá trofický index MTV (Mean trophic value). Tento index je dán pokryvností druhů a odráží trofii vodního prostředí. Výsledné hodnoty indexu MTV jsou vyjádřeny tzv. poměrem ekologické kvality EQR (Ecological quality ratio), jež ukazuje poměr mezi hodnotami biologických parametrů naměřených pro danou lokalitu a referenčními hodnotami (tj. hodnoty nenarušeného prostředí). EQR nabývá hodnot od 0 do 1, kdy 1 znamená velmi dobrý ekologický stav a 0 zničený ekosystém. Ke stanovení trofického indexu potřebujeme znát také pokryvnost jednotlivých druhů makrofyt. Pro ni lze využít tzv. Braun-Blanquetovu stupnici početnosti a pokryvnosti jednotlivých druhů v populaci.

Alternativou k ní může být stupnice dle Domina (viz *tab. č. 1*) (Kočí a kol. 2011; Westhoff & van der Maarel 1978).

Konkrétní příklady indikace faktorů prostředí makrofyty

Typickými vodními rostlinami indikujícími kritický přebytek dusíku v substrátu jsou dvouzubec trojdílný (*Bidens tripartita*) nebo žabník jitrocelový (*Alisma plantago-aquatica*). Význačnými makrofyty eutrofních mokřadů jsou puškvorec obecný (*Acorus calamus*) nebo prustka obecná (*Hippuris vulgaris*), mokřadů mezotrofních d'áblík bahenní (*Calla palustris*), popř. vodní kapradina nepukalka vzplývající (*Salvinia natans*). Oligotrofii a čistotu vod nejlépe indikuje pobřežnice jednokvětá (*Littorella uniflora*). Bohatě prokysličené vody indikuje lakušník říční (*Batrachium fluitans*), naopak na deficit kyslíku ukazuje vodní mor kanadský (*Elodea canadensis*). Výskyt řečanky přímořské (*Najas marina*) poukazuje na bazické substráty, výskyt tuřice české (*Vignea bohemica*) na kyselé. Přítomnost rdestu alpského (*Potamogeton alpinus*) značí kaolínové substráty.

Na základě výskytu makrofyt lze také charakterizovat fyzikální podmínky prostředí. Na kolísání vodní hladiny ukazuje přítomnost psárky plavé (*Alopecurus alequalis*), šmelu okoličnatého (*Butomus umbrellatus*), rukve obojživelné (*Roripa amphibia*) nebo šípatky vodní (*Sagittaria sagittifolia*). Ekoton (rozhraní) voda-souš typicky osídluje rdesno obojživelné (*Persicaria amphibia*), přičemž vykazuje vysokou fenotypovou plasticitu podle míry zaplavení nebo vysušení. Diagnostickými druhy zazemňovaných mokřadů jsou šť'ovík koňský (*Rumex hydrolapathum*) či lilek potměchuť (*Solanum dulcamara*). Příkladem indikátorů karbonátů ve vodě jsou sevlák šírolistý (*Sium latifolium*) nebo masožravá bublinatka obecná (*Utricularia vulgaris*) (Hejný 2000).

1.6 Význam mokřadních makrofyt pro kvalitu vody

Vodní makrofyta jsou nedílnou složkou fungujícího mokřadu. Jak jsem již zmínil, mezi hlavní příčiny vodního květu patří vysoký obsah nutričních látek – dusíku a fosforu. Bylo prokázáno, že vodní rostliny jsou schopny významně redukovat obsah pro fytoplankton důležitých živin ve vodě, a celý ekosystém mokřadu tak může fungovat jako jakási přírodní čistička povrchových vod. Pro tuto metodu popř. biotechnologické odvětví vznikl anglický termín phytoremediation (předpona „phyto-“ – týkající se rostlin a „remediation“ – náprava, tj. volně přeloženo revitalizace pomocí rostlin) (Fraser et al. 2004).

Principy zlepšování kvality eutrofních vod díky makrofytům

V podstatě růst či reprodukce všech fotosyntetizujících organismů bývá limitován právě problematickým N a P. A podstatou mokřadu jakožto „přírodního filtru“ je vlastně využití těchto živin makrofyty do takové míry, aby nedošlo k přemnožení fytoplanktonu. Toto je ale možné v případě malých producentů znečištění. Jedním z principů je přesun kyslíku v rámci rostliny z prýtu do kořene. Kyslíkem nasycená rhizosféra následně umožňuje v jinak anaerobním sedimentu bakteriím a dalším mikroorganismům rozklad organické hmoty (s obsahem dusíku) a umožňuje mikrobiální procesy. V tomto oboustranně výhodném vztahu tedy makrofyta dále využívají produkty mikroorganismů (Gersberg et. al 1986).

Příklady čistící schopnosti makrofyt

Při pokusech v umělém mokřadu dokázala vegetace skřípince (*Scirpus validus*) z původní koncentrace amoniaku v přitékající vodě zredukovat jeho koncentraci v odtoku na téměř 5,6 % původní koncentrace. Vegetace rákosu obecného (*Phragmites australis*) na 21,5 % a v případě orobince širokolistého (*Typha latifolia*) na 71,7 %, přičemž výtok v kontrolním mokřadu bez vegetace vykazoval průměrnou hodnotu 89,5 % původní koncentrace (Gersberg et al. 1986). Další studie potvrzují signifikantní schopnost funkčních mokřadních ekosystémů redukovat obsah celkového dusíku i fosforu oproti systémům bez vegetace, a to v určitých případech až 10×. Účinnost při odstraňování fosforu může být až 1 mg spotřebovaného fosforu na vytvoření 100 mg nové biomasy. Je rovněž dokázáno, že jednotlivé druhy se ve svých schopnostech snižovat obsah N a P liší, ale i další prameny demonstrují vysokou efektivitu zlepšování jakosti vod již zmiňovaného skřípince, přičemž

ale nejlépe pravděpodobně funguje uměle vytvořené společenstvo různých druhů makrofyt (Fraser et al. 2004; Pitter 2009).

Redukce vodního květu pomocí alelopatie makrofyt

Bylo také zjištěno, že vedle schopnosti makrofyt omezovat vodní květ prostřednictvím snižování koncentrace hlavních živin z vody, porosty makrofyt zabraňují jeho rozvoji pomocí alelopatie. Produkují totiž látky pro fytoplankton toxické i v nízkých koncentracích (např. heterocykly se sírou). Příkladem takovýchto makrofyt může být submerzní růžkatec (*Ceratophyllum* sp.) (Hejný 2000).

1.7 Metodika odběru a studia makrofyt

V rámci této práce vymezím klíčové pojmy studia makrofyt, jako fytoecologie, fytoecologické snímkování, inventarizace, biologický monitoring. Dále se zaměřím na metodiku odběru a následné zpracování vzorků makrofyt.

1.7.1 Fytoecologie

Fytoecologie se zabývá studiem terestrických či vodních rostlinných společenstev (fytoecóz), hodnotí jejich rozdíly v přírodě (např. proč jsou jedinci jednotlivých druhů rozšířeny právě daným způsobem) a snaží se zjistit příčiny těchto odlišností. Tato společenstva tvoří porosty populací druhů (vegetaci) vyskytujících se v prostoru, kde mohla dosáhnout určité stability, stejnorodosti a dynamické rovnováhy. Tato rovnováha může nastat mezi jednotlivými populacemi a prostředím, popř. mezi populacemi navzájem, nebo se populace vlivem disturbancí mohou nacházet v určitém stadiu sukcese (Moravec 1994).

Fytoecologické snímkování

Vedle prostého výčtu druhů na lokalitě můžeme použít metodu fytoecologického snímkování konkrétních rostlinných společenstev. Díky němu lze lépe dokumentovat stav daného prostředí a rovněž vyvozovat jeho vlastnosti. Nejprve se obvykle na zkoumané lokalitě vymezí plocha s vhodnými rozměry dle typu prostředí (na základě vegetace, přístupnosti, popř. účelu snímkování apod.), následně rostliny rozdělíme do pater (u terestrických např. mechové, bylinné, keřové atd.) a v každém z nich zaznamenáme druhy, k nimž přiřadíme pokryvnost dle stupnice Braun-Blanqueta nebo Domina (*tab. č. 1*). K tomu zaznamenáme dodatečné informace, jako sklon svahu a jeho orientaci, nadmořskou výšku apod. Můžeme rovněž odebrat jak vzorky rostlin k dalšímu výzkumu či identifikaci, tak i vzorek půdy (Michalcová 2010).

Inventarizace

Inventarizace neboli inventarizační průzkum je metoda stanovující výskyt jednotlivých taxonů na sledované lokalitě, a to nejen rostlinných. Můžeme ji považovat za dílčí součást fytoecologického snímkování. V širším slova smyslu (při zahrnutí dalších vyšších taxonomických skupin či společenstev – zoocenóza, mykocenóza, popř. i mikrobiocenóza) nám inventarizace může pomoci lépe pochopit vztahy v prostředí, například přítomnost obligátních parazitů specializovaných na jeden druh rostliny. Díky

těmto znalostem můžeme sledovat postupnou změnu území (sukcesi) a zabývat se tím, proč se tomu tak děje (Maršáková-Němejcová a kol. 1987).

Monitoring

Fytcenologický monitoring znamená důsledné, v čase a prostoru definované sledování přesně určených ukazatelů v bodech tvořících síť, jež při určité hladině pravděpodobnosti reprezentují daný region. Jde obvykle o komplexnější náhled (holistický) na vyšší ekologické nebo územní úrovni (regionu, popř. studium určitého typu ekosystému v rámci většího území např. mokřady ČR) a širším časovém rozpětí. Dílčí metodou může být i fytcenologické snímkování. Výstupy monitoringu tedy slouží k co nejobektivnějšímu poznání velikostí a změn jednotlivých ukazatelů složek životního prostředí v daném regionu a často zahrnuje návrhy pro realizaci nápravných opatření (Hekera 2013).

1.7.2 Postupy odběru makrofyt

Výstupy výzkumu využívajícího tuto metodiku mohou být dále využitelné informace, jako jsou kvalitativní (druhové) složení, kvantitativní složení (abundance jednotlivých druhů) a semikvantitativní zastoupení (pokryvnost) vodních makrofyt. Tyto data mohou být dále využitelná, např. při posuzování jakosti vod nebo i úspěchu makrofyt v mokřadu.

Za základní vybavení pro sběr makrofyt a následnou inventarizaci a záznamy dat považují (dle Grulich & Vydrová 2006):

- mapy zkoumané oblasti v dostatečném rozlišení
- GPS přístroj (pro přesnější určení polohy či vytyčení transektů)
- fotoaparát (s polarizačním filtrem)
- plastické sáčky (pro provizorní uložení makrofyt, vyžadujících důslednou identifikaci)
- plastové zkumavky pro vzorky drobných rostlin (např. *Lemna* sp.)
- tvrdé desky a savé (novinové) papíry pro případnou herbarizaci
- bílé plastové misky či tácy
- klíče k určování rostlin
- lupy (zvětšení 20×)
- vodovzdorné štítky a popisovače
- potřeby k zaznamenávání dat (psací potřeby, desky, záznamové archy, diktafon)
- rybářské holínky (kalhotové)

- Secchiho disk pro měření průhlednosti vody
- přenosné přístroje (měření pH, konduktivita, kyslík, teplota vody)
- zařízení na měření hloubky vody s měřítkem v cm (např. tyč nebo motouz)
- pro odběry prováděné z lodi: loď s bezpečnostním vybavením (vesty), kotvička s lanem, přenosný ozvěnový hloubkoměr.

Časové rozvržení výzkumu

Monitoring provádíme vícekrát v letním období od června do konce září, kdy je růst a výskyt optimální (počet opakování přizpůsobíme účelu monitoringu). Odběry v jednotlivých letech by měly být prováděny ve stejném období, na druhou stranu podmínky jednotlivých let mohou být různé (hloubka vody, sluneční záření, teplota vody atd.). Proto provádíme pravidelné návštěvy, abychom makrofyta zachytili vždy v odpovídajícím stadiu vývoje. Termín upravíme i dle nadmořské výšky (kdy např. makrofyta výše položených stojatých vod mohou být na vrcholu rozvoje právě v září).

Postup při vytčení transektů

Před vytyčením jednotlivých pásových transektů je vhodné prozkoumat větší úsek pobřeží a určit tak orientační stav vegetace, popř. podchytit fyzikální podmínky. Reprezentativní transekt y vymezujeme tak, aby co nejvíce postihly kvalitativní i kvantitativní rozložení vegetace zkoumané lokality, včetně přechodu do litorálního pásma až do vzdálenosti od břehu, kde se již žádná makrofyta nevyskytují. Ideální vytyčení je podél užší osy nádrže (zcela nevhodné, v případě průtočných nádrží, bývá vytyčení od hráze směrem k přítoku). Samotné vymezení provádíme dle předem přesně stanovených (standardizovaných) požadavků (např. plocha 1×1 m, 4×4 m, atd.) pomocí GPS přístroje a nápadných orientačních bodů (popis místa pečlivě značíme vč. přesnosti měření). S ohledem na velikost nádrže přizpůsobíme počet transektů (<0,5 ha – 1 transekt, 0,5-2 ha 2 transekt y, >2 ha 3 a více transektů), kdy na větších nádržích zakládáme transekt y s minimálně 50m odstupem. U monitoringu makrofyt stojatých vod necháváme transekt y vytyčeny trvale (pro replikování v dalších sezónách). V rámci transektů určíme odběrová místa ve stejné vzdálenosti jako středy transektů (standardně 5 m) a transekt i místo označíme (standardně transekt číslujeme, odběrová místa značíme písmeny). První odběrové místo by mělo být blízko rozhraní litorál-břeh a poslední by mělo být v oblasti, kde se již žádná makrofyta nevyskytují. Po vytyčení provedeme fotodokumentaci celé lokality (výchozí body, záběry ve směru transektů).

Odběr makrofyt

Samotný odběr by měl být prováděn po delším období bez dešťů a za příznivého počasí (voda je čistší a úroveň hladiny odpovídá normálu). Data o počasí, aktuálním stavu vody (např. průhlednosti) a podmínkách v nádrži a kolem ní (charakter dna, senoseč) předem zaznačíme.

V odběrových místech jednotlivých transektů zaznamenáváme data standardní semikvantitativní fytocenologickou metodou fytocenologických snímků. Nejprve určíme celkovou orientační pokryvnost všech rostlin (nezávisle na tom, zda jde o submerzní, natantní nebo emerzní makrofyta, díky čemuž může celková pokryvnost přesáhnout 100%). Následně zjistíme přítomnost všech druhů v rámci transektů (identifikace pomocí klíčů) a zaznamenáváme vertikální i horizontální pokryvnost každého z nich dle Braun-Blanquetovy škály (viz *tab. č. 1*). Na každém odběrovém místě měříme hloubku a základní fyzikálně-chemické parametry měřenou terénními přístroji (viz vybavení – pH, konduktivitu, nasycení a obsah rozpuštěného O₂ a teplota). Pokud se charakter dna mezi transekty liší, je i toto třeba zapisovat do záznamového protokolu.

Samotné odběry provádíme broděním, v hlubších vodách a oblastech s vyšší vrstvou bahna z lodě (pro odběr submerzních rostlin lze použít kotvičku).

Tab. č. 1: Braun Blanquetova stupnice srovnaná se stupnicí dle Domina pododdělení 2m, 2a a 2b (podle Westhoff & van der Maarel 1978).

Braun-Blanquetova stupnice pokryvnost-abundance		Transformace do ordinální stupnice	Dle Domina	
			+	jedinec se sníženou životaschopností
r	jeden nebo velmi zanedbatelný počet jedinců	1	1	vzácně
+	roztroušeně s méně než 5 % celkového povrchu	2	2	řídce
1	hojný s velmi malou pokryvností nebo méně hojný, s vyšší pokryvností, nepřevyšující ale 5 %	3	3	<4%, hojně
2	velmi početný s méně než 5 % pokryvností nebo pokryvnost 5 – 25 %			
2m	velmi početný	4		
2a	5 - 12,5 % pokryvnost, bez ohledu na počet jedinců	5	4	5 – 10 %
2b	12,5 – 25 % pokryvnost, bez ohledu na počet jedinců	6	5	11 – 25 %
3	25 – 50 % pokryvnost celkové ho povrchu, bez ohledu na počet jedinců	7	6	26 – 33 %
			7	34 – 50 %
4	50 – 75 % pokryvnost celkové ho povrchu, bez ohledu na počet jedinců	8	8	51 – 75 %
5	75 – 100 % pokryvnost celkové ho povrchu, bez ohledu na počet jedinců	9	9	76 – 90 %
			10	91 – 100 %

Postupy identifikace makrofyt

Pokud se v terénu nedaří určit veškerá makrofyta do druhu ani s pomocí určovacích klíčů a pomůcek, musíme rostliny identifikovat v laboratoři. Sbíráme pouze takový materiál, který umožní přesnou determinaci. U druhů s velmi obtížnou determinací (např. některé lakušníky nebo rdesty - *Batrachium*, sp., *Potamogeton* sp.) je třeba rostliny uchovat (jejich typické, nejlépe fertillní části) v dokladových sbírkách pro pozdější ověření determinace. Uchování je možné např. herbarizací dle uznávaných postupů (viz vybavení) vč. platné schedy se všemi náležitostmi, suché mechorosty případně ukládáme do obálek. Drobné druhy

(typicky *Lemnaceae*) lze skladovat ve zkumavkách s roztokem etanolu či formaldehydu. Do determinačního protokolu se vyznačí míra jistoty určení vodních makrofyt a faktory zhoršující určení (nepříznivé počasí – déšť, vítr, zákal voda, poškození rostlin atd.) dle škály:

A – získaná data nejsou ovlivněna nepříznivými okolnostmi, nebo tyto ovlivňují méně než 25 % hodnoceného útvaru povrchové stojaté vody,

B – ve 25 – 50 % hodnoceného útvaru povrchové stojaté vody mohou působit faktory ovlivňující přesnost výsledku,

C – ve více než 50 % hodnoceného útvaru povrchové stojaté vody mohou působit faktory ovlivňující přesnost výsledku (analýza by měla být odložena).

Vzácné druhy a bezpečnost

Národní a evropská legislativa chrání vzácné a ohrožené druhy vodních makrofyt, což bychom měli při monitoringu a analýze brát v potaz (a být dostatečně obeznámeni s podmínkami při odběrech a nakládáním s druhy zákonem chráněnými). Výzkumník také nesmí zapomínat na bezpečnost vlastní i bezpečnost svých spolupracovníků.

Výstupy monitoringu

Z každé návštěvy tedy archivujeme zkontrolovaný originální terénní a případně laboratorní protokol se zaznamenaným složením společenstva vodních makrofyt a situační mapkou vč. vyznačených transektů. Dále uchováváme získanou fotodokumentaci pořízenou při vytyčování transektů i jednotlivých odběrech označených míst s aktuálním stavem vegetace i celé lokality a nakonec eventuálně herbarizací či jinak uchované rostliny nebo jejich části.

Podrobnější informace dále udává Český normalizační institut (popř. Evropský výbor pro normalizaci CEN) v Návodu pro sledování vodních makrofyt v jezerech z roku 2008, jež je součástí technické normy ČSN EN 15460, o jakosti vod (Grulich & Vydrová 2006; Prchalová a kol. 2007).

2 Lokalita

2.1.1 Plumlov

Plumlov je město v Olomouckém kraji ležící 8 km západně od Prostějova (GPS 49°28'00" N; 17°01'00" E). V obci žije (k 1. 1. 2016) 2337 obyvatel (data Regionální informační servis 2016). Nejvýraznějšími rysy města jsou pravděpodobně Vodní nádrž Plumlov a zámek Plumlov. Plumlovský zámek na skalnatém návrší nad Podhradským rybníkem, vznikl v letech 1680 – 1690 v místě původního hradu z 2. poloviny 13. století, z něhož se zachovaly jen zbytky zdí (*Foto č. 8*). V zámku se nachází expozice o čištění Plumlovské přehrady. Z biologického hlediska ještě stojí za zmínku přírodní památka Pavlečkova skála tvořící stepní ekosystém xerothermních rostlin, např. koniklec velkokvětý (*Pulsatilla grandis*).

2.1.2 Vodní nádrž Plumlov

Stručná historie

VN Plumlov na říčce Hloučele, s přestávkami budované v letech 1913 – 1932 (*Foto č. 1 a 2*) a uvedené do trvalého provozu r. 1936, patří k nejstarším přehradám v povodí řeky Moravy. Příčinou vzniku nádrže byla snaha o zmírnění kolísání vodních stavů (i během výstavby r. 1920 přišla ničivá povodeň) a nedostatek vody v létě, resp. zajištění minimálního bilančního průtoku MQ. Minimální bilanční průtok – je bilanční hodnota, která má charakter přednostně zabezpečeného nároku na vodní zdroj se zohledněním, zda se jedná o úseky toků s regulovaným odtokem nebo ostatní úseky, je to konstantní hodnota v čase. V místě přehrady se dříve nacházely rybníky Stichovský a Zlechovský (*Mapa č. 1*), přičemž současná hráz vznikla zvýšením původní Stichovské hráze (Povodí Moravy 2013a).

Technický popis

Nádrž se nachází na katastrálních územích obcí Plumlov, Mostkovice a Stichovice (*Mapy č. 4 a 5, Foto č. 3*). Celkový objem nádrže je téměř 5,6 milionu m³ vody a zatopená plocha dosahuje 74 ha. Povodí Hloučely má k profilu hráze Plumlov plochu 118,5 km² (*Mapy č. 3 a 4*) a dlouhodobý průměrný průtok v toku dosahuje 0,58 m³/s. Délka přirozeně meandrujícího toku Hloučely dosahuje přibližně 39 km a končí soutokem s říčkou Romží

(Mapa č. 2). Přehradní hráz dlouhá 469,5 m dosahuje výšky 17 m nad úroveň terénu, koruna hráze má šířku 5 m a kótu 278,56 m n.m. (Povodí Moravy 2012c). Uvnitř hráze je umístěna 36 metrů dlouhá šachta s potrubím výpusti. Na jejím jižním konci stojí v blízkosti pravého břehu ovládací věž s výpustným zařízením. Hlavní funkcí přehrady v současnosti je stále protipovodňová ochrana níže položených sídel. Dle aktuální kvality vody přehrada i přilehlý rybník slouží také rekreačním účelům a rybářství. Roku 1997 vznikla na přehradě malá vodní elektrárna s výkonem 31 kW a turbínou typu Banki. Nádrž také může sloužit jako provizorní zdroj vody pro Prostějov.

Součástí vodního nádrže Plumlov resp. jeho klíčovými přítokovými oblastmi jsou Podhradský rybník (Foto č. 8), rovněž průtočný říčkou Hloučelou, který se následně od západu vlévá do přehrady, a rybník Bidelec (Foto č. 7). Voda z Bidelce vytéká do potůčku Roudník, jež poté ústí do Podhradského rybníka od severu (tělesa tedy tvoří kaskádu Bidelec – Roudník – Podhradský rybník – Hloučela – Plumlov; Povodí Moravy 2013a; Mapa č. 5). Podhradský rybník má objem při normálním nadržení 330 810 m³ a zaplavuje plochu 14,3 ha. Rybník může sloužit k rekreaci i rybářství. Alespoň část břehů rybníků je zarostlá rákosinami, orobincem nebo vysokými ostřicemi, což je velmi výhodné pro hnízdění vodního ptactva. Na Podhradském rybníku byl zbudován „ptačí ostrov“ v horní části rybníka (údaj z r. 1996). Bidelec obsahuje 29 750 m³ vody a jeho hlavním účelem je chov ryb. Celou vodní nádrž spravuje státní podnik Povodí Moravy (Koutný & Albrecht 2000; Povodí Moravy 2013a; Povodí Moravy 2013b; Rybka & Šafář 1996).

2.1.3 Problematika kvality vody VN Plumlov

Jakost vody ve Vodní nádrži Plumlov se v posledních desetiletích zhoršila natolik, že vodní květ zabránil využití nádrže (popř. přilehlých rybníků) ke koupání a rekreaci. Vody nevhodné ke koupání zde bylo dosaženo například v koupací sezoně 2014 (Koblížková a kol. 2014). Bylo evidentní, že ekosystém jako je VN Plumlov si se sinicemi sám neporadí (Kratochvílová & Ryšavý 2007; Štěpánek & Červenka 1974).

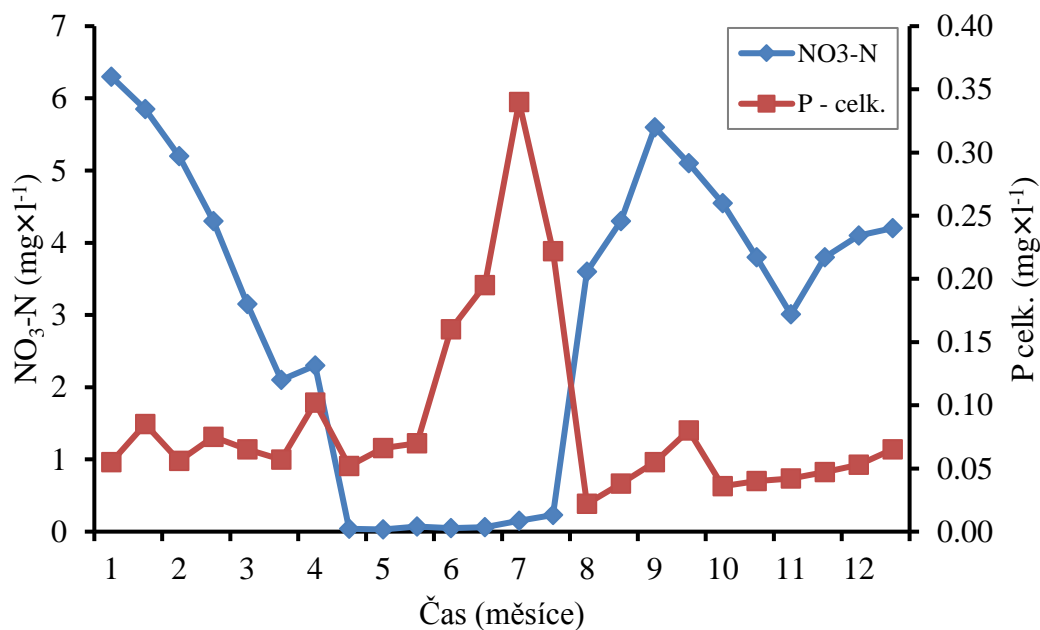
Význam fosforu pro jakost vody ve VN Plumlov

Hlavním důvodem rozvoje vodního květu ve vodních nádržích bývá nadbytek fosforu v přítocích. Stejně tak je tomu i v případě Plumlovské přehrady, z čehož vyplývá, že cesta ke

snížení eutrofizace zde rovněž vede přes omezení vstupu fosforu. Dočasným či doplňkovým řešením jsou aplikace koagulantů fosforu, které fosfor znepřístupňují fytoplanktonu. Patří sem např. Fe koagulant (síran železitý) nebo hlinitý koagulant PAX-18 (polyaluminium hydroxichlorid).

Vedle intenzivního přísunu fosforu se také do přehrady hojně dostávají dusičnanové ionty ($\text{NO}_3\text{-N}$), jež fungují jako oxidoredukční pufr a brání uvolňování fosforu ze sedimentu. Tento jev ukazuje *graf č. 1* – vztah koncentrace $\text{NO}_3\text{-N}$ a sloučenin P. Z grafu je patrné, jak se vyčerpání dusičnanových iontů projevilo nárůstem koncentrace celkového fosforu (z něhož eutrofizačně nejvýznamnější jsou sloučeniny $\text{PO}_4\text{-P}$). Ačkoliv tato reakce funguje pouze pro sloučeniny fosforu s železem (tzv. redox-labilní P), jde o významné pozitivum pro zlepšení jakosti vody ve VN Plumlov.

Graf č. 1: Vztah koncentrace $\text{NO}_3\text{-N}$ a sloučenin P v Hloučele pod Podhradským rybníkem v r. 2014 (podle Duras 2014).



Zdroje fosforu kontaminující vodu ve VN Plumlov

Nejvýznamnějšími znečišťujícími faktory kontaminujícím vodu v Plumlovské nádrži fosforem nejsou splachy ze zemědělských ploch (jako je tomu v případě dusíku), ale odpadní vody z lidských sídel. Potenciálně největším producentem fosforu je samotná obec Plumlov, jejíž odpadní vody vedou přes dnes už plnohodnotnou mechanicko-biologickou čistírnu odpadních vod a potok Roudník do Podhradského rybníka. Odlehčení této kanalizace ústí do rybníka Bidelec. Mnohem rizikovější pro kontaminaci fosforem jsou nicméně menší obce v povodí Hloučely bez dořešeného nakládání s odpadními vodami. Centrální kanalizace nejbližších obcí je v podstatě dokončená, ne všichni obyvatelé ale vybudují přípojky

Významný vliv na kvalitu vody v přehradě Plumlov má stav nad ní položených rybníků – Bidelce a Podhradského. Bidelec bývá silně eutrofní povahy, přičemž se do něj v poslední době dostávaly i nečištěné splaškové vody. Přirozenou schopnost Bidelce zadržovat fosfor je možné využít pro redukcii koncentrace P v Roudníku. Podhradský rybník mívá rovněž hypertrofní charakter, jež vede k masivnímu rozvoji fytoplanktonu. Tento rybník je také poměrně průtočný, takže má nízký potenciál zadržovat P. Vývoj kvality vody v roce 2014 je patrný z *grafu č. 1*, který ukazuje vývoj koncentrací hlavních živin v Hloučele vytékající z Podhradského rybníka (Duras 2014).

2.1.4 Revitalizační zásahy provedené na VN Plumlov

Po důkladném prošetření stavu odborníky byla přijata opatření pro zlepšení situace týkající se vysoké koncentrace fosforu a jejích následků ve vodě Vodní nádrže Plumlov. Pro problematiku kvality vody byl vytvořen rozsáhlý projekt revitalizace Vodního nádrže Plumlov, který zahrnoval zásahy i na přilehlých rybnících v podstatě i celém povodí Hloučely.

Revitalizace VN Plumlov a přilehlých rybníků

Součástí provedených zásahů byly odbahnění rybníka Bidelec, odbahnění a změna rybí obsádky v rybníku Podhradském a také odtěžení sedimentů z nádrže Plumlov (*Foto 4 – 6*). Nikdy netěžené osmdesát let staré bahno a sedimenty totiž uvolňují živiny způsobující rozvoj vodního květu (Povodí Moravy 2011a). V nádrži byla také vytvořena jakási „předhráz“ za účelem zachycování materiálu přinášeného přítoky a podílení se na odstraňování sloučenin fosforu. Tento dělící val dal vzniknout zkoumanému mokřadu

(Povodí Moravy 2014b). Součástí revitalizace bylo i umístění srážecích stanic fosforu v přítocích Podhradského rybníka i hlavní nádrže a záchranný transfer chráněných a ohrožených živočichů. Vedle úkonů pro zlepšení jakosti vody projekt zahrnoval rovněž rekonstrukci přehradní hráze. Roku 2014 byla ve městě Plumlov dokončena kanalizace, což také přispělo ke zlepšení zvláště stavu fosforu v Podhradském rybníku i přehradě (Duras 2014; Koblížková a kol. 2014).

Úkony provedené na Vodní nádrži Plumlov

Soubor opatření pro rekonstrukci a revitalizaci Vodní nádrže Plumlov byl zahájen roku 2009 jejím vypouštěním (*Foto č. 4*). Následoval záchranný transfer ryb v období 2010 – 2011, kdy bylo odloveno 650 kg tolstolobiků, 30 kg cejnů, 25 kg kaprů, 30 kg sumců a 15 kg úhořů, celkem tedy 750 kg ryb. Ryby putovaly do náhradních lokalit v rámci revíru Moravského rybářského svazu. Těžba sedimentů byla zahájena 30. listopadu 2010 a během ní došlo k odstranění 236 000 m³ materiálu do průměrné hloubky 0,4 – 0,5 m ale až 3 m. Díky odtěžení této vrstvy podloží lze předpokládat, že společně s tímto materiálem došlo i k odtěžení diaspor. Proto následnou sukcesi později zbudovaného mokřadu můžeme považovat za primární, ačkoliv následovalo umělé vysázení makrofyt. V období 2012 – 2013 došlo k rozsáhlé rekonstrukci původní hráze z roku 1936, jež patřila mezi nejnáročnější vodohospodářské akce v České republice. Na realizaci se podílelo sdružení dodavatelských firem IMOS Brno, a.s. a DIS, spol. s r.o., přičemž tato oprava stála 136 milionů Kč. Opětovné napuštění bylo zahájeno v srpnu 2013 přes nainstalovaná srážecí zařízení. Kuriózním faktem je, že po třech letech od rekonstrukce dochází k praskání hráze. Ve spárách na dlažbě koruny hráze se objevily vlasové trhliny. Na práci se však vztahuje záruka, takže Povodí Moravy uplatnilo reklamaci vad na dlažbě u dodavatele, který zajistí nápravu (Povodí Moravy 2011a; 2011c; 2012c; 2013a; 2013c).

Revitalizace Podhradského rybníka

Roku 2011 firma D.I.S. Brno zahájila odstraňování sedimentu ze dna o ploše 14,5 ha do hloubky 0,4 až 0,5 m. Vytěžilo se přes 59 000 m³ materiálu, porost biomasy na dně byl posekán a odvezen, přičemž situaci pomohlo promrznutí. Náklady i s následným vápněním činily 23,3 milionu Kč. K opětovnému napuštění rybníka došlo na jaře 2012. V rámci této revitalizace byla provedena také rekonstrukce výpustného objektu, loviště a kádiště a obnovily se i hlavní a vedlejší odvodňovací příkopy v rybníční zátopě. Roku 2014 proběhla rekonstrukce již poškozené a prosakující hráze. Na pláž rybníka byl dále navezen štěrk pro zlepšení komfortu koupajících. Ale hlavním cílem úkonů bylo odbourání živin na přítoku a

zamezení jejich dalšího nadměrného přísunu do nádrže. Údržba zahrnující vypuštění byla prováděna i v roce 2014 (*Foto č. 5*). Jak už bylo uvedeno, všechny tyto akce úzce souvisejí s jakostí vody vodní nádrže Plumlov, neboť voda protékající Podhradským rybníkem se do ní vlévá tokem Hloučely. (Povodí Moravy 2011b; Povodí Moravy 2012a; Povodí Moravy 2014c).

Revitalizace rybníka Bidelec

Již roku 2010 Povodí Moravy odstranilo usazeniny ze dna z rybníka Bidelec do hloubky 0,5 m. Opravou zde prošla i technologie, opevnění, loviště, kádiště a sjezd pro mechanizaci. Náklady těchto zásahů se vyšplhaly na 1,5 mil. Kč (*Foto č. 6*). Bidelecký rybník je schopen významně zachycovat živiny přinášené Roudníkem také díky vegetační kořenové čistírně (VKČ) na severním břehu, tvořené porostem orobince (*Typha*) a rákosu (*Phragmites*). Sukcesi tohoto mokřadu ilustrují fotografie v příloze (*Foto č. 11 – 14*) (Povodí Moravy 2012c).

Aplikace koagulantů v přítocích do VN Plumlov

Součástí revitalizace bývá i chemické ošetření vody v obdobích vysoké koncentrace fosforu. V letech 2007 a 2008 byl jednorázově aplikován hlinitý koagulant PAX-18. Ukázalo se, že jde o dočasné zlepšení, které nemůže pomoci vyřešit problematiku sinic na Plumlově.

Roku 2014 byla také otestována aplikace Fe koagulantu (síranu železitého) na přítocích do přehrady. Síran železitý inaktivuje fosfor převedením do málo rozpustných sloučenin. Tento koagulant je totiž nejúčinnější pro odstraňování eutrofizačně nejrizikovější sloučeniny $PO_4\text{-P}$, přičemž vysoká účinnost odstraňování celkového P byla prokázána pouze u přítoku Kleštínek. U ostatních profilů lze předpokládat, že k odsedimentování P dojde po delší době až v nádrži (tj. Podhradském rybníku nebo nádrži Plumlov). Dávkování tohoto koagulantu se tedy ukazuje jako účinné a může významně pomoci při snižování vstupu P a řešení vodního květu (Duras 2014).

2.2 Mokřad u Plumlovské přehrady

Budování mokřadu

U jihozápadního pobřeží přehrady mezi ústími potoka Kleštínek a říčky Hloučely (*Mapa č. 6*) vznikl na objednávku Státního podniku Povodí Moravy mokřad, jehož vývoj dokumentuje *Foto č. 15 – 18*. Mokřad byl od zbytku nádrže oddělen nízkým kamenným valem o délce 110 m (*Foto č. 9*), který vytvořil jakousi sedimentační zdrž. Val je přerušen výpustí u jižního břehu (GPS 49°27'47,14" N; 17°01'21,37" E), přičemž voda z obou přítoků zde měla zpomalit, zbavit se přinášeného materiálu a ochuzená o živiny putovat do přehrady. V dalších sezónách (např. roku 2016) díky vyšším vodním stavům byla tato hráz ponořena, mokřad zaplaven a jeho hladina splynula se zbytkem přehrady (*Foto č. 17 a 18*). Vybudování mokřadu přišlo na téměř 3 miliony Kč.

Z hlediska proudění plní mokřad funkci vegetační kořenové čistírny (VKČ) s horizontálním povrchovým a podpovrchovým prouděním (Šálek & Malý 2000). Vedle hlavního účelu zbudování, jímž byla schopnost mokřadů regulovat obsah živin (tj. fungování jako VKČ), měl mokřad také poskytovat vhodné podmínky dalším druhům mokřadních organismů. Dle biologického dozoru P. Loyky měla tedy vzniknout zajímavá kombinace vodního a mokřadního biotopu. Například dne 8. 6. 2016 jsem v mokřadu pozoroval populaci skokana skřehotavého (*Pelophylax ridibundus*).

Filtrační kapacita makrofyt i substrátu je ale omezená a na zlepšení kvality a následné udržení vyžaduje spolupůsobení více perspektivních opatření, jako např. napouštění nádrže přes srážedla fosforu (Portielje & Roijackers 1995; Povodí Moravy 2014a; Povodí Moravy 2014b).

Výsadba makrofyt

V rámci revitalizace Plumlovské přehrady Regionální sdružení Českého svazu ochránců přírody Iris Prostějov pod biologickým dozorem P. Loyky vysadilo na objednávku Povodí Moravy přes 1 100 ks mokřadních a vodních rostlin v deseti druzích do zkoumaného mokřadu (cena 130 000,- Kč). Jednotlivá centra, z nichž se měly rostliny dále šířit, byla ohrazena ochranným pletivem proti poškození (*Foto č. 10*). Jednalo se převážně o jednoděložné druhy vyšších rostlin, které se v této oblasti přirozeně vyskytovaly ještě v 80.

letech minulého století. Mezi vysazenými rostlinami dominovaly rákos obecný (*Phragmites australis* Steud.) a orobinec širokolistý (*Typha latifolia* L.; viz tab. č. 2) (Povodí Moravy 2014b).

Tab. č. 2 – seznam makrofyt vysázených v umělém mokřadu v roce 2014 (podle Protokolu o předání a převzetí prací – Akce: Výsadba mokřadních a vodních rostlin v litorálním pásmu VN Plumlov, RS ČSOP Iris.)

Název druhu	Počet vysazených ks
<i>Typha latifolia</i>	400
<i>Phragmites australis</i>	400
<i>Alisma plantago aquatica</i>	35
<i>Buttomus umbrellatus</i>	35
<i>Acorus calamus</i>	30
<i>Scirpus radicans</i>	55
<i>Iris pseudacorus</i>	35
<i>Carex acutiformis</i>	30
<i>Roripa amphibia</i>	30
<i>Lythrum salicaria</i>	58

Krátký popis vysázených makrofyt

Rákos obecný (*Phragmites australis*, Poaceae) vytváří mohutné porosty. Jeho až 4 m vysoká stébla jsou inkrustována kyselinou křemičitou, což porostům dodává mimořádnou stabilitu. Tyto porosty rákosu jsou nenahraditelným prostředím pro vodní a mokřadní faunu a klíčové pro hnízdění ptáků. Navíc se významně podílí na odčerpávání živin z vody a substrátu. Kvete v období června až září. Hydrochorií šířící se obilky klíčí na vlhké půdě (Deyl a kol. 1973; Gersberg et al. 1986; Hejný 2000; Reichholf 1998).

Orobinec širokolistý (*Typha latifolia*, Typhaceae) nevykazuje tak vysokou schopnost adsorpce živin ve srovnání s jinými makrofyty, ale i jeho porosty jsou důležitým ekosystémem stojatých vod. Rozmnožuje se vegetativně pomocí pupenů na oddencích a generativně pomocí nažek šířených anemochoricky. Kvete od července do srpna. (Deyl a kol. 1973; Fraser et al. 2004; Gersberg et al. 1986; Hejný 2000).

Žabník jitrocelový (*Alisma plantago aquatica*, Alismataceae) je jedovatá rostlina s vejčitými až kopinatými listy tvořícími mohutné růžice. Jedná se o typicky obojživelnou

rostlinu kvetoucí od června do září a klíčící pod vodou i ve vlhké půdě (Deyl a kol. 1973; Hejný 2000).

Šmel okoličnatý (*Butomus umbrellatus*, Butomaceae) je statná bylina se silným jedlým oddenkem a dlouhými čárkovitými listy, typičtější pro teplejší oblasti. Nápadné květy uspořádané do šroubele tvoří v červnu až září a jejich plodem jsou měchýřky (Deyl a kol. 1973; Hejný 2000).

Puškvorec obecný (*Acorus calamus*, Acoraceae) je 50 – 150 cm vysoká světlomilná a výrazně aromatická léčivka, šíří se pouze vegetativně ztlustlými oddenky a tvoří palice s drobnými květy v období červen-červenec a indikuje eutrofní nádrže. Šíří se ale výhradně vegetativně úlomky oddenků, protože v podmínkách ČR plody nedozrají (Deyl a kol. 1973; Hejný 2000).

Skřípina kořenující (*Scirpus radicans*, Cyperaceae) – skřípiny resp. skřípinec (*Scirpus validus*) vykazoval při snižování koncentrace N i P nejlepší výsledky ze zkoumaných rostlin popisovaných výše. Lze předpokládat, že u sítiny kořenující tomu bude podobně. (Deyl a kol. 1973; Fraser et al. 2004; Gersberg et al. 1986).

Kosatec žlutý (*Iris pseudacorus*, Iridaceae) je až 100 cm vysoká mokřadní bylina s robustním oddenkem využitelným ve farmacii i kosmetice, negativně reagující na organické znečištění. Jeho zdobné žluté květy se objevují v období května až června (Deyl a kol. 1973; Hejný 2000).

Ostřice ostrá (*Carex acutiformis*, Cyperaceae) je nízká hustě trsnatá dvoudomá bylina kvetoucí v dubnu až květnu. (Deyl a kol. 1973).

Rukev obojživelná (*Roripa amphibia*, Brassicaceae) hlouběji kořenující bylina s drobnými žlutými květy v hroznovitém květenství, které se objevují v období květen-srpen. Snese i úplné obnažení dna a jde téměř o kosmopolitně rozšířený heliofytický a nitrofilní druh (Deyl a kol. 1973; Hejný 2000).

Kyprej vrbice (*Lythrum salicaria*, Lythraceae) je vytrvalá, 30–180 cm vysoká bylina s masivním dřevnatým kořenem a okrasnými fialovými květy rostoucí v pobřežních křovinách, popř. rákosinách. Kvete od června do září, květy tvoří tobolek a semena z nich se šíří anemochoricky, hydrochoricky popř. i zoochoricky (Deyl a kol. 1973; Hejný 2000).

2.2.1 Sukcese makrofyt v mokřadu

Na plumlovském mokřadu nebyl proveden žádný výzkum hodnotící sukcesi zdejších makrofyt. Z mého opakovaného pozorování bylo patrné, že z makrofyt vysázených v ochranných ohrádkách prospívá pouze porost rákosu (*Phragmites australis*) a orobince (*Typha latifolia*, Foto č. 18). Vyšší stav vody (kdy hladina sedimentační zdrže mokřadu splývala se zbytkem nádrže) zapříčinil u ústí potoka Kleštínek vznik malých ostrůvků, poloostřůvků a mělčin v jejich okolí (za nižších stavů by se tyto oblasti nacházely výše nad hladinou). Za dva roky po vytvoření mokřadu, přičemž bezprostředně po jeho založení se zde nevyskytovala žádná vegetace (Foto č. 15), toto prostředí bohatě porostla makrofyta jako chrastice rákosovitá (*Phalaris arundinacea*), kosatec žlutý (*Iris pseudacorus*), pomněnka bahenní (*Myosotis palustris*) rukev obojživelná (*Roripa amphibia*), a klidnější části volné hladiny pokryly populace okřehku menšího (*Lemna minor*). Při determinaci makrofyt jsem použil Klíč ke květeně České republiky (Bělohávková 2002). Zbytek mokřadu (až na ohrádky s orobincem a rákosem) však zůstal bez vegetace. Z toho lze usoudit, že nepřítomnost vysázených rostlin v dalších ohrádkách a nepřítomnost rostlin ve zbytku mokřadu může být způsobena vyššími stavy hladiny v posledních dvou letech, spíše než složením vody. Tento jev je dokumentován fotografiemi v příloze (Foto č. 15 - 18).

Závěr

První část této práce je rešerší nabízející obecný vhled do problematiky mokřadů a v nich rostoucích makrofyt jako důležité součásti krajiny. Práce se dále zabývá schopností mokřadů zlepšovat jakost vody, přičemž nejvýznamnější vliv na špatnou jakost vody mají v případě Plumlovské přehrady sloučeniny fosforu. Tyto živiny přitékají do nádrže hlavně z povodí říčky Hloučely, která protéká rybníky ležícími nad přehradou. Hlavním zdrojem znečištění vody fosforem jsou přilehlé obce a jejich domácnosti s nedořešeným systémem kanalizace. Ve snaze zlepšit špatnou kvalitu vody v přehradě bylo vedle mnoha dalších revitalizačních opatření zahrnuto i vytvoření sedimentační zdrže, která má sloužit k zadržení přinášeného materiálu říčkou Hloučelou a potokem Kleštínkem. Osázení této zdrže mokřadními makrofyty mělo iniciovat vznik umělého mokřadu, který do jisté míry slouží i jako biotop pro další mokřadní organismy a funguje jako vegetační kořenová čistírna. V mokřadu bylo tedy vysazeno přes 1 100 rostlin v deseti druzích, které se zde dříve běžně vyskytovaly. Z nich zde prospívaly pouze porosty rákosu a orobince, nicméně na mělčinách u ústí Kleštínku se hojně vyskytovaly přirozené porosty makrofyt. Tento zásah měl být následován přirozenou sukcesí, avšak kolonizace makrofyty probíhá pomalu nebo neprobíhá vůbec. Tento jev mohl být způsoben kolísáním vodních stavů.

Kromě zbudování mokřadu byla nádrž i přilehlé rybníky vypuštěny a došlo v nich k odstranění úživných sedimentů. Přehradní hráz byla zrekonstruována, nicméně letos se na ní objevují praskliny. Vedle těchto mechanických zásahů probíhají i chemická ošetření vody přítoků koagulanty fosforu, z nichž se jako nejúčinnější ukázal síran železitý. Po implementaci revitalizačních zásahů ale neprobíhá dostatečný postrevitalizační monitoring a zhodnocení efektivity těchto zásahů. Nebyla ani vypracována studie následného vývoje mokřadu.

Pro úspěšné zlepšení situace je nutné důkladně vyřešit problematiku znečištění přítoků a přítokových oblastí nad VN Plumlov, jinak další opatření ke zlepšení stavu na přehradě nemají smysl. Dále je třeba důkladně provést evaluaci účinnosti všech provedených revitalizačních zásahů a volit citlivá, komplexní a přírodě blízká řešení.

Seznam použitých pramenů a literatury:

Adámek, Z., Helešic, J., Maršálek, B. & Rulík, M. (2014): Aplikovaná hydrobiologie. Vodňany: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Fakulta rybářství a ochrany vod. 350 s.

Agentura ochrany přírody a krajiny ČR (2014): Ramsarská úmluva [online]. AOPK ČR. Aktualizováno: 7. 2014. [cit. 2016-7-20] Dostupné z: <http://www.ochranaprirody.cz/mezinarodni-spoluprace/mezinarodni-umluvy/ramsarska-umluva/>.

Bednářová, J. (1983): Biologie vodních rostlin. Olomouc: Univerzita Palackého. 23 s.

Bělohávková, R. a kol. (2002): Klíč ke květeně České republiky. Kubát, K., Hrouda., L. a kol., editoři. Praha: Academia. 927 s.

Bronmark, C. & Hansson, L-A (2005): The Biology of Lakes and Ponds. New York: Oxford University Press Inc. 304 p.

Clements, F. E. (1916): Plant succession: an analysis of the development of vegetation. Washington: Carneige Institution of Washington Publication. 512 p.

Deyl, M., Hísek, K. & Janka, O. (1973): Naše květiny I. a II. díl. Praha: Albatros. 735 s.

Duras, J. (2014): Živinová bilance povodí nádrže Plumlov. Plzeň: Zpráva pro projekt: „Zlepšení jakosti vod a snížení eutrofizace v povodí VD Plumlov“. 11 s.

Duras, J. (2014): Živinová bilance povodí nádrže Plumlov. Plzeň: Zpráva pro projekt: „Zlepšení jakosti vod a snížení eutrofizace v povodí VD Plumlov“. 33 s.

Fraser, L. H., Carty, S. M. & Steer, D. (2004): A test of four plant species to reduce total nitrogen and total phosphorus from soil leachate in subsurface wetland microcosms. Bioresource Technology. 94:185–192.

Grulich, V. & Vydrová, A. (2006): Metodika odběru a zpracování vzorků makrofyty stojatých vod. Praha: Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka. 13 s.

Hartman, P., Příkryl, I. & Štědranský, E., 2005. Hydrobiologie 3., přeprac. vyd., Praha: Informatorium. 359 s.

Hejný, S. (2005). Rostliny vod a pobřeží, Praha: East West. 118 s.

Hekera, P. (2013). Monitoring životního prostředí, Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci. 80 s.

Hudec, K., Husák, Š., Janda, J. & Pellantová, J. (1995): Mokřady České republiky: přehled vodních a mokřadních biotopů České republiky, Třeboň: Český ramsarský výbor. 191 s.

Kalina T. (1997): Systém a vývoj sinic a řas, Praha: Karolinum. 165 s.

Kalina T. & Váňa J. (2005): Sinice, řasy, houby, mechorosty a podobné organismy v současné biologii, Praha: Karolinum. 606 s.

Koblížková, E., Kratina, J., Mertl, J., Pokorný, J., Ponocná, T., Rollerová, M. & Vlčková, V. (CENIA) (2014): Zpráva o životním prostředí v Olomouckém kraji. Praha: Ministerstvo životního prostředí. 26 s.

Kočí, M., Grulich, V., Opatřilová, L. & Horký, P. (Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka) (2011): Metodika hodnocení ekologického stavu útvarů povrchových vod tekoucích pomocí biologické složky makrofyta. Praha: Ministerstvo životního prostředí České republiky. 51 s.

Koutný, P. & Albrecht, P. (2000): Aktivní péče o mokřady v okrese Prostějov. In: Kovařík, P. & Machar, I., editoři. Mokřady 2000: sborník z konference uspořádané 13. – 15. 9. 2000 v Olomouci při příležitosti 10. výročí vzniku CHKO Litovelské Pomoraví. Janov u Litomyšle: Invence. 196–197 s.

Kratochvílová, L. & Ryšavý, S. (Pöyry Environment a.s.) (2007): Čistá Hloučela a vodní nádrž Plumlov: Studie. Plumlov: Mikroregion Plumlovsko. 15 s.

Kukol, J. (2013): Eutrofizace vodních nádrží. Brno: Ústav vodního hospodářství obcí, Fakulta stavební VÚT v Brně. 50 s.

Little, E.C.S. (1979): Water, Mineral and Protein Content, and Productivity of Aquatic Plants. [Electronic Version] In: Handbook of utilization of aquatic plants, FAO Fisheries Technical Paper 187: 3 p.

Maršáková-Němejcová, M. a kol. (1987): Metodika inventarizačního průzkumu chráněných území, Praha: Státní ústav památkové péče a ochrany přírody. 43 s.

Michalcová, D. (2010): Co je to fytoocenologický snímek. Živa 6:265–266 s.

- Moravec, J. (1994):** Fytocenologie. Praha: Academia. 403 s.
- Obot, E. A. & Mbagwu, I. G. (1988):** Successional patterns of aquatic macrophytes in Jebba Lake, Nigeria. *African Journal of Ecology*. 26:295–299 p.
- Odland A. & del Moral R. (2002):** Thirteen years of wetland vegetation succession following a permanent drawdown, Myrkdalen Lake, Norway. *Plant Ecology*. 162:185–198 p.
- Phillips, G. L., Eminson, D. & Moss, B. (1978):** A mechanism to account for macrophyte decline in progressively eutrophicated freshwaters. *Aquatic Botany*. 4:103–126 p.
- Phillips, G. L., Eminson, D. & Moss, B. (1978):** A mechanism to account for macrophyte decline in progressively eutrophicated freshwaters. *Aquatic Botany*. 4:104 p.
- Pitter, P. (2009):** Hydrochemie 4., aktualiz. vyd., Praha: Vydavatelství VŠCHT. 579 s.
- Pokorný, J. (2000):** Mokřady a soustava NATURA 2000 v ČR. In: Kovařík, P. & Machar, I., editoři: Mokřady 2000: sborník z konference uspořádané 13. – 15. 9. 2000 v Olomouci při příležitosti 10. výročí vzniku CHKO Litovelské Pomoraví. Janov u Litomyšle: Invence. 270–271 s.
- Portielje, R. & Roijackers, R. M. M. (1995):** Primary succession of aquatic macrophytes in experimental ditches in relation to nutrient input. *Aquatic Botany* 50:127–140 p.
- Povodí Moravy (2011a):** Z vypuštěné plumlovské nádrže zbývá vytěžit 70 tisíc kubíků nánosů. [online]. Publikováno 6. 4. 2011, aktualizováno 13. 1. 2012. [cit. 2016-07-11]. Dostupné z: <http://www.pmo.cz/cz/media/tiskove-zpravy/z-vypustene-plumlovske-nadrze-zbyva-vytezit-70-tisic-kubiku-nanosu/>.
- Povodí Moravy (2011b):** Podhradský rybník je bez sedimentů, dno se v prosinci povápní [online]. Publikováno 24. 11. 2011, aktualizováno 15. 1. 2012. [cit. 2016-07-13]. Dostupné z: <http://www.pmo.cz/cz/media/tiskove-zpravy/podhradsky-rybnik-je-bez-sedimentu-dno-se-v-prosinci-povapni/>.
- Povodí Moravy (2011c):** Záchranný transfer ryb z plumlovské laguny byl zahájen [online]. Publikováno 17. 7. 2011, aktualizováno 2. 1. 2012. [cit. 2016-07-22]. Dostupné z: <http://www.pmo.cz/cz/cinnost/rybarstvi/povodi-moravy-provedlo-zachranny-odlov-ryb-z-laguny-na-vd-plumlov/>.

Povodí Moravy (2012a): Do vyčištěného Podhradského rybníku opět proudí voda [online]. Publikováno 13. 2. 2012, aktualizováno 14. 2. 2012. [cit. 2016-07-18]. Dostupné z: <http://www.pmo.cz/cz/media/tiskove-zpravy/do-vycisteneho-podhradskeho-rybniku-bude-opet-proudit-voda/>.

Povodí Moravy (2012b): Kvalitnější vodu v Podhradském rybníce zajistí až kombinace dalších opatření, bagrování dna bylo jedním z nich [online]. Publikováno 7. 8. 2012. [cit. 2016-07-18]. Dostupné z: <http://www.pmo.cz/cz/media/tiskove-zpravy/kvalitnejsi-vodu-v-podhradskem-rybnice-zajisti-az-kombinace-dalsich-opatreni-bagrovani-dna-bylo-jednim-z-nich/>.

Povodí Moravy (2012c): Plumlov: Kompletní informace o revitalizaci a opravě vodního díla [online]. Publikováno 4. 1. 2012, aktualizováno 13. 1. 2012. [cit. 2016-07-15]. Dostupné z: <http://www.pmo.cz/cz/projekty/rekonstrukce-a-cisteni-vodnich-nadrzi/plumlov-kompletni-informace-o-revitalizaci-a-oprave-vodniho-dila/>.

Povodí Moravy (2013a): Vodní dílo Plumlov [online]. Povodí Moravy. Aktualizováno 10. 2013. [cit. 2016-07-01]. Dostupné z: <http://www.pmo.cz/cz/uzitecne/vodni-dila/plumlov/>.

Povodí Moravy (2013b): Vodohospodáři čistí před zaplavením dna nádrže Plumlov i okolí [online]. Publikováno 6. 5. 2013. [cit. 2016-07-02]. Dostupné z: <http://www.pmo.cz/cz/media/tiskove-zpravy/vodohospodari-cisti-pred-zaplavenim-dno-nadrze-plumlov-i-okoli/>.

Povodí Moravy (2013c): Rekonstrukce hráze vodního díla Plumlov vrcholí, veškeré opravy skončí v polovině října [online]. Publikováno 2. 10 2013. [cit. 2016-07-23]. Dostupné z: <http://www.pmo.cz/cz/media/tiskove-zpravy/rekonstrukce-hraze-vodniho-dila-plumlov-vrcholi-veskere-opravy-skonci-v-polovine-rijna/>.

Povodí Moravy (2014a): Povodí Moravy zahájilo stavbu mokřadu u Podhradského rybníka [online]. Publikováno 13. 2. 2014, aktualizováno 24. 2. 2014. [cit. 2016-07-12]. Dostupné z: <http://www.pmo.cz/cz/media/tiskove-zpravy/povodi-moravy-zahajilo-stavbu-mokradu-u-podhradskeho-rybnika/>.

Povodí Moravy (2014b): Povodí Moravy dokončuje mokřad u Plumlovské přehrady. Zbývá ho osázet rostlinami [online]. Publikováno 18. 4. 2014, aktualizováno 24. 4. 2014. [cit. 2016-07-02]. Dostupné z: <http://www.pmo.cz/cz/media/tiskove-zpravy/povodi-moravy-dokoncuje-mokrad-u-plumlovske-prehrady-zbyva-ho-osazet-rostlinami/>.

Povodí Moravy (2014c): Povodí Moravy zahajuje opravu hráze Podhradského rybníka [online]. Publikováno 6. 2. 2014. [cit. 2016-07-20]. Dostupné z: <http://www.pmo.cz/cz/media/tiskove-zpravy/povodi-moravy-zahajuje-opravu-hraze-podhradskeho-rybnika/>.

Prchalová, H., Rosendorf, P., Tušil, P., Semerádová, S. & Vyskoč, P. (2007): Programy monitoringu podle směrnice 2000/60/ES Evropského parlamentu a rady, ustanovující rámec pro činnost Společenství v oblasti vodní politiky: Zpráva ČR 2007. [Elektronická verze]. Praha: Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka.

Raunkiaer, C. Ch.: (1934): The Life Forms of Plants and Statistical Plant geography. Oxford: Clarendon Press. 147 p.

Reichholf, J. (1998): Pevninské vody a mokřady: ekologie evropských sladkých vod, luhů a bažin. Přeložil Čihař J. Praha: Ikar. 223 s.

Rybka, V. & Šafář, J. (1996): Mokřady střední Moravy. Olomouc: Sagittaria. 65 s.

Schindler, D. W. (2006): Recent Advances in the Understanding and Management management of Eutrophication. *Limnology and Oceanography*. 51(1):356–363 p.

Sládeček, V. & Sládečková, A. (1996): Atlas vodních organismů se zřetelem na vodárenství, povrchové vody a čistírny odpadních vod, 1. díl: Destruenti a producenti. Praha: Česká vědeckotechnická vodohospodářská společnost. 350 s.

Smith, V. H., Tilman, G. D. & Nekola, J. C. (1999): Eutrophication: impacts of excess nutrient inputs on freshwater, marine, and terrestrial ecosystems. *Environmental Pollution*. 100:179–196 p.

Šálek J., Malý J. (2000): Kyslíkový režim umělých mokřadů – vegetačních kořenových čistíren. In: Kovařík, P. & Machar, I., editoři: Mokřady 2000: sborník z konference uspořádané 13. – 15. 9. 2000 v Olomouci při příležitosti 10. výročí vzniku CHKO Litovelské Pomoraví. Janov u Litomyšle: Invence. 134–137 s.

Šeffler, J. (1996): Mokrade pre život. Bratislava: Nadácia Daphne. 32 s.

Štěpánek, M. & Červenka, R. (1974): Problémy eutrofizace v praxi. Praha: Avicenum. 232 s.

Štěrbá, O. & Rosol, J. (1989): Znečišťování a ochrana vod. Olomouc: Univerzita Palackého. 181 s.

van der Valk, A. G. (1981): Succession in Wetlands: A Gleasonian Approach. *Ecology*. 62(3): 688–696 p.

van Geest, G. J., Coops, H., Roijackers, R. M. M., Buijse, A. D. & Scheffer M. (2005): Succession of aquatic vegetation driven by reduced water-level fluctuations in floodplain lakes. *Journal of Applied Ecology*. 42:251–260 p.

Verkroost, A. W. M. & Wassen, M. J. (2005): A Simple Model for Nitrogen-limited Plant Growth and Nitrogen Allocation. – *Annals of Botany* 96:871–876 p.

Walker, L. R. & del Moral, R. (2003): Primary Succession and Ecosystem Rehabilitation. Cambridge: Cambridge University Press. 430 p.

Weber, C. A. (1907): Aufbau und Vegetation der Moore Nord. Deutschlands *Beibl. Bot. Jahrb.* 90:19–34 p.

Westhoff V. & van der Maarel E. (1978): The Braun-Blanquet approach. In: Whittaker, R. H., editor: *Classification of plant communities*. The Hague: Dr W. Junk bv Publishers. 309 p.

Zákon č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny, ve znění pozdějších předpisů [online]. [cit. 2016-07-18]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/1992-114>.

Znavor P. (2005): Vodní květy řas a sinic. *Scientific American (České Vydání)* 7:42–51 s.

Seznam příloh

Příloha 1 – Mapová dokumentace

Mapa č. 1 – Celkový pohled na město Plumlov s obecními rybníky Zlechovský a Stichovský (zleva) z 19. století (Zdroj:

<https://mapy.cz/19stoleti?x=17.0253455&y=49.4662931&z=15&l=0>).

Mapa č. 2 – Současný tok Hloučely vč. jejího bočního ramena (přerušovaně) protékajícího Prostějovem (Zdroj: Biokoridor Hloučela. Prostějov: ČSOP).

Mapa č. 3 – Povodí Hloučely s vyhodnocením Krajského úřadu Olomouckého kraje z hlediska řešení komplexních pozemkových úprav (Zdroj: Kratochvílová L. & Ryšavý S. 2007: Čistá Hloučela a vodní nádrž Plumlov – Studie Pöyry Environment, a.s., Plumlov).

Mapa č. 4 – Povodí Hloučely: Vztah obcí s nevyřešenou likvidací odpadních vod (Zdroj: Kratochvílová L. & Ryšavý S. 2007: Čistá Hloučela a vodní nádrž Plumlov – Studie Pöyry Environment, a.s., Plumlov).

Mapa č. 5 – Celkový pohled na VN Plumlov s jeho přítokovými oblastmi (Zdroj: www.google.cz/maps/).

Mapa č. 6 – Umístění mokřadu u Plumlovské přehrady (Zdroj: www.google.cz/maps/).

Příloha 2 – Fotodokumentace

Fotodokumentace č. 1 - Budování hráze přehrady. (Zdroj: Prostějovská přehrada měla napájet průplav. Prostějovský týden 7(28), 1997).

Fotodokumentace č. 2 - Přehradní hráz s šoupátkovou věží a částí volného přepadu. (Zdroj: Prostějov, město a okres, Brno 1931, 133 p.).

Fotodokumentace č. 3 – Letecký pohled na vodní nádrž Plumlov a její okolí vč. nad ní posazeného Podhradského rybníka v roce 2008 (Zdroj: Povodí Moravy, s. p., dostupné z: <http://www.pmo.cz/cz/media/fotobanka/>).

Fotodokumentace č. 4 – Vypuštěná Vodní nádrž Plumlov během její revitalizace (Zdroj: Povodí Moravy, s. p., dostupné z: <http://www.pmo.cz/cz/galerie/vd-plumlov/>).

Fotodokumentace č. 5 – Vypuštěný Podhradský rybník s patrným korytem říčky Hloučely během revitalizace 23. 4. 2014 (Zdroj: Prostějovský deník, dostupné z: <http://prostejovsky.denik.cz/galerie/plumlovska-prehrada-a-podhradsky-rybnik-23-dubna-2014.html?mm=5200411>).

Fotodokumentace č. 6 – Rybník Bidelec během revitalizace (Zdroj: Prostějovský deník, dostupné z: http://prostejovsky.denik.cz/zpravy_region/bidelec-nebo-bydelec-aneb-i-mapa-se-muze-mejlit.html).

Fotodokumentace č. 7 – Rybník Bidelec, 8. 6. 2016 (fotografie autora).

Fotodokumentace č. 8 – Podhradský rybník, 8. 6. 2016 (fotografie autora).

Fotodokumentace č. 9 – kamenný val oddělující mokřad od zbytku vodní nádrže Plumlov, 10. 7. 2014 (fotografie Ilona Hubičková).

Fotodokumentace č. 10 – v rámci revitalizace vysazená makrofyta, chráněná pletivem (Typha latifolia, L.) v mokřadu u Plumlovské přehrady, 9. 5. 2014 (fotografie Ilona Hubičková).

Fotodokumentace č. 11 – mokřad na okraji rybníka Bidelce, 9. 5. 2014 (fotografie Ilona Hubičková).

Fotodokumentace č. 12 – mokřad na okraji rybníka Bidelce, 10. 7. 2014 (fotografie Ilona Hubičková).

Fotodokumentace č. 13 – mokřad na okraji rybníka Bidelce, 7. 5. 2015 (fotografie Ilona Hubičková).

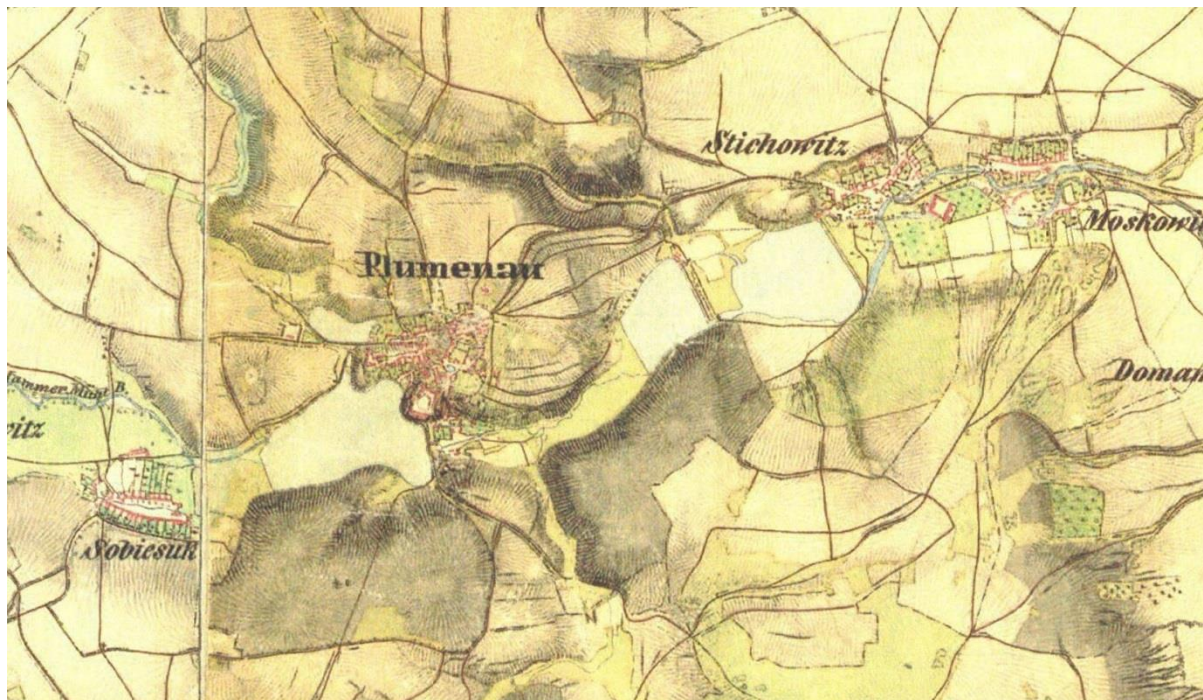
Fotodokumentace č. 14 – mokřad na okraji rybníka Bidelce, 8. 6. 2016 (fotografie autora).

Fotodokumentace č. 15 – nově vytvořený mokřad u Plumlovské přehrady, 9. 5. 2014 (fotografie Ilona Hubičková).

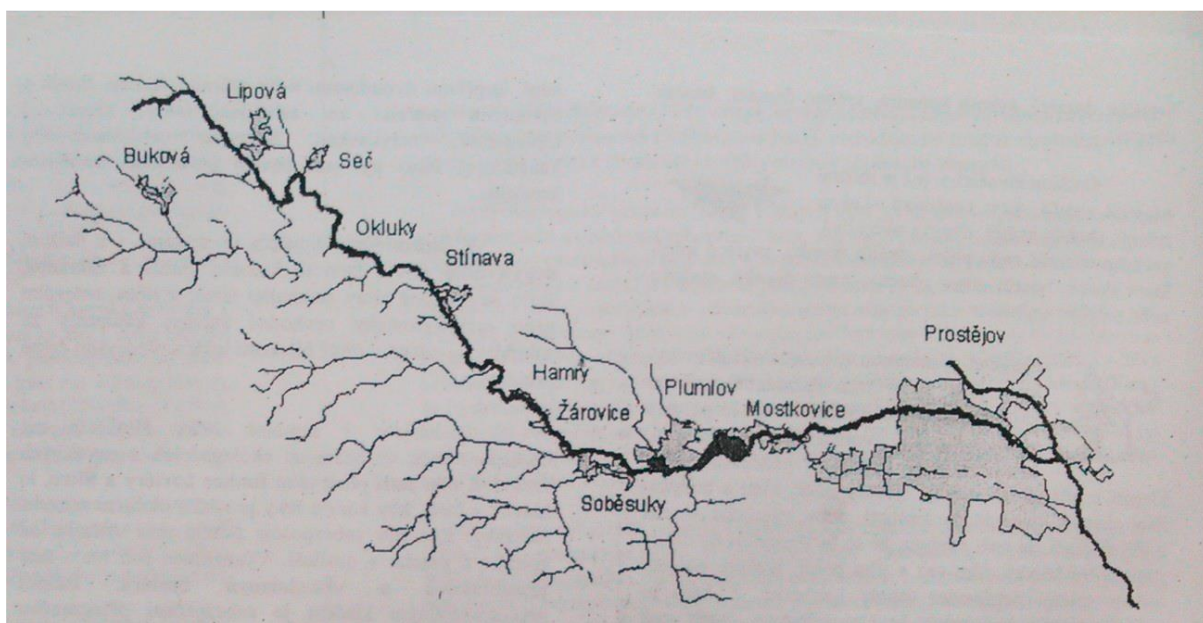
Fotodokumentace č. 16 – stav mokřadu u Plumlovské přehrady, 10. 7. 2014 (fotografie Ilona Hubičková).

Fotodokumentace č. 17 – stav mokřadu u Plumlovské přehrady, 7. 5. 2015 (fotografie Ilona Hubičková).

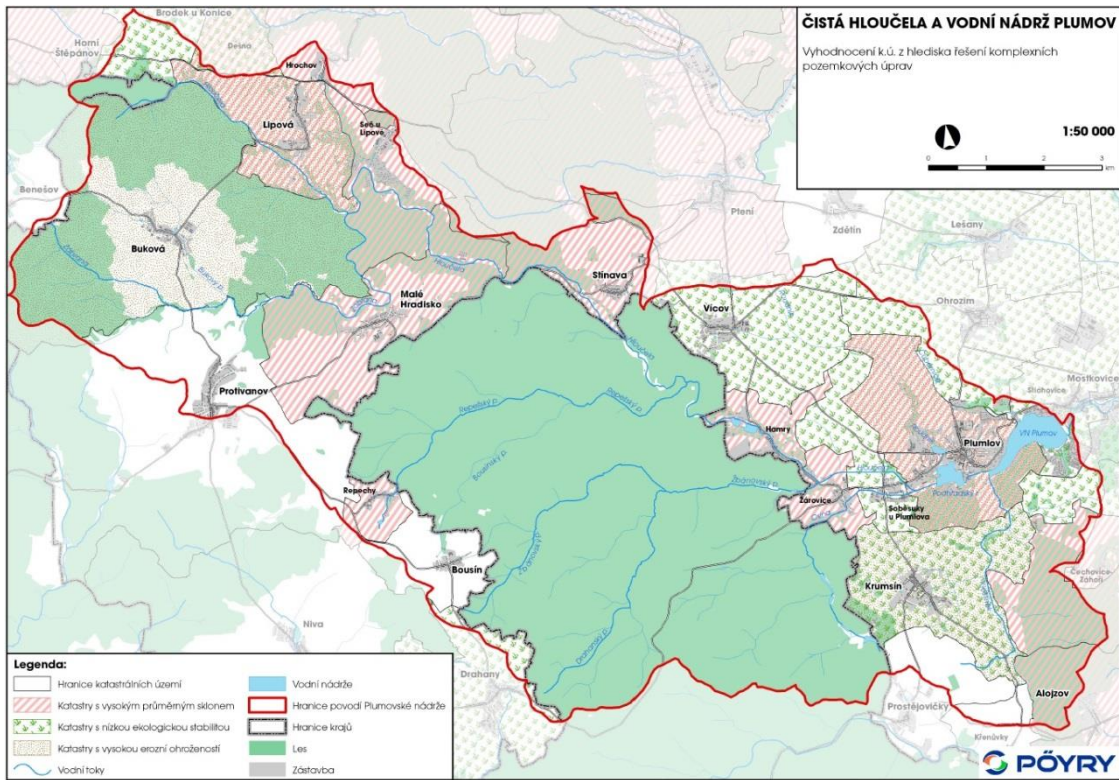
Fotodokumentace č. 18 – zaplavený mokřad u Plumlovské přehrady, 8. 6. 2016 (fotografie autora).



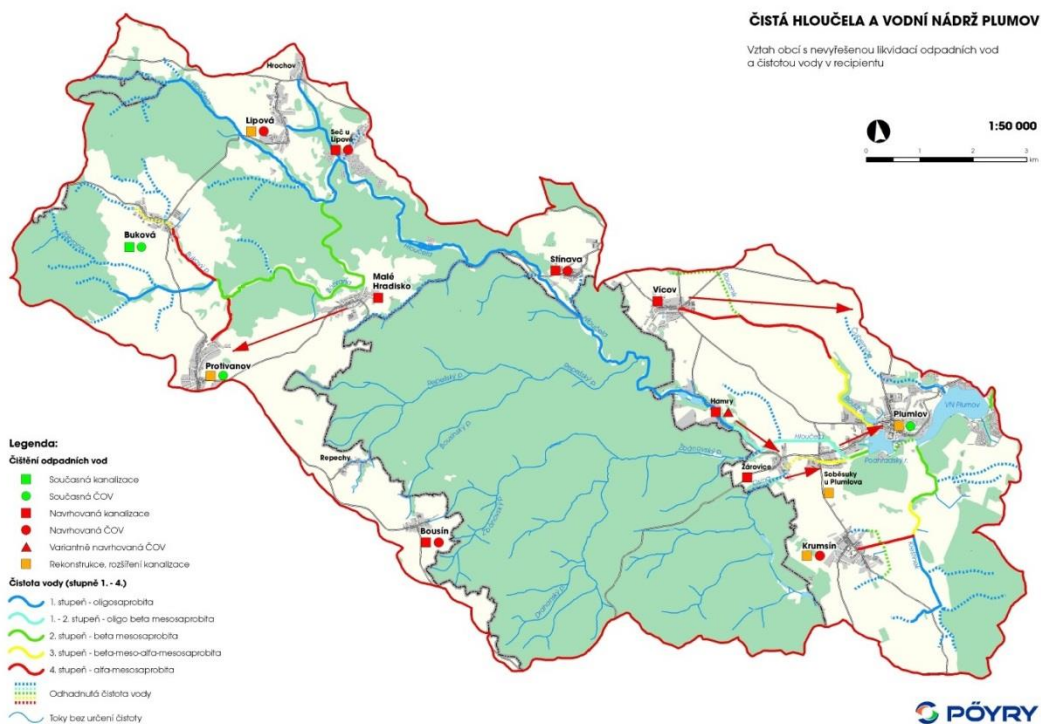
Mapa č. 1 – Celkový pohled na město Plumlov s obecními rybníky Zlechovský a Stichovský (zleva) z 19. století (Zdroj: <https://mapy.cz/19stoleti?x=17.0253455&y=49.4662931&z=15&l=0>).



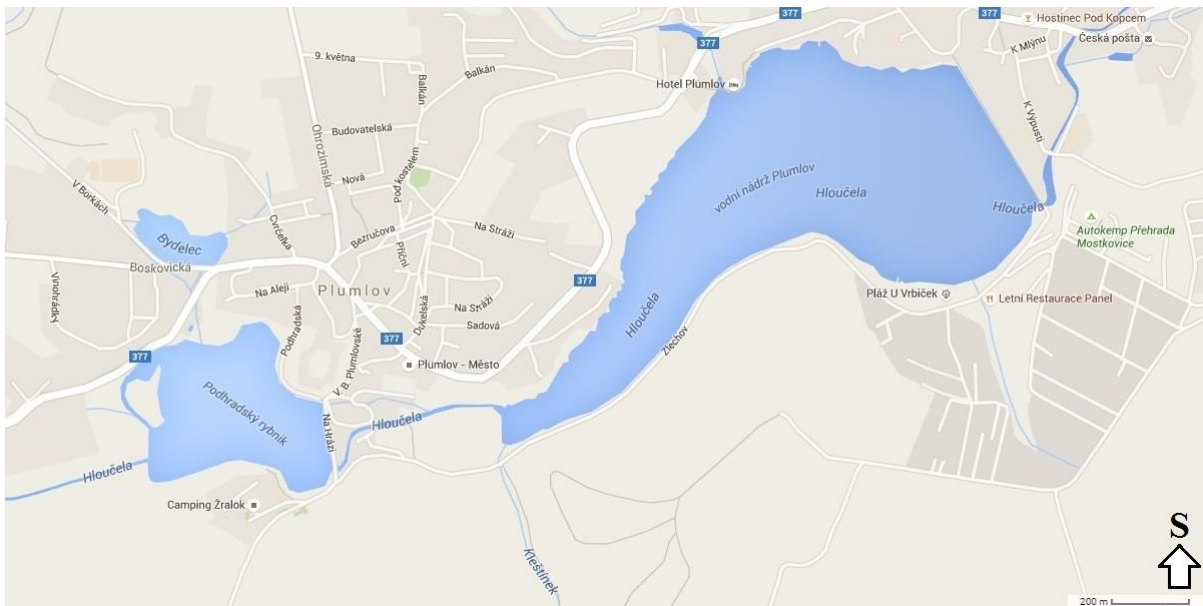
Mapa č. 2 - Současný tok Hloučely vč. jejího bočního ramena (přerušovaně) protékajícího Prostějovem (Zdroj: Biokoridor Hloučela. Prostějov: ČSOP).



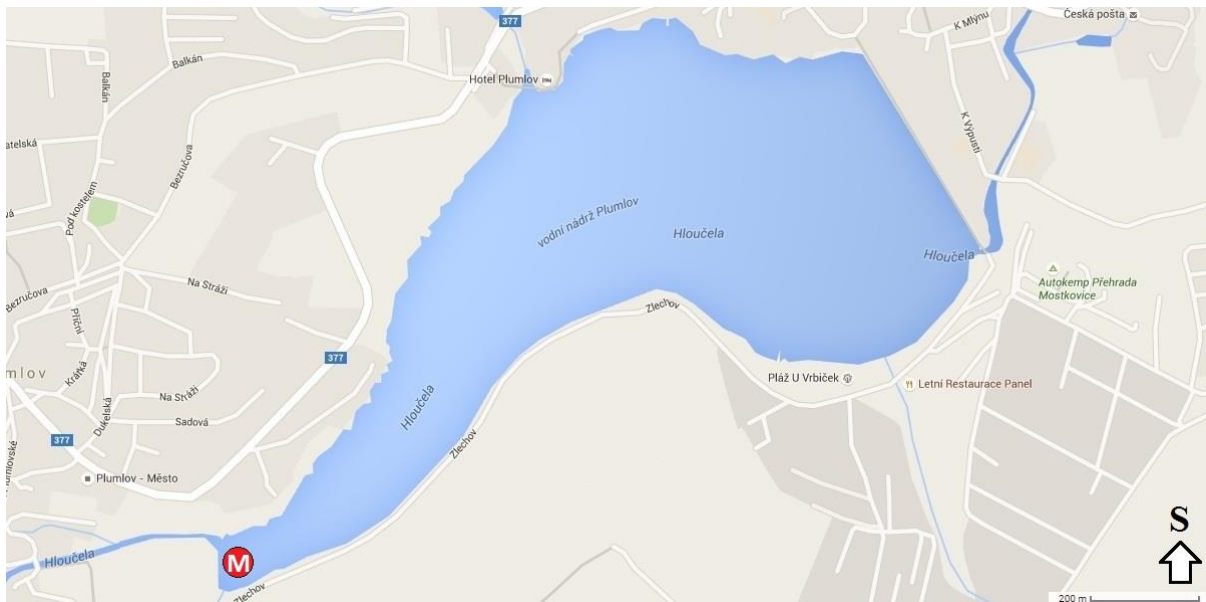
Mapa č. 3 – Povodí Hloučely s vyhodnocením Krajského úřadu Olomouckého kraje z hlediska řešení komplexních pozemkových úprav (Zdroj: Kratochvílová L. & Ryšavý S. 2007: Čistá Hloučela a vodní nádrž Plumlov – Studie Pöyry Environment, a.s., Plumlov).



Mapa č. 4 – Povodí Hloučely: Vztah obcí s nevyřešenou likvidací odpadních vod (Zdroj: Kratochvílová L. & Ryšavý S. 2007: Čistá Hloučela a vodní nádrž Plumlov – Studie Pöyry Environment, a.s., Plumlov).



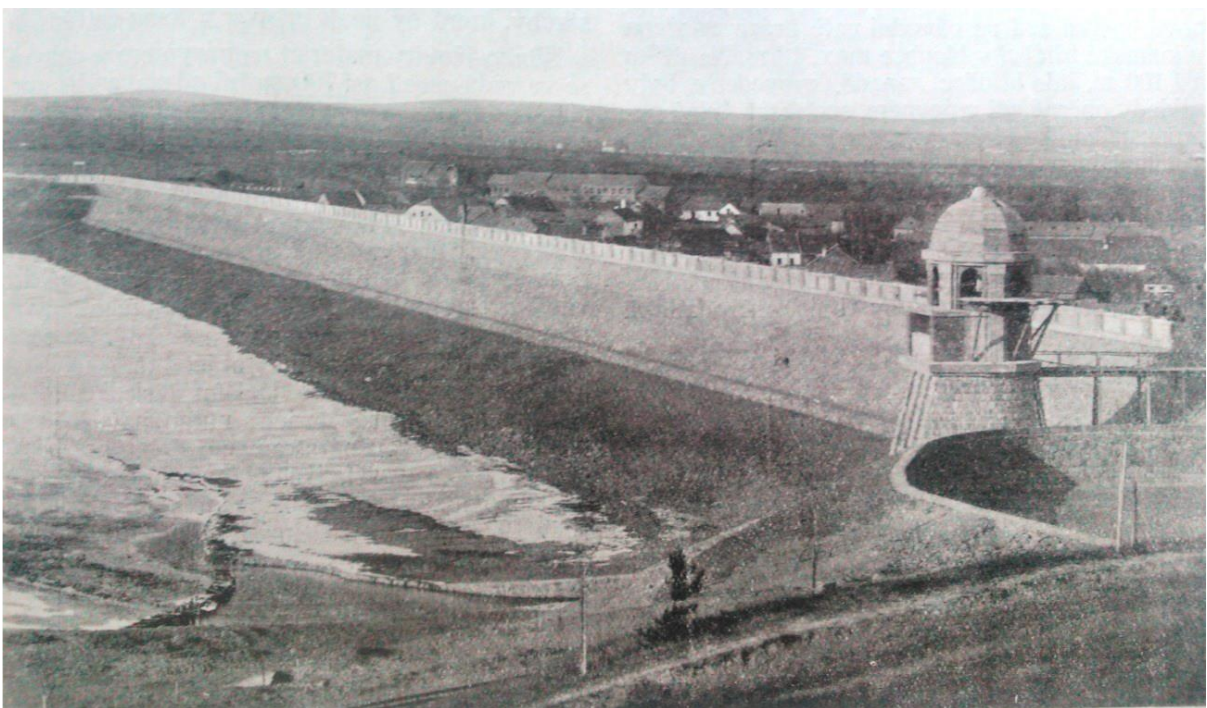
Mapa č. 5 – Celkový pohled na VN Plumlov s jeho přítokovými oblastmi (Zdroj: www.google.cz/maps/).



Mapa č. 6 – Umístění mokřadu u Plumlovské přehrady (červený kroužek s „M“; Zdroj: www.google.cz/maps/).



Fotodokumentace č. 1 - Budování hráze přehrady. (Zdroj: Prostějovská přehrada měla napájet průplav. Prostějovský týden 7(28), 1997).



Fotodokumentace č. 2 - Přehradní hráz s šoupátkovou věží a částí volného přepadu. (Zdroj: Prostějov, město a okres, Brno 1931, 133 p.)



Fotodokumentace č. 3 – Letecký pohled na vodní nádrž Plumlov a její okolí vč. nad ní posazeného Podhradského rybníka v roce 2008 (Zdroj: Povodí Moravy, s. p.)



Fotodokumentace č. 4 – Vypuštěná Vodní nádrž Plumlov během její revitalizace (Zdroj: Povodí Moravy, s. p.)



Fotodokumentace č. 5 – Vypuštěný Podhradský rybník s patrným korytem říčky Hloučely během revitalizace 23. 4. 2014 (Zdroj: Prostějovský deník).



Fotodokumentace č. 6 – Rybník Bidelec během revitalizace (Zdroj: Prostějovský deník)



Fotodokumentace č. 7 – Rybník Bidelec, 8. 6. 2016 (fotografie autora).



Fotodokumentace č. 8 – Podhradský rybník, 8. 6. 2016 (fotografie autora).



Fotodokumentace č. 9 – kamenný val oddělující mokřad od zbytku vodní nádrže Plumlov, 10. 7. 2014 (fotografie Ilona Hubičková).



*Fotodokumentace č. 10 – v rámci revitalizace vysazená makrofyta, chráněná pletivem (*Typha latifolia*, L.) v mokřadu u Plumlovské přehrady, 9. 5. 2014 (fotografie Ilona Hubičková).*



Fotodokumentace č. 11 – mokřad na okraji rybníka Bidelce, 9. 5. 2014 (fotografie Ilona Hubičková).



Fotodokumentace č. 12 – mokřad na okraji rybníka Bidelce, 10. 7. 2014 (fotografie Ilona Hubičková).



Fotodokumentace č. 13 – mokřad na okraji rybníka Bidelce, 7. 5. 2015 (fotografie Ilona Hubičková).



Fotodokumentace č. 14 – mokřad na okraji rybníka Bidelce, 8. 6. 2016 (fotografie autora).



*Fotodokumentace č. 15 – nově vytvořený mokřad u Plumlovské přehrady, 9. 5. 2014
(fotografie Ilona Hubičková).*



Fotodokumentace č. 16 – stav mokřadu u Plumlovské přehrady, 10. 7. 2014 (fotografie Ilona Hubičková).



Fotodokumentace č. 17 – stav mokřadu u Plumlovské přehrady, 7. 5. 2015 (fotografie Ilona Hubičková).



Fotodokumentace č. 18 – zaplavený mokřad u Plumlovské přehrady, 8. 6. 2016 (fotografie autora).