

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích

Přírodovědecká fakulta

**Metody hodnocení litorálních porostů pro potřeby Rámcové
směrnice EU o vodách**

Bakalářská práce

Simona Vadlejchová

Školitel: prof. RNDr. Jaroslav Vrba, CSc.

Konzultantka: RNDr. Monika Krolová, PhD.

České Budějovice, 2014

Vadlejchová, S.: Metody hodnocení litorálních porostů pro potřeby Rámcové směrnice o vodách EU

[Methods of assessing littoral vegetation according to the Water Framework Directive EU, Bachelor thesis in Czech] Page, Faculty of Science, University of South Bohemia, České Budějovice, Czech Republic.

Anotace:

Tato práce se zabývá metodami hodnocení litorálních porostů pro potřeby Rámcové směrnice o vodách EU a jejich praktickou aplikací při studiu litorální vegetace údolní nádrže formou grantového projektu.

Annotation:

This thesis focuses on methods of assessing littoral vegetation for the purposes of the Water Framework Directive of the EU and their practical application in the study of littoral vegetation in a reservoir in a form of a grant project.

Prohlašuji, že svoji bakalářskou práci jsem vypracovala samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury. Prohlašuji, že v souladu s §47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce, a to v nezkrácené podobě elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejich internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

V Českých Budějovicích dne

Simona Vadlejchová

Poděkování:

Mnohokrát děkuji svému školiteli prof. RNDr. Jaroslavu Vrbovi, CSc. za trpělivost a výborné vedení při psaní bakalářské práce a také děkuji své konzultantce RNDr. Monice Krolové, PhD. za trpělivost a neustálý přísun cenných rad.

Dále bych chtěla poděkovat svým rodičům, kteří mě podporovali po celou dobu studia a v poslední řadě Majkovi a Peťanovi za oporu a pomoc při práci s počítačem.

Obsah

Úvod	2
Cíle	2
1. Shrnutí projektu	3
2. Stávající stav poznání	4
Rámcová směrnice o vodě EU	4
Pojmy – používané v RSV	5
Mezinárodní spolupráce	8
Implementace RSV	9
Význam makrofyt ve vodním ekosystému	12
Význam litorální zóny	16
Litorální porosty v přirozených a umělých ekosystémech	17
Hlavní faktory ovlivňující litorální vegetaci v umělých vodních útvarech	20
Metody mapování litorálních porostů ve státech EU	22
Shrnutí	29
3. Návrh projektu	30
Metodika	30
4. Závěry	35
Použitá literatura a internetové odkazy:	36
Přílohy	41

Úvod

Česká republika se stala 1. 5. 2004 členem Evropské Unie (dále jen EU). Vstupem do EU se stát stal nedílnou součástí Evropského Společenství, a přestože zůstal nadále autonomním, s vlastní legislativou, musí nyní některé své politické kroky a rozhodnutí koordinovat s evropskými požadavky.

Jedním z požadavků EU je upravit oblast vodní politiky v rámci Společenství. V zásadě jde o to, sloučit a sjednotit předešlé směrnice zabývající se ochranou a kvalitou vod, vzniklé v 90. letech minulého století. Současný stav vodního prostředí na území Evropy je neuspokojivý. Narůstající potřeba pitné vody pro příští generace vede k novým krokům, které mohou zabránit zhoršení stavu. Za tímto účelem byla vypracována Rámcová směrnice o vodách (dále jen RSV), která obsahuje návod pro zlepšení stavu vod v Evropě.

Sledování stavu vodního prostředí a hodnocení jeho kvality podle RSV, se bude nově vyhodnocovat na základě stavu přirozených společenstev organismů, tzv. biologických ukazatelů kvality, chemického stavu vod a hydromorfologie. Výsledkem je klasifikace ekologického stavu a ekologického potenciálu vodního prostředí. Zásadní cílem RSV je dosáhnout dobrého ekologického stavu a dobrého ekologického potenciálu povrchových a podzemních vod.

Cíle

Cílem této práce je zhodnotit metody, které se zabývají hodnocením litorálních porostů v evropských zemích v souladu s RSV. V rámci navrhovaného projektu ověřit funkci a význam podpory rozvoje vodních makrofyt v zátocě Vřesná.

Název projektu:

Monitorování litorálních porostů v zátocě Vřesná v nádrži Lipno

1. Shrnutí projektu

RSV požaduje dosažení dobrého ekologického potenciálu v umělých vodních útvarech, proto je nutné vynaložit úsilí pro tvorbu nových metodik, které se budou zabývat hodnocením jednotlivých biologických, chemických a hydromorfologických složek.

Společenstva vodních makrofyt jsou významnými ukazateli biologické složky vodního prostředí. Dobře rozvinutý litorální porost je součástí přirozených, nenarušených ekosystémů stojatých vod. Vodní makrofyta mají pozitivní vliv na kvalitu vody a biodiverzitu organismů ve vodním prostředí.

V údolních nádržích, které jsou konstruovány především pro hospodářský a energetický účel, jsou litorální porosty nejvíce ohrožovány nízkou průhledností vodního sloupce, rozsáhlým kolísáním vodní hladiny, které s sebou nese další nepříznivé aspekty, jako je zvýšená eroze, vymývání živin, poškozování prýtů rostlin apod.

Navrhovaný projekt provede monitorování litorálních porostů v zátocě Vřesná v nádrži Lipno, bude navazovat na projekt Ekozóna – život ve vodě, díky kterému byla mimo jiné vybudována umělá stanoviště pro vodní živočichy.

Projekt bude zaměřen na sledování litorálních porostů v několika transektech po dobu 2 let. Díky tomuto monitoringu projekt upozorní na kvalitu a současný stav litorálních porostů a může tak přispět k návrhu na zlepšení stavu litorálních porostů v nádrži Lipno.

Díky projektu bychom se mohli jinou cestou přiblížit k požadavkům RVS i v nádržích s rozsáhlým kolísáním vodní hladiny a nízkou průhledností vodního sloupce, který dle studií Krolová et al. 2010, Krolová et, al. 2013 není příliš vhodný pro submerzní druhy makrofyt.

2. Stávající stav poznání

2. 1. Rámcová směrnice o vodě EU

Charakteristika Rámcové směrnice o vodě

Rámcová směrnice o vodě 2000/60/ES Evropského Parlamentu a Rady požaduje změnu vodní politiky v rámci EU, která povede k dlouhodobé a udržitelné ochraně a obnově čisté vody po celé Evropě. Směrnice přichází s novým přístupem pro ochranu vody a hospodaření s vodou, který se zakládá na ekosystémovém přístupu. Velký důraz je kladen na povodí, jakožto hydrologické jednotce vodního ekosystému. Směrnice se zabývá vnitrozemskými povrchovými vodami, brakickými vodami, pobřežními vodami a podzemními vodami. Součástí nové politiky je i účast veřejnosti na plánování.

Hlavním záměrem RSV je ochrana a zlepšení kvality evropských vod. Evropská Unie má v současné době 28 členských států. Každý stát má svou vlastní politiku a právní předpisy. EU přijala RSV za účelem sjednocení politik členských států v oblasti ochrany vod. RSV podává jasný přístup k právním předpisům podléhajícím problematice vody, který se stává společným pro všechny členské státy. RSV sjednocuje sektorové politiky členských států a vede je ke vzájemné kooperaci. Součástí nového přístupu k hodnocení kvality povrchových vod je komplexní monitorování biologických složek ve vodním prostředí. Potřeba vytvoření pevného právního rámce pro politiku v oblasti ochrany vod, byla především kvůli postupnému zhoršování kvality vodních těles, kvůli zhoršování kvality zdrojů pitné vody a narůstající poptávce na spotřebu pitné a užitkové vody (Směrnice 2000/60/ES). V RSV se sloučily dřívější směrnice, zabývající se ochranou vod, příkladem je směrnice o čištění městských odpadních vod (91/271), o dusičnanech (91/676), o integrované prevenci a omezování znečištění (96/61) a jiné³.

Historie vzniku Rámcové směrnice o vodách

Rámcová směrnice o vodách byla schválena 23. 10. 2000, o dva měsíce později, konkrétně 22. 12. 2000, byla přijata jejím zveřejněním v *Official Journal of European Communities*. Koncept Rámcové směrnice se vytvářel 10 let. První ohlasy pro potřebu předpisu, který by zahrnoval hodnocení povrchových a podzemních vod ve Společenství, se ozývaly již v roce 1988, kdy se konal seminář ministrů o vodní politice Společenství. Postupně se vytvářely směrnice, které se ale týkaly konkrétních problémů, řešených v daném období. V roce 1991, se začalo uvažovat o zlepšení politiky pro ochranu povrchových vod a upravila se směrnice o ochraně podzemních vod před znečišťováním nebezpečnými látkami. V prosinci roku 1995 Rada EU vyzvala Komisi EU k podání návrhu nové rámcové směrnice, která by stanovovala základní zásady trvale udržitelné vodní politiky v EU, ten byl vydán v roce 1997. Směrnice byla členskými státy schválena a přijata až za tři roky. (Směrnice 2000/60/ES).

Pojmy – používané v RSV

Přírozený ekosystém

Za přírozený ekosystém považuje RSV takový, v němž je vliv lidské činnosti nepatrný. Přírodní vodní ekosystémy se utvářely po staletí, ovlivňovány přírodními podmínkami. Nenarušené vodní ekosystémy se pro potřebu RSV definují jako referenční ekologické podmínky, podle kterých je možné porovnávat stav silně narušených a umělých vodních systémů (Chave, 2001).

Ekosystém ovlivněný člověkem

Druhým případem je ekosystém, ve kterém jsou fyzikálně chemické parametry a složení biocenóz ovlivněny člověkem. Lidé do koloběhu vody na Zemi zasahují od nepaměti. Budují se akvadukty, řeky se odklánějí od směru toku, kanalizují se anebo se řeky přehrazují. Vodní ekosystém ovlivněný člověkem je obvykle také zatížen nadměrným přísunem živin z důvodu hospodářských a zemědělských aktivit v okolí. V současné době je tedy největším problémem eutrofizace povrchových vod.

Uměle vytvořený ekosystém

Člověkem vytvořené vodní útvary jsou speciálním případem, proto jsou takovéto stojaté vody v RSV vymezeny zvlášť. V našich podmínkách umělé vodní ekosystémy představují rybníky, údolní nádrže, hydriické rekultivace po těžbě. Umělé vodní útvary se budují za účelem zadržení vody v krajině, jsou zásobárnou pitné vody, slouží jako rekreační místa, budují se pro hospodářský význam (chov ryb), či pro energetické využití.

Referenční podmínky

K tomu, aby bylo možné hodnotit útvary povrchových vod, je potřebné nejprve určit referenční ekologické podmínky. Referenční podmínky charakterizují nenarušený a lidskou činností neovlivněný stav vodního útvaru. Podle takovýchto základních ekologických kvalit lze dále porovnávat výsledky monitorování jednotlivých vodních útvarů s referenčními hodnotami. Referenční podmínky mají být, podle Směrnice, určeny pro každý typ povrchového vodního útvaru. Čistých přirozených vodních útvarů, které by se daly určit jako referenční, je ovšem nedostatek, což komplikuje implementaci RSV (Navarro et al., 2009).

Na území EU existují různé podmínky, to znamená, že řešení pro nastolení environmentálních cílů budou místně specifická. Proto také vznikly podskupiny oblastí s místně podobnými klimatickými a jinými charakteristikami tzv. ekoregiony. Celkem je určeno 25 ekoregionů Evropy (Směrnice 2000/60/ES).

Ekologický stav a Ekologický potenciál

Při posuzování ekologické kvality vody se hodnotí ekologický stav anebo ekologický potenciál. Ekologická kvalita ekosystému se hodnotí podle stavu biologických ukazatelů, fyzikálně chemických vlastností a hydromorfologických parametrů. Mezi hodnocené biologické ukazatele patří makrozoobentos, fytoplankton, makrofyta a ryby. U přirozených vodních útvarů se hovoří o ekologickém stavu. RSV jasně vymezuje stupně ekologického stavu vod (viz. tab. 1), není zde však přesně definována hranice mezi jednotlivými stupni, s čímž mají státy při implementaci RSV potíže (Navarro, 2009).

Tab. 1.: Všeobecná definice klasifikace ekologického stavu podle RSV (Směrnice 2000/60/ES).

Stupeň	Stav	Popis stavu
1	Velmi dobrý	Velmi dobrý stav představuje neporušené podmínky, žádný nebo jen malý vliv antropogenní činnosti na změnu fyzikálně-chemických hodnot a hydromorfologických složek, v daném prostředí
2	Dobrý	Dobrý stav má jen malé odchylky od neporušených podmínek, způsobené antropogenní činností
3	Střední	Střední stav, vykazuje hodnoty středně ovlivněného prostředí, vlivem antropogenního narušování. Prostředí je významně více ovlivněno, než je tomu u dobrého stavu
4	Poškozený	Vody, u nichž je zjištěn nižší, než střední stav budou klasifikovány jako poškozené nebo zničené.
5	Zničený	

Pro umělé nebo silně ovlivněné vodní útvary se používá pojem ekologický potenciál (viz. tab. 2). Ekologický potenciál se nikdy nemůže vyrovnat ekologickému stavu, jelikož v umělých vodních útvarech jsou podmínky vytvořeny lidskou aktivitou a chybí v nich přirozený vývoj ekosystému, který je zaručen v přirozeném prostředí. Nicméně snahou RSV je, dosáhnout dobrého ekologického potenciálu i u silně ovlivněných či umělých vodních útvarů (Směrnice 2000/60/ES).

Tab. 2.: Klasifikace ekologického potenciálu silně ovlivněných nebo umělých vodních útvarů podle RSV (Směrnice 2000/60/ES).

Stupeň	Stav	Popis stavu
1	Maximální ekologický potenciál	Hodnoty biologických ukazatelů kvality, fyzikálně chemické složky a hydromorfologické složky odpovídají téměř nenarušeným podmínkám zjišťovaným v typu útvaru povrchové vody, který je nejbližše srovnatelný s příslušným umělým nebo silně ovlivněným vodním útvarem.
2	Dobry ekologický potenciál	Hodnoty biologických ukazatelů kvality, fyzikálně chemické složky a hydromorfologické složky vykazují slabé změny v porovnání s hodnotami, které odpovídají maximálnímu ekologickému potenciálu.
3	Střední ekologický potenciál	Ve vodním útvaru se vyskytují středně velké změny hodnot příslušných složek biologických, hydromorfologických a fyzikálně chemických.

Mezinárodní spolupráce

RSV má v prvním bodě formulaci o společném dědictví vod jako takových. Z tohoto důvodu se k ochraně vod musí přistupovat v mezinárodním měřítku a je zapotřebí spolupráce států Evropy (Směrnice 2000/60/ES). Vytvoření společných programů pro ochranu vod, které protékají více státy, může být komplikované. RSV je k tomuto ideálním nástrojem, může urychlit a podpořit již existující dohody (např. případová studie na řece Dunaj). Řeka Dunaj svým povodím zasahuje na území mnoha států a tak na ní lze demonstrovat nevyhnutelnost spolupráce různých států. V roce 1991 vznikl environmentální program pro řeku Dunaj, který upevnil mezinárodní kooperaci. V roce 1995 byla ratifikována Úmluva o spolupráci pro ochranu a únosné využívání Dunaje a vznikla Mezinárodní komise pro ochranu

Dunaje, jejímž momentálním cílem je učinit nutné kroky k implementaci Směrnice 2000/60/ES pro povodí Dunaje¹. Dalším příkladem je spolupráce České republiky se spolkovou republikou Německo za účelem ochrany povodí Labe. V roce 1990 vznikla v Magdeburku Dohoda o Mezinárodní komisi pro ochranu Labe. Každé dva roky se koná tzv. Magdeburský seminář o ochraně vod² a například v roce 2006 bylo tématem semináře implementace RSV v povodí Labe (Hanzálková a Malegová, 2007).

Existují další mezinárodní smlouvy, které členy EU zavazují k mezinárodní ochraně vod. Téměř na každém území členského státu se nachází tzv. mezinárodní oblast povodí. V případě kdy řeka, pramenící na území členského státu EU, pokračuje dále přes hranice na území státu, který není členem EU nebo naopak, nabádá směrnice o vodách ke spolupráci a koordinaci plánů na ochranu řek, na území států, kterých se to týká. Pro každou oblast povodí se tvoří plány povodí, v nich se zvláště řeší protipovodňová opatření, boj proti znečištění povodí škodlivými látky a následně snižování znečištění moří, do kterých řeky ústí nebo snaha o co největší přiblížení řek přírodním podmínkám. Sousedící státy uzavírají dvoustranné smlouvy, které upravují společné programy pro péči o vodní útvary. Česká republika spolupracuje s každým sousedním státem, jelikož hranici země lemují či protíná mnoho řek. Kromě vod, které přímo hraniční čáru protínají nebo lemují, se v dohodách jedná i o podzemní vody, jako důležité součásti hydrologického cyklu. Společná snaha o spolupráci zahrnuje komplexní ochranu celé oblasti povodí. Konkrétně se zabývá například prevencí znečištění vod, protipovodňovým aktivitám, monitoringem a sdílením dat, ochraně litorálních zón (Bauerová et al., 2010).

Implementace RSV

Závazky členských států Evropské unie

Směrnice má časový harmonogram, který udává členským státům úkony a termíny, které poslouží ke smysluplné a produktivní činnosti v oblasti vodní politiky. Vydání EU rámcovou směrnicí, znamená to pro všechny členské státy určitý závazek - změnu své legislativy tak, aby bylo možné přijmout, neboli implementovat, takové směrnice do politiky daného státu.

Implementace Směrnice přináší mnoho změn ve vodním hospodářství České republiky. K implementaci směrnice je nutné, aby každý stát splnil tzv. transpozici³. Každý stát provede transpozici dle své stávající legislativy. Na příkladu ČR to znamená, že musí být vypracovány zákony pro sladění směrnice s místní legislativou. Opatření přijaté zákonem musí být schválena Komisí EU. Jakmile projde proces transpozice, dochází k implementaci (Chave, 2001).

V první fázi implementace je nutné vymezit oblasti povodí, ty se poté podrobí podrobným průzkumům, které stanoví například to, jaká chráněná území se nachází v oblasti povodí. Takové šetření, které posbírá dostatek informací, pomůže k následné tvorbě plánu povodí. Vypracování plánu povodí se opírá o konkrétní cíle směrnice a má za úkol přispět ke splnění environmentálních cílů. RSV doporučuje státům rozdělit program opatření na etapy, aby rozložily náklady na jeho implementaci. Zpoždění implementace této směrnice, musí být zdůvodněno jasnými důvody (Směrnice 2000/60/ES).

Environmentální cíle, cíle stanovené do roku 2015

Směrnice stanovuje tzv. environmentální cíle, které mají přispět k vytvoření dobré kvality povrchových a podzemních vod na území EU, zároveň mají zamezovat zhoršování jejich stavu. Každý členský stát EU má tedy za úkol dosáhnout dobré kvality vod do roku 2015. Dobrá kvalita vod je stanovena dobrým ekologickým stavem a dobrým chemickým stavem. Jestli-že jsou na některém území vodní ekosystémy, které již statut dobré kvality mají, musí být stávající stav udržen. Co se podzemních vod týče, ochrana se zakládá na determinaci výskytů škodlivých látek a následných krocích k jejich odstranění. Dalším z cílů dokumentu je snížit výskyt nebezpečných látek ve vodním prostředí, především cíleným zamezením jejich vypouštění. Zvláště RSV hodnotí chemický stav vod. Dosažení dobrého chemického stavu je také zahrnuto v cílech pro rok 2015. Samozřejmě se může stát, že stav zájmového vodního útvaru je natolik špatný, že k dosažení stavu dobrého by bylo zapotřebí vynaložit příliš nákladné prostředky, anebo má vodní útvar nastavené takové přírodní podmínky, které nedovolují stav zlepšit. V takovém případě je možné, po předložení pádných důvodů, na základě kritérií, stanovit měkčí environmentální cíle a musí dojít k odvrácení zhoršení takového stavu (Směrnice 2000/60/ES).

Dosavadní a budoucí vývoj na základě požadavků RSV

Na základě RSV, pro její implementaci a k uskutečnění jejích cílů vznikl časový harmonogram, který je časovou osou, určující dobu důležitých horizontů RSV. Uplynulo téměř 14 let od zveřejnění RSV, to znamená, že státy EU mají za sebou mnoho náročné práce, která jednou povede ke splnění cílů, které RSV stanovuje, v mnoha případech jsou řešeny komplikované a dlouhodobě náročné otázky. Ukazatele, které budou nasvědčovat splnění hlavního cíle tj. dosažení dobrého stavu vod, se v některých případech mohou projevit až po desítkách let, protože odezva ve vodním ekosystému může být těžko předvídatelná. Přesto je nutná soustavná aktivita, vedoucí ke zlepšení vodního prostředí. Zde je příklad některých důležitých horizontů v době minulé i budoucí: transpozice Směrnice do národní legislativy (2003), Definování povodí (2003) a dokončení jejich průzkumů (2004), návrhy plánu povodí, předkládané ke konzultaci (2008), zahájení plánů povodí (2009), ustanovení programů opatření (2009) a jejich implementace (2012), dosažení dobrého stavu vod (2015), první revize plánů povodí (2015), druhá revize plánů povodí (2021), třetí revize plánů povodí (2027) (Chave, 2001).

V České Republice je zavedení RSV do české legislativy v kompetenci zejména Ministerstva životního prostředí a Ministerstva zemědělství, na implementaci však spolupracují i jiné orgány státní správy. Soulad legislativy se Směrnicí se zajistí pomocí vodního zákona č. 254/2001 Sb., zákona o vodovodech a kanalizacích č. 274/2001 Sb. a zákona č. 258/2000 Sb. o ochraně veřejného zdraví³. Za účelem efektivní spolupráce mezi rezorty vznikla Pracovní podskupina pro implementaci Rámcové směrnice, která pracuje podle Implementačního plánu, který koordinuje jednotlivé úkoly a termíny pro jejich naplnění³.

Důležitým bodem při zavádění RSV do české legislativy je tvorba plánů povodí a programů opatření. Pro tento krok byl zaveden Manuál pro plánování v povodí České republiky, který vznikl na základě předchozích zkušeností, získaných při mezinárodní spolupráci na tvorbě Pilotního povodí Orlice. Zajímavostí je, že při sestavování Pilotního povodí Orlice vzniklo Poradní fórum, které bylo dostupné mimo jiné zástupcům veřejné správy i zástupcům neziskových organizací³, přičemž se testoval článek 14 Směrnice, který pojednává o informování a konzultaci s veřejností (Směrnice 200/60/ES). V roce 2007 byl schválen plán hlavních povodí ČR⁴, poté byly v roce 2009 schváleny jednotlivé plány oblastí povodí, konkrétně se

jedná o: Plán oblasti Horního a středního Labe, Plány oblasti povodí Horní a Dolní Vltavy, Plán oblasti povodí Berounky, Plán oblasti povodí Ohře a Dolního Labe, Plány oblasti povodí Moravy, Dyje a Odry ⁵.

V současné době se v České republice dokončují Návrhy plánů dílčích povodí, které by měly být hotovy v srpnu 2014. Dalším horizontem je říjen 2014, kdy mají být hotovy návrhy národních plánů povodí a návrhy plánů pro zvládání povodňových rizik. Pro schválení návrhů je dán nepřekročitelný termín – 22. prosince 2015 ⁶.

2. 2. Význam makrofyt ve vodním ekosystému

Ekosystémový přístup pro hodnocení kvality vodních ekosystémů propojuje sledování a hodnocení interakcí vodních organismů (Směrnice 2000/60/ES). Tvůrci Rámcové směrnice zařadili vodní makrofyta mezi významné biologické ukazatele kvality, což ukazuje jejich nepostradatelnost pro biodiverzitu a dobré fungování vodních ekosystémů. Na základě těchto poznatků se naskytla potřeba vytvořit nové metodiky pro hodnocení litorálních porostů, které mohou pomoci studovat vztahy mezi makrofyty a dalšími složkami vodního prostředí a tak zlepšit ekologický stav vodního prostředí (Duras et al., 2006; Duras a Kučera, 2013).

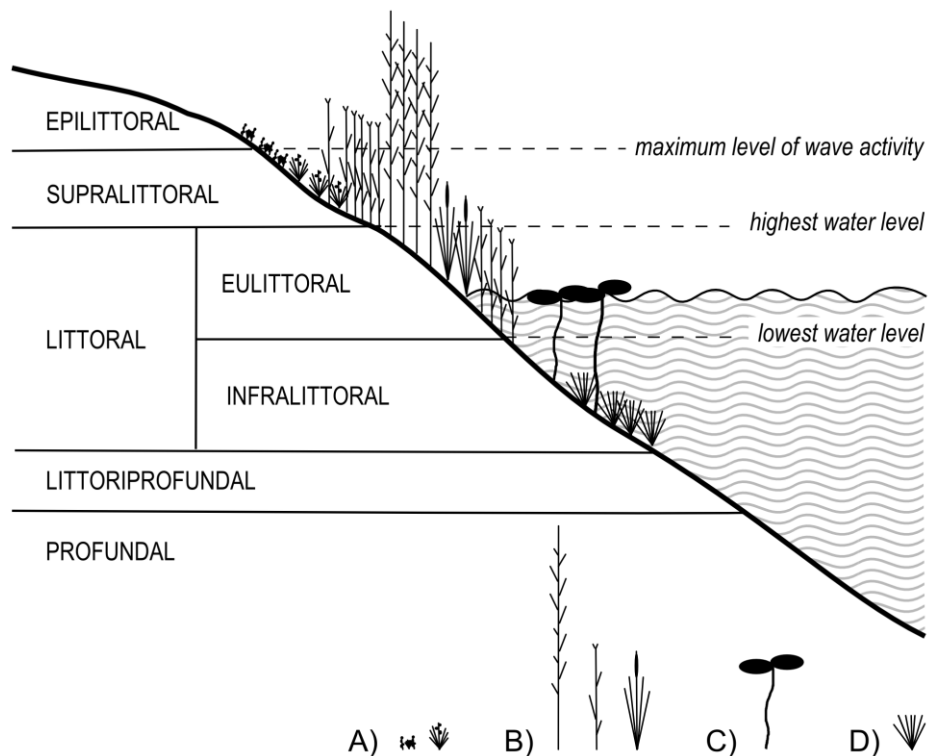
Litorální zóna v ekosystémech stojatých vod

Mezi dvěma ekosystémy se vyskytuje přechodná zóna, označována jako ekoton. Jedná se o přechodnou zónu, ve které dochází ke změnám v typu dominantní vegetace a která se vyznačuje velkou rozmanitostí organismů (Kalff, 2002). Velká biodiverzita je způsobena právě tím, že se zde překrývá více ekosystémů. Vyskytují se zde druhy, které jsou adaptované na podmínky, jednotlivých ekosystémů. Organismy žijící v přechodné zóně se nazývají druhy okrajového prostředí. Druhům okrajového prostředí nevadí časté disturbance, způsobené okrajovým efektem. Okrajový efekt je charakteristický změnou teploty, množstvím dopadajícího světla, rychlostí větru apod. Ekotony jsou významné pro výměnu látek mezi jednotlivými ekosystémy (Towsend et al., 2010).

Litorální zóna představuje ekoton. Litorální zóna je přechodnou oblastí mezi terestrickým, mokřadním a vodním ekosystémem (Basset et al., 2013). Litorál lze

charakterizovat jako pobřežní oblast jezer a nížinných řek, kde sedimenty leží uvnitř světelné zóny a s častým výskytem vegetace (Kalff, 2002). Litorál ovšem nepokrývá celé dno nádrží a jezer, jeho výskyt je častěji omezen na mělčí oblasti, příbřežní zóny, které jsou dobře prosvětlené a je zde větší dostupnost světla. Dno je velmi často více členěno, od břehu do nejhlubšího bodu ve vodním ekosystému, na několik zón (viz. obr.1): epilitorál, supralitorál, litorál (eulitorál, infralitorál), litoriprofundál, profundál podle (Wetzel, 2001).

- Epilitorál leží zcela nad hladinou vody.
- Supralitorál leží nad hladinou vody, ale je omýván vodou při pohybu vodní hladiny.
- Litorál se skládá se ze dvou částí:
 - Eulitorál – pobřežní zóna, omývána vlnami a podléhající vlivům kolísání vodní hladiny
 - Infralitorál – podle osídlení vodními rostlinami, rozdělován na tři podskupiny
 - Horní infralitorál (výskyt emerzních makrofyt)
 - Střední infralitorál (výskyt natantních makrofyt)
 - Spodní infralitorál (výskyt submerzních makrofyt)
- Litoriprofundál tvoří přechodnou zónu mezi litorálem a profundálem, nejčastěji se zde vyskytují řasy a bakterie.
- Profundál je oblast hluboké vody, kde se vegetace nevyskytuje.



Obr. 1: Členění litorální zóny: a) terestrické druhy rostlin b) emerzní druhy makrofyt c) natantní druhy makrofyt d) submerzní druhy makrofyt (Krolová, 2013).

Charakteristika litorální vegetace

Mezi vodní makrofyta jsou řazeny vyšší druhy vodních rostlin, makroskopické řasy a vodní mechy, které osídlují převážně podoblast litorálu, označovanou jako infralitorál. Vodní druhy makrofyt litorálu se liší svou morfologickou a anatomickou stavbou, která souvisí s typem jejich přizpůsobení k vodním podmínkám a s jejich funkcí v ekosystému. Mezi vodní makrofyta se tedy řadí vyšší druhy vodních rostlin, nižší rostliny, mezi něž patří stélkaté rostliny (rod *Chara*), mechorosty (Bryophyta), kaprad'orosty (Pteridophyta), makroskopické řasy. Dominantu obvykle tvoří semenné rostliny (Spermathophyta), podle morfologie, anatomie a ekologických nároků rozdělované do rozdílných skupin tj. emerzní, submerzní a natantní rostliny. Zvláštní skupinou jsou volně plovoucí rostliny - lemnidy (Sculthorpe, 1985; Kalff, 2002; Moss, 2008).

Emerzní (vynořené) vodní rostliny stavbou těla jsou podobné suchozemským makrofytům, kořenují na vynořené i ponořené půdě. Kořenový systém emerzních rostlin je v anaerobním prostředí, proto rostlina vytváří vzdušné orgány v listech a stoncích, které umožňují cirkulaci kyslíku v těle rostlin až ke kořenům. Vynořené rostliny snášejí kolísání vodní hladiny v rozsahu <50cm až +150 cm (Sculthorpe, 1985; Wetzel, 2001).

Natantní vodní rostliny (rostliny s plovoucími listy) kořenují v zaplavené půdě, s kořenovým systémem je spojuje ohebný řapík. Jejich stanoviště se nachází v oblasti, kde je výška vodní hladiny v rozsahu 0,25m až do 3,5m. Natantní rostliny získávají živiny jak z kořenů, tak také listy, které absorbují živiny z vodního sloupce. Rostliny jsou náchylné k velkému kolísání vodní hladiny, při úplném obnažení rychle odumírají (Sculthorpe, 1985).

Submerzní (ponořené) vodní rostliny mohou kořenovat v hloubce vodního sloupce o velikosti až 11m. Kromě ponořených makrofyt, tato skupina submerzních rostlin zahrnuje i druhy vláknitých a mnohobuněčných řas. Živiny čerpají pomocí kořenů či rhizoidů a také celým povrchem těla z vodního sloupce. Submerzní rostliny jsou závislé na neustálém zaplavení, nemají dostatečné ochranné mechanismy proti vysychání, jejich těla jsou křehká a jsou tudíž negativně ovlivněny mechanickou činností vody (Sculthorpe, 1985).

Volně plovoucí rostliny (lemnidy) jsou většinou drobné druhy vodních rostlin, které nejsou ukotveny kořeny v půdě, ale plavou volně na hladině. Mají malý kořínek a stonek, který nese listy. Rostliny absorbují živiny z vodního prostředí, na kterém jsou závislé. Volně plovoucí rostliny jsou odolné vůči mechanické činnosti vody. Snižují produkci fytoplanktonu a planktonních bakterií tím, že zastiňují vodní hladinu a odčerpávají živiny z vodního sloupce. Když nastane konec vegetačního období, odumírají a klesají na dno, zde obohacují sediment o živiny a podporují tím koloběh živin ve vodním sloupci (Sculthorpe, 1985). Kde nemohou přežít submerzní rostliny, převahu získají právě plovoucí druhy, které lépe tolerují kolísání hladiny (Moss, 2008).

Význam litorální zóny

Vodní makrofyta jsou významným přínosem pro vodní ekosystém. Vodní vegetace zlepšuje jakost vody, z vodního prostředí odstraňují makrofyta živiny a těžké kovy. V přítokové části pohlcují fosfor přinášený přítokem a zachycují splachy z okolí (Duras, et al., 2006, Duras a Kučera, 2013). Fotosyntéza řas a vodních rostlin poskytuje veškerou energii, potřebnou pro celou potravní síť. Makrofyta jsou hlavní primární producenti v litorální zóně jezer, řek a mokřadů (Kalff, 2002). Vynošené druhy rostlin v litorálním pásu pomáhají zpevňovat břehy vodních útvarů a tlumí mechanickou sílu vln a zabraňují tak erozi (Hartman et al., 1998). Všechny vodní rostliny podporují sedimentaci částic a redukují zákal a tím přispívají k vyšší průhlednosti vody (Coops and Hosper, 2002; Moss, 2008). Vodní vegetace také přispívá dodáváním organické hmoty do vodního ekosystému, proces dekompozice makrofyt ovlivňuje množství rozpuštěného kyslíku a cyklus živin v ekosystému (Kalff, 2002; Janauer, 2002).

Mělká příbřežní zóna litorálu poskytuje prostor pro život mnohým organismům a stává se tak nejrozmanitější částí vodních útvarů (Kalff, 2002). Makrofyta mají vliv na složení a vývoj rybí obsádky, tím, že poskytují vhodná stanoviště pro raná vývojová stadia ryb a dále pro dravé druhy ryb (Duras a Kučera, 2013; Krolová, 2013). Místo pro rozmnožování, hnízdění a kladení snůšky zde nalézají vodní ptáci, obojživelníci a plazi. Také bezobratlým vodním živočichům žijícím na dně (zoobentos) poskytuje plně rozvinutá litorální zóna s porostem makrofyt místo pro život zde se mohou živit perifytonem či detritem (Kalff, 2002; Moss, 2008). Ponořené vodní rostliny poskytují úkryt planktonním filtrátorům před dravými rybami (Welch et al., 2003). Perifyton porůstá stonky a listy makrofyt, substrát břehu či kameny. Zahrnuje zástupce mikroorganismů mnoha skupin např. řasy, prvoky, bakterie a houby a je zdrojem potravy pro herbivorní živočichy (vodní hmyz, plži), tyto organismy představují potravu pro ryby a vodní ptáky a tím se uzavírá potravní síť (Kalff, 2002; Moss, 2008). Perifyton odčerpává živiny z vodního sloupce, také ovlivňuje odstraňování fosforu z vodního prostředí (Dodds, 2003; Duras et al., 2007).

2. 3. Litorální porosty v přirozených a umělých ekosystémech

Rozdíl mezi přirozeným jezerem a uměle vytvořenou údolní nádrží

Jezero a údolní nádrž jsou zdánlivě podobné, přesto naprosto rozdílné ekosystémy. Odlišnosti mezi těmito dvěma útvary jsou kupříkladu rozdílné stáří. Některá jezera vznikla před tisíci lety, zatímco průměrný věk nádrže je 60 let. Dalším rozdílem je různá morfologie – vertikální a horizontální rozdíly a morfometrie nádrže – většinou protáhlý, úzký tvar. Maximální hloubka se také liší – umělá nádrž bývá nejhlubší u hráze, kdežto jezero je nejhlubší uprostřed své plochy, s hloubkou souvisí teoretická doba zdržení vody v ekosystému (Kalff, 2002; Wetzel, 2001). Závažným kvalitativním problémem umělých nádrží je eutrofizace, údolní nádrže se také potýkají s vysokou fluktuací hladiny (Navarro et al., 2009), což souvisí například s vodohospodářským a energetickým využíváním nádrže (Moss, 2008) nebo s řízeným kontrolováním povodní a je to hlavní fyzikální proces, který odlišuje uměle vytvořený ekosystém od přirozeného. Rozdíl je také patrný ve velikosti oblasti povodí, údolní nádrže mívají oblast povodí mnohem větší než jezera (Furey et al., 2004).

Společenstvo organismů, které se nachází v údolní nádrži, má svůj původ v řekách v oblasti povodí dané nádrže. Složení rybí obsádky se liší, nádrž obydlují takové druhy ryb, které sem migrují z horních přítoků. Tyto říční druhy ryb nejsou ovšem adaptovány na podmínky stojaté vody, na druhé straně ryby, žijící v jezerech prošly tisíciletým vývojem a přizpůsobily se tamějším podmínkám (Kalff, 2002). Častým případem je zavlečení invazivních druhů ryb. Vysazení nevhodné rybí obsádky může mít neblahý vliv na vodní vegetaci. Nicméně zásahy do složení rybí obsádky mohou vést i ke zlepšení kvality vody. Mnohdy se jedná o tzv. biomanipulace, kdy se zásahem do biocenózy (společenstva organismů) člověk snaží, změnit trofický řetězec (Duras et al., 2006).

Mezi umělé vodní ekosystémy na našem území patří zejména rybníky a údolní nádrže.

Údolní nádrže

Vodní nádrže jsou většinou stavěny přehrazením vodního toku, přičemž vzniká vodní plocha zadržované vody za hrází (Kalff, 2002; Wetzel, 2001). Účelem výstavby vodních nádrží bývá zásobní funkce, v tomto případě se hladina vodní nádrže velmi často reguluje a kolísání vodní hladiny je nepravidelné a má velké výkyvy. Důvodem jsou zemědělské účely a potřeba vody k zavlažování. Další funkcí je ochrana zachycením povodňových průtoků, v letních měsících se ponechává nádrž prázdnější, aby bylo možné zachytit případnou přívalovou povodeň (Marttunen et al., 2006). V neposlední řadě se údolní nádrže staví pro energetické účely a dále k rekreaci, pro rekreační potřeby je regulovaná výška vodní hladiny stabilnější než je tomu v přírodních jezerech. Tvar údolních nádrží bývá korytovitý, strmý a úzký. Strmost břehů údolní nádrže má za následek to, že se mělká voda vyskytuje v omezeném množství. Většina údolních nádrží proto postrádá litorální zónu (Moss, 2008; Marttunen et al., 2006; Wetzel, 2001).

Rybníky

Rybník je obvykle definován jako vodní útvar se stojatou vodou, s malou hloubkou, takže světlo proniká až na dno a poskytuje tím energii pro fotosyntézu vodních rostlin na celé ploše rybníčního ekosystému. Charakteristika rybníků se v anglické literatuře často spojuje s mělkými jezery. Rozlohou malé a mělké rybníky (jezera) mají vyšší přísun živin než ztráty a proces výměny látek je rychlejší než je tomu u hlubokých nádrží (Wetzel, 2001).

V historii naší země je zakotvena rybníkářská činnost a rybníky se staly součástí krajinného rázu. První zmínku o rybnících na našem území nalezneme v Kosmově kronice a je z roku 1034. Největší rozmach rybníkářství však nastal o několik staletí později, zasloužili se o něj v 16. století především pánové Josef Štěpánek Netolický a Jakub Krčín z Jelčan a Sedlčan. V dnešní době zabírají rybníky celkem 51 800 ha našeho území. Rybník je specifický vodní útvar, stavěný zejména za účelem chovu ryb. Objem vody v rybníce lze regulovat vypouštěním či napouštěním rybníku (Černý, 2009). Rybníky jsou většinou mělké, litorální pásmo je zpravidla plně rozvinuté a není ani neobvyklé, že vodní vegetace pokrývá celou jejich plochu (Wetzel, 2001).

Porosty vodních makrofyt jsou v přirozeném prostředí přizpůsobivé ke kolísání vodní hladiny, dokonce k celkovému obnažení dna a k většímu rozsahu živin. Uměle vytvořené vodní ekosystémy mají ovšem rozsah těchto faktorů výraznější. Hospodaření v ČR na rybnících je v dnešní době velmi intenzivní a hospodářské zásahy s sebou přináší extrémní změny přirozených podmínek vodního prostředí. Rybníční ekosystémy jsou zatíženy vysokým přísunem živin, užívá se hnojení a vápnění, tím se zvyšuje stupeň trofie. Zvyšuje se hustota rybí obsádky a introdukce býložravých druhů ryb má vliv na ponořenou vegetaci. Při procesu stárnutí rybníční nádrže má vegetace velký podíl. Stárnutím se rozumí zanášení a zazemňování rybníčního ekosystému. Proces zanášení spočívá v porůstání plochy rybníku biomasou vegetací, takovéto postupné vyplňování plochy vede k zazemnění rybníku. K zanášení rybníků přispívá i hospodářská činnost v okolí rybníční nádrže. Intenzivní zemědělství a rozorání luk, které by mohly sloužit jako pufrací zóna v okolí zemědělských polí, přináší minerální sedimenty ze splachů z polí do rybníčního systému a jiné alochtonní látky přispívají k eutrofizaci vodního systému. V přirozených podmínkách je proces stárnutí vodního systému dlouhodobou záležitostí. Doba stárnutí závisí na velikosti a hloubce systému. V umělých ekosystémech lze i tento proces regulovat. Zpomalování stárnutí rybníční nádrže se provádí např. vyhrnováním bahna (Janda et al., 1996).

Studie z 90. let minulého století zjistily, že na Třeboňsku ubylo „tvrdé“ rybníční vegetace, tj. rákos obecný (*Phragmites*), vysoké ostřice (*Magnocariceta*) a rozšířila se „měkká“ společenstva vodní vegetace např. zblochan vodní (*Glyceria maxima*), která lépe využívá vysoký obsah živin. To bude problémem, jestliže se tento trend nezastaví, jelikož budou chybět společenstva rostlin, které jsou schopné stabilizovat břehy rybníků. Vymizely lekníny bělostné (*Nymphaea candida*) a objevily se rostliny, které jsou schopny za krátkou dobu zarůst vodní plochu. Vyskytuje se velké množství vláknitých řas, vlivem eutrofizace. Pronikají invazivní druhy rostlin (Janda et al., 1996).

Domnívám se, že z historického hlediska je v naší zemi patrně větší zájem o zkoumání a poznávání procesů rybníčních ekosystémů. Tuto domněnku dokládá fakt, že monitorování výskytu vodní vegetace v nádržích se zdá být opomíjeno, a zatímco data, která ukazují situaci v rybníčných soustavách, jsou dostupná, studií, zabývajících se umělými vodními nádržemi příliš není (Krolová, 2012; Duras a

Kučera, 2013). Z tohoto důvodu se tato práce zaměřuje na litorální porosty umělých vodních nádrží.

Hlavní faktory ovlivňující litorální vegetaci v umělých vodních útvarech

Kolísání vodní hladiny

Nepravidelné a rozsáhlé kolísání vodní hladiny v nádržích je způsobeno kontrolovanou regulací výšky vodní hladiny lidskou činností za účelem např. prevence povodní, energetickým využíváním nádrže, dodávkou vody a ovlivňuje interakci litorální zóny s volnou hladinou vodního tělesa (Kolada et al., 2011; Moss, 2008). Fluktuace hladiny, která se přirozeně vyskytuje na jezerech, závisí na klimatických podmínkách v oblasti povodí. Kolísání hladiny ovlivňuje přísun živin do vodního systému (Coops and Hosper, 2002). Změna výšky hladin podporuje vznik erozního pásu, následkem čehož mechanická aktivita vln zapříčiní vymývání živin a jemných částic ze substrátu (Furey et al., 2004), to má negativní následky pro litorální vegetaci, u které klesá produktivita. Ve Skandinávských regulovaných vodních ekosystémech je vodní hladina regulována v jarních měsících kvůli přívalovým jarním povodním. Hladina vody je příliš nízká pro rozvoj litorální vegetace a to negativně ovlivňuje rozmnožování ryb v jarních měsících, protože místa litorálních oblastí, která jsou vhodná pro vytírání ryb, jsou nedostupná (Marttunen et al., 2006).

V případě vodních nádrží, kde litorální zónu ovlivňuje především kolísání vodní hladiny, se střídají období, kdy je litorál zaplavován a kdy není omýván vodou, zde lze určovat hydrologické podmínky stanoviště podle tzv. ekofází. Jedná se o aktuální výšku vodní hladiny na stanovišti a s tím související míru zaplavení. Podle (Hejný & Husák 1978; Hejný & Segal 1998) se rozlišují se tyto ekofáze:

- Hydrofáze: vodní hladina přesahuje 1m
- Litorální ekofáze: vodní sloupec dosahuje 0,1 m až 1m
- Limosní ekofáze: vodní hladina pohybuje od -0,2 m do + 0,1m vzhledem k povrchu půdy
- Terestrická ekofáze: vodní hladina je zaklesnuta více než 0,2 m pod povrchem půdy

Litorální zónu tedy ovlivňují nepravidelná období úplného vyschnutí a tím pádem zde vodní rostliny nemohou přežít, protože fyziologie vodních makrofyt neumožňuje přežít období vysušení a z břehů nádrží se stávají otevřené prázdné břehové okraje. Následkem toho dochází v zimním období k úplnému promrznutí takovéto exponované části břehu (Sculthrope, 1985; Moss, 2008). Rybník se pravidelně vypouští při výlovu ryb, letnění nebo jsou-li potřeba technické opravy zařízení. Těmito regulacemi ovlivňuje kolísání vodní hladiny negativně i hnízdící vodní ptactvo na rybnících např. potápky a vrubozobé, na druhé straně pokles vodní hladiny, který je dlouhodobější umožňuje vytvořit vhodná hnízdní stanoviště pro druhy bahňáků, ale případné náhlé kolísání hladiny vody povede ke zničení hnízd (Janda et al., 1996). Při poklesu vodní hladiny dochází k možnosti predaci a tím dojde ke zničení snůšky. Lze proto instalovat plovoucí ostrovy v místech, kde nedochází k zaklesávání vodní hladiny. Ptáci jsou tak chráněni před predací a před náhlým zaplavením hnízd (Krolová, os. sdělení).

Pro rozvoj vodní vegetace je významná morfologie břehů a dna a také složení substrátu. V důsledku dnešního intenzivního hospodářství na rybnících je vysoká koncentrace živin jak ve vodě, tak i v sedimentu (Janda et al., 1996). Vystaví-li se litorální sediment kvůli poklesu vodní hladiny vzduchu, povede to k ovlivnění výměny fosforu mezi sedimentem a vodním prostředím, změni se redox podmínky, sorpční mechanismy, mikrobiální aktivita a nastane také pokles dusíku (Coops a Hosper, 2002).

Při nastavení vhodného managementu kolísání hladiny vody, lze naopak dosáhnout lepšího rozvoje vodní vegetace v jarních měsících, jelikož v té době budou mít rozvíjející se společenstva dostatečné množství světla. Vhodným řešením je například přiměřená regulace vodní hladiny během vegetační doby. Takovýto management by umožnil vznik litorální vegetace v eulitorální zóně, kde by se rozvinuly emerzní a obojživelné druhy makrofyt a zároveň by nebyl v rozporu s vodohospodářským využitím nádrže. Tím by se mohl zlepšit ekologický potenciál nádrže, což by byl výsledek, požadovaný RSV. V Holandsku byl rozvinut management regulace hladiny vody, který se stal nástrojem jak pro kontrolu a zabránění povodním, tak pro ekologickou obnovu jezer (Coops and Hosper, 2012; Krolová et al., 2013).

Světlo, průhlednost vody

Dostupnost světelné energie, pronikající do vodního prostředí je nezbytná pro průběh fotosyntézy rostlin a tvorbu primární produkce. Každá vlnová délka proniká do vody různě hluboko, v čisté vodě nejhlouběji proniká modrá část světla a nejrychleji červená část. V oligotrofní vodě je jen malý rozdíl mezi proniknutí modrého, zeleného a červeného světla. Se stoupajícím obsahem huminových látek ve vodě, stoupá množství dlouhovlnného červeného záření, které je schopno proniknout nejhlouběji (Eloranta et al., 1999).

Výskyt a vývoj makrofyt ovlivňuje světelný příkon a související průhlednost vody. Pro ponořené druhy vegetace je důležitý průnik světla až k listům ponořeným pod vodou (Lellák a Kubíček, 1991). V důsledku zvýšení rybní obsádky, kdy se zvýší množství živin v rybníčním ekosystému krmením a hnojením a nastává rozvoj fytoplanktonu, se kterým klesá průhlednost vody a světelná energie se stává limitujícím prvkem, následně dochází k omezení růstu nebo dokonce k úplnému vymizení porostu makrofyt (Janda et al., 1996; Bornette a Puijalon, 2011).

V oligotrofních nádržích, kde je průhlednost vody vysoká, jsou rostliny limitovány nedostatkem živin. Taková nádrž bývá osidlována zejména rostlinami, které mohou čerpat živiny ze substrátu (Janda et al., 1996). Takovéto podmínky jsou časté například v evropských hlubokých oligotrofních jezerech (Pall et al., 2014, Wetzel, 2001) a byly obvyklé na třeboňských rybnících před začátkem intenzivních hospodářských činností (Janda et al., 1996).

Hypertrofní vodní prostředí, které je charakteristické vysokým obsahem živin, má nízkou průhlednost vodního sloupce. Mezi vodními druhy makrofyt (zejména submerzními) dochází ke kompetice o světlo a CO₂. Dekompozice organické hmoty na dně, která vede až k anaerobním podmínkám, vede k snížení průhlednosti ve vodním sloupci. Následkem velmi špatné dostupnosti světla, se vodní makrofyta v hypertrofním prostředí nemohou prosadit (Hartman et al., 1998).

2. 4. Metody mapování litorálních porostů ve státech EU

Odborníci mají před sebou náročný úkol, musí vymyslet, jak nejlépe vyhovět požadavkům RSV a zároveň tak zlepšit stav vod. Ekologický stav vodního ekosystému se mimo jiné posuzuje na základě stavu vodních společenstev. Mezi

biologické ukazatele kvality prostředí patří makrofyta, spolu s fytoplanktonem, makrozoobentosem a rybami. Zavedením RSV členské státy dostávají za úkol přijmout nové metody monitorování vodních systémů, a hodnocení jejich stavu na základě těchto biologických prvků (Směrnice 2000/60/ES). EU požaduje sjednocení klasifikace dobrého ekologického stavu vod v rámci všech členských států. Na základě potřeby jednotné klasifikace se porovnávají metodiky a výsledky mezi členskými státy a to takovými, které mají podobné geografické a přírodní podmínky. Výsledky z takového porovnávání má každý zúčastněný stát použít a zakomponovat do národního klasifikačního systému. Státy, které mají na svém území především velká oligotrofní jezera, v anglické literatuře často označována jako „Alpine lakes“ konkrétně Rakousko, Francie, Německo, Itálie a Slovinsko, porovnaly své metodiky pro hodnocení výskytu makrofyt podle potřeb RSV a snažily se je sjednotit. Porovnáním podobných typů vodních útvarů se zjišťovalo, jakým způsobem a s jakým úspěchem jsou plněny cíle RSV (Pall et al., 2014).

Podobnou srovnávací studii provedly státy, na jejichž území se vyskytují převážně jezera mělká polymiktická a spíše eutrofní, v anglické literatuře často označována jako „Central Baltic lakes“. Jedná se o Belgie, Dánsko, Estonsko, Litvu, Lotyšsko, Velkou Británii, Německo, Francii, Polsko a Holandsko (Portielje et al., 2014).

Monitoring biologických složek se zakládá na dvou vzájemně se doplňujících základních metodách:

- 1) terénní průzkum se sjednocenými způsoby sběru materiálu
- 2) způsob hodnocení kvality vody, založený na shromáždění materiálu ve zkoumané oblasti, se sjednocenými způsoby vyhodnocování dat a výpočtem bioindikátorů (Kolada et al., 2011).

Floristické inventarizace

Nejjednodušší metodou je sepsání seznamu přítomných druhů makrofyt na zkoumané ploše. Metoda spočívá v určování a sběru jednotlivých druhů makrofyt ze břehu nebo z lodi, hráběmi nebo kotvou. Podle dnešních norem, způsob zkoumání makrofyt závisí na velikosti plochy, která je sledována, u malých jezer se monitoruje celá plocha, zatímco u velkých jezer se monitorují jednotlivě vybrané transekty (Kolada et al., 2011).

Tato metoda může být použita pro zjištění výskytu takových druhů rostlin, které slouží jako indikátory prostředí. Některá makrofyta jsou výbornými bioindikátory různých typů vod. Bioindikátor je organismus, jehož životní funkce a potřeby jsou natolik spojeny s vlastnostmi prostředí, že může sloužit jako ukazatel stavu daného prostředí. Nároky a vlastnosti takového organismu jsou tak dobře prostudované, že každá výchylka z normy je patrná a ukazuje nějaké změny v prostředí. Bioindikátorů se často používá za účelem monitoringu kvality prostředí (Ellenberg et al., 1992).

Fytocenologické snímky

Metody fytocenologických snímků se začaly používat při monitorování terestrických rostlinných společenstev, následně se tento postup přejal i pro sledování vodní vegetace. Složení vegetace a fytocenologie rostlin slouží ke klasifikaci, která zahrnuje jak kvantitativní, tak kvalitativní hodnoty sledované vegetace. Základní vegetační jednotka je definována jako rostlinné společenstvo s víceméně konstantním složením, charakterizováno stálými a doprovodnými druhy rostlin. Vodní makrofyta se většinou vyskytují na konkrétním území v zastoupení jednodruhového nebo jen několika málo stálých druhů a jsou doplňovány ostrůvky jiných druhů rostliny (Kolada et al., 2011). Měření pokryvnosti na snímkové ploše se v Evropě nejčastěji provádí pomocí Braun-Blanquetovy stupnice. V roce 1925 vydal Švýcar J. Braun-Blanquet práci, ve které položil základ hierarchického klasifikačního systému curyšsko-montpelliérského směru a vytvořil stupnici hodnotící pokryvnost vegetace na snímkové ploše viz. Tab. 3. Tato stupnice se může pro potřeby monitorování upravovat (Moravec et al., 1994).

Další možností, využívanou např. v Rakousku je hodnocení podle Kohlerovy škály (viz. tab. 4) (Moravec et al., 1994).

Tab. 3.: Braun-Blanquetova stupnice s rozděleným stupněm 2.

Stupeň	Četnost/pokryvnost snímkované plochy v %
r	jeden nebo několik málo jedinců s pokryvností cca 1 %
+	roztrošený výskyt s pokryvností <5 %
1	hojný výskyt s velmi malou pokryvností nebo méně početný druh s větší pokryvností, vždy však <5 %
2m	početný druh s pokryvností +/- 5 %
2a	druh s pokryvností 5 – 15 % bez ohledu na počet jedinců
2b	druh s pokryvností 15 – 25 % bez ohledu na počet jedinců
3	druh s pokryvností 25 – 50 % bez ohledu na počet jedinců
4	druh s pokryvností 50 – 75 % bez ohledu na počet jedinců
5	druh s pokryvností 75 – 100 % bez ohledu na počet jedinců

Tab. 4.: Kohlerova stupnice pokryvnosti.

stupeň	početnost
1	velmi zřídka se vyskytující druh
2	vzácně se vyskytující druh
3	běžný druh
4	početný druh
5	velmi početný druh

Celkové fytolitorální mapování

Mapování celkové vegetace jezera je nejpřesnější metodou zkoumání vodních makrofyt. Díky tomu se prozkoumá výskyt druhů, početnost, rozmístění a kvantitativní vztahy mezi vodní vegetací. Tento přístup pochází z Polska, z 80. let minulého století. Vodní makrofyta se sledují během vrcholu vegetační doby, tj. v průběhu června až do srpna. Sledují se opět dvěma metodami: 1) sledováním ze břehu, 2) sledováním z lodi s pomocí batyskopu, hrábí nebo kotvy. Rozmístění sledovaných oblastí je zaneseno do mapy, zaneseno je i druhové složení a to

následně slouží k vyhodnocení prostorového výskytu makrofyt a kvantifikovat vztahy mezi vegetací. Za účelem tohoto mapování je doporučeno používat zařízení GPS, pro přesnější zápis dat. Tato metodika se používala v Polsku. V hrubém provedení v kombinaci s transektovým monitoringem se tato metoda využívala ve 30. letech 20. století ve Finsku (Kolada et al., 2011).

Metodika transektů

Mapování litorálních porostů pomocí transektů je nejuniverzálnější metodou jak ve stojatých, tak i v tekoucích vodách. Transektová metoda je velmi rozšířená a používaná v mnoha zemích. Metoda je jednoduchá a časově nenáročná, poskytuje věrohodné informace o složení vegetace v různých úrovních hloubky. Využívá se jednoduchých transektů nebo pásových transektů, v závislosti na cíli monitorování. Jednoduché transekty se používají pro získání dat hloubkového rozložení vegetace, bez toho aniž je třeba získat povědomost o abundanci jednotlivých druhů. Metoda pásových transektů je nyní doporučena Evropským výborem pro normalizaci (Comité Européen de Normalisation – CEN). Metoda je založena na vytvoření transektů, které jsou kolmé na břeh, s délkou zahrnující celkovou oblast až do hloubky, kde se vyskytují makrofyta. Počet transektů není striktně vymezen, vždy záleží na velikosti plochy zkoumané oblasti, stejně tak se vždy specificky určuje šířka jednotlivých transektů. Soupis nalezených druhů rostlin se také provádí v místně vymezeném intervalu (na každém čtverečním metru nebo v intervalu několika metrů) hloubka, ve které se sbírají vzorky vegetace je také rozdílná (Kolada et al., 2011). Příkladem vytyčení transektů pro studování pokryvnosti litorálních porostů a odběr vzorků substrátu ukazuje studie provedená Krolovou et al. (2001) v údolní nádrži Lipno.

Metoda transektů je běžný způsob monitorování makrofyt ve **Finsku, Německu, Rakousku, Velké Británii, Dánsku, Polsku, Francii, Estonsku** (viz tab. 5; Kolada et al., 2011).

Tab. 5.: Transektové metody používané při zkoumání vodních makrofyt ve vybraných evropských zemích (Kolada et al., 2011).

Finsko	kvadrátové nebo pásové transekty, šířka transektu 1m
Německo	pásové transekty, na každém transektu se měří ve 4 hloubkových zónách (0-1 m, 1-2 m, 2-4 m, >4 m), Kohlerova stupnice
Rakousko	pásové transekty o šířce 2-5 m, hloubkové stupně, ve kterých probíhá sběr vzorků 0-1 m, 1-2 m, 2-4 m, 4-8 m, >8 m, hodnocení početnosti - Kohlerova stupnice (PME)
Velká Británie	zkoumaný prostor je široký 100m, tento úsek je rozdělen do 5 transektů, vytyčí se 20 odběrných míst o velikosti 1m ² , hloubkové zóny 0,25 m, 0,5 m, 0,75 m, >0,75 m
Dánsko	pásové transekty, pokrývající celou studovanou plochu, pokryvnost makrofyt se hodnotí podle Braun-Blanquetovy stupnice
Polsko	pásové transekty, fytoecologický průzkum výskytu makrofyt
Francie	Litorální mapování vegetace + počítání přítomných druhů rostlin na jednotlivých částech v oblasti břehu a v oblastech podélných profilů, které leží kolmo na břeh.
Estonsko	Menší jezera – fyto-litorální mapování + profilová metoda (oblast je rozdělena do několika profilů o délce 200 – 500 m, používá se zjednodušená pěti bodová Braun-Blanquetova stupnice. Největší jezera Estonka – Peipsi a Võrtsjärv – pásové a kvadrátové transekty.

Metody monitorování vodní vegetace v ČR

Povodí českých a moravských řek spravuje 5 státních podniků. Jedná se o Povodí Vltavy, Povodí Labe, Povodí Odry, Povodí Moravy a Povodí Ohře. Tyto instituce jsou pod záštitou ministerstva zemědělství. Úkolem Správy Povodí je řešit problémy v oblasti ochrany vodního prostředí, nakládání s vodami, rozvoje vodního hospodářství a mimo jiné zpracovávat návrhy monitoringu povrchových vod a jejich aktualizace (Pokorný et al. 2013).

Do roku 2015 musí Česká Republika navrhnout plán, jak zlepšit stav našich vodních útvarů. Usilovně na tom pracuje například Hydrobiologický ústav AV ČR

České Budějovice, ve spolupráci s povodími ČR. V roce 2006 vznikla metodika odběru a zpracování vzorků makrofyt v tekoucích a stojatých vodách (Grulich a Vydrová, 2006). Tato metodika však nebyla přijata Správou Povodí. Příspěvkem výzkumníků z HBÚ je např. Metodika pro hodnocení ekologického potenciálu silně ovlivněných a umělých vodních útvarů, která vyšla v srpnu 2013 (Borovec et al., 2013).

Monitorování makrofyt ve vodárenských nádržích v ČR se věnují např. Duras et al. (2007), kteří poukazují na nedostatečně rozvinutou činnost zabývající se touto problematikou, přestože existují požadavky RSV pro hodnocení ekologické kvality vodních prostředí mimo jiné právě i za pomoci litorálních porostů. Také komentují vývoj pohledu na užitečnost makrofyt ve vodárenských nádržích. Dříve byly brány za nepřijatelné a jejich výskyt se rovnal zhoršení kvality vody, dnes ale poznatky související s přínosnou funkcí makrofyt, dávají na problematiku jiný názor (Duras et al. 2007).

Vodní vegetaci největší údolní nádrže Lipno studovali Krolová et al. (2013), kteří vidí problém v chybějících litorálních porostech, což je zapříčiněno velkým rozsahem kolísání vodní hladiny (v nádrži Lipno je až 3,5m) v průběhu roční doby a následnou erozí břehů. Jako řešení navrhuje v údolních nádržích, ve kterých nelze podpořit infralitorální zónu, nastavit pravidelné kolísání vodní hladiny. V podzimním období nižší stav vody tak, aby rostliny mohly zakořenit i v oblasti středního a dolního eulitorálu. V jarním období pak zatopení celé eulitorální zóny tak, aby mohla být využívána ostatními živočichy, jako jsou ryby a bezobratlí.

Příručkou, která popisuje metodiku pro určování ekologického stavu jezer s použitím vodních makrofyt, je Česká technická norma EN 15460 (ČSN, 2008). Sledování výskytu rostlin na pobřeží a v litorálu se provádí při určování maximálního počtu vodních makrofyt. Litorální zóna se sleduje za účelem zjištění, zda kolísání vodní hladiny, způsobuje početnější přítomnost obojživelných druhů rostlin. Sledují se submerzní vodní rostliny, mechy, které jsou adaptovány na pravidelné zaplavování. Stanovuje se odchylka stavu zkoumaného jezera od přirozené kondice jezera v podobných ekologických podmínkách (referenční

podmínky). Na zkoumané ploše se zapisují přítomné druhy vodních makrofyt a jejich početnost. Záznamy sledování doporučuje provádět pomocí transektů, nebo na celé vodní ploše. Klíčovým úkonem monitoringu je správné určení druhů makrofyt. Určování v terénu se provádí s pomocí určovacích klíčů a potřebných pomůcek. Pokud se nepodaří druh určit na místě, musí postoupit posouzení na příslušném odborném pracovišti (ČSN, 2008).

Shrnutí

Cílem RSV je zlepšit stav povrchových a podzemních vod a nastavit udržitelný způsob využívání vod v EU. Za účelem implementace RSV vzniká velká práce v tvorbě plánů, opatření, metodik v rámci všech států EU. Všichni musí mít na paměti důležitost mezinárodní spolupráce. Při hodnocení vodních útvarů se zabýváme otázkou, do jaké míry došlo lidským zásahem k odchylkám od přirozeného, nenarušeného stavu. Během hodnocení jsou respektovány ekologické vztahy ve vodním prostředí, hodnotí se výskyt přirozených společenstev organismů, chemický stav vody, morfologické a hydrologické poměry. Implementace RSV, která trvá již několik let, mění pohled na vodní prostředí a při tvorbě opatření, vedoucích k naplnění cílů RSV, se na tyto ekosystémové vztahy přihlíží. Významnými ukazateli biologické složky jsou společenstva vodních makrofyt. Součástí nenarušených ekosystémů stojatých vod je příbřežní pás litorálních porostů. Litorál tvořený emerzními, submerzními a natantními druhy makrofyt má ve vodním prostředí svou nepostradatelnou roli, příznivě ovlivňuje kvalitu vody, stabilizuje břehy a zabraňuje erozi a vytváří příhodné biotopy pro mnohé živočichy (ptáky, ryby, obojživelníky, bezobratlé. Pro monitorování makrofyt v zemích EU se nejčastěji používá metoda, která litorální porosty monitoruje pomocí transektů. Navrhovaný projekt využívá právě metodu transektu ke sledování litorálního porostu v zátocě Vřesná v nádrži Lipno.

3. Návrh projektu

V roce 2013 se uskutečnil projekt „Ekozóna – život ve vodě“, který byl zrealizován organizací DAPHNE ČR. Cílem projektu bylo podpořit výskyt různých druhů živočichů v údolní nádrži Lipno a provést vzdělávací osvětu v daném tématu. Díky projektu byla vybudována umělá stanoviště pro vodní živočichy v místech, kde ponořená vegetace chybí – hnízdní ostrůvky pro ptáky, větve ukotvené ve vodě jako úkryt pro ryby a tůň pro obojživelníky. Umělé prostředí v podstatě simuluje nepřítomnou zatopenou vegetaci, a alespoň z části ji nahrazuje.

Součástí projektu je i naučná stezka, která má 11 zastavení s informačními tabulemi, které návštěvníky seznamují s významem litorálních porostů pro vodní ekosystém a historie kraje před vytvořením nádrže Lipno.

Navrhovaný projekt „Monitorování litorálních porostů v zátocě Vřesná v nádrži Lipno“ bude navazovat na projekt Ekozóna – život ve vodě.

Cíl

Cílem projektu je 1) zhodnotit současný stav litorálních porostů v zátocě Vřesná; 2) ověřit funkčnost navrhovaných ekozón pro podporu rozvoje litorálních porostů z projektu Ekozóna – život ve vodě, které by svou přítomností ve vodním tělese mohly přispět k přiblížení se podmínkám, které ukládá RSV.

Hypotéza

V případě, že vytvoříme vhodné podmínky pro rozvoj litorálních porostů v umělých vodních ekosystémech, přiblížíme se nejen požadavkům RSV, ale také pozitivně ovlivníme biodiverzitu organismů ve vodním ekosystému, i kvalitu vody.

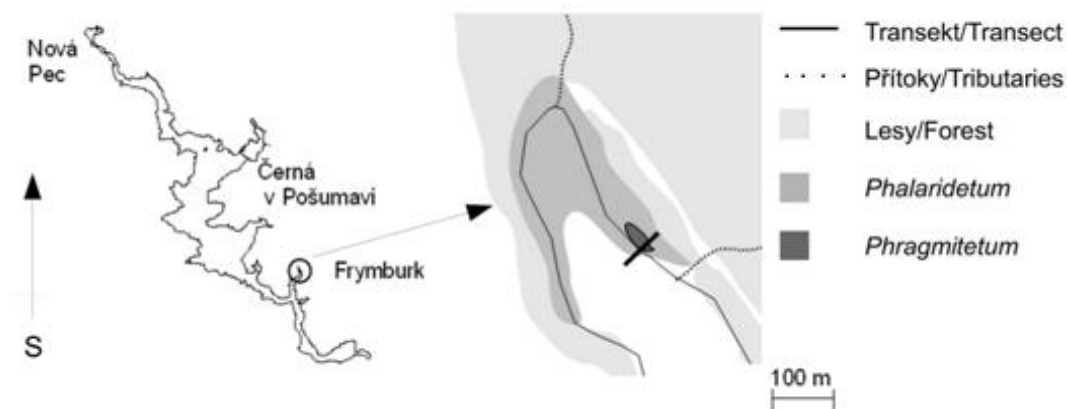
Metodika

Popis lokality

Údolní nádrž Lipno se nachází na horním toku řeky Vltavy, na území CHKO Šumava. Nádrž Lipno byla napuštěna v roce 1960, slouží pro více účelů např.: hydroenergetika, rekreace, ochrana před povodněmi. Objem nádrže při maximální kótě 726 m. n. m. je 306 miliónů m³, velikost plochy hladiny je 46,5 km², obvod

nádrže cca 115 km, maximální hloubka u hráze je 21,5 m, průměrná hloubka 6,6 m. Rozdílná morfologie nádrže dala vzniknout dělení nádrže na tři úseky: 1) Horní úsek – průměrná hloubka 3,5 m, sklon břehů (0,25°) 2) Střední úsek - průměrná hloubka 6 m, sklon břehů 0,83° 3) Spodní úsek – průměrná hloubka 10m, strmé břehy, průměrně 11° (Novák, 1968; Dolejší, 1996).

Zátoka Vřesná se nachází v blízkosti obce Frymburk (viz obrázek 2). Zátoka Vřesná je jediná oblast s přítomností bylinného litorálu ve spodním úseku vodní nádrže Lipno a to proto, že je chráněná před větrem a břeh má malý sklon svahu. Zátoka může být rozdělena na dvě zóny – ta, která je neustále zaplavená a ta, kde dochází k sezónní zátopě. Celkově je charakteristická chudými litorálními porosty (přitom nejbohatšími v dolní části Lipna). Do zátoky ústí Černý potok (Krolová et al, 2013).



Obr. 2: Vodní nádrž Lipno, šipka znázorňuje umístění zátoky Vřesná. Na obrázku jsou znázorněny porosty vnořených rákosin s chřasticí rákosovitou (*Phalaridetum*) a porosty s rákosem obecným (*Phragmitetum*) (Krolová et al., 2012).

Přípravná fáze v kanceláři

Připravíme si mapové podklady oblasti, kterou budeme studovat. S použitím mapy navrhne vhodné lokality pro vytyčení transektů. Podle rozlohy sledované plochy navrhne 3 transekty v různém druhovém zastoupení makrofyt.

Dále je třeba připravit záznamový arch (viz. příloha č. 1), kam se bude zapisovat průběh pozorování. Tento arch bude uspořádán do přehledné tabulky.

V přípravné fázi se také obstarají potřebné pomůcky k monitoringu - vybavení pro terénní výzkum.

Přípravná fáze v terénu

Vytyčíme a označíme počáteční pozici transektu. Tento bod by měl být situován na začátku výskytu litorální vegetace. Pozici zaznamenáme do GPS a označíme bod a směr transektu do mapy. Pro lepší pozdější orientaci a hodnocení vyfotíme lokalitu transektu od břehu směrem do otevřené vody. Fotografii pořídíme i v opačném směru. Vyplníme hlavičku záznamového archu.

Monitorování vodní vegetace v transektech

Na transektu se určí odběrová místa o velikosti 1 m², která od sebe budou vzdálena 5 m, které označíme dřevěnými kolíky a polohu zaznamenáme do GPS. Na odběrových místech se bude zjišťovat přítomnost jednotlivých druhů a zjišťovat pokryvnost jednotlivých druhů v intervalech 14 dnů ve vegetačním období (duben – říjen). Druhy vegetace se určují pomocí Klíče ke květeně ČR (Kubát et al., 2002), pro odhad pokryvnosti se použije modifikovaná Braun-Blanquetova stupnice (viz. příloha 1). Dále se zaznamená výška vodní hladiny a průhlednost vody a charakter dna. V každém transektu se odebere na začátku vegetační sezóny substrátu. U vzorku substrátu se nechají provést chemické analýzy a zrnitostní složení substrátu. Substrát se bude odebírat na 5 místech o hmotnosti 0,5 kg a to pouze svrchní části 20 cm (kořenící oblast makrofyt). Tyto vzorky se smísí a kvartérní metodou se získá reprezentativní vzorek substrátu o hmotnosti cca 0,5 kg (Krolová et al., 2010). Vegetace se bude zaznamenávat brodem.

Časový harmonogram projektu

Monitoring by měl probíhat v období vegetačního růstu makrofyt. Optimální rozmezí je od začátku dubna do října (viz tab. 7), v intervalu 14 dnů. V druhém roce bude průzkum uskutečněn ve stejné době. Dobu monitorování je nutné sjednotit, aby byly výsledky srovnatelné. Budeme preferovat období, kdy minimálně prší, jelikož voda je průhlednější.

Pro získání reprezentativních dat je třeba mít výsledky z několika vegetačních období. Mapování společenstev makrofyt v ekozóně Vřesná bude probíhat v horizontu dvou let, tj. rok 2015 a 2016 (viz tab. 7).

Tab. 7.: Časový harmonogram projektu na roky 2015 a 2016.

	I. - III.	IV. - VI.	VII. - X.	XI. - XII	I. - III.	IV. - VI.	VII. - X.	XI. - XII
přípravná fáze	X							
monitoring makrofyt		X	X			X	X	
vyhodnocení výsledků				X	X		X	X

Finanční rozpočet projektu

Do finančního rozpočtu je zahrnuta mzda pro řešitele monitorování vodních makrofyt. Pracovní úvazek řešitele zabývajícího se vodními makrofyty bude uzavřen dohodou o provedení práce, spolupracovník bude také pracovat na základě dohody o provedení práce. Práce spolupracovníka bude spočívat ve vyhodnocování výsledků a tvorbě GIS mapových výstupů.

Položka zahrnující nákup materiálu pro monitoring zahrnuje: měřicí přístroje na stanovení fyzikálních vlastností vody (pH metr, Secchiho disk), vybavení pro sběr makrofyt (drapák, hrábě) a vybavení pro odběr vzorků substrátu. Zakoupí se osobní počítač a program pro zpracování výsledků (GIS).

Cestovní náklady – pohonné hmoty, ubytování, stravné.

Chemické analýzy substrátu se budou provádět na odborném pracovišti v AV ČR v Českých Budějovicích.

V následujícím roce (2016) budou náklady oproštěny od materiálové položky (viz. tab. 8.)

Tab. 8.: Celkové náklady projektu (v Kč) za rok 2015 a 2016.

Náklady	2015	2016
I. Osobní náklady		
mzda řešitele sledujícího makrofyta	120 000	120 000
mzda spolupracovníka	50 000	50 000
II. Materiál pro monitoring		
vybavení k monitorování makrofyt	40 000	0
technické vybavení	20 000	0
III. Ostatní		
cestovné	20 000	20 000
chemické analýzy	20 000	20 000
Celkem	270 000	210 000

Výsledky

Výstupem projektu bude seznam druhů makrofyt nacházejících se na transektech a pokryvnostní zastoupení jednotlivých druhů makrofyt na vytyčených stanovištích v litorálu zátoky Vřesná. Vzniknou mapové podklady (v programu GIS), které budou vizualizovat zjištěná data.

Během monitorování makrofyt se bude pochůzkou po břehu zaznamenávat přítomnost živočichů, kteří využívají litorální porosty. Předpokládáme, že se zde objeví např. vodní ptáci, mnohé druhy obojživelníků, pro které byly v rámci projektu Ekozóna – život ve vodě, vybudovány umělé habitaty podporující jejich rozvoj.

4. Závěry

1. Cílem RSV je zlepšit stav povrchových a podzemních vod v EU, zajistit ochranu a nastavit udržitelný způsob využívání vod v rámci povodí. Při hodnocení vodních útvarů se posuzuje míra ovlivnění vodního ekosystému jako odchylka od přirozeného, nenarušeného stavu.
2. Jedním z biologických ukazatelů stavu vodního prostředí jsou společenstva makrofyt. Přítomnost litorální vegetace je dobrým ukazatelem zejména pro umělé vodní útvary – rybníky nebo údolní nádrže.
3. RSV požaduje zlepšit ekologický potenciál u ekosystémů silně ovlivněných lidskou činností, např. právě údolní nádrže s rozsáhlým kolísáním vodní hladiny jako je Lipno.
4. Podpora vodních makrofyt může zvýšit počet ryb v údolních nádržích, dobře rozvinutý litorál s přítomností makrofyt může snižovat zatížení nádrží živinami, rozvoj emerzní vegetace bude mít příznivý dopad na stabilizaci břehu. Porozumění vegetaci našich údolních nádrží umožní vytvářet podmínky pro existenci ekologicky cenných litorálních zón.
5. Navrhovaný projekt by měl vyhodnotit stav litorálních porostů v zátocě Vřesná, kde byla provedena opatření na podporu obratlovců.

Použitá literatura a internetové odkazy:

- Basset A., Barbone E., Elliott M., Li B. – L., Jorgensen S. E., Lucena-Moya P., Pardo I., Mouillot D., 2013: A unifying approach to understanding transitional waters: Fundamental properties emerging from ecotone ecosystems, *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 132, 5e16.
- Bauerová D., Nedvědová D., Skybová J., Nistler J., 2010: Mezinárodní spolupráce České republiky v ochraně vod. Ministerstvo životního prostředí. ([http://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/mezinarodni_spoluprace/\\$FILE/OOV-brozura_mezinarodni_spoluprace-20131003.pdf](http://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/mezinarodni_spoluprace/$FILE/OOV-brozura_mezinarodni_spoluprace-20131003.pdf) – staženo 18. 1. 2014)
- Bornette G., Puijalon S., 2011: Response of aquatic plants to abiotic factors: a review. *Aquatic Sciences* 73, 1–14.
- Borovec J., Hejzlar J., Znachor P., Nedoma J., Čtvrtlíková M., Blabolil P., Říha M., Kubečka J., Ricard D., Matěna J., 2013: Metodika pro hodnocení ekologického potenciálu silně ovlivněných a umělých vodních útvarů – kategorie jezero. Dílčí zpráva, Biologické centrum AV ČR, v. v. i.
- Coops H. and Hosper S. H., 2002: Water-level management as a tool for the restoration of shallow lakes in the Netherlands. *Lake and Reservoir Management* 18, 293–298.
- Černý P., 2009: Možnosti financování a výstavba rybníků pro chov ryb v ČR: Bakalářská práce. České Budějovice: Jihočeská Univerzita, Fakulta zemědělská, 47 pp., 8 příloh, Vedoucí bakalářské práce Ing. Petr Dvořák, Ph.D.
- ČSN EN 15460 Jakost vod-návod na sledování vodních makrofyt v jezerech. 2008 Praha.
- Dodds W. K., 2003: Minireview. The role of periphyton in phosphorus retention in shallow freshwater aquatic systems. *J. Phycol.* 39, 840–849.
- Dolejší Z., 1996: Manipulační řád pro vodohospodářské dílo Lipno I. (v ř. km 329,543) a Lipno II. (v ř. km 319,108) na Vltavě. Vodní díla – technicko-bezpečnostní dohled, a.s., Praha.
- Duras J., Hejzlar J., Chocholoušková Z., Kučera T., 2006: Vodní nádrže – nové příležitosti pro uplatnění vodních makrofyt (a botaniků), *Zprávy Čes. Bot. Společnost, Praha*, 41, Mater. 21: 167-171.

- Duras J., Chocholoušková Z., Kučera T., 2007: Průzkum vodních makrofyt vodárenských nádrží. In: Sborník konference Vodárenská biologie 2007. Vodní zdroje Ekomonitor, s.r.o., Praha: 94–99 pp.
- Duras J., Kučera T., 2013: Rozvoj akvatické vegetace na VN Švihov v posledních letech, In: Vodohospodářská konference: vodní nádrže 2013. Povodí Moravy, Brno, 164 pp.
- Eloranta P., Keskitalo J., 1999: Limnology of humic waters, (Light penetration in water). Leiden, Backhuys Publishers, 61-73, 137-138.
- Furey P.C., Nordin R.N., Mazumder A., 2004: Water level drawdown affects physical and biogeochemical properties of littoral sediments of a reservoir and a natural lake. *Lake Reservoir Manage.* 20, 280–295.
- Grulich V., Vydrová A., 2006: Metodika odběru a zpracování vzorků makrofyt stojatých vod. VÚV TGM - ([http://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/prehled_akceptovanych_metodi_k_vod/\\$FILE/OOV-stojate_makrofyta-20061101.pdf](http://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/prehled_akceptovanych_metodi_k_vod/$FILE/OOV-stojate_makrofyta-20061101.pdf) – staženo 2. 4. 2014).
- Hanzálková Z., Malegová A., 2007: 12. Magdeburský seminář o ochraně vod, Urbanismus a územní rozvoj – ročník X – číslo 1/2007.
- Hartman P., Příkryl I., Štědranský E., 1998: Hydrobiologie, Informatorium, Praha, 335 pp.
- Hejný S. and Husák Š., 1978. Higher plant communities. In: Dykyjová D. and Květ J. (eds.), *Pond Littoral 20 Ecosystems: Structure and Functioning*, Springer, Berlin, 23–64.
- Hejný S. and Segal S., 1988: General ecology of wetlands. – In: Westlake D.F., Květ J. & Szczepanski A. (eds), *The Production Ecology of Wetlands*, 367-404, Cambridge University Press, Cambridge.
- Hejzlar J., Hohausová E., Komárková J., Kopáček J., Peterka J., Duras J., 2005: Vodárenská nádrž Nýrsko - vliv makrofyt na jakost vody, In: Sborník konference Vodárenská biologie 2005.
- Chave, P., 2001: Rámcová směrnice vodní politiky Evropské Unie – Zavádění, IWA Publishing.
- Janauer G. A., 2002: Water Framework Directive, European Standards and the Assessment of Macrophytes in Lakes: A Methodology for Scientific and Practical Application, *Verh. Zool. – bot. Ges. Osterreich* 139: 143-147.

- Janda J., Pechar L., et al., 1996: Trvale udržitelné využívání rybníků v Chráněné krajinné oblasti a biosférické rezervaci Třeboňsko, Evropský program IUCN Cambridge a Gland, Význam rybníků pro krajinu střední Evropy.
- Kalff J., 2002: Limnology: inland water ecosystems. Upper Saddle River, NJ, Prentice Hall, 136-153.
- Kolada A., Hellsten S., Kanninen A., Sondergaard M., Dudley B., Noges P., Ott I., Ecke F., Mjelde M., Bertrin V., Davison T., Duel H., 2001: WISER DELIVERABLE, Deliverable D3.2-1: Overview and comparison of macrophyte survey methods used in European countries and a proposal of harmonized common sampling protocol to be used for WISER uncertainty exercise including a relevant common species list. Institute of Environmental Protection (IEP).
- Krolová M., Čížková H., Hejzlar J., 2010: Faktory ovlivňující výskyt vodních makrofyt v nádrži Lipno. *Silva Gabreta* 16. 61-92.
- Krolová M., Čížková H., Hejzlar J., 2012: Depth limit of littoral vegetation in a storage reservoir: A case study of Lipno Reservoir (Czech Republic), *Limnologica* 42, p. 165-174.
- Krolová M., 2013: Factors affecting the occurrence of littoral vegetation in a reservoir with storage fiction: Disertační práce. České Budějovice: Jihočeská univerzita, Fakulta přírodovědecká, 65 pp, Vedoucí práce Doc. Ing. Josef Hejzlar CSc. a Doc. RNDr. Hana Čížková CSc.
- Krolová M., Čížková H., Hejzlar J., Poláková S., 2013: Response of littoral macrophytes to water level fluctuations in storage reservoir. *Knowledge and management of Aquatic Ecosystems*, 21 pp.
- Lellák J., Kubiček F., 1991: *Hydrobiologie*. Univerzita Karlova. Praha, 257 pp.
- Moravec J., Blažková D., Hejný S., Husová M., Jeník J., Kolobek J., Krahulec F., Krečmer V., Kropáč Z., Neuhäusl R., Neuhäuslová – Novotná Z., Rybníček K., Rybníčková E., Samek V. a Štěpán J., 1994: *Fytocenologie* Academia, Praha, 403 pp.
- Moss B., 2008: The kingdom of the shore: achievement of good ecological potential in reservoirs. *Freshwater Rev.* 1, 29–42.
- Marttunen M., Hellsten S. Glover B, Tarvainen A., Klintwall L., Olsson H. and Pedersen T-S., 2006: Heavily regulated lakes and the European Water

- Framework Directive – Comparisons from Finland, Norway, Sweden, Scotland and Austria. Official Publication of the European Water Association (EWA).
- Navarro E., Caputo L., Marcé R., Carol J., Benejam L., García-Berthou E., Armengol J., 2009: Ecological classification of a set of Mediterranean reservoirs applying the EU Water Framework Directive: A reasonable compromise between science and management, *Lake and Reservoir Management*, 25:364-376.
- Novák M., 1968. Údolní nádrž Lipno, geograficko-limnologická studie. Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. M., Praha, 161 pp.
- Pall K., Bertrin V., Buzzi F., Boutry S., Dutartre A., Germ M., Oggioni A., Schaumburg J., Urbanič G., 2014: Water Framework Directive Intercalibration Technical Report, Alpine Lake Macrophyte ecological assessment method. Joint research centre: Technical reports, European Union, 128 pp.
- Pokorný D., Rolečková E., Janková J., 2013: Zpráva o stavu vodního hospodářství České republiky v roce 2012. (http://eagri.cz/public/web/file/271059/Modra_zprava_final.pdf - staženo 17. 4. 2014).
- Portielje R., Bertrin V., Denys L., Grinberga L., Karottki I., Kolada A., Krasovskienė J., Leiputé G., Maemets H., Ott I., Phillips G., Pot R., Schaumburg J., Schranz Ch., Soszka H., Stelzer D., Søndergaard M., Willby N., 2014: Water Framework Directive Intercalibration Technical Report, Central Baltic Lake Macrophyte ecological assessment method. Joint research centre: Technical reports, European Union, 131 pp.
- Směrnice 2000/60/ES Evropského parlamentu a Rady z 23. října 2000 ustavující rámec pro činnost Společenství v oblasti vodní politiky. Pracovní překlad s anglickým originálem. Ministerstvo životního prostředí, Praha, 2001, 96 pp.
- Sculthorpe C. D., 1985: The biology of aquatic vascular plants, Koeltz Scientific Books Königstein/west Germany.
- Towsend C. R., Begon M., Harper J. L., 2010: Ekologie: jedinci, populace a společenstva. Univerzita Palackého: Olomouc, 949 str.

Welch N. H., Butler M.G., Cerlson T.J., Hadson M.A., 2003: Changes in macrophyte community structure in Lake Christina (Minnesota), a large shallow lake, following biomanipulation. *Aquat. Bot.* 75, 323–337.

Wetzel R. G., 2001: *Limnology Lake and River Ecosystems*. Academic Press. San Diego, 1006 pp.

¹ http://www.mzp.cz/cz/dunaj_mkod_dokument (viděno 28. 2. 2014)

² <http://www.ikse-mkol.org/index.php?id=35&L=1> (viděno 28. 2. 2014)

³ [http://www.mzp.cz/osv/edice.nsf/9BD37DA15E00E5F3C1256FC0005182A4/\\$file/implimentace.pdf](http://www.mzp.cz/osv/edice.nsf/9BD37DA15E00E5F3C1256FC0005182A4/$file/implimentace.pdf) (staženo 29. 3. 2014)

⁴ http://www.mzp.cz/cz/plan_hlavnich_povodi (viděno 29. 3. 2014)

⁵ http://www.mzp.cz/cz/plany_oblasti_povodi (viděno 29. 3. 2014)

⁶ <http://eagri.cz/public/web/mze/voda/planovani-v-oblasti-vod/priprava-planu-povodi-pro-2-obdobi/zverejnene-informace/casovy-plan-a-program-praci-pro.html> (staženo 29. 3. 2014)

Přílohy

Příloha 1

Záznam sledování a kvantifikační stupnice

Do záznamových archů se zapisuje:

- Datum monitorování
- Jméno pozorovatele
- Informace ke sledovanému transektu: výška vodní hladiny, průhlednost vody, typ sedimentu, zastínění a další poznatky tohoto typu, které pomohou pozdějšímu vyhodnocování
- Maximální hloubka výskytu makrofyt
- Druhy makrofyt přítomné na transektu
- Růstové formy vodní vegetace na dané lokalitě (submerzní, emerzní, natantní)
- Odhadne se pokryv každého druhu na jednotlivém transektu pomocí modifikované Braun-Blanquetovy stupnice (viz tab. č. 10). Tabulka byla pozměněna za účelem usnadnění práce s GPS.

Tab. 10: Modifikovaná Braun-Blanquetova stupnice pokryvnosti (Grulich a Vydrová, 2006).

Stupeň	Pokryvnost
1	ojedinělý výskyt ne zcela vitálních nebo mladých jedinců
2	méně než 1/100 analyzované plochy (<1%)
3	menší než 1/20 analyzované plochy (1–5%)
4	1/20 až 1/4 analyzované plochy (5–25%)
5	druh pokrývá 1/4 až 1/2 analyzované plochy (25–50%)
6	druh pokrývá 1/2 až 3/4 analyzované plochy (50–75%)
7	druh pokrývá více než 3/4 analyzované plochy (75–100%)