



národní  
úložiště  
šedé  
literatury

**Postupy využití a aplikace biochemických přípravků při řešení kvality vodního prostředí a stavu sedimentů vodních prvků v rámci památkové péče**

Rozkošný Miloš; Hudcová Hana; Kratina Josef; Sedláček Pavel; Dzuráková Miriam  
2020

Dostupný z <http://www.nusl.cz/ntk/nusl-432036>

Dílo je chráněno podle autorského zákona č. 121/2000 Sb.

Tento dokument byl stažen z Národního úložiště šedé literatury (NUŠL).

Datum stažení: 18.04.2024

Další dokumenty můžete najít prostřednictvím vyhledávacího rozhraní [nusl.cz](http://nusl.cz) .

## Památkový postup

Postupy využití a aplikace biochemických přípravků při řešení kvality vodního prostředí a stavu sedimentů vodních prvků v rámci památkové péče

Rozkošný, M., Hudcová, H., Kratina, J., Sedláček, P., Dzuráková, M.

### **Zpracováno v rámci výzkumné aktivity**

Program aplikovaného výzkumu a vývoje národní a kulturní identity (NAKI II)

Projekt DG16P02M032 – Neinvazivní a šetrné postupy řešení kvality prostředí a údržby vodních prvků v rámci památkové péče

**Název a sídlo organizace:**

Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, veřejná výzkumná instituce  
Podbabská 2582/30, 160 00 Praha 6

**Statutární zástupce:**

Ing. Tomáš Urban, ředitel

**Poskytovatel:**

Ministerstvo kultury  
Maltézské nám. 1, 118 11 Praha 1

**Zástupce poskytovatele:**

PhDr. Lubomír Zaorálek, ministr kultury

**Autorský kolektiv:**

Ing. Miloš Rozkošný, Ph.D. (Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, v.v.i.)

Ing. Hana Hudcová, Ph.D. (Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, v.v.i.)

Ing. Josef Kratina, Ph.D. (Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, v.v.i.)

Ing. Pavel Sedláček (Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, v.v.i.)

Ing. Miriam Dzuráková (Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, v.v.i.)

**Vydavatel:**

Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, v. v. i., Praha

**ISBN 978-80-87402-78-8**

## Obsah

Obsah.....	1
Úvod .....	2
1. Popis řešené problematiky.....	3
2. Stanovení a popis vhodného přístupu řešení ke zlepšení stavu vodního prostředí a omezení vlivu eutrofizace.....	5
2.1 Eutrofizace prostředí vodních prvků .....	5
2.2 Průzkum vodního prostředí.....	7
2.3 Průzkum sedimentů .....	9
2.4 Zásady aplikace biochemických přípravků .....	10
2.4.1 Aplikace pro zlepšení stavu vody .....	10
2.4.2 Aplikace pro snížení množství sedimentů .....	11
2.4.3 Kultivační zařízení pro práci s biologickými preparáty .....	11
2.5 Řešení problematiky v zahraničí.....	16
2.6 Doporučení k aplikaci biochemických přípravků.....	18
3. Prokázané ověření v praxi .....	20
4. Seznam použité literatury .....	21
5. Doporučení pro využití NPÚ .....	24
6. Odkaz na výzkumnou aktivitu .....	24
7. Přílohy.....	24

## Úvod

Předkládaný památkový postup vznikl za podpory Ministerstva kultury České republiky v rámci Programu aplikovaného výzkumu a experimentálního vývoje národní a kulturní identity (NAKI II), název projektu: „Neinvazivní a šetrné postupy řešení kvality prostředí a údržby vodních prvků v rámci památkové péče“, číslo projektu DG16P02M032.

### **Cíl památkového postupu:**

**Rámcovým cílem řešení** výzkumu bylo komplexní teoretické a praktické zpracování problematiky kvality prostředí vodních prvků kulturních památek a historických sídel v kontextu památkové péče s ohledem na posouzení vlivu možných změn klimatu.

**Dílčím cílem řešení** kvality vodního prostředí okrasných nádrží bylo hledání, experimentální a praktické ověření přínosu a rizik aplikace vybraných chemických, biochemických a biologických přípravků ke zlepšení kvality vody, omezení rozvoje řas a sinic v eutrofních podmínkách a snížení objemu dnového sedimentu.

## 1. Popis řešené problematiky

Historické zahrady a parky od renesance až do poloviny 20. století zahrnují různé zahradní typy a umělecké pojetí volného prostoru v jejich rámci. Skládají se z konstrukčních a vegetačních prvků a jsou součástí krajiny, uměle a umělecky navržené či upravené člověkem [1], [2]. Konstrukční prvky zahrnují i všechny vodní prvky, jenž se dělí na prvky formální (např. vodní plochy prizmatických tvarů, umělé kanály, fontány, kašny, a jiné – více viz. [3]) a neformální (např. malé vodní plochy přírodního charakteru, části koryt vodních toků, apod.). Pohled na historické zahrady se výrazně změnil v průběhu 20. století. Až do společenského zřízení ochrany přírody v 70.ých letech, bylo stanovení památkové kvality zahrad a parků historických v závislosti na jejich umělecké hodnotě. Myšlenka ochrany přírody posunula náhled na parky a zahrady či přírodní scenérie s jejich biotopy stejně vysoko jako umělecké kvality.

Dnes jsou historické zahrady a parky vnímány v jejich komplexitě. V mnoha konkrétních případech spory mezi ochranou přírody a zachováním historického stavu zahrady se změnil na přístup umožňující sladění obou pohledů [2]. K tomu v případě vodních prvků rybníčního typu, vstupuje potřeba sladit produkční hospodaření na nich s potřebným ekonomickým přínosem, s památkově ochrannými či i přírodně ochrannými požadavky, navíc v kombinaci se zachováním podmínek pro rekreační a turistické užití (např. památkově chráněné komplexy v Lednici, Kroměříži, Českém Krumlově, apod.).

Sladění těchto požadavků si kladou za cíl i projekty zaměřené na rekonstrukce, revitalizace a případně i obnovu historických zahrad a památkově chráněných areálů, včetně vodních prvků [4]. Přístupy k revitalizaci a obnově historických zahrad po skončení období totality v Polsku uvádí [5].

Z hlediska ohrožení vodních prvků lze identifikovat převážně ohrožení kvality jejich vodního prostředí (příisun znečištění z bodových, plošných a difúzních zdrojů znečištění), ohrožení prostorových charakteristik (zazemňováním, ucpáváním, vysycháním, atd.) a ohrožení kvality doprovodné vegetace (rozšiřování invazivních druhů, ohrožení suchem, záplavami, změnami hladiny podzemní vody, škůdci a nemocemi, atd.). Kontaminaci objektů netěsnými kanalizacemi a odpadovými jímkami popisuje jako jeden z problémů, zejména při výskytu povodní [6]. Významnou roli v ohrožení kvality rybníčních vodních prvků hraje eutrofizace vod [7, 8]. Velkým problémem je také ukládání splavenin a následné zarůstání ploch s nízkým vodním sloupcem vegetací, což může být problémem i u vodních prvků památek, které jsou napojeny na povrchové vody s nedostatečnou kvalitou, přinášející erozní smyvy [9] anebo jsou ovlivněny povodněmi [6].

Další rozbor problematiky, včetně postupu jejího šetření a souhrnu zjištění, je popsán v doprovodné zprávě k památkovému postupu a v publikacích, které byly autorským týmem zpracovány a uveřejněny, viz přehled v kapitole 4.

Prospěšné bakterie se přirozeně vyskytují v jezerech a rybnících a jsou to mikroorganismy odpovědné za zpracování odumřelého organického materiálu. Existuje mnoho různých typů bakterií, které různými způsoby pracují na rozkladu organických sloučenin. Aerobní bakterie používají kyslík a rychle rozkládají organické sloučeniny. Anaerobní bakterie jsou schopné pracovat bez kyslíku, ale fungují mnohem pomaleji. Oba typy bakterií produkují enzymy, které jim umožňují rozkládat organické sloučeniny a zahrnovat je do svých buněk jako živiny. Mnoho bakterií se také podílí na denitrifikaci, přeměňuje dusičnany na plynný dusík a odstraňuje je z rybníční soustavy. Mohou přeměnit

i rozpustný fosfor z vodního sloupce na fosforečnan vápenatý a fosforečnan vápenatato-železnatý, což jsou nerozpustné minerály, které nejsou dostupné pro většinu druhů řas.

Protože bakterie přeměňují živiny na nedostupné formy, mohou být prospěšné při snižování nepříjemných zákalů řas ve vodních prvcích. Ve sladké vodě je fosfor obvykle živinou omezující růst řas. Poměr dusíku k fosforu podmiňuje vyskytující se typy řas, které budou ve vodním prostředí růst a prosperovat. V situacích, kdy je nadbytek fosforu, budou dominovat namísto planktonních zelených řas, které tvoří základ potravinové sítě, nepříjemné druhy vláknitých a modrozelených řas (cyanobakterie, sinice). Bakterie samotné mohou také přispívat k potravinové síti a stávat se zdrojem potravy pro zooplankton a bentos, které se pak stávají potravou pro ryby a jiné organismy.

Jsou hledány způsoby, jak kultivovat prospěšné bakterie tak, že lze přidat do vodního prostředí, aby se urychlil proces rozkladu a odstranily živiny z vodního systému. Tento proces se často označuje jako „zvýšení biologické kvality vody“. Zpočátku se přidává velká inokulační dávka, aby se ustanovila (rozvinula) vhodná bakteriální populace, a pak se aplikují udržovací dávky, aby se zajistilo, že bakterie budou i nadále v prostředí prosperovat a pracovat. Jak bakterie rostou a replikují se, váží ve svých buňkách fosfor a dusík, takže není k dispozici nežádoucím řasám. Většina biomasy bakterií klesá na dno a do stran vodních prvků (do bentické a litorální zóny), kde rozkládají přebytečnou organickou hmotu. Z tohoto důvodu je výhodou aplikace u vodních prvků, které jsou po sezóně vypouštěny a čištěny. Některé bakterie zůstávají ve vodním sloupci, kde zpracovávají mrtvé řasy a rozpustné živiny.

Existuje mnoho různých skupin a druhů prospěšných bakterií. Většina produktů využívajících bakteriální kultury je založena na aerobních bakteriích a cílových sloučeninách, které se pomalu degradují. Tyto výrobky jsou doplňovány enzymy a živnými solemi pro start rozvoje bakteriální kultury. Některé z enzymů jsou zaměřeny na rozklad specifických sloučenin, jako je celulóza v listech a detritu, které se hromadí u dna. I když tento proces neřeší hromadění anorganických půdních částic, může zvýšit hloubku vody a zároveň snížit množství organického usazeného dnového materiálu. Uvádí se, že výsledky se mohou u jednotlivých vodních prvků značně lišit a nelze je přesně předpovědět. Aplikace biopřípravků se mohou velmi lišit, co do rozsahu a druhového složení bakterií. Proto je důležité provést místní šetření a navrhnout způsob aplikace, který bude přizpůsoben podmínkám kvality vody a rozpočtovým omezením každého daného vodního prvku.

Je důležité poznamenat, že nejvýhodnější složení biopreparátů zahrnují aerobní bakterie a jejich aplikace pracují mnohem lépe, když se používají ve spojení s aerací vodního prostředí. Bakteriální metabolismus je optimalizován, když jsou maximalizovány obsahy rozpuštěného kyslíku ve vodě. Pro vzdušňovače, vodotrysky, fontány, apod. výrazně zlepší celkové výsledky jakéhokoli záměru zvyšování kvality vody pomocí aplikace biopřípravků.

## 2. Stanovení a popis vhodného přístupu řešení ke zlepšení stavu vodního prostředí a omezení vlivu eutrofizace

V první části památkového postupu je definována eutrofizace vod, nástroje pro její posouzení, rozdělení vodního prostředí podle dostupnosti živin do tříd eutrofizace a následně jsou popsány doporučení ke sledování a měření vodního prostředí, jako vody, tak i sedimentů. Průzkum aktuálního stavu zahrnuje průzkum kvality vodního prostředí a působících případných omezujících podmínek a negativních vlivů. V případě nově zakládaných, opravených a nově napouštěných, nebo obnovovaných vodních prvků, se doporučuje provést průzkum omezujících podmínek a negativních vlivů, spojených s kvalitou zdrojové vody, možným zanášením, přísunem organického materiálu (rostliny, opad listů, smyvy).

Další část se věnuje doporučením volby a práce s bakteriálně-enzymatickými biologickými preparáty („biopřípravky“), jejich kombinace s biochemickými či chemickými přípravky a látkami s cílem dosažení optimálního působení v daných podmínkách. Poslední část je věnována návrhu konstrukce a provozu zařízení vhodného pro kultivaci bakteriálního společenstva z používaného biopřípravku, a to pomocí tzv. bioreaktoru.

### 2.1 Eutrofizace prostředí vodních prvků

Vodní prvky tvoří nedílnou součást historických památek a přirozeně jako součást okolních ekosystémů jsou osidlovány vodními organismy (sinice a řasy). Ve vodním prostředí jsou jedinými organismy mající díky fotosyntéze postavení primárních producentů, proto se jim daří v místech, kam proniká světelné záření a to v dostatečné intenzitě a trvání (fotoperiodě). Sluneční záření přináší energii pro fotosyntézu (světlo s vlnovou délkou 380-720 nm), ale také je absorbována vodou, která je tímto ohřívána. Rozložení (distribuce) tepla horizontálním a vertikálním směrem patří k základním charakteristikám. U řas je zjištěna rozdílná tolerance k teplotě, podmiňující druhovou specifitu.

Důležitou vlastností vody je schopnost rozpouštění velkého množství anorganických a organických živin, jež jsou důležité pro život řas a sinic. Právě koncentrace rozpuštěných živin určuje výskyt řas. Koncentrace hlavních iontů se během roku významně nemění a jejich vzájemný poměr charakterizuje daný biotop. Dostupnost živin pro řasy je ve vodním prostředí různá a to vzhledem k tomu, že řada je vázána v komplexních sloučeninách, proto dbáme na měření tzv. reaktivních forem biologicky důležitých iontů. Koncentrace hlavních živin v rámci roku se mění velmi málo a lze podle nich charakterizovat daný biotop. Nadbytek živin (zvláště dusíku a fosforu) nazýváme eutrofizací.

Pro získání informací o společenstev osidlující vybrané vodní prvky je vhodné zvolit následující metody:

**stanovení biosestonu**, fytoplanktonu a planktonních sinic vycházející z ČSN 75 7712 a ČSN 75 7717. Kvalita vod-Stanovení planktonních sinic. Tato metoda pomáhá charakterizovat dané vodní prostředí, rámcově určit původ znečištění, živin a případně zátěže nejrůznějšího druhu. Tuto metodu jsme použili v krácené míře, kdy úroveň determinace nebyla postavená na přímé kvantifikaci jedinců (buněk) v 1ml původního vzorku, ale na procentním zastoupení jednotlivých oddělení. Také byl kladen důraz na přítomnost indikátorových druhů, které mohou signalizovat zhoršené změny.



**stanovení chlorofylu-a**, tato metoda vychází z ČSN 75 7575. Jakost vod-měření biochemických ukazatelů-spektrofotometrické stanovení koncentrace chlorofylu-a a poskytuje nám informaci o množství a potenciální fotosyntetické aktivity řas.

**stanovení trofického potenciálu**, vychází z normy TNV 75 7741. Mikrometoda stanovení toxicity a trofického potenciálu řasovým testem. Trofický potenciál je ukazatelem obsahu biologicky využitelných živin ve vodě. Podstatou zkoušky je zjištění množství narostlé biomasy u zfiltrovaného vzorku, který se očkuje zkušebním organismem (v našem případě cenobiální zelená řasa *Scenedesmus quadricauda*) za standardních podmínek do stacionární fáze růstu. Zjištěné množství biomasy je přímo úměrné trofickému potenciálu udávaného v mg/l a udává trofii (úživnost) vody ve stupních, jak je uvádí tabulka 1 [10].

**Tab. 1.** Klasifikace trofie vody podle trofického potenciálu

Stupeň trofie		Trofický potenciál (mg/l)
ultra-oligotrofie (u-o)	neúživná voda	<5
oligotrofie (o)	velmi slabě úživná voda	5-50
oligo-mesotrofie (o-m)	slabě úživná voda	50-100
mesotrofie (m)	středně úživná voda	100-200
meso-eutrofie (m-e)	dosti silně úživná voda	200-350
eutrofie (e)	silně úživná voda	350-500
polytrofie (p)	velmi silně úživná voda	500-1000
hypertrofie (h)	vysoce úživná voda	>1000

Pokud provádíme chemické analýzy, tak obvykle zjistíme okamžitou koncentraci dané látky ve vodním prostředí. Přitom jde o momentální stav dynamické rovnováhy mezi příjmem (spotřebou) či zpětném uvolňování řasami nebo dalšími mikroorganismy. Může jít taktéž o produkty vzniklé mineralizací látek cizího původu. Vztah mezi okamžitou koncentrací živin a biomasou (primární produkci) je velmi často nepřímý. Lépe vystihuje nabídku živin tzv. trofický potenciál vody, který jako experimentálně zjištěná úživnost vody postihuje primární produkci.

Některé látky se vyskytují v dostatečném množství a přístupné formě ve vodním prostředí, jiné se vyskytují řídko a stávají se často limitními, tzn. koncentrace je snížena na minimum a stává se limitujícím faktorem celé primární produkce. Řasy mají celou řadu mechanismů, jak tento stav regulovat. Jedním s nejnámějším je nadbytečné hromadění látek ve formě zásob a jejich využití v případě, že se ve vodním prostředí nenacházejí.

Podle dostupnosti živin a výše primární produkce se vodní plochy (nádrže, rybníky, atd.) dělí do čtyř základních skupin [11], které lze aplikovat i na další typy vodních prvků:

**Oligotrofní** nádrže jsou nejméně úživné (< 10 mg celkového fosforu na m<sup>3</sup>), mají nízkou primární produkci, vysokou průhlednost (> 6 m) a poměrně nízkou biomasu ryb (10 až 30 kg.ha<sup>-1</sup>). Jedná se

vždy o nádrže hluboké, ležící většinou v horských oblastech. Nádrže parkových a památkových objektů těmito kritériím obvykle neodpovídají.

**Mezotrofní** nádrže mají středně velký obsah živin (10–30 mg celkového fosforu na m<sup>3</sup>), nižší průhlednost (6–3 m) a biomasu ryb obvykle v rozmezí 50–100 kg.ha<sup>-1</sup>. V parkových a památkových objektech se s nimi setkáváme jen výjimečně.

**Eutrofní** nádrže mají velký obsah živin (35–100 mg celkového fosforu na m<sup>3</sup>), průhlednost (3–1,5 m) a biomasu ryb obvykle větší než 100 kg.ha<sup>-1</sup> a v parcích a památkových objektech jsou nejběžnější.

**Hypertrofní** nádrže jsou charakteristické velmi vysokým obsahem živin (> 100 mg celkového fosforu na m<sup>3</sup>) a velkou produkcí organické hmoty. Často se jedná o mělké nádrže s velmi nízkou průhledností (< 1,5 m), biomasa ryb může dosahovat až několika stovek kg na ha plochy nebo naopak může být velmi nízká kvůli úhynům ryb v důsledku extrémních fluktuací v koncentraci kyslíku, volného amoniaku a pH. V parcích se s nimi lze setkat poměrně běžně zvláště tam, kde jsou ryby, případně kachny na nich krmeny návštěvníky.

## 2.2 Průzkum vodního prostředí

Nejjednodušší vybavení pro měření je jakýkoliv teploměr vhodný pro ponoření do vody, Secchiho disk pro měření průhlednosti a barvy vody, zápach změřit sensoricky, množství kyslíku odhadnout podle chování ryb anebo výskytu zápachu při anaerobních (bezokyslíkatých) podmínkách. Pro detailnější průzkum a měření jsou vhodné přenosné terénní přístroje, např. Hach Lange HQ40d (Obr. 1), tyčové odběráky pro vzorkování vody a další pomůcky, planktonní sítě, hliníková geodetická nivelační lať. Stanovení různých látek, včetně kovů, prvků, amoniakálního dusíku, lze s využitím fotometrie, dostupné jsou různé sady pro analýzu. Podrobné a přesné výsledky lze získat odběrem vzorků a jejich analýzou v hydrochemických, mikrobiologických či hydrobiologických laboratořích. V tomto případě je vhodné způsob měření a provedení odběru konzultovat přímo s laboratoří, stejně jako výběr vzorkovnic a jejich materiál.

Pro záznam hodnot z měření a potřebných poznámek lze využít např. následující tabulku (Tab. 2).



**Obr. 1** Příklad měření fyzikálně-chemických veličin vody v terénu pomocí přenosného přístroje, zjišťování průhlednosti vody Secchiho kotoučem a odběru vzorků vody

**Tab. 2.** tabulka pro záznam měření a pozorování fyzikálně – chemických charakteristik vodního prostředí

Lokalita / vodní prvek:	Měření provedl:	Datum:	
-------------------------	-----------------	--------	--

Počasí:	<i>(popis počasí)</i>
---------	-----------------------

Místo průzkumu / vzorek:	Čas	Tvzd °C	Tvoda °C	pH ---	El. kond. μS/cm	O2 mg/l	Nasycení %	Barva	Zákal	Zápach	Le/Po

Poznámky:	
-----------	--

Le = ledový úkaz: 0-volná hladina, 1-slabá led.třísť, 2-třísť a led u břehu, 3-led u břehu, 4-zamrzlá hladina, 5-led.zácpa, 6-chod ledů, 7-voda teče po ledu  
Po = počasí: 0-jasno, 1-polojasno, 2-oblačno, 3-zataženo, 4-míha, 5-mrholení, 6-déšť, 7-déšť se sněhem, 8-sníh, 9-přeháňky, 10-po dešti  
Tvzd - teplota vzduchu, Tvoda - teplota vody, pH - pH vody, El.kond. - zasolení vody (konduktivita), O2 - koncentrace kyslíku ve vodě, Nasycení - nasycení vody kyslíkem

Místo průzkumu / vzorek	Průhlednost cm	Dno - hloubka vody cm	Sedimenty cm	Hladina Tvoda / O2 / %	Dno Tvoda / O2 / %

Vysvětlivky: Tvoda - teplota vody (ve °C), O2 - koncentrace rozpuštěného kyslíku (mg/l), % - nasycení vody kyslíkem (v %)  
Sedimenty - mocnost sedimentů / bahna na dně  
Hladina - měření teploty vody a kyslíku vrstvy vody u hladiny (cca 10 cm pod hladinou)  
Dno - měření teploty vody a kyslíku vrstvy vody nade dnem (cca 15 cm nade dnem - nad sedimentem / bahnem)

## 2.3 Průzkum sedimentů

Mocnost sedimentů v zátopě nádrží, rybníků, či v prostoru ostatních vodních prvků, lze stanovit geodetickou výsuvnou latí jejím ponořováním a zapíchnutím do vrstvy sedimentů. Tento způsob je možný v případě, kdy hloubka vody ve sledovaných vodních prvcích nepřekračuje broditelnou hloubku (cca 1 až 1,5 m), případně hloubku měřitelnou z použitého člunu (dva až čtyři metry). Měření se provádí v předem stanoveném rastru v příčných a podélných profilech tělesa daného vodního prvku.

Odběr sedimentů se provádí pomocí Ekmannova drapáku, nebo tyčovým pístovým odběrákem. V každém vzorkovaném prvku je vhodné sedimenty odebrat z předem určeného prostoru (např. přítoková zóna, odtoková zóna, aj.) na více místech (obvykle na třech). Odebrané sedimenty z každého prostoru se homogenizují a ze směsi se odebere vzorek k analýzám. Uchování, transport, uložení a předúprava vzorků k analýzám je vhodné provádět podle platných norem anebo standardních operačních postupů pro vzorkování pevných matric využitě akreditované laboratoře.

## 2.4 Zásady aplikace biochemických přípravků

### 2.4.1 Aplikace pro zlepšení stavu vody

Obecně biologický bakteriálně-enzymatický přípravek sestává ze směsi enzymů, živných solí, bakteriálních kmenů a zeolitového nosiče. Přípravky je vhodné skladovat v uzavřené neprůhledné plastové nádobě při konstantní teplotě asi 20 ° C (v laboratoři, ve skladě), ne na přímém slunečním světle.

Doporučený průběh aplikace biopřípravku je následující:

Dávka přípravku se rozpustí v 10ti litrové nádobě naplněné vodou z cílového vodního prvku, případně s využitím dešťové vody. Nevhodná je voda pitná, chlorovaná. Případně je třeba, aby byla odstátá a nebyla tak toxická pro bakteriální kulturu.

Reakční doba aktivace přípravku je obvykle 15-20 minut.

Během této doby je objem vody v konvi / kbelíku promícháván nekovovým předmětem několikrát, ideálně v intervalech 5 minut.

Roztok pro přípravu je následně dávkován rozstříkem, nebo nalitím do více míst, rovnoměrně, pokud je to možné.

V případě, že to není možné, je vhodné roztok dávkovat v prostoru např. provzdušování, do přítoku a obdobných míst, které zajistí další promísení v prostoru vodního tělesa.

Dávkování je vhodné začít ihned po napuštění vodního prvku, nebo se začátkem vegetační sezóny, ale až v období, kdy teploty prostředí překročí ideálně 15°C, ne méně než 10°C.

Konce dávkování proběhne na konci vegetační / návštěvnické sezóny.

Interval dávkování připraveného roztoku je obvykle doporučený výrobcem (dodavatelem), stejně tak jako potřebné množství na 1 litr / 1 kubický metr vody. Obvyklý interval je 1x 14 dní. V nepříznivých podmínkách i 1x týdně.

Ze zjištěných poznatků je v případě vodních prvků s vyšší koncentrací fosforu ve vodě (na úrovni eutrofní až hypertrofní) dobré před zahájením aplikace biopřípravku provést ošetření vody vhodným srážedlem pro snížení koncentrace fosforu, tetován byl přípravek PAX-18, který je i součástí mnoha komerčně dostupných přípravků. Pokud je nutné vodu průběžně dopouštět, je vždy vhodné tento postup opakovat.

Toto řešení nebude účinné pro silně průtočné vodní prvky.

## 2.4.2 Aplikace pro snížení množství sedimentů

Biopřípravky je možné využít i pro snížení množství sedimentů a usazenin na dně vodních prvků, a to pomocí působení bakteriálních kultur na rozklad organické složky sedimentů a usazenin. Limitujícím faktorem účinnosti je obsah této složky. Dle šetření na vodních prvcích památkově chráněných lokalit a území (90 vzorků sedimentů a usazenin) se podíl organické složky pohybuje nejčastěji v rozmezí 20 až 40 %. Výhodná je aplikace pro urychlení rozkladu usazené biomasy z opadu listů, či z rozkladu odumřelých částí vodních rostlin (např. lekníny).

Dávku biopřípravků lze odhadnout na 50 g přípravku na 1 kubický metr vody vodního prvku. Přesné dávkování závisí na doporučení výrobce (dodavatele). Interval dávkování se obvykle pohybuje v rozmezí 1x 14 dní až 1x měsíčně.

Postup přípravy roztoku je obdobný postupu uvedeném v předchozí části 2.4.1.

## 2.4.3 Kultivační zařízení pro práci s biologickými preparáty

Kultivační zařízení, nazývané též „bioreaktory“ jsou typy reaktorů (nádří) vytvářející umělé prostředí sloužící ke kultivaci mikroorganismů, nebo k biochemickým procesům biologických činitelů, jako jsou například enzymy. Dochází v nich k řadě fyzikálně-chemických a biochemických procesů jako fermentace, respirace nebo buněčné dělení. Bioreaktory se využívají v potravinářském, farmaceutickém a biotechnologickém průmyslu pro produkci potravin, specifických chemických látek nebo produkci biomasy. Bioreaktory lze v podstatě rozdělit na laboratorní a instalované v místě potřeby jejich produktu.

Technické řešení zahrnuté do tohoto památkového postupu se týká konstrukce bioreaktoru pro produkci dostatečného množství vody odpovídající cílovému vodnímu prvku s namnoženou kulturou mikroorganismů k úpravě vlastností vody a sedimentů. Uvedené řešení umožní zajištění autonomního provozu bez nutnosti napojení na veřejnou elektrickou síť, určeného k umístění v místě potřeby. Provedení a provoz bioreaktoru je uzpůsobeno tak, aby bylo možné omezit nutné množství surového biologicko-enzymatického preparátu („biopreparátu“) k dosažení požadovaného efektu. Podstatou je, že se bakteriální kultura namnoží v kultivačním prostoru bioreaktoru o větším objemu, který na rozdíl od cílového objektu udržuje příznivé prostředí (teplotu, nasycení vody kyslíkem, pH) pro množení bakterií. Současně ale pracuje se stejnou vodou, aby se zajistil kontakt bakteriální kultury s cílovou vodou už při jejím množení. Ve výsledku by mělo dojít k úspoře finančních prostředků za surový biopreparát, či komerčně pořízenou směs z laboratoře/obchodu. Dosáhne se i toho, že proces namnožení bakterií není ohrožen např. nízkou teplotou v cílovém vodním prvku.

## Příklad řešení konstrukce bioreaktoru

Doporučeným řešením konstrukce bioreaktoru je sestava mající základ ve staticky stabilní samonosné konstrukci nádržky prizmatického tvaru umístěné na vyvýšeném místě anebo na sloupcích, umožňujících gravitační vypouštění vody do potřebné nádrže, nebo nádoby, opatřená víkem a výztuhami (žebrováním). Na stěnách nádrže, cca 5 až 10 cm pod horní hranou, ale nad úroveň vodní hladiny, jsou provedeny větrací otvory.

Uvnitř nádrže se nachází kultivační prostor o objemu 60 až 300 litrů, podle potřeby. Požadovanému objemu kultivačního prostoru se přizpůsobí i velikost konstrukce nádrže, víka a případných podpěrných sloupků.

V kultivačním prostoru jsou vloženy tři pórovité kvádrové nosiče biomasy tak, aby mezi nimi byla mezera. Velikost nosičů se uzpůsobí požadavku na objem kultivačního prostoru. Dále se v prostoru nachází vzduchovací a mísící zařízení sestávající z válcového filtru z pórovité PUR pěny s trubním rozvodem pro transport provzdušněné vody ode dna kultivačního prostoru k hladině. Trubní rozvod je zakončen příčnou vodorovnou perforovanou trubicí umožňující výtoku vody napříč celým kultivačním prostorem u hladiny. U protější stěny nádrže jsou zavěšena dvě trubicová topná tělíska s nastavitelným termostatem. Vzduchovač i topná tělíska jsou ke stěně nádrže připevněna pryžovými přísavkami, k nimž jsou napojeny pomocí plastových šroubků a objímek.

Ve stěně nádrže nade dnem (ve výšce cca 5 cm) je vyveden plastový odtokový kohout s těsněním, na nějž je možné zvnějšku nasunout odtokovou hadici libovolné délky, průměru ½ palce. Na protější stěně, uvnitř kultivačního prostoru, je umístěn na profilu tvaru L přimontovaném šrouby ke stěně bioreaktoru, automatický dávkovač biopreparátu. Dávkovač je k profilu L připevněn také plastovými šroubky. Směrování dávkovače do prostoru nádrže je vyřešeno tak, že umožňuje vysypání požadované dávky biopreparátu na vodní hladinu mezi trubním rozvodem vzduchovače a prvním nosičem biomasy.

Součástí instalace je plastová, vodotěsná, větraná, bedýnka s víkem. V ní je umístěna sestava dodávky elektrické energie (regulátor, baterie 12 V, měnič 12 V / 220 V, rozdělovací zásuvka 220 V), napojená na vnější samonosnou konstrukci – stojan, se šikmo osazeným solárním panelem. V bedýnce je dále umístěn aerátor, z nějž je vyvedena vzduchovací hadička průměru 4 mm do vnitřní trubičky vzduchovače uvnitř kultivačního prostoru. Na rozdělovací zásuvku je také připojeno topící zařízení a externí čerpání vody do bioreaktoru.

Vodu do bioreaktoru je možné napouštět ručně, nebo pomocí ponorného čerpadla. Pro uchycení hadice průměru ½ palce je ve stěně konstrukce nádrže v místech nad vzduchovačem vyvrtán otvor, do nějž se hadice nasune.

Bioreaktor může být doplněn externí řídicí jednotkou k optimalizaci provozu napouštění, vypouštění, ohřevu vody a provzdušování vody uvnitř bioreaktoru s cílem dosažení optimálních podmínek pro růst vybraných kultur z dávkovaného bakteriálně-enzymatického preparátu. V tomto případě je na rozdělovací zásuvku v plastové bedýnce napojena řídicí jednotka a na jednotku jsou následně napojeny čerpadlo, aerátor, topící zařízení a elektroventilem opatřený odtokový kohout.

Bioreaktor funguje v následujících krocích:

1. Vnitřní kultivační prostor se ručně naplní čerpáním zdrojové vody na stanovenou úroveň hladiny vody uvnitř. V případě využití řídicí jednotky, vydá tato jednotka impuls pro spuštění čerpadla po stanovenou dobu k dosažení maximálního stanoveného objemu vody.
2. Je spuštěn dávkovač 11 (automaticky, nebo na základě impulsu z řídicí jednotky), který provede dávkování jedné stanovené dávky preparátu.
3. Po vypuštění dávky se ručně zapne vzduchování, či řídicí jednotka uvede impulzem v činnost aerační element 16. Ve vzduchovači 14 dochází k nasávání vody ode dna kultivačního prostoru, jejímu mísení se vzduchem a vypouštění této směsi prostřednictvím trubního rozvodu 15 u hladiny. Topná tělíška 13 jsou nastavena na požadovanou teplotu vody a spustí se také do provozu (ručně, nebo na základě impulsu z řídicí jednotky).
4. Probíhá provzdušování a ohřev vody, dochází k mísení vody v kultivačním prostoru a tím k lepšímu kontaktu živin s preparátem. Biomasa vybraných kmenů bakterií se kultivuje a navyšuje objem, a to s využitím nosičů biomasy 10.
5. Po 24 hodinách dochází k ukončení kultivace. Délka kultivačního cyklu může být nastavena jinak, podle podmínek dané lokality. Ručně, nebo impulzem z řídicí jednotky je otevřen vypouštěcí ventil 9 a do cílového prostoru (vodního prvku, kbelíku, přenosné nádoby, apod.) je vypuštěna voda z kultivačního prostoru, buď přímo z ventilu, nebo prostřednictvím připojené hadice. Předpokládá se, že během kultivace došlo k usazení usaditelných nerozpuštěných látek u dna bioreaktoru nad úrovní vypouštěcího ventilu.
6. Je zahájen další kultivační cyklus.

Mimo kultivační cyklus je nezbytné během provozu provádět tyto činnosti:

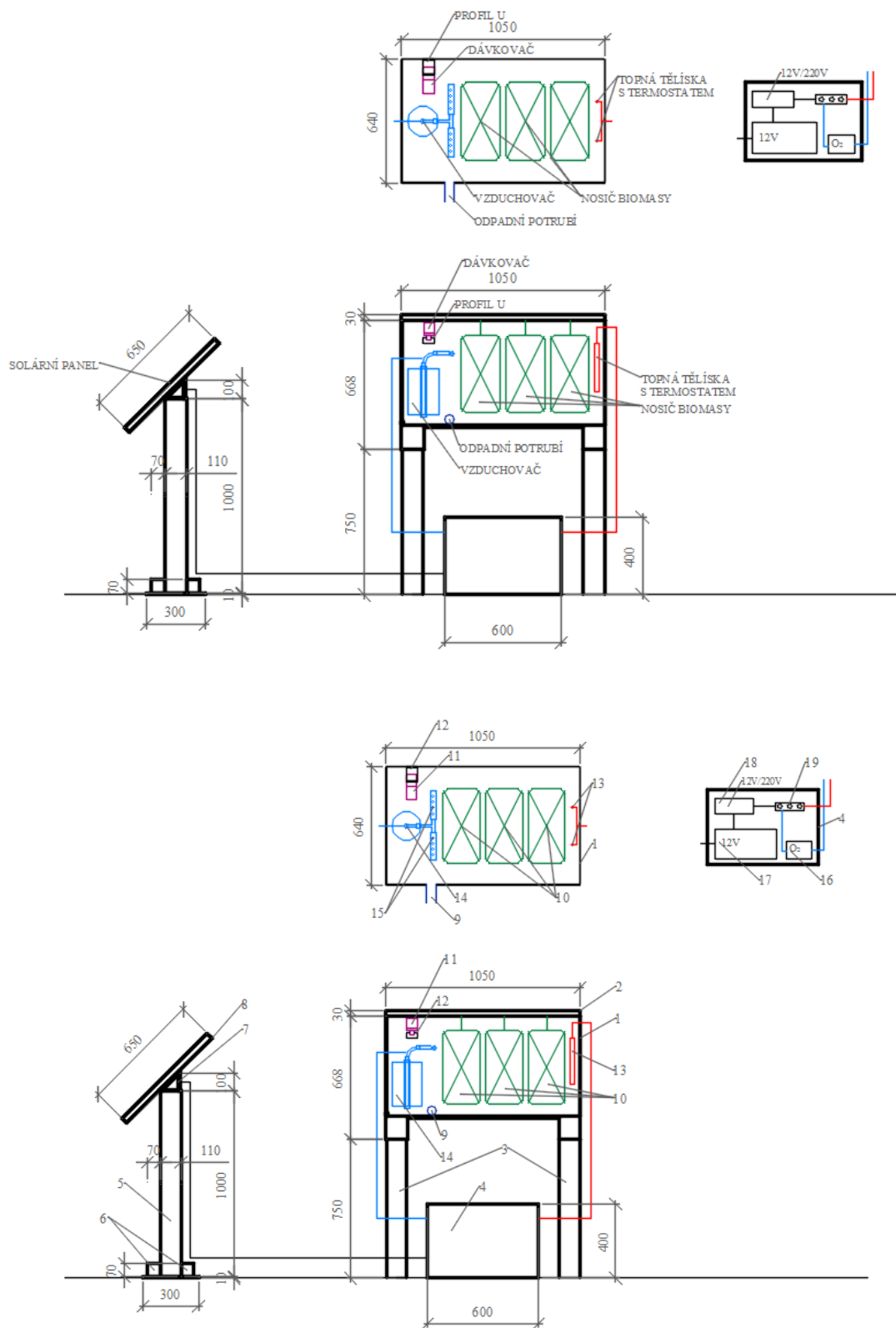
- kontrolovat pravidelně funkčnost jednotlivých elementů, případně řídicí jednotky,
- kontrolovat všechna nastavení (velikost dávky, časové intervaly),
- doplňovat preparát do dávkovače 11,
- provádět ručně odkalování (odtok usazenin na dně), případně vypláchnout kultivační prostor čistou vodou pomocí odtokového kohoutu 9,
- kontrolovat a čistit povrch aeračních elementů, topných tělíšek,
- provést čištění filtru vzduchovače 14 a očištění povrchu trubních rozvodů vody se vzduchem 15,
- provést celkové vyčištění konstrukce a vystrojení bioreaktoru.



Příklad využití bioreaktoru pro dávkování vodního roztoku s namnoženou biomasou mikroorganismů z biopreparátu dokládá obrázek 2. na obrázku 3 je příklad schéma zařízení, které může být využito pro návrh konstrukce a realizaci dle místních podmínek.



**Obr. 2** Příklad instalace bioreaktoru, solárního napájení a technologických součástí



**Obr. 3** Schémata instalace bioreaktoru

## 2.5 Řešení problematiky v zahraničí

Z poznatků získaných v zahraničí lze usuzovat, že situace v kvalitě vody v nádržích parků a kulturních památek je srovnatelná s poměry panujícími na našich objektech. Mnoho vodních prvků je zatíženo nadměrným množstvím živin, vedoucích k eutrofizaci vody, přemnožení fytoplanktonu, zákalu vody, případně i zápachu, rozkolísání pH, obsahu kyslíku s dopadem na ryby atd [12]. I v zahraničí trpí vodní prvky dopady eutrofizace zejména v letní sezóně a v případě menších, okrasných nádrží bývá zhoršení stavu vyšší [13, 14]. Často se lze setkat s nádržemi v areálu objektů kulturního a historického významu, kde vnější zatížení živinami, nebo nedodržení rovnováhy mezi biomasou a počtem/druhovým složením rybích obsádek vede k degradaci kvality vody a nepůsobí esteticky vhodně v kontextu hodnotné památky. Nutné je hledat vhodný poměr mezi množstvím ryb a plochou nádrže (Obr. 4). Toto bylo potvrzeno pozorováním a vzorkováním řešitelského týmu v případě několika vodních prvků v historickém centru města Sevilla a vodních prvků hradů (typu „Alcazar“) v Seville, Córdobě a Granadě na jaře 2019. Na všech třech lokalitách bylo množství řas ve vodě s rybami (vyjádřeno ukazatelem chlorofyl-a) o dva řády vyšší, respektive ve vodních prvcích bez ryb nebyly řasy zjištěny, v prvcích s nadpočetnými rybími obsádkami dosahovaly koncentrace chlorofylu-a hodnot cca 25 až 60 µg/l, a to i v případě, kdy trofický potenciál vod byl srovnatelný a nízký. Nicméně koncentrace celkového fosforu ve vodě, dostupného pro rozvoj eutrofizace byly na hodnotách mezi 0,12 až 0,20 mg/l.



**Obr. 4** Neudržovaný porost leknínu ve vodním kanále historické zahrady (vlevo), hledání rovnováhy mezi estetickým působením početné rybí obsádky a kvalitou vody (vpravo) vhodně zvoleným poměrem počtu ryb na velikost nádrže

Vliv na zvýšení eutrofizace vody má i přítomnost vodních ptáků, zejména pokud jsou návštěvníky krmeny. To platí také pro nekontrolované krmení ryb.

Nádrže rybníčního charakteru v parcích často trpí podobně jako u nás extrémním zarůstáním lekníny (Obr. 4) a stulíky, spojeným se vznikem hypoxie až anaerobie ve vrstvách u dna a na dně. Tyto porosty vyžadují pravidelnou údržbu, odstranění odumřelé biomasy a redukci plochy. I v tomto případě lze využít aplikaci biopřípravků k rychlejšímu rozkladu zbytků biomasy a následně srážecích přípravků k vyvázání fosforu z vodního prostředí.

Dalším zdrojem přísunu živin, ale i ohrožení kvality vody a kyslíkového režimu je přísun biomasy (listí z okolních dřevin, odumřelá, stará biomasa z vlastních porostů mokřadních rostlin). Mělká voda (od několika desítek cm až po cca 1,0 m) vede i k velkému ohřevu vodního prostředí a k nadměrnému rozvoji řas, či řasových nárostů (biofilmu), při dostatečném přísunu světla.

Obrázek 5 dokumentuje přístup k aplikaci biopreparátu u malé vodní nádrže. Prvním krokem následujícím po průzkumu kvality vody a stavu sedimentů, je příprava plánu aplikace, vytyčení kostry míst určených k aplikaci. Ta je možná buď z loďky, nebo vhodným typem roztřikovače směsi vody s biopřípravkem. Důležitá je rovnoměrná aplikace, nebo využití dávkování do přítoku. Následné rozšíření směsi po vodním prvku se zajistí vlastním tokem vody (viz např. aplikace srážení fosforu na přítoku do Brněnské přehrady, více např. <http://www.pmo.cz/cz/media/aktuality/povodi-moravy-spousti-provoz-aeracnich-vezi-a-davkovani-siranu-zeleziteho-x/>).



**Obr. 5** Fotodokumentace práce s biopreparáty pro redukcí množství sedimentů na dně malé vodní nádrže v zahraničí (stanovení rastru a bodů pro aplikaci roztoku, zařízení pro roztřik připravené směsi vody a biopreparátu)

## 2.6 Doporučení k aplikaci biochemických přípravků

Poznatky ze studie posouzení vlivu aplikace biopreparátů na udržení vhodné kvality vodního prostředí ukázaly, že biologické bakteriální enzymatické přípravky a chemické přípravky šetrné k životnímu prostředí využitelné pro srážení fosforu, oxidaci organických látek a k eliminaci biomasy vláknitých řas, mohou zlepšit vlastnosti vodního prostředí u takových prvků, jako jsou menší bazény, okrasné bazény a nádrže, včetně potlačení vývoje vodního květu. Jako ideální se jeví kombinace aplikace těchto přípravků a zejména zahájení jejich aplikace včas, preventivně, a po celou sezónu. To umožní předcházet rozvoji negativního stavu kvality vodního prostředí. Zlepšení a/nebo udržení stabilního stavu vodního prostředí během sezóny může být důležitým prvkem v jejich atraktivitě pro návštěvníky.

Aplikace biopřípravků je vhodná spíše pro údržbu a provoz menších nádrží, bazénů, kašen, obecně spíše formálních vodních prvků. Ideálních výsledků lze dosáhnout u vodních prvků, které jsou mimo hlavní sezónu vypouštěny a čištěny. Tato sezóna se také kryje s obdobím nízkých teplot vzduchu a vody, zejména zimním obdobím, kdy je aplikace biologicky založených přípravků prakticky neúčinná z důvodu nízké aktivity bakteriálních kultur.

Je však nutno zdůraznit, že využití biologických a biochemických přípravků pomáhá snížit negativní dopad problematických vlivů, které spočívají zejména v přísunu nadměrného množství živin a usazenin do vodního prostředí.

Proto je důležité, dle možností v daném místě, uvažovat z hlediska dlouhodobého přínosu, o opatřeních k zamezení působení negativních vlivů.

Závěrem je možné shrnout, že ochrana a ovlivnění kvality vodního prostředí vodních prvků spočívá především v následujících opatřeních:

- Zajištění potřebné kvality vody využívané k zásobení vodních prvků vodou
- V ochraně vodních prvků před znečištěním smyvy z okolního území
- Snížení eutrofizace vodního prostředí přírodními způsoby
- využitím biochemických a bakteriálně – enzymatických prostředků
- V pečlivém nastavení rybí osádky při rybářském využití vodního prostředí
- V pravidelné kontrole a údržbě provozu

Zajištění potřebné kvality vody rozhoduje o nerušené provozu vodního prvku a plnění požadovaných funkcí. Hlavní pozornost je třeba věnovat výběru kvalitního zdroje vody, pokud v některém směru nevyhovuje, je třeba navrhnout potřebná opatření na zlepšení, které tvoří:

- Realizace vhodných filtrů (viz např. [3]). Využit lze ve vhodných podmínkách i přírodních způsobů úpravy vody, kterými jsou umělé mokřady, vegetační čistírny, půdní filtry s vegetací aj.
- Znečištění větších nádrží lze omezit zachycením znečištění v menších předčišťovacích (sedimentačních) nádržích. Nádrže tohoto typu je třeba často vyklízet, aby nedocházelo k vyplavování sedimentů při zvýšených průtocích

- Pravidelným mechanickým čištěním nádrží a přívodních zařízení
- Mikrobublinové (sestavené jako ponořené), nebo hladinové aerátory upravující kyslíkové poměry.
- Ve vhodných podmínkách lze využít mokřadní vegetaci, včetně okrasných variet, jako doplněk vodního prostředí s cílem odběru živin z vody, či zastínění. Lze je využít formou plovoucích ostrovů apod. Využit je možné i norných stěn ze síťoviny o velikosti ok 10 až 20mm zavěšených na nosném lanku, na nichž se uchycují řasové nárosty, které se podílejí na čisticím účinku.

Ochrana před eutrofizací spočívá v odstranění příčin eutrofizace v zamezení přísunu živin (fosforu a dusíku) omezením povrchových smyvů, odstraněním vlivu všech bodových a plošných zdrojů znečištění. Důsledky eutrofizace se odstraňují resp. snižují: umělým míšením a provzdušováním, odstraněním živin z vody, využíváním abiotických vlastností některých látek, biologickou flokulací s následující sedimentací, následným odstraněním sedimentů odsáváním aj. mechanickými postupy.

Pozorování, kontrola a měření se zaměřuje především na sledování hráze a svahů, jejich stability, funkčnosti, bezpečnosti, stavu vodního prostoru, jeho zanášení, vývoji litorální zóny, zarůstání mokřadní vegetací, okolí nádrže, stabilit břehů, ochranných vsakovacích pásů apod.

Údržba zahrnuje práce menšího rozsahu, kterými se udržuje vodní prvek v provozuschopném stavu. Jedná se o běžnou kontrolu objektů v souladu s provozním řádem. Opravy vodních prvků spočívají v odstranění vad a škod, které vznikly při provozu vodního prvku.

Rekonstrukce a modernizace spočívají v závažných úpravách a změnách zasahujících do podstaty uspořádání vodního prvku. Hlavní pozornost je třeba věnovat údržbě objektů a zařízení určená zajišťující provoz vodního prvku.

K základním revitalizačním opatřením vodních prvků patří odstranění nežádoucích sedimentů, úprava dna nádrže, vyrovnání, odstranění nežádoucích předmětů, úprava případné litorální zóny, úprava břehů nádrže, doplnění o doprovodný okolní vegetační porost, ale i rekonstrukce a obnova hrází a objektů.

### 3. Prokázané ověření v praxi

Ověření památkového postupu probíhalo ve třech fázích:

1. Laboratorní experimentální testování sady biologických, biochemických a chemických přípravků a preparátů – období 2016 - 2018
2. Poloprovozní testování v reálných podmínkách na modelových okrasných nádržích umístěných v areálu VÚV Praha v Podbabě napájených říční vodou a na modelových nádržích VÚV Brno v obci Dražovice – období 2017 - 2019
3. V provozním měřítku v reálných podmínkách na vodních prvcích zahrady NKP zámku Libochovice – období 2018 - 2019

Na základě všech třech fází ověřování způsobů využití a aplikace přípravků a preparátů bylo možno vybrat vhodné zástupce a stanovit postup jejich použití v praxi péče o vodní prvky s cílem minimalizovat provozní náklady a rizika pro vodní prostředí. Pro minimalizaci nákladů a spotřeby biologických enzymatických preparátů byla navržena a ověřena konstrukce bioreaktoru, který lze jednoduše postavit a provozovat v podmínkách zahradnických provozů (uplatněno jako výstup funkční vzorek a poloprovoz). Ten umožňuje kultivaci definovaného množství bakteriálního společenstva kombinovaného s enzymy a podpůrnými látkami ve vodě a následně v doporučeném intervalu její mísení do vodního prostředí cílového vodního prvku. Byly ověřeny vhodné kombinace přípravků a preparátů, načasování a návaznost jejich aplikace, potřeba následné údržby vodních prvků. V případě sedimentů byla ověřena možnost snížení jejich objemu a redukce organické složky pomocí preparátů.

## 4. Seznam použité literatury

- [1] PACÁKOVÁ-HOŠŤÁLKOVÁ, B. a kol., 2004. *Zahrady a parky v Čechách, na Moravě a ve Slezsku*. Praha: Nakladatelství Libri. 526 s.
- [2] Cultural (garden) heritage as a focal point for sustainable tourism. [online] [cit. 30.4.2018] Dostupný z: [http://www.southeast-europe.net/en/projects/approved\\_projects/?id=142](http://www.southeast-europe.net/en/projects/approved_projects/?id=142)
- [3] JANÁL, J., KŘESADLOVÁ, L., OBŠIVAČ, J. OLŠAN, J., ROZKOŠNÝ, M., ŽABIČKA, Z., 2016. Formální vodní prvky v památkách zahradního umění. 87. svazek edice Odborné a metodické publikace. Národní památkový ústav, Praha, 151 s.
- [4] KŘESADLOVÁ, L. Historie a současnost obnovy Květné zahrady v Kroměříži z pohledu památkové péče. *Zahrada-park-krajina*. [online] [cit. 30.4.2018] Dostupný z: <http://www.zahrada-park-krajina.cz>
- [5] WENER, B., 2011. Obnova zahrad v Polsku – vybrané příklady. In: sborník konference „Historické zahrady Kroměříž 2011“. Kroměříž: Klub UNESCO Kroměříž, s. 43-44.
- [6] KRČMÁŘ, I., 2003. O povodních z časového nadhledu. *Zpravodaj STOP*. Časopis Společnosti pro technologie ochrany památek, 5, č. 1.
- [7] PECHAR, L., 1995. Long-term changes in fish pond management as an unplanned ecosystem experiment: importance of zooplankton structure, nutrients and light for species composition of cyanobacterial blooms. *Water Science & Technology* 32, s. 187–196.
- [8] POTUŽÁK, J., DURAS, J., 2012. Výlov rybníků – kritické období z pohledu emisí fosforu?. In: *Vodárenská biologie*. Praha, s. 52–59.
- [9] KVÍTEK, T., TIPPL, M., 2003. Ochrana povrchových vod před dusičnany z vodní eroze a hlavní zásady protierozní ochrany v krajině. Praha: ÚZPI. *Zemědělské informace*. (NS), č. 10/2003.
- [10] ŽÁKOVÁ, Z., MLEJNKOVÁ, H., 2001. Porovnání výsledků stanovení trofického potenciálu vody získaných mikrometodou dle TNV 757741 a standardisovanou metodou. *Czech Phycology*, Olomouc, 1: 107-112.
- [11] ADÁMEK, Z., HELEŠIC, J., MARŠÁLEK, B., RULÍK, M., 2010. *Aplikovaná hydrobiologie*. FROV JU Vodňany, 350 s.
- [12] COPES, W. a kol., 2018. Monthly Levels and Criteria Considerations of Nutrient, pH, Alkalinity, and Ionic Variables in Runoff Containment Basins in Ornamental Plant Nurseries. *HortScience*, 53, s. 360-372.
- [13] YU-FENG, L. & HONG-YU, L. a kol., 2010. Characteristics of temporal and spatial distribution of water quality in urban wetland of the Xixi National Wetland Park, China. *Huan Jing Ke Xue*. 2010 Sep;31(9):2036-41.  
([https://www.researchgate.net/publication/47788380\\_Characteristics\\_of\\_temporal\\_and\\_spatial\\_distribution\\_of\\_water\\_quality\\_in\\_urban\\_wetland\\_of\\_the\\_Xixi\\_National\\_Wetland\\_Park\\_China](https://www.researchgate.net/publication/47788380_Characteristics_of_temporal_and_spatial_distribution_of_water_quality_in_urban_wetland_of_the_Xixi_National_Wetland_Park_China))
- [14] YA YUN, L. a kol., 2014. Characteristics of Temporal and Spatial Distribution of Water Quality in the Ponds of Lv-Tang-River National Urban Wetland Park, China. *Applied Mechanics and Materials* 641: 141-144.



## Seznam autorských publikací předcházejících památkovému postupu

ROZKOŠNÝ, M., HUDCOVÁ, H., SEDLÁČEK, P., MLEJNKOVÁ, H. Identification of pressures on the environment quality of the cultural heritage sites water elements and assessment of selected water quality control techniques response. 19th International Multidisciplinary Scientific Geoconference SGEM 2019. Conference Proceedings. Volume 19. ecology, economics, Education and Legislation. Issue: 5.2. Ecology and environmental Protection. SGEM Secretariat Bureau, Sofia, Bulgaria, s. 445 – 452. ISBN 978-619-7408-85-0, ISSN 1314-2704.

ROZKOŠNÝ, M., KRATINA, J., HUDCOVÁ, H. Can we improve quality of culture heritage site water elements to be more attractive for visitors & in sustainable state? In Ing. Jitka Fialová, MSc., Ph.D. Public recreation and landscape protection - with sense hand in hand... Brno, 13. 5. 2019. Brno: Mendel University Press, Brno, 2019, s. 51-55. ISSN 2336-6311. ISBN 978-80-7509-659-3.

ROZKOŠNÝ, M., DZURÁKOVÁ, M., HUDCOVÁ, H., MLEJNKOVÁ, H., PETRÁNOVÁ, A., SEDLÁČEK, P. Kvalita prostředí vodních prvků památkově chráněných areálů. VTEI, 2018, roč. 2018, č. 6, s. 40-47. ISSN 0322-8916.

ROZKOŠNÝ, M., MLEJNKOVÁ, H., HUDCOVÁ, H., PETRÁNOVÁ, A., SEDLÁČEK, P., DZURÁKOVÁ, M. Rybníky a nádrže památkově chráněných areálů. In David, V., Davidová, T. Rybníky 2018. Praha, 14. 6. 2018. Praha : Česká technika - nakladatelství ČVUT, 2018, s. 128-136. ISSN 2570-5075.

ROZKOŠNÝ, M., ADÁMEK, Z., DZURÁKOVÁ, M., HUDCOVÁ, H., MLEJNKOVÁ, H., MLEJNSKÁ, E., PETRÁNOVÁ, A., SEDLÁČEK, P. Kvalita vodního prostředí rybníků a nádrží památkově chráněných zahrad, areálů a rezervací. In Tereza Davidová, Václav David Krajinné inženýrství 2017. MZe, Praha, 19. 10. 2017. Brno : Brno: Tribun EU, s.r.o., 2017, s. 163–175. ISBN 978-80-263-1341-0.

ROZKOŠNÝ, M., HUDCOVÁ, H., MLEJNKOVÁ, H., MLEJNSKÁ, E., PETRÁNOVÁ, A., SEDLÁČEK, P., DZURÁKOVÁ, M. Water elements of cultural heritage and historical sites in the relationship to the landscape state and climate changes. In Ing. Jitka Fialová, MSc., Ph.D.; Dana Pernicová Public recreation and landscape protection - with nature hand in hand. Brno, 1. 5. 2017. Brno: Mendel University Press, Brno, 2017, s. 510-514. ISSN 2336-6311.

## Přehled dalších podkladů využitých při zpracování památkového postupu

Pro zpracování památkového postupu byly využity také poznatky a výsledky získané při řešení předchozích a starších projektů VÚV TGM a poznatky z dalších podkladů, volně dostupných:

Beránková, M., Valdmanová, J., Šťastný, V., Taufer, O., Marek, V. 2013. Sledování funkce venkovské a domovní čistírny s použitím biotechnologických přípravků. VTEI, roč. 55, č. 6, s. 10-14.

Šťastný, V., Mlejnská, E. 2014. Metodický postup při ověřování vlivu biotechnologických přípravků na funkci ČOV. Praha: VÚV TGM, s. 12.

Šťastný, V., Beránková, M., Mlejnská, E., Marková, A., Marek, V. 2014. Metodika aplikace biotechnologických přípravků Sekol k dosažení optimálních výsledků při použití na malých ČOV. Praha: VENTURA-VENKOV, s.r.o., VÚV TGM, v.v.i., s. 60.

Mlejnská, E. Vyhodnocení in-situ aplikace bakteriálně-enzymatického preparátu do kolmatovaných kořenových čistíren. VTEI, příloha Vodního hospodářství, 2013, roč. 55, č. 5/2013, s. 1-4

Mlejnská, E., Rozkošný, M., Baudišová, D. 2015. Optimalizace provozu a zvýšení účinnosti čištění odpadních vod z malých obcí pomocí extenzivních technologií. Praha: VÚV. ISBN 978-80-87402-44-3

Musilová, B., Radojičič, M., Kopp, R. 2018. Vliv bio-enzymatického přípravku na kvalitu vody v rybnících a na kvalitu a kvantitu rybničního sedimentu. In: Kopp, R, Grmela, J. (eds) XVI. Rybářská a ichtyologická konference, Brno, s. 88.

ASIO, spol. s r.o. 2012. Příklady technologií k omezení rozvoje vodních květů sinic (<https://www.asio.cz/cz/60.priklady-technologii-k-omezeni-rozvoje-vodnich-kvetu-sinic>)

Velký bolevecký rybník - projekt Biomanipulace - výsledky roku 2009 a plán prací v roce 2010 (<http://www.svsmp.cz/archiv/2010/velky-bolevecky-rybnik-projekt-biomanipulace-vysledky-roku-2009-a-plan-praci-v-roce-2010.aspx>)

ENKI, o.p.s. Rybniční hospodaření šetrné k přírodě a obnova nádrží zatížených živinami (<https://www.enki.cz/cs/cinnost/mokrady-a-voda-v-krajine/rybnicni-hospodareni?tmpl=component&print=1>)

Baktoma, spol. s r.o. Reference přípravku PTP PLUS (<https://www.baktoma.cz/reference/ptp-plus/>)

Hekera, P., Rulík, M., Dobiáš, P., Dolejš, P., Lelková, E. 2005. Použití koagulantu PAX-18 v podmínkách malého hypertrofního rybníka: Zkušenosti a první výsledky. Vodní hospodářství, 9/2005, s. 252-254.

## 5. Doporučení pro využití NPÚ

Památkový postup obsahuje poznatky a návod, které by podle dosažených zkušeností měly přispět k řešení nevyhovujícího stavu vodního prostředí z hlediska kvality vody, nadměrného růstu řas, zvýšení zákalu, zápachu a zhoršení podmínek pro život ryb, zejména spojené s rozkolísáním obsahu kyslíku a pH vody, což je spojeno i s výskytem toxických forem kovů, amoniaku apod. Jedna z částí se věnuje také možnosti aplikace biopreparátů k redukci organické složky sedimentů, snížení jejich objemu, uvádí i doporučení k provedení průzkumu sedimentů, analýze jejich složení a stanovení vhodného postupu aplikace. Součástí památkového postupu je postup a dokumentace k výrobě kultivačního zařízení pro biopreparáty, popis jeho provozu a údržby.

### Plánovaní uživatelé:

Územní památková správa, Národní památkový ústav, správci kulturních památek a historických objektů, samospráva historických sídel. Obecně pracovníci provádějící údržbu a zajišťující provoz vodních prvků. Dalšími uživateli výsledků mohou být odborné instituce, veřejnost, organizace zaměřené na péči a uchování kulturního dědictví, společnosti a odborníci provádějící návrhy a rekonstrukce památkových objektů.

## 6. Odkaz na výzkumnou aktivitu

Předkládaný památkový postup vznikl za podpory Ministerstva kultury České republiky v rámci Programu aplikovaného výzkumu a experimentálního vývoje národní a kulturní identity (NAKI II), název projektu: „Neinvasivní a šetrné postupy řešení kvality prostředí a údržby vodních prvků v rámci památkové péče“, číslo projektu DG16P02M032.

## 7. Přílohy

Protokol o ověření památkového postupu

Č.j. MK 37137/2020 OVV  
Sp. Zn. MK-S 16381/2015 OVV

v y d á v á

## OSVĚDČENÍ

č. 39

o uznání uplatněného památkového postupu  
v souladu s podmínkami „Metodiky hodnocení výzkumných organizací a hodnocení programů účelové podpory  
výzkumu, vývoje a inovací“

**Název Památkového postupu:** „Postupy využití a aplikace biochemických přípravků při řešení  
kvality vodního prostředí a stavu sedimentů vodních prvků v rámci památkové péče“

**Autorský kolektiv:** Ing. Miloš Rozkošný, Ph.D., Ing. Hana Hudcová, Ph.D.,  
Ing. Josef Kratina, Ph.D., Ing. Pavel Sedláček, Ing. Miriam Dzuráková

**Příjemce podpory, na jehož základě byl památkový postup vytvořen:** Výzkumný ústav  
vodohospodářský T. G. Masaryka

**Dedikace :** Projekt Programu NAKI „Neinvazivní a šetrné postupy řešení kvality prostředí  
a údržby vodních prvků v rámci památkové péče“  
Identifikační kód DG16P02M032

**Uživatelé památkového postupu v praxi:**

- Územní památková správa,
- Národní památkový ústav,
- správci kulturních památek a historických objektů,
- samospráva historických sídel,
- odborné instituce,
- laická veřejnost,
- organizace zaměřené na péči a uchování kulturního dědictví,
- společnosti a odborníci provádějící návrhy a rekonstrukce památkových objektů.

V Praze dne 4. 6. 2020



Ing. Martina Dvořáková  
ředitelka Oboru výzkumu a vývoje

